

(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
2022年7月14日(14.07.2022)



(10) 国際公開番号

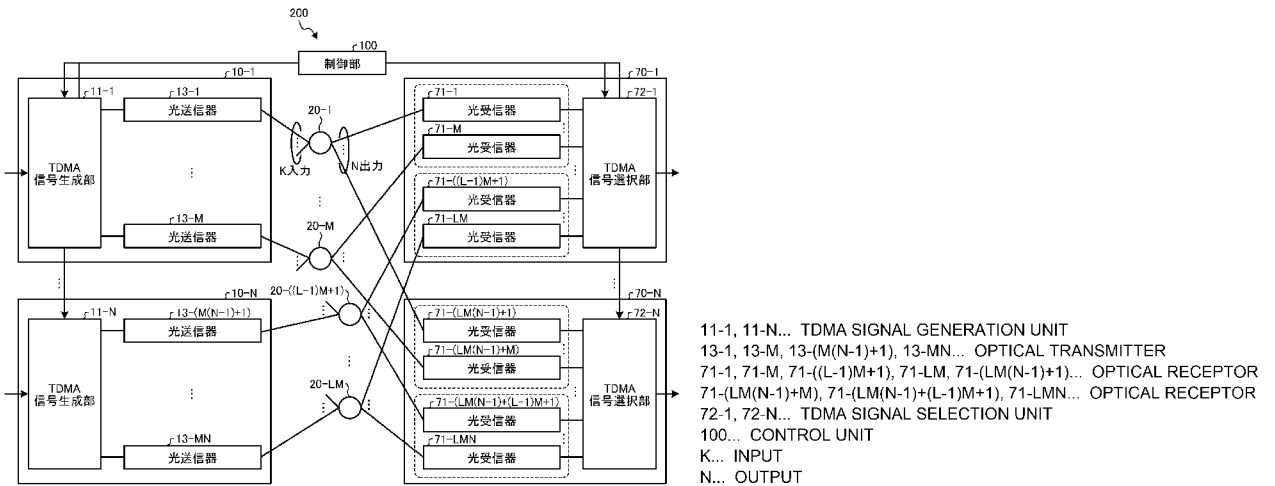
WO 2022/149236 A1

- (51) 国際特許分類:
H04J 14/08 (2006.01) *H04B 10/27* (2013.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2021/000339
- (22) 国際出願日: 2021年1月7日(07.01.2021)
- (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: 三菱電機株式会社(MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 吉間 聡(YOSHIMA, Satoshi); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 高村 順(TAKAMURA, Jun); 〒1000013 東京都千代田区霞が関3丁目8番1号 虎の門三井ビルディング 特許業務法人酒井国際特許事務所 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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, 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,

(54) Title: OPTICAL COMMUNICATION SYSTEM, CONTROL CIRCUIT, STORAGE MEDIUM, AND OPTICAL COMMUNICATION METHOD

(54) 発明の名称: 光通信システム、制御回路、記憶媒体および光通信方法

[図1]



(57) Abstract: This optical communication system (200) comprises: optical transmission devices (10-1 to 10-N) that convert first data signals, which are electrical signals, into a plurality of packet signals being optical signals; optical couplers (20-1 to 20-LM) that multiplex the plurality of packet signals being optical signals, fork the same into a plurality of transmission signals being optical signals, and output the transmission signals; optical reception devices (70-1 to 70-N) that receive the transmission signals being optical signals, convert the same into second data signals, which are electrical signals, and output the second data signals; and a control unit (100) that controls the operation of the optical transmission devices (10-1 to 10-N) and the optical reception devices (70-1 to 70-N), wherein the optical transmission devices (10-1 to 10-N) transmit the plurality of packet signals being optical signals by allocating communication resources such that there are no collisions with packet signals being optical signals transmitted from other optical transmission devices, and the optical reception devices (70-1 to 70-N) convert the transmission signals being optical signals into transmission signals

ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, WS, 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), ヨーロッパ (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:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

being electrical signals, select designated signal portions, and output the portions as the second data signals.

(57) 要約: 光通信システム (200) は、電気信号である第1のデータ信号を複数の光信号のパケット信号に変換して送信する光送信装置 (10-1 ~ 10-N) と、複数の光信号のパケット信号を合波し、複数の光信号の送信信号に分岐して出力する光カプラ (20-1 ~ 20-LM) と、光信号の送信信号を受信し、電気信号である第2のデータ信号に変換して出力する光受信装置 (70-1 ~ 70-N) と、光送信装置 (10-1 ~ 10-N) および光受信装置 (70-1 ~ 70-N) の動作を制御する制御部 (100) と、を備え、光送信装置 (10-1 ~ 10-N) は、他の光送信装置から送信される光信号のパケット信号に衝突しないように通信リソースを割り当て、複数の光信号のパケット信号を送信し、光受信装置 (70-1 ~ 70-N) は、光信号の送信信号を電気信号の送信信号に変換し、指定された信号部分を選択し、第2のデータ信号として出力する。

明 細 書

発明の名称：

光通信システム、制御回路、記憶媒体および光通信方法

技術分野

[0001] 本開示は、光領域で信号を伝送する光通信システム、制御回路、記憶媒体および光通信方法に関する。

背景技術

[0002] 従来、光スイッチ装置として、特許文献 1 に記載されているように、M 個の固定波長光源を有する N 個の波長群発生器、M 個の分岐／選択部、および MN 個の変調フィルタから構成されるものがある。特許文献 1 に記載の光スイッチ装置は、MN 個の入力ポートから入力されたデータに対して、分岐／選択部で M 通りの経路選択を行い、変調フィルタで N 通りの波長選択を行うことによって、所望の出力ポートに経路切り替えを行ってデータを出力することができる。特許文献 1 に記載の光スイッチ装置の構成は、MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) などを使用した MN × MN 規模の空間マトリクススイッチと比較して、より小規模のハードウェアで光スイッチ装置を実現できる利点がある。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献 1：国際公開第 2017/131125 号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 特許文献 1 に記載の光スイッチ装置が備える分岐／選択部は、DC (Delivery and Coupling) スイッチ、またはマルチキャストスイッチによって実現され、1 × M の光カプラ、および M × 1 の光スイッチで構成される。しかしながら、光スイッチは、アクティブ部品のため、光カプラなどのパッシブ部品と比較して、故障率が高くなりシステム全体の信頼性が低下する、とい

う問題があった。また、光スイッチ装置は、スイッチ規模が大きくなると、分岐／選択部で使用される光カプラの分波損、合波損などの損失を補償するため、E D F A (Erbium-Doped Fiber Amplifier) などの光アンプを挿入する必要がある。しかしながら、光アンプは、アクティブ部品のため、光スイッチと同様、パッシブ部品と比較して、故障率が高くなりシステム全体の信頼性が低下する、という問題があった。また、光スイッチ装置は、スイッチ規模の増大に伴って切り替え時間も大きくなると、回線効率が低下する。

[0005] 本開示は、上記に鑑みてなされたものであって、回線効率の低下を抑制しつつ、システム全体の信頼性を向上可能な光通信システムを得ることを目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] 上述した課題を解決し、目的を達成するために、本開示の光通信システムは、各々が、電気信号である第1のデータ信号を複数の光信号の packets 信号に変換して送信する複数の光送信装置と、各々が、複数の光送信装置のうち一部の光送信装置から送信され、異なる光送信装置から送信された複数の光信号の packets 信号を合波し、合波した光信号の packets 信号を同一情報の複数の光信号の送信信号に分岐して出力する複数の光カプラと、各々が、複数の光カプラから、複数の光カプラで分岐された光信号の送信信号の1つを受信し、電気信号である第2のデータ信号に変換して出力する複数の光受信装置と、複数の光送信装置および複数の光受信装置の動作を制御する制御部と、を備える。光カプラの合波数は複数の光送信装置の数より少ない。光送信装置は、制御部から取得した第1の制御信号に基づいて、他の光送信装置から送信される光信号の packets 信号に衝突しないように通信リソースを割り当て、複数の光信号の packets 信号を送信する。光受信装置は、光信号の送信信号を電気信号の送信信号に変換し、制御部から取得した第2の制御信号に基づいて、電気信号の送信信号から指定された信号部分を選択し、第2のデータ信号として出力する、ことを特徴とする。

発明の効果

[0007] 本開示に係る光通信システムは、回線効率の低下を抑制しつつ、システム全体の信頼性を向上できる、という効果を奏する。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]実施の形態1に係る光通信システムの構成例を示す図

[図2]実施の形態1に係る光通信システム内で伝送される信号の一例を示す図

[図3]実施の形態1に係る光通信システムの動作を示すフローチャート

[図4]実施の形態1に係る光通信システムが備える処理回路をプロセッサおよびメモリで実現する場合の処理回路の構成例を示す図

[図5]実施の形態1に係る光通信システムが備える処理回路を専用のハードウェアで構成する場合の処理回路の例を示す図

[図6]実施の形態2に係る光通信システムの構成例を示す図

[図7]実施の形態2に係る光通信システム内で伝送される信号の一例を示す図

[図8]実施の形態3に係る光通信システムの構成例を示す図

[図9]実施の形態3に係る光通信システム内で伝送される信号の一例を示す図

[図10]実施の形態4に係る光通信システムの構成例を示す図

[図11]実施の形態4に係る光通信システム内で伝送される信号の一例を示す図

発明を実施するための形態

[0009] 以下に、本開示の実施の形態に係る光通信システム、制御回路、記憶媒体および光通信方法を図面に基づいて詳細に説明する。

[0010] 実施の形態1.

図1は、実施の形態1に係る光通信システム200の構成例を示す図である。図1に示す光通信システム200は、図示しないN個の入力ポートおよびN個の出力ポートを備え、入力Nポートおよび出力Nポートの間を、TDMA (Time Division Multiple Access) 方式によってスイッチングを行うシステムである。光通信システム200は、TDMA信号生成部11-1~11-Nと、光送信器13-1~13-MNと、光カプラ20-1~20-LMと、光受信器71-1~71-LMNと、TDMA信号選択部72-

1 ~ 7 2 - N と、制御部 1 0 0 と、を備える。なお、L、M、およびNは、2以上の整数とする。また、 $L < N$ とする。

[0011] 光通信システム 2 0 0 では、T D M A 信号生成部 1 1 - 1 および光送信器 1 3 - 1 ~ 1 3 - M によって光送信装置 1 0 - 1 が構成され、T D M A 信号生成部 1 1 - 2 および光送信器 1 3 - (M + 1) ~ 1 3 - M 2 によって光送信装置 1 0 - 2 が構成され、…、T D M A 信号生成部 1 1 - N および光送信器 1 3 - (M (N - 1) + 1) ~ 1 3 - M N によって光送信装置 1 0 - N が構成される。また、光受信器 7 1 - 1 ~ 7 1 - L M および T D M A 信号選択部 7 2 - 1 によって光受信装置 7 0 - 1 が構成され、光受信器 7 1 - (L M + 1) ~ 7 1 - L M 2 および T D M A 信号選択部 7 2 - 2 によって光受信装置 7 0 - 2 が構成され、…、光受信器 7 1 - (L M (N - 1) + 1) ~ 7 1 - L M N および T D M A 信号選択部 7 2 - N によって光受信装置 7 0 - N が構成される。光カプラ 2 0 - 1 ~ 2 0 - L M は、例えば、パワースプリッタである。

[0012] 以降の説明において、光送信装置 1 0 - 1 ~ 1 0 - N を区別しない場合は光送信装置 1 0 と称し、T D M A 信号生成部 1 1 - 1 ~ 1 1 - N を区別しない場合は T D M A 信号生成部 1 1 と称し、光送信器 1 3 - 1 ~ 1 3 - M N を区別しない場合は光送信器 1 3 と称することがある。また、光カプラ 2 0 - 1 ~ 2 0 - L M を区別しない場合は光カプラ 2 0 と称することがある。また、光受信装置 7 0 - 1 ~ 7 0 - N を区別しない場合は光受信装置 7 0 と称し、光受信器 7 1 - 1 ~ 7 1 - L M N を区別しない場合は光受信器 7 1 と称し、T D M A 信号選択部 7 2 - 1 ~ 7 2 - N を区別しない場合は T D M A 信号選択部 7 2 と称することがある。

[0013] T D M A 信号生成部 1 1 - 1 ~ 1 1 - N は、前述の入力ポートから、転送要求のある電気信号である第 1 のデータ信号を取得する。また、T D M A 信号生成部 1 1 - 1 ~ 1 1 - N は、制御部 1 0 0 から、制御部 1 0 0 によって生成された基準クロック、および通信リソース割当である送信タイミング信号を含む第 1 の制御信号を取得する。基準クロックは、光信号の packets

号の送受信伝送レートを規定するものである。通信リソース割当は、光通信システム200の入力ポートで取得された第1のデータ信号の通信要求に基づいて制御部100が決定するものである。実施の形態1では、通信リソースとして、タイムスロットを想定している。

[0014] TDMA信号生成部11-1~11-Nは、取得した第1のデータ信号を一度バッファし、第1の制御信号に含まれる送信タイミング信号に基づいて、他のTDMA信号生成部11で生成される時分割多重信号である電気信号の packets 信号と時間軸上で衝突しないようにタイミング調整して時間軸上での間欠的な電気信号の packets 信号に変換し、接続されている各光送信器13に送信する。例えば、TDMA信号生成部11-1は、光送信器13-1~13-Mに電気信号の packets 信号を送信する。なお、TDMA信号生成部11が送信する電気信号の packets 信号は、間欠的な信号部分以外は、無信号を示す「0」が続く信号であってもよいし、無信号を示すアイドル信号、例えば「10」の交番信号であってもよい。通常、TDMA信号生成部11と光送信器13との間はキャパシタを使用したAC (Alternating Current) 結合となっているため、DC (Direct Current) ドリフトを避けるため、DCバランスのとれたアイドル信号を挿入することが一般的である。この場合、光送信器13は、どの部分が間欠的な信号部分で、どの部分がアイドル信号なのかを示すゲート信号も、別信号ラインによって併せて取得する。ゲート信号は、TDMA信号生成部11から光送信器13に送信してもよいし、光通信システム200の全体を制御する制御部100から光送信器13に送信してもよい。

[0015] 光送信器13-1~13-MNは、TDMA信号生成部11から取得した電気信号の packets 信号を光信号の packets 信号に変換し、光ファイバ網、すなわち光プラ20に送信する。例えば、光送信器13-1~13-Mは、TDMA信号生成部11-1から受信した電気信号の packets 信号を光信号の packets 信号に変換し、光ファイバ網に送信する。なお、光送信器13-1~13-MNは、TDMA信号生成部11から受信した電気信号の packets

ット信号の中で光信号化する時間領域のみ発光し、他の時間領域では他の光送信器 13 からの信号に干渉しないよう無発光状態に遷移する。

[0016] 図 2 は、実施の形態 1 に係る光通信システム 200 内で伝送される信号の一例を示す図である。図 2 は、実施の形態 1 に係る光通信システム 200 の動作の流れを示すものでもある。TDMA 信号生成部 11 への入力信号である第 1 のデータ信号は、一定電圧振幅の連続信号である。TDMA 信号生成部 11 は、ある時間領域または信号ブロック領域で信号を切り取り、各光送信器 13 へ信号を送信するためにパケット化するとともに、伝送速度を高速化する。図 2 では、分かりやすさを重視して、時間領域で区切る場合を示している。例えば、TDMA 信号生成部 11-1 は、入力信号である第 1 のデータ信号を時間領域 T_c で区切る。なお、時間領域 T_c で区切られた信号は、全てある任意の宛先、例えば、TDMA 信号選択部 72-1 宛のものとする。その後、TDMA 信号生成部 11-1 は、各光送信器 13 での出力の伝送速度が上がりすぎないように、時間領域 T_c で区切られた信号を M 個に分割する。TDMA 信号生成部 11 は、例えば、 $T_c = 1 \text{ msec}$ で $M = 8$ とすると、 $1 \text{ msec} / 8 = 0.125 \text{ msec}$ ごとに分割する。

[0017] TDMA 信号生成部 11-1 は、分割後の信号を他の TDMA 信号生成部 11 からの信号と時間領域で衝突しないように高速化、すなわち時間領域で見ると圧縮化する。例えば、同一光ファイバ線路上に接続される TDMA 信号生成部 11 の並列数 $K = 2$ かつ光スイッチ装置としてノンブロッキング処理の場合、光送信器 13 の 1 個当たりの信号時間幅 T_p は、 $1 \text{ msec} / 2 = 0.5 \text{ msec}$ 幅となる。なお、同一光ファイバ線路上に多重される入力ポート数が 2 ポートより多い場合でも、同時にスイッチングするポート数が少なければ、上記の信号時間幅 T_p である 0.5 msec を延ばしても衝突を回避できる。また、図 2 では、1 個の TDMA 信号生成部 11 に接続された光送信器 13 に送信する信号の信号時間幅 T_p を全て同一かつ同タイミングとしているが、他の TDMA 信号生成部 11 からの信号と光ファイバ網で衝突しなければ異なる信号時間幅 T_p かつ信号タイミングとしてもよい。

[0018] 光送信器13は、TDMA信号生成部11で送信タイミングが決定されて送信された電気信号の packets 信号を、光信号の packets 信号に変換する。光送信器13は、光信号の packets 信号を、接続される光カプラ20に出力する。なお、図2では、光送信器13-1~13-Mの光送信器出力信号を全て「1」と表記しているが、これはTDMA信号生成部11-1から受信した信号を表すためであり、並列表記している packets の内容は全て異なる。例えば、光送信器13-1から出力される光信号の packets 信号はTDMA信号生成部11-1への入力信号の相対時間0 msec~0.125 msecまでの信号を示し、光送信器13-2から出力される光信号の packets 信号はTDMA信号生成部11-1への入力信号の相対時間0.125 msec~0.25 msecまでの信号を示している。

[0019] 光カプラ20-1~20-LMは、各々、接続されるK個の光送信器13から取得した光信号の packets 信号を合波する。光カプラ20-1~20-LMは、合波した光信号の packets 信号を、同一情報のN個の光信号の送信信号に分岐して、各光受信装置70が備える1つの光受信器71、すなわちN個の光受信器71に出力する。光カプラ20-1~20-LMは、図1に示すように、各々、K入力ポートおよびN出力ポートを持つものとする。ここで、Kは、2以上でNよりも小さい整数とする。Kの範囲をこのように設定することで、光通信システム200は、光カプラ20の入力ポート数を減らし回線効率を向上させることができる。図2に示す光受信器入力信号は、光カプラ20で合波され、TDMA信号選択部72に接続された光受信器71で受信された光信号の送信信号を示している。なお、光カプラ20-1~20-LMは、取得した光信号の packets 信号を合波し、N個の光信号の送信信号に分波してN個の光受信器71に送信する。そのため、TDMA信号選択部72-1に接続される光受信器71-1~71-LMで取得される光信号の送信信号は、同じくTDMA信号選択部72-2~72-Nの各々に接続されるLM個の光受信器71でも取得される。例えば、光受信器71-1が取得する光信号の送信信号は、TDMA信号選択部72-2に接続され

る1番目の光受信器71-(LM+1)、TDMA信号選択部72-3に接続される1番目の光受信器71-(LM2+1)などでも取得される。また、光受信器71-Mが取得する光信号の送信信号は、TDMA信号選択部72-2に接続されるM番目の光受信器71-(LM+M)、TDMA信号選択部72-3に接続されるM番目の光受信器71-(LM2+M)などでも取得される。

[0020] 前述の例に倣うと、図2に示す光受信器入力信号において、一番上の行に示した光信号の送信信号のうち、「1」と記載された部分はTDMA信号生成部11-1への入力信号のうち相対時間0 msec~0.125 msecまでの信号を示し、「2」と記載された部分はTDMA信号生成部11-2への入力信号のうち相対時間0 msec~0.125 msecまでの信号を示し、…、「K」と記載された部分はTDMA信号生成部11-Kへの入力信号のうち相対時間0 msec~0.125 msecまでの信号を示し、合計で1 msecの信号となっている。なお、図2では記載を省略しているが、図2に示す光受信器入力信号において、一番上の行に示した光信号の送信信号の次に来るべき光信号の送信信号は、TDMA信号生成部11-1~11-Kの入力信号のうち相対時間0.125 msec~0.25 msecまでの信号となる。光通信システム200では、N個のTDMA信号選択部72が、LM個の光受信器71を介して、N個のTDMA信号生成部11に接続されるMN個の光送信器13から送信される光信号の packets 信号を受信することによって、相対時間0 msec~1 msecの信号の再構成、およびTDMA信号の選択、すなわち電気信号である第2のデータ信号の選択が可能となる。なお、図2の例では、全ての packets 信号が同じ信号時間幅 T_p の信号としたが、TDMA信号生成部11別に異なる信号時間幅 T_p の packets としてもよい。

[0021] 光受信器71-1~71-LMは、取得した光信号の送信信号を電気信号の送信信号に変換する。ここで、ある光受信器71が取得する光信号の送信信号について、各光送信器13から光受信器71までの伝送路損失、光送信

器 1 3 の出力光パワーなどが異なる場合、光信号の送信信号間の光レベル差が生じる。この光レベル差は、光受信器 7 1 の光電変換利得を変化させずに吸収できる、すなわち一定電圧振幅の信号に変換できる場合もあり得るが、スイッチ構成によっては光電変換利得を光信号の送信信号ごとに変更する必要がでてくる場合もあり得る。また、異なる光送信器 1 3 間において受信端での光信号の packets 信号ごとの信号位相を完全に合わせることは困難なため、相対的な位相、例えば、NRZ (Non-Return to Zero) 信号を用いた場合は立ち上りエッジおよび立ち下りエッジの位相は異なるのが一般的である。この場合、信号ロスが発生しないよう、光レベル差、位相差などを吸収するために光受信器 7 1 の状態を光信号の送信信号ごとに最適化する必要がある。このため、各光信号の送信信号には、プリアンプルパターンを packets 先頭に挿入しておく。例えば、10 Gbps 級システムである XGS-PO N (10 Gigabit capable Symmetric-Passive Optical Network) が規定された ITU (International Telecommunication Union) -TG. 9807. 1 では、プリアンプル長として 128. 6 ns ~ 610. 9 ns が規定されており、システム構成に合わせて適切なプリアンプルパターンを挿入すればよい。プリアンプル長が長いほど、光送信器 1 3 および光受信器 7 1 に求められる最適化時間は緩和されるが、所望のスイッチング能力を維持するため、伝送速度、時間圧縮率などの向上が求められる。

[0022] TDMA 信号選択部 7 2 は、接続される光受信器 7 1 から電気信号の送信信号を取得する。TDMA 信号選択部 7 2 は、制御部 100 から取得した第 2 の制御信号に含まれるルーティング情報に基づいて、受信した電気信号の送信信号から指定されたタイムスロットの信号を選択し、選択したタイムスロットの信号を電気信号である第 2 のデータ信号として出力する。具体的には、TDMA 信号選択部 7 2 は、ルーティング情報に基づいて、必要な宛先のみ抽出し、それ以外の信号は破棄する。TDMA 信号選択部 7 2 は、時間的に間欠な抽出信号を時間的に連続な信号へと変換し、伝送速度を後段に接続されるシステムに合わせて変換して送出する。図 2 に示す TDMA 信号選

択部出力信号は、一例として、TDM A 信号選択部 72-1 から出力される第2のデータ信号を示している。

[0023] 制御部 100 は、TDM A 信号生成部 11 および TDM A 信号選択部 72 が上記のような制御を行うために必要な制御情報、光通信システム 200 全体が同期して動作するための基準クロックなどを生成し、各部に供給する。制御部 100 は、第1の制御信号として、基準クロック、通信リソース割当である送信タイミング信号、およびルーティング情報を生成して TDM A 信号生成部 11-1 ~ 11-N に分配する。また、制御部 100 は、第2の制御信号として、通信リソース割当である送信タイミング信号、およびルーティング情報を、TDM A 信号選択部 72-1 ~ 72-N に分配する。なお、制御部 100 は、図1および図2では図示していないが、その他の必要な制御信号、例えば、光送信器 13 の状態遷移信号などを各光送信器 13 および各光受信器 71 に供給してもよい。また、図1では制御部 100 から TDM A 信号生成部 11 および TDM A 信号選択部 72 に制御情報を供給するラインのみを示しているが、これに限定されない。制御部 100 は、必要に応じて状態情報、例えば故障情報を各構成から取得し、各構成の状態情報に基づいて、パケット信号の割り振り、宛先などを変更してもよい。

[0024] このように、本実施の形態において、光通信システム 200 は、各々が、電気信号である第1のデータ信号を複数の光信号のパケット信号に変換して送信する複数の光送信装置 10-1 ~ 10-N と、各々が、複数の光送信装置 10-1 ~ 10-N のうち一部の光送信装置 10 から送信され、異なる光送信装置 10 から送信された複数の光信号のパケット信号を合波し、合波した光信号のパケット信号を同一情報の複数の光信号の送信信号に分岐して出力する複数の光カプラ 20-1 ~ 20-LM と、を備える。また、光通信システム 200 は、各々が、複数の光カプラ 20-1 ~ 20-LM から、複数の光カプラ 20-1 ~ 20-LM で分岐された光信号の送信信号の1つを受信し、電気信号である第2のデータ信号に変換して出力する複数の光受信装置 70-1 ~ 70-N と、複数の光送信装置 10-1 ~ 10-N および複数

の光受信装置 70-1 ~ 70-N の動作を制御する制御部 100 と、を備える。光カプラ 20-1 ~ 20-LM の合波数は、複数の光送信装置 10-1 ~ 10-N の数より少ない。光送信装置 10 は、制御部 100 から取得した第 1 の制御信号に基づいて、他の光送信装置 10 から送信される光信号の packets 信号に衝突しないように通信リソースを割り当て、複数の光信号の packets 信号を送信する。光受信装置 70 は、光信号の送信信号を電気信号の送信信号に変換し、制御部 100 から取得した第 2 の制御信号に基づいて、電気信号の送信信号から指定された信号部分を選択し、第 2 のデータ信号として出力する。

[0025] 光通信システム 200 の動作を、フローチャートを用いて説明する。図 3 は、実施の形態 1 に係る光通信システム 200 の動作を示すフローチャートである。光送信装置 10-1 ~ 10-N は、各々、制御部 100 の制御に基づいて、電気信号である第 1 のデータ信号を光信号の packets 信号に変換して送信する（ステップ S1）。このとき、各光送信装置 10 は、制御部 100 から取得した第 1 の制御信号に基づいて、他の光送信装置 10 から送信される光信号の packets 信号に衝突しないように通信リソースを割り当て、光信号の packets 信号を送信する。光カプラ 20-1 ~ 20-LM は、光送信装置 10-1 ~ 10-N から受信した複数の光信号の packets 信号を合波し（ステップ S2）、合波した光信号の送信信号を同一情報の複数の光信号の送信信号に分岐して出力する（ステップ S3）。光受信装置 70-1 ~ 70-N は、各々、制御部 100 の制御に基づいて、光カプラ 20-1 ~ 20-LM で分岐された光信号の送信信号を受信し、電気信号である第 2 のデータ信号に変換して出力する（ステップ S4）。このとき、各光受信装置 70 は、光信号の送信信号を電気信号の送信信号に変換し、制御部 100 から取得した第 2 の制御信号に基づいて、電気信号の送信信号から指定された信号部分を選択し、第 2 のデータ信号として出力する。光通信システム 200 において、制御部 100 は、光送信装置 10-1 ~ 10-N および光受信装置 70-1 ~ 70-N の動作を制御する。

[0026] 本実施の形態では、具体的には、光送信装置 10-1 ~ 10-N は、第 1 の制御信号に基づいて、他の光送信装置 10 から送信される光信号の packets 信号に衝突しないようにタイムスロットを割り当て、光信号の packets 信号を送信する。また、光受信装置 70-1 ~ 70-N は、第 2 の制御信号に基づいて、電気信号の送信信号から指定されたタイムスロットの信号を選択し、第 2 のデータ信号として出力する。

[0027] つづいて、光通信システム 200 のハードウェア構成について説明する。光通信システム 200 において、光送信器 13 および光受信器 71 は光電変換回路である。光カプラ 20 は、前述のようにパワースプリッタである。TDM 信号生成部 11、TDM 信号選択部 72、および制御部 100 は、処理回路により実現される。処理回路は、メモリに格納されるプログラムを実行するプロセッサおよびメモリであってもよいし、専用のハードウェアであってもよい。処理回路は制御回路とも呼ばれる。

[0028] 図 4 は、実施の形態 1 に係る光通信システム 200 が備える処理回路をプロセッサおよびメモリで実現する場合の処理回路 300 の構成例を示す図である。図 4 に示す処理回路 300 は制御回路であり、プロセッサ 301 およびメモリ 302 を備える。処理回路 300 がプロセッサ 301 およびメモリ 302 で構成される場合、処理回路 300 の各機能は、ソフトウェア、ファームウェア、またはソフトウェアとファームウェアとの組み合わせにより実現される。ソフトウェアまたはファームウェアはプログラムとして記述され、メモリ 302 に格納される。処理回路 300 では、メモリ 302 に記憶されたプログラムをプロセッサ 301 が読み出して実行することにより、各機能を実現する。すなわち、処理回路 300 は、光通信システム 200 の処理が結果的に実行されることになるプログラムを格納するためのメモリ 302 を備える。このプログラムは、処理回路 300 により実現される各機能を光通信システム 200 に実行させるためのプログラムであるともいえる。このプログラムは、プログラムが記憶された記憶媒体により提供されてもよいし、通信媒体など他の手段により提供されてもよい。

[0029] 上記プログラムは、制御部１００が、光送信装置１０に、制御部１００から取得した第１の制御信号に基づいて、他の光送信装置１０から送信される光信号のパケット信号に衝突しないように通信リソースを割り当て、複数の光信号のパケット信号を送信させ、光受信装置７０に、光信号の送信信号を電気信号の送信信号に変換させ、制御部１００から取得した第２の制御信号に基づいて、電気信号の送信信号から指定された信号部分を選択させ、第２のデータ信号として出力させるプログラムであるとも言える。

[0030] ここで、プロセッサ３０１は、例えば、ＣＰＵ（Central Processing Unit）、処理装置、演算装置、マイクロプロセッサ、マイクロコンピュータ、またはＤＳＰ（Digital Signal Processor）などである。また、メモリ３０２は、例えば、ＲＡＭ（Random Access Memory）、ＲＯＭ（Read Only Memory）、フラッシュメモリ、ＥＰＲＯＭ（Erasable Programmable ROM）、ＥＥＰＲＯＭ（登録商標）（Electrically EPROM）などの、不揮発性または揮発性の半導体メモリ、磁気ディスク、フレキシブルディスク、光ディスク、コンパクトディスク、ミニディスク、またはＤＶＤ（Digital Versatile Disc）などが該当する。

[0031] 図５は、実施の形態１に係る光通信システム２００が備える処理回路を専用のハードウェアで構成する場合の処理回路３０３の例を示す図である。図５に示す処理回路３０３は、例えば、単回路、複合回路、プログラム化したプロセッサ、並列プログラム化したプロセッサ、ＡＳＩＣ（Application Specific Integrated Circuit）、ＦＰＧＡ（Field Programmable Gate Array）、またはこれらを組み合わせたものが該当する。処理回路については、一部を専用のハードウェアで実現し、一部をソフトウェアまたはファームウェアで実現するようにしてもよい。このように、処理回路は、専用のハードウェア、ソフトウェア、ファームウェア、またはこれらの組み合わせによって、上述の各機能を実現することができる。

[0032] 以上説明したように、本実施の形態によれば、光通信システム２００は、ＴＤＭＡ方式を用いて各光送信装置１０のＴＤＭＡ信号生成部１１の送信タ

イミングを制御することによって、光領域において光スイッチを使用せず、光カプラ20のパッシブ部品のみでマトリクススイッチ接続が構成できるので、信頼性を向上させることが可能である。また、光通信システム200は、光カプラ20の合波数を限定することで、光カプラ20辺りに合波するパケット数を制限することができ、回線効率を向上させることができる。

[0033] また、光スイッチは、例えば、マッハツェンダ干渉計が例示されるが、ASICなどで構成される電気スイッチと比較して、スイッチポート当たりの消費電力、コスト、サイズ、および重量が大きく、経路切替情報が確定してから切替までに必要なスイッチング時間が数10 μ sと長い。これに対して、光通信システム200は、光スイッチを使用しないため、低消費電力化、省スペース化、軽量化、低コスト化、および経路切替時間短縮化を実現することができる。

[0034] 実施の形態2.

実施の形態1では、各光受信装置70が、光カプラ20と同数の光受信器71を備えていた。実施の形態2では、各光送信装置10が、光カプラ20と同数の光送信器13を備える場合について説明する。

[0035] 図6は、実施の形態2に係る光通信システム200の構成例を示す図である。図6に示す光通信システム200は、図示しないN個の入力ポートおよびN個の出力ポートを備え、入力Nポートおよび出力Nポートの間を、TDMA方式によってスイッチングを行うシステムである。光通信システム200は、TDMA信号生成部11-1~11-Nと、光送信器13-1~13-LMNと、光カプラ20-1~20-LMと、光受信器71-1~71-MNと、TDMA信号選択部72-1~72-Nと、制御部100と、を備える。なお、L、M、およびNは、2以上の整数とする。また、 $L < N$ とする。また、実施の形態1と同様、後述するKは、2以上でNよりも小さい整数とする。

[0036] 光通信システム200では、TDMA信号生成部11-1および光送信器13-1~13-LMによって光送信装置10-1が構成され、TDMA信

号生成部 11-2 および光送信器 13- $(LM+1) \sim 13-LM2$ によって光送信装置 10-2 が構成され、…、TDMA 信号生成部 11-N および光送信器 13- $(LM(N-1)+1) \sim 13-LMN$ によって光送信装置 10-N が構成される。また、光受信器 71-1 $\sim 71-M$ および TDMA 信号選択部 72-1 によって光受信装置 70-1 が構成され、光受信器 71- $(M+1) \sim 71-M2$ および TDMA 信号選択部 72-2 によって光受信装置 70-2 が構成され、…、光受信器 71- $(M(N-1)+1) \sim 71-MN$ および TDMA 信号選択部 72-N によって光受信装置 70-N が構成される。光カプラ 20-1 $\sim 20-LM$ は、例えば、パワースプリッタである。

[0037] 以降の説明において、光送信装置 10-1 $\sim 10-N$ を区別しない場合は光送信装置 10 と称し、TDMA 信号生成部 11-1 $\sim 11-N$ を区別しない場合は TDMA 信号生成部 11 と称し、光送信器 13-1 $\sim 13-LMN$ を区別しない場合は光送信器 13 と称することがある。また、光カプラ 20-1 $\sim 20-LM$ を区別しない場合は光カプラ 20 と称することがある。また、光受信装置 70-1 $\sim 70-N$ を区別しない場合は光受信装置 70 と称し、光受信器 71-1 $\sim 71-MN$ を区別しない場合は光受信器 71 と称し、TDMA 信号選択部 72-1 $\sim 72-N$ を区別しない場合は TDMA 信号選択部 72 と称することがある。

[0038] 本実施の形態において、光カプラ 20-1 $\sim 20-LM$ は、各々、各光送信装置 10 が備える 1 つの光送信器 13、すなわち N 個の光送信器 13 から送信された光信号のパケット信号を合波する。光カプラ 20-1 $\sim 20-LM$ は、合波した光信号のパケット信号を、同一情報の K 個の光信号の送信信号に分岐して、接続される K 個の光受信器 71 に出力する。光カプラ 20-1 $\sim 20-LM$ は、図 6 に示すように、各々、N 入力ポートおよび K 出力ポートを持つものとする。これにより、実施の形態 2 では、実施の形態 1 と比較して各 TDMA 信号生成部 11 に接続される光送信器 13 の数が LM 個に増加する一方、各 TDMA 信号選択部 72 に接続される光受信器 71 の数は

M個に減少する。結果として、光送信器13の数と光受信器71の数とを併せた総数は、実施の形態1と実施の形態2とで同一となる。また、光カプラ20-1~20-LMにおける合波する信号の数および分波する信号の数は実施の形態1と実施の形態2とで異なるものの、合波する信号の数と分波する信号の数を併せた総数は、実施の形態1と実施の形態2とで同一となる。

[0039] 図7は、実施の形態2に係る光通信システム200内で伝送される信号の一例を示す図である。図7は、実施の形態2に係る光通信システム200の動作の流れを示すものでもある。実施の形態1と同様、TDMA信号生成部11は、入力信号である第1のデータを時間的に分割し、時間的に間欠な電気信号の packets 信号へと変更する。ここで、実施の形態2では、光カプラ20-1~20-LMの出力ポート数が限られている。そのため、例えば、TDMA信号生成部11-1は、接続される光送信器13-1~13-LMのうちM個おきにL個の光送信器13に対して同じ電気信号の packets 信号を複製して送信する。TDMA信号生成部11におけるその他の動作は、実施の形態1のTDMA信号生成部11の動作と同様である。図7に示すTDMA信号生成部入力信号は、一例として、TDMA信号生成部11-1への入力信号である第1のデータ信号を示している。

[0040] 光送信器13は、TDMA信号生成部11で送信タイミングが決定されて送信された電気信号の packets 信号を、光信号の packets 信号に変換する。光送信器13は、光信号の packets 信号を、接続される光カプラ20に出力する。図7の光送信器出力信号に示すように、TDMA信号生成部11-1に接続される光送信器13-1, 13-(M+1), 13-(2M+1), ..., 13-((L-1)M+1)から出力される光信号の packets 信号は同一の信号となる。以降も同様に、TDMA信号生成部11-1に接続される光送信器13-M, 13-2M, 13-3M, ..., 13-LMから出力される光信号の packets 信号は同一の信号となる。

[0041] 前述のように、光カプラ20-1~20-LMは、各々、各光送信装置1

0が備える1つの光送信器13、すなわちN個の光送信器13から送信された光信号のパケット信号を合波する。光カプラ20-1~20-LMは、合波した光信号のパケット信号を、同一情報のK個の光信号の送信信号に分岐して、接続されるK個の光受信器71に出力する。

[0042] 各光受信器71は、1つの光カプラ20からN個の光信号のパケット信号が合波された光信号の送信信号を取得する。すなわち、各光受信器71は、全てのTDMA信号生成部11から出力された信号を取得することができる。したがって、各光信号の送信信号に含まれる各TDMA信号生成部11から出力された信号の信号時間幅 T_p は全てのTDMA信号生成部11からのパケット信号の数で割った幅になる。例えば、全てのTDMA信号生成部11から同一時間幅のパケット信号が送信された場合、信号時間幅 $T_p = T_c / N$ となる。図7の光受信器入力信号では、具体的に、光受信器71-1, 71-Mで取得する光信号の送信信号を示している。

[0043] TDMA信号選択部72は、実施の形態1のときと同様、制御部100から取得した第2の制御信号に含まれるルーティング情報に基づいて、接続される光受信器71から受信した電気信号の送信信号から指定されたタイムスロットの信号を選択し、選択したタイムスロットの信号を電気信号である第2のデータ信号として出力する。具体的には、TDMA信号選択部72は、ルーティング情報に基づいて、必要な宛先のみ抽出し、それ以外の信号は破棄する。TDMA信号選択部72は、時間的に間欠な抽出信号を時間的に連続な信号へと変換し、伝送速度を後段に接続されるシステムに合わせて変換して送出する。図7に示すTDMA信号選択部出力信号は、一例として、TDMA信号選択部72-1から出力される第2のデータ信号を示している。

[0044] 本実施の形態で説明した各構成の動作以外は、実施の形態1で説明した各構成の動作と同様である。

[0045] このように、本実施の形態において、光通信システム200は、各々が、電気信号である第1のデータ信号を複数の光信号のパケット信号に変換して送信する複数の光送信装置10-1~10-Nと、各々が、複数の光送信装

置 10-1 ~ 10-N から送信され、異なる光送信装置 10 から送信された複数の光信号の packets 信号を合波し、合波した光信号の packets 信号を同一情報の複数の光信号の送信信号に分岐して出力する複数の光カプラ 20-1 ~ 20-LM と、を備える。また、光通信システム 200 は、各々が、複数の光カプラ 20-1 ~ 20-LM のうち一部の光カプラ 20 から、光カプラ 20 で分岐された光信号の送信信号の 1 つを受信し、電気信号である第 2 のデータ信号に変換して出力する複数の光受信装置 70-1 ~ 70-N と、複数の光送信装置 10-1 ~ 10-N および複数の光受信装置 70-1 ~ 70-N の動作を制御する制御部 100 と、を備える。光カプラ 20-1 ~ 20-LM の分岐数は複数の光受信装置 70-1 ~ 70-N の数より少ない。光送信装置 10 は、制御部 100 から取得した第 1 の制御信号に基づいて、第 1 のデータ信号を複製し、宛先別に他の光送信装置 10 から送信される光信号の packets 信号に衝突しないように通信リソースを割り当て、複数の光信号の packets 信号を送信する。光受信装置 70 は、光信号の送信信号を電気信号の送信信号に変換し、制御部 100 から取得した第 2 の制御信号に基づいて、電気信号の送信信号から指定された信号部分を選択し、第 2 のデータ信号として出力する。

[0046] 以上説明したように、本実施の形態によれば、光通信システム 200 は、TDMA 方式を用いて各光送信装置 10 の TDMA 信号生成部 11 の送信タイミングを制御することによって、光領域において光スイッチを使用せず、光カプラ 20 のパッシブ部品のみでマトリクススイッチ接続が構成できるので、信頼性を向上させることが可能である。本実施の形態では、各光カプラ 20 が全ての TDMA 信号生成部 11 から送信された信号を合波するため、信号を送信する TDMA 信号生成部 11 の数が少ない場合、すなわち信号が疎である場合、光通信システム 200 は、実施の形態 1 と比較して、回線効率を向上させることができる。

[0047] 実施の形態 3.

実施の形態 1 および実施の形態 2 では、光送信器 13 の数と光受信器 71

の数とを併せた総数は同一であった。実施の形態3では、光送信器13の数と光受信器71の数とを併せた総数を、実施の形態1および実施の形態2のときより減らす場合について説明する。

[0048] 図8は、実施の形態3に係る光通信システム200の構成例を示す図である。図8に示す光通信システム200は、図示しないN個の入力ポートおよびN個の出力ポートを備え、入力Nポートおよび出力Nポートの間を、TDMA方式によってスイッチングを行うシステムである。光通信システム200は、TDMA信号生成部11-1~11-Nと、送信スイッチ部12-1~12-Nと、光送信器13-1~13-MNと、光カプラ20-1~20-LMと、光受信器71-1~71-MNと、TDMA信号選択部72-1~72-Nと、制御部100と、を備える。なお、L、M、およびNは、2以上の整数とする。

[0049] 光通信システム200では、TDMA信号生成部11-1、送信スイッチ部12-1、および光送信器13-1~13-Mによって光送信装置10-1が構成され、TDMA信号生成部11-2、送信スイッチ部12-2、および光送信器13-(M+1)~13-M2によって光送信装置10-2が構成され、…、TDMA信号生成部11-N、送信スイッチ部12-N、および光送信器13-(M(N-1)+1)~13-MNによって光送信装置10-Nが構成される。また、光受信器71-1~71-MおよびTDMA信号選択部72-1によって光受信装置70-1が構成され、光受信器71-(M+1)~71-M2およびTDMA信号選択部72-2によって光受信装置70-2が構成され、…、光受信器71-(M(N-1)+1)~71-MNおよびTDMA信号選択部72-Nによって光受信装置70-Nが構成される。光カプラ20-1~20-LMは、例えば、パワースプリッタである。

[0050] 以降の説明において、光送信装置10-1~10-Nを区別しない場合は光送信装置10と称し、TDMA信号生成部11-1~11-Nを区別しない場合はTDMA信号生成部11と称し、送信スイッチ部12-1~12-

Nを区別しない場合は送信スイッチ部12と称し、光送信器13-1~13-MNを区別しない場合は光送信器13と称することがある。また、光カプラ20-1~20-LMを区別しない場合は光カプラ20と称することがある。また、光受信装置70-1~70-Nを区別しない場合は光受信装置70と称し、光受信器71-1~71-MNを区別しない場合は光受信器71と称し、TDMA信号選択部72-1~72-Nを区別しない場合はTDMA信号選択部72と称することがある。

[0051] 本実施の形態において、光カプラ20-1~20-LMは、各々、K個の光送信器13から送信された光信号の packets 信号を合波する。光カプラ20-1~20-LMは、合波した光信号の packets 信号を、同一情報のJ個の光信号の送信信号に分岐して、接続されるJ個の光受信器71に出力する。光カプラ20-1~20-LMは、図8に示すように、各々、K入力ポートおよびJ出力ポートを持つものとする。KおよびJは、2以上でNよりも小さい整数とする。なお、KおよびJは、光通信システム200の構成によって、同じ整数であってもよいし、異なる整数であってもよい。これにより、実施の形態3では、各TDMA信号生成部11に接続される光送信器13の数、および各TDMA信号選択部72に接続される光受信器71の数はいずれもM個となり、光送信器13の数と光受信器71の数を併せた総数を、実施の形態1および実施の形態2のときよりも減らすことができる。また、実施の形態3では、光カプラ20-1~20-LMにおける合波する信号の数または分波する信号の数の多い方の数を、実施の形態1および実施の形態2のときよりも減らすことができるため、ロスバジェットを低減することができる。

[0052] 図9は、実施の形態3に係る光通信システム200内で伝送される信号の一例を示す図である。図9は、実施の形態3に係る光通信システム200の動作の流れを示すものでもある。実施の形態1などと同様、TDMA信号生成部11は、入力信号である第1のデータを時間的に分割し、時間的に間欠な電気信号の packets 信号へと変更する。図9に示すTDMA信号生成部入

力信号は、一例として、TDM A信号生成部11-1への入力信号である第1のデータ信号を示している。ここで、本実施の形態では、各光カプラ20の入力ポート数および出力ポート数が限られており、光カプラ20によって、光受信器71を介して接続されるTDM A信号選択部72が異なる。そのため、送信スイッチ部12が、TDM A信号生成部11で生成された各電気信号の packets 信号を、宛先のTDM A信号選択部72ごとに送信する光送信器13を分けるようにスイッチングを行う。送信スイッチ部12-1は、図8の例では、TDM A信号選択部72-1が宛先の信号を光送信器13-1に送信し、TDM A信号選択部72-Nが宛先の信号を光送信器13-Mに送信する。このように、光送信装置10は、光送信器13ごとに送信する信号を予め送信スイッチ部12によってスイッチングしておく。これにより、光通信システム200は、光カプラ20の入出力ポート数が制限された場合でも、ある入力ポートから所望の出力ポートへのスイッチングが可能となる。

[0053] 図9において、光送信器出力信号は、送信スイッチ部12-1によるスイッチングによってTDM A信号生成部11-1から信号を取得した光送信器13-1および光送信器13-Mからの出力信号を示している。なお、図9の例では、光送信器13-1, 13-Mから送信される光信号の packets 信号の信号時間幅 T_p が同一であるが、信号時間幅 T_p は宛先ごとに異なることがあるため、各光送信器13から送信される光信号の packets 信号の信号時間幅 T_p は異なってもよい。

[0054] 図9において、光受信器入力信号では、TDM A信号選択部72-1に接続される光受信器71-1が受信する光信号の送信信号の例を示している。光受信器71-1は、光カプラ20-1から、光送信器13-1, 13-(M+1), ..., 13-((K-1)M+1)からの光信号の packets 信号が合波された光信号の送信信号を取得する。光送信器13-1からの光信号の packets 信号はTDM A信号生成部11-1から送信された電気信号の packets 信号に基づくものであり、光送信器13-(M+1)からの光信号の packets

ケット信号はT D M A信号生成部1 1 - 2から送信された電気信号のケット信号に基づくものであり、…、光送信器1 3 - ((K - 1) M + 1)からの光信号のケット信号はT D M A信号生成部1 1 - Kから送信された電気信号のケット信号に基づくものである。ここでは、光カプラ2 0 - 1に接続される光送信装置1 0が光送信装置1 0 - 1 ~ 1 0 - Kの場合を示しているが、一例であり、これに限定されない。例えば、光送信装置1 0 - 2のT D M A信号生成部1 1 - 2で生成された信号の宛先がT D M A信号選択部7 2 - 1になることがない場合、光カプラ2 0 - 1に接続される光送信装置1 0は、光送信装置1 0 - 1, 1 0 - 2 ~ 1 0 - (K + 1)であってもよい。

[0055] なお、図9の例では、光カプラ2 0に対してK個の光送信器1 3の全てから光信号のケット信号が入力される場合を示しているが、限られた光送信器1 3からのみ光信号のケット信号が光カプラ2 0に入力される場合、各光信号のケット信号の間隔を空けてもよいし、信号時間幅 T_p を長くしてもよい。光受信器7 1は、取得した光信号の送信信号を電気信号の送信信号に変換し、T D M A信号選択部7 2に出力する。

[0056] T D M A信号選択部7 2は、実施の形態1のときと同様、制御部1 0 0から取得した第2の制御信号に含まれるルーティング情報に基づいて、接続される光受信器7 1から受信した電気信号の送信信号から指定されたタイムスロットの信号を選択し、選択したタイムスロットの信号を電気信号である第2のデータ信号として出力する。具体的には、T D M A信号選択部7 2は、ルーティング情報に基づいて、必要な宛先のみ抽出し、それ以外の信号は破棄する。T D M A信号選択部7 2は、時間的に間欠な抽出信号を時間的に連続な信号へと変換し、伝送速度を後段に接続されるシステムに合わせて変換して送出する。図9に示すT D M A信号選択部出力信号は、一例として、T D M A信号選択部7 2 - 1から出力される第2のデータ信号を示している。

[0057] 本実施の形態で説明した各構成の動作以外は、実施の形態1で説明した各構成の動作と同様である。

[0058] このように、本実施の形態において、光通信システム2 0 0は、各々が、

電気信号である第1のデータ信号を複数の光信号の packets 信号に変換して送信する複数の光送信装置 10-1 ~ 10-N と、各々が、複数の光送信装置 10-1 ~ 10-N のうち一部の光送信装置 10 から送信され、異なる光送信装置 10 から送信された複数の光信号の packets 信号を合波し、合波した光信号の packets 信号を同一情報の複数の光信号の送信信号に分岐して出力する複数の光カプラ 20-1 ~ 20-LM と、を備える。また、光通信システム 200 は、各々が、複数の光カプラ 20-1 ~ 20-LM のうち一部の光カプラ 20 から、光カプラ 20 で分岐された光信号の送信信号の1つを受信し、電気信号である第2のデータ信号に変換して出力する複数の光受信装置 70-1 ~ 70-N と、複数の光送信装置 10-1 ~ 10-N および複数の光受信装置 70-1 ~ 70-N の動作を制御する制御部 100 と、を備える。光カプラ 20-1 ~ 20-LM の合波数は複数の光送信装置 10-1 ~ 10-N の数より少なく、かつ光カプラ 20-1 ~ 20-LM の分岐数は複数の光受信装置 70-1 ~ 70-N の数より少ない。光送信装置 10 は、制御部 100 から取得した第1の制御信号に基づいて、宛先が異なる光カプラ 20 に宛先別にスイッチングし、宛先別に他の光送信装置 10 から送信される光信号の packets 信号に衝突しないように通信リソースを割り当て、光信号の packets 信号を送信する。光受信装置 70 は、光信号の送信信号を電気信号の送信信号に変換し、制御部 100 から取得した第2の制御信号に基づいて、電気信号の送信信号から指定された信号部分を選択し、第2のデータ信号として出力する。

[0059] 光通信システム 200 のハードウェア構成について説明する。光通信システム 200 において、送信スイッチ部 12 は、処理回路により実現される。処理回路は、メモリに格納されるプログラムを実行するプロセッサおよびメモリであってもよいし、専用のハードウェアであってもよい。

[0060] 以上説明したように、本実施の形態によれば、光通信システム 200 は、TDMA 方式を用いて各光送信装置 10 の TDMA 信号生成部 11 の送信タイミングを制御することによって、光領域において光スイッチを使用せず、

光カプラ 20 のパッシブ部品のみでマトリクススイッチ接続が構成できるので、信頼性を向上させることが可能である。また、光通信システム 200 は、光カプラ 20 の合波数および分岐数を限定することで、光カプラ 20 の損失を抑制することができる。本実施の形態では、実施の形態 1 および実施の形態 2 と比較して、ロスバジェットを低減することができ、光送信器 13 の数と光受信器 71 の数とを併せた総数を減らすことができる。

[0061] 実施の形態 4.

実施の形態 4 では、光通信システム 200 が、電気信号をスイッチングする TDMA スwitch を備える場合について説明する。

[0062] 図 10 は、実施の形態 4 に係る光通信システム 200 の構成例を示す図である。図 10 に示す光通信システム 200 は、図示しない N 個の入力ポートおよび N 個の出力ポートを備え、入力 N ポートおよび出力 N ポートの間を、TDMA 方式によってスイッチングを行うシステムである。光通信システム 200 は、TDMA 信号生成部 11-1 ~ 11-N と、光送信器 13-1 ~ 13-MN と、光カプラ 20-1 ~ 20-LM と、光受信器 30-1 ~ 30-LM と、TDMA スwitch 40-1 ~ 40-L と、光送信器 50-1 ~ 50-LJM と、光カプラ 60-1 ~ 60-MN と、光受信器 71-1 ~ 71-MN と、TDMA 信号選択部 72-1 ~ 72-N と、制御部 100 と、を備える。図 10 では、光送信器を Tx と表記し、光受信器を Rx と表記している。なお、J、L、M、および N は、2 以上の整数とする。

[0063] 光通信システム 200 では、TDMA 信号生成部 11-1 および光送信器 13-1 ~ 13-M によって光送信装置 10-1 が構成され、TDMA 信号生成部 11-2 および光送信器 13-(M+1) ~ 13-M2 によって光送信装置 10-2 が構成され、…、TDMA 信号生成部 11-N および光送信器 13-(M(N-1)+1) ~ 13-MN によって光送信装置 10-N が構成される。また、光受信器 71-1 ~ 71-M および TDMA 信号選択部 72-1 によって光受信装置 70-1 が構成され、光受信器 71-(M+1) ~ 71-M2 および TDMA 信号選択部 72-2 によって光受信装置 70

− 2 が構成され、…、光受信器 71 − (M (N − 1) + 1) ∼ 71 − MN および TDMA 信号選択部 72 − N によって光受信装置 70 − N が構成される。光カプラ 20 − 1 ∼ 20 − LM および光カプラ 60 − 1 ∼ 60 − MN は、例えば、パワースプリッタである。

[0064] 以降の説明において、光送信装置 10 − 1 ∼ 10 − N を区別しない場合は光送信装置 10 と称し、TDMA 信号生成部 11 − 1 ∼ 11 − N を区別しない場合は TDMA 信号生成部 11 と称し、光送信器 13 − 1 ∼ 13 − MN を区別しない場合は光送信器 13 と称することがある。また、光カプラ 20 − 1 ∼ 20 − LM を区別しない場合は光カプラ 20 と称し、光受信器 30 − 1 ∼ 30 − LM を区別しない場合は光受信器 30 と称し、TDMA スイッチ 40 − 1 ∼ 40 − L を区別しない場合は TDMA スイッチ 40 と称し、光送信器 50 − 1 ∼ 50 − LJM を区別しない場合は光送信器 50 と称し、光カプラ 60 − 1 ∼ 60 − MN を区別しない場合は光カプラ 60 と称することがある。また、光受信装置 70 − 1 ∼ 70 − N を区別しない場合は光受信装置 70 と称し、光受信器 71 − 1 ∼ 71 − MN を区別しない場合は光受信器 71 と称し、TDMA 信号選択部 72 − 1 ∼ 72 − N を区別しない場合は TDMA 信号選択部 72 と称することがある。また、光送信装置 10 を第 1 の光送信装置と称し、光カプラ 20 を第 1 の光カプラと称し、光受信器 30 を第 1 の光受信装置と称し、光送信器 50 を第 2 の光送信装置と称し、光カプラ 60 を第 2 の光カプラと称し、光受信装置 70 を第 2 の光受信装置と称することがある。

[0065] 本実施の形態において、光通信システム 200 は、N × N スイッチングを実施するため、光−電気−光変換を行い、電気信号をスイッチングする TDMA スイッチ 40 − 1 ∼ 40 − L を備える。これにより、光通信システム 200 は、実施の形態 1 から実施の形態 3 のときよりも、一段あたりの光カプラ 20 の合波数、および光カプラ 60 の分波数をそれぞれ減らすことが可能となるため、ロスバジェットを低減できる。また、光通信システム 200 は、パケット当たりの信号時間幅 T_p を延ばすことができるため、光送信器 13

， 50 および光受信器 30， 71 に求められる伝送速度も減らすことができる。

[0066] 図 11 は、実施の形態 4 に係る光通信システム 200 内で伝送される信号の一例を示す図である。図 11 は、実施の形態 4 に係る光通信システム 200 の動作の流れを示すものでもある。実施の形態 1 などと同様、TDMA 信号生成部 11 は、入力信号である第 1 のデータを時間的に分割し、時間的に間欠な信号時間幅 T_{P1} の電気信号の packets 信号へと変更する。図 11 に示す TDMA 信号生成部入力信号は、一例として、TDMA 信号生成部 11-1 への入力信号である第 1 のデータ信号を示している。図 11 の光送信器 13 出力信号が示すように、光送信器 13 は、TDMA 信号生成部 11 で生成された信号時間幅 T_{P1} の電気信号の packets 信号を光信号の packets 信号に変換して送信する。

[0067] 光カプラ 20-1 ~ 20-LM は、図 10 に示すように、各々、K 入力ポートおよび 1 出力ポートを持つものとする。光カプラ 20-1 ~ 20-LM は、最大 K 個の光信号の packets 信号を合波し、合波された光信号の送信信号を光受信器 30 へ送信する。図 11 は、光受信器 30 入力信号として、光カプラ 20-1 から光受信器 30-1 への入力信号、および光カプラ 20-M から光受信器 30-M への入力信号を示している。図 11 の例では、光受信器 30-1， 30-M は、K 個の光信号の packets 信号が合波された光信号の送信信号を受信している。光受信器 30 は、受信した光信号の送信信号を電気信号であるデータ信号に変換し、TDMA スイッチ 40 に送信する。なお、K は 2 以上で N よりも小さい整数である。

[0068] TDMA スイッチ 40-1 ~ 40-L は、光受信器 30 から取得した電気信号のデータ信号を宛先別にスイッチングし、光送信器 50 に送信する。図 11 では、TDMA スイッチ 40-1 が、TDMA 信号生成部 11-1 で生成された信号を最終的に TDMA 信号選択部 72-1 に送信するため、光受信器 30-1 から取得したデータ信号を光送信器 50-1 にスイッチングする例を示している。このとき、TDMA スイッチ 40-1 は、光受信器 30

ー 1 から取得した電気信号のデータ信号、すなわち電気信号の packets 信号 1 ～ K のうち、 packets 信号 1 のみを光送信器 50-1 ～ 50-M に出力する。 TDMA スイッチ 40-1 は、例えば、 TDMA 信号生成部 11-1 で生成された前述と同様の信号を最終的に TDMA 信号選択部 72-2 に送信する場合、 packets 信号 1 のみを光送信器 50-(M+1) ～ 50-2M に出力する。なお、図 10 において光送信器 50 の符号として使用される J は、 M の整数倍、かつ $J = N / M$ を満たす数である。

[0069] 光送信器 50 は、 TDMA スイッチ 40 から取得した電気信号のデータ信号を光信号の packets 信号に変換し、光カプラ 60 に出力する。図 11 に示す光送信器 50 出力信号では、光送信器 50-1, 50-M からの出力信号を示している。

[0070] 光カプラ 60-1 ～ 60-MN は、図 10 に示すように、各々、 L 入力ポートおよび 1 出力ポートを持つものとする。光カプラ 60-1 ～ 60-MN は、最大 L 個の光信号の packets を合波し、合波された光信号を光受信器 71 へ送信する。図 11 は、光受信器 71 入力信号として、光カプラ 60-1 から光受信器 71-1 への入力信号、および光カプラ 60-M から光受信器 71-M への入力信号を示している。図 11 の例では、光受信器 71-1, 71-M は、 L 個の光信号の packets 信号が合波された光信号の送信信号を受信している。光受信器 71 は、取得した光信号の送信信号を電気信号の送信信号に変換し、 TDMA 信号選択部 72 に出力する。

[0071] TDMA 信号選択部 72 は、実施の形態 1 のときと同様、制御部 100 から取得した第 2 の制御信号に含まれるルーティング情報に基づいて、接続される光受信器 71 から受信した電気信号の送信信号から指定されたタイムスロットの信号を選択し、選択したタイムスロットの信号を電気信号である第 2 のデータ信号として出力する。具体的には、 TDMA 信号選択部 72 は、ルーティング情報に基づいて、必要な宛先のみ抽出し、それ以外の信号は破棄する。 TDMA 信号選択部 72 は、時間的に間欠な抽出信号を時間的に連続な信号へと変換し、伝送速度を後段に接続されるシステムに合わせて変換

して送出する。図 11 に示す TDMA 信号選択部出力信号は、一例として、TDMA 信号選択部 72-1 から出力される第 2 のデータ信号を示している。

[0072] 本実施の形態で説明した各構成の動作以外は、実施の形態 1 で説明した各構成の動作と同様である。

[0073] このように、本実施の形態において、光通信システム 200 は、各々が、電気信号である第 1 のデータ信号を複数の第 1 の光信号のパケット信号に変換して送信する複数の第 1 の光送信装置である光送信装置 10-1 ~ 10-N と、各々が、光送信装置 10-1 ~ 10-N のうち一部の光送信装置 10 から送信され、異なる光送信装置 10 から送信された複数の第 1 の光信号のパケット信号を合波し、合波した第 1 の光信号の送信信号を出力する複数の第 1 の光カプラである光カプラ 20-1 ~ 20-LM と、を備える。また、光通信システム 200 は、各々が、光カプラ 20 から第 1 の光信号の送信信号を受信し、電気信号である第 2 のデータ信号に変換して出力する複数の第 1 の光受信装置である光受信器 30-1 ~ 30-LM と、各々が、複数の光受信器 30-1 ~ 30-LM のうち一部の光受信器 30 から第 2 のデータ信号を受信し、宛先別にスイッチングする複数のスイッチである TDMA スイッチ 40-1 ~ 40-L と、を備える。また、光通信システム 200 は、各々が、複数の TDMA スイッチ 40-1 ~ 40-L の 1 つから第 2 のデータ信号を受信し、第 2 のデータ信号を第 2 の光信号のパケット信号に変換して送信する複数の第 2 の光送信装置である光送信器 50-1 ~ 50-LJM と、各々が、複数の光送信器 50-1 ~ 50-LJM のうち一部の光送信器 50 から送信され、異なる TDMA スイッチ 40 に接続される光送信器 50 から送信された複数の第 2 の光信号のパケット信号を合波し、合波した第 2 の光信号の送信信号を出力する複数の第 2 の光カプラである光カプラ 60-1 ~ 60-MN と、を備える。また、光通信システム 200 は、各々が、複数の光カプラ 60-1 ~ 60-MN のうち一部の光カプラ 60 から第 2 の光信号の送信信号を受信し、電気信号である第 3 のデータ信号に変換して出力す

る複数の第2の光受信装置である光受信装置70-1~70-Nと、複数の光送信装置10-1~10-Nおよび複数の光受信装置70-1~70-Nの動作を制御する制御部100と、を備える。光カプラ20の合波数は光送信装置10の数より少なく、光カプラ60の合波数は光送信器50の数より少ない。光送信装置10は、制御部100から取得した第1の制御信号に基づいて、他の光送信装置10から送信される第1の光信号の packets 信号に衝突しないように通信リソースを割り当て、複数の第1の光信号の packets 信号を送信する。光受信装置70は、第2の光信号の送信信号を電気信号の送信信号に変換し、制御部100から取得した第2の制御信号に基づいて、電気信号の送信信号から指定された信号部分を選択し、第3のデータ信号として出力する。

[0074] 光通信システム200のハードウェア構成について説明する。光通信システム200において、光受信器30および光送信器50は光電変換回路である。光カプラ60は、前述のようにパワースプリッタである。TDMAスイッチ40は、処理回路により実現される。処理回路は、メモリに格納されるプログラムを実行するプロセッサおよびメモリであってもよいし、専用のハードウェアであってもよい。

[0075] 以上説明したように、本実施の形態によれば、光通信システム200は、TDMA方式を用いて各光送信装置10のTDMA信号生成部11の送信タイミングを制御することによって、光領域において光スイッチを使用せず、光カプラ20のパッシブ部品のみでマトリクススイッチ接続が構成できるので、信頼性を向上させることが可能である。また、光通信システム200は、光カプラ20の分岐数および光カプラ60の合波数を限定することで、光カプラ20、60の損失を抑制することができる。本実施の形態では、合分岐数の取り方次第で実施の形態1から実施の形態3と比較して、ロスバジェットをさらに低減することができる。

[0076] 以上の実施の形態に示した構成は、一例を示すものであり、別の公知の技術と組み合わせることも可能であるし、実施の形態同士を組み合わせること

も可能であるし、要旨を逸脱しない範囲で、構成の一部を省略、変更することも可能である。

符号の説明

[0077] 10-1～10-N 光送信装置、11-1～11-N TDMA信号生成部、12-1～12-N 送信スイッチ部、13-1～13-LMN, 50-1～50-LJM 光送信器、20-1～20-LM, 60-1～60-MN 光カプラ、30-1～30-LM, 71-1～71-LMN 光受信器、40-1～40-L TDMAスイッチ、70-1～70-N 光受信装置、72-1～72-N TDMA信号選択部、100 制御部、200 光通信システム。

請求の範囲

[請求項1]

各々が、電気信号である第1のデータ信号を複数の光信号のパケット信号に変換して送信する複数の光送信装置と、

各々が、前記複数の光送信装置のうち一部の前記光送信装置から送信され、異なる前記光送信装置から送信された複数の前記光信号のパケット信号を合波し、合波した前記光信号のパケット信号を同一情報の複数の光信号の送信信号に分岐して出力する複数の光カプラと、

各々が、前記複数の光カプラから、前記複数の光カプラで分岐された前記光信号の送信信号の1つを受信し、電気信号である第2のデータ信号に変換して出力する複数の光受信装置と、

前記複数の光送信装置および前記複数の光受信装置の動作を制御する制御部と、

を備え、

前記光カプラの合波数は前記複数の光送信装置の数より少なく、

前記光送信装置は、前記制御部から取得した第1の制御信号に基づいて、他の光送信装置から送信される光信号のパケット信号に衝突しないように通信リソースを割り当て、前記複数の光信号のパケット信号を送信し、

前記光受信装置は、前記光信号の送信信号を電気信号の送信信号に変換し、前記制御部から取得した第2の制御信号に基づいて、前記電気信号の送信信号から指定された信号部分を選択し、前記第2のデータ信号として出力する、

ことを特徴とする光通信システム。

[請求項2]

各々が、電気信号である第1のデータ信号を複数の光信号のパケット信号に変換して送信する複数の光送信装置と、

各々が、前記複数の光送信装置から送信され、異なる前記光送信装置から送信された複数の前記光信号のパケット信号を合波し、合波した前記光信号のパケット信号を同一情報の複数の光信号の送信信号に

分岐して出力する複数の光カプラと、

各々が、前記複数の光カプラのうち一部の前記光カプラから、前記光カプラで分岐された前記光信号の送信信号の1つを受信し、電気信号である第2のデータ信号に変換して出力する複数の光受信装置と、

前記複数の光送信装置および前記複数の光受信装置の動作を制御する制御部と、

を備え、

前記光カプラの分岐数は前記複数の光受信装置の数より少なく、

前記光送信装置は、前記制御部から取得した第1の制御信号に基づいて、前記第1のデータ信号を複製し、宛先別に他の光送信装置から送信される光信号のパケット信号に衝突しないように通信リソースを割り当て、前記複数の光信号のパケット信号を送信し、

前記光受信装置は、前記光信号の送信信号を電気信号の送信信号に変換し、前記制御部から取得した第2の制御信号に基づいて、前記電気信号の送信信号から指定された信号部分を選択し、前記第2のデータ信号として出力する、

ことを特徴とする光通信システム。

[請求項3]

各々が、電気信号である第1のデータ信号を複数の光信号のパケット信号に変換して送信する複数の光送信装置と、

各々が、前記複数の光送信装置のうち一部の前記光送信装置から送信され、異なる前記光送信装置から送信された複数の前記光信号のパケット信号を合波し、合波した前記光信号のパケット信号を同一情報の複数の光信号の送信信号に分岐して出力する複数の光カプラと、

各々が、前記複数の光カプラのうち一部の前記光カプラから、前記光カプラで分岐された前記光信号の送信信号の1つを受信し、電気信号である第2のデータ信号に変換して出力する複数の光受信装置と、

前記複数の光送信装置および前記複数の光受信装置の動作を制御する制御部と、

を備え、

前記光カプラの合波数は前記複数の光送信装置の数より少なく、かつ前記光カプラの分岐数は前記複数の光受信装置の数より少なく、

前記光送信装置は、前記制御部から取得した第1の制御信号に基づいて、宛先が異なる前記光カプラに宛先別にスイッチングし、宛先別に他の光送信装置から送信される光信号の packets 信号に衝突しないように通信リソースを割り当て、前記光信号の packets 信号を送信し、

前記光受信装置は、前記光信号の送信信号を電気信号の送信信号に変換し、前記制御部から取得した第2の制御信号に基づいて、前記電気信号の送信信号から指定された信号部分を選択し、前記第2のデータ信号として出力する、

ことを特徴とする光通信システム。

[請求項4]

各々が、電気信号である第1のデータ信号を複数の第1の光信号の packets 信号に変換して送信する複数の第1の光送信装置と、

各々が、前記複数の第1の光送信装置のうち一部の前記第1の光送信装置から送信され、異なる前記第1の光送信装置から送信された複数の前記第1の光信号の packets 信号を合波し、合波した第1の光信号の送信信号を出力する複数の第1の光カプラと、

各々が、前記第1の光カプラから前記第1の光信号の送信信号を受信し、電気信号である第2のデータ信号に変換して出力する複数の第1の光受信装置と、

各々が、前記複数の第1の光受信装置のうち一部の前記第1の光受信装置から前記第2のデータ信号を受信し、宛先別にスイッチングする複数のスイッチと、

各々が、前記複数のスイッチの1つから前記第2のデータ信号を受信し、前記第2のデータ信号を第2の光信号の packets 信号に変換して送信する複数の第2の光送信装置と、

各々が、前記複数の第2の光送信装置のうち一部の前記第2の光送信装置から送信され、異なる前記スイッチに接続される前記第2の光送信装置から送信された複数の前記第2の光信号の packets 信号を合波し、合波した第2の光信号の送信信号を出力する複数の第2の光カプラと、

各々が、前記複数の第2の光カプラのうち一部の前記第2の光カプラから前記第2の光信号の送信信号を受信し、電気信号である第3のデータ信号に変換して出力する複数の第2の光受信装置と、

前記複数の第1の光送信装置および前記複数の第2の光受信装置の動作を制御する制御部と、

を備え、

前記第1の光カプラの合波数は前記第1の光送信装置の数より少なく、前記第2の光カプラの合波数は前記第2の光送信装置の数より少なく、

前記第1の光送信装置は、前記制御部から取得した第1の制御信号に基づいて、他の第1の光送信装置から送信される第1の光信号の packets 信号に衝突しないように通信リソースを割り当て、前記複数の第1の光信号の packets 信号を送信し、

前記第2の光受信装置は、前記第2の光信号の送信信号を電気信号の送信信号に変換し、前記制御部から取得した第2の制御信号に基づいて、前記電気信号の送信信号から指定された信号部分を選択し、前記第3のデータ信号として出力する、

ことを特徴とする光通信システム。

[請求項5]

光通信システムを制御するための制御回路であって、

前記光通信システムは、

各々が、電気信号である第1のデータ信号を複数の光信号の packets 信号に変換して送信する複数の光送信装置と、

各々が、前記複数の光送信装置のうち一部の前記光送信装置から送

信され、異なる前記光送信装置から送信された複数の前記光信号のパケット信号を合波し、合波した前記光信号のパケット信号を同一情報の複数の光信号の送信信号に分岐して出力する複数の光カプラと、

各々が、前記複数の光カプラから、前記複数の光カプラで分岐された前記光信号の送信信号の1つを受信し、電気信号である第2のデータ信号に変換して出力する複数の光受信装置と、

前記複数の光送信装置および前記複数の光受信装置の動作を制御する制御部と、

を備え、

前記光通信システムにおいて、前記光カプラの合波数は前記複数の光送信装置の数より少なく、

前記光送信装置に、前記制御部から取得した第1の制御信号に基づいて、他の光送信装置から送信される光信号のパケット信号に衝突しないように通信リソースを割り当て、前記複数の光信号のパケット信号を送信、

前記光受信装置に、前記光信号の送信信号を電気信号の送信信号に変換し、前記制御部から取得した第2の制御信号に基づいて、前記電気信号の送信信号から指定された信号部分を選択し、前記第2のデータ信号として出力、

を実施させることを特徴とする制御回路。

[請求項6]

光通信システムを制御するための制御回路であって、

前記光通信システムは、

各々が、電気信号である第1のデータ信号を複数の光信号のパケット信号に変換して送信する複数の光送信装置と、

各々が、前記複数の光送信装置から送信され、異なる前記光送信装置から送信された複数の前記光信号のパケット信号を合波し、合波した前記光信号のパケット信号を同一情報の複数の光信号の送信信号に分岐して出力する複数の光カプラと、

各々が、前記複数の光カプラのうち一部の前記光カプラから、前記光カプラで分岐された前記光信号の送信信号の1つを受信し、電気信号である第2のデータ信号に変換して出力する複数の光受信装置と、

前記複数の光送信装置および前記複数の光受信装置の動作を制御する制御部と、

を備え、

前記光通信システムにおいて、前記光カプラの分岐数は前記複数の光受信装置の数より少なく、

前記光送信装置に、前記制御部から取得した第1の制御信号に基づいて、前記第1のデータ信号を複製し、宛先別に他の光送信装置から送信される光信号の packets 信号に衝突しないように通信リソースを割り当て、前記複数の光信号の packets 信号を送信、

前記光受信装置に、前記光信号の送信信号を電気信号の送信信号に変換し、前記制御部から取得した第2の制御信号に基づいて、前記電気信号の送信信号から指定された信号部分を選択し、前記第2のデータ信号として出力、

を実施させることを特徴とする制御回路。

[請求項7]

光通信システムを制御するための制御回路であって、

前記光通信システムは、

各々が、電気信号である第1のデータ信号を複数の光信号の packets 信号に変換して送信する複数の光送信装置と、

各々が、前記複数の光送信装置のうち一部の前記光送信装置から送信され、異なる前記光送信装置から送信された複数の前記光信号の packets 信号を合波し、合波した前記光信号の packets 信号を同一情報の複数の光信号の送信信号に分岐して出力する複数の光カプラと、

各々が、前記複数の光カプラのうち一部の前記光カプラから、前記光カプラで分岐された前記光信号の送信信号の1つを受信し、電気信号である第2のデータ信号に変換して出力する複数の光受信装置と、

前記複数の光送信装置および前記複数の光受信装置の動作を制御する制御部と、

を備え、

前記光通信システムにおいて、前記光カプラの合波数は前記複数の光送信装置の数より少なく、かつ前記光カプラの分岐数は前記複数の光受信装置の数より少なく、

前記光送信装置に、前記制御部から取得した第1の制御信号に基づいて、宛先が異なる前記光カプラに宛先別にスイッチングし、宛先別に他の光送信装置から送信される光信号の packets 信号に衝突しないように通信リソースを割り当て、前記光信号の packets 信号を送信、

前記光受信装置に、前記光信号の送信信号を電気信号の送信信号に変換し、前記制御部から取得した第2の制御信号に基づいて、前記電気信号の送信信号から指定された信号部分を選択し、前記第2のデータ信号として出力、

を実施させることを特徴とする制御回路。

[請求項8]

光通信システムを制御するための制御回路であって、

前記光通信システムは、

各々が、電気信号である第1のデータ信号を複数の第1の光信号の packets 信号に変換して送信する複数の第1の光送信装置と、

各々が、前記複数の第1の光送信装置のうち一部の前記第1の光送信装置から送信され、異なる前記第1の光送信装置から送信された複数の前記第1の光信号の packets 信号を合波し、合波した第1の光信号の送信信号を出力する複数の第1の光カプラと、

各々が、前記第1の光カプラから前記第1の光信号の送信信号を受信し、電気信号である第2のデータ信号に変換して出力する複数の第1の光受信装置と、

各々が、前記複数の第1の光受信装置のうち一部の前記第1の光受信装置から前記第2のデータ信号を受信し、宛先別にスイッチングす

る複数のスイッチと、

各々が、前記複数のスイッチの1つから前記第2のデータ信号を受信し、前記第2のデータ信号を第2の光信号の packets 信号に変換して送信する複数の第2の光送信装置と、

各々が、前記複数の第2の光送信装置のうち一部の前記第2の光送信装置から送信され、異なる前記スイッチに接続される前記第2の光送信装置から送信された複数の前記第2の光信号の packets 信号を合波し、合波した第2の光信号の送信信号を出力する複数の第2の光カプラと、

各々が、前記複数の第2の光カプラのうち一部の前記第2の光カプラから前記第2の光信号の送信信号を受信し、電気信号である第3のデータ信号に変換して出力する複数の第2の光受信装置と、

前記複数の第1の光送信装置および前記複数の第2の光受信装置の動作を制御する制御部と、

を備え、

前記光通信システムにおいて、前記第1の光カプラの合波数は前記第1の光送信装置の数より少なく、前記第2の光カプラの合波数は前記第2の光送信装置の数より少なく、

前記第1の光送信装置に、前記制御部から取得した第1の制御信号に基づいて、他の第1の光送信装置から送信される第1の光信号の packets 信号に衝突しないように通信リソースを割り当て、前記複数の第1の光信号の packets 信号を送信、

前記第2の光受信装置に、前記第2の光信号の送信信号を電気信号の送信信号に変換し、前記制御部から取得した第2の制御信号に基づいて、前記電気信号の送信信号から指定された信号部分を選択し、前記第3のデータ信号として出力、

を実施させることを特徴とする制御回路。

[請求項9]

光通信システムを制御するためのプログラムを記憶した記憶媒体で

あって、

前記光通信システムは、

各々が、電気信号である第1のデータ信号を複数の光信号のパケット信号に変換して送信する複数の光送信装置と、

各々が、前記複数の光送信装置のうち一部の前記光送信装置から送信され、異なる前記光送信装置から送信された複数の前記光信号のパケット信号を合波し、合波した前記光信号のパケット信号を同一情報の複数の光信号の送信信号に分岐して出力する複数の光カプラと、

各々が、前記複数の光カプラから、前記複数の光カプラで分岐された前記光信号の送信信号の1つを受信し、電気信号である第2のデータ信号に変換して出力する複数の光受信装置と、

前記複数の光送信装置および前記複数の光受信装置の動作を制御する制御部と、

を備え、

前記光通信システムにおいて、前記光カプラの合波数は前記複数の光送信装置の数より少なく、

前記プログラムは、

前記光送信装置に、前記制御部から取得した第1の制御信号に基づいて、他の光送信装置から送信される光信号のパケット信号に衝突しないように通信リソースを割り当て、前記複数の光信号のパケット信号を送信、

前記光受信装置に、前記光信号の送信信号を電気信号の送信信号に変換し、前記制御部から取得した第2の制御信号に基づいて、前記電気信号の送信信号から指定された信号部分を選択し、前記第2のデータ信号として出力、

を実施させることを特徴とする記憶媒体。

[請求項10]

光通信システムを制御するためのプログラムを記憶した記憶媒体であって、

前記光通信システムは、

各々が、電気信号である第1のデータ信号を複数の光信号のパケット信号に変換して送信する複数の光送信装置と、

各々が、前記複数の光送信装置から送信され、異なる前記光送信装置から送信された複数の前記光信号のパケット信号を合波し、合波した前記光信号のパケット信号を同一情報の複数の光信号の送信信号に分岐して出力する複数の光カプラと、

各々が、前記複数の光カプラのうち一部の前記光カプラから、前記光カプラで分岐された前記光信号の送信信号の1つを受信し、電気信号である第2のデータ信号に変換して出力する複数の光受信装置と、

前記複数の光送信装置および前記複数の光受信装置の動作を制御する制御部と、

を備え、

前記光通信システムにおいて、前記光カプラの分岐数は前記複数の光受信装置の数より少なく、

前記プログラムは、

前記光送信装置に、前記制御部から取得した第1の制御信号に基づいて、前記第1のデータ信号を複製し、宛先別に他の光送信装置から送信される光信号のパケット信号に衝突しないように通信リソースを割り当て、前記複数の光信号のパケット信号を送信、

前記光受信装置に、前記光信号の送信信号を電気信号の送信信号に変換し、前記制御部から取得した第2の制御信号に基づいて、前記電気信号の送信信号から指定された信号部分を選択し、前記第2のデータ信号として出力、

を実施させることを特徴とする記憶媒体。

[請求項11]

光通信システムを制御するためのプログラムを記憶した記憶媒体であって、

前記光通信システムは、

各々が、電気信号である第1のデータ信号を複数の光信号の packets 信号に変換して送信する複数の光送信装置と、

各々が、前記複数の光送信装置のうち一部の前記光送信装置から送信され、異なる前記光送信装置から送信された複数の前記光信号の packets 信号を合波し、合波した前記光信号の packets 信号を同一情報の複数の光信号の送信信号に分岐して出力する複数の光カプラと、

各々が、前記複数の光カプラのうち一部の前記光カプラから、前記光カプラで分岐された前記光信号の送信信号の1つを受信し、電気信号である第2のデータ信号に変換して出力する複数の光受信装置と、

前記複数の光送信装置および前記複数の光受信装置の動作を制御する制御部と、

を備え、

前記光通信システムにおいて、前記光カプラの合波数は前記複数の光送信装置の数より少なく、かつ前記光カプラの分岐数は前記複数の光受信装置の数より少なく、

前記プログラムは、

前記光送信装置に、前記制御部から取得した第1の制御信号に基づいて、宛先が異なる前記光カプラに宛先別にスイッチングし、宛先別に他の光送信装置から送信される光信号の packets 信号に衝突しないように通信リソースを割り当て、前記光信号の packets 信号を送信、

前記光受信装置に、前記光信号の送信信号を電気信号の送信信号に変換し、前記制御部から取得した第2の制御信号に基づいて、前記電気信号の送信信号から指定された信号部分を選択し、前記第2のデータ信号として出力、

を実施させることを特徴とする記憶媒体。

[請求項12]

光通信システムを制御するためのプログラムを記憶した記憶媒体であって、

前記光通信システムは、

各々が、電気信号である第1のデータ信号を複数の第1の光信号の
パケット信号に変換して送信する複数の第1の光送信装置と、

各々が、前記複数の第1の光送信装置のうち一部の前記第1の光送
信装置から送信され、異なる前記第1の光送信装置から送信された複
数の前記第1の光信号のパケット信号を合波し、合波した第1の光信
号の送信信号を出力する複数の第1の光カプラと、

各々が、前記第1の光カプラから前記第1の光信号の送信信号を受
信し、電気信号である第2のデータ信号に変換して出力する複数の第
1の光受信装置と、

各々が、前記複数の第1の光受信装置のうち一部の前記第1の光受
信装置から前記第2のデータ信号を受信し、宛先別にスイッチングす
る複数のスイッチと、

各々が、前記複数のスイッチの1つから前記第2のデータ信号を受
信し、前記第2のデータ信号を第2の光信号のパケット信号に変換し
て送信する複数の第2の光送信装置と、

各々が、前記複数の第2の光送信装置のうち一部の前記第2の光送
信装置から送信され、異なる前記スイッチに接続される前記第2の光
送信装置から送信された複数の前記第2の光信号のパケット信号を合
波し、合波した第2の光信号の送信信号を出力する複数の第2の光カ
プラと、

各々が、前記複数の第2の光カプラのうち一部の前記第2の光カプ
ラから前記第2の光信号の送信信号を受信し、電気信号である第3の
データ信号に変換して出力する複数の第2の光受信装置と、

前記複数の第1の光送信装置および前記複数の第2の光受信装置の
動作を制御する制御部と、

を備え、

前記光通信システムにおいて、前記第1の光カプラの合波数は前記
第1の光送信装置の数より少なく、前記第2の光カプラの合波数は前

記第2の光送信装置の数より少なく、

前記プログラムは、

前記第1の光送信装置に、前記制御部から取得した第1の制御信号に基づいて、他の第1の光送信装置から送信される第1の光信号の packets 信号に衝突しないように通信リソースを割り当て、前記複数の第1の光信号の packets 信号を送信、

前記第2の光受信装置に、前記第2の光信号の送信信号を電気信号の送信信号に変換し、前記制御部から取得した第2の制御信号に基づいて、前記電気信号の送信信号から指定された信号部分を選択し、前記第3のデータ信号として出力、

を実施させることを特徴とする記憶媒体。

[請求項13]

複数の光送信装置が、各々、制御部の制御に基づいて、電気信号である第1のデータ信号を複数の光信号の packets 信号に変換して送信する第1のステップと、

複数の光カプラが、各々、前記複数の光送信装置のうち一部の前記光送信装置から送信され、異なる前記光送信装置から送信された複数の前記光信号の packets 信号を合波し、合波した前記光信号の packets 信号を同一情報の複数の光信号の送信信号に分岐して出力する第2のステップと、

複数の光受信装置が、各々、前記制御部の制御に基づいて、前記複数の光カプラから、前記複数の光カプラで分岐された前記光信号の送信信号の1つを受信し、電気信号である第2のデータ信号に変換して出力する第3のステップと、

を含み、

前記光カプラの合波数は前記複数の光送信装置の数より少なく、

前記第1のステップにおいて、前記光送信装置は、前記制御部から取得した第1の制御信号に基づいて、他の光送信装置から送信される光信号の packets 信号に衝突しないように通信リソースを割り当て、

前記複数の光信号のパケット信号を送信し、

前記第3のステップにおいて、前記光受信装置は、前記光信号の送信信号を電気信号の送信信号に変換し、前記制御部から取得した第2の制御信号に基づいて、前記電気信号の送信信号から指定された信号部分を選択し、前記第2のデータ信号として出力する、

ことを特徴とする光通信方法。

[請求項14]

複数の光送信装置が、各々、制御部の制御に基づいて、電気信号である第1のデータ信号を複数の光信号のパケット信号に変換して送信する第1のステップと、

複数の光カプラが、各々、前記複数の光送信装置から送信され、異なる前記光送信装置から送信された複数の前記光信号のパケット信号を合波し、合波した前記光信号のパケット信号を同一情報の複数の光信号の送信信号に分岐して出力する第2のステップと、

複数の光受信装置が、各々、前記制御部の制御に基づいて、前記複数の光カプラのうち一部の前記光カプラから、前記光カプラで分岐された前記光信号の送信信号の1つを受信し、電気信号である第2のデータ信号に変換して出力する第3のステップと、

を含み、

前記光カプラの分岐数は前記複数の光受信装置の数より少なく、

前記第1のステップにおいて、前記光送信装置は、前記制御部から取得した第1の制御信号に基づいて、前記第1のデータ信号を複製し、宛先別に他の光送信装置から送信される光信号のパケット信号に衝突しないように通信リソースを割り当て、前記複数の光信号のパケット信号を送信し、

前記第3のステップにおいて、前記光受信装置は、前記光信号の送信信号を電気信号の送信信号に変換し、前記制御部から取得した第2の制御信号に基づいて、前記電気信号の送信信号から指定された信号部分を選択し、前記第2のデータ信号として出力する、

ことを特徴とする光通信方法。

[請求項15]

複数の光送信装置が、各々、制御部の制御に基づいて、電気信号である第1のデータ信号を複数の光信号の packets 信号に変換して送信する第1のステップと、

複数の光カプラが、各々、前記複数の光送信装置のうち一部の前記光送信装置から送信され、異なる前記光送信装置から送信された複数の前記光信号の packets 信号を合波し、合波した前記光信号の packets 信号を同一情報の複数の光信号の送信信号に分岐して出力する第2のステップと、

複数の光受信装置が、各々、前記制御部の制御に基づいて、前記複数の光カプラのうち一部の前記光カプラから、前記光カプラで分岐された前記光信号の送信信号の1つを受信し、電気信号である第2のデータ信号に変換して出力する第3のステップと、

を含み、

前記光カプラの合波数は前記複数の光送信装置の数より少なく、かつ前記光カプラの分岐数は前記複数の光受信装置の数より少なく、

前記第1のステップにおいて、前記光送信装置は、前記制御部から取得した第1の制御信号に基づいて、宛先が異なる前記光カプラに宛先別にスイッチングし、宛先別に他の光送信装置から送信される光信号の packets 信号に衝突しないように通信リソースを割り当て、前記光信号の packets 信号を送信し、

前記第3のステップにおいて、前記光受信装置は、前記光信号の送信信号を電気信号の送信信号に変換し、前記制御部から取得した第2の制御信号に基づいて、前記電気信号の送信信号から指定された信号部分を選択し、前記第2のデータ信号として出力する、

ことを特徴とする光通信方法。

[請求項16]

複数の第1の光送信装置が、各々、制御部の制御に基づいて、電気信号である第1のデータ信号を複数の第1の光信号の packets 信号に

変換して送信する第1のステップと、

複数の第1の光カプラが、各々、前記複数の第1の光送信装置のうち一部の前記第1の光送信装置から送信され、異なる前記第1の光送信装置から送信された複数の前記第1の光信号の packets 信号を合波し、合波した第1の光信号の送信信号を出力する第2のステップと、

複数の第1の光受信装置が、各々、前記第1の光カプラから前記第1の光信号の送信信号を受信し、電気信号である第2のデータ信号に変換して出力する第3のステップと、

複数のスイッチが、各々、前記複数の第1の光受信装置のうち一部の前記第1の光受信装置から前記第2のデータ信号を受信し、宛先別にスイッチングする第4のステップと、

複数の第2の光送信装置が、各々、前記複数のスイッチの1つから前記第2のデータ信号を受信し、前記第2のデータ信号を第2の光信号の packets 信号に変換して送信する第5のステップと、

複数の第2の光カプラが、各々、前記複数の第2の光送信装置のうち一部の前記第2の光送信装置から送信され、異なる前記スイッチに接続される前記第2の光送信装置から送信された複数の前記第2の光信号の packets 信号を合波し、合波した第2の光信号の送信信号を出力する第6のステップと、

複数の第2の光受信装置が、各々、前記制御部の制御に基づいて、前記複数の第2の光カプラのうち一部の前記第2の光カプラから前記第2の光信号の送信信号を受信し、電気信号である第3のデータ信号に変換して出力する第7のステップと、

を含み、

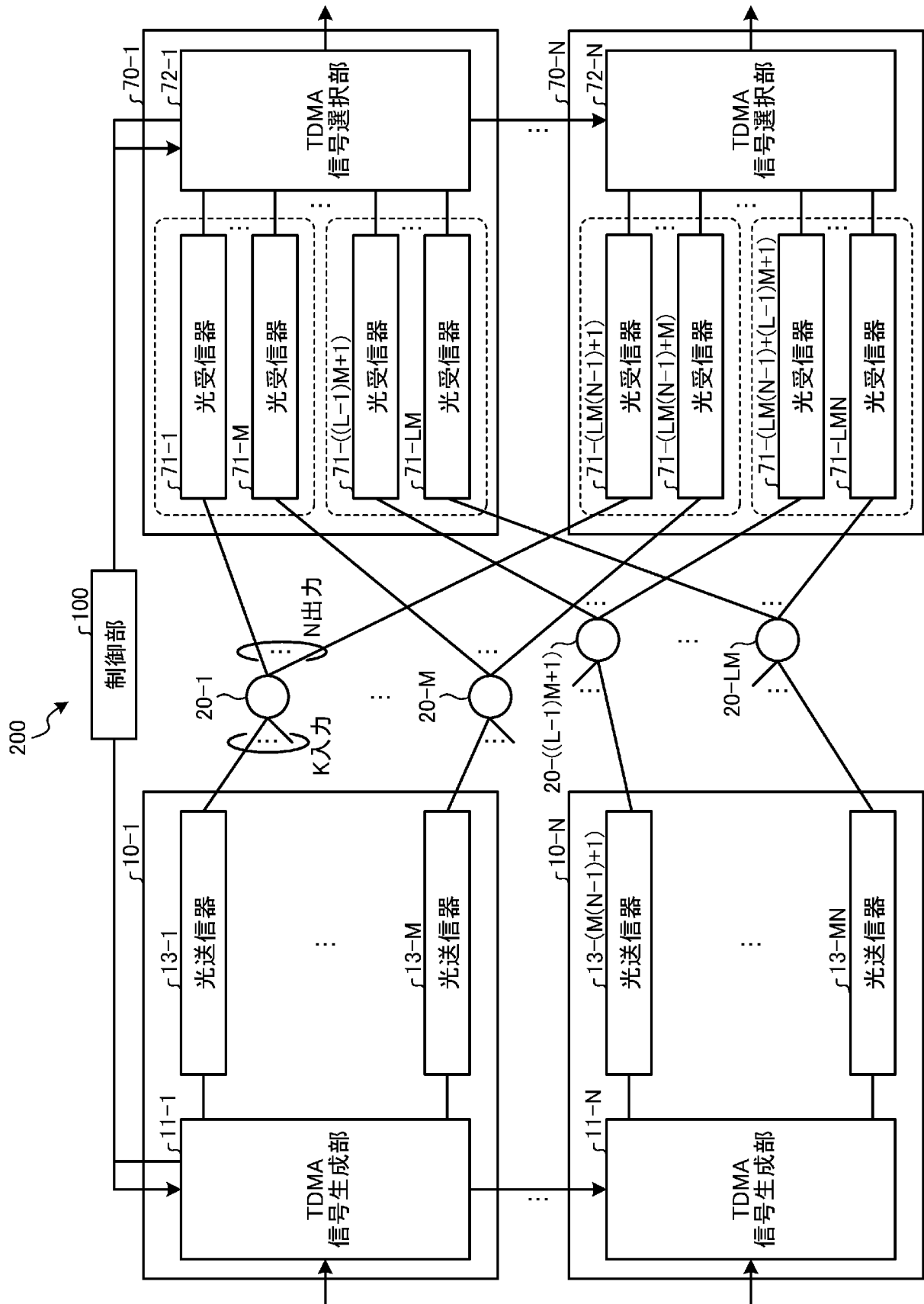
前記第1の光カプラの合波数は前記第1の光送信装置の数より少なく、前記第2の光カプラの合波数は前記第2の光送信装置の数より少なく、

前記第1のステップにおいて、前記第1の光送信装置は、前記制御

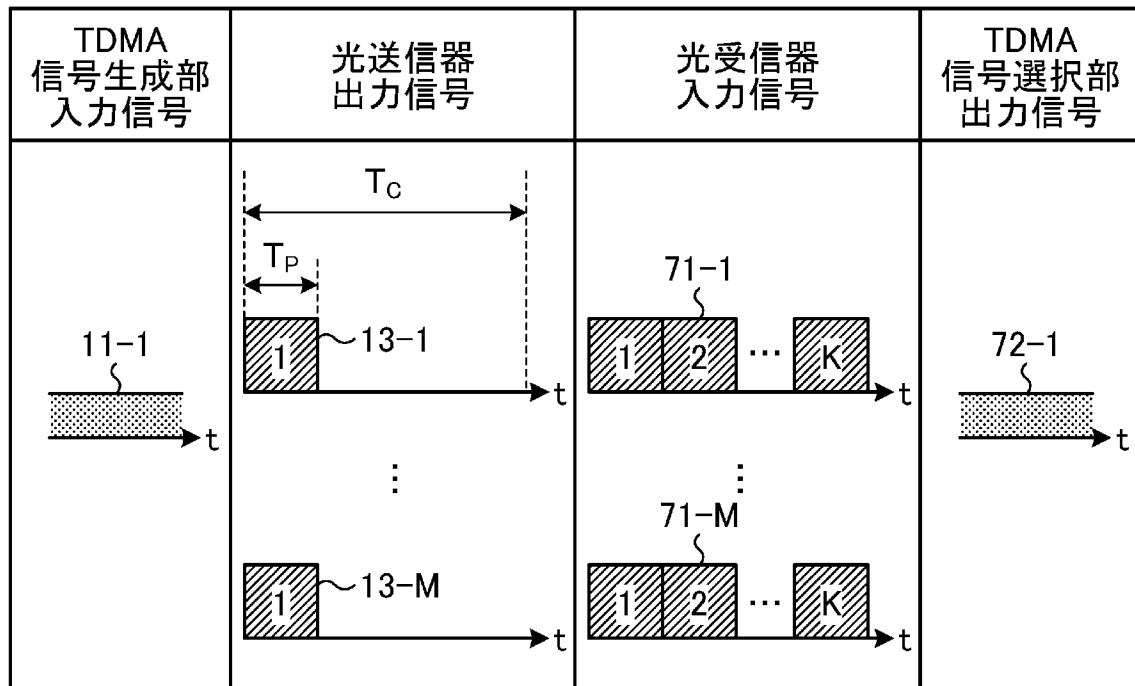
部から取得した第1の制御信号に基づいて、他の第1の光送信装置から送信される第1の光信号のパケット信号に衝突しないように通信リソースを割り当て、前記複数の第1の光信号のパケット信号を送信し、

前記第7のステップにおいて、前記第2の光受信装置は、前記第2の光信号の送信信号を電気信号の送信信号に変換し、前記制御部から取得した第2の制御信号に基づいて、前記電気信号の送信信号から指定された信号部分を選択し、前記第3のデータ信号として出力する、ことを特徴とする光通信方法。

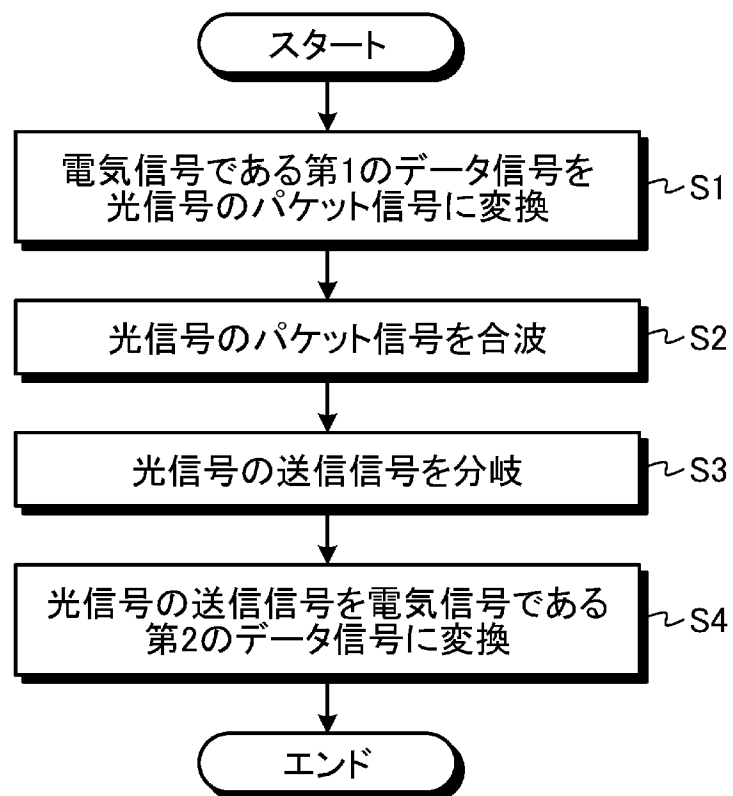
[図1]



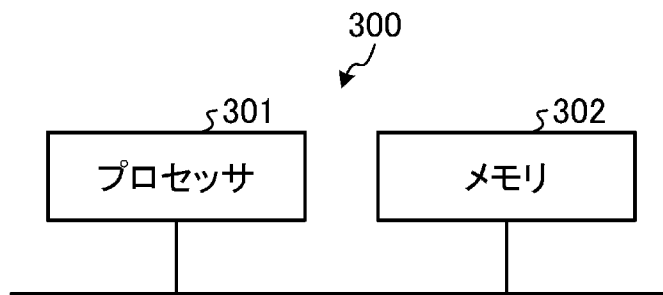
[図2]



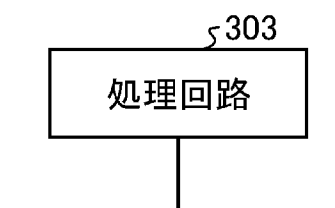
[図3]



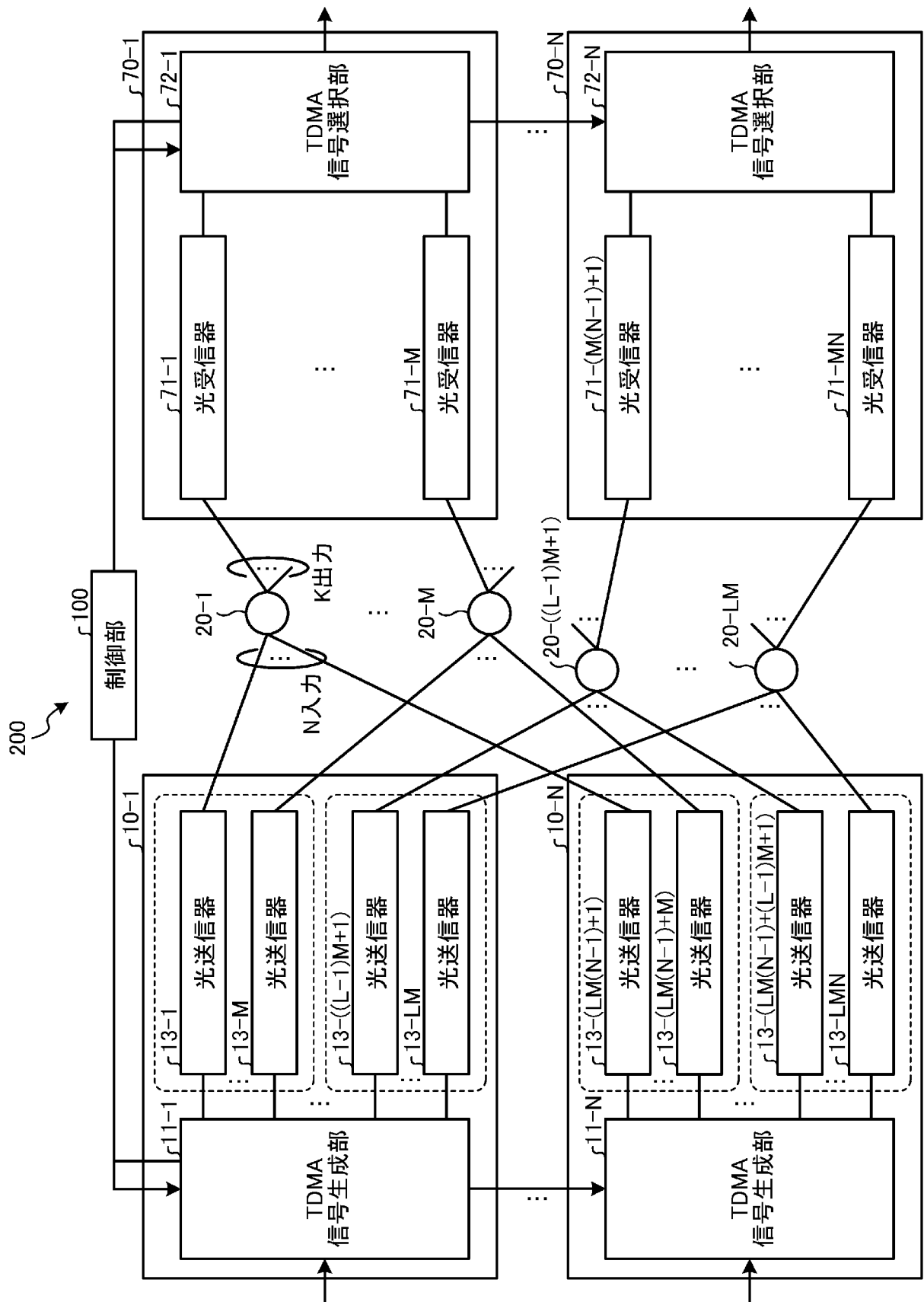
[図4]



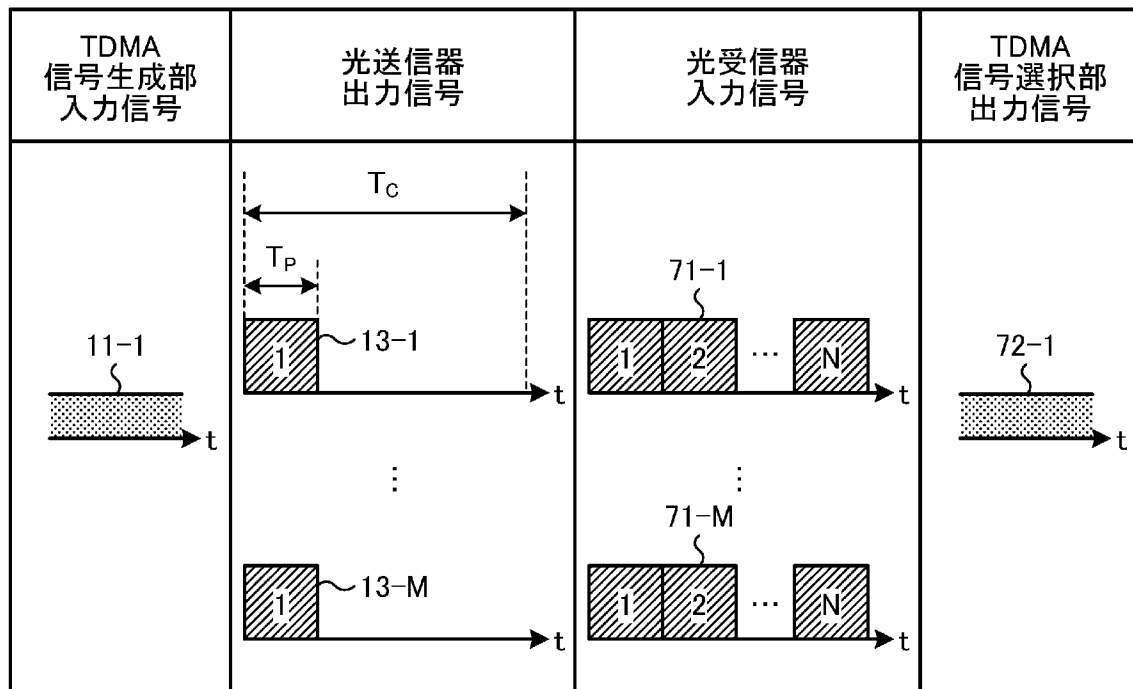
[図5]



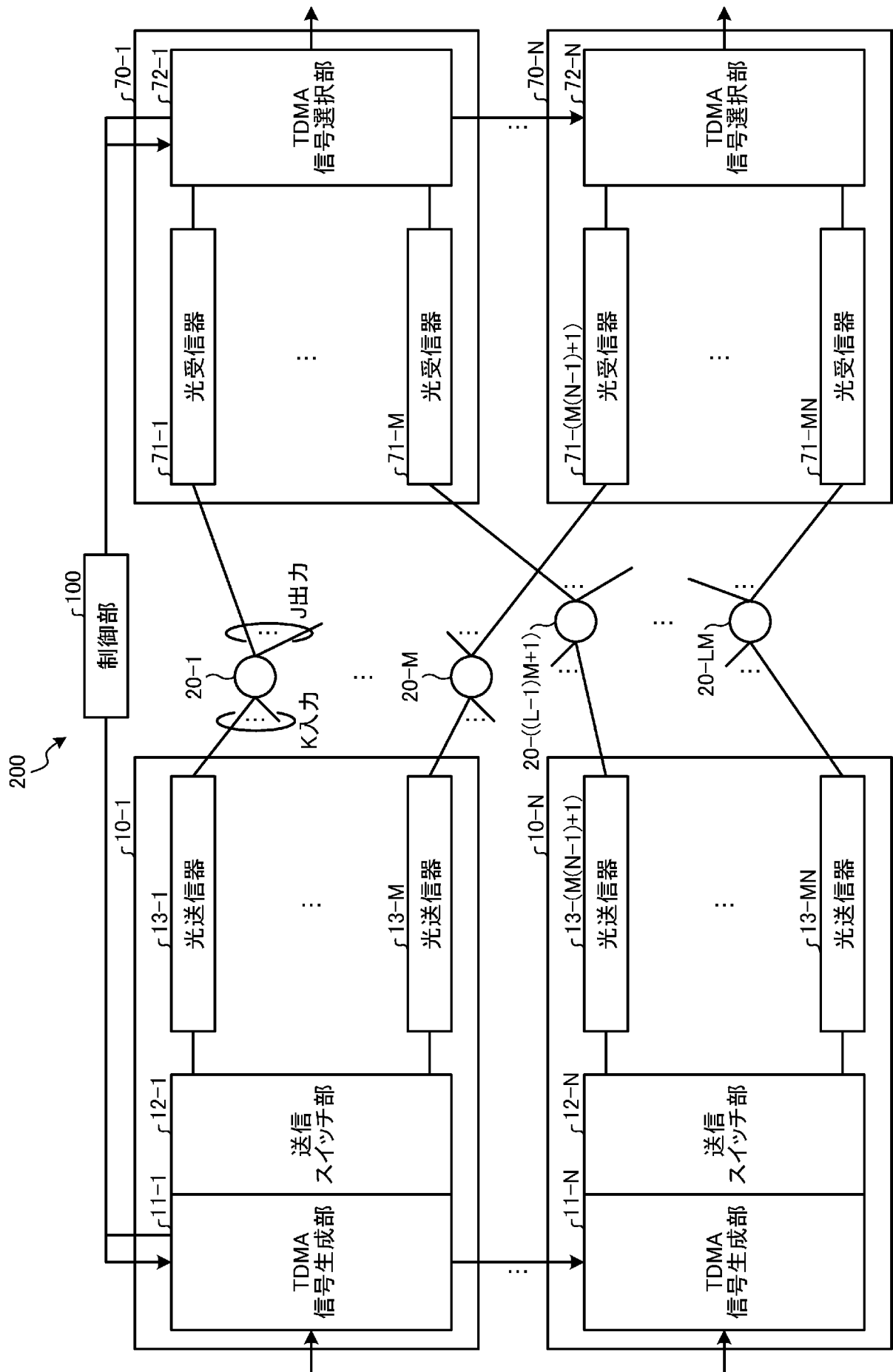
[図6]



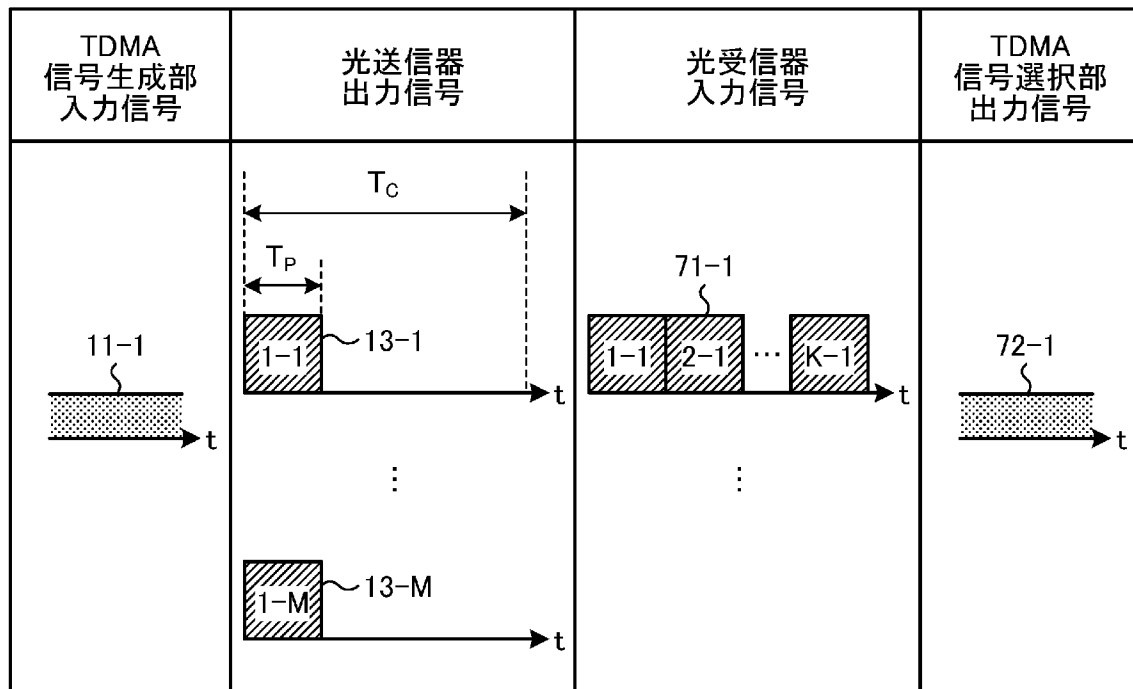
[図7]



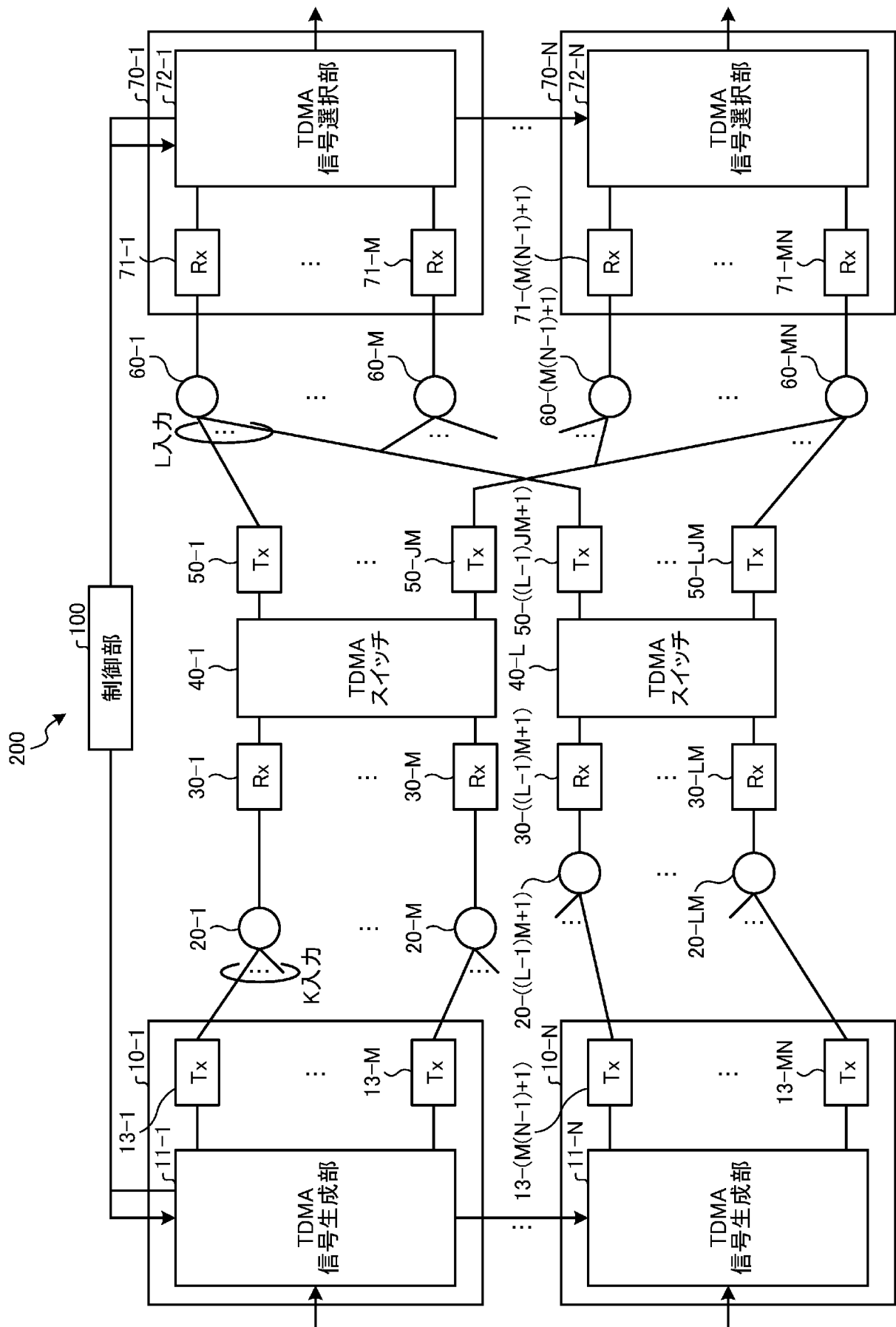
[図8]



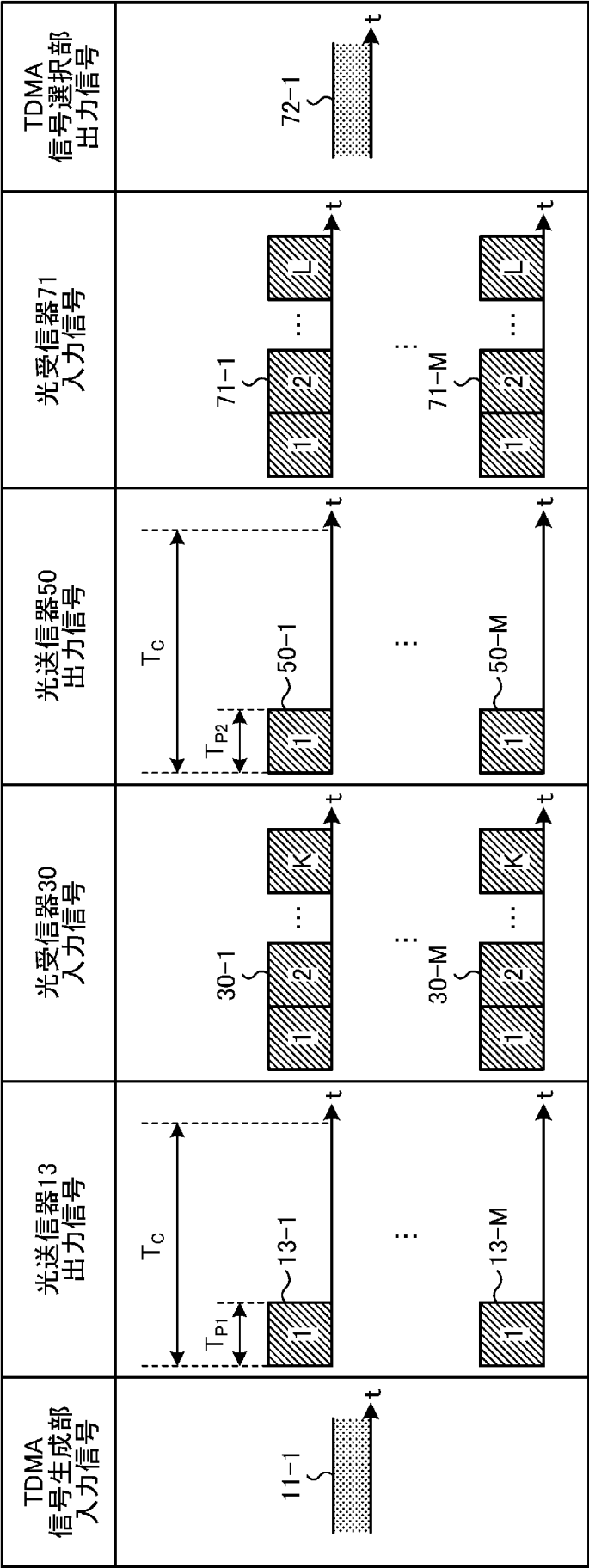
[図9]



[図10]



[図11]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/000339

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. H04J14/08 (2006.01) i, H04B10/27 (2013.01) i
FI: H04B10/27, H04J14/08

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)

Int.Cl. H04J14/08, H04B10/27

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

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2021
Registered utility model specifications of Japan	1996-2021
Published registered utility model applications of Japan	1994-2021

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.
A	JP 9-504926 A (BRITISH TELECOMMUNICATIONS PUBLIC LIMITED COMPANY) 13 May 1997 (1997-05-13), entire text, all drawings	1-16
A	JP 2000-324134 A (ALCATEL) 24 November 2000 (2000-11-24), entire text, all drawings	1-16
A	US 2012/0106960 A1 (LOCKHEED MARTIN CORPORATION) 03 May 2012 (2012-05-03), entire text, all drawings	1-16



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

25 March 2021

Date of mailing of the international search report

06 April 2021

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
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2021/000339

JP 9-504926 A	13 May 1997	US 5889600 A entire text, all drawings WO 1995/013687 A1
JP 2000-324134 A	24 November 2000	US 6414766 B1 entire text, all drawings EP 993216 A1 FR 2784468 A1
US 2012/0106960 A1	03 May 2012	WO 2012/058369 A1

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H04J 14/08(2006.01)i; H04B 10/27(2013.01)i FI: H04B10/27; H04J14/08		
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（IPC）） H04J14/08; H04B10/27		
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 1971-2021年 日本国実用新案登録公報 1996-2021年 日本国登録実用新案公報 1994-2021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
A	JP 9-504926 A（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 コンパニー） 13.05.1997（1997-05-13） 全文、全図	1-16
A	JP 2000-324134 A（アルカテル） 24.11.2000（2000-11-24） 全文、全図	1-16
A	US 2012/0106960 A1（LOCKHEED MARTIN CORPORATION） 03.05.2012（2012-05-03） 全文、全図	1-16
☐ 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、一般的な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抵触するものではなく、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 25.03.2021		国際調査報告の発送日 06.04.2021
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		権限のある職員（特許庁審査官） 後澤 瑞征 5K 4540 電話番号 03-3581-1101 内線 3556

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2021/000339

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
JP	9-504926	A	13.05.1997	US	5889600	A	
				全文, 全図			
				WO	1995/013687	A1	
JP	2000-324134	A	24.11.2000	US	6414766	B1	
				全文, 全図			
				EP	993216	A1	
				FR	2784468	A1	
US	2012/0106960	A1	03.05.2012	WO	2012/058369	A1	