

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5771438号
(P5771438)

(45) 発行日 平成27年8月26日(2015.8.26)

(24) 登録日 平成27年7月3日(2015.7.3)

| (51) Int.Cl. | | | F I | | |
|--------------|--------|-----------|--------|-------|-------|
| HO 4 B | 10/112 | (2013.01) | HO 4 B | 9/00 | 1 1 2 |
| HO 4 B | 10/50 | (2013.01) | HO 4 B | 9/00 | 5 0 0 |
| HO 1 S | 3/00 | (2006.01) | HO 1 S | 3/00 | Z |
| HO 1 S | 3/067 | (2006.01) | HO 1 S | 3/067 | |

請求項の数 23 (全 17 頁)

| | | | |
|--------------|-------------------------------|-----------|----------------------|
| (21) 出願番号 | 特願2011-98771 (P2011-98771) | (73) 特許権者 | 512067159 |
| (22) 出願日 | 平成23年4月26日(2011.4.26) | | エクセリス インコーポレイテッド |
| (65) 公開番号 | 特開2011-239385 (P2011-239385A) | | アメリカ合衆国、バージニア州 2210 |
| (43) 公開日 | 平成23年11月24日(2011.11.24) | | 2、マククリーン、スイート 1700、1 |
| 審査請求日 | 平成26年3月3日(2014.3.3) | | 650 タイソンス ブールバード |
| (31) 優先権主張番号 | 12/775, 922 | (74) 代理人 | 100078282 |
| (32) 優先日 | 平成22年5月7日(2010.5.7) | | 弁理士 山本 秀策 |
| (33) 優先権主張国 | 米国 (US) | (74) 代理人 | 100062409 |
| | | | 弁理士 安村 高明 |
| | | (74) 代理人 | 100113413 |
| | | | 弁理士 森下 夏樹 |
| | | (72) 発明者 | ジェイムズ エー. カニンガム |
| | | | アメリカ合衆国 オハイオ 45419, |
| | | | デイトン, ピーチ オーチャード ア |
| | | | ベニュー 114 |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 インタリーブ光信号の増幅

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

自由空間光通信のためのデータ信号およびビーコン信号を生成する方法であって、該方法は、

第1の光波長を有するデータ信号を生成することであって、該データ信号が、データをエンコードするために第1の変調速度で変調される、ことと、

第2の光波長を有するビーコン信号を生成することであって、該ビーコン信号が、該データ信号の反転バージョンを含む、ことと、

該ビーコン信号に起因するパワーが、該データ信号に起因するパワーとインタリーブされ、実質的に時間的にオーバーラップしない結合信号を生成するために、該データ信号および該ビーコン信号を光学的に結合させることと、

該結合信号を増幅することと、

該データ信号および該ビーコン信号を自由空間に伝送することと

を含む、方法。

【請求項 2】

前記ビーコン信号は、前記第1の変調速度より遅い第2の変調速度でさらに変調される、請求項1に記載の方法。

【請求項 3】

前記第1の変調は、少なくとも1メガヘルツの速度でのオン/オフキーイング(OOK)変調であり、前記第2の変調は、1メガヘルツより遅い速度でのOOK変調である、請

求項 2 に記載の方法。

【請求項 4】

前記第 2 の変調は、約 50% のデューティサイクルを有する、請求項 2 に記載の方法。

【請求項 5】

前記結合信号は、エルビウムドープングファイバー増幅器 (EDFA) によって増幅される、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 6】

前記ビーコン信号を生成することは、
電氣的形式の前記データ信号をビーコン信号パスに供給することと、
該ビーコン信号パス上で該データ信号を反転することと、
前記第 1 の変調速度より遅い第 2 の変調速度で該ビーコン信号パス上の該データ信号を変調することと、

前記第 2 の光波長で該ビーコン信号パス上の該データ信号を光信号に変換することであって、該ビーコン信号パスに沿った該データ信号の反転、変調、および変換が、該第 2 の光波長で該ビーコン信号を生成する、ことと

を含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 7】

光信号へ前記データ信号の変換は、該データ信号の前記反転および前記ビーコン信号パス上の該データ信号の前記変調のうちの少なくとも 1 つの下流で行われる、請求項 6 に記載の方法。

【請求項 8】

光信号へ前記データ信号の変換は、該データ信号の前記反転および前記ビーコン信号パス上の該データ信号の前記変調のうちの少なくとも 1 つの上流で行われる、請求項 6 に記載の方法。

【請求項 9】

前記データ信号の前記反転は、光信号へ該データ信号の前記変換の下流で行われる、請求項 6 に記載の方法。

【請求項 10】

前記データ信号を生成することは、
電氣的形式の該データ信号をデータ信号パスに供給することと、
前記第 1 の光波長で該データ信号パス上の該データ信号を、該データ信号に変換することと

を含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 11】

第 1 および第 2 の光信号を生成する方法であって、該方法は、
第 1 および第 2 の信号パスに共通信号を供給することであって、該共通信号が、情報をエンコードするために第 1 の変調速度で変調される、ことと、
該第 1 の信号パス上の該共通信号から、第 1 の光波長を有する第 1 の光信号を生成することと、

該第 2 の信号パス上の該共通信号から、第 2 の光波長を有する第 2 の光信号を生成することであって、該第 2 の光信号が、該共通信号の反転バージョンを含み、該第 1 の変調速度より遅い第 2 の変調速度でさらに変調される、ことと、

該第 1 の光信号に起因するパワーが、該第 2 の光信号に起因するパワーとインターリーブされ、および本質的に時間的にオーバーラップしない結合信号を生成するために、該第 1 および該第 2 の光信号を光学的に結合させることと、

該結合信号を増幅することと、

該第 1 および該第 2 の光信号の伝送のための伝送光学素子に該結合信号を供給することと

を含む、方法。

【請求項 12】

10

20

30

40

50

自由空間光通信のためのデータ信号およびビーコン信号を生成するための装置であって、該装置は、

第1の光波長を有するデータ信号を生成するように構成されるデータ信号生成器であって、該データ信号が、データをエンコードするために第1の変調速度で変調される、データ信号生成器と、

第2の光波長を有するビーコン信号を生成するように構成されるビーコン信号生成器であって、該ビーコン信号が該データ信号の反転バージョンを含む、ビーコン信号生成器と、

該ビーコン信号に起因するパワーが、該データ信号に起因するパワーとインタリーブされ、および本質的に時間的にオーバーラップしない結合信号を生成するために、該データ信号および該ビーコン信号を光学的に結合するように構成される光結合器と、

該結合信号を増幅するように構成されるファイバー増幅器と、

該データ信号および該ビーコン信号を自由空間に伝送するように構成される送信器光学素子と

を含む、装置。

【請求項13】

前記ビーコン信号生成器は、前記第1の変調速度より遅い第2の変調速度で前記ビーコン信号をさらに変調するように構成される、請求項12に記載の装置。

【請求項14】

前記第1の変調は、少なくとも1メガヘルツの速度でのオン/オフキーイング(OOK)変調であり、前記第2の変調は、1メガヘルツより遅い速度でのOOK変調である、請求項13に記載の装置。

【請求項15】

前記ビーコン信号生成器は、入力末端で電気的形式の前記データ信号を受信し、出力末端で前記光結合器に前記ビーコン信号を供給するように構成されるビーコン信号パスに沿って配列されるインバーター、変調器およびレーザーモジュールを含み、

該インバーターが、該ビーコン信号パス上の該データ信号を反転するように構成され、該変調器が、前記第2の変調速度で該ビーコン信号パス上の該データ信号を変調するように構成され、および

該レーザーモジュールが、前記第2の光波長で該ビーコン信号パス上の該データ信号を、光信号に変換するように構成される、請求項12に記載の装置。

【請求項16】

前記変調器は、前記データ信号にオン-オフの変調を適用するように構成されるスイッチを含む、請求項15に記載の装置。

【請求項17】

前記レーザーモジュールは、前記ビーコン信号パスに沿って、前記インバーターおよび前記変調器のうちの少なくとも1つの下流に配列される、請求項15に記載の装置。

【請求項18】

前記レーザーモジュールは、前記ビーコン信号パスに沿って、前記インバーターおよび前記変調器のうちの少なくとも1つの上流に配列される、請求項15に記載の装置。

【請求項19】

前記インバーターは、前記レーザーモジュールの下流に配列される、請求項15に記載の装置。

【請求項20】

前記データ信号生成器は、前記第1の光波長で電気的形式の前記データを前記データ信号に変換するように構成されるレーザーモジュールを含む、請求項12に記載の装置。

【請求項21】

前記レーザーモジュールは、調節可能なレーザーシードモジュールである、請求項20に記載の装置。

【請求項22】

10

20

30

40

50

前記ファイバー増幅器は、エルビウムドープングファイバー増幅器を含む、請求項 1 2 に記載の装置。

【請求項 2 3】

第 1 および第 2 の光信号を生成するための装置であって、該装置は、

第 1 および第 2 の信号パスに共通信号を供給するための手段であって、該共通信号が、情報をエンコードするために第 1 の変調速度で変調される、手段と、

該第 1 の信号パス上の該共通信号から、第 1 の光波長を有する第 1 の光信号を生成するための手段と、

該第 2 の信号パス上の該共通信号から、第 2 の光波長を有する第 2 の光信号を生成するための手段であって、該第 2 の光信号が、該共通信号の反転バージョンを含み、および該第 1 の変調速度より遅い第 2 の変調速度でさらに変調される、手段と、

該第 1 の光信号に起因するパワーが、該第 2 の光信号に起因するパワーとインタリーブされ、および本質的に時間的にオーバーラップしない結合信号を生成するために、該第 1 および該第 2 の光信号を光学的に結合させるための手段と、

該結合信号を増幅するための手段と、

該第 1 および該第 2 の光信号を伝送するための手段と

を含む、装置。

【発明の詳細な説明】

【背景技術】

【0001】

(背景)

自由空間光通信システムは、長距離にわたって非常に高いデータ転送速度でデータが伝送できる。捕捉スキームと、正確なビーム指向および追跡の能力は、移動するプラットフォーム（例えば、飛行中、宇宙および地面の乗り物）と通信するのに必要とされる。特に、飛行機の動きが速くて予測不可能であり得る飛行中のプラットフォームに対して、指向および追跡のスキームがデータレーザービームを指示するための正確なガイダンスを提供することは重要である。

【0002】

相対的な位置が変わり得る 2 つの光通信端末のシナリオを考えると、2 つの端末は、双方向通信でかかっている（例えば、1 つか両方かの端末がモバイルである）。各端末において、もう 1 つの端末（すなわち、遠端の端末）の角度方向を決定するための 1 つのオプションは、遠端の端末から受信されたデータ信号（例えば、レーザービーム）の一部を分離し、および分離データ信号の到来角を決定することである。このアプローチは、多くの欠点を有する。受信された信号パワーは、2 つの検出器の間で分離されるべき、1 つが指向角を検出する用で、および 1 つがデータを受信する用である。角度位置の検出のための受信されたデータ信号の一部を使うことによって、受信されたデータ信号の残余部分のみは、データの受信に対して利用可能であり、それによって、受信器で信号パワーを減少し、およびシステムの最大動作範囲を減少する。加えて、信号の強さおよび動作範囲を最大化するために、データ信号のビーム幅を最小化することは望ましい。データ信号の制限された角度範囲を考慮すると、データ信号を用いて、遠隔端末の初期捕捉は難しい。同様に、いったん通信リンクが端末との間に確立されると、どちらの端末が、端末の相対的な角度方向が速く変わるとき、かなり速くビームの外に動き得るゆえに、端末にとって狭いデータ信号レーザービームを用いて互いに連続的に追跡することは難しいかもしれない。

【0003】

遠端の端末の角度方向を決定するためのもう 1 つのオプションは、データ信号とビーコン信号を別々に生成し、および共に伝送することである。標記信号は、捕捉および追跡に対してより適切であるより広いビーム幅を有し得る。しかし、2 つの別個の信号が生成される場合、システムのサイズ、重さおよびパワーは、典型的に 2 倍になる。加えて、2 つの信号は、高いパワーで一緒に結合されるべき、このことは、注意深いアラインメントを必要とする高価な光学素子を用いて、自由空間内で典型的に行われる。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

従って、単一信号システムに対してシステムのサイズ、重さ、およびパワーを著しく増加しなく、および信号パワーを減少しなくて、光通信システムのデータおよびビーコン信号のような2つの光信号が生成できるシステムに対してニーズが残る。

【課題を解決するための手段】

【0005】

(概要)

第1の光波長を有するデータ信号と第2の光波長を有するビーコン信号とを生成することを必然的に含む自由空間光通信に対して、データ信号およびビーコン信号を生成するための技術。データ信号は、第1の変調速度での変調を介したデータを用いてエンコードされる。ビーコン信号は、データ信号の反転バージョンであり、および第1の変調速度より遅い第2の変調速度でさらに変調され得る。データおよびビーコン信号は、ビーコン信号に起因するパワーが、データ信号に起因するパワーとインタリーブされ、および本質的に時間的にオーバーラップしない結合信号を生成するために、光学的に結合される。結合信号は、ファイバー増幅器によって増幅され、および結合信号は、自由空間にデータ信号およびビーコン信号を伝送するための送信器光学素子に供給される。

10

【0006】

本発明のインタリーブ技術は、データ信号およびビーコン信号が、エルビウムドープングファイバー増幅器のような単一の増幅器を用いて共に増幅されることを許可し、その一方で、両方の信号が、増幅器からの利用可能なパワー増幅のフル範囲までに増幅されることをなお許可する。捕捉および追跡のための明確なビーコン信号の生成のために、遠端の受信器でのデータ信号の検出のための利用可能な信号パワーの減少がないように、この目的のために遠端の受信器でのデータ信号の一部を使う必要がない。それでも、ビーコン信号は、光送信器システムのサイズ、重さ、パワーおよびコスト要求を本質的に増加しなくて生成される。より低い変調速度でのビーコン信号の変調は、例えば、オン-オフキーイングを用いて、遠端の受信器でのビーコン信号の検出を簡単にする。

20

【0007】

本発明の前記およびなおさらなる特徴および利点は、以下の本発明の具体的な実施形態の定義、記述および記述的な図を考慮して明白になり、さまざまな図の同様な参照数字が、同様な部品を指定するように利用される。これらの記述は本発明の具体的な詳細になるが、バリエーションが、存在し得、当業者にとって本明細書の記述に基づいて明白であることは理解されるべき。

30

【0008】

上記課題を解決するために、本発明は、例えば、以下を提供する。

(項目1)

自由空間光通信のためのデータ信号およびビーコン信号を生成する方法であって、該方法は、

第1の光波長を有するデータ信号を生成することであって、該データ信号が、データをエンコードするために第1の変調速度で変調される、ことと、

40

第2の光波長を有するビーコン信号を生成することであって、該ビーコン信号が、該データ信号の反転バージョンを含む、ことと、

該ビーコン信号に起因するパワーが、該データ信号に起因するパワーとインタリーブされ、実質的に時間的にオーバーラップしない結合信号を生成するために、該データ信号および該ビーコン信号を光学的に結合させることと、

該結合信号を増幅することと、

該データ信号および該ビーコン信号を自由空間に伝送することと

を含む、方法。

(項目2)

50

上記ビーコン信号は、上記第 1 の変調速度より遅い第 2 の変調速度でさらに変調される、上記項目に記載の方法。

(項目 3)

上記第 1 の変調は、少なくとも 1 メガヘルツの速度でのオン / オフキーイング (OOK) 変調であり、上記第 2 の変調は、1 メガヘルツより遅い速度での OOK 変調である、上記項目のいずれかに記載の方法。

(項目 4)

上記第 2 の変調は、約 50% のデューティサイクルを有する、上記項目のいずれかに記載の方法。

(項目 5)

上記結合信号は、エルビウムドープングファイバー増幅器 (EDFA) によって増幅される、上記項目のいずれかに記載の方法。

(項目 6)

上記ビーコン信号を生成することは、

電気的形式の上記データ信号をビーコン信号パスに供給することと、

該ビーコン信号パス上で該データ信号を反転することと、

上記第 1 の変調速度より遅い第 2 の変調速度で該ビーコン信号パス上の該データ信号を変調することと、

上記第 2 の光波長で該ビーコン信号パス上の該データ信号を光信号に変換することであって、該ビーコン信号パスに沿った該データ信号の反転、変調、および変換が、該第 2 の光波長で該ビーコン信号を生成する、ことと

を含む、上記項目のいずれかに記載の方法。

(項目 7)

光信号へ上記データ信号の変換は、該データ信号の上記反転および上記ビーコン信号パス上の該データ信号の上記変調のうちの少なくとも 1 つの下流で行われる、上記項目のいずれかに記載の方法。

(項目 8)

光信号へ上記データ信号の変換は、該データ信号の上記反転および上記ビーコン信号パス上の該データ信号の上記変調のうちの少なくとも 1 つの上流で行われる、上記項目のいずれかに記載の方法。

(項目 9)

上記データ信号の上記反転は、光信号へ該データ信号の上記変換の下流で行われる、上記項目のいずれかに記載の方法。

(項目 10)

上記データ信号を生成することは、

電気的形式の該データ信号をデータ信号パスに供給することと、

上記第 1 の光波長で該データ信号パス上の該データ信号を、該データ信号に変換することと

を含む、上記項目のいずれかに記載の方法。

(項目 11)

第 1 および第 2 の光信号を生成する方法であって、該方法は、

第 1 および第 2 の信号パスに共通信号を供給することであって、該共通信号が、情報をエンコードするために第 1 の変調速度で変調される、ことと、

該第 1 の信号パス上の該共通信号から、第 1 の光波長を有する第 1 の光信号を生成することと、

該第 2 の信号パス上の該共通信号から、第 2 の光波長を有する第 2 の光信号を生成することであって、該第 2 の光信号が、該共通信号の反転バージョンを含み、該第 1 の変調速度より遅い第 2 の変調速度でさらに変調される、ことと、

該第 1 の光信号に起因するパワーが、該第 2 の光信号に起因するパワーとインタリーブされ、および本質的に時間的にオーバーラップしない結合信号を生成するために、該第 1

10

20

30

40

50

および該第 2 の光信号を光学的に結合させることと、
 該結合信号を増幅することと、
 該第 1 および該第 2 の光信号の伝送のための伝送光学素子に該結合信号を供給すること
 と
 を含む、方法。

(項目 1 2)

自由空間光通信のためのデータ信号およびビーコン信号を生成するための装置であって、
 該装置は、

第 1 の光波長を有するデータ信号を生成するように構成されるデータ信号生成器であって、
 該データ信号が、データをエンコードするために第 1 の変調速度で変調される、データ
 信号生成器と、

10

第 2 の光波長を有するビーコン信号を生成するように構成されるビーコン信号生成器であって、
 該ビーコン信号が該データ信号の反転バージョンを含む、ビーコン信号生成器と、

該ビーコン信号に起因するパワーが、該データ信号に起因するパワーとインタリーブされ、
 および本質的に時間的にオーバーラップしない結合信号を生成するために、該データ
 信号および該ビーコン信号を光学的に結合するように構成される光結合器と、

該結合信号を増幅するように構成されるファイバー増幅器と、

該データ信号および該ビーコン信号を自由空間に伝送するように構成される送信器光学
 素子と

20

を含む、装置。

(項目 1 3)

上記ビーコン信号生成器は、上記第 1 の変調速度より遅い第 2 の変調速度で上記ビー
 コン信号をさらに変調するように構成される、上記項目のいずれかに記載の装置。

(項目 1 4)

上記第 1 の変調は、少なくとも 1 メガヘルツの速度でのオン/オフキーイング (OOK)
) 変調であり、上記第 2 の変調は、1 メガヘルツより遅い速度での OOK 変調である、上
 記項目のいずれかに記載の装置。

(項目 1 5)

上記ビーコン信号生成器は、入力末端で電気的形式の上記データ信号を受信し、出力末
 端で上記光結合器に上記ビーコン信号を供給するように構成されるビーコン信号パスに沿
 って配列されるインバーター、変調器およびレーザーモジュールを含み、

30

該インバーターが、該ビーコン信号パス上の該データ信号を反転するように構成され、
 該変調器が、上記第 2 の変調速度で該ビーコン信号パス上の該データ信号を変調するよ
 うに構成され、および

該レーザーモジュールが、上記第 2 の光波長で該ビーコン信号パス上の該データ信号を
 、光信号に変換するように構成される、上記項目のいずれかに記載の装置。

(項目 1 6)

上記変調器は、上記データ信号にオン - オフの変調を適用するように構成されるスイッ
 チを含む、上記項目のいずれかに記載の装置。

40

(項目 1 7)

上記レーザーモジュールは、上記ビーコン信号パスに沿って、上記インバーターおよび
 上記変調器のうちの少なくとも 1 つの下流に配列される、上記項目のいずれかに記載の装
 置。

(項目 1 8)

上記レーザーモジュールは、上記ビーコン信号パスに沿って、上記インバーターおよび
 上記変調器のうちの少なくとも 1 つの上流に配列される、上記項目のいずれかに記載の装
 置。

(項目 1 9)

上記インバーターは、上記レーザーモジュールの下流に配列される、上記項目のいずれ

50

かに記載の装置。

(項目 20)

上記データ信号生成器は、上記第1の光波長で電氣的形式の上記データを上記データ信号に変換するように構成されるレーザーモジュールを含む、上記項目のいずれかに記載の装置。

(項目 21)

上記レーザーモジュールは、調節可能なレーザーシードモジュールである、上記項目のいずれかに記載の装置。

(項目 22)

上記ファイバー増幅器は、エルビウムドープングファイバー増幅器を含む、上記項目のいずれかに記載の装置。

10

(項目 23)

第1および第2の光信号を生成するための装置であって、該装置は、

第1および第2の信号パスに共通信号を供給するための手段であって、該共通信号が、情報をエンコードするために第1の変調速度で変調される、手段と、

該第1の信号パス上の該共通信号から、第1の光波長を有する第1の光信号を生成するための手段と、

該第2の信号パス上の該共通信号から、第2の光波長を有する第2の光信号を生成するための手段であって、該第2の光信号が、該共通信号の反転バージョンを含み、および該第1の変調速度より遅い第2の変調速度でさらに変調される、手段と、

20

該第1の光信号に起因するパワーが、該第2の光信号に起因するパワーとインタリーブされ、および本質的に時間的にオーバーラップしない結合信号を生成するために、該第1および該第2の光信号を光学的に結合させるための手段と、

該結合信号を増幅するための手段と、

該第1および該第2の光信号を伝送するための手段と

を含む、装置。

【0009】

(摘要)

第1の光波長を有するデータ信号と第2の光波長を有するビーコン信号とを生成することを必然的に含む自由空間光通信に対して、データ信号およびビーコン信号を生成するための技術。データ信号は、第1の変調速度での変調を介したデータを用いてエンコードされる。ビーコン信号は、データ信号の反転バージョンであり、および第1の変調速度より遅い第2の変調速度でさらに変調され得る。データおよびビーコン信号は、ビーコン信号に起因するパワーが、データ信号に起因するパワーとインタリーブされ、および本質的に時間的にオーバーラップしない結合信号を生成するために、光学的に結合される。結合信号は、ファイバー増幅器によって増幅され、および結合信号は、自由空間にデータ信号およびビーコン信号を伝送するための送信器光学素子に供給される。

30

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】図1は、本発明のコンセプトを説明する例示の送信器システムのトップレベルのブロックダイヤグラムである。

40

【図2】図2は、図1に示される送信器システムのインプリメンテーションを説明するブロックダイヤグラムである。

【図3】図3は、本発明の実施形態に従って、送信器システムによって生成されるデータおよびビーコン信号の一部を示す信号タイミングダイヤグラムである。

【図4】図4は、インタリーブかつオーバーラップしない方式のデータおよびビーコン信号の結合を概念的に説明するダイヤグラムである。

【図5】図5は、本発明の実施形態に従って、信号およびビーコン信号を生成するのに行われる動作を説明する機能フローダイヤグラムである。

【図6】図6は、図1に示される送信器システムのインプリメンテーションを説明するブ

50

ロックダイヤグラムである。

【図7】図7は、図1に示される送信器システムのインプリメンテーションを説明するブロックダイヤグラムである。

【発明を実施するための形態】

【0011】

本明細書に記述されるのは、エルビウムドープングファイバー増幅器のような信号増幅器のみが、伝送の前にデータおよびビーコン信号を共に増幅する必要がある自由空間光通信に対して、データおよびビーコン信号を生成するための技術である。データ信号の形状を用いてビーコン信号を生成することによって、ビーコン信号のパワーは、データおよびビーコン信号が光学的に結合されるとき、データ信号のパワーとインタリーブされ、およびデータ信号のパワーと時間的にオーバーラップしない。2つの信号は、低いパワーで結合され得、次に共通の増幅器を用いて一緒に増幅され得る。この方式で、増幅器のフルピークパワーは、データ信号内に得られ得、およびビーコン信号は、データ信号に必要とされないときの間に、全ピークパワーしかし半分平均パワーのビーコン信号を生成するために増幅器を使うことが可能である。その結果、ビーコン信号は、データ信号に対して利用可能なパワーを減少しなく、および送信器のサイズ、重さおよびコストを著しく増加しなくて伝送され得る。

【0012】

図1は、本発明のコンセプトを説明する例示の送信器システム100のトップレベルのブロックダイヤグラムである。データ信号は、モデムのようなデータソース110によって供給される。データ信号は、遠端の端末に伝送されるべきデータを共にエンコードされる電気信号であり得る。例えば、データソース110は、第1の変調速度でオン・オフキーイング(OOK)を介して、データをデータ信号にエンコードし得る。OOK変調を用いて、データ信号は、第1のパワーレベルと、好ましくは、非常に低いまたはゼロパワーレベルである第2のパワーレベルとの間に連続して交互にし、結果としてフルパワーの間隔および本質的にパワーのない間隔を生じる。論理「0」は、間隔にわたるパワーが全くないことによって表され得、および論理「1」は、間隔にわたるパワーの存在によって表され得、またはその逆も同様である。任意的に、約50%のオン/オフデューティサイクル(すなわち、信号が約半分の時間でフルパワーおよび半分の時間でゼロパワーである)を確保するエンコードスキームは、使用され得る。速く情報を伝えるために、第1の変調速度は、少なくとも1メガヘルツ(MHz)であり得、およびよりいくつかの桁高い大きさであり得、1またはいくつかのギガヘルツ(GHz)を超えるかもしれない。

【0013】

データ信号は、センサーデータ、ナビゲーション信号、声/オーディオ信号、イメージ信号、ビデオ信号、プロセッサ上に働く応用に関連するデータ、コントロール信号、および(例えば、通信プロトコール、ハンドシェーキング、ルーティング、機器構成等に関連する)オーバーヘッドまたは通信プロトコール信号を含み、しかし制限しないほとんど任意タイプの情報およびデータを伝送するために使われ得る。特に、知能、監視、および調査のための情報を収集するセンサーは、大量のデータを生成し、および妥当な量の時間で情報を伝送するために光通信で使用される高いデータ転送速度から得をし得る。

【0014】

データ信号は、データ信号パス上の光データ信号生成器120と、データ信号パスと平行であるビーコン信号パス上の光ビーコン信号生成器130とに供給される。光データ信号生成器120は、第1の光波長 λ_1 でデータ信号を、光ファイバー上の出力として供給される光信号に変換する。出力光データ信号は、元のデータ信号に含まれる第1の変調速度でデータ変調を保存する。

【0015】

光ビーコン信号生成器130は、第1の光波長 λ_1 と異なる第2の光波長 λ_2 でデータ信号を光ビーコン信号に変換する。ビーコン信号は、データ信号の修正された反転バージョンである。特に、ビーコン信号は、データ信号のデータ変調を保存し、しかし、ビーコ

10

20

30

40

50

ン信号は、データ信号がパワーを有しない一定の時間間隔の間にパワーを有し、およびビーコン信号は、データ信号がパワーを有する時間間隔の間にパワーを有しない。さらに、光ビーコン信号生成器 130 は、後でより詳細に記述されるように、第 1 の変調速度より遅い第 2 の変調速度（例えば、少なくともより 1 桁遅い大きさおよびより数桁くらい遅い大きさ）でビーコン信号をさらに変調する。光ビーコン信号生成器 130 は、光ファイバー上の出力として、光ビーコン信号を供給する。従って、結果として生じるビーコン信号は、反転の形式にもかかわらず、第 1 の（データ）変調速度、およびデータ変調速度より遅い第 2 の（標識）変調速度で変調される。

【0016】

光結合器 140 は、それぞれに、光波長 λ_1 と λ_2 でのデータとビーコン信号を含むデータ信号生成器 120 と光ビーコン信号生成器 130 からの光ファイバーを受け取り、データおよびビーコン信号を共通の出力ファイバー上の結合信号に結合させる。データ信号に対してビーコン信号反転のために、結合信号内に、ビーコン信号に起因するパワーは、データ信号に起因するパワーとインタリーブされ、および本質的に時間的にオーバーラップしない。結合信号は、結合信号を増幅するファイバー増幅器 150 に供給される。この方式において、共通の増幅器は、どちらの信号のフル増幅を犠牲にしなくて、データ信号およびビーコン信号を共に増幅する。増幅された結合信号は、次に、データおよびビーコン信号を自由空間に伝送する送信器光学素子 160 に供給される。送信器光学素子 160 は、別々に信号を処理するために、それらの異なる波長を基づいて、データ信号とビーコン信号を区別し得る。例えば、データおよびビーコン信号は、異なるパスに指示され得、およびより大きなブーム分岐は、より広いビーム幅を生成するために、ビーコン信号に適用され得る。

【0017】

例として、データおよび標識レーザービームを伝送、かつ受信するのに使われる光波長は、遠隔通信 C および L バンドまたは約 1530 nm と 1600 nm との間の波長のようスペクトルの目に安全な範囲内（すなわち、約 1.4 マイクロメートルより長い波長）であり得る。これらの波長は、レーザートランシーバーに市販の光学部品が使われることを許可する。それでも、本発明は、光波長の任意の特定範囲に制限されない。従って、本明細書に使われるようおよび請求範囲内に、項目「光学」は、一般的に、可視光スペクトル、赤外線波長、および紫外線波長を含み、「光学」機器（例えば、光通信機器、送信器、受信器等）が典型的に動作する電磁気信号の波長範囲を指す。

【0018】

図 2 は、図 1 に示される送信器システム 100 の 1 つのインプリメンテーションを説明するブロックダイアグラムである。この例において、光データ信号生成器は、データ（例えば、イーサネット（登録商標）通信量）を供給するデバイスと光ファイバーとの間のインターフェースを提供する市販の小型形状因子プラグ着脱可能な（SFP）レーザーモジュールであり得る調節可能なレーザーシードモジュールのようなレーザーモジュール 205 を含む。この例において、レーザーモジュール 205 は、第 1 の光波長 λ_1 で電気的形式のデータ信号を光信号に変換する。

【0019】

光ビーコン信号生成器は、ビーコン信号パスに沿って配列されるインバーター 210、変調器 220、およびレーザーモジュール 230 を含む。インバーター 210 は、電気的形式のデータ信号を受信し、およびデータ信号の論理的な反対（すなわち、出力信号が、データ信号が論理「0」であるとき、論理「1」であり、および出力信号が、データ信号が論理「1」であるとき、論理「0」である）である電気出力信号を生成する。

【0020】

変調器 220 は、変調周波数が、後でより詳細に記述されるように、遠端で検出され得る方形波信号を生成するために比較的に低い周波数でビーコン信号オンおよびオフを変調することによってビーコン信号を「チョップする」スイッチであり得る。実質的に、スイッチは、ただしデータ変調速度より著しく遅い変調速度（例えば、少なくともより 1 桁遅

10

20

30

40

50

い大きさおよび数桁遅い大きさかもしれない)で、特定のOOK変調をビーコン信号に適用する。例として、ビーコン信号のオン/オフの変調速度(すなわち、前述の「秒」または標識変調速度)は、4~15kHzの領域にあり得、およびプログラム化可能であり得る。50%のオン/オフデューティサイクルは、バランスのとれた方形波を生成するために使われ得る。一般的に、本発明は、任意の特定チョップ周波数またはデューティサイクルに制限されなく、従って、典型的な範囲のそれらより高いまたはより低い周波数も使われ得る。しかし、データ変調速度は、ビーコン信号内にエンコードされて残るデータ変調が、検出不能または遠端の標識検出器によって「見られない」ように、標識変調速度より十分に高いであるべき。この例の状況において、標識変調速度は、データ変調速度と明白に区別可能であるように、約1MHz以下であるべき。

10

【0021】

反転かつ変調された(チョップされた)データ信号は、次に、ビーコン信号パスに沿って、光ビーコン信号を生成するために、第2の光波長 λ_2 で入力電気信号を光信号に変換するデータ信号パス上のレーザーモジュール205と類似であり得るレーザーモジュール230(例えば、調節可能なレーザーシードモジュールまたはSFPP)に供給される。

【0022】

図3は、比較するために、データおよびビーコン信号の代表的な一部分を上下に示すタイミングダイヤグラムである。データ信号は、第1の(データ)変調速度で変調され、および結果としてパワーが存在する第1の状態と、伝送されるデータ値に従って本質的にパワーが存在しない第2の状態とを交互にする信号を生じる一連の論理1および0を含む。図3の左側に示されるように、ビーコン信号の一部分は、ビーコン信号が、論理状態がデータ信号のそれと反対である反転データを含むのを除いて、データ信号と同じデータ変調を含み、その結果、ビーコン信号は、データ信号がパワーを含まない間隔の間にパワーを含み、およびビーコン信号は、データ信号がパワーを含む間隔の間にパワーを含まない。ビーコン信号のオン-オフの変調は、結果としてビーコン信号の一部分が論理0の状態(パワーがない)に残ることを生じる。ビーコン信号のこれらの一部分は、反転データ変調を含まない。ビーコン信号のこのオン-オフの変調速度が、データ変調より著しく遅い速度であることを留意する。

20

【0023】

再び図2を参照すると、光結合器は、データおよびビーコン信号をファイバーで結合させるファイバー結合器240を用いてインプリメントされ得る。結合信号において、信号パワーを含むデータ信号の部分(図4に左上向き斜めのクロスハッチングで示される)は、信号パワーを含むビーコン信号の部分(図4に右下向き斜めのクロスハッチングで示される)と、2つの信号パワーが本質的に時間的にオーバーラップしないようにインターリーブされる。2つの信号がそれらの異なる波長によってなお区別可能であることを留意する。加えて、オン-オフの変調のためにビーコン信号がオフに切り替えられる期間の間に、データ信号のみは、結合信号内に存在する。

30

【0024】

図2に示されるように、ファイバー増幅器は、出力が、ファイバーの末端での結合信号を受信し、および自由空間の平行ビームを送信器光学素子に供給するコリメータ260に供給され得る単一モードのエルビウムドープファイバー増幅器(EDFA)250を用いてインプリメントされ得る。データおよびビーコン信号の波長(λ_1 、 λ_2)は、EDFA250の増幅バンド内にあるように選択され得る。例えば、EDFAが5ワットのピークパワーを有する場合、同じ量の論理0と1を有する典型的なデータストリームは、2.5ワットの平均データパワーを有する。ビーコン信号の伝送のために論理0のスロットを使うことによって、ビーコン信号は、データ信号のパワーのいずれかを使わない。kHz-レベルの速度での50%の標識変調のデューティサイクルを仮定すると、ビーコン信号は、データ信号が論理0の状態である半分の期間の間に、EDFA250からの利用可能な「使い残し」パワーの2.5ワットを使うことによって、1.25ワットの平均パワーで生成され得る。結合信号内の2つの信号の各々が、EDFA250のピークパワー

40

50

設定で E D F A 2 5 0 から出力されることを留意する。

【 0 0 2 5 】

別個の標識波長は、受信されたデータ信号の一部を分離することおよび D C データ信号がデータ信号の上の小さい振幅、より低い周波数変調かを追跡することよりむしろ遠端の受信器での生じるビーコン信号のフル使用を許可する。

【 0 0 2 6 】

チョップされたビーコン信号は、多くの利点を有する。ユニークな標識チョップ周波数（第 2 の変調速度）は、光通信システム内の各端末に対して使われ得、その結果、チョップ周波数の検出は、ビーコン信号を送る端末を識別する。例えば、2 つの端末は、互いと光通信を確立し得、かつ追跡を保持し得、1 つの端末が 6 , 0 0 0 H z の標識チョップ周波数を使用し、およびもう 1 つの端末が 9 , 0 0 0 H z のチョップ周波数を使用する。

10

【 0 0 2 7 】

チョップされたビーコン信号のもう 1 つの利点は、標識チョップ周波数が、1 つのビーコン信号をもう 1 つと区別するために使われ得るゆえに、どの端末も同じ波長でビーコン信号を伝送かつ受信し得る。リンクにおいて 2 つのトランシーバーの各々に異なる標識変調周波数を割り当てることによって、標識変調は、出て行く伝送標識の反射から生じる可能な自己干渉を減少得る手段を提供する。さらに、このことは、標識レーザーモジュールまたは受信器のどちらも調節可能でまたは調整されることを必要としない（ビーコン信号がいつも調節なしに検出され得る）、および標識ハードウェアが全端末において同じであり得るゆえに、全部の標識のデザインおよびシステムの構成を大いに簡単にする。例えば、図 2 のインプリメンテーションにおいて、レーザーモジュール 2 3 0 は、調節可能であることを必要としない。デザインおよび動作の観点から、微分器のように異なる波長を使うのよりビーコン信号の間の区別を提供するためにビーコン信号のチョップ周波数を調整することが大いにより容易になるのは留意される。任意的に、もちろん、異なるチョップ周波数および異なる光波長は共に、必要の場合、ソース端末を区別するために使われ得る。

20

【 0 0 2 8 】

ビーコン信号をチョップすることのもう 1 つの利点は、方形波 A C 信号を生成するオン / オフの変調であり、A C 信号の周波数が、チョップ周波数である。その結果、チョップされた標識レーザー信号は、遠端の端末の位置センサー検出器 A C と結合され得る。位置センサー検出器と A C 結合することによって、D C バイアスを生成する連続的な信号は、検出プロセスに影響しない。従って、例えば、絶えずに光をさしている傾向がある背景の迷光、直接および間接の日光を含む太陽放射、および閃光のようなほしくない信号は、チョップされたビーコン信号と一緒に検出され、および A C 結合によって自動的に外にフィルタされる場合、単に D C 信号バイアスを引き起こす。標識を変調することはまた、高いゲインの信号チェーン内の A C 結合が、動作の増幅器および検出器の漏電から生じる多様の D C オフセットおよびオフセットドリフトの影響を受けないために、環境状況の広い範囲にわたって正確な測定を容易にする。受信されたビーコン信号のバンドパスフィルタリングはまた、ハム誘発の 5 0 - 4 0 0 H z のパワーラインまたは環境の他のノイズソースからの電磁気干渉の影響を減衰し得る。その結果、チョップされた標識レーザービームは、これらのタイプの干渉に対して追加の耐性を提供し、およびこのような干渉が存在するとき、光通信端末が遠端の端末の追跡を保持することを許可する。

30

40

【 0 0 2 9 】

さらに、レーザービームの到来角を決定する電流 A C - 結合された位置感知検出器は、最大数メガヘルツのみまで拡大する周波数バンド幅を有する。光通信において、データは、約ギカヘルツ、最大数百ギカヘルツまでの変調を用いて、レーザービーム上に変調され得る。この変調は、データ伝送のレーザービームを、ギカヘルツの変調周波数を検知するためのバンド幅を現在有しない A C - 結合された位置感知検出器に見えないようにする。その結果、（ M H z の速度でまたはより速い）ビーコン信号内に残るデータ変調は、周波数が高すぎて、このスキームにおいて遠端での標識検出器によって検出されない。代わり

50

に、遠端標識受信器のエレクトロニクスは、kHz周波数の変調のみを見える。

【0030】

前述の例は、遠端の受信器でのビーコン信号を検出するのにおいてこれらの利点を提供するために、データ変調速度より遅い第2の変調速度でビーコン信号を変調することを必然的に含む。しかし、本発明は、ビーコン信号のさらなる変調を必要とするスキームに制限されなく、およびビーコン信号は、(データ変調と異なる)さらなる変調なしに伝送され得、および他の検出スキームは、ビーコン信号を検出するための遠端の受信器で使われ得る。送信器光学素子は、ビーコン信号を用いて捕捉および追跡に補助するために、データ信号よりビーコン信号により大きなビーム分岐を適用し得る。

【0031】

図5は、図1に関連して前に記述されるように、光データおよびビーコン信号を生成するために行われた動作を要約する機能フローチャートである。動作510において、第1の光波長を有するデータ信号が生成され、データ信号が、データをエンコードするために、第1の(データ)変調速度で変調される。動作520において、第2の光波長を有するビーコン信号が生成される。ビーコン信号は、データ信号の反転バージョンであり、および任意的に、第1の変調速度より遅い第2の(標識)変調速度でさらに変調される。データおよびビーコン信号は、ビーコン信号に起因するパワーが、データ信号に起因するパワーとインタリーブされ、および本質的に時間的にオーバーラップしない結合信号を生成するために、動作530において光学的に結合される。結合信号は、次に増幅され(動作540)、データ信号およびビーコン信号は、自由空間内に伝送される(動作550)。

【0032】

図2において、光ビーコン信号生成器は、ビーコン信号パスに沿って一連で配列されるインバーター210、変調器(スイッチ)220、およびレーザーモジュール230を用いてインプリメントされる。それは十分に認識され、しかし、本発明は、この特定の構成および配列に制限されない。図6と7に示されるブロックダイヤグラムは、送信器システムの他の可能なインプリメンテーションを説明する。例えば、図6において、レーザーモジュール610は、インバーター620および変調器630の上流に配列される。この場合において、インバーター620および変調器630は、図2の配列の場合のような電気信号よりむしろ波長 λ_2 での光データ信号を操作する。図7において、インバーター710は、順番に変調器730の上流であるレーザーモジュール720の上流に配列される。ここで、インバーター710は、電気信号を操作し、その一方で、変調器730は、レーザーモジュール720によって生成される光信号を操作する。

【0033】

加えて、図2、6および7に示されるシステムは、光ファイバーおよびファイバー増幅器を介して伝えられ、結合され、および増幅される光信号を必然的に含むが、本発明の原理は、任意の幅広い信号の伝え、結合、および増幅メカニズムの状況で使用され得る。例えば、データおよびビーコン信号は、ファイバー内よりむしろ自由空間で結合され得および増幅され得る。

【0034】

データおよびビーコン信号は、任意の幅広いデバイスによって生成され得、および本発明は、これらの例に制限されない。ビーコン信号を生成するために実行される反転、変調および光変換動作のうちの一つ以上は、単一のデバイスによって行われ得、または共通の集積回路に含まれるデバイスによって行われ得る。例えば、反転および標識変調は、単一のチップまたはデバイスによって行われ得、レーザーモジュールは、オン-オフの変調を行うスイッチングメカニズムを含み得る。さらに、変調器のスイッチおよび/またはインバーターは、ハードウェアまたはFPGA論理のようなファームウェアでインプリメントされ得る。使われる特定のメカニズムに関わらず、データおよびビーコン信号の生成は、信号が共通の増幅器によって十分に増幅され得るように、2つの信号に起因するパワーが本質的に時間的にオーバーラップしなくて、信号がインタリーブの方式で結合され得ることを必要とする。このことは、本例において、データ信号と同じデータ変調パターンを含

10

20

30

40

50

むしろ反転の形状のビーコン信号を有することによって完成される。

【 0 0 3 5 】

前述の例において、ビーコン信号は、主に、ビーコン信号の検出を（例えば、キロヘルツの範囲内の特定の周波数で方形波を検出することによって）可能にする目的のために変調される。しかし、ビーコン信号のデータをさらにエンコードするために、第2の変調速度でビーコン信号を変調することも可能である。例えば、標識の追跡に関連するコントロール情報は、一定の周波数でビーコン信号のオンおよびオフを簡単に切り替えることよりもむしろ第2の変調速度でOOK変調を使用することによって信号内にエンコードされ得る。

【 0 0 3 6 】

本明細書に記載される光データおよびビーコン信号を生成するための送信器システムは、端末の相対的な位置が時間にわたって変わる移動のプラットフォームを有するレーザー通信システムで動作するようにデザインされる光（例えば、レーザー）通信端末で使用され得る。システムは、例えば、飛行中のプラットフォーム、人工衛星、船、ウォータークラフト、または地面の乗り物に取り付けられる端末も、移動するプラットフォームに取り付けられる端末と通信している（例えば、空対空および空対地のリンクの結合）静止の端末も含み得る。

【 0 0 3 7 】

本発明は、ビーコン信号が、捕捉および追跡のために使われ、および別個のデータ信号がデータを伝えるために使われる自由空間光通信状況に記述されるが、より一般的に、本発明のコンセプトは、2つの光信号が伝送されるべき、および信号のうちの1つが相対的により速い変調速度を必要とする光システムに使われ得る。例えば、第1の変調速度でのOOK変調は、データをエンコードするために共通信号に適用され得、および共通信号は、前述の方式の第1および第2の信号パスに供給され得る。第1の光波長を有する第1の光信号は、第1の信号パスに供給される共通信号から生成され得る。第2の光波長を有する第2の光信号は、第2の信号パス上の共通信号から生成され得、第2の光信号が、共通信号の反転バージョンを含み、およびデータをさらにエンコードするために、第1の変調速度より遅い第2の変調速度でさらに変調される。言い換えると、第2の光信号は、捕捉および追跡のためのビーコン信号である必要がなく、しかし、第2、より低い周波数の変調によって変調されたデータを伝送するもう1つのデータ信号であり得る。2つの信号は、次に、前に記述されるように、第1の光信号に起因するパワーが、第2の光信号に起因するパワーとインタリーブされ、および本質的に時間的にオーバーラップしない結合信号を生成するために光学的に結合され得る。結合信号は、次に増幅され得、それによって第1および第2の信号を共に増幅する。2つの信号は、次に伝送され得る。このメカニズムが、自由空間光通信システムの自由空間を介する伝送に制限されなく、および他の光学伝送媒体を用いるシステムに使われ得ることを留意する。

【 0 0 3 8 】

インタリーブの光信号の増幅のための新しく、向上された技術の記述された好ましい実施形態を有する他の修正、バリエーションおよび変化が、本明細書の前に載せられた技術を考慮して、当業者に連想されることは考えられる。そのゆえに、このようなバリエーション、修正および変化の全部が、添付の請求項によって定義されるような本発明の範囲内になるように考えられることは理解される。特定の項目が本明細書で使用されるが、それらは、一般的小および記述的な意味のみで使われ、および制限の目的のためではない。

【 符号の説明 】

【 0 0 3 9 】

1 0 0 送信器システム

1 第1の光波長

2 第2の光波長

10

20

30

40

【 図 1 】

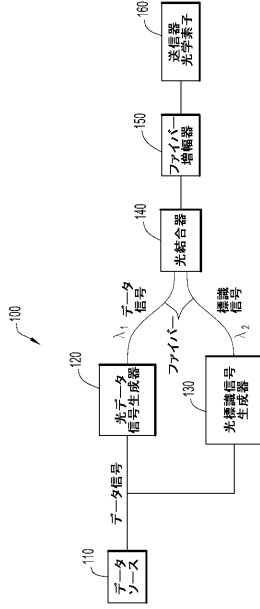


FIG.1

【 図 2 】

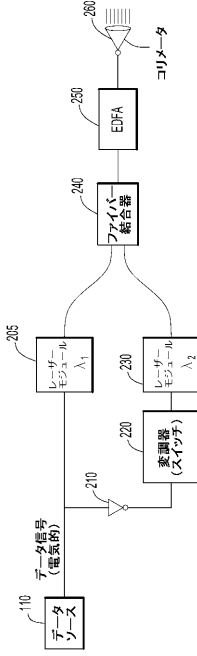


FIG.2

【 図 3 】

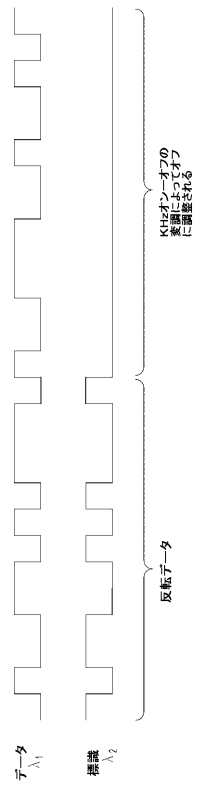


FIG.3

【 図 4 】

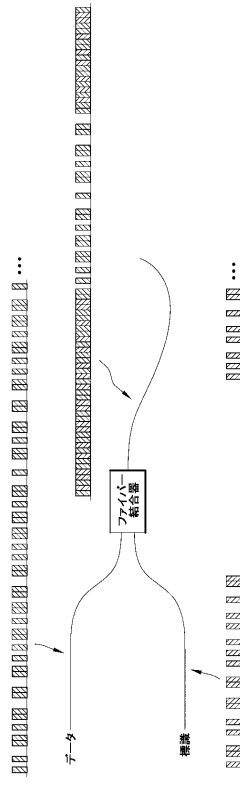


FIG.4

【図5】

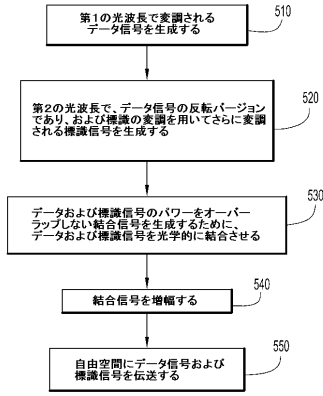


FIG.5

【図6】

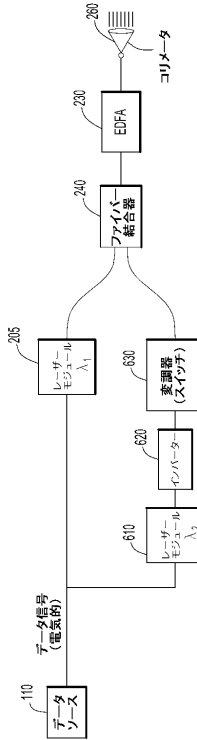


FIG.6

【図7】

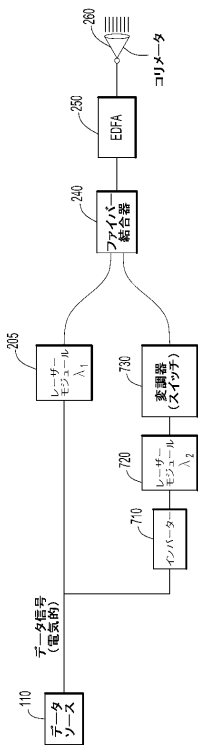


FIG.7

フロントページの続き

審査官 後澤 瑞征

- (56)参考文献 特開2001-244893(JP,A)
特開平7-84186(JP,A)
特開平6-61947(JP,A)
特開2003-338791(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04B10/00-10/90

H04J14/00-14/08

H01S 3/00

H01S 3/067