

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4422376号
(P4422376)

(45) 発行日 平成22年2月24日(2010.2.24)

(24) 登録日 平成21年12月11日(2009.12.11)

| | |
|--------------|-----------------------|
| (51) Int.Cl. | F 1 |
| HO4B 10/00 | (2006.01) HO4B 9/00 B |
| HO4J 14/08 | (2006.01) HO4B 9/00 D |
| HO4B 10/02 | (2006.01) HO4B 9/00 M |
| HO4B 10/18 | (2006.01) HO4J 3/00 Q |
| HO4J 3/00 | (2006.01) |

請求項の数 14 (全 9 頁)

| | |
|---------------|-------------------------------|
| (21) 出願番号 | 特願2001-512726 (P2001-512726) |
| (86) (22) 出願日 | 平成12年7月19日 (2000.7.19) |
| (65) 公表番号 | 特表2003-505974 (P2003-505974A) |
| (43) 公表日 | 平成15年2月12日 (2003.2.12) |
| (86) 国際出願番号 | PCT/GB2000/002780 |
| (87) 国際公開番号 | W02001/008332 |
| (87) 国際公開日 | 平成13年2月1日 (2001.2.1) |
| 審査請求日 | 平成19年5月30日 (2007.5.30) |
| (31) 優先権主張番号 | 99305834.6 |
| (32) 優先日 | 平成11年7月23日 (1999.7.23) |
| (33) 優先権主張国 | 欧洲特許庁 (EP) |

| | |
|-----------|---|
| (73) 特許権者 | 390028587 ブリティッシュ・テレコミュニケーションズ・パブリック・リミテッド・カンパニー BRITISH TELECOMMUNICATIONS PUBLIC LIMITED COMPANY イギリス国, イーシー1エー・7エー・ジエイ, ロンドン, ニューゲート・ストリート 81 |
| (74) 代理人 | 100058479 弁理士 鈴江 武彦 |
| (74) 代理人 | 100084618 弁理士 村松 貞男 |
| (74) 代理人 | 100092196 弁理士 橋本 良郎 |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】高ビットレートのOTDM信号のための光発生器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

(a) ビットレートを有する入来光データ流を受け取るように構成されたデータ分割段と、(b) 再生段とを備える光再生器であって、

前記データ分割段は、該入来光データ流を、各々が入来データ流のビットレートよりも低いビットレートを有する複数の別の光データ流へ分割するように構成され、

前記再生段は、複数の光ゲート手段であって、各々が制御入力において別のデータ流のそれぞれ1つを受取り、別の入力において光クロック流を別のデータ流のビットレートの周波数またはその倍数で受取るように構成されたものを含み、

該ゲート手段の出力が、該再生器の光出力へ一緒に接続され、前記出力においてビットをインターリーブした再生成された光データ流を供給するように構成された光再生器。

【請求項2】

前記データ分割段が、

複数の光ゲート手段であって、各々がそれぞれのデータ入力において入来データ流を受取り、それぞれの制御入力において光クロック流を別のデータ流のビットレートの周波数で受取るように構成されたものと、

それぞれのゲート手段の各々について入来データ信号に関係して異なるそれぞれの遅延を前記光クロック流に加えるように構成された遅延手段と、を含む請求項1に記載の再生器。

【請求項3】

10

20

該再生器が、受取ったビットが非同期の光パケットを再生するように構成されていて、該再生段のゲート手段の各々が、光ゲートのアレイと、アレイを構成しているゲートの各々においてクロック信号とデータ信号との間で異なるそれぞれの遅延を加えるための手段と、受取った光パケットのビットレベルのフェーズに依存してアレイ内のゲートの1つから光出力を選択するスイッチ手段と、を含む請求項1または請求項2に記載の再生器。

【請求項4】

光データ信号を再生する方法であって、

(a) あるビットレートで入来光データ信号を複数の別のデータ流に分割する段階であって、別のデータ流の各々が該入来光信号のビットレートよりも低いビットレートを有するものと、

(b) 複数の別のデータ流の制御のもとで、より低いビットレートの周波数またはその倍数でクロック信号をゲートする段階と、

(c) 段階(b)によって生成された光信号をインターリープして、それによって入来光データ信号のビットレートで再生成された光信号を生成する段階と、を含む方法。

【請求項5】

該光データ信号を分割する段階は、

複数の各ゲート手段のそれぞれの入力へ光データ信号を供給することと、

複数の各ゲート手段のそれぞれの制御入力へ別の信号のビットレートの周波数またはその倍数で光クロック流を供給することと、

より高いビットレートデータ信号に関係して異なるそれぞれの遅延を前記光クロック流の各々に加えることと、を含む請求項4に記載の方法。

【請求項6】

該クロック信号をゲートする段階が、

前記データ流の各々を光ゲートのアレイへ供給することと、

アレイを構成しているゲートの各々においてクロック信号とデータ信号との間に異なるそれぞれの遅延を加えることと、

受取ったビットが非同期の光データ信号のビットレベルのフェーズに依存して各アレイ内の複数のゲートの1つから光出力を選択することと、を含む請求項4または請求項5に記載の方法。

【請求項7】

光ネットワーク内の接続のための、請求項1ないし請求項3のいずれか1項に記載の再生器を含むノード。

【請求項8】

ネットワークのローカルトラフィックに対する追加／削除機能をさらに含む請求項7に記載のノード。

【請求項9】

請求項7または請求項8に記載のノードを含む光ネットワーク。

【請求項10】

請求項4に記載の光データ信号を再生する方法を実現するように構成された再生器であつて、

(a) あるビットレートで入来光データ信号を複数の別のデータ流に分割する手段であつて、別のデータ流の各々が該入来光信号のビットレートよりも低いビットレートを有するものと、

(b) 複数の別のデータ流の制御のもとで、より低いビットレートの周波数またはその倍数でクロック信号をゲートする手段と、

(c) 手段(b)によって生成された光信号をインターリープして、それによって入来光データ信号のビットレートで再生成された光信号を生成する手段と、を含む再生器。

【請求項11】

該入来光データ流が160ギガビット／秒のビットレートを有する請求項1から請求項3及び請求項10のいずれか1項に記載の再生器。

10

20

30

40

50

【請求項 12】

該入来光データ流が 160 ギガビット / 秒のビットレートを有する請求項 4 乃至請求項 6 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 13】

該入来光データ流が 160 ギガビット / 秒のビットレートを有する請求項 7 又は請求項 8 に記載のノード。

【請求項 14】

該入来光データ流が 160 ギガビット / 秒のビットレートを有する請求項 9 に記載のネットワーク。

【発明の詳細な説明】

10

【0001】**発明の属する技術分野**

本発明は、光ネットワーク上を送られる光時分割多重化 (optical time division multiplexed, OTDM) 信号で使用するのに適した光再生器に関する。信号は、例えば光パケットまたは回路交換データ流であってもよい。

【0002】**従来の技術**

光通信ネットワーク上で使用可能なバンド幅を十分に使用するために、毎秒数十または数百ギガビットの非常に高いビットレートで時分割多重化信号を送ることが望ましい。しかしながら、このような信号を構成している継続時間の非常に短いパルスは、例えば、光増幅器内のノイズ、光伝送媒体における分散、および / またはパケットが横断するノードにおける処理の影響によって、直ぐに形状、タイミング、および信号対雑音比を劣化させる。したがって、望ましくないことに光ネットワークの範囲が制限されないときは、光再生器を使用して、光信号を構成しているパルス列のタイミングおよび形状を復元することが必要である。理想的には、再生器は “3R” 再生器として機能し、パルスを再び増幅し (re-amplify)、再び時間合せし (re-time、再タイミング)、および再び形成する (re-shape、再整形)。適切な光再生器の例は、文献 (Lucek J and Smith K, Optics Letters, 18, 1226-28 (1993))、および文献 (Phillips I D, Ellis A D, Thiele H J, Manning R J and Kelly A E, Electronics Letters, 34, 2340-2342 (1998)) に記載されている。このような技術を使用して、光データ信号が非常に数多くのノードを通過するときに、ノードの統合性を維持することができる。例えば文献 (Thiele H J, Ellis A D and Phillips I D, Electronics Letters, 35, 230-231 (1991)) では、再循環ループにおけるカスケード接続された 40 ギガビット / 秒の 3R データの再生について記載している。100 キロメートルの間隔を空けた再生器では、ループ内のエラーのない伝達距離はオーダで 200 キロメートルから 2000 キロメートルまで延長される。再生器をファイバの非線形の光デバイスではなく、半導体の非線形の光デバイスから作ると、コンパクトで、安定性があり、組み込み易く、比較的に低いパルスエネルギーで動作するので好ましい。

【0003】

通常、光再生器は、データラインレートで光クロック信号を受取る第 1 の光入力と、第 2 の光入力と、再生されるデータ信号を受取る制御入力とをもつ光ゲートを含む。通常、非線形の光学素子を含むゲートは、加えられた光制御信号において二値の ‘1’ が現れたときには伝送状態を変更し、一定時間の後にゲートウインドウとして知られている元の非伝送状態に戻る。光制御信号において二値のディジットの ‘0’ が現れたときは、ゲートの状態は変更されない。非線形素子の状態によって、ゲートへの入力における光クロック列内の所与のパルスがゲートから出力へ送られるか否かを判断する。このやり方では、入力データ流内のビットパターンは光クロック列上に加えられ、出力されて、再生された光データ流を形成する。しかしながら、文献 (Kelly A E et al, Electronics Letters, (in press, July 1999)) において報告された実験では、半導体応用の全光再生器は 80 ギガビット / 秒のビットレートで機能できるが、さらに高いビットレートでは十分に働くことができず、その後は通常はビット期間は光ゲートの回復時間よりも相当に短くなり、した

20

30

40

50

がって再生された信号はビットエラーを導くパターン形成作用を含むことが分かった。

【0004】

発明が解決しようとする課題

本発明の第1の態様にしたがって、光再生器であって：(a)あるビットレートをもつ入力光データ流を受取り、入力光データ流を、各々が入力データ流のビットレートよりも低いビットレートをもつ複数の別の光データ流へ分割するようにされているデータ分割段と；(b)複数の光ゲート手段)であって、各々が制御入力において別のデータ流のそれぞれを受取り、別の入力において光クロック流を別のデータ流のビットレートの周波数またはその倍数で受取るようにされていて、ゲート手段の出力が再生器の光出力(5)へ一緒に接続され、前記出力においてビットをインターリープした再生された光データ流を供給するようにされている複数の光ゲート手段をもつ再生段とを含む光再生器を提供する。

10

【0005】

本発明では、既存の設計よりも相当に高いビットレートで機能することができる全光発生器を提供する。例えば、現在の技術を使用して、160ギガビット/秒で機能する全光再生器を構成することができる。本発明の発明者は、光再生器の機能は光ゲートの回復時間によって制限されているが、ランダムなデータシーケンスを含む信号とは対照的に、その回復時間の効果は規則的なクロック信号について異なる。したがって、それにも関わらず、80ギガビット/秒までのデータ信号のための再生器として効果的に機能できるゲートは、このビットレートの2倍でデータ信号に対するデマルチプレクサとして機能することができる。本発明の再生器は、この差を利用して、より相当に高いビットレートで動作できるシステムを提供する。これは、最初により高いビットレートのデータ流を、より低いビットレートの多数の並列データ流へ分割し、より低いビットレートのこれらの異なる分割されたデータ流を制御信号として多数のゲートへ供給することによって達成され、各ゲートはより低いビットレートの周波数またはその倍数でクロック信号を入力において受取る。異なるゲートの出力がインターリープされるときは、より高いビットレートの再生されたデータ流が作られる。

20

【0006】

データ分割段は、複数のゲート手段であって、各ゲート手段が、それぞれの駆動入力においてデータ流を受取り、それぞれの制御入力においてより低いビットレートの周波数でクロック流を受取るようにされている複数のゲート手段と、それぞれのゲート手段の各々についてより高いビットレートのデータ信号に対してより低いビットレートの周波数のクロック信号に異なるそれぞれの遅延を加えるようにされている遅延手段とを含むことが好ましい。

30

【0007】

全光再生器は、ビット同期ネットワークにおいて機能するようにされていて、この場合に、ビットレベルのクロックに同期させるローカルクロックソースからクロック信号を受取ることができる。このようなシステムでは、ゲート手段の各々は、例えばTOD(テラヘルツ光非同期デマルチプレクサ)構造を使用した単一の光ゲートを含む。

【0008】

その代わりに、光再生器はネットワーク内で使用され、ビットレベルで非対称に機能してもよい。この場合に、光再生器には、本発明の発明者の現在審査中の出願第PCT/GB99/01159号に記載され、権利を主張されている再生器構造を取り入れてもよい。この場合に、再生段においてゲート手段の各々は光ゲートのアレイ、光ゲートのアレイの各々においてクロック流内にデータ流に関係して異なるそれぞれの遅延を加えるようにされている遅延手段、および光ゲートのアレイの全ての出力へ接続され、かつアレイのゲートの1つから光データ流を選択的に出力するようにされている光スイッチを含む。その代わりに、現在審査中の出願第PCT/GB99/01159号に記載されているように、入力パケットのフェーズをシフトして、ローカルの自走光クロックソースの位相と整合させる手段と関連して、単一のゲート手段を使用してもよい。

40

【0009】

50

本発明の第2の態様にしたがって、光データ信号を再生する方法であって：

(a) あるビットレートの入力光データ信号を複数の別のデータ流に分割し、別のデータ流の各々が受取った光信号のビットレートよりも低いビットレートをもたせる段階と；

(b) 複数の別のデータ流の制御のもとで、別の信号のビットレートの周波数またはその倍数でクロック信号をゲートする段階と；

段階 (b) によって生成された光信号をインターリープして、受取った光データ信号のビットレートで再生された光信号を生成する段階とを含む方法を提供する。

【0010】

ここで本発明を実現するシステムをより詳しく例示的に添付の図面を参照して記載することにする。

10

【0011】

発明の実施の形態

光再生器は、光データ分割段1および光再生段2を含む。高ビットレート、この例では160ギガビット/秒の光時分割多重化(optical time division multiplexed, OTDM)データ流は、データ分割段1の光入力3において受取られる。より低いビットレート、この例では80ギガビット/秒の分割されたデータ流がデータ分割段1の光出力4a、4bから、光再生段2へ送られる。データ流を使用して、より低いビットレートの周波数またはその倍数、この例では80ギガヘルツで光クロック信号をゲートして、再生段2の光出力5において再生された高ビットレートの光データ流を生成する。

【0012】

同期データ流で使用する再生器では、データ分割および再生段は、光データ流のビットレートと、再生段2へ入力された分割されたデータ流のより低いビットレートとの比をnで表わすとき、合計で2nの光ゲートを必要とする。この例では、n=2であり、分割段1には2つの光ゲートがあり、再生段2には別の2つの光ゲートがある。図1に示したように、分割段1における2つのゲートの各々は光入力3へ一緒に接続され、160ギガビット/秒の光パルス流によって駆動される。80ギガビットのより低いビットレートの光クロック信号は、光ゲート6、7の各々へ供給される。光遅延8は、ゲート6、7への光供給の間に含まれている。光遅延の大きさは入力3において光データ流内の連続ビット間の区切り(separation)に等しいと言われている。したがって、2つの光ゲート6、7の各々は入力データ流の1つおきのビットを通し、例えばゲート6はビット位置0、2、4...において光パルスを通し、他方のゲート7はビット位置1、3、5...において光パルスを通す。より低いビットレートの生成された分割されたデータ流は、データ分割段1の光出力4a、4bへ通される。再生段2では、別の対の光ゲート9、10が80ギガビットの光クロック信号によって駆動される。分割されたデータ信号のそれぞれは、ゲート9、10の各々へ制御信号として供給される。光遅延11は、ゲート9、10の一方からの出力内に含まれ、ゲート9、10の出力間に相対的な遅延を加え、この遅延はデータ分割段1において加えられる遅延と相補関係にあるようにされている。ゲート9、10の出力は、光カップラ12によって結合される。このやり方では、2つのより低いビットレートデータ流がより高いビットレートのクロックへ変調され、インターリープされて、形状、振幅、およびタイミングにおいて再生された、すなわち3R再生を達成された160ギガビット/秒の出力信号を生成する。

20

30

40

【0013】

図2は、図1の回路で使用するための光ゲートのための1つの可能な構成を示している。この場合に、ゲートはTOAD構成を使用している。ファイバループミラー21は非線形素子、例えば光半導体増幅器を含む。非線形素子22はループミラーの中心に対してもオフセットしている。スイッチングウインドウの継続期間は、オフセットの範囲によって決定される。ゲーティング制御信号は光カップラ23を介してループに供給される。

【0014】

ファイバ自体が非線形素子の働きをするファイバループミラーは、文献(Whittaker et al, Optical Letters, vol. 16, p.1840 (1991))に記載されている。超高速ゲーティング

50

デバイスのような半導体光増幅器において非線形性を使用することについては、例えば文献 (Kang et al, International Journal of High Speed Electronics and Systems, vol. 7, p.125 (1996)) に記載されている。図 2 に示したようにループ構成内で半導体光増幅器を使用する代わりに、光ゲートはマッハツエンダ干渉計構成において 1 対の増幅器を使用することができる。別の超高速光ゲートは、Hall および Rauschenbach によって文献 (Paper BD5, Proceedings of Conference on Optical Fiber Communications (OFC '98) Optical Society of America, February 1998) に記載された超高速非線形干渉計スイッチである。これらの全てのデバイスの特徴は、ゲートが不規則なデータ信号によって駆動されるときに非線形素子の回復時間の結果として相当な速度の制限を受けることである。しかしながら、これらのデバイスは、規則的なクロック信号によって駆動されるときは、相当により高いデータレートで機能することができる。

10

【0015】

より低いビットレートの周波数でクロック信号を生成するために、クロック回復回路を使用して、入力データビットと同期してクロック信号を導き出し、このクロック信号を使用して、80 ギガビットで動作するローカルパルスソースと同期させてもよい。例えばクロック回復回路には、マーカパルスを複製して規則的なパルスパターンを生成する受動パルス複製ネットワークを含んでもよい。

【0016】

別の実施形態では、光再生器は、ビットレベルで非同期である入力光パケットを処理するようにされている。この場合に、図 1 の再生段において単一の光ゲート 9、10 の各々はゲートのアレイによって置換される。1 つのこのようなアレイは図 3 に示されている。アレイは 4 つの光ゲート 31、32、33、34 を含む。ゲートの各々は 160 ギガビットのデータ流によって駆動される。ビット期間の一部の異なる関連する遅延は駆動信号のための入力経路内に含まれる。この遅延は、第 1 の光ゲート 31 への入力に対して 0、第 2 の光ゲートに対して 1/4、第 3 の光ゲート 33 に対して 1/2、最後の光ゲート 34 に対して 3/4 の値をもつ。4 つの光ゲートからの出力は 4:1 の光スイッチへ送られ、ここでゲートの 1 つからデータ流を選択し、それぞれの光出力 4a、4b へ送られる。適切に同期化された出力は、スイッチ C から出力の一部をタップオフし、例えば光検出器を使用して、データ信号内の光エネルギーを測定することによって選択され、異なるゲートの各々が選択される。クロック信号と駆動データ信号との間のフェーズエラーが最小化されるとき、対応するゲート出力はエネルギー関数においてピークを与える。電子制御論理を使用して、4:1 のスイッチについて電子制御信号を生成する。ゲートアレイからの光出力の選択のみがピーカートで反復されることが必要があるので、電子制御論理のより低いスイッチングレートは制限の要因ではない。ビットが非同期の光パケットを処理するこのようなシステムでは、光クロック信号は自走 (free-running) の光パルスソースから導き出される。適切なソースは、利得切換えレーザ (gain-switched laser) または能動的モードロックレーザ (actively mode locked laser) のような電気的に同期させたレーザを駆動する電子マイクロ波発振器を含む。その代わりに、受動的モードロックレーザ (passively mode locked laser) のような、継続的な自走光パルスソースを使用してもよい。一般的に、非同期の光再生器は、より高いビットレートとより低いビットレートとの比を n で表わすとき、 $5n$ のゲートを必要とする。

20

クロック信号と駆動データ信号との間のフェーズエラーが最小化されるとき、対応するゲート出力はエネルギー関数においてピークを与える。電子制御論理を使用して、4:1 のスイッチについて電子制御信号を生成する。ゲートアレイからの光出力の選択のみがピーカートで反復されることが必要があるので、電子制御論理のより低いスイッチングレートは制限の要因ではない。ビットが非同期の光パケットを処理するこのようなシステムでは、光クロック信号は自走 (free-running) の光パルスソースから導き出される。適切なソースは、利得切換えレーザ (gain-switched laser) または能動的モードロックレーザ (actively mode locked laser) のような電気的に同期させたレーザを駆動する電子マイクロ波発振器を含む。その代わりに、受動的モードロックレーザ (passively mode locked laser) のような、継続的な自走光パルスソースを使用してもよい。一般的に、非同期の光再生器は、より高いビットレートとより低いビットレートとの比を n で表わすとき、 $5n$ のゲートを必要とする。

30

【0017】

図 4 は、本発明を実現するビット非同期再生器がノードに含まれている光ネットワークを示している。パケットは、各々が独立した相関のないクロックをもつ多数のソースから参照ノード B に到達する。ソースにおいて送られた電力、リンク内で使用される光増幅器内の電力レベル、およびリンク内で使用される同期再生器における電力レベルを適切に調節することによって、ルート設定ノードの入力に到達するパケット内のビットは、適切に規定された標準の ‘デジタル’ レベルの強度をもつ (例えば、スイッチングノード内のビットが非同期のパケット再生器 (bit-asynchronous packet regenerator, AR) において使用される光ゲートでの完全なスイッチングを行うための正しい強度をもつ) ことが好都

40

50

合である。一般的に、スイッチングノードへの入力はビットが非同期である。ルート設定ノードへの各入力は、上述のように構成されたビットが非同期のパケット再生器 A R を通る。図 4 に模式的に示したように、参照ノード B のようなノードは、ローカルなトラヒックに対する追加 / ドロップ機能と先送りのためのパケットの再生とを結合する。

【図面の簡単な説明】

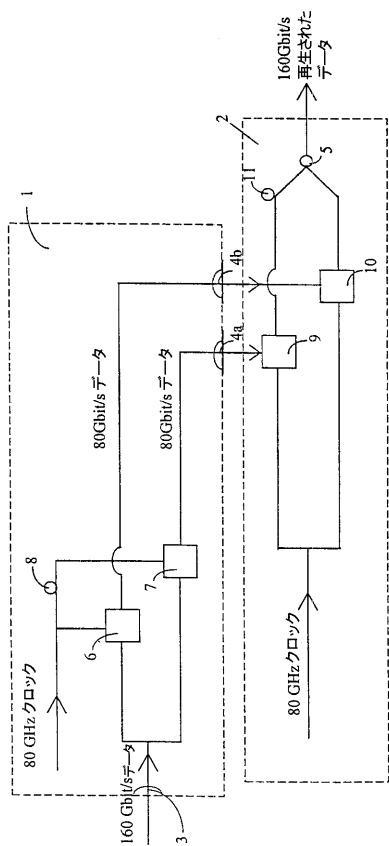
【図 1】 本発明を実現する光再生器の模式図。

【図 2】 図 1 の再生器を使用するのに適した光ゲートを示すダイヤグラム。

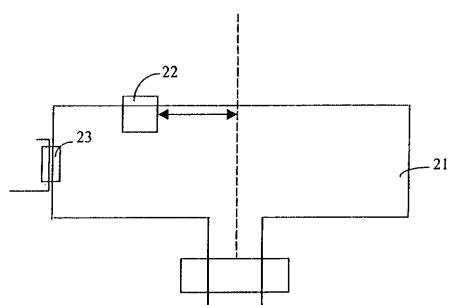
【図 3】 本発明を実現する非同期光再生器の再生段で使用するためのゲートアレイを示すダイヤグラム。

【図 4】 本発明を実現するビット非同期再生器がノードに含まれている光ネットワークを示す図。 10

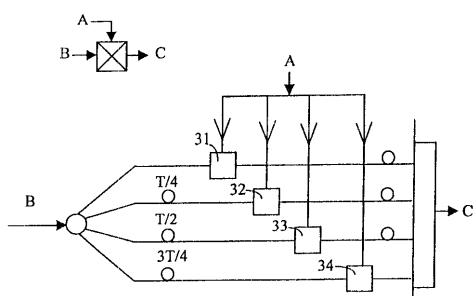
【図 1】



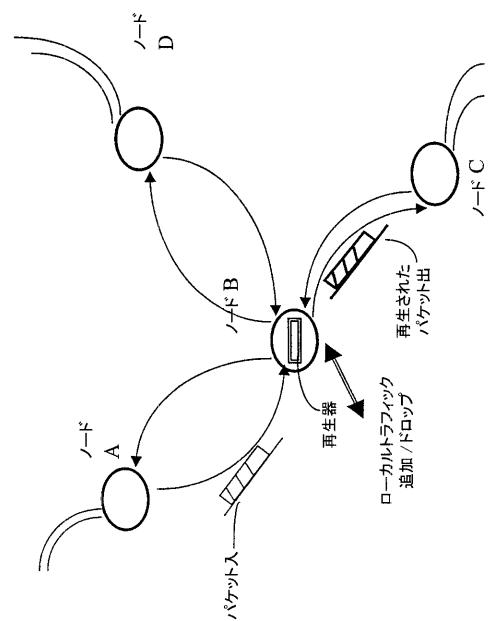
【図 2】



【図 3】



【図4】



フロントページの続き

(74)代理人 100095441

弁理士 白根 俊郎

(72)発明者 コッター、デビッド

イギリス国、アイピー 12・4 ジェイエヌ、サフォーク、ウッドブリッジ、ムーアフィールド・ロード 23

審査官 工藤 一光

(56)参考文献 米国特許第 05841560 (U.S., A)

特開平 06-235951 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04B10/00-10/28

H04J14/00-14/08

H04J3/00-3/26