

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4398752号
(P4398752)

(45) 発行日 平成22年1月13日(2010.1.13)

(24) 登録日 平成21年10月30日(2009.10.30)

(51) Int.Cl.	F I	
HO4B 7/015 (2006.01)	HO4B 7/015	
HO4B 7/15 (2006.01)	HO4B 7/15	Z
HO4W 16/26 (2009.01)	HO4Q 7/00	231
HO4J 11/00 (2006.01)	HO4J 11/00	Z
HO4J 99/00 (2009.01)	HO4J 15/00	

請求項の数 11 (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2004-42789 (P2004-42789)	(73) 特許権者	392026693 株式会社エヌ・ティ・ティ・ドコモ 東京都千代田区永田町二丁目11番1号
(22) 出願日	平成16年2月19日(2004.2.19)	(74) 代理人	100070150 弁理士 伊東 忠彦
(65) 公開番号	特開2005-236626 (P2005-236626A)	(72) 発明者	藤井 啓正 東京都千代田区永田町二丁目11番1号 株式会社エヌ・ティ・ティ・ドコモ内
(43) 公開日	平成17年9月2日(2005.9.2)	(72) 発明者	須田 博人 東京都千代田区永田町二丁目11番1号 株式会社エヌ・ティ・ティ・ドコモ内
審査請求日	平成18年4月28日(2006.4.28)	(72) 発明者	田中 哲 東京都千代田区永田町二丁目11番1号 株式会社エヌ・ティ・ティ・ドコモ内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 無線中継システム、無線中継装置及び無線中継方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1の無線局からの無線信号を無線中継装置により中継して第2の無線局に送信する無線中継システムにおいて、

前記第1の無線局は、

ヌル信号を含むフレームを生成するフレーム生成手段と、

前記フレーム生成手段により生成されたフレームを送信する送信手段と

を有し、

前記無線中継装置は、

前記第1の無線局から送信されたフレームを受信する受信手段と、

該受信手段により受信されたフレームに挿入されたヌル信号の挿入位置を検出するヌル信号挿入位置検出手段と、

前記ヌル信号挿入位置検出手段により検出されたヌル信号の挿入位置にパイロット信号を挿入するパイロット信号挿入手段と、

前記パイロット信号挿入手段によりパイロット信号が挿入された信号の中継を行う中継制御手段と、

前記中継制御手段により中継される信号に含まれるパイロット信号に基づいて回り込み波を推定する回り込み波推定手段と、

前記受信手段により受信された信号から前記回り込み波推定手段より推定された回り込み波の信号を減算することにより回り込み波をキャンセルする回り込み波キャンセル手段

と、

を備えることを特徴とする無線中継システム。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の無線中継システムにおいて、

前記中継制御手段は、前記第 1 の無線局から送信されたフレームのうち、前記ヌル信号挿入位置検出手段により検出されたヌル信号の挿入位置より前の受信信号の中継を行わないことを特徴とする無線中継システム。

【請求項 3】

請求項 1 に記載の無線中継システムにおいて、

前記送信手段は、前記フレーム生成手段により生成されたフレームに含まれるヌル信号の挿入位置に関する情報を前記フレームに多重して送信し、

前記ヌル信号挿入位置検出手段は、前記ヌル信号の挿入位置に関する情報に基づいて、ヌル信号の挿入位置を検出する

ことを特徴とする無線中継システム。

【請求項 4】

請求項 1 に記載の無線中継システムにおいて、

前記無線中継装置は、フレームの先頭から 2 シンボル目にヌル情報が挿入されたフレームを受信し、

前記中継制御手段は、前記第 1 の無線局から送信されたシンボルを、N (N は 1 以上の整数) シンボル遅延させて中継することを特徴とする無線中継システム。

【請求項 5】

請求項 1 に記載の無線中継システムにおいて、

前記無線中継装置は、

OFDM 伝送方式により信号を中継し、

送信信号に対して IFFT 処理を行う IFFT 手段と、

前記受信手段により受信された信号に対して FFT 処理を行う FFT 手段とを備え、

前記フレーム生成手段は、時間領域、周波数領域により表されるシンボルの一部にヌル信号を挿入したフレームを生成することを特徴とする無線中継システム。

【請求項 6】

請求項 5 に記載の無線中継システムにおいて、

前記フレーム生成手段は、前記ヌル信号を挿入するサブキャリア間隔を、

$$ceil(x) = \lceil (FFT \text{ ポイント数}) / (GI \text{ ポイント数}) \rceil$$

$ceil(x)$: x より大きい最小の整数値を返す数値関数

FFT : 高速フーリエ変換

GI : ガードインターバル

にしたがって算出することを特徴とする無線中継システム。

【請求項 7】

請求項 5 に記載の無線中継システムにおいて、

前記フレーム生成手段は、ヌル信号が挿入されたシンボル以外のシンボルに、パイロット信号を挿入し、

前記無線中継装置は、

前記パイロット信号を受信し、該パイロット信号に基づいてチャンネルを推定するチャンネル推定手段と、

前記チャンネル推定結果に基づき、受信信号の振幅を制御して中継信号を送信する信号振幅制御手段と

を備えることを特徴とする無線中継システム。

【請求項 8】

請求項 7 に記載の無線中継システムにおいて、

前記信号振幅制御手段は、注水定理に基づいて、受信信号の振幅を制御することを特徴

とする無線中継システム。

【請求項 9】

請求項 1 乃至 8 いずれか 1 項に記載の無線中継システムにおいて、

前記第 1 の無線局、前記第 2 の無線局及び前記無線中継装置は、各々複数のアンテナを備え、

前記第 1 の無線局、前記第 2 の無線局及び前記無線中継装置は、前記複数のアンテナを用いて MIMO チャネルを構成し、MIMO チャネル信号を伝送することを特徴とする無線中継システム。

【請求項 10】

第 1 の無線局と第 2 の無線局間で送受信される無線信号を中継する無線中継装置において、

前記第 1 の無線局から送信されたフレームを受信する受信手段と、

該受信手段により受信されたフレームに挿入されたヌル信号の挿入位置を検出するヌル信号挿入位置検出手段と、

前記ヌル信号挿入位置検出手段により検出されたヌル信号の挿入位置にパイロット信号を挿入するパイロット信号挿入手段と、

前記パイロット信号挿入手段によりパイロット信号が挿入された信号の中継を行う中継制御手段と、

前記中継制御手段により中継される信号に含まれるパイロット信号に基づいて回り込み波を推定する回り込み波推定手段と、

前記受信手段により受信された信号から前記回り込み波推定手段より推定された回り込み波の信号を減算することにより回り込み波をキャンセルする回り込み波キャンセル手段と、

を備え、

前記第 1 の無線局は、

ヌル信号を含むフレームを生成し、送信することを特徴とする無線中継装置。

【請求項 11】

第 1 の無線局と第 2 の無線局間で送受信される無線信号を中継する無線中継方法において、

前記第 1 の無線局から送信されたフレームを受信する受信ステップと、

該受信ステップにより受信されたフレームに挿入されたヌル信号の挿入位置を検出するヌル信号挿入位置検出ステップと、

前記ヌル信号挿入位置検出ステップにより検出されたヌル信号の挿入位置にパイロット信号を挿入するパイロット信号挿入ステップと、

前記パイロット信号挿入ステップによりパイロット信号が挿入された信号の中継を行う中継制御ステップと、

前記中継制御ステップにより中継される信号に含まれるパイロット信号に基づいて回り込み波を推定する回り込み波推定ステップと、

前記受信ステップにより受信された信号から前記回り込み波推定ステップにより推定された回り込み波の信号を減算することにより回り込み波をキャンセルする回り込み波キャンセルステップと

を有することを特徴とする無線中継方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、単一又は複数の無線中継装置を介して、送受信装置と無線通信する無線中継システム、無線中継装置及び無線中継方法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、同一周波数帯を用いて、送信装置と受信装置間の中継を、無線中継装置 (= 中継

10

20

30

40

50

器)により行う方法が検討されているが、このような無線中継装置では、送信アンテナから受信アンテナへの回り込み波によって生じる発振の抑圧が重要となる。すなわち、発振が生じて特性が劣化することが大きな問題となる。

【0003】

また、これらの中継は、主に放送での方法として検討されているため、回り込み波の抑圧は比較的容易であった。しかし、移動通信システムのように、無線中継装置が通常の移動端末と同様の環境(鉄塔やビルの上ではなく)にあることを想定した場合、無線中継装置の移動や、周辺環境の変化により、回り込み波のチャンネルの変動が大きくなる。したがって、回り込み波の急激な変動にも高速に追従する高度な回り込み波のキャンセル技術が必要になる等の問題があった。

10

【0004】

そこで、このような問題を解決すべく従来の無線中継装置において回り込みをキャンセルする方法が種々提案されている。

【0005】

例えば、送信装置で挿入されたパイロット信号を使用して上記の回り込みをキャンセルする方法が提案されている(例えば、特許文献1及び特許文献2参照)。特許文献1記載の公報によれば、予め振幅および位相が既知のパイロット信号が挿入されていることに着目し、そのパイロット信号を用いて全信号帯域にわたる周波数特性を検出することによって誤差信号を求め、親局または他の中継局からの送信信号のマルチパス成分および回り込み波のレプリカ信号を生成し、そのレプリカ信号を受信信号から減算する構成とすることにより、多数の回り込み波が存在する伝搬環境や親局送信信号のマルチパス成分が存在する伝搬環境であっても、その両者の影響を除去することができる旨が記載されている。

20

【0006】

また、特許文献2記載の公報によれば、入力信号から回り込み信号の複製を減じる減算器と、回り込み信号の複製を生成するFIRフィルタと、減算器の出力からFIRフィルタの係数を生成するフィルタ係数生成部とを備え、フィルタ係数生成部では、データキャリアを硬判定し再変調したものをリファレンスとして伝送路特性を算出し、伝送路特性からキャンセル残差を算出し、これをIFFTした結果に基づきFIRフィルタの係数を更新する構成とすることにより、回り込みキャンセラにおいて追従性の向上とキャンセル可能な遅延時間の拡大とを両立させることが可能となる旨が記載されている。

30

【0007】

ここで、送信装置で挿入されたパイロット信号を使用して回り込みをキャンセルする方法を用いた場合の従来の無線中継装置の構成について説明する。

【0008】

図15は、従来の無線中継装置の構成を示す図である。同図に示されるように、この無線中継装置は、入力信号から回り込み信号の複製を減じる減算器201と、回り込み信号の複製を生成するFIRフィルタ202と、FIRフィルタの係数を生成する係数更新部203と、振幅と位相が既知であるパイロット信号を発生するパイロット信号生成部204と、増幅器205とから構成される。

【0009】

この従来の無線中継装置では、係数更新部203において、伝送路特性が求められ、その伝送路特性からキャンセル残差を算出し、FIRフィルタ202の係数を更新する。これにより、追従性の向上とキャンセル可能な遅延時間の拡大との両立を実現するというものである。

40

【0010】

また、上記した方法の他に、無線中継装置で中継する信号に対してパイロット信号(弱い電力で、比較的長いPN系列とする)を加算して回り込みを推定する方法(例えば、特許文献3参照)や無線中継装置からのパイロット信号を別周波数帯で送信し回り込み波を推定する方法(例えば、特許文献4参照)、中継を一時停止し、回り込み波を推定する方法(例えば、特許文献5参照)等が提案されている。

50

【特許文献1】特開2003-174392号公報

【特許文献2】特開2003-298548号公報

【特許文献3】特開2001-186073号公報

【特許文献4】特開平8-331016号公報

【特許文献5】特開2000-244382号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

しかしながら、上記した特開2003-174392号公報に開示された回り込みキャンセル方法では、受信機での雑音が大きくなるといった問題がある。

10

【0012】

また、特開2003-298548号公報に開示された回り込みキャンセル方法では、無線中継装置で弱く受信される信号ほど、強く増幅されて送信されるため、一部のサブキャリアの雑音電力を過度に増幅して送信する可能性が大きくなる。このため、回り込みによる発振を小さく抑えることが難しい。

【0013】

また、特開2001-186073号公報に開示された回り込みキャンセル方法では、本来伝送すべき信号に対して、擾乱を与えることで、受信装置での誤り率が高くなる可能性が大きくなるという問題が生じる。

【0014】

20

また、特開平8-331016号公報に開示された回り込みキャンセル方法では、チャンネル推定値は使用される周波数に依存するため、回り込み波のチャンネル推定制度が劣化するという問題に加え、回り込み波推定用の周波数帯域を用意しなければならない。

【0015】

また、特開2000-244382号公報に開示された回り込みキャンセル方法では、送信装置-受信装置間の通信が送信装置の予期しないタイミングで一時中断するという問題があった。

【0016】

本発明は、上記のような問題点に鑑みてなされたもので、同一周波数で信号の中継を行う場合の回り込みによる発振を高精度に回避することのできる無線中継システム、無線中継装置及び無線中継方法を提供することである。

30

【課題を解決するための手段】

【0017】

上記課題を解決するため、本発明によれば、

第1の無線局からの無線信号を無線中継装置により中継して第2の無線局に送信する無線中継システムにおいて、

前記第1の無線局は、

ヌル信号を含むフレームを生成するフレーム生成手段と、

前記フレーム生成手段により生成されたフレームを送信する送信手段と

を有し、

40

前記無線中継装置は、

前記第1の無線局から送信されたフレームを受信する受信手段と、

該受信手段により受信されたフレームに挿入されたヌル信号の挿入位置を検出するヌル信号挿入位置検出手段と、

前記ヌル信号挿入位置検出手段により検出されたヌル信号の挿入位置にパイロット信号を挿入するパイロット信号挿入手段と、

前記パイロット信号挿入手段によりパイロット信号が挿入された信号の中継を行う中継制御手段と、

前記中継制御手段により中継される信号に含まれるパイロット信号に基づいて回り込み波を推定する回り込み波推定手段と、

50

前記受信手段により受信された信号から前記回り込み波推定手段より推定された回り込み波の信号を減算することにより回り込み波をキャンセルする回り込み波キャンセル手段と、
を備える。

【0018】

また、本発明によれば、前記無線中継システムにおいて、
前記中継制御手段は、前記第1の無線局から送信されたフレームのうち、前記ヌル信号挿入位置検出手段により検出されたヌル信号の挿入位置より前の受信信号の中継を行わない。

【0019】

また、本発明によれば、前記無線中継システムにおいて、
前記送信手段は、前記フレーム生成手段により生成されたフレームに含まれるヌル信号の挿入位置に関する情報を前記フレームに多重して送信し、
前記ヌル信号挿入位置検出手段は、前記ヌル信号の挿入位置に関する情報に基づいて、ヌル信号の挿入位置を検出する。

【0020】

また、本発明によれば、前記無線中継システムにおいて、
前記無線中継装置は、フレームの先頭から2シンボル目にヌル情報が挿入されたフレームを受信し、
前記中継制御手段は、前記第1の無線局から送信されたシンボルを、 N (N は1以上の整数)シンボル遅延させて中継する。

【0022】

また、本発明によれば、前記無線中継システムにおいて、
前記無線中継装置は、
OFDM伝送方式により信号を中継し、
送信信号に対してIFFT処理を行うIFFT手段と、
前記受信手段により受信された信号に対してFFT処理を行うFFT手段と
を備え、
前記フレーム生成手段は、時間領域、周波数領域により表されるシンボルの一部にヌル信号を挿入したフレームを生成する。

【0023】

また、本発明によれば、前記無線中継システムにおいて、
前記フレーム生成手段は、前記ヌル信号を挿入するサブキャリア間隔を、
$$\text{ceil}(x) = \text{ceil}\{(FFT \text{ポイント数}) / (GI \text{ポイント数})\}$$

 $\text{ceil}(x)$: x より大きい最小の整数値を返す数値関数
FFT : 高速フーリエ変換
GI : ガードインターバル
にしたがって算出する。

【0024】

また、本発明によれば、前記無線中継システムにおいて、
前記フレーム生成手段は、ヌル信号が挿入されたシンボル以外のシンボルに、パイロット信号を挿入し、
前記無線中継装置は、
前記パイロット信号を受信し、該パイロット信号に基づいてチャネルを推定するチャネル推定手段と、
前記チャネル推定結果に基づき、受信信号の振幅を制御して中継信号を送信する信号振幅制御手段と
を備える。

【0025】

また、本発明によれば、前記無線中継システムにおいて、

10

20

30

40

50

前記信号振幅制御手段は、注水定理に基づいて、受信信号の振幅を制御する。

【0026】

また、本発明によれば、前記無線中継システムにおいて、前記第1の無線局、前記第2の無線局及び前記無線中継装置は、各々複数のアンテナを備え、

前記第1の無線局、前記第2の無線局及び前記無線中継装置は、前記複数のアンテナを用いてMIMOチャネルを構成し、MIMOチャネル信号を伝送する。

【発明の効果】

【0027】

本願発明によれば、パイロット挿入により回り込み波を抑圧し、かつパイロット挿入位置を送信側の無線局が送信するフレームに用意することで、データの中継漏れを防ぎつつ高品質なデータ中継を実現することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0028】

以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。

【0029】

(第1の実施形態)

第1の実施形態に係る無線中継装置を含む無線中継システムは、例えば、図1に示すように構成される。同図において、この無線中継システムは、送信装置1と、無線中継装置2と、受信装置3とから構成される。

【0030】

本実施形態では、送信装置1と受信装置3は、それぞれ移動通信システムにおける基地局(送信装置1)と移動局(受信装置3)の関係にあると仮定し、以下、説明を進める。

【0031】

受信装置3で受信される信号は、送信装置1から直接受信する信号と、無線中継装置2を介して受信する信号とがある。無線中継装置2は、送信装置1から送信された信号を、一旦受信し、同一周波数で受信装置3に向けて再送信する。また、本実施形態における無線中継システムは、シングルキャリア伝送方式または、マルチキャリア伝送方式(例:OFDM伝送方式)により信号の中継が行われるものとする。

【0032】

図2は、図1に示す無線中継装置の構成例を示す図である。

【0033】

同図において、この無線中継装置は、受信アンテナ11と、受信部12と、減算器13と、FIRフィルタ14と、係数決定部15と、パイロット信号生成部16と、パイロット挿入タイミング検出部17と、スイッチ回路18と、増幅器19と、送信アンテナ20から構成される。

本実施形態では、図1に示す送信装置1においてヌル信号が送信フレームに挿入される。まず、このことについて、図3及び図4を参照して説明する。図3は、従来の送信装置の構成例と本発明による送信装置の構成例を示す図であり、図4は、本実施形態における送信フレーム構成例を示す図である。

【0034】

図3(a)に示すように、従来の送信装置は、情報ビットを入力し、データシンボルを生成するデータシンボル生成部と21、既知のパイロット信号を生成するパイロット信号生成部22と、送信フレームを生成するフレーム生成部23から構成される。フレーム生成部23は、データシンボル生成部21から出力されるデータシンボルと、パイロット信号生成部22から出力されるパイロット信号を用いて送信フレームを構成する。このとき、データシンボルとパイロット信号は固定的に送信フレーム内に挿入される。

【0035】

これに対し、本発明による送信装置では、図3(b)に示されるように、従来の送信装

10

20

30

40

50

置と基本的構成を同様にするが、フレーム生成部33でのフレーム生成処理が異なる。すなわち、本実施形態における送信装置のフレーム生成部33は、送信フレーム内にヌル信号を挿入し、そのヌル信号の挿入位置に関する情報を含むヌル信号位置信号をフレームに多重して送信する(図3(b)参照)。上記ヌル位置信号には、例えば、ヌル信号の数、あるいは時間、周波数方向のヌル信号の挿入間隔を示す情報が含まれる。

【0036】

図4は、上記のようにしてフレーム生成部33で生成される送信フレームの構成例を示す図である。同図に示すように、本実施形態では、フレーム生成部33は、Nシンボル区間(斜線部参照)ごとに、mシンボル(例えば、 $m = 1$)のヌル信号(ヌルシンボル)を挿入する(白抜き部参照)。このヌル信号挿入区間には、パイロット信号が無線中継装置2で挿入されるが、その説明は後述する。

10

【0037】

本実施形態では、m個のヌルシンボルがNシンボル区間ごとに挿入される場合を例示したが、m個のヌルシンボルの値は、必要とする回り込み波の推定精度に応じて定めればよい。例えば、より高い回り込み波の推定精度が必要な場合は、mを大きな値に設定する。例えば、 $m > 2$ に設定した場合、2つのパイロット信号から得られるチャネル推定値の平均と、各チャネル推定値の差分をとることで、チャネル推定精度を高めることができる。

【0038】

また、上記m個のヌルシンボルの値は、上記のような固定的に設定する形態に限らず、適応的に変更することも可能である。例えば、回り込み波の推定精度が悪い場合、受信装置3で受信電力が確保できていても、ビット誤り率が増えることから、受信装置3での受信電力とビット誤り率に応じて、m個のヌルシンボルを制御すればよい。この場合、送信装置1は、受信装置3から送られてくる受信電力とビット誤り率を表す情報に基づいて、m個のヌルシンボルの値を変更する。

20

【0039】

また、回り込み波の推定精度が悪い場合、回り込み波が無線中継装置2で受信されることになるので、受信した信号の受信波形と、所定時間前の無線中継装置2で受信された受信信号の時間波形との相関をとることで、回り込み波のチャネル推定精度の低下を検出することも可能である。

【0040】

一方で、上記Nはフレームサイズとしてもよいが、無線中継装置2の回り込み波の変動速度(無線中継装置、送信装置及び受信装置の移動速度(例:ドップラー周波数))に応じて回り込み波の変動速度が変動する場合の変動速度のことをいう)に応じて、設定することができる。その場合、例えば、 $N < (\text{フレームサイズ})$ とし、1フレーム内の複数箇所にm個のヌルシンボルを挿入するようによい。

30

【0041】

一般に回り込み波の変動量は、ある時刻 t_1 と $t_1 + t$ の2つの時点での回り込み波のインパルス応答の差の大きさを示されるので、インパルス応答について前回の回り込み波のチャネル推定値との差分をとり、これらの2乗和を指標とすることにより、回り込み波の変動速度を検出することが可能である。

40

【0042】

したがって、無線中継装置2が、上記のようにして回り込み波の変動速度を検出し、検出結果を送信装置1に通知することで、上記Nの値を回り込み波の変動速度に応じて適応的に可変することができる。

【0043】

図2に戻り、無線中継装置2の動作を説明する。無線中継装置2は、送信装置1から送られてくる中継信号を、受信アンテナ11を介して受信部12で受信する。受信部12で受信された中継信号は、パイロット挿入タイミング検出部17に入力され、同部17においてヌル信号位置信号が抽出されてヌル信号の挿入位置が検出される。パイロット挿入タイミング検出部17は、検出されたヌル信号の挿入位置、すなわちヌル信号が挿入された

50

区間では、受信信号の変わりに、パイロット信号生成部 16 で生成されるパイロット信号を送信するため、ヌル信号の挿入区間ではスイッチ回路 18 のスイッチ b 接点を ON に切り替える制御を行う。

【 0 0 4 4 】

パイロット信号生成部 16 では、振幅と位相が既知のパイロット信号が生成され、生成されたパイロット信号がヌル信号の挿入区間に挿入されて増幅器 19 に入力される。上記パイロット信号は、その後、増幅器 19 で所望の電力値まで増幅され、送信アンテナ 20 を介して送信される。

【 0 0 4 5 】

また、係数決定部 15 は、上記動作と同時に、上記パイロット信号に対する受信信号により、周辺の環境の変化等により変動している回り込み波のチャンネル（伝送路特性）を推定し、このチャンネルを表現する F I R フィルタの係数、すなわち

回り込み波がキャンセル可能なようなフィルタ係数を決定する。F I R フィルタ 14 は、上記のようにして係数決定部 15 で決定されたフィルタ係数を設定する。つまり、F I R フィルタ 14 には回り込み波と同じ伝達関数を持つように係数が設定される。

【 0 0 4 6 】

減算器 13 は、F I R フィルタ 14 により生成された回り込み波（回り込み波のレプリカ）を、受信信号から差引くことにより、回り込みをキャンセルする。その後、スイッチ回路 18 のスイッチ a 接点が ON に切り替えられ、減算後の受信信号が増幅器 19 に入力され、所望の電力値に増幅されて送信アンテナ 20 より送信される。

【 0 0 4 7 】

このように本実施形態では、無線中継装置は、ヌル信号が挿入された区間でパイロット信号を送信すると同時にこのパイロット信号に対する受信信号により回り込み波のチャンネル推定をすることで、送受信装置間の通信を中断させることなく回り込み波を推定することができる。

【 0 0 4 8 】

また、上記のようにして推定された回り込み波が F I R フィルタにより擬似的に生成され、減算器により無線中継装置で受信した信号から F I R フィルタ 14 の出力（回り込み波の擬似出力）を減じることで回り込み波をキャンセルするので、回り込み波による発振を高精度に回避することができる。これにより、中継信号のビット誤り率の劣化を防ぐことができ、中継信号の受信品質を向上させることが可能となる。

【 0 0 4 9 】

なお、最初のヌルシンボル以前の信号については、回り込み波のキャンセルができないことから、これらの信号は無線中継装置への事前通知用として用い、中継は行わないようにしても良い。

【 0 0 5 0 】

（第 2 の実施形態）

O F D M 通信を行うシステムにおいては、必ずしもある時点での送信信号を全てヌル信号とせず、ある一部のサブキャリアのみのシンボルをヌル信号とすればよい。

【 0 0 5 1 】

図 5 は第 2 の実施形態に係る無線中継装置の構成例を示す図であり、図 6 は、本実施形態において送信装置の送信フレーム生成部で生成される送信フレームの構成例を示す図である。

【 0 0 5 2 】

図 5 に示す無線中継装置は、図 2 に示す第 1 の実施形態における無線中継装置の構成に、受信信号に対して F F T 処理を行う F F T 部 5 1 と、送信信号に対して I F F T 処理を行う I F F T 部 5 9 を加えて構成され、これらがサブキャリア毎に具備 5 0₁ ~ 5 0_n される。ここでは、第 1 の実施形態と異なる点について詳述する。

【 0 0 5 3 】

同図において、I F F T 部 5 9 では複数のシンボルデータに対する I F F T（逆高速フ

10

20

30

40

50

ーリエ変換)処理が行われ、時間領域の信号(OFDM送信信号)に変換される。一方、FFT部51では、受信データに対するFFT(高速フーリエ変換)処理が行われ、周波数領域の信号に変換(OFDM受信信号)される。

【0054】

次に、図6を参照しながら、本実施形態における送信フレームの構成について説明する。同図は、FFT後のOFDM信号を周波数軸上(縦軸)および時間軸上(横軸)に2次元的に配置したものであり、複数キャリア(サブキャリア)が周波数軸上に並列に配置される。また、図中の斜線部分がデータシンボルを示し、白抜き部分がヌルシンボルを示す。

【0055】

ここで、サブキャリアの周波数間隔は、例えば、次式にしたがって決定すればよい。

【0056】

$$\text{ceil}\{(\text{サブキャリア数}) / (\text{GIポイント数})\}$$

ここで、「ceil」は、より大きな最小整数を返す数値関数を表す。

【0057】

上記ceil{(サブキャリア数)/(GIポイント数)}間隔でのチャンネル推定値が得られた場合、理想的にはこれらを補完することで、全てのサブキャリアのチャンネル推定が可能である。しかし、補完方法によっては、補完により得られるチャンネル推定精度の劣化を招くため、適宜、より短い周波数間隔でヌル信号を挿入してもよい。

【0058】

このように本実施形態では、ある一部のサブキャリアのみのシンボルをヌル信号とすることで、本発明を、OFDM通信を行うシステムに容易に適用することができ、第1の実施形態で得られる効果と同様の効果と同システムにおいて得ることが可能である。

【0059】

(第3の実施形態)

上記実施形態では、OFDM伝送を用いた場合の各サブキャリアの電力増幅率を一定と仮定し説明したが、本実施形態では、より良好な通信品質を得るために、無線中継装置における電力増幅率をサブキャリアごとに変化させる。すなわち、本実施形態における無線中継装置は、電力増幅率をサブキャリアごとに制御する機能を備える。

【0060】

本実施形態における無線中継装置は、図7に示されるように、図5に示す実施形態の構成に、送信装置で挿入される送信装置挿入パイロット信号生成部62と、チャンネル推定部63と、電力制御量決定部63と、この電力制御量決定部63にて決定された電力制御量と受信信号との乗算を行う乗算器69が加えられて構成される。以下、図5に示す実施形態と異なる点について説明する。

【0061】

同図において、まず、送信装置で挿入されたパイロット信号が送信装置挿入パイロット信号生成部62で発生させられる。チャンネル推定部63は、その発生させられたパイロット信号と対応する受信信号から、送信装置-無線中継装置間のチャンネルを推定し、推定結果を電力制御量決定部64に出力する。電力制御量決定部64では、チャンネル推定部63から得られる各サブキャリアのチャンネル状態に基づき、各サブキャリアの電力制御量を決定する。この電力制御量の決定は、例えば、注水定理を適用して決定すれば好適な結果が得られる。この注水定理を用いた場合の電力制御量は次式で表すことができる。

$$\text{電力制御量} = (\text{各サブキャリアの受信電力})^0.5 \times (\text{定数})$$

ここで、定数は全帯域での中継利得を一定とするという条件より決定される値である。また、この値は、受信装置での受信品質に基づいて伝達される受信装置からのフィードバック信号により制御されてもよい。

【0062】

上記式にしたがって決定された電力制御量は、乗算部69にて受信信号と乗算され、増幅器71に入力される。これ以後は、前述した動作と同様である。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 3 】

このように本実施形態では、OFDM通信を行うシステムにおいて、無線中継装置における電力増幅率をサブキャリアごとに変化させるようにしたので、受信側における中継信号の受信品質を向上させることができる。

【 0 0 6 4 】

(第4の実施形態)

上記各実施形態では、無線中継装置において常時中継を行わないときでも、送信装置が常時ヌル信号を送信フレームに挿入する態様を例示したが、本発明はこのような態様に限らず、必要に応じてヌル信号を挿入するようにしてもよい。

【 0 0 6 5 】

例えば、図8のシーケンス図に示されるように、受信装置aが送信装置からの制御信号を受信できない(a)場合において、受信装置a予め規定されている中継要求信号を、無線中継装置に送信(b)する。さらに、受信装置aが通信を開始する以前に、制御信号を用いて、これから開始する通信が無線中継装置を介して行うことを送信装置に伝える(c)。このようにすることにより、送信装置は、受信装置aが無線中継装置を介しての中継を依頼しているのか否かを知ることが可能となる。

10

【 0 0 6 6 】

一方で、受信装置bは、送信装置からの制御信号を受信できる(a')ため、上記の中継要求信号は送信しない。送信装置は、上記制御信号に対する応答を受信することで、当該受信装置bが無線中継装置を介しての中継を依頼していないことを知ることができる。

20

【 0 0 6 7 】

送信装置では、各受信装置毎に無線中継装置を介しての中継が必要であるかを管理(例えば、テーブルで管理)し(e)、無線中継装置を介して通信を要求する受信装置にのみ(本例では、受信装置a)、ヌル信号を挿入した送信フレーム構成を用い(f、g)、送信装置と直接通信を行っている受信装置(本例では、受信装置b)に対しては、ヌル信号を挿入しない送信フレームで送信(h、i)する。

【 0 0 6 8 】

これにより、無線中継装置を介さずに通信を行っている受信装置に対して、ヌル信号の挿入によるスループットの減少を回避させることが可能となる。

【 0 0 6 9 】

また、本実施形態においても、制御信号の中継フレームには、常時ヌル信号を挿入しておく、あるいは、他の手段を用いて回り込みのキャンセルを行うようにする必要がある。

30

【 0 0 7 0 】

図9は、本実施形態における送信装置の構成例を示す図である。本実施形態における送信装置は、その基本構成を図3に示す送信装置と同一とするが、フレーム生成規則決定部77を付加する点が異なる。このフレーム生成規則決定部77は、前述した、ヌル信号の挿入/挿入なしを決定する機能を備える。

【 0 0 7 1 】

フレーム生成規則決定部77は、前述したシーケンスに示されるように、各受信装置からの中継要求信号(ここでは、受信装置からのフィードバック信号と呼ぶ)をモニタし、各受信装置毎にヌル信号の挿入/挿入なしを決定し、決定結果を、例えば、テーブルにて管理する。また、上記決定結果を、フレーム生成部78が送信フレームを生成する際に、所定のタイミングで出力する。フレーム生成部78では、フレーム生成規則決定部77からの決定出力にしたがい、フレームにヌル信号を挿入したり、ヌル信号を挿入しなかったり制御をする。

40

【 0 0 7 2 】

このように本実施形態によれば、必要に応じてヌル信号を挿入することにより、無線中継装置を介さずに通信を行っている受信装置に対して、ヌル信号の挿入によるオーバーヘッドを減少させ、スループットを向上させることができる。

【 0 0 7 3 】

50

(第5の実施形態)

本実施形態では、無線中継装置は、中継信号をNシンボル遅延させて中継し、フレームの先頭から2シンボル目をヌル信号とする。以下、無線中継装置が2シンボル遅延で中継を行う場合のフレームを構成する実施形態を説明する。また、本実施形態では、フレーム構成としては、フレームの先頭から2シンボル目をヌル信号としておけばよい。

【0074】

図10は、本実施形態における無線中継装置の構成例を示す図である。

同図において、この無線中継装置は、受信アンテナ81と、受信部82と、2シンボル遅延素子83と、減算器84と、FIRフィルタ85と、係数決定部86と、パイロット信号生成部87と、パイロット挿入タイミング検出部88と、スイッチ回路89と、増幅器90から構成される。

10

【0075】

ここでは、上記各実施形態と異なる2シンボル遅延素子83による遅延動作を、図11を参照しながら説明する。同図中、記号Dは、遅延素子(Delay Line)を表す。本実施形態では、2シンボル遅延素子であるため、Dが直列に2段並べられて構成される。

【0076】

同図(a)はシンボルが2シンボル遅延素子83に入力される前の初期状態を示している。まず、次のタイミングの1シンボル目の受信をトリガ(同図(b))に、2シンボル遅延素子83でシンボルが2シンボル遅延させられ、2シンボル目が受信されるタイミングで、パイロット信号生成部87で生成されるパイロット信号(記号P)を送信する(同図(c))。

20

【0077】

このようにしてパイロット信号を送信することで、無線中継装置では、2シンボル目が受信されるタイミング(この場合、2シンボル目をヌル信号としている)で、送信したパイロット信号に対する受信信号が受信される(同図(d))。無線中継装置の係数決定部86では、受信部82で3シンボル目の受信を行っている間に、上記の受信信号とパイロット信号により、回り込み波のチャネルを推定し、FIRフィルタ85の係数を決定し、FIRフィルタ85に回り込み波をキャンセルできる係数をセットする。このとき、無線中継装置からは1シンボル目が送信され、無線中継装置の受信アンテナ81では、3シンボル目と、1シンボル目の回り込み波が受信される。次に、2シンボル目が送信されるタイミング(同図(e))では、3シンボル目の受信信号に加算されている1シンボル目の回り込み波をキャンセルし、次のタイミングで3シンボル目を送信する(同図(f))。

30

【0078】

このように本実施形態では、送信装置から、受信装置への直接波が受信されない、あるいは、非常に小さい場合に有効であり、無線中継装置においてデジタル信号処理を伴うため、無線中継装置による処理遅延が大きい場合に対しても有効である。

【0079】

(第6の実施形態)

本実施形態は、本発明に係る無線中継装置をMIMO(多入力多出力)チャネル信号伝送に適用した場合である。MIMOチャネル信号伝送方式とは、送信装置より同一周波数帯を用いて、複数の情報系列を無線送信し、受信装置でこれら同一周波数帯の無線信号を受信して、各情報系列に分離する信号伝送方式のことをいう。

40

【0080】

まず、従来のMIMOチャネル信号伝送方式の動作について説明する。図12は、従来のMIMOチャネル信号伝送方式による多地点中継伝送システムの構成例を示す図である。

【0081】

同図に示すように、この多地点中継伝送システムでは、送信装置100において、M個(Mは2以上の整数)の情報系列 S_1, \dots, S_M が、送信アンテナ A_{s1}, \dots, A_{sM} より、同一周波数帯の垂直偏波無線信号としてそれぞれ送信され、これらM個の無

50

線信号が、 L 個 (L は1以上の整数)の無線中継装置 $110_1, \dots, 110_L$ でそれぞれ受信され、一旦蓄積される。そして、送信装置 100 より1通話分、1バーストなどの送信終了で送信が停止すると、蓄積された無線信号が増幅され、垂直偏波無線信号として受信装置 120 に送信される。受信装置 120 では N 個 (N は M 以上の整数)の直線偏波受信アンテナ Ar_1, \dots, Ar_N で受信し、受信信号に対し、MIMO等化処理して M 個の情報系列 S_1, \dots, S_M に分離される。

【0082】

図13は、上記のようなMIMOチャネル構成で用いられる無線中継装置の構成例を示す図である。本実施形態では、無線中継装置は、異偏波面中継機能を備えていてもよい。

【0083】

同図において、この無線中継装置は、第1偏波受信アンテナを U 個これと偏波特性が直交した第2偏波受信アンテナを V 個 (U, V はそれぞれ1以上の整数)備え、第1偏波受信アンテナ及び第2偏波受信アンテナとそれぞれ偏波特性が直交した U 個の第2偏波送信アンテナ及び V 個の第1偏波送信アンテナを備える。

【0084】

本例では、 $U = V = 1$ の場合を示し、偏波特性が互いに直交した2つのアンテナの一方を縦線の上に頂点を下とした三角形(逆三角形)を付けて表示し、他方を縦線の上に頂点を上とした三角形を付けて表示する。

【0085】

第1偏波受信アンテナ 150_1 及び第2偏波受信アンテナ 150_2 が設けられ、これら第1偏波受信アンテナ 150_1 及び第2偏波受信アンテナ 150_2 でそれぞれ受信された無線信号は、それぞれ回り込み抑圧部 154_1 及び 154_2 で回り込み信号が抑圧されて増幅器 153_1 及び 153_2 へ供給される。増幅器 153_1 及び 153_2 でそれぞれ増幅された無線信号は、第2偏波及び第1偏波送信アンテナ 151_1 及び 151_2 により送信される。

【0086】

上記のような異偏波面中継機能を備える無線中継装置に本発明を適用した場合、上記した回り込み抑圧部 154_1 及び 154_2 の構成を、図2に示す構成とすればよい(ただし、増幅器19は除く)。これにより、同一周波数で中継を行う際に、より高精度に回り込み波による発振を回避することができると共に、偏波が互いに直交した同一周波数帯の複数の無線信号をそれぞれ比較的高い利得で同時に中継増幅することができる。

【0087】

図14は、本発明に係る無線中継装置をMIMOチャネル信号伝送に適用した場合の他の実施形態を示す図である。

【0088】

本実施形態では、第2偏波受信アンテナ 150_2 の受信無線信号が第1偏波送信アンテナ 151_2 、より送信され回り込み信号として第1偏波受信アンテナ 150_1 で受信された時に、その回り込み信号を抑圧する。つまり回り込み信号が前記閉ループに入ると、増幅器を通過する前に抑圧する。このため第1偏波送信アンテナ 151_2 から送信され、第1偏波受信アンテナ 150_1 に受信される回り込み伝送路 170 の伝送路特性(インパルス応答、チャネル特性ともいわれる)が回り込みチャネル推定部 180_1 で推定される。

【0089】

第2偏波受信アンテナ 150_2 で受信された信号、この例では、増幅器 153_2 の入力信号に対しFIRフィルタ 182_1 において、回り込みチャネル推定部 180_1 で推定した回り込み伝送路 170 の特性を畳み込み、回り込み伝送路 170 の回り込み信号のレプリカを生成する。この回り込み信号レプリカを、第1偏波受信アンテナ 150_1 の受信無線信号から減算部 183_1 で差し引き、減算部 183_1 の出力信号を増幅器 153_1 に入力する。

【0090】

このようにして第1偏波受信アンテナ 150_1 の受信無線信号中の、第2偏波受信アン

10

20

30

40

50

テナ 150₂ の受信無線信号が回り込み伝送路 170 を通じて第 1 偏波受信アンテナ 150₁ に受信された回り込み信号が、FIR フィルタ 182₁ からの回り込み信号レプリカにより抑圧され、つまり、第 2 偏波受信アンテナ 150₂ の受信無線信号が第 1 偏波送信アンテナ 151₂ から回り込み伝送路 170 を通じて回り込み信号として前記閉路に入力される部分で抑圧され回り込み信号が増幅器により増幅され雑音が増算される問題は生じない。

【0091】

このように本実施形態によれば、本発明を、MIMO チャンネル信号伝送を行うシステムに適用することで、回り込み波による発振を高精度に回避することができると共に、MIMO チャンネル構成により送受信装置間のチャンネル容量を増大させることができる。

10

【図面の簡単な説明】

【0092】

【図 1】第 1 の実施形態に係る無線中継装置を含む無線中継システムの構成例を示す図である。

【図 2】図 1 に示す無線中継装置の構成例を示す図である。

【図 3】従来の送信装置の構成例と本発明による送信装置の構成例を示す図である。

【図 4】第 1 の実施形態における送信フレームの構成例を示す図である。

【図 5】第 2 の実施形態に係る無線中継装置の構成例を示す図である。

【図 6】第 2 の実施形態における送信フレームの構成例を示す図である。

【図 7】第 3 の実施形態に係る無線中継装置の構成例を示す図である。

20

【図 8】第 4 の実施形態におけるヌル信号の挿入制御を示すシーケンス図である。

【図 9】第 4 の実施形態における送信装置の構成例を示す図である。

【図 10】第 5 の実施形態に係る無線中継装置の構成例を示す図である。

【図 11】第 5 の実施形態における 2 シンボル遅延素子による遅延動作を説明するための図である。

【図 12】従来の MIMO チャンネル信号伝送方式による多地点中継伝送システムの構成例を示す図である。

【図 13】MIMO チャンネル構成で用いられる無線中継装置の構成例を示す図である。

【図 14】図 13 に示す無線中継装置の回り込み抑圧部及びの構成例を示す図である。

【図 15】従来の無線中継装置の構成例を示す図である。

30

【符号の説明】

【0093】

1 送信装置

2, 110₁ ~ 110_L 無線中継装置

3 受信装置

11, 81 受信アンテナ

12, 82 受信部

13, 52, 65, 84, 183₁, 183₂, 201 減算器

14, 53, 66, 85, 182₁, 182₂, 202 FIR フィルタ

15, 54, 67, 86, 203 係数決定部

40

16, 22, 32, 55, 68, 76, 87, 204 パイロット信号生成部

17, 56, 70, 88 パイロット挿入タイミング検出部

18, 57, 71, 89 スイッチ回路

19, 58, 72, 90, 153₁, 153₂, 205 増幅器

20 送信アンテナ

21, 31, 75 データシンボル生成部

23, 33, 78 フレーム生成部

50₁ ~ 50_n, 60₁ ~ 60_n 各サブキャリア毎の無線中継装置の機能ブロック

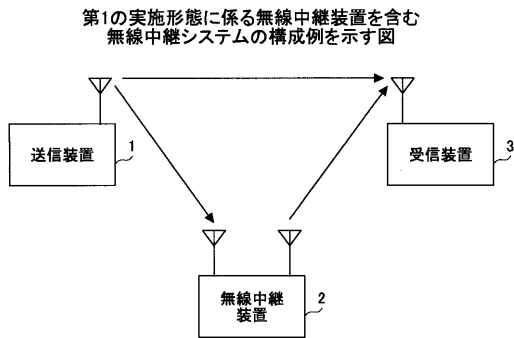
51, 61 FFT 部

59, 73 IFFT 部

50

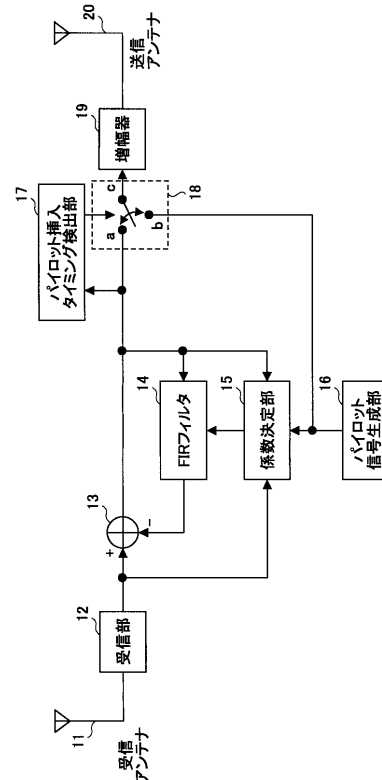
- 6 2 送信装置挿入パイロット信号生成部
- 6 3 チャンネル推定部
- 6 4 電力制御量決定部
- 6 9 乗算器
- 7 7 フレーム生成規則決定部
- 8 3 2シンボル遅延素子
- 1 0 0 送信装置
- 1 2 0 受信装置
- 1 5 0₁ 第1偏波受信アンテナ
- 1 5 0₂ 第2偏波受信アンテナ
- 1 5 1₁ 第2偏波送信アンテナ
- 1 5 1₂ 第1偏波送信アンテナ
- 1 5 2 筐体
- 1 5 4₁, 1 5 4₂ 回り込み抑圧部
- 1 6 0, 1 7 0 回りこみ伝送路
- 1 8 0₁, 1 8 0₂ 回り込みチャンネル推定部
- 1 8 1₁, 1 8 1₂ パイロット発生器

【図1】



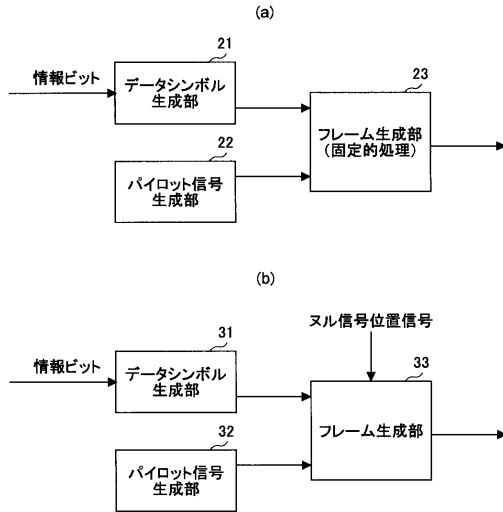
【図2】

図1に示す無線中継装置の構成例を示す図



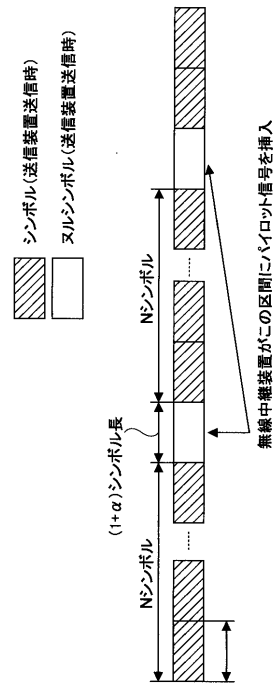
【図3】

従来の送信装置の構成例と本発明による送信装置の構成例を示す図



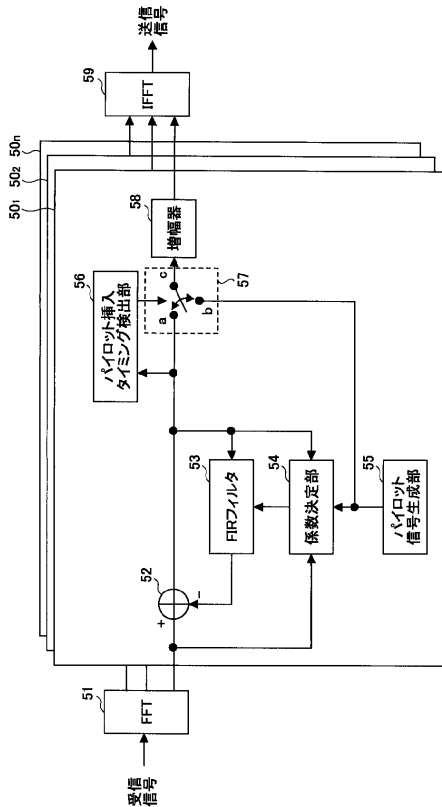
【図4】

第1の実施形態における送信フレームの構成例を示す図



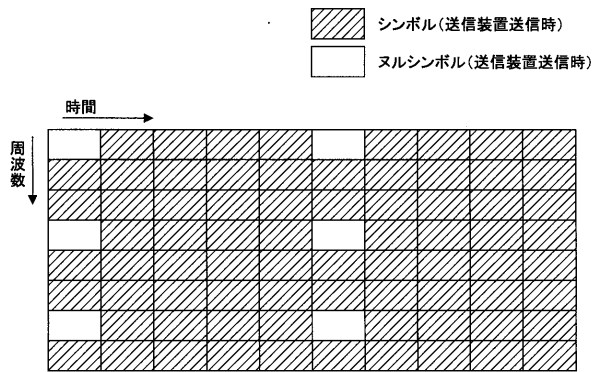
【図5】

第2の実施形態に係る無線中継装置の構成例を示す図



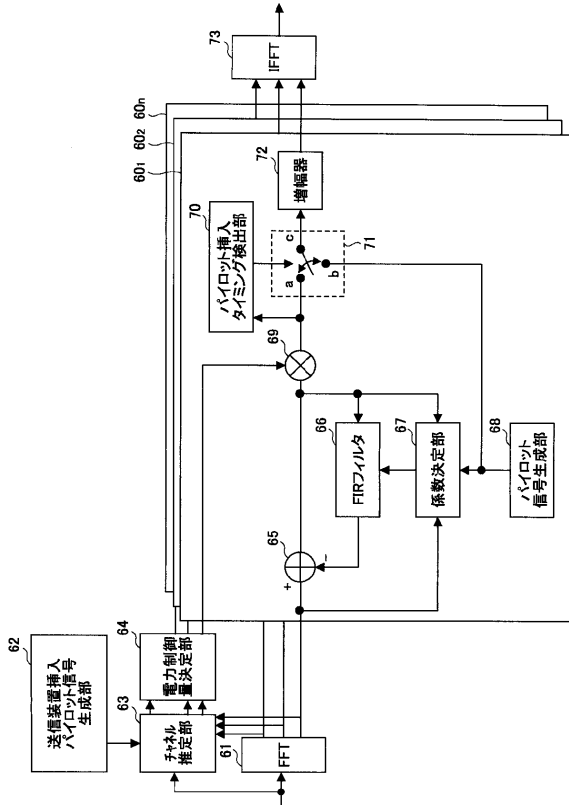
【図6】

第2の実施形態における送信フレームの構成例を示す図



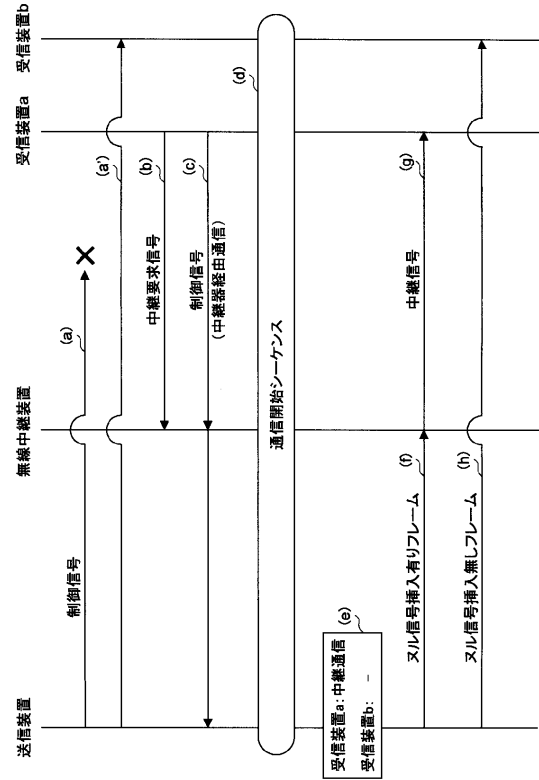
【 図 7 】

第3の実施形態に係る無線中継装置の構成例を示す図



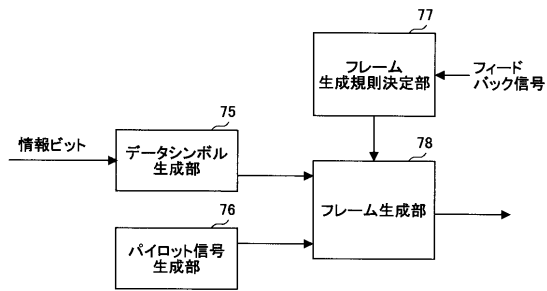
【 図 8 】

第4の実施形態におけるヌル信号の挿入制御を示すシーケンス図



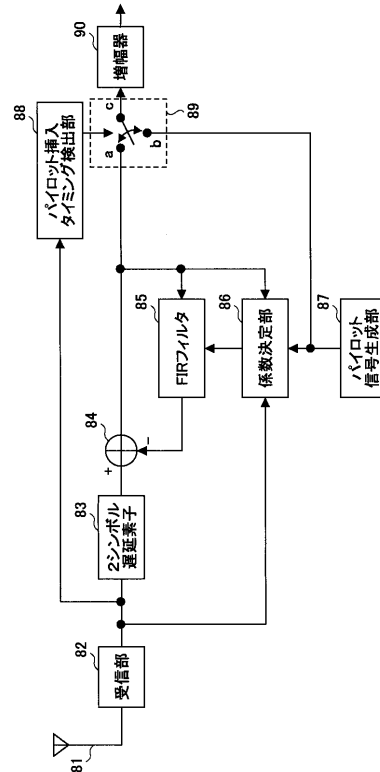
【 図 9 】

第4の実施形態における送信装置の構成例を示す図



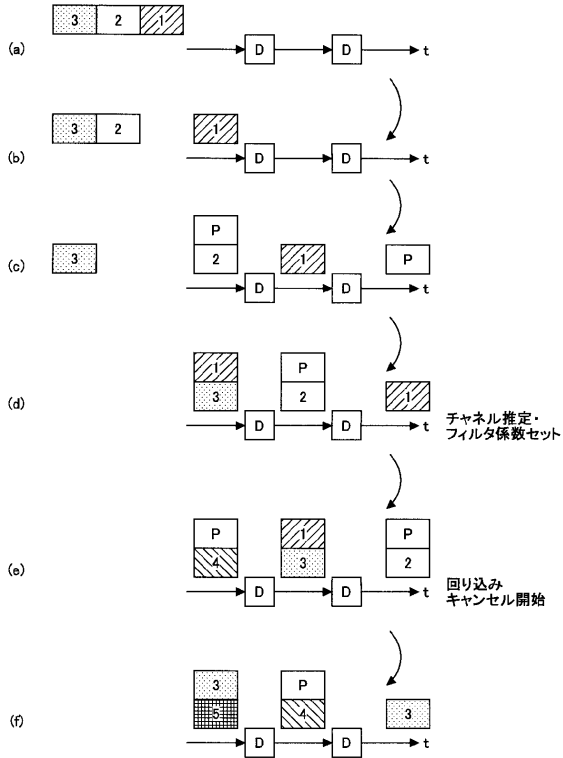
【 図 10 】

第5の実施形態に係る無線中継装置の構成例を示す図



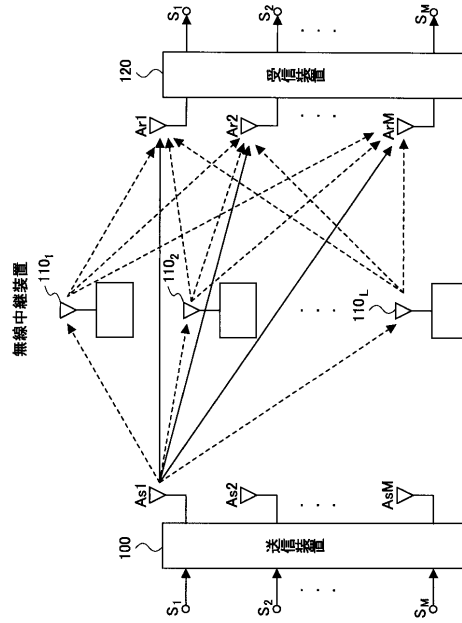
【図11】

第5の実施形態における2シンボル遅延素子による遅延動作を説明するための図



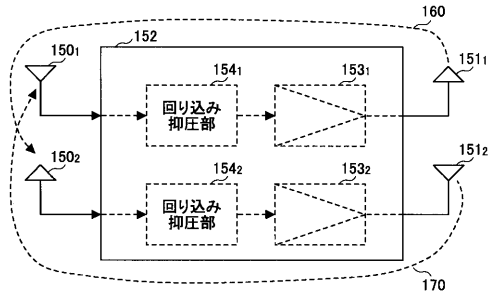
【図12】

従来のMIMOチャネル信号伝送方式による多地点中継伝送システムの構成例を示す図



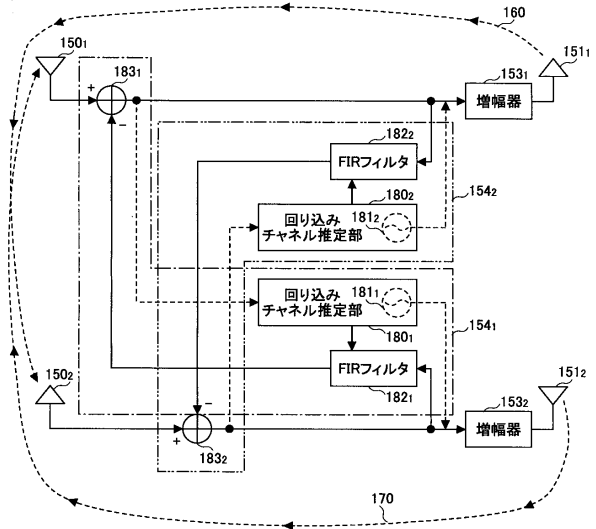
【図13】

MIMOチャネル構成で用いられる無線中継装置の構成例を示す図



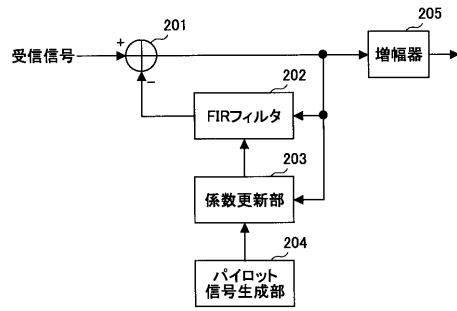
【図14】

図13に示す無線中継装置の回り込み抑圧部及びその構成例を示す図



【図15】

従来の無線中継装置の構成例を示す図



フロントページの続き

審査官 前田 典之

- (56)参考文献 特開2005-229524(JP,A)
特開平11-112400(JP,A)
特開平11-004209(JP,A)
特開2001-223628(JP,A)
関力,伊丹誠 他,中継局における付加遅延挿入によるSFN実現方式の検討,映像情報メディア学会誌,日本,(社)映像情報メディア学会,2000年11月20日,Vol.54, No.11, pages.1576-1583
今村浩一郎 他,地上デジタル放送SFNにおける放送波中継用回り込みキャンセラの基礎検討,映像情報メディア学会誌,日本,(社)映像情報メディア学会,2000年11月20日,Vol.54, No.11, pages.1568-1575

(58)調査した分野(Int.Cl.,DB名)

H04B 7/015

H04B 7/15

H04W 16/26