

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4351508号
(P4351508)

(45) 発行日 平成21年10月28日(2009.10.28)

(24) 登録日 平成21年7月31日(2009.7.31)

(51) Int.Cl.	F I		
HO 4 L 25/497 (2006.01)	HO 4 L 25/497		
HO 4 B 10/02 (2006.01)	HO 4 B 9/00	M	
HO 4 B 10/18 (2006.01)	HO 4 B 9/00	L	
HO 4 B 10/04 (2006.01)	HO 4 B 9/00	B	
HO 4 B 10/06 (2006.01)			

請求項の数 10 (全 8 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2003-328142 (P2003-328142)	(73) 特許権者	500587067
(22) 出願日	平成15年9月19日 (2003.9.19)		アギア システムズ インコーポレーテッド
(65) 公開番号	特開2004-266804 (P2004-266804A)		アメリカ合衆国, 18109 ペンシルヴァニア, アレントアウン, アメリカン パークウェイ エヌイー 1110
(43) 公開日	平成16年9月24日 (2004.9.24)	(74) 代理人	100064447
審査請求日	平成18年1月20日 (2006.1.20)		弁理士 岡部 正夫
(31) 優先権主張番号	10/378096	(74) 代理人	100085176
(32) 優先日	平成15年2月28日 (2003.2.28)		弁理士 加藤 伸晃
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100106703
			弁理士 産形 和央
		(74) 代理人	100096943
			弁理士 臼井 伸一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 パルス振幅変調技法を使用する光伝送システム用のデュオバイナリ・パルス整形

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

情報を送信する方法であって、
 複数の入力ビットをNレベル信号に変換するステップと、
 現行のNレベル信号を先行のNレベル信号に追加して、2N-1レベル信号を生成するステップであって、受信器で二乗演算を実施した後受信された信号がモジュロN演算として表わされるように、前記2N-1レベル信号は前記2N-1レベルの並べ換えられたセットを使用して対応する電圧値にマッピングされる生成するステップと、

前記受信器に送信するために、前記2N-1レベル信号を光信号に変換するステップを含む方法。

【請求項 2】

前記複数の入力ビットをNレベル信号に変換するステップが、現行複数の入力ビットを先行複数の出力ビットに追加して、前記Nレベル信号を生成するステップをさらに含む、請求項1に記載の方法。

【請求項 3】

前記追加ステップが、以下のように、
 それぞれ(0, 1, 2, 3, 6, 5, 4) (-3V, -2V, -V, 0, V, 2V, 3V)のように、7レベル値を対応する電圧値にマッピングするステップをさらに含む、請求項1に記載の方法。

【請求項 4】

情報を受信する方法であって、

複数のビットを符号化するために、パルス振幅変調技法とデュオバイナリ符号化技法を使用して符号化された光信号を受信するステップと、

前記受信された光信号のパワー・レベルを検出するステップと、

前記検出されたパワー・レベルを複数のビットにマッピングするステップであって、二乗演算を実施した後前記受信された信号がモジュロ N 演算として表わされるように、 $2N - 1$ レベル信号は前記 $2N - 1$ レベルの並べ換えられたセットを使用して対応する電圧値にマッピングされるマッピングするステップとを含む方法。

【請求項 5】

光信号に関する二乗演算を使用して、前記光信号を電気信号に変換するステップをさらに含む、請求項 4 に記載の方法。

10

【請求項 6】

情報を送信するシステムであって、

複数の入力ビットを N レベル信号に変換するプリコーダと、

現行の N レベル信号を先行の N レベル信号に追加して、 $2N - 1$ レベル信号を生成する加算器であって、受信器で二乗演算を実施した後受信された信号がモジュロ N 演算として表わされるように、前記 $2N - 1$ レベル信号は前記 $2N - 1$ レベルの並べ換えられたセットを使用して対応する電圧値にマッピングされる加算器と、

前記受信器に伝送するために、前記の $2N - 1$ レベル信号を光信号に変換するデジタル・アナログ変換器とを備えるシステム。

20

【請求項 7】

前記プリコーダが、現行複数の入力ビットを先行複数の出力ビットに追加して、前記 N レベル信号を生成する加算器を備える、請求項 6 に記載のシステム。

【請求項 8】

情報を受信するシステムであって、

複数のビットを符号化するために、パルス振幅変調技法とデュオバイナリ符号化技法を使用して符号化された光信号を受信するための入力ポートと、

前記受信された光信号のパワー・レベルを検出するパワー検出器と、

前記検出されたパワー・レベルを複数のビットにマッピングするスライサであって、二乗演算を実施した後前記受信された信号がモジュロ N 演算として表わされるように、 $2N - 1$ レベル信号は前記 $2N - 1$ レベルの並べ換えられたセットを使用して対応する電圧値にマッピングされるスライサとを備えるシステム。

30

【請求項 9】

前記パワー検出器が、前記光信号を電気信号に変換する、請求項 8 に記載のシステム。

【請求項 10】

前記光電気変換が、光信号に関する二乗演算を実施する、請求項 9 に記載のシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、一般に、光通信システムに関し、より具体的には、デュオバイナリ多重レベル・パルス振幅変調技法を使用する光通信システムに関する。

40

【背景技術】

【0002】

本出願は、2002年9月23日出願された米国仮出願第60/412,870号の利益を主張する。

【0003】

デジタル通信技術の爆発的な成長により、データ、音声、および/またはビデオの情報などのデジタル情報を伝達するための帯域幅に対する需要がさらに増大した。帯域幅に対する需要の増大と歩調を合わせるために、増大するデータ転送速度において有効に機能する新しいまたは改良されたネットワーク構成要素および技術を絶えず開発しなければなら

50

ない。しかし、光通信システムでは、改良された光学構成要素を配備するコストは、そのようなより高いデータ転送速度では法外に高くなる。たとえば、40 Gbpsの光通信システムを配備するコストは、既存の10 Gbps光通信システムのコストの10倍を超えると推定される。一方、達成可能なスループットは、4倍にしか増大しない。

【0004】

したがって、光通信の分野における研究の多くは、既存の光技術からより高いスループットを獲得することを試みた。従来の光伝送システムでは、分散補償は、通常、高価な光補償装置を必要とする。分散補償モジュール(DCM)の必要性を軽減するために、デュオバイナリ・パルス整形技法が光チャネルについて考慮された。デュオバイナリ・パルス整形技法は、2進データ信号を3レベル信号にマッピングすることによって、必要な信号帯域幅を2分の1に低減した。

10

【0005】

通常、デュオバイナリ変調フォーマットは、2つの信号レベル(+1および-1)を使用して1の2進値を表し、1つの信号レベル(0)を使用して2進値のゼロを表す。分散感度を最小限に抑え、かつ高密度波長分割多重化技術を可能にするために、従来の非ゼロ復帰(NRZ)2進信号と比較して、狭いスペクトル幅のデュオバイナリ信号が開発された。標準的な非ゼロ復帰(MRZ)信号とは対照的に、デュオバイナリ電気信号で光信号を変調することにより、光スペクトルが2分の1に低減されることが観測されている。

【特許文献1】米国仮出願第60/412,870号

【非特許文献1】Kazushige YonenagaおよびShigeru Kuwano、「Dispersion-Tolerant Optical Transmission System Using Duobinary Transmitter and Binary Receiver」J. of Lightwave Technology、vol.15、No.8、1530~1537頁(1997年8月)

20

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

スペクトル効率をさらに改善するために、デュオバイナリ・パルス整形技法を使用する光通信システムが必要である。利点の中でも、スペクトル効率の改善により、分散に対するより広範な許容性と、包括的かつ利用可能な光技術の使用とが可能になる。たとえば、スペクトル効率を4倍に改善することにより、既存の10 Gbps光通信システムを使用して、40 Gbps光通信システムが提供される。

30

【課題を解決するための手段】

【0007】

全般的に、パルス振幅変調(PAM)技法を使用してスペクトル効率をさらに改善する、デュオバイナリ光通信システムを開示する。開示するPAMデュオバイナリ光送信器は、PAM技法を使用して、複数の入力ビットをNレベル信号に変換し、現行Nレベル信号を先行Nレベル信号に追加して2N-1レベル信号を生成し、受信器に送信するために2N-1レベル信号を光信号に変換する。複数の入力ビットは、現行複数の入力ビットを先行複数の出力ビットに追加することによって、Nレベル信号に変換することができる。

40

【0008】

同様に、開示するPAMデュオバイナリ光受信器は、受信光信号(複数のビットを符号化するために、パルス振幅変調技法とデュオバイナリ符号化技法を使用して符号化されている)のパワー・レベルを検出し、検出したパワー・レベルを複数のビットにマッピングして、送信情報に戻す。受信光信号のパワー・レベルを検出することにより、光信号を電気信号に変換することもできる。二乗演算を実施して、光信号を電気信号に変換することができる。二乗演算により、受信した2N-1レベル信号はNレベル信号に自動的に変換される。

【0009】

一例示的な実施態様では、PAM-4変調技法をデュオバイナリ・パルス整形技法と組

50

み合わせて、光信号の帯域幅を低減することによって、スペクトル効率を全体で4倍に改善する。この方式では、同じ帯域幅の範囲内において、たとえば、2.5 Gbps光通信システムを改良して、10 Gbps光通信システムを提供することができ、また10 Gbps光通信システムを改良して、40 Gbps光信号システムを提供することができる。

本発明のより完全な理解と、ならびに本発明の他の特徴および利点とは、以下の詳細な記述および図面を参照することによって獲得されるであろう。

【発明を実施するための最良の形態】

【0010】

図1は、3つのレベルを使用して各ビットを符号化する例示的な従来のデュオバイナリ光通信システム100の概略的なブロック図である。図1に示すように、入力ビットは、排他的論理和(XOR)ゲート110の一端子に加えられ、先行ビットは、XORゲート110の第2端子に加えられる。先行ビットは、遅延要素150を含んでいるフィードバック・ループによって獲得される。XORゲート110および遅延要素150は、プリコーダ115を備え、このプリコーダは、先行出力ビットを現行入力ビットに追加することによって、相関を送信信号に導入する。したがって、プリコーダ115は、 $1/(1+D)$ { mod 2 } 演算を実施すると言われる。Dは、1つのビット間隔によってビットのシーケンスを遅延させる遅延演算である。

10

【0011】

プリコーダ115の出力は、2レベル値(0または1)であり、この値は、エンコーダ120に加えられ、このエンコーダは、2レベル値を3レベル値にマッピングする。具体的には、所与のビット間隔において、エンコーダ120は、以下の表に従って、先行および現行のビット・レベルを共に追加して、3レベル値(0, 1, 2)を生成する。

20

【0012】

【表1】

先行ビット	現行ビット	3レベル値
1	1	2
1	0	1
0	1	1
0	0	0

30

【0013】

エンコーダ120によって生成された3レベル値は、マッハ・ツェンダー変調器130に加えられる。このマッハ・ツェンダー変調器は、既知の方式で、3レベル(0, 1, 2)のそれぞれを対応する電圧レベル(-V, 0, +V)にマッピングする。次いで、生成された電圧レベルは、光信号(-e, 0, +e)に変換されて、光ファイバ135に加え

40

【0014】

図1に示すように、受信器は、受信光信号を復号するパワー検出器140を含む。通常、パワー検出器140は、受信信号に関する二乗演算を実施することによって、光電気変換を実施する。受信信号は、3つの光学値(-e, 0, +e)の1つを有することができるので、二乗演算により、信号は+e²または0に戻る。その後、パワー検出器140によって生成された2つのレベルは、対応する1ビット2進値にマッピングされる。この方式では、受信器におけるMod 2演算は、マッピング表を進行することによって、および光領域から電気領域に自動的に獲得される(強度を測定するとき、-Vは+Vと等価である)。したがって、デュオバイナリ光通信システム100の出力におけるビットは、入力

50

ビットに等しい。

【0015】

デュオバイナリ光通信システム100は、光スペクトルの帯域幅を2分の1に低減し、したがって、分散が存在する場合の性能を向上させる。デュオバイナリ光通信システム100の全体的な変換関数は、以下のように表される。

$$1 / (1 + D) \times (1 + D) \{ \text{mod } 2 \} = 1 \{ \text{mod } 2 \}$$

【0016】

適切な従来のデュオバイナリ光通信システム100のより詳細な議論については、たとえば、参照によって本明細書に組み込まれている、Kazushige YonenagaおよびShigeru Kuwano、「Dispersion-Tolerant Optical Transmission System Using Duobinary Transmitter and Binary Receiver」J. of Lightwave Technology、vol. 15、No. 8、1530~1537頁(1997年8月)を参照されたい。

10

【0017】

本発明の一態様によれば、デュオバイナリ・パルス整形技法は、パルス振幅変調(PAM)技法と併用される。したがって、本発明は、デュオバイナリ・パルス整形技法を使用して獲得されるスペクトル効率の改善を、PAM変調を利用することによってさらに改善することができることを認識する。一例示的な実施態様では、PAM-4変調技法をデュオバイナリ・パルス整形技法と組み合わせて、光信号の帯域幅を低減することによって、スペクトル効率を全体で4倍に改善する。この方式では、たとえば、同じ帯域幅の範囲内において、2.5 Gbps光通信システムを改良して、10 Gbps光通信システムを提供することができ、また10 Gbps光通信システムを改良して、40 Gbps光通信システムを提供することができる。

20

【0018】

図2は、本発明の特徴を組み込んでいる例示的なPAM-4デュオバイナリ光通信システム200の概略的なブロック図である。図2に示すように、例示的なPAM-4実施態様では、4つのレベルを備える2つの入力ビットは、モジュロ4加算器210の一端子に加えられ、先行する4レベル値は、加算器210の第2端子に加えられる。先行4レベル値は、遅延要素250を含んでいるフィードバック・ループによって獲得される。加算器210および遅延要素250は、プリコーダ215を備え、このプリコーダは、先行4レベル出力値を現行4レベル入力値に追加することによって、相関を送信信号に導入する。したがって、プリコーダ215は、 $1 / (1 + D) \{ \text{mod } 4 \}$ 演算を実施すると言われ、出力は、4レベル値である。

30

【0019】

プリコーダ215の4レベル出力は、エンコーダ220に加えられ、このエンコーダは、4つのレベルを7レベル値(0, 1, 2, 3, 4, 5, 6)にマッピングする。具体的には、所与のビット間隔において、エンコーダ220は、以下の表に従って、先行および現行の4レベル値を一緒に追加して、7レベル値を生成する。

【0020】

40

【表 2】

先行4レベル値	現行4レベル値	7レベル値
0	0	0
0	1	1
0	2	2
0	3	3
1	0	1
1	1	2
1	2	3
1	3	4
2	0	2
2	1	3
2	2	4
2	3	5
3	0	3
3	1	4
3	2	5
3	3	6

10

20

30

【0021】

エンコーダ 220 によって生成された 7 レベル値は、デジタル・アナログ変換器 (DAC) 225 に加えられ、この変換器は、7 レベル値を対応する電圧にマッピングする。たとえば、デジタル・アナログ変換器 225 は、以下の例示的なマッピングを使用することが考えられる。

【0022】

それぞれ (0, 1, 2, 3, 6, 5, 4) (-3V, -2V, -V, 0, V, 2V, 3V)

デジタル・アナログ変換器 225 による他のマッピングも可能であることに留意されたい。次いで、マッハ・ツェンダー変調器 230 が、7 電圧レベル (-3V, -2V, -V, 0, V, 2V, 3V) のそれぞれを対応する光信号 (-3e, -2e, -e, 0, e, 2e, 3e) にマッピングし、光信号は、光ファイバ 235 に加えられる。

40

【0023】

図 2 に示すように、受信器は、受信光信号を復号するパワー検出器 240 を含む。通常、パワー検出器 240 は、受信信号に関する二乗演算を実施することによって、光電気変換を実施する。受信信号は、7 つの光学値 (-3e, -2e, -e, 0, e, 2e, 3e) の 1 つを有することができるので、二乗演算により、信号は、+9e²、+4e²、+e²、または 0 に戻る。その後、スライサ 260 が、パワー検出器 240 によって生成された 4 つのレベルを対応する 2 ビット 2 進値にマッピングする。この方式では、受信器における Mod 4 演算は、スライサ 260 のマッピング表を進行することによって、および

50

光領域から電気領域に自動的に獲得される（強度を測定するとき、 $-V$ は $+V$ と等価である）。したがって、PAM-4デュオバイナリ光通信システム220の出力における2ビットは、入力ビットに等しい。

【0024】

PAM-4デュオバイナリ光通信システム200は、光スペクトルの帯域幅を4分の1に低減し、したがって、分散が存在する場合の性能を改善する。デュオバイナリ光通信システム200の全体的な変換関数は、以下のように表される。

$$1 / (1 + D) \times (1 + D) \{ \text{mod } 4 \} = 1 \{ \text{mod } 4 \}$$

【0025】

本明細書において示し、記述した実施形態および変形形態は、単に本発明の原理の例示であり、かつ、当業者によって、本発明の範囲および精神から逸脱せずに、様々な修正を実施することが可能であることを理解されたい。

10

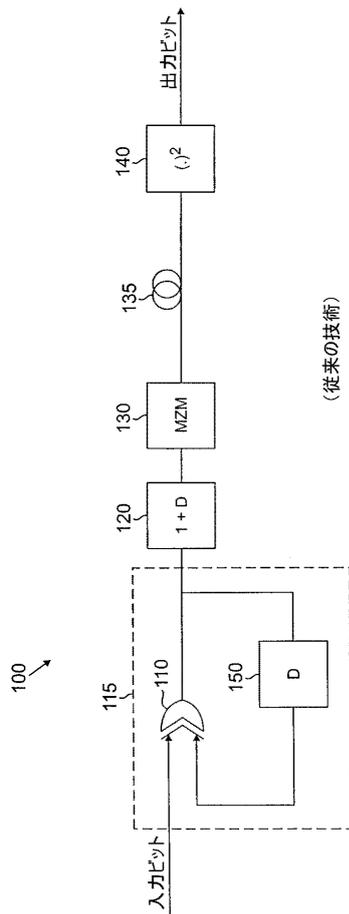
【図面の簡単な説明】

【0026】

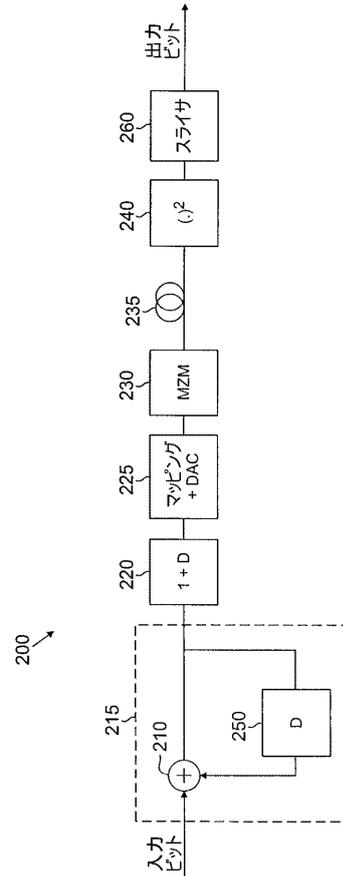
【図1】例示的な従来のデュオバイナリ光通信システムの概略的なブロック図である。

【図2】本発明の特徴を組み込んでいる例示的なPAM-4デュオバイナリ光通信システムの概略的なブロック図である。

【図1】



【図2】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. F I

H 0 4 B 10/142 (2006.01)

H 0 4 B 10/152 (2006.01)

H 0 4 B 10/00 (2006.01)

(74)代理人 100091889

弁理士 藤野 育男

(74)代理人 100101498

弁理士 越智 隆夫

(74)代理人 100096688

弁理士 本宮 照久

(74)代理人 100102808

弁理士 高梨 憲通

(74)代理人 100104352

弁理士 朝日 伸光

(74)代理人 100107401

弁理士 高橋 誠一郎

(74)代理人 100106183

弁理士 吉澤 弘司

(72)発明者 カメラン アザデット

アメリカ合衆国 0 7 7 5 1 ニュージャーシィ, モーガンヴィル, ヴェイル ドライヴ 6 2 2

(72)発明者 ファディ リヤド オリヴァー サイビ

アメリカ合衆国 0 7 7 0 1 ニュージャーシィ, レッド バンク, アレン プレイス 2 4

審査官 矢頭 尚之

(56)参考文献 特開平06-282943(JP,A)

特開平08-139681(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H 0 4 L 2 5 / 4 9 7

H 0 4 B 1 0 / 0 0

H 0 4 B 1 0 / 0 2

H 0 4 B 1 0 / 0 4

H 0 4 B 1 0 / 0 6

H 0 4 B 1 0 / 1 4 2

H 0 4 B 1 0 / 1 5 2

H 0 4 B 1 0 / 1 8