

(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
2020年8月27日(27.08.2020)



(10) 国際公開番号

WO 2020/170965 A1

(51) 国際特許分類:
H04Q 3/52 (2006.01) H04L 12/875 (2013.01)
H04L 12/44 (2006.01) H04B 10/272 (2013.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2020/005802

(22) 国際出願日: 2020年2月14日(14.02.2020)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2019-030841 2019年2月22日(22.02.2019) JP

(71) 出願人: 日本電信電話株式会社 (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008116 東京都千代田区大手町一丁目5番1号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 原田 臨太郎 (HARADA, Rintaro); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-11 N T T 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 鵜澤 寛之 (UZAWA, Hiroyuki); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-11 N T T 知的財産

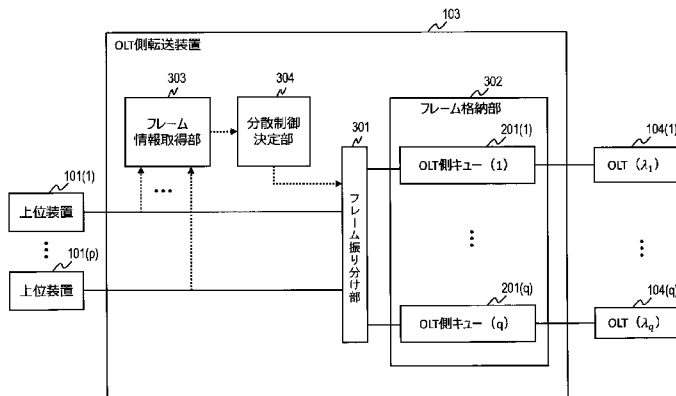
センタ内 Tokyo (JP). 中村 浩崇 (NAKAMURA, Hirotaka); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-11 N T T 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 寺田 純 (TERADA, Jun); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-11 N T T 知的財産センタ内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人高田・高橋国際特許事務所 (TAKADA, TAKAHASHI & PARTNERS); 〒1040045 東京都中央区築地1丁目12番2号 コンワビル7階 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, JO, 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: DOWNLINK FRAME TRANSFER DEVICE, TRANSFER METHOD, AND TRANSFER PROGRAM

(54) 発明の名称: 下りフレームの転送装置、転送方法および転送プログラム



101(1), 101(p)...Host device
103...OLT-side transfer device
201(1)...OLT-side queue (1)
201(q)...OLT-side queue (q)
301...Frame distribution unit
302...Frame storage unit
303...Frame information acquisition unit
304...Distributed control determination unit

(57) Abstract: A transfer device arranged between a host device and an OLT, in a communications system that uses a network having a PON configuration comprising a plurality of OLTs between a host device and a lower-level device. The transfer device comprises: a frame information acquisition unit that monitors downlink frames input from the host device and calculates a statistical value pertaining to the downlink frame for each predetermined regular cycle; a frame storage unit that comprises a plurality of queues storing each of the downlink frames to be transferred to the plurality of OLTs and stores downlink frames input from the host device; a frame distribution unit that inputs downlink frames into the plurality of queues inside the frame storage unit; and a distributed control determination unit that determines the number of frames that the frame distribution unit inputs in order to the plurality of queues.

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))

(57) 要約: 上位装置と下位装置との間に複数のO L Tを備えるP O N構成のネットワークを適用した通信システムの上位装置とO L Tとの間に設置される転送装置であって、転送装置は、上位装置から入力された下りフレームをモニタリングし、予め定めた一定周期当りの下りフレームに関する統計値を算出するフレーム情報取得部と、複数のO L Tに転送する下りフレームをそれぞれ格納する複数のキューを備え、上位装置から入力された下りフレームを格納するフレーム格納部と、下りフレームをフレーム格納部内の複数のキューに入力するフレーム振り分け部と、フレーム振り分け部が複数のキューに順に入力するフレーム数を統計値に基づいて決定する分散制御決定部とを備える。

明 細 書

発明の名称：

下りフレームの転送装置、転送方法および転送プログラム

技術分野

[0001] 本発明は、下りフレームの転送装置、転送方法および転送プログラムに関する。

背景技術

[0002] 複数の上位装置と複数の下位装置との間でフレームを転送するネットワークが、例えばモバイルシステムにおけるMFH（Mobile Fronthaul）に用いられている（例えば、非特許文献1参照）。なお、MFHの場合、上位装置が集約局、下位装置がアンテナ局に対応する。

[0003] 図7は、複数の上位装置と複数の下位装置とからなるネットワークの一例を示す。図7では、 p 個（ p は正の整数）の上位装置101と p 個の下位装置102とが光ファイバによって接続されており、上位装置101と下位装置102との間のネットワークは、フレーム転送における遅延要件（遅延時間の規定）を有する。特にMFHでは厳しい遅延要件があり、例えば物理層内で基地局機能を分割するLLS（Lower Layer Split）における遅延上限値は、 $250[\mu s]$ と規定されている（例えば、非特許文献2参照）。ここで、図7および以降の説明において、個々の上位装置101を指定する場合は、符号末尾に（番号）を付加して、例えば上位装置101（1）のように記載する。また、複数の下位装置102および以降で説明する複数の同様の装置に対して個々の装置を指定する場合は、符号末尾に（番号）を付加して同様に記載するものとする。

[0004] ここで、多数の下位装置102を配置するネットワークの場合、上位装置101と下位装置102と間に多量の光ファイバが必要となる。そこで、複数の上位装置101と複数の下位装置102との間のネットワークを効率的に構築するために、PON（Passive Optical Network）の適用が考えられて

いる。

[0005] 図8は、上位装置101と下位装置102と間にPONを適用する一例を示す。PONは、OLT (Optical Line Terminal) 104、光スプリッタ105、ONU (Optical Network Unit) 106で構成される光通信システムである。なお、複数の上位装置101は、OLT側転送装置113を介してOLT104に接続される。そして、OLT104と光スプリッタ105との間は1本の光ファイバで接続され、光スプリッタ105を介して複数のONU106にそれぞれ接続される。OLT104は各ONU106へのデータを時分割多元接続 (TDMA : Time Division Multiple Access) によって転送し、各ONU106はOLT104へのデータを時分割多重 (TDM : Time Division Multiplexing) によって転送するため、OLT104と光スプリッタ105との間の光ファイバが1本であっても各ONU106はデータが互いに衝突することなくOLT104と通信できる。このようにPONでは、複数のONU106が1本の光ファイバを共用するため、OLT104と各ONU106との間を直接1本ずつの光ファイバで接続するよりも効率的である。

[0006] ところが、上位装置101と下位装置102との間のネットワークにPONを適用した場合、上位装置101と下位装置102との間の要求帯域が高まり、光通信速度を増加させる必要が生じる。このため、PONを複数並列化 (例えば複数波長化) し、上位装置101と下位装置102との間のフレームを並列分散転送する方法が考えられる。以下では、複数波長化を例に、PONの複数並列化について説明する。

[0007] 図9は、上位装置101と下位装置102との間のフレームを複数の波長からなる波長群で並列分散転送する構成例を示す。図9において、単一波長の図8に比べて、複数 (q 個 (q は正の整数)) のOLT104が設置されていること、複数のOLT104群と光スプリッタ105との間に波長多重フィルタ107が設置されていること、およびONU106と下位装置102との間にONU側転送装置108が設置されていることが異なる。ここで

、上位装置101とOLT104の間に設置されている転送装置をOLT側転送装置113、ONU106と下位装置の間に設置されている転送装置をONU側転送装置108と称する。OLT側転送装置113は、複数のOLT104に下りフレームを分散して転送する機能を有する装置であり、ONU側転送装置108は当該分散された下りフレームを統合する機能を有する装置である。また、各OLT104はそれぞれ固有の異なる波長を用いており、各々のOLT104は固有の異なる波長を用いて複数のONU106と1対多で接続されている。なお、一つのOLT104に接続するONU106の数は、OLT104毎に異なってもよい。各下位装置102に同じONU側転送装置108を経由して接続されるONU106は、当該ONU106と同じ波長を用いるOLT104に接続されている。

[0008] 図9において、各上位装置101からの下りフレームは、OLT側転送装置113によって複数のOLT104（複数の波長）に並列分散転送される。各上位装置101が用いるOLT104の数（波長数に相当）は、上位装置101によって異なってもよく、各下位装置102にONU側転送装置108を介して接続するONU106の数（波長数に相当）は下位装置102によって異なってもよい。複数のOLT104に分散された各上位装置101からの下りフレームは、各OLT104が接続しているONU106に転送された後、ONU側転送装置108によって統合されて対応する下位装置102で受信される。ここで、一つの上位装置101からのフレームは複数の波長によって並列分散転送されるため、下位装置102に受信される際にフレームの順序乱れ（フレームの転送順序が入れ替わること）が発生する可能性がある。フレームを上位装置101が出力した通りの順序で下位装置102に転送する必要があるため、OLT側転送装置113およびONU側転送装置108はフレームの順序制御を実施する。このため、OLT側転送装置113は上位装置101から入力された各フレームにシーケンス番号を付与して転送する。そして、ONU側転送装置108は、接続している複数のONU106から入力されたフレームのシーケンス番号を参照し、

シーケンス番号順にフレームを整列してから下位装置 102 に出力する。

[0009] ここで、OLT側転送装置 113 が下りフレームを複数のOLT104に並列分散転送する方法として、RR (Round Robin) 方式の適用が考えられている (例えば、非特許文献3参照)。

[0010] 図10は、下りフレームを複数の波長に亘って並列分散転送する際のキュー構成例を示す。図10において、OLT側転送装置 113 は、波長数を q ($\lambda_1 \sim \lambda_q$) とするとき、 q 個のキュー (OLT側キュー 201 (1) ~ OLT側キュー 201 (q) と称する) を備える。そして、各上位装置 101 からのフレームは、OLT側キュー 201 (1) ~ OLT側キュー 201 (q) にRR方式で入力される。RR方式の1ラウンド (上位装置 101 が使用可能な波長数と等しい数のキューに1回ずつフレーム入力を行う周期) において、OLT側キュー 201 (k) ($1 \leq k \leq q$) に入力される上位装置 101 (i) ($1 \leq i \leq p$) からのフレーム数を r_{ik} (1ラウンドでOLT側キュー 201 (k) に入力される上位装置 101 (i) からのフレーム数で、1または0) とする。そして、上位装置 101 (i) が波長 λ_k を用いる場合は $r_{ik} = 1$ 、用いない場合は $r_{ik} = 0$ である。ここで、上位装置 101 (i) が波長 λ_k を用いるか否かは予め設定されているものとする。また、OLT側キュー 201 (k) に格納されたフレームは、OLT104 (k) (波長 λ_k を用いるOLT104) に転送される。OLT104 (k) に転送された上位装置 101 (i) のフレームは、波長 λ_k を用いて宛先のONU106 (ik) に転送され、ONU側転送装置 108 を経由して下位装置 102 (i) に受信される。

[0011] 図11は、RR方式を実現するためのOLT側転送装置 113 の構成例を示す。図11において、OLT側転送装置 113 は、フレーム振り分け部 311 およびフレーム格納部 302 を有する。

[0012] フレーム振り分け部 311 は、OLT側転送装置 113 に入力されたフレームがどの上位装置 101 からのものであるかを識別する。識別には、複数の上位装置 101 のそれぞれに固有の値 (例えばVID (VLAN Identifier))

）が用いられる。次に、フレーム振り分け部 311 は、入力されたフレームの上位装置 101 毎のフレームにシーケンス番号を付与する。さらに、フレーム振り分け部 311 は、予め設定された r_{ik} の値に基づき、各上位装置 101 からのフレームを RR 方式でフレーム格納部 302 内のキューに入力する。ここで、 k は $1 \leq k \leq q$ の整数、 i は $1 \leq i \leq p$ の整数である。

[0013] フレーム格納部 302 は、波長数 q と等しい数のキュー（OLT 側キュー 201（1）から OLT 側キュー 201（ q ））を備える。そして、フレーム振り分け部 311 によってフレームを入力するキューが決定され、決定されたキューに当該フレームを格納する。また、格納されたフレームは、OLT 側キュー 201 が接続されている OLT 104 に出力される。

[0014] ここで、別の方法として、WRR（Weighted Round Robin）方式の適用が考えられる（例えば、非特許文献 3 参照）。WRR 方式は、基本的に RR 方式と同じであるが、OLT 側キュー 201（ k ）に対して入力される上位装置 101（ i ）からのフレーム数 r_{ik} に 1、0 以外の値も設定できる。なお、各 r_{ik} の値は、予め設定しておくものとする。

先行技術文献

非特許文献

[0015] 非特許文献 1：3GPP TR38.801 v14.0.0(2017-03), 2017 年.

非特許文献 2：中村 武宏, “2020 年の 5G 導入に向けて” pp. 21, MPLS Japan 2016, 2016 年.

非特許文献 3：戸田 巖, “ネットワーク QoS 技術” pp. 182-183, オーム社, 2001 年.

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0016] 上位装置 101 と下位装置 102 とからなるネットワークにおいて、下りフレームが一定周期毎にバースト的に上位装置 101 から下位装置 102 に出力される用途（例えばモバイルシステム）において、MFH の下りフレー

ムは一定周期（例えば1 [ms]）毎にバースト的に集約局（上位装置）からアンテナ局（下位装置）に出力されるが、ユーザのトラフィック量が多いほどこの一定周期毎に出力されるフレーム数は多くなる。また、無線通信速度が大きいほど集約局からのフレーム出力速度が大きくなる。ここで、例えば、上位装置101の数が2（上位装置101（1）と上位装置101（2））、波長数が2（ λ_1 と λ_2 ）のネットワークにおいて、上位装置101（1）のフレーム出力速度が上位装置101（2）のフレーム出力速度よりも大きい場合を考える。

[0017] 上位装置101（1）は、フレーム出力速度が大きく、一定周期毎に出力されるフレーム数も多いため、波長 λ_1 と波長 λ_2 を用いることとする。一方、上位装置101（2）は、上位装置101（1）に比べてフレーム出力速度が小さく、一定周期に出力するフレーム数も多くないため、波長 λ_1 のみを用いることとする。これら2つの上位装置101からのフレームが入力されるOLT側転送装置113においてRR方式を適用すると、上位装置101（1）からのフレームはOLT側キュー201（1）とOLT側キュー（2）にRR方式で入力されるため、OLT側キュー201（1）とOLT側キュー201（2）には上位装置101（1）から一定周期に出力されるフレームが交互に半分ずつ格納される。なお、上位装置101（2）からのフレームはOLT側キュー201（1）のみに入力される。また、OLT側キュー201（1）に格納された上位装置101（1）からのフレームと上位装置101（2）からのフレームは、波長 λ_1 を用いるOLT104（1）に転送され、OLT側キュー（2）に格納された上位装置101（1）からのフレームは、波長 λ_2 を用いるOLT104（2）に転送される。このとき、波長 λ_1 の経路では、上位装置101（1）からのフレームと上位装置101（2）からのフレームとが転送されるのに対して、波長 λ_2 の経路では、上位装置101（1）からのフレームのみが転送されるため、上位装置101（1）のフレームは、順序乱れが発生した状態でONU側転送装置108に入力される。

[0018] 図12は、フレームの順序乱れが発生した状態の一例を示す。なお、図12において、白抜きのシーケンス番号を記載したフレームは上位装置101(1)のフレーム、黒字のシーケンス番号を記載したフレームは上位装置101(2)のフレームをそれぞれ示す。

[0019] ここで、図12において、上位装置101(1)のフレームは、波長 λ_1 を用いるOLT104(1)と波長 λ_2 を用いるOLT104(2)に転送され、上位装置101(2)のフレームは、波長 λ_1 を用いるOLT104(1)に転送されるものとする。このとき、波長 λ_1 のOLT104(1)は、上位装置101(1)と上位装置101(2)の両方のフレームを転送するので、上位装置101(1)のフレームのみを転送する波長 λ_2 のOLT104(2)よりも転送時間が長くなり、順序乱れが発生した状態でONU側転送装置108に入力される。例えば、図12の場合、上位装置101(1)のシーケンス番号7のフレームよりもシーケンス番号8, 10, 12のフレームの方が先にONU側転送装置108に到着することになり、順序乱れが発生する。

[0020] この場合、ONU側転送装置108は、フレームの順序を上位装置101からフレームが出力された順（例えばシーケンス番号順）にして下位装置102に出力するために、シーケンス番号が j （ j は正の整数）であるフレームをシーケンス番号が $j-1$ のフレームを出力するまでバッファで保持する。ここで、バッファで保持している期間を「順序制御遅延」と称する。順序制御遅延は、実際のトラフィック量に応じてフレームを複数の波長に分散できていないことが原因で発生する。順序制御遅延が発生することで、全ての上位装置101が遅延要件を満たす（全てのフレームを遅延上限値以内に転送する）ことが困難となる。

[0021] また、RR方式の他にWRR方式を適用することも考えられるが、WRR方式は予め設定したフレーム数 r_{ik} に従ってフレームを複数の波長に分散するため、RR方式と同じく実際のトラフィック量に応じて当該フレーム数 r_{ik} を設定することができない。

[0022] このように、従来のOLT側転送装置113は、実際のトラフィック量に応じてフレームを分散できず、遅延要件を満たすことが難しいという問題があった。

[0023] 本発明では、上位装置と下位装置との間のフレーム転送にPONを適用した通信システムにおいて、下りフレームを所望の遅延要件を満たすように複数のOLTに分散することができる下りフレームの転送装置、転送方法および転送プログラムを提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0024] 第1の発明の転送装置は、上位装置と下位装置との間に複数のOLTを備えるPON構成のネットワークを適用した通信システムの前記上位装置と前記OLTとの間に設置される転送装置であって、前記転送装置は、前記上位装置から入力された下りフレームをモニタリングし、予め定めた一定周期当りの前記下りフレームに関する統計値を算出するフレーム情報取得部と、複数の前記OLTに転送する下りフレームをそれぞれ格納する複数のキューを備え、前記上位装置から入力された前記下りフレームを格納するフレーム格納部と、前記下りフレームを前記フレーム格納部内の複数の前記キューに入力するフレーム振り分け部と、前記フレーム振り分け部が複数の前記キューに順に入力するフレーム数を前記統計値に基づいて決定する分散制御決定部とを備えることを特徴とする。

[0025] 第2の発明は、第1の発明の転送装置において、前記分散制御決定部は、上位装置数を p 、PON区間における並列数を q 、全ての前記上位装置のフレームが複数の前記キューを一順するまでに入力したフレーム数の合計値をOLTの数で除算した数を超える最小の整数を N 、PON区間における光通信速度を B 、上位装置 i (i は1以上 p 以下の整数)が前記転送装置にフレームを出力する速度を R_i 、上位装置 i が前記一定周期当りの下りフレーム数の前記統計値を n_i 、前記一定周期当りの下りフレームサイズの最大値の前記統計値を s 、予め定めた遅延上限値を y 、前記フレーム振り分け部がOLT k (k は1以上 q 以下の整数)に接続する前記キューに順に入力する上

位装置 i のフレーム数を r_{ik} 、とすると、次式を満たすように前記 N を決定し、

[0026] [数1]

$$N = \left\lceil \frac{1}{q} \sum_{i=1}^p \left\lceil \frac{NR_i n_i s}{(n_i - 1)Bs + yBR_i - (N - 1)R_i s} \right\rceil \right\rceil \quad \dots(1)$$

[0027] 決定した前記 N のもとで次式を満たすように前記 r_{ik} を決定する

[0028] [数2]

$$\sum_{k=1}^q r_{ik} = \left\lceil \frac{NR_i n_i s}{(n_i - 1)Bs + yBR_i - (N - 1)R_i s} \right\rceil \quad \dots(2)$$

[0029] ことを特徴とする。

[0030] 第3の発明は、第2の発明の転送装置において、前記分散制御決定部は、初期状態においては前記フレーム格納部内の複数の前記キューに対して順に入力される前記下りフレーム数を0または1とし、前記フレーム情報取得部が前記統計値の算出を完了した後は前記統計値を用いて、前記フレーム格納部内の複数の前記キューに順に入力される前記下りフレーム数を決定することを特徴とする。

[0031] 第4の発明は、第1の発明から第3の発明のいずれかの転送装置において、前記フレーム情報取得部は、前記統計値として、前記一定周期当りの前記下りフレーム数の平均値および前記一定周期当りの前記下りフレームサイズの最大値の平均値を算出することを特徴とする。

[0032] 第5の発明の転送方法は、上位装置と下位装置との間に複数のOLTを備えるPON構成のネットワークを適用した通信システムの前記上位装置と前記OLTとの間に設置される転送装置により処理される転送方法であって、前記上位装置から入力された下りフレームをモニタリングし、予め定めた一定周期当りの前記下りフレームに関する統計値を算出するフレーム情報取得処理と、前記上位装置から入力された前記下りフレームを複数の前記OLTにそれぞれ転送する下りフレームを複数のキューにそれぞれ格納するフレー

ム格納処理と、前記下りフレームを複数の前記キューに入力するフレーム振り分け処理と、前記フレーム振り分け処理により複数の前記キューに順に入力されるフレーム数を前記統計値に基づいて決定する分散制御決定処理とを実行することを特徴とする。

[0033] 第6の発明は、第5の発明の転送方法において、前記分散制御決定処理では、上位装置数を p 、PON区間における並列数を q 、全ての前記上位装置のフレームが複数の前記キューを一順するまでに入力したフレーム数の合計値をOLTの数で除算した数を超える最小の整数を N 、PON区間における光通信速度を B 、上位装置 i (i は1以上 p 以下の整数) が前記転送装置にフレームを出力する速度を R_i 、上位装置 i が前記一定周期当りの下りフレーム数の前記統計値を n_i 、前記一定周期当りの下りフレームサイズの最大値の前記統計値を s 、予め定めた遅延上限値を y 、前記フレーム振り分け部がOLT k (k は1以上 q 以下の整数) に接続する前記キューに順に入力する上位装置 i のフレーム数を r_{ik} 、とすると、次式を満たすように前記 N を決定し、

[0034] [数1]

$$N = \left\lceil \frac{1}{q} \sum_{i=1}^p \left\lceil \frac{NR_i n_i s}{(n_i - 1)Bs + yBR_i - (N - 1)R_i s} \right\rceil \right\rceil \quad \dots(1)$$

[0035] 決定した前記 N のもとで次式を満たすように前記 r_{ik} を決定する

[0036] [数2]

$$\sum_{k=1}^q r_{ik} = \left\lceil \frac{NR_i n_i s}{(n_i - 1)Bs + yBR_i - (N - 1)R_i s} \right\rceil \quad \dots(2)$$

[0037] ことを特徴とする。

[0038] 第7の発明は、第5の発明または第6の発明の転送方法において、前記フレーム情報取得処理では、前記統計値として、前記一定周期当りの前記下りフレーム数の平均値および前記一定周期当りの前記下りフレームサイズの最大値の平均値を算出することを特徴とする。

[0039] 第8の発明は、第1の発明から第4の発明のいずれかの転送装置で行う処理をコンピュータに実行させることを特徴とする転送プログラム。

発明の効果

[0040] 本発明に係る下りフレームの転送装置、転送方法および転送プログラムは、上位装置と下位装置との間のフレーム転送にPONを適用した通信システムにおいて、下りフレームを所望の遅延要件を満たすように複数のOLTに分散することが可能になる。

図面の簡単な説明

[0041] [図1]第1実施形態に係るOLT側転送装置を用いるシステムの構成例を示す図である。

[図2]第1実施形態に係るOLT側転送装置の構成例を示す図である。

[図3]ONU側転送装置の構成例を示す図である。

[図4]OLT側転送装置が下りフレームを転送する処理例を示す図である。

[図5]ONU側転送装置が下りフレームを転送する処理例を示す図である。

[図6]第2実施形態のシステムの構成例を示す図である。

[図7]複数の上位装置と複数の下位装置とからなるネットワークの一例を示す図である。

[図8]上位装置と下位装置と間にPONを適用する一例を示す図である。

[図9]上位装置と下位装置との間のフレームを複数の波長からなる波長群で並列分散転送する構成例を示す図である。

[図10]下りフレームを複数の波長に亘って並列分散転送する際のキュー構成例を示す図である。

[図11]RR方式を実現するためのOLT側転送装置113の構成例を示す図である。

[図12]フレームの順序乱れが発生した状態の一例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0042] 以下、図面を参照して本発明に係るフレーム転送装置、転送方法および転送プログラムの実施形態について説明する。なお、以降の実施形態で説明す

るフレーム転送装置は、上位装置と下位装置との間のフレーム転送にPONを適用したシステムに対応し、特に下りフレームの遅延要件を満たすことができる。

[0043] [第1実施形態]

図1は、第1実施形態に係るOLT側転送装置103を用いるシステムの構成例を示す。図1のシステムは、従来技術で説明した図9のシステムに対応し、図9と同符号のブロックは、図9と同一又は同様に動作する。特に、図1のOLT側転送装置103と図9のOLT側転送装置113は、構成および動作が異なる。なお、OLT側転送装置103は、本発明に係るフレーム転送装置に対応する。

[0044] 図1において、OLT側転送装置103は、上位装置101が出力するトラフィック量に応じて複数のキューを一順して1ラウンドで各キューに入力するフレーム数を決め、そして、全フレームが遅延要件を満たすようにフレームを分散する制御を行う。ここで、1ラウンドで入力するフレーム数を「分散フレーム数」と称する。なお、分散フレーム数の算出方法については後で詳しく説明する。

[0045] 図2は、第1実施形態に係るOLT側転送装置103の構成例を示す。図2において、上位装置101の数は、上位装置101(1)から上位装置101(p)のp個、波長数は、 λ_1 から λ_q のq個である。ここで、OLT104(k) (kは $1 \leq k \leq q$ の整数)は、波長 λ_k を用いる。なお、本実施形態では複数波長化を例に説明するが、波長数qはPON区間を複数並列化する場合の並列数に対応する。

[0046] 図2において、OLT側転送装置103は、フレーム振り分け部301、フレーム格納部302、フレーム情報取得部303および分散制御決定部304を有する。

[0047] フレーム振り分け部301は、OLT側転送装置103に入力されたフレームがどの上位装置101からのものであるかを識別する。識別には、複数の上位装置101のそれぞれに固有の値(例えばVID)が用いられる。次

に、フレーム振り分け部301は、入力される上位装置101毎のフレームにシーケンス番号を付与する。ここまでの処理は、基本的にはRR方式およびWRR方式を用いる図11で説明した従来技術のフレーム振り分け部311と同様であるが、1ラウンドでフレーム格納部302内の各キューに入力するフレーム数に、予め設定された値ではなく、後述する分散制御決定部304によって算出された分散フレーム数を用いる点が異なる。そして、フレーム振り分け部301は、分散フレーム数に基づき、各上位装置101からのフレームをフレーム格納部302内のキューに入力する（フレーム振り分け処理に対応）。

[0048] フレーム格納部302は、図11で説明したRR方式およびWRR方式におけるフレーム格納部302と同じブロックである。フレーム格納部302は、波長数 q と等しい数のキュー（OLT側キュー201（1）からOLT側キュー201（ q ））を備え、フレーム振り分け部301によってフレームを入力するキューが決定され、決定されたキューに当該フレームを格納し、OLT側キュー201が接続されているOLT104にフレームを出力する（フレーム格納処理に対応）。

[0049] フレーム情報取得部303は、 p 個の各上位装置101から出力されるフレーム数およびフレームサイズをモニタリングする（フレーム情報取得処理に対応）。なお、フレーム数については、予め定めた一定周期（「モニタリング周期」と称する）毎のモニタリング結果に基づき、モニタリング周期当りのフレーム数の統計値を算出する。統計値は、例えば複数のモニタリング周期のフレーム数の平均値とする。一方、フレームサイズについては、モニタリング周期内で観測された最大のフレームサイズを保持し、さらにモニタリング周期当りの最大のフレームサイズの統計値を算出する。統計値は、例えば複数のモニタリング周期のうちの最大のフレームサイズの平均値とする。

[0050] 分散制御決定部304は、フレーム振り分け部301がフレーム格納部302内の複数のキューを一順して1ラウンドで入力されるフレーム数（分散

フレーム数)を算出する(分散制御決定処理に対応)。分散フレーム数は、先ず1ラウンドにおいて各波長で転送するフレーム数の1波長当たりの最大値(「最大ラウンドフレーム数」と称する)を決定し、決定した最大ラウンドフレーム数のもとで各上位装置101のトラフィック量(例えばフレーム数)の統計値に基づいて決定する。ここで、最大ラウンドフレーム数および分散フレーム数の更新周期は、フレーム情報取得部におけるモニタリング周期と同じ長さとする。

[0051] (最大ラウンドフレーム数および分散フレーム数の算出方法)

次に、分散制御決定部304における最大ラウンドフレーム数および分散フレーム数の算出方法について詳しく説明する。

[0052] 分散制御決定部304は、まず下記の式(1)を満たすように最大ラウンドフレーム数 N (N は正の整数)を決定する。なお、最大ラウンドフレーム数 N は、全ての上位装置101のフレームが複数のOLT側キュー201を一順するまでに入力したフレーム数の合計値をOLT104の数で除算した数を超える最小の整数である。

[0053] 分散制御決定部304は、決定した最大ラウンドフレーム数 N のもとで、下記の式(2)を満たすようにOLT側キュー201(k)に1ラウンドにおいて入力する上位装置101(i)からのフレーム数(分散フレーム数 r_{ik})を決定する。分散制御決定部304は、フレーム情報取得部303におけるモニタリング周期毎に当該手順を繰り返し実行する。

[0054] [数3]

$$N = \left\lceil \frac{1}{q} \sum_{i=1}^p \left[\frac{NR_i n_i s}{(n_i - 1)Bs + yBR_i - (N - 1)R_i s} \right] \right\rceil \quad \dots(1)$$

$$\sum_{k=1}^q r_{ik} = \left\lceil \frac{NR_i n_i s}{(n_i - 1)Bs + yBR_i - (N - 1)R_i s} \right\rceil \quad \dots(2)$$

($\lceil x \rceil$ は、 x 以上の最小の整数を示す。)

[0055] また、式(1)および式(2)の各変数は、下記の通りである。

p : 上位装置 101 の数

i : 上位装置 101 の番号

q : OLT 104 の数 (波長数)

k : OLT 104 の番号 (波長番号)

N : 最大ラウンドフレーム数

s : 最大フレームサイズの統計値 [bit]

n_i : 上位装置 101 (i) のモニタリング周期当りのフレーム数の統計値

R_i : 上位装置 101 (i) のフレーム出力速度 [bps]

B : 波長当りの光通信速度 [bps]

y : 遅延上限値 [s]

r_{ik} : 上位装置 101 (i) の OLT 104 (k) におけるフレーム数 (分散フレーム数)

ここで、式 (1) および式 (2) において、上位装置 101 の数 p 、OLT 104 の数 (波長数) q 、最大ラウンドフレーム数 N 、最大フレームサイズの統計値 s 、光通信速度 B および遅延上限値 y は、上位装置 101 によらない値である。一方、上位装置 101 (i) ($1 \leq i \leq p$) のモニタリング周期当りのフレーム数の統計値 n_i およびフレーム出力速度 R_i は、上位装置 101 によって異なってもよい。また、個々のフレームサイズ、フレーム数、光通信速度 B 、フレーム出力速度 R_i は、系統的に決まる値である。なお、遅延上限値 y は系統的に決まる値を用いてもよいし、系統的に決まる値を基に予め定めた値を用いてもよい。また、本実施形態においては、遅延上限値 y を全ての上位装置 101 (全ての下位装置 102) で共通の値としているが、遅延上限値 y は上位装置 101 毎 (下位装置 102 毎) あるいは ONU 毎に異なってもよい。

[0056] (式 (1) および式 (2) の導出過程)

以下、式 (1) および式 (2) の導出過程について説明する。

[0057] 最大ラウンドフレーム数および分散フレーム数は、各上位装置 101 がモニタリング周期毎に出力するフレーム数およびフレームサイズの統計値に基

づいて、想定される最悪の条件下で見積もったフレームの遅延時間が予め設定した遅延上限値以下となるように決定する。このように、遅延時間を最悪の条件下で見積もることにより、全てのフレームを遅延上限値以内の期間で上位装置 101 から下位装置 102 に転送可能となる最大ラウンドフレーム数および分散フレーム数 r_{ik} を決定することができる。

[0058] ここで、遅延時間とは、フレームがOLT側転送装置 103 内のキューに入力された時刻とフレームが当該キューから出力された時刻の差分（「キューイング遅延」と称する）と、順序乱れが発生したフレーム群をONU側転送装置 108 内でシーケンス番号順に整列させるための遅延（「順序制御遅延」）の合計値である。

[0059] 次に、キューイング遅延と順序制御遅延とをそれぞれ導出する方法について説明する。

[0060] 先ず、キューイング遅延は、以下のようにして求めることができる。一般に、キューへのフレーム入力速度が R [bps]、キューからのフレーム出力速度が B [bps]、フレームサイズが s [bit] のとき、 $B < R$ であり、フレームが時刻 0 からバースト的にキューに入力されることを前提とすると、バーストの先頭から n ($n \geq 2$) 番目のフレームのキューへの入力時刻は、式 (3) のように表せる。

[0061] [数4]

$$I(n) = I(n-1) + \frac{s}{R} [s] \quad \dots(3)$$

[0062] 一方、バーストの先頭から n ($n \geq 2$) 番目のフレームのキューからの出力時刻は、式 (4) のように表せる。

[0063] [数5]

$$O(n) = O(n-1) + \frac{s}{B} [s] \quad \dots(4)$$

[0064] また、バーストの先頭から n ($n \geq 2$) 番目のフレームのキューイング遅延を $D(n)$ とすると、 $D(n)$ について式 (5) の 2 項間の漸化式が成立

する。

[0065] [数6]

$$D(n) = O(n) - I(n) = D(n-1) + s \left(\frac{1}{B} - \frac{1}{R} \right) [s] \quad \dots(5)$$

[0066] バーストの先頭フレーム（ $n=1$ ）については、式（6）が成立する。

[0067] [数7]

$$D(1) = O(1) - I(1) = \left\{ I(1) + \frac{s}{B} \right\} - I(1) = \frac{s}{B} [s] \quad \dots(6)$$

[0068] 式（5）および式（6）より、キューイング遅延の一般式は、式（7）のように表すことができる。

[0069] [数8]

$$D(n) = \frac{ns}{B} - \frac{(n-1)s}{R} [s] \quad \dots(7)$$

[0070] 本実施形態におけるフレーム転送方法においては、上位装置101（i）からOLT側転送装置103へのフレーム入力速度が R_i [bps]、OLT側キュー201（k）からのフレーム出力速度が B [bps]、モニタリング周期当りのフレーム数（統計値）が n_i 、最大フレームサイズ（統計値）が s [bit]である。また、上位装置101（i）については、1ラウンドで下記の個数のフレームが複数のキューに対して入力される。

[0071] [数9]

$$\sum_{k=1}^q r_{ik} \quad [\text{個}]$$

[0072] このため、この複数のキューからの合計のフレーム出力速度は、下記のように見なすことができる。

[0073] [数10]

$$\frac{\sum_{k=1}^q r_{ik}}{N} B \quad [\text{bps}]$$

[0074] 以上のように、上位装置 101 (i) のキューイング遅延は、式 (8) で求められる。

[0075] [数11]

$$D_i(n_i) = \frac{n_i s}{\frac{\sum_{k=1}^q r_{ik}}{N} B} - \frac{(n_i - 1)s}{R_i} [s] \quad \dots(8)$$

[0076] 次に、順序制御遅延の最大値の求め方について説明する。順序制御遅延が最大値となるのは、複数の波長（例えば、波長 λ_1 と波長 λ_2 ）を1つの上位装置 101（例えば、上位装置 101 (1)）のみが用いる場合である。この場合、1 ラウンドにおいて1 波長で転送するフレーム数の最大値（最大ラウンドフレーム数）はNであるから、1 ラウンドにおける1 番目のフレームからN 番目のフレームまではOLT側キュー 201 (1) に格納され、N + 1 番目のフレームから2 N 番目のフレームまではOLT側キュー 201 (2) に格納される。OLT側キュー 201 (1) に格納されたフレームは波長 λ_1 で、OLT側キュー 201 (2) に格納されたフレームは波長 λ_2 で並列に転送される。一方、OLT側キュー 201 (2) の先頭に格納されたN + 1 番目のフレームは、OLT側キュー 201 (1) の末尾に格納されたN 番目のフレームが下位装置 102 に受信されるまで下位装置には受信されない。すなわち、N + 1 番目のフレームには、N - 1 フレーム分の順序制御遅延が発生し、その値は次のようになる。

[0077] [数12]

$$\frac{s(N - 1)}{B} [s]$$

[0078] これが順序制御遅延の最大値である。

[0079] 以上より、上位装置 101 (i) の遅延時間は、式 (9) のように表現できる。

[0080]

[数13]

$$\frac{n_i s}{\frac{\sum_{k=1}^q r_{ik}}{N} B} - \frac{(n_i - 1)s}{R_i} + \frac{s(N - 1)}{B} \quad \dots(9)$$

[0081] 式（９）の通り得た遅延時間が遅延上限値以内となるための分散フレーム数 r_{ik} の条件は、式（１０）のように表現される。

[0082] [数14]

$$\begin{aligned} \frac{n_i s}{\frac{\sum_{k=1}^q r_{ik}}{N} B} - \frac{(n_i - 1)s}{R_i} + \frac{s(N - 1)}{B} &\leq y \\ \Leftrightarrow \sum_{k=1}^q r_{ik} &\geq \frac{NR_i n_i s}{(n_i - 1)Bs + yBR_i - (N - 1)R_i s} \end{aligned} \quad \dots(10)$$

[0083] 分散フレーム数は、式（１０）を満たす最小の整数として差し支えないため、先述した式（２）のように表すことができる。

[0084] ここで、全上位装置（上位装置１０１（１）～上位装置１０１（ｐ））が遅延要件を満たすためには、全上位装置について式（１０）が成立する必要がある、最大ラウンドフレーム数 N は全上位装置について式（２）が成立するように決定しなければならない。このような最大ラウンドフレーム数 N を決定するための式（１）を導出するため、式（２）の両辺を全上位装置について合計すると、式（１１）が得られる。

[0085] [数15]

$$\sum_{i=1}^p \sum_{k=1}^q r_{ik} = \sum_{i=1}^p \left\lceil \frac{NR_i n_i s}{(n_i - 1)Bs + yBR_i - (N - 1)R_i s} \right\rceil \quad \dots(11)$$

[0086] ここで、式（１１）の左辺について、式（１２）が成立する。

[0087]

[数16]

$$\sum_{i=1}^p \sum_{k=1}^q r_{ik} = \sum_{k=1}^q \sum_{i=1}^p r_{ik} \quad \cdots (12)$$

$$\left[\text{1ラウンドにおいて各波長で転送するフレーム数: } \sum_{i=1}^p r_{ik} \text{ [個]} \right]$$

[0088] 式(12)の右辺において、1ラウンドにおいて各波長で転送するフレーム数は、最大ラウンドフレーム数N以下となるように決定するため、式(13)が成立する。

[0089] [数17]

$$\sum_{k=1}^q \sum_{i=1}^p r_{ik} \leq \left(\sum_{k=1}^q N \right) qN \quad \cdots (13)$$

[0090] そして、式(11)、式(12)、式(13)より、式(14)が成立する。

[0091] [数18]

$$qN \geq \sum_{i=1}^p \left\lceil \frac{NR_i n_i s}{(n_i - 1)Bs + yBR_i - (N - 1)R_i s} \right\rceil \quad \cdots (14)$$

[0092] 最大ラウンドフレーム数Nは、式(14)を満たす整数と考えて差し支えないため、先述した式(1)のように表すことができる。つまり、最大ラウンドフレーム数Nは、全ての上位装置101のフレームが複数のOLT側キュー201を一順するまでに入力したフレーム数の合計値をOLT104の数で除算した数を超える最小の整数である。

[0093] 以上のようにして、分散制御決定部304が最大ラウンドフレーム数および分散フレーム数を決定する手順で必要となる式(1)、式(2)を導出することができる。

[0094] (ONU側転送装置108の構成例)

図3は、ONU側転送装置108の構成例を示す。図3において、i番目

の下位装置 102 (i) ($1 \leq i \leq p$) が 1 個接続され、i 番目の下位装置 102 (i) に対応する q 個の ONU 106 (i 1) から ONU 106 (i q) が接続されている。ここで、ONU 106 (i k) ($1 \leq k \leq q$) は、i 番目の上位装置 101 (i) に対応するフレームを受け取る k 番目の ONU 106 を示し、波長 λ_k を用いる。

[0095] 次に、図 3 に示す ONU 側転送装置 108 の各部について詳しく説明する。図 3 において、ONU 側転送装置 108 は、フレーム格納部 401 およびフレーム出力部 402 を有する。

[0096] フレーム格納部 401 は、波長数と等しい q 個のキュー (ONU 側キュー 501 (i, 1) ~ ONU 側キュー 501 (i, q) と称する) を備える。ONU 側転送装置 108 に接続されている q 個の ONU 106 とフレーム格納部 401 内の q 個の ONU 側キュー 501 は 1 対 1 で対応しており、ONU 106 (i k) からのフレームを ONU 側キュー 501 (i k) に格納する。

[0097] フレーム出力部 402 は、フレーム格納部 401 内の各 ONU 側キュー 501 の先頭フレームのシーケンス番号を参照し、シーケンス番号が最小のフレームを出力して、下位装置 102 (i) に転送する。

[0098] (OLT 側転送装置 103 の転送処理)

次に、OLT 側転送装置 103 が下りフレームを転送する処理について説明する。

[0099] 図 4 は、OLT 側転送装置 103 が下りフレームを転送する処理例を示す。なお、図 4 では、主信号に関する処理と制御に関する処理とに分けて記載する。ここで、主信号に関する処理は、図 2 で説明した OLT 側転送装置 103 のフレーム振り分け部 301 およびフレーム格納部 302 により実行される。また、制御に関する処理は、図 2 で説明した OLT 側転送装置 103 のフレーム情報取得部 303 および分散制御決定部 304 により実行される。

[0100] 先ず、制御に関する処理について説明する。

- [0101] ステップS 1 0 1において、本実施形態に係るO L T側転送装置1 0 3を有するシステムが動作を開始する。
- [0102] ステップS 1 0 2において、フレーム情報取得部3 0 3は、上位装置1 0 1から受け取るフレームをモニタリングする。
- [0103] ステップS 1 0 3において、フレーム情報取得部3 0 3は、モニタリング周期が更新されたか否かを判別し、モニタリング周期が更新された場合はステップS 1 0 4の処理に進み、モニタリング周期が更新されていない場合はステップS 1 0 2の処理に戻って同様の処理を繰り返す。
- [0104] ステップS 1 0 4において、フレーム情報取得部3 0 3は、モニタリング周期が更新されたら、フレームのモニタリングを継続しつつ、終了したモニタリング周期当りのフレームに関する統計値を算出する。
- [0105] ステップS 1 0 5において、分散制御決定部3 0 4は、ステップS 1 0 4で算出した統計値を用い、先に説明した式（1）に従って最大ラウンドフレーム数を算出する。
- [0106] ステップS 1 0 6において、分散制御決定部3 0 4は、ステップS 1 0 5で算出した最大ラウンドフレーム数のもとで先に説明した式（2）に従って分散フレーム数を算出する。但し、分散制御決定部3 0 4は、初期状態においてフレーム情報取得部3 0 3がモニタリング周期当りのフレーム数およびモニタリング周期内での最大フレームサイズの統計値を算出するまでの間、分散フレーム数を0または1とする。
- [0107] ステップS 1 0 7において、分散制御決定部3 0 4は、ステップS 1 0 6で算出した分散フレーム数をフレーム振り分け部3 0 1に通知する。
- [0108] 以上のように、O L T側転送装置1 0 3内の各部は、モニタリング周期毎に上記の動作を繰り返し実行する。
- [0109] 次に、主信号に関する処理について説明する。
- [0110] ステップS 2 0 1において、フレームが上位装置1 0 1からO L T側転送装置1 0 3に入力される。
- [0111] ステップS 2 0 2において、フレーム振り分け部3 0 1は、上位装置1 0

1 から入力されるフレームにシーケンス番号を付与する。

[0112] ステップS 2 0 3において、フレーム振り分け部3 0 1は、分散制御決定部3 0 4が決定した分散フレーム数に基づき、ステップS 2 0 2でシーケンス番号を付与したフレームをフレーム格納部3 0 2内のO L T側キュー2 0 1に振り分ける。

[0113] ステップS 2 0 4において、フレーム格納部3 0 2は、フレーム振り分け部3 0 1が振り分けたフレームをO L T側キュー2 0 1に格納する。

[0114] 以上のように、O L T側転送装置1 0 3内の各部は、フレーム入力毎に上記の動作を繰り返し実行する。

[0115] ここで、フレーム格納部3 0 2は、各キューに格納されたフレームを順次出力し、O L T 1 0 4に転送する。そして、各O L T 1 0 4に転送されたフレームは、それぞれの宛先のO N U 1 0 6に転送される。さらに、各O N U 1 0 6に転送されたフレームは、当該O N U 1 0 6に接続されているO N U側転送装置1 0 8に転送される。

[0116] (O N U側転送装置1 0 8の転送処理)

次に、O N U側転送装置1 0 8が下りフレームを転送する処理について説明する。

[0117] 図5は、O N U側転送装置1 0 8が下りフレームを転送する処理例を示す。なお、図5の処理は、図3で説明したO N U側転送装置1 0 8のフレーム格納部4 0 1およびフレーム出力部4 0 2により実行される。

[0118] ステップS 3 0 1において、フレームがO N U 1 0 6からO N U側転送装置1 0 8に入力される。

[0119] ステップS 3 0 2において、フレーム格納部4 0 1は、O N U 1 0 6毎に対応するO N U側キュー5 0 1にO N U 1 0 6から入力されるフレームを格納する。

[0120] ステップS 3 0 3において、フレーム出力部4 0 2は、フレーム格納部4 0 1内の全てのO N U側キュー5 0 1の先頭フレームのシーケンス番号を参照し、シーケンス番号が最小のフレームを出力し、下位装置1 0 2 (i) に

転送する。

[0121] 以上のように、ONU側転送装置108内の各部は、ONU106からフレームを入力する毎に上記の動作を繰り返し実行する。

[0122] このように、本実施形態では、上位装置と下位装置との間のフレーム転送にPONを適用した通信システムにおいて、下りフレームを所望の遅延要件を満たすように、複数の波長を用いる複数のOLTに分散することができる。

[0123] [第1実施形態の応用例]

第1実施形態では、分散フレーム数の更新周期は、フレーム情報取得部303におけるモニタリング周期と等しかったが、分散フレーム数の更新周期がモニタリング周期と異なってもよい。例えば、本応用例では、分散フレーム数の更新周期をモニタリング周期より大きくする。これは、モニタリングするトラフィックのフレーム数および最大フレームサイズがモニタリング周期毎に大きく変動しない場合、分散フレーム数の更新周期がモニタリング周期より大きくても構わないためである。

[0124] なお、本応用例のフレーム転送方法では、OLT側転送装置およびONU側転送装置の構成、最大ラウンドフレーム数および分散フレーム数の算出方法、フレーム転送方法における主信号に関する処理のフローは第1実施形態と同じである。本応用例と第1実施形態との違いは、最大ラウンドフレーム数および分散フレーム数の更新周期が異なることだけである。

[0125] 第1実施形態では、図4のステップS103でモニタリング周期が更新されたか否かを判別し、更新された場合にステップS104からステップS107までの処理を実行して分散フレーム数を算出し、フレーム振り分け部301に通知して分散フレーム数を更新するので、分散フレーム数の更新周期はモニタリング周期と同じである。

[0126] これに対して、本応用例では、例えば図4のステップS103において、フレーム情報取得部303は、予め設定された回数（例えば5回）モニタリング周期が更新されたか否かを判別し、モニタリング周期が5回更新された

場合はステップS 1 0 4 の処理に進み、モニタリング周期が5回更新されていない場合はステップS 1 0 2 の処理に戻って同様の処理を繰り返す。これにより、分散フレーム数の更新周期はモニタリング周期5倍の大きさにできる。なお、分散フレーム数の更新周期はモニタリング周期の整数倍でなくてもよい。

[0127] このように、本応用例では、分散フレーム数の更新周期を大きくできるので、分散フレーム数の更新処理や通知処理の回数が少なくなり、処理の負荷を低減することができる。

[0128] [第2実施形態]

第2実施形態に係るフレーム転送方法では、O L T側転送装置およびO N U側転送装置の構成、最大ラウンドフレーム数および分散フレーム数の算出方法、フレーム転送方法は同じである。第1実施形態と第2実施形態との違いは、システムの構成である。

[0129] 図6は、第2実施形態のシステムの構成例を示す。なお、図6において、図9と同符号のブロックは、図9と同様に動作する。

[0130] 第1実施形態のシステムでは、図9に示すように、O L T側転送装置1 0 3に接続している各O L T 1 0 4は固有の複数の波長を用いているが、第2実施形態では、全てのO L T 1 0 4が同一の波長を用いる。図6の例では、図9においてO L T 1 0 4群と光スプリッタ1 0 5との間に設置している波長多重フィルタ1 0 7が無く、O L T 1 0 4の数と同じ数の光スプリッタ1 0 5が設置され、各O L T 1 0 4と各光スプリッタ1 0 5とが1対1で接続される。これにより、各O L T 1 0 4は、同一の波長を用いることができる。

[0131] なお、図6においては、O L T 1 0 4の数を2としているが、O L T 1 0 4の数は任意の正の整数であってもよい。

[0132] また、図6では全ての下位装置1 0 2がO N U側転送装置1 0 8を介して2つのO N U 1 0 6に接続されているが、下位装置1 0 2によって接続するO N U 1 0 6の数が異なってもよい。

[0133] このように、本実施形態では、上位装置101と下位装置102との間のフレーム転送にPONを適用した通信システムにおいて、下りフレームを所望の遅延要件を満たすように、同一の波長を用いる複数のOLTに分散することができる。

[0134] なお、第1実施形態および第2実施形態で説明したOLT側転送装置103が行う下りフレームの転送方法は、コンピュータとプログラムによっても実現でき、プログラムを記録媒体に記録することも、ネットワークを通して提供することも可能である。

[0135] 以上、各実施形態で説明したように、本発明に係る下りフレームの転送装置、転送方法および転送プログラムは、上位装置と下位装置との間のフレーム転送にPONを適用した通信システムにおいて、下りフレームを所望の遅延要件を満たすように複数のOLTに分散することが可能となる。

符号の説明

[0136] 101・・・上位装置；102・・・下位装置；103, 113・・・OLT側転送装置；104・・・OLT；105・・・光スプリッタ；106・・・ONU；107・・・波長多重フィルタ；108・・・ONU側転送装置；201・・・OLT側キュー；301, 311・・・フレーム振り分け部；302・・・フレーム格納部；303・・・フレーム情報取得部；304・・・分散制御決定部；401・・・フレーム格納部；402・・・フレーム出力部；501・・・ONU側キュー

請求の範囲

- [請求項1] 上位装置と下位装置との間に複数のOLTを備えるPON構成のネットワークを適用した通信システムの前記上位装置と前記OLTとの間に設置される転送装置であって、
- 前記転送装置は、
- 前記上位装置から入力された下りフレームをモニタリングし、予め定めた一定周期当りの前記下りフレームに関する統計値を算出するフレーム情報取得部と、
- 複数の前記OLTに転送する下りフレームをそれぞれ格納する複数のキューを備え、前記上位装置から入力された前記下りフレームを格納するフレーム格納部と、
- 前記下りフレームを前記フレーム格納部内の複数の前記キューに入力するフレーム振り分け部と、
- 前記フレーム振り分け部が複数の前記キューに順に入力するフレーム数を前記統計値に基づいて決定する分散制御決定部と
- を備えることを特徴とする転送装置。
- [請求項2] 請求項1に記載の転送装置において、
- 前記分散制御決定部は、
- 上位装置数を p 、PON区間における並列数を q 、全ての前記上位装置のフレームが複数の前記キューを一順するまでに入力したフレーム数の合計値をOLTの数で除算した数を超える最小の整数を N 、PON区間における光通信速度を B 、上位装置 i （ i は1以上 p 以下の整数）が前記転送装置にフレームを出力する速度を R_i 、上位装置 i が前記一定周期当りの下りフレーム数の前記統計値を n_i 、前記一定周期当りの下りフレームサイズの最大値の前記統計値を s 、予め定めた遅延上限値を y 、前記フレーム振り分け部がOLT k （ k は1以上 q 以下の整数）に接続する前記キューに順に入力する上位装置 i のフレーム数を r_{ik} 、とすると、次式を満たすように前記 N を決定し

、

[数1]

$$N = \left\lceil \frac{1}{q} \sum_{i=1}^p \left\lceil \frac{NR_i n_i s}{(n_i - 1)Bs + yBR_i - (N - 1)R_i s} \right\rceil \right\rceil \quad \dots(1)$$

決定した前記Nのもとで次式を満たすように前記 r_{ik} を決定する

[数2]

$$\sum_{k=1}^q r_{ik} = \left\lceil \frac{NR_i n_i s}{(n_i - 1)Bs + yBR_i - (N - 1)R_i s} \right\rceil \quad \dots(2)$$

ことを特徴とする転送装置。

[請求項3]

請求項2に記載の転送装置において、

前記分散制御決定部は、初期状態においては前記フレーム格納部内の複数の前記キューに対して順に入力される前記下りフレーム数を0または1とし、前記フレーム情報取得部が前記統計値の算出を完了した後は前記統計値を用いて、前記フレーム格納部内の複数の前記キューに順に入力される前記下りフレーム数を決定する

ことを特徴とする転送装置。

[請求項4]

請求項1から3のいずれか一項に記載の転送装置において、

前記フレーム情報取得部は、前記統計値として、前記一定周期当りの前記下りフレーム数の平均値および前記一定周期当りの前記下りフレームサイズの最大値の平均値を算出する

ことを特徴とする転送装置。

[請求項5]

上位装置と下位装置との間に複数のOLTを備えるPON構成のネットワークを適用した通信システムの前記上位装置と前記OLTとの間に設置される転送装置により処理される転送方法であって、

前記上位装置から入力された下りフレームをモニタリングし、予め定めた一定周期当りの前記下りフレームに関する統計値を算出するフレーム情報取得処理と、

前記上位装置から入力された前記下りフレームを複数の前記OLTにそれぞれ転送する下りフレームを複数のキューにそれぞれ格納するフレーム格納処理と、

前記下りフレームを複数の前記キューに入力するフレーム振り分け処理と、

前記フレーム振り分け処理により複数の前記キューに順に入力されるフレーム数を前記統計値に基づいて決定する分散制御決定処理と
 を実行することを特徴とする転送方法。

[請求項6]

請求項5に記載の転送方法において、

前記分散制御決定処理では、

上位装置数を p 、PON区間における並列数を q 、全ての前記上位装置のフレームが複数の前記キューを一順するまでに入力したフレーム数の合計値をOLTの数で除算した数を超える最小の整数を N 、PON区間における光通信速度を B 、上位装置 i (i は1以上 p 以下の整数)が前記転送装置にフレームを出力する速度を R_i 、上位装置 i が前記一定周期当りの下りフレーム数の前記統計値を n_i 、前記一定周期当りの下りフレームサイズの最大値の前記統計値を s 、予め定めた遅延上限値を y 、前記フレーム振り分け部がOLT k (k は1以上 q 以下の整数)に接続する前記キューに順に入力する上位装置 i のフレーム数を r_{ik} 、とするとき、次式を満たすように前記 N を決定し、

[数1]

$$N = \left\lceil \frac{1}{q} \sum_{i=1}^p \left[\frac{NR_i n_i s}{(n_i - 1)Bs + yBR_i - (N - 1)R_i s} \right] \right\rceil \quad \dots(1)$$

決定した前記 N のもとで次式を満たすように前記 r_{ik} を決定する

[数2]

$$\sum_{k=1}^q r_{ik} = \left\lfloor \frac{NR_i n_i s}{(n_i - 1)Bs + yBR_i - (N - 1)R_i s} \right\rfloor \quad \dots(2)$$

ことを特徴とする転送方法。

[請求項7]

請求項5または請求項6に記載の転送方法において、

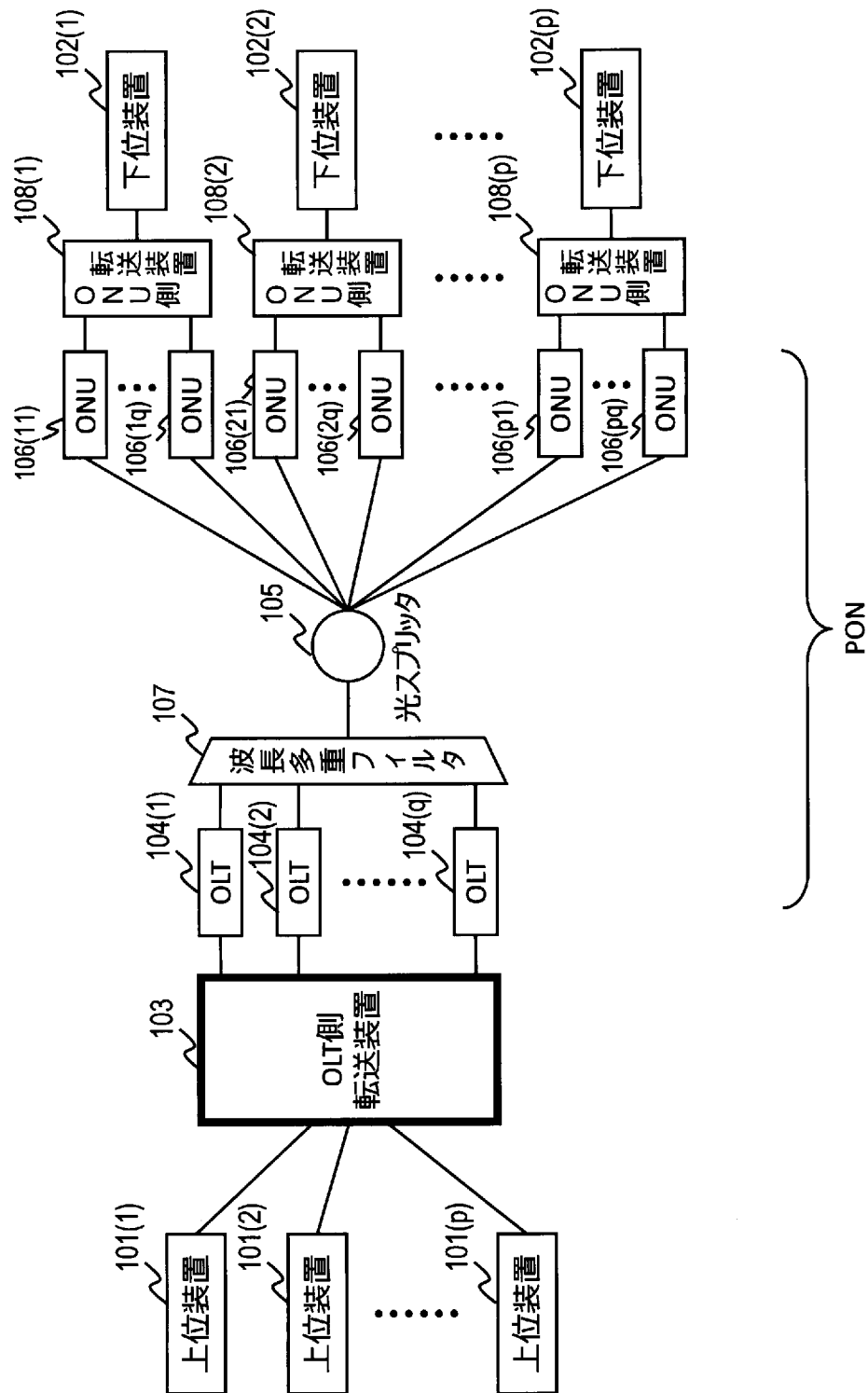
前記フレーム情報取得処理では、前記統計値として、前記一定周期当りの前記下りフレーム数の平均値および前記一定周期当りの前記下りフレームサイズの最大値の平均値を算出する

ことを特徴とする転送方法。

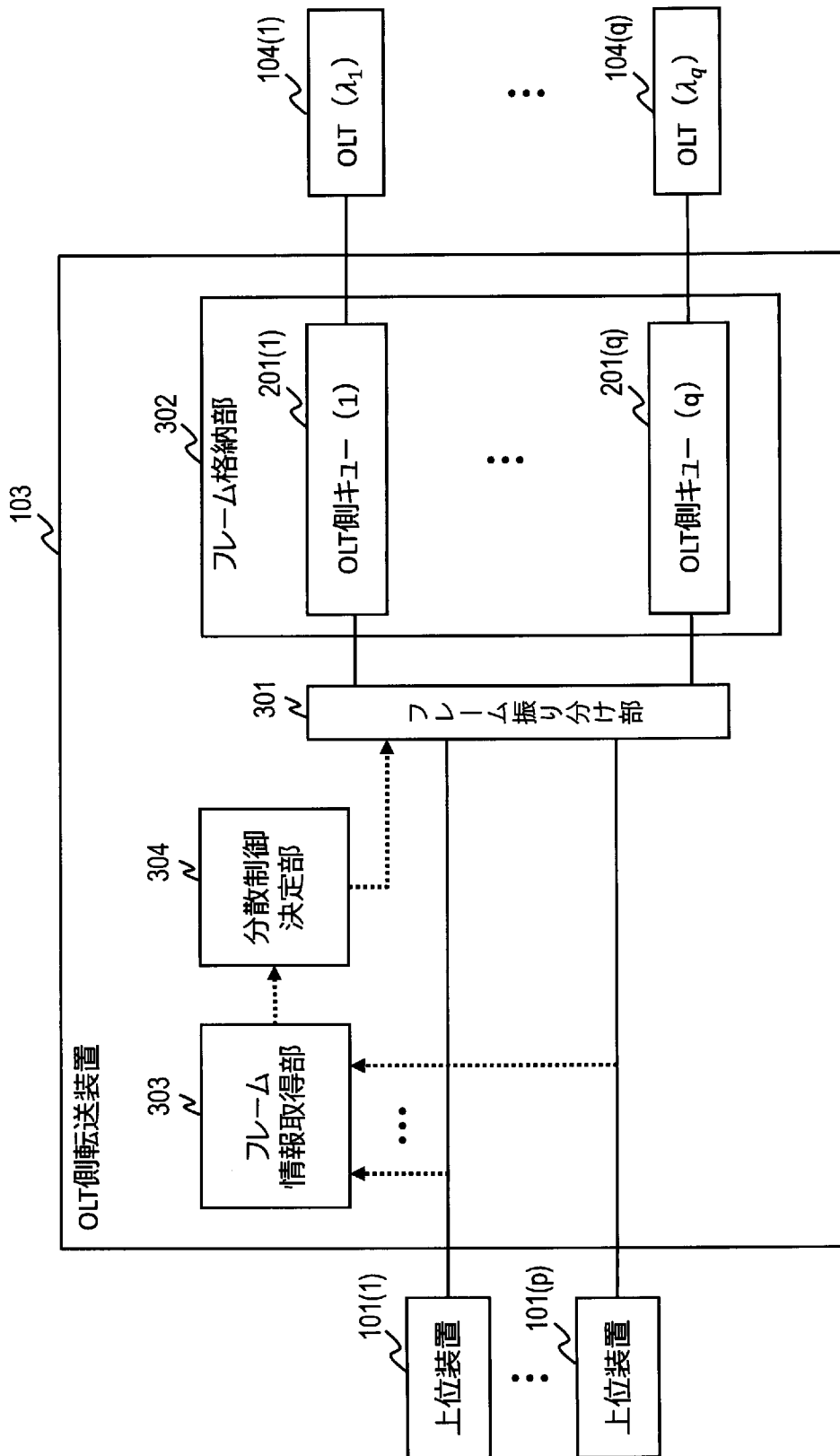
[請求項8]

請求項1から請求項4のいずれか一項に記載の転送装置で行う処理をコンピュータに実行させることを特徴とする転送プログラム。

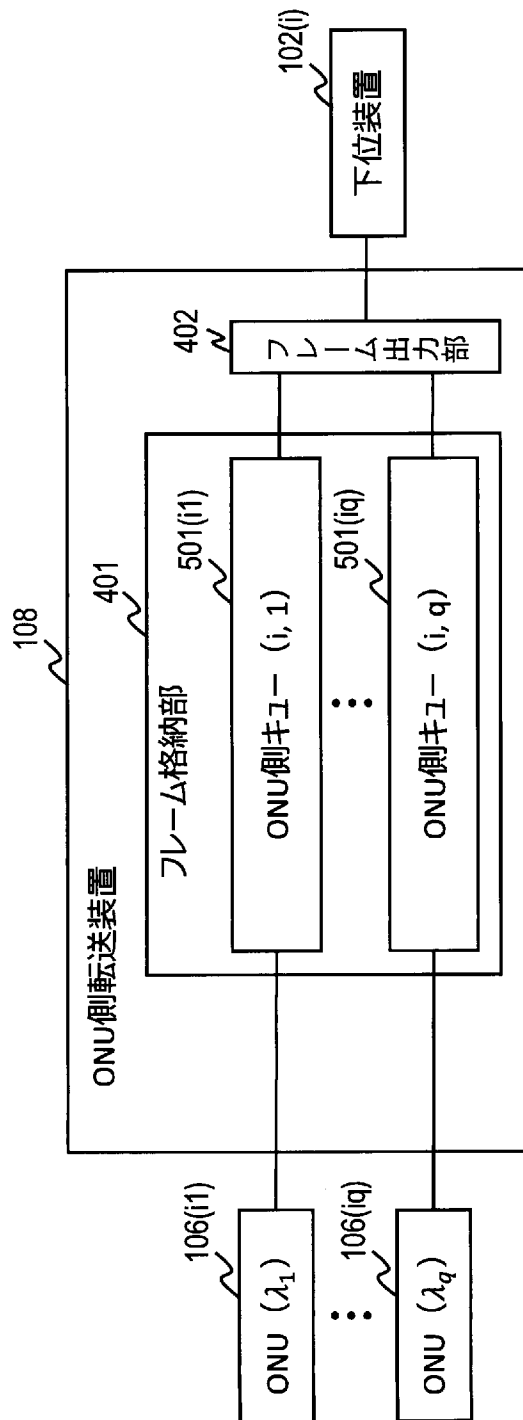
[図1]



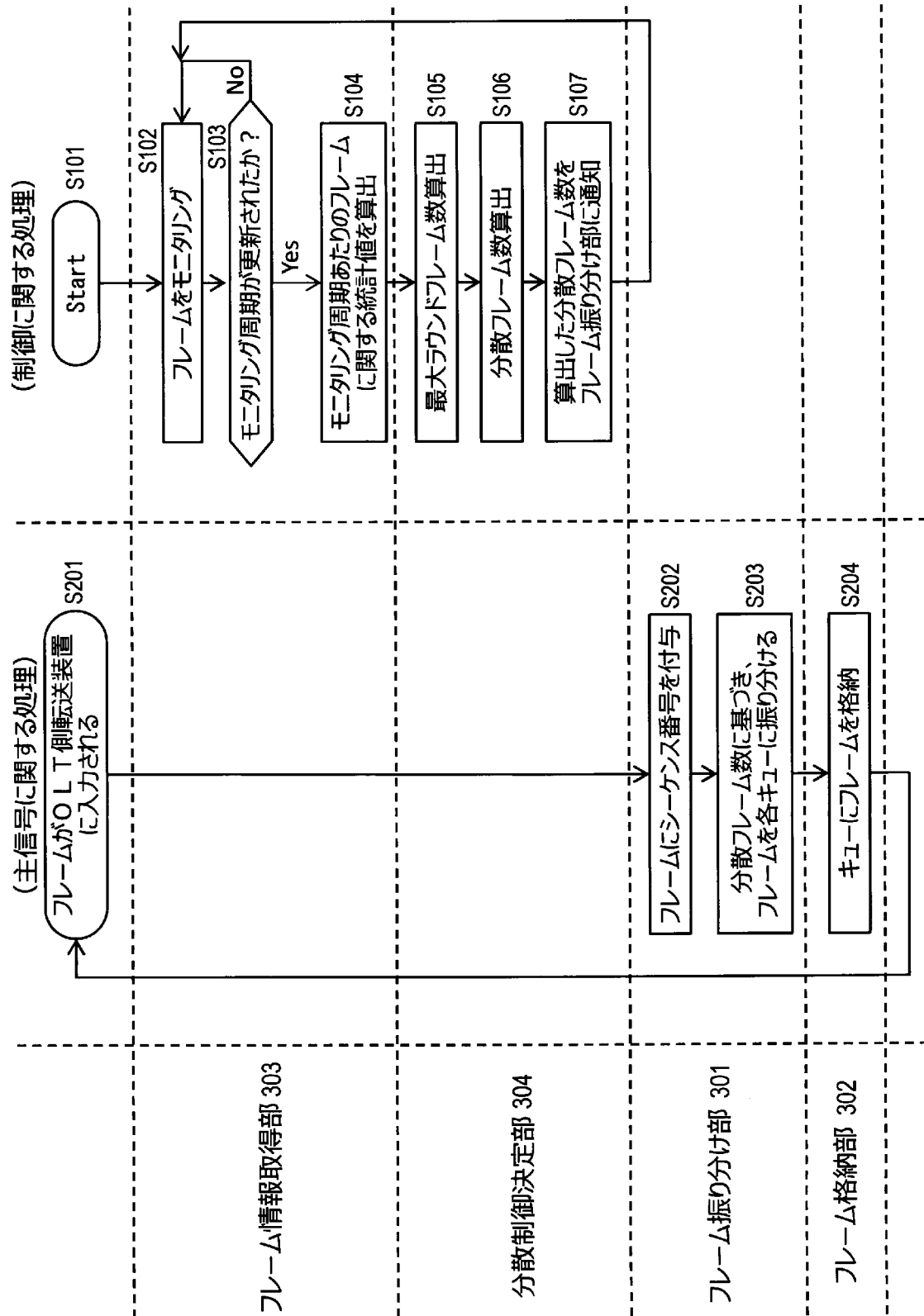
[図2]



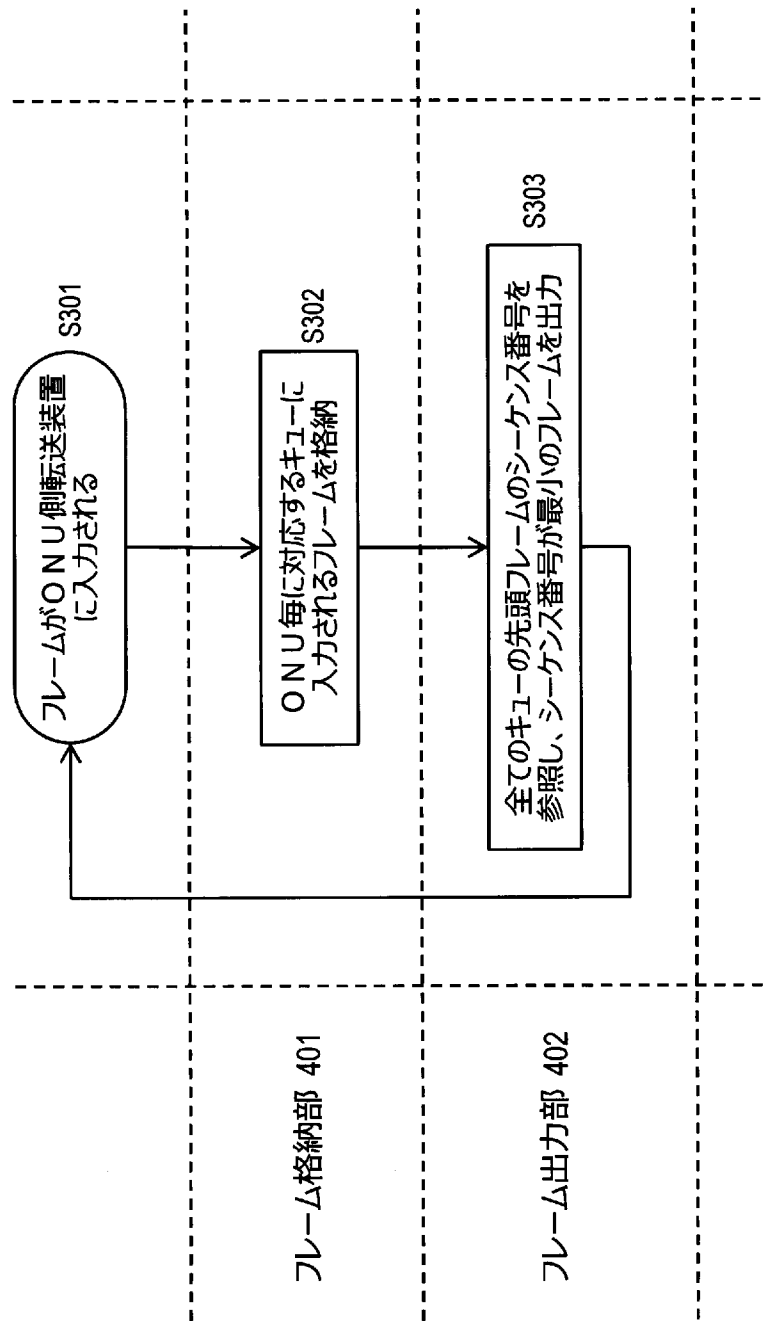
[図3]



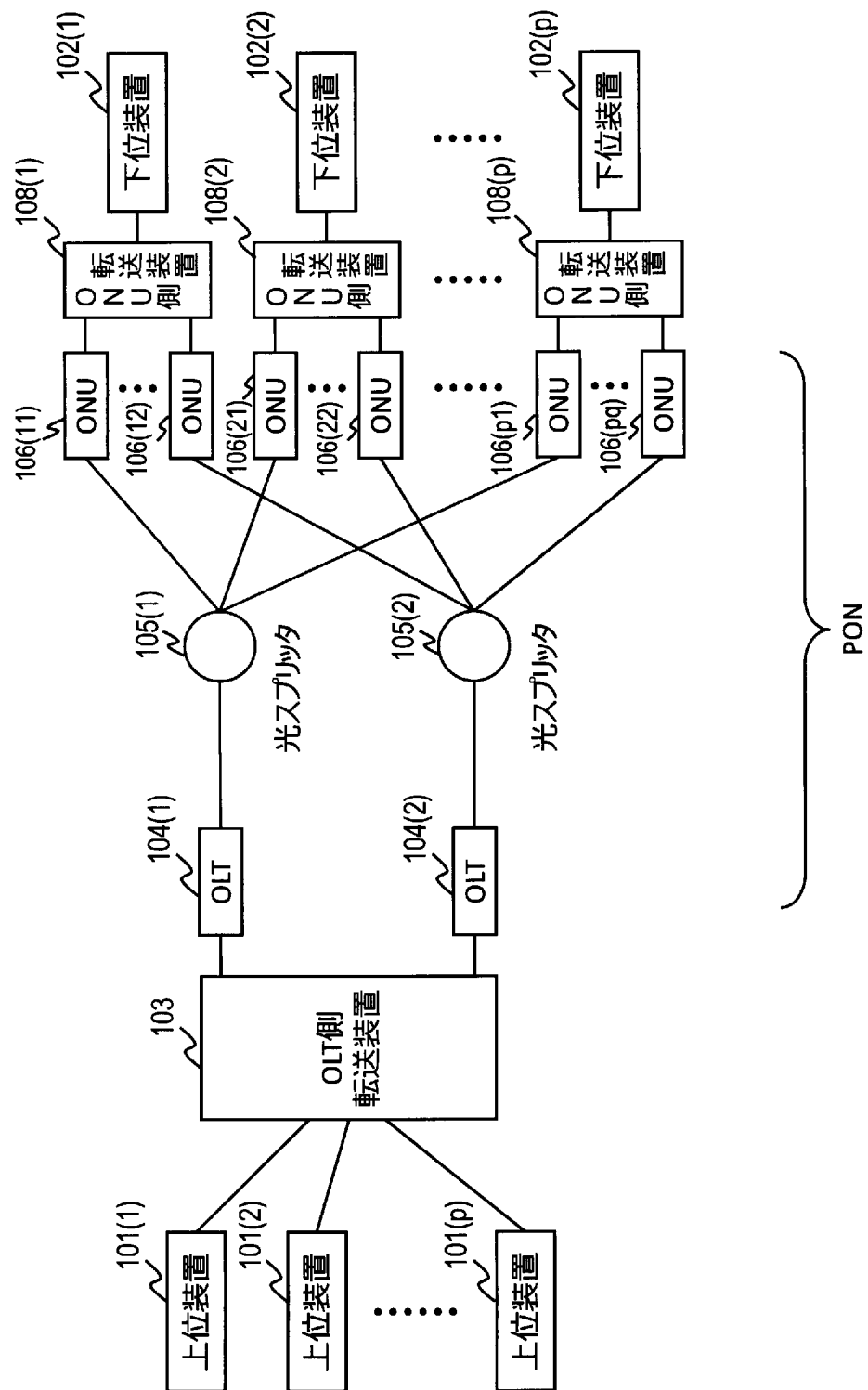
[図4]



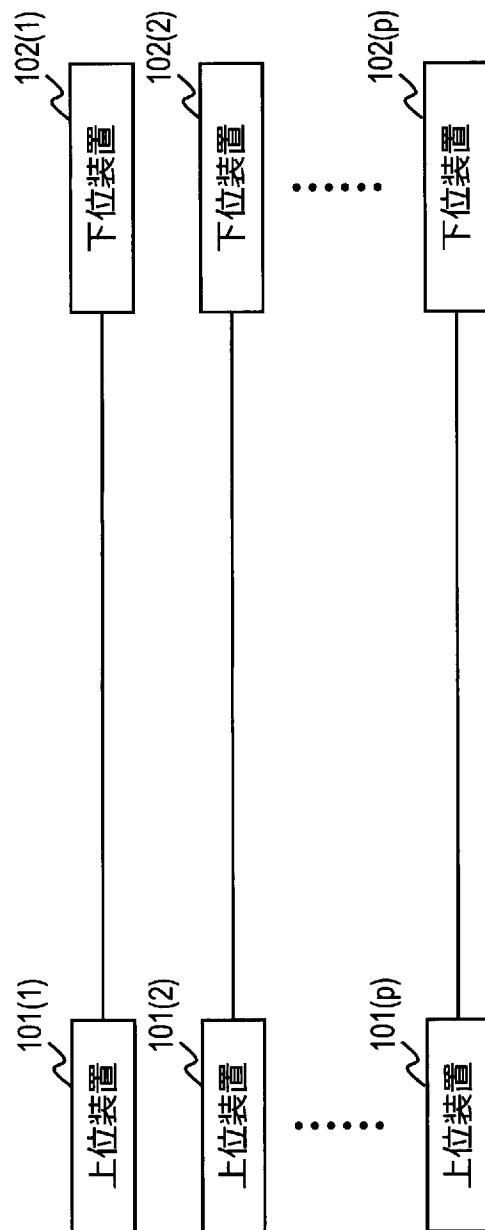
[図5]



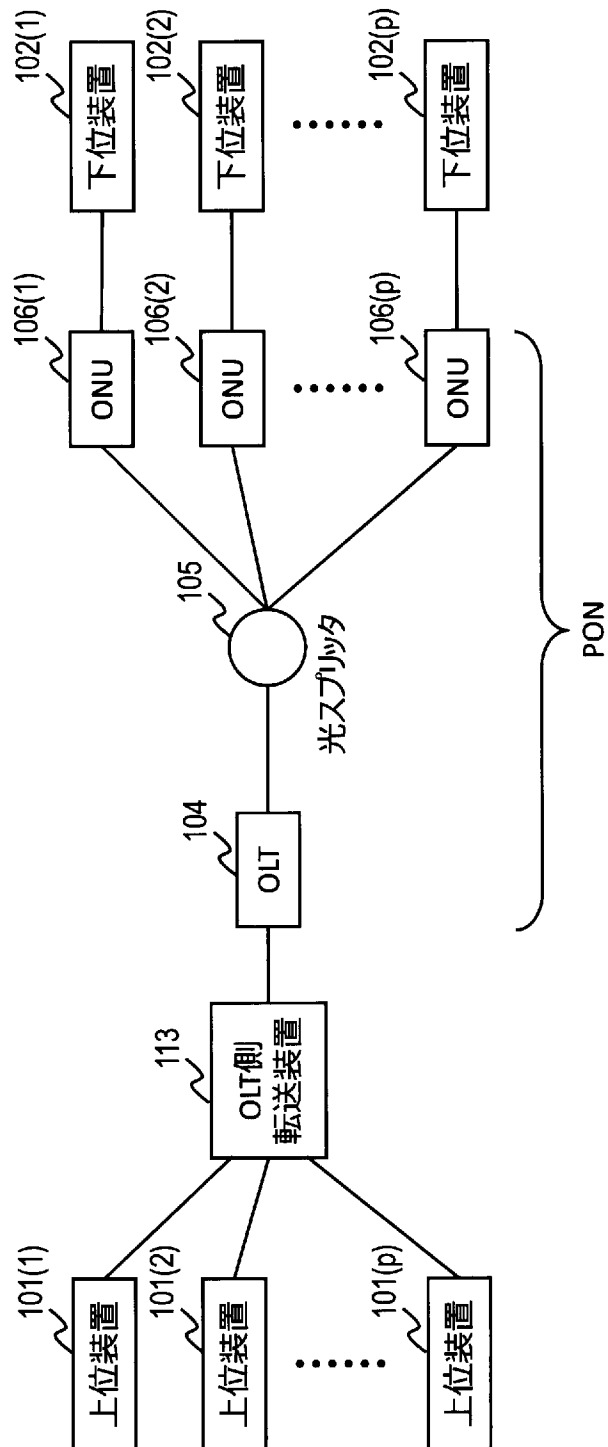
[図6]



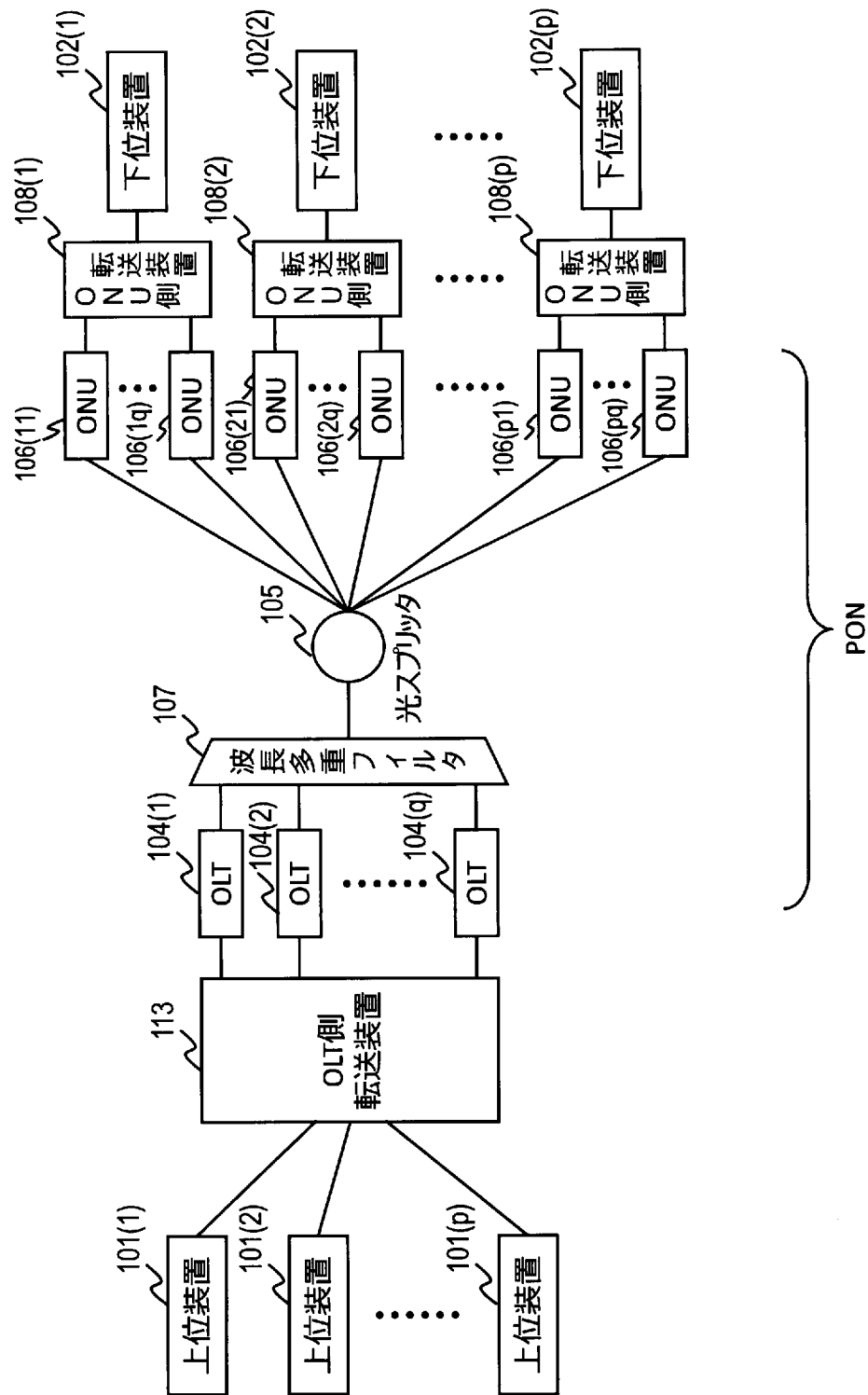
[図7]



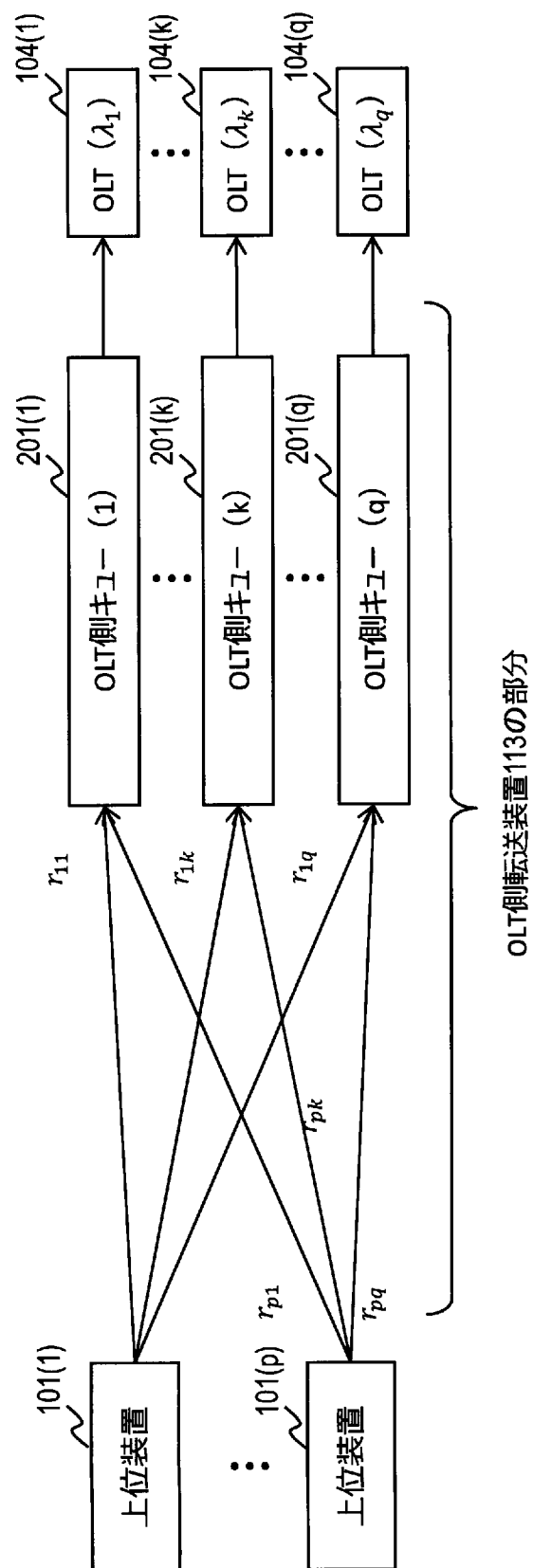
[図8]



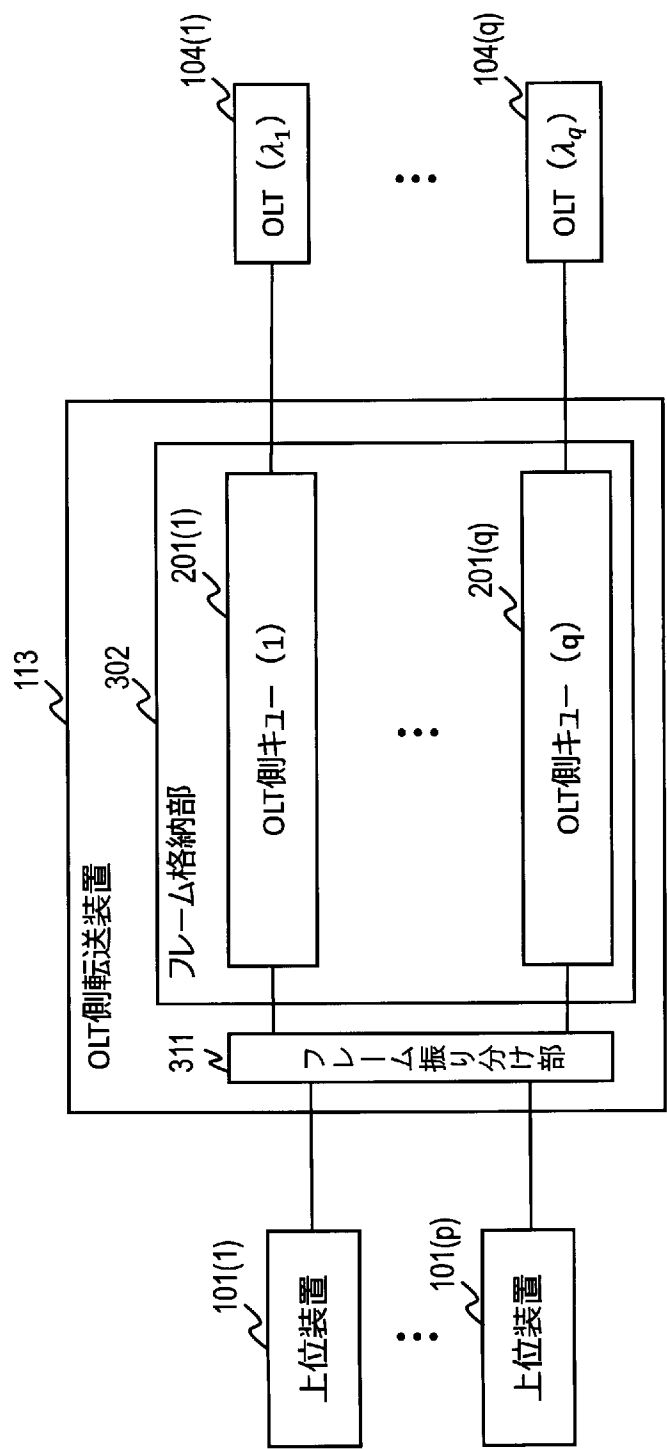
[図9]



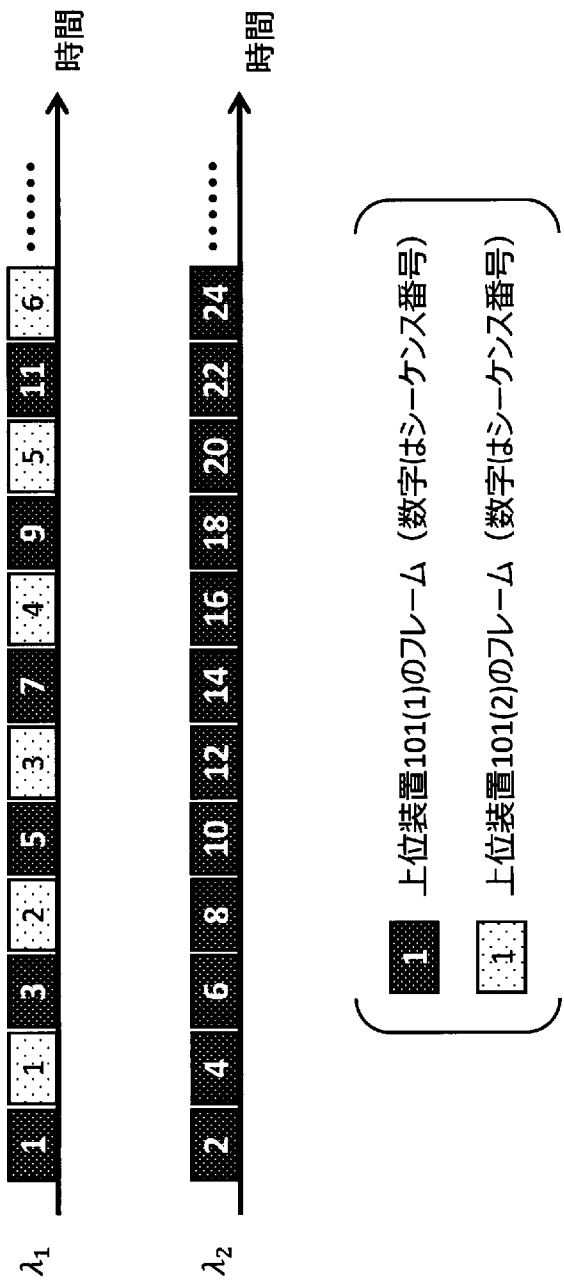
[図10]



[図11]



[図12]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/005802

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04Q 3/52(2006.01)i; H04L 12/44(2006.01)i; H04L 12/875(2013.01)i; H04B 10/272(2013.01)i

FI: H04L12/875; H04L12/44 200; H04L12/44 Z; H04B10/272; H04Q3/52 101A

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)

H04Q3/52; H04L12/44; H04L12/875; H04B10/272

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 1971-2020

Registered utility model specifications of Japan 1996-2020

Published registered utility model applications of Japan 1994-2020

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.
Y A	WO 2016/030961 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 03.03.2016 (2016-03-03) paragraphs [0013]-[0018], [0026]-[0028], [0035], fig. 1	1, 5, 8 2-4, 6-7
Y A	JP 2015-43501 A (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORP.) 05.03.2015 (2015-03-05) paragraphs [0027]- [0029], [0038], [0056]-[0061], fig. 1	1, 5, 8 2-4, 6-7
P, X	原田臨太郎 ほか, PON の段階的な速度アップグレードを実現する下り転送 方法, 電子情報通信学会 2019 年総合大会講演論文集 通信 2, 05 March 2019, p. 158, entire text, all drawings, non-official translation (HARADA, Rintaro, et al., "Downlink data transfer method that realizes PON's speed upgrade in the stages", Lecture Proceedings of the 2019 general conference of IEICE: Communication 2)	1-8



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

"I" 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 March 2020 (05.03.2020)

Date of mailing of the international search report

17 March 2020 (17.03.2020)

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/JP2020/005802

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
WO 2016/030961 A1	03 Mar. 2016	US 2017/0279665 A1 paragraphs [0018]- [0023], [0031]- [0033], [0040], fig. 1	
JP 2015-43501 A	05 Mar. 2015	CN 106576066 A (Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H04Q 3/52(2006.01)i; H04L 12/44(2006.01)i; H04L 12/875(2013.01)i; H04B 10/272(2013.01)i FI: H04L12/875; H04L12/44 200; H04L12/44 Z; H04B10/272; H04Q3/52 101A														
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）） H04Q3/52; H04L12/44; H04L12/875; H04B10/272														
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														
<table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2020年</td> </tr> </table>			日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2020年	日本国実用新案登録公報	1996-2020年	日本国登録実用新案公報	1994-2020年				
日本国実用新案公報	1922-1996年													
日本国公開実用新案公報	1971-2020年													
日本国実用新案登録公報	1996-2020年													
日本国登録実用新案公報	1994-2020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												
Y A	WO 2016/030961 A1（三菱電機株式会社）03.03.2016（2016-03-03） 段落 [0013] - [0018], [0026] - [0028], [0035], 図1	1,5,8 2-4,6-7												
Y A	JP 2015-43501 A（日本電信電話株式会社）05.03.2015（2015-03-05） 段落 [0027] - [0029], [0038], [0056] - [0061], 図1	1,5,8 2-4,6-7												
P, X	原田臨太郎 ほか, PONの段階的な速度アップグレードを実現する下り転送方法, 電子情報通信学会 2019年総合大会講演論文集 通信2, 2019.03.05, p. 158 全文, 全図	1-8												
☐ 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。														
<table border="0"> <tr> <td>* 引用文献のカテゴリー</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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）</td> <td>“&” 同一パテントファミリー文献</td> </tr> <tr> <td>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</td> <td></td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td></td> </tr> </table>			* 引用文献のカテゴリー	“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	“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	“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	“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	“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	“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）	“&” 同一パテントファミリー文献	“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	
* 引用文献のカテゴリー	“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													
“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	“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													
“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	“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													
“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）	“&” 同一パテントファミリー文献													
“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														
国際調査を完了した日 05.03.2020	国際調査報告の発送日 17.03.2020													
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） 平井 嗣人 5X 1160 電話番号 03-3581-1101 内線 3596													

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/JP2020/005802

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO	2016/030961	A1	03.03.2016	US 2017/0279665 A1 段落 [0018] - [0023], [0031] - [0033], [0040], 図1 CN 106576066 A	
JP	2015-43501	A	05.03.2015	(ファミリーなし)	