

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2016年7月14日(14.07.2016)



(10) 国際公開番号
WO 2016/110973 A1

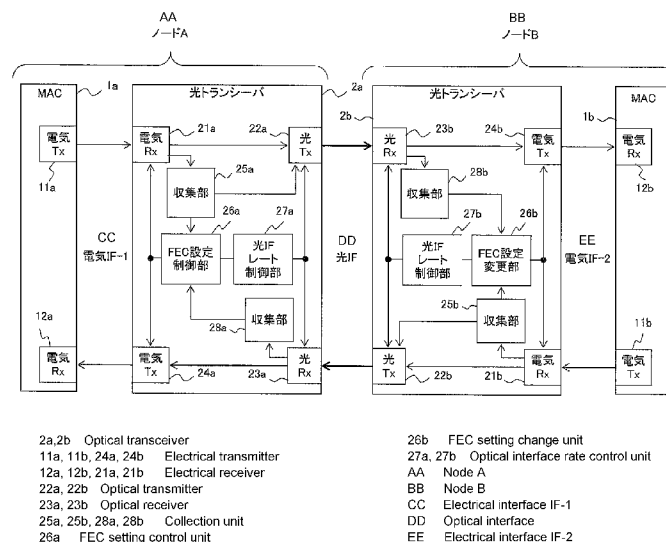
- (51) 国際特許分類:
H04L 29/06 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/050299
- (22) 国際出願日: 2015年1月7日(07.01.2015)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: 富士通株式会社 (FUJITSU LIMITED) [JP/JP]; 〒2118588 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 Kanagawa (JP).
- (72) 発明者: 田中俊毅 (TANAKA, Toshiki); 〒2118588 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内 Kanagawa (JP). ▲高▼原智夫 (TAKAHARA, Tomoo); 〒2118588 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内 Kanagawa (JP).
- (74) 代理人: 大菅義之 (OSUGA, Yoshiyuki); 〒1020084 東京都千代田区二番町8番地20 二番町ビル3F Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA,

- BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ユーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告 (条約第21条(3))

(54) Title: TRANSMISSION DEVICE AND TRANSMISSION METHOD

(54) 発明の名称: 伝送装置および伝送方法

[図3]



(57) Abstract: A transmission device provided to a first node in an optical transmission system in which frames are transmitted via an optical interface from the first node to a second node, said transmission device comprising: a receiver that receives frames via a first electrical interface from a frame generation circuit; an optical transmitter that transmits the frames via the optical interface to the second node; and a determination unit that determines whether a first FEC type used in the first electrical interface and a second FEC type used in a second electrical interface are the same. If the first FEC type and the second FEC type are the same, the receiver guides the received frames to which FEC has been applied to the optical transmitter without terminating the FEC applied to the frames.

(57) 要約:

[続葉有]



伝送装置は、第１のノードから第２のノードへ光インタフェースを介してフレームを伝送する光伝送システムにおいて第１のノードに設けられ、フレーム生成回路から第１の電気インタフェースを介してフレームを受信する受信器と、光インタフェースを介して第２のノードへフレームを送信する光送信器と、第１の電気インタフェースで使用される第１のＦＥＣの種別と第２の電気インタフェースで使用される第２のＦＥＣの種別とが同じであるか判定する判定部と、を備える。第１のＦＥＣの種別と第２のＦＥＣの種別とが同じであるときには、受信器は、受信フレームに付加されているＦＥＣを終端することなく、ＦＥＣが付加されたフレームを光送信器に導く。

明 細 書

発明の名称： 伝送装置および伝送方法

技術分野

[0001] 本発明は、光伝送システムにおいて使用される伝送装置および伝送方法に係わる。

背景技術

[0002] 近年、ネットワークの高速化および大容量化が要求されている。このため、ノード間の距離が長い場合だけでなく、ノード間の距離が比較的短い場合においても、光信号を利用してデータが伝送されることがある。

[0003] 図1は、光伝送システムの一例を示す。図1に示す実施例では、ノードAには、MAC (Media Access Control) デバイス1 aおよび光トランシーバ2 aが設けられている。また、ノードBには、MAC デバイス1 bおよび光トランシーバ2 bが設けられている。

[0004] MAC デバイス1 aは、入力データを指定された形式のフレームに格納して光トランシーバ2 aに導く。また、MAC デバイス1 aは、対向ノードから送信されるフレームからデータを抽出する。光トランシーバ2 aは、MAC デバイス1 aにより生成されるフレームを光信号に変換して対向ノードへ送信する。また、光トランシーバ2 aは、対向ノードから受信する光信号を電気信号に変換してMAC デバイス1 aに導く。なお、MAC デバイス1 bおよび光トランシーバ2 bは、実質的にMAC デバイス1 aおよび光トランシーバ2 aと同じなので、説明を省略する。

[0005] 上記構成の光伝送システムにおいて、データ伝送のさらなる高速化が要求されている。近年では、ノード間で約100Gbpsのデータを伝送する構成が実用化されている。また、ノード間で400Gbpsのデータを伝送する構成が検討されている。

[0006] ところが、データの伝送レートが高くなると、ビット誤り率も高くなる傾向にある。特に、電気回路の高速化は容易ではないので、データの伝送レ

トが高くなると、電気インタフェースにおいてビット誤りが発生しやすくなる。このため、電気インタフェースにおいて誤り訂正符号（F E C : Forward Error Correction）を利用してビット誤りを検出および訂正する構成が提案されている。図 1 に示す例では、ノード A において M A C デバイス 1 a と光トランシーバ 2 a との間で伝送されるフレームに F E C が付加され、ノード B において M A C デバイス 1 b と光トランシーバ 2 b との間で伝送されるフレームに F E C が付加される。

[0007] なお、下記の非特許文献 1 に関連技術が記載されている。

先行技術文献

非特許文献

[0008] 非特許文献1 : A 400GbE Architectural Option, IEEE P802.3bs 400Gb/s Ethernet Task Force, July 2014, San Diego

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0009] 上述のように、電気インタフェースにおいて F E C を用いて誤り訂正を行う構成が提案されている。しかしながら、F E C を終端する回路の消費電力は小さくない。例えば、1 0 0 G - K R 4 を終端する回路の消費電力は約 4 5 m W であり、1 0 0 G - K P 4 を終端する回路の消費電力は約 1 0 5 m W である。

[0010] 本発明の 1 つの側面に係わる目的は、誤り訂正を行う光伝送システムにおいて使用される伝送装置の消費電力を削減することである。

課題を解決するための手段

[0011] 本発明の 1 つの態様の伝送装置は、第 1 のノードから第 2 のノードへ光インタフェースを介してフレームを伝送する光伝送システムにおいて前記第 1 のノードに設けられる。この伝送装置は、誤り訂正符号が付加されたフレームをフレーム生成回路から第 1 の電気インタフェースを介して受信する受信器と、前記受信器により受信されたフレームを前記光インタフェースを介し

て前記第2のノードへ送信する光送信器と、前記第1の電気インタフェースにおけるデータ伝送を表す第1の伝送情報、および前記第2のノード内に設けられる光受信器と前記フレームを終端するフレーム終端回路との間の第2の電気インタフェースにおけるデータ伝送を表す第2の伝送情報に基づいて、前記第1の電気インタフェースで使用される第1の誤り訂正符号の種別と前記第2の電気インタフェースで使用される第2の誤り訂正符号の種別とが同じであるか判定する判定部と、を備える。前記第1の誤り訂正符号の種別と前記第2の誤り訂正符号の種別とが異なるときには、前記受信器は、受信フレームに付加されている誤り訂正符号を終端し、誤り訂正符号が除去されたフレームを前記光送信器に導く。前記第1の誤り訂正符号の種別と前記第2の誤り訂正符号の種別とが同じであるときには、前記受信器は、受信フレームに付加されている誤り訂正符号を終端することなく、誤り訂正符号が付加されたフレームを前記光送信器に導く。

発明の効果

[0012] 上述の態様によれば、誤り訂正を行う光伝送システムにおいて使用される伝送装置の消費電力が削減される。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]光伝送システムの一例を示す図である。

[図2]本発明の実施形態に係わる伝送方法の概要を説明する図である。

[図3]本発明の実施形態に係わる光伝送システムの一例を示す図である。

[図4]光トランシーバ内に設けられる受信器の構成の例を示す図である。

[図5]DMT変調を利用してデータを伝送する光伝送システムの一例を示す図である。

[図6]DMT変調について説明する図である。

[図7]FEC設定処理を示すフローチャートである。

[図8]本発明の実施形態に係わる光伝送システムの他の例を示す図である。

[図9]本発明の実施形態に係わる光伝送システムのさらに他の例を示す図である。

[図10] F E C 設定シーケンスの実施例（その 1）を示す図である。

[図11] F E C 設定シーケンスの実施例（その 2）を示す図である。

[図12] F E C 設定シーケンスの実施例（その 3）を示す図である。

[図13] F E C 設定シーケンスの実施例（その 4）を示す図である。

[図14] F E C 設定シーケンスの実施例（その 5）を示す図である。

[図15] F E C 設定シーケンスの実施例（その 6）を示す図である。

発明を実施するための形態

[0014] 図 2 は、本発明の実施形態に係わる伝送方法の概要を説明する図である。

図 2 に示す光伝送システムは、ノード A およびノード B を含む。ノード A には、MAC デバイス 1 a および光トランシーバ 2 a が設けられている。また、ノード B には、MAC デバイス 1 b および光トランシーバ 2 b が設けられている。

[0015] MAC デバイス 1 a は、MAC レイヤの処理を実行し、入力データを指定された形式のフレームに格納して光トランシーバ 2 a に導く。また、MAC デバイス 1 a は、対向ノードから送信されるフレームからデータを抽出する。光トランシーバ 2 a は、MAC デバイス 1 a により生成されるフレームを光信号に変換して対向ノードへ送信する。また、光トランシーバ 2 a は、対向ノードから受信する光信号を電気信号に変換して MAC デバイス 1 a に導く。なお、MAC デバイス 1 b および光トランシーバ 2 b は、実質的に MAC デバイス 1 a および光トランシーバ 2 a と同じなので、説明を省略する。

[0016] 以下の記載では、図 2 に示す光伝送システムにおいて、ノード A からノード B へデータが伝送されるものとする。この場合、送信データは、MAC デバイス 1 a に与えられる。そうすると、MAC デバイス 1 a は、送信データを格納するフレームを生成する。すなわち、MAC デバイス 1 a は、フレームを生成するフレーム生成回路として動作することができる。そして、光トランシーバ 2 a は、MAC デバイス 1 a により生成されるフレームを、光インタフェースを介してノード B へ送信する。

[0017] ノード A から送信される光信号は、光インタフェースを介してノード B へ

伝送される。光トランシーバ2 bは、ノードAから受信する光信号を電気信号に変換してMACデバイス1 bに導く。このとき、ノードAにおいて生成されたフレームが再生される。MACデバイス1 bは、再生されたフレームを終端してデータを抽出する。すなわち、MACデバイス1 bは、フレームを終端するフレーム終端回路として動作することができる。

[0018] 上記光伝送システムにおいて、ビット誤りを検出および訂正するために、データを格納するフレームにFECが付加される。以下、幾つかのケースにおけるFEC処理について説明する。

[0019] 図2 (a) に示すケースでは、ノードAの電気インタフェースIF-1において、FEC-1が使用される。すなわち、MACデバイス1 aは、フレームにFEC-1を付加する。また、光トランシーバ2 aは、フレームに付加されているFEC-1を終端する。すなわち、光トランシーバ2 aは、フレームに付加されているFEC-1を利用して誤り訂正を実行する。そして、光トランシーバ2 aは、そのフレームからFEC-1を除去してノードBへ送信する。また、ノードBの電気インタフェースIF-2においても、FEC-1が使用される。すなわち、光トランシーバ2 bは、ノードAから受信したフレームにFEC-1を付加する。そして、MACデバイス1 bは、フレームに付加されているFEC-1を終端する。すなわち、光トランシーバ2 aは、フレームに付加されているFEC-1を利用して誤り訂正を実行する。そして、MACデバイス1 bは、そのフレームからデータを抽出する。

[0020] このように、図2 (a) に示すケースでは、ノードA、Bそれぞれにおいて誤り訂正が行われる。したがって、光トランシーバ（この例では、ノードAの光トランシーバ2 a）も誤り訂正を実行する。

[0021] ところが、送信側ノード（即ち、ノードA）および受信側ノード（即ち、ノードB）において使用されるFECの種別が互いに同じであるときは、必ずしも送信側ノードおよび受信側ノードのそれぞれにおいて誤り訂正を実行する必要はない。すなわち、図2 (b) に示すように、MACデバイス1 a

、 1 b 間で誤り訂正を実行すれば、ノード A において発生するビット誤りおよびノード B において発生するビット誤りが訂正され得る。

[0022] なお、図 2 (b) に示すケースでは、MAC デバイス 1 a は、フレームに FEC-1 を付加する。光トランシーバ 2 a は、FEC-1 を終端することなく、FEC-1 が付加されているフレームをノード B へ送信する。光トランシーバ 2 b は、ノード A から受信したフレームを MAC デバイス 1 b に導く。MAC デバイス 1 b は、フレームに付加されている FEC-1 を終端する。すなわち、MAC デバイス 1 b は、フレームに付加されている FEC-1 を利用して誤り訂正を実行する。

[0023] このように、送信側ノードおよび受信側ノードにおいて使用される FEC の種別が互いに同じであるときは、光トランシーバにおいて FEC を終端しなくても、送信側ノードおよび受信側ノードにおいて発生するビット誤りは訂正され得る。ここで、図 2 (a) に示すケースと比較すると、図 2 (b) に示すケースでは、光トランシーバ 2 a において FEC を終端するための消費電力が削減される。また、光トランシーバ 2 b においては、受信フレームに FEC を付加するための消費電力が削減される。

[0024] ただし、図 2 (c) に示すように、送信側ノードまたは受信側ノードのいずれか一方において誤り訂正が実行されないときは、MAC デバイス 1 a、1 b 間で誤り訂正を実行することはできない。この場合、光トランシーバ 2 a は、MAC デバイス 1 a により生成されるフレームに付加されている FEC を終端する。また、図 2 (d) に示すように、送信側ノードおよび受信側ノードにおいて使用される FEC の種別が互いに異なる時も、MAC デバイス 1 a、1 b 間で誤り訂正を実行することはできない。この場合も、光トランシーバ 2 a は、MAC デバイス 1 a により生成されるフレームに付加されている FEC を終端する。

[0025] そこで、ノード A は、ノード A において使用される FEC の種別とノード B において使用される FEC の種別とを比較する。そして、双方の FEC の種別が互いに一致するときは、ノード A は、MAC デバイス 1 a によりフレ

ームに付加されたF E Cを終端することなく、F E Cが付加されたフレームをノードBへ送信する。そして、ノードAにおいてフレームに付加されたF E Cは、M A Cデバイス1 bにより終端される。この伝送方法により、光トランシーバ（特に、送信側ノードの光トランシーバ）の消費電力が削減される。

[0026] 図3は、本発明の実施形態に係わる光伝送システムの一例を示す。M A Cデバイス1 aおよび光トランシーバ2 aは、ノードAに設けられる。また、M A Cデバイス1 bおよび光トランシーバ2 bは、ノードBに設けられる。なお、M A Cデバイス1 a、1 bは、M A Cレイヤの処理を実行する。すなわち、M A Cデバイス1 a、1 bは、入力データを指定された形式のフレームに格納する処理、および受信フレームからデータを抽出する処理を実行することができる。

[0027] M A Cデバイス1 aは、送信器1 1 aおよび受信器1 2 aを有する。なお、M A Cデバイス1 aは、他の回路要素を有していてもよい。送信器1 1 aは、入力データをフレームに格納し、電気インタフェースI F - 1を介して光トランシーバ2 aへ送信する。このとき、M A Cデバイス1 aは、送信フレームにF E Cを付加する。受信器1 2 aは、光トランシーバ2 aから電気インタフェースI F - 1を介して受信するフレームからデータを抽出する。受信フレームにF E Cが付加されているときには、M A Cデバイス1 aは、そのF E Cを終端することができる。なお、M A Cデバイス1 aと光トランシーバ2 aとの間の電気インタフェースI F - 1においては、例えば、複数の物理レーンを介して複数の電気信号が並列に伝送される。

[0028] 光トランシーバ2 aは、受信器2 1 a、光送信器2 2 a、光受信器2 3 a、送信器2 4 a、電気I F情報収集部2 5 a、F E C設定制御部2 6 a、光I Fレート制御部2 7 a、電気I F情報収集部2 8 bを有する。なお、光トランシーバ2 aは、他の回路要素を有していてもよい。

[0029] 受信器2 1 aは、M A Cデバイス1 aから電気インタフェースI F - 1を介してフレームを受信する。受信フレームにF E Cが付加されているときに

は、受信器 2 1 a は、必要に応じてその F E C を終端する。このとき、受信器 2 1 a は、F E C 設定制御部 2 6 a から与えられる指示に従って、受信フレームの F E C を終端するか否かを判定する。光送信器 2 2 a は、光インタフェースを介してノード B へフレームを送信する。このとき、光送信器 2 2 a は、光 I F レート制御部 2 7 a から指示されるレートでフレームをノード B へ送信する。

[0030] 光受信器 2 3 a は、ノード B から光インタフェースを介してフレームを受信する。このとき、光受信器 2 3 a は、光 I F レート制御部 2 7 a から指示されるレートでフレームを受信する。送信器 2 4 a は、光受信器 2 3 a により受信されたフレームを、電気インタフェース I F - 1 を介して M A C デバイス 1 a へ送信する。このとき、送信器 2 4 a は、F E C 設定制御部 2 6 a から与えられる指示に応じて、M A C デバイス 1 a へ送信するフレームに F E C を付加することができる。

[0031] ノード A、B 間の光インタフェースにおいては、特に限定されるものではないが、例えば、D M T (Discrete Multi-Tone) 変調を利用してデータが伝送される。この場合、複数の波長チャネルを利用して複数の D M T 変調光信号が伝送されるようにしてもよい。

[0032] 電気 I F 情報収集部 2 5 a は、M A C デバイス 1 a と光トランシーバ 2 a との間の電気インタフェース I F - 1 におけるデータ伝送を表す伝送情報を取得する。伝送情報は、例えば、下記の項目のうちの少なくとも 1 つを含む。

- (1) 伝送レート
- (2) 変調方式
- (3) 物理レーンの本数
- (4) インタフェースの規格の名称
- (5) 予め測定されたビット誤り率

ただし、伝送情報は、上記 (1) ~ (5) に限定されるものではない。例えば、伝送情報は、F E C の種別を識別する情報であってもよい。

[0033] 電気ＩＦ情報収集部２５ａは、取得した伝送情報をＦＥＣ設定制御部２６ａに与える。また、電気ＩＦ情報収集部２５ａは、取得した伝送情報を、光送信器２２ａを利用してノードＢへ送信することができる。なお、伝送情報は、例えば、光トランシーバ内のメモリに予め記録されている。この場合、電気ＩＦ情報収集部２５ａは、光トランシーバ内のメモリから伝送情報を読み出す。或いは、伝送情報は、ＭＡＣデバイス内のメモリに記録されている。この場合、電気ＩＦ情報収集部２５ａは、ＭＡＣデバイスから伝送情報を取得する。

[0034] ＦＥＣ設定制御部２６ａは、電気インタフェースＩＦ－１の伝送情報および電気インタフェースＩＦ－２の伝送情報に基づいて、電気インタフェースＩＦ－１で使用されるＦＥＣの種別および電気インタフェースＩＦ－２で使用されるＦＥＣの種別が同じであるか否かを判定する。このとき、ＦＥＣ設定制御部２６ａは、各電気インタフェースＩＦ－１、ＩＦ－２で使用されるＦＥＣの種別を認識するようにしてもよい。そして、ＦＥＣ設定制御部２６ａは、この判定結果に応じて、ＦＥＣ設定を表すＦＥＣ指示を受信器２１ａおよび送信器２４ａに与える。また、ＦＥＣ設定制御部２６ａは、この判定結果に応じて、光インタフェースの伝送レートを表すレート指示を光ＩＦレート制御部２７ａに与える。

[0035] 光ＩＦレート制御部２７ａは、ＦＥＣ設定制御部２６ａから与えられるレート指示に従って、光送信器２２ａおよび光受信器２３ａを制御する。すなわち、光ＩＦレート制御部２７ａは、ＦＥＣ設定制御部２６ａから与えられるレート指示に従って、光送信器２２ａの送信レートを制御すると共に、光受信器２３ａの受信レートを制御する。

[0036] 電気ＩＦ情報収集部２８ａは、ノードＢから送信される、電気インタフェースＩＦ－２の伝送情報を取得する。そして、電気ＩＦ情報収集部２８ａは、ノードＢから取得した伝送情報をＦＥＣ設定制御部２６ａに与える。

[0037] なお、電気ＩＦ情報収集部２５ａ、２８ａ、ＦＥＣ設定制御部２６ａ、光ＩＦレート制御部２７ａは、例えば、プロセッサシステムにより実現される

。プロセッサシステムは、プロセッサエレメントおよびメモリを含む。この場合、プロセッサエレメントは、メモリに格納されているプログラムを実行することにより、FEC設定を実行できる。ただし、電気IF情報収集部25a、28a、FEC設定制御部26a、光IFレート制御部27aは、ソフトウェアおよびハードウェアの組合せで実現してもよい。

[0038] ノードBに設けられるMACデバイス1bは、MACデバイス1aと同様に、送信器11bおよび受信器12bを有する。また、ノードBに設けられる光トランシーバ2bは、光トランシーバ2aと同様に、受信器21b、光送信器22b、光受信器23b、送信器24b、電気IF情報収集部25b、FEC設定制御部26b、光IFレート制御部27b、電気IF情報収集部28bを有する。なお、MACデバイス1aおよびMACデバイス1bの構成は、実質的に同じであり、また、光トランシーバ2aおよび光トランシーバ2bの構成は、実質的に同じである。よって、MACデバイス1bおよび光トランシーバ2bについては、説明を省略する。

[0039] ただし、電気インタフェースIF-1および電気インタフェースIF-2は、互いに同じである必要はない。すなわち、電気インタフェースIF-1および電気インタフェースIF-2は、互いに異なってもよい。

[0040] 上記構成の光伝送システムにおいて、ノードA、B間でデータ伝送を行うときは、そのデータ伝送に先立って、FECを処理するための構成が決定される。以下の記載では、ノードAからノードBへのデータ伝送に係わる構成が決定されるものとする。ただし、実際には、ノードA、B間が接続されたときに、ノードAからノードBへのデータ伝送に係わる構成、およびノードBからノードAへのデータ伝送に係わる構成が決定されるようにしてもよい。

[0041] ノードA、B間が接続されると、ノードAにおいて、電気IF情報収集部25aは、電気インタフェースIF-1のデータ伝送を表す伝送情報を収集する。伝送情報は、上述したように、伝送レート、変調方式、物理レーンの本数、インタフェースの規格の名称、予め測定されたビット誤り率のうちの

少なくとも1つを含む。

[0042] 伝送レートは、例えば、100Gbpsまたは400Gbpsである。変調方式は、M A Cデバイス1 aと光トランシーバ2 aとの間で伝送される信号の変調方式を表す。物理レーンの本数は、例えば、4本、8本、または16本である。インタフェースの規格の名称は、たとえば、C A U I - 4、C D A U I - 8、C D A U I - 16である。ビット誤り率は、予め測定されて光トランシーバ2 a内の所定のメモリ領域に記録されている。なお、電気I F情報収集部2 5 aは、受信器2 1 aにアクセスすることにより、或いは光トランシーバ2 a内の所定のメモリ領域にアクセスすることにより、伝送情報を取得できるものとする。

[0043] 電気I F情報収集部2 5 aは、取得した伝送情報をF E C設定制御部2 6 aに与える。また、電気I F情報収集部2 5 aは、取得した伝送情報を、光送信器2 2 aを利用してノードBへ送信する。ノードAからノードBに通知される伝送情報は、ノードBにおいてF E C設定制御部2 6 bに与えられる。

[0044] 同様に、ノードBにおいて、電気I F情報収集部2 5 bは、電気インタフェースI F - 2のデータ伝送を表す伝送情報を収集する。そして、電気I F情報収集部2 5 bは、取得した伝送情報をF E C設定制御部2 6 bに与える。また、電気I F情報収集部2 5 bは、取得した伝送情報を、光送信器2 2 bを利用してノードAへ送信する。ノードBからノードAに通知される伝送情報は、ノードAにおいてF E C設定制御部2 6 aに与えられる。

[0045] 上記手順により、ノードAのF E C設定制御部2 6 aは、電気インタフェースI F - 1のデータ伝送を表す伝送情報（以下、「伝送情報I F - 1」）、および電気インタフェースI F - 2のデータ伝送を表す伝送情報（以下、「伝送情報I F - 2」）を取得する。また、ノードBのF E C設定制御部2 6 bも、伝送情報I F - 1および伝送情報I F - 2を取得する。

[0046] F E C設定制御部2 6 aは、伝送情報I F - 1と伝送情報I F - 2とを比較する。そして、伝送情報I F - 1と伝送情報I F - 2とが一致するときは

、FEC設定制御部26aは、電気インタフェース1F-1で使用されるFECの種別と電気インタフェース1F-2で使用されるFECの種別とが互いに同じであると判定する。一方、伝送情報1F-1と伝送情報1F-2とが一致しないときは、FEC設定制御部26aは、電気インタフェース1F-1で使用されるFECの種別と電気インタフェース1F-2で使用されるFECの種別とが互いに異なっていると判定する。なお、FEC設定制御部26aは、伝送情報1F-1、1F-2に基づいて電気インタフェース1F-1、1F-2で使用されるFECの種別をそれぞれ判定することができる。そして、FEC設定制御部26aは、この判定結果を利用して電気インタフェース1F-1、1F-2で使用されるFECの種別が互いに同じであるか判定してもよい。

[0047] 電気インタフェース1F-1、1F-2に適用されるFECの種別は、例えば、電気インタフェース1F-1、1F-2のビット誤り率に応じて決定されることが好ましい。そして、電気インタフェース1F-1、1F-2のビット誤り率は、電気インタフェース1F-1、1F-2の伝送レート、変調方式、物理レーンの本数、インタフェースの規格などに依存する。したがって、この実施例では、電気インタフェース1F-1、1F-2に適用されるFECの種別は、電気インタフェース1F-1、1F-2の伝送レート、変調方式、物理レーンの本数、インタフェースの規格に対応するものとする。すなわち、FEC設定制御部26aは、伝送情報1F-1、1F-2を取得することにより、電気インタフェース1F-1、1F-2に適用されるFECの種別を判定することができる。

[0048] 電気インタフェース1F-1、1F-2に適用されるFECが互いに同じであるときには、図2(b)を参照しながら説明したように、光トランシーバ2aでFECを終端することなく、MACデバイス1a、1b間で誤り訂正を実行できる。よって、電気インタフェース1F-1、1F-2に適用されるFECが互いに同じであるときは、FEC設定制御部26aは、FECを終端しない旨を指示するFEC指示を受信器21aに与える。一方、電気

インタフェース 1 F - 1、1 F - 2 に適用される F E C が互いに同じではないときには、図 2 (c) および図 2 (d) を参照しながら説明したように、光トランシーバ 2 a において F E C を終端する必要がある。したがって、この場合、F E C 設定制御部 2 6 a は、F E C を終端する旨を指示する F E C 指示を受信器 2 1 a に与える。

[0049] 図 4 (a) は、送信側ノードの光トランシーバ内に設けられる受信器の構成の一例を示す。すなわち、ノード A の光トランシーバ 2 a に設けられる受信器 2 1 a の構成を示す。この実施例では、受信器 2 1 a は、F E C 処理部 3 0 を含む。F E C 処理部 3 0 は、誤り訂正部 3 1 および F E C 除去部 3 2 を含む。なお、図 4 (a) において、受信器 2 1 a 内の他の回路要素は省略されている。

[0050] M A C デバイス 1 a から受信するフレームは、F E C 処理部 3 0 に導かれる。ここで、M A C デバイス 1 a から受信するフレームには、F E C が付加されている。

[0051] F E C 処理部 3 0 には、F E C 設定制御部 2 6 a から F E C 指示が与えられる。O N 状態を表す F E C 指示が F E C 指示部 3 0 に与えられたときは、F E C 処理部 3 0 は、受信フレームに付加されている F E C を終端する。すなわち、誤り訂正部 3 1 は、受信フレームに付加されている F E C を利用してデータの誤りを訂正する。そして、F E C 除去部 3 2 は、このフレームから F E C を除去する。これに対して、O F F 状態を表す F E C 指示が F E C 指示部 3 0 に与えられたときは、F E C 処理部 3 0 は F E C 処理を実行しない。この場合、誤り訂正は実行されず、また、フレームから F E C は除去されない。

[0052] このように、電気インタフェース 1 F - 1、1 F - 2 に適用される F E C が互いに同じであるときには、O F F 状態を表す F E C 指示が F E C 指示部 3 0 に与えられる。この場合、受信器 2 1 a において誤り訂正は実行されないため、光トランシーバ 2 a の消費電力が抑制される。

[0053] ただし、この実施形態では、光トランシーバ 2 a は、F E C が付加されて

いるフレームをノードBへ送信することもあるし、FECが除去されたフレームをノードBへ送信することもある。ここで、フレームからFECが除去されているときと比較して、フレームにFECが付加されているときは、光インタフェースへ送出される光信号の伝送レートを高くする必要がある。例えば、FECが100G-KP4（RS（544、514、T=15、M=10））である場合、オーバーヘッドは約3パーセントである。したがって、このFECが適用される場合、フレームからFECが除去されているときと比較して、フレームにFECが付加されているときは、光インタフェースへ送出される光信号の伝送レートを約3パーセント高くする必要がある。

[0054] そこで、FEC設定制御部26aは、光インタフェースの伝送レートを表すレート指示光IFレート制御部27aに与える。レート指示は、光トランシーバ2a内でFECを終端するか否かを表す情報、およびFECの種別を表す情報を含む。

[0055] 光IFレート制御部27aは、FEC設定制御部26aから与えられるレート指示に従って光送信器22aの送信レートを制御する。例えば、光インタフェースの伝送方式がNRZ（Non Return to Zero）またはPAM4（Pulse Amplitude Modulation 4）であるときは、光IFレート制御部27aは、レート指示に従って光送信器22aのクロックレートを制御する。また、光インタフェースの伝送方式がDMTであるときは、光IFレート制御部27aは、レート指示に従って、サンプリングレートまたはビット割当てを制御する。ここで、図5～図6を参照しながらDMTについて簡単に記載する。

[0056] 図5は、DMT変調を利用してデータを伝送する光伝送システムの一例を示す。ここでは、光送信器101から光受信器102へDMT変調光信号が伝送されるものとする。光送信器101と光受信器102との間には、光ファイバ伝送路が設けられている。なお、光ファイバ伝送路上には、1または複数の光増幅器が設けられていてもよい。

[0057] 光送信器101は、DMT変調部101a、D/Aコンバータ101b、E/O素子101cを有する。DMT変調部101aは、データからDMT

変調信号を生成する。このとき、データは、分割されて複数のサブキャリアに割り当てられる。このため、高速データが伝送される場合であっても、各サブキャリアに割り当てられるデータの速度を遅くすることができる。なお、複数のサブキャリアの周波数は互いに異なっている。

[0058] D/Aコンバータ101bは、DMT変調部101aにより生成されるDMT変調信号をアナログ信号に変換する。そして、E/O素子101cは、アナログDMT変調信号からDMT変調光信号を生成する。E/O素子101cは、例えば、直接変調レーザ部品により実現される。

[0059] 図6(a)は、DMT変調光信号のスペクトルの一例を示す。この例では、DMT変調において、N個のサブキャリア1～Nを利用してデータが伝送される。また、各サブキャリアの光強度（または、光パワー）は、ほぼ等化されている。そして、このDMT変調光信号は、光ファイバ伝送路を介して伝送され、光受信器102により受信される。

[0060] 光受信器102は、O/E素子102a、A/Dコンバータ102b、DMT復調部102cを有する。O/E素子102aは、受信したDMT変調光信号を電気信号に変換する。O/E素子102aは、例えば、フォトダイオードを含んで構成される。A/Dコンバータ102bは、O/E素子102aから出力される信号をデジタル信号に変換する。そして、DMT復調部102cは、A/Dコンバータ102bから出力されるデジタル信号に対してDMT復調を行ってデータを再生する。

[0061] 上記構成の光伝送システムにおいて、各サブキャリアに対するデータの割当ては、例えば、伝送装置間の伝送特性に基づいて決定される。伝送特性は、例えば、受信側の光伝送装置においてモニタされる光信号対雑音比（SNR : Signal-to-Noise Ratio）により特定される。すなわち、伝送特性モニタ部103は、光送信器101から受信するDMT変調光信号の光信号対雑音比をモニタする。この場合、伝送特性モニタ部103は、サブキャリア毎に光信号対雑音比をモニタする。

[0062] 図6(b)は、伝送特性モニタ部103により測定された伝送特性の一例

を示す。横軸は、各サブキャリアを識別するサブキャリア番号（1～N）を表す。縦軸は、光信号対雑音比を表す。この実施例では、サブキャリア番号が小さい周波数領域で伝送特性が良好であり、サブキャリア番号が大きい周波数領域で伝送特性が劣化している。

[0063] ビット割当て部104は、伝送特性モニタ部103により測定された伝送特性に基づいて、各サブキャリアに対するビット割当てを決定する。すなわち、各サブキャリアについて、1シンボルで伝送するビット数が決定される。このとき、光信号対雑音比が高いサブキャリアに対して割り当てられるビット数は大きく、光信号対雑音比が低いサブキャリアに対して割り当てられるビット数は小さい。図6（c）に示す例では、サブキャリア1～100に対してそれぞれ「4ビット」が割り当てられ、サブキャリア101～190に対してそれぞれ「3ビット」が割り当てられ、サブキャリア191～256に対してそれぞれ「2ビット」が割り当てられている。

[0064] ビット設定部105は、ビット割当て部104によって決定されたビット割当てに従って、各サブキャリアの変調方式を指定する。例えば、「2ビット」が割り当てられるサブキャリアに対しては、QPSKに相当する変調方式が指定される。「3ビット」が割り当てられるサブキャリアに対しては、8PSKに相当する変調方式が指定される。「4ビット」が割り当てられるサブキャリアに対しては、16QAMに相当する変調方式が指定される。そうすると、DMT変調部101aは、ビット設定部105により指定された変調方式で、各サブキャリアを変調する。

[0065] 図3に示す光送信器22aおよび光受信器23bは、それぞれ、図5に示す光送信器101および光受信器102に相当する。そして、図3に示す光インタフェースの伝送方式がDMTであるときは、光IFレート制御部27aは、レート指示に従って、サンプリングレートまたはビット割当てを制御する。

[0066] この場合、光送信器22aにおいて、ノードBへの送信データは、いったんメモリに格納される。そして、このメモリから読み出されるデータが各サ

ブキャリアに分配される。サンプリングレートは、このメモリからデータを読み出す読出しレートに相当する。よって、光トランシーバ2 aがF E Cを終端するときと比較して、光トランシーバ2 aがF E Cを終端しないときは、光I F レート制御部2 7 aは、このサンプリングレートを高くする。

[0067] また、光I F レート制御部2 7 aは、このサンプリングレートを維持したまま、各サブキャリアへのビット割当てを変更してもよい。例えば、光トランシーバ2 aがF E Cを終端するときと比較して、光トランシーバ2 aがF E Cを終端しないときは、光I F レート制御部2 7 aは、所定数のサブキャリアに割り当てるビット数を増やす。なお、「ビット割当て」は、変調方式に対応する。すなわち、ビット割当てを増やす処理は、1シンボル当たりのビット数の少ない変調方式から1シンボル当たりのビット数の多い変調方式へ切り替えることを意味する。

[0068] 上述のようにしてノードAにより生成される光信号は、光インタフェースを介してノードBへ伝送される。ノードBにおいて、光トランシーバ2 bは、光インタフェースを介して光信号を受信する。

[0069] ノードBにおいて、F E C設定制御部2 6 bは、F E C設定制御部2 6 aと同様に、電気インタフェースI F - 1、I F - 2に適用されるF E Cの種別をそれぞれ判定し、電気インタフェースI F - 1、I F - 2に適用されるF E Cの種別が互いに同じであるか判定する。そして、F E C設定制御部2 6 bは、光I F レート制御部2 7 bにレート指示を与え、また、送信器2 4 bにF E C指示を与える。なお、F E C設定制御部2 6 aおよびF E C設定制御部2 6 bは、同じ情報（すなわち、伝送情報I F - 1および伝送情報I F - 2）に基づいて、F E Cの種別が互いに同じであるか否かを判定する。したがって、ノードA、Bにおいて、同じ判定結果が得られることになる。

[0070] 光I F レート制御部2 7 bは、F E C設定制御部2 6 bから与えられるレート指示に従って光受信器2 3 bの受信レートを制御する。すなわち、受信フレームからF E Cが除去されているときと比較して、受信フレームにF E Cが付加されているときは、光インタフェースから光信号を受信するレート

を高くする。このとき、光インタフェースの伝送方式がNRZまたはPAM4であるときは、光ＩＦレート制御部２７ｂは、レート指示に従って光受信器３ｂのクロックレートを制御する。また、光インタフェースの伝送方式がDMTであるときは、光ＩＦレート制御部２７ｂは、レート指示に従って、サンプリングレートまたはビット割当てを制御する。

[0071] なお、光受信器２３ｂにおいて、ノードＡから受信するデータは、いったんメモリに格納される。そして、そのメモリから読み出されるデータが送信器２４ｂを介してMACデバイス１ｂに導かれる。すなわち、サンプリングレートは、このメモリからデータを読み出す読出しレートに相当する。また、各サブキャリアのビット割当ては、各サブキャリアの復調処理を指定する。

[0072] 送信器２４ｂは、FEC設定制御部２６ｂから与えられるFEC指示に従って、受信フレームを処理する。図４（ｂ）は、受信側ノードの光トランシーバ内に設けられる送信器の構成の一例を示す。すなわち、ノードＢの光トランシーバ２ｂに設けられる送信器２４ｂの構成を示す。この実施例では、送信器２４ｂは、FEC処理部４０を含む。FEC処理部４０は、FEC付加部４１を含む。なお、図４（ｂ）において、送信器２４ｂ内の他の回路要素は省略されている。

[0073] 電気インタフェースＩＦ－１、ＩＦ－２に適用されるFECが互いに異なるときは、上述したように、ノードＡから送信されるフレームにはFECが付加されていない。この場合、FEC設定制御部２６ｂは、ON状態を表すFEC指示を送信器２４ｂに与える。そうすると、FEC付加部４１は、受信フレームにFECを付加する。一方、電気インタフェースＩＦ－１、ＩＦ－２に適用されるFECが互いに同じであるときは、上述したように、ノードＡから送信されるフレームにはFECが付加されている。この場合、FEC設定制御部２６ｂは、OFF状態を表すFEC指示を送信器２４ｂに与える。そうすると、受信フレームは、FEC処理部４０により処理されることなく、MACデバイス１ｂへ導かれる。

[0074] このように、実施形態の伝送方法によれば、送信側ノードおよび受信側ノードに適用されるFECの種別が同じであるときは、光トランシーバにおいてFEC処理は実行されない。したがって、送信側ノードにおいては、誤り訂正のための消費電力が削減される。また、受信側ノードにおいては、FECを生成してフレームに付加するための消費電力が削減される。

[0075] なお、上述の実施例では、ノードAからノードBへデータが伝送されるケースについて説明したが、ノードBからノードAへデータが伝送される時も、同様の手順でFECを処理するための構成が決定される。また、上述のFEC設定は、光インタフェースの伝送方式がDMTであるときは、サブキャリアのビット割当てを決定するネゴシエーションのなかで実行されるようにしてもよい。

[0076] さらに、光インタフェースの伝送方式がDMTであるときは、複数のサブキャリアの中から指定される1つのサブキャリアを利用してノードA、B間で伝送情報を通知してもよい。或いは、主データ信号とは別に伝送される制御信号を利用してノード間で伝送情報が通知されるようにしてもよい。

[0077] 図7(a)は、送信側ノードのFEC設定処理を示すフローチャートである。なお、以下の記載では、ノードAの光トランシーバ2aにおいてFEC設定処理が実行されるものとする。

[0078] S1において、FEC設定制御部26aは、送信側ノードのMACデバイスと光トランシーバとの間の電気インタフェース（すなわち、電気インタフェース1F-1）のデータ伝送を表す伝送情報（すなわち、伝送情報1F-1）を取得する。S2において、FEC設定制御部26aは、受信側ノードのMACデバイスと光トランシーバとの間の電気インタフェース（すなわち、電気インタフェース1F-2）のデータ伝送を表す伝送情報（すなわち、伝送情報1F-2）を取得する。なお、FEC設定制御部26aは、S1よりも前にS2を実行してもよい。

[0079] S3において、FEC設定制御部26aは、取得した伝送情報に基づいて、送信側ノードの電気インタフェースに適用されているFECおよび受信側

ノードの電気インタフェースに適用されているFECが同じであるか判定する。このとき、FEC設定制御部26aは、送信側ノードおよび受信側ノードの電気インタフェースに適用されているFECの種別をそれぞれ認識する。

[0080] 送信側ノードおよび受信側ノードのFECの種別が同じでないときは、FEC設定制御部26aは、S4において、FEC処理をON状態に制御するFEC指示を生成する。このFEC指示が与えられた後は、受信器21aは、受信フレームを終端する。すなわち、誤り訂正が実行され、受信フレームからFECが除去される。さらに、FEC設定制御部26aは、S5において、送信レートをデフォルト値に制御するレート指示を生成する。このレート指示が与えられると、光IFレート制御部27aは、光送信器22aの送信レートをデフォルト値に制御する。

[0081] 一方、送信側ノードおよび受信側ノードのFECの種別が同じであるときは、FEC設定制御部26aは、S6において、FEC処理をOFF状態に制御するFEC指示を生成する。このFEC指示が与えられた後は、受信器21aは、受信フレームを終端しない。すなわち、FECが付加されたフレームが受信器21aから光送信器22aに導かれる。さらに、FEC設定制御部26aは、S7において、FECの種別に応じて送信レートを制御するレート指示を生成する。光IFレート制御部27aは、このレート指示に従って光送信器22aの送信レートを制御する。

[0082] 図7(b)は、受信側ノードのFEC設定処理を示すフローチャートである。なお、以下の記載では、ノードBの光トランシーバ2bにおいてFEC設定処理が実行されるものとする。またS1～S4、S6の処理は、送信側ノードおよび受信側ノードにおいて実質的に同じなので、説明を省略する。

[0083] 送信側ノードおよび受信側ノードのFECの種別が同じでないときは、S11が実行される。S11において、FEC設定制御部26bは、受信レートをデフォルト値に制御するレート指示を生成する。このレート指示が与えられると、光IFレート制御部27bは、光受信器23bの受信レートをデ

フォルト値に制御する。一方、送信側ノードおよび受信側ノードのF E Cの種別が同じであるときは、S 1 2が実行される。S 1 2において、F E C設定制御部2 6 bは、F E Cの種別に応じて受信レートを制御するレート指示を生成する。光I Fレート制御部2 7 bは、このレート指示に従って光受信器2 3 bの受信レートを制御する。

[0084] なお、上述の実施例では、電気インタフェースのデータ伝送を表す伝送情報（伝送レート、変調方式、物理レーンの本数、インタフェースの規格の名称、予め測定されたビット誤り率など）に基づいて、送信側ノードおよび受信側ノードのF E Cが互いに同じであるか判定される。ただし、本発明は、この方法に限定されるものではない。

[0085] たとえば、伝送情報は、F E Cの種別を直接的に識別する情報であってもよい。この場合、ノードAは、ノードAが使用するF E Cの種別をノードBに通知し、ノードBは、ノードBが使用するF E Cの種別をノードAに通知する。この後、F E C設定制御部および光I Fレート制御部は、上述の実施例と同様の処理を実行する。

[0086] 図8は、本発明の実施形態に係わる光伝送システムの他の例を示す。図3に示す実施形態では、光トランシーバ2 a、2 bがF E C設定処理を起動する。これに対して、図8に示す実施形態では、M A Cデバイス1 a、1 bがF E C設定処理を起動する。

[0087] したがって、図8に示す実施形態では、M A Cデバイス1 aは、送信器1 1 aおよび受信器1 2 aに加えて電気I F情報提供部1 3 aを備える。電気I F情報提供部1 3 aは、電気インタフェースI F - 1のデータ伝送を表す伝送情報I F - 1を光トランシーバ2 aへ送信する。この伝送情報I F - 1は、電気I F情報収集部2 5 aにより受信され、F E C設定制御部2 6 aに与えられる。また、この伝送情報I F - 1は、光送信器2 2 aおよび光受信器2 3 bを介して電気I F情報収集部2 8 bにより受信され、F E C設定制御部2 6 bに与えられる。

[0088] 同様に、M A Cデバイス1 bは、送信器1 1 bおよび受信器1 2 bに加え

て電気ＩＦ情報提供部１３ｂを備える。そして、電気ＩＦ情報提供部１３ｂは、電気インタフェースＩＦ－２のデータ伝送を表す伝送情報ＩＦ－２を光トランシーバ２ｂへ送信する。この伝送情報ＩＦ－２は、電気ＩＦ情報収集部２５ｂにより受信され、ＦＥＣ設定制御部２６ｂに与えられる。また、この伝送情報ＩＦ－２は、光送信器２２ｂおよび光受信器２３ａを介して電気ＩＦ情報収集部２８ａにより受信され、ＦＥＣ設定制御部２６ａに与えられる。

[0089] このように、図８に示す実施形態においても、ノードＡのＦＥＣ設定制御部２６ａおよびノードＢのＦＥＣ設定制御部２６ｂは、同じ伝送情報を取得する。この後のＦＥＣ設定手順は、図３および図８に示す実施形態において実質的に同じである。

[0090] 図９は、本発明の実施形態に係わる光伝送システムのさらに他の例を示す。図８に示す実施形態と同様に、図９に示す実施形態でもＭＡＣデバイス１ａ、１ｂがＦＥＣ設定処理を起動する。ただし、図９に示す実施形態では、ＭＡＣデバイス１ａ、１ｂにおいてＦＥＣ設定を変更するか否かが判定される。

[0091] したがって、図９に示す実施形態では、ＭＡＣデバイス１ａは、送信器１１ａ、受信器１２ａ、電気ＩＦ情報提供部１３ａに加えて電気ＩＦ情報収集部１４ａを備える。また、ＭＡＣデバイス１ｂは、送信器１１ｂ、受信器１２ｂ、電気ＩＦ情報提供部１３ｂに加えて電気ＩＦ情報収集部１４ｂを備える。

[0092] 上記構成の光伝送システムにおいて、電気ＩＦ情報提供部１３ａにより提供される伝送情報ＩＦ－１は、光トランシーバ２ａ、２ｂを介してＭＡＣデバイス１ｂへ転送される。この伝送情報ＩＦ－１は、電気ＩＦ情報収集部１４ｂにより受信され、電気ＩＦ情報提供部１３ｂに与えられる。同様に、電気ＩＦ情報提供部１３ｂにより提供される伝送情報ＩＦ－２は、光トランシーバ２ｂ、２ａを介してＭＡＣデバイス１ａへ転送される。この伝送情報ＩＦ－２は、電気ＩＦ情報収集部１４ａにより受信され、電気ＩＦ情報提供部

13aに与えられる。

[0093] 電気IF情報提供部13aは、電気IF情報提供部13a自身が管理する伝送情報IF-1、およびMACデバイス1bから取得する伝送情報IF-2に基づいて、ノードAのFEC設定を決定する。すなわち、光トランシーバ2aにおいてFECを終端するか否かを表すFEC設定情報が生成される。このFEC設定情報は、送信器11aおよび受信器21aを介してFEC設定制御部26aに与えられる。同様に、電気IF情報提供部13bは、電気IF情報提供部13b自身が管理する伝送情報IF-2、およびMACデバイス1aから取得する伝送情報IF-1に基づいて、ノードBのFEC設定を決定する。すなわち、光トランシーバ2bにおいてFECを終端するか否かを表すFEC設定情報が生成される。このFEC設定情報は、送信器11bおよび受信器21bを介してFEC設定制御部26bに与えられる。この後のFEC設定手順は、図3および図9に示す実施形態において実質的に同じである。

[0094] 次に、図10～図15を参照しながら、データ通信が開始される前に実行されるFEC設定のシーケンスを説明する。以下の記載では、図3、図8、又は図9に示すノードA、B間で通信が行われるものとする。光トランシーバ2a、2bは、それぞれプラグブルモジュールである。そして、光トランシーバ2a、2bがそれぞれMACデバイス1a、1bに接続されると、FEC設定シーケンスが開始される。なお、ノードA、B間の伝送方式がDMTである場合、FEC設定シーケンスは、例えば、DMTのサブキャリアのビット配置を決定するネゴシエーションプロセスの中で実行されるようにしてもよい。

[0095] 図10に示すケースでは、光トランシーバ2aが電気インタフェースIF-1のデータ伝送を表す伝送情報IF-1を管理し、光トランシーバ2bが電気インタフェースIF-2のデータ伝送を表す伝送情報IF-2を管理している。したがって、FEC設定シーケンスが開始されると、光トランシーバ2aは伝送情報IF-1を取得し、光トランシーバ2bは伝送情報IF-

2を取得する。そして、光トランシーバ2 aは伝送情報1 F-1をノードBへ送信し、光トランシーバ2 bは伝送情報1 F-2をノードAへ送信する。

[0096] 光トランシーバ2 aは、伝送情報1 F-1および伝送情報1 F-2に基づいて、ノードA、Bで使用されるFECの種別を比較する。この比較結果により、FEC処理を実行するか否かが判定される。そして、光トランシーバ2 aは、この判定結果に応じて、FEC設定および伝送レートの設定を行う。同様に、光トランシーバ2 bも、FEC設定および伝送レートの設定を行う。この後、ノードA、B間（すなわち、MACデバイス1 a、1 b間）でデータ通信が開始される。

[0097] 図11に示すケースでは、ノードA、B内の電気インタフェースのデータ伝送を表す伝送情報は、それぞれMACデバイス1 a、1 bにより管理されている。したがって、FEC設定シーケンスが開始されると、光トランシーバ2 aは、MACデバイス1 aに対して伝送情報1 F-1を要求し、光トランシーバ2 bは、MACデバイス1 bに対して伝送情報1 F-2を要求する。そして、この要求を受けると、MACデバイス1 aは、伝送情報1 F-1を光トランシーバ2 aに提供し、MACデバイス1 bは、伝送情報1 F-2を光トランシーバ2 bに提供する。以降の手順は、図10および図11において実質的に同じである。なお、図11に示すシーケンスにおいては、光トランシーバは、異なる電気インタフェースを提供するMACデバイスにも接続できる。

[0098] 図12に示すシーケンスは、図11に示すシーケンスと類似している。ただし、図12に示すケースでは、光トランシーバ2 aは、光トランシーバ2 bに対して伝送情報1 F-2を要求する。そして、この要求を受けると、光トランシーバ2 bは、伝送情報1 F-2を光トランシーバ2 aに提供する。この後、光トランシーバ2 aは、伝送情報1 F-1を光トランシーバ2 bに提供する。以降の手順は、図10および図12において実質的に同じである。

[0099] なお、光トランシーバ2 aは、FEC設定およびレート設定が終了した後

に伝送情報 I F - 1 を光トランシーバ 2 b に提供してもよい。また、光トランシーバ 2 b は、F E C 設定およびレート設定が終了した後に、再度、伝送情報 I F - 2 を光トランシーバ 2 a に提供してもよい。

[0100] 図 1 3 に示すケースでは、一方のノードに設けられる光トランシーバがマスタ装置として F E C 設定シーケンスを制御する。図 1 3 に示す例では、ノード A に設けられる光トランシーバ 2 a がマスタ装置として動作する。すなわち、光トランシーバ 2 a は、M A C デバイス 1 a から伝送情報 I F - 1 を取得した後、光トランシーバ 2 b に対して伝送情報 I F - 2 を要求する。そして、この要求を受けると、光トランシーバ 2 b は、M A C デバイス 1 b から伝送情報 I F - 2 を取得して光トランシーバ 2 a に提供する。以降の手順は、図 1 0 および図 1 3 において実質的に同じである。

[0101] 図 1 4 に示すケースでは、F E C 設定シーケンスが開始されると、M A C デバイス 1 a から光トランシーバ 2 a へ伝送情報 I F - 1 が提供され、M A C デバイス 1 b から光トランシーバ 2 b へ伝送情報 I F - 2 が提供される。以降の手順は、図 1 0 および図 1 4 において実質的に同じである。なお、図 1 4 に示すシーケンスにおいては、M A C デバイスが所望の電気インタフェースを選択できる。

[0102] 図 1 5 に示すケースでは、ネットワーク管理システム 5 0 により各ノードの各光トランシーバの設定が制御される。なお、各ノードには、スイッチ回路が設けられている。スイッチ回路は、スイッチファブリックを含む。スイッチファブリックは、複数の M A C デバイスを収容することができる。そして、各 M A C デバイスには、光トランシーバを接続することができる。各トランシーバは、光ファイバを介して他の光トランシーバに接続され得る。

[0103] この実施例では、各ノード内の電気インタフェースは共通化されている。例えば、ノード A において、M A C L S I - A 1、A 2、... と光トランシーバ A 1、A 2、... との間の電気インタフェースは、すべて I F - 1 である。また、ノード B において、M A C L S I - B 1、B 2、... と光トランシーバ B 1、B 2、... との間の電気インタフェースは、すべて I

F-2である。

[0104] ネットワーク管理システム50は、ノード間を接続するパスを管理する。

図15に示す例では、ノードAのMACLSI-A1とノードBのMACLSI-B1とが接続されると、その間に設定されるパスがネットワーク管理システム50に登録される。

[0105] ネットワーク管理システム50は、新たなパスが登録されると、そのパスのためのFEC設定を実行する。すなわち、ネットワーク管理システム50は、ノードAおよびノードBに対して、それぞれ、電気インタフェースにおけるデータ伝送を表す伝送情報を要求する。ノードAおよびノードBは、それぞれ要求に応じて、伝送情報IF-1および伝送情報IF-2をネットワーク管理システム50へ送信する。そうすると、ネットワーク管理システム50は、ノードA、Bにおいてそれぞれ使用されるFECの種別を検出し、それらが互いに同じであるか否かを判定する。また、ネットワーク管理システム50は、この判定結果に応じて、ノードA、Bへ設定情報を送信する。設定情報は、光トランシーバにおいてFECを終端するか否かを表す情報、および光インタフェースの伝送レートを表す情報を含む。そして、ノードAのMACLSI-A1およびノードBのMACLSI-B1は、それぞれ、ネットワーク管理システム50から与えられる設定情報に従って回路の設定を行う。

請求の範囲

[請求項1]

第1のノードから第2のノードへ光インタフェースを介してフレームを伝送する光伝送システムにおいて前記第1のノードに設けられる伝送装置であって、

誤り訂正符号が付加されたフレームをフレーム生成回路から第1の電気インタフェースを介して受信する受信器と、

前記受信器により受信されたフレームを前記光インタフェースを介して前記第2のノードへ送信する光送信器と、

前記第1の電気インタフェースにおけるデータ伝送を表す第1の伝送情報、および前記第2のノード内に設けられる光受信器と前記フレームを終端するフレーム終端回路との間の第2の電気インタフェースにおけるデータ伝送を表す第2の伝送情報に基づいて、前記第1の電気インタフェースで使用される第1の誤り訂正符号の種別と前記第2の電気インタフェースで使用される第2の誤り訂正符号の種別とが同じであるか判定する判定部と、を備え、

前記第1の誤り訂正符号の種別と前記第2の誤り訂正符号の種別とが異なるときには、前記受信器は、受信フレームに付加されている誤り訂正符号を終端し、誤り訂正符号が除去されたフレームを前記光送信器に導き、

前記第1の誤り訂正符号の種別と前記第2の誤り訂正符号の種別とが同じであるときには、前記受信器は、受信フレームに付加されている誤り訂正符号を終端することなく、誤り訂正符号が付加されたフレームを前記光送信器に導く

ことを特徴とする伝送装置。

[請求項2]

前記光インタフェースへ信号を送信する送信レートを制御するレート制御部をさらに備え、

前記第1の誤り訂正符号の種別と前記第2の誤り訂正符号の種別とが異なるときには、前記レート制御部は、誤り訂正符号が除去された

フレームが第1のレートで前記光インタフェースを介して伝送されるように前記光送信器を制御し、

前記第1の誤り訂正符号の種別と前記第2の誤り訂正符号の種別とが同じであるときには、前記レート制御部は、誤り訂正符号が付加されたフレームが前記第1のレートよりも高い第2のレートで前記光インタフェースを介して伝送されるように前記光送信器を制御することを特徴とする請求項1に記載の伝送装置。

[請求項3] 前記レート制御部は、前記光インタフェースのクロック周波数を制御する

ことを特徴とする請求項2に記載の伝送装置。

[請求項4] 前記光送信器は、DMT (Discrete Multi-Tone) 変調を利用して前記光インタフェースを介して前記第2のノードへフレームを送信する構成であり、

前記レート制御部は、前記光送信器において生成されるDMT変調信号の各サブキャリアに割り当てるビットを制御する

ことを特徴とする請求項2に記載の伝送装置。

[請求項5] 前記判定部は、前記第1の電気インタフェースの伝送レートと前記第2の電気インタフェースの伝送レートとを比較することにより、前記第1の誤り訂正符号の種別と前記第2の誤り訂正符号の種別とが同じであるか判定する

ことを特徴とする請求項1～4のいずれか1つに記載の伝送装置。

[請求項6] 前記判定部は、前記第1の電気インタフェースの変調方式と前記第2の電気インタフェースの変調方式とを比較することにより、前記第1の誤り訂正符号の種別と前記第2の誤り訂正符号の種別とが同じであるか判定する

ことを特徴とする請求項1～5のいずれか1つに記載の伝送装置。

[請求項7] 前記判定部は、前記第1の電気インタフェースの物理レーンの数と前記第2の電気インタフェースの物理レーンの数とを比較することに

より、前記第 1 の誤り訂正符号の種別と前記第 2 の誤り訂正符号の種別とが同じであるか判定する

ことを特徴とする請求項 1 ～ 6 のいずれか 1 つに記載の伝送装置。

[請求項 8]

前記判定部は、前記第 1 の電気インタフェースの規格と前記第 2 の電気インタフェースの規格とを比較することにより、前記第 1 の誤り訂正符号の種別と前記第 2 の誤り訂正符号の種別とが同じであるか判定する

ことを特徴とする請求項 1 ～ 7 のいずれか 1 つに記載の伝送装置。

[請求項 9]

前記判定部は、前記第 1 の電気インタフェースにおいて予め測定された誤り率と前記第 2 の電気インタフェースにおいて予め測定された誤り率とを比較することにより、前記第 1 の誤り訂正符号の種別と前記第 2 の誤り訂正符号の種別とが同じであるか判定する

ことを特徴とする請求項 1 ～ 8 のいずれか 1 つに記載の伝送装置。

[請求項 10]

第 1 のノードから第 2 のノードへ光インタフェースを介してフレームを伝送する光伝送システムにおいて前記第 2 のノードに設けられる伝送装置であって、

前記第 1 のノードから光インタフェースを介してフレームを受信する光受信器と、

前記光受信器により受信されたフレームを、前記フレームを終端するフレーム終端回路へ第 2 の電気インタフェースを介して送信する送信回路と、

前記第 1 のノード内に設けられる前記フレームを生成するフレーム生成回路と光送信器との間の第 1 の電気インタフェースにおけるデータ伝送を表す第 1 の伝送情報、および前記第 2 の電気インタフェースにおけるデータ伝送を表す第 2 の伝送情報に基づいて、前記第 1 の電気インタフェースで使用される第 1 の誤り訂正符号の種別と前記第 2 の電気インタフェースで使用される第 2 の誤り訂正符号の種別とが同じであるか判定する判定部と、

を備え、

前記第1の誤り訂正符号の種別と前記第2の誤り訂正符号の種別とが異なるときには、前記送信器は、前記光受信器により受信されたフレームに誤り訂正符号を付加して前記フレーム終端回路へ送信し、

前記第1の誤り訂正符号の種別と前記第2の誤り訂正符号の種別とが同じであるときには、前記送信器は、前記光受信器により受信されたフレームを前記フレーム終端回路へ送信する

ことを特徴とする伝送装置。

[請求項11]

前記光インタフェースから信号を受信する受信レートを制御するレート制御部をさらに備え、

前記第1の誤り訂正符号の種別と前記第2の誤り訂正符号の種別とが異なるときには、前記レート制御部は、前記光インタフェースを介して誤り訂正符号が付加されていないフレームを第1のレートで受信するように前記光受信器を制御し、

前記第1の誤り訂正符号の種別と前記第2の誤り訂正符号の種別とが同じであるときには、前記レート制御部は、前記光インタフェースを介して誤り訂正符号が付加されているフレームを前記第1のレートよりも高い第2のレートで受信するように前記光送信器を制御する

ことを特徴とする請求項10に記載の伝送装置。

[請求項12]

第1のノードから第2のノードへ光インタフェースを介してフレームを伝送する伝送方法であって、

前記第1のノードには、フレームを生成するフレーム生成回路および前記フレーム生成回路により生成されたフレームを前記光インタフェースへ出力する第1の伝送装置が設けられており、

前記第2のノードには、前記光インタフェースからフレームを受信する第2の伝送装置および前記第2の伝送装置により受信されたフレームを終端するフレーム終端回路が設けられており、

前記フレーム生成回路により生成されるフレームに付加されている

誤り訂正符号の種別と、前記フレーム終端回路により終端される誤り訂正符号の種別とが異なるときは、

前記第1の伝送装置は、前記フレーム生成回路により生成されたフレームに付加されている誤り訂正符号を終端し、誤り訂正符号が除去されたフレームを前記光インタフェースへ出力し、

前記第2の伝送装置は、前記光インタフェースを介して受信したフレームに誤り訂正符号を付加して前記フレーム終端回路へ導き、

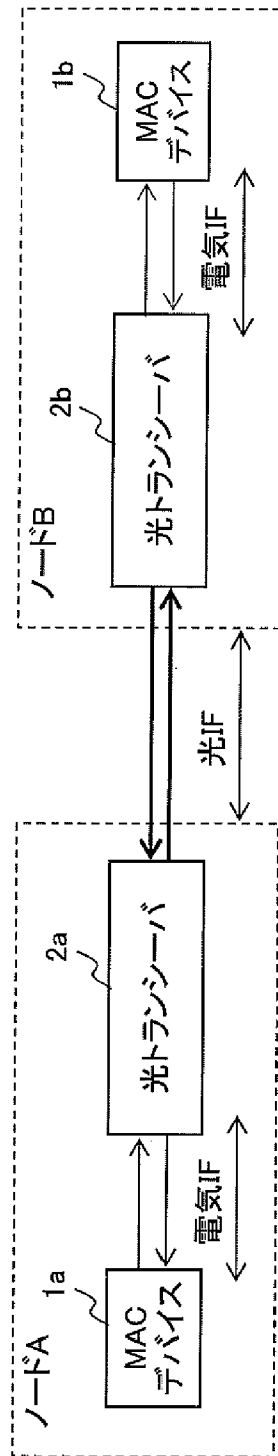
前記フレーム生成回路により生成されるフレームに付加されている誤り訂正符号の種別と、前記フレーム終端回路により終端される誤り訂正符号の種別とが同じであるときは、

前記第1の伝送装置は、前記フレーム生成回路により生成されたフレームに付加されている誤り訂正符号を終端することなく、誤り訂正符号が付加されたフレームを前記光インタフェースへ出力し、

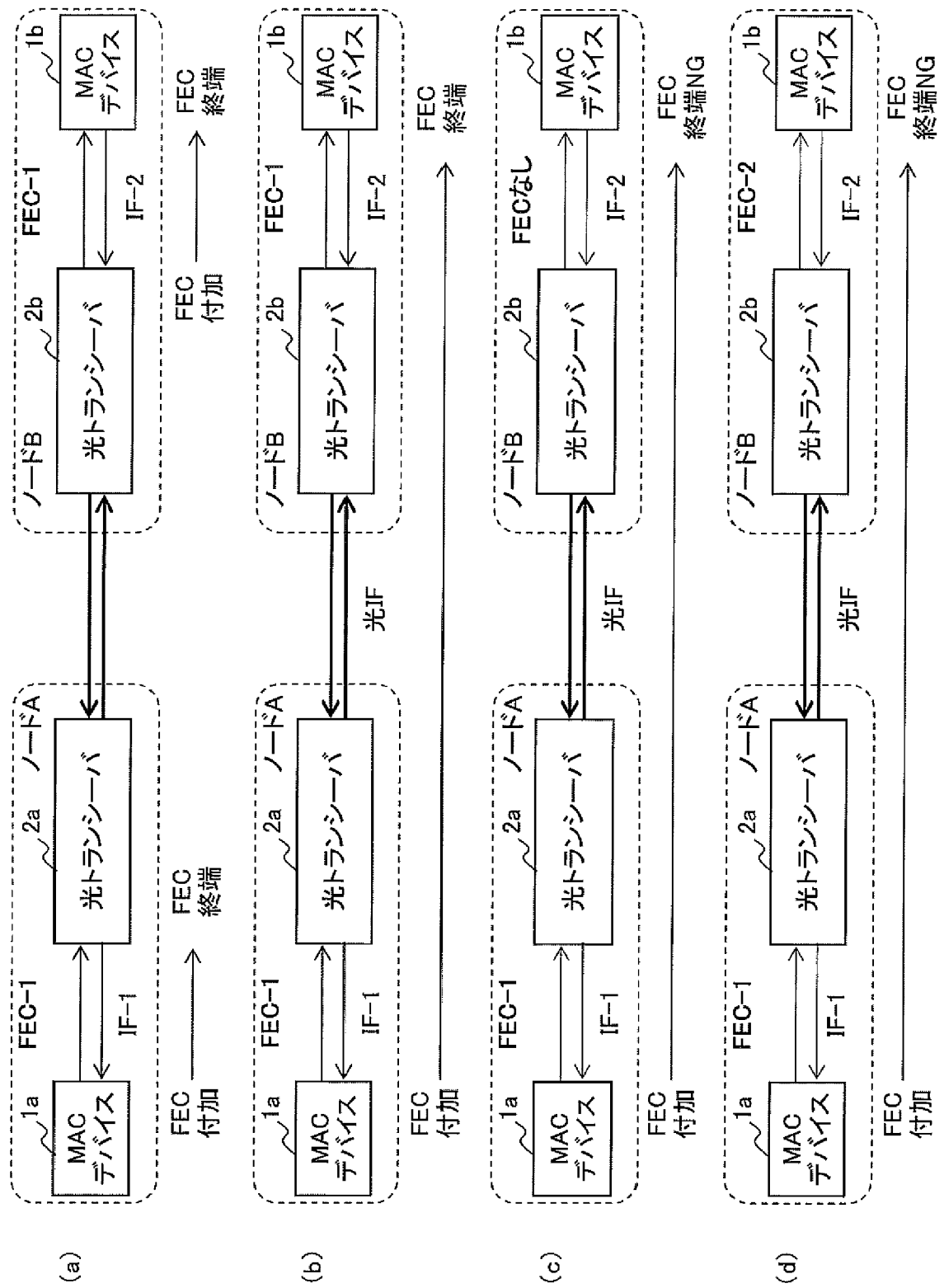
前記第2の伝送装置は、前記光インタフェースを介して受信したフレームを前記フレーム終端回路へ導く

ことを特徴とする伝送方法。

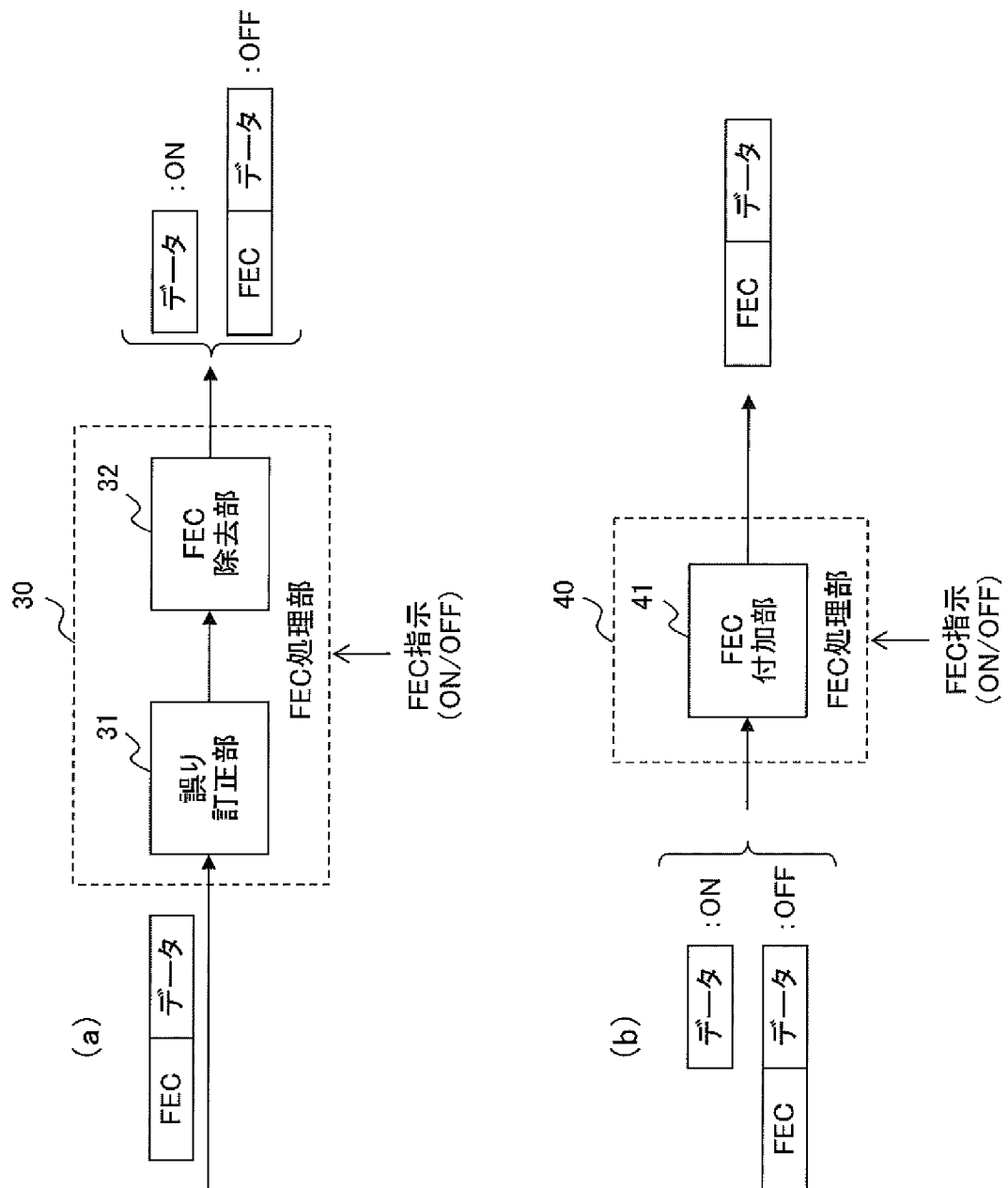
[図1]



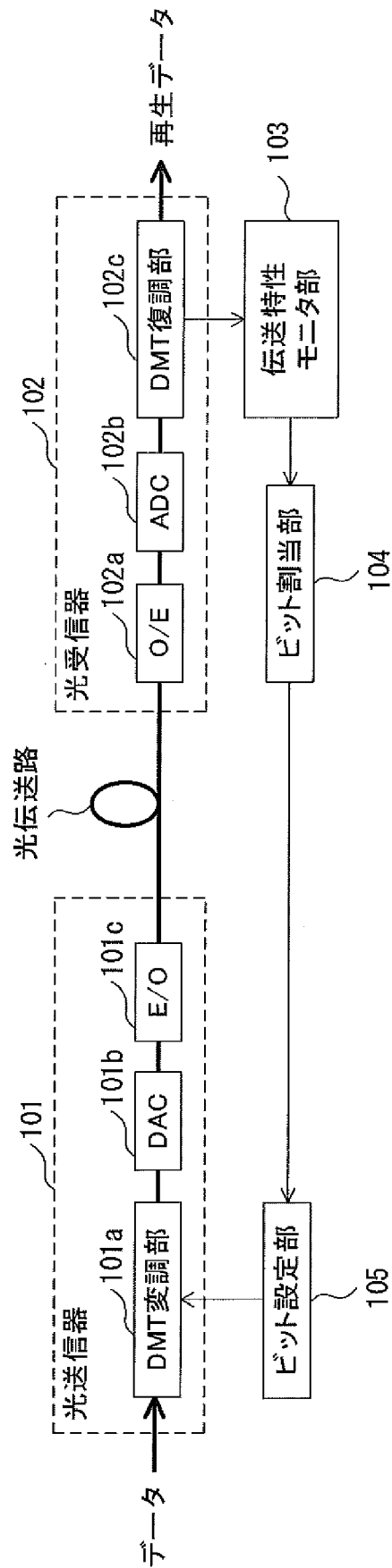
[図2]



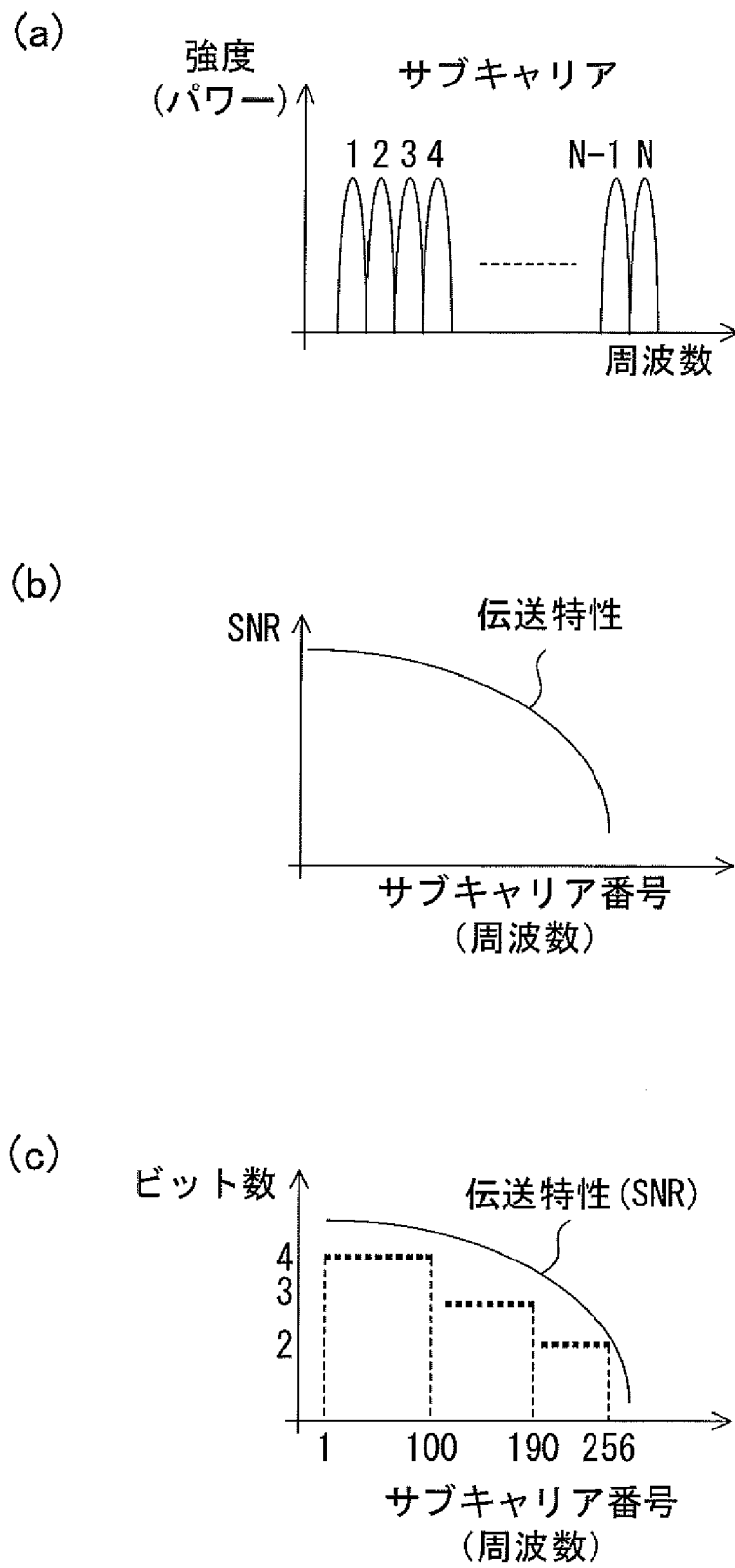
[図4]



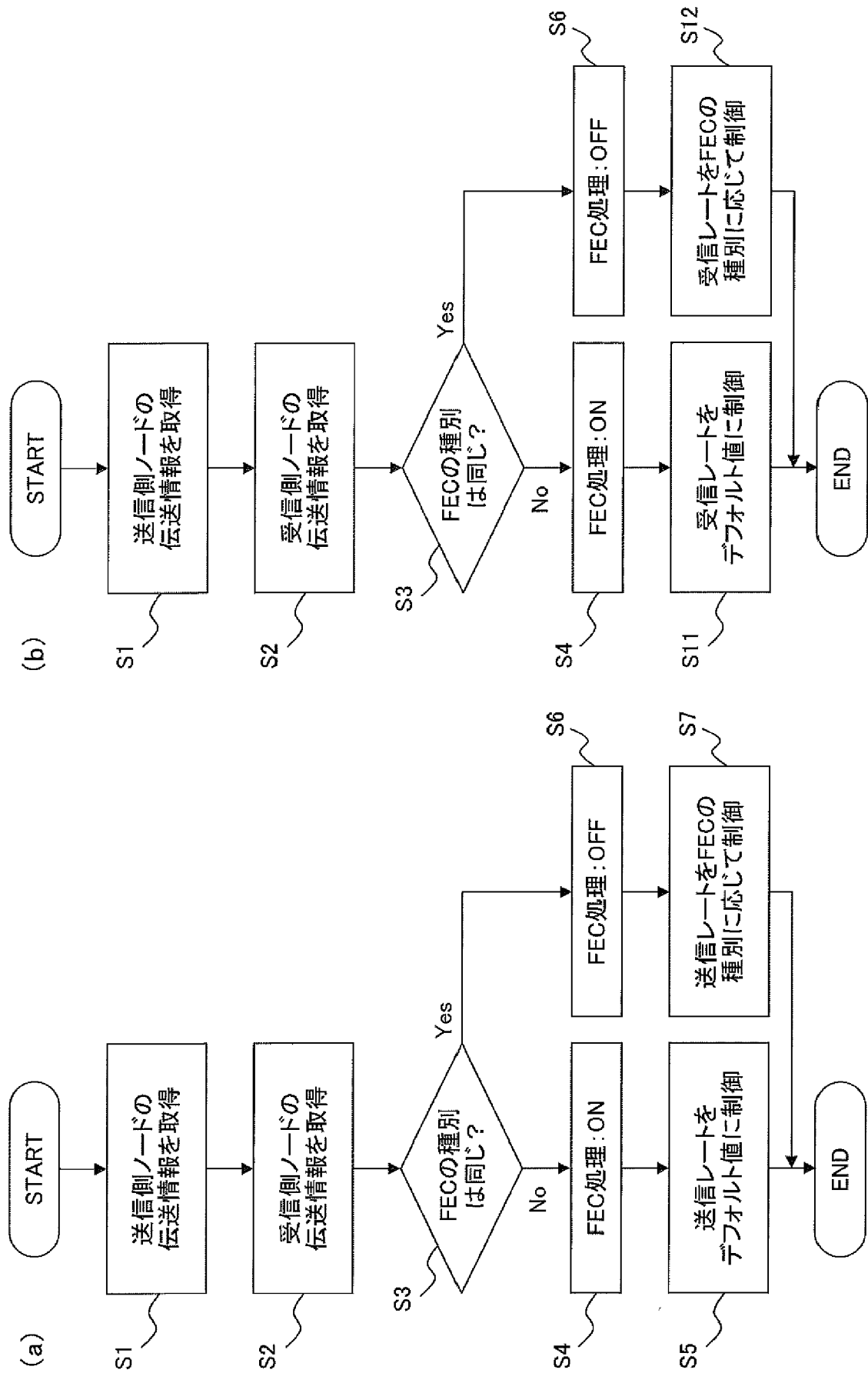
[図5]



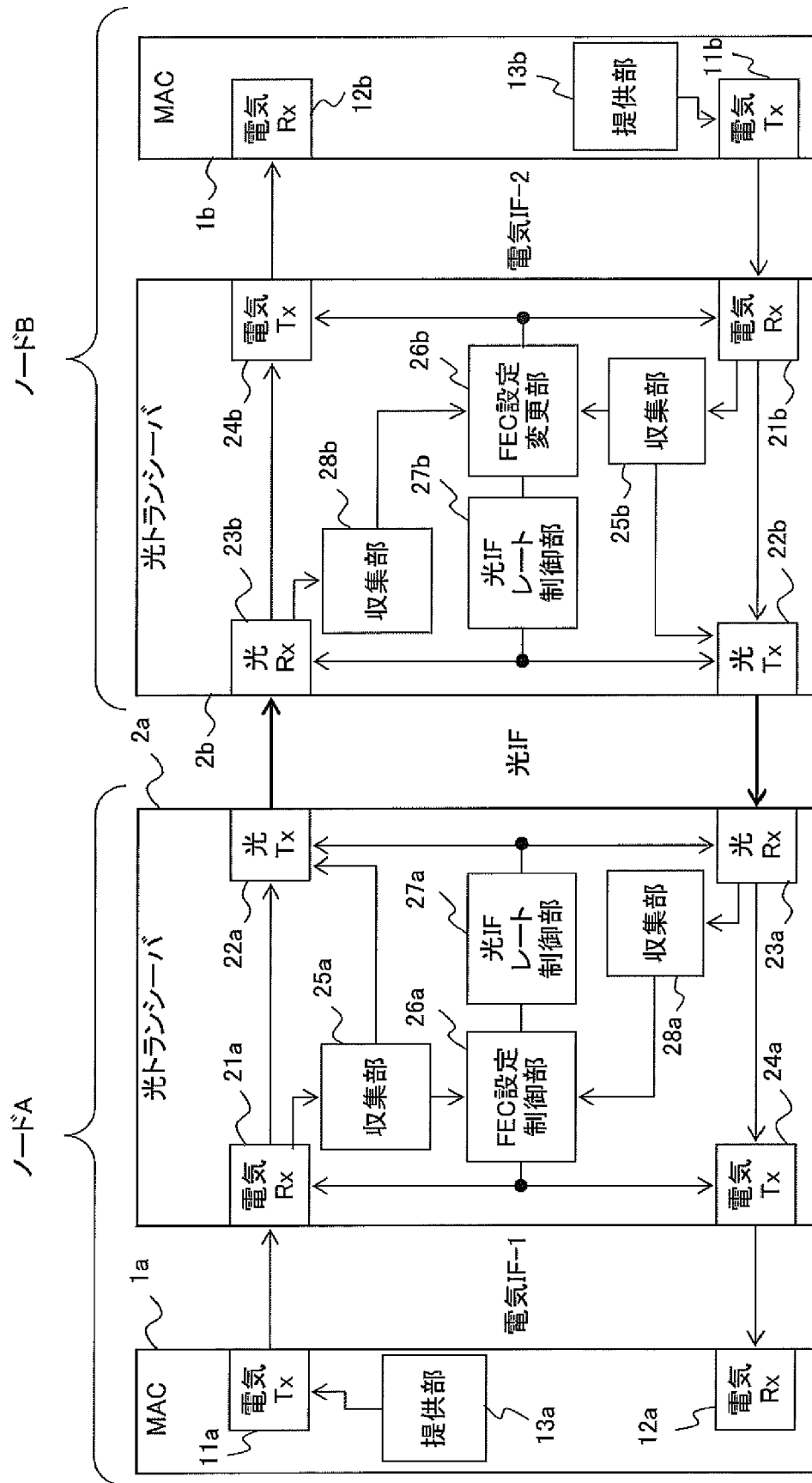
[図6]



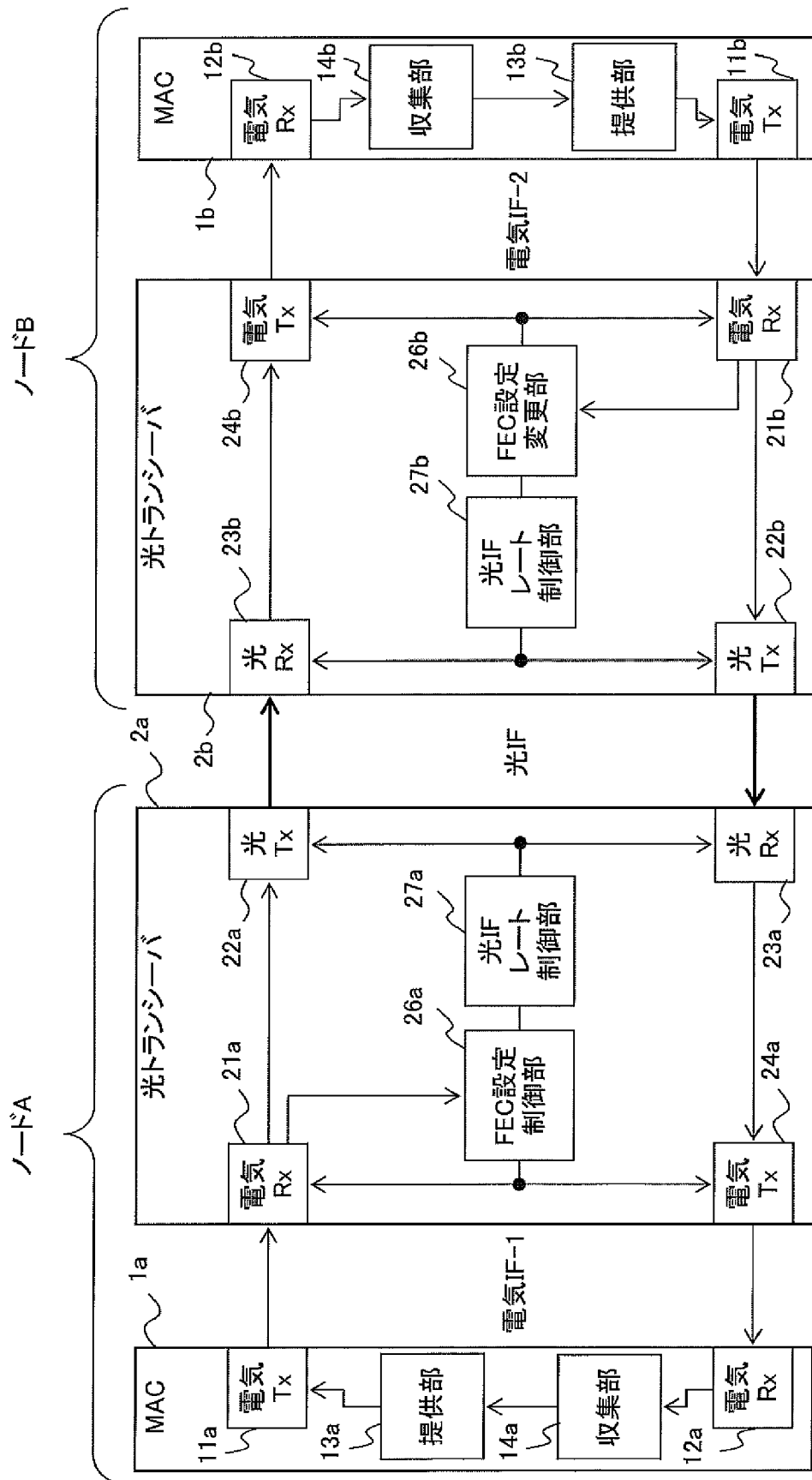
[図7]



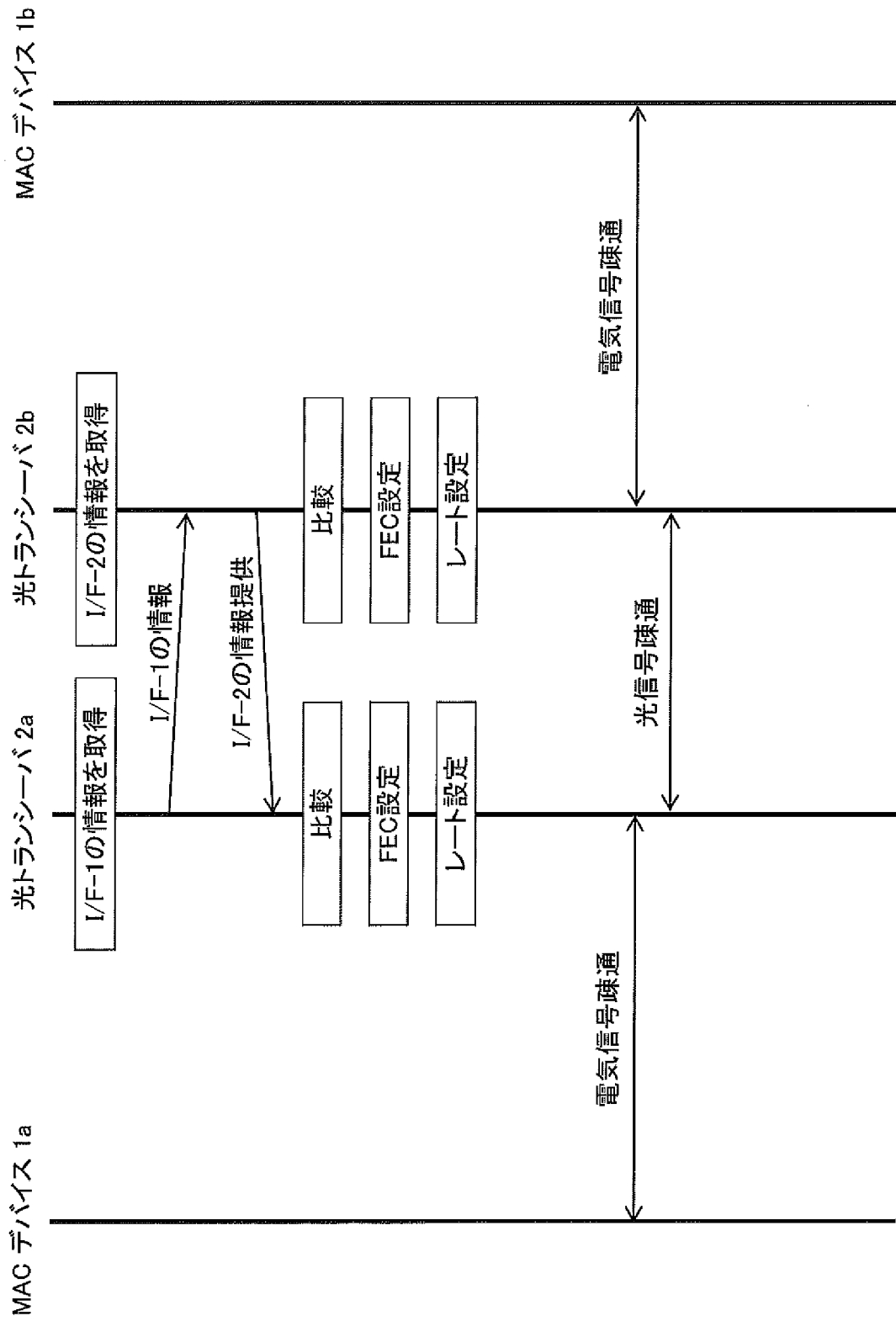
[図8]



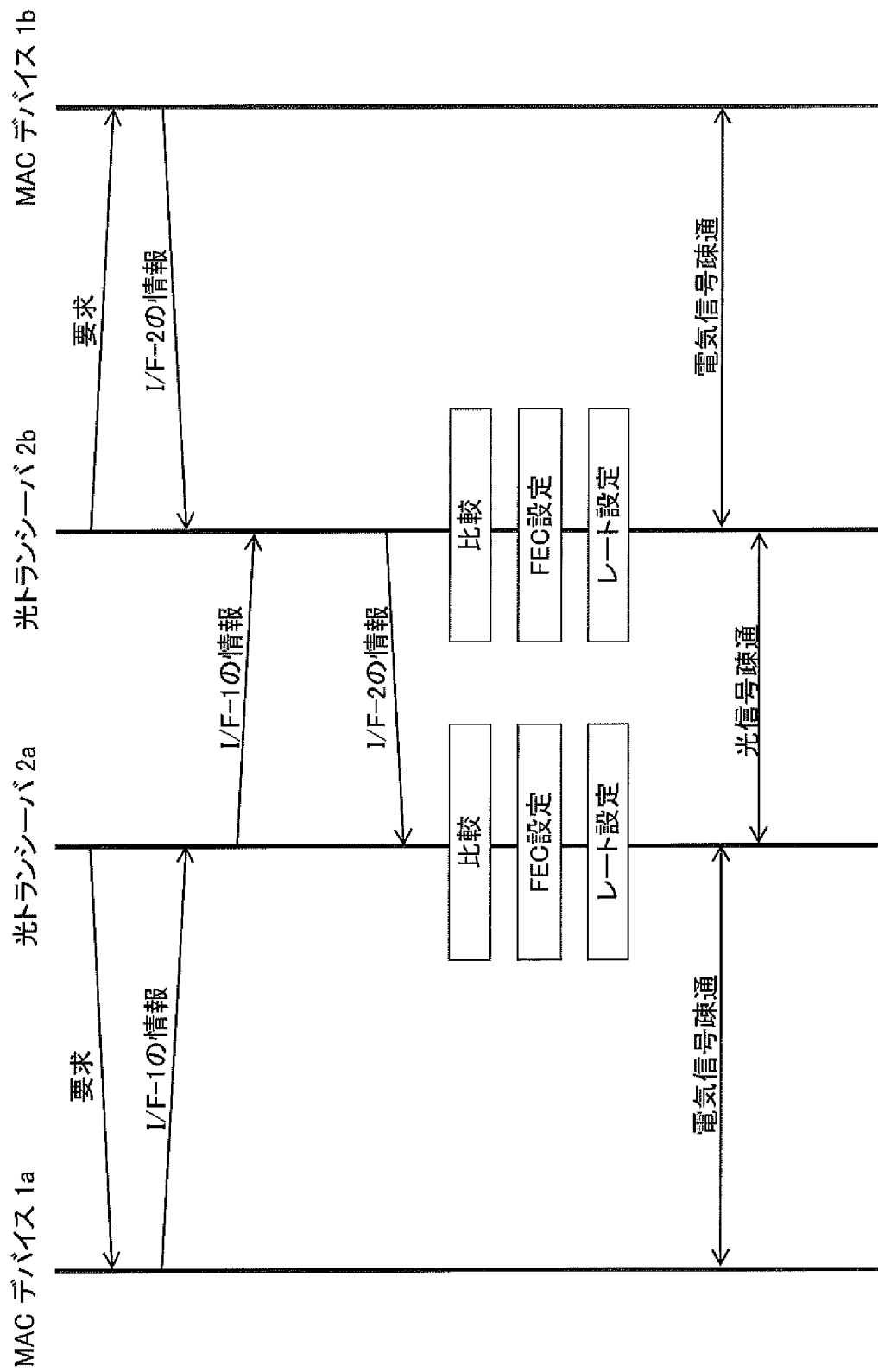
[図9]



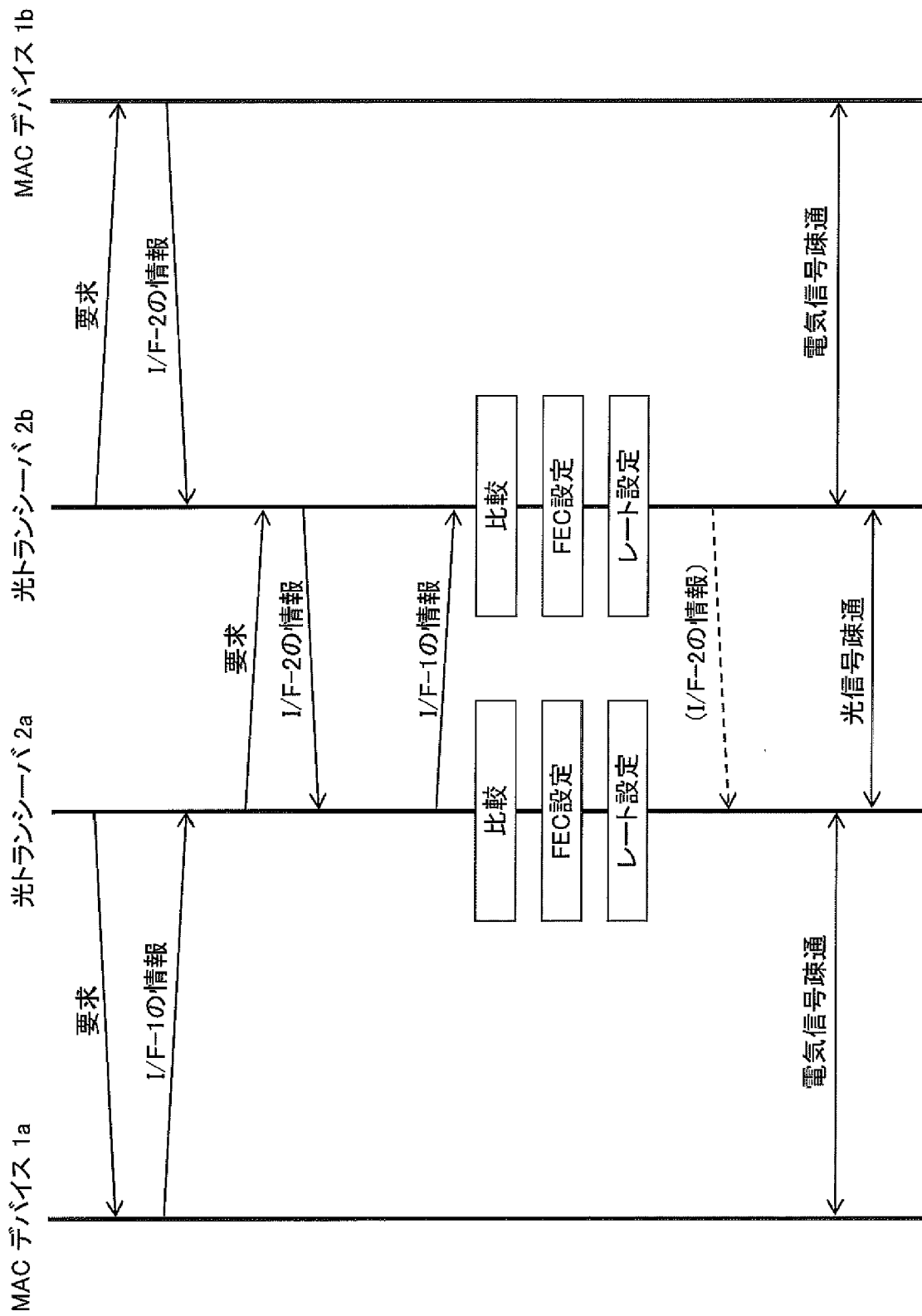
[図10]



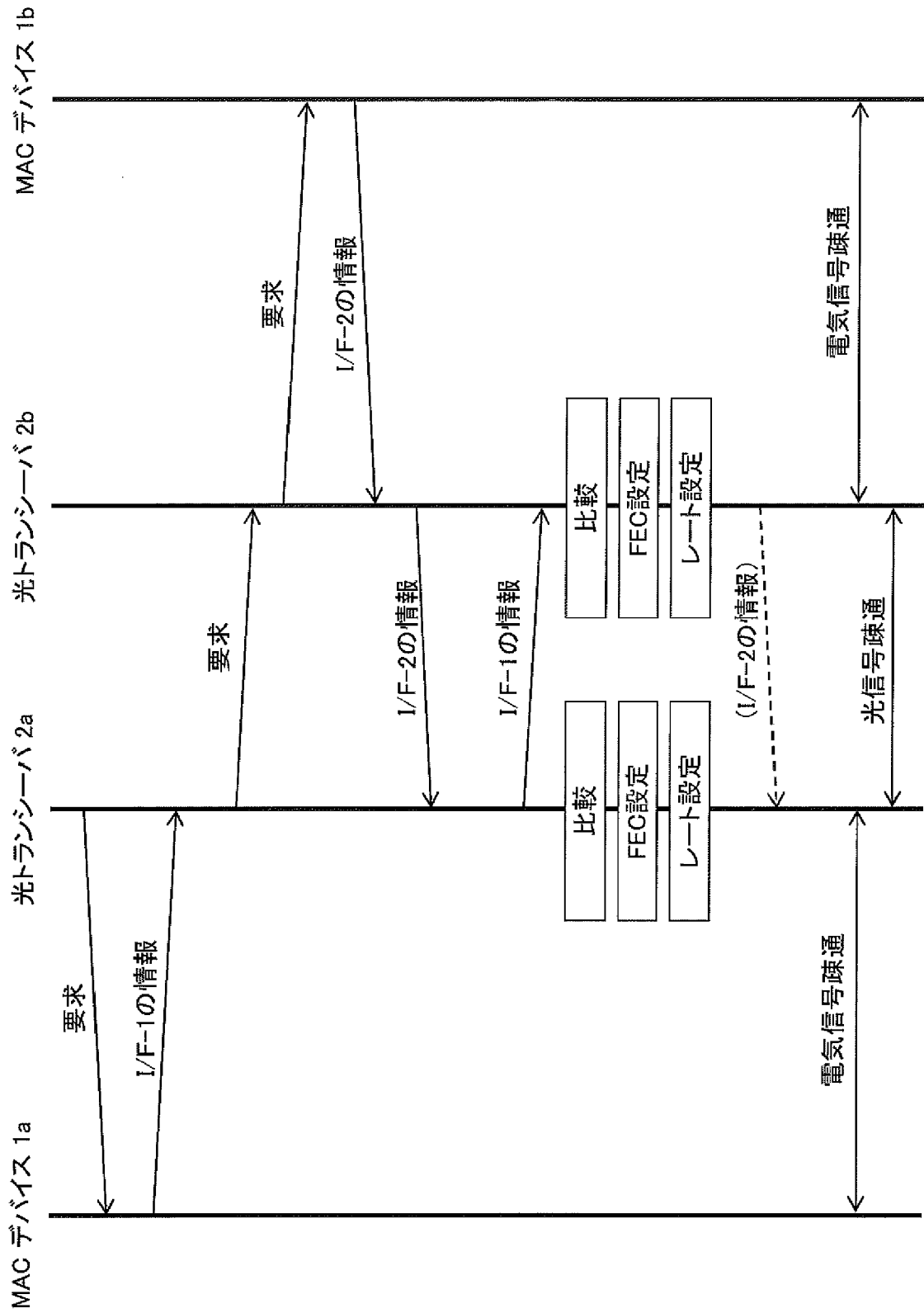
[図11]



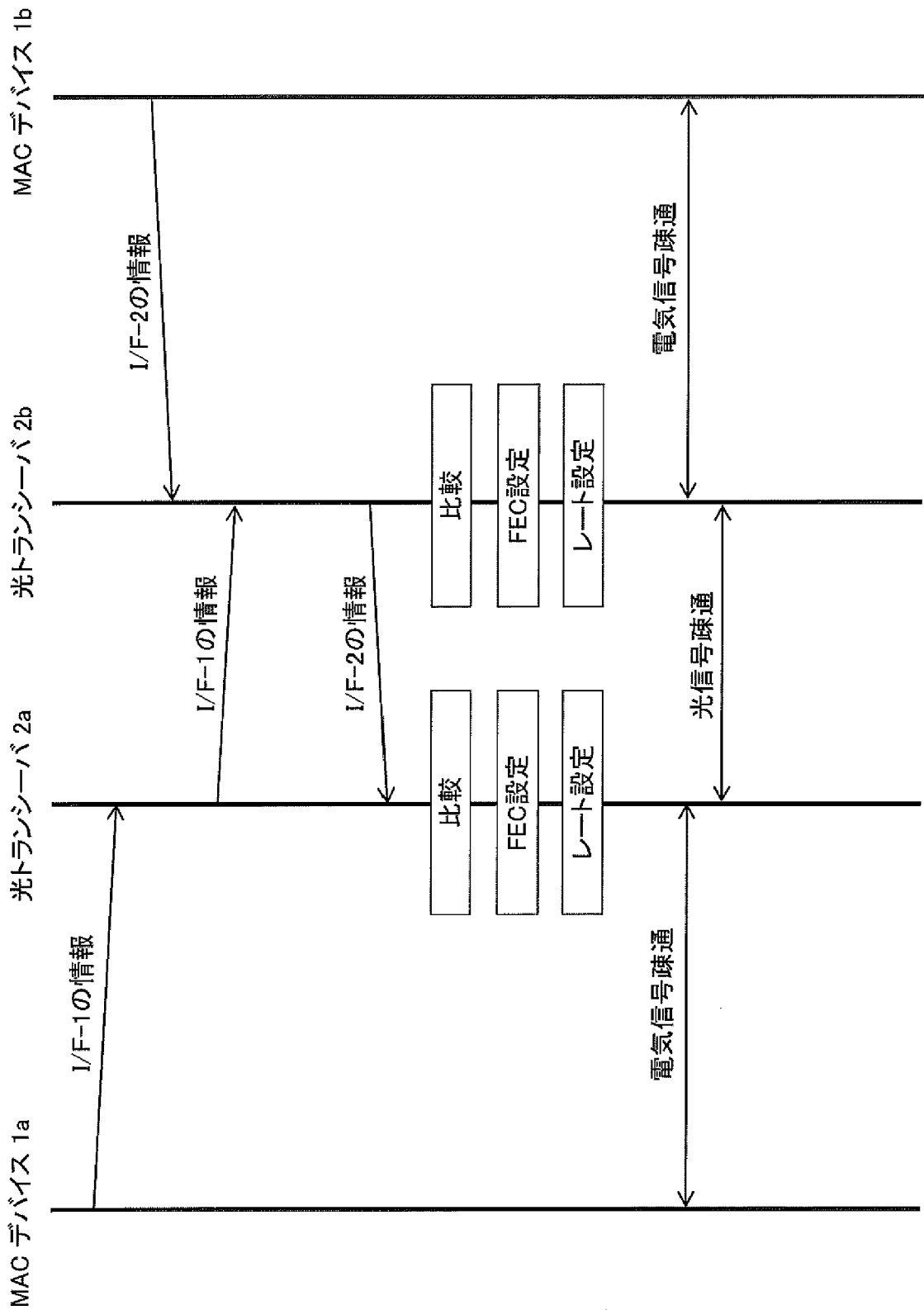
[図12]



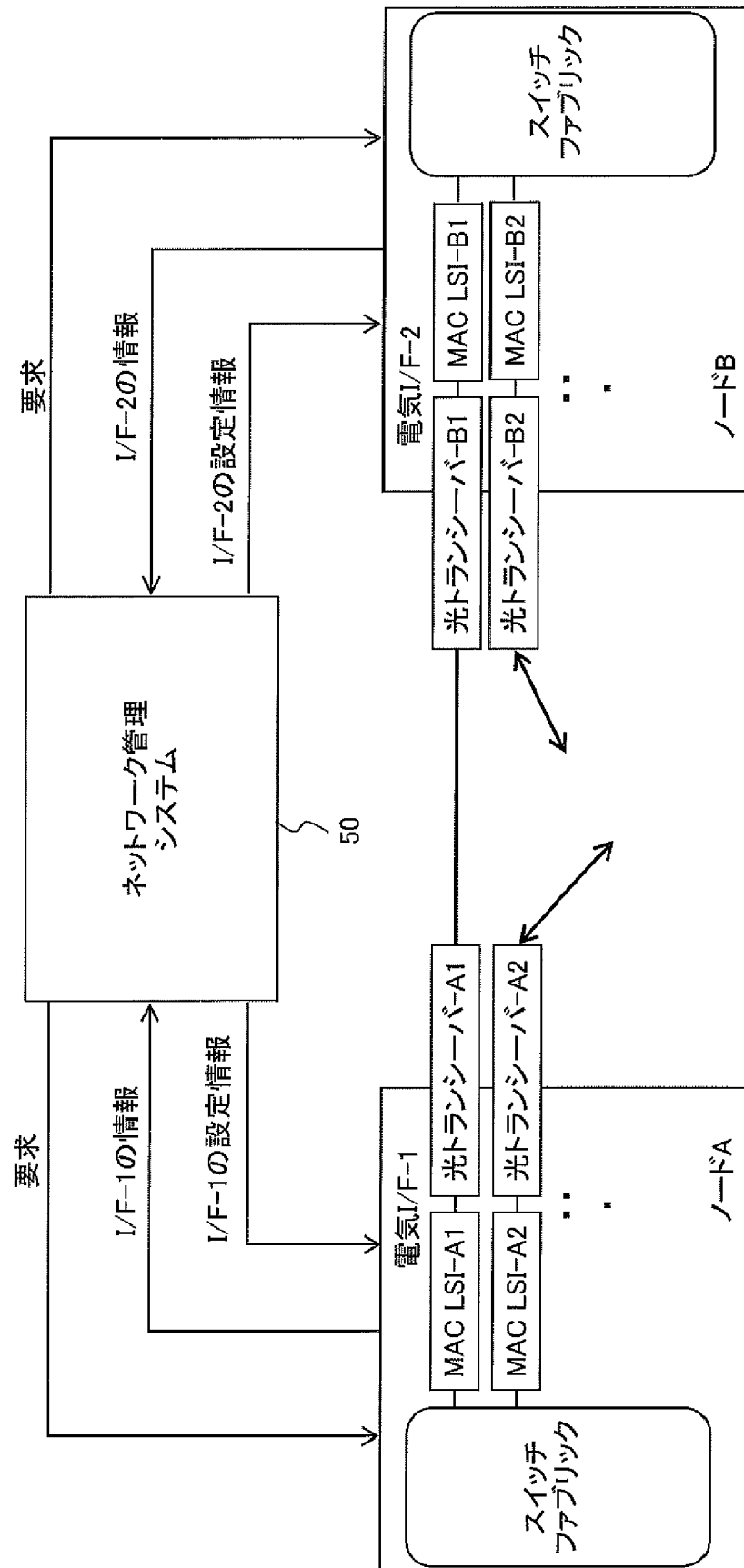
[図13]



[図14]



[図15]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/050299

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04L29/06(2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H04L29/06

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	WO 2011/145133 A1 (Toshiba Corp.), 24 November 2011 (24.11.2011), paragraphs [0026], [0032], [0036], [0039] to [0058], [0075] & US 2012/0202420 A1	1, 4-10, 12 2, 3, 11
A	JP 2006-217318 A (NEC Electronics Corp.), 17 August 2006 (17.08.2006), entire text; all drawings (Family: none)	1-12
A	JP 2003-273840 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 26 September 2003 (26.09.2003), entire text; all drawings (Family: none)	1-12

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
05 February 2015 (05.02.15)

Date of mailing of the international search report
17 February 2015 (17.02.15)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/050299

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2013/0177309 A1 (Menara Networks, INC.), 11 July 2013 (11.07.2013), entire text; all drawings & EP 2078361 A & WO 2009/140357 A1	1-12

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H04L29/06 (2006.01) i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H04L29/06

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2015年
日本国実用新案登録公報	1996-2015年
日本国登録実用新案公報	1994-2015年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X A	WO 2011/145133 A1（株式会社東芝）2011.11.24, 段落26, 32, 36, 39-58, 75 & US 2012/0202420 A1	1, 4-10, 12 2, 3, 11
A	JP 2006-217318 A（NECエレクトロニクス株式会社）2006.08.17, 全文、全図（ファミリーなし）	1-12
A	JP 2003-273840 A（三菱重工業株式会社）2003.09.26, 全文、全図（ファミリーなし）	1-12

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

05.02.2015

国際調査報告の発送日

17.02.2015

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A/J P）
郵便番号100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

森谷 哲朗

5 K

4777

電話番号 03-3581-1101 内線 3556

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	US 2013/0177309 A1 (Menara Networks, INC.) 2013.07.11, 全文, 全図 & EP 2078361 A & WO 2009/140357 A1	1-12