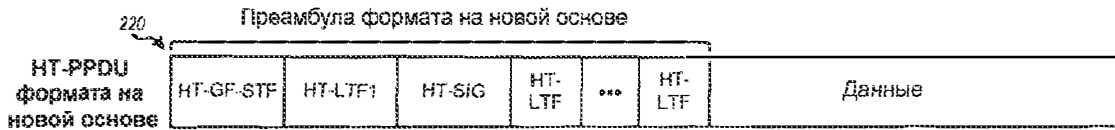
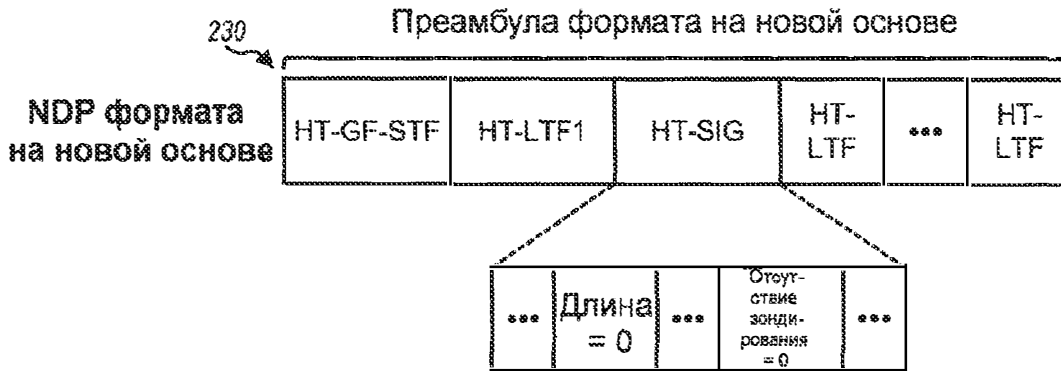


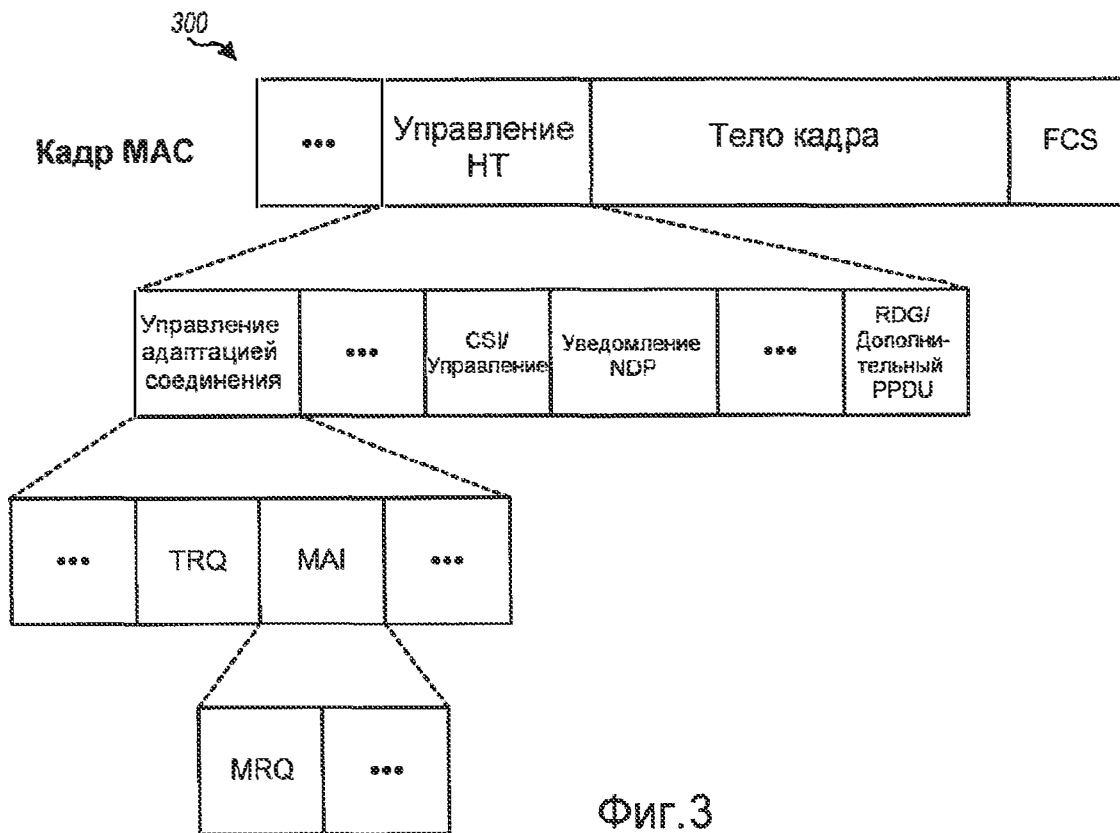
Фиг.2А



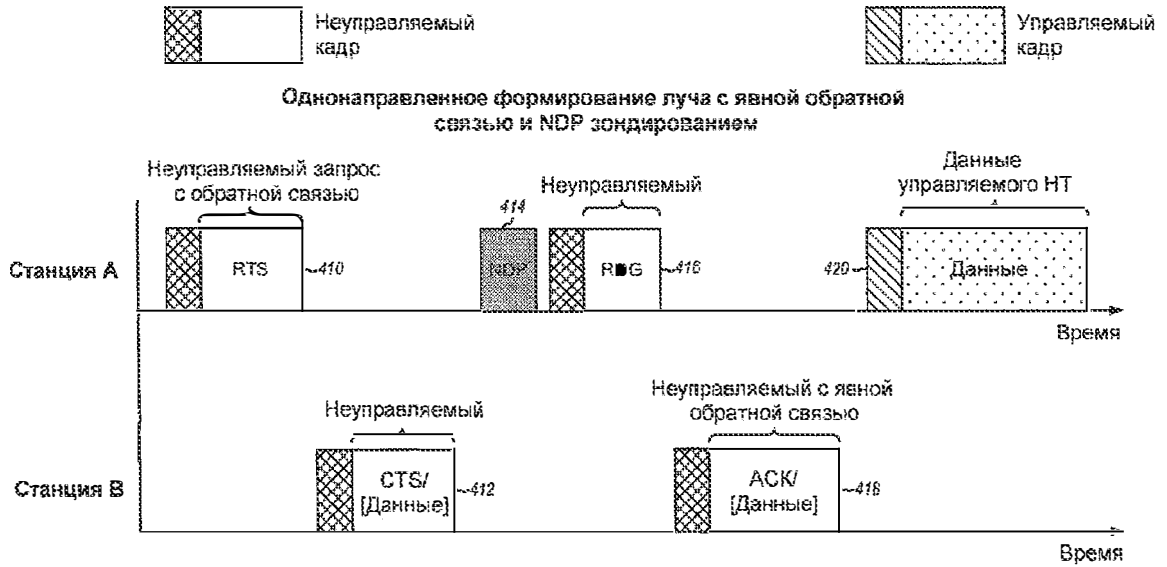
Фиг.2В



Фиг.2С

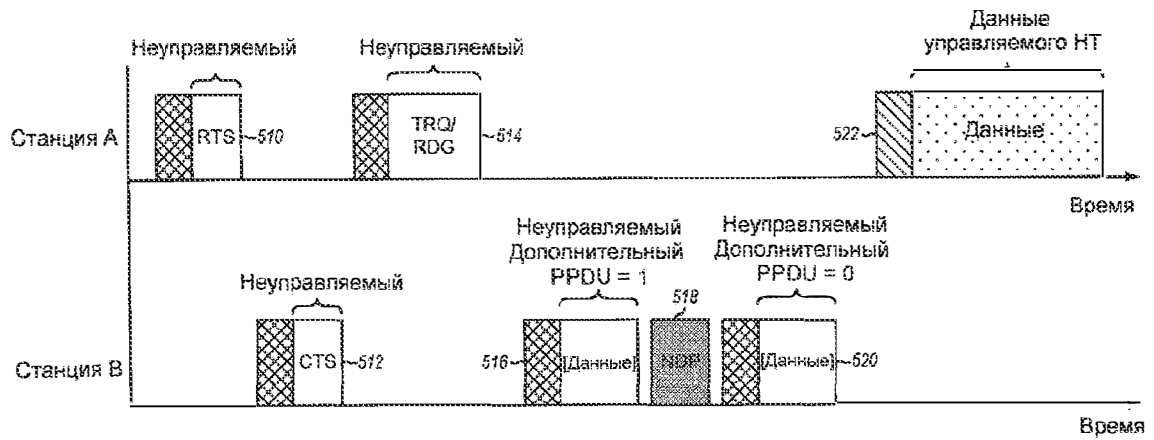


Фиг.3



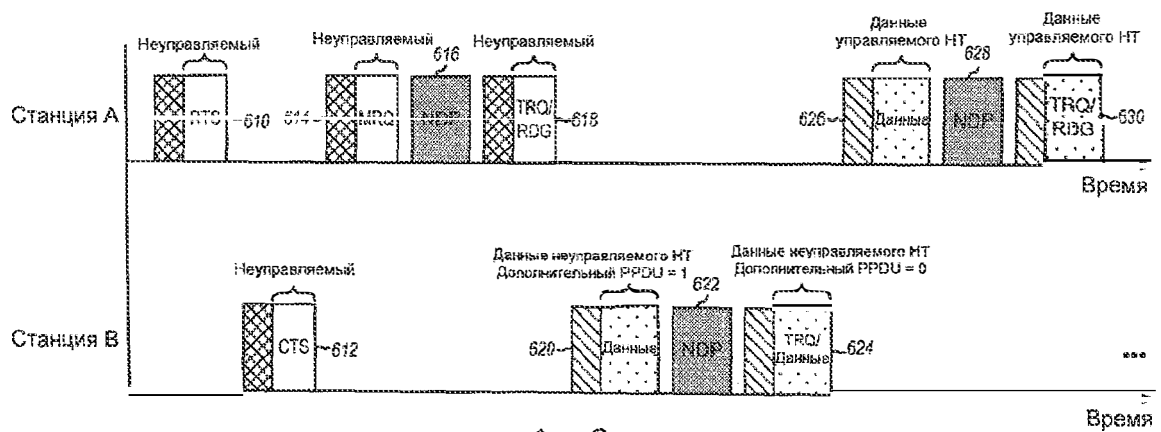
Фиг. 4

Однонаправленное формирование луча с неявной обратной связью и NDP зондированием



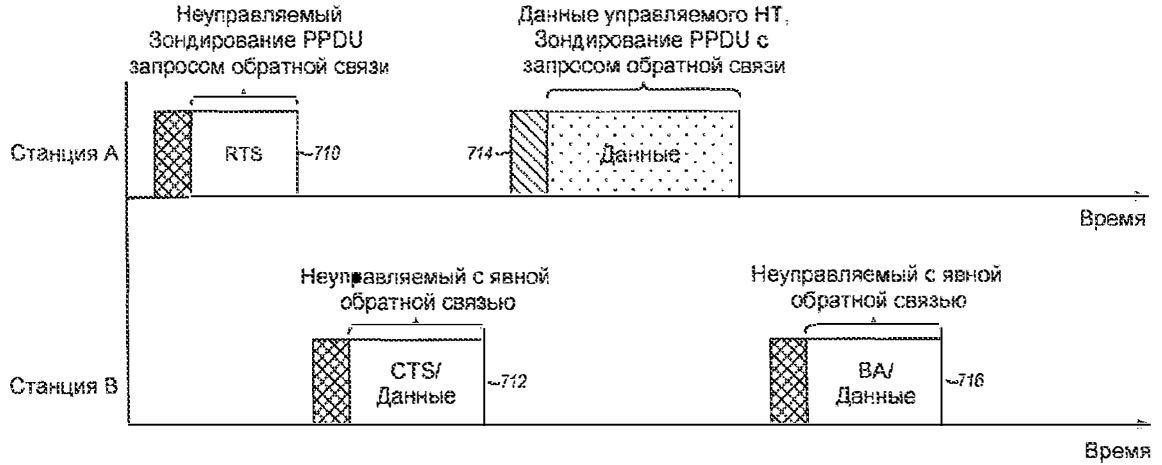
Фиг. 5

Двунаправленное формирование луча с неявной обратной связью и NDP зондированием



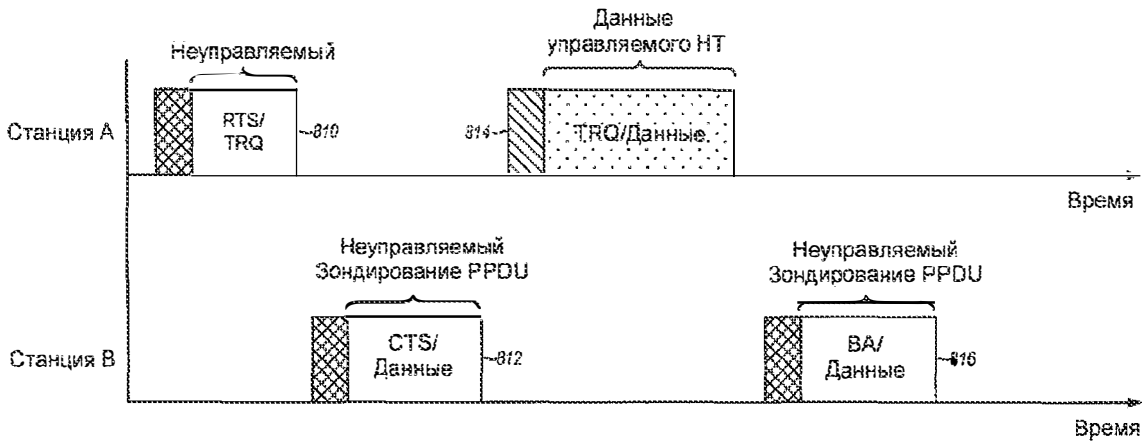
Фиг. 6

Однонаправленное формирование луча с явной обратной связью и зондированием MPDU



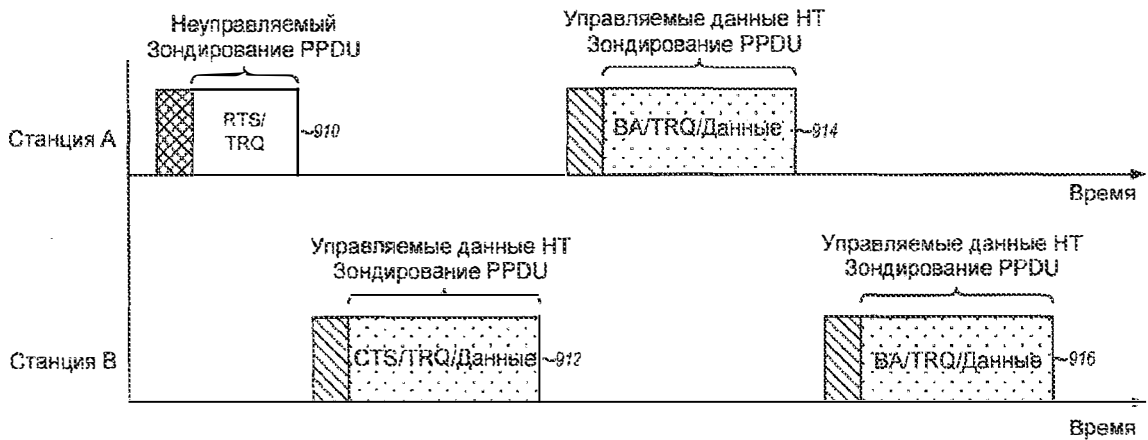
Фиг. 7

Однонаправленное формирование луча с неявной обратной связью и зондированием MPDU



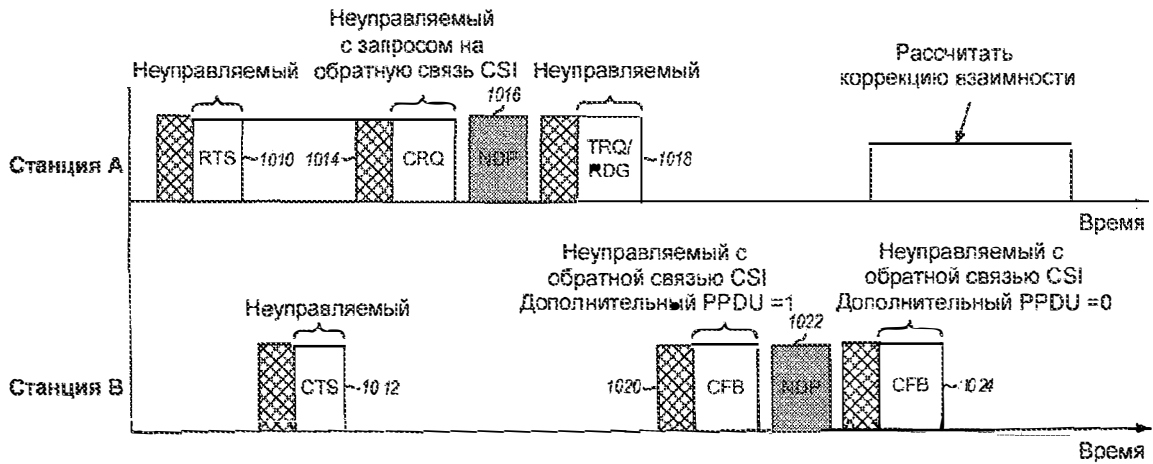
Фиг. 8

Двухнаправленное формирование луча с неявной обратной связью и зондированием MPDU



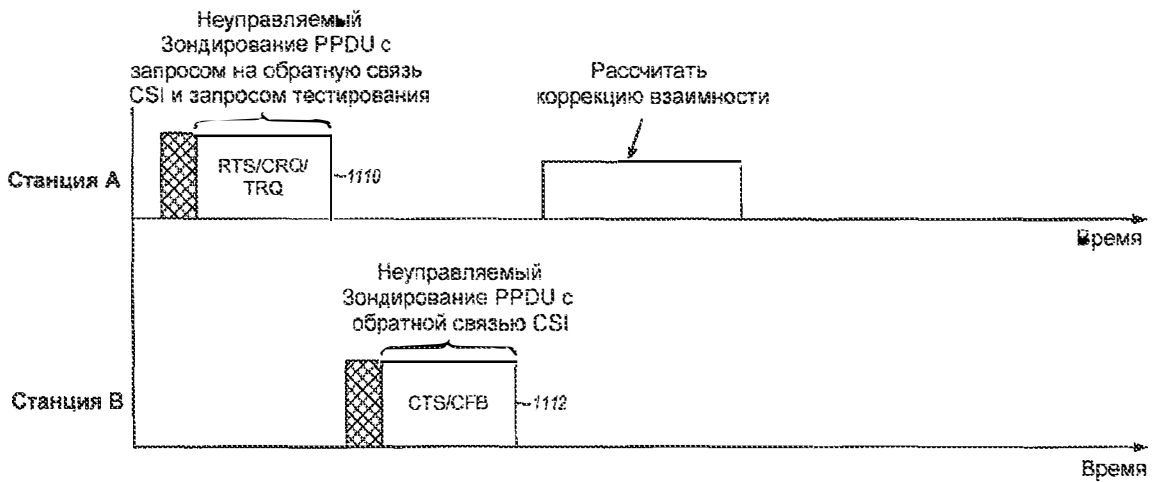
Фиг. 9

Калибровка с явной обратной связью CSI и зондированием NDP



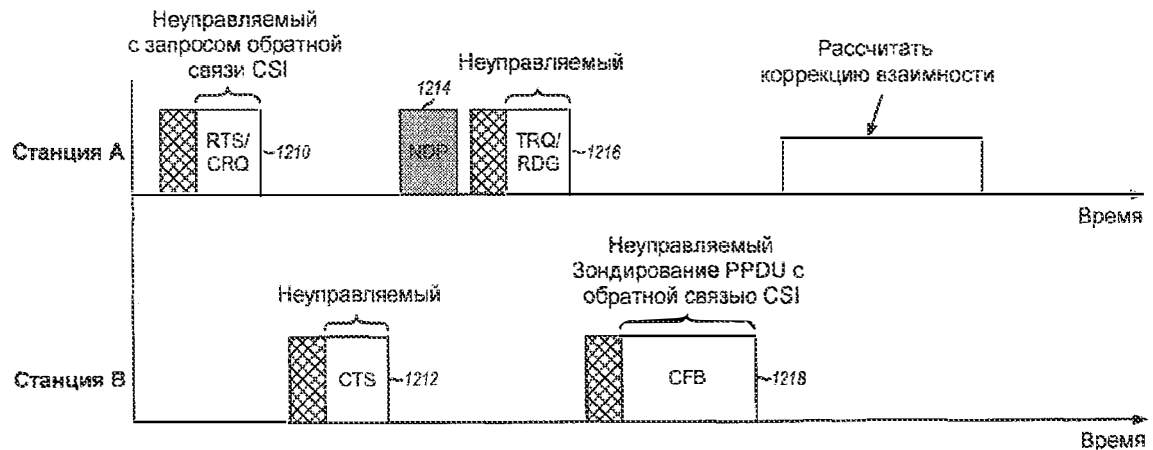
Фиг. 10

Калибровка с явной обратной связью CSI и зондированием MPDU

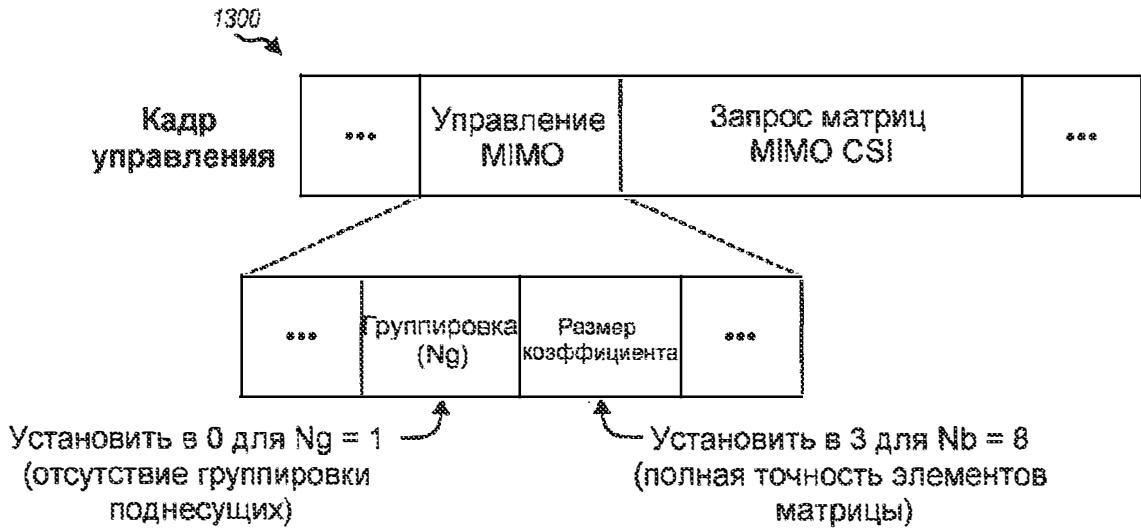


Фиг. 11

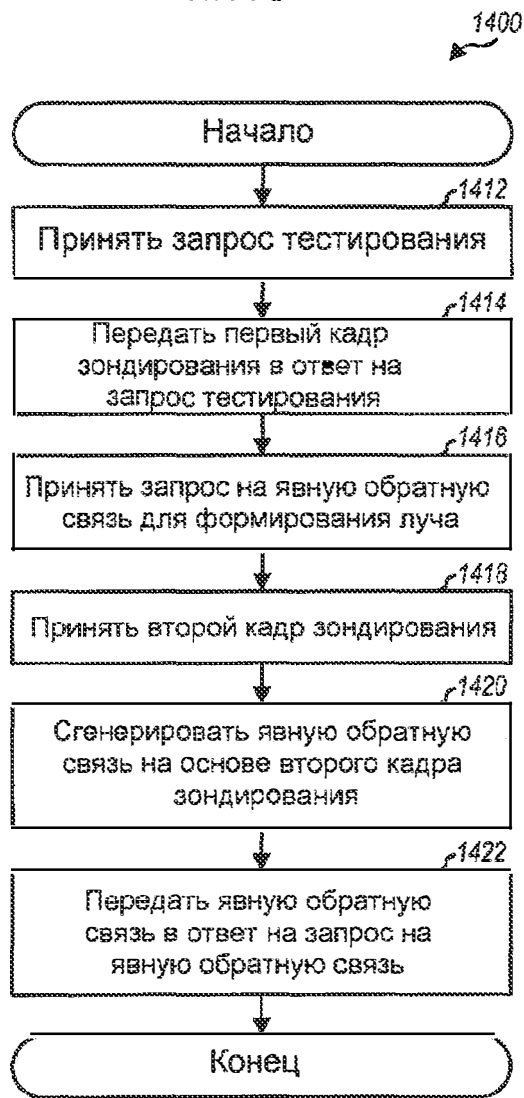
Калибровка с явной обратной связью CSI и одновременным зондированием NDP и MPDU



Фиг. 12

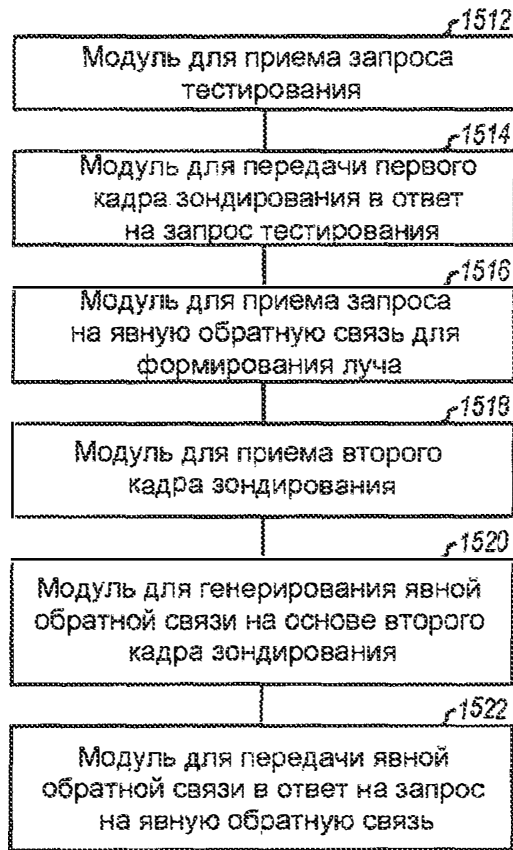


Фиг. 13

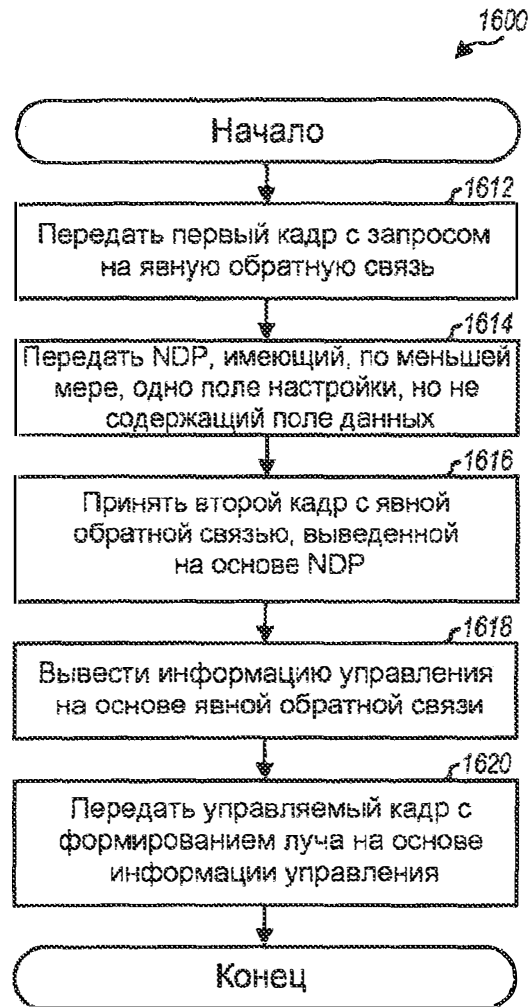


Фиг. 14

1500

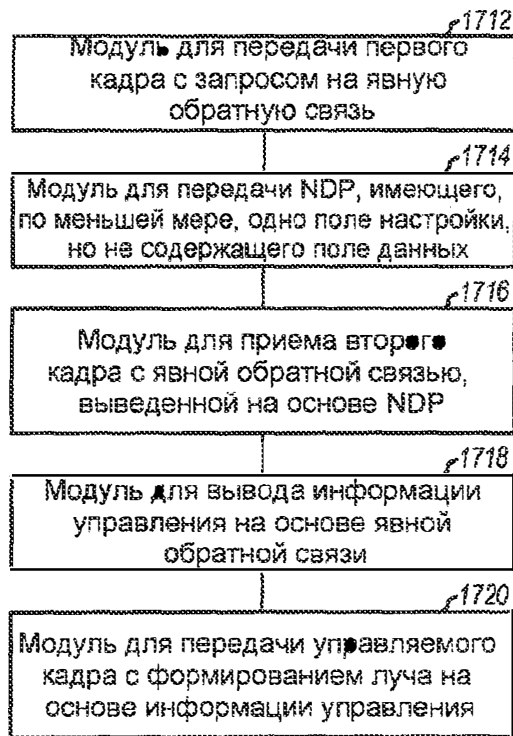


Фиг. 15

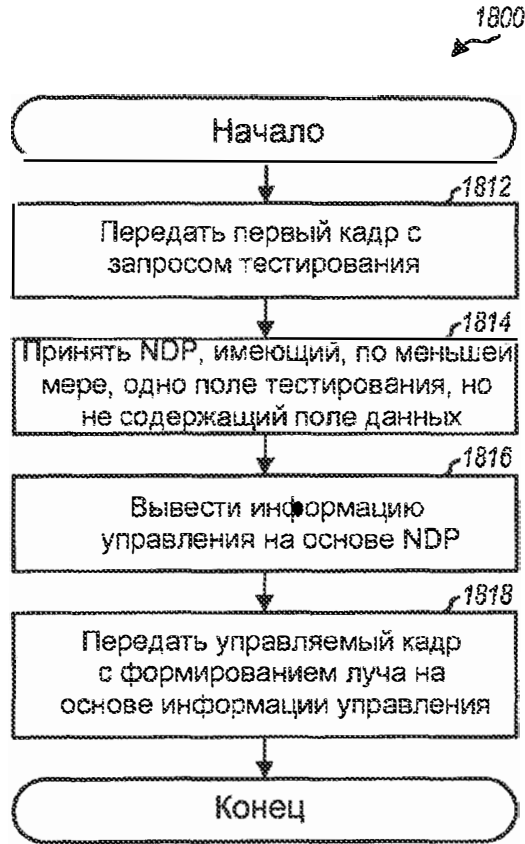


Фиг. 16

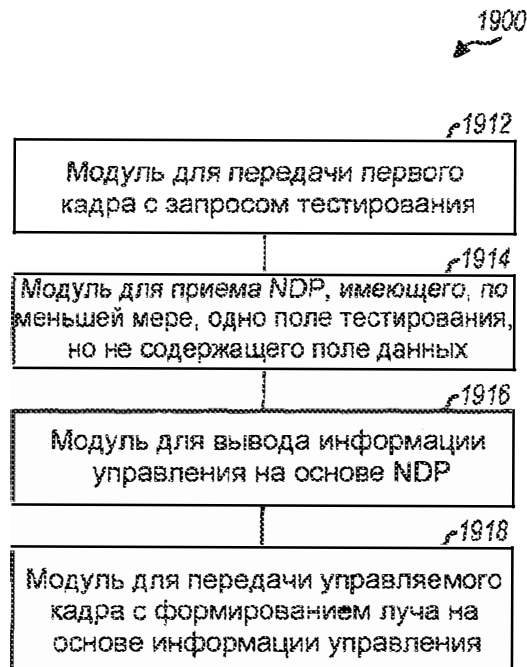
1700



Фиг. 17

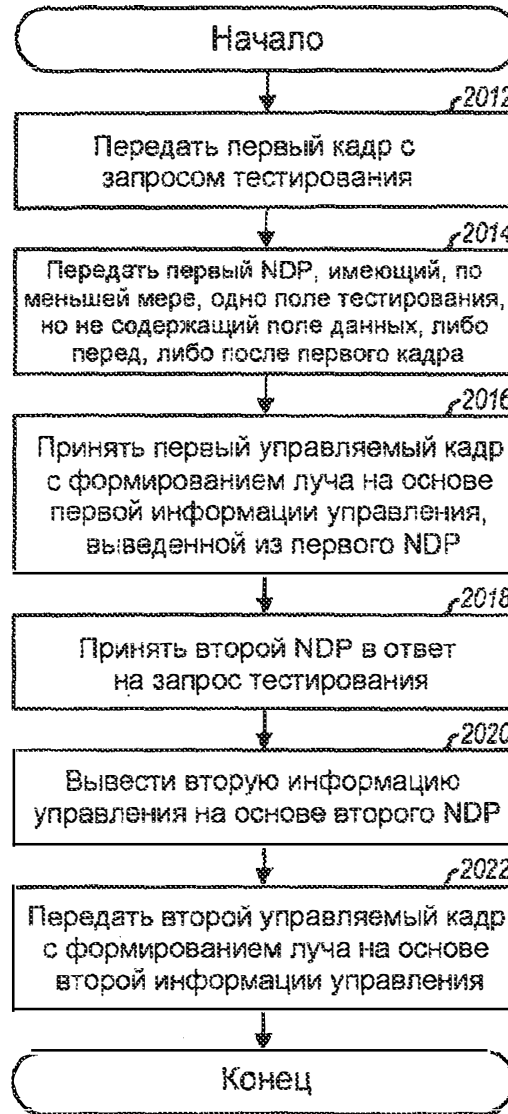


Фиг. 18



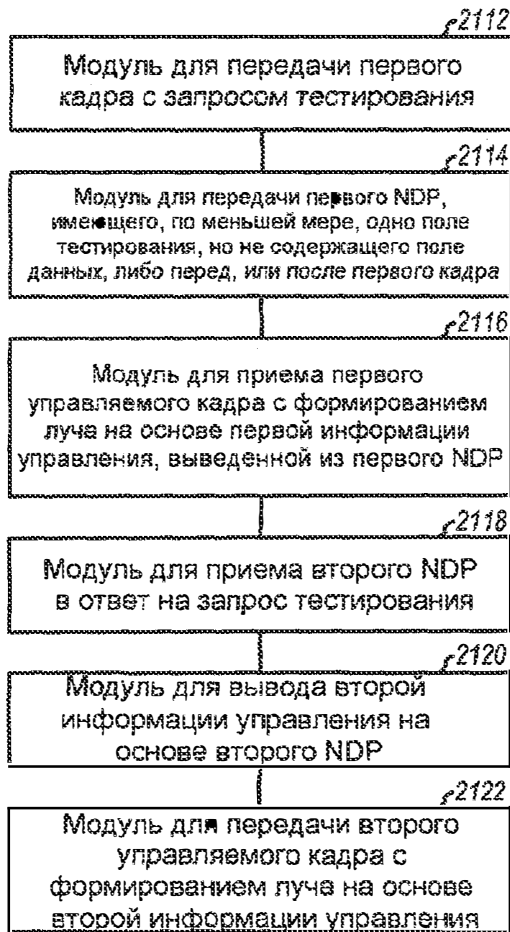
Фиг. 19

2000

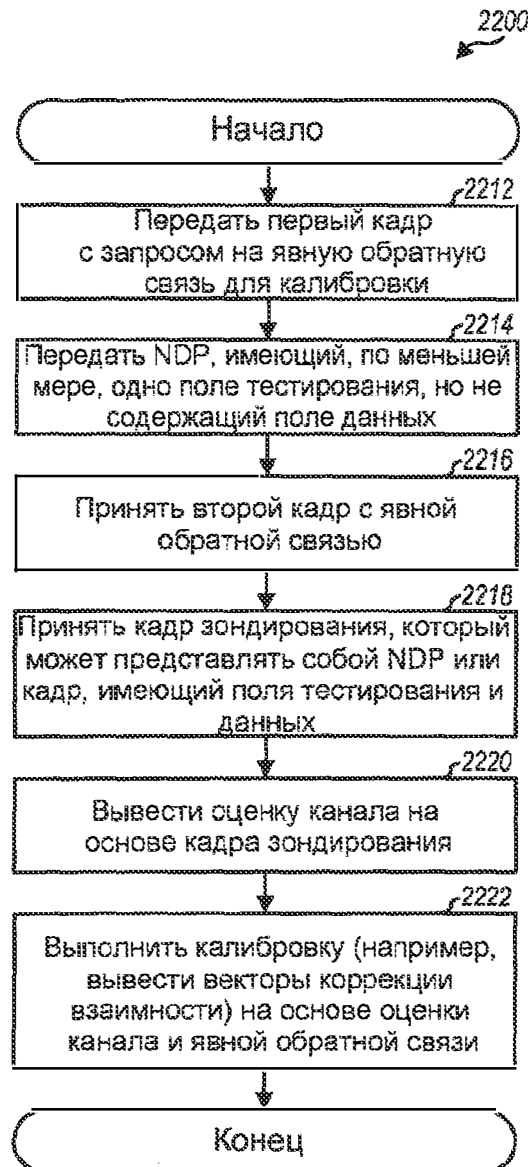


Фиг.20

2100

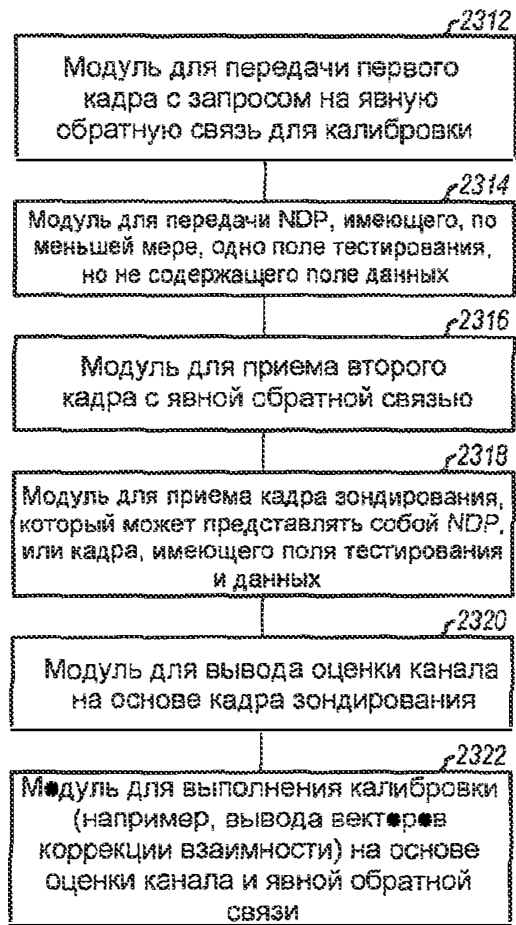


Фиг.21

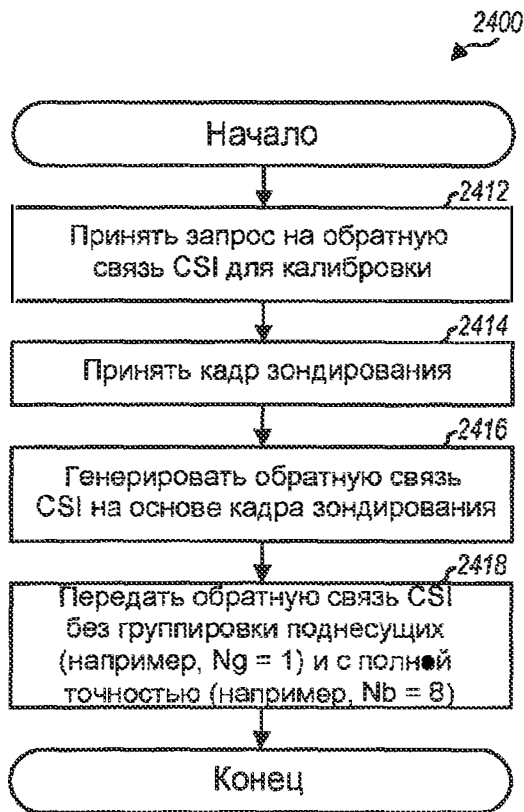


Фиг.22

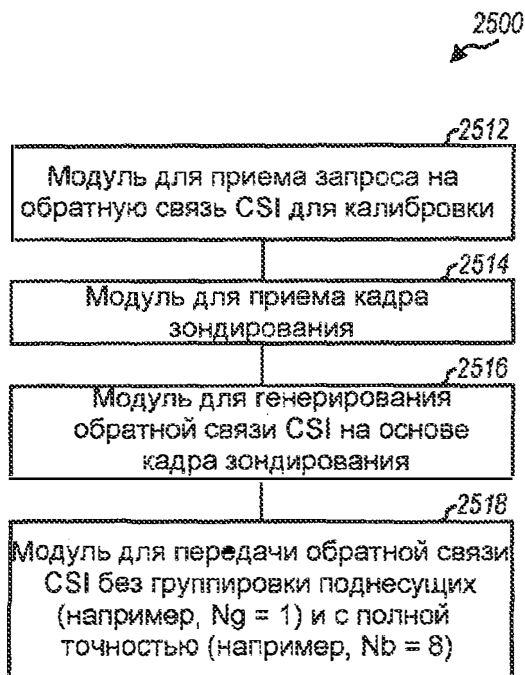
2300



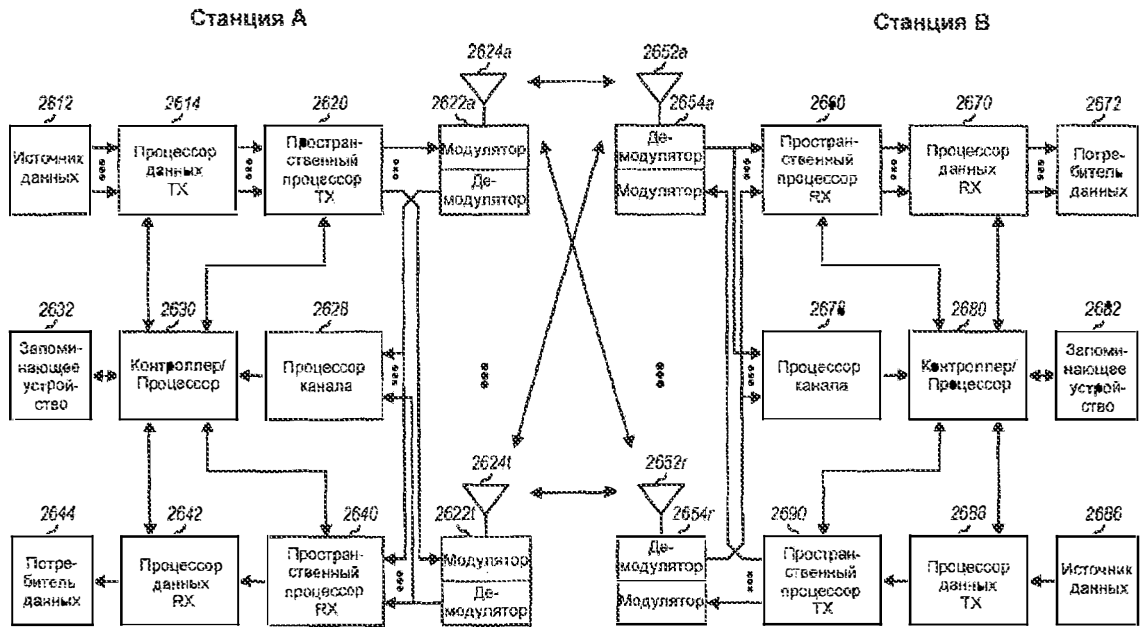
Фиг.23



Фиг.24



Фиг.25



Фиг.26



Espacenet

Bibliographic data: RU2446575 (C2) — 2012-03-27

ADAPTIVE BEAM CONTROL METHODS FOR MAXIMISATION WIRELESS COMMUNICATION LINK AND DECREASE IN DELAY DISPERSION USING MULTIPLE TRANSMITTING AND RECEIVING ANTENNAS

Inventor(s): NASSIRI-TUSSI KARIM [US]; GILBERT DZHEFFRI M [US]; SHUNG CHUEN-SHEN [US]; CHERNJAVSKIJ DMITRIJ MIKHAJLOVICH [US] ± (НАССИРИ-ТУССИ Карим (US), ; ГИЛБЕРТ Джеффри М. (US), ; ШУНГ Чуен-шен (US), ; ЧЕРНЯВСКИЙ Дмитрий Михайлович (US))

Applicant(s): SAJBIM INK [US] ± (САЙБИМ, ИНК. (US), ; SAJBIM, INK)

Classification: - international: H04B7/06
- cooperative: H04B7/0617 (EP, KR); H04B7/0684 (EP, KR); H04B7/0851 (EP, KR)

Application number: RU20080136896 20070214

Priority number(s): US20060773508P 20060214 ; US20070706711 20070213

Also published as: AU2007215029 (A1) AU2007215029 (B2) AU2007215029 (B8) EP1992083 (A2) EP1992083 (B1) EP2840720 (A1) EP2840720 (B1) ES2632067 (T3) HUE035055 (T2) KR101329433 (B1) KR20080104311 (A) RU2008136896 (A) US2007205943 (A1) US2010178884 (A1) US7710319 (B2) US7982669 (B2) WO2007095354 (A2) WO2007095354 (A3) less

Abstract of RU2446575 (C2)

FIELD: information technology. ^ SUBSTANCE: in one version of implementation, the method comprises realisation of adaptive beam control using multiple transmitting and receiving antennas including iterative realisation of training sequences pair, where a pair of training sequences includes evaluation of transmitter array weighting vector and receiver array weighting vector. ^ EFFECT: increase in communication link resource. ^ 60 cl, 11 dwg

Notice

This translation is machine-generated. It cannot be guaranteed that it is intelligible, accurate, complete, reliable or fit for specific purposes. Critical decisions, such as commercially relevant or financial decisions, should not be based on machine-translation output.

DESCRIPTION RU2446575C2

¹⁰ ADAPTIVE BEAM CONTROL FOR MAXIMIZING WIRELESS LINE LIFE AND REDUCING
DELAY SPREAD BY USING MULTIPLE TRANSMITTING AND RECEIVING ANTENNAS

[0001]

¹⁵ This application asks for disclosure on the filing date of US Provisional Patent Application No. 60/773508, entitled "Adaptive Beam Steering Techniques for Maximizing Wireless Link Resource and Reducing Delay Spread Using Multiple Transmit and Receive Antennas," filed Feb. 4, 2006. incorporated herein by reference.

[0002]

²² State of the art

[0003]

²⁶ In most wireless communication systems, a radio channel consists of a propagation channel between one transmitting antenna and one receiving antenna.
²⁸ However, it has been found that the use of multiple antennas in the transmitter and receiver can significantly increase the link resource and hence the link capacity.
³⁰ The disadvantage of this approach is that the complexity of the system can also increase dramatically. Systems with multiple transmit and receive antennas are referred to as wireless MIMO (Multiple Input / Output Chain) systems.

[0004]

³⁶ For MIMO systems, an increase in link resource or link capacity is achieved through one of the following approaches: incremental diversification, multiplexing, and beamforming.

38 When an approach that increases diversification is used, similar replicas of signals are transmitted and received by multiple antennas. These multiple transmissions are not separated (made uncorrelated) in time using separate delays or in frequency using separate frequency offsets, or in encoding space using specific permutations and / or encoding. Numerous techniques are combined using an optimal MRC receiver (differential weighted summation of each channel). This approach does not require knowledge of the channel transfer function from the side of the transmitter. In some approaches, however, it requires significant portions of the transmit and receive data channels (analog and digital front-end), which must be duplicated for each antenna.

[0005]

50 Most of the current MIMO systems follow the first (diversification) approach mentioned above.

51 The link resource created by this approach is approximately N times less than that resulting from beamforming, where N is the number of antennas. In addition, in most cases, existing implementations require complex systems where entire portions of the analog and digital data channel front-end are copied for each antenna. In the multiplexing scheme, accurate knowledge of the channel transmission function is used to form a common transmitting and receiving function into separate (orthogonal) transmission lines, over which data is multiplexed using appropriate coding and power allocation based on the principle of water filling (more power and data over more stable communication lines). As mentioned, this approach requires knowledge of the channel transfer function from the side of the transmitter. It also requires significant parts of the transmit and receive data channels (analog and digital), which must be duplicated for each antenna.

62 However, if engineered optimally, it can provide maximum throughput.

[0006]

66 There are options for implementation based on the multiplexing approach, but their complexity is rather excessive for the consumer and mobile wireless applications, as long as the dimension of the MIMO system, i.e. the number of antennas is not limited, which in turn limits the maximum achievable increase in the link resource.

70 In the beamforming approach, accurate knowledge of the channel transmission function is used to focus the transmission on the most stable subspace, referred to as the eigenvector of the common transceiver channel. The signal is then transmitted over subspace. This is done by adjusting the signal phase appropriately and possibly gain separately for each transmit and receive antenna. This scheme certainly requires knowledge of the channel transfer function on the transmitter side. However, it may ideally be implemented by copying only a subset of the analog traffic channel and therefore may require a simpler implementation and / or allow more antennas to be used. It also provides a better link resource than the increased diversification approach described above and, for channels that are highly correlated, can approximate the throughput of the multiplexing method described above. This method requires the transmitting

frequency range to be a small fraction of the carrier frequency.

81 It should be noted that multiplexing can be performed through parallel beamforming along with different eigenvectors of the transceiver channel.

[0007]

86 Beamforming embodiments can generally be found in radar applications where, first, the transmit and receive units are the same, and second, the target of beamforming is completely different from link resource or link capacity maximization.

89 Other beamforming assumptions use straightforward singular decomposition techniques that result in very complex implementations that are not suitable for consumer and mobile wireless applications and therefore place constraints on the dimensionality of the MIMO system, i.e. the number of antennas, and hence the maximum achievable increase in the resource of the communication line.

[0008]

97 The essence of the invention

[0009]

101 A method and apparatus for adaptive beam steering are disclosed.

102 In one embodiment, the method comprises performing adaptive beam steering using multiple transmit and receive antennas, including iteratively performing a training sequence pair, the training sequence pair including estimating a transmitter antenna array weight vector and a receiver antenna array weight vector.

[0010]

109 Brief Description of Drawings

[0011]

113 The present invention will be understood more fully from the detailed description given below and from the accompanying drawings of various embodiments of the invention, which, however, should not be taken to limit the invention to specific embodiments, but only for explanation and understanding.

[0012]

120 1 is a block diagram of one embodiment of a communication system.

[0013]

124 2 is a block diagram of one embodiment of an integrated device.

[0014]

128 3A and 3B illustrate various stages of beam search.

[0015]

132 4 illustrates one embodiment of a beam steering state machine.

[0016]

136 5 illustrates the layers of one embodiment of a beam search process.

[0017]

140 6 illustrates a partial beamforming that has occurred as a result of the beam search process of FIG. 5.

[0018]

145 7 illustrates one embodiment of a beam search and tracking pattern at a source / transmitter and, respectively, at a destination / receiver.

[0019]

150 8 is an example of a Hadamard matrix.

[0020]

154 9 is a flow diagram of one embodiment of a beam tracking process.

[0021]

158 10 illustrates an alternative embodiment of a beam search process.

[0022]

162 11 illustrates the concept of a clustered distribution channel.

[0023]

166 Detailed description of the present invention

[0024]

170 An efficient and adaptive technique for performing beamforming for time varying propagation channels with reduced and potentially minimal complexity and increased, potentially maximum gain.

173 In contrast to existing solutions, beamforming is done without directly performing singular decomposition (SVD), which is very difficult to implement.

175 Instead, the optimal channel eigenvector or subspace is achieved through an adaptive iterative scheme.

[0025]

180 The second effect of beamforming is that the resulting beamforming channel typically has a shorter delay spread, meaning that the ISI window will also be shorter.

[0026]

185 In the following description, many details are set forth in order to provide a more complete explanation of the present invention.

187 However, it will be apparent to those skilled in the art that the present invention can be practiced without these specific details.

189 In other instances, well-known structures and devices are shown in block diagram form in order to avoid obscuring the present invention.

[0027]

194 Some parts of the detailed description that will follow are presented in terms of algorithms and symbolic representations of operations on data bits within a computer memory or an equivalent electronic computing device.

197 These algorithmic descriptions and representations are the means used by those skilled in the art of data processing to most effectively convey the essence of their work to others in the art.

199 The algorithm is found in this document and is generally conceived of as a self-consistent sequence of steps leading to the desired result.

201 Stages are those stages that require physical control of physical quantities.

202 Typically, although not necessary, these quantities take the form of electrical or magnetic signals that can be stored, moved, combined, compared, and otherwise manipulated.

204 It has proven convenient at times, principally for common use reasons, to refer to these signals as bits, values, elements, symbols, letters, terms, numbers, or the like.

[0028]

209 However, it should be appreciated that all of these and similar terms should be associated with the corresponding physical quantities and are only convenient designations used for these quantities.

212 Unless specifically stated otherwise, it is evident from the subsequent discussion, it is appreciated that throughout the specification, consideration using terms such as "processing" or "combining" or "calculating" or "determining" or "displaying" or the like, refers to the operation and processes of a computing system, or a similar electronic computing device that controls and converts data represented as physical (electronic) quantities within the registers of the computing system and storage devices into other data similarly represented as physical quantities within the storage computing system devices or registers or other similar information storage, transmission or display devices.

[0029]

223 The present invention also relates to a device for performing the operations herein.

224 This device may be specially designed for the required purpose using digital components, or it may comprise a general purpose computer selectively activated or reconfigurable by a computer program stored in the computer.

227 Such a computer program may be stored in a computer-readable storage device, for example, but not limited to, any type of disc including floppy disks, optical disks, compact disks (CD-ROMs), and magneto-optical disks, read-only memory (ROM, ROM), random access memory (RAM, RAM), electrically programmable ROM (EPROM), electrically erasable and programmable ROM (EEPROM), magnetic or optical cards, or any type of medium suitable for storing electronic instructions, or each connected to a computer system bus.

[0030]

236 The algorithms and display devices presented in this document are not inherently associated with any particular computer or other device.

238 Various general purpose systems may be used with programs as taught herein, or may be convenient to create a more specialized apparatus for performing the required method steps.

240 The required structure for many of these systems will appear from the description below.

241 Moreover, the present invention is not described with reference to any particular programming language.

243 It will be appreciated that a variety of programming or digital design languages can be used to implement the ideas of the invention as described herein.

[0031]

248 Computer-readable media includes any device for storing or transmitting information in a computer-readable form (eg, a computer).

250 For example, computer-readable media includes read-only memory ("ROM"), random access memory ("RAM"), magnetic disk storage; optical storage device; flash memory devices; electrical, optical, acoustic or other form of propagated signals (for example, carrier waves, infrared signals, digital signals, etc.); etc.

[0032]

257 Communication system example

[0033]

261 1 is a block diagram of one embodiment of a communication system.

262 Referring to FIG. 1, the system includes a media receiver 100, a media receiver interface 102, a transmitter 140, a receiver 141, a media player interface 113, a media player 114, and a display 115.

[0034]

268 The media receiver 100 receives content from a source (not shown).

269 In one embodiment, the media receiver 100 comprises an upper group box.

270 The content may include baseband digital video such as but not limited to content concatenation in the HDMI or DVI standards. In such a case, the media receiver 100 may include a transmitter (eg, an HDMI transmitter) for routing received content.

[0035]

276 The media receiver 100 sends content 101 to the transmitter 140 via the media receiver interface 102.

278 In one embodiment, the media receiver interface 102 includes logic that converts content 101 to HDMI content.

280 In such a case, the interface 102 of the media receiver may contain an HDMI connection and the content 101 is sent via a wired connection; however, transmission can occur over a wireless connection.

283 In another embodiment, content 101 comprises DVI content.

[0036]

287 In one embodiment, the transfer of content 101 between the interface 102 of the media receiver and the transmitter 140 occurs over a wired connection; however, transmission can occur over a wireless connection.

[0037]

293 Transmitter 140 transmits information wirelessly to receiver 141 using two wireless connections.

295 One of the wireless connections is using a phased array antenna with adaptive beamforming.

296 Another wireless connection exists through the wireless channel 107, referred to herein as the reverse channel.

298 In one embodiment, the wireless channel 107 is unidirectional.

299 In an alternative embodiment, the wireless channel 107 is bi-directional.

300 In one embodiment, the reverse channel may use some or all of the same antennas as the forward beamforming channel (portion 105).

302 In another embodiment, the two sets of antennas are decoupled.

[0038]

306 The receiving device 141 transmits content received from the transmitting device 140 to the media player 114 via an interface, such as the media player interface 113.

308 In one embodiment, content transfer between the receiving device 141 and the media player interface 113 occurs over a wired connection; however, transmission can occur over a wireless connection. In one embodiment, the media player interface 113 comprises an HDMI connection. Likewise, the transfer of content between the media player interface 113 and the media player 114 occurs over a wired connection; however, transmission can occur over a wireless connection. Transmission can also take place over a wired or wireless data transfer interface that was not a media player interface.

[0039]

318 The media player 114 causes the content to be played on the display 115.

319 In one embodiment, the content is HDMI content and the media player 114 transmits the media content for display via a wired connection; however, transmission can occur over a wireless connection. The display device 115 may include a plasma display device, a liquid crystal display device, a cathode ray tube, etc.

[0040]

326 It should be noted that the system of FIG. 1 may be modified to include a DVD player / recorder instead of a DVD player / recorder to receive and reproduce and / or record content.

328 The same techniques can also be used in applications without multimedia data.

[0041]

332 In one embodiment, transmitter 140 and media receiver interface 102 are part of media receiver 100.

[0042]

337 Likewise, in one embodiment, receiver 141, media player interface 113, and media player 114 are all part of the same device.

339 In an alternative embodiment, the receiver 140, the media player interface 113, the media player 114, and the display 115 are all part of the display.

341 An example of such a device is shown in Fig. 2.

[0043]

345 In one embodiment, transmitter 140 includes a processor 103, an additional baseband processing component 104, a phased array antenna 105, and a wireless channel interface 106.

348 The phased array antenna 105 includes an RF transmitter (radio frequency transmitter) that has a digitally steerable phased array antenna coupled to and controlled by a processor 103 to transmit content to a receiver 141 using adaptive beamforming.

[0044]

354 In one embodiment, receiver 141 includes a processor 112, an additional baseband processing component 111, a phased array antenna 110, and a wireless channel interface 109.

356 The phased array antenna 110 comprises an RF transmitter (radio frequency transmitter) that has a digitally steerable phased array antenna coupled to and controlled by a processor 112 to receive content from a transmitter 140 using adaptive beamforming.

[0045]

362 In one embodiment, processor 103 generates baseband signals that are processed by baseband signal processing 104 prior to wireless transmission by phased array antenna 105.

364 In such a case, receiver 141 includes baseband signal processing to convert analog signals received by phased array antenna 110 into baseband signals for processing by processor 112. In one embodiment, the baseband signals are OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) signals.

[0046]

371 In one embodiment, transmitter 140 and / or receiver 141 are part of separate transceivers.

[0047]

375 Transmitter 140 and receiver 141 communicate wirelessly using an adaptive beamforming phased array antenna that is capable of beam steering.

377 Beamforming is well known in the art.

378 In one embodiment, the processor 103 sends digital control information to the phased array 105 to indicate an amount to offset one or more phase shifters in the phased array 105 to steer the beam thus formed in a manner well known in the art. Processor 112 also uses digital control information to drive phased array antenna 110. The digital control information is sent using a control channel 121 at transmitter 140 and a control channel 122 at receiver 141. In one embodiment, the digital control information comprises a set of coefficients. In one embodiment, processors 103 and 112 each include a digital signal processor.

[0048]

388 Wireless link interface 106 couples to processor 103 and provides an interface between wireless link 107 and processor 103 for transmitting antenna information related to phased array antenna use and to transmit information to facilitate content playback at a different location.

392 In one embodiment, information communicated between transmitter 140 and receiver 141 to facilitate content playback includes encryption keys sent from processor 103 to processor 112 of receiver 141 and one or more acknowledgments from processor 112 of receiver 141 to processor 103. transmitting device.

[0049]

399 Wireless link 107 also transmits antenna information between transmitter 140 and receiver 141.

400 During initialization or tuning of phased array antennas 105 and 110, wireless link 107 transmits information to allow processor 1-3 to select a direction for phased array antenna 105. In one embodiment, the information includes, but is not limited to, antenna location information and performance information corresponding to the antenna location, eg, one or more data pairs that include the position of the phased array antenna 110 and channel signal strength for that antenna location. In another embodiment, the information includes, but is not limited to, information sent by processor 112 to processor 103 to allow processor 103 to determine which portions of the phased array antenna 105 to use for content transmission.

[0050]

411 When the phased array antennas 105 and 110 are operating in a mode during which they can transmit content (eg, HDMI content), the wireless link 107 transmits an indication of the link state from the processor 112 of the receiver 141.

414 The link state indication comprises an indication from processor 112 that causes processor 103 to steer the beam in a different direction (eg, to a different channel). Such prompting can occur

in response to interference with the transmission of pieces of content. The information can specify one or more alternative channels that the processor 103 can use.

[0051]

421 In one embodiment, the antenna information comprises information sent by processor 112 to determine a location to which receiver 141 should direct the phased array antenna 110.

423 This can be useful during initialization when transmitter 140 tells receiver 141 where to position its antenna so that signal quality measurements can be made to determine the best channels. The detected position can be a precise location, or it can be a relative location, for example, the next location in a designated location order that follows the transmitter 140 and the receiver 141.

[0052]

431 In one embodiment, wireless link 107 transmits information from receiver 141 to transmitter 140 determining antenna characteristics of phased array antenna 110, or vice versa.

433 In one embodiment, link 107 communicates information from receiver 141 to transmitter 140, which may be used to control phased array antenna 105.

[0053]

438 Example of a transceiver architecture

[0054]

442 One embodiment of the transceiver is described below.

443 The transceiver includes a transmit and receive path for a transmitter and, accordingly, a receiver.

445 In one embodiment, a transmitter for use in conjunction with a receiver comprises a processor and a phased array beamforming antenna. The processor controls the antenna to perform adaptive beam steering using multiple transmit antennas in conjunction with receiver receive antennas, iteratively performing a set of tuning operations. One of the tuning operations comprises a processor causing the phased array beamforming antenna to transmit the first training sequence, while the receiver receive array weight vector is set and the transmit antenna array weight vector is switched between weight vectors with a set of weight vectors. Other tuning operations include a processor causing the phased array beamforming antenna to transmit the second training sequence, while the transmit antenna array weight vector is set as part of the process for calculating the receive antenna array weight vector.

[0055]

458 In one embodiment, a receiver for use in conjunction with a transmitter comprises a processor and a phased array beamforming antenna.

460 The processor controls the antenna to perform adaptive beam steering using multiple receive antennas in conjunction with the transmit antennas of the transmitter, iteratively performing a set of tuning operations. One of the training steps includes a processor that sets the receive antenna array weight vector during a process to estimate the transmit antenna array weight vector, wherein the transmitter transmits the first training sequence while the receive antenna array weight vector is set. Another of the training operations comprises the processor calculating the receive antenna array weight vector when the transmitter transmits the second training sequence while the transmit antenna array weight vector is set.

[0056]

471 3A and 3B are block diagrams of one embodiment of a transmitter and, respectively, a receiver, which are part of the adaptive multiple antenna beamforming system contained in FIG.

473 Transceiver 300 includes multiple independent transmit and receive chains and performs phased array beamforming using a phased array that receives an identical RF signal and phase shifts for one or more antenna elements in the antenna array to achieve beam steering.

[0057]

479 Referring to FIG. 3A, a baseband digital processing unit (eg, digital signal processor (DSP) 301) formats content and generates baseband signals in real time.

481 The baseband digital processing unit 301 can provide modulation, FEC coding, bursting, interleaving, and automatic gain control.

[0058]

486 Baseband digital processing unit 301 then directs baseband signals to be modulated and sent on the RF1 portion of the transmitter.

488 In one embodiment, the content is OFDM modulated in a manner well known in the art.

[0059]

492 A digital to analog converter (DAC) 302 receives the digital signal output from the baseband digital processing unit 301 and converts them to analog signals.

494 In one embodiment, the signal outputs from the DAC 302 are between 0-1.7 GHz. The analog front-end 303 receives the analog signals and filters them with a suitable low-pass image suppression filter and amplifies it accordingly. IF unit 304 (intermediate frequency unit) receives the output of the analog input unit 303 and upconverts it to an IF frequency. In one embodiment, the IF frequency is between 2-15 GHz.

[0060]

502 RF mixer 305 receives the output of signals from IF amplifier 304 and combines them with a signal from a local oscillator (LO) (not shown) in a manner well known in the art.

504 The output of signals from mixer 305 is at an intermediate frequency. In one embodiment, the IF is between 2-15 GHz.

[0061]

509 Multiplexer 306 is coupled to receive output from mixer 305 to control which phase regulators 3071-N are receiving signals.

511 In one embodiment, the phase adjusters 3071-N are quantized phase adjusters. In an alternative embodiment, the 3071-N phase regulators can be replaced with IF or RF amplifiers with controlled gain and phase. In one embodiment, baseband digital processing module 201 also monitors, via control channel 360, the phase and magnitude of the currents in each of the antenna elements in the phased array antenna to create the desired beam pattern in a manner well known in the art. In other words, the baseband digital processing unit 201 controls the phase regulators 3071-N of the phased array antenna to create the desired circuitry.

[0062]

521 Each of the 3071-K phase regulators provides an output that is sent to one of the 3081-N power amplifiers, which amplify the signal.

523 The amplified signals are sent to an antenna array that has many antenna elements 3091-N. In one embodiment, the signals transmitted from the antennas 3091-N are RF signals between 56-64 GHz. Thus, multiple beams are output from the phased array antenna.

[0063]

529 With respect to a receiver, antennas 3101-N receive wireless transmissions from antennas 3101-NK and provide them to phase regulators 3121-N via low noise amplifiers 3111-N, respectively.

532 As discussed above, in one embodiment, phase controllers 3121-N comprise quantized phase controllers. Alternatively, the phase regulators 3121-N can be replaced with complex multipliers. Phase controllers 3121-N receive signals from antennas 3101-N, which are combined by RF combiner 313 to create a single wire feed output. In one embodiment, a multiplexer is used to combine signals from different elements and output a single wire feed. The output of the RF combiner 313 is the input to the RF mixer 314.

[0064]

541 An RF mixer 314 receives the output of the signals from the IF amplifier 313 and combines

them with a signal from a local oscillator (LO) (not shown) in a manner well known in the art.
543 In one embodiment, the output of mixer 314 is an IF signal of 2-15 GHz. The IF module then
downconverts the IF signal to the baseband frequency. In one embodiment, there are I and Q
signals that are between 0-1.7 GHz.

[0065]

549 An analog to digital converter 316 (ADC) takes the output of IF 315 and digitizes it.
550 The digital output from the ADC 316 is received by a baseband digital processing module 318
(eg, DSP). Baseband digital processing unit 318 reconstructs the amplitude and phase of the
signal. Baseband digital processing unit 318 may provide demodulation, packet
decompression, deinterleaving, and automatic amplification.

[0066]

557 In one embodiment, each of the transceivers includes a control microprocessor that generates
control information for a baseband digital processing module (eg, DSP).
559 The control microprocessor can be on the same chip as the baseband digital processing
module (eg, DSP).

[0067]

564 DSP controlled adaptive beamforming

[0068]

568 In one embodiment, the DSP implements an adaptive algorithm with hardware-implemented
beamforming weights.
570 That is, the transmitter and receiver work together to effect RF beamforming using digitally
controlled analog phase shifters; however, in an alternative embodiment, beamforming is
performed at the IF. Phase regulators 3071-N and 3121-N are controlled via control channel
360 and, respectively, control channel 370 via their respective DSPs in a manner well known
in the art.
575 For example, a digital baseband processing unit (eg, DSP) 301 controls phase regulators 3071-
N so that the transmitter performs adaptive beamforming for beam steering, while a digital
baseband processing unit (eg, DSP) 318 controls phase controls 3121-N. to direct the antenna
elements to receive wireless transmission from the antenna elements; and to combine signals
from different elements to create a single wire feed output. In one embodiment, a multiplexer is
used to combine signals from different elements and output a single wire feed. It should be
noted that processors (e.g., DSPs) that control baseband digital processing modules, such as
that shown in the transmitters and receivers of FIG. 1, can be connected to control channels
360 and 370, respectively, can be used to control phase regulators 3071 -N and 3121-N.

[0069]

587 A baseband digital processing unit 301 (eg, DSP) controls the pulse beam or activates a corresponding phase shifter connected to each antenna element.

589 The ripple algorithm in the baseband digital processing unit 301 (eg, DSP) controls the phase and gain of each element. Implementing DSP controlled phase array beamforming is well known in the art.

[0070]

595 An antenna with adaptive beamforming is used to avoid obstacles with interference.

596 By adapting beamforming and beam steering, communication can occur while avoiding obstacles that might prevent or interfere with wireless transmissions between transmitter and receiver.

[0071]

602 In one embodiment, with respect to adaptive beamforming antennas, there are three phases of operation.

604 The three phases of operations are the tuning phase, the search phase, and the tracking phase. The tuning phase and the search phase occur during initialization. The tuning phase defines the channel profile using predefined sequences of spatial patterns and. The search phase calculates a list of possible spatial patterns, and selects an initial option for use in transmitting data between the transmitter of one transceiver and the receiver of another. The tracking phase keeps track of the intensity of the possible list. When the initial option is difficult, the next pair of spatial patterns is selected for use.

[0072]

614 In one embodiment, during the training phase, the transmitter sends out a sequence of spatial patterns.

616 For each spatial pattern, the receiver projects the received signal onto a different sequence of patterns. As a result of the projection, the channel profile is obtained from the pair,.

[0073]

621 In one embodiment, exhaustive tuning is performed between a transmitter and a receiver, in which the receiver antenna is located at all locations and the transmitter sends out multiple spatial patterns.

624 Beamforming is well known in the art. In this case, M transmitted spatial patterns are transmitted by the transmitter and N received spatial patterns are received by the receiver to

create an N by M channel matrix. Thus, the transmitter goes through the transmit partition scheme and the receiver looks for the strongest signal for that transmission. Then the transmitter moves to the next section. At the end of the exhaustive search process, the location of all transmitter and receiver positions and the strength of the channel signals at these positions are obtained. The information is stored as pairs of positions, where the antennas are directed and the signal strength of the channels. The list can be used to steer the antenna beam in the event of interference.

[0074]

636 In an alternative embodiment, a training subspace is used in which the space is sequentially divided into bounded sections using orthogonal antenna circuits that are sent out to obtain a channel profile.

[0075]

642 Provided that the baseband digital processing (DSP) unit 301 is in a stable state and the direction in which the antenna is to point has already been determined.

644 In the nominal state, the DSP has a set of coefficients that it sends to the phase regulators.

645 The coefficients indicate the amount of phase by which the phase shifter must shift the signal for its respective antennas. For example, the digital baseband processing (DSP) module 301 sends the set digital control information to the phase regulators, which indicates that different phase regulators should be offset by different amounts, for example, offset 30 degrees, offset 45 degrees, offset 90 degrees, offset 180 degrees, etc. Thus, the signal that arrives at this antenna element will be offset by a certain number of degrees of phase. The end result of offsetting, for example, 16, 32, 36, 64 elements in the array by different amounts, allows the antenna to be steered in a direction that provides the most sensitive radio location for the receive antenna. That is, a composite set of offsets across the entire antenna array provides the ability to control where the antenna's most sensitive point points to the hemisphere.

[0076]

658 It should be noted that in one embodiment, the corresponding connection between the transmitter and the receiver cannot be a forward link from the transmitter to the receiver.

660 For example, the most appropriate channel might be to discuss a new limit value idea.

[0077]

664 Return channel

[0078]

668 In one embodiment, a wireless communication system includes a reverse channel 320, or a link for transmitting information between wireless communication devices (eg, a transmitter and a receiver, a pair of transceivers, etc.).

671 The information relates to beamforming antennas and allows one or more of the wireless communication devices to adapt the array of antenna elements to better direct the antenna elements of the transmitter to the antenna elements in conjunction with the receiver.

674 The information also includes information to facilitate the use of content that is wirelessly transmitted between the antenna elements of the transmitter and receiver.

[0079]

679 3A and 3B, reverse link 320 is connected between DSP module 318 and baseband digital processing (DSP) module 301 to allow DSP module 318 to send tracking and control information into a digital baseband processing (DSP) unit 301.

682 In one embodiment, reverse channel 320 functions as a high speed downlink transmission and an acknowledgment channel.

[0080]

687 In one embodiment, the reverse channel is also used to convey information appropriate to the application for which the wireless communication is occurring (eg, wireless video).

689 Such information includes content protection information. For example, in one embodiment, the reverse channel is used to transmit encrypted information (eg, encryption keys and acknowledgment of encryption keys) when the transceivers transmit HDMI data. In this case, the back channel is used for content protection interaction.

[0081]

696 More specifically, in HDMI, encryption is used to validate that the receiver of the data is an enabled device (eg, a enabled display device).

698 There is a continuous stream of new encryption keys that are sent during HDMI data stream transmission to validate that the enabled device has not been modified. The frame blocks for HD TV data are encrypted with various keys and then these keys must be acknowledged back on the reverse channel 320 in order to validate the player. Reverse channel 220 transmits encryption keys in the forward direction to the receiver and acknowledgments of keys from the receiver in the reverse direction. Thus, encrypted information is sent in both directions.

[0082]

707 The use of a reverse channel for transmission of content protected information is advantageous as it avoids the need to complete a lengthy tuning process when such transmission of information is sent along with the content.

710 For example, if a key from the transmitter is sent in parallel with the content on the original link and that initial link is interrupted, it will cause a lengthy adjustment of 2-3 seconds for a typical HDMI / HDCP system. In one embodiment, this is a split bi-directional link that has a higher reliability than the original directional link, given its omnidirectional orientation. By using this back channel to communicate the HDCP keys and the corresponding acknowledgment back from the receiver, time-consuming trimming can be avoided in the event of the worst interference.

[0083]

720 In active mode, when the beamforming antennas are transmitting content, the reverse channel is used to allow the receiver to notify the transmitter of the channel condition.

722 For example, while the channel between the beamforming antennas is of sufficient quality, the receiver sends information on the reverse channel to indicate that the channel is acceptable. The return channel can also be used by the receiver to send measurable information transmitted indicating the quality of the channel being used. If some form of interference (eg, obstruction) occurs that degrades the channel below an acceptable level or completely interferes with transmissions between beamforming antennas, the receiver may indicate that the channel is no longer acceptable and / or may request channel changes on the reverse channel. The receiver can request changes for the next channel in a given set of channels, or can determine a specific channel to use by the transmitter.

[0084]

734 In one embodiment, the reverse channel is bi-directional.

735 In such a case, in one embodiment, the transmitter uses the reverse channel to send information to the receiver. Such information may include information that instructs the receiver to position its antenna elements at various fixed positions that the transmitter can scan during initialization. The transmitter can determine this by a specific position designation, or by indicating that the receiver should move to the next position indicated in a given order or list, with which both the transmitter and the receiver continue to navigate.

[0085]

744 In one embodiment, the return channel is used by either or both of the transmitter and receiver to notify other information about the characteristic of a particular antenna.

746 For example, the antenna response information may determine that the antenna allows resolution down 6 degrees in radius and that the antenna has a certain number of elements (eg, 32 elements, 64 elements, etc.).

[0086]

752 In one embodiment, the transmission of information on the reverse channel is carried out wirelessly using interface blocks.

754 Any form of wireless communication can be used. In one embodiment, OFDM is used to transmit information on the reverse channel. In another embodiment, CPM is used to transmit information on the reverse link.

[0087]

760 Beamforming overview

[0088]

764 In one embodiment, the communication system implements beamforming with the following elements: a beam search process; a beam tracking process and a beam steering state machine.

767 Beam search and beam tracking are used to correct for changes in wireless channel time and possible obstruction of narrow beams.

769 When called, the beam search process finds the beam direction that maximizes the link resource. The resulting beam direction is then used to form the beam. After the beam-seeking process has resulted in optimal beamforming, the beam-tracking process follows the beam as compared to a small change over time in the channel transmission function. The beam steering state machine uses an arbitrary bad link detection mechanism (which may be based on useful information or beam tracking results) to detect if the signal-to-noise ratio of the current link is below a desired limit. For the purposes of this document, a poor link means that the current beam direction is difficult and a new beam search is subsequently planned to find the next best beam direction.

[0089]

781 4 illustrates one embodiment of a beam steering state machine.

782 Referring to FIG. 4, the state machine 400 includes an acquisition (initial / steady state) state 401, a beam search state 402, and a steady state or communication state 403. The beam steering process begins at receiving state 401. In one embodiment, the receive state 401 is latched only during link establishment. Upon initial acquisition, state machine 400 moves to beam search state 402 to perform beam search. The beam search state 402 is also latched as soon as the source (eg, transmitter) or destination (eg, receiver) determines that the channel is considered bad (eg, beam obstruction) (based on one or more metrics). It should be noted that in one embodiment, the beam search is scheduled regularly (eg, every 0.5-2 seconds) during the data transfer state 403. This can be useful based on the blocked beam.

[0090]

794 After the beam search has been successful, the state machine 400 transitions to steady state 403 where data transfer operations are performed.

796 In one embodiment, this includes tracking the beam at specific intervals (eg, every 1-2 ms). In one embodiment, beam tracking is a shortened version of the beam search process. It can be scheduled or based on request.

[0091]

802 If there is a link failure that occurs when the beam-steering state machine 400 is in either the beam-seeking state 402 or the transmit state 403, then the beam-steering state machine 400 transitions to the receive state 401.

[0092]

808 In one embodiment, beamforming in the transmitter is performed by rotating the phase of the RF modulated signal separately for each RF power amplifier and set of transmit antennas, where the phase rotation is described by the following equation:

[0094]

814 and the rotation angle θ is quantized by 2-4 bits.

815 This can be achieved using quantized phase controllers.

[0095]

819 Similarly, in one embodiment, receiver beamforming is performed by rotating the phase of the received RF modulated signal after each receive antenna and a set of low noise amplifiers (LNAs) and then combining the phase-rotated signals.

[0096]

825 It should be noted that in one embodiment, the receive antennas are coupled to one or more digitizing channels and the number of digitizing channels is less than the number of receive antennas.

828 In addition, in one embodiment, the transmit antennas are coupled to one or more signal conditioning transmission channels, and the number of signal conditioning transmission channels is less than the number of transmission antennas.

[0097]

834 Beam Search Process Example

[0098]

838 In one embodiment, the beam search process consists of two stages: synchronization recovery and iterative beam search.

840 At the stage of synchronization recovery, the time of arrival (delay) of the beam / beam with the maximum gain is estimated.

842 In one embodiment, latency estimation is performed by transmitting a known character sequence over the air and matching the sequence at the receiver through a matched filter.

844 In order to maximize the signal-to-noise ratio, the phases of the transmitting antenna are set equal to the columns of the $N \times N$ Hadamard matrix, H , one column at a time, where H has the following properties:

[0099]

850 $H(i, j) \in \{-1, 1\}$, H

851 T

852 $H = NI$

853 $N \times N$

[0100]

857 where HT is transposed from H , and $IN \times N$ is the identity matrix of $N \times N$. The phases of the transmit antenna are decomposed by N columns of H (set to one at a time) P (eg, 3) times, where a different receive antenna phase pattern is used at each time.

860 The receiving antenna phase patterns are selected so that the corresponding beams cover the entire space.

862 The receiver matched to the filter correlates with the received signal, $r(k)$, with the transmitted sequence $x(k)$, as described by the following equation, where the circuit is L symbols:

[0102]

867 The time delay that results in the maximum output energy of the matched filter, after being added over all the transmit and receive antenna phase patterns, is chosen as the maximum beam / beam gain time delay.

870 In addition, a receive antenna phase pattern is also selected for which the matched filter output at the selected time delay has the maximum energy, after it has been summed over all transmit antenna phase patterns.

[0103]

876 The next step uses an iterative beam search process such that, in one embodiment, alternatively changes the transmit and receive phase patterns for a total of $2M$ (even) (eg, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 34, 36, 38, 40, 42, 44, 46, 48, 50, 52, 54, 56, 58, 60, 62, 64, 66, 68, 70, 72, 74, 76, 78, 80, 82, 84, 86, 88, 90, 92, 94, 96, 98, 100) iterations.

8, or 10) steps.

879 In almost all cases, the transmit and receive phase schemes converge to optimal values corresponding to the direction of the beams with maximum gain.

881 In some individual cases, the transmit and receive phase patterns may oscillate between different phase patterns, which correspond to similar beamforming gains.

[0104]

886 For the first iteration, the receive phase pattern is set to one of the P phase patterns that was selected at the end of the last re-synchronization step.

888 In other words, the receive phase offsets are set to the i -th initial value (for $i = 1, 2, 3$, etc.). In one embodiment, receive phase offsets are set by setting antenna array weight vector (AWV) values. The transmission scheme, on the other hand, is set equal to N columns of the Hadamard matrix H in turn. An example of a 36×36 Hadamard matrix is given in FIG. 8. It should be noted that a different unitary matrix may be used for a certain number of antennas. Additionally, it should be noted that in one embodiment, the antenna array weight vectors (AWV) for the receiver and transmitter are composite weight vectors that may have amplitude and / or phase information. In one embodiment, the weight vectors are phase-shifted quantized vectors.

[0105]

900 The transmitter transmits a known character sequence over the air, which is used to estimate the resulting SISO functions (single input and single output) of the transmission of the channel j_n of the RF modulated signal before up to N phase turns of the transmit antenna in the combined signal after N phase turns of the receive antenna ...

904 During this phase, the transmitting phased array antenna switches between phase vectors from the columns of matrix H that span the entire space. In one embodiment, the transmit antenna array weight vector (AWV) includes 36 weight vectors. For each transmission phase scheme, the received signal is correlated with the transmitted symbol sequence at the selected optimal time delay. The complex-valued correlator output is then used as an estimate of the corresponding channel transmission function. Thus, the N -Tx with 1-Rx channel gains for each delay corresponding to the receiver phase offsets are sequentially measured and the delay with the maximum energy (eg cluster) is selected for the best initial value.

[0106]

915 Next, a vector of N complex-valued channel estimates is complex conjugated and multiplied by a matrix H . The complex-valued angles and elements of this vector are then quantized into 2-4 bits, creating a quantized phase vector.

918 This vector is referred to herein as a quantized phase shift vector (QPS) of an MRC-based transmitter (i.e., an AWV transmitter) and is sent back to the transmitter via a reverse wireless

channel, such as the reverse channel described above, where it is used as a phase scheme fixed gear for the next part of the first iteration. In one embodiment, the transmitter index AWV that produces the strongest signal at the receiver is also sent back to the transmitter via the return channel.

[0107]

927 For the next part of the first iteration, the transmission phase scheme is set equal to the phase quantization vector calculated at the end of the last iteration.

929 That is, the transmission phase offsets are set to the values calculated in the first part of the iteration that exist to tune the AWV transmitter. The receive phase circuit, on the other hand, is set equal to N columns from H in turn. Transmitting the same symbol sequence and using the same correlation procedure, the transmission functions of the SISO channel are estimated for each receive phase scheme. In other words, 1-Tx by N-Rx channel gains are sequentially measured at the receiver for maximum power delay and an estimate for the equivalent $1 \times M$ channel.

[0108]

939 Likewise, a vector of N complex-valued channel estimates is complex conjugate and multiplied by a matrix H. The complex-valued angles and elements of this vector are then quantized into 2-4 bits to create a quantized phase vector.

942 This vector is referred to as the quantized phase shift (QPS) vector of the MRC-based receiver (i.e., AWV receiver). This AMV vector is used at the receiver as a fixed receive phase for the next iteration. That is, the receive phase (weight) offsets are set to these calculated values.

[0109]

948 Thus, the same steps are repeated many times (e.g. 3, 4, etc.), where the alternative transmit or receive phase schemes are set equal to the calculated quantized phase vectors from the previous iteration, while the schemes for the opposite operation, i.e. ... transmit or receive schemes are set to N columns if alternately.

[0110]

955 At the end of the iterations, the computed transmit and receive phase vectors are used to create a beam in the optimal direction.

[0111]

960 In one embodiment, the beam search (and beam tracking) signal is an OQPSK signal at an $F_s / 2$ burst rate, where F_s is the OFDM sampling rate.

[0112]

965 In one embodiment, up to three different initial receive QPS vectors are used to improve the performance of estimating the optimal sampling time.

967 In addition, in one embodiment, sequential channel estimation is performed by setting the transmitter (and receiver) weight vector to N columns of matrix H in turn and sequentially measuring N corresponding scalar channel estimates.

970 Each channel estimation step consists of N estimation intervals such that if V is equal to the resulting $1 \times N$ ($N \times 1$) estimation vector, then the channel estimate is $VH * (H * V)$.

[0113]

975 The received signal should neither be suppressed nor decayed during each re-clock or iteration step where the transmit or receive phase circuits are unwrapped using the H columns. Hence, the automatic gain control (AGC) procedure is performed prior to each such step.

978 In one embodiment, in this AGC procedure, an arbitrary character sequence covering the same baseband is transmitted over the air, while the transmit and receive phase patterns are changed in the same manner as the next step.

981 The received signal power is measured and the receiver gain is sequentially set to a value such that the received signal is neither suppressed nor attenuated for all transmit and receive phase circuits.

984 If necessary, this procedure is repeated many times (up to 3) until an appropriate gain is found.

[0114]

988 5 illustrates the layers of one embodiment of the beam search process described above.

989 Referring to FIG. 5, steps 501-503 represent the steps for re-timing. During these steps, the initial phase displacement vectors and the optimal delay are selected. In one embodiment, transmit power is latched during steps 501 and 502.

[0115]

995 After block 503, a series of iterations are performed.

996 Each iteration consists of three blocks, with blocks 504-506, which represent an example of one iteration. Step 504 is a transmit channel estimation step using a fixed receive phase scheme in which receive vectors that give the best power are selected and used for channel estimation. As shown, block 504 includes automatic gain control 5041 shown in parallel, block 504 includes automatic gain control 5041 in parallel with a block in which the receiver generates an $N \times 1$ channel estimate using the received vectors and calculates a transmission phase offset vector in sub-step 5042 ... The operations of sub-step 5042 are displayed as a block, shown as an extended version of sub-step 5202 (since all the blocks are the same).

Initially, the transmission phase offset vector is changed to H1 (substage 5501) with a filter band (substage 5502) inserted to correct the phase offset lag. For a change in the transmission weight vectors, the filter bandwidth is greater than the total delay spread minus the transmission filter delay spread.

1008 The first channel (Ch1) is then measured (block 5503). After measuring the channel, the transmit phase offset vector is changed to H2 (substage 5504), with a filtering bandwidth (substage 5505). Then the second channel (Ch2) is measured (block 5506). This continues until the last channel, ChN, is measured. After all of the transmit phase offset vectors have been transmitted and the channels are estimated, the transmit phase offset vectors are calculated and modified (in preparation for estimating the receive channel). In one embodiment, the transmit antenna weight vector that produces the strongest received signal at the receiver is repeated more than once during this step to allow the receiver to correct for various phase errors inherent in the analog transmitter and receiver circuits.

[0116]

1020 Once the transmit phase offset vector has been calculated, the receiver sends it back to the transmitter in step 505.

1022 In one embodiment, the receiver further sends back the transmitter weight vector index that creates the strongest received signal to be used during the next iterations. This can be done using a return channel.

[0117]

1028 Next, step 506 for estimating the receive channel is performed using a fixed transmit phase offset vector.

1030 The receive channel estimation step (block 506), as well as each of the other receive channel estimation steps, comprises an automatic gain control sub-step (sub-step 5061) and a 1xN channel estimate and a receive phase offset vector computation step (sub-step 5062). The AGC block 5061 is displayed as three AGC blocks 531, numbers 103, which are the same. One of them is shown in more detail and is exemplary of the others. First, the receive phase offset vector is changed to H1 (substage 5311) and AGC is performed on this phase offset vector (block 5312). The receive phase offset vector is then changed to H2 (step 5313) and AGC is performed on this phase offset vector (block 5314). This continues for all N receive phase offset vectors.

[0118]

1042 After AGC sub-step 5061, channel estimation and receive phase offset vector calculation occurs in sub-step 5062.

1044 The operations of sub-step 5062 are displayed as a block and are the same for all similar blocks in FIG. 5. Initially, the receive phase offset vector is changed to H1 (substage 5601)

with a filter band (substage 5602) inserted to correct the phase offset lag. For a change in receive weight vectors, the filter bandwidth is greater than the total delay spread minus the receive filter delay spread. Then the first channel (Ch1) is measured (substage 5603). After measuring the channel, the receive phase offset vector is changed to H2 (substage 5604), with a filtering bandwidth (substage 5605). Then the second channel (Ch2) is measured (block 5606). This continues until the last channel, ChN, is measured. After all the receive phase offset vectors are transmitted and the channels are estimated, the receive phase offset vectors are calculated and modified. In one embodiment with four iterations, there are fourteen stages.

[0119]

1058 Automatic gain control

[0120]

1062 The signal sent out during AGC tuning intervals uses the same modulation but carries no information.

[0121]

1067 The AGC gain must be constant during each channel estimation step.

1068 During each step, either the transmit weight vectors or the receive weight vectors change (sweep across N columns), resulting in RSSI jitter.

1070 In this case, AGC is triggered for all N possible weight vectors, the AGC level is fixed with the minimum achievable value, and then N channel estimates are made.

[0122]

1075 6 illustrates a partial beamforming that has occurred as a result of the beam search process in FIG. 5. FIG.

[0123]

1080 7 illustrates one embodiment of a beam search and tracking pattern at a source / transmitter.

1081 Referring to FIG. 7, the BPSK beam search circuit 701 is at frequency $F_s / 2$, filtered using an oversampled carbon shaping filter 702, or generates a beam search circuit at frequency f_s .

1083 This circuitry is then sent to OQPSK transform 703, which transforms the BPSK symbols -1 and 1 into composite QPSK symbols $-1-j$ and $1+j$, respectively, and delays the Q component by half the sample with respect to component I. The output of the OQPSK transform 703 is converted to analog using the DAC 704 and then filtered using the analog filter 705 prior to transmission.

[0124]

1091 Beam Tracking Algorithm Example

[0125]

1095 In one embodiment, the beam tracking algorithm consists of two iterations of an iterative beam search process, eg, the second and third iterations described above.

1097 9 is a flow diagram of one embodiment of a beam tracking process.

1098 Referring to FIG. 9 in the first iteration (shown as block 901), the transmit phase diagram is set equal to the transmit phase vector corresponding to the current beam (i.e., transmit phase offsets are set for the current estimates), while the receive phase diagram is unwrapped with N columns H for the current delay.

1102 From this operation, the offset vector of the quantized receive phase is calculated based on the MRC. The computed quantized phase vector is then used as a fixed receive phase diagram for the second iteration (shown as block 902), while the transmit phase diagram is unwrapped with N columns of H and the quantized transmit phase offset vectors are computed. In one embodiment, the transmit phase scheme that produces the strongest received signal at the receiver is repeated more than once during this phase to allow the receiver to correct for various phase errors inherent in the analog transmitter and receiver circuits. In each iteration, the channel transmission functions are estimated for the same time delay that was extracted during the re-synchronization phase of the beam search process. The quantized transmit phase vectors are computed in these iterations and then fed back (903) for use as the transmit phase scheme. In one embodiment, the index of the weight vector that produces the strongest received signal is further sent back for use during the next copy of the beam tracking.

1115 It should be noted that blocks 901 and 902 are described in more detail in the same manner as in FIG. 5 above.

[0126]

1120 The same AGC procedure as described above is performed during the beam search process before each iteration to ensure that the received signal is neither suppressed nor attenuated during the subsequent operation.

1123 They are shown in FIG. 9, with an example of AGC setting for one channel, which is the same as the others shown in detail.

[0127]

1128 Alternative Embodiments of the Beam Search Algorithm

[0128]

1132 A second alternative embodiment of the beam search process is shown in FIG. 10.

1133 Referring to FIG. 10, first, a known character sequence is transmitted over the air, which is used for channel estimation.

1135 Further, the transmission phase diagram is set to N columns of H at a time. For each such transmit phase pattern, the receive phase pattern is then set to N columns of H at time, resulting in a combination of NxN different transmit and receive phase patterns.

[0129]

1141 Subsequently, the corresponding functions of the NxN SISO channel are estimated by matching the received signal with a given symbol sequence in the optimal time delay (the synchronization re-synchronization procedure is similar to the first embodiment of the beam search process, except that all combinations of transmit and receive antenna schemes are used).

1146 N × N scores are used to create an N × N matrix, G. G is then multiplied by H and transposed H, as in the following equation:

[0130]

$$1151 G = H \Gamma H$$

$$1152 T$$

[0131]

1156 where G is an estimate of the transmission function of the MIMO (multiple-input multiple-output) channel.

[0132]

1161 The next iteration is then performed for k = 1, ..., M:

[0133]

$$1165 Z = \text{conj} (G$$

$$1166 T$$

$$1167 U$$

$$1168 k-1), v_k = \text{quant} ([\square z_1, \square z_2, \dots, \square z_N])$$

[0134]

1172 $w = \text{conj}(Gv$

1173 $k-1)$, $u_k = \text{quant}([\square w_1, \square w_2, \dots, \square w_N])$

[0135]

1177 where u_0 is an arbitrary initial receive phase scheme.

[0136]

1181 The above evaluation phase precedes an AGC procedure similar to the AGC procedure described above.

1183 This AGC procedure, which measures the received signal power for all transmit and phase pattern combinations, and can be repeated as many times as necessary, ensures that the received signal is neither suppressed nor attenuated during evaluation.

[0137]

1189 Applications

[0138]

1193 In one embodiment, the above beamforming schemes are used for a system operating in the 57 to 64 GHz unlicensed band. Compared to other low-frequency, unlicensed bands such as 2.4 GHz and 5 GHz, the 60 GHz band allows for much smaller antennas with similar antenna gains.

1197 Ideally, 60 GHz antennas would be 12 times smaller than 5 GHz antennas with the same gain.

1198 This means that a much larger number of antennas can be used without significantly increasing the dimensions of the wireless system and, hence, costs.

[0139]

1203 In addition, measurements show that the 60 GHz propagation channel is much more clustered than the 2.4 and 5 GHz bands. This is equivalent to stating that distribution channels can be grouped into specific clusters for that range.

1206 11 illustrates the concept of a clustered distribution channel.

1207 The beamforming process described above is then ideally equivalent to focusing on propagation within the cluster at maximum gain. It can be shown for such clustered channels that the channel capacity of the beamforming scheme described herein is often very close to the maximum MIMO channel capacity (achievable through multiplexing as mentioned in the prior art section). In addition, focusing on propagation within a cluster means that the propagation delay spread is equal to the cluster delay spread, which can be significantly lower than the overall channel delay spread.

[0140]

¹²¹⁷ Therefore, the proposed beamforming method is very suitable for wireless applications in the 60 GHz band.

[0141]

¹²²² While many changes and modifications of the present invention will no doubt become apparent to a person skilled in the art, upon reading the foregoing description, it should be understood that any particular embodiment shown and described by way of illustration is in no way intended to be construed as limiting.

¹²²⁶ Therefore, references to the details of various embodiments are not intended to limit the scope of the claims, which themselves only disclose features essential to the invention.

Notice

This translation is machine-generated. It cannot be guaranteed that it is intelligible, accurate, complete, reliable or fit for specific purposes. Critical decisions, such as commercially relevant or financial decisions, should not be based on machine-translation output.

CLAIMS RU2446575C2

1.
¹³ A method for steering a beam of transmitting and receiving antennas, comprising the step of:
performing adaptive beam steering using a plurality of transmitting and receiving antennas,
including iteratively performing a pair of training sequences, wherein iteratively performing a pair
of training sequences includes estimating a weight vector of a transmitter antenna array, and
the weight vector of the receiver antenna array, and the iterative implementation of the training
sequence pair includes alternatively changing the phase diagrams of the transmit and receive
antennas for multiple iterations.
2.
²³ The method of claim 1, wherein the receiving antennas are coupled to one or more digitizing
channels, and wherein the one or more digitizing channels are fewer than the number of
receiving antennas.
3.
²⁹ The method of claim 1, wherein the transmit antennas are coupled to one or more transmission
signal generation channels and wherein the one or more transmission signal generation
channels are fewer than the number of transmission antennas.
4.
³⁵ The method of claim 1, wherein the adaptive beam steering step comprises: performing
adaptive beamforming, which includes a beam searching process for identifying a beam
direction; and performing a beam tracking process to track the beam during the data

transmission phase.

5.

⁴² The method of claim 4, wherein the beam search and beam tracking are performed either by a request from a transmitter or receiver or at continuously scheduled intervals.

6.

⁴⁷ The method of claim 4, wherein tracking the beam comprises performing a single iteration of a pair of training sequences.

7.

⁵² The method of claim 1, wherein the training sequence pair occurs on the same channel with multi-channel inputs and multi-channel outputs (MIMO).

8.

⁵⁷ The method of claim 1, wherein the estimation of the transmitter antenna array weight vector and the receiver antenna array weight vector are performed at the receiver.

9.

⁶² The method of claim 8, further comprising the step of transmitting the inversely estimated transmitter antenna array weight vector to the transmitter.

10.

⁶⁷ The method of claim 1, wherein the weights in the antenna array weight vectors are limited only by phase offsets and antenna activation and deactivation.

11.

⁷² The method of claim 1, wherein the receive weight vector is set while the transmitter antenna array weight is estimated and the transmitter weight vector is set, while the receiver antenna array weight is estimated.

12.

⁷⁸ The method of claim 1, wherein the adaptive beam steering using multiple transmit and receive antennas comprises iteratively performing steps of: (a) setting a receive weight vector for the

receive antennas based on an initial weight or phase offset vector; (b) sequentially measuring channel gains corresponding to each phase to generate a first set of channel gains; (c) calculating a second weight vector based on the first set of channel gains; (d) setting transmission phase offsets for transmit antennas based on the second weight vector; (e) sequentially measuring the channel gains in the receiver corresponding to each phase to create a second set of channel gains; and (f) calculating a third weight vector based on the second set of measured channel gains.

13.

⁹⁰ The method according to claim 12, further comprising the steps of: estimating the first channel from the first set of channel gains, wherein the calculation of the second phase offset vector is based on the estimate of the first channel; and estimating a second channel from the second set of channel gains, wherein the calculation of the third phase offset vector is based on the second channel estimate.

14.

⁹⁸ The method of claim 13, wherein estimating the first channel comprises estimating the elements of the channel vector in turn, wherein the number of consecutive estimation intervals is set to a certain number.

15.

¹⁰⁴ The method of claim 13, wherein estimating the first channel comprises using the unitary matrix as the transmitting matrix such that the transmit antenna weight vector is set to a column of the unitary matrix.

16.

¹¹⁰ The method of claim 13, wherein estimating the first channel comprises using a Hadamard type matrix as the transmit matrix such that the weight vector of the transmit antenna is set to a column of the Hadamard type matrix.

17.

¹¹⁶ The method of claim 14, wherein the number of consecutive estimates and the plurality of different transmit antenna weight vectors are equivalent.

18.

¹²¹ The method of claim 14, wherein the number is 36.

19.

¹²⁵ The method of claim 14, wherein the number of successive estimates is greater than the number of different transmit antenna weight vectors and the transmit antenna weight vector that produces the strongest signal at the receiver is repeated more than once.

20.

¹³¹ The method of claim 14, wherein the number of consecutive estimates is 36 and the transmit antenna weight vector that produces the strongest signal at the receiver is repeated 10 times.

21.

¹³⁶ The method of claim 12, further comprising transmitting the known training sequence to the receiver.

22.

¹⁴¹ The method of claim 12, further comprising using a third phase offset vector instead of the first phase offset vector while setting receive phase offsets for the receive antennas for the next iteration and then repeating steps (a) through (f).

23.

¹⁴⁷ The method of claim 12, wherein the first, second, and third phase offset vectors are antenna array weight vectors.

24.

¹⁵² The method of claim 12, further comprising the step of sending the second phase offset vector from the receiver to the transmitter using the reverse channel.

25.

¹⁵⁷ The method of claim 24, wherein the channel has a lower transmission rate than the channel resulting from beamforming.

26.

¹⁶² The method of claim 12, further comprising sending a transmitter phase vector index that produces the strongest received signal at the receiver during sequential estimation of the first

channel.

27.

¹⁶⁸ The method of claim 12, wherein the iterative execution of the set of operations occurs if the transmitter and receiver are idle or if a beam formed between the transmitter and receiver becomes obscured.

28.

¹⁷⁴ The method of claim 12, wherein the iterative execution of the set of operations is performed such that the set of operations is performed four times.

29.

¹⁷⁹ The method of claim 12, further comprising the step of performing synchronization recovery prior to iteratively performing the set of operations.

30.

¹⁸⁴ The method of claim 12, further comprising the step of estimating the delay before iterating through the set of operations to determine the arrival time of the maximum gain beam.

31.

¹⁸⁹ The method of claim 30, wherein estimating the delay comprises: transmitting a known character sequence over the air using transmit antennas; and match a known character sequence at the receiver through a matched filter.

32.

¹⁹⁵ The method of claim 1, wherein the alternate phase pattern variation of the transmit and receive antennas is directed to an optimum value corresponding to the direction of the beam used to form the beam.

33.

²⁰¹ A device for controlling a beam of transmitting and receiving antennas, comprising: a transceiver that has a first baseband digital processing module coupled to a first phased array antenna; and a receiver having a second baseband digital processing module coupled to a second phased array antenna, the first and second baseband digital processing modules interacting to perform adaptive beam steering using a plurality of transmit and receive

antennas by iteratively performing a pair of tuning sequences, wherein the pair of training sequences includes an estimate of the weight vector of the transmitter antenna array and the weight vector of the antenna array of the receiver, and wherein the iterative implementation of the pair of training sequences includes alternatively changing the phase diagrams of the transmit and receive antennas for multiple iterations.

34.

²¹⁴ The apparatus of claim 33, wherein the receiving antennas are connected to one or more digitizing channels and wherein the number of digitizing channels is less than the number of receiving antennas.

35.

²²⁰ The apparatus of claim 33, wherein the transmitting antennas are connected to one or more transmission signal generation channels and wherein the number of transmission signal generation channels is less than the number of transmission antennas.

36.

²²⁶ The apparatus of claim 33, wherein the first and second digital processing units interact to perform adaptive beam steering by performing adaptive beamforming, which includes a beam searching process for identifying a beam direction; and performing a beam tracking process to track the beam during the data transmission phase.

37.

²³³ The apparatus of claim 36, wherein the beam tracking is performed with a single iteration of the training sequence pair.

38.

²³⁸ The apparatus of claim 33, wherein the estimation of the transmitter antenna array weight vector and the receiver antenna array weight vector are performed at the receiver.

39.

²⁴³ The apparatus of claim 33, further comprising a reverse channel for transmitting the inversely estimated weight vector of the transmitter antenna array to the transmitter.

40.

248 The apparatus of claim 33, wherein the receive weight vector is set when the transmitter antenna array weight is estimated, and the transmitter weight vector is set when the receiver antenna array weight is estimated.

41.

254 The apparatus of claim 33, wherein the first and second baseband digital processing modules interact to perform adaptive beam steering using an iterative set of operations that includes (a) establishing receive phase offsets for the receiving antennas of the second phased array antenna to based on the first weight vector, by the second baseband digital processing unit; (b) sequentially measuring the channel gains corresponding to each phase, and generating a first set of channel gains, by the second digital baseband processing unit; (c) calculating the second weighting vectors based on the first set of channel gains by the second baseband digital processing unit; (d) establishing a transmission phase offset for the transmit antennas of the first phased array antenna based on the second weight vector by the first digital processing unit a baseband; (e) measuring channel gains corresponding to each phase in the receiver and generating a second set of channel gains by a second baseband digital processing unit; and (f) calculating a third weight vector based on the second set of measured channel gains by the second baseband digital processing unit.

42.

270 The apparatus of claim 41, wherein the second baseband digital processing unit estimates the first channel from the first set of channel gains and calculates a second weight vector based on the first channel estimate, and further wherein the first baseband digital processing unit estimates the second channel from a second set of channel gains and calculates a third weight vector based on the second channel estimate.

43.

278 The apparatus of claim 42, wherein the second baseband digital processing module estimates the first channel by estimating the channel vector elements in tum, the number of consecutive estimation intervals being set to a certain number.

44.

284 The apparatus of claim 42, wherein the second baseband digital processing module estimates the first channel using the unitary matrix as the transmit matrix such that the transmit antenna weight vector is set to the columns of the unitary matrix.

45.

²⁹⁰ The apparatus of claim 42, wherein the second baseband digital processing module estimates the first channel using the Hadamard matrix as the transmit matrix such that the transmit antenna weight vector is set to columns of the Hadamard matrix.

46.

²⁹⁶ The apparatus of claim 42, wherein the transmit antenna weight vector that produces the strongest received signal at the receiver is repeated more than once.

47.

³⁰¹ The apparatus of claim 41, wherein the set of operations further comprises a second baseband digital processing module using the third weight vector instead of the first vector while setting receive phase offsets for the receive antennas for the next iteration, and then repeating operations (a) through (f).

48.

³⁰⁸ The apparatus of claim 41, further comprising a reverse channel, wherein the second baseband digital processing module sends the second weight vector from the receiver to the transmitter using the reverse channel.

49.

³¹⁴ The apparatus of claim 48, wherein the second baseband digital processing module sends a transmission phase offset vector index that produces the strongest received signal at the receiver during sequential estimation of the first channel from the receiver to the transmitter using the reverse channel.

50.

³²¹ The apparatus of claim 48, wherein the return channel has a lower transmission rate than the beam-formed channel resulting from the beam-forming.

51.

³²⁶ The apparatus of claim 41, wherein the set of operations is iteratively performed if the transmitter and receiver are idle or if a beam formed between the transmitter and receiver becomes obscured.

52.

332 The apparatus of claim 41, wherein the set of operations is performed for four iterations.

53.

336 The apparatus of claim 41, wherein the first and second baseband digital processing units interact to perform synchronization recovery prior to iteratively performing the set of operations.

54.

342 The apparatus of claim 41, wherein the first and second baseband digital processing units cooperate to perform delay estimation prior to iteratively performing the set of operations to determine the arrival time of the maximum gain beam.

55.

348 The apparatus of claim 38, wherein the first and second digital processing units interact to perform delay estimation with: the first baseband digital processing unit causing the first phased array to transmit a known symbol sequence over the air; and a second baseband digital processing unit causing the known character sequence to be matched at the receiver through a matched filter.

56.

356 The apparatus of claim 33, wherein the alternate change in the phase patterns of the transmit and receive antennas is directed to an optimum value corresponding to the direction of the beam used to form the beam.

57.

362 A method for searching a beam of transmitting and receiving antennas, in which: performing adaptive beamforming, which includes a beam searching process for identifying a direction of the beam, wherein performing adaptive beamforming comprises iteratively performing a pair of training sequences that alternatively change the phase patterns of transmitting and receiving antennas for a plurality of iterations, and a beam tracking step is performed during a beam tracking data transmission state.

58.

371 The method of claim 57, wherein the step of tracking the beam comprises performing a single iteration of the pair of settings, the pair of settings including estimating the weight vector of the transmitter antenna array and the weight vector of the antenna array of the receiver.

59.

377 A transmitter for use in communicating with a receiver, comprising: a processor; and a phased array of a beam-forming antenna, wherein the processor controls the antenna to perform adaptive beam steering using a plurality of transmit antennas interacting with the receive antennas of the receiver, iteratively performing a set of tuning operations, while said iterative implementation of a pair of tuning operations comprises alternatively changing the phase patterns of the transmit and receive antennas for multiple iterations, wherein one of the tuning operations comprises prompting the phased array processor of the beamforming antenna to transmit the first training sequence, while the receiver receive antenna weight vector is set and the transmitter antenna array weight vector is switched between weight vectors using a set of weight vectors, and when this, another of the tuning operations comprises causing the phased array processor to send the beamforming antenna to transmit the second tuning sequence, while the antenna array weight vector The transmitter k_i is set up as part of the process for calculating the receive antenna array weight vector.

60.

393 A receiver for use in communicating with a transmitter, comprising: a processor; and a phased array of a beam-forming antenna, wherein the processor controls the antenna's adaptive beam steering using a plurality of receiving antennas interacting with the transmitting antennas of the transmitter, iteratively performing a set of tuning operations, wherein said iterative implementation of a pair of tuning operations comprises alternatively changing the phase patterns of the transmitting and receiving antennas for a plurality of iterations, wherein one of the tuning operations comprises the setting by the processor of the receive antenna array weight vector during processing to estimate the transmit antenna array weight vector, having the first training sequence transmitted by the transmitter during the establishment of the receive antenna array weight vector, and the other of the tuning operations comprises the processor calculating the receive antenna array weight vector when the transmitter transmits the second training sequence during the establishment of the transmit antenna array weight vector t_{chika} .



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2008136896/07, 14.02.2007

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
14.02.2007

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:

14.02.2006 US 60/773,508

13.02.2007 US 11/706,711

(43) Дата публикации заявки: 20.03.2010 Бюл. № 8

(45) Опубликовано: 27.03.2012 Бюл. № 9

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: US 2004/0209579 A1, 21.10.2004. RU
2196392 C2, 10.01.2003. RU 2139636 C1,
10.10.1999. US 2006/0023669 A1, 02.02.2006.(85) Дата начала рассмотрения заявки PCT на
национальной фазе: 15.09.2008(86) Заявка PCT:
US 2007/004118 (14.02.2007)(87) Публикация заявки PCT:
WO 2007/095354 (23.08.2007)

Адрес для переписки:

129090, Москва, ул. Б.Спасская, 25, стр.3,
ООО "Юридическая фирма Горюдисский и
Партнеры", пат.пов. Ю.Д.Кузнецову,
рег.№ 595

(72) Автор(ы):

НАССИРИ-ТУССИ Карим (US),

ГИЛБЕРТ Джеффри М. (US),

ШУНГ Чуен-шен (US),

ЧЕРНЯВСКИЙ Дмитрий Михайлович (US)

(73) Патентообладатель(и):

САЙБИМ, ИНК. (US)

(54) АДАПТИВНЫЕ СПОСОБЫ УПРАВЛЕНИЯ ЛУЧОМ ДЛЯ МАКСИМИЗАЦИИ РЕСУРСА БЕСПРОВОДНОЙ ЛИНИИ СВЯЗИ И УМЕНЬШЕНИЕ РАЗБРОСА ЗАДЕРЖКИ, ИСПОЛЬЗУЯ МНОГОЧИСЛЕННЫЕ ПЕРЕДАЮЩИЕ И ПРИЕМНЫЕ АНТЕННЫ

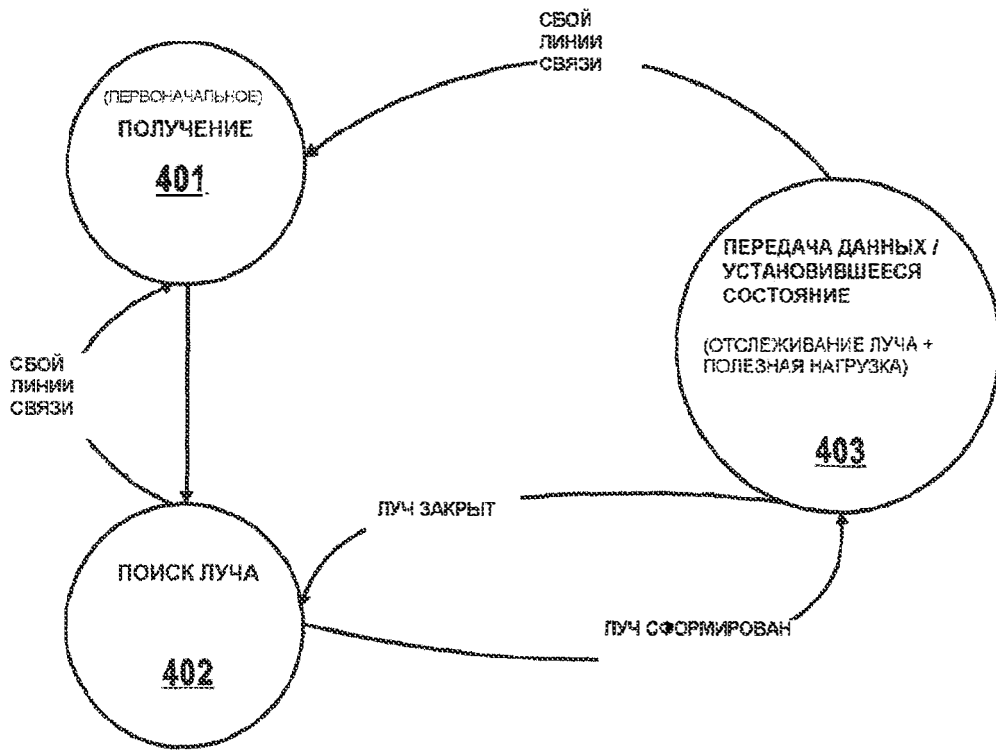
(57) Реферат:

Изобретение относится к технике связи и может использоваться для адаптивного управления лучом. Технический результат состоит в увеличении ресурса линии связи. Для этого в одном варианте осуществления способ содержит осуществление адаптивного управления лучом, используя многочисленные

передающие и приемные антенны, включая итеративное осуществление пары настроечных последовательностей, при этом пара настроечных последовательностей включает в себя оценку весового вектора антенной решетки передатчика и весового вектора антенной решетки приемника, 5 н. и 55 з.п. ф-лы, 11 ил.

RU 2 4 4 6 5 7 5 C 2

RU 2 4 4 6 5 7 5 C 2



ФИГ.4



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2008136896/07, 14.02.2007

(24) Effective date for property rights:
14.02.2007

Priority:

(30) Priority:
14.02.2006 US 60/773,508
13.02.2007 US 11/706,711

(43) Application published: 20.03.2010 Bull. 8

(45) Date of publication: 27.03.2012 Bull. 9

(85) Commencement of national phase: 15.09.2008

(86) PCT application:
US 2007/004118 (14.02.2007)

(87) PCT publication:
WO 2007/095354 (23.08.2007)

Mail address:

129090, Moskva, ul. B.Spasskaja, 25, str.3, OOO
"Juridicheskaja firma Gorodisskij i Partnery",
pat.pov. Ju.D.Kuznetsovu, reg.№ 595

(72) Inventor(s):
NASSIRI-TUSSI Karim (US),
GILBERT Dzheffri M. (US),
ShUNG Chuen-shen (US),
ChERNJaVSKIJ Dmitrij Mikhajlovich (US)

(73) Proprietor(s):
SAJBIM, INK. (US)

RU 2 446 575 C2

(54) **ADAPTIVE BEAM CONTROL METHODS FOR MAXIMISATION WIRELESS COMMUNICATION LINK AND DECREASE IN DELAY DISPERSION USING MULTIPLE TRANSMITTING AND RECEIVING ANTENNAS**

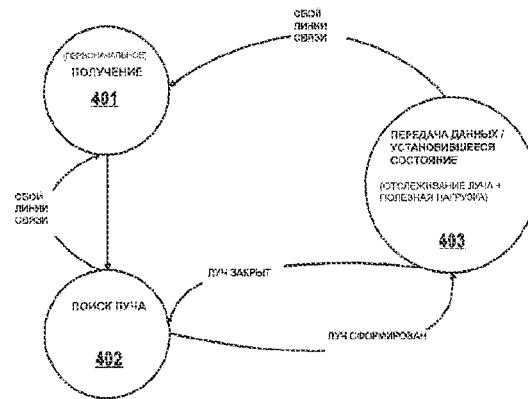
(57) Abstract:

FIELD: information technology.

SUBSTANCE: in one version of implementation, the method comprises realisation of adaptive beam control using multiple transmitting and receiving antennas including iterative realisation of training sequences pair, where a pair of training sequences includes evaluation of transmitter array weighting vector and receiver array weighting vector.

EFFECT: increase in communication link resource.

60 cl, 11 dwg



ФИГ. 4

RU 2 446 575 C2

По данной заявке испрашивается описание по дате подачи предварительной заявки на патент США № 60/773508, озаглавленной "Адаптивные способы управления лучом для максимизации ресурса беспроводной линии связи и уменьшение разброса задержки, используя многочисленные передающие и приемные антенны", зарегистрированной 4 февраля 2006 г., включенной здесь в качестве ссылки.

Уровень техники

В большинстве систем беспроводной связи радиоканал состоит из канала распространения между одной передающей антенной и одной приемной антенной. Однако установлено, что использование многочисленных антенн в передатчике и приемнике может значительно увеличить ресурс линии связи и, следовательно, пропускную способность линии связи. Недостаток этого подхода в том, что сложность системы может также резко возрастать. Системы с многочисленными передающими и приемными антеннами упоминаются как беспроводные системы MIMO (цель со многими входами и выходами).

Для систем MIMO увеличение в ресурсе линии связи или пропускной способности линии связи достигается через один из следующих подходов: возрастающая диверсификация, мультиплексирование и формирование луча. Когда используют подход, который увеличивает диверсификацию, аналогичные точные копии сигналов передаются и принимаются многочисленными антеннами. Эти многочисленные передачи не разделены (сделаны некоррелируемыми) во времени, используя отдельные задержки или по частоте, используя отдельные смещения по частоте, или по пространству кодирования, используя конкретные перестановки и/или кодирование. Многочисленные приемы комбинируются, используя оптимальный приемник MRC (суммирование дифференциально взвешенных сигналов каждого канала). Этот подход не требует знания функции передачи канала со стороны передатчика. В некоторых подходах, однако, он требует значительных частей передающих и приемных информационных каналов (аналоговый и цифровой входной каскад), которые должны дублироваться для каждой антенны.

Большинство из текущих систем MIMO следуют за первым (диверсификация) подходом, упомянутым выше. Ресурс линии связи, созданный этим подходом, приблизительно в N раз меньше, чем тот, который происходит в результате формирования луча, где N является числом антенн. Кроме того, в большинстве случаев, существующие варианты реализации требуют сложных систем, где целые части аналогового и цифрового входного каскада информационного канала копируются для каждой антенны. В схеме мультиплексирования точное знание функции передачи канала используется для формирования общей передающей функции приемопередачи в отдельные (ортогональные) передающие линии связи, по которым данные мультиплексируются, используя соответствующее кодирования и распределение мощности на основе принципа заполнения водой (больше мощности и данных по более устойчивым линиям связи). Как упомянуто, этот подход требует знания функции передачи канала со стороны передатчика. Он также требует значительных частей передающих и приемных информационных каналов (аналоговый и цифровой), которые должны дублироваться для каждой антенны. Однако если спроектировано оптимально, он может предоставить максимальную пропускную способность.

Существуют варианты осуществления на основе подхода мультиплексирования, но их сложность является скорее чрезмерной для потребителя и мобильных беспроводных приложений, пока размерность системы MIMO, т.е. число антенн не

ограничено, которое, в свою очередь, ограничивает максимально достижимое увеличение ресурса линии связи. В подходе формирования луча точное знание функции передачи канала используется для фокусирования передачи на самом устойчивом подпространстве, упоминаемом как собственный вектор общего канала приемопередачи. Сигнал затем передается по подпространству. Это выполняется с помощью соответствующей корректировки сигнальной фазы и, возможно, усиления отдельно для каждой передающей и приемной антенны. Эта схема, безусловно, требует знания функции передачи канала со стороны передатчика. Однако она может быть идеально реализована с помощью копирования только подмножества аналогового информационного канала и, следовательно, может требовать более простого варианта осуществления и/или допускать большее число антенн, которое можно использовать. Она также предоставляет лучший ресурс линии связи, чем подход с увеличением диверсификации, описанный выше, и для каналов, которые сильно коррелируют, может приближать пропускную способность способа мультиплексирования, описанного выше. Этот способ требует, чтобы передающий диапазон частот был малой частью несущей частоты. Следует заметить, что мультиплексирование может осуществляться через параллельное формирование луча вместе с различными собственными векторами канала приемопередачи.

Варианты осуществления формирования луча могут быть в основном найдены в использовании радара, где во-первых, передающие и приемные блоки являются теми же самыми, и во-вторых, цель формирования луча совершенно отлична от ресурса линии связи или максимизации пропускной способности линии связи. Другие предположения по формированию луча используют прямые методики сингулярной декомпозиции, которые приводят к очень сложным вариантам осуществления, которые не подходят для потребителя и мобильных беспроводных приложений и, следовательно, устанавливают ограничения на размерность системы ММО, т.е. число антенн, и отсюда максимально достижимое увеличение ресурса линии связи.

Сущность изобретения

Раскрыты способ и устройство для адаптивного управления лучом. В одном варианте осуществления способ содержит осуществление адаптивного управления лучом, используя многочисленные передающие и приемные антенны, включая итеративное осуществление пары настроечных последовательностей, при этом пара настроечных последовательностей включает в себя оценку весового вектора антенной решетки передатчика и весового вектора антенной решетки приемника.

Краткое описание чертежей

Настоящее изобретение понятно более полно из подробного описания, данного ниже и из прилагаемых чертежей различных вариантов осуществления изобретения, которые, однако, не должны приниматься для ограничения изобретения конкретными вариантами осуществления, но только для пояснения и понимания.

Фиг.1 - блок-схема одного варианта осуществления системы связи.

Фиг.2 - блок-схема одного варианта осуществления интегрированного устройства.

Фиг.3А и 3В иллюстрируют различные этапы поиска луча.

Фиг.4 иллюстрирует один вариант осуществления конечного автомата управления лучом.

Фиг.5 иллюстрирует уровни одного варианта осуществления процесса поиска луча.

Фиг.6 иллюстрирует частное формирование луча, которое произошло в результате процесса поиска луча фиг.5.

Фиг.7 иллюстрирует один вариант осуществления поиска луча и диаграмму

слежения в источнике/передатчике и, соответственно, в пункте назначения/приемнике.

Фиг.8 является примером матрицы Адамара.

Фиг.9 является блок-схемой одного варианта осуществления процесса отслеживания луча.

Фиг.10 иллюстрирует альтернативный вариант осуществления процесса поиска луча.

Фиг.11 иллюстрирует понятие кластеризуемого канала распространения.

Подробное описание настоящего изобретения

Эффективная и адаптивная методика для осуществления формирования луча для изменяющихся во времени каналов распространения с уменьшенной и потенциально минимальной сложностью и увеличенным, потенциально максимальным усилением. В противоположность существующим решениям, формирование луча осуществляется без непосредственного осуществления сингулярной декомпозиции (SVD), которую очень сложно реализовать. Вместо этого, оптимальный собственный вектор канала или подпространство достигается через адаптивную итеративную схему.

Второй эффект формирования луча в том, что результирующий канал, сформированный лучом, имеет обычно более короткий разброс задержки, означающий, что окно межсимвольных помех (ISI) также будет короче.

В последующем описании изложены многие детали, чтобы предоставить более полное пояснение настоящего изобретения. Тем не менее специалистам в данной области техники будет очевидно, что настоящее изобретение может быть осуществлено на практике без этих конкретных подробностей. В иных случаях, на модели блок-схемы показаны известные структуры и устройства, чтобы избежать затруднения понимания настоящего изобретения.

Некоторые части подробного описания, которые последуют, представлены в терминах алгоритмов и символических представлений операций над битами данных в пределах компьютерной памяти или эквивалентное электронное вычислительное устройство. Эти алгоритмические описания и представления являются средствами, используемыми специалистами в области техники обработки данных чтобы наиболее эффективно выразить суть своей работы для других специалистов в данной области техники. Алгоритм находится в данном документе и, в целом, задуман самосогласованной последовательностью этапов, приводящих к желаемому результату. Этапы являются теми этапами, которые требуют физического управления физическими величинами. Обычно, хотя и не необходимо, эти величины принимают форму электрических или магнитных сигналов, которые допускают сохранение, перемещение, комбинирование, сравнение и иное управление. Он оказался удобным временами, принципиально по причинам общего использования, чтобы ссылаться на эти сигналы как биты, значения, элементы, символы, буквы, термины, числа или тому подобное.

Однако следует принимать во внимание, что все из этих и аналогичных терминов должны быть ассоциированы с соответствующими физическими величинами и являются только удобными обозначениями, используемыми для этих величин. Пока конкретно не утверждается иное, очевидно из последующего рассмотрения, принимается во внимание, что по всему описанию рассмотрение, использующее термины, например, "обрабатывающий", или "комбинирующий", или "вычисляющий", или "определяющий", или "отображающий", или тому подобное, ссылается на действие и процессы вычислительной системы, или аналогичное электронное вычислительное устройство, которое управляет и преобразовывает данные, представленные как

физические (электронные) величины в пределах регистров вычислительной системы и запоминающих устройств в другие данные аналогично представленным как физические величины в пределах запоминающих устройств вычислительной системы или регистров или других подобных хранилищ информации, устройств передачи или отображения.

Настоящее изобретение также относится к устройству для осуществления операций в данном документе. Это устройство может быть специально создано для требуемых целей, используя цифровые компоненты, или оно может содержать компьютер общего назначения, селективно активируемого или переконфигурируемого компьютерной программой, сохраняемой в компьютере. Такая компьютерная программа может храниться в машиночитаемом запоминающем устройстве, например, но не ограничена, любым типом диска, включающего в себя гибкие магнитные диски, оптические диски, компакт-диски (CD-ROM) и магнитно-оптические диски, постоянные запоминающие устройства (ПЗУ, ROM), оперативные запоминающие устройства (ОЗУ, RAM), электрически программируемое ПЗУ (EPROM), электрически стираемое и программируемое ПЗУ (EEPROM), магнитные или оптические карты или любой тип носителя, подходящего для хранения электронных команд или каждое соединенное с компьютерной системной шиной.

Алгоритмы и устройства отображения, представленные в данном документе, не являются по сути связанными с каким-либо конкретным компьютером или другим устройством. Различные системы общего назначения могут использоваться с программами согласно идеям в настоящем документе или могут оказаться удобными для создания более специализированного устройства для осуществления требуемых этапов способа. Требуемая структура для множества этих систем появится из описания ниже. Кроме того, настоящее изобретение не описано со ссылкой на какой-либо конкретный язык программирования. Следует принимать во внимание, что множество языков программирования или цифрового проектирования могут использоваться для осуществления идей изобретения, как описано в данном документе.

Машиночитаемый носитель включает в себя любое устройство для хранения или передачи информации в форме, читаемой вычислительной машиной (например, компьютер). Например, машиночитаемый носитель включает в себя постоянные запоминающие устройства ("ROM"), оперативные запоминающие устройства ("RAM"), запоминающее устройство на магнитных дисках; оптическое запоминающее устройство; устройства флеш-памяти; электрическая, оптическая, акустическая или иная форма распространяемых сигналов (например, несущие волны, инфракрасные сигналы, цифровые сигналы и т.д.); и т.д.

Пример системы связи

Фиг. 1 - блок-схема одного варианта осуществления системы связи. Ссылаясь на фиг. 1, система содержит медиаприемник 100, интерфейс 102 медиаприемника, передающее устройство 140, принимающее устройство 141, интерфейс 113 медиаплеера, медиаплеер 114 и устройство 115 отображения.

Медиаресивер 100 принимает контент от источника (не показано). В одном варианте осуществления медиаресивер 100 содержит верхнюю групповую коробку. Контент может содержать цифровое видео основной полосы частот, например, но не ограничено, сцепление контента в стандартах HDMI или DVI. В таком случае медиаприемник 100 может включать в себя передатчик (например, HDMI-передатчик) для направления принятого контента.

Медиаприемник 100 отправляет контент 101 в передающее устройство 140 через

интерфейс 102 медиаприемника. В одном варианте осуществления интерфейс 102 медиаприемника включает в себя логику, которая преобразовывает контент 101 в HDMI-контент. В таком случае интерфейс 102 медиаприемника может содержать подключение HDMI и контент 101 отсылается через проводное соединение; однако передача может происходить через беспроводное соединение. В другом варианте осуществления контент 101 содержит DVI-контент.

В одном варианте осуществления передача контента 101 между интерфейсом 102 медиаприемника и передающим устройством 140 происходит по проводному соединению; однако передача может происходить по беспроводному соединению.

Передающее устройство 140 передает информацию беспроводным образом в приемное устройство 141, используя два беспроводных соединения. Одно из беспроводных соединений существует с помощью фазированной антенной решетки с адаптивным формированием луча. Другое беспроводное соединение существует через канал 107 беспроводной связи, упоминаемый в данном документе как обратный канал. В одном варианте осуществления канал 107 беспроводной связи является однонаправленным. В альтернативном варианте осуществления канал 107 беспроводной связи является двунаправленным. В одном варианте осуществления обратный канал может использовать некоторые или все из тех же самых антенн, как и прямой формируемый лучом канал (часть 105). В другом варианте осуществления два набора антенн являются разъединенными.

Приемное устройство 141 передает контент, принятый от передающего устройства 140 в медиаплеер 114 через интерфейс, например интерфейс 113 медиаплеера. В одном варианте осуществления передача контента между приемным устройством 141 и интерфейсом 113 медиаплеера происходит по проводному соединению; однако передача может происходить по беспроводному соединению. В одном варианте осуществления интерфейс 113 медиаплеера содержит подключение HDMI. Аналогично, передача контента между интерфейсом 113 медиаплеера и медиаплеером 114 происходит по проводному соединению; однако передача может происходить по беспроводному соединению. Передача может также происходить по проводному или беспроводному интерфейсу передачи данных, который не был интерфейсом медиаплеера.

Медиаплеер 114 вызывает воспроизведение контента на устройстве 115 отображения. В одном варианте осуществления контент является HDMI-контентом и медиаплеер 114 передает медиаконтент для отображения через проводное соединение; однако, передача может происходить через беспроводное соединение. Устройство 115 отображения может содержать плазменное устройство отображения, жидкокристаллический дисплей, электронно-лучевую трубку и т.д.

Следует заметить, что система на фиг.1 может быть изменена, чтобы включать в себя DVD-плеер/записывающее устройство вместо DVD-плеера/записывающего устройства, чтобы принимать и воспроизводить и/или записывать контент. Те же самые методики могут также использоваться в приложениях без данных мультимедиа.

В одном варианте осуществления передатчик 140 и интерфейс 102 медиаприемника являются частью медиаприемника 100.

Аналогично, в одном варианте осуществления приемник 141, интерфейс 113 медиаплеера и медиаплеер 114 все являются частью того же самого устройства. В альтернативном варианте осуществления приемник 140, интерфейс 113 медиаплеера, медиаплеер 114 и устройство 115 отображения все являются частью устройства отображения. Пример такого устройства показан на фиг.2.

В одном варианте осуществления передающее устройство 140 содержит процессор 103, дополнительный обрабатывающий компонент 104 основной полосы частот, фазированную антенную решетку 105 и интерфейс 106 канала беспроводной связи. Фазированная антенная решетка 105 содержит RF-передатчик (радиочастотный передатчик), который имеет цифровую управляемую фазированную антенную решетку, соединенную с и управляемую процессором 103 для передачи контента в приемное устройство 141, используя адаптивное формирование луча.

В одном варианте осуществления приемное устройство 141 содержит процессор 112, дополнительный обрабатывающий компонент 111 основной полосы частот, фазированную антенную решетку 110 и интерфейс 109 канала беспроводной связи. Фазированная антенная решетка 110 содержит RF-передатчик (радиочастотный передатчик), который имеет цифровую управляемую фазированную антенную решетку, соединенную с и управляемую процессором 112 для приема контента от передающего устройства 140, используя адаптивное формирование луча.

В одном варианте осуществления процессор 103 формирует сигналы основной полосы частот, которые обрабатываются обработкой 104 сигналов основной полосы частот, предшествующей беспроводной передаче с помощью фазированной антенной решетки 105. В таком случае приемное устройство 141 включает в себя обработку сигналов основной полосы частот для преобразования аналоговых сигналов, принятых фазированной антенной решеткой 110 в сигналы основной полосы частот для обработки процессором 112. В одном варианте осуществления сигналы основной полосы частот являются OFDM-сигналами (мультиплексирование с ортогональным делением частот).

В одном варианте осуществления передающее устройство 140 и/или приемное устройство 141 являются частью отдельных приемопередатчиков.

Передающее устройство 140 и приемное устройство 141 осуществляют беспроводную связь, используя фазированную антенную решетку с адаптивным формированием луча, которая допускает управление лучом. Формирование луча хорошо известно в данной области техники. В одном варианте осуществления процессор 103 отправляет цифровую управляющую информацию в фазированную антенную решетку 105 для указания величины, чтобы сместить один или более фазорегуляторов в фазированной антенной решетке 105 для управления лучом, сформированного таким образом, способом, хорошо известным в данной области техники. Процессор 112 использует цифровую управляющую информацию также для управления фазированной антенной решеткой 110. Цифровая управляющая информация отправляется, используя управляющий канал 121 в передающем устройстве 140 и управляющий канал 122 в приемном устройстве 141. В одном варианте осуществления цифровая управляющая информация содержит набор коэффициентов. В одном варианте осуществления каждый из процессоров 103 и 112 содержит цифровой сигнальный процессор.

Интерфейс 106 беспроводной линии связи соединяется с процессором 103 и предоставляет интерфейс между линией 107 беспроводной связи и процессором 103 для передачи информации антенны, относящейся к использованию фазированной антенной решетки и чтобы передавать информацию для облегчения воспроизведения контента в другом местоположении. В одном варианте осуществления информация, передаваемая между передающим устройством 140 и приемным устройством 141 для облегчения воспроизведения контента включает в себя ключи шифрования, отправляемые от процессора 103 в процессор 112 приемного устройства 141 и одно или

более подтверждений приема от процессора 112 приемного устройства 141 в процессор 103 передающего устройства.

Линия 107 беспроводной связи также передает информацию антенны между передающим устройством 140 и приемным устройством 141. Во время инициализации или настройки фазированных антенных решеток 105 и 110 линия 107 беспроводной связи передает информацию, чтобы разрешить процессору 1-3 выбирать направление для фазированной антенной решетки 105. В одном варианте осуществления информация включает в себя, но не ограничена, информацию о местоположении антенны и информацию характеристиках, соответствующую местоположению антенны, например одну или более пар данных, которые включают в себя положение фазированной антенной решетки 110 и интенсивность сигнала канала для этого местоположения антенны. В другом варианте осуществления информация включает в себя, но не ограничена информацией, отсылаемой процессором 112 в процессор 103, чтобы разрешить процессору 103 определять, какие части фазированной антенной решетки 105 использовать для передачи контента.

Когда фазированные антенные решетки 105 и 110 действуют в режиме, во время которого они могут передавать контент (например, HDMI-контент), линия 107 беспроводной связи передает указание состояния канала связи от процессора 112 приемного устройства 141. Указание состояние связи содержит указание от процессора 112, которое побуждает процессор 103 управлять лучом в другом направлении (например, в другой канал). Такое побуждение может происходить в ответ на помехи передачи частей контента. Информация может задавать один или более альтернативных каналов, которые процессор 103 может использовать.

В одном варианте осуществления информация антенны содержит информацию, отсылаемую процессором 112 для определения местоположения, в которое приемное устройство 141 должно направить фазированную антенную решетку 110. Это может быть полезно во время инициализации, когда передающее устройство 140 сообщает приемному устройству 141, где расположить свою антенну так, чтобы измерения качества сигнала могли бы быть сделаны для определения наилучших каналов. Определяемое положение может быть точным расположением или может быть относительным расположением, например, следующее расположение в назначенном порядке расположения, который следует за передающим устройством 140 и приемным устройством 141.

В одном варианте осуществления линия 107 беспроводной связи передает информацию от приемного устройства 141 в передающее устройство 140, определяя характеристики антенны фазированной антенной решетки 110 или наоборот. В одном варианте осуществления линия 107 связи передает информацию от приемного устройства 141 в передающее устройство 140, которое может использоваться для управления фазированной антенной решеткой 105.

Пример архитектуры премопередатчика

Один вариант осуществления премопередатчика описан ниже. Премопередатчик включает в себя тракт передачи и приема для передатчика и, соответственно, приемника. В одном варианте осуществления передатчик для использования во взаимодействии с приемником содержит процессор и фазированную антенную решетку, формирующую луч. Процессор управляет антенной для осуществления адаптивного управления лучом, используя многочисленные передающие антенны в соединении с приемными антеннами приемника, итеративно осуществляя набор настроечных операций. Одна из настроечных операций содержит процессор,

вызывающий передачу фазированной антенной решеткой, формирующей луч, первой настроечной последовательности, тогда как весовой вектор приемной антенной решетки приемника задан, и весовой вектор передающей антенной решетки переключается между весовыми векторами с набором весовых векторов. Другие

5 настроечные операции содержат процессор, вызывающий передачу фазированной антенной решеткой, формирующей луч, второй настроечной последовательности, тогда как весовой вектор передающей антенной решетки установлен как часть процесса для вычисления весового вектора приемной антенной решетки.

10 В одном варианте осуществления приемник для использования во взаимодействии с передатчиком содержит процессор и фазированную антенную решетку, формирующую луч. Процессор управляет антенной для осуществления адаптивного управления лучом, используя многочисленные приемные антенны в соединении с передающими антеннами передатчика, итеративно осуществляя набор настроечных

15 операций. Одна из настроечных операций содержит процессор, устанавливающий весовой вектор приемной антенной решетки во время процесса для оценки весового вектора передающей антенной решетки, при этом передатчик передает первую настроечную последовательность, тогда как устанавливается весовой вектор приемной антенной решетки. Другая из настроечных операций содержит вычисление

20 процессором весового вектора приемной антенной решетки, когда передатчик передает вторую настроечную последовательность, тогда как весовой вектор передающей антенной решетки установлен.

25 Фиг.3А и 3В являются блок-схемами одного варианта осуществления передающего устройства и, соответственно, приемного устройства, которые являются частью адаптивной системы многочисленных антенн, формирующих луч, содержащейся на фиг.1. Приемопередатчик 300 включает в себя многочисленные независимые передающие и приемные цепочки и осуществляет формирование луча фазированной

30 решеткой, используя фазированную решетку, которая принимает идентичный RF-сигнал и смещает фазу для одного или более элементов антенны в антенной решетке для достижения управления лучом.

Ссылаясь на фиг.3А, модуль цифровой обработки основной полосы частот (например, цифровой сигнальный процессор 301 (DSP)) форматирует контент и

35 формирует сигналы основной полосы частот в реальном времени. Модуль 301 цифровой обработки основной полосы частот может предоставлять модуляцию, FEC-кодирование, формирование пакета, перемежение и автоматический контроль усиления.

40 Модуль 301 цифровой обработки основной полосы частот затем направляет сигналы основной полосы частот, которые необходимо модулировать и отослать по RF¹-части передатчика. В одном варианте осуществления контент модулируется в OFDM-сигналы образом, хорошо известным в данной области техники.

45 Цифроаналоговый преобразователь 302 (DAC) принимает вывод цифровых сигналов от модуля 301 цифровой обработки основной полосы частот и преобразовывает их в аналоговые сигналы. В одном варианте осуществления выводы сигналов от DAC 302 находятся между 0-1,7 ГГц. Аналоговый входной блок 303 принимает аналоговые сигналы и фильтрует их с помощью соответствующего

50 низкочастотного фильтра с подавлением зеркальной частоты и, соответственно, усиливает его. IF-модуль 304 (модуль промежуточной частоты) принимает вывод аналогового входного блока 303 и преобразовывает его с повышением частоты в IF-частоту. В одном варианте осуществления IF-частота находится между 2-15 ГГц.

RF-смеситель 305 принимает вывод сигналов из IF-усилителя 304 и комбинирует их с сигналом от локального генератора (LO) (не показано) способом, хорошо известным в данной области техники. Вывод сигналов от смесителя 305 находится на промежуточной частоте. В одном варианте осуществления промежуточная частота находится между 2-15 ГГц.

Мультиплексор 306 соединен для приема вывода от смесителя 305, чтобы контролировать, какие фазорегуляторы 307_{1-N} принимают сигналы. В одном варианте осуществления фазовые регуляторы 307_{1-N} являются квантованными фазовыми регуляторами. В альтернативном варианте осуществления фазовые регуляторы 307_{1-N} могут быть заменены на IF или RF-усилители с контролируемым усилением и фазой. В одном варианте осуществления модуль 201 цифровой обработки основной полосы частот также контролирует через управляющий канал 360 фазу и величину токов в каждом из элементов антенны в фазированной антенной решетке для создания желаемой схемы луча образом, хорошо известным в данной области техники. Другими словами, модуль 201 цифровой обработки основной полосы частот контролирует фазовые регуляторы 307_{1-N} фазированной антенной решетки для создания желаемой схемы.

Каждый из фазовых регуляторов 307_{1-N} создает выход, который отсылается в один из усилителей 308_{1-N} мощности, которые усиливают сигнал. Усиливаемые сигналы отсылаются в антенную решетку, которая имеет много элементов 309_{1-N} антенны. В одном варианте осуществления сигналы, передаваемые от антенн 309_{1-N} , являются радиочастотными сигналами между 56-64 ГГц. Таким образом, многочисленные лучи выводятся от фазированной антенной решетки.

В отношении приемника антенны 310_{1-N} принимают беспроводные передачи от антенн 310_{1-NK} и предоставляют их фазовым регуляторам 312_{1-N} через, соответственно, усилители 311_{1-N} с низким уровнем шума. Как рассмотрено выше, в одном варианте осуществления фазовые регуляторы 312_{1-N} содержат квантованные фазовые регуляторы. Альтернативно фазовые регуляторы 312_{1-N} могут быть заменены сложными умножителями. Фазовые регуляторы 312_{1-N} принимают сигналы от антенн 310_{1-N} , которые комбинируются RF-объединителем 313 для создания однопроводного выхода облучателя. В одном варианте осуществления мультиплексор используется для комбинирования сигналов от различных элементов и вывода однопроводного облучателя. Выход RF-объединителя 313 является входом в RF-смеситель 314.

RF-смеситель 314 принимает вывод сигналов из IF-усилителя 313 и комбинирует их с сигналом от локального генератора (LO) (не показано) способом, хорошо известным в данной области техники. В одном варианте осуществления выход миксера 314 является сигналом с IF-частотой 2-15 ГГц. IF-модуль затем преобразовывает с понижением частоты IF-сигнал для частоты основной полосы частот. В одном варианте осуществления существуют I и Q-сигналы, которые находятся между 0-1,7 ГГц.

Аналогово-цифровой преобразователь 316 (ADC) принимает выход IF 315 и преобразовывает его в цифровую форму. Цифровой выход от ADC 316 принимается модулем 318 цифровой обработки основной полосы частот (например, DSP). Модуль 318 цифровой обработки основной полосы частот восстанавливает амплитуду и фазу сигнала. Модуль 318 цифровой обработки основной полосы частот может предоставлять демодуляцию, распаковку пакетов, обратное перемежение и автоматическое усиление.

В одном варианте осуществления каждый из приемопередатчиков включает в себя управляющий микропроцессор, который создает управляющую информацию для модуля цифровой обработки основной полосы частот (например, DSP). Управляющий микропроцессор может быть на том же самом кристалле, что и модуль цифровой обработки основной полосы частот (например, DSP).

Адаптивное формирование луча, управляемое DSP

В одном варианте осуществления DSP реализует адаптивный алгоритм с весами формирования луча, реализованными в аппаратном обеспечении. То есть передатчик и приемник работают вместе для осуществления формирования луча в RF-частоте, используя аналоговые фазорегуляторы, управляемые цифровым образом; однако в альтернативном варианте осуществления формирование луча осуществляется в IF. Фазорегуляторы 307_{1-N} и 312_{1-N} управляются через управляющий канал 360 и, соответственно, управляющий канал 370 через их соответствующие DSP образом, хорошо известным в данной области. Например, модуль 301 цифровой обработки основной полосы частот (например, DSP) контролирует фазорегуляторы 307_{1-N} , чтобы передатчик выполнял адаптивное формирование луча для управления лучом, тогда как модуль 318 цифровой обработки основной полосы частот (например, DSP) контролирует фазорегуляторы 312_{1-N} , чтобы направлять элементы антенны для получения беспроводной передачи от элементов антенны и комбинирования сигналов от различных элементов для создания однопроводного выхода облучателя. В одном варианте осуществления мультиплексор используется для комбинирования сигналов от различных элементов и вывода однопроводного облучателя. Следует заметить, что процессоры (например, DSP), которые контролируют модули цифровой обработки основной полосы частот, например, показанный в передатчиках и приемниках фиг. 1, может быть соединен с управляющими каналами 360 и, соответственно, 370, может использоваться для контроля фазорегуляторов 307_{1-N} и 312_{1-N} .

Модуль 301 цифровой обработки основной полосы частот (например, DSP) осуществляет управление лучом пульсацией или активизацией соответствующего фазорегулятора, соединенного с каждым элементом антенны. Алгоритм пульсации в модуле 301 цифровой обработки основной полосы частот (например, DSP) контролирует фазу и усиление каждого элемента. Осуществление формирования луча решетки с контролируемой DSP фазой является хорошо известным в данной области техники.

Антенна с адаптивным формированием луча используется для избежания препятствий с помехами. Адаптируя формирование луча и управляя лучом, связь может происходить, избегая препятствий, которые могут не допускать или вмешиваться в беспроводные передачи между передатчиком и приемником.

В одном варианте осуществления в отношении антенн с адаптивным формированием луча, есть три фазы операций. Тремя фазами операций являются настроечная фаза, фаза поиска и фаза отслеживания. Настроечная фаза и фаза поиска происходят во время инициализации. Настроечная фаза определяет профиль канала с помощью заданных последовательностей пространственных схем $\{A_1\}$ и $\{B_1\}$. Фаза поиска вычисляет список возможных пространственных схем $\{A_1\}$, $\{B_1\}$ и выбирает первоначальный вариант $\{A_\sigma, B_\sigma\}$ для использования в передаче данных между передатчиком одного приемопередатчика и приемником другого. Фаза отслеживания следит за интенсивностью возможного списка. Когда первоначальный вариант затруднен, следующая пара пространственных схем выбирается для использования.

В одном варианте осуществления во время настроечной фазы передатчик отправляет последовательность пространственных схем $\{A_i\}$. Для каждой пространственной схемы $\{A_i\}$ приемник проецирует принятый сигнал на другую последовательность схем $\{B_j\}$. Как результат проекции, профиль канала получен по паре $\{A_i\}$, $\{B_j\}$.

В одном варианте осуществления исчерпывающая настройка осуществляется между передатчиком и приемником, в котором антенна приемника располагается во всех местоположениях и передатчик отправляет многочисленные пространственные схемы. Формирование луча хорошо известно в данной области техники. В этом случае M передаваемых пространственных схем передается передатчиком и N принимаемых пространственных схем принимаются приемником для создания канальной матрицы N на M. Таким образом, передатчик проходит через схему передаваемых разделов, и приемник ищет самый интенсивный сигнал для этой передачи. Затем передатчик передвигается к следующему разделу. В конце процесса исчерпывающего поиска получено расположение всех положений передатчика и приемника и интенсивность сигналов канала в этих положениях. Информация сохраняется как пары положений, куда направлены антенны и интенсивность сигналов каналов. Список может использоваться для управления лучом антенны в случае помех.

В альтернативном варианте осуществления используется настроечное подпространство, в котором пространство разделено последовательно на ограниченные разделы с помощью ортогональных схем антенны, которые отправляются для получения профиля канала.

При условии, что модуль 301 цифровой обработки основной полосы частот (DSP) находится в стабильном состоянии и направление, в котором антенна должна указывать, уже определено. В номинальном состоянии у DSP есть набор коэффициентов, которые он отправляет в фазорегуляторы. Коэффициенты указывают величину фазы, на которую фазорегулятор должен сдвинуть сигнал для его соответствующих антенн. Например, модуль 301 цифровой обработки основной полосы частот (DSP) отправляет установленную цифровую управляющую информацию в фазорегуляторы, которая указывает, что различные фазорегуляторы должны смещать на различные величины, например, сместить на 30 градусов, сместить на 45 градусов, сместить на 90 градусов, сместить на 180 градусов и т.д. Таким образом, сигнал, который приходит к этому элементу антенны, будет смещаться на определенное число градусов фазы. Конечный результат смещения, например 16, 32, 36, 64 элемента в решетке на различные величины, позволяет управлять антенной в направлении, которое предоставляет местоположение с наиболее чувствительным радиоприемом для приемной антенны. То есть составной набор смещений по всей антенной решетке предоставляет возможность управлять, где наиболее чувствительная точка антенны указывает на полусферу.

Следует заметить, что в одном варианте осуществления соответствующее соединение между передатчиком и приемником не может быть прямого канала от передатчика к приемнику. Например, наиболее подходящим каналом может быть обсуждение новой идеи предельной величины.

Обратный канал

В одном варианте осуществления система беспроводной связи включает в себя обратный канал 320, или линию для передачи информации между устройствами беспроводной связи (например, передатчик и приемник, пара приемопередатчиков и т.д.). Информация относится к антеннам, формирующим луч, и позволяет одному или

более из устройств беспроводной связи адаптировать решетку элементов антенны, чтобы лучше направлять элементы антенны передатчика на элементы антенны вместе с приемным устройством. Информация также включает в себя информацию для облегчения использования контента, который передается беспроводным образом между элементами антенны передатчика и приемника.

На фиг. 3A и 3B обратный канал 320 соединен между модулем 318 цифровой обработки основной полосы частот (DSP) и модулем 301 цифровой обработки основной полосы частот (DSP), чтобы разрешить модулю 318 цифровой обработки основной полосы частот (DSP) отсылать отслеживающую и управляющую информацию к модулю 301 цифровой обработки основной полосы частот (DSP). В одном варианте осуществления обратный канал 320 функционирует как высокоскоростная передача в нисходящем канале и канал подтверждения получения.

В одном варианте осуществления обратный канал также используется для передачи информации, соответствующей приложению, для которого происходит беспроводная связи (например, беспроводное видео). Подобная информация включает в себя информацию о защите контента. Например, в одном варианте осуществления обратный канал используется для передачи зашифрованной информации (например, ключи шифрования и подтверждения приема ключей шифрования), когда приемопередатчики передают данные HDMI. В таком случае обратный канал используется для взаимодействия по защите контента.

Более конкретно, в HDMI шифрование используется для проверки достоверности, что приемник данных является разрешенным устройством (например, разрешенным устройством отображения). Существует непрерывный поток новых ключей шифрования, который передается во время передачи потока данных HDMI для проверки достоверности, что разрешенное устройство не изменено. Блоки кадров для данных HD TV шифруются с помощью различных ключей и затем эти ключи должны пройти подтверждение приема обратно по обратному каналу 320 для того, чтобы подтвердить достоверность проигрывателя. Обратный канал 220 передает ключи шифрования в прямом направлении в приемник и подтверждения приема ключей от приемника в обратном направлении. Таким образом, зашифрованная информация отсылается в обоих направлениях.

Использование обратного канала для передачи информации с защитой контента является выгодным, так как оно избегает необходимости завершать длительный процесс подстройки, когда такая передача информации отсылается вместе с контентом. Например, если ключ от передатчика отсылается параллельно контенту, передающемуся по первоначальной линии связи, и эта первоначальная линия связи прерывается, он вызовет длительную подстройку в 2-3 секунды для типичной системы HDMI/HDCP. В одном варианте осуществления эта отдельная двунаправленная линия связи, которая имеет более высокую надежность, чем исходная направленная линия связи, при ее заданной всенаправленной ориентации. Используя этот обратный канал для взаимодействия ключей HDCP и соответствующего подтверждения приема обратно от приемного устройства, продолжительной подстройки можно избежать в случае наиболее сильной помехи.

В активном режиме, когда антенны, формирующие луч, передают контент, обратный канал используется, чтобы разрешить приемнику уведомлять передатчик о состоянии канала. Например, тогда как канал между антеннами, формирующими луч, обладает достаточным качеством, приемник отсылает информацию по обратному каналу для указания, что канал приемлем. Обратный канал может также

использоваться приемником для отправления передаваемой измеримой количественно информации, указывающей качество используемого канала. Если некоторый вид помех (например, препятствие) происходит, это ухудшает качество канала ниже приемлемого уровня или полностью мешает передачам между антеннами, формирующими луч, приемник может указывать, что канал больше не является приемлемым и/или может запросить изменения в канале по обратному каналу. Приемник может запросить изменения для следующего канала в заданном наборе каналов или может определить конкретный канал для использования передатчиком.

В одном варианте осуществления обратный канал является двунаправленным. В таком случае в одном варианте осуществления передатчик использует обратный канал для отправления информации в приемник. Подобная информация может включать в себя информацию, которая отдает команду приемнику расположить свои элементы антенны в различных фиксированных положениях, которые передатчик может сканировать во время инициализации. Передатчик может определять это с помощью конкретного обозначения положения или, указывая, что приемник должен переходить к следующему положению, обозначенному в заданном порядке или списке, с помощью которого продолжают переходить как передатчик, так и приемник.

В одном варианте осуществления обратный канал используется любым из двух или оба вместе - передатчиком и приемником для уведомления другой информацией о характеристике конкретной антенны. Например, информация о характеристике антенны может определять, что антенна допускает разрешение вниз на 6 градусов в радиусе и что антенна имеет определенное число элементов (например, 32 элемента, 64 элемента и т.д.).

В одном варианте осуществления передача информации по обратному каналу осуществляется беспроводным образом, используя интерфейсные блоки. Любая форма беспроводной связи может быть использована. В одном варианте осуществления используется OFDM для передачи информации по обратному каналу. В другом варианте осуществления используется СРМ для передачи информации по обратному каналу.

Обзор формирования луча

В одном варианте осуществления система связи реализует формирование луча с помощью следующих элементов: процесс поиска луча; процесс отслеживания луча и конечный автомат управления лучом. Поиск луча и отслеживание луча используются для корректировки изменений во времени беспроводного канала и возможного препятствия для узких лучей. Когда вызывается, процесс поиска луча находит направление луча, которое максимизирует ресурс линии связи. Получаемое направление луча затем используется для формирования луча. После того, как процесс поиска луча привел к оптимальному формированию луча, процесс отслеживания луча следит за лучом по сравнению с небольшим изменением во времени в функции передачи канала. Конечный автомат управления лучом использует механизм произвольного определения плохой линии связи (который может быть основан на полезной информации или результатах отслеживания лучей) для обнаружения, ниже ли отношение сигнал-шум текущей линии связи желаемой предельной величины. Для целей в настоящем документе плохая линия связи означает, что текущее направление луча затруднено, и последовательно планируется новый поиск луча для поиска следующего наилучшего направления луча.

Фиг.4 иллюстрирует один вариант осуществления конечного автомата управления лучом. Ссылаясь на фиг.4, конечный автомат 400 включает в себя получение

(первоначального/установившегося) состоянии 401, состояние 402 поиска луча и установившееся состояние или состояние 403 передачи данных. Процесс управления лучом начинается в получении состояния 401. В одном варианте осуществления

5 состояние 401 получения фиксируется только во время установления линии связи. После первоначального получения конечный автомат 400 перемещается в состояние 402 поиска луча для осуществления поиска луча. Состояние 402 поиска луча также фиксируется, как только источник (например, передатчик) или назначение (например, приемник) определяет, что канал считается плохим (например, препятствие для луча) (на основе одной или более метрик). Следует заметить, что в одном варианте осуществления поиск луча регулярно планируется (например, каждые 0,5-2 с), в течение состояния 403 передачи данных. Это может быть полезно на основе заблокированного луча.

15 После того, как поиск луча был успешным, конечный автомат 400 переходит в установившееся состояние 403, где осуществляются операции передачи данных. В одном варианте осуществления это включает в себя отслеживание луча в определенные интервалы (например, каждый 1-2 мс). В одном варианте осуществления отслеживание луча является укороченным вариантом процесса поиска луча. Это может планироваться или быть основано на запросе.

20 Если существует сбой линии связи, который происходит, когда конечный автомат 400 управления лучом находится либо в состоянии 402 поиска луча, или состоянии 403 передачи данных, тогда конечный автомат 400 управления лучом переходит к состоянию 401 приема.

25 В одном варианте осуществления формирование луча в передатчике осуществляется с помощью поворота фазы RF-модулированного сигнала отдельно для каждого RF-усилителя мощности и набора передающих антенн, где поворот фазы описан следующим уравнением:

$$30 \quad A(t) \cos(2\pi f_c t + \varphi(t)) \xrightarrow{\text{угол поворота по } \theta} A(t) \cos(2\pi f_c t + \varphi(t) + \theta)$$

и угол поворота θ квантуется на 2-4 бита. Это может быть достигнуто, используя квантованные фазорегуляторы.

35 Аналогично, в одном варианте осуществления формирование луча в приемнике осуществляется с помощью поворота фазы принятого RF-модулированного сигнала после каждой приемной антенны и набора усилителей с низким уровнем шума (LNA) и затем комбинирование сигналов, повернутых по фазе.

40 Следует заметить, что в одном варианте осуществления приемные антенны соединяются с одним или более каналов оцифровывания и число каналов оцифровывания меньше, чем число приемных антенн. Кроме того, в одном варианте осуществления передающие антенны соединены с одним или более каналами передачи формирования сигнала, и число каналов передачи формирования сигнала меньше, чем число передающих антенн.

45 Пример процесса поиска луча

В одном варианте осуществления процесс поиска луча состоит из двух этапов: восстановление синхронизации и итеративный поиск луча. На этапе восстановления синхронизации оценивается время поступления (задержки) луча/пучка лучей с максимальным усилением. В одном варианте осуществления оценка задержки осуществляется передачей известной символьной последовательности по воздуху и согласование этой последовательности в приемнике через согласованный фильтр. Для того чтобы максимизировать отношение сигнал-шум, фазы передающей антенны установлены равными столбцам матрицы $N \times N$ Адамара, N , один столбец в момент

времени, где H имеет следующие свойства:

$$H(i, j) \in \{-1, 1\}, H^T H = N I_{N \times N}$$

где H^T является транспонированной из H , и $I_{N \times N}$ является единичной матрицей от $N \times N$. Фазы передающей антенны разложены с помощью N столбцов из H (установлено равным единице в момент времени) P (например, 3) раз, где каждый момент времени используется разная схема фазы приемной антенны. Схемы фазы приемной антенны выбраны из условия, чтобы соответствующие лучи покрывали все пространство. Приемник, согласованный с фильтром, коррелирует с принятым сигналом, $r(k)$, с передаваемой последовательностью $x(k)$, как описано в помощью следующего уравнения, где схема равна L символам:

$$y(k) = \sum_{i=0}^{L-1} r(k+i)x(i)$$

Задержка во времени, которая приводит к максимальной энергии выхода согласованного фильтра, после того, как сложена по всем схемам фаз передающих и приемных антенн, выбрана как временная задержка максимального усиления луча/лучка лучей. Кроме того, также выбирается схема фазы приемной антенны, для которой выход согласованного фильтра при выбранной временной задержке имеет максимальную энергию, после того, как она просуммирована по всем схемам фазы передающей антенны.

На следующем этапе используется итеративный процесс поиска луча так, что в одном варианте осуществления альтернативно изменяет схемы фазы передачи и приема для общего числа $2M$ (даже) (например, 4, 6, 8 или 10) этапов. В почти всех случаях схемы фазы передачи и приема сходятся к оптимальным значениям, соответствующим направлению лучей с максимальным усилением. В некоторых отдельных случаях схемы фазы передачи и приема могут колебаться между различными схемами фазы, что соответствует аналогичным коэффициентам усиления формирования луча.

Для первой итерации схема фазы приема установлена до одного из P схем фаз, которая была выбрана в конце последнего этапа восстановления синхронизации. Другими словами, смещения фазы приема установлены до i -того первоначального значения (для $i=1, 2, 3$ и т.д.). В одном варианте осуществления смещения фазы приема установлены с помощью установки значений весового вектора антенной решетки (AWV). Схема передачи, с другой стороны, установлена равной N столбцам матрицы H Адамара поочередно. Пример матрицы Адамара 36×36 задан на фиг. 8. Следует заметить, что для определенного числа антенн может использоваться другая унитарная матрица. Кроме того, следует заметить, что в одном варианте осуществления весовые векторы антенной решетки (AWV) для приемника и передатчика являются составными весовыми векторами, которые могут иметь амплитуду и/или информацию о фазе. В одном варианте осуществления весовые векторы являются квантованными векторами со смещением фазы.

Передатчик передает известную символьную последовательность по воздуху, которая используется для оценки результирующих функций SISO (единственный входной и единственный выходной сигналы) передачи канала j в RF-модулированного сигнала до того, до N поворотов по фазе передающей антенны в комбинированном сигнале после N поворотов по фазе приемной антенны. В течение этого этапа передающая фазированная антенная решетка переключается между векторами фазы от столбцов матрицы H , которые охватывают все пространство. В одном варианте осуществления весовой вектор передающей антенной решетки (AWV) включает в

себя 36 весовых векторов. Для каждой схемы фазы передачи принятый сигнал коррелирует с передаваемой символьной последовательностью в выбранной оптимальной временной задержке. Вывод коррелятора с комплексным значением $\hat{h} = Ae^{j\phi}$ затем используется как оценка соответствующей функции передачи канала. Таким образом, N-Tx с помощью коэффициентов 1-Rx усиления канала на каждую задержку, соответствующую смещениям по фазе приемника, последовательно измеряются и задержка с максимальной энергией (например, кластер) выбирается для наилучшей первоначальной величины.

Далее, вектор из N оценок канала с комплексным значением комплексно сопряжен и умножается на матрицу H. Углы и элементы с комплексным значением этого вектора затем квантуются в 2-4 бита, создавая вектор квантованных фаз. Этот вектор упоминается в данном документе как вектор квантованного смещения по фазе (QPS) передатчика на основе MRC (т.е. передатчик AWV) и отсылается обратно в передатчик через обратный беспроводной канал, например обратный канал, описанный выше, где он используется как схема фазы фиксированной передачи для следующей части первой итерации. В одном варианте осуществления индекс передатчика AWV, который создает наиболее интенсивный сигнал в приемнике, также отсылается обратно в передатчик через обратный канал.

Для следующей части первой итерации схема фазы передачи установлена равной вектору квантования фазы, вычисленному в конце последней итерации. То есть смещения по фазе передачи установлены до значений, вычисленных в первой части итерации, которые существуют для настройки передатчика AWV. Схема фазы приема, с другой стороны, установлена равной N столбцам из N поочередно. Передача той же самой символьной последовательности и использование той же самой процедуры корреляции, функции передачи канала SISO оцениваются для каждой схемы фазы приема. Другими словами, 1-Tx на N-Rx коэффициенты усиления канала последовательно измеряются в приемнике для задержки максимальной мощности и оценка для эквивалентного канала IxM .

Аналогично, вектор из N оценок канала с комплексным значением комплексно сопряжен и умножается на матрицу H. Углы и элементы с комплексным значением этого вектора, затем квантуются в 2-4 бита, создавая вектор квантованных фаз. Этот вектор упоминается как вектор квантованного смещения по фазе (QPS) приемника на основе MRC (т.е. приемник AWV). Этот AMV-вектор используется в приемнике как схема фазы фиксированного приема для следующей итерации. То есть смещения фазы приема (веса) установлены до этих вычисленных значений.

Таким образом, те же самые этапы повторяются множество раз (например, 3, 4 и т.д.), где альтернативные схемы фазы передачи или приема установлены равными вычисленным векторам квантованной фазы из предыдущей итерации, тогда как схемы для противоположной операции, т.е. схемы приема или передачи, установлены равными N столбцам, если поочередно.

В конце итераций вычисленные векторы фазы передачи и приема используются для создания луча в оптимальном направлении.

В одном варианте осуществления сигнал поиска луча (и отслеживание луча) является OQPSK-сигналом при частоте $F_c/2$ посылок, где F_c является OFDM-частотой дискретизации.

В одном варианте осуществления используются до трех различных первоначальных QPS-векторов приема для улучшения производительности оценки оптимального времени дискретизации. Кроме того, в одном варианте осуществления

последовательная оценка канала осуществляется с помощью установки весового вектора передатчика (и приемника) до N столбцов матрицы H поочередно и последовательного измерения N соответствующих скалярных оценок канала. Каждый этап оценки канала состоит из N интервалов оценки из условия, что если V равно

результатирующему $1 \times N$ ($N \times 1$) вектору оценки, тогда оценка канала равна $VH^*(H^*V)$. Принятый сигнал не должен ни подавляться, ни затухать во время каждого восстановления синхронизации или этапа итерации, где схемы фазы передачи или приема разворачиваются с помощью столбцов H . Отсюда, процедура автоматического управления усилением (AGC) осуществляется до каждого такого этапа. В одном варианте осуществления в этой процедуре AGC произвольная символьная последовательность, охватывающая ту же самую основную полосу частот, передается по воздуху, тогда как схемы фазы передачи и приема изменяются тем же самым образом, как следующий этап. Принятая мощность сигнала измеряется и усиление приемника последовательно устанавливается до значения из условия, что принятый сигнал ни подавляется, ни затухает для всех схем фазы передачи и приема. Если необходимо, эта процедура повторяется множество раз (до 3), пока не найден соответствующий коэффициент усиления.

Фиг.5 иллюстрирует уровни одного варианта осуществления процесса поиска луча, описанного выше. Ссылаясь на фиг.5, этапы 501-503 представляют этапы восстановления синхронизации. Во время этих этапов выбираются первоначальные векторы смещения фазы и оптимальная задержка. В одном варианте осуществления во время этапов 501 и 502 фиксируется мощность передачи.

После этапа 503 осуществляются последовательность итераций. Каждая итерация состоит из трех блоков, с этапами 504-506, которые представляют пример одной итерации. Этап 504 является этапом оценки канала передачи, использующим фиксированную схему фазы приема, в которой векторы приема, которые дают наилучшую мощность, выбираются и используются для оценки канала. Как показано, этап 504 включает в себя автоматическое управление 504_1 усилением, показанное параллельно, этап 504 включает в себя автоматическое управление 504_1 усилением параллельно с блоком, в котором приемник формирует оценку $N \times 1$ канала, используя принятые векторы, и вычисляет вектор смещения фазы передачи в подэтапе 504_2 . Операции подэтапа 504_2 отображены в виде блока, показанного как расширенный вариант подэтапа 520_2 (так как все блоки те же самые). Первоначально вектор смещения фазы передачи изменяется до $H1$ (подэтап 550_1) с полосой расфилтровки (подэтап 550_2), вставленной для коррекции запаздывания смещения фазы. Для изменения в весовых векторах передачи полоса расфилтровки больше, чем общий разброс задержки минус разброс задержки фильтра передачи. Затем первый канал ($Ch1$) измеряется (блок 550_3). После измерения канала вектор смещения фазы передачи изменяется до $H2$ (подэтап 550_4), с полосой расфилтровки (подэтап 550_5). Затем второй канал ($Ch2$) измеряется (блок 550_6). Это продолжается, пока не измерен последний канал, ChN . После того, как все векторы смещения фазы передачи переданы, и каналы оценены, векторы смещения фазы передачи вычисляются и изменяются (при подготовке для оценки канала приема). В одном варианте осуществления весовой вектор передающей антенны, который создает самый интенсивный принятый сигнал в приемнике, повторяется более, чем один раз в течение этого этапа для того, чтобы разрешить приемнику скорректировать различные погрешности фазы, присущие аналоговым схемам передатчика и приемника.

После того, как вектор смещения фазы передачи вычислен, приемник отсылает его

обратно в передатчик на этапе 505. В одном варианте осуществления приемник дополнительно отсылает обратно индекс весового вектора передатчика, который создает самый мощный принятый сигнал, который необходимо использовать во время

5 следующих итераций. Это может быть осуществлено, используя обратный канал.
 Далее, этап 506 оценки канала приема осуществляется, используя фиксированный вектор смещения фазы передачи. Этап оценки канала приема (этап 506), а также каждый из других этапов оценки канала приема, содержит подэтап автоматического управления усилением (подэтап 506₁) и оценку канала $1 \times N$ и этап вычисления вектора смещения фазы приема (подэтап 506₂). Блок 506₁ AGC отображен как три блока 531 AGC, номера 103, которые являются теми же самыми. Один из них показан более

10 подробно и является примерным из других. Сначала вектор смещения фазы приема изменяется до H1 (подэтап 531₁) и AGC осуществляется по этому вектору смещения фазы (блок 531₂). Затем вектор смещения фазы приема изменяется до H2 (подэтап 531₃) и AGC осуществляется по этому вектору смещения фазы (блок 531₄). Это

15 продолжается для всех N векторов смещения фазы приема.

После подэтапа 506₁ AGC, оценка канала и вычисление вектора смещения фазы приема происходит на подэтапе 506₂. Операции подэтапа 506₂ отображены в виде

20 блока и являются теми же самыми для всех подобных блоков на фиг.5. Первоначально вектор смещения фазы приема изменяется до H1 (подэтап 560₁) с полосой расфилтровки (подэтап 560₂), вставленной для коррекции запаздывания смещения фазы. Для изменения в весовых векторах приема полоса расфилтровки больше, чем общий разброс задержки минус разброс задержки фильтра приема. Затем первый канал (Ch1) измеряется (подэтап 560₃). После измерения канала вектор смещения фазы приема изменяется до H2 (подэтап 560₄), с полосой расфилтровки (подэтап 560₅). Затем второй канал (Ch2) измеряется (блок 560₆). Это продолжается,

25 пока не измерен последний канал, ChN. После того, как все векторы смещения фазы приема переданы, и каналы оценены, векторы смещения фазы приема вычисляются и изменяются. В одном варианте осуществления с четырьмя итерациями существует четырнадцать этапов.

Автоматический контроль усиления

35 Сигнал, отсылаемый во время интервалов настройки AGC, использует ту же модуляцию, но не несет никакой информации.

Усиление AGC должно быть постоянным в течение каждого этапа оценки канала. Во время каждого этапа либо весовые векторы передачи, либо весовые векторы приема изменяются (развертка через N столбцов), что приводит к RSSI-флуктуации. В

40 этом случае AGC запускается для всех N возможных весовых векторов, уровень AGC является фиксированным с минимально достижимым значением и затем осуществляются N оценок канала.

Фиг.6 иллюстрирует частное формирование луча, которое произошло в результате

45 процесса поиска луча на фиг.5.

Фиг.7 иллюстрирует один вариант осуществления поиска луча и диаграмму слежения в источнике/передатчике. Ссылаясь на фиг.7, схема 701 поиска луча BPSK находится на частоте $F_c/2$, фильтруется, используя угольный формирующий

50 фильтр 702 с дополнительной выборкой, или создает схему поиска луча на частоте f_s . Эта схема затем отсылается в преобразование 703 OQPSK, которое преобразовывает символы BPSK -1 и 1 в составные символы QPSK $-1-j$ и, соответственно, $1+j$ и задерживает компонент Q наполовину выборки в отношении компонента I . Выход преобразования 703 OQPSK преобразовывается в аналоговый, используя DAC 704, и

затем фильтруется, используя аналоговый фильтр 705, предшествующий передаче.

Пример алгоритма отслеживания луча

В одном варианте осуществления алгоритм отслеживания луча состоит из двух итераций итеративного процесса поиска луча, например второй и третьей итераций, описанных выше. Фиг.9 является блок-схемой одного варианта осуществления процесса отслеживания луча. Ссылаясь на фиг.9 в первой итерации (показанной как блок 901), схема фазы передачи установлена равной вектору фазы передачи, соответствующего текущему лучу (т.е. смещения фазы передачи установлены для текущих оценок), тогда как схема фазы приема развернута с помощью N столбцов N для текущей задержки. С этой операции вычисляется вектор смещения квантованной фазы приема на основе MRC. Вычисляемый вектор квантованной фазы затем используется как фиксированная схема фазы приема для второй итерации (показано как блок 902), тогда как схема фазы передачи развернута с помощью N столбцов N и вычисляются векторы смещения квантованной фазы передачи. В одном варианте осуществления схема фазы передачи, которая создает самый интенсивный принятый сигнал в приемнике, повторяется более, чем один раз в течение этого этапа для того, чтобы разрешить приемнику скорректировать различные погрешности фазы, присущие аналоговым схемам передатчика и приемника. В каждой итерации функции передачи канала оцениваются для той же временной задержки, которая была извлечена на этапе восстановления синхронизации процесса поиска луча. Векторы квантованной фазы передачи вычисляются в этих итерациях и затем передаются обратно (903) для использования как схемы фазы передачи. В одном варианте осуществления индекс весового вектора, который создает самый интенсивный принятый сигнал, дополнительно передается обратно для использования в течение следующей копии отслеживания луча. Следует заметить, что блоки 901 и 902 описаны более подробно тем же образом, что и на фиг.5 выше.

Та же процедура AGC, как описано выше, в процессе поиска луча осуществляется до каждой итерации для того, чтобы гарантировать, что принятый сигнал ни подавляется, ни затухает в течение последующей операции. Они показаны на фиг.9, с примером настройки AGC для одного канала, который является тем же самым, что и другие, показанные подробно.

Альтернативные варианты осуществления алгоритма поиска луча

Второй альтернативный вариант осуществления процесса поиска луча показан на фиг.10. Ссылаясь на фиг.10, сначала известная символьная последовательность передается по воздуху, которая используется для оценки канала. Далее схема фазы передачи установлена до N столбцов из N в момент времени. Для каждой подобной схемы фазы передачи схема фазы приема затем устанавливается равной N столбцам из N в момент времени, что приводит к комбинации $N \times N$ различной схемы фазы передачи и приема.

Впоследствии соответствующие функции канала SISO $N \times N$ оцениваются с помощью сопоставления принятого сигнала с заданной символьной последовательностью в оптимальной временной задержке (процедура восстановления синхронизации аналогична первому варианту осуществления процесса поиска луча за исключением того, что все комбинации схем антенн передачи и приема используются). Оценки $N \times N$ используются для создания матрицы $N \times N$, G . G затем умножается на H и транспонирует H , как в следующем уравнении:

$$G = H H^H$$

где G является оценкой функции передачи канала MIMO (многочисленные входы с

многочисленными выходами).

Следующая итерация затем осуществляется для $k = 1, \dots, M$:

$$z = \text{conj}(G^T u_{k-1}), v_k = \text{quant}([\square z_1, \square z_2, \dots, \square z_N])$$

$$w = \text{conj}(G v_{k-1}), u_k = \text{quant}([\square w_1, \square w_2, \dots, \square w_N])$$

где u_0 является произвольной первоначальной схемой фазы приема.

Вышеуказанная фаза оценки предшествует процедуре АГС, аналогичной процедуре АГС, описанной выше. Эта процедура АГС, которая измеряет принятую мощность сигнала для всех комбинаций передачи и схемы фазы, и может повторяться несколько раз, как необходимо, гарантирует, что принятый сигнал ни подавляется, ни затухает во время оценки.

Приложения

В одном варианте осуществления вышеупомянутые схемы формирования луча используются для системы, действующей в нелицензируемом диапазоне от 57 до 64 ГГц. По сравнению с другими низкочастотными нелицензируемыми диапазонами, например 2,4 ГГц и 5 ГГц, диапазон в 60 ГГц допускает использование намного меньших антенн с аналогичными коэффициентами усиления антенны. Идеально, чтобы 60 ГГц антенны могли бы быть в 12 раз меньше, чем антенны в 5 ГГц с тем же самым усилением. Это означает, что намного большее число антенн может использоваться без существенного увеличения размерностей беспроводной системы и, отсюда, затрат.

Кроме того, измерения показывают, что канал распространения в 60 ГГц намного более кластеризован, чем диапазоны в 2,4 и 5 ГГц. Это эквивалентно заявлению, что для этого диапазона каналы распространения могут группироваться в определенные кластеры. Фиг.11 иллюстрирует понятие кластеризуемого канала распространения. Процесс формирования луча, описанный выше, затем идеально эквивалентен фокусировке на распространении в пределах кластера с максимальным усилением.

Может быть показано для подобных кластеризуемых каналов, пропускная способность каналов при схеме формирования луча, описанной в данном документе, часто очень близка к максимальной пропускной способности канала MIMO (достижимой через мультиплексирование, как упомянуто в разделе предшествующего уровня техники). Кроме того, фокусировка на распространении в пределах кластера означает, что разброс задержки распространения равен разбросу задержки кластера, который может быть значительно ниже, чем общий разброс задержки канала.

Следовательно, предлагаемый способ формирования луча очень подходит для беспроводных приложений в диапазоне 60 ГГц.

Тогда как многие изменения и модификации настоящего изобретения без сомнения станут очевидными специалисту в данной области техники, после прочтения вышеизложенного описания, следует понимать, что какой-либо конкретный вариант осуществления, показанный и описанный с помощью иллюстрации, ни в коем случае не подразумевался быть рассмотренным как ограничивающий. Следовательно, ссылки на подробности различных вариантов осуществления не подразумеваются ограничивать объем формулы изобретения, которая сама раскрывает только признаки, являющиеся существенными для изобретения.

Формула изобретения

1. Способ управления лучом передающих и приемных антенн, содержащий этап, на котором:

осуществляют адаптивное управления лучом, используя множество передающих и

приемных антенн, включая итеративное осуществление пары настроечных последовательностей, при этом итеративное осуществление пары настроечных последовательностей включает в себя оценку весового вектора антенной решетки передатчика и весового вектора антенной решетки приемника и при этом итеративное осуществление пары настроечных последовательностей включает в себя альтернативное изменение схем фаз передающих и приемных антенн для множества итераций.

2. Способ по п.1, в котором приемные антенны соединяются с одним или более каналов оцифровывания, и при этом один или более каналов оцифровывания меньше по числу, чем число приемных антенн.

3. Способ по п.1, в котором передающие антенны соединяются с одним или более каналов формирования сигналов передачи и при этом один или более каналов формирования сигналов передачи меньше по числу, чем число передающих антенн.

4. Способ по п.1, в котором этап адаптивного управления лучом содержит этапы, на которых:

осуществляют адаптивное формирование луча, которое включает в себя процесс поиска луча для идентификации направления луча; и

осуществляют процесс отслеживания луча для отслеживания луча во время фазы передачи данных.

5. Способ по п.4, в котором поиск луча и отслеживание луча осуществляются либо с помощью запроса от передатчика или приемника или при постоянно планируемых интервалах.

6. Способ по п.4, в котором отслеживание луча содержит этап, на котором осуществляют единственную итерацию пары настроечных последовательностей.

7. Способ по п.1, в котором пара настроечных последовательностей происходит по тому же каналу с многоканальными входами и многоканальными выходами (MIMO).

8. Способ по п.1, в котором оценка весового вектора антенной решетки передатчика и весового вектора антенной решетки приемника выполняются в приемнике.

9. Способ по п.8, содержащий также этап, на котором передают обратно оцениваемый весовой вектор антенной решетки передатчика для передатчика.

10. Способ по п.1, в котором веса в весовых векторах антенной решетки ограничены только смещениями фазы и активизацией и деактивизацией антенн.

11. Способ по п.1, в котором весовой вектор приема установлен, тогда как оценивают весовой вектор антенной решетки передатчика и весовой вектор передатчика установлен, тогда как оценивают весовой вектор антенной решетки приемника.

12. Способ по п.1, в котором адаптивное управление лучом, использующее множество передающих и приемных антенн, содержит итеративно осуществляемые этапы, на которых:

(a) устанавливают весовой вектор приема для приемных антенн на основе первоначального веса или вектора смещения фазы;

(b) последовательно измеряют коэффициенты усиления канала, соответствующие каждой фазе для создания первого набора коэффициентов усиления канала;

(c) вычисляют второй весовой вектор на основе первого набора коэффициентов усиления канала;

(d) устанавливают смещения фазы передачи для передающих антенн на основе второго весового вектора;

(е) последовательно измеряют коэффициенты усиления канала в приемнике, соответствующие каждой фазе для создания второго набора коэффициентов усиления канала; и

5 (f) вычисляют третий весовой вектор на основе второго набора измеряемых коэффициентов усиления канала.

13. Способ по п.12, содержащий также этапы, на которых:

оценивают первый канал из первого набора коэффициентов усиления канала, при этом вычисление второго вектора смещения фазы основано на оценке первого канала;

10 и

оценивают второй канал из второго набора коэффициентов усиления канала, при этом вычисление третьего вектора смещения фазы основано на оценке второго канала.

14. Способ по п.13, в котором оценка первого канала содержит этап, на котором оценивают элементы вектора канала поочередно, при этом число последовательных интервалов оценки установлено до определенного числа.

15. Способ по п.13, в котором оценка первого канала содержит использование унитарной матрицы как передающей матрицы из условия, чтобы весовой вектор передающей антенны был установлен до столбца унитарной матрицы.

30 16. Способ по п.13, в котором оценка первого канала содержит использование матрицы типа Адамара как передающей матрицы из условия, чтобы весовой вектор передающей антенны был установлен до столбца матрицы типа Адамара.

17. Способ по п.14, в котором число последовательных оценок и множество различных весовых векторов передающей антенны является эквивалентным.

25 18. Способ по п.14, в котором число равно 36.

19. Способ по п.14, в котором число последовательных оценок больше, чем число различных весовых векторов передающей антенны, и весовой вектор передающей антенны, который создает самый интенсивный сигнал в приемнике, повторяется больше, чем один раз.

30 20. Способ по п.14, в котором число последовательных оценок равно 36, и весовой вектор передающей антенны, который создает наиболее интенсивный сигнал в приемнике, повторяется 10 раз.

21. Способ по п.12, который также содержит передачу известной настроечной последовательности в приемник.

35 22. Способ по п.12, который также содержит этап, на котором используют третий вектор смещения фазы вместо первого вектора смещения фазы, во время установки смещений фазы приема для приемных антенн для следующей итерации и затем повторение операций с (a) по (f).

40 23. Способ по п.12, в котором первый, второй и третий вектора смещения фазы являются весовыми векторами антенной решетки.

24. Способ по п.12, содержащий также этап, на котором отсылают второй вектор смещения фазы от приемника к передатчику, используя обратный канал.

45 25. Способ по п.24, в котором канал имеет низкую скорость передачи, чем канал, происходящий в результате формирования луча.

26. Способ по п.12, содержащий также этап, на котором отсылают индекс вектора фазы передатчика, который создает самый интенсивный принятый сигнал в приемнике во время последовательной оценки первого канала.

50 27. Способ по п.12, в котором итеративное осуществление набора операций происходит, если передатчик и приемник находятся в режиме ожидания или если луч, сформированный между передатчиком и приемником становится закрытым.

28. Способ по п.12, в котором итеративное осуществление набора операций осуществляется из условия, что набор операций осуществляется четыре раза.

29. Способ по п.12, содержащий также этап, на котором осуществляют восстановление синхронизации, предшествующий итеративному осуществлению набора операций.

30. Способ по п.12, содержащий также этап, на котором осуществляют оценку задержки до итеративного осуществления набора операций для определения времени поступления луча с максимальным усилением.

31. Способ по п.30, в котором оценка задержки содержит этапы, на которых: передают известную символьную последовательность по воздуху, используя передающие антенны; и сопоставляют известную символьную последовательность в приемнике через сопоставленный фильтр.

32. Способ по п.1, в котором альтернативное изменение схем фаз передающих и приемных антенн направлено на оптимальное значение, соответствующее направлению луча используемому для формирования луча.

33. Устройство для управления лучом передающих и приемных антенн, содержащее: приемопередатчик, который имеет первый модуль цифровой обработки основной полосы частот, соединенный с первой фазированной антенной решеткой; и приемник, который имеет второй модуль цифровой обработки основной полосы частот, соединенный со второй фазированной антенной решеткой, при этом первый и второй модули цифровой обработки основной полосы частот взаимодействуют для осуществления адаптивного управления лучом, используя множество передающих и приемных антенн, с помощью итеративного осуществления пары настроечных последовательностей, при этом пара настроечных последовательностей включает в себя оценку весового вектора антенной решетки передатчика и весового вектора антенной решетки приемника, и при этом итеративное осуществление пары настроечных последовательностей включает в себя альтернативное изменение схем фаз передающих и приемных антенн для множества итераций.

34. Устройство по п.33, в котором приемные антенны соединяются с одним или более каналов оцифровывания и при этом число каналов оцифровывания меньше по числу, чем число приемных антенн.

35. Устройство по п.33, в котором передающие антенны соединены с одним или более каналов формирования сигналов передачи и при этом число каналов формирования сигналов передачи меньше по числу, чем число передающих антенн.

36. Устройство по п.33, в котором первый и второй модули цифровой обработки взаимодействуют для осуществления адаптивного управления лучом с помощью осуществления адаптивного формирования луча, которое включает в себя процесс поиска луча для идентификации направления луча; и осуществление процесса отслеживания луча для отслеживания луча во время фазы передачи данных.

37. Устройство по п.36, в котором при отслеживании луча осуществляют единственную итерацию пары настроечных последовательностей.

38. Устройство по п.33, в котором оценка весового вектора антенной решетки передатчика и весового вектора антенной решетки приемника выполняются в приемнике.

39. Устройство по п.33, содержащее также обратный канал для передачи обратно оцениваемого весового вектора антенной решетки передатчика в передатчик.

40. Устройство по п.33, в котором весовой вектор приема устанавливается при оценке весового вектора антенной решетки передатчика, и весовой вектор передатчика устанавливается, когда оценивается весовой вектор антенной решетки приемника.

41. Устройство по п.33, в котором первый и второй модули цифровой обработки основной полосы частот взаимодействуют для осуществления адаптивного управления лучом, используя набор операций, осуществляемых итеративно, который включает в себя

(a) установление смещений фазы приема для приемных антенн второй фазированной антенной решетки на основе первого весового вектора, посредством второго модуля цифровой обработки основной полосы частот;

(b) последовательное измерение коэффициентов усиления канала, соответствующих каждой фазе, и формирование первого набора коэффициентов усиления канала, посредством второго модуля цифровой обработки основной полосы частот;

(c) вычисление второго весового вектора на основе первого набора коэффициентов усиления канала посредством второго модуля цифровой обработки основной полосы частот;

(d) установление смещения фазы передачи для передающих антенн первой фазированной антенной решетки на основе второго весового вектора, посредством первого модуля цифровой обработки основной полосы частот;

(e) измерение коэффициентов усиления канала, соответствующих каждой фазе в приемнике, и формирование второго набора коэффициентов усиления канала посредством второго модуля цифровой обработки основной полосы частот; и

(f) вычисление третьего весового вектора на основе второго набора измеряемых коэффициентов усиления канала посредством второго модуля цифровой обработки основной полосы частот.

42. Устройство по п.41, в котором второй модуль цифровой обработки основной полосы частот оценивает первый канал из первого набора коэффициентов усиления канала и вычисляет второй весовой вектор на основе оценки первого канала, и дополнительно при этом первый модуль цифровой обработки основной полосы частот оценивает второй канал из второго набора коэффициентов усиления канала и вычисляет третий весовой вектор на основе оценки второго канала.

43. Устройство по п.42, в котором второй модуль цифровой обработки основной полосы частот оценивает первый канал с помощью оценки элементов вектора канала поочередно, при этом число последовательных интервалов оценки установлено до определенного числа.

44. Устройство по п.42, в котором второй модуль цифровой обработки основной полосы частот оценивает первый канал, используя унитарную матрицу как передающую матрицу из условия, чтобы весовой вектор передающей антенны был установлен до столбцов унитарной матрицы.

45. Устройство по п.42, в котором второй модуль цифровой обработки основной полосы частот оценивает первый канал, используя матрицу типа Адамара как передающую матрицу из условия, чтобы весовой вектор передающей антенны был установлен до столбцов матрицы типа Адамара.

46. Устройство по п.42, в котором весовой вектор передающей антенны, который создает самый интенсивный принятый сигнал в приемнике, повторяется более чем один раз.

47. Устройство по п.41, в котором набор операций также содержит второй модуль

цифровой обработки основной полосы частот, использующий третий весовой вектора вместо первого вектора, во время установки смещений фазы приема для приемных антенн для следующей итерации и затем повторение операций с (a) по (f).

5 48. Устройство по п.41, которое также содержит обратный канал, при этом второй модуль цифровой обработки основной полосы частот отправляет второй весовой вектор из приемника в передатчик, используя обратный канал.

49. Устройство по п.48, в котором второй модуль цифровой обработки основной полосы частот отправляет индекс вектора смещения фазы передачи, который создает самый интенсивный принимаемый сигнал в приемнике во время последовательной оценки первого канала из приемника в передатчик, используя обратный канал.

50. Устройство по п.48, в котором обратный канал имеет низкую скорость передачи, чем сформированный лучом канал, происходящий в результате формирования луча.

15 51. Устройство по п.41, в котором набор операций итеративно осуществляется, если передатчик и приемник находятся в режиме ожидания или если луч, сформированный между передатчиком и приемником становится закрытым.

52. Устройство по п.41, в котором набор операций осуществляется для четырех итераций.

53. Устройство по п.41, в котором первый и второй модули цифровой обработки основной полосы частот взаимодействуют для осуществления восстановления синхронизации, предшествующей итеративному осуществлению набора операций.

25 54. Устройство по п.41, в котором первый и второй модули цифровой обработки основной полосы частот взаимодействуют для осуществления оценки задержки до итеративного осуществления набора операций, чтобы определить время поступления луча с максимальным усилением.

55. Устройство по п.38, в котором первый и второй модули цифровой обработки взаимодействуют для осуществления оценки задержки с помощью:

первого модуля цифровой обработки основной полосы частот, вызывающего передачу первой фазированной решеткой известной символьной последовательности по воздуху; и

35 второго модуля цифровой обработки основной полосы частот, вызывающего сопоставление известной символьной последовательности в приемнике через сопоставленный фильтр.

56. Устройство по п.33, в котором альтернативное изменение схем фаз передающих и приемных антенн направлено на оптимальное значение, соответствующее направлению луча используемому для формирования луча.

40 57. Способ поиска луча передающих и приемных антенн, в котором: осуществляют адаптивное формирование луча, которое включает в себя процесс поиска луча для идентификации направления луча, при этом осуществление адаптивного формирования луча содержит итеративное осуществление пары настроечных последовательностей, которые альтернативно изменяют схемы фаз передающих и приемных антенн для множества итераций, и

осуществляют этап отслеживания луча во время состояния передачи данных для отслеживания луча.

50 58. Способ по п.57, в котором этап отслеживания луча содержит этап, на котором осуществляют единственную итерацию пары настроек, при этом пара настроек включает в себя оценку весового вектора антенной решетки передатчика и весового вектора антенной решетки приемника.

59. Передатчик для использования при осуществлении связи с приемником, содержащий:

процессор; и

5 фазирующую решетку формирующей луч антенны, при этом процессор контролирует выполнение антенной адаптивного управления лучом, используя множество передающих антенн, взаимодействующих с приемными антеннами приемника, итеративно осуществляя набор настроечных операций, при этом
10 указанное итеративное осуществление пары настроечных операций содержит альтернативное изменение схем фаз передающих и приемных антенн для множества итераций, при этом одна из настроечных операций содержит побуждение процессором фазирующей решетки формирующей луч антенны передавать первую настроечную последовательность, тогда как весовой вектор антенной решетки приема приемника
15 установлен и весовой вектор антенной решетки передатчика переключается между весовыми векторами с помощью набора весовых векторов, и при этом другая из настроечных операций содержит побуждение процессором фазирующей решетки формирующей луч антенны передавать вторую настроечную последовательность, тогда как весовой вектор антенной решетки передатчика установлен как часть
20 процесса для вычисления весового вектора антенной решетки приема.

60. Приемник для использования при осуществлении связи с передатчиком, содержащий:

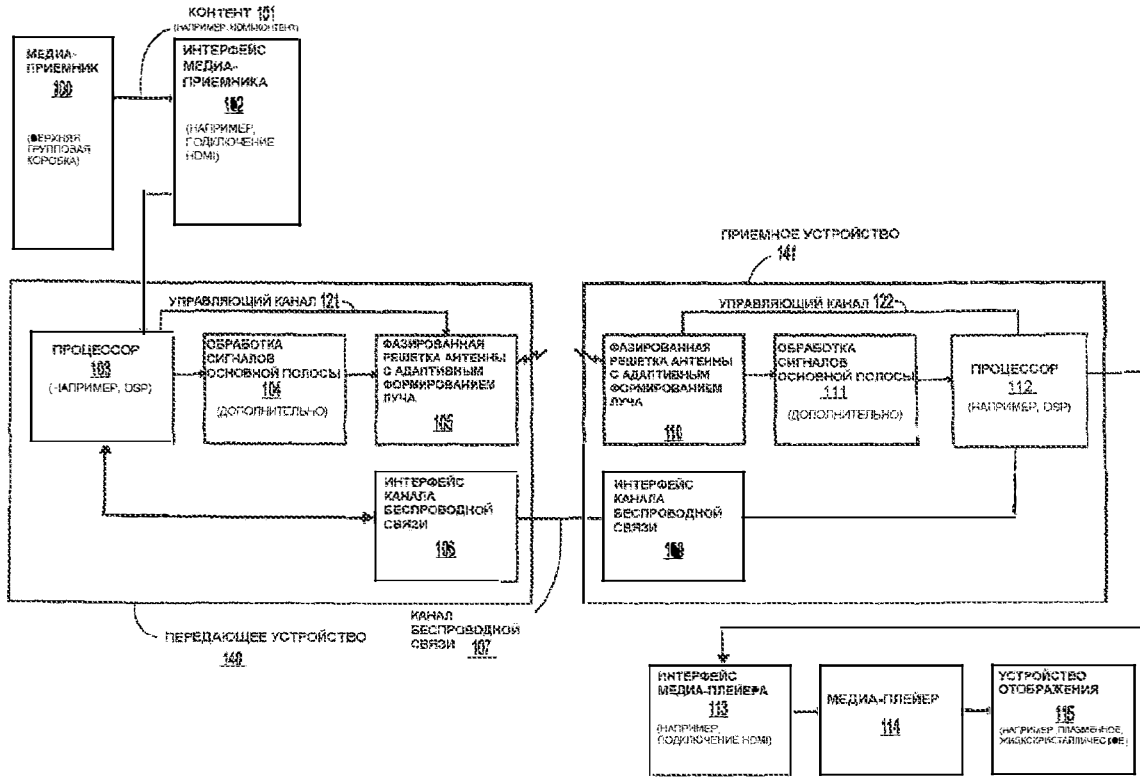
процессор; и

25 фазирующую решетку формирующей луч антенны, при этом процессор контролирует выполнение антенной адаптивного управления лучом, используя множество приемных антенн взаимодействующих с передающими антеннами передатчика, итеративно осуществляя набор настроечных операций, при этом
30 указанное итеративное осуществление пары настроечных операций содержит альтернативное изменение схем фаз передающих и приемных антенн для множества итераций, при этом одна из настроечных операций содержит установление процессором весового вектора антенной решетки приема во время обработки для оценки весового вектора антенной решетки передачи, имея передаваемую передатчиком первую настроечную последовательность во время установления
35 весового вектора антенной решетки приема, и при этом другая из настроечных операций содержит вычисление процессором весового вектора антенной решетки приема, когда передатчик передает вторую настроечную последовательность во время установления весового вектора антенной решетки передатчика.

40

45

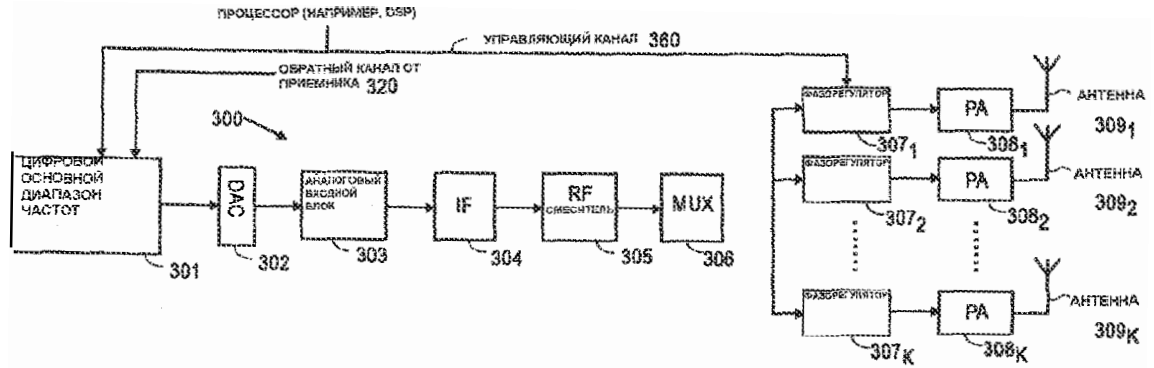
50



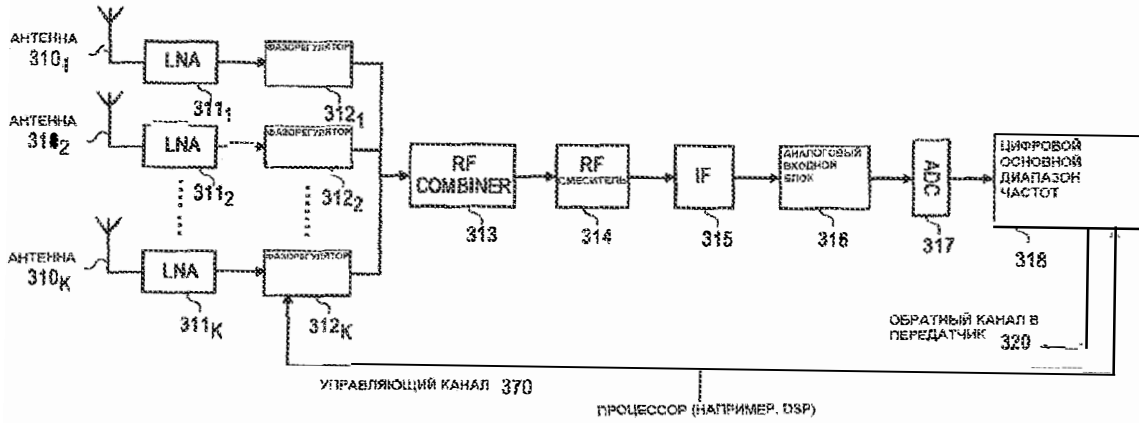
ФИГ. 1



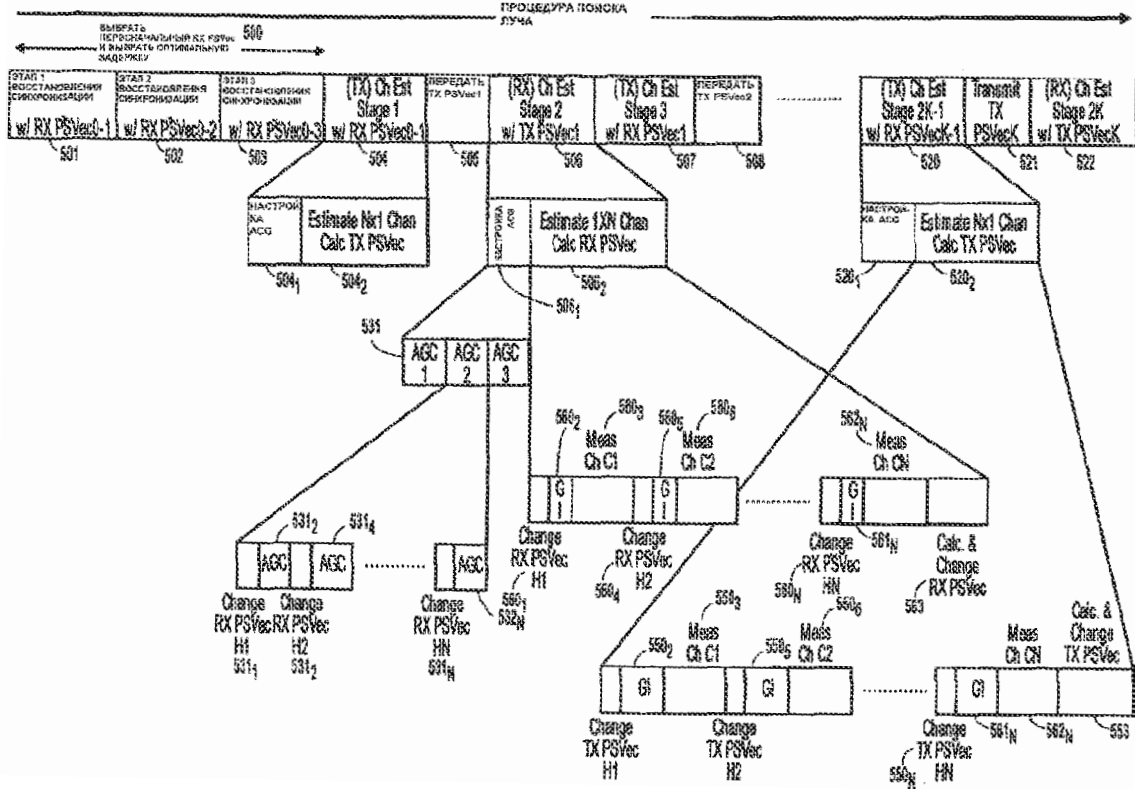
ФИГ. 2



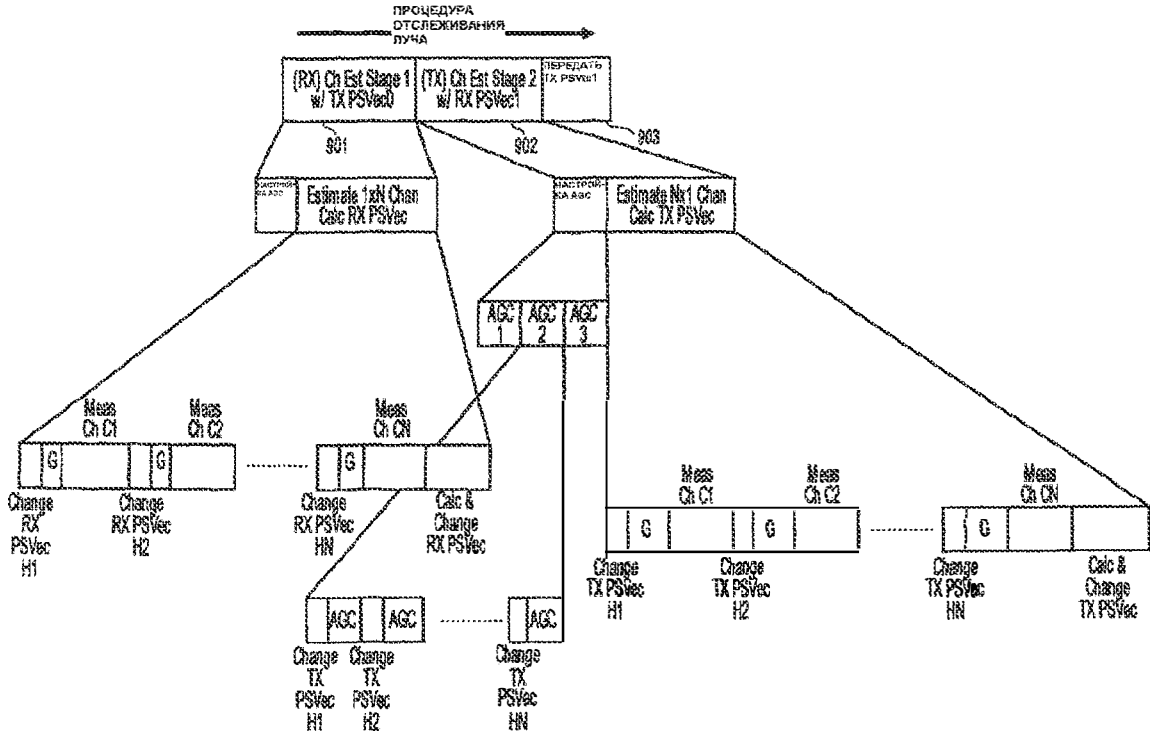
ФИГ. 3А



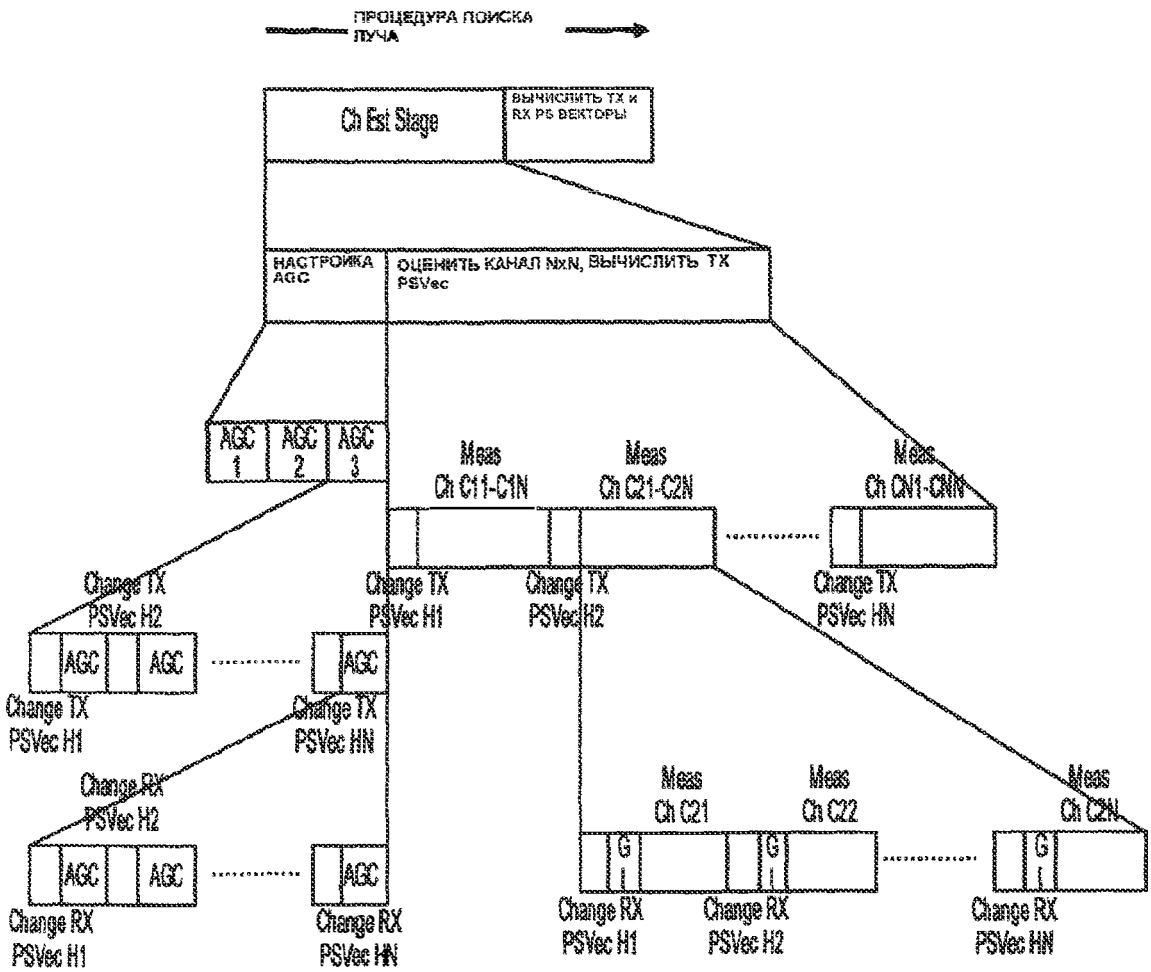
ФИГ. 3В



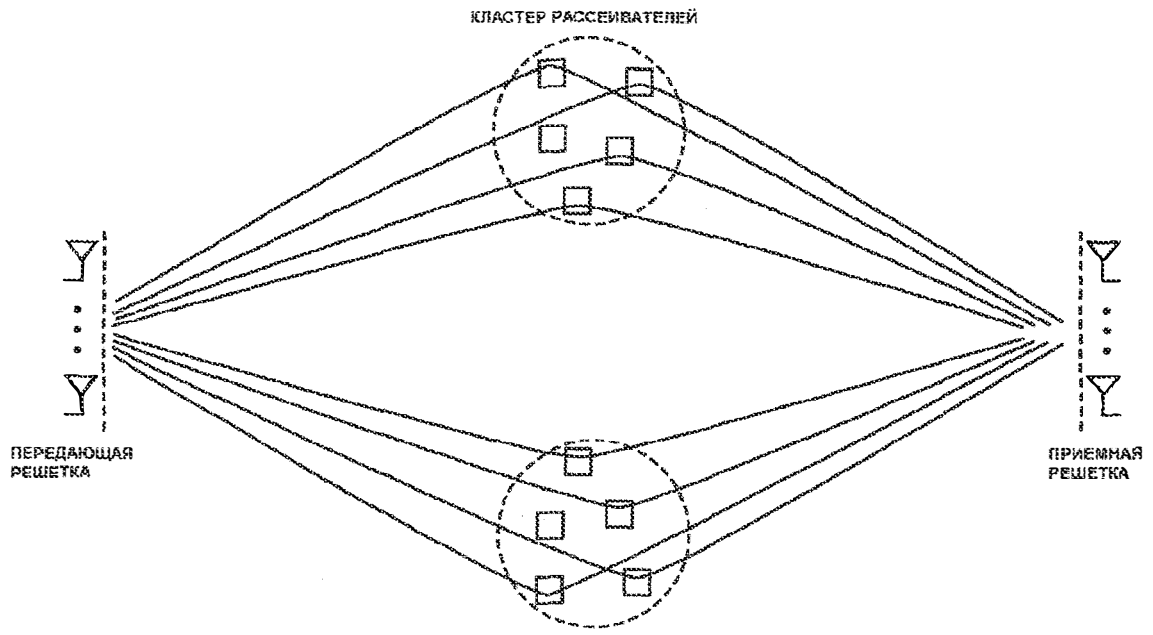
ФИГ. 5



ФИГ. 9



ФИГ. 10



ФИГ.11



Espacenet

Bibliographic data: RU2254682 (C1) — 2005-06-20

METHOD FOR RADIO COMMUNICATION IN WIRELESS LOCAL NETWORK

Inventor(s): ABRAMOV O JU [RU]; BUROV L G [RU]; KIRDIN A N [RU] ±
(Абрамов О.Ю. (RU), ; Буров Л.Г. (RU), ; Кирдин А.Н. (RU))

Applicant(s): AIRGAIN, INC.

Classification: - international: H04B7/00; H04B7/06; (IPC1-7): H04B7/00
- cooperative: H04B7/0408 (EP); H04B7/0617 (EP); H04W16/28 (EP)

Application number: RU20030132289 20031027

Priority number (s): RU20030132289 20031027

Also published as: CN1875555 (A) CN1875555 (B) EP1679805 (A1) EP1679805 (A4) EP1679805 (B1) more

Abstract of RU2254682 (C1)

FIELD: wireless local communication networks. ^ SUBSTANCE: the method is characterized by the fact that with the help of a transceiver with a controlled radiation pattern an exchange of information with some transceiver of the network is accomplished, in the process of this exchange the current value of communication quality is determined, compared with the minimum or maximum threshold value of communication quality, the process of optimization of the antenna beam is effected by the result of comparison, it is repeated whenever necessary. ^ EFFECT: enhanced quality of connection. ^ 22 cl, 9 dwg

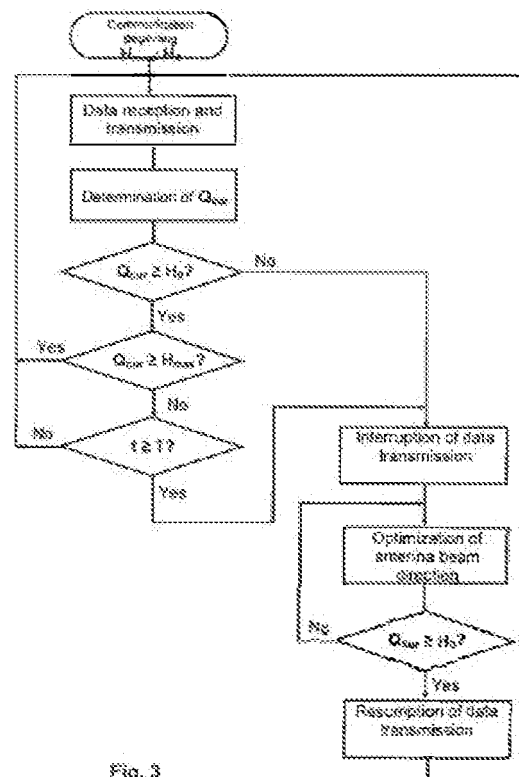
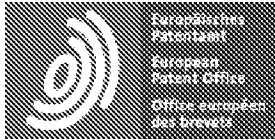


Fig. 3



Notice

This translation is machine-generated. It cannot be guaranteed that it is intelligible, accurate, complete, reliable or fit for specific purposes. Critical decisions, such as commercially relevant or financial decisions, should not be based on machine-translation output.

CLAIMS RU2254682C1

1.

¹³ A method of radio communication in a wireless local area network, including at least one transceiver device equipped with an antenna with a controlled radiation pattern, comprising the fact that using said transceiver device with a controlled radiation pattern, information is exchanged with any transceiver device of the network, in the process of exchange information is periodically determined by the received signal the current value of the communication quality Q_{cur} and the process of optimizing the direction of the antenna beam is periodically carried out, while the threshold value of the communication quality H_0 is preset corresponding to the specified minimum communication quality, and at the current value of the communication quality Q_{cur} less than the mentioned threshold value H_0 , the mentioned process of optimization of the direction of the antenna beam is carried out until the current value of the quality of communication Q_{cur} is equal to or exceeds the mentioned threshold value H_0 , characterized in that add The threshold value of the communication quality H_{max} is preliminarily set, corresponding to the given maximum communication quality, while at the current value of the communication quality Q_{cur} , which is greater than or equal to the mentioned threshold value H_{max} , information exchange is continued, and at the current value of the communication quality Q_{cur} , which is less than the mentioned threshold value H_{max} , but greater than or equal to the mentioned threshold value H_0 , after a given time interval T , the next process of optimizing the direction of the antenna beam is carried out.

2.

³⁴ The method according to claim 1, characterized in that for the duration of said optimization process of the direction of the antenna beam, information transmission is stopped.

3.

³⁹ The method according to claim 1, characterized in that during the said process of optimizing the direction of the antenna beam, information reception is stopped.

4.

⁴⁴ The method according to claim 1, characterized in that during said process of optimizing the direction of the antenna beam, the direction of the antenna beam is changed at least once, for each new direction of the antenna beam, the value of the communication quality is determined, the greater of the communication quality values obtained with different directions of the antenna beam and store it as the current link quality value Q_{cur} .

5.

⁵² The method according to claim 4, characterized in that the direction of the antenna beam is changed in azimuth and / or elevation.

6.

⁵⁷ The method according to claim 4, characterized in that the direction of the antenna beam is changed by switching the antenna radiation pattern.

7.

⁶² The method according to claim 1, characterized in that additionally, at least one intermediate threshold value of the communication quality H_j is preset, satisfying the relationship $H_0 < H_j < H_{max}$, where $j = 1, 2 \dots$

⁶⁵ N are selected and stored as the current threshold $H_{cur}(i)$ one of the mentioned threshold values H_0, H_j or H_{max} , which is the closest above or below the mentioned current value of the communication quality Q_{cur} , while the mentioned time interval T is reduced if at the next determination of the current value of the communication quality Q_{cur} the value of the current threshold $H_{cur}(i)$ decreases in comparison with the stored previous value $H_{cur}(i-1)$.

8.

⁷³ The method according to claim 7, characterized in that the value of said time interval T is compared with a predetermined minimum value T_{min} , and when T is equal to or less than T_{min} , the time interval T is set equal to the value T_{min} .

9.

⁷⁹ The method according to claim 7, characterized in that said time interval T is increased if at the

next determination of the communication quality Q_{cur} the value of the current threshold H_{cur} (i) increases in comparison with the stored previous value H_{cur} (i).

10.

⁸⁵ The method according to claim 9, characterized in that the value of said time interval T is compared with a predetermined maximum value T_{max} , and when T is equal to or greater than T_{max} , the time interval T is set equal to the value of T_{max} .

11.

⁹⁷ The method according to claim 7, characterized in that said time interval T is increased if, during the next determination of the communication quality Q_{cur} , the value of the current threshold H_{cur} (i) does not change in comparison with the stored previous value H_{cur} (i-1).

12.

⁹⁷ The method according to claim 11, characterized in that the value of said time interval T is compared with a predetermined maximum value T_{max} , and when T is equal to or greater than T_{max} , the value of T_{max} is assigned to the time interval T .

13.

¹⁰³ The method according to claim 11, characterized in that said time interval T is reduced if during the next determination of the communication quality Q_{cur} the value of the current threshold H_{cur} (i) increases in comparison with the stored previous value H_{cur} (i-1).

14.

¹⁰⁹ The method according to claim 13, characterized in that the value of said time interval T is compared with a predetermined minimum value T_{min} , and when T is equal to or less than T_{min} , the time interval T is set equal to the value T_{min} .

15.

¹¹⁵ The method according to claim 1, characterized in that additionally, at least one intermediate threshold value of the communication quality H_j is preset, satisfying the relationship $H_0 < H_j < H_{max}$, where $j = 1, 2 \dots$

¹¹⁸ N are selected and stored as the current threshold H_{cur} (i) one of the mentioned threshold values H_0 , H_j , or H_{max} , which is closest above or below the mentioned current value of the communication quality Q_{cur} , while the implementation of the next mentioned optimization process of the direction of the antenna beam is skipped if after the mentioned time interval T

does not change the value of the current threshold $H_{cur}(i)$ in comparison with the memorized previous value $H_{cur}(i-1)$.

16.

¹²⁷ The method according to claim 15, characterized in that the sum of the missed said time intervals T is compared with a predetermined maximum interval T_{max} and when T is equal to or greater than T_{max} , the time interval T is set equal to the value of T_{max} .

17.

¹³³ The method according to claim 1, characterized in that said current value of the communication quality Q_{cur} is determined from the received signal received in response to the sent request.

18.

¹³⁸ The method according to claim 1, characterized in that said current value of the communication quality Q_{cur} is determined by at least one parameter of the received signal.

19.

¹⁴³ The method according to claim 18, characterized in that the received signal level is measured as said parameter of the received signal.

20.

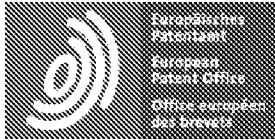
¹⁴⁸ The method according to claim 18, characterized in that the ratio of the received signal to the noise level is measured as said parameter of the received signal.

21.

¹⁵³ The method according to claim 18, characterized in that the ratio of the received signal to the interference level is measured as said parameter of the received signal.

22.

¹⁵⁸ The method according to claim 18, characterized in that the error rate is measured as said parameter of the received signal.



Notice

This translation is machine-generated. It cannot be guaranteed that it is intelligible, accurate, complete, reliable or fit for specific purposes. Critical decisions, such as commercially relevant or financial decisions, should not be based on machine-translation output.

DESCRIPTION RU2254682C1

10 METHOD OF RADIO COMMUNICATION IN WIRELESS LOCAL NETWORK

11 The claimed invention relates to wireless local area network (WLAN), and in particular to methods used in such networks for receiving and transmitting types of information.

13 Nowadays, wireless local area networks have become widespread in the field of computer science and videographic communications for the transfer and distribution of data between multiple users in the same area, for example, between personal computers, laptop computers, printers and other users located in the same building, without limitation. the mobility of these devices. Transferring information using WLAN reduces the cost of building a network, since there is no need to lay connecting wires. This type of network can also be used in cases where it is difficult or impossible to lay connecting wires, as well as in cases where there are no outlets for local networks due to architectural constraints. A WLAN is the ideal solution for an organization with frequent changes in user placement. In existing WLANs, radio communication is usually carried out in accordance with well-known international standards such as IEEE 802.11b.

24 Transceivers used in wireless LANs are increasingly being equipped with directional antennas with steerable radiation pattern. Such antennas make it possible to gain gain in range, speed and reliability of information transmission, as well as to reduce the power of the transceiver device. However, to get a real benefit from the use of directional antennas with a steerable directional pattern, it is necessary to optimize the position of the directional antenna from time to time, i.e. search for such a direction of the antenna beam and installation of the antenna in this position, which ensures the best quality of communication, determined by one or another parameter of the received signal or by a combination of these parameters.

32 The optimization of the directional antenna position takes a certain amount of time, during which the information transfer process is not carried out. A contradiction arises: in order to maintain the direction of the antenna beam in a position that provides the best communication quality in specific conditions, it is necessary to carry out the above optimization procedure as often as possible, but at the same time, to reduce the influence of the optimization procedure on the information exchange process, it is desirable to carry out the optimization procedure as rarely

as possible. ...

- 39 A known method of exchanging information in a wireless local area network (see. EP No. 1063789, IPC N 04 B 7/04, publ. 27.12.2000) comprising transmitting, by means of an omnidirectional antenna, a calibration signal by one transceiver device to a second transceiver device receiving this signal also by an omnidirectional antenna; then determining from a plurality of directional antennas of the second device one that provides the best conditions for signal reception, transmission by the second transceiver using the selected antenna of the calibration signal, which serves to select the best directional antenna signal reception of the first transceiver device, and exchange information using the selected transmission of calibration signals of directional antennas of the first and second transceiver devices.
- 48 The use of directional antennas in the known method makes it possible to ensure sufficient reliability of radio communications due to the reduction of the effect of multipath interference and fading. At the same time, the establishment of radio communication in the first stage using an omnidirectional radiation pattern does not allow increasing the reach or range of WLAN users in comparison with methods using omnidirectional antennas for information exchange. In addition, when using the known method, before transmitting a data packet, it is necessary to transmit a calibration signal twice, which increases the duration of the transmission of service information.
- 56 A known method for optimizing the transmission of messages in a wireless network (see US patent No. 5138327, IPC H 04 B 7/00, publ. 11.08.1992), including periodic transmission from the base station to the mobile station of a signal carrying information about the quality of communication, determining the communication quality by the mobile station at various positions of the antenna radiation patterns of the base station and the mobile station, selecting for message transmission those positions of the antenna patterns of the base and mobile stations that provide better communication quality.
- 63 In the known method, a periodic process of optimizing the direction of the antenna beam of the base and mobile station is carried out regardless of the current communication quality, which unjustifiably increases the proportion of time spent on the said optimization process, and, accordingly, reduces the proportion of time spent on the transmission of the messages themselves.
- 68 The known method of radio communication in a telecommunication system consisting of transceiver devices equipped with directional antennas (see US patent No. 5303240, IPC G 01 S 3/72, publ. 12.04.1994), including the transmission by one transceiver device of an information packet, including a calibration signal, the determination by the second transceiver device of the value of the communication quality at various positions of the antenna directional pattern and the choice of the antenna position that provides the best communication quality, the subsequent reception of information packets and determination of the communication quality upon receipt of each information packet, repeating the process of optimizing the direction of the antenna beam when the quality of communication drops below a predetermined threshold value.
- 78 In the known radio communication method, the value of the communication quality during the transmission of information is not determined, in connection with which there may be a loss of

part of the information when the quality of communication deteriorates during the transmission of data.

82 The closest in terms of the totality of essential features to the claimed invention is a method for exchanging information in a wireless network (see US patent No. 6473036, IPC H 01 Q 3/24, publ. 29.10.2002) consisting of a base station and mobile stations equipped with antennas with a controllable directional pattern, according to which, in the process of exchanging information, the mobile stations in the pauses between received data packets carry out the procedure for optimizing the direction of the antenna beam to ensure the quality of communication is not lower than a predetermined threshold value.

89 When using the known method of information exchange, the value of the quality of communication during the transmission of information is not determined, which can lead to the loss of part of the information when the quality of communication deteriorates during the transmission of data. At the same time, while maintaining an acceptable communication quality, the procedure for optimizing the direction of the antenna beam in each pause between the received data packets may be unnecessary. As a result, the proportion of time spent on the procedure for optimizing the direction of the antenna beam is unjustifiably increased, and, accordingly, the proportion of time spent on the transmission of the messages themselves decreases.

98 The objective of the claimed invention was the development of such a method of radio communication in a wireless local area network, which would provide a decrease in the influence of the procedure for optimizing the direction of the antenna beam on the information transfer process by choosing the optimal time interval T between the successive processes of the mentioned optimization.

103 The problem is solved in that in the method of radio communication in a wireless local area network, including at least one transceiver device equipped with an antenna with a controllable directional pattern, in accordance with which, in the process of exchanging information with any transceiver device of said network using said transceiver device pre-set the threshold value of the communication quality H_0 , corresponding to the specified minimum quality of communication, periodically from the received signal determine the current value of the communication quality Q_{cur} , with the current value of the communication quality Q_{cur} less than the threshold value H_0 , carry out the process of optimizing the direction of the antenna beam until the current value the quality of communication Q_{cur} will not equal or exceed the threshold value H_0 . According to the invention, the threshold value of the communication quality H_{max} is additionally preset, corresponding to a given maximum communication quality, at the current value of the communication quality Q_{cur} , which is greater than or equal to the upper threshold value of H_{max} , information exchange is continued, and at the current value of the communication quality Q_{cur} , which is less than the upper threshold value of H_{max} , but greater or equal to the lower threshold value H_0 , continue to carry out the exchange of information and at the same time, after a given time interval T, the next process of optimizing the direction of the antenna beam is carried out.

120 When implementing radio communications by the claimed method, the current value of the quality of communication Q_{cur} is compared not only with the lower preset threshold value H_0 ,

as in the prototype method, but also with the upper preset threshold value H_{max} . Depending on the zone in which the current value of the communication quality Q_{cur} is found, either the next optimization of the direction of the antenna beam is not carried out (at $Q_{cur} = H_{max}$), or the next procedure for optimizing the direction of the antenna beam is carried out at a given time interval T (at $H_{max} > Q_{cur} > H_0$), or the procedure for optimizing the direction of the antenna beam begins immediately after comparing the current value of the communication quality Q_{cur} with the threshold value H_0 (for $Q_{cur} < H_0$). In this case, the time interval T can be set constant or have a variable value, for example, depending on the current quality of communication. As a result, the proportion of time spent on procedures for optimizing the direction of the antenna beam is reduced, and thereby the proportion of time for transmitting useful information increases.

- 133 During the process of optimizing the direction of the antenna beam, the transmission of information can be stopped.
- 135 During the process of optimizing the direction of the antenna beam, the reception of information can be stopped.
- 137 The process of optimizing the direction of the antenna beam can be carried out as follows. The direction of the antenna beam is changed at least once, the quality of communication is determined for each new direction of the antenna beam, the communication quality values obtained for different directions of the antenna beam are compared, the best communication quality values obtained for different directions of the antenna beam are determined and stored as the current communication quality values Q_{cur} . Accordingly, the direction of the antenna beam is set as current for the given transceiver by switching the antenna in that direction.
- 144 The direction of the antenna beam can be changed in azimuth and / or elevation angle, and its direction can be changed by switching the antenna pattern. Changing the direction of the antenna beam can be done in any other known way.
- 147 A further decrease in the influence of the procedure for optimizing the direction of the antenna beam on the information transmission process can be achieved if, during the next determination of the current value of the communication quality Q_{cur} , it is additionally compared with at least one predetermined intermediate threshold value H_j satisfying the relation $H_0 < H_j < H_{max}$, where $j = 1, 2, 3, \dots, N$. In this case, select and store as the current threshold $H_{cur}(i)$ (where i is the sequence number of the operation for determining the current value of the communication quality Q_{cur} from the beginning of the operation of the transceiver device) the nearest above or below the current the value of the quality of communication Q_{cur} one of the threshold values H_0 , H_j or H_{max} . Depending on the environment, the choice of the H_j value closest to Q_{cur} from above or below may alternate.
- 157 According to one variant, the time interval T is changed taking into account the value of the communication quality Q_{cur} , namely, the time interval T decreases if during the next determination of the current value of the communication quality Q_{cur} the value of the current threshold $H_{cur}(i)$ decreases, and increases if during the next determination of the current quality value connection Q_{cur} the value of the current threshold $H_{cur}(i)$ increases in comparison with the memorized previous value $H_{cur}(i-1)$.
- 163 According to the second option, the time interval T is changed, taking into account the state of

the environment, namely, if the value of $H_{cur}(i)$ is retained, with the next determination of the current value of the communication quality Q_{cur} , the specified time interval T is increased, and when the value of $H_{cur}(i)$ changes to a larger or side at the next determination of the current value of the quality of communication Q_{cur} , the specified time interval T is reduced.

168 If at the end of the time T the value of $H_{cur}(i)$ remains the same, then according to another aspect of the invention, the next optimization of the direction of the antenna beam can be skipped.

171 When implementing these procedures, changing the time T is controlled by its limiting values. When the time interval T decreases, it is compared with a predetermined minimum value of T_{min} , and when T is equal to or less than T_{min} , the time interval T is set equal to the value of T_{min} . With an increase in the time interval T , it is compared with the predetermined maximum value of T_{max} , and when T is equal or greater than T_{max} , the time interval T is set equal to the value of T_{max} . In this case, the maximum time interval T_{max} can be set, upon reaching which it is mandatory to optimize the direction of the antenna beam

178 Communication quality can be determined by at least one parameter of the received signal. For example, the received signal level, the ratio of the received signal level to the noise level, the error rate, the ratio of the received signal level to the interference level, other known signal parameters and combinations of such parameters can be measured as a parameter of the received signal.

183 The claimed invention is illustrated by the following graphic materials.

184 Figure 1 schematically shows a wireless local area network in which radio communication is carried out by the claimed method.

186 Figures 2 and 3 show examples of possible sequences of operations carried out by a transceiver device in radio communication in accordance with the inventive method when two threshold values of the communication quality H_{max} and H_0 are set.

189 Figures 4 - 7 show examples of possible sequences of operations carried out by a transceiver device in radio communication in accordance with the claimed method with the additional setting of one intermediate threshold value of the communication quality H_1 and setting the current threshold $H_{cur}(i)$.

193 Figure 8 shows one of the possible sequences of operations carried out by the transceiver device in radio communication in accordance with the claimed method with the additional setting of several intermediate threshold values of the communication quality H_1 , H_2 , H_3 .

196 Fig. 9 shows a continuation of the flow of operations shown in Fig. 8.

197 The inventive radio communication method can be implemented in a wireless local area network shown in Fig. 1. The wireless local area network consists of transceiver devices 2, 3, 4, 5, 6, ..., M equipped with antennas 1, at least one of which is equipped with an antenna with a controlled directional pattern. When exchanging information, for example, between the transceiver devices 2 and 5, the threshold value of the communication quality H_{max} and the threshold value of the communication quality H_0 are initially set.

203 The value of H_{max} is set depending on which international standard the WLAN operates in accordance with (IEEE 802.11, IEEE 802.11a, IEEE 802.11b and ISO 8802-11, HIPELAN type 2), and also take into account a priori statistical data on the quality of communication in real

operating conditions of a particular network. Usually H_{max} corresponds to the quality of communication, at which the error rate is less than the specified one, determined by the requirements for the reliability of data transmission.

209 The value of H_0 is set based on the specified minimum quality of communication, at which it is still possible to carry out radio communication without losing information. Usually H_0 corresponds to the quality of communication at which the error rate is equal to the boundary value allowed by the requirements for the reliability of data transmission.

213 It is possible to set the threshold values of the communication quality H_{max} and H_0 , taking into account the requirements of the used network communication protocols, for example, the mentioned values can be set in such a way that an acceptable level of reliability of the TCP protocol connection is provided.

217 Further, the transceiver, for example 5, periodically determines the current value of the communication quality Q_{cur} from the received signal and compares the obtained value of Q_{cur} with the threshold values H_{max} and H_0 (see Fig. 2, which shows the sequence of operations in which Q_{cur} is first compared with H_{max} , and then with H_0 , and Fig. 3, which shows a sequence of operations in which first Q_{cur} is compared with H_0 and then with H_{max}). The communication quality of the transceiver 5 is determined by at least one parameter of the received signal, which can be measured by the error rate, the received signal level, the ratio of the received signal level to the noise level or the interference level, and any other known signal parameters.

226 With the current value of the quality of communication Q_{cur} , equal to or greater than the value of H_{max} , continue to receive and transmit information without optimizing the direction of the antenna beam.

229 When the current value of the communication quality Q_{cur} is less than H_0 , the transceiver 5 begins the process of optimizing the direction of the antenna beam of antenna 1, which repeats until the current value of the communication quality Q_{cur} is equal to or greater than H_0 . Optimization of the antenna beam of the antenna 1 is usually performed by the transceiver 5 as follows. Changes the direction of the antenna beam one or more times, determining the value of the communication quality for each new direction of the antenna beam. Compares the values obtained for different directions of the antenna beam, determining the best of the communication quality values obtained for different directions of the antenna beam, and stores it as the current value of the communication quality Q_{cur} , and stores this direction as the current one for the transceiver device with which information is exchanged.

239 For the duration of the process of optimizing the direction of the antenna beam, the transmission of information by the transceiver 5 can be stopped in order to avoid data loss sent by the transceiver 5 at non-optimal positions of the antenna beam. Also, in order to avoid the loss of the received data, at this time the reception of information by the transceiver device 5 can be stopped.

244 Depending on the location in space of the transceiver 2, with which, in the case under consideration, the transceiver 5 carries out a communication session, the direction of the antenna beam changes either in azimuth or in elevation.

247 The direction of the antenna beam of the antenna 1 of the transceiver 5 can be changed by

switching a stepwise or continuous change in the position of the antenna 1 radiation pattern.

249 With the current value of the quality of communication Q_{cur} , less than the threshold value H_{max} , but greater than or equal to the threshold value H_0 , the transceiver 5 continues to transmit and receive information for a given time interval T , after which it begins to optimize the direction of the antenna beam, as described above.

253 The value of the time interval T depends on the prevailing external conditions for the exchange of information in a particular local network and can range from hundredths of a second to tens of seconds.

256 In order to obtain the greatest effect from the application of the proposed method of information exchange, in addition to the boundary threshold values of the communication quality H_{max} and H_0 , one or more intermediate threshold values of the communication quality H_j can be additionally set, satisfying the relationship: $H_0 < H_j < H_{max}$, where $j = 1, 2, \dots, N$, and the current link quality is additionally compared with H_j .

261 Intermediate communication quality thresholds H_j can be selected, for example, based on the required error rate at different data rates.

263 In this case, as the current threshold $H_{cur}(i)$, one of the values of H_{max} , H_j or H_0 , which is the closest from above or below to the current value of the quality of communication Q_{cur} , is taken and stored.

266 If during the next determination of the current communication quality Q_{cur} the value of the current threshold $H_{cur}(i)$ does not change or increases in comparison with the memorized previous value, then you can either increase the time interval T ($T_i = T_{i-1} + \Delta T$, where i is the sequence number of the operation determining the current value of the communication quality Q_{cur} from the beginning of the operation of the transceiver 5), or skip the next procedure for optimizing the direction of the antenna beam ($T_i = T + iT$).

272 In another embodiment of the proposed method, the time interval T ($T = T_{i-1} - \Delta T$; T) can be reduced, if at the next determination of the current communication quality Q_{cur} , the value of the current threshold $H_{cur}(i)$ changes in comparison with its stored previous value.

275 With an increase in the time interval T between successive procedures for optimizing the direction of the antenna beam, it is additionally possible to compare the current time interval T_i with a predetermined maximum time interval T_{max} between successive optimization procedures, and when $T_i > T_{max}$, it is mandatory to start this procedure. Comparing T_i with T_{max} avoids an undesirable excessive increase in the current time interval T_i .

280 Similarly, with a decrease in the time interval T between successive procedures for optimizing the direction of the antenna beam, it is additionally possible to compare the current time interval T_i with a predetermined minimum time interval T_{min} between successive optimization procedures, and when $T_i \leq T_{min}$, it is mandatory to start this procedure. Comparing T_i with T_{min} avoids an undesirable excessive decrease in the current time interval T_i .

285 Below are examples of the implementation of the proposed method of radio communication in a wireless local area network.

287 Example 1 (see figure 2).

288 Transceivers of a wireless local area network operating in accordance with the international standard IEEE 802.11 are initially assigned a threshold value of communication quality H_{max}

= 10 dB and a threshold value of communication quality $H_0 = 3$ dB, based on their actual operating conditions. Communication quality in this example was defined as the ratio of the received signal level to the noise level.

293 The transceiver device, for example 5 (see Fig. 1), which receives and transmits information, periodically, for example every 0.1 s, determines the current value of the communication quality Q_{cur} from the received signal. Next, the transceiver compares the received Q_{cur} value with the specified threshold value H_{max} . If the current value of the communication quality Q_{cur} is equal to or exceeds H_{max} (for example, $Q_{cur} = 40$ dB), then the transceiver continues to receive and transmit information without performing the optimization procedure for the direction of the antenna beam.

300 If the current value of the quality of communication Q_{cur} turns out to be less than H_{max} (for example, $Q_{cur} = 5$ dB), then the transceiver device then compares Q_{cur} with H_0 .

302 When Q_{cur} is less than H_0 (for example, $Q_{cur} = 1$ dB), the transceiver stops transmitting information and begins the procedure for optimizing the direction of the antenna beam, in which it changes the direction of the antenna beam one or more times, determining the value of the communication quality for each new direction of the antenna beam. Depending on the location in space of the transceiver device with which the transceiver device carries out a communication session, the direction of the antenna beam changes either in azimuth or in elevation. The direction of the antenna beam of the antenna 1 of the transceiver can be changed by switching stepwise or continuously changing the position of the antenna 1 radiation pattern.

311 For example, it changes 3 times by 90° ; direction of the antenna beam, while $Q_{90} = 3$, $Q_{180} = 8$, $Q_{270} = 14$. The Q_{90} , Q_{180} and Q_{270} values obtained for different directions of the antenna beam are compared with each other and the best communication quality obtained for different directions of the antenna beam is determined (in our case, Q_{270}). If this value Q_{270} turns out to be equal to or greater than H_0 (as in our case), then the transceiver stores it as the current value of the communication quality Q_{cur} , and stores the direction of the antenna beam as current for the transceiver with which information is exchanged. If the highest Q value measured at different directions of the antenna beam turns out to be less than H_0 , then the antenna beam optimization procedure is repeated until the largest of the measured values is greater or equal to H_0 .

321 When Q_{cur} is greater than or equal to H_0 (for example, $Q_{cur} = 8$ dB), the transceiver compares the time t elapsed since the end of the previous procedure for optimizing the direction of the antenna beam with a given time interval T between two adjacent optimization procedures (for example, $T = 1$ from). If the time for the next optimization has not yet come, the transceiver continues to receive and transmit information, and after a predetermined time interval T has passed, it carries out the next procedure for optimizing the direction of the antenna beam.

327 The operations described above are repeated with each next definition of Q_{cur} .

328 Thus, depending on the value of Q_{cur} , one of three operating modes of the transceiver device is selected, namely: at $Q_{cur} \geq H_{max}$, information is received and transmitted without optimizing the direction of the antenna beam; at $H_{max} > Q_{cur} \geq H_0$, a given time interval T procedures for optimizing the direction of the antenna beam, or at $Q_{cur} < H_0$, the process of optimizing the

direction of the antenna beam begins immediately.

333 Example 2 (see figure 3).

334 Transceivers of a wireless local area network operating in accordance with the international standard IEEE 802.11a are initially set the threshold values of the communication quality $H_{max} = 40$ dB and $H_0 = 5$ dB based on their actual operating conditions. Communication quality in this example was defined as the ratio of the received signal level to the interference level.

339 Further, the transceiver that receives and transmits information performs the same operations as in example 1, but first compares Q_{cur} with the threshold value of the communication quality H_0 , and then, when $Q_{cur} > H_0$, compares it with H_{max} .

342 Example 3 (see figure 4).

343 Transceivers of a wireless local area network operating in accordance with the international standard IEEE 802.11b are initially set in the form of an error rate threshold values of the communication quality $H_{max} = 10^{-7}$, $H_0 = 10^{-4}$ and one intermediate threshold value of the communication quality $H_1 = 10^{-5}$, satisfying the relation $H_0 < H_1 < H_{max}$ (in this case $N = 1$). Also set the initial time interval between adjacent procedures for optimizing the antenna beam $T_0 = 0.1$ s. As a parameter of the quality of communication in this example, the error rate was taken, showing how many bits of information there is one error.

350 The transceiver, which receives and transmits information, periodically, for example every 0.1 s, determines the current value of the communication quality Q_{cur} from the received signal. Next, the transceiver compares the received Q_{cur} value with the specified threshold value H_{max} .

354 If the current value of the communication quality Q_{cur} is equal to or exceeds H_{max} (for example, $Q_{cur} = 10^{-8}$), then the transceiver continues to receive and transmit information without performing the optimization procedure for the direction of the antenna beam.

357 If the current value of the communication quality Q_{cur} turns out to be less than H_{max} (for example, $Q_{cur} = 5 * 10^{-5}$), then the transceiver device then compares Q_{cur} with H_1 .

359 When Q_{cur} is less than H_1 , the transceiver then compares Q_{cur} with H_0 .

360 If, as a result of comparison, it turns out that Q_{cur} is less than H_0 (for example, $Q_{cur} = 3 * 10^{-4}$), the transceiver performs the same operations for optimizing the direction of the antenna beam as in example 1 with $Q_{cur} < H_0$.

363 When Q_{cur} is greater than or equal to H_0 (for example, $Q_{cur} = 5 * 10^{-5}$, as adopted above), the transceiver receives and stores the value H_0 closest from below as the current threshold H_{cur} (i).

366 When Q_{cur} is greater than H_1 (for example, $Q_{cur} = 5 * 10^{-6}$), the transceiver receives and stores the value of H_1 as the current threshold H_{cur} (i).

368 Next, the transceiver compares the current threshold H_{cur} (i) with the current threshold H_{cur} (i-1) set during the previous determination of Q_{cur} .

370 If the value of the current threshold H_{cur} (i) remains the same (hence, the operating conditions in the network are stable), then the time interval T between two adjacent optimization procedures, initially equal to 0.1 s, increases by ΔT , for example, by 0.01 s ($T_i = T_{i-1} + \Delta T$, where i is the sequence number of the operation for determining the current value of the

communication quality Q_{cur} from the beginning of the operation of the transceiver device).

375 When the value of the current threshold H_{cur} (i) changes in comparison with the previous value
 H_{cur} (i-1) (therefore, the operating conditions in the network are unstable), the time interval T
between two adjacent optimization procedures decreases by the value ΔT .

378 If the time for the next optimization has not yet come, the transceiver continues to receive and
transmit information, and after the time interval T has passed, it performs the next procedure
for optimizing the direction of the antenna beam.

381 The operations described above are repeated with each next definition of Q_{cur} .

382 Example 4 (see figure 5).

383 Transceiver devices of a wireless LAN operating in accordance with the international standard
IEEE 802.11b are initially assigned threshold values of communication quality $H_{max} = 15$ dB,
 $H_0 = 4$ dB and one intermediate threshold value of communication quality $H_1 = 7$ dB,
satisfying the ratio $H_0 < H_1 < H_{max}$ (in this case, $N = 1$), and also set the maximum allowable
time interval between adjacent procedures for optimizing the direction of the antenna beam
 T_{max} , equal, for example, to 10 s.

389 The transceiver that receives and transmits information performs the same operations as in
example 3, but first compares Q_{cur} with the threshold value H_0 , and then, when $Q_{cur} > H_0$,
compares Q_{cur} with H_1 and additionally, in case of an increase in the time interval between by
neighboring optimization procedures, compares this increased time interval with the maximum
allowable T_{max} .

394 Example 5 (see figure 6).

395 Transceiver devices of a wireless local area network operating in accordance with the
international standard IEEE 802.11b are initially assigned threshold values of communication
quality $H_{max} = 13$ dB, $H_0 = 4$ dB and one intermediate threshold value of communication
quality $H_1 = 7$ dB, satisfying the ratio $H_0 < H_1 < H_{max}$ (in this case, $N = 1$), and also set the
initial time interval between adjacent procedures for optimizing the antenna beam $T_0 = 0.15$ s.

400 Further, the transceiver that receives and transmits information performs the same operations
as in example 3, but first compares Q_{cur} with the threshold value of the communication quality
 H_1 , and then, when $Q_{cur} > H_1$, compares with H_{max} , receives and stores it as the current
threshold H_{cur} (i) the nearest from above threshold value H_1 or H_{max} . If, for example, Q_{cur} is
9 dB, then H_{cur} (i) is set equal to the value of H_{max} . If, in subsequent measurements, Q_{cur}
lies in the interval between H_1 and H_0 (for example, Q_{cur} turns out to be 6 dB, then the value
of H_1 is taken as H_{cur} (i).

407 Example 6 (see figure 7).

408 Transceiver devices of a wireless LAN operating in accordance with the international standard
IEEE 802.11a are initially set the threshold values of the communication quality $H_{max} = 12$ dB,
 $H_0 = 4$ dB and one intermediate threshold value of the communication quality $H_1 = 6$ dB,
satisfying the ratio $H_0 < H_1 < H_{max}$ (in this case $N = 1$), as well as the initial time interval
between adjacent antenna beam optimization procedures $T_0 = 0.15$ s and the maximum
interval between adjacent antenna beam optimization procedures $T_{max} = 2$ s.

414 The transceiver, which receives and transmits information, periodically, for example every 0.15
s, determines the current value of the communication quality Q_{cur} from the received signal.

Next, the transceiver compares the received Q_{cur} value with the specified threshold value H_{max} . If the current value of the quality of communication Q_{cur} is equal to or greater than H_{max} (for example, $Q_{cur} = 16$ dB), then the transceiver continues to receive and transmit information without performing the optimization of the direction of the antenna beam.

420 If the current value of the communication quality Q_{cur} turns out to be less than H_{max} (for example, $Q_{cur} = 5$ dB), then the transceiver device then compares Q_{cur} with H_1 .

422 When Q_{cur} is less than H_1 , the transceiver then compares Q_{cur} with H_0 .

423 If, as a result of comparison, it turned out that Q_{cur} is less than H_0 (for example, $Q_{cur} = 3$ dB), the transceiver performs the same operations as in example 1 with $Q_{cur} < H_0$.

425 When Q_{cur} is greater than or equal to H_0 (for example, $Q_{cur} = 5$ dB, as was assumed above), the transceiver receives and stores the value of H_1 as the current threshold H_{cur} (i) nearest from above.

428 When Q_{cur} is greater than H_1 (for example, $Q_{cur} = 8$ dB), the transceiver receives and stores the value of H_{max} as the current threshold H_{cur} (i) nearest from above.

430 Then the transceiver compares the current threshold H_{cur} (i) with the threshold H_{cur} (i-1) set during the previous determination of Q_{cur} .

432 If the value H_{cur} (i) of the threshold remains unchanged for the next determination of Q_{cur} (the operating conditions in the network are stable), then the next procedure for optimizing the direction of the antenna beam is skipped. Under these conditions, the optimization procedure is carried out only when the time T_{max} elapses after the previous procedure for optimizing the direction of the antenna beam.

437 When the value of the threshold H_{cur} (i) changes in comparison with the previous value H_{cur} (i-1) (the operating conditions in the network are unstable), the next procedure for optimizing the direction of the antenna beam is carried out when the time T_0 has elapsed since the end of the previous optimization.

441 The operations described above are repeated with each next definition of Q_{cur} .

442 Example 7 (see Fig. 8 and Fig. 9).

443 Wireless LAN transceivers operating in accordance with the international standard IEEE 802.11a are initially set the threshold values of the communication quality $H_{max} = 30$ dB, $H_0 = 5$ dB and three intermediate threshold values of the communication quality $H_1 = 10$ dB, $H_2 = 15$ dB, $H_3 = 10$ dB, satisfying the relationship $H_0 < H_1 < H_2 < H_3 < H_{max}$ (in this case $N = 3$), as well as the initial time interval between adjacent antenna beam optimization procedures $T_0 = 0.15$ s and the maximum interval between adjacent antenna beam optimization procedures $T_{max} = 2$ s.

450 The transceiver, which receives and transmits information, periodically, for example every 0.1 s, determines the current value of the communication quality Q_{cur} from the received signal. Next, the transceiver compares the received Q_{cur} value with the specified threshold value H_{max} . If the current value of the quality of communication Q_{cur} is equal to or greater than H_{max} (for example, $Q_{cur} = 35$ dB), then the transceiver continues to receive and transmit information without performing the optimization procedure for the direction of the antenna beam.

457 If the current value of the quality of communication Q_{cur} turns out to be less than H_{max} (for

example, $Q_{cur} = 8$ dB), then the transceiver device then compares Q_{cur} with H_3 .

459 When Q_{cur} is less than H_3 , the transceiver then carries out a sequential comparison of Q_{cur} with H_2 , H_1 and H_0 .

461 In the case under consideration ($Q_{cur} = 8$ dB), the nearest higher in terms of the value of the current communication quality Q_{cur} is taken as the current threshold $H_{cur}(i)$ - the intermediate threshold value $H_1 = 10$ dB.

464 If, as a result of comparison, it turned out that Q_{cur} is less than H_0 (for example, $Q_{cur} = 4$ dB), the transceiver performs the same operations as in example 1 with $Q_{cur} < H_0$.

466 Then the transceiver compares the current threshold $H_{cur}(i)$ with the threshold $H_{cur}(i-1)$ set during the previous determination of Q_{cur} .

468 If the value of the current threshold remains unchanged for the next determination of Q_{cur} (the operating conditions in the network are stable), then the next procedure for optimizing the antenna beam is skipped. Under these conditions, the optimization procedure is carried out only when the time T_{max} elapses after the previous procedure for optimizing the antenna beam

473 When the value of the current threshold changes in comparison with the previous value (the operating conditions in the network are unstable), the next procedure is carried out when the time T_0 has elapsed since the end of the previous optimization of the antenna beam.

476 The operations described above are repeated with each next definition of Q_{cur} .

477 It should be noted that the above examples are not limited to possible options for using the proposed method for exchanging information in a wireless local area network.



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(19) **RU** (11) **2 254 682** (13) **C1**
(51) МПК⁷ **H 04 B 7/00**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2003132289/09, 27.10.2003

(24) Дата начала действия патента: 27.10.2003

(45) Опубликовано: 20.06.2005 Бюл. № 17

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: US 6473036 A, 29.10.2002. RU 2137312 C1, 10.09.1999. EP 0538546 A1, 28.04.1993. EP 1063789 A1, 27.12.2000. US 5303240 A, 12.04.1994.

Адрес для переписки:
190013, Санкт-Петербург, а/я 296, ООО
"Алгоритм", отдел ИС, пат.пов. Ю.И.Бучу,
рег.№125

(72) Автор(ы):
Абрамов О.Ю. (RU),
Буров Л.Г. (RU),
Кирдин А.Н. (RU)

(73) Патентообладатель(ли):
Общество с ограниченной ответственностью
"Алгоритм" (RU)

(54) СПОСОБ РАДИОСВЯЗИ В БЕСПРОВОДНОЙ ЛОКАЛЬНОЙ СЕТИ

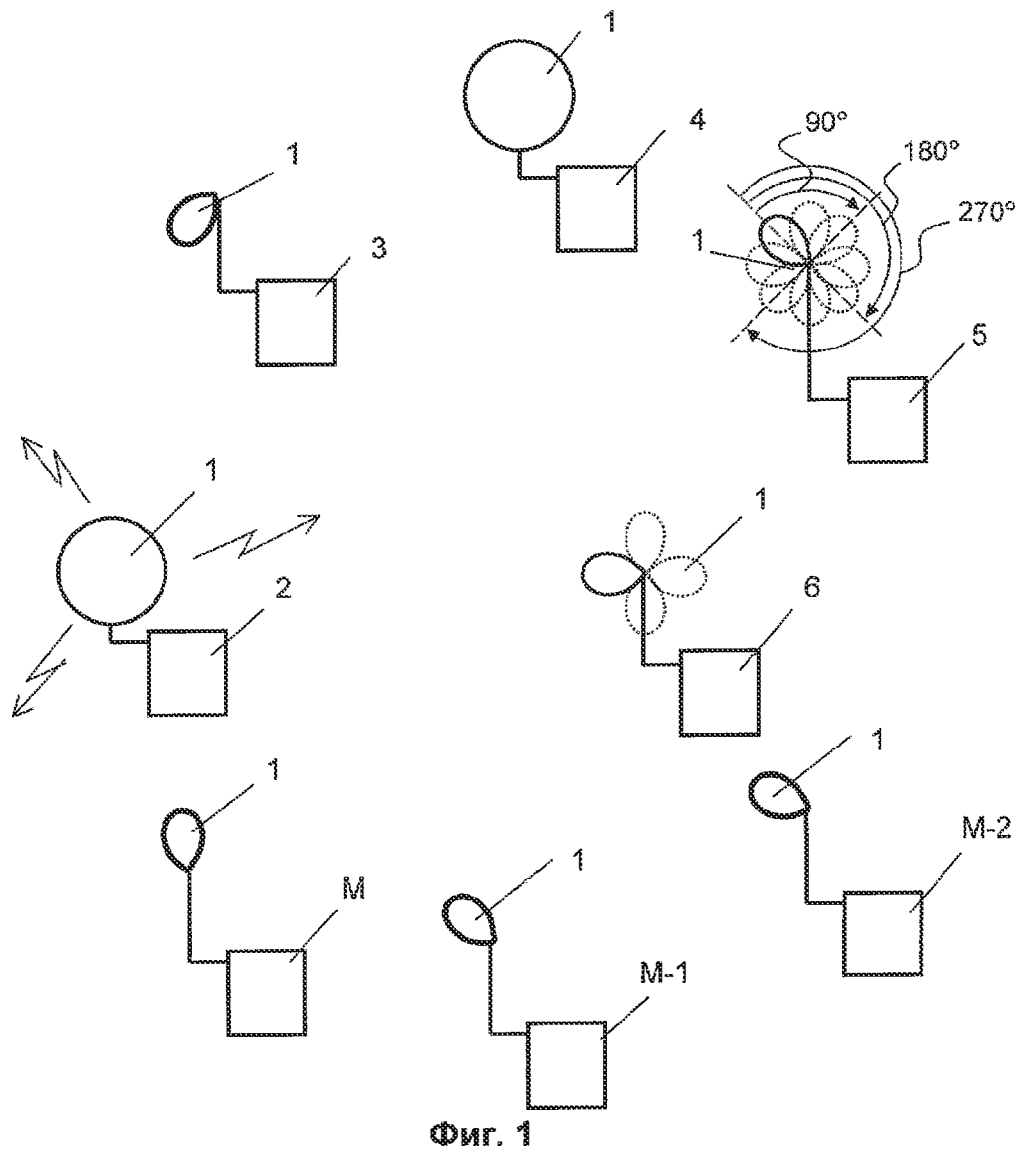
(57) Реферат:

Изобретение относится к беспроводным локальным коммуникационным сетям. Достижимый технический результат - обеспечение уменьшения влияния процедуры оптимизации направления антенного луча на процесс передачи информации. Способ радиосвязи в беспроводной локальной сети характеризуется тем, что с помощью приемопередающего устройства с управляемой

диаграммой направленности осуществляют обмен информацией с каким-либо приемопередающим устройством сети, в процессе которого определяют текущее значение качества связи, сравнивают его с минимальным или максимальным пороговым значением качества связи, осуществляют по результату сравнения процесс оптимизации направления антенного луча, при необходимости его повторяют. 1 н. и 21 з.п. ф-лы, 9 ил.

RU
2 2 5 4 6 8 2
C 1

RU
2 2 5 4 6 8 2
C 1





FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21), (22) Application: 2003132289/09, 27.10.2003

(24) Effective date for property rights: 27.10.2003

(45) Date of publication: 20.06.2005 Bull. 17

Mail address:
190013, Sankt-Peterburg, a/ja 296, OOO
"Algoritm", otdel iS, pat.pov. Ju.I.Buchu, reg.No125

(72) Inventor(s):
Abramov O.Ju. (RU),
Burov L.G. (RU),
Kirdin A.N. (RU)
(73) Proprietor(s):
Obshchestvo s ogranichennoj
otvetsivnost'ju "Algoritm" (RU)

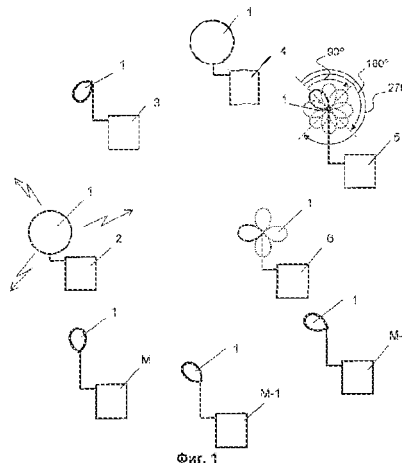
(54) METHOD FOR RADIO COMMUNICATION IN WIRELESS LOCAL NETWORK

(57) Abstract:

FIELD: wireless local communication networks.

SUBSTANCE: the method is characterized by the fact that with the help of a transceiver with a controlled radiation pattern an exchange of information with some transceiver of the network is accomplished, in the process of this exchange the current value of communication quality is determined, compared with the minimum or maximum threshold value of communication quality, the process of optimization of the antenna beam is effected by the result of comparison, it is repeated whenever necessary.

EFFECT: enhanced quality of connection.
22 cl, 9 dwg



Фиг. 1

RU 2 2 5 4 6 8 2 C 1

RU 2 2 5 4 6 8 2 C 1

Заявляемое изобретение относится к беспроводным локальным коммуникационным сетям (Wireless Local Area Network - WLAN), а именно к применяемым в таких сетях методам приема-передачи видов информации.

5 В настоящее время беспроводные локальные сети получили широкое распространение в сфере информатики и видеографической связи для передачи и распределения данных между множеством пользователей на одном и том же участке, например, между находящимися в одном здании персональными компьютерами, laptop компьютерами, принтерами и другими пользователями, без ограничения подвижности этих устройств. Передача информации с использованием WLAN позволяет уменьшить затраты на создание
10 сети, поскольку отпадает необходимость в прокладке соединительных проводов. Сеть подобного типа может также быть использована в случаях, когда трудно или невозможно проложить соединительные провода, а также в случаях, связанных с отсутствием розеток для локальных сетей из-за архитектурных ограничений. WLAN представляет собой идеальное решение для организации, в которой часто изменяется размещение
15 пользователей. В существующих WLAN радиосвязь обычно осуществляют в соответствии с известными международными стандартами, например, такими как IEEE 802.11b.

Приемопередающие устройства, используемые в беспроводных локальных сетях, все чаще оснащают направленными антеннами с управляемой диаграммой направленности. Такие антенны позволяют получить выигрыш в дальности, скорости и надежности передачи
20 информации, а также уменьшить мощность приемопередающего устройства. Однако для получения реального выигрыша от применения направленных антенн с управляемой диаграммой направленности необходимо время от времени осуществлять оптимизацию положения направленной антенны, т.е. поиск такого направления антенного луча и установку антенны в это положение, при котором обеспечивается наилучшее качество
25 связи, определяемое по тому или иному параметру принимаемого сигнала или по совокупности этих параметров.

Выполнение операций оптимизации положения направленной антенны занимает определенное время, в течение которого процесс передачи информации не осуществляется. Возникает противоречие: для поддержания направления антенного луча в
30 положении, при котором обеспечивается наилучшее в конкретных условиях качество связи, необходимо как можно чаще проводить процедуру упомянутой оптимизации, но одновременно, для уменьшения влияния процедуры оптимизации на процесс обмена информацией, процедуру оптимизации желательно осуществлять как можно реже.

Известен способ обмена информацией в беспроводной локальной сети (см. ЕП
35 №1063789, МПК Н 04 В 7/04, опубл. 27.12.2000), включающий передачу с помощью всенаправленной антенны калибровочного сигнала одним приемопередающим устройством второму приемопередающему устройству, принимающему этот сигнал также всенаправленной антенной; затем определение из множества направленных антенн
40 второго устройства той, которая обеспечивает лучшие условия приема сигнала, передачу вторым приемопередающим устройством с помощью выбранной антенны калибровочного сигнала, служащего для выбора лучшей по качеству приема сигнала направленной антенны первого приемопередающего устройства, и осуществление обмена информацией с помощью выбранных при передаче калибровочных сигналов направленных антенн
45 первого и второго приемопередающих устройств.

Использование в известном способе направленных антенн позволяет обеспечить достаточную надежность радиосвязи вследствие уменьшения влияния многолучевой интерференции и фединга. В то же время установление радиосвязи на первом этапе с использованием всенаправленной диаграммы излучения не позволяет увеличить
50 досягаемость или дальность действия пользователей WLAN по сравнению со способами, использующими для обмена информацией всенаправленные антенны. Кроме того, при использовании известного способа перед передачей пакета данных необходимо дважды передавать калибровочный сигнал, что увеличивает продолжительность передачи служебной информации.

Известен способ оптимизации передачи сообщений в беспроводной сети (см. патент США №5138327, МПК Н 04 В 7/00, опублик. 11.08.1992), включающий периодическую передачу от базовой станции к мобильной станции сигнала, несущего информацию о качестве связи, определение мобильной станцией качества связи при различных
 5 положениях диаграмм направленности антенн базовой станции и мобильной станции, выбор для передачи сообщений тех положений диаграмм направленности антенн базовой и мобильной станций, которые обеспечивают лучшее качество связи.

В известном способе производят периодический процесс оптимизации направления антенного луча базовой и мобильной станции независимо от текущего качества связи, что
 10 неоправданно увеличивает долю времени, затрачиваемую на упомянутый процесс оптимизации, и, соответственно, уменьшает долю времени, приходящегося на передачу самих сообщений.

Известен способ радиосвязи в телекоммуникационной системе, состоящей из приемопередающих устройств, снабженных направленными антеннами (см. патент США
 15 №5303240, МПК G 01 S 3/72, опублик. 12.04.1994), включающий передачу одним приемопередающим устройством информационного пакета, включающего калибровочный сигнал, определение вторым приемопередающим устройством значения качества связи при различных положениях диаграммы направленности антенны и выбор положения антенны, обеспечивающего наилучшее качество связи, последующий прием
 20 информационных пакетов и определение качества связи при приеме каждого информационного пакета, повторение процесса оптимизации направления антенного луча при снижении качества связи ниже заданного порогового значения.

В известном способе радиосвязи значение качества связи во время передачи информации не определяют, в связи с чем может иметь место потеря части информации
 25 при ухудшении качества связи в ходе передачи данных.

Наиболее близким по совокупности существенных признаков к заявляемому изобретению является способ обмена информацией в беспроводной сети (см. патент США №6473036, МПК Н 01 Q 3/24, опублик. 29.10.2002), состоящей из базовой станции и
 30 мобильных станций, снабженных антеннами с управляемой диаграммой направленности, в соответствии с которым в процессе обмена информацией мобильные станции в паузах между принимаемыми пакетами данных осуществляют процедуру оптимизации направления антенного луча для обеспечения качества связи не ниже заданного порогового значения.

При использовании известного способа обмена информацией значение качества связи
 35 во время передачи информации не определяют, что может привести к потере части информации при ухудшении качества связи в ходе передачи данных. В то же время при сохранении приемлемого качества связи осуществление процедуры оптимизации направления антенного луча в каждой паузе между принимаемыми пакетами данных может оказаться излишним. В результате неоправданно увеличивается доля времени,
 40 затрачиваемая на процедуру оптимизации направления антенного луча, и, соответственно, уменьшается доля времени, приходящаяся на передачу самих сообщений.

Задачей заявляемого изобретения являлась разработка такого способа радиосвязи в беспроводной локальной сети, который бы обеспечил уменьшение влияния процедуры оптимизации направления антенного луча на процесс передачи информации за счет
 45 выбора оптимального интервала времени T между очередными процессами упомянутой оптимизации.

Поставленная задача решается тем, что в способе радиосвязи в беспроводной локальной сети, включающей по меньшей мере одно приемопередающее устройство, снабженное антенной с управляемой диаграммой направленности, в соответствии с
 50 которым в процессе обмена информацией с каким-либо приемопередающим устройством упомянутой сети с помощью упомянутого приемопередающего устройства предварительно устанавливают пороговое значение качества связи H_0 , соответствующее заданному минимальному качеству связи, периодически по принимаемому сигналу определяют

текущее значение качества связи Q_{cur} при текущем значении качества связи Q_{cur} меньшем порогового значения H_0 , осуществляют процесс оптимизации направления антенного луча до тех пор, пока текущее значение качества связи Q_{cur} не будет равным или не превысит порогового значения H_0 . Согласно изобретению дополнительно предварительно

5 устанавливают пороговое значение качества связи H_{max} , соответствующее заданному максимальному качеству связи, при текущем значении качества связи Q_{cur} , большем или равном верхнему пороговому значению H_{max} , продолжают осуществлять обмен информацией, а при текущем значении качества связи Q_{cur} меньшем верхнего порогового значения H_{max} , но большем или равном нижнему пороговому значению H_0 , продолжают

10 осуществлять обмен информацией и при этом через заданный интервал времени T осуществляют очередной процесс оптимизации направления антенного луча.

При осуществлении радиосвязи заявляемым способом текущее значение качества связи Q_{cur} сравнивают не только с нижним заданным пороговым значением H_0 , как в способе-прототипе, но и с верхним заданным пороговым значением H_{max} . В зависимости от того,

15 в какой зоне оказывается текущее значение качества связи Q_{cur} , либо очередную оптимизацию направления антенного луча не проводят (при $Q_{cur} \geq H_{max}$), либо очередную процедуру оптимизации направления антенного луча проводят через заданный интервал времени T (при $H_{max} > Q_{cur} \geq H_0$), либо процедуру оптимизации направления антенного луча начинают сразу после сравнения текущего значения качества связи Q_{cur} с пороговым

20 значением H_0 (при $Q_{cur} < H_0$). При этом интервал времени T может быть задан постоянным или иметь переменное значение, например, в зависимости от текущего качества связи. В результате уменьшается доля времени, затрачиваемая на процедуры оптимизации направления антенного луча, и тем самым увеличивается доля времени на передачу полезной информации.

25 На время процесса оптимизации направления антенного луча может быть остановлена передача информации.

На время процесса оптимизации направления антенного луча может быть остановлен прием информации.

Процесс оптимизации направления антенного луча может быть осуществлен следующим

30 образом. По меньшей мере один раз изменяют направление антенного луча, определяют качество связи при каждом новом направлении антенного луча, сравнивают значения качества связи, полученные при различных направлениях антенного луча, определяют наилучшее из полученных при различных направлениях антенного луча значений качества связи и запоминают его в качестве текущего значения качества связи Q_{cur} .

35 Соответственно, направление антенного луча устанавливают в качестве текущего для данного приемопередающего устройства, переключая антенну в это направление.

Направление антенного луча можно изменять по азимуту и/или углу возвышения, при этом изменять его направление можно путем переключения диаграммы направленности антенны. Изменение направления антенного луча может быть осуществлено и любым

40 другим известным способом.

Дальнейшее уменьшение влияния процедуры оптимизации направления антенного луча на процесс передачи информации может быть достигнуто, если при очередном определении текущего значения качества связи Q_{cur} дополнительно сравнивать его по

45 меньшей мере с одним заданным промежуточным пороговым значением H_j , удовлетворяющим соотношению $H_0 < H_j < H_{max}$, где $j=1, 2, 3, \dots, N$. В этом случае выбирают и запоминают в качестве текущего порога $H_{cur(i)}$ (где i - порядковый номер операции определения текущего значения качества связи Q_{cur} с начала работы приемопередающего устройства) ближайшее сверху или снизу текущему значению качества связи Q_{cur} одно из пороговых значений H_0 , H_j или H_{max} . В зависимости от

50 окружающей обстановки выбор ближайшего к Q_{cur} значения H_j сверху или снизу может чередоваться.

По одному варианту изменение интервала времени T производят, учитывая значение качества связи Q_{cur} , а именно интервал времени T уменьшается, если при очередном

определении текущего значения качества связи Q_{cur} величина текущего порога $H_{cur(i)}$ уменьшается, и увеличивают, если при очередном определении текущего значения качества связи Q_{cur} величина текущего порога $H_{cur(i)}$ увеличивается по сравнению с запомненным предшествующим его значением $H_{cur(i-1)}$.

5 По второму варианту изменение интервала времени T производят, учитывая состояние окружающей обстановки, а именно в случае сохранения значения $H_{cur(i)}$ при очередном определении текущего значения качества связи Q_{cur} заданный интервал времени T увеличивают, а при изменении значения $H_{cur(i)}$ в большую или меньшую сторону при очередном определении текущего значения качества связи Q_{cur} заданный интервал
10 времени T уменьшают.

Если при истечении времени T значение $H_{cur(i)}$ осталось прежним, то по другому аспекту изобретения очередная оптимизация направления антенного луча может быть пропущена.

При осуществлении указанных процедур изменения времени T контролируют его
15 предельные значения. При уменьшении интервала времени T его сравнивают с наперед заданным минимальным значением T_{min} и при T , равном или меньшем T_{min} , интервал времени T устанавливают равным значению T_{min} . При увеличении интервала времени T его сравнивают с наперед заданным максимальным значением T_{max} , и при T равном или
20 большем T_{max} , интервал времени T устанавливают равным значению T_{max} . В этом случае может быть задан максимальный интервал времени T_{max} , при достижении которого в обязательном порядке осуществляют оптимизацию направления антенного луча

Качество связи можно определять по меньшей мере по одному параметру принимаемого сигнала. Например, в качестве параметра принимаемого сигнала можно
25 измерять уровень принимаемого сигнала, отношение уровня принимаемого сигнала к уровню шума, коэффициент ошибок, отношение уровня принимаемого сигнала к уровню помехи, другие известные параметры сигнала и комбинации таких параметров.

Заявляемое изобретение поясняется следующими графическими материалами.

На фиг.1 схематично показана беспроводная локальная сеть, в которой осуществляют радиосвязь заявляемым способом.

30 На фиг.2 и 3 показаны примеры возможных последовательностей операций, осуществляемых приемопередающим устройством при радиосвязи в соответствии с заявляемым способом при задании двух пороговых значений качества связи H_{max} и H_0 .

На фиг.4 - 7 показаны примеры возможных последовательностей операций, осуществляемых приемопередающим устройством при радиосвязи в соответствии с
35 заявляемым способом при дополнительном задании одного промежуточного порогового значения качества связи H_1 и установлении текущего порога $H_{cur(i)}$.

На фиг.8 показана одна из возможных последовательностей операций, осуществляемых приемопередающим устройством при радиосвязи в соответствии с заявляемым способом при дополнительном задании нескольких промежуточных пороговых значений качества
40 связи H_1 , H_2 , H_3 .

На фиг.9 приведено продолжение последовательности операций, показанных на фиг.8.

Заявляемый способ радиосвязи может быть осуществлен в беспроводной локальной сети, изображенной на фиг.1. Беспроводная локальная сеть состоит из снабженных антеннами 1 приемопередающих устройств 2, 3, 4, 5, 6, ..., M, по меньшей мере одно из
45 которых снабжено антенной с управляемой диаграммой направленности. При обмене информацией, например, между приемопередающими устройствами 2 и 5 первоначально задают пороговое значение качества связи H_{max} и пороговое значение качества связи H_0 .

Значение H_{max} устанавливают в зависимости от того, в соответствии с каким международным стандартом функционирует WLAN (IEEE 802.11, IEEE 802.11a, IEEE 802.
50 11b и ISO 8802-11, HIPERLAN типа 2), а также учитывают априорные статистические данные о качестве связи в реальных условиях работы конкретной сети.

Обычно H_{max} соответствует качеству связи, при котором коэффициент ошибок меньше заданного, определяемого требованиями по надежности передачи данных.

Значение H_0 устанавливают, исходя из заданного минимального качества связи, при котором еще возможно осуществление радиосвязи без потери информации.

Обычно H_0 соответствует качеству связи, при котором коэффициент ошибок равен граничному значению, допускаемому требованиями по надежности передачи данных.

5 Возможно задание пороговых значений качества связи H_{\max} и H_0 , учитывающее требования используемых сетевых протоколов обмена, например, упомянутые значения могут устанавливаться таким образом, чтобы обеспечивался приемлемый уровень надежности соединения по TCP протоколу.

10 Далее приемопередающее устройство, например 5, периодически по принимаемому сигналу определяет текущее значение качества связи Q_{curr} и производит сравнение полученного значения Q_{curr} с пороговыми значениями H_{\max} и H_0 (см. фиг.2, где показана последовательность операций, при которой вначале Q_{curr} сравнивается с H_{\max} , а затем с H_0 , и фиг.3, где показана последовательность операций, при которой вначале Q_{curr} сравнивается с H_0 , а затем с H_{\max}). Качество связи приемопередающее
15 устройство 5 определяет по меньшей мере по одному параметру принимаемого сигнала, в качестве которого может измеряться коэффициент ошибок, уровень принимаемого сигнала, отношение уровня принимаемого сигнала к уровню шума или уровню помехи и любые другие известные параметры сигнала.

20 При текущем значении качества связи Q_{curr} , равном или большем величины H_{\max} , продолжают осуществлять прием и передачу информации, не проводя оптимизацию направления антенного луча.

При текущем значении качества связи Q_{curr} , меньшем H_0 , приемопередающее устройство 5 начинает процесс оптимизации направления антенного луча антенны 1, который повторяет до тех пор, пока текущее значение качества связи Q_{curr} не окажется равным или
25 большим H_0 . Оптимизацию антенного луча антенны 1 приемопередающее устройство 5 обычно выполняет следующим образом. Изменяет один или несколько раз направление антенного луча, определяя при каждом новом направлении антенного луча значение качества связи. Сравнивает полученные при различных направлениях антенного луча значения, определяя наилучшее из полученных при различных направлениях антенного
30 луча значений качества связи, и запоминает его в качестве текущего значения качества связи Q_{curr} , а это направление запоминает в качестве текущего для приемопередающего устройства, с которым осуществляется обмен информацией.

На время осуществления процесса оптимизации направления антенного луча может быть остановлена передача информации приемопередающим устройством 5 во избежание
35 потерь данных, посланных приемопередающим устройством 5 при неоптимальных положениях антенного луча. Также, во избежание потерь принимаемых данных, на это время может быть остановлен прием информации приемопередающим устройством 5.

40 В зависимости от расположения в пространстве приемопередающего устройства 2, с которым в рассматриваемом случае приемопередающее устройство 5 осуществляет сеанс связи, направление антенного луча изменяется либо по азимуту, либо по углу возвышения.

Направление антенного луча антенны 1 приемопередающего устройства 5 можно изменять путем переключения пошагового или непрерывного изменения положения диаграммы направленности антенны 1.

45 При текущем значении качества связи Q_{curr} , меньшем порогового значения H_{\max} , но большем или равном пороговому значению H_0 , приемопередающее устройство 5 продолжает осуществлять передачу и прием информации в течение заданного интервала времени T , по истечении которого приступает к оптимизации направления антенного луча, как описано выше.

50 Величина интервала времени T зависит от складывающихся внешних условий обмена информацией в конкретной локальной сети и может колебаться от сотых долей секунды до десятков секунд.

С целью получения наибольшего эффекта от применения заявляемого способа обмена информацией, помимо граничных пороговых значений качества связи H_{\max} и H_0 может

быть дополнительно задано одно или несколько промежуточных пороговых значений качества связи H_j , удовлетворяющих соотношению: $H_0 < H_j < H_{max}$, где $j=1, 2, \dots, N$, и текущее качество связи дополнительно сравнивают с H_j .

Промежуточные пороговые значения качества связи H_j могут выбираться, например, исходя из требуемого коэффициента ошибок при различных скоростях передачи данных.

В качестве текущего порога $H_{cur(i)}$ в этом случае принимают и запоминают ближайшее сверху или снизу к текущему значению качеству связи Q_{cur} одно из значений H_{max} , H_j или H_0 .

Если при очередном определении текущего качества связи Q_{cur} величина текущего порога $H_{cur(i)}$ не изменяется или увеличивается по сравнению с запомненным предшествующим значением, то можно либо увеличивать интервал времени T ($T_i = T_{i-1} + \Delta T$, где i - порядковый номер операции определения текущего значения качества связи Q_{cur} с начала работы приемопередающего устройства 5), либо пропускать очередную процедуру оптимизации направления антенного луча ($T_i = T + \Delta T$).

В другом варианте реализации заявляемого способа может быть уменьшен интервал времени T ($T = T_{i-1} - \Delta T$), если при очередном определении текущего качества связи Q_{cur} величина текущего порога $H_{cur(i)}$ изменяется по сравнению с запомненным предшествующим его значением.

При увеличении интервала времени T между очередными процедурами оптимизации направления антенного луча дополнительно можно сравнивать текущий интервал времени T_i с наперед заданным максимальным интервалом времени T_{max} между очередными процедурами оптимизации и при $T_i \geq T_{max}$ в обязательном порядке начинать эту процедуру. Сравнение T_i с T_{max} позволяет избежать нежелательного чрезмерного увеличения текущего интервала времени T_i .

Аналогично, при уменьшении интервала времени T между очередными процедурами оптимизации направления антенного луча дополнительно можно сравнивать текущий интервал времени T_i с наперед заданным минимальным интервалом времени T_{min} между очередными процедурами оптимизации и при $T_i \leq T_{min}$ в обязательном порядке начинать эту процедуру. Сравнение T_i с T_{min} позволяет избежать нежелательного чрезмерного уменьшения текущего интервала времени T_i .

Ниже рассмотрены примеры осуществления заявляемого способа радиосвязи в беспроводной локальной сети.

Пример 1 (см. фиг.2).

Приемопередающим устройствам беспроводной локальной сети, функционирующей в соответствии с международным стандартом IEEE 802.11, первоначально задают пороговое значение качества связи $H_{max} = 10$ дБ и пороговое значение качества связи $H_0 = 3$ дБ, исходя из реальных условий их работы. Качество связи в данном примере определялось как отношение уровня принимаемого сигнала к уровню шума.

Приемопередающее устройство, например 5 (см. фиг.1), осуществляющее прием и передачу информации, периодически, например через 0,1 с, определяет текущее значение качества связи Q_{cur} по принимаемому сигналу. Далее приемопередающее устройство производит сравнение полученного значения Q_{cur} с заданным пороговым значением H_{max} . Если текущее значение качества связи Q_{cur} равно или оказывается больше H_{max} (например, $Q_{cur} = 40$ дБ), то приемопередающее устройство продолжает прием и передачу информации, не проводя процедуру оптимизации направления антенного луча.

Если текущее значение качества связи Q_{cur} оказывается меньше H_{max} (например, $Q_{cur} = 5$ дБ), то приемопередающее устройство далее осуществляет сравнение Q_{cur} с H_0 .

При Q_{cur} меньше H_0 (например, $Q_{cur} = 1$ дБ), приемопередающее устройство прекращает передачу информации и начинает процедуру оптимизации направления антенного луча, при которой изменяет один или несколько раз направление антенного луча, определяя при каждом новом направлении антенного луча значение качества связи. В зависимости от расположения в пространстве приемопередающего устройства, с которым приемопередающее устройство осуществляет сеанс связи, направление антенного луча изменяется либо по азимуту, либо по углу возвышения. Направление антенного луча

антенны 1 приемопередающего устройства можно изменять путем переключения пошагового или непрерывного изменения положения диаграммы направленности антенны 1.

Например, 3 раза изменяется на 90° направление антенного луча, при этом $Q_{90}=3$, $Q_{180}=8$, $Q_{270}=14$. Полученные при различных направлениях антенного луча значения Q_{90} , Q_{180} и Q_{270} сравниваются между собой и определяется наилучшее из полученных при различных направлениях антенного луча значений качества связи (в нашем случае Q_{270}). Если это значение Q_{270} оказывается равным или больше H_0 (как в нашем случае), то приемопередающее устройство запоминает его в качестве текущего значения качества связи Q_{cur} , а направление антенного луча запоминает в качестве текущего для приемопередающего устройства, с которым осуществляется обмен информацией. Если наибольшее значение Q , измеренное при различных направлениях антенного луча, оказывается меньше H_0 , то повторяется процедура оптимизации антенного луча до тех пор, пока наибольшее из измеренных значений не окажется большим или равным H_0 .

При Q_{cur} больше или равно H_0 (например, $Q_{cur}=8$ дБ), приемопередающее устройство производит сравнение времени t , прошедшего с момента окончания предшествующей процедуры оптимизации направления антенного луча, с заданным интервалом времени T между двумя соседними процедурами оптимизации (например, $T=1$ с). Если время очередной оптимизации еще не наступило, приемопередающее устройство продолжает прием и передачу информации, а после прошествия заданного интервала времени T осуществляет очередную процедуру оптимизации направления антенного луча.

Описанные выше операции повторяют при каждом очередном определении Q_{cur} . Таким образом, в зависимости от величины Q_{cur} выбирается один из трех режимов работы приемопередающего устройства, а именно: при $Q_{cur} \geq H_{max}$ осуществляют прием и передачу информации, не проводя оптимизации направления антенного луча, при $H_{max} > Q_{cur} \geq H_0$ устанавливают заданный интервал времени T между очередными процедурами оптимизации направления антенного луча, либо при $Q_{cur} < H_0$ сразу начинают процесс оптимизации направления антенного луча.

Пример 2 (см. фиг.3).

Приемопередающим устройствам беспроводной локальной сети, функционирующей в соответствии с международным стандартом IEEE 802.11a, первоначально задают пороговые значения качества связи $H_{max}=40$ дБ и $H_0=5$ дБ исходя из реальных условий их работы. Качество связи в данном примере определялось как отношение уровня принимаемого сигнала к уровню помехи.

Далее приемопередающее устройство, осуществляющее прием и передачу информации, производит те же операции, что и в примере 1, но сначала осуществляет сравнение Q_{cur} с пороговым значением качества связи H_0 , а затем, при $Q_{cur} > H_0$, производит сравнение с H_{max} .

Пример 3 (см. фиг.4).

Приемопередающим устройствам беспроводной локальной сети, функционирующей в соответствии с международным стандартом IEEE 802.11b, первоначально задают в виде коэффициента ошибок пороговые значения качества связи $H_{max}=10^{-7}$, $H_0=10^{-4}$ и одно промежуточное пороговое значение качества связи $H_1=10^{-5}$, удовлетворяющее соотношению $H_0 < H_1 < H_{max}$ (в этом случае $N=1$). Также задают начальный интервал времени между соседними процедурами оптимизации антенного луча $T_0=0,1$ с. В качестве параметра качества связи в данном примере принимался коэффициент ошибок, показывающий, на какое количество бит информации приходится одна ошибка.

Приемопередающее устройство, осуществляющее прием и передачу информации, периодически, например через $0,1$ с, определяет текущее значение качества связи Q_{cur} по принимаемому сигналу. Далее приемопередающее устройство производит сравнение полученного значения Q_{cur} с заданным пороговым значением H_{max} .

Если текущее значение качества связи Q_{cur} равно или оказывается

больше N_{\max} (например, $Q_{\text{cur}}=10^{-6}$), то приемопередающее устройство продолжает прием и передачу информации, не проводя процедуру оптимизации направления антенного луча.

Если текущее значение качества связи Q_{cur} оказывается

5 меньше N_{\max} (например, $Q_{\text{cur}}=5 \cdot 10^{-5}$), то приемопередающее устройство далее осуществляет сравнение Q_{cur} с N_1 .

При Q_{cur} , меньшем N_1 , приемопередающее устройство осуществляет далее сравнение Q_{cur} с N_0 .

10 Если в результате сравнения оказалось, что Q_{cur} меньше N_0 (например, $Q_{\text{cur}}=3 \cdot 10^{-4}$), приемопередающее устройство осуществляет те же операции оптимизации направления антенного луча, что и в примере 1 при $Q_{\text{cur}} < N_0$.

При Q_{cur} , большем или равном N_0 (например, $Q_{\text{cur}}=5 \cdot 10^{-5}$, как принималось выше), приемопередающее устройство принимает и запоминает в качестве текущего порога $N_{\text{cur}(i)}$ ближайшее снизу значение N_0 .

15 При Q_{cur} , большем N_1 (например, $Q_{\text{cur}}=5 \cdot 10^{-6}$), приемопередающее устройство принимает и запоминает в качестве текущего порога $N_{\text{cur}(i)}$ значение N_1 .

Далее приемопередающее устройство сравнивает текущий порог $N_{\text{cur}(i)}$ с установленным при предыдущем определении Q_{cur} текущим порогом $N_{\text{cur}(i-1)}$.

20 Если значение текущего порога $N_{\text{cur}(i)}$ осталось прежним (следовательно, условия работы в сети стабильные), то увеличивается интервал времени T между двумя соседними процедурами оптимизации, первоначально равный $0,1$ с, на величину ΔT , например, на $0,01$ с ($T_i = T_{i-1} + \Delta T$, где i - порядковый номер операции определения текущего значения качества связи Q_{cur} с начала работы приемопередающего устройства).

25 При изменении значения текущего порога $N_{\text{cur}(i)}$ по сравнению с предшествующим значением $N_{\text{cur}(i-1)}$ (следовательно, условия работы в сети нестабильные), уменьшается интервал времени T между двумя соседними процедурами оптимизации на величину ΔT .

Если время очередной оптимизации еще не наступило, приемопередающее устройство продолжает прием и передачу информации, а после прошествия интервала времени T осуществляет очередную процедуру оптимизации направления антенного луча.

30 Описанные выше операции повторяют при каждом очередном определении Q_{cur} .
Пример 4 (см. фиг.5).

35 Приемопередающим устройствам беспроводной локальной сети, функционирующей в соответствии с международным стандартом IEEE 802.11b, первоначально задают пороговые значения качества связи $N_{\max}=15$ дБ, $N_0=4$ дБ и одно промежуточное пороговое значение качества связи $N_1=7$ дБ, удовлетворяющее соотношению $N_0 < N_1 < N_{\max}$ (в этом случае $N=1$), а также задают максимально допустимый интервал времени между соседними процедурами оптимизации направления антенного луча T_{\max} , равный, например, 10 с.

40 Приемопередающее устройство, осуществляющее прием и передачу информации, производит те же операции, что и в примере 3, но сначала осуществляет сравнение Q_{cur} с пороговым значением N_0 , а затем при $Q_{\text{cur}} > N_0$ производит сравнение Q_{cur} с N_1 и дополнительно, в случае увеличения интервала времени между соседними процедурами оптимизации, сравнивает этот увеличенный интервал времени с максимально допустимым T_{\max} .

Пример 5 (см. фиг.6).

45 Приемопередающим устройствам беспроводной локальной сети, функционирующей в соответствии с международным стандартом IEEE 802.11b, первоначально задают пороговые значения качества связи $N_{\max}=13$ дБ, $N_0=4$ дБ и одно промежуточное пороговое значение качества связи $N_1=7$ дБ, удовлетворяющее соотношению $N_0 < N_1 < N_{\max}$ (в этом случае $N=1$), а также задают начальный интервал времени между соседними процедурами оптимизации антенного луча $T_0=0,15$ с.

50 Далее приемопередающее устройство, осуществляющее прием и передачу информации, производит те же операции, что и в примере 3, но сначала осуществляет сравнение Q_{cur} с пороговым значением качества связи N_1 , а затем при $Q_{\text{cur}} > N_1$ производит сравнение с N_{\max} , принимает и запоминает как текущий порог $N_{\text{cur}(i)}$ ближайшее сверху

пороговое значение N_1 или N_{\max} . Если, например, Q_{cur} равно 9 дБ, то $N_{\text{cur}(i)}$ устанавливается равным значению N_{\max} . Если при последующих измерениях Q_{cur} будет лежать в интервале между N_1 и N_0 (например, Q_{cur} окажется равным 6 дБ, то в качестве $N_{\text{cur}(i)}$ принимается значение N_1 .

5 Пример 6 (см. фиг.7).

Приемопередающим устройствам беспроводной локальной сети, функционирующей в соответствии с международным стандартом IEEE 802.11a, первоначально задают пороговые значения качества связи $N_{\max}=12$ дБ, $N_0=4$ дБ и одно промежуточное пороговое значение качества связи $N_1=6$ дБ, удовлетворяющее соотношению $N_0 < N_1 < N_{\max}$ (в этом случае $N=1$), а также начальный интервал времени между соседними процедурами оптимизации антенного луча $T_0=0,15$ с и максимальный интервал между соседними процедурами оптимизации антенного луча $T_{\max}=2$ с.

Приемопередающее устройство, осуществляющее прием и передачу информации, периодически, например через 0,15 с определяет текущее значение качества связи Q_{cur} по 15 принимаемому сигналу. Далее приемопередающее устройство производит сравнение полученного значения Q_{cur} с заданным пороговым значением N_{\max} . Если текущее значение качества связи Q_{cur} равно или больше N_{\max} (например, $Q_{\text{cur}}=16$ дБ), то приемопередающее устройство продолжает прием и передачу информации, не проводя процесс оптимизации направления антенного луча.

20 Если текущее значение качества связи Q_{cur} оказывается меньше N_{\max} (например, $Q_{\text{cur}}=5$ дБ), то приемопередающее устройство далее осуществляет сравнение Q_{cur} с N_1 .

При Q_{cur} , меньшем N_1 , приемопередающее устройство осуществляет далее сравнение Q_{cur} с N_0 .

25 Если в результате сравнения оказалось, что Q_{cur} меньше N_0 (например, $Q_{\text{cur}}=3$ дБ), приемопередающее устройство осуществляет те же операции, что и в примере 1 при $Q_{\text{cur}} < N_0$.

При Q_{cur} , большем или равном N_0 (например, $Q_{\text{cur}}=5$ дБ, как принималось выше), приемопередающее устройство принимает и запоминает в качестве ближайшего сверху текущего порога $N_{\text{cur}(i)}$ значение N_1 .

30 При Q_{cur} , большем N_1 (например, $Q_{\text{cur}}=8$ дБ), приемопередающее устройство принимает и запоминает в качестве ближайшего сверху текущего порога $N_{\text{cur}(i)}$ значение N_{\max} .

Далее приемопередающее устройство сравнивает текущий порог $N_{\text{cur}(i)}$ с установленными при предыдущем определении Q_{cur} порогом $N_{\text{cur}(i-1)}$.

35 Если значение $N_{\text{cur}(i)}$ порога остается неизменным при очередных определениях Q_{cur} (условия работы в сети стабильные), то пропускается очередная процедура оптимизации направления антенного луча. В этих условиях процедура оптимизации проводится лишь при истечении времени T_{\max} , прошедшего после проведения предыдущей процедуры оптимизации направления антенного луча.

40 При изменении значения порога $N_{\text{cur}(i)}$ по сравнению с предшествующим значением $N_{\text{cur}(i-1)}$ (условия работы в сети нестабильные) очередную процедуру оптимизации направления антенного луча проводят при истечении времени T_0 , прошедшего с момента окончания предыдущей оптимизации.

Описанные выше операции повторяют при каждом очередном определении Q_{cur} .

Пример 7 (см. фиг.8 и фиг.9).

45 Приемопередающим устройствам беспроводной локальной сети, функционирующей в соответствии с международным стандартом IEEE 802.11a, первоначально задают пороговые значения качества связи $N_{\max}=30$ дБ, $N_0=5$ дБ и три промежуточных пороговых значений качества связи $N_1=10$ дБ, $N_2=15$ дБ, $N_3=10$ дБ, удовлетворяющие соотношению $N_0 < N_1 < N_2 < N_3 < N_{\max}$ (в этом случае $N=3$), а также начальный интервал 50 времени между соседними процедурами оптимизации антенного луча $T_0=0,15$ с и максимальный интервал между соседними процедурами оптимизации антенного луча $T_{\max}=2$ с.

Приемопередающее устройство, осуществляющее прием и передачу информации,

периодически, например через $0,1$ с, определяет текущее значение качества связи Q_{cur} по принимаемому сигналу. Далее приемопередающее устройство производит сравнение полученного значения Q_{cur} с заданным пороговым значением N_{max} . Если текущее значение качества связи Q_{cur} равно или больше N_{max} (например, $Q_{cur}=35$ дБ), то приемопередающее устройство продолжает прием и передачу информации, не проводя процедуру оптимизации направления антенного луча.

Если текущее значение качества связи Q_{cur} оказывается меньше N_{max} (например, $Q_{cur}=8$ дБ), то приемопередающее устройство далее осуществляет сравнение Q_{cur} с N_3 .

При Q_{cur} меньшем N_3 , приемопередающее устройство осуществляет далее последовательное сравнение Q_{cur} с N_2 , N_1 и N_0 .

В рассматриваемом случае ($Q_{cur}=8$ дБ) в качестве текущего порога $N_{cur(i)}$ принимается ближайшее большее по величине текущему качеству связи Q_{cur} - промежуточное пороговое значение $N_1=10$ дБ.

Если в же результате сравнения оказалось, что Q_{cur} меньше N_0 (например, $Q_{cur}=4$ дБ), приемопередающее устройство осуществляет те же операции, что и в примере 1 при $Q_{cur}<N_0$.

Далее приемопередающее устройство сравнивает текущий порог $N_{cur(i)}$ с установленным при предыдущем определении Q_{cur} порогом $N_{cur(i-1)}$.

Если значение текущего порога остается неизменным при очередных определениях Q_{cur} (условия работы в сети стабильные), то пропускается очередная процедура оптимизации антенного луча. В этих условиях процедура оптимизации проводится лишь при истечении времени T_{max} , прошедшего после проведения предыдущей процедуры оптимизации антенного луча.

При изменении значения текущего порога по сравнению с предшествующим значением (условия работы в сети нестабильные) очередную процедуру проводят при истечении времени T_0 , прошедшего с момента окончания предыдущей оптимизации антенного луча.

Описанные выше операции повторяют при каждом очередном определении Q_{cur} .

Следует отметить, что приведенными выше примерами не ограничиваются возможные варианты использования заявляемого способа обмена информацией в беспроводной локальной сети.

Формула изобретения

1. Способ радиосвязи в беспроводной локальной сети, включающей по меньшей мере одно приемопередающее устройство, снабженное антенной с управляемой диаграммой направленности, заключающийся в том, что с помощью упомянутого приемопередающего устройства с управляемой диаграммой направленности осуществляют обмен информацией с каким-либо приемопередающим устройством сети, в процессе обмена информацией периодически по принимаемому сигналу определяют текущее значение качества связи Q_{cur} и периодически осуществляют процесс оптимизации направления антенного луча, при этом предварительно устанавливают пороговое значение качества связи N_0 , соответствующее заданному минимальному качеству связи, и при текущем значении качества связи Q_{cur} , меньшем упомянутого порогового значения N_0 , осуществляют упомянутый процесс оптимизации направления антенного луча до тех пор, пока текущее значение качества связи Q_{cur} не будет равным или не превысит упомянутого порогового значения N_0 , отличающийся тем, что дополнительно предварительно устанавливают пороговое значение качества связи N_{max} , соответствующее заданному максимальному качеству связи, при этом при текущем значении качества связи Q_{cur} , большем или равном упомянутому пороговому значению N_{max} , продолжают осуществлять обмен информацией, а при текущем значении качества связи Q_{cur} , меньшем упомянутого порогового значения N_{max} , но большем или равном упомянутому пороговому значению N_0 , через заданный интервал времени T осуществляют очередной процесс оптимизации направления антенного луча.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что на время упомянутого процесса оптимизации

направления антенного луча останавливают передачу информации.

3. Способ по п.1, отличающийся тем, что на время упомянутого процесса оптимизации направления антенного луча останавливают прием информации.

4. Способ по п.1, отличающийся тем, что при упомянутом процессе оптимизации направления антенного луча по меньшей мере один раз изменяют направление антенного луча, при каждом новом направлении антенного луча определяют значение качества связи, определяют большее из полученных при различных направлениях антенного луча значений качества связи и запоминают его в качестве текущего значения качества связи Q_{cur} .

5. Способ по п.4, отличающийся тем, что направление антенного луча изменяют по азимуту и/или углу возвышения.

6. Способ по п.4, отличающийся тем, что направление антенного луча изменяют путем переключения диаграммы направленности антенны.

7. Способ по п.1, отличающийся тем, что дополнительно предварительно устанавливают по меньшей мере одно промежуточное пороговое значение качества связи H_j , удовлетворяющее соотношению $H_0 < H_j < H_{max}$, где $j=1, 2 \dots N$, выбирают и запоминают в качестве текущего порога $H_{cur(i)}$ ближайшее сверху или снизу упомянутому текущему значению качества связи Q_{cur} одно из упомянутых пороговых значений H_0 , H_j или H_{max} , при этом упомянутый интервал времени T уменьшают, если при очередном определении текущего значения качества связи Q_{cur} величина текущего порога $H_{cur(i)}$ уменьшается по сравнению с запомненным предшествующим его значением $H_{cur(i-1)}$.

8. Способ по п.7, отличающийся тем, что сравнивают значение упомянутого интервала времени T с наперед заданным минимальным значением T_{min} и при T , равном или меньшем T_{min} , интервал времени T устанавливают равным значению T_{min} .

9. Способ по п.7, отличающийся тем, что упомянутый интервал времени T увеличивают, если при очередном определении качества связи Q_{cur} величина текущего порога $H_{cur(i)}$ увеличивается по сравнению с запомненным предшествующим его значением $H_{cur(i-1)}$.

10. Способ по п.9, отличающийся тем, что сравнивают значение упомянутого интервала времени T с наперед заданным максимальным значением T_{max} и при T , равном или большем T_{max} , интервал времени T устанавливают равным значению T_{max} .

11. Способ по п.7, отличающийся тем, что упомянутый интервал времени T увеличивают, если при очередном определении качества связи Q_{cur} величина текущего порога $H_{cur(i)}$ не изменяется по сравнению с запомненным предшествующим его значением $H_{cur(i-1)}$.

12. Способ по п.11, отличающийся тем, что сравнивают значение упомянутого интервала времени T с наперед заданным максимальным значением T_{max} и при T , равном или большем T_{max} , интервалу времени T приписывают значение T_{max} .

13. Способ по п.11, отличающийся тем, что упомянутый интервал времени T уменьшают, если при очередном определении качества связи Q_{cur} величина текущего порога $H_{cur(i)}$ увеличивается по сравнению с запомненным предшествующим его значением $H_{cur(i-1)}$.

14. Способ по п.13, отличающийся тем, что сравнивают значение упомянутого интервала времени T с наперед заданным минимальным значением T_{min} и при T , равном или меньшем T_{min} , интервал времени T устанавливают равным значению T_{min} .

15. Способ по п.1, отличающийся тем, что дополнительно предварительно устанавливают по меньшей мере одно промежуточное пороговое значение качества связи H_j , удовлетворяющее соотношению $H_0 < H_j < H_{max}$, где $j=1, 2 \dots N$, выбирают и запоминают в качестве текущего порога $H_{cur(i)}$ ближайшее сверху или снизу упомянутому текущему значению качества связи Q_{cur} одно из упомянутых пороговых значений H_0 , H_j , или H_{max} , при этом осуществление очередного упомянутого процесса оптимизации направления антенного луча пропускают, если по истечении упомянутого интервала времени T не изменяется величина текущего порога $H_{cur(i)}$ по сравнению с запомненным

предшествующим его значением $H_{cur(i-1)}$.

16. Способ по п.15, отличающийся тем, что сравнивают сумму пропущенных упомянутых интервалов времени T с наперед заданным максимальным интервалом T_{max} и при T , равном или большем T_{max} , интервал времени T устанавливают равным значению T_{max} .

5 17. Способ по п.1, отличающийся тем, что упомянутое текущее значение качества связи Q_{cur} определяют по принимаемому сигналу, полученному в ответ на посланный запрос.

18. Способ по п.1, отличающийся тем, что упомянутое текущее значение качества связи Q_{cur} определяют по меньшей мере по одному параметру принимаемого сигнала.

10 19. Способ по п.18, отличающийся тем, что в качестве упомянутого параметра принимаемого сигнала измеряют уровень принимаемого сигнала.

20. Способ по п.18, отличающийся тем, что в качестве упомянутого параметра принимаемого сигнала измеряют отношение уровня принимаемого сигнала к уровню шума.

15 21. Способ по п.18, отличающийся тем, что в качестве упомянутого параметра принимаемого сигнала измеряют отношение уровня принимаемого сигнала к уровню помехи.

22. Способ по п.18, отличающийся тем, что в качестве упомянутого параметра принимаемого сигнала измеряют коэффициент ошибок.

20

25

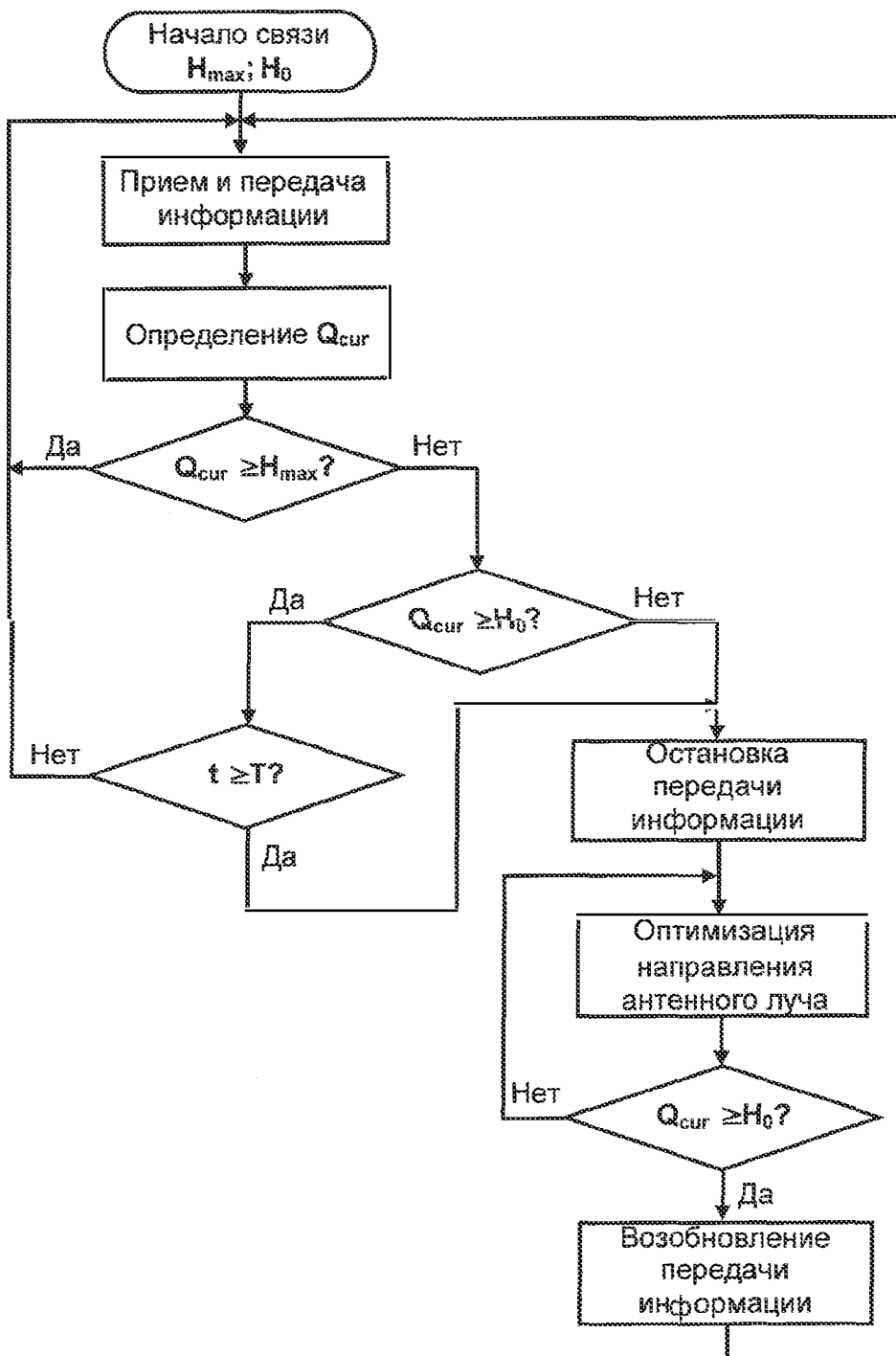
30

35

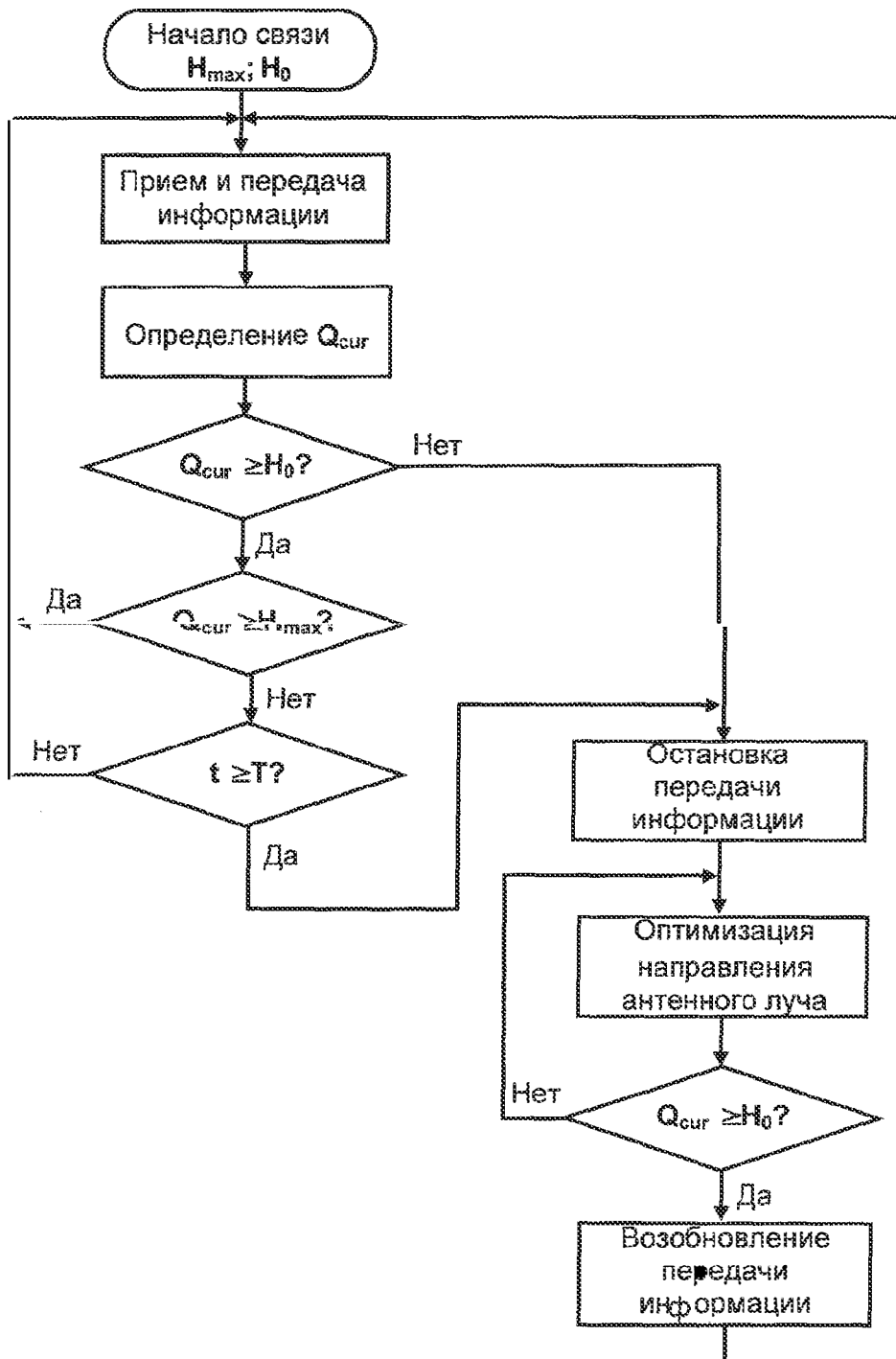
40

45

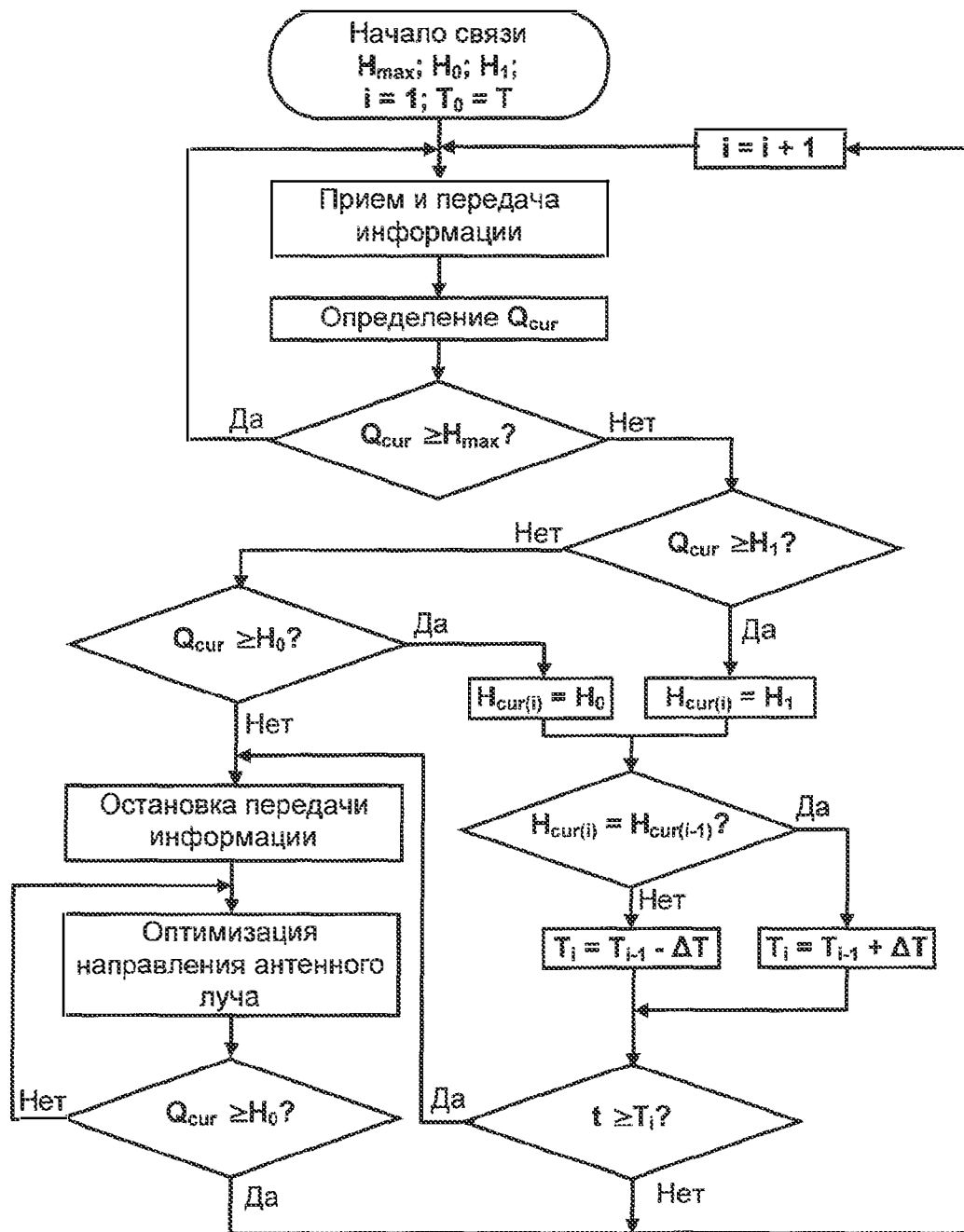
50



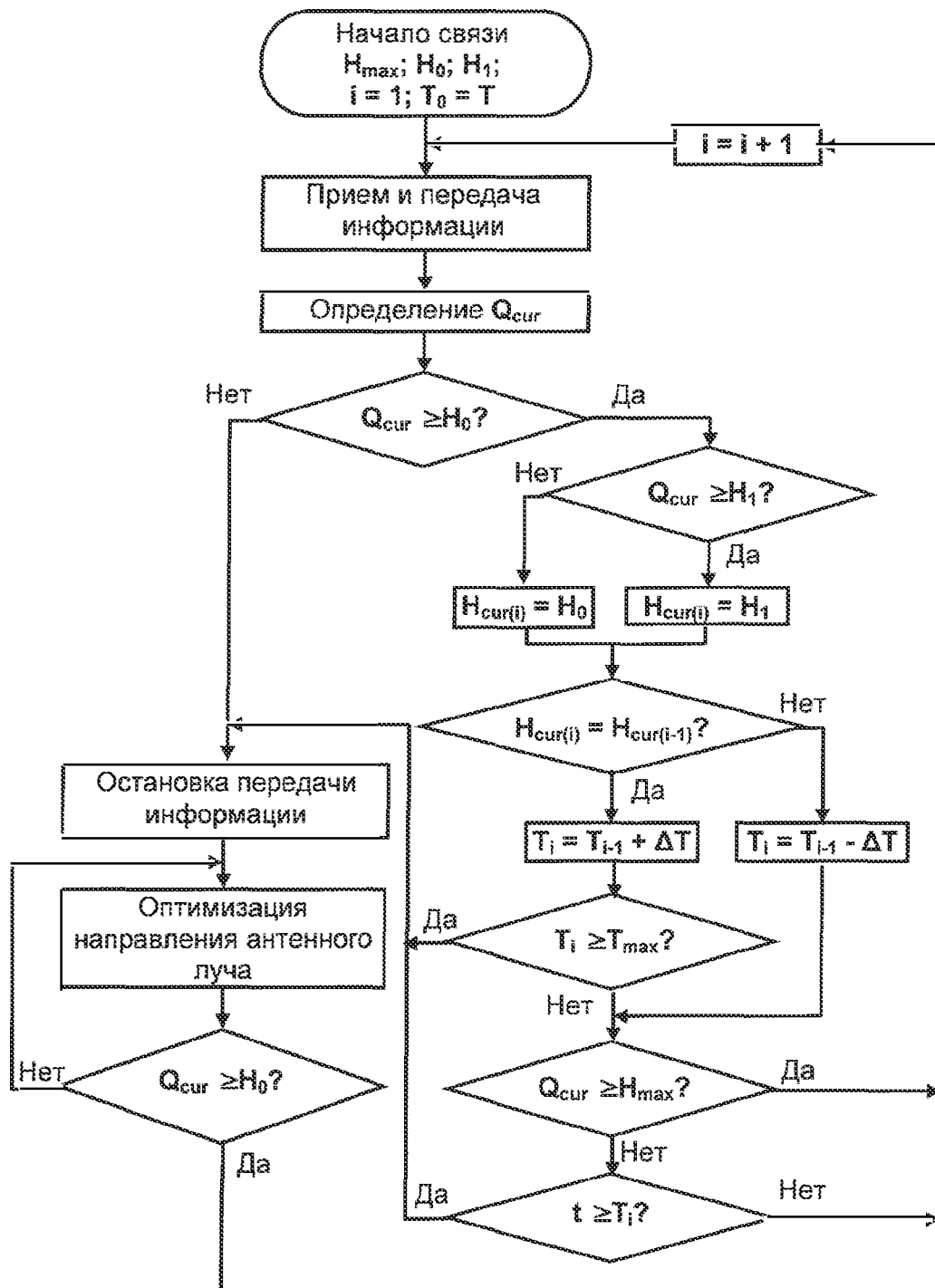
Фиг. 2



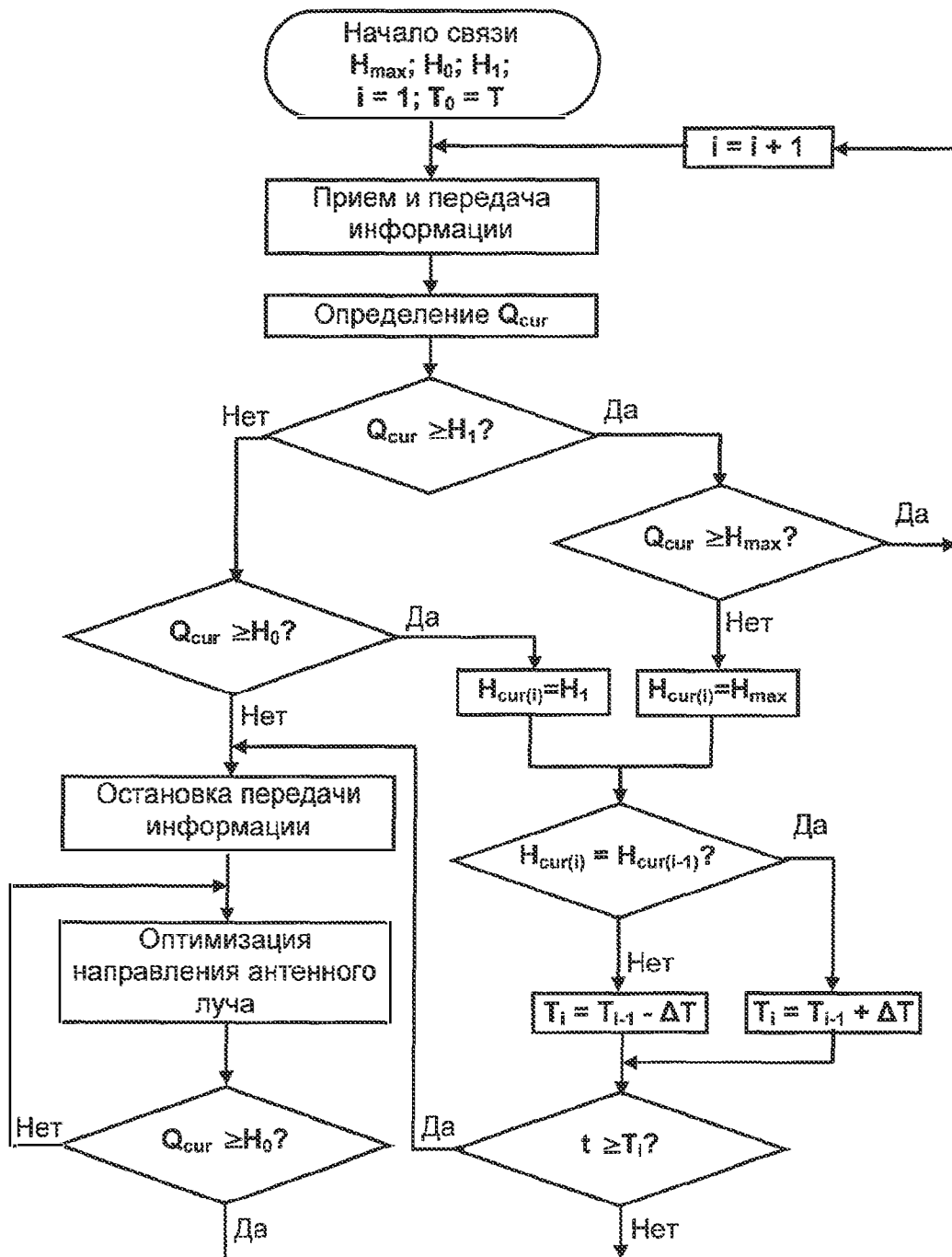
Фиг. 3



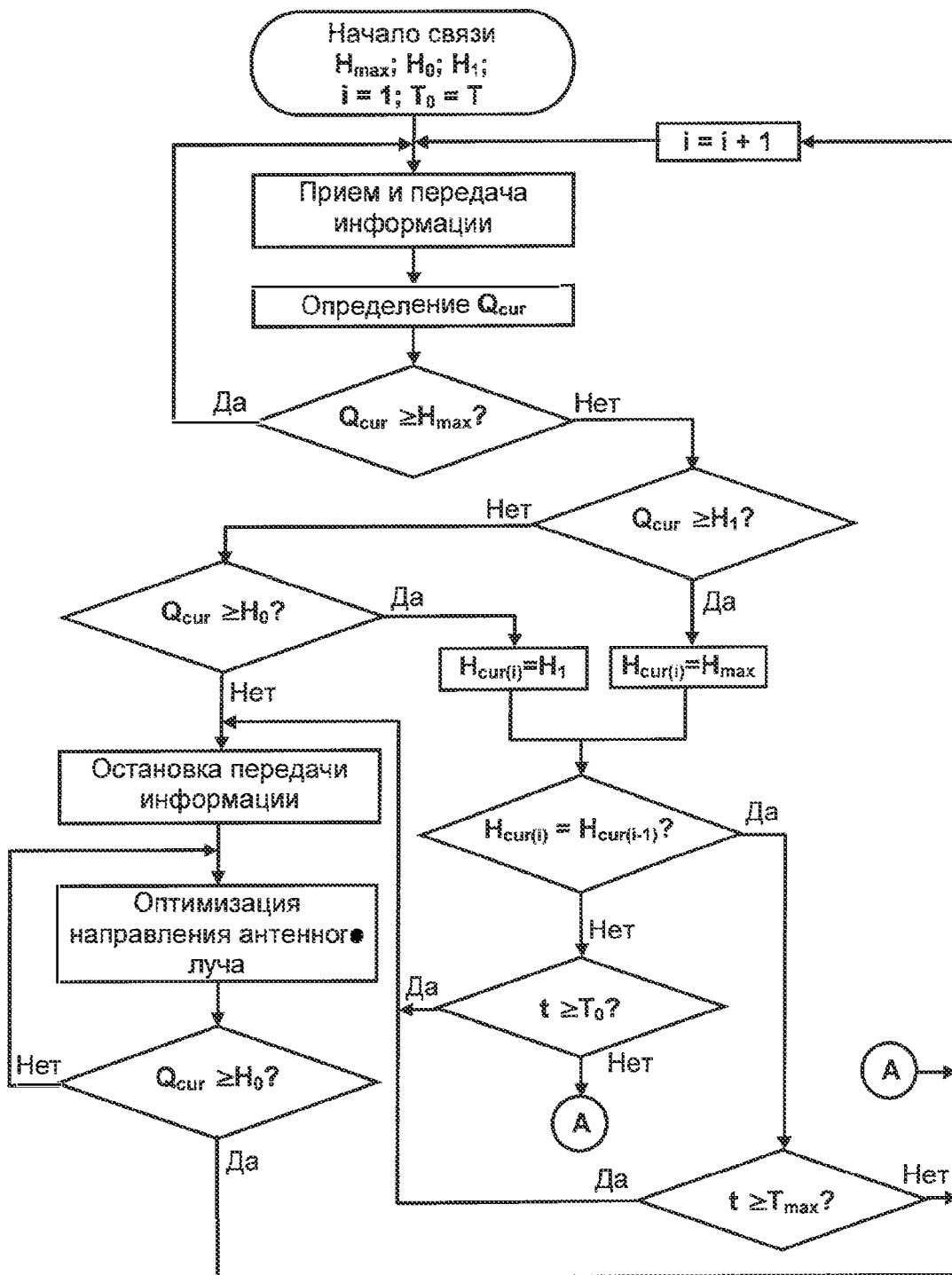
Фиг. 4



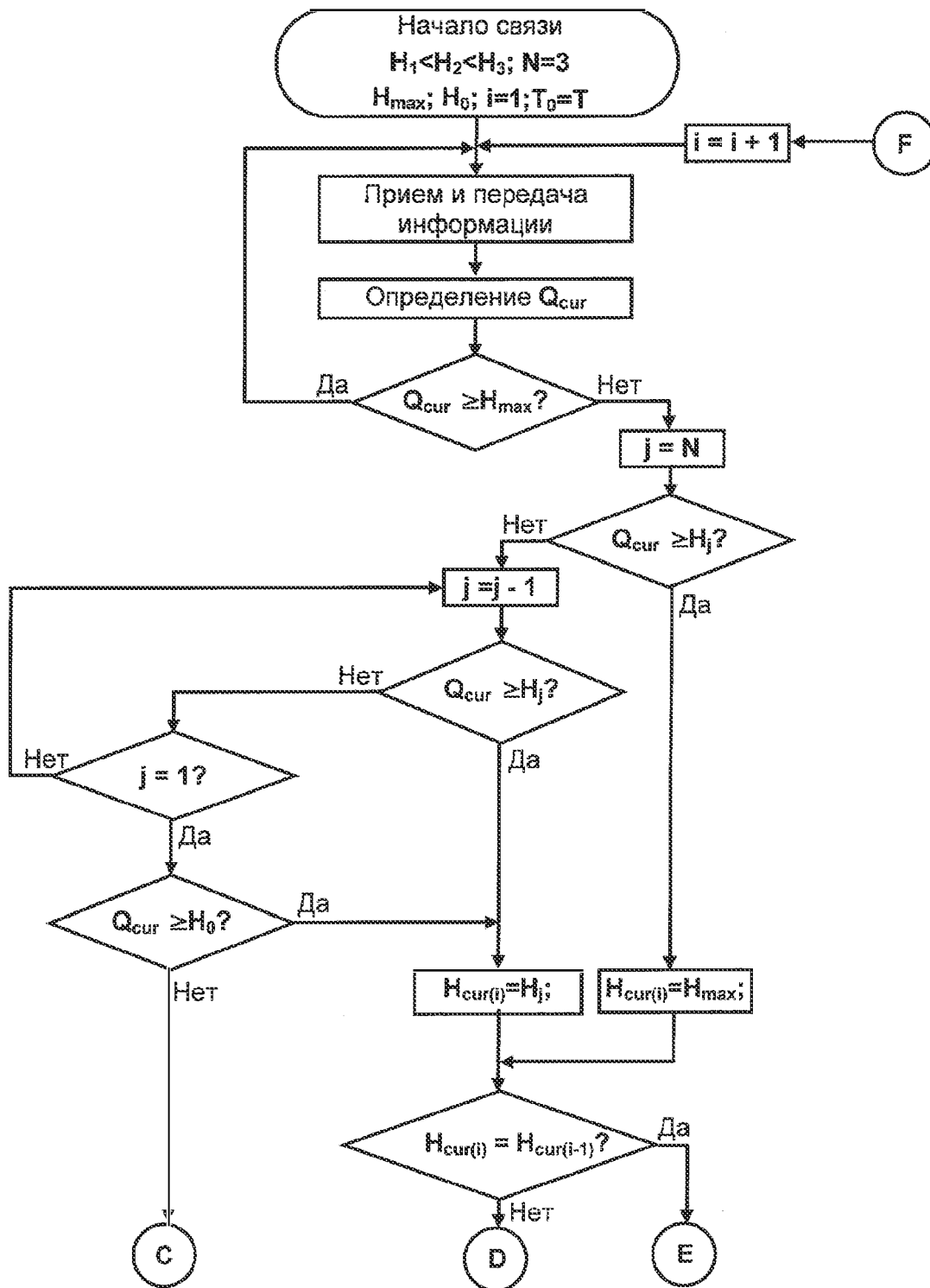
Фиг. 5



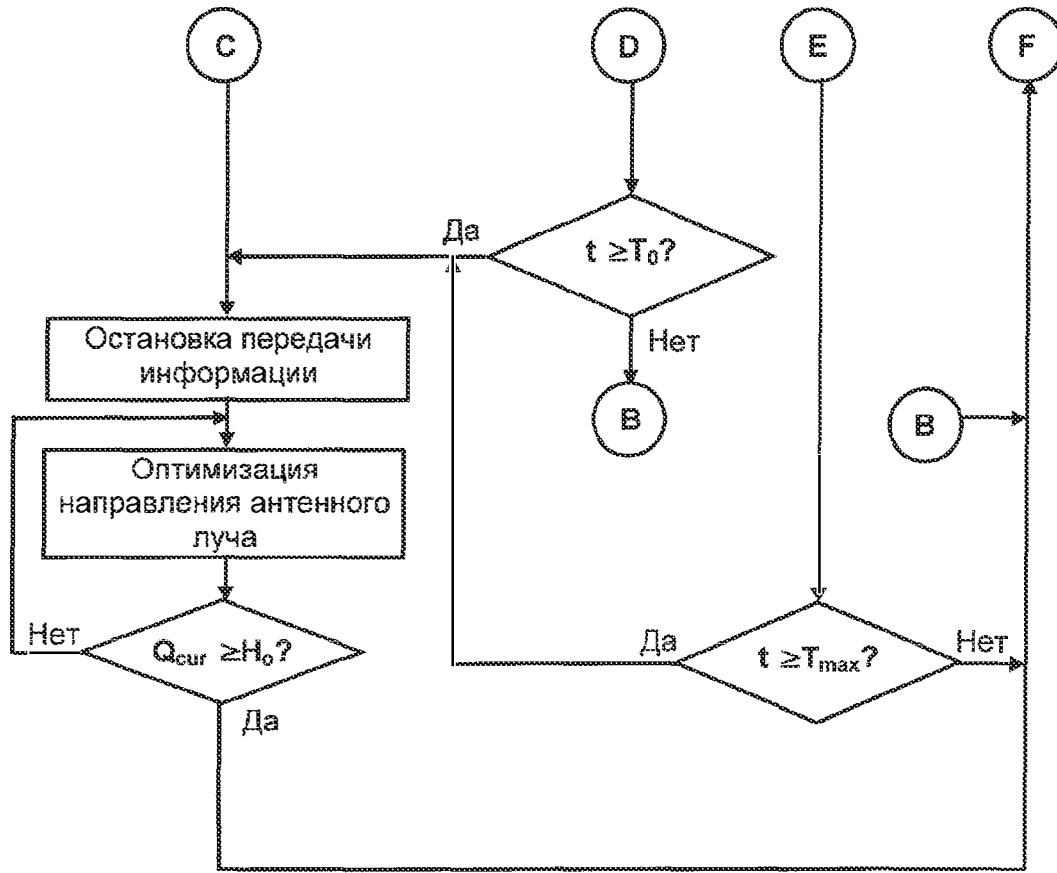
Фиг. 6



Фиг. 7



Фиг. 8



Фиг. 9

Electronic Acknowledgement Receipt

EFS ID:	41224121
Application Number:	16099390
International Application Number:	
Confirmation Number:	4717
Title of Invention:	DISTRIBUTED CONTROL IN WIRELESS SYSTEMS
First Named Inventor/Applicant Name:	Yugeswar DEENOO
Customer Number:	154930
Filer:	Bradley Davis Lytle/Kaoru Saito
Filer Authorized By:	Bradley Davis Lytle
Attorney Docket Number:	11574US05
Receipt Date:	25-NOV-2020
Filing Date:	06-NOV-2018
Time Stamp:	11:29:08
Application Type:	U.S. National Stage under 35 USC 371

Payment information:

Submitted with Payment	no
------------------------	----

File Listing:

Document Number	Document Description	File Name	File Size(Bytes)/ Message Digest	Multi Part /.zip	Pages (if appl.)
1	Information Disclosure Statement (IDS) Form (SB08)	11574US05_IDS_Transmittal_signed.pdf	1042249 <small>7bbd0d66d3e6daac3c80459f11d3232aae729aec</small>	no	4

Warnings:

IPR2022-00468

Information:					
2	Foreign Reference	D1_WO2013086164A1.pdf	5840837	no	53
			1231e129d787b0246ca53c5e8abecc1fcc9447aa		
Warnings:					
Information:					
3	Foreign Reference	D2_EP2987276A1.pdf	4063096	no	42
			3a37cda55f7d788e168966ffed1ff2bf0fa45e3d		
Warnings:					
Information:					
4	Foreign Reference	D3_RU2419213C2.pdf	6263893	no	83
			8a8bf646c4b9ba794593b4bfde851da7aaf68ec0		
Warnings:					
Information:					
5	Foreign Reference	D4_RU2446575C2.pdf	5988944	no	75
			e783d852ebdb19ca574f28a7b531e5ed982251c6		
Warnings:					
Information:					
6	Foreign Reference	D5_RU2254682C1.pdf	3361540	no	40
			356d0050b675512095cb9193783eb5ee99f83805		
Warnings:					
Information:					
7	Other Reference-Patent/App/Search documents	NPL1_RUOA.pdf	524411	no	15
			39adb806edb94cfb53e23137e938093716b04cb1		
Warnings:					
Information:					
Total Files Size (in bytes):			27084970		

This Acknowledgement Receipt evidences receipt on the noted date by the USPTO of the indicated documents, characterized by the applicant, and including page counts, where applicable. It serves as evidence of receipt similar to a Post Card, as described in MPEP 503.

New Applications Under 35 U.S.C. 111

If a new application is being filed and the application includes the necessary components for a filing date (see 37 CFR 1.53(b)-(d) and MPEP 506), a Filing Receipt (37 CFR 1.54) will be issued in due course and the date shown on this Acknowledgement Receipt will establish the filing date of the application.

National Stage of an International Application under 35 U.S.C. 371

If a timely submission to enter the national stage of an international application is compliant with the conditions of 35 U.S.C. 371 and other applicable requirements a Form PCT/DO/EO/903 indicating acceptance of the application as a national stage submission under 35 U.S.C. 371 will be issued in addition to the Filing Receipt, in due course.

New International Application Filed with the USPTO as a Receiving Office

If a new international application is being filed and the international application includes the necessary components for an international filing date (see PCT Article 11 and MPEP 1810), a Notification of the International Application Number and of the International Filing Date (Form PCT/RO/105) will be issued in due course, subject to prescriptions concerning national security, and the date shown on this Acknowledgement Receipt will establish the international filing date of the application.



UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

UNITED STATES DEPARTMENT OF COMMERCE
United States Patent and Trademark Office
Address: COMMISSIONER FOR PATENTS
P. Box 1450
Alexandria, Virginia 22313-1450
www.uspto.gov

Table with 5 columns: APPLICATION NO., FILING DATE, FIRST NAMED INVENTOR, ATTORNEY DOCKET NO., CONFIRMATION NO.
Row 1: 16/099.390, 11/06/2018, Yugeswar DEENOO, 11574US05, 4717
Row 2: 154930, 7590, 04/08/2021, EXAMINER OVEISSI, MANSOUR
Row 3: ART UNIT 2415, PAPER NUMBER
Row 4: NOTIFICATION DATE 04/08/2021, DELIVERY MODE ELECTRONIC

Please find below and/or attached an Office communication concerning this application or proceeding.

The time period for reply, if any, is set in the attached communication.

Notice of the Office communication was sent electronically on above-indicated "Notification Date" to the following e-mail address(es):

- Faith.Baggett@xsensus.com
Sandy.Miles@Xsensus.com
anaquadocketing@Xsensus.com

Office Action Summary

Application No. 16/099,390	Applicant(s) DEENOO et al.	
Examiner David M OVEISSI	Art Unit 2415	AIA (FITF) Status Yes

-- The MAILING DATE of this communication appears on the cover sheet with the correspondence address --

Period for Reply

A SHORTENED STATUTORY PERIOD FOR REPLY IS SET TO EXPIRE 3 MONTHS FROM THE MAILING DATE OF THIS COMMUNICATION.

- Extensions of time may be available under the provisions of 37 CFR 1.136(a). In no event, however, may a reply be timely filed after SIX (6) MONTHS from the mailing date of this communication.
- If NO period for reply is specified above, the maximum statutory period will apply and will expire SIX (6) MONTHS from the mailing date of this communication.
- Failure to reply within the set or extended period for reply will, by statute, cause the application to become ABANDONED (35 U.S.C. § 133). Any reply received by the Office later than three months after the mailing date of this communication, even if timely filed, may reduce any earned patent term adjustment. See 37 CFR 1.704(b).

Status

- 1) Responsive to communication(s) filed on 28 September 2020.
 A declaration(s)/affidavit(s) under **37 CFR 1.130(b)** was/were filed on _____.
- 2a) This action is **FINAL**.
- 2b) This action is non-final.
- 3) An election was made by the applicant in response to a restriction requirement set forth during the interview on _____; the restriction requirement and election have been incorporated into this action.
- 4) Since this application is in condition for allowance except for formal matters, prosecution as to the merits is closed in accordance with the practice under *Ex parte Quayle*, 1935 C.D. 11, 453 O.G. 213.

Disposition of Claims*

- 5) Claim(s) 1-40 is/are pending in the application.
5a) Of the above claim(s) 17-40 is/are withdrawn from consideration.
- 6) Claim(s) _____ is/are allowed.
- 7) Claim(s) 1-16 is/are rejected.
- 8) Claim(s) _____ is/are objected to.
- 9) Claim(s) _____ are subject to restriction and/or election requirement

* If any claims have been determined allowable, you may be eligible to benefit from the **Patent Prosecution Highway** program at a participating intellectual property office for the corresponding application. For more information, please see http://www.uspto.gov/patents/init_events/pph/index.jsp or send an inquiry to PPHfeedback@uspto.gov.

Application Papers

- 10) The specification is objected to by the Examiner.
- 11) The drawing(s) filed on 06 November 2018 is/are: a) accepted or b) objected to by the Examiner.
Applicant may not request that any objection to the drawing(s) be held in abeyance. See 37 CFR 1.85(a).
Replacement drawing sheet(s) including the correction is required if the drawing(s) is objected to. See 37 CFR 1.121(d).

Priority under 35 U.S.C. § 119

- 12) Acknowledgment is made of a claim for foreign priority under 35 U.S.C. § 119(a)-(d) or (f).

Certified copies:

- a) All b) Some** c) None of the:
 - 1. Certified copies of the priority documents have been received.
 - 2. Certified copies of the priority documents have been received in Application No. _____.
 - 3. Copies of the certified copies of the priority documents have been received in this National Stage application from the International Bureau (PCT Rule 17.2(a)).

** See the attached detailed Office action for a list of the certified copies not received.

Attachment(s)

- 1) Notice of References Cited (PTO-892)
- 2) Information Disclosure Statement(s) (PTO/SB/08a and/or PTO/SB/08b)
Paper No(s)/Mail Date _____.
- 3) Interview Summary (PTO-413)
Paper No(s)/Mail Date _____.
- 4) Other: _____.

DETAILED ACTION
Notice of Pre-AIA or AIA Status

1. The present application, filed on or after March 16, 2013, is being examined under the first inventor to file provisions of the AIA.

Response to Arguments

2. Applicant's arguments with respect to claims 1-16 have been considered but are moot because the arguments do not apply to any of the references being used in the current rejection.

Election/Restrictions

3. Claims **17-40** are withdrawn from consideration based on 03/11/2020 election of group I claim 1-16. *(see Applicant' response filed on March, 11, 2020 "In response to the Office Action dated February 13, 2020, in which the Office issued a requirement under 35 USC 121 for Applicant to restrict prosecution to a single group of claims, Applicant respectfully elects **Group I, claims 1 through 16**")*.

Continued Examination Under 37 CFR 1.114

4. A request for continued examination under 37 CFR 1.114, including the fee set forth in 37 CFR 1.17(e), was filed in this application after final rejection. Since this application is eligible for continued examination under 37 CFR 1.114, and the fee set forth in 37 CFR 1.17(e) has been timely paid, the finality of the previous Office action has been withdrawn pursuant to 37 CFR 1.114. Applicant's submission filed on 9/28/2020 has been entered.

Status of Claims

5. This Office Action is in response to the application filed on **09/28/2020**. Claims **1** through **16** are presently pending and are presented for examination.

Examiner's note I

6. In the event the determination of the status of the application as subject to AIA 35 U.S.C. 102 and 103 (or as subject to pre-AIA 35 U.S.C. 102 and 103) is incorrect, any correction of the statutory basis for the rejection will not be considered a new ground of rejection if the prior art relied upon, and the rationale supporting the rejection, would be the same under either status.

Examiner's note II

7. Claims 17-40 must be cancelled in next applicant response when the claims will be in condition for allowance.

Response to Arguments

8. Applicant's arguments with respect to claims 1-11 have been considered but are moot because the new ground of rejection does not rely on any reference applied in the prior rejection of record for any teaching or matter specifically challenged in the argument.

Claim Rejections - 35 USC § 112

9. The following is a quotation of the first paragraph of 35 U.S.C. 112(a):

(a) IN GENERAL.—The specification shall contain a written description of the invention, and of the manner and process of making and using it, in such full, clear, concise, and exact terms as to enable any person skilled in the art to which it pertains, or with which it is most nearly connected, to make and use the same, and shall set forth the best mode contemplated by the inventor or joint inventor of carrying out the invention.

The following is a quotation of the first paragraph of pre-AIA 35 U.S.C. 112:

The specification shall contain a written description of the invention, and of the manner and process of making and using it, in such full, clear, concise, and exact terms as to enable any person skilled in the art to which it pertains, or with which it is most nearly connected, to make and use the same, and shall set forth the best mode contemplated by the inventor of carrying out his invention.

Claim 2 is rejected under 35 U.S.C. 112(a) or 35 U.S.C. 112 (pre-AIA), first paragraph, as failing to comply with the written description requirement. The claim(s) contains subject matter which was not described in the specification in such a way as to reasonably convey to one skilled in the relevant art that the inventor or a joint inventor, or for applications subject to pre-AIA 35 U.S.C. 112, the inventor(s), at the time the application was filed, had possession of the claimed invention.

Claim 2 is rejected under 35 U.S.C. 112(a) or 35 U.S.C. 112 (pre-AIA), first paragraph, because it recites the “limitation compare the frequency band of the transmission to a predetermined threshold” this limitation is not disclosed in the specification, therefore it is considered a new matter. Therefore, the limitation “determine that the transmission of the one or more SI messages from the communication network utilizes at least one beamformed communication based on the frequency band of the transmission exceeding the predetermined threshold” is also new matter.

Claim Rejections - 35 USC § 103

10. The following is a quotation of 35 U.S.C. 103 which forms the basis for all obviousness rejections set forth in this Office action:

A patent for a claimed invention may not be obtained, notwithstanding that the claimed invention is not identically disclosed as set forth in section 102, if the differences between the claimed invention and the prior art are such that the claimed invention as a whole would have been obvious before the effective filing date of the claimed invention to a person having ordinary skill in the art to which the claimed invention pertains. Patentability shall not be negated by the manner in which the invention was made.

Claims **1-8** and **11** are rejected under 35 U.S.C. 103 as being unpatentable over **Kubotaba** et al. (US 2016/0234736 A1) in view of **Sun** et al. (US 2019/0124650 A1).

For claim **1** **Kubotaba** teaches wireless transmit/receive unit (WTRU) in communication with a communication network (*see Fig. 4 "UE 115-b (WTRU) in a wireless communication network"*), the WTRU comprising:

a memory (*see Fig. 15 "UE Memory Module coupled to the UE processor Module"*);

a processor (*see Fig. 15 "UE Memory Module coupled to the UE processor Module" and paragraph 10 "UE is configured to perform a method"*), the processor configured at least to:

determine to request one or more system information (SI) messages from the communication network (*see Fig. 32 "transmitting a first signal, the first signal including an indication of whether system information is to be request by a UE (determine to request)", Fig. 37 "transmitting a request for the additional system information", paragraphs 9-12 "request for system information by UE from the network", paragraph 84*

Art Unit: 2415

*“providing system information in response to a request sent by a UE (WTRU)”, and Fig. 7 “UE **SI** Request Module 720”); and*

determine whether a transmission of the one or more SI message from the communication network will utilize **at least** one beamformed communication (see Fig. 28: 2810, Fig. 31:3110, “system information is received via broad-beam communication”, Fig. 32:3220, 3225, 3230 “broad-beam mode of communication based on request for system information with indication”, paragraph 9 “system information is transmitted to UE via narrow-beam”, paragraph 11 “system information is transmitted to UE via broad-beam”, and paragraph 12 “system information is transmitted to UE via narrow-beam or broad-beam”) based on one or more communication parameters, wherein the one or more communication parameters include a frequency band of the communication or a quality of a downlink signal (see paragraph 84 “providing system information in response to a request sent by a UE (WTRU)”, paragraph 9 “transmitting SI via unicast or narrow-band operation after being requested by UE”, paragraph 12 “obtaining information via broadband –beam or narrow-band beam”, paragraph 109 “a sync signal may specify fewer parameters for transmission of MSIB or service –specific transmission request”, and paragraph 124 “the SIBs 375, 390 may include a service-specific configuration such as **SI parameters** specifically configured to improve the service or meet service requirements”, paragraph 128 “UE requests SI for more than one service in the SIB Tx requests 372... **a parameter based** on the service requirements for each requested service provided by a separate SI”, paragraph 149 “MSIB content **FreqBand** information (system information includes at least

Art Unit: 2415

communication parameter being Frequency band)", and paragraph 315 "communication parameters received from the base station"); and

a transceiver (see Fig. 15 "UE Transceiver Modules" and paragraph 213 "UE transceiver"), the transceiver configured at least to:

receive at least one of the one or more SI messages from the communication network via the at least one beamformed communication or ~~the non-beamformed communication~~ (see paragraph 85 "UE may listen to receive the service-specific system information", paragraph 162 "UE 115-e is operating using an on-demand SI mode, meaning that the UE 115-e is to transmit a request to receive SI").

Kubotaba does not explicitly teach non-beamformed communication-although it is not required based on the claim language using the optional at least one of ... **or** format.

However, **Sun** teaches the **non-beamformed** common control channels are also mandatory for initial system information/random access channel (RACH) resource assignment/paging related signaling. Another proposal is that the cell-specific common control channels, such as system information related to DL signaling are transmitted using the beam-formed transmission without exact channel information (see paragraphs 55-56). In addition, **Sun** teaches PSS/SSS non-beamformed communication may be mandatory as an exemplary signaling (see paragraph 88). Therefore, **Sun** teaches both Non-beamforming and beam forming communication applied to system information signaling based on for example overcoming path loss (see **Sun**: paragraph 55). In addition, **Sun** teaches The DL control channel is transmitted by means of beam forming to overcome the strong path loss of the mmw channel. However, these beam-formed

Art Unit: 2415

DL control channel transmissions mainly enhance signal strength of user equipment (UE) or UE group to which the beam is pointed, and therefore they are more suitable for the UE specific DL control channels, for example, uplink (UL) grant or DL grant signaling for a particular UE (*see Sun: paragraph 55*).

Thus, it would have been obvious to a person of ordinary skill in the art before the date claimed invention to use the teachings **Sun** in on demand SI request of **Kubotaba** to enable a user equipment to determine when it receives beamformed and non-beamformed communication carrying system information (*see Sun: paragraph 55*).

For claim 2 **Kubotaba** in view of **Sun** teaches the WTRU, wherein the one or more communication parameters include the frequency band of the transmission, the processor being further configured to:

compare the frequency band of the transmission to a predetermined threshold (*see Sun: paragraph 68 “LTE frequency band 100 MHz comparison with mmv frequency bandwidth of 500 MHz or 1 GHz or get even bigger”*); and

determine that the transmission of the one or more SI messages from the communication network utilizes at least one beamformed communication based on the frequency band of the transmission exceeding the predetermined threshold (*see Sun: paragraph 68 “LTE frequency band 100 MHz comparison with mmv frequency bandwidth of 500 MHz or 1 GHz or get even bigger”, paragraph 55 “DL control channel is transmitted by means of beam forming to overcome the strong path loss of the mmw channel”, and Kubota: paragraph 108 “frequency for MSIB transmission request”*).

Art Unit: 2415

For claim 3 **Kubotaba** in view of **Sun** teaches the WTRU, wherein the one or more communication parameters further include a characteristic of a downlink signal, the transceiver being further configured to: receive the downlink signal, the processor being further configured to:

identify the characteristic of the downlink signal (see **Kubota: paragraph 118** “PDCCH”); and

determine that the transmission of the one or more SI messages from the communication network utilizes at least one beamformed communication based on the identified characteristic of the downlink signal (see **Kubota: paragraph 117** “transmit MSIB transmission request based on PDCCH and narrow-beam transmission mode”).

For claim 4 the WTRU, **Kubotaba** in view of **Sun** teaches wherein the downlink signal includes a reference signal (see **Kubota: paragraph 96** “control signal is reference signals, control channel, etc.”).

For claim 5 **Kubotaba** in view of **Sun** teaches the WTRU, wherein the characteristic of the downlink signal includes **one or more of:** a type of the reference signal, ~~a system signature, a root signature, a basis sequence, or one or more predefined sequence numbers~~ (see **Kubota: paragraph 96** “control signal is reference signals, control channel, etc.”, and **paragraph 110** “sounding reference signal”).

For claim 6 **Kubotaba** in view of **Sun** teaches the WTRU, wherein the type of the reference signal is a synchronization signal (see **Kubota**: paragraphs 109-110 “sync signal”).

For claim 7 **Kubotaba** in view of **Sun** teaches the WTRU, wherein the one or more communication parameters **further** include information provided in a broadcast message the transceiver being further configured to:

receive the broadcast message, the processor being further configured to:
identify the information in the broadcast message and determine that the transmission of the one or more SI messages from the communication network utilizes at least one beamformed communication based on the information in the broadcast message (see **Kubota**: paragraph 11 and Fig. 28 “receiving a first signal, the first signal including an indication of whether system information is to be requested by the UE and receiving via a second signal in accordance with the indication, the second signal being transmitted via a broadcast or broad-beam operation”).

For claim 8 **Kubotaba** in view of **Sun** teaches the WTRU, wherein the information provided in the broadcast message is included in **at least one of: a master system information block (MIB), or a system information block (SIB), or a system information message** (see **Kubota**: paragraphs 7-8, 11, 13, 15, 24, 29, 83-84, “broadcast system information for UEs”, paragraph 114 “transmit MSIB in broadcast mode”).

For claim 11 **Kubotaba** in view of **Sun** teaches the WTRU, wherein the processor is further configured to initiate an uplink (UL) request to the communication network for the one or more SI messages (*see Kubotaba: Fig. 4 “MSIB transmission request”*).

11. Claims 9-10 are rejected under 35 U.S.C. 103 as being unpatentable over **Kubotaba** in view of **Sun** and further in view of **Kubotaba** et al. (US 2017/0064691 A1- hereafter **Kubota-691**).

For claim 9 **Kubotaba** in view of **Sun** does not explicitly teach the WTRU, wherein the one or more communication parameters include the quality of the downlink signal, the transceiver being further configured to:

However, **Kubota-691** teaches “reference signal received quality (RSRQ) (*see paragraph 47 and paragraph 54 “compare measurement results, e.g., radio quality (such as signal strength or other parameters)”*).

Kubotaba in view of **Sun** does not explicitly teach receive the downlink signal, the processor being further configured to:

measure the quality of the downlink signal

However, **Kubota-691** teaches this limitation (*see paragraph 47 “strongest measurement results :RSRP or RSRQ”*): and

Kubotaba further in view of **Cudak** further in view of **Sun** does not explicitly teach determine that the transmission of the one or more SI messages from the

Art Unit: 2415

communication network utilizes at least one beamformed communication based on the quality of the downlink signal being below a predetermined threshold

However, **Kubota-691** teaches this limitation (*see Fig. 7 “request base station system information”, paragraph 98 “UE performs measurements and compare the system information against one or more service requirements, and select a cell on which to camp based on the service-specific requirements and general network condition information as available”*).

Thus, it would have been obvious to a person of ordinary skill in the art before the date claimed invention to use the teachings **Kubotaba-691** in the combined on demand SI request of **Sun** and **Kubotaba** for UE to select a cell on which to camp based on the service-specific requirements and general network condition information as available (*see Kubotaba-691: paragraph 98*).

For claim 10 **Kubotaba** in view of **Sun** further in view of **Kubotaba-691** teaches the WTRU, wherein the downlink signal includes a reference signal, and the quality of the downlink signal includes a received power of the reference signal (*see Kubotaba-691: paragraph 47 “strongest measurement results: RSRP or RSRQ”*).

Allowable Subject Matter

12. Claims 12-16 are allowed.

The following is an examiner’s statement for reasons for allowance:

Claims 12-16 are allowable over the prior art of record since references taken individually or in combination fails to particularly disclose to determine one or more

Art Unit: 2415

uplink (UL) resources with which to communicate information for a WTRU reception of the one or more on-demand SI messages based on the requested one or more on-demand SI messages based on a mapping between the one or more UL resources and the at least one DL beam of the one or more DL beam and on the requested one or more on-demand SI messages, the information for the WTRU reception including the at least one DL beam.

Conclusion

13. The prior art made of record and not relied upon is considered pertinent to applicant's disclosure: **Cudak** et al. (US 2015/0201368 A1).

14. Any inquiry concerning this communication or earlier communications from the examiner should be directed to David M OVEISSI whose telephone number is (571)270-3127. The examiner can normally be reached on Monday-Friday 8Am-5PM.

Examiner interviews are available via telephone, in-person, and video conferencing using a USPTO supplied web-based collaboration tool. To schedule an interview, applicant is encouraged to use the USPTO Automated Interview Request (AIR) at <http://www.uspto.gov/interviewpractice>.

If attempts to reach the examiner by telephone are unsuccessful, the examiner's supervisor, Jeffrey Rutkowski can be reached on 01215. The fax phone number for the organization where this application or proceeding is assigned is 571-273-8300.

Information regarding the status of an application may be obtained from the Patent Application Information Retrieval (PAIR) system. Status information for published applications may be obtained from either Private PAIR or Public PAIR.

Art Unit: 2415

Status information for unpublished applications is available through Private PAIR only.

For more information about the PAIR system, see [https://ppair-](https://ppair-my.uspto.gov/pair/PrivatePair)

[my.uspto.gov/pair/PrivatePair](https://ppair-my.uspto.gov/pair/PrivatePair). Should you have questions on access to the Private PAIR system, contact the Electronic Business Center (EBC) at 866-217-9197 (toll-free).

If you would like assistance from a USPTO Customer Service Representative or access to the automated information system, call 800-786-9199 (IN USA OR CANADA) or 571-272-1000.

/MANSOUR OVEISSI/
Primary Examiner, Art Unit 2415

Notice of References Cited	Application/Control No. 16/099,390	Applicant(s)/Patent Under Reexamination DEENOO et al.	
	Examiner David M OVEISSI	Art Unit 2415	Page 1 of 1

U.S. PATENT DOCUMENTS

*		Document Number Country Code-NumberKind Code	Date MM-YYYY	Name	CPC Classification	US Classification
*	A	US-20160234736-A1	08-2016	Kubota; Keiichi	H04B7/0413	1/1
*	B	US-20170064691-A1	03-2017	Kubota; Keiichi	H04W48/18	1/1
*	C	US-20190104549A1	04-2019	Deng; Tao	H04B7/0617	1/1
*	D	US-20190124650-A1	04-2019	Sun; Fanglei	H04W72/0446	1/1
	E					
	F					
	G					
	H					
	I					
	J					
	K					
	L					
	M					


FOREIGN PATENT DOCUMENTS

*		Document Number Country Code-NumberKind Code	Date MM-YYYY	Country	Name	CPC Classification
	N					
	O					
	P					
	Q					
	R					
	S					
	T					

NON-PATENT DOCUMENTS

*		Include as applicable: Author, Title Date, Publisher, Edition or Volume, Pertinent Pages)
	U	
	V	
	W	
	X	

*A copy of this reference is not being furnished with this Office action. (See MPEP § 707.05(a).)
Dates in MM-YYYY format are publication dates. Classifications may be US or foreign.

Index of Claims 	Application/Control No. 16/099,390	Applicant(s)/Patent Under Reexamination DEENOO et al.
	Examiner David M OVEISSI	Art Unit 2415

✓	Rejected
=	Allowed

-	Cancelled
÷	Restricted


N	Non-Elected
I	Interference

A	Appeal
O	Objected

CLAIMS

Claims renumbered in the same order as presented by applicant
 CPA
 T.D.
 R.1.47

CLAIM		DATE							
Final	Original	04/17/2020	08/11/2020	04/05/2021					
	1	✓	✓	✓					
	2	✓	✓	✓					
	3	✓	✓	✓					
	4	✓	✓	✓					
	5	✓	✓	✓					
	6	✓	✓	✓					
	7	✓	✓	✓					
	8	✓	✓	✓					
	9	✓	✓	✓					
	10	✓	✓	✓					
	11	✓	✓	✓					
	12	✓	✓	✓					
	13	✓	✓	✓					
	14	✓	✓	✓					
	15	✓	✓	✓					
	16	✓	✓	✓					
	17	N	N	N					
	18	N	N	N					
	19	N	N	N					
	20	N	N	N					
	21	N	N	N					
	22	N	N	N					
	23	N	N	N					
	24	N	N	N					
	25	N	N	N					
	26	N	N	N					
	27	N	N	N					
	28	N	N	N					
	29	N	N	N					
	30	N	N	N					
	31	N	N	N					
	32	N	N	N					
	33	N	N	N					
	34	N	N	N					
	35	N	N	N					
	36	N	N	N					
	37	N	N	N					
	38	N	N	N					
	39	N	N	N					
	40	N	N	N					

Search Notes 	Application/Control No. 16/099,390	Applicant(s)/Patent Under Reexamination DEENOO et al.
	Examiner David M OVEISSI	Art Unit 2415

CPC - Searched*		
Symbol	Date	Examiner
H04B 7/0408 using two or more beams, i.e., beam diversity	04/21/2020	DO
H04B 7/0617 for beam forming	04/21/2020	DO
H04L 5/0048 Allocation of pilot signals, i.e., of signals known to the receiver.	04/21/2020	DO
H04W 56/001 synchronization between nodes.	04/21/2020	DO
H04W 72/0453 the resource being a frequency, carrier or frequency band	04/21/2020	DO


CPC Combination Sets - Searched*		
Symbol	Date	Examiner

US Classification - Searched*			
Class	Subclass	Date	Examiner

* See search history printout included with this form or the SEARCH NOTES box below to determine the scope of the search.

Search Notes		
Search Notes	Date	Examiner
Inventor and assignee search in PALM	04/21/2020	DO
Inventor and assignee search in EAST	04/21/2020	DO
EAST (USPAT, USOCR, USPGPUB, FPRS, EPO, JPO, DERWENT, IBM_TDB)	04/21/2020	DO
Text and image search in EAST	04/05/2021	DO

/MANSOUR OVEISSI/ Primary Examiner, Art Unit 2415	
--	--

<i>Search Notes</i> 	Application/Control No. 16/099,390	Applicant(s)/Patent Under Reexamination DEENOO et al.
	Examiner David M OVEISSI	Art Unit 2415

Interference Search			
US Class/CPC Symbol	US Subclass/CPC Group	Date	Examiner

/MANSOUR OVEISSI/ Primary Examiner, Art Unit 2415	
--	--

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number	16099390
	Filing Date	2018-11-06
	First Named Inventor	Yugeswar DEENOO
	Art Unit	2415
	Examiner Name	OVEISSI, MANSOUR
	Attorney Docket Number	11574US05

U.S. PATENTS							Remove
Examiner Initial*	Cite No	Patent Number	Kind Code ¹	Issue Date	Name of Patentee or Applicant of cited Document	Pages, Columns, Lines where Relevant Passages or Relevant Figures Appear	
	1						

If you wish to add additional U.S. Patent citation information please click the Add button.

U.S. PATENT APPLICATION PUBLICATIONS							Remove
Examiner Initial*	Cite No	Publication Number	Kind Code ¹	Publication Date	Name of Patentee or Applicant of cited Document	Pages, Columns, Lines where Relevant Passages or Relevant Figures Appear	
	1	20150208443	A1	2015-07-23	Jung et al.		

If you wish to add additional U.S. Published Application citation information please click the Add button.

FOREIGN PATENT DOCUMENTS								Remove
Examiner Initial*	Cite No	Foreign Document Number ³	Country Code ²	Kind Code ⁴	Publication Date	Name of Patentee or Applicant of cited Document	Pages, Columns, Lines where Relevant Passages or Relevant Figures Appear	T ⁵
	1	2013/086164	WO	A1	2013-06-13	INTERDIGITAL PATENT HOLDINGS, INC.		
	2	2987276	EP	A1	2016-02-24	TELEFONAKTIEBOLAG ET LM ERICSSON (PUBL)		
	3	2419213	RU	C2	2011-05-20	QUALCOMM INC	English Translation attached	×

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number	16099390
	Filing Date	2018-11-06
	First Named Inventor	Yugeswar DEENOO
	Art Unit	2415
	Examiner Name	OVEISSI, MANSOUR
	Attorney Docket Number	11574US05

4	2446575	RU	C2	2012-03-27	SAJBIM INK	English Translation attached	<input checked="" type="checkbox"/>
5	2254682	RU	C1	2005-06-20	AIRGAIN, INC.	English Translation attached	<input checked="" type="checkbox"/>

If you wish to add additional Foreign Patent Document citation information please click the Add button

NON-PATENT LITERATURE DOCUMENTS

Examiner Initials*	Cite No	Include name of the author (in CAPITAL LETTERS), title of the article (when appropriate), title of the item (book, magazine, journal, serial, symposium, catalog, etc), date, pages(s), volume-issue number(s), publisher, city and/or country where published.	T ⁵
	1	Office Action issued on August 13, 2020, in corresponding Russian patent Application No. 1811537, 15 pages.	<input checked="" type="checkbox"/>

If you wish to add additional non-patent literature document citation information please click the Add button

EXAMINER SIGNATURE

Examiner Signature	/MANSOUR OVEISSI/	Date Considered	04/05/2021
--------------------	-------------------	-----------------	------------

*EXAMINER: Initial if reference considered, whether or not citation is in conformance with MPEP 609. Draw line through a citation if not in conformance and not considered. Include copy of this form with next communication to applicant.

¹ See Kind Codes of USPTO Patent Documents at www.USPTO.GOV or MPEP 901.04. ² Enter office that issued the document, by the two-letter code (WIPO Standard ST.3). ³ For Japanese patent documents, the indication of the year of the reign of the Emperor must precede the serial number of the patent document. ⁴ Kind of document by the appropriate symbols as indicated on the document under WIPO Standard ST.16 if possible. ⁵ Applicant is to place a check mark here if English language translation is attached.

**INFORMATION DISCLOSURE
STATEMENT BY APPLICANT**
(Not for submission under 37 CFR 1.99)

Application Number	16099390
Filing Date	2018-11-06
First Named Inventor	Yugeswar DEENOO
Art Unit	2415
Examiner Name	OVEISSI, MANSOUR
Attorney Docket Number	11574US05

CERTIFICATION STATEMENT

Please see 37 CFR 1.97 and 1.98 to make the appropriate selection(s):

That each item of information contained in the information disclosure statement was first cited in any communication from a foreign patent office in a counterpart foreign application not more than three months prior to the filing of the information disclosure statement. See 37 CFR 1.97(e)(1).

OR

That no item of information contained in the information disclosure statement was cited in a communication from a foreign patent office in a counterpart foreign application, and, to the knowledge of the person signing the certification after making reasonable inquiry, no item of information contained in the information disclosure statement was known to any individual designated in 37 CFR 1.56(c) more than three months prior to the filing of the information disclosure statement. See 37 CFR 1.97(e)(2).

See attached certification statement.

The fee set forth in 37 CFR 1.17 (p) has been submitted herewith.

A certification statement is not submitted herewith.

SIGNATURE

A signature of the applicant or representative is required in accordance with CFR 1.33, 10.18. Please see CFR 1.4(d) for the form of the signature.

Signature	/david j edmondson/	Date (YYYY-MM-DD)	2020-11-25
Name/Print	David J. Edmondson	Registration Number	35,126

This collection of information is required by 37 CFR 1.97 and 1.98. The information is required to obtain or retain a benefit by the public which is to file (and by the USPTO to process) an application. Confidentiality is governed by 35 U.S.C. 122 and 37 CFR 1.14. This collection is estimated to take 1 hour to complete, including gathering, preparing and submitting the completed application form to the USPTO. Time will vary depending upon the individual case. Any comments on the amount of time you require to complete this form and/or suggestions for reducing this burden, should be sent to the Chief Information Officer, U.S. Patent and Trademark Office, U.S. Department of Commerce, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450. **DO NOT SEND FEES OR COMPLETED FORMS TO THIS ADDRESS. SEND TO: Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450.**

Privacy Act Statement

The Privacy Act of 1974 (P.L. 93-579) requires that you be given certain information in connection with your submission of the attached form related to a patent application or patent. Accordingly, pursuant to the requirements of the Act, please be advised that: (1) the general authority for the collection of this information is 35 U.S.C. 2(b)(2); (2) furnishing of the information solicited is voluntary; and (3) the principal purpose for which the information is used by the U.S. Patent and Trademark Office is to process and/or examine your submission related to a patent application or patent. If you do not furnish the requested information, the U.S. Patent and Trademark Office may not be able to process and/or examine your submission, which may result in termination of proceedings or abandonment of the application or expiration of the patent.

The information provided by you in this form will be subject to the following routine uses:

1. The information on this form will be treated confidentially to the extent allowed under the Freedom of Information Act (5 U.S.C. 552) and the Privacy Act (5 U.S.C. 552a). Records from this system of records may be disclosed to the Department of Justice to determine whether the Freedom of Information Act requires disclosure of these records.
2. A record from this system of records may be disclosed, as a routine use, in the course of presenting evidence to a court, magistrate, or administrative tribunal, including disclosures to opposing counsel in the course of settlement negotiations.
3. A record in this system of records may be disclosed, as a routine use, to a Member of Congress submitting a request involving an individual, to whom the record pertains, when the individual has requested assistance from the Member with respect to the subject matter of the record.
4. A record in this system of records may be disclosed, as a routine use, to a contractor of the Agency having need for the information in order to perform a contract. Recipients of information shall be required to comply with the requirements of the Privacy Act of 1974, as amended, pursuant to 5 U.S.C. 552a(m).
5. A record related to an International Application filed under the Patent Cooperation Treaty in this system of records may be disclosed, as a routine use, to the International Bureau of the World Intellectual Property Organization, pursuant to the Patent Cooperation Treaty.
6. A record in this system of records may be disclosed, as a routine use, to another federal agency for purposes of National Security review (35 U.S.C. 181) and for review pursuant to the Atomic Energy Act (42 U.S.C. 218(c)).
7. A record from this system of records may be disclosed, as a routine use, to the Administrator, General Services, or his/her designee, during an inspection of records conducted by GSA as part of that agency's responsibility to recommend improvements in records management practices and programs, under authority of 44 U.S.C. 2904 and 2906. Such disclosure shall be made in accordance with the GSA regulations governing inspection of records for this purpose, and any other relevant (i.e., GSA or Commerce) directive. Such disclosure shall not be used to make determinations about individuals.
8. A record from this system of records may be disclosed, as a routine use, to the public after either publication of the application pursuant to 35 U.S.C. 122(b) or issuance of a patent pursuant to 35 U.S.C. 151. Further, a record may be disclosed, subject to the limitations of 37 CFR 1.14, as a routine use, to the public if the record was filed in an application which became abandoned or in which the proceedings were terminated and which application is referenced by either a published application, an application open to public inspections or an issued patent.
9. A record from this system of records may be disclosed, as a routine use, to a Federal, State, or local law enforcement agency, if the USPTO becomes aware of a violation or potential violation of law or regulation.

EAST Search History

EAST Search History (Prior Art)

Ref #	Hits	Search Query	DBs	Default Operator	Plurals	Time Stamp
L1	1	16/099390 and parameters	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2021/04/05 06:21
L2	1,329	Request\$3 with ((system information) or SI) with parameters	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2021/04/05 06:24
L3	3	Request\$3 with ((system information) or SI) with parameters with beamform\$3	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2021/04/05 06:25
L4	51	Request\$3 same ((system information) or SI) same parameters same beamform\$3	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2021/04/05 06:26
L5	10	4 and @ay<="2016"	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2021/04/05 06:27
L6	2	"20150208443".did.	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2021/04/05 06:51
L7	1	15/270636 and parameter\$1	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2021/04/05 07:12

L8	0	15/270636 and parameter\$1 with (qualirty or band)	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2021/04/05 07:17
L9	1	15/270636 and parameter\$1 and (qualirty or band)	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2021/04/05 07:18
L10	56	((system information) or MSI) near5 parameter\$1 near5 (qualirty or band)	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2021/04/05 07:20
L11	37	10 and @ay<="2016"	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2021/04/05 07:21
L12	2	10 and @ay<="2016" and (reques\$3 or prob\$3) near5 ((system information) or MSI)	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2021/04/05 07:25
L13	0	(reques\$3 or prob\$3) near5 ((system information) or MSI) near5 (beamform\$5) near5 parameter\$1	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2021/04/05 07:27
L14	2	(reques\$3 or prob\$3) with ((system information) or MSI) with (beamform\$5) near5 parameter\$1	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2021/04/05 07:27
L15	0	(reques\$3 or prob\$3) with ((system information) or MSI) with (beamform\$5) near5 parameter\$1 and parmeter\$1 near5 (quality or frquency or band)	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2021/04/05 07:30

L16	0	((system information) or MSI) with (beamform\$5) near5 parameter\$1 and parmeter\$1 near5 (quality or frquency or band)	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2021/04/05 07:30
L17	1	parmeter\$1 near5 (quality or (frquency adj1 band))	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2021/04/05 07:32
L18	0	Communication parmeter\$1 with (quality or (frequency adj1 band))	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2021/04/05 07:33
L19	1,420	Communication parameter\$1 with (quality or (frequency adj1 band))	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2021/04/05 07:34
L20	717	Communication parameter\$1 near5 (quality or (frequency adj1 band))	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2021/04/05 07:34
L21	132	Communication parameter\$1 near5 ((downlink adj2 quality) or (frequency adj1 band))	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2021/04/05 07:35
L22	0	(system inforamtion) with Communication parameter\$1 near5 ((downlink adj2 quality) or (frequency adj1 band))	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2021/04/05 07:35
L23	14	(system information) and Communication parameter\$1 near5 ((downlink adj2 quality) or (frequency adj1 band))	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2021/04/05 07:36

S1	4	"16099390"	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/02/07 18:59
S2	1	"16099390" and (reference adj2 ID)	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/02/07 19:26
S3	0	"16099390" and (reference adj2 ID) same (Fig\$2)	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/02/07 19:28
S4	0	"16099390" and (reference adj2 ID) and (Fig\$2)	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/02/07 19:28
S5	0	"16099390" and (reference adj2 ID) and Fig	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/02/07 19:29
S6	0	"16099390" and (reference adj2 ID) and "Fig."	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/02/07 19:29
S7	0	"16099390" and (reference adj2 ID) and ("Fig.")	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/02/07 19:29
S8	1	"16099390" and (first-time)	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/02/07 19:33

S9	1	"16099390" and RACH	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/02/07 19:36
S10	1	16/099390	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/04/17 06:40
S11	5	("20140112220" "20150201368").PN.	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/04/17 06:45
S12	580	on-demand adj3 ((system information) or SI)	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/04/17 06:59
S13	106	S12 and @ay<="2016"	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/04/17 07:00
S14	0	S12 and @ay<="2016" and beamform\$5 near5 ((system inforamtion) or SI)	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/04/17 07:05
S15	0	S12 and @ay<="2016" and beamform\$5 near5 ((system information) or SI)	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/04/17 07:05
S16	0	S12 and @ay<="2016" and beamform\$5 with ((system information) or SI)	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/04/17 07:06

S17	229	@ay<="2016" and beamform\$5 with ((system information) or SI)	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/04/17 07:06
S18	229	@ay<="2016" and beamform\$5 with ((system information) or SI) and ((system information) or SI)	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/04/17 07:07
S19	47	@ay<="2016" and beamform\$5 with ((system information) or SI) and ((system information) or SI) with (message or packet or msg\$1)	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/04/17 07:07
S20	47	@ay<="2016" and beamform\$5 with ((system information) or SI) and ((system information) or SI) with (message or packet or msg\$1) and ((system information) or SI)	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/04/17 07:13
S21	30	@ay<="2016" and beamform\$5 with ((system information) or SI) and ((system information) or SI) with (message or packet or msg\$1) and ((system information) or SI) near5 message\$1	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/04/17 07:29
S22	16	@ay<="2016" and beamform\$5 with ((system information) or SI) and ((system information) or SI) with (message or packet or msg\$1) and ((system information) or SI) near5 message\$1 and frequency band	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/04/17 07:56
S23	2	S11 and (system information)	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/04/17 08:06
S24	1	S11 and (system information) and parameter	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/04/17 08:07

S25	250	(system information) and communication parameter\$1 and on-demand	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/04/17 08:15
S26	72	S25 and @ay<="2016"	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/04/17 08:16
S27	26	(system information) and communication parameter\$1 and on-demand near3 ((system information) or SI)	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/04/17 08:18
S28	2	"16099390" and parameter\$1	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/04/18 07:24
S29	354	(WTRU or UE or terminal) near5 (frequency band) near5 parameter\$1	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/04/18 07:28
S30	5	(WTRU or UE or terminal) near5 (frequency band) near5 parameter\$1 near5 threshold	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/04/18 07:29
S31	199	(WTRU or UE or terminal) near5 (frequency band) near5 threshold	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/04/18 07:30
S32	21	(WTRU or UE or terminal) near5 (frequency band) near5 threshold and (beam or beamformed)	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/04/18 07:31

S33	5	(WTRU or UE or terminal) near5 (frequency band) near5 threshold with (beam or beamformed)	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/04/18 07:52
S34	41	(WTRU or UE or terminal) with ((frequency or band) near5 threshold) with (beam or beamformed)	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/04/18 07:53
S35	0	(WTRU or UE or terminal) with ((frequency or band) near5 threshold) with (beam or beamformed) with message	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/04/18 07:53
S36	0	(WTRU or UE or terminal) with ((frequency or band) near5 threshold) with (beam or beamformed) with packet	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/04/18 07:54
S37	0	(WTRU or UE or terminal) with ((frequency or band) near5 threshold) with (beam or beamformed) with page	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/04/18 07:54
S38	41	(WTRU or UE or terminal) with ((frequency or band) near5 threshold) with (beam or beamformed)	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/04/18 07:54
S39	20	S38 and @ay<"2017"	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/04/18 07:54
S40	13	S38 and @ay<"2017" and (downlink or DL)	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/04/18 07:59

S41	13	S38 and @ay<"2017" and (downlink or DL) and reference	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/04/18 08:00
S42	1	"20160234736".did. and ((system information) or SI or MSIB or SIB) same transceiver\$1	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/04/20 07:27
S43	1	"20160234736".did. and ((system information) or SI or MSIB or SIB) same transceiver\$1 same receiv\$5	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/04/20 07:30
S44	1	"20160234736".did. and UE near5 receives	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/04/20 07:31
S45	1	"20160234736".did. and UE near5 receives near5 beam\$5	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/04/20 07:39
S46	1	"20150201368".did. and (system information) near5 beamform\$5	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/04/20 07:51
S47	24	(system information) near5 beamformed	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/04/20 07:52
S48	313	system information with (frequency or band) with threshold	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/04/20 09:16

S49	28	system information with (frequency or band) with threshold with exceed\$3	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/04/20 09:17
S50	0	(transmit or send) adj3 (system information) with (frequency or band) with threshold with exceed\$3	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/04/20 09:20
S51	33	(transmit or send) adj3 (system information) and (frequency or band) near5 threshold near5 exceed\$3	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/04/20 09:21
S52	0	(transmit or send) adj3 (system information) adj3 (frequency or channel or band) and (frequency or band) near5 threshold near5 exceed\$3	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/04/20 09:24
S53	465	(transmit or send) adj3 (system information) adj3 (frequency or channel or band)	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/04/20 09:24
S54	2	(transmit or send) adj3 (system information) adj3 (frequency or channel or band) adj3 (threshold or level)	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/04/20 09:25
S55	2	(transmit or send) adj3 (system information request) adj3 (frequency or channel or band)	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/04/20 09:44
S56	10	(transmit or send) adj3 (system information request) adj3 (frequency or channel or band or cell or carrier)	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/04/20 09:45

S57	4	(transmit or send) adj3 (system information request) adj3 (frequency or channel or band or cell or carrier) and threshold	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/04/20 09:49
S58	1	"20160234736".did. and ((system information) or SI or MSIB or SIB) same (downlink or DL)	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/04/20 10:20
S59	2	"20160234736".did. and ((system information) or SI or MSIB or SIB) same (broadcast)	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/04/20 10:57
S60	1	"20160234736".did. and ((system information) or SI or MSIB or SIB) near5 (broadcast)	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/04/20 11:02
S61	755	on-demand near5 ((system information) or SI)	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/04/20 11:37
S62	253	on-demand near5 ((system information) or SI) and reference signal	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/04/20 11:37
S63	136	on-demand near5 ((system information) or SI) and reference signal and measur\$5 with quality	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/04/20 11:38
S64	9	S63 and @ay<="2016"	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/04/20 11:46

S65	1	"20160234736".did. and ((system information) or SI or MSIB or SIB) same (uplink or UL)	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/04/20 12:26
S66	0	"20160234736".did. and ((system information) or SI or MSIB or SIB) same (uplink or UL) same request\$1	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/04/20 12:28
S67	2	"20160234736".did. and ((system information) or SI or MSIB or SIB) same beam	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/04/20 13:47
S68	0	"20160234736".did. and ((system information) or SI or MSIB or SIB) near5 (uplink or UL)	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/04/20 13:57
S69	1	"20160234736".did. and ((system information) or SI or MSIB or SIB) with (uplink or UL)	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/04/20 13:57
S70	1	"20160234736".did. and (uplink or UL)	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/04/20 14:51
S71	1	"20160234736".did. and (on-demand or request) with (uplink or UL)	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/04/20 14:51
S72	2,113	(downlink or DL) near5 mapped near5 (uplink or UL)	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/04/20 16:25

S73	22	((downlink or DL) adj3 beam) near5 mapped near5 (uplink or UL)	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/04/20 16:26
S74	1	16/099390	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/04/21 07:30
S75	1	16/099390 and message near5 beamform\$3	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/08/10 12:48
S76	3,271	message near5 (beamform\$3 or non-beamform\$4)	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/08/10 12:50
S77	10	((system information) or SI) near3 message near5 (beamform\$3 or non-beamform\$4)	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/08/10 12:51
S78	1	((system information) or SI) near3 message near5 (beamform\$3 or non-beamform\$4) and non-beamform\$5	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/08/10 12:53
S79	1	((system information) or SI) near3 message near5 (beamform\$3 or non-beamform\$4) and non-beamform\$5 and ACF\$1	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/08/10 12:54
S80	17	((system information) or SI) with (beamform\$3 or non-beamform\$4) and non-beamform\$5	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/08/10 12:57

S81	1	((system information) or SI) with (beamform\$3 or non-beamform\$4) and non-beamform\$5 and parameter\$1 and ACF\$1	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/08/11 06:27
S82	1	((system information) or SI) with ((beam adj2 form\$3) or beamform\$3 or non-beamform\$4) and non-beamform\$5 and parameter\$1 and ACF\$1	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/08/11 06:28
S83	1	((system information) or SI) with ((beam adj2 form\$3) or beamform\$3 or non-beamform\$4 or (non-beam form\$3)) and ((non-beam form\$3) or non-beamform\$5) and parameter\$1 and ACF\$1	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/08/11 06:29
S84	12	((system information) or SI) with ((beam adj2 form\$3) or beamform\$3 or non-beamform\$4 or (non-beam form\$3)) and ((non-beam form\$3) or non-beamform\$5) and parameter\$1	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/08/11 06:30
S85	12	((system information) or SI) with ((beam adj2 form\$3) or beamform\$3 or non-beamform\$4 or (non-beam form\$3)) and ((non-beam form\$3) or non-beamform\$5) and parameter\$1 and determin\$5	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/08/11 06:46
S86	0	((system information) or SI) with ((beam adj2 form\$3) or beamform\$3 or non-beamform\$4 or (non-beam form\$3)) with (determin\$5 near\$5 apply\$3)	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/08/11 06:50
S87	1	((system information) or SI) with ((beam adj2 form\$3) or beamform\$3 or non-beamform\$4 or (non-beam form\$3)) with (determin\$5 with apply\$3)	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/08/11 06:51
S88	1,457	((system information) or SI) with ((beam adj2 form\$3) or beamform\$3 or non-beamform\$4 or (non-beam form\$3))	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/08/11 06:53

S89	69	determin\$5 with ((system information) or SI) with ((beam adj2 form\$3) or beamform\$3 or non-beamform\$4 or (non-beam form\$3))	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/08/11 06:53
S90	71	determin\$5 with ((system information) or SI or SIB\$1) with ((beam adj2 form\$3) or beamform\$3 or non-beamform\$4 or (non-beam form\$3))	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/08/11 06:55
S91	34	S90 and @ay<="2016"	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/08/11 06:59
S92	17	((system information) or SI or SIB\$1) with ((beam adj2 form\$3) or beamform\$3 or non-beamform\$4 or (non-beam form\$3)) and (non-beamform\$4 or (non-beam form\$3))	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/08/11 07:24
S93	0	15/017476 and ((system information) or SI or SIB\$1) and ((beam adj2 form\$3) or beamform\$3 or non-beamform\$4 or (non-beam form\$3))	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/08/11 07:58
S94	1	14/413776 and ((system information) or SI or SIB\$1) and ((beam adj2 form\$3) or beamform\$3 or non-beamform\$4 or (non-beam form\$3))	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/08/11 08:02
S95	1	16/099390 and parameter\$1 near5 (frequency or band or quality)	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/10/05 11:16
S96	0	"9"((system information) or SI) near5 parameter\$1 near5 (frequency or band or quality)	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/10/05 11:37

S97	495	((system information) or SI) near5 parameter\$1 near5 (frequency or band or quality)	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/10/05 11:38
S98	350	S97 and @ay<="2016"	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/10/05 11:41
S99	146	S97 and @ay<="2016" and include\$5 near5 parameter\$1	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/10/05 11:42
S100	67	S97 and @ay<="2016" and ((system information) or SI) near5 include\$5 near5 parameter\$1	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/10/05 11:43
S101	7	S97 and @ay<="2016" and ((system information) or SI) near5 include\$5 near5 parameter\$1 near5 transmission	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/10/05 11:56
S102	47	((system adj2 information) or SI or SIB) near5 parameter\$1 near5 transmission near5 (frequency or band or quality)	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/10/05 12:03
S103	12	((system adj2 information) or SI or SIB) near5 parameter\$1 near5 transmission near5 (band or quality)	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/10/05 12:05
S104	15,924	((system adj2 information) or SI or SIB) near3 parameter\$1	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/10/05 12:08

S105	92	((system adj2 information) or SI or SIB) near3 parameter\$1 and parameters near5 transmission near5 ((frequency band) or quality)	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/10/05 12:09
S106	57	S105 and @ay<="2016"	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/10/05 12:10
S107	222	((system adj3 information) or Si or SIB) near5 (communication adj3 parameters) and @ay<="2016"	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/10/05 14:17
S108	222	((system adj3 information) or Si or SIB) near5 (communication adj3 parameters) and @ay<="2016" and parameter\$5	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/10/05 14:18
S109	8	((system adj3 information) or Si or SIB) near5 (communication adj3 parameters) and @ay<="2016" and parameter\$5 near5 (parameter\$1) near5 ((frequency adj2 band) or Quality)	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/10/05 14:22
S110	2	((system adj3 information) or Si or SIB) near5 (communication adj3 parameters) and @ay<="2016" and parameter\$5 near5 Transmission near5 ((frequency adj2 band))	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/10/05 14:26
S111	2	((system adj3 information) or Si or SIB) and (communication adj3 parameters) and @ay<="2016" and Communication adj3 parameter\$5 near5 Transmission near5 ((frequency adj2 band))	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/10/05 14:50
S112	13	(communication adj3 parameters) and @ay<="2016" and Communication adj3 parameter\$5 near5 Transmission near5 ((frequency adj2 band))	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/10/05 16:10

S113	16	(communication adj3 parameters) and @ay<="2016" and (Communication adj3 parameter\$) with (Transmission adj3 ((frequency adj2 band)))	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/10/05 16:16
S114	0	16/099390 and @ay<="2016" and (Communication adj3 parameter\$) with (Transmission adj3 ((frequency adj2 band)))	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/10/05 16:20
S115	0	16/099390 and @ay<="2016" and frequency band	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/10/05 16:21
S116	0	16/099390 and @ay<="2016" and frequency and band	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/10/05 16:21
S117	1	16/099390 and frequency and band	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/10/05 16:21
S118	1	16/099390 and parameter\$1 near5 frequency adj3 band	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/10/05 16:22
S119	143	communication adj3 parameter\$1 near5 frequency adj3 band	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/10/05 16:23
S120	11	communication adj3 parameter\$1 near5 transmission near3 frequency adj3 band	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/10/05 16:25

S121	1	16/099390 and parameter\$1 near10 frequency	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/10/07 13:34
S122	22,414	communication parameter\$1	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/10/07 13:55
S123	128	communication parameter\$1 near5 (frequency adj2 band)	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/10/07 13:55
S124	96	S123 and @ay<="2016"	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/10/07 13:56
S125	14	S123 and @ay<="2016" and (system adj3 information)	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/10/07 13:57
S126	4	S123 and @ay<="2016" and (system adj3 information) and (beamform\$5 or beam)	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/10/07 14:00
S127	147	@ay<="2016" and (system adj3 information) with (beamform\$5 or beam) with parameter\$2	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/10/07 14:01
S128	1	@ay<="2016" and (system adj3 information) with (beamform\$5 or beam) with (communication adj3 parameter\$2)	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/10/07 14:02

S129	0	@ay<="2016" and (system adj3 information) with (beamform\$5 or beam) with (parameter\$2) with (frequency adj3 band)	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/10/07 14:03
S130	1	@ay<="2016" and (system adj3 information) with (beamform\$5 or beam) with (parameter\$2) and (parameter\$2) with (frequency adj3 band)	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/10/07 14:03
S131	5	@ay<="2016" and ((system adj3 information) or SIB\$1 or SI) with (beamform\$5 or beam) with (parameter\$2 or (frequency adj3 band)) and (parameter\$2) with (frequency adj3 band)	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/10/07 14:05
S132	259	@ay<="2016" and ((system adj3 information) or SIB\$1 or SI) with (beamform\$5 or beam) with (parameter\$2 or (frequency adj3 band))	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	ADJ	ON	2020/10/07 14:07

4/5/2021 7:54:31 AM

C:\Users\doveissi\Documents\EAST\Workspaces\16099390-VER1.wsp

Under the Paperwork Reduction Act of 1995, no persons are required to respond to a collection of information unless it contains a valid OMB control number.

Substitute for form 1449/PTO

**INFORMATION DISCLOSURE
STATEMENT BY APPLICANT**

(Use as many sheets as necessary)

Sheet 1 of 3

Complete if Known

Application Number	16/099390
Filing Date	Nov 06 2018
First Named Inventor	Yugeswar DEENOO
Art Unit	2415
Examiner Name	OVEISSI, MANSOUR
Attorney Docket Number	11574US05

U. S. PATENT DOCUMENTS					
Examiner Initials*	Cite No. ¹	Document Number	Publication Date MM-DD-YYYY	Name of Patentee or Applicant of Cited Document	Pages, Columns, Lines, Where Relevant Passages or Relevant Figures Appear
		Number-Kind Code ² (if known)			
		US-			
		US-			
		US-			
		US-			
		US-			
		US-			
		US-			
		US-			
		US-			
		US-			
		US-			
		US-			
		US-			
		US-			
		US-			
		US-			
		US-			
		US-			
		US-			
		US-			
		US-			
		US-			
		US-			
		US-			
		US-			
		US-			
		US-			
		US-			
		US-			
		US-			
		US-			
		US-			
		US-			
		US-			
		US-			
		US-			
		US-			
		US-			
		US-			
		US-			
		US-			
		US-			

FOREIGN PATENT DOCUMENTS						
Examiner Initials*	Cite No. ¹	Foreign Patent Document	Publication Date MM-DD-YYYY	Name of Patentee or Applicant of Cited Document	Pages, Columns, Lines, Where Relevant Passages Or Relevant Figures Appear	T ²
		Country Code ³ - Number ⁴ - Kind Code ⁵ (if known)				
	1	JP-2008235961-A	10-02-2008	佐方 謙		✓
	2	JP-2013528009-A	07-04-2013	バス・マリック・ブラディー		✓
	3	WO-2011111233 -A	09-15-2011	FUJITSU LTD		✓
	4	WO-2015045658 -A	04-02-2015	SONY CORP		✓
	5	WO-2015080646-A1	06-04-2015	FRENNE MATTIAS		
	6	WO-2016130354-A1	08-18-2016	KUBOTA KEICHI		

Examiner Signature	Date Considered
-----------------------	--------------------

*EXAMINER: Initial if reference considered, whether or not citation is in conformance with MPEP 609. Draw line through citation if not in conformance and not considered. Includes copy of this form with next communication to applicant. ¹ Applicant's unique citation designation number (optional). ² See **Kind's Codes** of USPTO Patent Documents at www.uspto.gov or MPEP 901.04. ³ Enter Office that issued the document, by the two-letter code (WIPO Standard ST.3). ⁴ For Japanese patent documents, the indication of the year of the reign of the Emperor must precede the serial number of the patent document. ⁵ Kind of document by the appropriate symbols as indicated on the document under WIPO Standard ST.16 if possible. ⁶ Applicant is to place a check mark here if English language Translation is attached.

This collection of information is required by 37 CFR 1.97 and 1.98. The information is required to obtain or retain a benefit by the public which is to file (and by the USPTO to process) an application. Confidentiality is governed by 35 U.S.C. 122 and 37 CFR 1.14. This collection is estimated to take 2 hours to complete, including gathering, preparing, and submitting the completed application form to the USPTO. Time will vary depending upon the individual case. Any comments on the amount of time you require to complete this form and/or suggestions for reducing this burden, should be sent to the Chief Information Officer, U.S. Patent and Trademark Office, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450. DO NOT SEND FEES OR COMPLETED FORMS TO THIS ADDRESS. **SEND TO: Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450.**

If you need assistance in completing the form, call 1-800-PTO-9199 (1-800-786-9199) and select option 2.

Under the Paperwork Reduction Act of 1995, no persons are required to respond to a collection of information unless it contains a valid OMB control number.

Substitute for form 1449/PTO

**INFORMATION DISCLOSURE
STATEMENT BY APPLICANT***(Use as many sheets as necessary)*Sheet **2**of **3****Complete if Known**

Application Number	16/099390
Filing Date	Nov 06 2018
First Named Inventor	Yugeswar DEENOO
Art Unit	2415
Examiner Name	OVEISSI, MANSOUR
Attorney Docket Number	11574US05

U. S. PATENT DOCUMENTS					
Examiner Initials*	Cite No. ¹	Document Number	Publication Date MM-DD-YYYY	Name of Patentee or Applicant of Cited Document	Pages, Columns, Lines, Where Relevant Passages or Relevant Figures Appear
		Number-Kind Code ² (if known)			
		US-			
		US-			
		US-			
		US-			
		US-			
		US-			
		US-			
		US-			
		US-			
		US-			
		US-			
		US-			
		US-			
		US-			
		US-			
		US-			
		US-			
		US-			
		US-			
		US-			
		US-			
		US-			
		US-			

FOREIGN PATENT DOCUMENTS						
Examiner Initials*	Cite No. ¹	Foreign Patent Document	Publication Date MM-DD-YYYY	Name of Patentee or Applicant of Cited Document	Pages, Columns, Lines, Where Relevant Passages Or Relevant Figures Appear	T ²
		Country Code ³ -Number ⁴ -Kind Code ⁵ (if known)				
	7	JP-2017503386-A	01-26-2017	フレンヌ、マティス		✓

Examiner Signature	Date Considered
--------------------	-----------------

*EXAMINER: Initial if reference considered, whether or not citation is in conformance with MPEP 609. Draw line through citation if not in conformance and not considered. Includes copy of this form with next communication to applicant. ¹ Applicant's unique citation designation number (optional). ² See **Kind's Codes** of USPTO Patent Documents at www.uspto.gov or MPEP 901.04. ³ Enter Office that issued the document, by the two-letter code (WIPO Standard ST.3). ⁴ For Japanese patent documents, the indication of the year of the reign of the Emperor must precede the serial number of the patent document. ⁵ Kind of document by the appropriate symbols as indicated on the document under WIPO Standard ST.16 if possible. ⁶ Applicant is to place a check mark here if English language Translation is attached.

This collection of information is required by 37 CFR 1.97 and 1.98. The information is required to obtain or retain a benefit by the public which is to file (and by the USPTO to process) an application. Confidentiality is governed by 35 U.S.C. 122 and 37 CFR 1.14. This collection is estimated to take 2 hours to complete, including gathering, preparing, and submitting the completed application form to the USPTO. Time will vary depending upon the individual case. Any comments on the amount of time you require to complete this form and/or suggestions for reducing this burden, should be sent to the Chief Information Officer, U.S. Patent and Trademark Office, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450. DO NOT SEND FEES OR COMPLETED FORMS TO THIS ADDRESS. SEND TO: Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450.

If you need assistance in completing the form, call 1-800-PTO-9199 (1-800-786-9199) and select option 2.

Under the Paperwork Reduction Act of 1995, no persons are required to respond to a collection of information unless it contains a valid OMB control number.

Substitute for form 1449/PTO

**INFORMATION DISCLOSURE
STATEMENT BY APPLICANT***(Use as many sheets as necessary)***Complete if Known**

Application Number	16/099390
Filing Date	Nov 06 2018
First Named Inventor	Yugeswar DEENOO
Art Unit	2415
Examiner Name	OVEISSI, MANSOUR
Attorney Docket Number	11574US05

Sheet 3

of 3

NON PATENT LITERATURE DOCUMENTS

Examiner Initials*	Cite No. ¹	Include name of the author (in CAPITAL LETTERS), title of the article (when appropriate), title of the item (book, magazine, journal, serial, symposium, catalog, etc.), date, page(s), volume-issue number(s), publisher, city and/or country where published.	T ²
	1	Nortel, NEC, On demand System Information broadcast .Email rapporteur report [online], 3GPP ISG RAN #62#56b is Itoc R2-070071. [検索日 2021.03.05], インターネット <URL: https://www.3gpp.org/ftp/ftp_ran/#62_RL2/TSGR2_56bits/Documents/R2-070071.zip>, 2007年1月12日, v.1-4	

Examiner
SignatureDate
Considered

*EXAMINER: Initial if reference considered, whether or not citation is in conformance with MPEP 609. Draw line through citation if not in conformance and not considered. Include copy of this form with next communication to applicant.

¹ Applicant's unique citation designation number (optional). ² Applicant is to place a check mark here if English language Translation is attached. This collection of information is required by 37 CFR 1.98. The information is required to obtain or retain a benefit by the public which is to file (and by the USPTO to process) an application. Confidentiality is governed by 35 U.S.C. 122 and 37 CFR 1.14. This collection is estimated to take 2 hours to complete, including gathering, preparing, and submitting the completed application form to the USPTO. Time will vary depending upon the individual case. Any comments on the amount of time you require to complete this form and/or suggestions for reducing this burden, should be sent to the Chief Information Officer, U.S. Patent and Trademark Office, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450. DO NOT SEND FEES OR COMPLETED FORMS TO THIS ADDRESS. SEND TO: Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450.

If you need assistance in completing the form, call 1-800-PTO-9199 (1-800-786-9199) and select option 2.

Privacy Act Statement

The **Privacy Act of 1974 (P.L. 93-579)** requires that you be given certain information in connection with your submission of the attached form related to a patent application or patent. Accordingly, pursuant to the requirements of the Act, please be advised that: (1) the general authority for the collection of this information is 35 U.S.C. 2(b)(2); (2) furnishing of the information solicited is voluntary; and (3) the principal purpose for which the information is used by the U.S. Patent and Trademark Office is to process and/or examine your submission related to a patent application or patent. If you do not furnish the requested information, the U.S. Patent and Trademark Office may not be able to process and/or examine your submission, which may result in termination of proceedings or abandonment of the application or expiration of the patent.

The information provided by you in this form will be subject to the following routine uses:

1. The information on this form will be treated confidentially to the extent allowed under the Freedom of Information Act (5 U.S.C. 552) and the Privacy Act (5 U.S.C. 552a). Records from this system of records may be disclosed to the Department of Justice to determine whether disclosure of these records is required by the Freedom of Information Act.
2. A record from this system of records may be disclosed, as a routine use, in the course of presenting evidence to a court, magistrate, or administrative tribunal, including disclosures to opposing counsel in the course of settlement negotiations.
3. A record in this system of records may be disclosed, as a routine use, to a Member of Congress submitting a request involving an individual, to whom the record pertains, when the individual has requested assistance from the Member with respect to the subject matter of the record.
4. A record in this system of records may be disclosed, as a routine use, to a contractor of the Agency having need for the information in order to perform a contract. Recipients of information shall be required to comply with the requirements of the Privacy Act of 1974, as amended, pursuant to 5 U.S.C. 552a(m).
5. A record related to an International Application filed under the Patent Cooperation Treaty in this system of records may be disclosed, as a routine use, to the International Bureau of the World Intellectual Property Organization, pursuant to the Patent Cooperation Treaty.
6. A record in this system of records may be disclosed, as a routine use, to another federal agency for purposes of National Security review (35 U.S.C. 181) and for review pursuant to the Atomic Energy Act (42 U.S.C. 218(c)).
7. A record from this system of records may be disclosed, as a routine use, to the Administrator, General Services, or his/her designee, during an inspection of records conducted by GSA as part of that agency's responsibility to recommend improvements in records management practices and programs, under authority of 44 U.S.C. 2904 and 2906. Such disclosure shall be made in accordance with the GSA regulations governing inspection of records for this purpose, and any other relevant (*i.e.*, GSA or Commerce) directive. Such disclosure shall not be used to make determinations about individuals.
8. A record from this system of records may be disclosed, as a routine use, to the public after either publication of the application pursuant to 35 U.S.C. 122(b) or issuance of a patent pursuant to 35 U.S.C. 151. Further, a record may be disclosed, subject to the limitations of 37 CFR 1.14, as a routine use, to the public if the record was filed in an application which became abandoned or in which the proceedings were terminated and which application is referenced by either a published application, an application open to public inspection or an issued patent.
9. A record from this system of records may be disclosed, as a routine use, to a Federal, State, or local law enforcement agency, if the USPTO becomes aware of a violation or potential violation of law or regulation.

Electronic Acknowledgement Receipt

EFS ID:	42812241
Application Number:	16099390
International Application Number:	
Confirmation Number:	4717
Title of Invention:	DISTRIBUTED CONTROL IN WIRELESS SYSTEMS
First Named Inventor/Applicant Name:	Yugeswar DEENOO
Customer Number:	154930
Filer:	Harold T. Fujii/Gary Ireton
Filer Authorized By:	Harold T. Fujii
Attorney Docket Number:	11574US05
Receipt Date:	25-MAY-2021
Filing Date:	06-NOV-2018
Time Stamp:	12:30:54
Application Type:	U.S. National Stage under 35 USC 371

Payment information:

Submitted with Payment	no
------------------------	----

File Listing:

Document Number	Document Description	File Name	File Size(Bytes)/ Message Digest	Multi Part /.zip	Pages (if appl.)
1	Transmittal Letter	SYP322378US02_signed_hf.pdf	119498 <small>cb6e99a24a5f23f460ad99b763de942bbea9086d</small>	no	3

Warnings:

IPR2022-00468

Information:					
2	Non Patent Literature	1_Non-patent_document_1a.pdf	591738	no	5
			d7729f9239828f814764cef21f014794daacfa6a		
Warnings:					
Information:					
3	Foreign Reference	1_JP2008235961_translational.pdf	25161178	no	56
			7fe0379334713fe6896f540761c84d8376c8e1c5		
Warnings:					
Information:					
4	Foreign Reference	2_JP2013528009_translational.pdf	14266845	no	35
			26e8e2ca6b313257ba1e7430b6ea83ff25c3dd50		
Warnings:					
Information:					
5	Foreign Reference	3_WO201111233_translational.pdf	23175414	no	81
			3e232a512f0e24721bbc332a4ddf395e96742dab		
Warnings:					
Information:					
6	Foreign Reference	4_WO2015045658_translational_Part1.pdf	25937884	no	117
			24d608d00f04e6967d46eb3058686fe3af04bab6		
Warnings:					
Information:					
7	Foreign Reference	4_WO2015045658_translational_Part2.pdf	17052621	no	27
			e554f1e4b8bd4797113f530940393b48658f9b4e		
Warnings:					
Information:					
8	Foreign Reference	5_WO2015080646a.pdf	10514349	no	59
			73f47c932c8bf5661b1f5646747cee4ca5daa502		
Warnings:					
Information:					

9	Foreign Reference	6_WO2016130354a.pdf	25883311	no	156
			c40cc45988da44fc14dd5ac0bed18210444b7441		

Warnings:

Information:

10	Foreign Reference	7_JP2017503386_translational_Part1.pdf	26085158	no	55
			428f1f8c9475a4e8de3eccdb3d09fd2f093961		

Warnings:

Information:

11	Foreign Reference	7_JP2017503386_translational_Part2.pdf	16828133	no	44
			c2f87b30b6f3f524c1738ecf04c0dc048d51d725		

Warnings:

Information:

12	Information Disclosure Statement (IDS) Form (SB08)	SYP322378US02_IDSa.pdf	1454791	no	4
			2fb3d97433b9e0ecc0f551fe3f764bf2a4812da7		

Warnings:

Information:

This is not an USPTO supplied IDS fillable form

Total Files Size (in bytes): 187070920

This Acknowledgement Receipt evidences receipt on the noted date by the USPTO of the indicated documents, characterized by the applicant, and including page counts, where applicable. It serves as evidence of receipt similar to a Post Card, as described in MPEP 503.

New Applications Under 35 U.S.C. 111

If a new application is being filed and the application includes the necessary components for a filing date (see 37 CFR 1.53(b)-(d) and MPEP 506), a Filing Receipt (37 CFR 1.54) will be issued in due course and the date shown on this Acknowledgement Receipt will establish the filing date of the application.

National Stage of an International Application under 35 U.S.C. 371

If a timely submission to enter the national stage of an international application is compliant with the conditions of 35 U.S.C. 371 and other applicable requirements a Form PCT/DO/EO/903 indicating acceptance of the application as a national stage submission under 35 U.S.C. 371 will be issued in addition to the Filing Receipt, in due course.

New International Application Filed with the USPTO as a Receiving Office

If a new international application is being filed and the international application includes the necessary components for an international filing date (see PCT Article 11 and MPEP 1810), a Notification of the International Application Number and of the International Filing Date (Form PCT/RO/105) will be issued in due course, subject to prescriptions concerning national security, and the date shown on this Acknowledgement Receipt will establish the international filing date of the application.

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Appl. No.: 16/099390
First Named Inventor: Yugeswar DEENOO
Filing Date: Nov 06 2018
Title: DISTRIBUTED CONTROL IN WIRELESS SYSTEMS
Group Art Unit: 2415
Examiner: OVEISSI, MANSOUR
Confirmation No.: 4717
Attorney Docket No.: 11574US05

TRANSMITTAL LETTER for INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

Applicant(s) wish to disclose the following information listed on the attached Information Disclosure Statement by Applicant (IDS).

This submission should not be construed as a representation that a search has been made or as an admission that any or all information on the attached IDS is prior art or is either relevant or material to patentability. Nevertheless, in the interest of full disclosure and good faith, Applicant(s) submit the information for consideration by the Examiner and request the Examiner initial the attached IDS, indicating the Examiner has considered the listed information.

I. This IDS is being submitted pursuant to 37 CFR § 1.97(b) during one of the following time periods:

- (1) Within three months of the filing date of a national application other than a Continued Prosecution Application under 37 CFR § 1.53(d);
- (2) Within three months of the date of entry of the national stage as set forth in 37 CFR § 1.491 in an international application;
- (3) Before the mailing of a first Office Action on the merits;
- (4) Before the mailing of a first Office Action after the filing of a Request for Continued Examination under 37 CFR § 1.114; or
- (5) Within three months of the date of publication of the international registration under Hague Agreement Article 10(3) in an international design application.

II. This IDS is being submitted pursuant to 37 CFR § 1.97(c) after the period specified in 37 CFR § 1.97(b), but before the mailing date of a final Office Action under 37 CFR § 1.113, a Notice of Allowance under 37 CFR § 1.311, or an action that otherwise closes prosecution in the application. Furthermore, this IDS is accompanied by one of the following:

A. The fee set forth in 37 CFR § 1.17(p); or

B. The statement specified in 37 CFR § 1.97(e):

(1) Each item of information contained in the IDS was first cited in any communication from a foreign patent office in a counterpart foreign application not more than three months prior to the filing of the IDS.

(2) No item of information contained in the IDS was cited in a communication from a foreign patent office in a counterpart foreign application, and, to the knowledge of the person signing this certification after making reasonable inquiry, no item of information contained in the IDS was known to any individual designated in 37 CFR § 1.56(c) more than three months prior to the filing of the IDS.

III. This IDS is being submitted pursuant to 37 CFR § 1.97(d) after the period specified in 37 CFR § 1.97(c), but on or before the payment of the issue fee.

Furthermore, this IDS is accompanied by both:

A. The fee set forth in 37 CFR § 1.17(p); and

B. The statement specified in 37 CFR § 1.97(e):

1. Each item of information contained in the IDS was first cited in any communication from a foreign patent office in a counterpart foreign application not more than three months prior to the filing of the IDS.

2. No item of information contained in the IDS was cited in a communication from a foreign patent office in a counterpart foreign application, and, to the knowledge of the person signing this certification after making reasonable inquiry, no item of information contained in the IDS was known to any individual designated in 37 CFR § 1.56(c) more than three months prior to the filing of the IDS.

The Commissioner is hereby authorized to charge any underpayment or credit any overpayment to Deposit Account No. 19-3195.

Respectfully submitted,

Dated: May 24, 2021

By: /Harold T. Fujii/
Harold T. Fujii
Reg. No. 38458

XSENSUS LLP	
Address:	200 Daingerfield Road Suite 201 Alexandria VA 22314
Customer Number:	154930