

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2017-17639

(P2017-17639A)

(43) 公開日 平成29年1月19日(2017.1.19)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO4B 1/04 (2006.01)	HO4B 1/04 R	5K060
HO4B 10/2575 (2013.01)	HO4B 9/00 267	5K102

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2015-135167 (P2015-135167)
 (22) 出願日 平成27年7月6日 (2015.7.6)

(71) 出願人 00005223
 富士通株式会社
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号
 (74) 代理人 100089118
 弁理士 酒井 宏明
 (72) 発明者 ロズキン アレクサンダー ニコラビッチ
 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
 Fターム(参考) 5K060 BB08 CC02 CC04 DD04 HH03
 LL24
 5K102 AA01 AB13 AH21 KA01 KA39
 MA01 MA02 MB13 MC23 MD01
 MD04

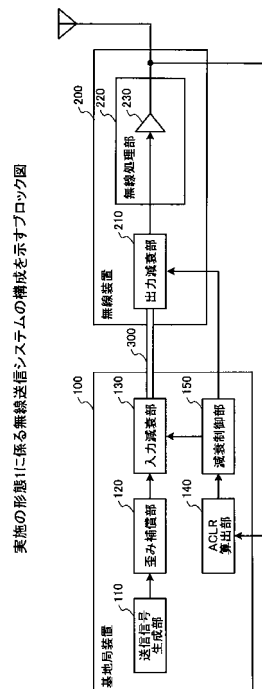
(54) 【発明の名称】 無線送信システム及び信号伝送方法

(57) 【要約】

【課題】光ファイバによる信号の伝送を伴う場合でも信号の品質劣化を抑制すること。

【解決手段】無線送信システムは、光伝送路で接続された第1装置と第2装置とを有する無線送信システムであって、前記第1装置は、送信信号を生成する生成部と、前記生成部によって生成された送信信号を減衰し、前記光伝送路へ入力する第1減衰部とを有し、前記第2装置は、前記光伝送路から出力される送信信号を減衰する第2減衰部と、前記第2減衰部によって減衰された送信信号を増幅する増幅部と、前記増幅部による増幅後の送信信号を無線送信する送信部とを有し、前記第1装置又は前記第2装置は、前記第1減衰部及び前記第2減衰部における減衰量を制御する制御部をさらに有する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光伝送路で接続された第 1 装置と第 2 装置とを有する無線送信システムであって、
前記第 1 装置は、
送信信号を生成する生成部と、
前記生成部によって生成された送信信号を減衰し、前記光伝送路へ入力する第 1 減衰部
とを有し、

前記第 2 装置は、

前記光伝送路から出力される送信信号を減衰する第 2 減衰部と、
前記第 2 減衰部によって減衰された送信信号を増幅する増幅部と、
前記増幅部による増幅後の送信信号を無線送信する送信部とを有し、

10

前記第 1 装置又は前記第 2 装置は、

前記第 1 減衰部及び前記第 2 減衰部における減衰量を制御する制御部をさらに有する
ことを特徴とする無線送信システム。

【請求項 2】

前記制御部は、

前記増幅部による増幅後の送信信号から所定の送信周波数帯域外の漏洩電力を算出する
算出部を有し、

前記算出部によって算出される漏洩電力を最小にする前記第 1 減衰部及び前記第 2 減衰
部それぞれの減衰量を決定し、決定した減衰量を前記第 1 減衰部及び前記第 2 減衰部に設
定することを特徴とする請求項 1 記載の無線送信システム。

20

【請求項 3】

前記制御部は、

合計が所定値に等しい前記第 1 減衰部及び前記第 2 減衰部それぞれの減衰量の組み合わ
せのうち、前記算出部によって算出される漏洩電力を最小にする減衰量の組み合わせを決
定することを特徴とする請求項 2 記載の無線送信システム。

【請求項 4】

前記制御部は、

前記生成部によって生成された送信信号の平均電力を算出する算出部を有し、

前記算出部によって算出される平均電力に対応付けて記憶部にあらかじめ記憶される前
記第 1 減衰部及び前記第 2 減衰部それぞれの減衰量を取得し、取得した減衰量を前記第 1
減衰部及び前記第 2 減衰部に設定することを特徴とする請求項 1 記載の無線送信システム
。

30

【請求項 5】

前記第 2 装置は、

前記増幅部からフィードバックされるフィードバック信号を減衰し、前記光伝送路へ入
力する第 3 減衰部をさらに有し、

前記第 1 装置は、

前記光伝送路から出力されるフィードバック信号を減衰する第 4 減衰部をさらに有し、

前記制御部は、

前記第 3 減衰部及び前記第 4 減衰部における減衰量をさらに制御する
ことを特徴とする請求項 1 記載の無線送信システム。

40

【請求項 6】

前記制御部は、

前記増幅部による増幅後の送信信号から所定の送信周波数帯域外の漏洩電力を算出する
算出部を有し、

前記算出部によって算出される漏洩電力を最小にする前記第 3 減衰部及び前記第 4 減衰
部それぞれの減衰量を決定し、決定した減衰量を前記第 3 減衰部及び前記第 4 減衰部に設
定することを特徴とする請求項 5 記載の無線送信システム。

【請求項 7】

50

前記制御部は、

合計が所定値に等しい前記第3減衰部及び前記第4減衰部それぞれの減衰量の組み合わせのうち、前記算出部によって算出される漏洩電力を最小にする減衰量の組み合わせを決定することを特徴とする請求項6記載の無線送信システム。

【請求項8】

前記制御部は、

前記増幅部からフィードバックされるフィードバック信号の平均電力を算出する算出部を有し、

前記算出部によって算出される平均電力に対応付けて記憶部にあらかじめ記憶される前記第3減衰部及び前記第4減衰部それぞれの減衰量を取得し、取得した減衰量を前記第3減衰部及び前記第4減衰部に設定することを特徴とする請求項5記載の無線送信システム。

10

【請求項9】

光伝送路で接続された装置間の信号伝送方法であって、

前記光伝送路の入力部及び出力部における減衰量を設定し、

前記装置間を伝送される信号を取得し、

取得された信号を前記入力部において減衰して前記光伝送路へ入力し、

前記光伝送路によって伝送され出力される信号を前記出力部において減衰する処理を有することを特徴とする信号伝送方法。

【発明の詳細な説明】

20

【技術分野】

【0001】

本発明は、無線送信システム及び信号伝送方法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、例えばR o F (Radio on Fiber) などと呼ばれる技術を用いて、基地局装置と無線装置とを光ファイバで接続することが検討されている。R o Fにおいては、無線送信信号が基地局装置によって光変調され、光ファイバによって遠隔地の無線装置まで伝送された後、無線装置によって増幅されて無線送信される。このため、例えば1つの基地局装置に複数の無線装置を接続し、信号に対する処理を基地局装置において一括して実行した上で、各無線装置から信号を無線送信することなどが可能となる。結果として、無線通信システムの全体のコストを低減することができる。

30

【0003】

一般に、R o Fにおいて光ファイバで信号が伝送される際には、信号の周波数に応じた相互変調歪みが発生する。すなわち、例えば電気信号を光信号に変換する変換器は、線形性を維持したまま信号を変換可能な電力範囲が比較的小さく、この電力範囲外の電気信号が光信号に変換されると、相互変調歪みが発生して信号の線形性が崩れる。そこで、光ファイバによって伝送される信号の電力が所望の範囲に調整された後、電力が調整された電気信号が光信号に変換され、この光信号が光ファイバによって伝送されることがある。これにより、光ファイバによる伝送の過程で信号に発生する相互変調歪みを低減することができ、結果として、信号とスプリアスのレベル差に相当するスプリアスフリー・ダイナミックレンジ(S F D R : Spurious Free Dynamic Range)を改善することができる。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2014-103571号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、光ファイバによる伝送時に信号に発生する雑音は相互変調歪みによるも

50

のだけではないため、相互変調歪み以外の雑音により、良好な信号対雑音比（S N R : Signal to Noise Ratio）が得られないという問題がある。具体的には、光ファイバによる信号伝送においては、例えば熱雑音、フォトダイオードにおけるショット雑音、及び光源における相対強度雑音（Relative Intensity Noise : R I N）などの雑音が伴う。そして、これらの雑音は、信号の周波数に応じた特定の周波数帯域に発生する相互変調歪みとは異なり、広い周波数帯域にわたって付加され、S N R 低下の原因となる。

【 0 0 0 6 】

このような S N R の低下により、光ファイバによって基地局装置と無線装置を接続する無線通信システムにおいては、例えば基地局装置から無線装置へ伝送される送信信号の品質劣化が生じることがある。

10

【 0 0 0 7 】

開示の技術は、かかる点に鑑みてなされたものであって、光ファイバによる信号の伝送を伴う場合でも信号の品質劣化を抑制することができる無線送信システム及び信号伝送方法を提供することを目的とする。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 8 】

本願が開示する無線送信システムは、1つの態様において、光伝送路で接続された第1装置と第2装置とを有する無線送信システムであって、前記第1装置は、送信信号を生成する生成部と、前記生成部によって生成された送信信号を減衰し、前記光伝送路へ入力する第1減衰部とを有し、前記第2装置は、前記光伝送路から出力される送信信号を減衰する第2減衰部と、前記第2減衰部によって減衰された送信信号を増幅する増幅部と、前記増幅部による増幅後の送信信号を無線送信する送信部とを有し、前記第1装置又は前記第2装置は、前記第1減衰部及び前記第2減衰部における減衰量を制御する制御部をさらに有する。

20

【 発明の効果 】

【 0 0 0 9 】

本願が開示する無線送信システム及び信号伝送方法の1つの態様によれば、光ファイバによる信号の伝送を伴う場合でも信号の品質劣化を抑制することができるという効果を奏する。

【 図面の簡単な説明 】

30

【 0 0 1 0 】

【 図 1 】 図 1 は、実施の形態 1 に係る無線送信システムの構成を示すブロック図である。

【 図 2 】 図 2 は、実施の形態 1 に係る減衰制御部の構成を示すブロック図である。

【 図 3 】 図 3 は、実施の形態 1 に係る減衰量決定処理を示すフロー図である。

【 図 4 】 図 4 は、減衰量と A C L R の対応関係の具体例を示す図である。

【 図 5 】 図 5 は、実施の形態 2 に係る無線送信システムの構成を示すブロック図である。

【 図 6 】 図 6 は、実施の形態 2 に係る減衰制御部の構成を示すブロック図である。

【 図 7 】 図 7 は、実施の形態 3 に係る無線送信システムの構成を示すブロック図である。

【 図 8 】 図 8 は、減衰量と A C L R の対応関係の具体例を示す図である。

【 発明を実施するための形態 】

40

【 0 0 1 1 】

以下、本願が開示する無線送信システム及び信号伝送方法の実施の形態について、図面を参照して詳細に説明する。なお、この実施の形態により本発明が限定されるものではない。

【 0 0 1 2 】

（実施の形態 1）

図 1 は、実施の形態 1 に係る無線送信システムの構成を示すブロック図である。この無線送信システムは、基地局装置 1 0 0 と無線装置 2 0 0 が光伝送路 3 0 0 によって接続された構成を採る。なお、図 1 においては、1つの無線装置 2 0 0 が基地局装置 1 0 0 に接続されているが、複数の無線装置 2 0 0 が基地局装置 1 0 0 に接続されても良い。

50

【 0 0 1 3 】

基地局装置 1 0 0 は、送信信号を生成し、生成された送信信号を歪み補償した上で、光伝送路 3 0 0 を介して無線装置 2 0 0 へ送信する。このとき、基地局装置 1 0 0 は、歪み補償後の送信信号を減衰し、減衰後の送信信号を光伝送路 3 0 0 へ入力する。具体的には、基地局装置 1 0 0 は、送信信号生成部 1 1 0、歪み補償部 1 2 0、入力減衰部 1 3 0、A C L R (Adjacent Channel Leakage power Ratio: 隣接チャネル漏洩電力比) 算出部 1 4 0 及び減衰制御部 1 5 0 を有する。

【 0 0 1 4 】

送信信号生成部 1 1 0 は、データの符号化及び変調などを実行し、送信信号を生成する。送信信号生成部 1 1 0 が生成する送信信号は、電気信号である。

10

【 0 0 1 5 】

歪み補償部 1 2 0 は、送信信号生成部 1 1 0 によって生成された送信信号を歪み補償する。具体的には、歪み補償部 1 2 0 は、無線装置 2 0 0 に設けられる増幅器において発生する相互変調歪みの逆特性の歪みを送信信号に付与する。このとき、歪み補償部 1 2 0 は、例えば多項式を用いて送信信号に歪みを付与しても良く、送信信号の電力に応じた歪みをルックアップテーブルから読み出して送信信号に付与しても良い。

【 0 0 1 6 】

入力減衰部 1 3 0 は、光伝送路 3 0 0 の入力部分に設けられ、歪み補償後の送信信号の電力を減衰して光伝送路 3 0 0 へ入力する。このとき、入力減衰部 1 3 0 は、減衰制御部 1 5 0 によって指示される入力時減衰量だけ送信信号の電力を減衰する。後述するように、減衰量の調整期間においては、入力時減衰量は順次変更されるが、通常稼働期間においては、光伝送路 3 0 0 において発生する各種雑音を抑圧する入力時減衰量が入力減衰部 1 3 0 に設定される。

20

【 0 0 1 7 】

A C L R 算出部 1 4 0 は、無線装置 2 0 0 において増幅された後の送信信号をフィードバックさせ、フィードバック信号に基づいて A C L R を算出する。すなわち、A C L R 算出部 1 4 0 は、無線装置 2 0 0 から無線送信される信号において、所定の送信帯域の帯域外へ漏洩している電力の比を算出する。A C L R は、隣接チャネルへの漏洩電力の比であるため、小さくするのが好ましい。

【 0 0 1 8 】

減衰制御部 1 5 0 は、所定の周期で減衰量の調整期間を設け、調整期間中に、光伝送路 3 0 0 へ入力される信号の最適な減衰量と光伝送路 3 0 0 から出力される信号の最適な減衰量とを A C L R に基づいて決定する。すなわち、減衰制御部 1 5 0 は、調整期間中に、A C L R を最も小さくする入力時減衰量と出力時減衰量とを決定する。そして、減衰制御部 1 5 0 は、通常稼働期間においては、決定された最適な入力時減衰量及び出力時減衰量をそれぞれ入力減衰部 1 3 0 及び無線装置 2 0 0 の出力減衰部 2 1 0 に設定する。なお、減衰制御部 1 5 0 の詳細な構成及び動作については、後に詳述する。

30

【 0 0 1 9 】

なお、送信信号生成部 1 1 0、歪み補償部 1 2 0、A C L R 算出部 1 4 0 及び減衰制御部 1 5 0 は、例えば C P U (Central Processing Unit)、F P G A (Field Programmable Gate Array) 又は D S P (Digital Signal Processor) などのプロセッサと、R A M (Random Access Memory) 又は R O M (Read Only Memory) などのメモリとを用いて構成することができる。また、入力減衰部 1 3 0 は、減衰器を用いて構成することができる。

40

【 0 0 2 0 】

無線装置 2 0 0 は、光伝送路 3 0 0 によって伝送された送信信号を減衰し、減衰後の送信信号を増幅して無線送信する。具体的には、無線装置 2 0 0 は、出力減衰部 2 1 0 及び無線処理部 2 2 0 を有する。

【 0 0 2 1 】

出力減衰部 2 1 0 は、光伝送路 3 0 0 からの出力部分に設けられ、光伝送路 3 0 0 から

50

出力された送信信号の電力を減衰して無線処理部 220 へ出力する。このとき、出力減衰部 210 は、減衰制御部 150 によって指示される出力時減衰量だけ送信信号の電力を減衰する。後述するように、減衰量の調整期間においては、出力時減衰量は順次変更されるが、通常稼働期間においては、光伝送路 300 において発生する各種雑音を抑圧する出力時減衰量が出力減衰部 210 に設定される。なお、出力減衰部 210 は、減衰器を用いて構成することができる。

【0022】

無線処理部 220 は、増幅器 230 を有し、出力減衰部 210 から出力される送信信号に対して所定の無線送信処理を実行する。具体的には、無線処理部 220 は、例えば D/A (Digital/Analogue) 変換及びアップコンバートなどの無線送信処理を実行する。そして、無線処理部 220 は、無線送信処理後の信号を増幅器 230 によって増幅し、アンテナを介して無線送信する。

10

【0023】

光伝送路 300 は、光ファイバを有し、入力減衰部 130 から入力される送信信号を光変調して光信号に変換し、得られた光信号を光ファイバによって無線装置 200 へ伝送する。そして、光伝送路 300 は、無線装置 200 へ伝送された光信号を光復調して電気信号に変換し、得られた電気信号を出力減衰部 210 へ出力する。光伝送路 300 によって伝送される過程で、送信信号には相互変調歪みや雑音が発生するが、本実施の形態では、入力減衰部 130 及び出力減衰部 210 による減衰によって相互変調歪みや雑音が抑制され、良好な SFDR 及び SNR を得ることができる。

20

【0024】

次に、減衰制御部 150 の構成について、図 2 を参照しながら説明する。図 2 は、減衰制御部 150 の構成を示すブロック図である。図 2 に示す減衰制御部 150 は、ACLR 比較部 151、バッファ部 152、アドレス設定部 153、入力用ルックアップテーブル（以下「入力用 LUT」と略記する）154 及び出力用ルックアップテーブル（以下「出力用 LUT」と略記する）155 を有する。

【0025】

ACLR 比較部 151 は、最適な減衰量を決定するための調整期間において、入力時減衰量及び出力時減衰量を変更した場合の ACLR を比較する。具体的には、ACLR 比較部 151 は、ある入力時減衰量及び出力時減衰量が設定された状態で ACLR 算出部 140 によって算出された ACLR をバッファ部 152 に記憶させる。そして、ACLR 比較部 151 は、入力時減衰量及び出力時減衰量が変更されると、これらの減衰量に変更された後に ACLR 算出部 140 によって算出された ACLR とバッファ部 152 に記憶された ACLR とを比較する。さらに、ACLR 比較部 151 は、比較の結果小さい方の ACLR をバッファ部 152 に記憶させる。

30

【0026】

すなわち、ACLR 比較部 151 は、入力時減衰量及び出力時減衰量が順次変更される際に、今回の変更前の ACLR の最小値と今回の変更後の ACLR とを比較し、必要に応じてバッファ部 152 に記憶させる ACLR の最小値を変更する。そして、ACLR 比較部 151 は、比較の結果をアドレス設定部 153 へ通知する。

40

【0027】

バッファ部 152 は、調整期間において入力時減衰量及び出力時減衰量が順次変更される場合に、ACLR 比較部 151 による比較の結果に基づいて、今回の変更までにおける ACLR の最小値を記憶する。

【0028】

アドレス設定部 153 は、最適な減衰量を決定するための調整期間において、ACLR 比較部 151 による ACLR の比較が完了するたびに、入力用 LUT 154 及び出力用 LUT 155 のアドレスを指定する。すなわち、アドレス設定部 153 は、ACLR の比較が完了するたびに、入力用 LUT 154 及び出力用 LUT 155 の未指定のアドレスを指定することにより、入力時減衰量及び出力時減衰量を変更する。また、アドレス設定部 1

50

53は、入力用LUT154及び出力用LUT155のすべてのアドレスの指定が完了すると、ACLRの最小値に対応するアドレスを入力用LUT154及び出力用LUT155に設定する。すなわち、アドレス設定部153は、調整期間が終了して通常稼働期間になると、ACLRを最小にする入力時減衰量及び出力時減衰量が入力用LUT154及び出力用LUT155から出力されるように、それぞれのルックアップテーブルにアドレスを設定する。

【0029】

入力用LUT154は、複数のアドレスそれぞれに対応付けて異なる入力時減衰量を保持する。また、出力用LUT155は、複数のアドレスそれぞれに対応付けて異なる出力時減衰量を保持する。ここで、入力用LUT154及び出力用LUT155の互いに対応するアドレスに対応付けて保持された減衰量の合計は一定値である。すなわち、アドレス設定部153から指定されるアドレスに保持された入力時減衰量と出力時減衰量との合計値は固定されている。したがって、例えば入力用LUT154及び出力用LUT155は、互いに等しい複数のアドレスを有しており、同じアドレスに保持された入力時減衰量と出力時減衰量との合計は一定値に等しくなっている。この一定値は、歪み補償部120から出力可能な送信信号の電力と増幅器230に入力可能な送信信号の電力とに基づいて定まる値である。

【0030】

次いで、上記のように構成された減衰制御部150による減衰量決定処理について、図3に示すフロー図を参照しながら説明する。以下の減衰量決定処理は、所定の周期で到来する調整期間に実行され、通常稼働期間中は、減衰量決定処理によって決定された減衰量が入力減衰部130及び出力減衰部210に設定される。

【0031】

調整期間が到来すると、アドレス設定部153によって、入力用LUT154及び出力用LUT155の初期アドレスが指定される。そして、入力用LUT154によって、初期アドレスに対応する入力時減衰量が入力減衰部130に設定され、出力用LUT155によって、初期アドレスに対応する出力時減衰量が出力減衰部210に設定される（ステップS101）。なお、初期アドレスに対応する入力時減衰量及び出力時減衰量の合計は、上述した一定値に等しい。

【0032】

初期アドレスに対応する入力時減衰量及び出力時減衰量がそれぞれ入力減衰部130及び出力減衰部210に設定されると、送信信号生成部110によって生成される送信信号は、歪み補償部120による歪み補償を経て、入力減衰部130によって減衰される。すなわち、初期アドレスに対応する入力時減衰量だけ送信信号の電力が減衰する。そして、減衰後の送信信号は光伝送路300へ入力され、光信号として無線装置200へ伝送され、電気信号に戻された後に出力減衰部210へ出力される。

【0033】

出力減衰部210には初期アドレスに対応する出力時減衰量が設定されているため、この出力減衰量だけ送信信号の電力が減衰する。そして、送信信号は、無線処理部220によって無線処理が施された後に増幅器230によって増幅される。増幅された送信信号は、アンテナから無線送信されるとともに、基地局装置100へフィードバックされ、フィードバック信号がACLR算出部140に入力される。そして、ACLR算出部140によって、初期アドレスに対応する入力時減衰量及び出力時減衰量が設定された状態におけるACLR₀がフィードバック信号から算出される（ステップS102）。

【0034】

算出されたACLR₀は、減衰制御部150へ出力され、減衰制御部150のACLR比較部151によって、ACLRの最小値 L_{min} としてバッファ部152に格納される（ステップS103）。すなわち、初期状態のACLR₀が暫定的にACLRの最小値 L_{min} としてバッファ部152に記憶される。

【0035】

10

20

30

40

50

最小値 L_{min} がバッファ部 152 に記憶されると、アドレス設定部 153 によって、指定アドレスが変更される。すなわち、アドレス設定部 153 によって、入力用 LUT 154 及び出力用 LUT 155 の初期アドレス以外の未指定のアドレスが指定される。そして、入力用 LUT 154 によって、指定されたアドレスに対応する入力時減衰量が入力減衰部 130 に設定され、出力用 LUT 155 によって、指定されたアドレスに対応する出力時減衰量が出力減衰部 210 に設定される（ステップ S104）。なお、ここで指定されたアドレスに対応する入力時減衰量及び出力時減衰量の合計も、上述した一定値に等しい。

【0036】

そして、初期アドレスに対応する入力時減衰量及び出力時減衰量が設定された場合と同様に、送信信号が光伝送路 300 の入力時及び出力時にそれぞれ減衰され、増幅器 230 によって増幅され、アンテナから無線送信される。また、増幅器 230 から出力される信号は、基地局装置 100 の ACLR 算出部 140 へフィードバックされ、ACLR が算出される（ステップ S105）。

10

【0037】

算出された ACLR は、減衰制御部 150 へ出力され、減衰制御部 150 の ACLR 比較部 151 によって、バッファ部 152 に保持された ACLR の最小値 L_{min} と比較される（ステップ S106）。すなわち、ここでは、バッファ部 152 に保持された初期状態の $ACLR_0$ と今回算出された ACLR との大小が比較される。

20

【0038】

この比較の結果、今回算出された ACLR の方が小さい場合には（ステップ S106 Yes）、この ACLR が最小値 L_{min} としてバッファ部 152 に格納される（ステップ S107）。すなわち、今回の減衰量の変更までの暫定的な ACLR の最小値 L_{min} がバッファ部 152 に記憶される。一方、バッファ部 152 に保持された最小値 L_{min} が今回算出された ACLR 以下である場合には（ステップ S106 No）、バッファ部 152 に保持された最小値 L_{min} は更新されない。

30

【0039】

ACLR 比較部 151 による比較が完了すると、アドレス設定部 153 によって、入力用 LUT 154 及び出力用 LUT 155 のすべてのアドレスの指定が終了した否かが判定される（ステップ S108）。この判定の結果、未指定のアドレスがある場合には（ステップ S108 No）、引き続き未指定のアドレスが指定されて入力時減衰量及び出力時減衰量に変更され、ACLR の最小値 L_{min} の更新が繰り返される（ステップ S104 ~ S107）。

40

【0040】

また、入力用 LUT 154 及び出力用 LUT 155 のすべてのアドレスの指定が終了した場合には（ステップ S108 Yes）、バッファ部 152 に保持された最小値 L_{min} が減衰量を変更した場合の ACLR の最小値であることになる。そこで、アドレス設定部 153 によって、バッファ部 152 に保持された最小値 L_{min} に対応するアドレスが入力用 LUT 154 及び出力用 LUT 155 へ通知され、通知されたアドレスに対応する減衰量がそれぞれ入力減衰部 130 及び出力減衰部 210 に設定される（ステップ S109）。これにより、ACLR を最小にする入力時減衰量及び出力時減衰量が設定され、調整期間が終了して通常稼働期間に切り替わる。

40

【0041】

通常稼働期間においては、ACLR を最小にする入力時減衰量及び出力時減衰量がそれぞれ入力減衰部 130 及び出力減衰部 210 に設定されているため、送信信号の帯域外の電力が小さい。これは、光伝送路 300 による伝送によって送信信号の帯域外に付与される相互変調歪みや雑音が小さいことを意味しており、送信信号の SFDR 及び SNR の劣化が最小限に抑制されることを意味している。より具体的には、入力減衰部 130 によって送信信号が減衰される結果、送信信号の電力は、光伝送路 300 における光変調時に線形性を維持可能な電力となり、特定の周波数帯域に発生する相互変調歪みが抑圧される。

50

また、出力減衰部 210 によって送信信号が減衰される結果、送信信号の周波数によらず広い周波数帯域にわたって発生する熱雑音、ショット雑音及び相対強度雑音 (RIN) が抑圧される。

【0042】

このように、送信信号の帯域外へ漏洩する電力を最小にする入力時減衰量及び出力時減衰量を決定し、光伝送路 300 の入力時及び出力時に送信信号が減衰することにより、送信信号の品質劣化を抑制することができる。特に、光伝送路 300 からの出力時にも送信信号が減衰するため、送信信号の周波数とは無関係に広帯域にわたって発生する雑音を抑圧することができる。このため、送信信号の SFD R のみではなく、SNR を改善することができる。

10

【0043】

図 4 は、出力時減衰量と ACL R の対応関係の具体例を示す図である。図 4 に示すように、出力時減衰量が変化すると ACL R も変化しており、出力時減衰量が 4 dB のときに ACL R が最小となっている。すなわち、光伝送路 300 から出力される送信信号が減衰しない場合には、ACL R が -53 dB c 程度であるのに対し、光伝送路 300 から出力される送信信号を 4 dB 減衰する場合には、ACL R が -57 dB c 程度となっている。これは、出力減衰部 210 によって、光伝送路 300 において発生する熱雑音、ショット雑音及び RIN が抑圧された結果、送信信号の帯域外の漏洩電力が減少したためと考えられる。そして、送信信号の帯域外の漏洩電力が減少することにより、送信信号の SNR が改善される。

20

【0044】

以上のように、本実施の形態によれば、光伝送路の入力部分及び出力部分に送信信号が減衰する減衰部を設け、ACL R を最小にする入力時減衰量と出力時減衰量とを調整期間中に決定する。そして、決定された入力時減衰量と出力時減衰量とをそれぞれの減衰部に設定し、送信信号が減衰する。このため、光伝送路における相互変調歪みの発生を抑制すると同時に、光伝送路において発生する熱雑音、ショット雑音及び RIN を抑圧し、光ファイバによる信号の伝送を伴う場合でも信号の品質劣化を抑制することができる。

【0045】

(実施の形態 2)

実施の形態 2 の特徴は、送信信号の平均電力に応じた入力時減衰量及び出力時減衰量を決定し、送信信号が減衰する点である。

30

【0046】

図 5 は、実施の形態 2 に係る無線送信システムの構成を示すブロック図である。図 5 において、図 1 と同じ部分には同じ符号を付し、その説明を省略する。図 5 に示す無線送信システムは、図 1 に示す無線送信システムの ACL R 算出部 140 及び減衰制御部 150 に代えて、減衰制御部 190 を有する。

【0047】

減衰制御部 190 は、送信信号の信号電力から平均電力を算出し、平均電力に応じた入力時減衰量及び出力時減衰量をそれぞれ入力減衰部 130 及び無線装置 200 の出力減衰部 210 に設定する。増幅器 230 の出力における ACL R は、送信信号の信号電力によってほぼ決まっている。このため、ACL R を最小にする入力時減衰量及び出力時減衰量を、あらかじめ送信信号の信号電力ごとに記憶しておくことができる。そして、減衰制御部 190 は、送信信号の平均電力に対応して記憶された最適な入力時減衰量及び出力時減衰量を決定することができる。

40

【0048】

図 6 は、減衰制御部 190 の構成を示すブロック図である。図 6 において、図 2 と同じ部分には同じ符号を付し、その説明を省略する。図 6 に示す減衰制御部 190 は、図 2 に示す減衰制御部 150 の ACL R 比較部 151、バッファ部 152 及びアドレス設定部 153 に代えて、平均電力算出部 191 及びアドレス設定部 192 を有する。

【0049】

50

平均電力算出部 191 は、送信信号生成部 110 によって生成された送信信号の信号電力を取得し、所定期間の信号電力の平均電力を算出する。

【0050】

アドレス設定部 192 は、平均電力算出部 191 によって算出された平均電力に対応する入力時減衰量及び出力時減衰量が入力用 LUT154 及び出力用 LUT155 から出力されるように、それぞれのルックアップテーブルにアドレスを設定する。

【0051】

実施の形態 2 においては、送信信号の平均電力から最適な入力時減衰量及び出力時減衰量が決定されるため、減衰量の調整期間を設けて最適な入力時減衰量及び出力時減衰量を決定する必要がない。すなわち、減衰量を順次変更しながらフィードバック信号に基づいて ACLR を算出したり比較したりする必要がない。このため、簡易な回路構成かつ容易な処理で減衰量を決定することができる。

10

【0052】

以上のように、本実施の形態によれば、光伝送路の入力部分及び出力部分に送信信号を減衰する減衰部を設け、送信信号の平均電力に応じてあらかじめ記憶された入力時減衰量と出力時減衰量とをそれぞれの減衰部に設定し、送信信号を減衰する。このため、簡易な回路構成かつ容易な処理で、光ファイバによる信号の伝送を伴う場合でも信号の品質劣化を抑制することができる。

【0053】

(実施の形態 3)

実施の形態 3 の特徴は、歪み補償のために光伝送路を介してフィードバックされるフィードバック信号を光伝送路の入力部分及び出力部分で減衰する点である。

20

【0054】

図 7 は、実施の形態 3 に係る無線送信システムの構成を示すブロック図である。図 7 において、図 1 と同じ部分には同じ符号を付し、その説明を省略する。図 7 に示す無線送信システムにおいて、基地局装置 100 と無線装置 200 は、光伝送路 600 によって接続される。そして、基地局装置 100 は、送信信号生成部 110、歪み補償部 120 及び出力減衰部 410 を有する。また、無線装置 200 は、無線処理部 220、ACLR 算出部 510、減衰制御部 520 及び入力減衰部 530 を有する。

【0055】

出力減衰部 410 は、光伝送路 600 からの出力部分に設けられ、光伝送路 600 から出力されたフィードバック信号の電力を減衰して歪み補償部 120 へ出力する。このとき、出力減衰部 410 は、減衰制御部 520 によって指示される出力時減衰量だけフィードバック信号の電力を減衰する。減衰量の調整期間においては、出力時減衰量は順次変更されるが、通常稼働期間においては、光伝送路 600 において発生する各種雑音を抑圧する出力時減衰量が出力減衰部 410 に設定される。

30

【0056】

ACLR 算出部 510 は、増幅器 230 によって増幅された後の送信信号をフィードバックさせ、フィードバック信号に基づいて ACLR を算出する。すなわち、ACLR 算出部 510 は、無線装置 200 から無線送信される信号において、所定の送信帯域の帯域外へ漏洩している電力の比を算出する。

40

【0057】

減衰制御部 520 は、所定の周期で減衰量の調整期間を設け、調整期間中に、光伝送路 600 へ入力される信号の最適な減衰量と光伝送路 600 から出力される信号の最適な減衰量とを ACLR に基づいて決定する。すなわち、減衰制御部 520 は、調整期間中に、ACLR を最も小さくする入力時減衰量と出力時減衰量とを決定する。そして、減衰制御部 520 は、通常稼働期間においては、決定された最適な入力時減衰量及び出力時減衰量をそれぞれ入力減衰部 530 及び基地局装置 100 の出力減衰部 410 に設定する。なお、減衰制御部 520 の内部構成は、実施の形態 1 に係る減衰制御部 150 (図 2) と同様である。

50

【 0 0 5 8 】

入力減衰部 5 3 0 は、光伝送路 6 0 0 の入力部分に設けられ、フィードバック信号の電力を減衰して光伝送路 6 0 0 へ入力する。このとき、入力減衰部 5 3 0 は、減衰制御部 5 2 0 によって指示される入力時減衰量だけフィードバック信号の電力を減衰する。減衰量の調整期間においては、入力時減衰量は順次変更されるが、通常稼働期間においては、光伝送路 6 0 0 において発生する各種雑音を抑圧する入力時減衰量が入力減衰部 5 3 0 に設定される。

【 0 0 5 9 】

光伝送路 6 0 0 は、光ファイバを有し、入力減衰部 5 3 0 から入力されるフィードバック信号を光変調して光信号に変換し、得られた光信号を光ファイバによって基地局装置 1 0 0 へ伝送する。そして、光伝送路 6 0 0 は、基地局装置 1 0 0 へ伝送された光信号を光復調して電気信号に変換し、得られた電気信号を出力減衰部 4 1 0 へ出力する。光伝送路 6 0 0 によって伝送される過程で、フィードバック信号には相互変調歪みや雑音が発生するが、本実施の形態では、入力減衰部 5 3 0 及び出力減衰部 4 1 0 による減衰によって相互変調歪みや雑音が抑制され、良好な S F D R 及び S N R を得ることができる。

【 0 0 6 0 】

本実施の形態においては、実施の形態 1 と同様に、減衰量の調整期間において、A C L R を最小にする減衰量が決定される。すなわち、減衰制御部 5 2 0 によって入力時減衰量及び出力時減衰量が順次変更されながら、A C L R 算出部 5 1 0 によって算出される A C L R を最小にする入力時減衰量及び出力時減衰量が決定される。具体的な減衰量決定処理は、実施の形態 1 と同様である。

【 0 0 6 1 】

通常稼働期間においては、無線装置 2 0 0 から基地局装置 1 0 0 へのフィードバック信号が光伝送路 6 0 0 によって伝送される。このとき、調整期間において決定された入力時減衰量及び出力時減衰量がそれぞれ入力減衰部 5 3 0 及び出力減衰部 4 1 0 に設定され、光伝送路 6 0 0 の入力時及び出力時にフィードバック信号が減衰される。減衰後のフィードバック信号は、歪み補償部 1 2 0 へ入力される。

【 0 0 6 2 】

歪み補償部 1 2 0 は、フィードバック信号を用いることにより、例えば歪み補償のための多項式の係数を更新したり、ルックアップテーブルを更新したりする。このとき、入力減衰部 5 3 0 及び出力減衰部 4 1 0 における減衰により、フィードバック信号の相互変調歪みや雑音が抑圧されているため、歪み補償部 1 2 0 へ入力されるフィードバック信号の S F D R 及び S N R は良好である。この結果、歪み補償部 1 2 0 による係数やルックアップテーブルの更新の精度が向上し、歪み補償の精度も向上する。

【 0 0 6 3 】

図 8 は、入力時減衰量と A C L R の対応関係の具体例を示す図である。図 8 に示すように、入力時減衰量が変化すると A C L R も変化しており、入力時減衰量が 2 3 d B のときに A C L R が最小となっている。このように、フィードバック信号が光伝送路 6 0 0 を介してフィードバックされる場合にも、A C L R を最小にする最適な減衰量が存在する。このため、本実施の形態では、調整期間中に、増幅器 2 3 0 の出力における A C L R を最小にする最適な減衰量が決定され、通常稼働期間においては、光伝送路 6 0 0 の入力時及び出力時にフィードバック信号が減衰される。これにより、通常稼働期間において、送信信号の A C L R が最小となり、S F D R 及び S N R を改善することができる。

【 0 0 6 4 】

以上のように、本実施の形態によれば、光伝送路の入力部分及び出力部分にフィードバック信号を減衰する減衰部を設け、A C L R を最小にする入力時減衰量と出力時減衰量とを調整期間中に決定する。そして、決定された入力時減衰量と出力時減衰量とをそれぞれの減衰部に設定し、フィードバック信号を減衰する。このため、光伝送路における相互変調歪みの発生を抑制すると同時に、光伝送路において発生する熱雑音、ショット雑音及び R I N を抑圧し、光ファイバによる信号の伝送を伴う場合でも信号の品質劣化を抑制する

ことができる。また、フィードバック信号の品質劣化が抑制される結果、歪み補償の精度が向上し、送信信号の品質を向上することができる。

【 0 0 6 5 】

なお、上記各実施の形態においては、減衰量を決定する減衰制御部を基地局装置 1 0 0 及び無線装置 2 0 0 のどちらに設けても良い。すなわち、例えば実施の形態 1、2 において、減衰制御部 1 5 0、1 9 0 を無線装置 2 0 0 に設けても良く、実施の形態 3 において、減衰制御部 5 2 0 を基地局装置 1 0 0 に設けても良い。また、上記実施の形態 3 においては、A C L R を最小にする入力時減衰量と出力時減衰量とを調整期間中に決定してフィードバック信号を減衰するものとしたが、減衰量の決定は、実施の形態 2 と同様に行われても良い。すなわち、フィードバック信号の平均電力が算出され、フィードバック信号の平均電力に応じてあらかじめ記憶された入力時減衰量と出力時減衰量とがそれぞれの減衰部に設定され、フィードバック信号が減衰されるようにしても良い。

10

【 0 0 6 6 】

また、上記各実施の形態は、適宜組み合わせる実施することが可能である。すなわち、例えば基地局装置 1 0 0 と無線装置 2 0 0 を光伝送路 3 0 0 及び光伝送路 6 0 0 によって接続し、送信信号及びフィードバック信号の双方が光ファイバを介して伝送されるようにしても良い。この場合、2 つの光伝送路 3 0 0 及び光伝送路 6 0 0 の入力部分及び出力部分にそれぞれ減衰部が設けられ、送信信号及びフィードバック信号が減衰される。各減衰部の減衰量を決定する減衰制御部は、基地局装置 1 0 0 又は無線装置 2 0 0 に統合して設けられても良く、基地局装置 1 0 0 及び無線装置 2 0 0 に分離して設けられても良い。また、減衰制御部による減衰量の決定は、上記実施の形態 1 及び実施の形態 3 と同様に、調整期間中に A C L R を最小にする減衰量を決定しても良く、送信信号の平均電力に応じた最適な減衰量をあらかじめ記憶するルックアップテーブルから決定しても良い。

20

【 0 0 6 7 】

さらに、上記各実施の形態において説明した減衰量決定処理をコンピュータが実行可能なプログラムとして記述することも可能である。この場合、このプログラムをコンピュータが読み取り可能な記録媒体に格納し、コンピュータに導入することも可能である。コンピュータが読み取り可能な記録媒体としては、例えば C D - R O M、D V D ディスク、U S B メモリなどの可搬型記録媒体や、例えばフラッシュメモリなどの半導体メモリが挙げられる。

30

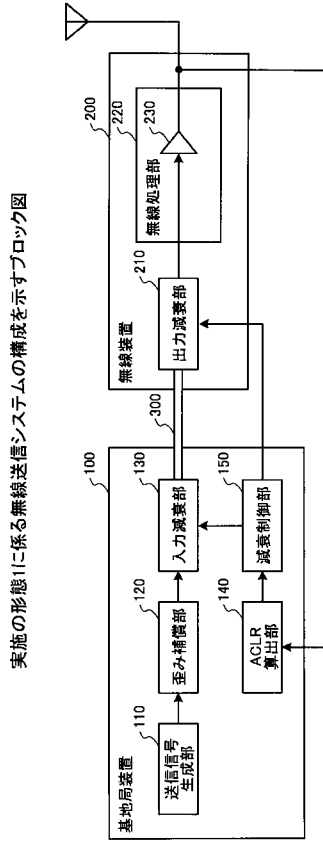
【符号の説明】

【 0 0 6 8 】

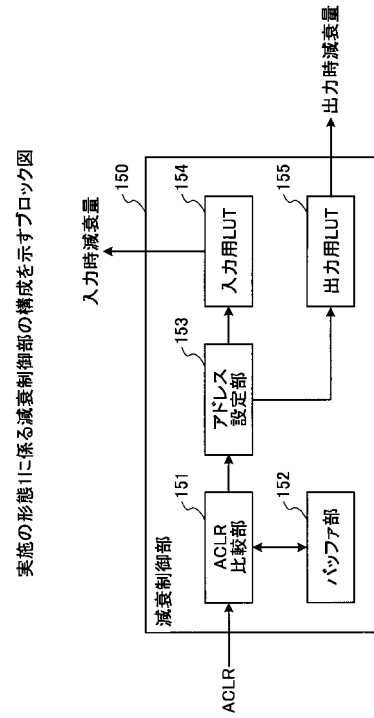
- 1 1 0 送信信号生成部
- 1 2 0 歪み補償部
- 1 3 0、5 3 0 入力減衰部
- 1 4 0、5 1 0 A C L R 算出部
- 1 5 0、1 9 0、5 2 0 減衰制御部
- 1 5 1 A C L R 比較部
- 1 5 2 バッファ部
- 1 5 3、1 9 2 アドレス設定部
- 1 5 4 入力用 L U T
- 1 5 5 出力用 L U T
- 1 9 1 平均電力算出部
- 2 1 0、4 1 0 出力減衰部
- 2 2 0 無線処理部
- 2 3 0 増幅器
- 3 0 0、6 0 0 光伝送路

40

【 図 1 】

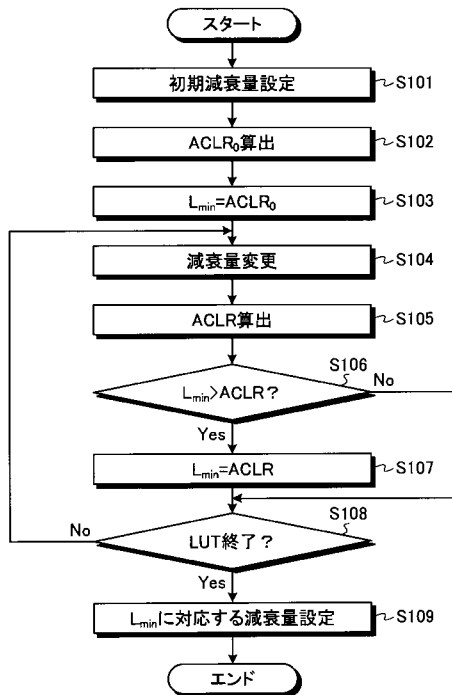


【 図 2 】



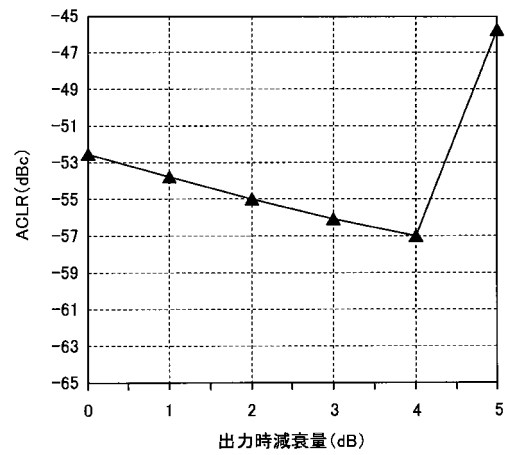
【 図 3 】

実施の形態1に係る減衰量決定処理を示すフロー図



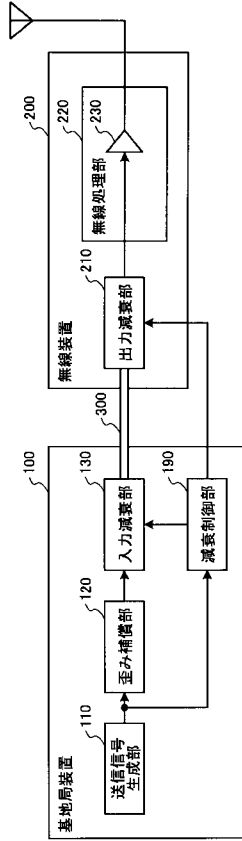
【 図 4 】

減衰量とACLRの対応関係の具体例を示す図



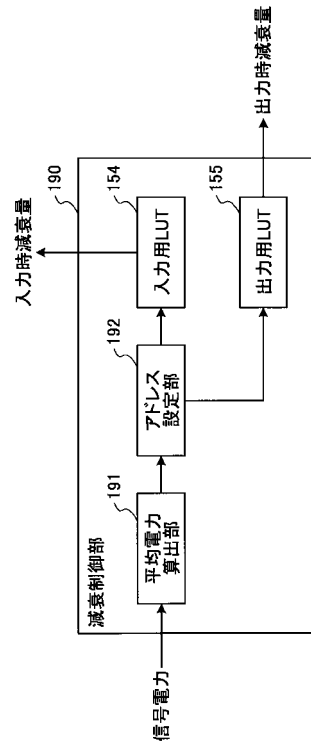
【 図 5 】

実施の形態2に係る無線送信システムの構成を示すブロック図



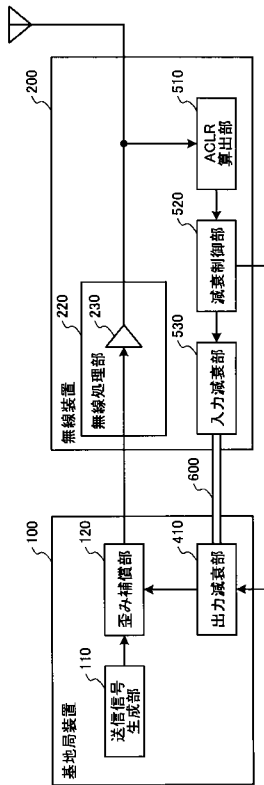
【 図 6 】

実施の形態2に係る減衰制御部の構成を示すブロック図



【 図 7 】

実施の形態3に係る無線送信システムの構成を示すブロック図



【 図 8 】

減衰量とACLRの対応関係の具体例を示す図

