

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2015年8月27日(27.08.2015)



(10) 国際公開番号
WO 2015/125857 A1

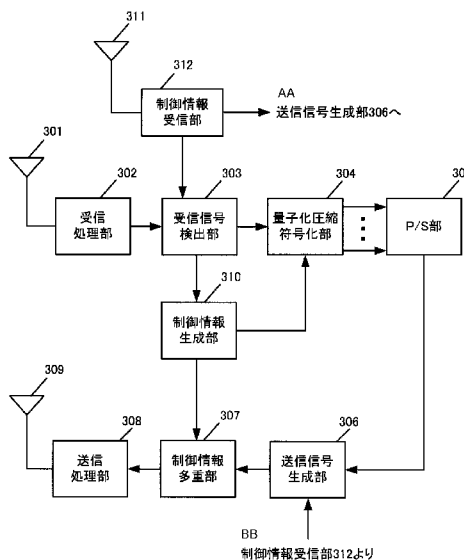
- (51) 国際特許分類:
H03M 13/45 (2006.01) *H04L 1/00* (2006.01)
H03M 7/30 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/054596
- (22) 国際出願日: 2015年2月19日(19.02.2015)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2014-029744 2014年2月19日(19.02.2014) JP
- (71) 出願人: シャープ株式会社(SHARP KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒5458522 大阪府大阪市阿倍野区長池町2番2号 Osaka (JP). 国立大学法人大阪大学(OSAKA UNIVERSITY) [JP/JP]; 〒5650871 大阪府吹田市山田丘1番1号 Osaka (JP).
- (72) 発明者: 後藤 淳悟(GOTO Jungo). 中村 理(NAKAMURA Osamu). 浜口 泰弘(HAMAGUCHI Yasuhiro). 衣斐 信介(IBE Shinsuke); 〒5650871 大阪府吹田市山田丘1番1号 国立大学法人大阪大学

- 内 Osaka (JP). 三瓶 政一(SAMPEI Seichi); 〒5650871 大阪府吹田市山田丘1番1号 国立大学法人大阪大学内 Osaka (JP). 宮本 伸一(MIYAMOTO Shinichi); 〒5650871 大阪府吹田市山田丘1番1号 国立大学法人大阪大学内 Osaka (JP). 阪口 啓(SAKAGUCHI Kei); 〒5650871 大阪府吹田市山田丘1番1号 国立大学法人大阪大学内 Osaka (JP).
- (74) 代理人: 船山 武, 外(FUNAYAMA Takeshi et al.); 〒1006620 東京都千代田区丸の内一丁目9番2号 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK,

[続葉有]

(54) Title: WIRELESS COMMUNICATION DEVICE AND WIRELESS COMMUNICATION METHOD

(54) 発明の名称: 無線通信装置および無線通信方法



302 Reception processing unit
303 Reception signal detection unit
304 Quantization compression encoding unit
305 P/S unit
306 Transmission signal generation unit
307 Control information multiplexing unit
308 Transmission processing unit
310 Control information generation unit
312 Control information reception unit
AA To transmission signal generation unit (306)
BB From control information reception unit (312)

(57) Abstract: This communication device, which relays a received data signal, has: a reception quality measurement unit that calculates propagation characteristics; and a quantization compression encoding unit that, on the basis of a threshold, performs quantization compression of a logarithmic likelihood ratio obtained from a reception signal. The quantization compression encoding unit has a plurality of thresholds used in quantization, and switches between same.

(57) 要約: 受信したデータ信号を中継する通信装置であって、伝搬特性を算出する受信品質測定部と、受信信号より得られた対数尤度比を閾値に基づいて量子化圧縮する量子化圧縮符号化部とを有し、前記量子化圧縮符号化部は、量子化に用いる前記閾値を複数有し、切り替える。

WO 2015/125857 A1



SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ,
GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK,

規則 4.17 に規定する申立て:

- 不利にならない開示又は新規性喪失の例外に関する申立て (規則 4.17(v))

添付公開書類:

- 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：無線通信装置および無線通信方法

技術分野

[0001] 本発明は、無線通信装置および無線通信方法に関する。

本願は、2014年2月19日に、日本に出願された特願2014-029744号に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

背景技術

[0002] 近年では、スマートフォンに代表されるような無線通信機能を持った電子機器が多く普及し、複数の無線ノードが偏在するようなマルチノード環境が多く構築されている。また、伝送速度の高速大容量な通信の需要も年々増加しており、無線通信の広帯域化が必要となってきた。また、高速大容量化のために送信電力を増加することは端末装置の小型化の観点からは好ましくないが、送信電力を増加させなければ、無線通信環境下では距離減衰やフェージング、シャドウイング等の影響により、宛先ノードの基地局装置における受信信号対雑音電力比（SNR: Signal to Noise power Ratio）が低下し、通信品質が劣化してしまう。そこで、端末装置と基地局装置の間に中継ノードを配置し、基地局装置の受信SNRを高める、協力中継伝送が有効である。

[0003] 中継伝送では、送信ノードである端末装置、宛先ノードである基地局装置、ノード間に存在するノードである中継局装置を介してデータの授受を行う方式である。一般に、中継伝送法は非再生中継と再生中継に大別される。非再生中継のひとつとしてAF（Amplify-and-Forward）法が挙げられる。AF法では、中継ノードに到来した信号の波形を維持し電力を増幅し伝送する。この手法は、中継器構成は簡易であるものの、受信信号成分を増幅する際に雑音成分までも増幅する問題がある。

[0004] 一方、DF（Decode-and-Forward）法では中継ノードにおける雑音やフェージングに対する影響を緩和するため、通信路符号化による前方誤り訂正（FEC: Forward Error Correction）を利用し中継ノードにて信号を復号したのち

一度情報を再生し、再び符号化と変調を施し伝送する。この手法ではAF法で発生する雑音の強調問題は回避されるものの、再生する際に判定誤りが発生する可能性があり、この誤りが宛先ノードまで伝搬する。このとき、誤り訂正技術においてShannon 限界に近い通信路符号である低密度パリティ検査符号 (LDPC code: Low Density Parity Check code)やターボ符号などを用いることにより中継ノードにおける判定誤りを大幅に低減することが可能となる。しかしながら、強力な通信路符号化を採用したとしても、宛先ノードに至るまでに判定誤りが発生してしまうような非常に低SNRである状況では、判定誤り伝搬により宛先ノードでのビット誤り率特性に改善不可能なエラーフロアが発生してしまう。DF法では、中継ノードの復号過程で得られる復号器出力外部あるいは事後対数尤度比 (LLR: Log Likelihood Ratio) を1ビットに硬判定し宛先ノードへと転送している。この硬判定という操作を行った結果判定誤りが発生してしまうことが、宛先ノードにおけるエラーフロアの要因となっている。

[0005] このエラーフロアの要因を取り除くため、アナログ値である復号器出力外部LLRを効率的に宛先ノードへ転送するDAF (Decode-Amplify-and-Forward) 法が提案されている (非特許文献1 参照)。この手法は、アナログ値であるLLR、あるいはLLRの信頼性に応じた軟送信シンボルを宛先ノードへと転送する。しかしながら、DAF法ではアナログ値である転送信号に対して宛先ノードでガウス性雑音が付加されるため、受信信号の尤度関数の表現が複雑なものとなるため解析が困難となる。また、転送信号のPAPR (Peak to Average power Ratio) が高くなるため、効率的な中継方式であるとは言えない。

[0006] このような問題を背景に、アナログ値である外部LLRを転送するのではなく、そのLLRを数ビットに量子化した系列を転送する再生量子化中継DQF (Decode-Quantize-and-Forward) 法が提案されている (非特許文献2 参照)。DQF法は、多ビットの硬判定値を活用するため、すべてのビットが判定誤りとならない限り、DF伝送よりも低いビット誤り率 (BER: Bit Error Rate)を達成することができる。

先行技術文献

非特許文献

[0007] 非特許文献1: X. Bao, and J. Li, "Efficient message relaying for wireless user cooperation: Decode-amplify-forward(DAF) and hybrid DAF and coded-cooperation," IEEE Trans. Commun., vol. 6, no. 11, pp. 3975-3984, Nov. 2007.

非特許文献2: Y. Nogawa, S. Ibi, and S. Sampei, "An iterative unified decoding for decode-quantize-forward relaying," in Proc. VTC, Dresden, Germany, June 2013.

非特許文献3: J. Garcia-Frias, and Y. Zhao, "Near-Shannon/Slepian-Wolf performance for unknown correlated sources over AWGN channels," IEEE Trans, Commun., vol. 53, no. 4, pp. 555-559, Apr. 2005.

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] しかしながら、DQF法によるBER特性の改善度合いは多ビットに量子化するための閾値の設定に大きく依存することから、閾値を適切に設定しないとBER特性が劣化する問題があった。

[0009] 本発明は上記の点に鑑みてなされたものであり、DQF法の量子化に用いる閾値を通信路状況に応じて適応的に設定する。

課題を解決するための手段

[0010] (1) 本発明は上記の課題を解決するためになされたものであり、本発明の一態様は、受信したデータ信号を中継する通信装置であって、伝搬特性を算出する受信品質測定部と、受信信号より得られた対数尤度比を閾値に基づいて量子化圧縮する量子化圧縮符号化部とを有するように構成してもよく、前記量子化圧縮符号化部は、量子化に用いる前記閾値を複数有するように構成してもよく、切り替えるように構成してもよい。

[0011] (2) また、本発明の他の態様は、前記量子化圧縮符号化部は、量子化に

用いる前記複数の閾値を、前記伝搬特性に基づいて切り替えるように構成してもよい。

[0012] (3) また、本発明の他の態様は、前記量子化圧縮符号化部は、量子化に用いる前記閾値を、等価振幅利得の値に基づいて決定するように構成してもよい。

[0013] (4) また、本発明の他の態様は、前記量子化圧縮符号化部は、等価振幅利得に重み係数を乗算した値を量子化に用いる前記閾値とした場合の誤り率特性を予め論理テーブル化し、該論理テーブルに基づいて量子化に用いる前記閾値を決定するように構成してもよい。

[0014] (5) また、本発明の他の態様は、前記量子化圧縮符号化部は、等価振幅利得と、中継信号の受信装置で得られる前記対数尤度比の硬判定値との組合せ毎の誤り率を論理テーブル化し、前記論理テーブルに基づいて量子化に用いる前記閾値を決定するように構成してもよい。

[0015] (6) また、本発明の他の態様は、前記通信装置は、前記量子化圧縮に用いる前記閾値と等価振幅利得を制御情報として生成する制御情報生成部と、前記制御情報生成部が生成する前記制御情報を送信する送信処理部とを有するように構成してもよい。

[0016] (7) また、本発明の他の態様は、前記制御情報生成部は複数のサブキャリアを1または複数のグループにグループ化し、該グループに対応する閾値を生成するように構成してもよい。

[0017] (8) また、本発明の他の態様は、通信装置より対数尤度比を複数ビットに量子化されたビット列より生成された中継信号を受信する基地局装置であって、少なくとも前記通信装置で量子化に用いる閾値を制御情報として受信する制御情報検出部と、前記通信装置の受信品質に応じて設定される前記閾値により量子化された信号を受信し、前記受信信号から対数尤度比を算出する受信信号検出部と、前記対数尤度比より送信装置のビット列を推定する量子化復号部とを有するように構成してもよい。

[0018] (9) また、本発明の他の態様は、前記制御情報検出部は、前記通信装置

で得られる等価振幅利得を制御情報として受信するように構成してもよい。

発明の効果

[0019] 本発明によれば、DQF法を用いる中継伝送において、中継するLLRの量子化を効率的に実現し、その結果システムスループットが改善する。

図面の簡単な説明

[0020] [図1]本発明に係るシステムの構成の一例を示す図である。

[図2]本発明に係る端末装置13の構成の一例を示す図である。

[図3]本発明に係る送信信号生成部101の構成の一例を示す図である。

[図4]本発明に係る送信信号生成部101の構成の一例を示す図である。

[図5]本発明に係る中継局装置の構成の一例を示す図である。

[図6]本発明に係る受信信号検出部303の構成の一例を示す図である。

[図7]本発明に係る受信信号検出部303の構成の一例を示す図である。

[図8]本発明に係る基地局装置10の構成の一例を示す図である。

[図9]本発明に係る基地局装置10の構成の一例を示す図である。

[図10]本発明に係る受信信号検出部604の構成の一例を示す図である。

[図11] $|h_{2,1}|^2 E_s / N_0 = 8 \text{ dB}$ の場合のシミュレーション特性の一例を示す図である。

[図12] $|h_{2,1}|^2 E_s / N_0 = 4 \text{ dB}$ の場合のシミュレーション特性の一例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0021] (第1の実施形態)

以下、図面を参照しながら、実施形態について説明する。図1は、本発明に係るシステムの構成の一例を示す。該システムは、基地局装置 (eNB: evolved Node B) 10、中継局装置 (RS: Relay Station) 11、12、端末装置 (UE: User Equipment) 13 から構成される。なお、端末装置の数は1に限定されない他、端末装置のアンテナ数は1であっても良いし、複数であっても良い。また、基地局装置10と中継局装置11、12のアンテナ数は、1であっても良いし、複数であっても良い。さらに、本実施形態の説明では、無線

で通信を行うことを前提としているが、端末装置と中継局装置、中継局装置と基地局装置は有線によって接続されていてもよい。また、アップリンクの中継を例に説明を行うが、ダウンリンクの中継に適用してもよい。同図の中継局装置 11、12 は、端末装置 13 より送信された信号を中継する通信装置である。中継局装置 11、12 は端末装置 13 の送信信号をそれぞれ受信し、信号検出する。ここで、信号検出は、誤り訂正復号処理までを行い、復号後の外部あるいは事後対数尤度比 (LLR: Log Likelihood Ratio) を得る。中継局装置 11、12 は、復号器出力の LLR を伝搬状況に応じた閾値を用いて量子化を行い、量子化したビットから送信信号を生成して、基地局装置 10 へ送信する。

[0022] 図 2 に、本発明に係る端末装置 13 の構成の一例を示す。ただし、本発明に必要な最低限のブロックを示している。端末装置 13 は、基地局装置 10 もしくは中継局装置 11、12 より送信された制御情報を受信アンテナ 104 で受信する。この制御情報には、データ伝送に用いる送信パラメータが含まれる。制御情報受信部 105 は、受信信号をベースバンド周波数にダウンコンバートし、A/D (Analog/Digital ; アナログ／デジタル) 変換し、デジタル信号から CP (Cyclic Prefix) を除去する。その後、制御情報受信部 105 は、検出した制御情報に含まれる送信パラメータを送信信号生成部 101 に出力する。送信信号生成部 101 は、基地局装置 10 へ送信するデータビット列が入力される。

[0023] 図 3 に、本発明に係る送信信号生成部 101 の構成の一例を示す。同図より、送信信号生成部 101 はデータビット列を符号化部 201 に入力する。符号化部 201 は、入力されたデータビット列に対し、誤り訂正符号の符号化を施す。誤り訂正符号には、例えば、ターボ符号や LDPC (Low Density Parity Check) 符号、畳み込み符号などが用いられる。符号化部 201 で施す誤り訂正符号の種類や符号化率は、送受信装置で予め決められていても良いし、送受信機会毎に制御情報として通知されても良い。誤り訂正符号化の種類や符号化率が制御情報として通知される場合は、これらの情報が制御情報受

信部 105 より符号化部 201 へ入力される。

- [0024] 変調部 202 は、変調方式の情報が制御情報受信部 105 より入力され、符号化部 201 から入力された符号化ビット列に対して変調を施すことで、変調シンボル列を生成する。変調方式には、例えば、QPSK (Quaternary Phase Shift Keying; 四相位相偏移変調)、16QAM (16-ary Quadrature Amplitude Modulation; 16 直交振幅変調) や 64QAM などがある。変調部 202 は、生成した変調シンボル列を信号割当部 203 へ出力する。
- [0025] 信号割当部 203 は、制御情報受信部 105 よりデータ伝送に用いるリソース割当情報が入力され、変調部 202 より信号列入力される。信号割当部 203 は、リソース割当情報に基づいて信号列をリソースに割当て、出力する。IFFT 部 204 は、信号列を IFFT (Inverse Fast Fourier Transform) することで周波数領域信号列から時間領域信号列に変換する。ここで、端末装置は参照信号を生成し、データ信号と周波数もしくは時間で多重して送信する。
- [0026] 送信処理部 102 は、時間領域信号列に CP を挿入し、D/A (Digital/Analog; デジタル/アナログ) 変換でアナログの信号に変換し、変換後の信号を伝送に使用する無線周波数にアップコンバートする。送信処理部 102 は、アップコンバートした信号を、PA (Power Amplifier) で増幅し、増幅後の信号を、送信アンテナ 103 を介して送信する。以上のように、端末装置は、OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 信号を送信する。ただし、端末装置が送信する信号は広帯域シングルキャリアとしても良く、その場合は送信信号生成部 101 の構成例は図 4 となる。図 4 の送信信号生成部 101 の構成例と図 3 の構成例の違いは DFT 部 205 のみであり、それ以外は同一の処理となる。また狭帯域のシングルキャリア伝送や CDMA (Code Division Multiple Access)、OFDM 以外のマルチキャリア伝送等にも適用可能である。
- [0027] 図 5 に、本発明に係る中継局装置の構成の一例を示す。端末装置のデータを中継する中継局装置は N_{RS} 個存在するが、本実施形態ではすべて同図の構

成例とし、代表して i 番目の中継局装置の構成例について説明する。中継局装置は、受信アンテナ 3 1 1 で端末装置がデータ伝送に用いる送信パラメータを含む制御情報を受信し、制御情報受信部 3 1 2 に入力する。制御情報受信部 3 1 2 は、受信信号をベースバンド周波数にダウンコンバートし、A/D変換し、デジタル信号からCPを除去する。制御情報受信部 3 1 2 はCP除去後の制御情報から端末装置が用いた送信パラメータを抽出し、受信信号検出部 3 0 3 に入力する。また、制御情報受信部 3 1 2 は中継伝送に用いる送信パラメータを抽出し、送信信号生成部 3 0 6 に入力する。

[0028] 中継局装置は、受信アンテナ 3 0 1 で端末装置から送信されたデータを受信する。ここで、同図の中継局装置のデータ受信に用いるアンテナ数は 1 としているが、複数存在しても良い。受信処理部 3 0 2 は受信信号をベースバンド周波数にダウンコンバートし、A/D変換し、デジタル信号からCPを除去する。さらに、受信処理部 3 0 2 はデジタル信号からCPを除去した信号を受信信号検出部 3 0 3 に入力する。

[0029] 図 6 に、本発明に係る受信信号検出部 3 0 3 の構成の一例を示す。FFT部 4 0 1 は、入力された受信信号列を高速フーリエ変換により時間領域信号列から周波数領域信号列に変換し、周波数領域信号列を信号抽出部 4 0 2 に入力する。信号抽出部 4 0 2 は、制御情報受信部 3 1 2 より端末装置がデータ送信に用いたリソース割当情報が入力され、受信信号からデータ信号を抽出する。また、信号抽出部 4 0 2 は、データ信号と多重されている参照信号を分離し、受信品質測定部 4 1 0 に入力する。信号抽出部 4 0 2 は、分離した参照信号により伝搬路特性を求め、抽出した受信信号に対して無線伝搬路の歪みを補償する処理を施す。受信品質測定部 4 1 0 は、参照信号列より受信品質の測定を行う。ここで、測定する受信品質とは受信信号対雑音電力比 (SNR: Signal to Noise power Ratio) や SINR (SINR: Signal to Interference plus Noise power Ratio) などである。受信品質測定部 4 1 0 は、受信品質情報を制御情報生成部 3 1 0 に入力する。復調部 4 0 3 は、制御情報受信部 3 1 2 より変調方式の情報が入力され、受信信号列に対して復調処理を

施し、送信されたデータビット列のLLR列 $\lambda_{i,1}$ を得る。LLR列 $\lambda_{i,1}$ は次式で表わされる。

[0030] [数1]

$$\lambda_{i,1} = \mu_{i,1} \tilde{d}_{i,1} + \nu_{i,1} \quad \dots (1)$$

[0031] ただし、 $\mu_{i,1}$ は等価振幅利得であり、 $\nu_{i,1}$ は等価雑音成分であり、BPSK (Binary Phase Shift Keying)の場合、各文字は式(2)～(4)で表わされる。

[0032] [数2]

$$\mu_{i,1} = \frac{4|h_{i,1}|^2 E_s}{N_0} \quad \dots (2)$$

[0033] [数3]

$$\nu_{i,1} = \frac{4\sqrt{E_s}|h_{i,1}|^2}{N_0} \text{Re}[h_{i,1}^* n_{i,1}] \quad \dots (3)$$

[0034] [数4]

$$\tilde{d}_{i,1} = 2d_{i,1} - 1 \quad \dots (4)$$

[0035] ただし、 $h_{i,1}$ は端末装置と中継局装置間の複素フェージング係数、 E_s は送信信号のエネルギー、 $\text{Re}[A]$ は複素数Aの実部、 $n_{i,1}$ は中継局装置側で付加される平均0、電力スペクトル密度 N_0 の複素ガウス雑音の周波数成分、 $d_{i,1} = \{0, 1\}$ は端末装置の送信ビット列である。

[0036] 復号部404は、制御情報受信部312より符号化率の情報に入力され、LLR列 $\lambda_{i,1}$ に対して復号処理を行う。復号部404は、復号器出力のLLR列 $\gamma_{i,1}$ を量子化圧縮符号化部304に入力する。復号器出力のLLR列 $\gamma_{i,1}$ の等価

振幅利得は、次式で表わされる。

[0037] [数5]

$$\mu_{i,1} = \sqrt{\mathbf{E}\left\{\left|\lambda_{i,1}\right|^2\right\} + 1} - 1 \quad \cdots (5)$$

[0038] ここで、中継局装置がシングルキャリア信号を受信する場合は、受信信号検出部303の構成例は図7となる。同図と図6の違いは、信号抽出部402と等化部405とIDFT部406である。シングルキャリア信号を受信時は、信号抽出部402は、データ信号と参照信号の抽出のみを行い、無線伝搬路の歪みを補償する処理は行わない。等化部405は、端末装置がデータ信号と多重して送信している参照信号が信号抽出部402より入力され、参照信号より伝搬路の周波数応答を推定し、周波数応答の推定値よりMMS E (Minimum Mean Square Error) 規範に基づく等化重みを生成し、入力された周波数領域のデータ信号列に対して重みを乗算する。等化重みは、ZF (Zero Forcing) 基準等の他の基準を適用してもよい。IDFT部406は、周波数領域の信号列を時間領域の信号列へ変換する。それ以外の処理は同様であるため、説明を省略する。

[0039] 制御情報生成部310は、受信品質情報により、量子化に用いる閾値 η_i を決定し、量子化圧縮符号化部304に入力する。ここで、 η_i の決定方法は後述する。また、制御情報生成部310は、図示していないが受信信号検出部303より式(5)の等価振幅利得 $\mu_{i,1}$ も入力されており、等価振幅利得 $\mu_{i,1}$ と η_i を制御情報フォーマットに変換し、制御情報多重部307に入力する。また、等価振幅利得 $\mu_{i,1}$ と閾値 η_i は、サブキャリア毎に存在し、すべて制御情報として基地局装置に送信しても良いし、一部またはすべてをグループ化して制御情報として基地局装置に送信しても良い。また、閾値 $\eta_i = \mu_{i,1}$ とすることで、いずれか一方のみを制御情報として通知しても良い。また、中継局装置から基地局装置へ通知する閾値 η_i は、複数の予め決められた値のみを通知できるようにし、閾値 η_i の送信に要する制御情報量を削減しても

良い。また、端末装置と中継局装置間が広帯域シングルキャリア伝送等の周波数拡散を行う伝送方式であれば、使用する全サブキャリアで同一の等価振幅利得 $\mu_{i,1}$ となり、制御情報量を削減できる。

[0040] 受信信号検出部 303 は、復号器出力の LLR 列 $\gamma_{i,1}$ を量子化圧縮符号化部 304 に入力する。量子化圧縮符号化部 304 は、復号器出力の外部あるいは事後 LLR 列を Q ビットに量子化する。量子化の処理は、Q=2 の場合に次式により行われる。

[0041] [数6]

$$d_{i,2} = [d_{i,2}(1), d_{i,2}(2)] = \begin{cases} [1, 1] & (\eta_i \leq \gamma_{i,1}) \\ [1, 0] & (0 \leq \gamma_{i,1} < \eta_i) \\ [0, 1] & (-\eta_i \leq \gamma_{i,1} < 0) \\ [0, 0] & (\gamma_{i,1} \leq -\eta_i) \end{cases} \quad \dots (6)$$

[0042] Q が 3 以上の場合には複数の閾値が存在し、その閾値に基づいて量子化が行われる。量子化圧縮符号化部 304 は、Q ビットに量子化されたビット列 $d_{i,2}$ を P/S 部 305 に入力する。P/S 部 305 は、複数のビット列を結合し、送信信号生成部 306 に出力する。

[0043] 送信信号生成部 306 は、端末装置の送信信号生成部 101 と同様に生成する。ただし、送信パラメータは制御情報受信部 312 より入力される。なお、端末装置が OFDM 信号を送信し、中継局装置がシングルキャリア信号を送信するように、異なる波形生成法を用いても良い。制御情報多重部 307 は、データ信号と基地局装置へ送信する制御情報を多重する。送信処理部 308 は、端末装置の送信処理部 102 と同様の処理を行う。ただし、端末装置と中継局装置で異なる送信電力制御を行っても良い。

[0044] 図 8 に、本発明に係る基地局装置 10 の構成の一例を示す。基地局装置 10 は、 N_{RS} 個の中継局装置より中継信号を受信する。基地局装置 10 が受信する複数の中継局装置の信号は、異なる周波数リソースで送信されている、もしくは異なる時間スロットで送信されている、もしくは異なる周波数帯（

2 GHz帯と3.5 GHz帯など)で送信されているものとする。基地局装置10は、受信アンテナ501で中継信号を受信する。受信処理部502は、受信信号をベースバンド周波数にダウンコンバートし、A/D変換し、デジタル信号からCPを除去する。さらに、受信処理部502はデジタル信号からCPを除去した信号を制御信号分離部503に入力する。制御信号分離部503は、制御信号と中継信号を分離し、それぞれ制御情報検出部509と受信信号検出部504に入力する。制御情報検出部509は、中継局装置より送信された制御情報の等価振幅利得 $\mu_{i,1}$ と量子化の閾値 η_i を検出し、量子化復号部505に入力する。

[0045] 受信信号検出部504は、中継局装置の受信信号検出部303と同様の受信信号の検出を行う。ただし、受信信号検出部504は、受信測定部410が存在しないことと、送信パラメータは制御情報生成部506より入力される点が受信信号検出部303と異なる。それ以外の処理は同様であるため、説明を省略する。

[0046] 受信信号検出部504は、復号後のLLR列 $\gamma_{i,2} = [\gamma_{i,2}(1), \dots, \gamma_{i,2}(Q)]$ を量子化復号部505に入力する。量子化復号部505は、 N_{RS} 個の中継局装置より中継された信号の復号後のLLR列 $\gamma_2 = [\gamma_{1,2}, \dots, \gamma_{N_{RS},2}]$ が入力され、 $P[d=1 | \gamma_2]$ と $P[d=0 | \gamma_2]$ の比較により、端末装置が送信した d を得る。ただし、 $P[d | \gamma_2]$ は γ_2 に条件づけられた d の確率密度関数である。事後確率 $P[d | \gamma_2]$ は次式で与えられる。

[0047] [数7]

$$P[d | \gamma_2] = \sum_{d_2} P[d, d_2 | \gamma_2] \quad \dots (7)$$

[0048] ただし、 $d_2 = [d_{1,2}, \dots, d_{N_{RS},2}]$ であり、式(7)はベイズ則により次式に変形できる。

[0049]

[数8]

$$P[d|\gamma_2] = \frac{\sum_{d_2} P[\gamma_2|d, d_2] P[d, d_2]}{P[\gamma_2]} = \frac{\sum_{d_2} P[\gamma_2|d_2] P[d_2|d]}{P[\gamma_2] P[d]} \propto \sum_{d_2} \left(\prod_{i=1}^{N_{RS}} \prod_{q=1}^Q P[\gamma_{i,2}(q)|d_{i,2}(q)] \right) \left(\prod_{i=1}^{N_{RS}} P[d_{i,2}|d] \right) \quad \dots (8)$$

[0050] ただし、 $A \propto B$ にAはBに比例することを意味する。これは、端末装置が送信したデータビット列の0もしくは1の確率が等確率であることを想定し、 $P[d]$ は $1/2$ 、 $P[\gamma_2]$ は定数のためである。 $P[\gamma_{i,2}(q)|d_{i,2}(q)]$ は次式で与えられる。

[0051] [数9]

$$P[\gamma_{i,2}(q)|d_{i,2}(q)] \propto \exp \left[-\frac{(\gamma_{i,2}(q) - \mu_{i,2} \tilde{d}_{i,2}(q))^2}{4\mu_{i,2}} \right] \propto \exp \left[\frac{\gamma_{i,2}(q) \tilde{d}_{i,2}(q)}{2} \right] \quad \dots (9)$$

[0052] ただし、 $\tilde{d}_{i,2}$ のハットは $d_{i,2}$ を式(4)と同様に算出した値であり、 $\mu_{i,2}$ は基地局装置で得られた等価振幅利得である。式(8)の $P[d_{i,2}(q)|d]$ の算出方法は、非特許文献3の方法がある。以下、説明を簡単にするため、 $N_{RS}=2$ として説明する。まず、次式により相関値 $\rho(q)$ を得る。

[0053] [数10]

$$\rho(q) = E \left\{ (2\hat{d}_{1,2}(q) - 1)(2\hat{d}_{2,2}(q) - 1) \right\} \quad \dots (10)$$

[0054] ただし、 $\hat{d}_{1,2}$ のハットと $\hat{d}_{2,2}$ のハットは、それぞれ $\gamma_{1,2}$ と $\gamma_{2,2}$ を1ビットに硬判定した値である。各中継局の受信SNRが同程度の条件の場合に式(10)より式(11)、(12)が得られる。

[0055] [数11]

$$P[\hat{d}_{1,2}(q) = \hat{d}_{2,2}(q)] = \frac{1 + \rho(q)}{4} \quad \dots (11)$$

[0056] [数12]

$$P[\hat{d}_{1,2}(q) \neq \hat{d}_{2,2}(q)] = \frac{1 - \rho(q)}{4} \quad \dots (12)$$

[0057] 次に、次式の結合確率を算出する。

[0058] [数13]

$$P[\hat{d}_{1,2}(q), \hat{d}_{2,2}(q)] = P[d] \sum_d P[\hat{d}_{1,2}(q), \hat{d}_{2,2}(q) | d] = \frac{1}{2} \sum_d P[\hat{d}_{1,2}(q) | d] P[\hat{d}_{2,2}(q) | d] \quad \dots (13)$$

[0059] ここで、式(14)の近似と各中継局の受信SNRが同程度の条件から式(15)を得る。

[0060] [数14]

$$P[d_{i,2}(q) | d] = P[\hat{d}_{i,2}(q) | d] \quad \dots (14)$$

[0061] [数15]

$$P[d_{1,2}(q) = d | d] = P[d_{2,2}(q) = d | d] \quad \dots (15)$$

[0062] 式(11)～(15)より式(16)、(17)を得る。

[0063] [数16]

$$P[d_{i,2}(q) = d | d] = \frac{1 + \sqrt{\rho(q)}}{2} \quad \dots (16)$$

[0064] [数17]

$$P[d_{i,2}(q) \neq d | d] = \frac{1 - \sqrt{\rho(q)}}{2} \quad \dots (17)$$

[0065] これらの同時確率を得ることで、次式を得る。

[0066] [数18]

$$P[d_{i,2} | d] = P[d_{i,2}(1) | d] P[d_{i,2}(2) | d] \quad \dots (18)$$

[0067] この従来手法を式（8）に適用したとしても、各中継局装置で得られる等価振幅利得 $\mu_{i,1}$ （ $1 \leq i \leq N_{RS}$ ）が同程度の場合にしか適用できず、 $\mu_{i,1}$ が中継局装置毎に異なる場合には使用できない。

[0068] ここで、各中継局装置で得られる等価振幅利得が異なり、量子化の閾値を $\eta_i = \mu_{i,1}$ の場合に、式（18）の代わりに、次式を使用できる。

[0069] [数19]

$$P[d_{i,2} | d] \propto \exp\left(\tilde{d} \frac{\hat{\lambda}_{i,2}}{2}\right) \quad \dots (19)$$

[0070] ただし、 $\lambda_{i,2}$ のハットは次式で表わされる。

[0071] [数20]

$$\hat{\lambda}_{i,2} = \tilde{d}_{i,1}(1)\mu_{i,1} + \tilde{d}_{i,1}(2)\delta \quad \dots (20)$$

[0072] ただし、 δ は量子化の丸め誤差の影響を緩和する係数である。式（21）で与えられる $P[\mu_{i,1} \leq \gamma_{i,1} < \mu_{i,1} + \delta] = 0.25$ とすることで、 δ は式（22）により算出される。

[0073] [数21]

$$P[\mu_{i,1} \leq \gamma_{i,1} < \mu_{i,1} + \delta] = \frac{1}{2} \left(1 - \operatorname{erfc} \left(\frac{\delta}{\sqrt{4\mu_{i,1}}} \right) \right) \quad \dots (21)$$

[0074]

[数22]

$$\delta = \sqrt{4\mu_{i,1}} \operatorname{erfc}^{-1}\left(\frac{1}{2}\right) \quad \dots (22)$$

[0075] 本実施形態では、式（19）の算出法に限定されるものではなく、別の算出法を用いても良い。例えば、LLR列 $\gamma_{i,1}$ が一貫性条件を満たす確率密度関数である場合に、平均利得 $\mu_{i,1}$ 、分散 $2\mu_{i,1}$ の実数ガウス分布となり、 $P[d_{i,2} | d]$ は閾値 η_i に応じて該当する $d_{i,2}$ の範囲で積分すれば容易に求まる。そのため、 $P[d_{i,2} | d]$ は式（23）～（26）となる。

[0076] [数23]

$$P[d_{i,2} = [0,0] | d = \{0,1\}] = \frac{1}{2} \operatorname{erfc}\left(\frac{\eta_i \mp \mu_{i,1}}{2\sqrt{\mu_{i,1}}}\right) \quad \dots (23)$$

[0077] [数24]

$$P[d_{i,2} = [0,1] | d = \{0,1\}] = 1 - \frac{1}{2} \left[\operatorname{erfc}\left(\frac{\eta_i \mp \mu_{i,1}}{2\sqrt{\mu_{i,1}}}\right) + \operatorname{erfc}\left(\pm \frac{\mu_{i,1}}{2\sqrt{\mu_{i,1}}}\right) \right] \quad \dots (24)$$

[0078] [数25]

$$P[d_{i,2} = [1,0] | d = \{0,1\}] = 1 - \frac{1}{2} \left[\operatorname{erfc}\left(\frac{\eta_i \pm \mu_{i,1}}{2\sqrt{\mu_{i,1}}}\right) + \operatorname{erfc}\left(\mp \frac{\mu_{i,1}}{2\sqrt{\mu_{i,1}}}\right) \right] \quad \dots (25)$$

[0079]

[数26]

$$P[d_{i,2} = [1,1] | d = \{0,1\}] = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left(\frac{\eta_i \pm \mu_{i,1}}{2\sqrt{\mu_{i,1}}} \right) \quad \dots (26)$$

[0080] 量子化復号部505は、得られたビット列に対して巡回冗長検査（CRC：Cyclic Redundancy Check）より誤りの有無をチェックし、誤りがない場合は端末装置が送信したデータビット列を得る。量子化復号部505は、誤りの有無の情報を制御情報生成部506に入力する。

[0081] 制御情報生成部506は、復号結果より再送制御情報を生成し、図示していないが受信信号検出部で得られた周波数応答（伝搬路情報）により次のデータ伝送、中継伝送に用いるリソース割当、符号化率、変調方式などの送信パラメータの制御情報を生成し、送信処理部507に入力する。制御情報は、送信処理部507、送信アンテナ508を介して、中継局装置や端末装置へ送信される。

[0082] 次に、 η_i の決定方法について説明する。式（8）の復号処理による誤り率は、平均利得 $\mu = [\mu_{1,1}, \mu_{2,1}, \dots, \mu_{N_{RS},1}, \mu_{1,2}, \mu_{2,2}, \dots, \mu_{N_{RS},2}]$ の組合せと量子化の閾値 $\eta = [\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_{N_{RS}}]$ によって決まる。ここで、平均利得 $[\mu_{1,1}, \mu_{2,1}, \dots, \mu_{N_{RS}}]$ は中継局装置より通知される制御情報であり、制御情報検出部509より入力される。平均利得 μ は通信路状況に応じて決まる値であるのに対し、量子化の閾値 η は中継局装置が自由に決定することができる。そのため、誤り率を最小化する η を使用することが重要となる。

[0083] まず、量子化の閾値 η の決定方法として、予め計算機シミュレーションにより平均利得 μ の組合せに対する最適な閾値 η の組合せを探索する方法について示す。その一例は、閾値を $\eta_i = \mu_{i,1} w_i$ とし、 $w_i = \{0, 0.1, \dots, 1.0\}$ は重み係数とする。 η の取りうる組合せは $N_{RS} = 2$ とすると121通りあり、予め計算機シミュレーションにより得られた平均利得 μ の組合せ

に応じた η の組合せをテーブル化しておき、中継局装置はこのテーブルに基づいて決定することができる。この場合、予め決められた複数の量子化の閾値から誤り率が低くなる値を決定することを意味する。

[0084] 上記の方法は、多くの平均利得 μ の組合せで最適値を計算機シミュレーションする必要がある。ここで、計算機シミュレーションの結果を必要としない別の η_i の決定方法について説明する。まず、基地局装置で得られるLLR列 $\gamma_{i,2}(q)$ をアナログ値として圧縮符号の復号に利用する式 (8) ではなく、LLR列 $\gamma_{i,2}(q)$ を硬判定した値 $d_{i,2}(q)$ のハットを用いて、式 (7) に近似を用いて次式にする。

[0085] [数27]

$$P[d | \gamma_{i,2}] \approx P[d | \hat{d}_2] = \sum_{d_2} P[\hat{d}_2 | d_2] P[d_2 | d] \quad \dots (27)$$

[0086] ただし、 d_2 のハットは次式を意味する。

[0087] [数28]

$$\hat{d}_2 = [\hat{d}_{1,2}(1), \dots, \hat{d}_{1,2}(Q), \hat{d}_{2,2}(1), \dots, \hat{d}_{2,2}(Q), \dots, \hat{d}_{N_{RS},2}(1), \hat{d}_{N_{RS},2}(Q)] \quad \dots (28)$$

[0088] また、次式の左辺は、 $\gamma_{i,2}(q)$ の硬判定誤りを表現する確率であり、以下の結合確率で表わされる。

[0089] [数29]

$$P[\hat{d}_2 | d_2] = \prod_{i=1}^{N_{RS}} \prod_{q=1}^Q P[\hat{d}_{i,2}(q) | d_{i,2}(q)] \quad \dots (29)$$

[0090] ビット判定の成功確率と誤り確率は、一貫性条件により式 (31)、(31) となる。

[0091]

[数30]

$$P[\hat{d}_{i,2}(q) = d_{i,2}(q) | d_{i,2}(q)] = \frac{1}{2} \operatorname{erfc}\left(\frac{\sqrt{\mu_{i,2}}}{2}\right) \quad \dots (30)$$

[0092] [数31]

$$P[\hat{d}_{i,2}(q) \neq d_{i,2}(q) | d_{i,2}(q)] = 1 - \frac{1}{2} \operatorname{erfc}\left(\frac{\sqrt{\mu_{i,2}}}{2}\right) \quad \dots (31)$$

[0093] 上記の式により、以下の判定を行い、dのハットが1か、0かを判定する。

[0094] [数32]

$$P[d = 0 | \hat{d}_2] < P[d = 1 | \hat{d}_2] \quad \dots (32)$$

[0095] 上記を用いて誤り率特性が最小となる量子化の閾値 η_i を求めることができる。dのハットの検出に必要な変数は μ と、 $N_{RS} = 2$ かつ $Q = 2$ の場合16通りの d_2 のハットである。そのため、与えられた μ において、予め16通りの d_2 のハットに対して論理テーブルを用意しても良い。この場合、LLR列 $\gamma_{i,2}$ の硬判定から得られる d_2 のハットに対応するテーブルの中のdのハットを参照することで容易に復号でき、復号処理が低演算量となる。

[0096] 上記の近似復号処理を用いる場合、中継局装置と基地局装置間で硬判定誤りは生じない状況ではビット誤り率は次式で与えられる。

[0097] [数33]

$$\varepsilon = \sum_{\hat{d}_2 \in \{\hat{d}=1\}} P[d = 0 | \hat{d}_2] \quad \dots (33)$$

[0098] 式(33)を評価関数として、次式の最適 η_{opt} の探索を行うことで事前の計算機シミュレーションを行うことなく、最適値を設定することができる。

[0099] [数34]

$$\eta_{opt} = \arg \min_{\eta} f(\mu, \eta) \quad \dots (34)$$

[0100] 本実施形態では、中継局装置が端末装置の信号を受信し、量子化圧縮符号化を行うとしたが、本発明はこの中継処理を行うのは中継局装置に限定されず、例えば、端末間通信のマルチホップの際に同様の中継処理を行っても良い。この場合、ホップを行う端末装置は本実施形態で説明した量子化の閾値の決定を行い、決定した閾値に基づいてLLR列を量子化する。また、宛先の端末装置は本実施形態で説明した受信処理を行う。

[0101] 図11に、中継局装置(RS)の数 N_{RS} が2、 $Q=2$ 、変調方式をグレイ符号化QPSK、通信路符号化を無符号化、 $|h_{2,1}|^2 E_s / N_0 = 8 \text{ dB}$ 、 $|h_{1,2}|^2 E_s / N_0 = |h_{2,2}|^2 E_s / N_0 = 30 \text{ dB}$ の本実施形態のBER (Bit Error Rate) 特性を示す。同図のRS1とRS2は、それぞれ中継局装置がいずれか一方で中継伝送された場合の端末装置と基地局装置間のBER特性である。また、同図のDQFは量子化の閾値を固定($\eta_1 = \eta_2 = 8$)の場合であり、DAQFは本実施形態の閾値を適応的に制御する場合である。また、MRC(Maximum Ratio Combining)は中継局装置で受信した信号を最大比合成した場合であり、同図のシミュレーションパラメータにおけるBER特性の下限を意味する。BER特性より、本実施形態のDAQF法は $BER = 10^{-4}$ で従来のDQF法よりも1 dB改善しており、MRCの特性に近付くことがわかる。

[0102] 図12に、 $|h_{2,1}| E_s / N_0 = 4 \text{ dB}$ のBER特性を示す。同図のその他のシミュレーションパラメータは、図11と同様のため説明を省略する。図12では、端末装置間と中継局装置間の受信SNRが図11に比べて低い場合であり、従来のDQF法は中継局装置が1つのRS1のBER特性からの改善がほとんど得られない。一方、本実施形態のDAQF法ではMRCに漸近しており、 $BER = 1$

0-4でMRCとの差が0.2 dB程度であり、良好な特性を達成できることがわかる。

[0103] 以上のように本実施形態では、中継局装置がDQF法による中継伝送を行う際に、量子化圧縮符号に用いる閾値を誤り率が最小となるように設定することができる。その結果、DQF法による中継伝送を行うシステムでのスループット向上が可能となる。さらに、本実施形態では、基地局装置における量子化圧縮符号の復号処理を簡略化する手法を用いることで、低演算量での復号処理が可能となる。

[0104] (第2の実施形態)

本発明の第2の実施形態では、端末装置の送信信号を中継する複数の中継局装置が同一時刻、周波数で中継する場合について説明する。本実施形態の一例では、端末装置、中継局装置の構成例は第1の実施形態と同様であり、それぞれ図2と図5である。ただし、基地局装置の構成例は異なり、図9となる。

[0105] まず、中継局装置の中継伝送方法は同一であるが、送信信号生成部306に含まれる信号割当部203は、制御情報受信部312より入力されるリソース割当情報に基づいて、送信信号をリソースに割り当てる。ただし、本実施形態ではこのリソース割当情報は複数の中継局装置で同一であり、MIMO (Multiple Input Multiple Output) 伝送で信号が送信される点が前実施形態と異なる。その他は、前実施形態と同様であるため、中継局装置の処理の説明は省略する。

[0106] 次に、図9に示す本実施形態の基地局装置の処理を説明する。基地局装置では、N本の受信アンテナで複数の中継局装置の中継信号を受信する。受信アンテナ601-1~601-Nと受信処理部602-2~602-Nと制御情報分離部603-1~603-Nは、それぞれ図8の受信アンテナ501と受信処理部502と制御情報分離部503と同様の処理を行う。受信信号検出部604は、制御情報が分離された受信信号が制御情報分離部603-1~603-Nより入力される。図10に、発明に係る受信信号検出部6

04の構成の一例を示す。受信信号検出部604は、制御情報分離部603-1~603-Nより入力された受信信号は、それぞれFFT部701-1~701-Nに入力される。FFT部701-1~701-Nは、入力された受信信号列を高速フーリエ変換により時間領域信号列から周波数領域信号列に変換し、周波数領域信号列をそれぞれ信号抽出部702-1~702-Nに入力する。信号抽出部702-1~702-Nは、御情報生成部506より中継局装置がデータ送信に用いたリソース割当情報が入力され、受信信号からデータ信号を抽出し、MIMO分離部703に入力する。また、信号抽出部702-1~702-Nは、データ信号と多重されている参照信号を分離し、MIMO分離部703に入力する。

[0107] MIMO分離部703は、中継局装置がデータ信号と多重して送信している参照信号が信号抽出部702-1~702-Nより入力され、参照信号より伝搬路の周波数応答を推定する。MIMO分離部703は、周波数応答の推定値よりMMSE規範に基づく等化重みを生成し、入力された周波数領域のデータ信号列に対して重みを乗算することでMIMO多重された信号を分離する。MIMO分離部703での信号処理は、ZF基準等の他の基準の空間フィルタリングや、MLD (Maximum Likelihood Detection) 等の他の検出法を適用してもよい。分離された各中継局装置より送信された信号は、それぞれ復調部704-1~704- N_{RS} に入力される。復調部704-1~704- N_{RS} と復号部705-1~705- N_{RS} は、前実施形態と同様であるため、説明は省略する。ただし、複数の中継局装置より送信された信号をMIMO伝送として受信する場合は、基地局装置で得られる等価振幅利得 μ_1, μ_2 が異なる。P/S部706は複数の送信データを結合し、量子化復号部505へ出力する。量子化復号部505以降の処理は、前実施形態と同様のため、説明は省略する。

[0108] 以上のように本実施形態では、複数の中継局装置がMIMO伝送として中継信号を送信するため、中継伝送に用いる周波数リソースを少なくすることが可能となり、周波数利用効率が向上する。

[0109] 本発明に関わる基地局装置および端末装置で動作するプログラムは、本発明に関わる上記実施形態の機能を実現するように、CPU等を制御するプログラム（コンピュータを機能させるプログラム）である。そして、これら装置で取り扱われる情報は、その処理時に一時的にRAMに蓄積され、その後、各種ROMやHDDに格納され、必要に応じてCPUによって読み出し、修正・書き込みが行なわれる。プログラムを格納する記録媒体としては、半導体媒体（例えば、ROM、不揮発性メモリカード等）、光記録媒体（例えば、DVD、MO、MD、CD、BD等）、磁気記録媒体（例えば、磁気テープ、フレキシブルディスク等）等のいずれであってもよい。また、ロードしたプログラムを実行することにより、上述した実施形態の機能が実現されるだけでなく、そのプログラムの指示に基づき、オペレーティングシステムあるいは他のアプリケーションプログラム等と共同して処理することにより、本発明の機能が実現される場合もある。

[0110] また市場に流通させる場合には、可搬型の記録媒体にプログラムを格納して流通させたり、インターネット等のネットワークを介して接続されたサーバコンピュータに転送したりすることができる。この場合、サーバコンピュータの記憶装置も本発明に含まれる。また、上述した実施形態における基地局装置および端末装置の一部、又は全部を典型的には集積回路であるLSIとして実現してもよい。基地局装置および端末装置の各機能ブロックは個別にチップ化してもよいし、一部、又は全部を集積してチップ化してもよい。また、集積回路化の手法はLSIに限らず専用回路、又は汎用プロセッサで実現してもよい。各機能ブロックを集積回路化した場合に、それらを制御する集積回路制御部が付加される。

[0111] また、集積回路化の手法はLSIに限らず専用回路、又は汎用プロセッサで実現してもよい。また、半導体技術の進歩によりLSIに代替する集積回路化の技術が出現した場合、当該技術による集積回路を用いることも可能である。

[0112] また、本願発明は上述の実施形態に限定されるものではない。本願発明の

端末装置は、移動局装置への適用に限定されるものではなく、屋内外に設置される据え置き型、又は非可動型の電子機器、たとえば、A V機器、キッチン機器、掃除・洗濯機器、空調機器、オフィス機器、自動販売機、その他生活機器などに適用出来ることは言うまでもない。

[0113] 以上、この発明の実施形態に関して図面を参照して詳述してきたが、具体的な構成はこの実施形態に限られるものではなく、この発明の要旨を逸脱しない範囲の設計変更等も含まれる。また、本発明は、請求項に示した範囲で種々の変更が可能であり、異なる実施形態にそれぞれ開示された技術的手段を適宜組み合わせて得られる実施形態についても本発明の技術的範囲に含まれる。また、上記各実施形態に記載された要素であり、同様の効果を奏する要素同士を置換した構成も含まれる。

産業上の利用可能性

[0114] 本発明は、携帯電話、スマートフォン、パーソナル・コンピュータ、タブレット型コンピュータその他の端末装置、基地局装置などの通信装置の他、オフィス機器、生活機器に利用することができる。

符号の説明

- [0115] 1 0 基地局装置
1 1、1 2 中継局装置
1 3 端末装置
1 0 1 送信信号生成部
1 0 2 送信処理部
1 0 3 送信アンテナ
1 0 4 受信アンテナ
1 0 5 制御情報受信部
2 0 1 符号化部
2 0 2 変調部
2 0 3 信号割当部
2 0 4 I F F T 部

- 205 DFT部
- 301 受信アンテナ
- 302 受信処理部
- 303 受信信号検出部
- 304 量子化圧縮符号化部
- 305 P／S部
- 306 送信信号生成部
- 307 制御情報多重部
- 308 送信処理部
- 309 送信アンテナ
- 310 制御情報生成部
- 311 受信アンテナ
- 312 制御情報受信部
- 401 FFT部
- 402 信号抽出部
- 403 復調部
- 404 復号部
- 405 等化部
- 406 IDFT部
- 410 受信品質測定部
- 501 受信アンテナ
- 502 受信処理部
- 503 制御情報分離部
- 504 受信信号検出部
- 505 量子化復号部
- 506 制御情報生成部
- 507 送信処理部
- 508 送信アンテナ

509 制御情報検出部

601-1 ~ 601-N 受信アンテナ

602-1 ~ 602-N 受信処理部

603-1 ~ 603-N 制御情報分離部

604 受信信号検出部

701-1 ~ 701-N FFT部

702-1 ~ 702-N 信号抽出部

703 MIMO分離部

704-1 ~ 704-N_{RS} 復調部

705-1 ~ 705-N_{RS} 復号部

706 P/S部

請求の範囲

- [請求項1] 受信したデータ信号を中継する通信装置であって、
伝搬特性を算出する受信品質測定部と、
受信信号より得られた対数尤度比を閾値に基づいて量子化圧縮する量子化圧縮符号化部とを有し、
前記量子化圧縮符号化部は、量子化に用いる前記閾値を複数有し、切り替える通信装置。
- [請求項2] 前記量子化圧縮符号化部は、量子化に用いる前記複数の閾値を、前記伝搬特性に基づいて切り替える請求項1記載の通信装置。
- [請求項3] 前記量子化圧縮符号化部は、量子化に用いる前記閾値を、等価振幅利得の値に基づいて決定する請求項1記載の通信装置。
- [請求項4] 前記量子化圧縮符号化部は、等価振幅利得に重み係数を乗算した値を量子化に用いる前記閾値とした場合の誤り率特性を予め論理テーブル化し、該論理テーブルに基づいて量子化に用いる前記閾値を決定する請求項1記載の通信装置。
- [請求項5] 前記量子化圧縮符号化部は、等価振幅利得と、中継信号の受信装置で得られる前記対数尤度比の硬判定値との組合せ毎の誤り率を論理テーブル化し、前記論理テーブルに基づいて量子化に用いる前記閾値を決定する請求項1記載の通信装置。
- [請求項6] 前記量子化圧縮に用いる前記閾値と等価振幅利得を制御情報として生成する制御情報生成部と、
前記制御情報生成部が生成する前記制御情報を送信する送信処理部とを有する請求項1記載の通信装置。
- [請求項7] 前記制御情報生成部は、複数のサブキャリアを1または複数のグループにグループ化し、該グループに対応する閾値を生成する請求項6記載の通信装置。
- [請求項8] 通信装置より対数尤度比を複数ビットに量子化されたビット列より生成された中継信号を受信する基地局装置であって、

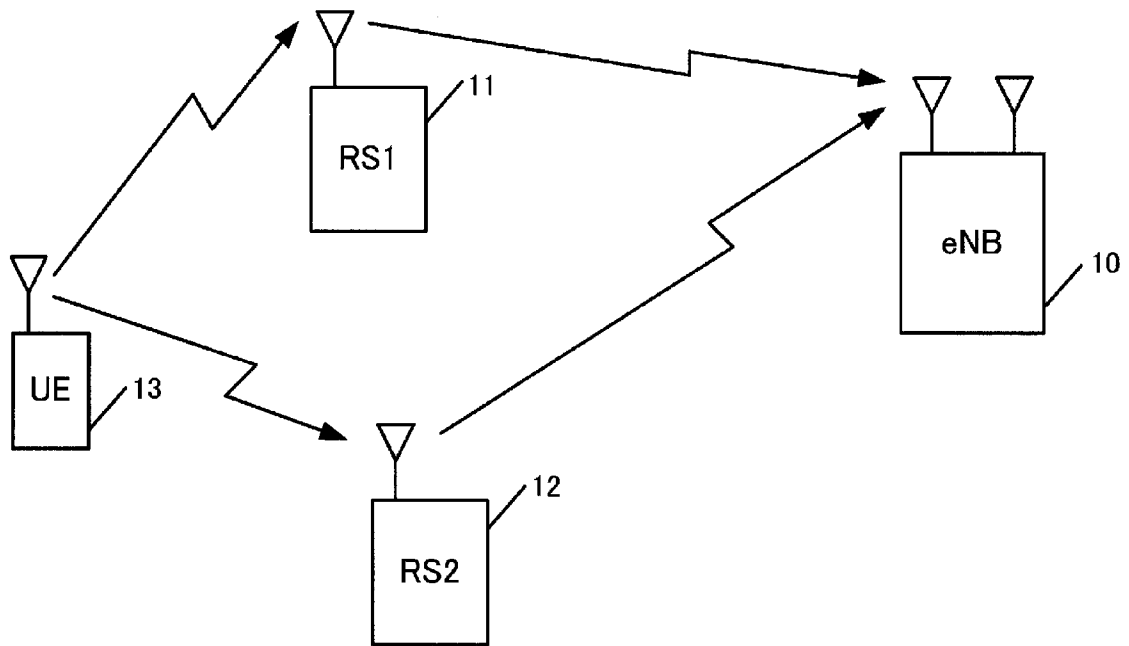
少なくとも前記通信装置で量子化に用いる閾値を制御情報として受信する制御情報検出部と、

前記通信装置の受信品質に応じて設定される前記閾値により量子化された信号を受信し、前記受信信号から対数尤度比を算出する受信信号検出部と、

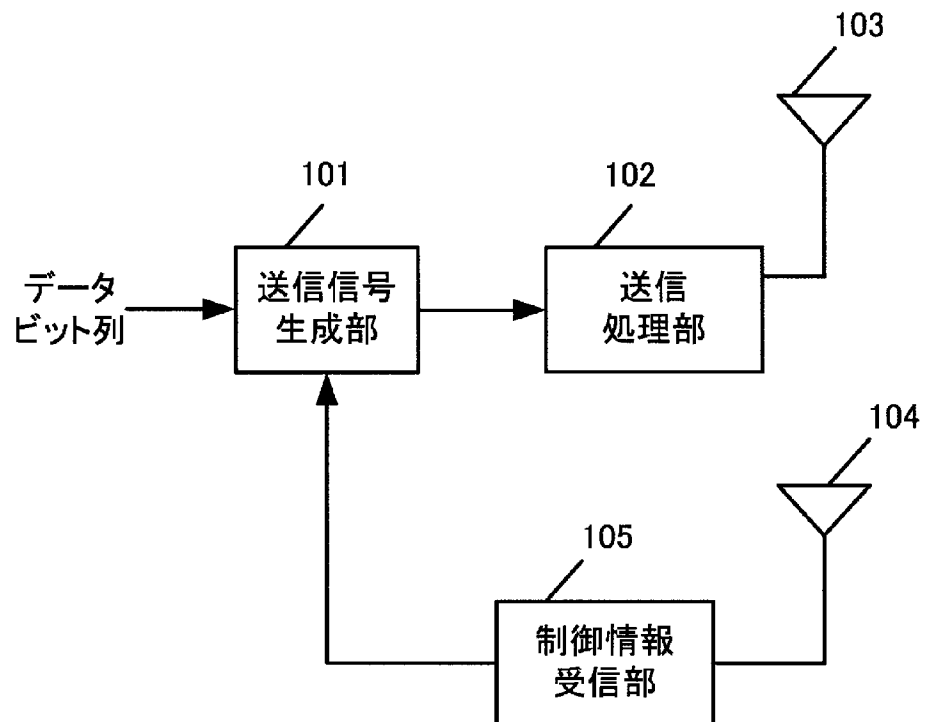
前記対数尤度比より送信装置のビット列を推定する量子化復号部とを有する基地局装置。

[請求項9] 前記制御情報検出部は、前記通信装置で得られる等価振幅利得を制御情報として受信する請求項8記載の基地局装置。

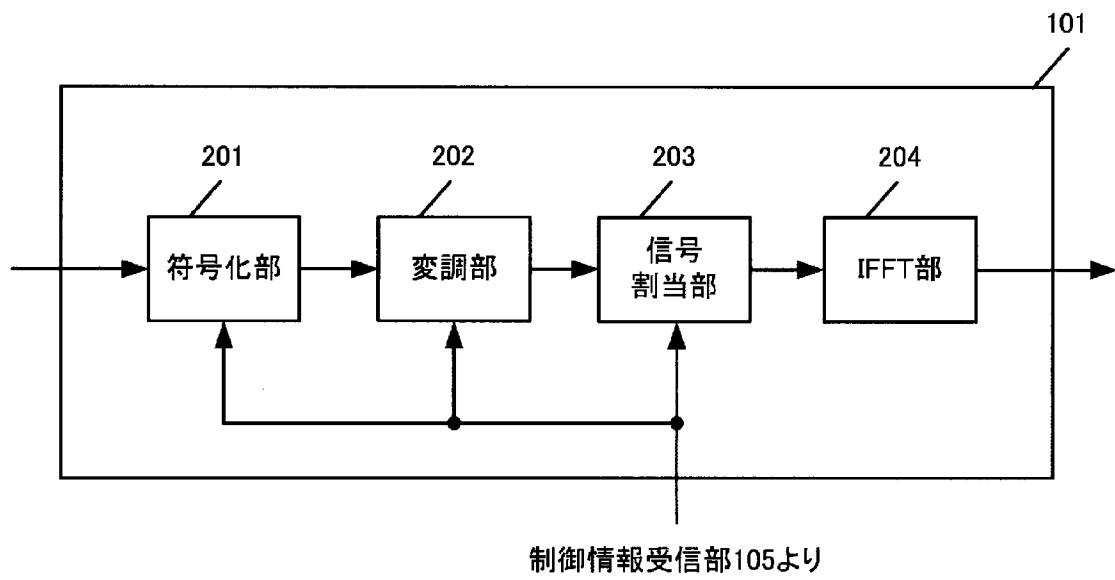
[図1]



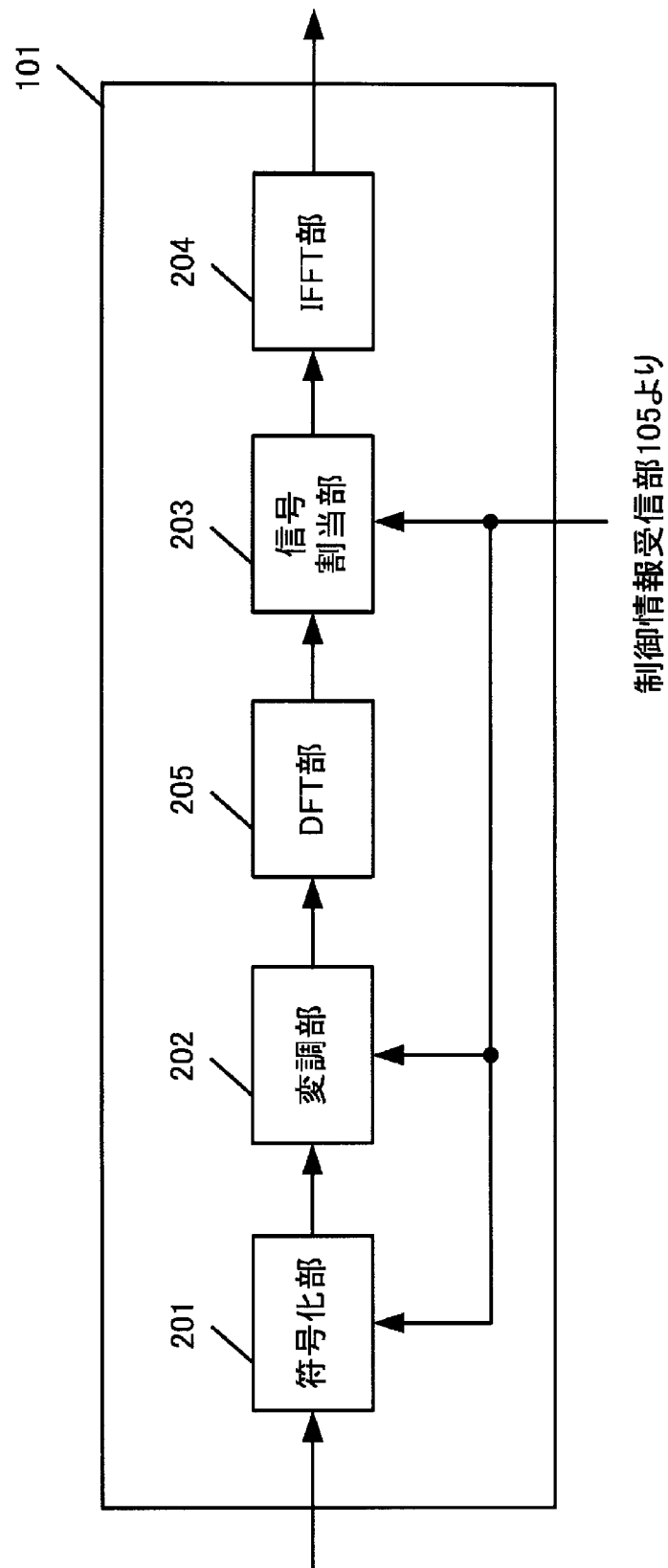
[図2]



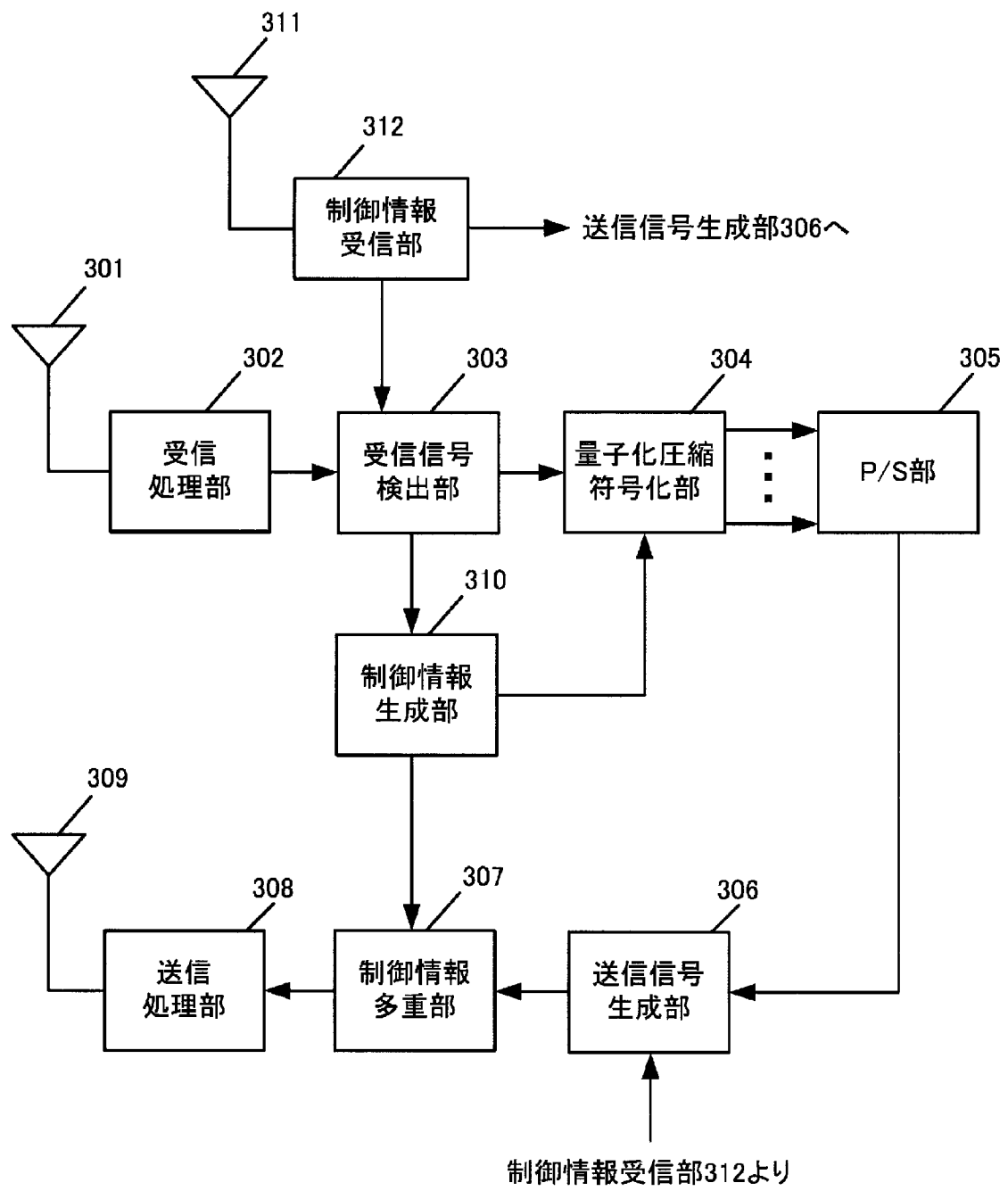
[図3]



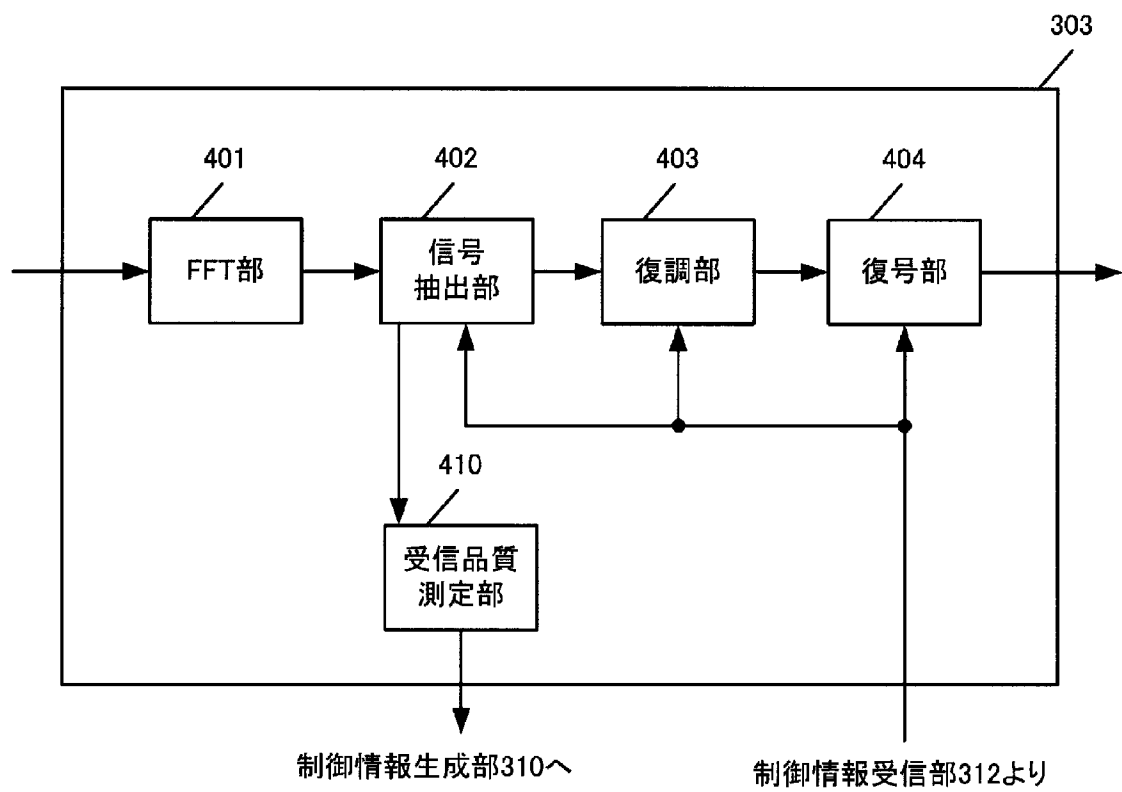
[図4]



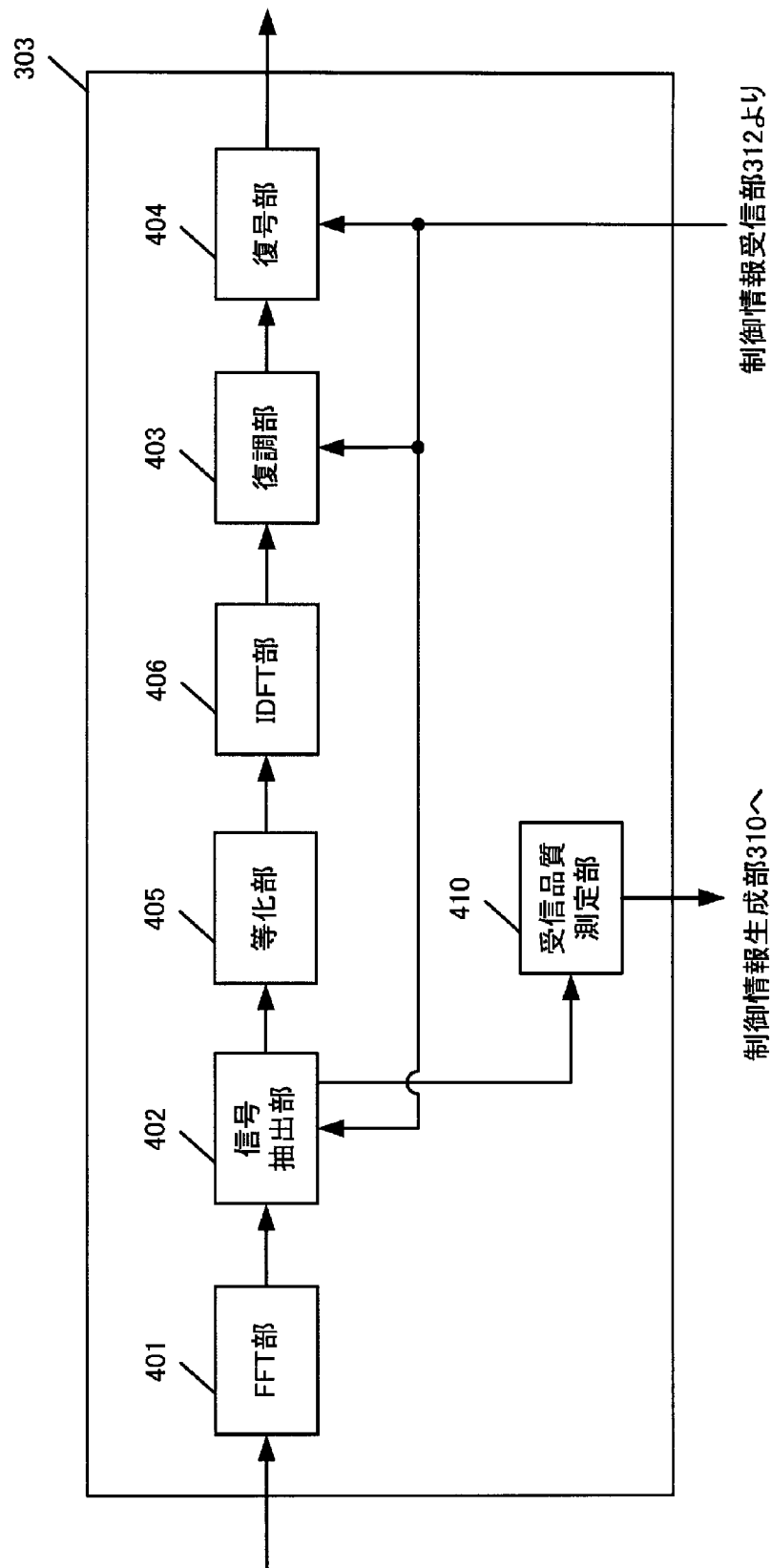
[図5]



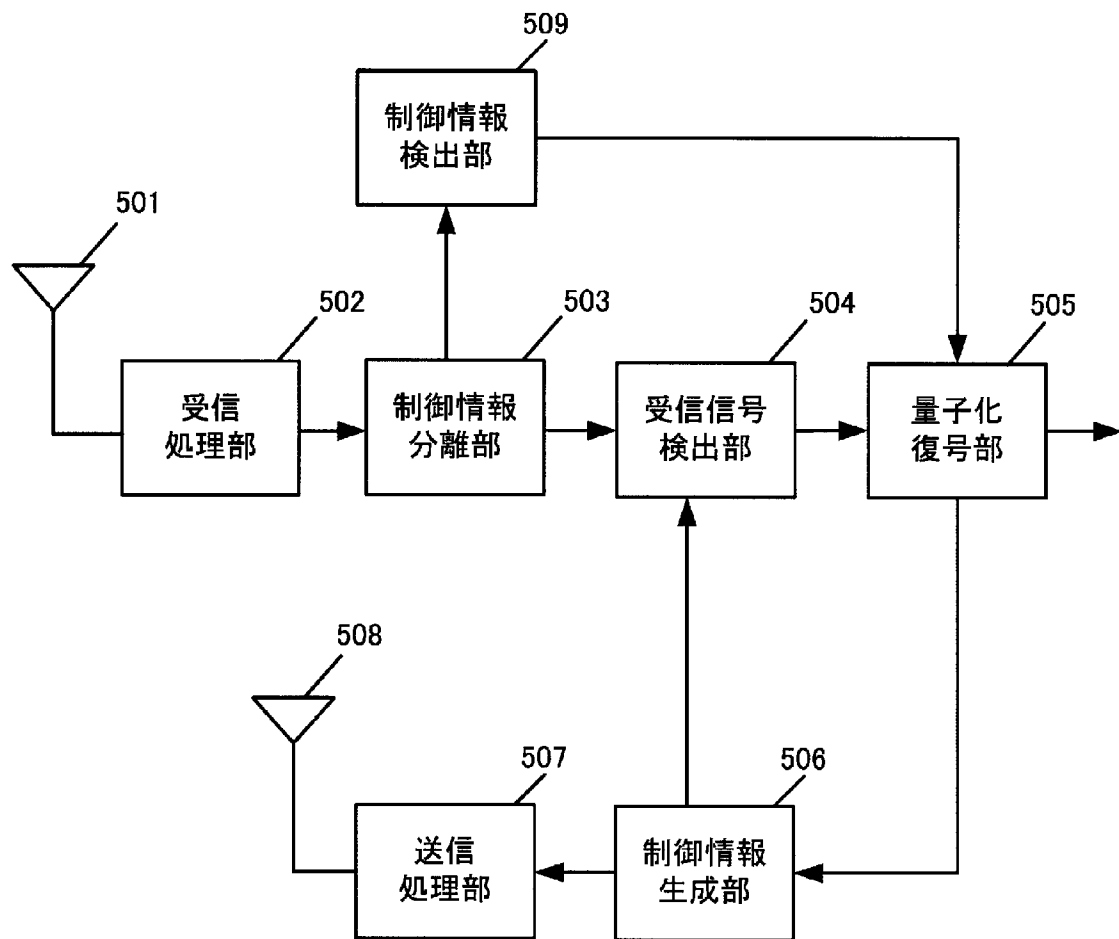
[図6]



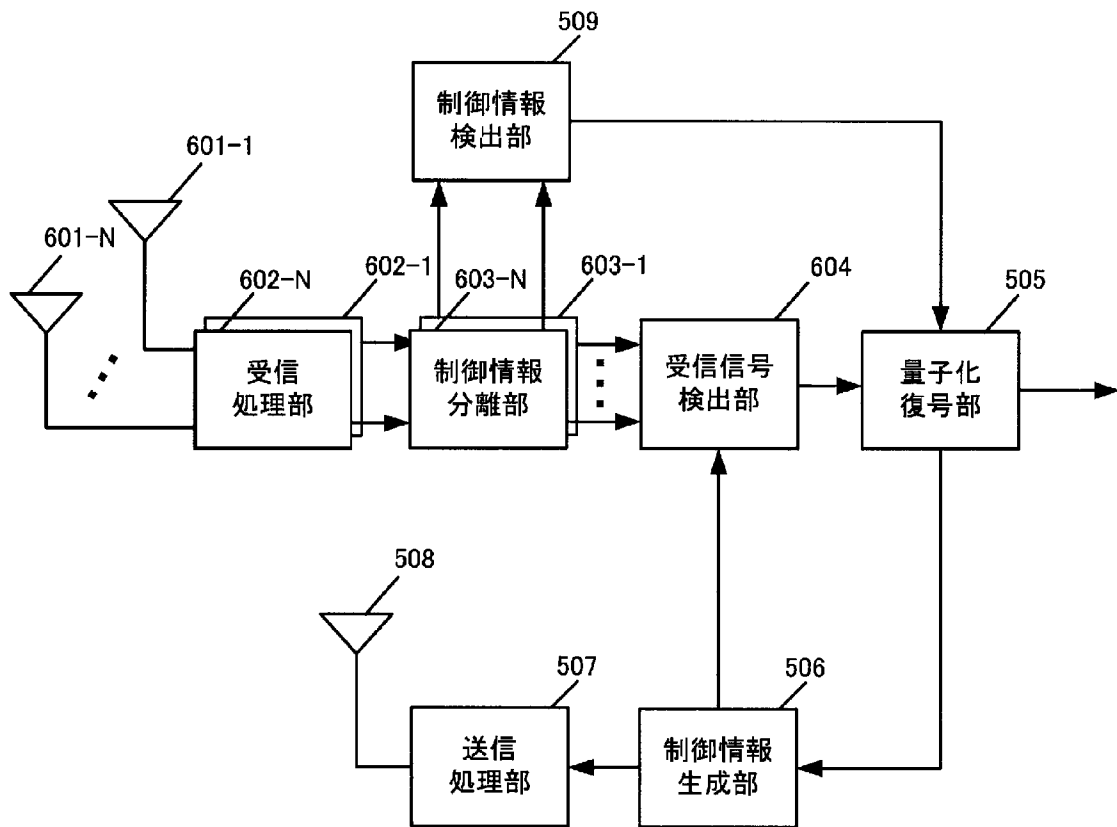
[図7]



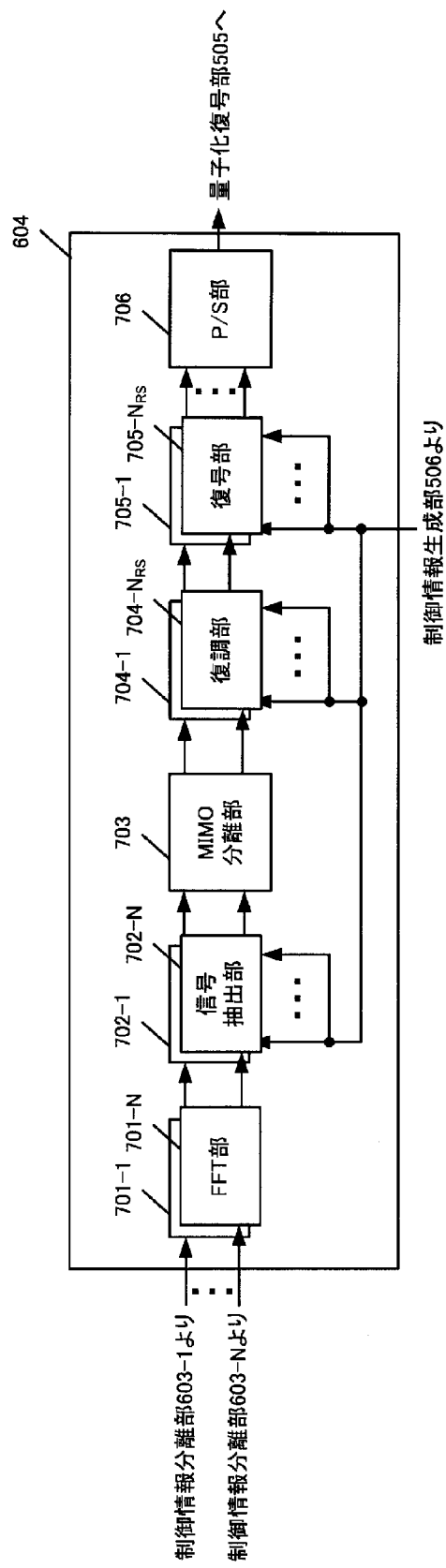
[図8]



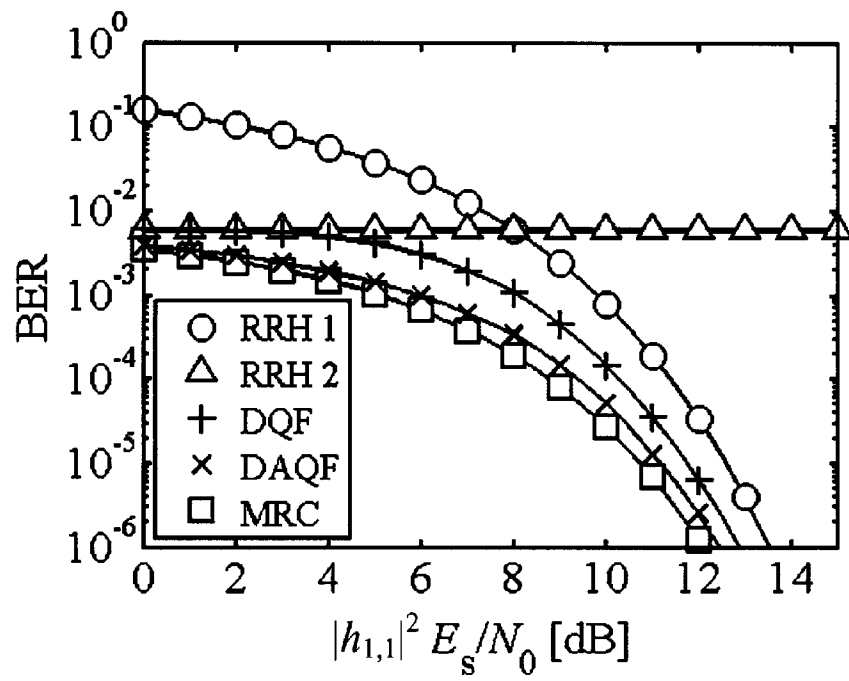
[図9]



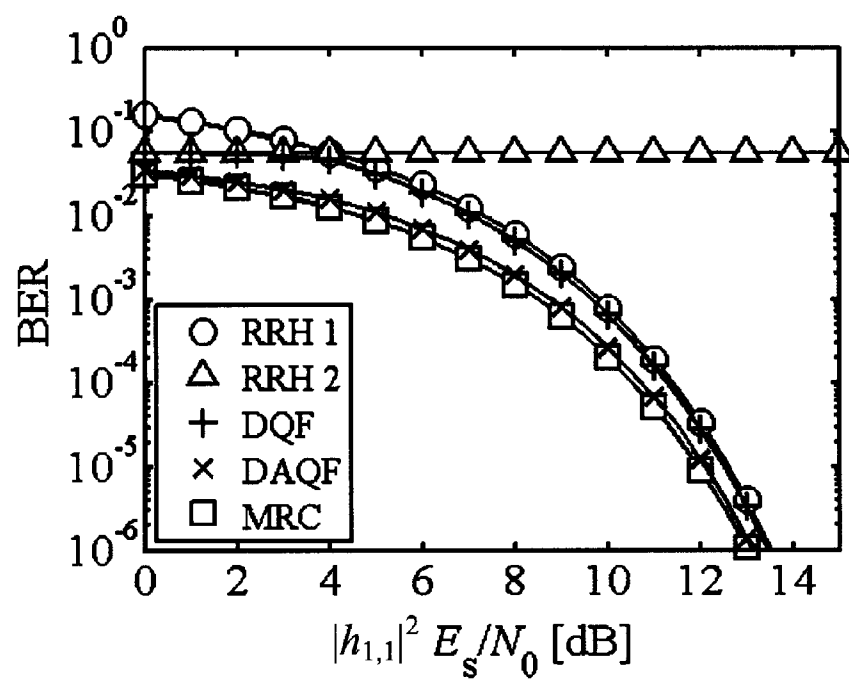
[図10]



[図11]



[図12]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/054596

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H03M13/45(2006.01)i, H03M7/30(2006.01)i, H04L1/00(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H03M13/45, H03M7/30, H04L1/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

IEEE Xplore, CiNii

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	Yuichiro NOGAWA et al., An Iterative Unified Decoding for Decode-Quantize-Forward Relaying, Vehicular Technology Conference (VTC Spring), 2013 IEEE 77th, 2013.06.05	1-3, 8 4-7, 9
Y A	JP 6-29951 A (Fujitsu Ltd.), 04 February 1994 (04.02.1994), fig. 1, 7, 8; paragraphs [0009] to [0032] (Family: none)	1-3, 8 4-7, 9
Y	JP 2013-223177 A (Sharp Corp.), 28 October 2013 (28.10.2013), paragraphs [0061] to [0062] (Family: none)	3

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
 "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
 "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
 "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
03 April 2015 (03.04.15)

Date of mailing of the international search report
14 April 2015 (14.04.15)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/054596

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	Katsuya KATO et al., "Study on Multipath Division SC/MMSE Turbo Equalization for Amplify-and-Forward Relaying", IEICE Technical Report, 14 May 2009 (14.05.2009), vol.109, no.38, pages 37 to 42, RCS2009-7	3
Y	JP 2013-135457 A (KDDI Corp.), 08 July 2013 (08.07.2013), paragraphs [0040] to [0051] (Family: none)	8
P,X	Seiichi SANPEI et al., "A Study on Optimizations of Quantization Threshold for Decode-Quantize-Forward Relaying", IEICE Technical Report, 24 February 2014 (24.02.2014), vol.113, no.456, pages 181 to 186, RCS2013-336	1-6, 8-9

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H03M13/45(2006.01)i, H03M7/30(2006.01)i, H04L1/00(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H03M13/45, H03M7/30, H04L1/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 5 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 5 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 5 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

IEEE Xplore, CiNii

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y A	Yuichiro NOGAWA et al., An Iterative Unified Decoding for Decode-Quantize-Forward Relaying, Vehicular Technology Conference (VTC Spring), 2013 IEEE 77th, 2013.06.05	1-3, 8 4-7, 9
Y A	JP 6-29951 A（富士通株式会社）1994.02.04, 第1, 7, 8図、段落 [0009] - [0032]（ファミリーなし）	1-3, 8 4-7, 9
Y	JP 2013-223177 A（シャープ株式会社）2013.10.28, 段落 [0061] - [0062]（ファミリーなし）	3

☒ C 欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

0 3 . 0 4 . 2 0 1 5

国際調査報告の発送日

1 4 . 0 4 . 2 0 1 5

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）
郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

岡 裕之

5 K

3 2 5 1

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 5 5 6

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	加藤 勝也 他, Amplify-and-Forward リレー伝送におけるマルチパス分割 SC/MMSE ターボ等化の検討, 電子情報通信学会技術研究報告, 2009.05.14, Vol.109, No.38, pp.37-42, RCS2009-7	3
Y	JP 2013-135457 A (KDD I 株式会社) 2013.07.08, 段落 [0040] - [0051] (ファミリーなし)	8
P, X	三瓶 政一 他, 再生量子化中継伝送における量子化しきい値の最適化に関する一検討, 電子情報通信学会技術研究報告, 2014.02.24, Vol.113, No.456, pp.181-186, RCS2013-336	1-6, 8-9