

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2010-199657  
(P2010-199657A)

(43) 公開日 平成22年9月9日(2010.9.9)

(51) Int.Cl.			F I			テーマコード (参考)		
HO4J	14/00	(2006.01)	HO4B	9/00	F	5K022		
HO4J	14/04	(2006.01)	HO4B	9/00	L	5K028		
HO4J	14/06	(2006.01)	HO4J	3/00	H	5K102		
HO4B	10/04	(2006.01)	HO4J	3/00	Q			
HO4B	10/06	(2006.01)	HO4J	13/00	D			

審査請求 有 請求項の数 6 O L (全 24 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2009-38877 (P2009-38877)  
(22) 出願日 平成21年2月23日 (2009.2.23)

(出願人による申告) 国等の委託研究の成果に係る特許出願 (平成20年度独立行政法人情報通信研究機構「超高速光マルチメディア配信システムの研究開発」委託研究、産業技術力強化法第19条の適用を受けるもの)

(71) 出願人 00000295  
沖電気工業株式会社  
東京都港区西新橋三丁目16番11号  
(74) 代理人 100085419  
弁理士 大垣 孝  
(74) 代理人 100141955  
弁理士 岡田 宏之  
(72) 発明者 岩村 英志  
東京都港区西新橋三丁目16番11号 沖電気工業株式会社内  
(72) 発明者 辻 弘美  
東京都港区西新橋三丁目16番11号 沖電気工業株式会社内  
Fターム(参考) 5K022 EE02 EE14 EE21  
5K028 AA11 BB08 HH00 NN41  
最終頁に続く

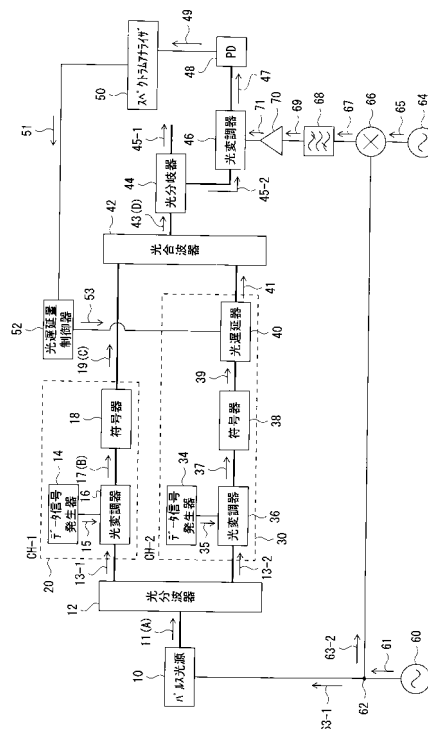
(54) 【発明の名称】 時分割多重符号化送信信号生成方法及び時分割多重符号化送信信号生成装置

(57) 【要約】

【課題】 各チャンネルの符号化送信信号が時間軸上に等間隔に配置されるように調整する。

【解決手段】 第1符号化送信信号19と第2符号化送信信号41とが、光合波器42に入力されて2-OTDM/OCDM信号43が出力される。2-OTDM/OCDM信号は、光分岐器44を介して光変調器46に入力されて、周波数が $(F-f)$  Hzである変調信号71で変調され、変調OTDM/OCDM信号47が生成される。変調OTDM/OCDM信号は、電気変調OTDM/OCDM信号49に変換されてスペクトラムアナライザ50に入力され、変調OTDM/OCDM信号に含まれる  $f$  Hz信号成分の強度が検出され、  $f$  Hz信号成分の極小値を与える遅延時間  $t$  が光遅延器40に設定される。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

ビットレートが $F$  bit/sである多重するチャンネル数分の光パルス信号をそれぞれ符号化して、チャンネルごとに符号化送信信号を生成し、該符号化送信信号を時分割多重して時分割多重符号化送信信号を生成する方法であって、

前記多重するチャンネル数分の符号化送信信号の中から選択される第1符号化送信信号と第2符号化送信信号とを多重して2チャンネル時分割多重符号化信号を生成し、該2チャンネル時分割多重符号化信号を周波数が $(F - f)$  Hzである変調信号で変調して、当該変調信号で変調された2チャンネル時分割多重符号化信号に含まれる  $f$  Hz信号成分の強度を検出する  $f$  信号成分抽出ステップと、

前記第1符号化送信信号に対する前記第2符号化送信信号の時間遅延量を変化させて、前記  $f$  Hz信号成分の強度が極小となる当該時間遅延量を決定する時間遅延量決定ステップと、

前記各チャンネルの符号化送信信号が時間軸上に等間隔に配置されるように調整するため、前記時間遅延量決定ステップで決定された時間遅延量に基づき、前記多重するチャンネルのそれぞれの符号化送信信号に時間遅延を与える光遅延量設定ステップとを含むことを特徴とする時分割多重符号化送信信号生成方法。

ここで、  $f$  は  $f > 0$  を満たす実数であって、 $F$  は  $F > f$  を満たす実数である。

## 【請求項 2】

ビットレートが $F$  bit/sである第1チャンネルの光パルス信号を符号化して第1符号化送信信号を生成して出力する第1符号化送信信号生成ステップと、

ビットレートが $F$  bit/sである第2チャンネルの光パルス信号を符号化して第2符号化送信信号を生成して出力する第2符号化送信信号生成ステップと、

前記第2符号化送信信号を入力して、該第2符号化送信信号に時間遅延を与える光遅延ステップと、

前記第1符号化送信信号と時間遅延が与えられた前記第2符号化送信信号とを時分割多重して、2チャンネル時分割多重符号化信号を生成する2チャンネル時分割多重符号化信号生成ステップと、

前記2チャンネル時分割多重符号化信号を、周波数が $(F - f)$  Hzである変調信号で変調して変調時分割多重符号化信号を生成する変調時分割多重符号化信号生成ステップと、

前記変調時分割多重符号化信号を電気変調時分割多重符号化信号に変換して出力する光電変換ステップと、

前記第2符号化送信信号に与える時間遅延量を変化させて、前記電気変調時分割多重符号化信号に含まれる  $f$  Hz信号成分の強度が極小となる当該時間遅延量を決定する時間遅延量決定ステップと、

前記第1及び第2符号化送信信号が時間軸上に等間隔に配置されるように調整するため、前記時間遅延量決定ステップで決定された時間遅延量に基づき、前記第2符号化送信信号に時間遅延を設定する光遅延量設定ステップと

を含むことを特徴とする時分割多重符号化送信信号生成方法。

ここで、  $f$  は  $f > 0$  を満たす実数であって、 $F$  は  $F > f$  を満たす実数である。

## 【請求項 3】

ビットレートが $F$  bit/sである $2^N$ チャンネル分のそれぞれの光パルス信号を、それぞれ符号化して符号化送信信号を生成する符号化送信信号生成ステップと、

前記 $2^N$ チャンネル分の符号化送信信号の中から選択される第1及び第2符号化送信信号のうち一方の符号化送信信号である第2符号化送信信号を入力して、該第2符号化送信信号に時間遅延を与えて遅延第2符号化送信信号を生成する光遅延ステップと、

前記第1符号化送信信号と、前記遅延第2符号化送信信号とを多重して2チャンネル時分割多重符号化信号を生成する2チャンネル時分割多重符号化信号生成ステップと、

前記2チャンネル時分割多重符号化信号を、周波数が $(F - f)$  Hzである変調信号で変調して変調時分割多重符号化信号を生成する変調時分割多重符号化信号生成ステップと、

10

20

30

40

50

前記変調時分割多重符号化信号を電気変調時分割多重符号化信号に変換して出力する光電変換ステップと、

前記第2符号化送信信号に与える時間遅延量を変化させて、前記電気変調時分割多重符号化信号に含まれる  $f$  Hz信号成分の強度が極小となる当該時間遅延量  $t$  を決定する時間遅延量決定ステップと、

前記各チャンネルの符号化送信信号が時間軸上に等間隔に配置されるように調整するため、前記時間遅延量決定ステップで決定された時間遅延量  $t$  に基づき決定される時間遅延量  $t/2^{N-1}$  の整数倍に等しい時間遅延量  $(1/2^{N-1}) t$ 、 $(2/2^{N-1}) t$ 、 $(3/2^{N-1}) t$ 、 $\dots$ 、 $\{(2^N-1)/2^{N-1}\} t$  を第2チャンネル～第 $2^N$ チャンネルの符号化送信信号に順次付加して、遅延第2～遅延第 $2^N$ 符号化送信信号を生成する光遅延量設定ステップと、

第1チャンネルの符号化送信信号及び前記時間遅延量がそれぞれ付加された遅延第2～遅延第 $2^N$ 符号化送信信号を時分割多重して時分割多重符号化送信信号を生成する時分割多重符号化送信信号生成ステップと、

を含むことを特徴とする時分割多重符号化送信信号生成方法。

ここで、 $N$ は1以上の整数である。また、 $f$ は  $f > 0$  を満たす実数であって、 $F$ は $F > f$  を満たす実数である。

#### 【請求項4】

ビットレートが $F$  bit/sである光パルス信号を符号化して生成される符号化送信信号を出力する符号化送信信号生成部を、多重するチャンネル数分具え、

前記各符号化送信信号生成部から出力されるそれぞれの符号化送信信号を時分割多重して時分割多重符号化送信信号を生成する装置であって、

前記符号化送信信号生成部から選択される2つの符号化送信信号生成部からそれぞれ出力される第1符号化送信信号と第2符号化送信信号とを多重して2チャンネル時分割多重符号化信号を生成する光合波器と、

前記2チャンネル時分割多重符号化信号を周波数が $(F-f)$  Hzである変調信号で変調して、当該変調信号で変調された変調時分割多重符号化信号に含まれる  $f$  Hz信号成分の強度を検出するスペクトラムアナライザと、

前記符号化送信信号生成部から出力される符号化送信信号のそれぞれが時間軸上に等間隔に配置されるように調整するため、前記  $f$  Hz信号成分の強度の極小を与える前記第2符号化送信信号に付加する時間遅延量  $t$  に基づき決定される時間遅延量を、前記符号化送信信号生成部のそれぞれに対して設定するように制御する光遅延量制御器とを具えることを特徴とする時分割多重符号化送信信号生成装置。

ここで、 $f$ は  $f > 0$  を満たす実数であって、 $F$ は $F > f$  を満たす実数である。

#### 【請求項5】

ビットレートが $F$  bit/sである光パルス信号を、符号化して生成される符号化送信信号を生成して出力する第1及び第2符号化送信信号生成部を具え、前記第1及び第2符号化送信信号生成部のそれぞれから出力される第1及び第2符号化送信信号を時分割多重して時分割多重符号化送信信号を生成する時分割多重符号化送信信号生成装置であって、

前記第2符号化送信信号生成部から出力される符号化送信信号に時間遅延を与えるために、当該第2符号化送信信号生成部が具える光遅延器と、

前記第1符号化送信信号と時間遅延が与えられた前記第2符号化送信信号とが入力されて2チャンネル時分割多重符号化信号を出力する光合波器と、

前記2チャンネル時分割多重符号化信号を、送信用時分割多重符号化信号とモニタ用時分割多重符号化信号とに分岐する光分岐器と、

前記モニタ用時分割多重符号化信号が入力されて、該モニタ用時分割多重符号化信号を周波数が $(F-f)$  Hzである変調信号で変調して変調時分割多重符号化信号を生成する光変調器と、

前記変調時分割多重符号化信号が入力されて、該変調時分割多重符号化信号を電気変調時分割多重符号化信号に変換して出力する光電変換器と、

前記電気変調時分割多重符号化信号に含まれる  $f$  Hz信号成分の強度の検出をするスベ

10

20

30

40

50

クトラムアナライザーと、

前記多重するチャンネルの符号化送信信号が時間軸上に等間隔に配置されるように調整するため、前記  $f$  Hz信号成分の強度が極小となる時間遅延を前記第2符号化送信信号に与えるように、前記光遅延器に当該時間遅延量を設定するように制御する光遅延量制御器と

を具えることを特徴とする時分割多重符号化送信信号生成装置。

ここで、 $f$ は  $f > 0$ を満たす実数であって、 $F$ は $F > f$ を満たす実数である。

【請求項6】

ビットレートが $F$  bit/sである光パルス信号を、符号化して生成される符号化送信信号を生成して出力する第1～第 $2^N$ 符号化送信信号生成部を具え、前記第1～第 $2^N$ 符号化送信信号生成部から出力されるそれぞれの符号化送信信号を時分割多重して時分割多重符号化送信信号を生成する時分割多重符号化送信信号生成装置であって、

前記第2～第 $2^N$ 符号化送信信号生成部から出力される符号化送信信号のそれぞれに時間遅延を与える、当該第2～第 $2^N$ 符号化送信信号生成部のそれぞれが具える光遅延器と、

前記符号化送信信号生成部のそれぞれから出力される符号化送信信号を時分割多重して時分割多重符号化送信信号を生成する光合波器と、

前記第1～第 $2^N$ 符号化送信信号生成部から選択される第1及び第2符号化送信信号生成部からそれぞれ出力される第1及び第2符号化送信信号を多重して2チャンネル時分割多重符号化信号を生成するサブ光合波器と、

前記2チャンネル時分割多重符号化信号を周波数が $(F - f)$  Hzである変調信号で変調して変調時分割多重符号化信号を生成する光変調器と、

前記第2符号化送信信号に与える時間遅延量の変化に伴い変化する、前記変調時分割多重符号化信号に含まれる  $f$  Hz信号成分の強度を検出するスペクトラムアナライザーと、

前記第1～第 $2^N$ 符号化送信信号生成部から出力される符号化送信信号が時間軸上に等間隔に配置されるように調整するため、前記  $f$  Hz信号成分の強度が極小となる前記第2符号化送信信号に与える時間遅延量  $t$ に基づき決定される、時間遅延量  $t/2^{N-1}$ の整数倍に等しい時間遅延量 $(1/2^{N-1}) t$ 、 $(2/2^{N-1}) t$ 、 $(3/2^{N-1}) t$ 、 $\dots$ 、 $\{(2^N-1)/2^{N-1}\} t$ を第2～第 $2^N$ 符号化送信信号生成部のそれぞれが具える光遅延器に対してに順次設定するように制御する光遅延量制御器と

を具えることを特徴とする時分割多重符号化送信信号生成装置。

ここで、 $N$ は1以上の整数である。また、 $f$ は  $f > 0$ を満たす実数であって、 $F$ は $F > f$ を満たす実数である。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、光時分割多重方法と光符号分割多重方法とを併用した通信システムにおいて利用される、時分割多重符号化送信信号の生成方法及びこの方法を実現するための装置に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、インターネットの普及等により通信需要が急速に増大しており、それに対応して通信の大容量化が図られている。通信の大容量化のための手法として注目されるのが、一本の光ファイバ伝送路に複数チャンネル分の光パルス信号をまとめて伝送する光多重技術である。

【0003】

光多重技術としては、光時分割多重 (OTDM: Optical Time Division Multiplexing) 方式、波長分割多重 (WDM: Wavelength Division Multiplexing) 方式及び光符号分割多重 (OCDM: Optical Code Division Multiplexing) 方式が盛んに研究されている。

【0004】

これらの光多重技術の何れも、一本の光ファイバ伝送路に複数チャンネル分の光パルス

10

20

30

40

50

信号をまとめて伝送することが可能であるので、既存の通信網をそのままとして、通信の大容量化が実現可能である。更に、これら光多重技術を組み合わせることによって一層通信の大容量化が図られる。

【0005】

そこで、OTDM方式とOCDM方式とを併用した通信システムが提案されている（例えば、非特許文献1参照）。

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0006】

【非特許文献1】岩村他、「FBG型光符号器を用いたOTDM信号のチャンネル識別に関する検討」電子情報通信学会2007ソサイエティ大会、B-10-60

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

上述のOTDM方式とOCDM方式とを併用した通信システムにおいては、OTDM方式を効率よく実現するために、各チャンネルの符号化信号が時間軸上に等間隔に配置されるように、各チャンネルの符号化送信信号の時間遅延量を調整する必要がある。そして、各チャンネルに割り当てられる時間スロットは、通信資源の有効活用の観点から最小限とするのが好ましい。

【0008】

20

各チャンネルに割り当てる時間スロットを必要最小限となるように設定すると、通信状態の変化によって隣接するチャンネル間に重複が生じる可能性がある。この重複が発生すると隣接間チャンネルのクロストークが発生するという不都合が生じる。また、時間スロットを十分に広く確保しすぎると、隣接間チャンネル間の重なりが生じない代わりに、時間スロットに無駄な時間帯域を含んでいることとなり、通信資源を有効活用し通信効率を高めるために障害となる。

【0009】

時間スロットを最小限にして、かつ隣接間チャンネルのクロストークの発生を防げるようにするには、各チャンネルの符号化送信信号が時間軸上に等間隔に配置されるように、常に動的に調整が可能となるようにしておくことが最も効果的である。各チャンネルの符号化送信信号の時間軸上における最適存在位置は、通信状態に応じて時々刻々と変化する。

30

【0010】

そこで、OTDM方式とOCDM方式とを併用した通信システムにおいては、各チャンネルの符号化送信信号が時間軸上に等間隔に配置されるように、各チャンネルの符号化送信信号に付加する時間遅延を、時々刻々と変化する通信状態に応じて柔軟に変更する必要がある。

【0011】

しかしながら、OTDM方式とOCDM方式とを併用した通信システムにおいて、各チャンネルの符号化送信信号が時間軸上に等間隔に配置されるように調整する方法がこれまで確立されていなかった。そこで、この発明の目的は、各チャンネルの符号化送信信号が時間軸上に等間隔に配置されるように調整する方法及びこの方法を実現する装置を提供することにある。

40

【課題を解決するための手段】

【0012】

時分割多重通信の最も基本的な形態である2チャンネル分を時分割多重して送信する場合を想定する。すなわち、ビットレートがF bit/sである光パルス信号を符号化し、符号化送信信号に変換して2チャンネル分を時分割多重して送信する場合を想定する。この場合、第1チャンネルと第2チャンネルの符号化送信信号が時間軸上に等間隔に配置されれば、時分割多重されて生成される時分割多重符号化信号（以後、OTDM/OCDM信号と略記することもある。）の周波数が2F Hzである成分が極大となる。

50

## 【 0 0 1 3 】

第1及び第2チャンネルの符号化送信信号を時分割多重するに当たっては、第2チャンネルの符号化送信信号に時間遅延  $t$  を与えて多重する方法が取られる。OTDM/OCDM信号の周波数が  $2F$  Hzである成分が極大となるように、この時間遅延量  $t$  を調整すれば、第1チャンネルと第2チャンネルのそれぞれに均等に時間スロットが割り当てられている状態となる。

## 【 0 0 1 4 】

すなわち、OTDM/OCDM信号の周波数が  $2F$  Hzである成分が極大となる時間遅延量  $t$  を第2チャンネルの符号化送信信号に付加して時分割多重すれば、第1チャンネルと第2チャンネルのそれぞれに均等に時間スロットが割り当てられ、各チャンネルに割り当てられる時間スロットを最小限の幅に設定することが可能となる。

10

## 【 0 0 1 5 】

時分割多重数が  $2^N$  チャンネル ( $N$  は1以上の整数である。) である場合であっても、 $2^N$  チャンネル中から選択される2チャンネル分の符号化送信信号を多重して2チャンネルOTDM/OCDM信号 (以後、2-OTDM/OCDM信号と略記することもある。) を生成し、上述のように選択された2チャンネルについて均等に時間スロットが割り当てられる時間遅延量  $t$  を求めれば、基準となる第1チャンネルの符号化送信信号に対して、第2チャンネル以下の符号化送信信号に順次  $t/2^{N-1}$  の整数倍に等しい  $(1/2^{N-1}) t$ 、 $(2/2^{N-1}) t$ 、 $(3/2^{N-1}) t$ 、 $\dots$ 、 $\{(2^N-1)/2^{N-1}\} t$  の時間遅延を与えて時分割多重することによって、第1～第  $2^N$  チャンネルのそれぞれの符号化送信信号が時間軸上で等間隔に配置される。

20

## 【 0 0 1 6 】

しかしながら、OTDM/OCDM信号の周波数が  $2F$  Hzである成分を観測することは、 $F$  の値が  $G$  Hzの桁の大きさであるという、非常に大きな値であることからきわめて難しい。

## 【 0 0 1 7 】

そこで、上述の課題を解決するため、この出願に係る発明の発明者は、2-OTDM/OCDM信号を、周波数が  $(F - f)$  Hzである変調信号で変調し、変調されて生成される変調OTDM/OCM信号の周波数が  $f$  Hzである成分の強度を観測することによって、OTDM/OCDM信号の周波数が  $2F$  Hzである成分を間接的に観測することが可能であることに注目した。ここで、 $f$  は  $f > 0$  を満たす実数であって、 $F$  は  $F > f$  を満たす実数である。

## 【 0 0 1 8 】

ビットレートが  $F$  bit/sである光パルス信号を符号化して符号化信号を生成して、時間分割多重して得られるOTDM/OCDM信号には周波数が  $F$  Hzである成分が含まれている。このOTDM/OCDM信号を周波数が  $(F - f)$  Hzである変調信号で変調し、変調されて生成される変調OTDM/OCDM信号には、周波数が  $f$  Hzである成分が含まれる。

30

## 【 0 0 1 9 】

この周波数が  $f$  Hzである成分の強度と、OTDM/OCDM信号の周波数が  $2F$  Hzである成分の強度とは、一方が増大すると他方が減少する関係にある。すなわち、上述の時間遅延量  $t$  を調整するために、OTDM/OCDM信号の周波数が  $2F$  Hzである成分の強度を観測する代わりに、変調OTDM/OCDM信号の周波数が  $f$  Hzである成分の強度を観測することによって、代替することが可能であることに思い至った。

40

## 【 0 0 2 0 】

この発明の要旨によれば、以下の構成のOTDM/OCDM送信信号生成方法が提供される。

## 【 0 0 2 1 】

この発明のOTDM/OCDM送信信号生成方法は、ビットレートが  $F$  bit/sである多重するチャンネル数分の光パルス信号をそれぞれ符号化して、チャンネルごとに符号化送信信号を生成し、これらの符号化送信信号を時分割多重してOTDM/OCDM送信信号を生成する方法であって、 $f$  信号成分抽出ステップと、時間遅延量決定ステップと、光遅延量設定ステップとを含んでいる。

## 【 0 0 2 2 】

$f$  信号成分抽出ステップは、多重するチャンネル数分の符号化送信信号の中から選択

50

される第1符号化送信信号と第2符号化送信信号とを多重して2-OTDM/OCDM信号を生成し、2-OTDM/OCDM信号を周波数が $(F - f)$  Hzである変調信号で変調して、この変調信号で変調された2-OTDM/OCDM信号に含まれる  $f$  Hz信号成分の強度を検出するステップである。

【0023】

時間遅延量決定ステップは、第1符号化送信信号に対する第2符号化送信信号の時間遅延量を変化させて、 $f$  Hz信号成分の強度が極小となるこの時間遅延量を決定するステップである。

【0024】

光遅延量設定ステップは、各チャンネルの符号化送信信号が時間軸上に等間隔に配置されるように調整するため、時間遅延量決定ステップで決定された時間遅延量に基づき、多重するチャンネルのそれぞれの符号化送信信号に時間遅延を与えるステップである。

10

【0025】

この発明のOTDM/OCDM送信信号生成方法は、以下に示すこの発明のOTDM/OCDM送信信号生成装置によって実現される。

【0026】

この発明のOTDM/OCDM送信信号生成装置は、ビットレートが $F$  bit/sである光パルス信号を符号化して生成される符号化送信信号を出力する符号化送信信号生成部を、多重するチャンネル数分具え、各符号化送信信号生成部からそれぞれ出力される符号化送信信号を時分割多重してOTDM/OCDM送信信号を生成する装置であり、光合波器と、スペクトラムアナライザと、光遅延量制御器とを具えて構成される。

20

【0027】

光合波器は、符号化送信信号生成部から選択される2つの符号化送信信号生成部からそれぞれ出力される第1及び第2符号化送信信号を多重して2-OTDM/OCDM信号を生成する。

【0028】

スペクトラムアナライザは、2-OTDM/OCDM信号を周波数が $(F - f)$  Hzである変調信号で変調して、当該変調信号で変調された変調OTDM/OCDM信号に含まれる  $f$  Hz信号成分の強度を検出する。

【0029】

光遅延量制御器は、符号化送信信号生成部から出力される符号化送信信号のそれぞれが時間軸上に等間隔に配置されるように調整するため、 $f$  Hz信号成分の強度の極小を与える第2符号化送信信号に付加する時間遅延量  $t$  に基づき決定される時間遅延量を、符号化送信信号生成部のそれぞれに対して設定するように制御する。

30

【0030】

この発明のOTDM/OCDM送信信号生成方法を2チャンネルのOTDM/OCDM送信信号を生成する方法として構築すると以下に示す各ステップを含むOTDM/OCDM送信信号生成方法となる。

【0031】

この2チャンネルのOTDM/OCDM送信信号を生成するOTDM/OCDM送信信号生成方法は、第1符号化送信信号生成ステップと、第2符号化送信信号生成ステップと、光遅延ステップと、2-OTDM/OCDM信号生成ステップと、変調OTDM/OCDM信号生成ステップと、光電変換ステップと、時間遅延量決定ステップと、光遅延量設定ステップとを含んでいる。

40

【0032】

第1符号化送信信号生成ステップは、ビットレートが $F$  bit/sである第1チャンネルの光パルス信号を符号化して第1符号化送信信号を生成して出力するステップである。第2符号化送信信号生成ステップは、ビットレートが $F$  bit/sである第2チャンネルの光パルス信号を符号化して第2符号化送信信号を生成して出力するステップである。

【0033】

光遅延ステップは、第2符号化送信信号を入力して、第2符号化送信信号に時間遅延を与えるステップである。

【0034】

2-OTDM/OCDM信号生成ステップは、第1符号化送信信号と時間遅延が与えられた第2符号

50

化送信信号とを時分割多重して2-OTDM/OCDM信号を生成するステップである。

【0035】

変調OTDM/OCDM信号生成ステップは、2-OTDM/OCDM信号を周波数が $(F - f)$  Hzである変調信号で変調して変調OTDM/OCDM信号を生成するステップである。

【0036】

光電変換ステップは、変調OTDM/OCDM信号を電気変調OTDM/OCDM信号に変換して生成するステップである。

【0037】

時間遅延量決定ステップは、第2符号化送信信号に与える時間遅延量を変化させて、電気変調OTDM/OCDM信号に含まれる  $f$  Hz信号成分の強度が極小となる時間遅延量を決定するステップである。

10

【0038】

光遅延量設定ステップは、第1及び第2符号化送信信号が時間軸上に等間隔に配置されるように調整するため、時間遅延量決定ステップで決定された時間遅延量に基づき、第2符号化送信信号に時間遅延を与えるステップである。

【0039】

2チャンネルのOTDM/OCDM送信信号を生成するこの発明のOTDM/OCDM送信信号生成方法は、以下に示すOTDM/OCDM送信信号生成装置によって実現される。

【0040】

この2チャンネルのOTDM/OCDM送信信号を生成するOTDM/OCDM送信信号生成装置は、第1符号化送信信号生成部と、第2符号化送信信号生成部と、光遅延器と、光合波器と、光分岐器と、光変調器と、光電変換器と、スペクトラムアナライザと、光遅延量制御器とを具えて構成される。

20

【0041】

第1符号化送信信号生成部は、ビットレートが $F$  bit/sである第1チャンネルの光パルス信号を、符号化して第1符号化送信信号を生成する。第2符号化送信信号生成部は、ビットレートが $F$  bit/sである第2チャンネルの光パルス信号を、符号化して第2符号化送信信号を生成し、この第2符号化送信信号に時間遅延を与えて出力する。

【0042】

光遅延器は、第2符号化送信信号生成部に設置され、第2符号化送信信号に時間遅延を与える。

30

【0043】

光合波器は、第1符号化送信信号と時間遅延が与えられた第2符号化送信信号とが入力されて2-OTDM/OCDM信号を出力する。

【0044】

光分岐器は、2-OTDM/OCDM信号を、送信用OTDM/OCDM信号とモニタ用OTDM/OCDM信号とに分岐する。

【0045】

光変調器は、モニタ用OTDM/OCDM信号が入力されて、モニタ用OTDM/OCDM信号を周波数が $(F - f)$  Hzである変調信号で変調して変調OTDM/OCDM信号を生成する。

40

【0046】

光電変換器は、変調OTDM/OCDM信号が入力されて、変調OTDM/OCDM信号を電気変調OTDM/OCDM信号に変換して出力する。

【0047】

スペクトラムアナライザは、電気変調OTDM/OCDM信号に含まれる  $f$  Hz信号成分の強度の検出をする。

【0048】

光遅延量制御器は、多重するチャンネルの符号化送信信号が時間軸上に等間隔に配置されるように調整するため、 $f$  Hz信号成分の強度が極小となる時間遅延を第2符号化送信信号に与えるように、光遅延器に当該時間遅延量を設定するように制御する。

50



## 【 0 0 4 9 】

この発明のOTDM/OCDM送信信号生成方法を $2^N$ チャンネルのOTDM/OCDM送信信号を生成する方法として構築すると以下に示す各ステップを含むOTDM/OCDM送信信号生成方法となる。

## 【 0 0 5 0 】

この $2^N$ チャンネルのOTDM/OCDM送信信号を生成するOTDM/OCDM送信信号生成方法は、符号化送信信号生成ステップと、光遅延ステップと、2-OTDM/OCDM信号生成ステップと、変調OTDM/OCDM信号生成ステップと、光電変換ステップと、時間遅延量決定ステップと、光遅延量設定ステップと、OTDM/OCDM送信信号生成ステップとを含んで構成される。

## 【 0 0 5 1 】

符号化送信信号生成ステップは、ビットレートが $F$  bit/sである $2^N$ チャンネル分のそれぞれの光パルス信号を、それぞれ符号化して符号化送信信号を生成するステップである。

10

## 【 0 0 5 2 】

光遅延ステップは、 $2^N$ チャンネル分の符号化送信信号の中から選択される第1及び第2符号化送信信号のうちの第2符号化送信信号を入力して、第2符号化送信信号に時間遅延を与え遅延第2符号化送信信号を生成するステップである。

## 【 0 0 5 3 】

2-OTDM/OCDM信号生成ステップは、第1符号化送信信号と、遅延第2符号化送信信号とを多重して2-OTDM/OCDM信号を生成するステップである。

## 【 0 0 5 4 】

変調OTDM/OCDM信号生成ステップは、2-OTDM/OCDM信号を周波数が $(F - f)$  Hzである変調信号で変調して変調OTDM/OCDM信号を生成するステップである。

20

## 【 0 0 5 5 】

光電変換ステップは、変調OTDM/OCDM信号を電気変調OTDM/OCDM信号に変換して出力するステップである。

## 【 0 0 5 6 】

時間遅延量決定ステップは、第2符号化送信信号に与える時間遅延量を変化させて、電気変調OTDM/OCDM信号に含まれる $f$  Hz信号成分の強度が極小となる時間遅延量 $t$ を決定するステップである。

## 【 0 0 5 7 】

光遅延量設定ステップは、各チャンネルの符号化送信信号が時間軸上に等間隔に配置されるように調整するため、時間遅延量決定ステップで決定された時間遅延量 $t$ に基づき決定される時間遅延量 $t/2^{N-1}$ の整数倍に等しい時間遅延量 $(1/2^{N-1})t$ 、 $(2/2^{N-1})t$ 、 $(3/2^{N-1})t$ 、 $\dots$ 、 $\{(2^N-1)/2^{N-1}\}t$ を第2～第 $2^N$ 符号化送信信号に順次付加して、遅延第2～遅延第 $2^N$ 符号化送信信号を生成するステップである。

30

## 【 0 0 5 8 】

OTDM/OCDM送信信号生成ステップは、時間遅延量がそれぞれ付加された第1符号化送信信号及び遅延第2～遅延第 $2^N$ 符号化送信信号を時分割多重してOTDM/OCDM送信信号を生成するステップである。

## 【 0 0 5 9 】

$2^N$ チャンネルのOTDM/OCDM送信信号を生成するこの発明のOTDM/OCDM送信信号生成方法は、以下に示すOTDM/OCDM送信信号生成装置によって実現される。

40

## 【 0 0 6 0 】

この $2^N$ チャンネルのOTDM/OCDM送信信号を生成するOTDM/OCDM送信信号生成装置は、ビットレートが $F$  bit/sである光パルス信号を、符号化して生成される符号化送信信号を生成して出力する第1～第 $2^N$ 符号化送信信号生成部を具え、第1～第 $2^N$ 符号化送信信号生成部から出力されるそれぞれの符号化送信信号を時分割多重してOTDM/OCDM送信信号を生成するOTDM/OCDM送信信号生成装置であって、光遅延器と、光合波器と、サブ光合波器と、光変調器と、スペクトラムアナライザと、光遅延量制御器とを具えて構成される。

## 【 0 0 6 1 】

光遅延器は、第2～第 $2^N$ 符号化送信信号生成部から出力される符号化送信信号のそれぞ

50

れに時間遅延を与える機能を有し、この第2～第2<sup>N</sup>符号化送信信号生成部のそれぞれが具えている。

【0062】

光合波器は、符号化送信信号生成部のそれぞれから出力される符号化送信信号を時分割多重してOTDM/OCDM送信信号を生成する。

【0063】

サブ光合波器は、第1～第2<sup>N</sup>符号化送信信号生成部から選択される第1及び第2符号化送信信号生成部からそれぞれ出力される第1及び第2符号化送信信号を多重して2-OTDM/OCDM信号を生成する。

【0064】

光変調器は、2-OTDM/OCDM信号を周波数が(F- f) Hzである変調信号で変調して変調OTDM/OCDM信号を生成する。

【0065】

スペクトラムアナライザは、第2符号化送信信号に与える時間遅延量の変化に伴い変化する、変調OTDM/OCDM信号に含まれる f Hz信号成分の強度を検出する。

【0066】

光遅延量制御器は、第1～第2<sup>N</sup>符号化送信信号生成部から出力される符号化送信信号のそれぞれが時間軸上に等間隔に配置されるように調整するため、 f Hz信号成分の強度が極小となる第2符号化送信信号に与える時間遅延量 tに基づき決定される、時間遅延量 t/2<sup>N-1</sup>の整数倍に等しい時間遅延量(1/2<sup>N-1</sup>) t、(2/2<sup>N-1</sup>) t、(3/2<sup>N-1</sup>) t、・・・、{(2<sup>N-1</sup>)/2<sup>N-1</sup>} tを第2～第2<sup>N</sup>符号化送信信号生成部のそれぞれが具える光遅延器に対してに順次設定するように制御する。

【発明の効果】

【0067】

この発明のOTDM/OCDM送信信号生成方法によれば、 f 信号成分抽出ステップにおいて、2-OTDM/OCDM信号が、周波数が(F- f) Hzである変調信号で変調され、この変調信号で変調された2-OTDM/OCDM信号に含まれる f Hz信号成分の強度が検出される。

【0068】

ここで、2-OTDM/OCDM信号の周波数スペクトルは周波数がF Hzである成分が主要成分であり、これは振幅の大きさをA、時間変数をtとすれば、Asin2 Ftと表される。また、周波数が(F- f) Hzである変調信号は、この変調信号の振幅の大きさをBとすれば、Bsin2 (F- f)tで表される。

【0069】

2-OTDM/OCDM信号を周波数が(F- f) Hzである変調信号で変調すると、次式(1)で表されるように、周波数が(2F- f) Hzの信号成分と周波数が f Hzの信号成分との和で与えられる信号が得られる。

$$Asin2 Ft \times Bsin2 (F- f)t = (AB/2)cos2 ft - (AB/2)cos2 (2F- f)t \quad (1)$$

時間遅延量決定ステップにおいて、第1符号化送信信号に対する第2符号化送信信号の時間遅延量を変化させて、周波数が(F- f) Hzである変調信号で変調された2-OTDM/OCDM信号に含まれる f Hz信号成分の強度が検出され、 f Hz信号成分の強度が極小となる時間遅延量 tが決定される。

【0070】

第1符号化送信信号及び第2符号化送信信号の周波数はF Hzであるから、第1符号化送信信号と第2符号化送信信号とが時間軸上に等間隔に配置されるように調整されれば、2-OTDM/OCDM信号に含まれる周波数が2F Hzである成分が極大となり、周波数がF Hzである成分が極小となる。

【0071】

周波数がF Hzである成分が極小となるのは、式(1)において、Asin2 Ftの振幅係数であるAの値が極小となることに対応する。この場合、式(1)の右辺の第1項である(AB/2)cos2

10

20

30

40

50

$f t$ の振幅係数( $AB/2$ )の大きさも $A$ の値が極小となることに対応して極小となる。

【0072】

従って、第1符号化送信信号と第2符号化送信信号との両者が時間軸上に等間隔に配置されるように調整され、2-OTDM/OCDM信号の $2F$  Hzである成分が極大となるように時間遅延量  $t$ が第2符号化送信信号に付加された場合、上述の式(1)の $(AB/2)\cos 2\pi f t$ で与えられる右辺の第1項の振幅係数( $AB/2$ )が極小値を取ることに対応して、周波数が  $f$  Hzである成分の信号強度が極小となる。

【0073】

時間遅延量決定ステップにおいて、第1符号化送信信号に対する第2符号化送信信号の時間遅延量を変化させて、 $f$  Hz信号成分の強度が極小となるこの時間遅延量が決定される。そして、光遅延量設定ステップにおいて、この極小値を与える時間遅延量  $t$ に基づき、 $2^N$ チャンネルのOTDM/OCDM送信信号を生成する方法において、時間遅延量  $t/2^{N-1}$ の整数倍に等しい時間遅延量( $(1/2^{N-1})t$ 、 $(2/2^{N-1})t$ 、 $(3/2^{N-1})t$ 、 $\dots$ 、 $\{(2^N-1)/2^{N-1}\}t$ )を第2~第 $2^N$ 符号化送信信号に順次付加して、遅延第2~遅延第 $2^N$ 符号化送信信号が生成される。

【0074】

以上説明した様に、この発明のOTDM/OCDM送信信号生成方法によれば、多重するチャンネル数分の符号化送信信号の中から選択される2チャンネル分の符号化送信信号を多重して生成される2-OTDM/OCDM信号を、周波数が $(F-f)$  Hzである変調信号で変調し、この変調によって得られた変調OTDM/OCDM信号の  $f$  Hz成分の強度の極小値を与える時間遅延量  $t$ が決定される。そして、この時間遅延量  $t$ に基づき、多重するチャンネルのそれぞれの符号化送信信号に時間遅延を与えて時分割多重を行うことによって、各チャンネルの符号化送信信号が時間軸上に等間隔に配置されるように調整される。

【0075】

常時、上述の第2符号化送信信号に与える時間遅延量  $t$ に対する変調OTDM/OCDM信号の  $f$  Hz成分を監視し、この  $f$  Hz成分の極小値を与える時間遅延量  $t$ に基づき、多重するチャンネルのそれぞれの符号化送信信号に時間遅延を与えて時分割多重を行えば、各チャンネルの符号化送信信号を常時時間軸上に等間隔に配置される。

【0076】

$2^N$ チャンネルのOTDM/OCDM送信信号を生成するOTDM/OCDM送信信号生成装置の場合には、多重するチャンネル数分の符号化送信信号の中から選択される2チャンネル分の符号化送信信号として、第1及び第2符号化送信信号を割り当てれば、第1及び第2符号化送信信号を常時時間軸上に等間隔に配置される。

【図面の簡単な説明】

【0077】

【図1】この発明の実施形態の2チャンネルのOTDM/OCDM送信信号生成装置の概略的ブロック構成図である。

【図2】この発明の実施形態の $2^N$ チャンネルのOTDM/OCDM送信信号生成装置の概略的ブロック構成図である。

【図3】この発明の実施形態の $2^N$ チャンネルのOTDM/OCDM送信信号生成装置が具える光合波器の概略的構成図である。

【図4】光パルス光源、第1チャンネルの光変調器、第1符号化送信信号生成部及び第2符号化送信信号生成部のそれぞれから出力される信号の時間波形の説明に供する図である。

【図5】第1及び第2チャンネルに割り当てられる時間スロットの時間軸上での位置が、等間隔である場合と不等間隔である場合とのそれぞれにおいて、2-OTDM/OCDM信号の時間波形がどのように変わるかの説明に供する図である。(A)は、時間スロットの時間軸上での位置が第1チャンネルと第2チャンネルとで同一位置に重なっている場合の2-OTDM/OCDM信号の時間波形を示す図であり、(B)は等間隔に配置された場合の2-OTDM/OCDM信号の時間波形を示す図である。

【図6】時間遅延量  $t$ に対する電気変調OTDM/OCDM信号に含まれる周波数が  $f$  Hzである

信号成分の強度の関係を示す図である。

【図7】時間遅延量  $t$  を21.4 ps、47.9 ps、71.2 ps、及び94.9 psとした場合の2-OTDM/OCDM信号の時間波形についての説明に供する図である。(A)～(D)は、それぞれ、時間遅延量  $t$  を21.4 ps、47.9 ps、71.2 ps、及び94.9 psとした場合の2-OTDM/OCDM信号43の時間波形を示す図である。常時時間軸上に等間隔に配置される。

【発明を実施するための形態】

【0078】

以下、図を参照して、この発明の実施の形態につき説明する。なお、OTDM/OCDM送信信号生成装置の形態の説明に供する各図、及びOTDM/OCDM送信信号生成装置を構成する構成部分の形態の説明に供する各図は、この発明に係る一構成例を図示するものであり、この発明が理解できる程度に各構成要素の配置関係等を概略的に示しているに過ぎず、この発明を図示例に限定するものではない。また、各図において同様の構成要素については、同一の符号を付して示し、その重複する説明を省略することもある。なお、以下に示す概略的ブロック構成図においては、光ファイバ等の光信号の経路を太線で示し、電気信号の経路を細線で示してある。

10

【0079】

< OTDM/OCDM送信信号生成装置 >

この発明のOTDM/OCDM送信信号生成装置の基本構成を分かり易く説明するために、最初に2チャンネルのOTDM/OCDM送信信号を生成するOTDM/OCDM送信信号生成装置の実施形態について説明する。

20

【0080】

図1を参照してこの発明の実施形態の2チャンネルのOTDM/OCDM送信信号生成装置の構成及びその動作について説明する。図1は、この発明の実施形態の2チャンネルのOTDM/OCDM送信信号生成装置の概略的ブロック構成図である。

【0081】

この発明の実施形態の2チャンネルのOTDM/OCDM送信信号生成装置は、第1符号化送信信号生成部20と、第2符号化送信信号生成部30と、光遅延器40と、光合波器42と、光分岐器44と、光変調器46と、光電変換器48と、スペクトラムアナライザ50と、光遅延量制御器52とを具備して構成される。以下、これらの構成要素及び、これらの構成要素を動作させるために必要となるその他の構成要素を含めて、この発明の実施形態のOTDM/OCDM送信信号生成装置の構成及びその動作について詳細に説明する。

30

【0082】

発振器60から、この2チャンネルのOTDM/OCDM送信信号生成装置の基本動作周波数である  $F$  Hzの基本クロック信号61が出力され、この基本クロック信号61が電気分岐器62によって基本クロック信号63-1及び63-2に分岐される。このうち基本クロック信号63-1はパルス光源10に供給され、パルス光源10から繰り返し周波数が  $F$  Hzである光パルス列11が出力される。

【0083】

一方基本クロック信号63-2は、ミキサ66に供給され、発振器64から出力される周波数が  $f$  Hzである正弦波信号65とミキシングされて、上述した式(1)で与えられる源変調信号67が生成される。源変調信号67は、バンドパスフィルタ68によって周波数が  $(F - f)$  Hzである成分のみがフィルタリングされて、後述する光変調器46の変調信号として利用される。

40

【0084】

パルス光源10から出力される光パルス列11は光分波器12に入力されて、第1光パルス列13-1と第2光パルス列13-2とに分波されて出力される。第1光パルス列13-1は、第1符号化送信信号生成部20に入力される。

【0085】

第1符号化送信信号生成部20は、データ信号発生器14、光変調器16及び符号器18を具備して構成される。ここで、説明の都合上、第1チャンネルが第1符号化送信信号生成部20に割

50

り当てられており、第2チャンネルが後述する第2符号化送信信号生成部30に割り当てられているものとして説明する。

【0086】

以下の説明において、混乱が生じない範囲で、第1符号化送信信号及び第2符号化送信信号を簡略化して両者ともに符号化送信信号ということもある。

【0087】

データ信号発生器14は、第1チャンネルの送信データ信号である2値デジタル電気信号15を出力し、この電気信号15によって光変調器16が変調されることによって、第1光パルス列13-1が第1光パルス信号17に変換されて、光変調器16から出力される。第1光パルス信号17は、符号器18によって第1チャンネルに割り当てられている符号で符号化されて第1符号化送信信号19が生成されて出力される。すなわち、第1符号化送信信号生成部20は、ビットレートがF bit/sである第1チャンネルの光パルス信号17を、符号化して第1符号化送信信号19を生成する。図1において、第1チャンネルが割り当てられていることを示すため、第1符号化送信信号生成部20をCH-1と表示してある。

10

【0088】

第2符号化送信信号生成部30は、データ信号発生器34、光変調器36、符号器38及び光遅延器40を具えて構成される。

【0089】

データ信号発生器34は、第2チャンネルの送信データ信号である2値デジタル電気信号35を出力し、この電気信号35によって光変調器36が変調されることによって、第2光パルス列13-2が第2光パルス信号37に変換されて、光変調器36から出力される。第2光パルス信号37は、符号器38によって第2チャンネルに割り当てられている符号で符号化されて第2符号化送信信号39が生成されて出力される。第2符号化送信信号39は、光遅延器40に入力されて、第1及び第2チャンネルの符号化送信信号を時間軸上で等間隔に配置するために必要となる時間遅延量  $t$  を付加して第2符号化送信信号41を生成する。

20

【0090】

第2符号化送信信号生成部30は、ビットレートがF bit/sである第2チャンネルの光パルス信号37を、符号化して第2符号化送信信号39を生成する。その上で、第2符号化送信信号生成部30が具える光遅延器40から第2符号化送信信号41が出力される。すなわち、第2符号化送信信号生成部30からは、第2符号化送信信号41が出力される。図1において、第2チャンネルが割り当てられていることを示すため、第2符号化送信信号生成部30をCH-2と表示してある。

30

【0091】

第1符号化送信信号19と第2符号化送信信号41とは、光合波器42に入力されて2-OTDM/OCDM信号43が出力される。2-OTDM/OCDM信号43は、光分岐器44に入力されて、2-OTDM/OCDM信号45-1とモニタ用OTDM/OCDM信号45-2に分波されて出力される。2-OTDM/OCDM信号45-1は、2-OTDM/OCDM送信信号として送信される信号として使われる。

【0092】

一方、モニタ用OTDM/OCDM信号45-2は、光変調器46に入力されて、周波数が $(F - f)$  Hzである変調信号71で変調され、変調OTDM/OCDM信号47が生成されて出力される。光変調器46を変調する変調信号としてはバンドパスフィルタ68から出力される周波数が $(F - f)$  Hzである変調信号69を利用すればよいが、利用される光変調器46によっては、変調信号69ではその強度が十分でないこともある。そこで、変調信号として増幅器70で増幅して得られる変調信号71を利用するのが好適である。

40

【0093】

光分岐器44は、2-OTDM/OCDM信号43から信号の一部をタップしてモニタ用OTDM/OCDM信号45-2取り出すタイプの光分岐器を利用しても、また、2-OTDM/OCDM信号43を、2-OTDM/OCDM信号45-1とモニタ用OTDM/OCDM信号45-2とに切り換えて出力する光スイッチタイプの素子を利用してもよい。

【0094】

50

信号の一部をタップして取り出すタイプの光分岐器を利用する場合は、2-OTDM/OCDM信号45-1が常時この発明の実施形態のOTDM/OCDM送信信号生成装置から出力されるのに対して、光スイッチタイプの素子を利用した場合は、 $f$ 信号成分抽出ステップと、時間遅延量決定ステップと、光遅延量設定ステップとが実行されている時間帯は、2-OTDM/OCDM信号45-1が出力されない状態となる。信号の一部をタップして取り出すタイプの光分岐器あるいは光スイッチタイプの素子の何れを利用するかは設計的事項に属する。

【0095】

変調OTDM/OCDM信号47は、光電変換器48に入力されて電気変調OTDM/OCDM信号49に変換されて出力される。電気変調OTDM/OCDM信号49は、スペクトラムアナライザ50に入力され、電気変調OTDM/OCDM信号49に含まれる  $f$  Hz信号成分の強度が検出される。スペクトラムアナライザ50からは、 $f$  Hz信号成分の強度が出力されるので、光遅延器40に設定する遅延時間  $t$  を連続的に変化させつつ  $f$  Hz信号成分の強度の極小値を与える遅延時間  $t$  を知ることができる。

10

【0096】

この、遅延時間  $t$  を光遅延器40に設定するように光遅延量制御器52から光遅延器40に指示信号53によって指示を与えることによって、第1及び第2チャンネルの符号化送信信号が時間軸上に等間隔に配置することが可能となる遅延時間  $t$  が第2符号化送信信号39に付加される。

【0097】

光変調器46、スペクトラムアナライザ50及び光遅延量制御器52を中心として実行される、 $f$ 信号成分抽出ステップ、時間遅延量決定ステップと、及び光遅延量設定ステップは手動によって容易に行える。光遅延器40に設定する遅延時間  $t$  を連続的に変化させつつスペクトラムアナライザ50によって、 $f$  Hz信号成分の強度を目視で観測すれば、 $f$  Hz信号成分の強度の極小値を与える遅延時間  $t$  を知ることができる。この遅延時間  $t$  を手動で光変調器40に設定すれば目的が達成される。

20

【0098】

また、 $f$ 信号成分抽出ステップ、時間遅延量決定ステップ、及び光遅延量設定ステップを自動化することも可能である。図1では、スペクトラムアナライザ50から  $f$  Hz信号成分の強度の極小値を与える遅延時間  $t$  を指定する指定信号51が出され、光遅延量制御器52はこの指定信号51に基づき遅延時間  $t$  を光遅延器40に設定するように指示信号53によって指示を与える構成を、概念的に示してある。自動化については、上述の説明に基づき当業者が周知のプログラミング等の手法を用いて適宜実行することが可能である。

30

【0099】

次に、図2及び図3を参照して $2^N$ チャンネルのOTDM/OCDM送信信号を生成するOTDM/OCDM送信信号生成装置の実施形態について説明する。図2は、この発明の実施形態の $2^N$ チャンネルのOTDM/OCDM送信信号生成装置の概略的ブロック構成図である。

【0100】

図1に示した2チャンネルのOTDM/OCDM送信信号生成装置との相違点は、符号化送信信号生成部が2つだけではなく、第1符号化送信信号生成部120-1、第2符号化送信信号生成部120-2、・・・、第 $2^N$ 符号化送信信号生成部120- $2^N$ の $2^N$ チャンネルに割り当てられるだけの個数を持っていることである。第1符号化送信信号生成部120-1は、図1に示した第1符号化送信信号生成部20と同一の構造である。また、第2～第 $2^N$ 符号化送信信号生成部120-2～120- $2^N$ は、図1に示した第2符号化送信信号生成部30と同一の構造である。

40

【0101】

第2符号化送信信号生成部～第 $2^N$ 符号化送信信号生成部のそれぞれは、光遅延器140-2～光遅延器140- $2^N$ を具備している。なお、かかる構成に限定されず、光遅延器140-2～光遅延器140- $2^N$ を一体化した光遅延器140の場合でも良い。

【0102】

また、光合波器142は、第1符号化送信信号生成部120-1から出力される第1符号化送信信号121-1と、第2～第 $2^N$ 符号化送信信号生成部のそれぞれから出力される遅延第2符号化送

50

信信号121-2～遅延第 $2^N$ 符号化送信信号121- $2^N$ を時分割多重してOTDM/OCDM送信信号143を出力する。以下の説明において、混乱が生じない範囲で、遅延第2符号化送信信号121-2～遅延第 $2^N$ 符号化送信信号121- $2^N$ を簡略化して全て符号化送信信号ということもある。

【0103】

ここで、第1符号化送信信号121-1あるいは遅延第 $2^N$ 符号化送信信号121- $2^N$ 等と、符号化送信信号を識別するために121-1あるいは121- $2^N$ 等と示した場合の「-」は121からの減算を意味する減算記号ではなくハイフン（Hyphen）を意味する。一方、 $t/2^{N-1}$ 等と示した場合の、「N」と「1」との「-」は、数値Nから1を減算することを意味する減算記号である。ハイフンであるか減算記号であるかは、文章あるいは式の前後関係から明らかであるので、いちいち両者を区別するための断り書きをすることを省略する。

10

【0104】

図1に示した光分波器12及び光合波器42にそれぞれ対応する、図2に示す光分波器112及び光合波器142も、時間多重するチャンネル数が増大したことに対応して、合分波する光信号の数に応じた構成とされているだけであり、その基本的な構成は同一である。また、同一の符号を付して示してある構成要素については、図1に示した2チャンネルのOTDM/OCM送信信号生成装置の構成要素と同一であるので、これらの構成要素についての重複する説明を省略する。

【0105】

上述の、f信号成分抽出ステップ、時間遅延量決定ステップ、及び光遅延量設定ステップは、光変調器46、スペクトラムアナライザ50及び光遅延量制御器152を中心として実行されることも共通する。

20

【0106】

光合波器142の構成について、図3を参照して説明する。図3は、この発明の実施形態の $2^N$ チャンネルのOTDM/OCDM送信信号生成装置が具える光合波器142の概略的構成図である。

【0107】

光合波器142は、第1符号化送信信号生成部120-1から出力される第1符号化送信信号121-1及び第2～第 $2^N$ 符号化送信信号生成部120-2～120- $2^N$ からそれぞれ出力される遅延第2符号化送信信号121-2～遅延第 $2^N$ 符号化送信信号121- $2^N$ が入力される。

【0108】

ここでは、第1～第 $2^N$ 符号化送信信号生成部の中から選択される第1及び第2符号化送信信号生成部として、それぞれ第1符号化送信信号生成部120-1及び第2符号化送信信号生成部120-2を選択するものとして説明する。

30

【0109】

光合波器142は、2入力2出力の光カプラ142-1～142-NのN個の光カプラを具えている。光カプラ142-1～142-Nのそれぞれには、順次隣接する符号化送信信号生成部を2つずつ対にして結合されている。例えば、光カプラ142-1は、第1符号化送信信号生成部120-1から出力される第1符号化送信信号121-1と第2符号化送信信号生成部120-2から出力される第2符号化送信信号121-2とを合波して2多重のOTDM/OCDM信号を生成し、この2多重のOTDM/OCDM信号を均等の強度に2分割して出力する。

【0110】

光カプラ142-2～142-Nについても同様に、順次隣接する符号化送信信号生成部から出力される遅延符号化送信信号を合波して2多重のOTDM/OCDM信号を生成し、この2多重のOTDM/OCDM信号を均等の強度に2分割して出力する。

40

【0111】

光カプラ142-2～142-Nの後段にも同様に2入力2出力の光カプラをカスケード配置することによって、第1符号化送信信号121-1～遅延第 $2^N$ 符号化送信信号121- $2^N$ が時分割多重された $2^N$ 多重の時分割多重符号化信号( $2^N$ -OTDM/OCDM信号)143-2が生成される。すなわち、光合波器142には第1符号化送信信号121-1と、遅延第2～遅延第 $2^N$ 符号化送信信号が入力され、OTDM/OCDM送信信号143が出力される。

【0112】

50

光カプラ142-1が、第1符号化送信信号生成部から出力される第1符号化送信信号121-1と第2符号化送信信号生成部120-2から出力される遅延第2符号化送信信号121-2とを合波して2多重のOTDM/OCDM信号を生成し、この2多重のOTDM/OCDM信号を均等の強度に2分割して出力する一方の2-OTDM/OCDM信号143-1も光合波器142から出力される。図2においては、2-OTDM/OCDM信号143-1及び $2^N$ -OTDM/OCDM信号143-2をまとめてOTDM/OCDM信号143として簡略化して示してある。2-OTDM/OCDM信号143-1と $2^N$ -OTDM/OCDM信号143-2とは光分岐器144に入力されて $2^N$ -OTDM/OCDM信号145-1とモニタ用OTDM/OCDM信号145-2に分波されて出力される。 $2^N$ -OTDM/OCDM信号145-1は、 $2^N$ -OTDM/OCDM信号145-1として送信される信号として使われる。

【0113】

10

第1～第 $2^N$ 符号化送信信号生成部120-1～120- $2^N$ から選択される第1及び第2符号化送信信号生成部からそれぞれ出力される第1及び第2符号化送信信号を多重して2-OTDM/OCDM信号を生成するサブ光合波器は、図3においては光カプラ142-1がその役割を担っている。

【0114】

光変調器46は、モニタ用OTDM/OCDM信号145-2を周波数が $(F - f)$  Hzである変調信号71で変調して変調OTDM/OCDM信号147を出力する。

【0115】

スペクトラムアナライザ50は、第2符号化送信信号に付加する時間遅延量の変化に伴い変化する、変調OTDM/OCDM信号147に含まれる  $f$  Hz信号成分の強度を検出する。

【0116】

20

第2符号化送信信号生成部120-2は、図1を参照して説明した第2符号化送信信号生成装置30と同一の構成であり、光遅延器140-2が具えられており、この光遅延器140-2によって、図1に示す第2符号化送信信号生成装置30における第2符号化送信信号39に相当する第2符号化送信信号に時間遅延を付加して遅延第2符号化送信信号が生成される。

【0117】

光遅延量制御器152は、第1符号化送信信号生成部120-1～第 $2^N$ 符号化送信信号生成部120- $2^N$ から出力される符号化送信信号(121-1～121- $2^N$ )のそれぞれに対して、時間軸上に等間隔に配置されるように調整するため、 $f$  Hz信号成分の強度が極小となる第2符号化送信信号に与える時間遅延量  $t$  に基づき決定される、時間遅延量  $t/2^{N-1}$  の整数倍に等しい時間遅延量 $(1/2^{N-1}) t$ 、 $(2/2^{N-1}) t$ 、 $(3/2^{N-1}) t$ 、 $\dots$ 、 $\{(2^N-1)/2^{N-1}\} t$ を第2符号化送信信号生成部120-2～第 $2^N$ 符号化送信信号生成部120- $2^N$ のそれぞれが具える光遅延器に対してに順次設定するように制御する。

30

【0118】

< 符号化送信信号に付加する時間遅延量  $t$  の決定の動作原理 >

図1及び図4～図8を参照して、符号化送信信号に付加する時間遅延量  $t$  を決定する動作原理について説明する。

【0119】

図1に示すように、光パルス列11、第1光パルス信号17、第1符号化送信信号19、及び2-OTDM/OCDM信号43は、それぞれ、光パルス光源10、第1チャンネルの光変調器16、第1符号化送信信号生成部20及び光合波器から出力される。

40

【0120】

図4(A)～(D)は、光パルス光源10、第1チャンネルの光変調器16、第1符号化送信信号生成部20及び光合波器のそれぞれから出力される信号の時間波形の説明に供する図であり、図4(A)は光パルス列11の時間波形、図4(B)は第1光パルス信号17の時間波形、図4(C)は、第1符号化送信信号19の時間波形、図4(D)は2-OTDM/OCDM信号43の時間波形のそれぞれの概略を示している。図4(A)～(D)の各図は、横軸に時間軸を、縦軸方向に光強度をそれぞれ任意スケールで目盛って示してある。

【0121】

図1に、図4(A)～(D)に示すそれぞれの時間波形に対応させて、光パルス列11、第1光パルス信号17、第1符号化送信信号19、及び2-OTDM/OCDM信号43を示す符号(11、17、19、及

50



び43)の右隣に括弧で挟んでA~Dの符号を添えて示してある。

【0122】

光パルス列11は、光分波器12で第1光パルス列13-1と第2光パルス列13-2とに2分割されそれぞれ、第1符号化送信信号生成部20と第2符号化送信信号生成部30とに供給される。第1光パルス列13-1及び第2光パルス列13-2と、光パルス列11とは強度が異なるだけで時間波形は相似の関係にあるから、混乱を招かない範囲で、第1光パルス列13-1及び第2光パルス列13-2の時間波形の何れについても、光パルス列11の時間波形と記載することもある。

【0123】

図4(A)に示すように、光パルス列11は、パルス光源10から出力される繰り返し周波数がF Hzである光パルス列であるから、隣接する光パルスの時間間隔は1/F秒である。例えば、パルス光源10から出力される繰り返し周波数がF GHzである場合、隣接する光パルスの時間間隔は1/F ps(ピコ秒)となる。

10

【0124】

第1符号化送信信号生成部20に第1チャンネルが割り当てられているとして、第1チャンネルの送信データ信号である2値デジタル電気信号15を(0, 1, 0, 0, 1, 0, 1, 1, 1, ...)であるものとして図4(B)に第1光パルス信号17を示してある。光変調器16において光パルス列11をこの電気信号15によって変調すると、光変調器16からは電気信号15が反映された時間波形を有する第1光パルス信号17が出力される。

【0125】

図4(B)には、光変調器16が透過状態か遮断状態かを示す矩形波信号を重ねて示してある。この矩形波信号が2値デジタル電気信号15の時間波形であり、この時間波形を表す矩形波1つ分の時間幅が1チャンネルあたりに分配される時間スロット以下となっている。

20

【0126】

第1符号化送信信号19は、図4(C)に示すように、光パルス1つ分が、第1チャンネルに割り当てられる時間スロット内に複数のチップパルスに時間拡散されることによって符号化が行われて生成される。図4(C)には、光パルス1つ分に対して複数の細かな光パルス(チップパルス)が示されているが、このチップパルスの列が、第1符号化送信信号生成部20が具える符号器18に設定される符号を反映したものとなっている。図4(C)には、符号の構造そのものの詳細を省略し、概略的に光パルス1つ分が複数のチップパルスの群として符号化によって変換されていることを模式的に示してある。

30

【0127】

図4(D)は、第1符号化送信信号19と第2符号化送信信号41とが光合波器42で合波されて出力される2-OTDM/OCDM信号43の時間波形を示している。第2符号化送信信号41は、第2符号化送信信号39に光遅延器40によって時間遅延が付加されて生成される。第2符号化送信信号39は、第2符号化送信信号39が第2チャンネルの送信データ信号である2値デジタル電気信号35によって変調されて生成された第2光パルス信号37を、第2符号化送信信号生成部30が具える符号器38によって符号化されて生成される。

【0128】

ここで、第2チャンネルの第2光パルス列13-2が電気信号35で変調されて第2光パルス信号37が生成され、第2光パルス信号37が符号器38で符号化されて第2符号化送信信号39が生成される過程は、上述の第1チャンネルの第1符号化送信信号19が生成される過程と同様なので、それぞれの過程における時間波形の提示は省略する。ここでは、電気信号35を(1, 1, 0, 0, 1, 0, 1, 0, 1, ...)であるものとし、図4(D)内に第2符号化送信信号41成分を示してある。図4(D)では、第1符号化送信信号19成分に対して「CH-1」、第2符号化送信信号41成分に対して「CH-2」と示して両者が容易に区別できるように示してある。なお、図4(C)に示す時間波形は、第1符号化送信信号19の時間波形であるので、図4(C)に示す時間波形と、図4(D)に示す第1符号化送信信号19成分の時間波形とは、時間軸上で重なる。

40

【0129】

図5(A)及び(B)を参照して、光遅延器に設定する時間遅延量  $t$  を変化させて、第1及び第2チャンネルに均等に時間スロットが割り当てられる状況について説明する。

50

## 【 0 1 3 0 】

図5(A)及び(B)は、第1及び第2チャンネルの符号化送信信号の時間軸上での位置が、等間隔である場合と不等間隔である場合とのそれぞれにおいて、2-OTDM/OCDM信号43の時間波形がどのように変わるかの説明に供する図である。図5(A)は、時間スロットの時間軸上での位置が第1チャンネルと第2チャンネルとで同一位置に重なっている場合の2-OTDM/OCDM信号43の時間波形を示す図であり、図5(B)は、第2符号化送信信号39に光遅延器40によって時間遅延が付加されたことによって、第1チャンネル及び第2チャンネルのそれぞれの符号化多重信号の時間軸上での位置が等間隔になるように設定された場合の2-OTDM/OCDM信号43の時間波形を示す図である。

## 【 0 1 3 1 】

第2符号化送信信号41は、第2符号化送信信号39に光遅延器40によって時間遅延が付加されて生成される。従って、光遅延器40によって時間遅延が付加される時間遅延量  $t$  の値如何によっては、2-OTDM/OCDM信号43の時間波形は、図5(A)に示すように、時間スロットの時間軸上での位置が第1チャンネルと第2チャンネルとで同一位置に重なる。図5(A)において「CH-1(CH-2)」と表示し、第1チャンネルと第2チャンネルの時間スロットが重なっていることを示してある。

## 【 0 1 3 2 】

すなわち、上述の時間遅延量  $t$  の値如何によっては第1チャンネルのチップパルス群と第2チャンネルのチップパルス群とが、時間軸上で重なる。そこで、上述の時間遅延量  $t$  を調整して、第1チャンネル及び第2チャンネルのそれぞれの時間スロットの時間軸上での位置が等間隔になるように設定することが可能であり、このような状態が実現した場合の2-OTDM/OCDM信号43の時間波形が図5(B)に示す形状となる。この発明の目的は、このような条件を満たす時間遅延量  $t$  の値を求めることにある。第1及び第2チャンネルに割り当てられる時間スロットの時間軸上での位置が等間隔である場合、第1及び第2チャンネルの符号化送信信号が時間軸上で等間隔に配置された状態となる。

## 【 0 1 3 3 】

図5(A)と図5(B)とを比較すると、以下のことが分かる。すなわち、図5(A)に示すように時間スロットの時間軸上での位置が第1チャンネルと第2チャンネルとで同一位置に重なっている場合は、第1チャンネル及び第2チャンネルのチップパルス群の時間軸上での配置間隔は、 $1/F$  Hzである場合が圧倒的に多く、配置間隔が $1/2F$  Hzとなっている箇所はない。

## 【 0 1 3 4 】

これに対して、図5(B)に示すように第1チャンネル及び第2チャンネルのそれぞれのチップパルス群の時間軸上での配置間隔が等間隔になるように設定された場合は、チップパルス群の時間軸上での配置間隔は、 $1/2F$  Hzである場合が高頻度で現れる。時間遅延量  $t$  を調整して、図5(B)に示す時間波形となった場合が、チップパルス群の時間軸上での配置間隔が $1/2F$  Hzとなっている箇所が最も多くなる。

## 【 0 1 3 5 】

従って、2-OTDM/OCDM信号43をスペクトル分解すれば、時間遅延量  $t$  に対応して、2-OTDM/OCDM信号43に含まれる $F$  Hzの周波数成分と $2F$  Hzの周波数成分とが、一方の周波数成分が増大すれば他方の周波数成分が減少するように変化し、図5(B)に示す時間波形となった場合に $2F$  Hzの周波数成分強度が極大となり、 $F$  Hzの周波数成分強度が極小となる。

## 【 0 1 3 6 】

しかしながら、 $F$  Hzの周波数成分あるいは、 $2F$  Hzの周波数成分は、一般にGHzの単位で表示される非常な高周波数成分である。そのため通常のスペクトルアナライザで観測することは困難である。そこで、2-OTDM/OCDM信号43を、周波数が $(F - f)$  Hzである変調信号で変調し、変調されて生成される変調OTDM/OCDM信号47の周波数が  $f$  Hzである成分の強度を観測することによって、OTDM/OCDM信号の周波数が $2F$  Hzである成分を間接的に観測する。ここで、 $f$  は  $f > 0$  を満たす実数であって、 $F$  は  $F > f$  を満たす実数である。

## 【 0 1 3 7 】

そこで、まず周波数が $(F - f)$  Hzである変調信号を生成する必要がある。図1を参照し

10

20

30

40

50

てこの変調信号の生成方法について説明する。

【0138】

発振器60から、F Hzの基本クロック信号61が出力され、この基本クロック信号61が電気分岐器62によって基本クロック信号63-1及び63-2に分岐される。基本クロック信号63-2は、ミキサ66に供給され、発振器64から出力される周波数が f Hzである正弦波信号65とミキシングされて、源変調信号67が生成される。

【0139】

基本クロック信号63-2はF Hzの基本クロック信号であるから、その振幅の大きさをCとすれば、 $C\sin 2\pi Ft$ で与えられる。一方、周波数が f Hzである正弦波信号65は、その振幅の大きさをDとすれば、 $D\sin 2\pi ft$ で与えられる。従って、ミキサ66から出力される源変調信号67は、次式(2)

$$C\sin 2\pi Ft \times D\sin 2\pi ft = (CD/2)\{\cos 2\pi (F-f)t - \cos 2\pi (F+f)t\} \quad (2)$$

で与えられる。

【0140】

この源変調信号67をバンドパスフィルタ68によって周波数が(F-f) Hzである成分を選択して、周波数が(F-f) Hzである変調信号69を生成して出力させる。変調信号69の強度を、光変調器を駆動するのに必要な強度に増幅するため増幅器70を用いる。増幅器70から出力される変調信号71は、その周波数が(F-f) Hzである正弦波信号である。ここで、正弦波信号である変調信号71の位相を無視し、振幅の大きさをBとすれば、その信号形状は、 $B\sin 2\pi (F-f)t$ と表すことが可能である。このようにして周波数が(F-f) Hzである変調信号71が生成される。

【0141】

2-OTDM/OCDM信号45-2を光変調器46によって周波数が(F-f) Hzである変調信号71で変調すると、既に示した式(1)で表されるように、周波数が(2F-f) Hzである信号成分と周波数が f Hzである信号成分との和で与えられる変調OTDM/OCDM信号47が得られる。ここで、説明の便宜のために式(1)を以下に再度記載する。

$$A\sin 2\pi Ft \times B\sin 2\pi (F-f)t \\ = (AB/2)\cos 2\pi ft - (AB/2)\cos 2\pi (2F-f)t \quad (1)$$

上述したように、周波数がF Hzである信号成分が極小となるのは、式(1)において、 $A\sin 2\pi Ft$ の振幅係数であるAの値が極小となることに対応する。この場合、式(1)の右辺の第1項である $(AB/2)\cos 2\pi ft$ の振幅係数 $(AB/2)$ の大きさもAの値が極小となることに対応して極小となる。

【0142】

従って、第1符号化送信信号19と第2符号化送信信号39との両者に均等に時間スロットが分配され、2-OTDM/OCDM信号45-2の周波数が2F Hzである信号成分が極大となるように時間遅延量 tが第2符号化送信信号39に付加された場合、上述の式(1)の $(AB/2)\cos 2\pi ft$ で与えられる右辺の第1項の振幅係数 $(AB/2)$ が極小値を取ることに対応して、周波数が f Hzである成分の強度が極小となる。

【0143】

従って、この発明のOTDM/OCDM送信信号生成方法によれば、 f 信号成分抽出ステップにおいて、2-OTDM/OCDM信号45-2が、周波数が(F-f) Hzである変調信号71で変調され、この変調信号71で変調された2-OTDM/OCDM信号45-2に含まれる f Hz信号成分の強度が検出される。

【0144】

図6を参照して、第2符号化送信信号39に光遅延器40によって付加される時間遅延量 tに対する、電気変調OTDM/OCDM信号49に含まれる周波数が f Hzである成分の強度の関係を説明する。図6は、時間遅延量 tに対する電気変調OTDM/OCDM信号49に含まれる周波数が f Hzである信号成分の強度の関係を示す図であり、横軸に時間遅延量 tをps単位で目盛って示してあり、縦軸に周波数が f Hzである信号成分の強度をdB単位で目盛って示してある。

10

20

30

40

50

## 【 0 1 4 5 】

図6に示す時間遅延量  $t$  に対する周波数が  $f$  Hzである信号成分の強度の関係は、 $F$  Hz = 9.95328 GHz、 $f = 250$  MHz (=0.25 GHz)として行った実験によって得られた結果である。時間遅延量  $t$  を21 psとすることにより電気変調OTDM/OCDM信号49に含まれる周波数が  $f$  Hzである信号成分の強度が極小値をとっている(図6のA)。

## 【 0 1 4 6 】

発振器64から出力される周波数である  $f$  Hzの値の大きさは、一般に市販されているスペクトラムアナライザーを利用して容易に観測することが可能である範囲に設定するのがよい。上述のように、 $f$  Hzの値の大きさを  $f = 250$  MHz (=0.25 GHz)と設定すれば、一般に市販されているスペクトラムアナライザーを利用して容易に観測することが可能である。

10

## 【 0 1 4 7 】

図7(A)~(D)を参照して、時間遅延量  $t$  を21 ps、48 ps、71 ps、及び94 ps(図6においてそれぞれA、B、C、Dで示す。)とした場合の2-OTDM/OCDM信号43の時間波形について説明する。図7(A)~(D)は、それぞれ、時間遅延量  $t$  を21 ps、48 ps、71 ps、及び94 psとした場合の2-OTDM/OCDM信号43の時間波形を示す図である。図7(A)~(D)のそれぞれにおいて、見やすいように第1チャンネル及び第2チャンネルのチップパルス群について、それぞれ「ch1」及び「ch2」と表示してある。

## 【 0 1 4 8 】

上述したように、時間遅延量  $t$  が21 psである場合に電気変調OTDM/OCDM信号49に含まれる周波数が  $f$  Hzである成分の強度が極小値をとっている。すなわち、この場合は第1チャンネルと第2チャンネルとに時間スロットが均等に割り当てられていることが、図7(A)に示すとおり明らかである。時間遅延量  $t$  が21 psから外れている図7(B)~(D)に示す図においては、第1チャンネルと第2チャンネルとに時間スロットが均等には割り当てられていないことが分かる。

20

## 【 0 1 4 9 】

従って、2チャンネルのOTDM/OCDM送信信号生成装置の場合は、時間遅延量  $t$  が  $t = 21$  psとなるように、第2符号化送信信号39に時間遅延を与えれば、第1及び第2チャンネルの符号化送信信号が時間軸上に等間隔に配置される。

## 【 0 1 5 0 】

また、 $2^N$ チャンネルのOTDM/OCDM送信信号生成装置の場合は、第1符号化送信信号生成部120-1~第 $2^N$ 符号化送信信号生成部120- $2^N$ から出力される符号化送信信号(121-1~121- $2^N$ )のそれぞれに対して、時間遅延量 $1/2^{N-1} \times (21 \text{ ps})$ の整数倍に等しい時間遅延量( $1/2^{N-1}) \times (21 \text{ ps})$ 、 $(2/2^{N-1}) \times (21 \text{ ps})$ 、 $(3/2^{N-1}) \times (21 \text{ ps})$ 、 $\dots$ 、 $\{(2^N-1)/2^{N-1}\} \times (21 \text{ ps})$ を第2符号化送信信号生成部120-2~第 $2^N$ 符号化送信信号生成部120- $2^N$ のそれぞれが具える光遅延器に対して順次設定すれば符号化送信信号(121-1~121- $2^N$ )のそれぞれが時間軸上に等間隔に配置される。

30

## 【 0 1 5 1 】

ここで、一般に、 $M$ チャンネル( $M$ は2以上の整数である。)の光パルス信号をそれぞれ符号化して多重する場合において、時間遅延量決定ステップにおいて求められた時間遅延量  $t$  に基づき、第1~第 $M$ チャンネルのそれぞれの符号化送信信号に与える時間遅延を算出するための基本的な考え方の一例を示す。

40

## 【 0 1 5 2 】

$M$ チャンネルの光パルス信号がそれぞれ符号化されて多重する場合、 $2 \ t$ の時間スロットに、第1~第 $M$ チャンネルの符号化送信信号を全て挿入する必要がある。すなわち、 $2 \ t$ の $1/M$ の時間間隔を置いて第1~第 $M$ チャンネルの符号化送信信号を時間軸上に配置すれば良い。従って、第1~第 $M$ 符号化送信信号生成部から出力される符号化送信信号が時間軸上に等間隔に配置されるように調整するためには、上述の時間遅延量  $t$  に基づき決定される時間遅延量 $2 \ t/M$ の整数倍に等しい時間遅延量 $2 \ t/M$ 、 $2 \times (2 \ t/M)$ 、 $3 \times (2 \ t/M)$ 、 $\dots$ 、 $(M-1) \times (2 \ t/M)$ を第2~第 $M$ 符号化送信信号生成部のそれぞれが具える光遅延器に

50

対してに順次設定すればよい。

【 0 1 5 3 】

Mが $M=2^N$ で与えられる場合は、上述したように、時間遅延量決定ステップにおいて求められた時間遅延量  $t$  に基づき算出される時間遅延量  $2^{-1}t/2^N = t/2^{N-1}$  の整数倍に等しい、時間遅延量  $(1/2^{N-1})t$ 、 $(2/2^{N-1})t$ 、 $(3/2^{N-1})t$ 、 $\dots$ 、 $\{(2^N-1)/2^{N-1}\}t$  を第2～第 $2^N$ 符号化送信信号生成部のそれぞれが具える光遅延器に対してに順次設定すればよい。

【 0 1 5 4 】

また、事情によっては、ビットレートがF bit/sであるMチャンネルの光パルス信号をそれぞれ符号化して多重する場合、 $2^{-1}t$ の時間スロットに、第1～第Mチャンネルの符号化送信信号を全て挿入するほかに、この $2^{-1}t$ の時間スロット内に時間スロット  $t$  を別枠として確保しておく必要がある場合もある。ここで、 $t$  は、 $0 < t < 2^{-1}t$  を満たす実数であるが、実用上多くの場合、 $t$  は $2^{-1}t$  よりも十分に小さい値に設定される。

10

【 0 1 5 5 】

この場合は、時間スロット  $t$  を差し引いた残りの時間スロットに、第1～第M符号化送信信号生成部から出力される符号化送信信号が時間軸上に等間隔に配置されるように調整することになる。すなわち、この場合は、上述の時間遅延量  $t$  に基づき決定される時間遅延量として $(2^{-1}t - t)/M$ を採用する。

【 0 1 5 6 】

そして、 $(2^{-1}t - t)/M$ の整数倍に等しい時間遅延量 $(2^{-1}t - t)/M$ 、 $2 \times (2^{-1}t - t)/M$ 、 $3 \times (2^{-1}t - t)/M$ 、 $\dots$ 、 $(M-1) \times (2^{-1}t - t)/M$ を第2～第M符号化送信信号生成部のそれぞれが具える光遅延器に対してに順次設定すればよい。

20

【 符号の説明 】

【 0 1 5 7 】

10：パルス光源

12、112：光分波器

14、34：データ信号発生器

16、36、46：光変調器

18、38：符号器

20、120-1：第1符号化送信信号生成部

30

30、120-2：第2符号化送信信号生成部

40、140-2、140- $2^N$ ：光遅延器

42、142：光合波器

44、144：光分岐器

48：光電変換器

50：スペクトラムアナライザ

52、152：光遅延量制御器

60、64：発振器

62：電気分岐器

66：ミキサ

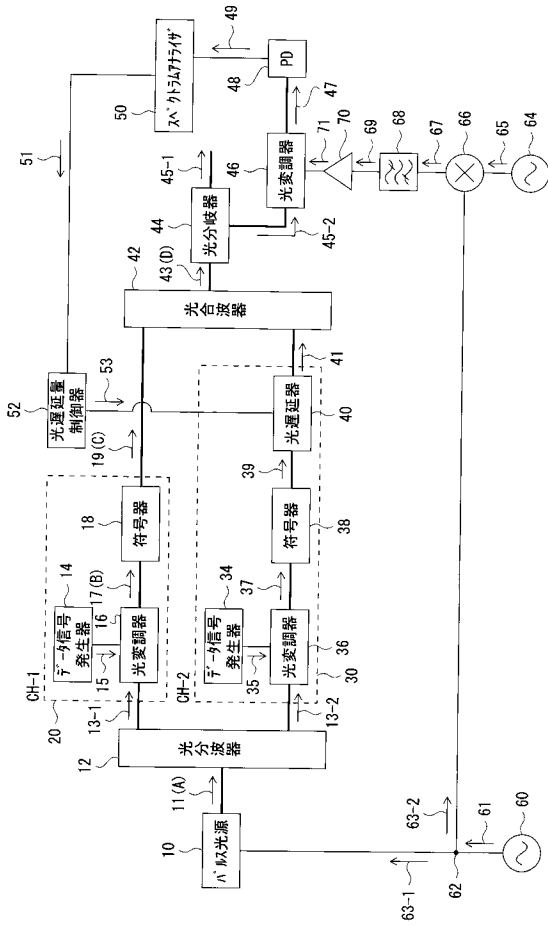
40

68：バンドパスフィルター

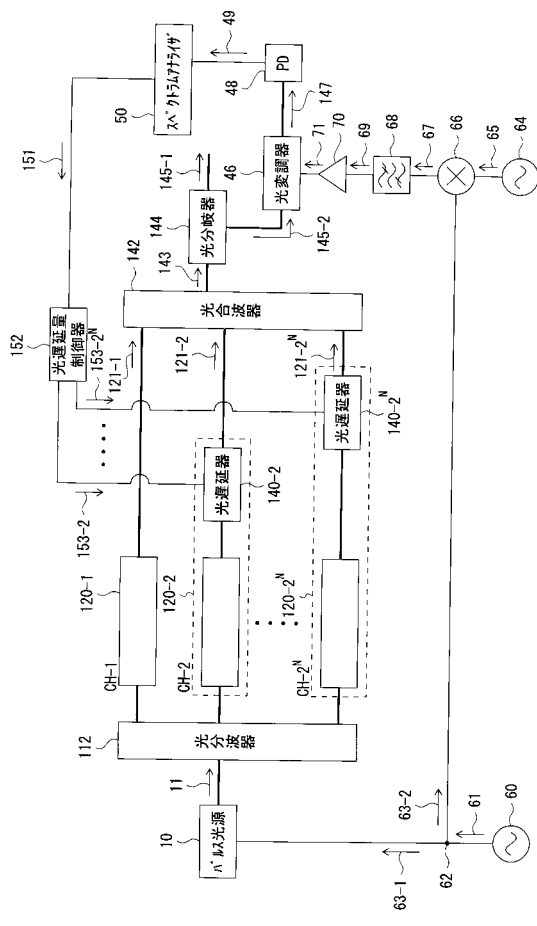
70：増幅器

120- $2^N$ ：第 $2^N$ 符号化送信信号生成部

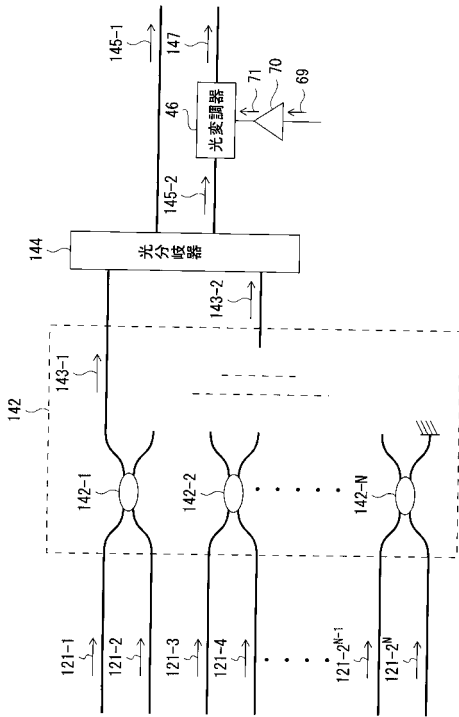
【図1】



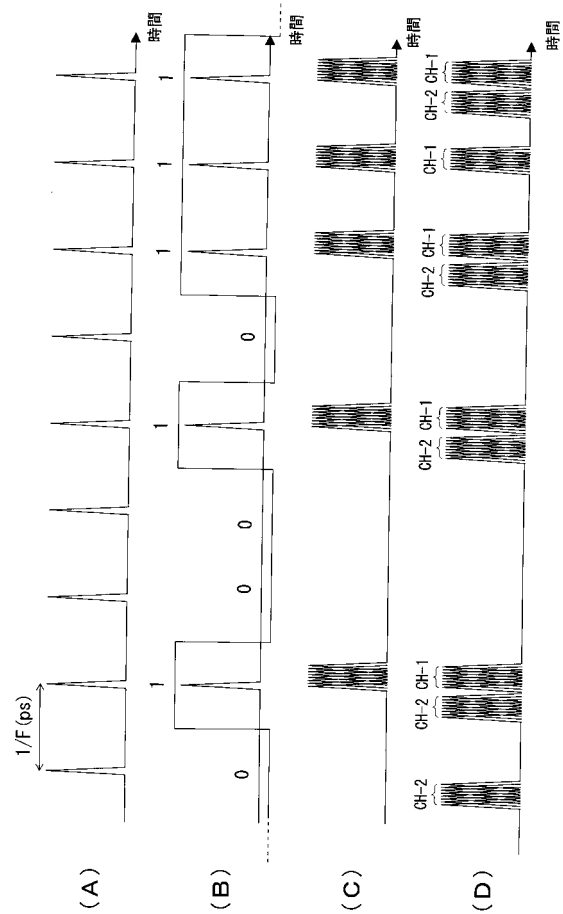
【図2】



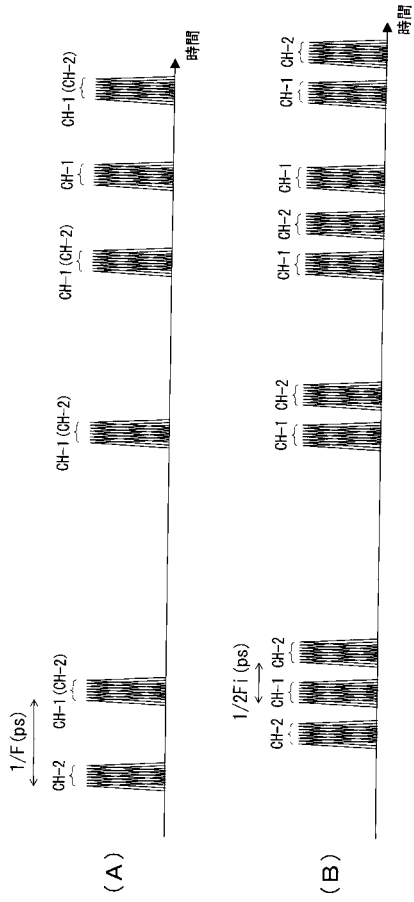
【図3】



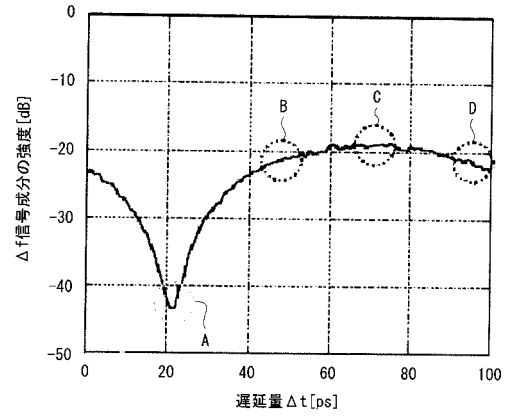
【図4】



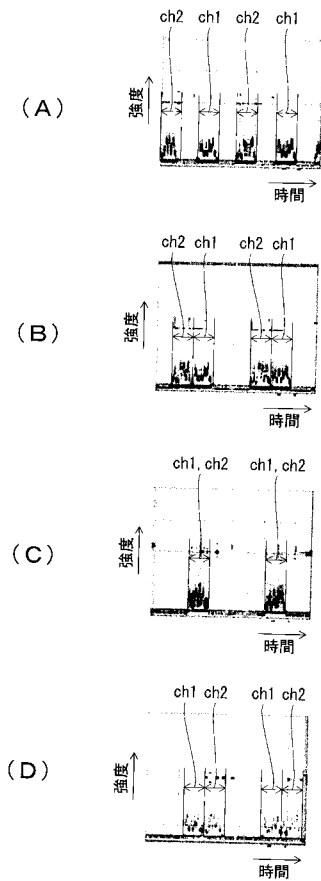
【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】



---

フロントページの続き

(51)Int.Cl.	F I	テーマコード(参考)
<i>H 0 4 B 10/142 (2006.01)</i>		
<i>H 0 4 B 10/152 (2006.01)</i>		
<i>H 0 4 J 3/00 (2006.01)</i>		
<i>H 0 4 B 1/707 (2006.01)</i>		

Fターム(参考) 5K102 AA03 AA61 AD12 AD14 AH31 MA01 MB02 MC06 MD01 MH02  
MH13 MH25 PB20 PH01 PH47 PH48 RB01