

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4717557号
(P4717557)

(45) 発行日 平成23年7月6日(2011.7.6)

(24) 登録日 平成23年4月8日(2011.4.8)

(51) Int. Cl.		F I	
HO4B	7/005	(2006.01)	HO4B 7/005
HO4B	3/04	(2006.01)	HO4B 3/04 Z
HO4B	3/06	(2006.01)	HO4B 3/04 C
HO4L	27/01	(2006.01)	HO4B 3/06 E
			HO4L 27/00 K

請求項の数 22 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2005-249917 (P2005-249917)	(73) 特許権者	000006013
(22) 出願日	平成17年8月30日 (2005. 8. 30)		三菱電機株式会社
(65) 公開番号	特開2007-67698 (P2007-67698A)		東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
(43) 公開日	平成19年3月15日 (2007. 3. 15)	(74) 代理人	100089118
審査請求日	平成20年4月23日 (2008. 4. 23)		弁理士 酒井 宏明
		(72) 発明者	久保 博嗣
			東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三
			菱電機株式会社内
		(72) 発明者	棚田 一夫
			東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三
			菱電機株式会社内
		審査官	東 昌秋

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 通信システムおよび送受信装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

送信部と受信部とを備えた通信システムにおいて、
前記送信部は、
送信情報に基づいて送信信号を作成する送信信号作成手段と、
前記送信信号を入力とし、あらかじめわかっている伝送路歪と受信機構成の情報から決定したフィルタ特性を実現する送信等化手段と、を備え、
前記受信部は、
前記送信等化手段通過後の送信信号が伝送路に出力されて伝送路歪を受けた伝送路歪信号の受信信号に基づいて送信情報を判定する受信等化手段を備え、
前記受信等化手段は、
前記受信信号からシンボルタイミングを抽出するシンボルタイミング再生手段と、
前記シンボルタイミング再生手段の抽出したシンボルタイミングに対するシフト量を前記伝送路歪に基づいて決定し、決定したシフト量だけシンボルタイミングをシフトさせるタイミングシフト手段と、
前記タイミングシフト手段の出力に基づいて伝送路歪を受けた前記受信信号を標本化する標本化手段と、を備え、
前記受信等化手段は、前記標本化手段の出力に基づいて送信情報を判定することを特徴とする通信システム。

【請求項2】

前記送信部および前記受信部の各構成部が、アナログ回路で構成されることを特徴とする請求項 1 に記載の通信システム。

【請求項 3】

前記送信部および前記受信部の一部または全部の構成部が、デジタル回路で構成されることを特徴とする請求項 1 に記載の通信システム。

【請求項 4】

前記受信等化手段は、自身内部のフィルタ特性を伝送路変動に応じて適応的に変化させることを特徴とする請求項 1 に記載の通信システム。

【請求項 5】

前記送信等化手段は、自身内部のフィルタ特性を伝送路変動に応じて適応的に変化させ、前記受信等化手段は、自身内部のフィルタ特性を伝送路変動に応じて適応的に変化させることを特徴とする請求項 1 に記載の通信システム。

10

【請求項 6】

前記受信等化手段が、非線形受信等化手段で構成されることを特徴とする請求項 1 に記載の通信システム。

【請求項 7】

前記受信等化手段が、線形受信等化手段で構成されることを特徴とする請求項 1 に記載の通信システム。

【請求項 8】

前記送信等化手段は、フィードフォワードフィルタ手段を用いて構成され、前記受信等化手段は、フィードバックフィルタ手段を用いて構成されることを特徴とする請求項 1、3 ~ 5 のいずれか一つに記載の通信システム。

20

【請求項 9】

送信部と受信部とを備えた通信システムにおいて、
前記送信部は、
送信情報に基づいて送信信号を作成する送信信号作成手段と、
前記送信信号を入力とし、あらかじめわかっている伝送路歪と受信機構成の情報から決定したフィルタ特性を実現するフィードフォワードフィルタ手段を用いて構成される送信等化手段と、

30

を備え、

前記受信部は、

前記送信等化手段通過後の送信信号が伝送路に出力されて伝送路歪を受けた伝送路歪信号の受信信号に基づいて送信情報を判定する受信等化手段を備え、

前記受信等化手段は、

前記受信信号からシンボルタイミングを抽出するシンボルタイミング再生手段と、

前記シンボルタイミング再生手段の抽出したシンボルタイミングに対するシフト量を前記伝送路歪に基づいて決定し、決定したシフト量だけシンボルタイミングをシフトさせるタイミングシフト手段と、

前記タイミングシフト手段の出力に基づいて伝送路歪を受けた前記受信信号を標本化する標本化手段と、を備え、

40

前記受信等化手段は、前記標本化手段の出力に基づいて送信情報を判定することを特徴とする通信システム。

【請求項 10】

前記受信等化手段は、ビタビ等化手段であることを特徴とする請求項 9 に記載の通信システム。

【請求項 11】

前記送信等化手段は、FIR (Finite Impulse Response) フィルタを用いて構成されることを特徴とする請求項 1 ~ 10 のいずれか一つに記載の通信システム。

【請求項 12】

50

前記送信等化手段は、IIR (Infinite Impulse Response) フィルタを用いて構成されることを特徴とする請求項 1 ~ 10 のいずれか一つに記載の通信システム。

【請求項 13】

送信部と受信部とを備えた送受信装置において、
前記送信部は、
送信情報に基づいて送信信号を作成する送信信号作成手段と、
前記送信信号を入力とし、あらかじめわかっている伝送路歪と受信機構成の情報から決定したフィルタ特性を実現する送信等化手段と、

を備え、

前記受信部は、

前記送信等化手段が作成した送信信号と同等の信号が伝送路に出力されて伝送路歪を受けた伝送路歪信号の受信信号に基づいて送信情報を判定する受信等化手段を備え、

前記受信等化手段は、

前記受信信号からシンボルタイミングを抽出するシンボルタイミング再生手段と、

前記シンボルタイミング再生手段の抽出したシンボルタイミングに対するシフト量を前記伝送路歪に基づいて決定し、決定したシフト量だけシンボルタイミングをシフトさせるタイミングシフト手段と、

前記タイミングシフト手段の出力に基づいて伝送路歪を受けた前記受信信号を標本化する標本化手段と、を備え、

前記受信等化手段は、前記標本化手段の出力に基づいて送信情報を判定することを特徴とする送受信装置。

【請求項 14】

前記送信部および前記受信部の各構成部が、アナログ回路で構成されることを特徴とする請求項 13 に記載の送受信装置。

【請求項 15】

前記送信部および前記受信部の一部または全部の構成部が、デジタル回路で構成されることを特徴とする請求項 13 に記載の送受信装置。

【請求項 16】

前記受信等化手段は、自身内部のフィルタ特性を伝送路変動に応じて適応的に変化させることを特徴とする請求項 13 に記載の送受信装置。

【請求項 17】

前記送信等化手段は、自身内部のフィルタ特性を伝送路変動に応じて適応的に変化させ、前記受信等化手段は、自身内部のフィルタ特性を伝送路変動に応じて適応的に変化させることを特徴とする請求項 13 に記載の送受信装置。

【請求項 18】

前記受信等化手段が、非線形受信等化手段で構成されることを特徴とする請求項 13 に記載の送受信装置。

【請求項 19】

前記受信等化手段が、線形受信等化手段で構成されることを特徴とする請求項 13 に記載の送受信装置。

【請求項 20】

前記送信等化手段は、フィードフォワードフィルタ手段を用いて構成され、前記受信等化手段は、フィードバックフィルタ手段を用いて構成されることを特徴とする請求項 13、15 ~ 17 のいずれか一つに記載の送受信装置。

【請求項 21】

送信部と受信部とを備えた送受信装置において、

前記送信部は、

送信情報に基づいて送信信号を作成する送信信号作成手段と、

前記送信信号を入力とし、あらかじめわかっている伝送路歪と受信機構成の情報から決

10

20

30

40

50

定したフィルタ特性を実現するフィードフォワードフィルタ手段を用いて構成される送信等化手段と、

を備え、

前記受信部は、

前記送信等化手段通過後の送信信号が伝送路に出力されて伝送路歪を受けた伝送路歪信号の受信信号に基づいて送信情報を判定する受信等化手段を備え、

前記受信等化手段は、

前記受信信号からシンボルタイミングを抽出するシンボルタイミング再生手段と、

前記シンボルタイミング再生手段の抽出したシンボルタイミングに対するシフト量を前記伝送路歪に基づいて決定し、決定したシフト量だけシンボルタイミングをシフトさせるタイミングシフト手段と、

前記タイミングシフト手段の出力に基づいて伝送路歪を受けた前記受信信号を標本化する標本化手段と、を備え、

前記受信等化手段は、前記標本化手段の出力に基づいて送信情報を判定することを特徴とする送受信装置。

【請求項 2 2】

前記受信等化手段は、ビタビ等化手段であることを特徴とする請求項 2 1 に記載の送受信装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光通信や無線通信における通信システムおよび送受信装置に関するものであり、特に、伝送路歪を送信側で部分的に、もしくは、全て除去するプリコーディング手法を用いる通信システムおよび送受信装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

以下、プリコーディングを行う従来の通信システム（下記非特許文献 1 参照）について説明する。プリコーディングを行う従来の通信システムは、たとえば、送信情報から送信信号を作成する送信信号作成回路と、送信信号作成回路で作成された送信信号に、伝送路歪の逆特性に相当するフィルタを通過させる逆特性フィルタと、逆特性フィルタ通過後の送信信号を入力とする伝送路と、伝送路から出力される信号を用いて送信情報の判定を行う判定回路と、を備えるように構成される。

【0003】

上記のように構成される従来の通信システムは、伝送路歪があらかじめわかっている場合、伝送路歪の逆特性に相当するフィルタを送信側に準備することにより、受信側では伝送路歪のない環境での簡易な受信機を利用することができる。

【0004】

ここで、従来の通信システムの動作原理について簡単に説明する。

【0005】

まず、送信信号作成回路が、送信情報から、伝送路へ送信するための送信信号を作成する。つぎに、作成した送信信号に、あらかじめわかっている伝送路歪の逆特性を実現する逆特性フィルタを通過させる。

【0006】

つぎに、逆特性フィルタを通過後の送信信号を伝送路へ出力する。伝送路通過後の信号は、受信側の判定回路に入力される。判定回路に入力される信号は、伝送路歪がない信号であるため、判定回路は簡易な構成とすることができる。

【0007】

このように、従来の通信システムにおいては、逆特性フィルタを送信側に準備することにより、受信側で簡易な判定回路を利用することができる。また、受信側で線形等化器を用いる場合に問題となる雑音強調の問題も回避することができる。

10

20

30

40

50

【0008】

【非特許文献1】 Combined Equalization and Coding Using Precoding, in IEEE Communications Magazine, pp. 25 - 34, December 1991.

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

しかしながら、上記文献に示された従来の通信システムにおいては、その逆特性フィルタを実現することが困難な伝送路特性に対しては、受信特性が劣化する、という問題があった。

10

【0010】

また、仮定する伝送路特性に誤差があったり、伝送路特性が時間的に変動したりする場合には、特性が劣化する、という問題があった。

【0011】

本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、逆特性フィルタを実現することが困難な伝送路特性であったり、仮定する伝送路特性に誤差があったり、伝送路特性が時間的に変動したりする場合にも、優れた特性を実現可能な通信システムおよび送受信装置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】

【0012】

20

上述した課題を解決し、目的を達成するため、本発明にかかる通信システムは、送信部と受信部とを備えた通信システムにおいて、前記送信部は、送信情報に基づいて送信信号を作成する送信信号作成手段と、前記送信信号を入力とし、あらかじめわかっている伝送路歪と受信機構成の情報から決定したフィルタ特性を実現する送信等化手段と、を備え、前記受信部は、前記送信等化手段通過後の送信信号が伝送路に出力されて伝送路歪を受けた伝送路歪信号の受信信号に基づいて送信情報を判定する受信等化手段と、を備えることを特徴とする。

【発明の効果】

【0013】

30

本発明によれば、逆特性フィルタを送信側に準備するのではなく、その一部分をフィードフォワードフィルタ手段として送信側に準備し、受信側にて、残りの伝送路歪をフィードバックフィルタ手段で取り除くようにしているので、フィードフォワードフィルタ手段を逆特性フィルタとする必要がなく、逆特性フィルタを実現することが困難な伝送路特性であった場合でも、優れた特性を実現することができる、という効果を奏する。また、フィードバックフィルタ手段のフィルタ特性を伝送路変動に対し、適応的に推定することにより、仮定する伝送路特性に誤差があったり、伝送路特性が時間的に変動したりする場合にも、優れた特性を実現することができる、という効果を奏する。さらに、送信側に、フィードフォワードフィルタ手段を備えることにより、線形等化器のような雑音強調の問題がなくなる、という効果を奏する。

【発明を実施するための最良の形態】

40

【0014】

以下に、本発明にかかる通信システムおよび送受信装置の実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。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。

【0015】

実施の形態1.

図1は、送信側に伝送路歪の逆特性を実現する逆特性フィルタを備え、受信側に簡易な判定回路を備えるようなプリコーディングによる通信システムの構成を示す図である。送信情報1と、送信情報1から送信信号を作成する送信信号作成回路2と、送信信号作成回路2の出力を入力とし、伝送路歪の逆特性を実現する逆特性フィルタ3と、伝送路4と、伝送路の出力である受信信号から送信情報1を判定し判定値6を出力する判定回路5と、

50

を備えている。なお、これらの構成において、伝送路 4 を挟み、その入力側に位置する送信信号作成回路 2 および逆特性フィルタ 3 が送信側回路を構成し、また、その出力側に位置する判定回路 5 が受信側回路を構成する。

【 0 0 1 6 】

ここで、上記のように構成された通信システムの動作について説明する。

【 0 0 1 7 】

まず、送信信号作成回路 2 では、送信情報 1 から伝送路へ送出するための送信信号を作成する。作成した送信信号は、逆特性フィルタ 3 に入力される。ここで、逆特性フィルタ 3 は、伝送路歪の逆特性を有するフィルタであり、伝送路歪はあらかじめわかっているものとする。逆特性フィルタ 3 の出力は伝送路 4 に入力される。

10

【 0 0 1 8 】

つぎに、判定回路 5 では、伝送路 4 の出力である受信信号から、送信情報 1 を判定し、判定値 6 を出力する。ここで、伝送路 4 の出力は伝送路歪を受けていない信号となるため、判定回路 5 は簡易な構成とすることができる。

【 0 0 1 9 】

図 2 は、タイミング再生機能を有する構成部を図 1 の通信システムの受信側に追加した構成図である。図 2 に示す構成では、受信側において、シンボルタイミングの抽出を行う B T R (B i t T i m i n g R e c o v e r y) 回路 7 と、抽出されたシンボルタイミングにより受信信号を標本化する標本化回路 8 と、が追加されている。なお、B T R 回路 7 としては、公知の技術である通倍タンク方式を採用することができる。

20

【 0 0 2 0 】

図 1 および図 2 の通信システムは、送信側に逆特性フィルタ 3 を備えることで、受信側を簡易な判定回路 5 で実現できるという利点がある。一方で、上述のように、逆特性フィルタを実現することが困難な伝送路特性に対しては、特性が劣化する、という問題がある。また、仮定する伝送路特性に誤差があったり、伝送路特性が時間的に変動したりする場合に、特性が劣化する、という問題がある。

【 0 0 2 1 】

図 3 は、送信側に逆特性フィルタを備えず、受信側にフィードフォワードフィルタ 9 とフィードバックフィルタ 10 とから構成される判定帰還等化器を備える通信システムの構成を示す図である。同図に示す通信システムは、フィードフォワードフィルタ 9 に伝送路歪の逆特性に近い特性を持たせて伝送路歪みの一部を除去し、残りの伝送路歪をフィードバックフィルタ 10 で除去することを特徴とするものであり、受信側で、フィードフォワードフィルタ 9 と、フィードバックフィルタ 10 と、を備えることで、逆特性フィルタを実現することが困難な伝送路特性に対しても、優れた特性を実現できる利点がある。また、フィードバックフィルタ 10 を伝送路変動に応じて、適応的に特性を変化させることにより、仮定する伝送路特性に誤差があったり、伝送路特性が時間的に変動したりする場合でも、優れた特性を実現できる利点がある。しかしながら、受信側にフィードフォワードフィルタ 9 を備えているので、上述したような、受信側で線形等化器を用いることに起因する雑音強調の問題が生じてしまう。

30

【 0 0 2 2 】

そこで、本実施の形態では、図 4 に示す構成の通信システムを提案することにした。ここで、図 4 は、本発明の実施の形態 1 にかかる通信システムの構成を示す図である。同図に示す通信システムは、送信情報 1 と、送信情報 1 から送信信号を作成する送信信号作成回路 2 と、送信信号を入力とし、伝送路歪の一部を前もって除去する送信等化手段の一形態であるフィードフォワードフィルタ 9 と、伝送路 4 と、伝送路 4 の出力である伝送路歪を受けた受信信号から送信情報 1 を判定し判定値 6 を出力する受信等化手段の一形態であるフィードバックフィルタ 10 と、を備えている。

40

【 0 0 2 3 】

つぎに、上記のように構成された通信システムの構成および動作について説明する。

【 0 0 2 4 】

50

まず、送信信号作成回路2では、送信情報1から伝送路4へ出力するための送信信号が作成される。ここで、光通信であれば、たとえば、NRZ (Non Return to Zero) 信号や、RZ (Return to Zero) 信号が作成される。また、無線通信であれば、たとえば、BPSK (Binary Phase Shift Keying) 信号や、QPSK (Quadrature Phase Shift Keying) 信号が作成される。

【0025】

図5は、フィードフォワードフィルタ9の内部構成例を示す図であり、シフトレジスタ部51と、乗算器52～57と、加算器58と、を備えている。同図に示すフィードフォワードフィルタ9は、あらかじめわかっている伝送路歪の情報から、伝送路歪の一部を前もって除去するように構成された回路であり、このような構成の回路をFIR (Finite Impulse Response) フィルタと呼ぶ。

10

【0026】

図5において、シフトレジスタ部51では、入力信号を、たとえば、 $1/2$ シンボル ($T/2$) ずつ遅延させ、シフトする。乗算器52～57では、入力信号、もしくは、シフトレジスタ部51の出力に、特定の係数 (タップ係数) を乗算する。これら、タップ係数は、伝送路歪に応じて、その一部を除去するように設定される。加算器58は、乗算器52～57の各出力をすべて加算する。そして、加算器58の出力が、フィードフォワードフィルタ9の出力となる。

【0027】

20

上記のような処理が行われる結果、フィードフォワードフィルタ9の出力は、伝送路4に入力され、伝送路4からは、伝送路歪を受けた受信信号が出力される。

【0028】

一方、図6は、フィードバックフィルタ10の内部構成例を示す図であり、減算器61と、判定回路62と、シフトレジスタ部63と、乗算器64～69と、加算器70と、を備えている。同図に示すフィードバックフィルタ10は、伝送路4から出力された受信信号から伝送路歪を除去し、送信情報1を判定し、判定値6を出力するように構成された回路であり、このような構成の回路をIIR (Infinite Impulse Response) フィルタと呼ぶ。

【0029】

30

図6において、減算器61は、伝送路4から出力された受信信号から、加算器70の出力を減算処理する。ここで、加算器70の出力は、伝送路歪成分を出力するものであり、したがって、減算器61の出力は、伝送路歪の除去された信号となる。判定回路62は、伝送路歪の除去された信号から送信情報1を判定し、判定値6を出力する。一方、判定値6は、伝送路歪成分を算出するため、シフトレジスタ部63へ入力される。シフトレジスタ部63は、入力信号を、たとえば、1シンボル (T) ずつ遅延させ、シフトする。乗算器64～69は、シフトレジスタ部63の出力に、特定の係数 (タップ係数) を乗算する。なお、これらのタップ係数は、伝送路歪に応じて、それを除去するように設定される。加算器70は、乗算器64～69出力をすべて加算する。また、加算器70の出力が、伝送路歪成分として減算器61に入力される。

40

【0030】

なお、実施の形態1の通信システムは、光通信で広く用いられている分散補償ファイバを送信側あるいは受信側に備える方式とは、実現手段としてはもとより、動作原理も全く異なるものである。これは、本実施の形態のみならず、本発明について、全て同様なことが言える。

【0031】

なお、本実施の形態では、送信側に伝送路歪の逆特性を実現する逆特性フィルタを備え、受信側に簡易な判定回路を備えるようなプリコーディングによる通信システムについて説明してきたが、これらの構成を同一装置に具備させた送受信装置として構成することも勿論可能である。

50

【 0 0 3 2 】

以上のように、本実施の形態においては、フィードフォワードフィルタを送信側に備え、フィードバックフィルタを受信側に備えるように構成しているため、伝送路歪の逆特性を実現することが困難な場合であっても、伝送路歪を効果的に除去することができ、優れた特性を実現することができる。

【 0 0 3 3 】

また、本実施の形態においては、フィードフォワードフィルタを送信側に備えるように構成しているため、線形等化器を受信側に備えた場合に問題となる雑音強調の問題を回避でき、優れた特性を実現することができる。

【 0 0 3 4 】

また、本実施の形態においては、フィードバックフィルタのタップ係数を適応的に推定するようにすれば、仮定する伝送路に誤差があったり、伝送路が変動したりする場合においても、優れた特性を実現することができる。

【 0 0 3 5 】

なお、実施の形態 1 の通信システムでは、光通信や無線通信を想定して説明したが、必ずしも光通信や無線通信でなくてもよく、たとえば、一般的な有線通信であっても適用可能である。

【 0 0 3 6 】

また、実施の形態 1 の通信システムでは、フィードバックフィルタを固定的なフィルタとしたが、必ずしも固定的でなくてもよく、たとえば、伝送路変動に応じて、適応的にフィルタのタップ係数を推定し、特性を変化させてもよい。このとき、タップ係数の推定方法としては、LMS (Least Mean Square) アルゴリズムなどを用いればよい。

【 0 0 3 7 】

また、実施の形態 1 の通信システムは、アナログ回路で構成しても、デジタル回路で構成しても、どちらでも構わない。

【 0 0 3 8 】

また、実施の形態 1 の通信システムは、伝送路歪を除去する役割を送信側と受信側の双方に分担させるようにしており、送信側のフィードフォワードフィルタによって最終的な伝送路歪を除去する作用が与えられるので、受信側に具備されるフィルタは、必ずしも、上述の構成のようなフィードバックフィルタである必要はなく、フィードフォワードフィルタのような線形等化器であっても構わない。

【 0 0 3 9 】

実施の形態 2 .

図 7 は、本発明の実施の形態 2 にかかる通信システムの構成を示す図である。同図に示す通信システムは、伝送路 4 の出力を入力としてシンボルタイミングを抽出する B T R 回路 7 と、B T R 回路 7 で抽出されたシンボルタイミングを特定のシフト量だけシフトするタイミングシフト回路 1 1 と、タイミングシフト回路 1 1 の出力に基づき、伝送路 4 の出力を標本化する標本化回路 8 と、を備えている。なお、前述の実施の形態 1 と同一または同等である構成部には同一符号を付してその説明を省略するとともに、ここでは、実施の形態 1 と異なる処理についてのみ説明する。

【 0 0 4 0 】

図 7 において、B T R 回路 7 は、実施の形態 1 と同様に、たとえば逓倍タンク方式を用いた回路構成が採用され、伝送路 4 の出力からシンボルタイミングを抽出する。タイミングシフト回路 1 1 は、B T R 回路 7 が抽出したシンボルタイミングを特定のシフト量だけシフトとする。なお、このシフト量は、伝送路歪により決定される。

【 0 0 4 1 】

標本化回路 8 は、タイミングシフト回路 1 1 の出力に基づき、伝送路 4 の出力をシンボル周期で標本化する。その結果、フィードバックフィルタ 1 0 は、標本化回路 8 の出力であるシンボル周期の信号に基づき動作することが可能となる。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 2 】

なお、本実施の形態では、送信側に伝送路歪の逆特性を実現する逆特性フィルタを備え、受信側に簡易な判定回路を備えるようなプリコーディングによる通信システムについて説明してきたが、これらの構成を同一装置に具備させた送受信装置として構成することも勿論可能である。

【 0 0 4 3 】

以上のように、本実施の形態においては、実施の形態 1 と同様、フィードフォワードフィルタを送信側に備え、フィードバックフィルタを受信側に備えることとした。これにより、伝送路歪の逆特性を実現することが困難な場合であっても、適切に伝送路歪を除去でき、優れた特性を実現することができる。

10

【 0 0 4 4 】

また、本実施の形態においては、フィードフォワードフィルタを送信側に備えることにより、線形等化器を受信側に備えた場合に問題となる雑音強調の問題を回避でき、優れた特性を実現することができる。

【 0 0 4 5 】

また、本実施の形態においては、フィードバックフィルタのタップ係数を適応的に推定することにより、仮定する伝送路に誤差があったり、伝送路が変動したりする場合においても、優れた特性を実現できる。

【 0 0 4 6 】

また、本実施の形態においては、標本化回路で、受信信号をシンボル周期で標本化することにより、フィードバックフィルタがシンボル周期で動作可能となる。

20

【 0 0 4 7 】

なお、実施の形態 2 の通信システムでは、光通信や無線通信を想定して説明したが、必ずしも光通信や無線通信でなくてもよく、たとえば、一般的な有線通信であっても適用可能である。

【 0 0 4 8 】

また、実施の形態 2 の通信システムでは、フィードバックフィルタを固定的なフィルタとしたが、必ずしも固定的でなくてもよく、たとえば、伝送路変動に応じて、適応的にフィルタのタップ係数を推定し、特性を変化させてもよい。このとき、タップ係数の推定方法としては、LMS アルゴリズムなどを用いればよい。

30

【 0 0 4 9 】

また、実施の形態 2 の通信システムは、アナログ回路で構成しても、デジタル回路で構成しても、どちらでも構わない。

【 0 0 5 0 】

また、実施の形態 2 の通信システムは、伝送路歪を除去する役割を送信側と受信側の双方に分担させるようにしており、送信側のフィードフォワードフィルタによって最終的な伝送路歪を除去する作用が与えられるので、受信側に具備されるフィルタは、必ずしも、上述の構成のようなフィードバックフィルタである必要はなく、フィードフォワードフィルタのような線形等化器であっても構わない。

【 0 0 5 1 】

実施の形態 3 .

40

図 8 は、送信側に逆特性フィルタを備えず、受信側に、フィードフォワードフィルタ 9 とビタビ等化器 1 2 とから構成されるビタビ等化器を備える通信システムの構成を示す図である。同図に示す通信システムは、フィードフォワードフィルタ 9 に伝送路歪の逆特性に近い特性を持たせて伝送路歪みの一部を除去し、残りの伝送路歪をビタビ等化器 1 2 で除去することを特徴とするものであり、受信側で、フィードフォワードフィルタ 9 と、ビタビ等化器 1 2 と、を備えることで、逆特性フィルタを実現することが困難な伝送路特性に対しても、優れた特性を実現できる利点がある。また、ビタビ等化器 1 2 を伝送路変動に応じて、適応的に特性を変化させることにより、仮定する伝送路特性に誤差があったり、伝送路特性が時間的に変動したりする場合でも、優れた特性を実現できる利点がある。

50

しかしながら、受信側にフィードフォワードフィルタ 9 を備えているので、上述したような、受信側で線形等化器を用いることに起因する雑音強調の問題が生じてしまう。

【 0 0 5 2 】

そこで、本実施の形態では、図 9 に示す構成の通信システムを提案することにした。ここで、図 9 は、本発明の実施の形態 3 にかかる通信システムの構成を示す図である。同図に示す通信システムは、送信情報 1 と、送信情報 1 から送信信号を作成する送信信号作成回路 2 と、送信信号を入力とし、伝送路歪の一部を前もって除去するフィードフォワードフィルタ 9 と、伝送路 4 と、伝送路 4 の出力である伝送路歪を受けた受信信号から送信情報 1 を判定し判定値 6 を出力するビタビ等化器 1 2 と、を備えている。なお、前述の実施の形態 1 または 2 の構成と同一または同等である構成部には同一符号を付してその説明を省略するとともに、ここでは、実施の形態 1 または 2 と異なる処理についてのみ説明する。

10

【 0 0 5 3 】

つぎに、上記のように構成された通信システムの動作について説明する。

【 0 0 5 4 】

図 9 において、送信信号作成回路 2 では、送信情報 1 から伝送路 4 へ出力するための送信信号が作成される。ここで、光通信であれば、たとえば、NRZ 信号や、RZ 信号が作成される。また、無線通信であれば、たとえば、BPSK 信号や、QPSK 信号が作成される。

【 0 0 5 5 】

つぎに、フィードフォワードフィルタ 9 は、あらかじめわかっている伝送路歪の情報から、伝送路歪の一部を前もって除去するように構成され、送信信号を処理する。なお、フィードフォワードフィルタ 9 の内部構成例については、図 5 に示した通りであり、その説明を省略する。

20

【 0 0 5 6 】

図 10 は、ビタビ等化器 1 2 の内部構成例を示す図である。同図に示すビタビ等化器 1 2 は、枝メトリック作成回路 1 0 1 と、ACS (Add Compare Select) 処理回路 1 0 2 と、パスメトリックメモリ 1 0 3 と、パスメモリ 1 0 4 と、判定回路 1 0 5 と、を備えている。

【 0 0 5 7 】

図 11 は、BPSK 変調方式における、ビタビアルゴリズムのメモリ長が 2 の場合のトレリス線図の一例を示す図である。同図において、横方向は時刻の変化を表すとともに、縦方向の白丸 () は一つの状態を表しており、これらの状態は、過去の送信信号の組を表現するものである。例えば、BPSK 変調方式では、送信信号は 0 と 1 の 2 通りであり、ビタビアルゴリズムのメモリ長 (記憶する過去の送信信号の長さ) を 2 とすれば、状態数は 4 となり、同図では、縦方向の上から順に 4 つの状態 A, B, C, D として示している。また、各状態 () からつぎの時刻に向けて 2 つの状態に線が引かれているが、この線は時刻の変化に伴う状態の変化を示す枝と呼ばれるものである。時刻の変化とともに、状態が変化し枝を辿っていくが、この奇跡はパスと呼ばれる (図 11 における太線)。受信側でこのパスが決定できれば、送信情報を判定できることになる。

30

40

【 0 0 5 8 】

つぎに、図 10 および図 11 を用いてビタビ等化器の動作原理について説明する。なお、説明を簡単にするため、受信信号は BPSK 変調方式により変調されているものとする。枝メトリック作成回路 1 0 1 では、受信信号から、トレリス線図における各枝に対応した 2^V 通りの枝メトリック $E_n(k)$ ($k = 1, 2, \dots, 2^V$) が算出され、出力される。ここで、 $V - 1$ はビタビアルゴリズムのメモリ長であり、図 11 では 2 としている。

【 0 0 5 9 】

枝メトリック作成回路 1 0 1 では、説明を簡単にするため、 $V = 3$ とする。受信信号を r_n (n は時刻を表す) とすると、枝メトリック作成回路 1 0 1 では、式 (1) のように表される枝メトリックを各枝ごとに作成する。

50

【 0 0 6 0 】

$$E_n(k) = |r_n - c_0 * J_n - c_1 * J_{n-1} - c_2 * J_{n-2}|^2 \quad \dots (1)$$

【 0 0 6 1 】

ここで、式(1)における、 c_0 、 c_1 、 c_2 、は伝送路歪から決定されるタップ係数であり、 J_n 、 J_{n-1} 、 J_{n-2} 、は各枝に対応した送信信号の候補である。

【 0 0 6 2 】

ACS処理回路102では、各時刻において、トレリス線図における各状態(白丸)へ入るパスが選択される。状態の個数が $N_S (= 2^{V-1})$ であれば、各状態に対応して N_S 個のパスが各時刻において選択される。これら N_S 個の選択したパスを生き残りパスとよび、これらはパスメモリ104に保存される。ただし、パスメモリ104には生き残りパスとして、生き残りパスに対応したU時刻過去までの送信信号の系列の候補が保存される。なお、Uをパスメモリ長とよぶ。生き残りパスに含まれる全ての枝の枝メトリックの総和を生き残りパスメトリックとよび、パスメトリックメモリ103に保存される。

10

【 0 0 6 3 】

なお、ACS処理回路102は各状態に対応した処理を行うので、以下の説明では、とりうる状態を、状態 $m (m = 1, 2, \dots, N_S)$ と一般化した形で説明する。

【 0 0 6 4 】

ACS処理回路102には、状態 m に繋がる2つの枝に対応した枝メトリック $E_n(p)$ 、 $E_n(q)$ が枝メトリック作成回路101より入力される。また、状態 m に繋がる2つの枝によって結ばれる1時刻過去の2つの状態 i 、 j に対応した1時刻過去の生き残りパスメトリック $PM_{n-1}(i)$ 、 $PM_{n-1}(j)$ がパスメトリックメモリ103より入力される。また、状態 m に繋がる2つの枝によって結ばれる1時刻過去の2つの状態 i 、 j に対応した1時刻過去の生き残りパス $PT_{n-1}(i)$ 、 $PT_{n-1}(j)$ がパスメモリ104より入力される。そして、枝メトリック $E_n(p)$ 、 $E_n(q)$ と生き残りパスメトリック $PM_{n-1}(i)$ 、 $PM_{n-1}(j)$ をそれぞれ加算し、比較を行い、小さい方を状態 m に対応した現時刻の生き残りパスメトリック $PM_n(m)$ として選択する。すなわち、 $PM_n(m)$ は次式で表わされる。

20

【 0 0 6 5 】

$$PM_n(m) = \min[E_n(p) + PM_{n-1}(i), E_n(q) + PM_{n-1}(j)] \quad \dots (2)$$

【 0 0 6 6 】

なお、更新された現時刻の生き残りパスメトリック $PM_n(m)$ は、パスメトリックメモリ103に保存される。また、上記の $E_n(p) + PM_{n-1}(i)$ と $E_n(q) + PM_{n-1}(j)$ とを比較し、その比較結果により、生き残りパスが決定される。すなわち、 $E_n(p) + PM_{n-1}(i)$ が小さい場合には、 $PT_{n-1}(i)$ が選択される。一方、 $E_n(q) + PM_{n-1}(j)$ が小さい場合には、 $PT_{n-1}(j)$ が選択される。この選択された1時刻過去の生き残りパスから最も古い送信信号の候補を取り除く一方で、上記の比較結果で選択されるパスで決定される現時刻の送信信号の候補を付加した、新たな送信信号の系列の候補が、状態 m に対応した現時刻の生き残りパス $PT_n(m)$ とされる。また、更新された現時刻の生き残りパス $PT_n(m)$ は、パスメモリ104に保存される。

30

【 0 0 6 7 】

判定回路105では、パスメモリ104に保存された各状態に対応した生き残りパスのうち、最尤の状態に対応した生き残りパス(最尤パスと呼ぶ)の最も古い送信信号の候補が送信信号と判定され、判定値6とされる。ここで、最尤の状態とは、ACS処理回路102より出力される各状態に対応した生き残りパスメトリック $PM_n(m) (m = 1, 2, \dots, N_S)$ のうち、最も値の小さい生き残りパスメトリック $PM_n(m_1)$ で定められる状態 m_1 である。なお、図11に示す例では、判定時刻 n での最尤パスを太線で示している。

40

【 0 0 6 8 】

なお、本実施の形態では、送信側に伝送路歪の逆特性を実現する逆特性フィルタを備え、受信側に簡易な判定回路を備えるようなプリコーディングによる通信システムについて

50

説明してきたが、これらの構成を同一装置に具備させた送受信装置として構成することも勿論可能である。

【0069】

以上のように、本実施の形態においては、フィードフォワードフィルタを送信側に備え、ビタビ等化器を受信側に備えることとした。これにより、伝送路歪の逆特性を実現することが困難な場合であっても、適切に伝送路歪を除去でき、優れた特性を実現することができる。

【0070】

また、本実施の形態においては、フィードフォワードフィルタを送信側に備えることにより、線形等化器を受信側に備えた場合に問題となる雑音強調の問題を回避でき、優れた特性を実現することができる。

10

【0071】

また、本実施の形態においては、ビタビ等化器の枝メトリック作成回路のタップ係数を適応的に推定することにより、仮定する伝送路に誤差があったり、伝送路が変動したりする場合においても、優れた特性を実現できる。

【0072】

なお、実施の形態3の通信システムでは、光通信や無線通信を想定して説明したが、必ずしも光通信や無線通信でなくてもよく、たとえば、一般的な有線通信であっても適用可能である。

【0073】

また、実施の形態3の通信システムでは、ビタビ等化器の枝メトリック作成回路におけるタップ係数を固定的なフィルタとしたが、必ずしも固定的でなくてもよく、たとえば、伝送路変動に応じて、適応的にフィルタのタップ係数を推定し、特性を変化させてもよい。このとき、タップ係数の推定方法としては、LMSアルゴリズムなどを用いればよい。

20

【0074】

また、実施の形態3の通信システムは、アナログ回路で構成しても、デジタル回路で構成しても、どちらでも構わない。

【0075】

実施の形態4

図12は、本発明の実施の形態4にかかる通信システムの構成を示す図である。同図に示す通信システムは、伝送路4の出力を入力としてシンボルタイミングを抽出するBTR回路7と、BTR回路7で抽出されたシンボルタイミングを特定のシフト量だけシフトするタイミングシフト回路11と、タイミングシフト回路11の出力に基づき、伝送路4の出力を標本化する標本化回路8と、を備えている。なお、前述の実施の形態1~3と同一または同等である構成部には同一符号を付してその説明を省略するとともに、ここでは、実施の形態1と異なる処理についてのみ説明する。

30

【0076】

図12において、BTR回路7は、実施の形態1,2と同様に、たとえば通倍タンク方式を用いた回路構成が採用され、伝送路4の出力からシンボルタイミングを抽出する。タイミングシフト回路11は、BTR回路7が抽出したシンボルタイミングを特定のシフト量だけシフトとする。なお、このシフト量は、伝送路歪により決定される。

40

【0077】

標本化回路8は、タイミングシフト回路11の出力に基づき、伝送路4の出力をシンボル周期で標本化する。その結果、ビタビ等化器12は、標本化回路8の出力であるシンボル周期の信号に基づき動作することが可能となる。

【0078】

なお、本実施の形態では、送信側に伝送路歪の逆特性を実現する逆特性フィルタを備え、受信側に簡易な判定回路を備えるようなプリコーディングによる通信システムについて説明してきたが、これらの構成を同一装置に具備させた送受信装置として構成することも勿論可能である。

50

【 0 0 7 9 】

以上のように、本実施の形態においては、実施の形態 3 と同様、フィードフォワードフィルタを送信側に備え、ビタビ等化器を受信側に備えることとした。これにより、伝送路歪の逆特性を実現することが困難な場合であっても、適切に伝送路歪を除去でき、優れた特性を実現することができる。

【 0 0 8 0 】

また、本実施の形態においては、フィードフォワードフィルタを送信側に備えることにより、線形等化器を受信側に備えた場合に問題となる雑音強調の問題を回避でき、優れた特性を実現することができる。

【 0 0 8 1 】

また、本実施の形態においては、ビタビ等化器の枝メトリック作成回路のタップ係数を適応的に推定することにより、仮定する伝送路に誤差があったり、伝送路が変動したりする場合においても、優れた特性を実現できる。

【 0 0 8 2 】

また、本実施の形態においては、標本化回路で、受信信号をシンボル周期で標本化することにより、ビタビ等化器がシンボル周期で動作可能となる。

【 0 0 8 3 】

なお、実施の形態 4 の通信システムでは、光通信や無線通信を想定して説明したが、必ずしも光通信や無線通信でなくてもよく、たとえば、一般的な有線通信であっても適用可能である。

【 0 0 8 4 】

また、実施の形態 4 の通信システムでは、ビタビ等化器の枝メトリック作成回路におけるタップ係数を固定的なフィルタとしたが、必ずしも固定的でなくてもよく、たとえば、伝送路変動に応じて、適応的にフィルタのタップ係数を推定し、特性を変化させてもよい。このとき、タップ係数の推定方法としては、LMS アルゴリズムなどを用いればよい。

【 産業上の利用可能性 】

【 0 0 8 5 】

以上のように、本発明にかかる通信システムおよび送受信装置は、プリコーディングを行う通信システムおよび送受信装置に有用である。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 8 6 】

【 図 1 】 逆特性フィルタを備え、受信側に簡易な判定回路を備えるようなプリコーディングによる通信システムの構成を示す図である。

【 図 2 】 タイミング再生機能を有する構成部を図 1 の通信システムの受信側に追加した構成図である。

【 図 3 】 送信側に逆特性フィルタを備えず、受信側に判定帰還等化器を備える通信システムの構成を示す図である。

【 図 4 】 本発明の実施の形態 1 にかかる通信システムの構成を示す図である。

【 図 5 】 フィードフォワードフィルタの内部構成例を示す図である。

【 図 6 】 フィードバックフィルタの内部構成例を示す図である。

【 図 7 】 本発明の実施の形態 2 にかかる通信システムの構成を示す図である。

【 図 8 】 送信側に逆特性フィルタを備えず、受信側にビタビ等化器を備える通信システムの構成を示す図である。

【 図 9 】 本発明の実施の形態 3 にかかる通信システムの構成を示す図である。

【 図 1 0 】 ビタビ等化器の内部構成例を示す図である。

【 図 1 1 】 BPSK 変調方式における、ビタビアルゴリズムのメモリ長が 2 の場合のトレリス線図の一例を示す図である。

【 図 1 2 】 本発明の実施の形態 4 にかかる通信システムの構成を示す図である。

【 符号の説明 】

【 0 0 8 7 】

10

20

30

40

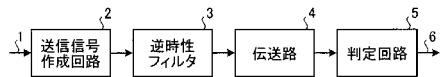
50

- 1 送信情報
- 2 送信信号作成回路
- 3 逆特性フィルタ
- 4 伝送路
- 5 判定回路
- 6 判定値
- 7 B T R 回路
- 8 標本化回路
- 9 フィードフォワードフィルタ
- 10 フィードバックフィルタ
- 11 タイミングシフト回路
- 12 ビタビ等化器
- 51, 63 シフトレジスタ部
- 52, 53, 54, 55, 56, 57, 64, 65, 66, 67, 68, 69 乗算器
- 58, 70 加算器
- 61 減算器
- 62 判定回路
- 101 枝メトリック作成回路
- 102 ACS 処理回路
- 103 パスメトリックメモリ
- 104 パスメモリ
- 105 判定回路

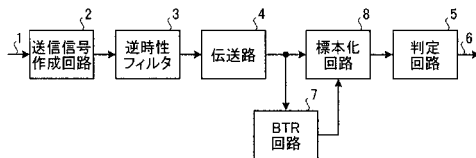
10

20

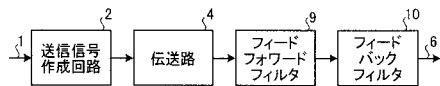
【図 1】



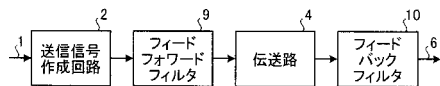
【図 2】



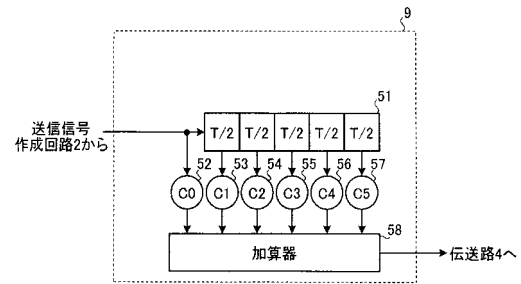
【図 3】



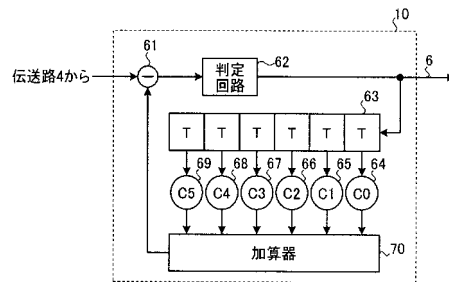
【図 4】



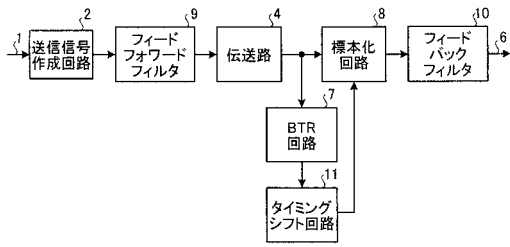
【図 5】



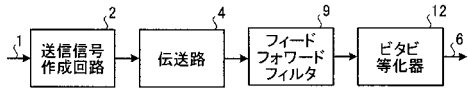
【図 6】



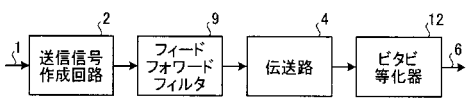
【図7】



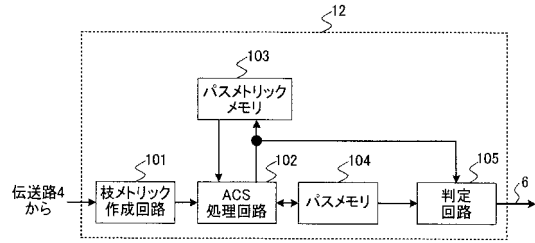
【図8】



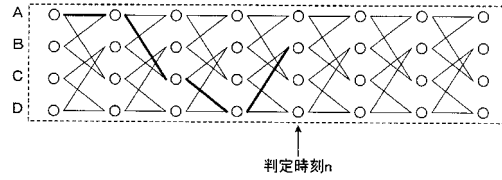
【図9】



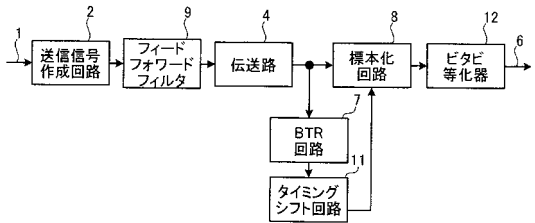
【図10】



【図11】



【図12】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2003-224496(JP,A)
特開平5-327558(JP,A)
国際公開第2004/004192(WO,A2)
特開2004-242327(JP,A)
特開平4-2226(JP,A)
特開2003-204291(JP,A)
特開平11-177644(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04B 7/005
H04B 3/04 - 3/18
H04L 27/01
H04L 25/03