

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6206487号  
(P6206487)

(45) 発行日 平成29年10月4日(2017.10.4)

(24) 登録日 平成29年9月15日(2017.9.15)

(51) Int.Cl.	F I
HO 4 B 10/2507 (2013.01)	HO 4 B 10/2507
HO 4 B 10/69 (2013.01)	HO 4 B 10/69 1 7 0
HO 4 J 14/06 (2006.01)	HO 4 J 14/06

請求項の数 11 (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2015-511144 (P2015-511144)	(73) 特許権者 000004237 日本電気株式会社 東京都港区芝五丁目7番1号
(86) (22) 出願日 平成26年2月19日(2014.2.19)	
(86) 国際出願番号 PCT/JP2014/053853	(74) 代理人 100110928 弁理士 速水 進治
(87) 国際公開番号 W02014/167897	(72) 発明者 安田 和佳子 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株 式会社内
(87) 国際公開日 平成26年10月16日(2014.10.16)	(72) 発明者 安部 淳一 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株 式会社内
審査請求日 平成29年1月11日(2017.1.11)	審査官 角田 慎治
(31) 優先権主張番号 特願2013-81395 (P2013-81395)	
(32) 優先日 平成25年4月9日(2013.4.9)	
(33) 優先権主張国 日本国(JP)	

(出願人による申告)平成24年度、総務省、「超高速・低消費電力光ネットワーク技術の研究開発」委託研究、産業技術力強化法第19条の適用を受ける特許出願

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 信号処理装置及び信号処理方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

偏波多重かつ多値変調されていて伝送路を介して送信された信号光に基づいて電気信号を生成する電気信号生成手段と、

前記電気信号に対して、前記伝送路において前記信号光に生じた分散を、第1フィルタ係数を用いて補償する処理を行う線形補償手段と、

前記伝送路において前記信号光に生じた非線形効果を補償するときに考慮すべき時間軸上の幅を定める第2フィルタ係数を、前記分散の大きさを用いて定める第2係数設定手段と、

前記電気信号に対して、前記非線形効果を、前記第2フィルタ係数を用いて補償する非線形補償手段と、  
を備える信号処理装置。

【請求項2】

請求項1に記載の信号処理装置において、

前記第2係数設定手段は、

前記分散の大きさを用いてタップ数を定め、

予め定められた関数を等間隔で前記タップ数と同じ回数区切り、複数の前記区切りのそれぞれにおける前記関数の値を前記第2フィルタ係数とする信号処理装置。

【請求項3】

請求項2に記載の信号処理装置において、

10

20

前記関数は、中央に位置する前記タップにおいて最大値をとり、両端に位置する前記タップで最小値を取るよう定められている信号処理装置。

【請求項 4】

請求項 2 又は 3 に記載の信号処理装置において、

前記第 2 係数設定手段は、前記分散の大きさに比例係数を乗じることにより、前記タップ数を算出する信号処理装置。

【請求項 5】

請求項 4 に記載の信号処理装置において、

前記比例係数は前記関数及び前記分散に基づいて設定される信号処理装置。

【請求項 6】

請求項 1 ~ 5 のいずれか一項に記載の信号処理装置において、

前記電気信号生成手段は、

前記信号光と局所光とを干渉させることにより 4 つの出力光を生成する干渉手段と、

前記 4 つの信号光を光電変換して 4 つのアナログ信号を生成する光電変換手段と、

前記 4 つのアナログ信号を 4 つのデジタル信号に変換するアナログ・デジタル変換手段と、

前記 4 つのデジタル信号から、前記信号光の 2 つの偏波成分に対応する 2 つの偏波信号を、前記電気信号として生成する偏波信号生成手段と、  
を有する信号処理装置。

【請求項 7】

偏波多重かつ多値変調されていて伝送路を介して送信された信号光に基づいて電気信号を生成し、

前記電気信号に対して、前記伝送路において前記信号光に生じた分散を、第 1 フィルタ係数を用いて補償する処理を行い、

前記伝送路において前記信号光に生じた非線形効果を補償するときに考慮すべき時間軸上の幅を定める第 2 フィルタ係数を、前記分散の大きさを用いて定め、

前記電気信号に対して、前記非線形効果を、前記第 2 フィルタ係数を用いて補償する信号処理方法。

【請求項 8】

請求項 7 に記載の信号処理方法において、

前記第 2 フィルタ係数を定めるとき、

前記分散の大きさを用いてタップ数を定め、

予め定められた関数を等間隔で前記タップ数と同じ回数区切り、複数の前記区切りのそれぞれにおける前記関数の値を前記第 2 フィルタ係数とする信号処理方法。

【請求項 9】

請求項 8 に記載の信号処理方法において、

前記関数は、中央に位置する前記タップにおいて最大値をとり、両端に位置する前記タップで最小値を取るよう定められている信号処理方法。

【請求項 10】

請求項 8 又は 9 に記載の信号処理方法において、

前記タップ数は、前記分散の大きさに比例係数を乗じることにより算出される信号処理方法。

【請求項 11】

請求項 10 に記載の信号処理方法において、

前記比例係数は前記関数及び前記分散に基づいて設定される信号処理方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、信号処理装置及び信号処理方法に関する。

【背景技術】

10

20

30

40

50

## 【 0 0 0 2 】

インターネットの普及に伴い、通信されるデータの量が增大している。これに対応するためには、伝送路の容量を増大させる必要がある。大容量化を実現するための技術の一つとして、多値変調方式 (Quadrature Amplitude Modulation: QAM) がある。送信器で QAM 方式の変調を施された光信号は、デジタルコヒーレント方式の光受信器で復調される。

## 【 0 0 0 3 】

QAM 方式の光通信においては、光信号が伝送路を伝播する際に受ける非線形効果が大きな問題となる。光信号が伝送路中で非線形効果を受けると、光信号の位相が回転する。QAM 方式は複雑な位相情報を取り扱うため、非線形効果による位相回転を受けると、受信時に正しい位相情報を復調できなくなる。

10

## 【 0 0 0 4 】

これに対して非特許文献 1 には、Back Propagation と呼ばれる非線形補償方式が記載されている。この補償方式は、分散補償を小刻みに行うとともに、各分散補償の直後で非線形補償を行うことで、受信側から送信側へ伝播波形を遡りながら波形歪を補償する方式である。

## 【 0 0 0 5 】

しかし、Back Propagation では、分散補償機能と非線形補償機能を組み合わせて 1 つの非線形補償ステージとしたとき、非線形補償ステージの段数を多くする必要がある。分散補償機能は線形歪補償回路によって実現され、非線形補償機能は非線形歪補償回路によって実現される。線形歪補償回路は、周波数領域で分散補償を行うために、FFT / IFFT 回路を含んでいる。FFT / IFFT 回路は回路規模が大きいため、LSI の実装面積や消費電力を考慮すると、一つの信号処理装置には、数個の FFT / IFFT 回路しか実装できない。

20

## 【 0 0 0 6 】

これに対して非特許文献 1 には、Filtered Back Propagation と呼ばれる補償方式も記載されている。Filtered Back Propagation は、信号強度から算出される位相回転量の時間平均量を非線形補償に用いることで、非線形補償ステージの段数を削減するものである。また非特許文献 1 において、位相回転量の時間平均には Low Pass Filter が用いられている。

30

## 【 0 0 0 7 】

さらに、非特許文献 2 には、上記した Low Pass Filter の係数設定手法が記載されている。非特許文献 2 においては、受信した光信号に対して非線形補償を行わないで復調する。そして復調したシンボル位置とその信号の理想シンボル位置の差をモニタすることにより、Low Pass Filter の係数を決定している。

## 【 先行技術文献 】

## 【 非特許文献 】

## 【 0 0 0 8 】

【 非特許文献 1 】 Liang B. Du and Arthur J. Lowery, "Improved single channel backpropagation for intra-channel fiber nonlinearity compensation in long-haul optical communication systems", OPTICS EXPRESS, Vol. 18, No. 16, pp17075-17088, 2010

40

【 非特許文献 2 】 Lei Li et al., "Implementation Efficient Nonlinear Equalizer Based on Correlated Digital Backpropagation", Proc. Conf. OFC OWW3, 2011

## 【 発明の概要 】

## 【 発明が解決しようとする課題 】

## 【 0 0 0 9 】

非特許文献 2 に記載の方法では、受信信号を非線形補償せずに復調できることが前提となっている。このため、復調するためには非線形補償を行うことが必須である低品質の受信信号には適用できない。

## 【 0 0 1 0 】

50

本発明の目的は、偏波多重かつ多値変調された信号光を受信して復調する場合において、復調を行わなくても非線形補償の係数を設定できるようにすることである。

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明によれば、偏波多重かつ多値変調されていて伝送路を介して送信された信号光に基づいて電気信号を生成する電気信号生成手段と、

前記電気信号に対して、前記伝送路において前記信号光に生じた分散を、第1フィルタ係数を用いて補償する処理を行う線形補償手段と、

前記伝送路において前記信号光に生じた非線形効果を補償するときに考慮すべき時間軸上の幅を定める第2フィルタ係数を、前記分散の大きさをを用いて定める第2係数設定手段と、

前記電気信号に対して、前記非線形効果を、前記第2フィルタ係数を用いて補償する非線形補償手段と、

を備える信号処理装置が提供される。

【0012】

本発明によれば、偏波多重かつ多値変調されていて伝送路を介して送信された信号光に基づいて電気信号を生成し、

前記電気信号に対して、前記伝送路において前記信号光に生じた分散を、第1フィルタ係数を用いて補償する処理を行い、

前記伝送路において前記信号光に生じた非線形効果を補償するときに考慮すべき時間軸上の幅を定める第2フィルタ係数を、前記分散の大きさをを用いて定め、

前記電気信号に対して、前記非線形効果を、前記第2フィルタ係数を用いて補償する信号処理方法が提供される。

【発明の効果】

【0013】

本発明によれば、偏波多重かつ多値変調された信号光を受信して復調する場合において、復調を行わなくても非線形補償の係数を設定できる。

【図面の簡単な説明】

【0014】

上述した目的、およびその他の目的、特徴および利点は、以下に述べる好適な実施の形態、およびそれに付随する以下の図面によってさらに明らかになる。

【0015】

【図1】第1の実施形態に係る光通信システムの構成を示す図である。

【図2】光受信装置の機能構成の一例を示す図である。

【図3】第2の実施形態に係る光受信装置の機能構成を示す図である。

【図4】歪補償部の機能構成を説明する図である。

【図5】非線形補償部の機能構成の一例を示す図である。

【図6】タップ数算出部及び第2係数算出部による処理の詳細を説明するための図である。

【発明を実施するための形態】

【0016】

以下、本発明の実施の形態について、図面を用いて説明する。尚、すべての図面において、同様な構成要素には同様の符号を付し、適宜説明を省略する。

【0017】

(第1の実施形態)

図1は、第1の実施形態に係る光通信システムの構成を示す図である。本実施形態に係る光通信システムは、光送信装置10及び光受信装置20を備えている。光送信装置10及び光受信装置20は、伝送路30を介して互いに接続されている。伝送路30は、光ファイバなどを用いて構成されている。この光通信システムは、例えばQAM(Quadrature Amplitude Modulation)方式で通信を行うシステムである。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 1 8 】

光送信装置 1 0 ( 信号処理装置 ) は、送信すべき複数の信号を用いて光を変調することにより、偏波多重且つ多値変調された光信号を生成する。生成された光信号は、伝送路 3 0 を介して光受信装置 2 0 に送信される。光受信装置 2 0 は、受信した光信号を復調する。光信号は伝送路 3 0 を伝播する際、線形効果 ( 分散効果 ) と非線形効果を受ける。光受信装置 2 0 は、これらの効果を補償するための処理も行う。

## 【 0 0 1 9 】

図 2 は、光受信装置 2 0 の機能構成の一例を示す図である。光受信装置 2 0 は、電気信号生成部 2 0 0、線形補償部 3 0 1、非線形補償部 3 0 0、及び第 2 係数設定部 4 0 0 を備えている。電気信号生成部 2 0 0 は、伝送路 3 0 を介して受信した光信号に基づいて、電気信号を生成する。線形補償部 3 0 1 は、電気信号に対して、伝送路 3 0 において信号光に生じた分散を、第 1 フィルタ係数を用いて補償する処理を行う。第 2 係数設定部 4 0 0 は、伝送路 3 0 において信号光に生じた非線形効果を補償するための第 2 フィルタ係数を、伝送路 3 0 で生じた分散の大きさをを用いて定める。非線形補償部 3 0 0 は、第 2 係数設定部 4 0 0 が定めた第 2 フィルタ係数を用いて、電気信号に対して非線形効果を補償する処理を行う。

## 【 0 0 2 0 】

光信号はパルス信号である。そして伝送路 3 0 を伝送している間に光信号が受ける非線形効果は、時間軸上においてあるパルスが自分自身とその隣に位置するパルスの影響を受けることにより、生じる。このため、パルスの幅の広がりによって、そのパルスが受ける非線形効果が定まる。一方、パルスの幅の広がり、光信号の分散の大きさを定まる。従って、第 2 フィルタ係数を、伝送路 3 0 で生じた分散の大きさをを用いて定めると、高い精度で非線形効果を補償することができる。このため、復調を行わなくても非線形補償の係数を設定できる。

## 【 0 0 2 1 】

伝送路 3 0 で生じる分散の大きさは、光通信システム及び伝送路 3 0 の構成が定めれば、ほぼ一意に定まる。従って、本実施形態によれば、光送信装置 1 0 及び光受信装置 2 0 を設置した上で、伝送路 3 0 で生じる分散の大きさを測定すると、第 2 フィルタ係数を定めることができる。

## 【 0 0 2 2 】

( 第 2 の実施形態 )

本実施形態に係る光通信システムは、光受信装置 2 0 の構成を除いて、第 1 の実施形態に係る光通信システムと同様の構成である。

## 【 0 0 2 3 】

図 3 は、光受信装置 2 0 の機能構成を示す図である。光受信装置 2 0 は、局所光源 ( L O ) 2 1 0、光 9 0 ° ハイブリッド 2 2 0 ( 干渉部 )、光電 ( O / E ) 変換部 2 3 0、A D ( アナログ・デジタル ) 変換部 ( A D C ) 2 4 0、および信号処理部 1 0 0 を備えている。信号処理部 1 0 0 は、一つの半導体装置で構成されている。

## 【 0 0 2 4 】

光 9 0 ° ハイブリッド 2 2 0 は、信号光と、局所光源 2 1 0 からの局所光が入力される。光 9 0 ° ハイブリッド 2 2 0 は、光信号と局所光とを位相差 0 で干渉させて第 1 光信号 (  $I_x$  ) を生成し、光信号と局所光とを位相差  $\pi/2$  で干渉させて第 2 光信号 (  $Q_x$  ) を生成する。また光 9 0 ° ハイブリッド 2 2 0 は、光信号と局所光とを位相差 0 で干渉させて第 3 光信号 (  $I_y$  ) を生成し、光信号と局所光とを位相差  $\pi/2$  で干渉させて第 4 光信号 (  $Q_y$  ) を生成する。第 1 光信号及び第 2 光信号は、一組の信号を形成し、また第 3 光信号及び第 4 光信号も、一組の信号を形成する。

## 【 0 0 2 5 】

光電変換部 2 3 0 は、光 9 0 ° ハイブリッド 2 2 0 が生成した 4 つの光信号 ( 出力光 ) を光電変換して、4 つのアナログ信号を生成する。

## 【 0 0 2 6 】

10

20

30

40

50

A D変換部 240 は、光電変換部 230 が生成した 4 つのアナログ信号を、それぞれデジタル信号に変換する（量子化）。

【0027】

信号処理部 100 は、A D変換部 240 が生成した 4 つのデジタル信号を処理することにより、光信号を復調した復調信号を生成する。具体的には、信号処理部 100 は、偏波信号生成部 110、歪補償部 102、偏波分離部 104、及び復調部 106 を備えている。

【0028】

偏波信号生成部 110 は、加算部 112, 114 を備えている。加算部 112 は、第 1 光信号 ( $I_x$ ) から生成されたデジタル信号と第 2 光信号 ( $Q_x$ ) から生成されたデジタル信号とを加算処理することにより、第 1 の偏波信号 ( $E_x$ ) を生成する。加算部 114 は、第 3 光信号 ( $I_y$ ) から生成されたデジタル信号と第 4 光信号 ( $Q_y$ ) から生成されたデジタル信号とを加算処理することにより、第 2 の偏波信号 ( $E_y$ ) を生成する。具体的には、 $E_x$  及び  $E_y$  は、以下の式 (1), (2) に従っている。

【0029】

【数 1】

$$E_x = I_x + jQ_x \cdots (1)$$

【数 2】

$$E_y = I_y + jQ_y \cdots (2)$$

【0030】

歪補償部 102 は、光信号が伝送路 30 を伝播する際に受けた線形効果及び非線形効果を補償するための処理を行う。歪補償部 102 の詳細については、後述する。

【0031】

偏波分離部 104 は、偏波ごとにフィルタ演算を行う。復調部 106 は、光信号と局所光の間の周波数差および位相差を補償することにより、送信されてきた信号を復調する。

【0032】

図 4 は、歪補償部 102 の機能構成を説明する図である。歪補償部 102 は、線形補償部 301 及び非線形補償部 300 からなる処理ステージを少なくとも 1 段有している。なお、処理ステージの数が少ない場合（例えば 5 ステージ以下）、歪補償部 102 の最終段は、線形補償部 301（第 2 分散補償部）であるのが好ましい。ただし処理ステージの数が例えば 10 段以上の場合は、歪補償部 102 の最終段は線形補償部 301 でなくても良い。

【0033】

なお、歪補償部 102 の最終段が線形補償部 301 である場合及び非線形補償部 300 である場合のいずれであっても、歪補償部 102 が有する線形補償部 301 による分散補償量の和は、伝送路 30 において信号光が受ける分散量に等しい。

【0034】

線形補償部 301 は、光信号が伝送路 30 で受けた線形効果を補償する。線形補償部 301 は、例えば、F F T (Fast Fourier Transform) 部、フィルタ部、及び I F F T (Inverse Fast Fourier Transform) 部を備えている。F F T 部は入力された信号を F F T 演算する。フィルタ部は、光信号が伝送路中で受けた分散効果を補償するための第 1 フィルタ係数を用いて、信号をフィルタ演算する。I F F T 部は、フィルタ処理された信号を I F F T 演算する。

【0035】

非線形補償部 300 は、光信号が伝送路 30 で受けた非線形効果を、第 2 フィルタ係数

10

20

30

40

50

を用いて補償する。

【 0 0 3 6 】

また、歪補償部 1 0 2 は、第 1 係数設定部 4 2 0 及び第 2 係数設定部 4 0 0 を備えている。第 1 係数設定部 4 2 0 は、線形補償部 3 0 1 に第 1 フィルタ係数を設定する。第 1 フィルタ係数は、第 1 係数設定部 4 2 0 が、信号光が伝送路 3 0 で受ける分散を用いて算出しても良いし、外部から第 1 係数設定部 4 2 0 に直接入力されても良い。

【 0 0 3 7 】

第 2 係数設定部 4 0 0 は、タップ数算出部 4 0 2 及び第 2 係数算出部 4 0 4 を備えている。タップ数算出部 4 0 2 は、信号光が伝送路 3 0 で受ける分散を用いてタップ数を定める。第 2 係数算出部 4 0 4 は、予め定められた関数を等間隔でタップ数と同じ回数区切り、複数の前記区切りのそれぞれにおける関数の値を第 2 フィルタ係数とする。そして第 2 係数算出部 4 0 4 は、算出した第 2 フィルタ係数を非線形補償部 3 0 0 に設定する。第 2 係数設定部 4 0 0 による第 2 係数の設定処理の詳細については、後述する。

【 0 0 3 8 】

なお、信号光が伝送路 3 0 で受ける分散は、分散設定部 5 0 0 から入力される。

【 0 0 3 9 】

図 5 は、非線形補償部 3 0 0 の機能構成の一例を示す図である。本図に示す例において、非線形補償部 3 0 0 は、Filtered Back Propagation に従った補償処理を行う。ただし、非線形補償部 3 0 0 は他の方式に従った処理に従った処理を行っても良い。

【 0 0 4 0 】

非線形補償部 3 0 0 は、強度算出部 3 0 2 , 3 0 4 、加算部 3 0 5 、フィルタ部 3 0 6 、位相変調部 3 0 8 、遅延部 3 1 0 , 3 1 4 、及び乗算部 3 1 2 , 3 1 6 を備えている。強度算出部 3 0 2 は、偏波信号  $E_x$  の強度を算出し、この強度に基づいた位相回転量を算出する。強度算出部 3 0 4 は偏波信号  $E_y$  の強度を算出し、この強度に基づいた位相回転量を算出する。加算部 3 0 5 は、強度算出部 3 0 2 が算出した位相回転量と強度算出部 3 0 4 が算出した位相回転量を加算する。フィルタ部 3 0 6 は、加算部 3 0 5 が出力した位相回転量に、時間平均するための係数（上記した第 2 フィルタ係数： $h(n)$ ）を乗ずる。位相変調部 3 0 8 は、フィルタ部 3 0 6 によって処理された後の位相回転量を用いることにより、位相回転を補償するための係数を算出する。そしてこの係数は、乗算部 3 1 2 によって、遅延部 3 1 0 によって遅延された後の偏波信号  $E_x$  に乗算され、かつ、乗算部 3 1 6 によって、遅延部 3 1 4 によって遅延された後の偏波信号  $E_y$  に乗算される。なお、遅延部 3 1 0 , 3 1 4 は、偏波信号  $E_x$  ,  $E_y$  を係数の算出タイミングに同期させるために設けられている。

【 0 0 4 1 】

なお、図 5 に示す非線形補償部 3 0 0 は、以下の式 ( 3 ) , ( 4 ) に従った処理を行う。

【 数 3 】

$$E'_x(k) = E_x(k) \exp \left[ -j \sum_{m=0}^{n-1} h(n) \gamma \left( |E_x(k-m)|^2 + |E_y(k-m)|^2 \right) \right] \dots (3)$$

【 数 4 】

$$E'_y(k) = E_y(k) \exp \left[ -j \sum_{m=0}^{n-1} h(n) \gamma \left( |E_x(k-m)|^2 + |E_y(k-m)|^2 \right) \right] \dots (4)$$

【 0 0 4 2 】

図 6 は、タップ数算出部 4 0 2 及び第 2 係数算出部 4 0 4 による処理の詳細を説明するための図である。

## 【0043】

第1の実施形態において説明したように、伝送路30を伝送している間に光信号が受ける非線形効果は、時間軸上においてあるパルスが自分自身とその隣に位置するパルスの影響を受けることにより、生じる。このため、パルスの幅の広がりによって、そのパルスが受ける非線形効果が定まる。従って、分散が大きいほど、パルス幅が広がり、非線形効果による位相回転量を算出するときを考慮すべき時間幅が大きくなる。

## 【0044】

一方、第2係数算出部404は、予め定められた関数を等間隔でタップ数と同じ回数区切り、複数の前記区切りのそれぞれにおける関数の値を第2フィルタ係数とする。

## 【0045】

そしてタップ数算出部402は、分散の大きさに比例係数を乗じることにより、タップ数を算出する。このようにすると、分散が大きくなるにつれてタップ数が大きくなり、その結果、第2係数算出部404で設定される時間幅が大きくなる。

## 【0046】

なお、この比例係数は、第2係数算出部404が用いる関数及び分散に基づいて、例えば光通信システムの管理者によって設定される。

## 【0047】

また本図に示す例において、第2係数算出部404が用いる関数は、中央に位置するタップにおいて最大値をとり、両端に位置するタップで最小値を取るよう定められている。本図に示す例では、中央に位置するタップと両端に位置するタップは直線で結ばれているが、曲線で結ばれていてもよい。

## 【0048】

また、第2係数算出部404が用いる関数は、最大値、最小値、及び最大値と最小値を結ぶ線の形状は固定されているが、最大値から最小値までのタップ数は固定されていない。そして、各タップに対応する第2フィルタ係数は、最大値と最小値を結ぶ線（すなわち関数）を、タップ数の半分の数で分割し、複数の区切りのそれぞれにおける関数の値として定められる。このため、タップ数算出部402によって算出されるタップ数が増えた場合、互いに隣り合うタップに対応する2つの第2フィルタ係数の差分は小さくなる。

## 【0049】

本実施形態によっても、復調を行わなくても、非線形補償で用いる第2フィルタ係数を設定することができる。

## 【0050】

以上、図面を参照して本発明の実施形態について述べたが、これらは本発明の例示であり、上記以外の様々な構成を採用することもできる。

## 【0051】

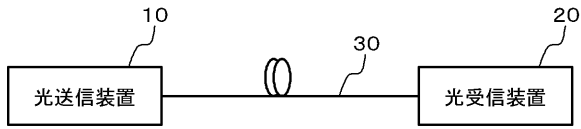
この出願は、2013年4月9日に出願された日本出願特願2013-081395を基礎とする優先権を主張し、その開示の全てをここに取り込む。

10

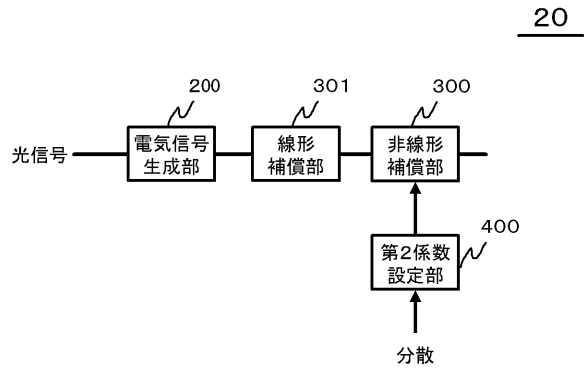
20

30

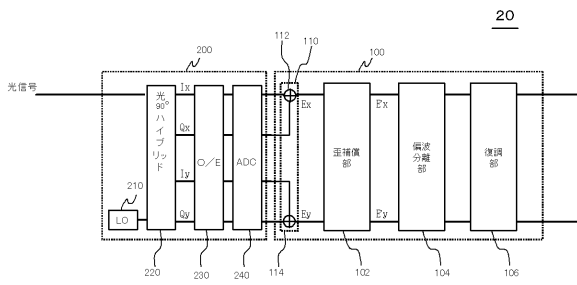
【図1】



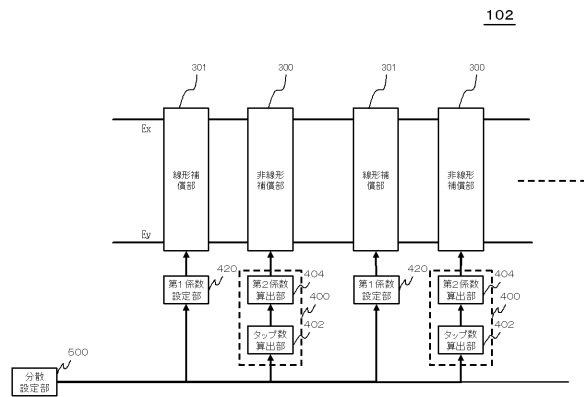
【図2】



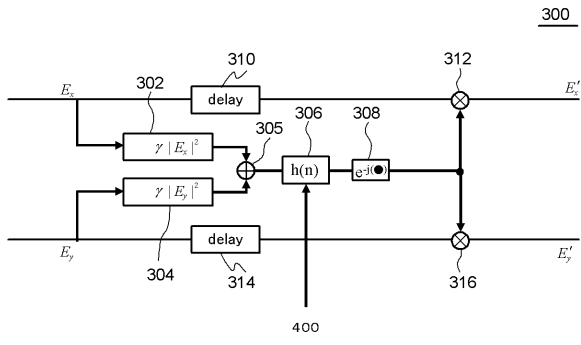
【図3】



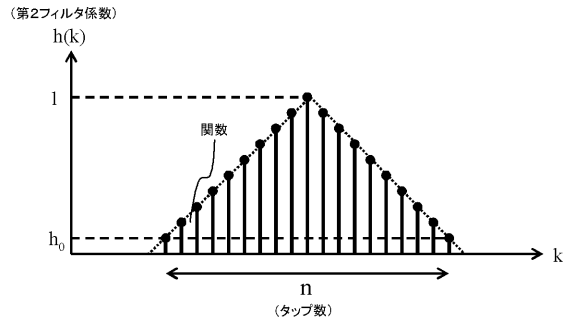
【図4】



【図5】



【図6】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2012-186807(JP,A)

特開2010-50578(JP,A)

国際公開第2012/111140(WO,A1)

特開2009-198364(JP,A)

Wakako Maeda, Daisaku Ogasahara, Jun'ichi Abe, Toshiharu Ito, Manabu Arikawa, Hidemi Noguchi, Kiyoshi Fukuchi, "Simple Optimization Method for Nonlinear Compensation by Filtered Backpropagation-based Equalization Utilizing Intra-stage Dispersion", 39th European Conference and Exhibition on Optical Communication(ECOC 2013), 2013年, p.1-3

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04B 10/00 - 10/90

H04J 14/00 - 14/08