

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4745410号  
(P4745410)

(45) 発行日 平成23年8月10日(2011.8.10)

(24) 登録日 平成23年5月20日(2011.5.20)

(51) Int.Cl.	F I	
HO4J 99/00 (2009.01)	HO4J 15/00	
HO4L 7/00 (2006.01)	HO4L 7/00	F
HO4B 7/08 (2006.01)	HO4B 7/08	D
HO4B 7/10 (2006.01)	HO4B 7/10	A
HO4B 7/005 (2006.01)	HO4B 7/005	

請求項の数 4 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2009-42009 (P2009-42009)	(73) 特許権者	000004226
(22) 出願日	平成21年2月25日(2009.2.25)		日本電信電話株式会社
(65) 公開番号	特開2010-199951 (P2010-199951A)		東京都千代田区大手町二丁目3番1号
(43) 公開日	平成22年9月9日(2010.9.9)	(74) 代理人	100144185
審査請求日	平成21年2月25日(2009.2.25)		弁理士 稲場 寿雄
(出願人による申告)平成20年度、総務省、「衛星通信における適応偏波多重(APDM)伝送技術の研究開発」委託事業、産業技術力強化法第19条の適用を受ける特許出願		(74) 代理人	100074930
			弁理士 山本 恵一
		(72) 発明者	山下 史洋
			東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内
		(72) 発明者	阿部 順一
			東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 無線通信復調装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

トレーニング信号を有する送信信号を複数のアンテナで受信し、トレーニング信号の到来タイミングを検出する同期回路と、

各アンテナで受信された信号を伝搬路に応じて重み付け合成する適応フィルタ回路と、前記適応フィルタ回路の出力から送信信号を復調する復調回路と、

トレーニング信号によって第1のシンボルクロックを再生する粗クロック再生回路と選択回路とを備え、

前記適応フィルタ回路は、各アンテナで受信された信号を基に重み係数を算出する重み係数演算回路と、

前記重み係数演算回路から出力される重み係数を用いて複数アンテナで受信された信号を重み付け合成する重み付け合成回路を備え、

前記復調回路は前記適応フィルタ回路からの出力信号を用いて第2のシンボルクロックを再生するクロック再生回路を備え、

前記選択回路が出力するシンボルクロックに同期して、前記同期回路と前記適応フィルタ回路と前記復調回路を動作させ、

前記適応フィルタ回路は、前記同期回路で検出されたトレーニング信号の到来タイミングとシンボルクロックに同期してトレーニング信号を用いて重み係数を算出し、

前記粗クロック再生回路は、トレーニング信号との相関を検出するマッチフィルタ回路と、

マッチトフィルタ回路から出力されるマッチトパルスを、受信信号と非同期の自走シンボルクロックでサンプリングするサンプリング回路と、

サンプリング回路がサンプリングしたマッチトパルスの形状に基づき、自走シンボルクロックと受信信号とのクロック位相差を検出する位相検出回路を備え、

前記位相検出回路の検出結果に基づき、自走シンボルクロックの位相を補正して第1のシンボルクロックを出力し、

前記選択回路がトレーニング信号の到来タイミングに基づいて、出力するシンボルクロックを

前記粗クロック再生回路で再生される第1のシンボルクロックから

前記クロック再生回路で再生される第2のシンボルクロックに切り替えることを特徴とする無線通信復調装置。

10

【請求項2】

前記復調回路が周波数誤差検出回路を備え、

前記同期回路が周波数誤差補償回路とマッチトフィルタ回路をアンテナ毎に備え、

前記周波数誤差検出回路で検出された周波数誤差を前記周波数誤差補償回路に供給して

、受信信号から周波数誤差を補償し、

前記周波数誤差補償回路の出力信号を前記マッチトフィルタ回路に入力し、アンテナ毎のマッチトフィルタ回路の出力からトレーニング信号の到来タイミングを検出することを特徴とする請求項1に記載の無線通信復調装置。

20

【請求項3】

前記同期回路が周波数誤差補償回路とマッチトフィルタ回路と周波数誤差検出回路をアンテナ毎に備え、

前記周波数誤差検出回路で検出された周波数誤差をアンテナ毎に前記周波数誤差補償回路に供給して、

受信信号から周波数誤差を補償し、

前記周波数誤差補償回路の出力信号を前記マッチトフィルタ回路に入力し、アンテナ毎のマッチトフィルタ回路の出力からトレーニング信号の到来タイミングを検出することを特徴とする請求項1に記載の無線通信復調装置。

30

【請求項4】

前記重み係数演算回路は前記周波数誤差補償回路の出力信号をもとに、重み係数を算出することを特徴とする請求項2または3に記載の無線通信復調装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、無線通信において複数のアンテナで受信した信号から送信信号を高い品質で抽出するアダプティブ受信技術に属し、アダプティブ合成前の信号を基に検出されるシンボルクロックや周波数誤差の情報とアダプティブ合成後の信号を基に検出されるシンボルクロックや周波数誤差の情報を適切に切り替えて利用することで、復調信号の品質を高める同期に関する技術である。

40

【背景技術】

【0002】

図3は特許文献1に記載された従来のアダプティブ受信装置である。この受信装置はアンテナ・適応フィルタ回路・復調回路から構成される。適応フィルタ回路は高速クロック31、重み係数演算回路333、係数保持回路332、重み付け合成回路331から構成される。復調回路は波形整形フィルタ37、自動周波数誤差補償回路(AFC)35、キャリア再生回路36、クロック再生回路34から構成される。以下に信号の流れを説明する。

【0003】

ユーザ信号はアンテナ30aとアンテナ30bで受信される。各アンテナで受信された

50

信号は高速クロック 3 1 から出力されるサンプリングレートに同期し、重み係数演算回路 3 3 3 に入力され、適応フィルタの重み係数が算出される。

【 0 0 0 4 】

次に重み係数演算回路 3 3 3 から出力される重み係数は、後段の復調回路で検出されるシンボルクロックに同期させるように、このシンボルクロックで係数保持回路 3 3 2 でラッチされる。

【 0 0 0 5 】

係数保持回路 3 3 2 からシンボルクロックに同期して出力される係数と、受信信号を重み付け合成回路 3 3 1 で重み付け合成することで適応フィルタ処理が行われる。

【 0 0 0 6 】

適応フィルタ処理を行われた信号は後段の復調回路で、波形整形処理、周波数誤差補償、搬送波位相補償が逐次なされ、復調処理が完了する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【 0 0 0 7 】

【特許文献 1】特開平 1 1 - 2 5 1 9 9 6 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 8 】

図 3 の復調回路はアダプティブ重み付け後の復調信号からシンボルクロックを抽出するため、受信開始時などアダプティブ重み付けが収束していないときは、復調信号の再生タイミング精度が劣化している。この精度が劣化したタイミングに同期させて前段の適応フィルタの重み付け合成を実行すると、アダプティブ重み付け精度が劣化しているので復調信号の品質を劣化させる課題がある。

【 0 0 0 9 】

また、図 3 の重み係数演算回路は周波数誤差を考慮しておらず、重み係数が周波数誤差の影響を受ける場合、所望の重み係数に収束しない課題がある。

【 0 0 1 0 】

図 3 の重み係数推定回路はサンプルタイミングで重み係数を導出して、係数保持回路でシンボルクロックでラッチしているが、トレーニング信号はシンボル単位で送信され、サンプリングタイミングとシンボルクロックが非同期の場合、トレーニング信号同期回路が複雑になる課題がある。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 1 】

上記課題を解決するため、本発明による無線通信復調装置は、トレーニング信号を有する送信信号を複数のアンテナで受信し、トレーニング信号の到来タイミングを検出する同期回路と、

各アンテナで受信された信号を伝搬路に応じて重み付け合成する適応フィルタ回路と、前記適応フィルタ回路の出力から送信信号を復調する復調回路と、

トレーニング信号によって第 1 のシンボルクロックを再生する粗クロック再生回路と選択回路とを備え、

前記適応フィルタ回路は、各アンテナで受信された信号を基に重み係数を算出する重み係数演算回路と、

前記重み係数演算回路から出力される重み係数を用いて複数アンテナで受信された信号を重み付け合成する重み付け合成回路を備え、

前記復調回路は前記適応フィルタ回路からの出力信号を用いて第 2 のシンボルクロックを再生するクロック再生回路を備え、

前記選択回路が出力するシンボルクロックに同期して、前記同期回路と前記適応フィルタ回路と前記復調回路を動作させ、

前記適応フィルタ回路は、前記同期回路で検出されたトレーニング信号の到来タイミン

10

20

30

40

50

グとシンボルクロックに同期してトレーニング信号を用いて重み係数を算出し、  
前記粗クロック再生回路は、トレーニング信号との相関を検出するマッチフィルタ回路と、

マッチフィルタ回路から出力されるマッチパルスを、受信信号と非同期の自走シンボルクロックでサンプリングするサンプリング回路と、

サンプリング回路がサンプリングしたマッチパルスの形状に基づき、自走シンボルクロックと受信信号とのクロック位相差を検出する位相検出回路を備え、

前記位相検出回路の検出結果に基づき、自走シンボルクロックの位相を補正して第1のシンボルクロックを出力し、

前記選択回路がトレーニング信号の到来タイミングに基づいて、出力するシンボルクロックを

10

前記粗クロック再生回路で再生される第1のシンボルクロックから

前記クロック再生回路で再生される第2のシンボルクロックに切り替える。

【0012】

また、前記復調回路が周波数誤差検出回路を備え、

前記同期回路が周波数誤差補償回路とマッチフィルタ回路をアンテナ毎に備え、

前記周波数誤差検出回路で検出された周波数誤差を前記周波数誤差補償回路に供給して

、  
受信信号から周波数誤差を補償し、

前記周波数誤差補償回路の出力信号を前記マッチフィルタ回路に入力し、アンテナ毎のマッチフィルタ回路の出力からトレーニング信号の到来タイミングを検出することも好ましい。

20

【0013】

また、前記同期回路が周波数誤差補償回路とマッチフィルタ回路と周波数誤差検出回路をアンテナ毎に備え、

前記周波数誤差検出回路で検出された周波数誤差をアンテナ毎に前記周波数誤差補償回路に供給して、

受信信号から周波数誤差を補償し、

前記周波数誤差補償回路の出力信号を前記マッチフィルタ回路に入力し、アンテナ毎のマッチフィルタ回路の出力からトレーニング信号の到来タイミングを検出することも好ましい。

30

【0014】

また、前記重み係数演算回路は前記周波数誤差補償回路の出力信号をもとに、重み係数を算出することも好ましい。

【発明の効果】

【0015】

以上で述べたように、本発明の技術を用いると、複数のアンテナからの受信信号を、タイミング・周波数誤差補償精度よく重み付け合成可能となり、復調信号の品質向上や高速な同期確立が可能となる。

【図面の簡単な説明】

40

【0016】

【図1】本発明の第1の実施形態の無線通信復調装置例を示す。

【図2】本発明の第2の実施形態の無線通信復調装置例を示す。

【図3】従来のアダプティブ受信装置を示す。

【図4】マッチパルス信号からシンボルクロックの再生処理例を示す。

【発明を実施するための形態】

【0017】

本発明の第1の実施形態を表す構成図を図1に示す。図1はアンテナと同期回路と適応フィルタ回路と復調回路から構成される。

【0018】

50

アンテナは、10 a、10 bの2本から構成され、この2本のアンテナの受信信号に対してアダプティブ受信を行う。この例では2本のアンテナで説明するが、本発明は2本に限定するものではない。

【0019】

同期回路は、周波数誤差補償回路（以下AFC）111・112、マッチトフィルタ121・122、粗クロック再生回路19、到来タイミング検出回路110および選択回路111で構成される。

【0020】

適応フィルタ回路は重み付け合成回路131と重み係数演算回路132で構成される。

【0021】

復調回路は波形整形フィルタ17と周波数誤差補償回路（以下AFC）15と周波数誤差検出回路18とキャリア再生回路16とクロック再生回路14から構成される。

【0022】

次に信号の流れについて説明する。

送信側では、自己相関波形のピークが鋭く、相互相関は小さいトレーニング信号を挿入して信号を送信する。一方で受信側では、受信アンテナ10 aと10 bで受信された信号は、同期回路に入力され、AFC111と、AFC112でアンテナ毎に周波数誤差補償される。ここで、補償に用いる周波数誤差は、後段の復調回路の周波数誤差検出回路18で検出されたものを用いる。

【0023】

AFC111とAFC112でアンテナ毎に受信周波数誤差補償された信号は、マッチトフィルタ121、122に入力され、マッチトフィルタのマッチトパルス信号から、到来タイミング検出回路110でトレーニング信号の到来タイミングが検出される。並行して、粗クロック再生回路19では、マッチトパルス信号からシンボルクロックが再生される。

【0024】

図4にマッチトパルス信号からクロックの再生処理例を示す。

図4において選択回路は受信開始当初、粗クロック再生回路からのシンボルクロックを選択し、また粗クロック再生回路の位相補正回路は外部から供給されるシンボルレートと同じ周波数に設定された自走シンボルクロックを位相補正せずに出力する。

【0025】

このため、自走シンボルクロックと信号ナイキストタイミングが一致しておらず、マッチトフィルタ出力の2乗和であるマッチトパルスの出力が図4 bに示すようにa、b、cに分散する。

【0026】

この分散したa、b、cを用いて、位相差検出回路で自走シンボルクロックと信号ナイキストタイミングの位相差を検出し、それを位相補正回路で補正する。位相補正方法を図4 bに示す。

【0027】

レベルa、b、cを内挿したピーク値を得るタイミングをナイキストタイミングと定義すれば、自走シンボルクロックとナイキストタイミングの位相差は以下の式で表される。

【数1】

$$\Delta = \frac{2\pi(c-a)}{2(c-2b+a)} [\text{rad}]$$

【0028】

したがって、位相検出回路ではa、b、cを入力し位相差を出力する。一方、位相補正回路ではを補正することで、自走シンボルクロックを信号のナイキストタイミングに一致させる。その結果、図4 bに示すように、ナイキストタイミングに一致したタイミングのみに大きなピーク値を有するマッチトパルスを得ることができる。

10

20

30

40

50

## 【0029】

次に適応フィルタ回路の動作を説明する。適応フィルタ回路13では、アンテナ10aと、10bで受信された信号を最大のC/N(信号対雑音電力比)で重み付け合成するように重み係数が演算される。この重み係数導出にあたり、AFC111とAFC112で周波数誤差を補償された信号を用いることで、周波数誤差の影響がない信号を用いて重み係数導出を行う。

## 【0030】

ここで導出された重み係数を用いて受信信号を重み付け合成することで、適応フィルタ処理が行われる。

## 【0031】

復調回路では、適応フィルタからの出力を波形整形フィルタ17でルートロールオフ処理を行い、周波数誤差検出回路18で誤差検出、AFC15で検出した誤差を補償し、キャリア再生回路16で搬送波の位相を再生、クロック再生回路14でシンボルクロック再生をそれぞれ行う。

## 【0032】

同期回路の選択回路において、シンボルクロックの切り替えについて述べる。

## 【0033】

本発明では、粗クロック再生回路でマッチトパルスからシンボルクロックが検出され、一方で復調回路でも干渉補償後の信号からシンボルクロックを再生している。

## 【0034】

両者が再生するシンボルクロックはトレーニング信号の長さや周期、その他のパラメータにより精度が異なるため、より精度が高いシンボルクロックを選択することで復調特性が改善する。よって選択回路111には、粗クロック再生回路19からの第1のシンボルクロックとクロック再生回路14からの第2のシンボルクロックが入力され、何らかの判定基準で第1のシンボルクロックと第2のシンボルクロックを切り替えて使用する。

## 【0035】

切り替えの一例としてはトレーニング信号の同期を確立するまでは、第1のシンボルクロックを利用し、トレーニング信号が検出されたタイミング(図4bに示すマッチトパルスの電力が設定閾値を超えたタイミング)をトリガに第2のシンボルクロックに切り替える方法が挙げられる。

## 【0036】

ただし、上記シンボルクロックの切り替えタイミングは、様々な切り替え手法のうちの一例であり、切り替えタイミングはトレーニング信号が同期したタイミングに限定されるものではない。

## 【0037】

第1のシンボルクロックは、重み付け合成前にタイミング再生が可能であるので、受信開始当初、復調回路同期が確立されていない初期段階での同期に活用するのが望ましい。一方で第2のシンボルクロックは、重み付け合成後の信号から得られるので復調回路の初期同期が確立された後ではタイミング精度が高く、初期同期確立後の定常状態で使用するのが望ましい。

## 【0038】

以上より、第1のシンボルクロックと第2のシンボルクロックを適切に切り替えることで、第2のシンボルクロックのみを活用する図3の従来のアダプティブ受信装置と比べて、受信開始当初から高い精度でシンボルクロック同期確立が可能となる。

## 【0039】

さらに、マッチトフィルタおよび重み係数演算回路に入力する受信信号から、復調回路で推定される周波数誤差をあらかじめ補償することで、マッチトフィルタにおけるタイミング検出精度や重み係数精度が向上し、信号品質が改善される。

## 【0040】

本発明の第2の実施形態を表す構成図を図2に示す。図2はアンテナと同期回路と適応

10

20

30

40

50

フィルタ回路と復調回路から構成される。

【0041】

アンテナは、20a、20bの2本から構成され、この2本のアンテナの受信信号に対してアダプティブ受信を行う。この例では2本のアンテナで説明するが、本発明のアンテナは2本に限定するものではない。

【0042】

同期回路は、周波数誤差補償回路(以下AFC)211・212とマッチトフィルタ221・222、周波数誤差検出回路281・282と粗クロック再生回路29と到来タイミング検出回路210と選択回路211から構成される。

【0043】

適応フィルタ回路は重み付け合成回路231と重み係数演算回路232から構成される。

【0044】

復調回路は波形整形フィルタ27とキャリア再生回路26とクロック再生回路24から構成される。

【0045】

次に信号の流れについて説明する。

送信側より自己相関波形のピークが鋭く、相互相関が小さいトレーニング信号を挿入して信号を送信する。

【0046】

一方で受信側では、受信アンテナ20aと20bで受信された信号は、同期回路に入力される。AFC211と、AFC212で周波数誤差が補償されるが、補償で用いられる周波数誤差は、後段のマッチトフィルタ221、222からの出力の位相回転をそれぞれ用いて周波数誤差検出回路281、282で検出されたものとする。

【0047】

適応フィルタ回路および、復調回路の動作は第1の実施形態と同じであるので説明を割愛する。

【0048】

図2は、図1と異なり、アンテナ毎に周波数誤差検出回路を備え、誤差検出補正を行うため、受信アンテナ20aと20bのRF変換周波数が非同期である場合に対応できる特徴を備える。

【0049】

また、以上述べた実施形態は全て本発明を例示的に示すものであって限定的に示すものではなく、本発明は他の種々の変形態様および変更態様で実施することができる。従って本発明の範囲は特許請求の範囲およびその均等範囲によってのみ規定されるものである。

【符号の説明】

【0050】

- 10a、10b、20a、20b アンテナ
- 111、112、15、211、212 周波数誤差補償回路(AFC)
- 121、122、221、222 マッチトフィルタ
- 19、29 粗クロック再生回路
- 110、210 到来タイミング検出回路
- 111、211 選択回路
- 131、231 重み付け合成回路
- 132、232 重み係数演算回路
- 14、24 クロック再生回路
- 16、26 キャリア再生回路
- 17、27 波形整形フィルタ
- 18、281、282 周波数誤差検出回路
- 30a、30b アンテナ

10

20

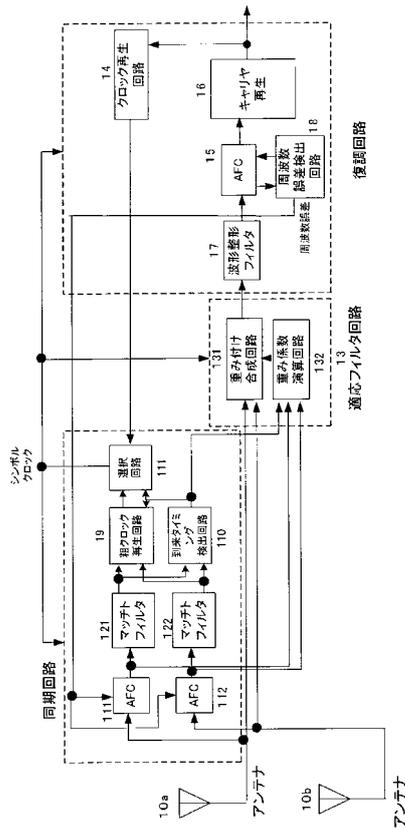
30

40

50

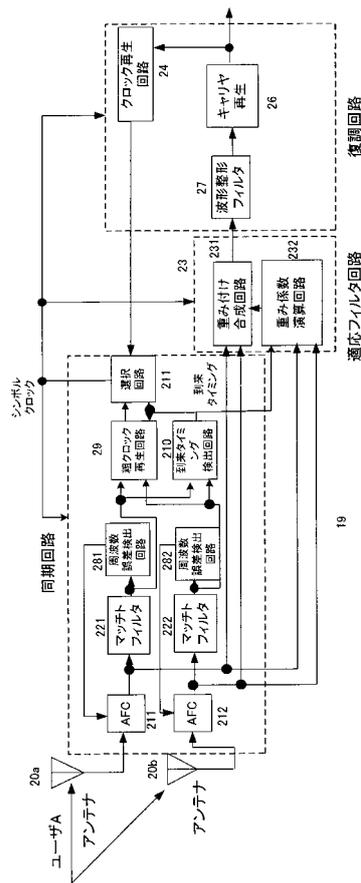
- 3 1 高速クロック
- 3 3 1 重み付け合成回路
- 3 3 2 係数保持回路
- 3 3 3 重み係数演算回路
- 3 4 クロック再生回路
- 3 5 自動周波数誤差補償回路 ( A F C )
- 3 6 キャリア再生回路
- 3 7 波形整形フィルタ

【 図 1 】



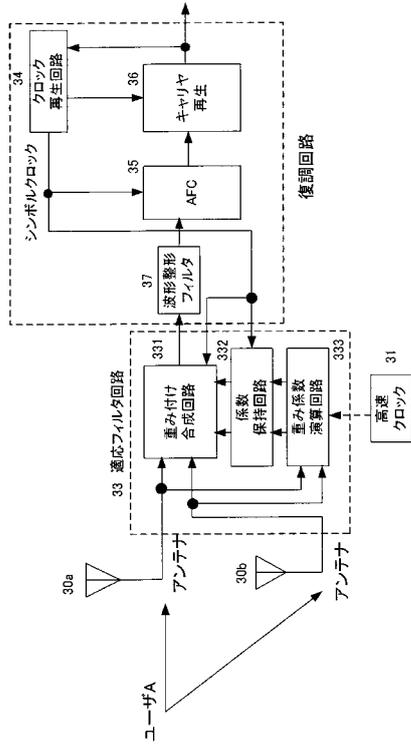
本発明の無線通信復調装置例

【 図 2 】



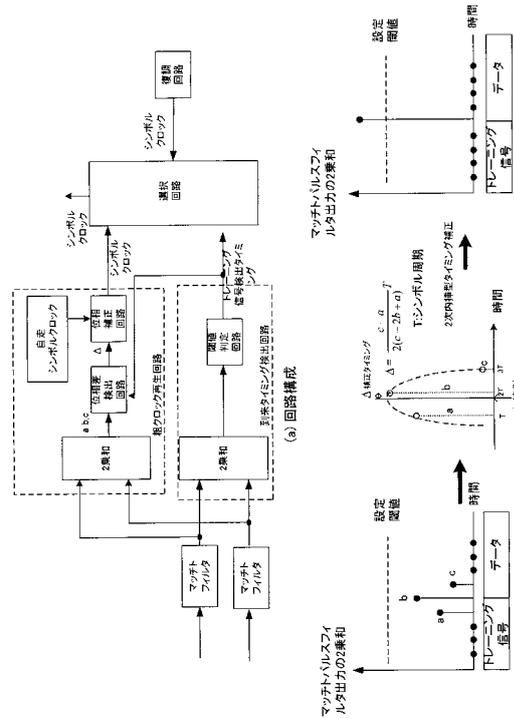
本発明の無線通信復調装置例

【図3】



従来のアダプティブ受信装置

【図4】



提案のアダプティブ受信装置

(a) 回路構成

(b) 補正アルゴリズム

マッチングフィルタ遅延からシンボルクロックの再生処理例

$$\Delta = \frac{c \cdot \tau}{2(c - 2\tau - \alpha)}$$

マッチングフィルタ遅延からシンボルクロックの再生処理例

---

フロントページの続き

(72)発明者 小林 聖

東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内

審査官 渡辺 未央子

(56)参考文献 特開平11-251996(JP,A)  
特開2007-028160(JP,A)  
特開2008-053798(JP,A)  
特開2000-049763(JP,A)  
特開平08-331118(JP,A)  
特開2006-333143(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04J	99/00
H04B	7/005
H04B	7/08
H04B	7/10
H04L	7/00