

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号
特許第5136143号
(P5136143)

(45) 発行日 平成25年2月6日(2013.2.6)

(24) 登録日 平成24年11月22日(2012.11.22)

(51) Int.Cl.
H04J 11/00 (2006.01)

F I
H04J 11/00 Z

請求項の数 3 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2008-74125 (P2008-74125)	(73) 特許権者	000005223
(22) 出願日	平成20年3月21日 (2008.3.21)		富士通株式会社
(65) 公開番号	特開2009-232090 (P2009-232090A)		神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号
(43) 公開日	平成21年10月8日 (2009.10.8)	(74) 代理人	100094330
審査請求日	平成22年11月19日 (2010.11.19)		弁理士 山田 正紀
		(74) 代理人	100109689
			弁理士 三上 結
		(72) 発明者	豊間根 明
			神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内
		(72) 発明者	荒木 勝則
			神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 OFDM信号送信装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

送信データをOFDM変調するOFDM変調部と、
前記OFDM変調部でOFDM変調された後のOFDM信号をアナログの送信信号に変換するD/A変換器と、
前記D/A変換器の出力であるアナログの送信信号を直交変調するとともに無線周波数の送信信号に変換する直交変調器と、
前記直交変調器の出力である無線周波数の送信信号を電力増幅する電力増幅器と、
前記電力増幅器の出力である電力増幅された送信信号を放射するアンテナと、
前記OFDM変調部の後段、かつ前記D/A変換器の前段に配置された、前記電力増幅器の歪特性を補償するための前記OFDM信号の電力に応じた歪補償係数を蓄積しておき、前記OFDM変調部から出力されたOFDM信号を、該OFDM信号の電力値に応じた歪補償係数で補正して前記D/A変換器に送るとともに、前記電力増幅器の出力をモニタして該歪補償係数を更新する歪補償回路と、
前記OFDM変調部の前段に配置された擬似データ付加部であって、入力されてきた送信データの電力を算出し、算出された電力が第1の設定値未満であったときに該送信データの空きサブキャリアに擬似データを加え、擬似データが加えられた送信データを前記OFDM変調部に送る擬似データ付加部とを備えたことを特徴とするOFDM信号送信装置。

【請求項2】

送信データをOFDM変調するOFDM変調部と、
前記OFDM変調部でOFDM変調された後のOFDM信号をアナログの送信信号に変換するD/A変換器と、
前記D/A変換器の出力であるアナログの送信信号を直交変調するとともに無線周波数の送信信号に変換する直交変調器と、
前記直交変調器の出力である無線周波数の送信信号を電力増幅する電力増幅器と、
前記電力増幅器の出力である電力増幅された送信信号を放射するアンテナと、
前記OFDM変調部の後段、かつ前記D/A変換器の前段に配置された、前記電力増幅器の歪特性を補償するための前記OFDM信号の電力に応じた歪補償係数を蓄積しておき、前記OFDM変調部から出力されたOFDM信号を、該OFDM信号の電力値に応じた歪補償係数で補正して前記D/A変換器に送るとともに、前記電力増幅器の出力をモニタして該歪補償係数を更新する歪補償回路と、
前記OFDM変調部の前段に配置された擬似データ付加部であって、入力されてきた送信データの電力を算出して記憶しておき、前回算出した電力と今回算出した電力との電力差が第2の設定値以上であったときに該送信データの空きサブキャリアに擬似データを加え、擬似データが加えられた送信データを前記OFDM変調部に送る擬似データ付加部とを備えたことを特徴とするOFDM信号送信装置。

10

【請求項3】

前記擬似データ付加部が、さらに、擬似データを加えることの許可/禁止を表わすタイムスケジュール信号を入力し、該タイムスケジュール信号に従って、擬似データを加えることが許されている期間内のみ、入力されてきた送信信号に擬似データを付加するものであることを特徴とする請求項1または2記載のOFDM信号送信装置。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本技術は、無線通信ネットワークにおける送信装置、例えばOFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing:直交周波数分割多重)変調信号を用いて送信するOFDM信号送信装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

近年、無線通信の需要の拡大に伴い、無線通信システムが飛躍的な発展を遂げてきている。

30

【0003】

図1は、無線通信ネットワーク全体を表わす概念図である。

【0004】

ここには、複数の移動局10A、10Bと、複数の基地局20A、20B、20C、...が示されている。基地局20A、20B、20C、...は、担当するエリアが分かれており、自分のエリア内に移動してきた移動局との間で無線通信を行なう。基地局20A、20B、20C、...は、ネットワーク40との間の通信を仲介する無線ネットワーク制御装置30A、30B、...を介してネットワーク40と接続されており、そのネットワーク40を介して、離れたエリアに置かれた移動局10A、10Bどうしの間でも無線通信を行なうことができる。ここでは、各基地局20A、20B、20C、...と各移動局10A、10B、...の間では、OFDM方式による無線通信が行なわれており、以下では、各基地局20A、20B、20C、...の送信装置としての構成である歪補償増幅送信装置について説明する。

40

【0005】

図2は従来のOFDM信号歪補償増幅送信装置の概略構成図である。

【0006】

ここに示す歪補償増幅送信装置100Aは、OFDM変調部110、歪補償回路120、D/A変換器131、直交変調器132、電力増幅器133、方向性結合器134、ア

50

ンテナ 135、発振器 136、直交復調器 137、および A/D 変換器 138 を備えている。

【0007】

OFDM 変調部 110 は、上位装置からの送信データを OFDM 変調するものであり、上位装置からの送信データを直並列変換する S/P 変換部 111、S/P 変換部 111 の出力を複素変調して複数のサブキャリア信号を生成するサブキャリア変調回路 112、該サブキャリア信号を高速逆フーリエ変換して周波数軸から時間軸に変換する IFFT 部 113、IFFT 部 113 の出力を並直列変換して各サブキャリアにマッピングされた位相面の信号を合成した時間軸の信号として出力する P/S 変換部 114、マルチパスフェージング環境下でのシンボル間干渉を軽減するためのガードインターバル (GI: Guard Interval) を挿入する G/I 付加部 115、および G/I 付加部 115 の出力をフィルタリングする波形整形部 116 を有する。

10

【0008】

また、歪補償回路 120 は、OFDM 変調部から供される OFDM 信号 (基準信号) と A/D 変換器 138 から供される送信信号のフィードバック信号 (帰還信号) とによりデジタルプリディストーション (DPD: Digital Pre-Distortion) 方式による歪補償を行う回路であり、基準信号の電力値に応じた歪補償係数を読み出すためのアドレスを生成するアドレス生成部 121、基準信号と帰還信号との間の比較を同じタイミングで行うために基準信号のタイミングを調整する遅延回路 122、遅延回路 122 で遅延された基準信号と帰還信号との誤差成分を演算する引算器 123、引算器 123 で演算された誤差成分が小さくなるように適応的に更新された歪補償係数を格納する LUT (Look Up Table) 124、およびアドレス生成部 121 で生成されるアドレスに従って LUT 124 から読み出された適切な歪補償係数を基準信号に乗算する複素乗算器 125 を有する。

20

【0009】

さらに、D/A 変換器 131 は、デジタル信号をアナログ信号に変換するものであり、直交変調器 132 は、発振器 136 からの同発信号を受けて、D/A 変換器 131 の出力である I/Q 信号を直交変調して無線周波数に変換するものである。

【0010】

直交変調器 132 で無線周波数に変換された送信信号は電力増幅器 133 に入力されて電力増幅され、さらに、送信信号をアンテナ 135 と直交復調器 137 に分配して供給するための方向性結合器 134 を経てアンテナ 135 から空間に放射される。

30

【0011】

また、方向性結合器 134 から直交復調器 137 に戻ってきた帰還信号は、直交復調器でベースバンド信号に周波数変換されるとともに I/Q 信号に復調され、さらに A/D 変換器 138 でアナログの帰還信号に変換されて、歪補償回路 120 を構成する引算器 123 に入力される。

【0012】

ここで、電力増幅器 133 により非線形歪が生ずるが、歪補償回路 120 により、電力増幅器 133 の非線形歪に応じて予め信号を歪ませることで、電力増幅器 133 のひずみをキャンセルして歪補償を行うようになっている。歪補償回路 120 では、OFDM 変調部 110 で生成された OFDM 信号が複素乗算器 125 に入力されるとともに、アドレス生成部 121 および遅延回路 122 に入力される。LUT 124 には、電力増幅器 133 の歪特性を補償するための、入力される OFDM 信号の電力に応じた歪補償係数が蓄積されており、アドレス生成部 121 で OFDM 信号の電力値に応じたアドレスを得て、得られたアドレスに応じた歪補償係数を複素乗算器 125 に出力するようになっている。すなわち、複素乗算器 125 に入力された OFDM 信号は、LUT 124 からの歪補償係数と複素乗算されて出力される。そして、D/A 変換器 131 におけるデジタル信号からアナログ信号への変換処理、直交変調器 132 での直交変調処理および無線周波数信号への変換処理を経て、電力増幅器 133 で増幅されてから、高周波送信信号としてアンテナ 1

40

50

35を通じて送信される。この電力増幅器133における非線形歪の特性は、OFDM信号に複素乗算されたLUT124からの歪補償係数によって補償されている。ただし、この電力増幅器133の非線形歪の特性は、設置される周囲の温度等の環境によって変化することが知られており、この環境変化に対応した歪補償を行なうため、電力増幅器133で出力された信号をフィードバックして、LUT124に記憶されている歪補償係数を更新するようになっている。具体的には、電力増幅器133で増幅された信号の一部を、方向性結合器134を介して直交復調器137に入力し、無線周波数からもとのベースバンド周波数帯の信号に変換するとともに復調し、A/D変換器138でデジタル信号に変換し、引算器123で遅延回路122からの対応する信号と引算する。この引算器123からの出力で、電力増幅器133における実際の出力信号の非線形歪の成分のみを検出している。即ち、LUT124では、この引算器123からの歪成分を用いることにより歪補償係数を更新することができ、検出する歪成分が抑圧されるように歪補償係数の更新を行うのである。

10

【0013】

なお公知技術として、OFDMのシンボル毎の電力が基準値を超えないようにマッピング制御し、また、キャリア変調信号の振幅、あるいはIFFT後の振幅を制御することにより、電力増幅器を線形領域の範囲内で動作させることで、送信電力増幅器の非線形歪の影響を回避するOFDM信号伝送装置が知られている。

【0014】

別な公知技術として、電力増幅器の出力電力に応じて、あらかじめ分割した出力電力のダイナミックレンジの各領域に対応した補償情報を複数の記憶領域に記憶する手段を備え、出力電力に対応して複数の記憶領域のうちの一の記憶領域が選択されて位相制御を行うことを特徴とする非線形位相歪補償装置が知られている。

20

【特許文献1】特開2006-135417号公報

【特許文献2】特開2002-232328号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0015】

ここで、図2に示すOFDM信号歪補償増幅送信装置100Aでは、歪補償回路120において基準信号と帰還信号の差分を極力少なくする制御により歪補償を行っているものの、歪補償において必要とされる歪補償係数は、装置製造時における限られた試験時間の制約の中で、工場での決められたパターン（定格）のトレーニングを行なってその初期値が記憶されるものであるため、入力レベルに応じてきめ細かく歪補償係数を記憶することは難しい。

30

【0016】

従って、運用時において仮に定格を外れた、トレーニングが不十分な領域のレベルの信号が電力増幅器に急に入力された場合等において、最適な歪補償係数を即時的に出力することは難しく、歪に基づくテーブルの更新により歪補償係数が収束するまでに時間がかかり、その間、歪特性が劣化するという課題がある。

【0017】

特に、無線ネットワークでの運用時において、過渡的に呼（基地局と移動局の接続）が多く入った場合などは、送信電力値が急激に大きくなり、このような場合においては、通信品質を維持するためにテーブルの収束時間を早めて無線特性を規格内に収める必要性はより大きいものとなる。

40

【0018】

さらに、電力増幅器の経年変化や温度変化による歪特性の変化による影響が重なれば、呼が常に多い場合は高出力時の歪補償係数を記憶するテーブルができていたため誤差量は少ないが、高出力の出現頻度が比較的少ない通常の実運用時においては、LUT124に記憶される歪補償係数の誤差は相対的に大きくなる。これに対し、例えばトレーニング時に信号レベル小、中、大のテーブルをきめ細かく作成することで、テーブルの収束時間を

50

早めることが考えられるが、L U T 1 1 2 4 の容量増加、および工場での試験時間の増大を招きコストアップとなる。

【 0 0 1 9 】

特許文献 1 に記載された技術では、適用するシステムによっては通信する相手側とデータの不整合が生じる恐れがある。また、システムのスループットが低くなってしまい、O F D M による通信のメリットが最大限に生かされない恐れがある。

【 0 0 2 0 】

また、特許文献 2 に記載された技術では、メモリ規模及び周辺回路規模の増加による装置のコストアップにつながる。また、トレーニング時間が増加するため、装置製造時の試験時間増大につながり、コストアップとなる。

10

【 0 0 2 1 】

本件開示の O F D M 信号歪補償送信装置は、このような課題に鑑み創案されたもので、O F D M 変調方式による無線通信ネットワークにおいて、入力される信号電力が急激に変化した場合においても迅速な応答によって高精度に電力増幅器の歪補償を行なうことができるようにすることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 2 2 】

本件開示の O F D M 歪補償増幅送信装置は、送信データを O F D M 変調する O F D M 変調部と、

O F D M 変調部で O F D M 変調された後の O F D M 信号をアナログの送信信号に変換する D / A 変換器と、

20

D / A 変換器の出力であるアナログの送信信号を直交変調するとともに無線周波数の送信信号に変換する直交変調器と、

直交変調器の出力である無線周波数の送信信号を電力増幅する電力増幅器と、

電力増幅器の出力である電力増幅された送信信号を放射するアンテナと、

O F D M 変調部の後段、かつ前記 D / A 変換器の前段に配置された、電力増幅器の歪特性を補償するための前記 O F D M 信号の電力に応じた歪補償係数を蓄積しておき、O F D M 変調部から出力された O F D M 信号を、その O F D M 信号の電力値に応じた歪補償係数で補正して D / A 変換器に送るとともに、上記電力増幅器の出力をモニタしてその歪補償係数を更新する歪補償回路と、

30

O F D M 変調器の前段に配置された、送信データの空きサブキャリアに擬似データを加え、擬似データが加えられた送信データを O F D M 変調器に送る擬似データ付加部とを備えたことを特徴とする。

【 0 0 2 3 】

本件開示の O F D M 歪補償増幅送信装置は、上記の擬似データ付加部を備え、送信データの空きサブキャリアに擬似データを加えることで電力増幅器の入力レベルの急変が回避され、歪補償回路による高精度な歪補償が可能となる。

【発明の効果】

【 0 0 2 4 】

本件開示の O F D M 歪補償増幅送信装置によれば、入力信号の電力が急激に変化した場合においても迅速な応答によって高精度に電力増幅器の歪補償を行なうことができる。

40

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 2 5 】

以下、本実施の形態について、図面を参照して詳細に説明する。

(第 1 実施形態の説明)

図 3 は第 1 実施形態に係る O F D M 信号歪補償増幅送信装置を示すブロック図である。

【 0 0 2 6 】

この図 3 に示す第 1 実施形態の歪補償増幅送信装置 1 0 0 B は、図 2 に示す従来の歪補償増幅送信装置 1 0 0 A と比べ、O F D M 変調部 1 1 0 の前段に擬似データ付加部 1 4 0 A が追加されている構成を有し、この擬似データ付加部 1 4 0 A が追加されている点を除

50

いては図2に示した従来の歪補償増幅送信装置100Aと同一であり重複説明は省略し、以下では擬似データ付加部140Aについて説明する。

【0027】

図4は、図3に1つのブロックで示す擬似データ付加部140Aの構成を示すブロック図である。

【0028】

この図4に示す擬似データ付加部140Aは、タイミング生成回路141、第一の遅延回路142、電力算出回路143、サブキャリア情報抽出回路144、擬似データ生成制御回路145、擬似データ生成回路146、第二の遅延回路147および擬似データ加算回路148から構成されている。

10

【0029】

タイミング生成回路141は、送信データからフレーム先頭を検出して擬似データ生成処理を行うためのタイミングを生成する回路、第一の遅延回路142は、フレーム先頭検出に要する時間分だけ送信データを遅延させてタイミング調整する回路、電力算出回路143は、シンボル区間ごとの電力値を算出する回路、サブキャリア情報抽出回路144は、FCH/DL-MAP(後述する)からシンボル毎のサブキャリア割当情報を抽出する回路、擬似データ生成制御回路145は、シンボル毎の電力値およびサブキャリア情報に従って擬似データ生成処理を制御する回路、擬似データ生成回路146は、送信データに挿入する擬似データをシンボル毎に生成する回路、第二の遅延回路147は、擬似データが生成されるまでの処理時間分だけ第一の遅延回路142の出力である送信データを遅延させる回路、および、擬似データ加算回路148は、第二の遅延回路147の出力である送信データに擬似データ生成回路146で生成された擬似データを加算する回路である。

20

【0030】

この図4に示す擬似データ付加部140Aの作用については、図6のフローチャートの説明と合わせて後述する。

【0031】

図5は、第1実施形態に係るOFDM信号歪補償増幅送信装置の動作説明図である。

【0032】

図5(A)は、送受信の単位であるフレーム(Frame)の構成を示す図であり、ここには、Frame(K-1), Frame(K), Frame(K+1), Frame(K+2)の順に並んでいる。

30

【0033】

図5(B)はシンボル構成を示す図である。1つのFrame(ここではFrame(K)とする)には、基地局から移動局に向けて送信されるDown Linkを構成するシンボル0~Nが並び、その後、TTGと呼ばれる、Down Linkから、移動局から基地局に向けて送信されるUp Linkに切り換えるためのガード区間を置いて、Up Linkを構成するシンボル(N+1)~(N+M)が並び、更に、RTGと呼ばれる、次のFrame(K+1)との間に置かれる、Up LinkからDown Linkに切り換えるためのガード区間が続いている。

40

【0034】

ここでは、基地局から移動局への送信に着目しており、Down Linkについてさらに説明する。

【0035】

Down Linkのシンボル0は、プリアンブルシンボルと呼ばれ、移動局が同期をとるための信号である。また、シンボル1, 2は、FCH/DL-MAPデータが格納されたシンボルであり、シンボル3以降にユーザデータが送信される。

【0036】

FCH/DL-MAPデータのうちのFCH(Frame Control Data)と呼ばれる制御情報であり、DL-MAPは、Down Linkにおける、シンボル3以降の各シンボルで利用されるサブキャリアのマッピング情報である。サブキャリアについ

50

ては後述する。

【 0 0 3 7 】

図 5 (C) には、D o w n L i n k の各シンボルにおける送信レベルが示されており、プリアンプルシンボルであるシンボル 0、および制御情報等が格納されたシンボル 1, 2 はある所定レベルの送信レベルにあるが、シンボル 3 以降は、図 5 (C) の実線で示すように、各シンボルにおけるサブキャリアの利用状況に応じて送信レベルが低下している。

【 0 0 3 8 】

図 5 (D) はサブキャリアと擬似データについての説明図である。

【 0 0 3 9 】

送信データの送信にあたっては、ある周波数帯域が利用されるが、その周波数帯域を多数に分割したときの 1 つずつはサブキャリアと呼ばれ、具体的なデータの送信にあたっては、その周波数帯域内の全てのサブキャリアが利用される訳ではなく、その時その時のデータ送信量等に応じて利用されないサブキャリアの領域が存在する。上述した D L - M A P には、どのシンボルでどの領域のサブキャリアが利用され、あるいは利用されていないか、という情報が記録されている。

【 0 0 4 0 】

図 5 (D - 1) には、F r a m e (K) (図 5 (A) 参照) のシンボル 3 (図 5 (B) 参照) について、利用されているサブキャリア、利用されていないサブキャリアが模式的に示されている。

【 0 0 4 1 】

図 3、図 4 に示す擬似データ付加部 1 4 0 では、図 5 (D - 2) に示すように、利用されるサブキャリアの間を埋めるように、空きのサブキャリアに擬似データが追加される。こうすることにより、図 5 (C) に破線で示すように送信電力レベルを一定に保つことができる。

【 0 0 4 2 】

図 6 は、第 1 実施形態に係る擬似データ付加部の動作フローチャートである。

【 0 0 4 3 】

第 1 実施形態に係る O F D M 信号歪補償増幅送信装置の動作について、図 3、図 4、図 5、および図 6 を用いて説明する。

【 0 0 4 4 】

図 4 に示した擬似データ付加部 1 4 0 A は、図 6 に示したフローチャートに従って動作し、まず、はじめに、上位装置から入力される送信データが入力され (ステップ S 1 0 1)、タイミング生成回路 1 4 1 におけるフレーム先頭の検出処理によりフレーム先頭を検出する (ステップ S 1 0 2)。フレーム先頭検出後、送信シンボル数カウンタをクリアし (ステップ S 1 0 3)、シンボル先頭検出処理によりシンボル先頭を検出する (ステップ S 1 0 4)。シンボル先頭検出後、タイミング生成回路 1 4 1 にて生成されるタイミング信号により電力算出回路 1 4 3 にて当該シンボル区間の送信電力を算出する (ステップ S 1 0 5)。なお、電力算出回路 1 4 3 に入力される送信データは、タイミング生成回路 1 4 1 の出力であるタイミング信号の生成に要する時間分だけ、第一の遅延回路 1 4 2 で遅延される。送信データがフレームの先頭シンボル、すなわちシンボル数カウンタが “ 0 ” の場合、プリアンプルシンボルと判断し、該プリアンプルシンボルは移動局が同期を取るための信号であるため擬似データは加算せずにそのまま擬似データ付加部 1 4 0 A の出力とする (ステップ S 1 0 6、S 1 0 7、S 1 1 4)。また、送信データが 1 ~ 2 シンボル目の場合 (シンボル数カウンタ = 1、2)、サブキャリア情報抽出回路 1 4 4 において 3 シンボル目以降の各シンボルのサブキャリア割当状況を抽出し、1 ~ 2 シンボル目は「F C H / D L - M A P データ」として擬似データは加算せずにそのまま擬似データ付加部 1 4 0 A の出力とする (ステップ S 1 1 0、S 1 0 8、S 1 0 9、S 1 1 4)。送信データが 3 シンボル目以降の場合は擬似データ生成制御回路 1 4 5 において、サブキャリア情報抽出回路 1 4 4 で抽出されたサブキャリア割当状況によりサブキャリアの空きがあるかど

10

20

30

40

50

うかを判別し、サブキャリアに空きがない場合は当該送信データをそのまま出力する。サブキャリアに空きがある場合は電力算出回路 143 の算出結果があらかじめ定めた設定値（図 5（C）参照）未満かどうかを判定し、設定値以上の場合は当該送信データをそのまま出力し、設定値未満の場合は、擬似データ生成回路 146 にて送信シンボル電力が設定値となるように擬似データを生成させ、擬似データ加算回路 148 にて擬似データを加算して擬似データ付加部 140A の出力とする（ステップ S110、S111、S112、S113、S114）。なお、ステップ S114 で出力される送信データは、電力算出回路 143 でシンボル区間の電力を算出するのに要する時間分だけ、第二の遅延回路 147 にて遅延される。ステップ S114 にて送信データが出力された後、シンボル数カウンタが当該フレームの送信シンボル数（最大値）に達したかどうかを判定し（ステップ S115）、最大値に達していなければシンボル数カウンタを 1 だけ増加させて（ステップ S116）、ステップ S104 に戻って送信シンボルの先頭検出処理を実行して当該フレームの擬似データ付加処理を繰り返す。最大値に達していればステップ S102 に戻って次のフレーム先頭検出処理を実行して次フレームの擬似データ付加処理を開始する。

【0045】

このように、1 フレーム内の各送信シンボルは、擬似データ付加部 140A により、あらかじめ定められた設定値の送信電力で送信データが出力されることになる。これにより、図 2 において、OFDM 変調部 110 には各シンボルの送信レベルが一定となる送信データが入力されることになる。

【0046】

なお、擬似データは、歪補償係数の更新のための信号であり、特定の送信先を持たない信号、すなわち上位装置からの移動局宛ての信号とは異なる信号（たとえば擬似ランダムパターン信号）とすることで、移動局の誤接続を防ぐことが可能である。このように、第 1 実施形態によれば、擬似データ付加部 140A における擬似データ加算処理による一定のレベルとなる送信データについて、歪補償回路 120 による歪補償係数の更新を実行することで、上位装置から入力される送信データの送信レベルに変動が生じる場合でも電力増幅器 133 の歪成分の変動を最小限に抑えることで、歪補償特性劣化を防ぎ、歪補償動作の収束性を確保できる。

【0047】

ここで、このように、擬似データ付加部は、入力されてきた送信データの電力を算出し、算出された電力が第 1 の設定値未満であったときに空きサブキャリアに擬似データを加えるものであってもよい。

【0048】

こうすることにより電力増幅器等の入力レベルの急変を避け、ほぼ一定の入力レベルを維持することができる。

（第 2 実施形態の説明）

以下に説明する第 2 実施形態における OFDM 歪補償増幅送信装置のブロック構成は、図 3 に示した第 1 実施形態の OFDM 歪補償増幅送信装置 100B の擬似データ付加部 140A を、以下に示す擬似データ付加部 140B に置き換えたものに相当する。したがって、以下では第 2 実施形態の OFDM 歪補償増幅送信装置全体の図示および説明は省略する。

【0049】

図 7 は第 2 実施形態に係る擬似データ付加部を示すブロック図である。

【0050】

この図 7 に示す擬似データ付加部 140B は、図 4 に示す第 1 実施形態の擬似データ付加部 140A に、さらに、擬似データ加算回路 148 の出力である擬似データ加算処理後の送信データの電力値を算出して擬似データ生成制御回路 145 に通知する第二の電力算出回路 149 を備えたものである。この第二の電力算出回路 149 の作用については後述する。

【0051】

10

20

30

40

50

図 8 は、第 2 実施形態に係る OFDM 信号歪補償増幅送信装置の動作説明図である。

【 0 0 5 2 】

図 8 (A) , (B) は、図 5 (A) , (B) と同様、それぞれフレーム構成、シンボル構成を示す図である。

【 0 0 5 3 】

図 8 (C) は、擬似データ付加前、および付加後の送信電力レベルの推移を示す図である。

【 0 0 5 4 】

ここでは、シンボル 0 , 1 , 2 の送信電力レベルである $P(MAX)$ よりも送信電力レベルが X だけ下がった送信電力レベル $P(MAX) - X$ を第 1 の設定値とし、どのシンボルにおいてもその第 1 の設定値以上の送信電力レベルとなるように擬似データが付加される。また、ここではさらに、直前のシンボルの送信電力レベル $P(N - 1)$ と今回のシンボルの送信電力レベル $P(N)$ との差分 ΔP が第 2 の設定値 α を越えないように擬似データが付加される。

【 0 0 5 5 】

この図 5 (C) に示す例では、シンボル 3 については、第 1 の設定値 $P(MAX) - X$ 以上であり、かつ直前のシンボル 2 との差分 ΔP が第 2 の設定値 α 以下であるため、シンボル 3 については擬似データは付加されない。シンボル 5 については、 $\Delta P > \alpha$ であるから $\Delta P - \alpha$ となる送信電力パワーにまで擬似データが付加される。シンボル 6 , 7 については、第 1 の設定値 $P(MAX) - X$ より低いため第 1 の設定値となるまで擬似データが付加される。以下、同様である。

【 0 0 5 6 】

図 9 は、第 2 実施形態に係る擬似データ付加部の動作フローチャートである。

【 0 0 5 7 】

この図 9 のフローチャートにおける、図 7 に示す第 1 実施形態のフローチャートの相違点は、ステップ 201 , 202 , 203 が追加されている点であり、以下、この相違点について図 7、図 8、図 9 を参照しながら説明する。

【 0 0 5 8 】

図 7 に示す擬似データ付加部 140 B の出力は第二の電力算出回路 149 にて送信電力値 $PO(N)$ が算出され擬似データ生成制御回路 145 に保持される (図 8 のステップ S203)。

【 0 0 5 9 】

送信データが 4 シンボル目以降の場合は擬似データ生成制御回路 145 において、サブキャリア情報抽出回路 144 で抽出されたサブキャリア割当状況によりサブキャリアの空きがあるかどうかを判別し、サブキャリアに空きがない場合は当該送信データをそのまま出力する。サブキャリアに空きがある場合は直前のシンボルの送信電力算出結果 $PO(N - 1)$ と当該シンボルの電力算出結果 $PI(N)$ との電力差 α を算出し (ステップ S201)、電力差 α が設定値以上かどうか判定して設定値未満の場合、かつ、電力算出結果 $PI(N)$ があらかじめ定められた設定値である $P(MAX) - X$ (X は任意に設定できる) 以上の場合は当該送信データをそのまま出力する。電力差 α が設定値以上の場合、又は、電力算出結果 $PI(N)$ があらかじめ定められた設定値である $P(MAX) - X$ 未満の場合は擬似データ生成回路 146 にて、送信シンボル電力が、あらかじめ定められた ($P(MAX) - X$) 以上、かつ、擬似データ加算後の送信電力値が、 $|PO(N) - PO(N - 1)| - \alpha$ となるように擬似データを生成させ、擬似データ加算回路 148 にて擬似データを加算して擬似データ付加部 140 B の出力とする。

【 0 0 6 0 】

また、上述したように、擬似データ部 140 B の出力は第二の電力算出回路 149 にて送信電力値 $PO(N)$ が算出され擬似データ生成制御回路 145 に保持される (ステップ S203)。

【 0 0 6 1 】

10

20

30

40

50

このように、図 7 ~ 図 9 に示す第 2 実施形態では、1 フレーム内の各送信シンボルは擬似データ付加部 140B により、フレーム内における各送信シンボルの送信電力は、 $P(\text{MAX})$ と $(P(\text{MAX}) - X)$ の間で変動し、かつシンボル間の送信電力変動が急峻とならないような送信データが出力されることになる。

【0062】

なお、第 1 実施形態と同様に、擬似データは歪補償係数の更新のための信号であり、特定の送信先を持たない信号、すなわち上位装置からの移動局宛ての信号とは異なる信号（たとえば擬似ランダムパターン信号）とすることで、移動局の誤接続を防ぐことが可能である。このように、第 2 実施形態によれば、擬似データ付加部 140B における擬似データ加算処理による一定の変動幅で緩やかに変動する送信データについて、歪補償回路 110 による歪補償係数の更新を実行することで、上位装置から入力される送信データの送信レベルに変動が生じる場合でも電力増幅器 133 の歪成分の変動を最小限に抑えることで、歪補償特性劣化を防ぎ、歪補償動作の収束性を確保できる。

【0063】

この第 2 実施形態に例示するように、擬似データ付加部は、入力されてきた送信データの電力を算出して記憶しておき、前回算出した電力と今回算出した電力との電力差が第 2 の設定値以上であったときに空きサブキャリアに擬似データを加えるものであってもよい。

【0064】

この場合、電力増幅器の入力レベルの変動が緩やかとなり、歪補償回路では歪補償係数の更新を追従させることができ、この場合も高精度の歪補償が可能となる。

（第 3 実施形態の説明）

以下に説明する第 3 実施形態における OFDM 歪補償増幅送信装置のブロック構成は、第 2 実施形態の場合と同様、図 3 に示す第 1 実施形態の OFDM 歪補償増幅送信装置 100B の擬似データ付加部 140A を、以下に示す擬似データ付加部 140C に置き換えたものに相当する。したがってここでも、第 2 実施形態の場合と同様、第 3 実施形態の OFDM 歪補償増幅送信装置全体の図示および説明は省略する。

【0065】

図 10 は第 3 実施形態に係る擬似データ付加部を示すブロック図である。

【0066】

この図 10 に示す擬似データ付加部 140C における、第 2 実施形態の図 7 に示した擬似データ付加部 140B との違いは、タイミング生成回路 141 にタイムスケジュール信号が入力されている点である。

【0067】

図 11 は、第 3 実施形態に係る OFDM 信号歪補償増幅送信装置の動作説明図である。

【0068】

図 10 に示す第 3 実施形態の擬似データ付加部 140C のタイミング生成回路 141 には、図 11 (A) に示すようなタイムスケジュール信号が入力され、タイミング生成回路 141 では、そのタイムスケジュール信号に従って、図 10 (B) に示すように並ぶフレームについて擬似データ加算処理を行うか否かを決定して、擬似データ生成制御回路 145 に通知する。

【0069】

図 11 (C) には、送信電力レベルの時間推移が示されている。

【0070】

この図 11 は、TDD 通信による OFDM を適用したシステムのフレーム構成例であり、図 11 (C) は、擬似データ付加部 140C の動作によるフレームの送信電力レベルイメージを示している。たとえば、移動局増加予測区間においては隣接するフレーム間の送信電力は $\Delta P(M)$ のステップで最大送信電力まで上昇し、移動局減少予測区間においては隣接するフレーム間の送信電力は $\Delta P(M)$ のステップで最大電力閾値の下限まで下降する。

10

20

30

40

50

【 0 0 7 1 】

図 1 2 は、第 3 実施形態に係る擬似データ付加部の動作フローチャートである。

【 0 0 7 2 】

図 1 2 における、第 2 の実施形態のフローチャートである図 9 との相違点は、ステップ S 3 0 1 ~ S 3 0 3 , S 3 0 4 ~ S 3 0 6 であり、以下これらの相違点について説明する。

【 0 0 7 3 】

図 1 0 に示した擬似データ付加部 1 4 0 C は、図 1 1 に示したフローチャートに従って動作する。まず、はじめに、上位装置から入力される送信データが入力され（ステップ S 1 0 1 ）、タイミング生成回路 1 4 1 において移動局増加予測区間または移動局減少予測区間が判定し（ステップ S 3 0 1 ）、移動局増加予測区間でも移動局減少予測区間でもない場合は擬似データ加算処理を停止して送信データを出力し（ステップ S 3 0 2 ）、移動局増加予測区間または移動局減少予測区間と判定されるまでステップ S 3 0 1 ~ S 3 0 2 を繰り返す。移動局増加予測区間または移動局減少予測区間と判定した場合は最大電力閾値 $P(M)$ の初期値、および最大電力閾値の増加値 $\Delta P(M)$ を設定し（ステップ S 3 0 3 ）、ステップ S 1 0 2 以降、第 1 実施形態および第 2 実施形態と同様の処理を実行する。

10

【 0 0 7 4 】

ステップ S 1 1 5 で、送信シンボル数 N が最大値に達したことが判定されると、移動局数増加予測区間においては、最大電力閾値 $P(M)$ が装置の最大送信電力と等しいかどうかを判定し（ステップ S 3 0 4 ）、最大送信電力に等しければ最大電力閾値 $P(M)$ に $\Delta P(M)$ を加算し、最大送信電力に等しければ最大電力閾値 $P(M)$ はそのままとする（ステップ S 3 0 4 、 S 3 0 5 ）。その後、移動局増減予測区間が継続しているかどうか判定し（ステップ S 3 0 6 ）、継続していればステップ S 1 0 2 に戻って次のフレーム先頭検出処理を実行して次フレームの擬似データ付加処理を開始する。継続していなければステップ S 3 0 1 に戻る。

20

【 0 0 7 5 】

以上説明した内容は移動局増加予測区間の場合であるが、移動局減少予測区間の場合も同様の処理を行い、最大電力閾値の増加値 $\Delta P(M)$ を負の値とすることで、隣接フレーム間の送信電力が装置の最大送信電力から最大電力閾値 $P(M)$ の下限まで緩やかに低下するような送信データが出力されることになる。

30

【 0 0 7 6 】

以上説明したように、移動局増減予測区間においては 1 フレーム内の各送信シンボルは擬似データ付加部 1 4 0 C により、フレーム内における各送信シンボルの送信電力は、最大電力閾値 $P(M)$ と $(P(M) - X)$ との間で変動し、かつシンボル間の送信電力変動が急峻とならないような送信データが出力されることになる。さらには、移動局増減予測区間が継続している間は最大電力閾値 $P(M)$ を段階的に装置最大送信電力まで増加させながら擬似データ加算処理を行うので、隣接フレーム間の送信電力が装置の最大送信電力まで緩やかに上昇するような送信データが出力されることになる。

40

【 0 0 7 7 】

なお、第 1 実施形態および第 2 実施形態と同様に、擬似データは歪補償係数の更新のための信号であり、特定の送信先を持たない信号、すなわち上位装置からの移動局宛ての信号とは異なる信号（たとえば擬似ランダムパターン信号）とすることで、移動局の誤接続を防ぐことが可能である。

【 0 0 7 8 】

このように、第 3 実施形態によれば、上位装置から入力されるタイムスケジュール信号により擬似データ付加部 1 4 0 C の動作を ON / OFF し、擬似データ加算処理による一定の変動幅で緩やかに変動する送信データについて歪補償回路 1 2 0 による歪補償係数の更新を実行することで、上位装置から入力される送信データの送信レベルに変動が生じる場合でも電力増幅器 1 3 3 の歪成分の変動が、最小限に抑えられ、歪補償特性劣化が防止

50

され、歪補償動作の収束性が確保できる。また、装置の最大送信電力を制御することが可能であるので、送信増幅装置の消費電力の効率化を図ることができる。

【 0 0 7 9 】

この第3実施形態に例示するように、擬似データ付加部は、擬似データを加えることの許可／禁止を表わすタイムスケジュール信号を入力し、そのタイムスケジュール信号に従って、擬似データを加えることが許されている期間内のみ、入力されてきた送信信号に擬似データを付加するものであってもよい。

【 0 0 8 0 】

擬似データの付加は、送信電力を上げることになり電力消費量を上げる方向に作用する。そこで、通信を行なおうとする移動局の数が急速に増加する時間帯（例えば明け方の時間帯）や急速に減少する時間帯（例えば就寝の時間帯）など、送信電力が急速に変化する時間帯には、上記の擬似データを付加し、その他の時間帯には、擬似データの付加を停止すること等により電力の無用の増加を抑えることもできる。

【 0 0 8 1 】

以上のように、各実施形態によれば、送信データが割当てられていないサブキャリアへの擬似データ挿入を制御することで、歪補償係数をテーブルに使用するメモリ容量を最小限に抑え、かつ、装置製造時の歪補償係数初期値を得るための試験時間を増加させることなく、入力される送信データにおいてOFDM送信シンボル相互間および送信フレーム相互間における急激な送信電力の変動がある場合でも、送信電力の変動量を歪補償特性が劣化しない程度に制御して、歪補償特性劣化させずに歪補償動作を行うことが出来る。さら

【 0 0 8 2 】

また、上記第3実施形態の場合、タイムスケジュール信号による擬似データ生成の開始／停止を制御することで、統計的に得られる移動局の接続状況に応じて送信電力の変動量を歪補償特性が劣化しない程度以下に制御することで送信電力を制御し、歪補償特性を確保しつつ消費電力低減効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 8 3 】

【図1】無線通信ネットワーク全体を表わす概念図である。

【図2】従来のOFDM信号歪補償増幅送信装置の概略構成図である。

【図3】第1実施形態に係るOFDM信号歪補償増幅送信装置を示すブロック図である。

【図4】図3に1つのブロックで示す擬似データ付加部の構成を示すブロック図である。

【図5】第1実施形態に係るOFDM信号歪補償増幅送信装置の動作説明図である。

【図6】第1実施形態に係る擬似データ付加部の動作フローチャートである。

【図7】第2実施形態に係る擬似データ付加部を示すブロック図である。

【図8】第2実施形態に係るOFDM信号歪補償増幅送信装置の動作説明図である。

【図9】第2実施形態に係る擬似データ付加部の動作フローチャートである。

【図10】第3実施形態に係る擬似データ付加部を示すブロック図である。

【図11】第3実施形態に係るOFDM信号歪補償増幅送信装置の動作説明図である。

【図12】第3実施形態に係る擬似データ付加部の動作フローチャートである。

【符号の説明】

【 0 0 8 4 】

- 1 0 A , 1 0 B 移動局
- 2 0 A , 2 0 B , 2 0 C , ... 基地局
- 3 0 A , 3 0 B , ... 無線ネットワーク制御装置
- 4 0 ネットワーク
- 1 0 0 A , 1 0 0 B 歪補償増幅送信装置
- 1 1 0 OFDM変調部
- 1 1 1 S / P 変換部
- 1 1 2 サブキャリア変調回路

10

20

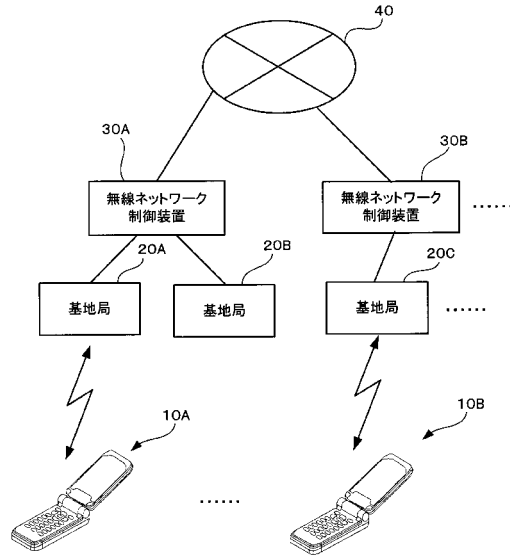
30

40

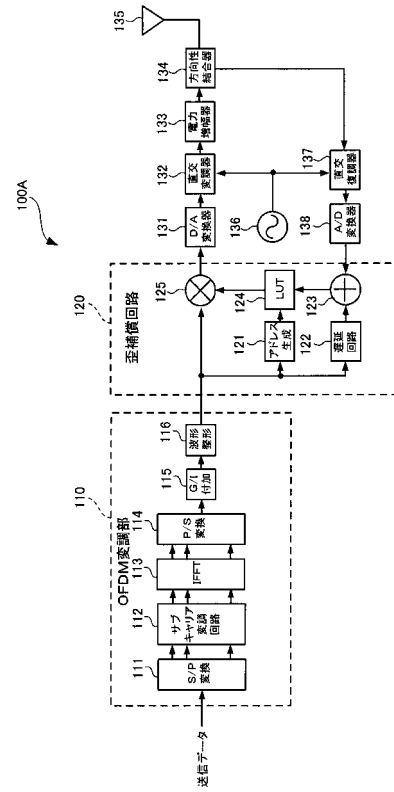
50

1 1 3	I F F T 部	
1 1 4	P / S 変換部	
1 1 5	G / I 付加部	
1 1 6	波形整形部	
1 2 0	歪補償回路	
1 2 1	アドレス生成部	
1 2 2	遅延回路	
1 2 3	引算器	
1 2 4	L U T	
1 2 5	複素乗算器	10
1 3 1	D / A 変換器	
1 3 2	直交変調器	
1 3 3	電力増幅器	
1 3 4	方向性結合器	
1 3 5	アンテナ	
1 3 7	直交復調器	
1 3 6	発振器	
1 3 8	A / D 変換器	
1 4 0 A , 1 4 0 B , 1 4 0 C	擬似データ付加部	
1 4 1	タイミング生成回路	20
1 4 2	第一の遅延回路	
1 4 3	電力算出回路	
1 4 4	サブキャリア情報抽出回路	
1 4 5	擬似データ生成制御回路	
1 4 6	擬似データ生成回路	
1 4 7	第二の遅延回路	
1 4 8	擬似データ加算回路	
1 4 9	第二の電力算出回路	

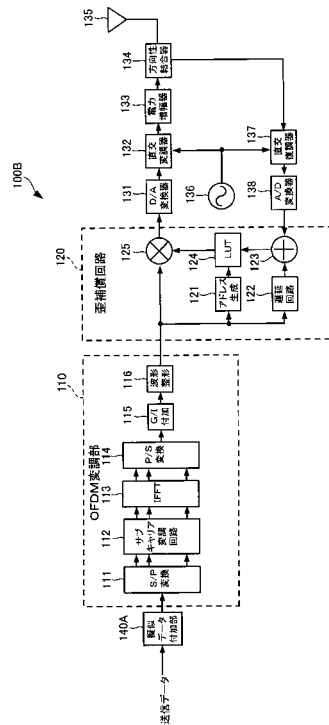
【図 1】



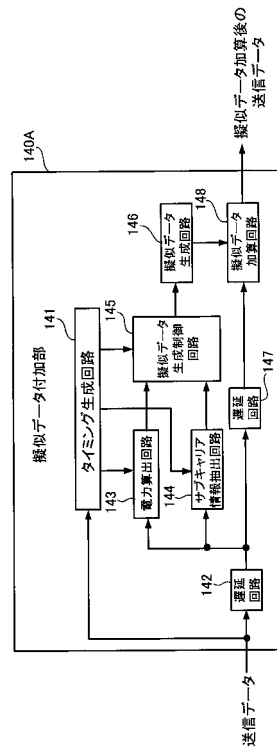
【図 2】



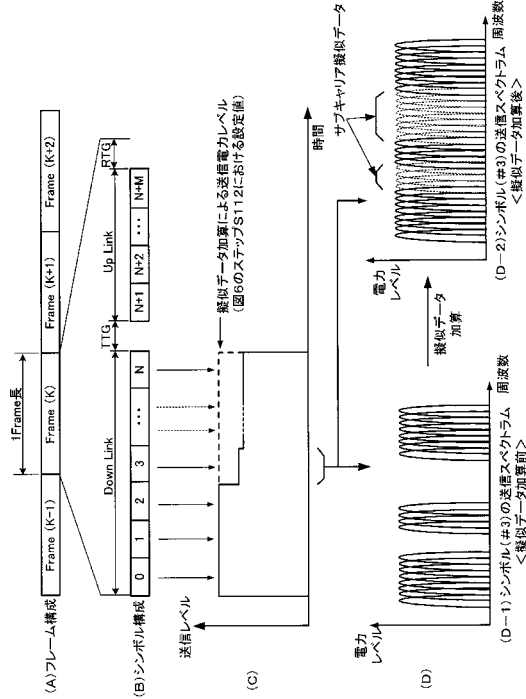
【図 3】



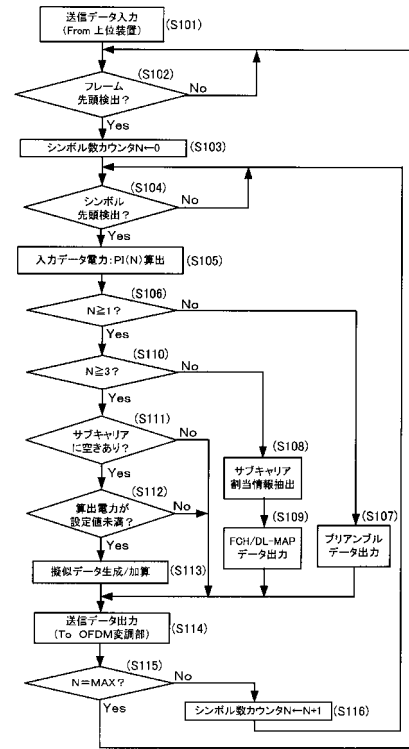
【図 4】



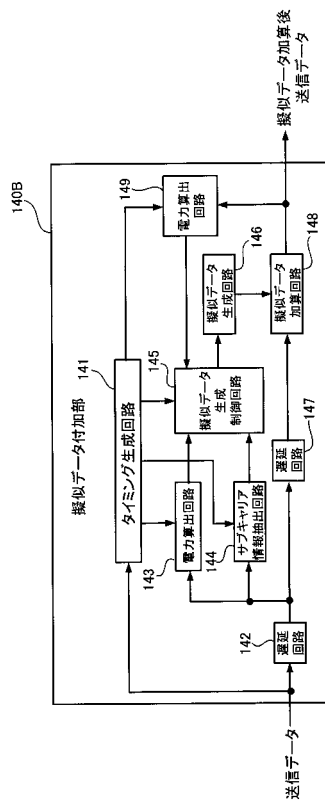
【図 5】



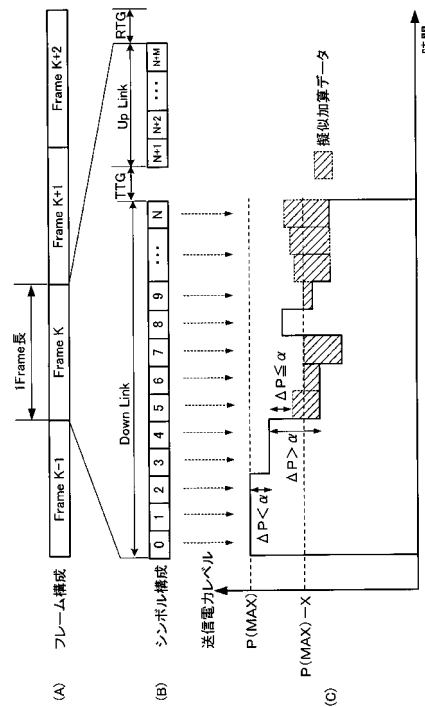
【図 6】



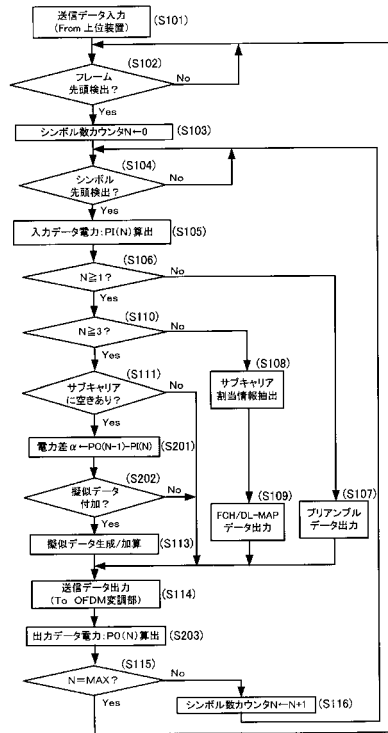
【図 7】



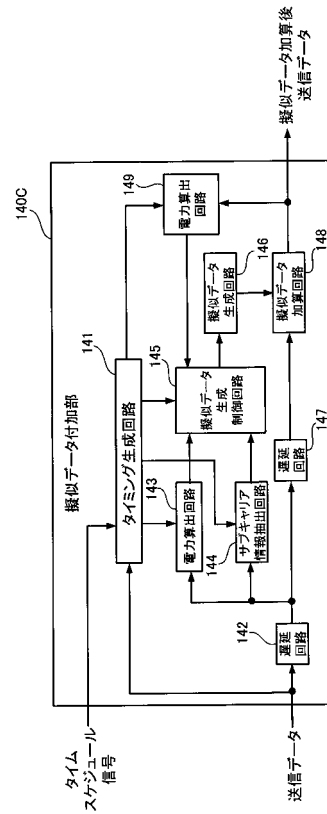
【図 8】



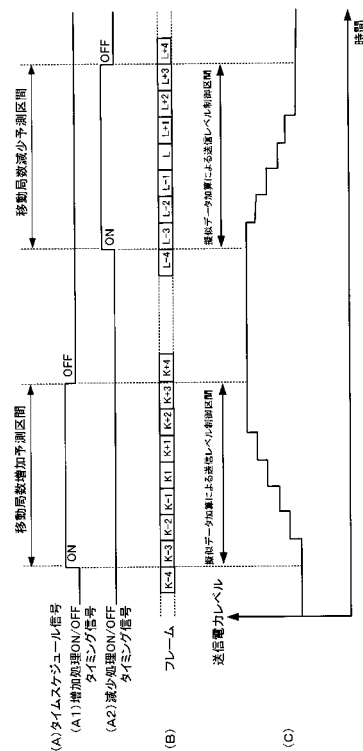
【図 9】



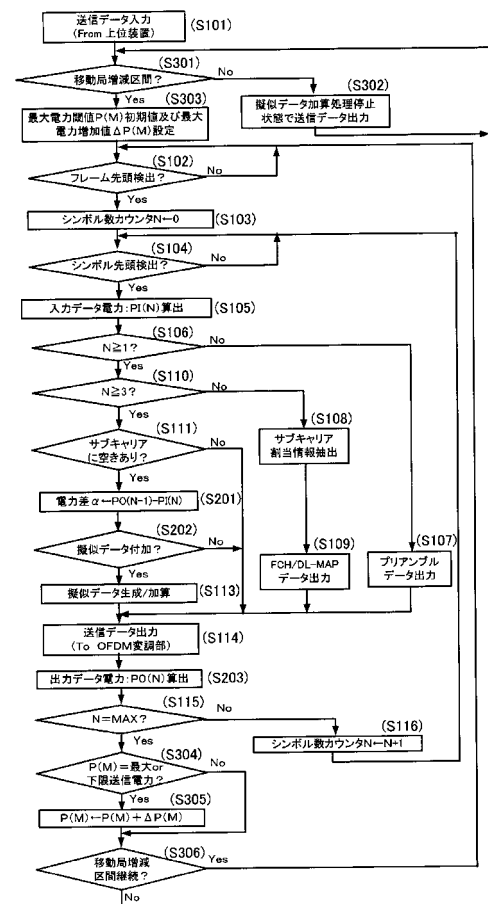
【図 10】



【図 11】



【図 12】



フロントページの続き

(72)発明者 郷内 義廣

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

審査官 中木 努

(56)参考文献 特開2000-115123(JP,A)

特開2000-022659(JP,A)

特開2001-268050(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04J 11/00