

(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



(10) 国際公開番号

WO 2010/103909 A1

PCT

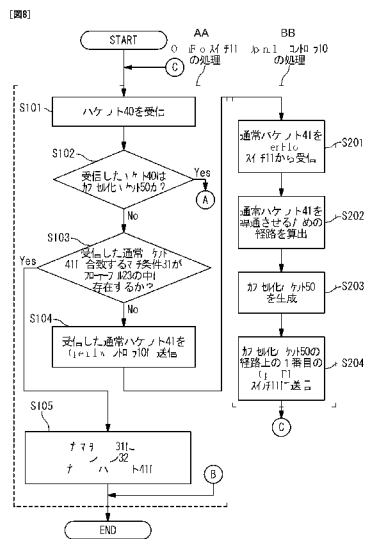
(43) 国際公開日  
2010年9月16日(16.09.2010)

- (51) 国際特許分類:  
H04L 12/56 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP20 10/052665
- (22) 国際出願日: 2010年2月23日(23.02.2010)
- (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 2009-055739 2009年3月9日(09.03.2009) JP
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 日本電気株式会社(NEC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1088001 東京都港区芝五丁目7番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 市野 清久 (ICHINO Kiyohisa) [JP/JP]; 〒1088001 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 工藤 実(KUDOH Minoru); 〒1400013 東京都品川区南大井六丁目24番10号カトヤビル6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, 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, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, 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、全ての種類の区域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), エーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (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, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: OpenFlow COMMUNICATION SYSTEM AND OpenFlow COMMUNICATION METHOD

(54) 発明の名称: OpenFlow通信システムおよびOpenFlow通信方法



AA PROCESSINGS OF OPENFLOW SWITCH 11  
 BB PROCESSINGS OF OPENFLOW CONTROLLER 10  
 S101 RECEIVE PACKET 40  
 S102 IS RECEIVED PACKET 40 CAPSULED PACKET 50?  
 S103 IS MATCH CONDITION 31 WHICH MATCHES RECEIVED ORDINARY PACKET 41 EXISTENT IN FLOW TABLE 23?  
 S104 TRANSMIT RECEIVED ORDINARY PACKET 41 TO OPENFLOW CONTROLLER 10  
 S105 APPLY ACTION 32 WHICH CORRESPONDS TO MATCHING MATCH CONDITION 31 TO RECEIVED ORDINARY PACKET 41  
 S201 RECEIVE ORDINARY PACKET 41 FROM OPENFLOW SWITCH 11  
 S202 CALCULATE PATH USED FOR ONVEYING ORDINARY PACKET 41  
 S203 GENERATE CAPSULED PACKET 50  
 S204 TRANSMIT TO FIRST OPENFLOW SWITCH 11 ON PATH OF CAPSULED PACKET 50

(57) Abstract: OpenFlow switches control the packet transmissions and receptions in accordance with flow entries. Each of the flow entries includes a match condition indicating the communication flow of a packet and also includes an action indicating a processing of the packet. An OpenFlow controller generates a to-be-registered flow entry that is to be stored in the flow table of a particular OpenFlow switch located on a path of the communication flow. The OpenFlow controller then associates the to-be-registered flow entry with an ordinary packet to generate a capsuled packet. The particular OpenFlow switch extracts, as a new flow entry, the to-be-registered flow entry from the capsuled packet in response to the reception of the capsuled packet and executes the action indicated in the new flow entry.

(57) 要約: OpenFlowスイッチは、フローエントリに従ってパケットの送受信を制御する。そのフローエントリの各々は、パケットの通信フローを示すマッチ条件と、パケットに対する処理を示すアクションを含むものである。OpenFlowコントローラは、通信フローの経路上に配置された特定OpenFlowスイッチのフローテーブルに格納される登録用フローエントリを生成する。そして、登録用フローエントリと通常パケットとを関連付けてカプセル化パケットを生成する。その特定OpenFlowスイッチは、カプセル化パケットの受信にตอบสนองして、登録用フローエントリをカプセル化パケットから抽出して新規フローエントリとし、その新規フローエントリに示されているアクションを実行する。



WO 2010 03909 1

公開書類:

- 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

## 明 細 書

発明の名称：

OpenFlow通信システムおよびOpenFlow通信方法

技術分野

[0001] 本発明は、OpenFlow通信システムおよびOpenFlow通信方法に関する。

背景技術

[0002] コンピュータ・ネットワークに関する様々な技術が知られている（例えば、特許文献1～4参照）。特許文献1には、IP/MAC発信元アドレス、宛先アドレスおよび出力物理ポート番号が登録されたIPフローテーブルに関する技術が記載されている。特許文献2には、記憶されたルーティング情報に基づいて他の通信装置までの経路を決定し、また、その記憶されたルーティング情報を更新情報に従って更新する通信装置に関する技術が記載されている。特許文献3には、経路情報の変更を受け、経路テーブルの該当情報を登録・削除・変更するパケット中継装置に関する技術が記載されている。特許文献4には、設定された経路情報をパケットに付加して、中継装置に送信する伝送経路情報付加機能に関する技術が記載されている。また、受信したパケットから経路情報を抽出し、パケットが自己宛でない場合には、他の中継装置に対してパケットを転送する中継装置に関する技術が記載されている。

[0003] イーサネット（登録商標）などのコンピュータ・ネットワークは、スイッチ（あるいはルータ）が自立動作する分散型である。そのために、ネットワークで起きている事象を正確かつ迅速に把握することが難しく、障害発生箇所の特定や障害からの復帰に時間がかかるという点で問題視されている。また、個々のスイッチが自立動作するに足る能力を備えていなければならないため、スイッチの機能が複雑化している。

[0004] そのような問題を低減するために、OpenFlowと呼ばれる新しいネ

ネットワーク・アーキテクチャが提唱されている（例えば、非特許文献「参照」）。OpenFlowは、電話網のようにネットワークを集中管理することで、ネットワークの可視化を高いレベルで実現している。また、OpenFlowでは、スイッチに求められる機能を相対的に少なくできる。そのため、スイッチを低廉化してネットワーク全体の設備コストを下げるができる。

[0005] 図1は、OpenFlowに基づくネットワーク（以下、OpenFlow通信システムと記載する）の構成を示すブロック図である。OpenFlow通信システムは、OpenFlowコントローラ10と、OpenFlowスイッチ11と、それらを結ぶリンク13とを主な構成要素としている。図1には、複数のOpenFlowスイッチ11を備えるOpenFlow通信システムを例示している。以下の説明では、複数のOpenFlowスイッチ11を区別する場合には、枝番号を付して、例えば第1OpenFlowスイッチ11-1のように記載する。

[0006] OpenFlowコントローラ10は複数の役割を担う。OpenFlowコントローラ10は、ネットワーク・トポロジの認識、配下のOpenFlowスイッチ11の制御、OpenFlowスイッチ11の障害監視、リンク13の障害監視、パケット40の通信路の決定などを実行する。

[0007] OpenFlowスイッチ11は、既存のイーサネット（登録商標）・スイッチやIPルータと同様に、隣接する端末12や別のOpenFlowスイッチ11からのパケット40を中継する役割を担う。なお、以下の説明では、複数の端末12を区別する場合には、枝番号を付して、例えば第1端末12-1のように記載する。

[0008] 図2は、OpenFlowスイッチ11の構造を示すブロック図である。OpenFlowスイッチ11は、入力ポート20と、出力ポート21と、ローカル管理部22と、フローテーブル23と、パケットスイッチ24とを主な構成要素として備えている。

[0009] 入力ポート20は、別のOpenFlowスイッチ11または端末12か

ら、パケット40を受信する。出力ポート21は、別のOpenFlowスイッチ11、または、端末12へパケット40を送信する。

[0010] ローカル管理部22は、OpenFlowコントローラ10と通信し、OpenFlowコントローラ10からの指示に従ってフローテーブル23を更新する。また、ローカル管理部22は、OpenFlowコントローラ10から指示されたパケット40を、パケットスイッチ24に供給する。さらに、ローカル管理部22は、外部から入力ポート20を介して受信したパケット40を、必要に応じてOpenFlowコントローラ10に送信する。

[0011] パケットスイッチ24は、フローテーブル23の検索によって得られた出力ポート21、または、ローカル管理部22から指示された出力ポート21に向けて、パケット40を転送する。フローテーブル23は、OpenFlowスイッチ11に入力されたパケット40の扱いを決定する。

[0012] 図3は、フローテーブル23の構造を示すブロック図である。フローテーブル23は、1つ以上のフローエントリ30の集合である。各々のフローエントリ30は、マッチ条件31とアクション32の、2つのフィールドを含んでいる。

[0013] OpenFlowスイッチ11は、パケット40を外部から受信するたびに、フローテーブル23の中のマッチ条件31とパケット40を比較照合する。例えば、あるマッチ条件31が成立していた場合、そのマッチ条件31に対応するアクション32を、そのパケット40に適用する。パケット40が全てのマッチ条件31を満たさなかった場合、OpenFlowスイッチ11は、そのパケット40をOpenFlowコントローラ10に送信する。各々のマッチ条件31には、

ネットワーク層（IP）の Protokol番号

送信元宛先アドレス

トランスポート層（TCPまたはUDP）の送信元宛先ポート番号

データリンク層（イーサネット（登録商標））の宛先宛送信元MACアドレス

タイプ値

V J A N - I D などの条件式

などのうち、「個以上を含めることができる。

- [0014] アクション32には、“特定の出力ポート2にパケット40を出力する”という動作や、“パケット40を廃棄する”という動作などが定義される。
- [0015] 図4は、OpenFlowコントローラ10およびOpenFlowスイッチ11の動作を示すフローチャートである。図4は、上述の図1に示すOpenFlow通信システムにおいて、第1端末12-1を送信元とし、第3端末12-3を宛先とする通信フローを示している。また、全てのOpenFlowスイッチ11のフローテーブル23は初期状態で空（Empty）であるとする。
- [0016] 第1端末12-1は、フローに属する最初のパケット40を送信する。ステップS1において、第1OpenFlowスイッチ11-1は、そのパケット40を出力ポート20で受信する。その後、ステップS2において、第1OpenFlowスイッチ11-1は、そのパケット40に合致するマッチ条件31が、フローテーブル23の中に存在するか調べる。この時点では、フローテーブル23は空であるので、フローテーブル23の検索は失敗し（Noの矢印）、ステップS3において、第1OpenFlowスイッチ11-1は、パケット40をOpenFlowコントローラ10に送信する。
- [0017] ステップS1において、OpenFlowコントローラ10は、第1OpenFlowスイッチ11-1からパケット40を受信する。ステップS2において、OpenFlowコントローラ10は、パケット40の中から送信元の端末12（第1端末12-1）と宛先の端末12（第3端末12-3）のアドレスなどを抽出して、パケット40を転送するための経路を算出する。OpenFlowコントローラ10は、ネットワークのトポロジを把握しているため、適切な経路を導出することができる。図4を参照すると、パケット40の通信路として、

第「OpenFlowスイッチ「「ー」づ  
づ 第2OpenFlowスイッチ「「ー」づ  
づ 第3OpenFlowスイッチ「「ー」  
の経路が選択される。

- [0018] ステップS「3において、OpenFlowコントローラ「0は経路計算後、その経路上の全てのOpenFlowスイッチ「「に対し、フローテーブル23を更新する指示を発行する。
- [0019] ステップS4において、第「OpenFlowスイッチ「「ー」～第3OpenFlowスイッチ「「ー」3のそれぞれは、OpenFlowコントローラ「0からの指示に従って、フローテーブル23に新しいフローエントリ30を追加する。
- [0020] 図5は、新しいフローエントリ30が追加されたフローテーブル23の構成を示すブロック図である。図5の(a)は、追加される前の状態を示し、図5の(b)は、追加された後の第「OpenFlowスイッチ「「ー」～第3OpenFlowスイッチ「「ー」3のフローテーブル23の内容を示している。
- [0021] 図4に戻り、ステップS「4において、OpenFlowコントローラ「0は、パケット40を第「OpenFlowスイッチ「「ー」に返送する。この際OpenFlowコントローラ「0は、第「OpenFlowスイッチ「「ー」に対し、第2OpenFlowスイッチ「「ー」2につながる出力ポート2「を通じてそのパケット40を送信するように指示する。この理由は、第2OpenFlowスイッチ「「ー」2が経路上の2番目に位置しているからである。
- [0022] ステップS6において、第「OpenFlowスイッチ「「ー」は、OpenFlowコントローラ「0からの指示に従って、返却されたパケット40を第2OpenFlowスイッチ「「ー」2に向けて送出する。
- [0023] 次に、第2OpenFlowスイッチ「「ー」2の処理に移る。第2OpenFlowスイッチ「「ー」2は、ステップS「で第「OpenFlowスイ

ッチ「「ー」からパケットを受信し、ステップS2で、そのパケット40に合致するマッチ条件3「がフローテーブル23の中に存在するか調べる。この時点では、第2OpenFlowスイッチ「「ー2のフローテーブル23は、上述の図5の(b)中央のように設定されている。そのため、フローテーブル23の検索は成功し(ステップS2でYesの矢印)、合致したマッチ条件3「に対応するアクション32がパケット40に適用される(ステップS5)。

[0024] 図5を参照すると、ここではアクション32は第3OpenFlowスイッチ「「ー3に向けて出力」であるから、そのパケット40は第3OpenFlowスイッチ「「ー3につながる出力ポート2「を通じて第3OpenFlowスイッチ「「ー3に送信される。第3OpenFlowスイッチ「「ー3の動作は第2OpenFlowスイッチ「「ー2と同様であるので、説明を省略する。

[0025] 以上のようにフローの最初のパケット40は中継され、最終的に宛先の第3端末「2ー3に届けられる。同じフローに属する後続のパケット40は、OpenFlowコントローラ「0を経由することなく、第「OpenFlowスイッチ「「ー「、第2OpenFlowスイッチ「「ー2、第3OpenFlowスイッチ「「ー3を順に通って宛先に転送される。

[0026] 具体的には、これらのOpenFlowスイッチ「「のフローテーブル23には、パケット40に合致するマッチ条件3「が、この時点では登録されている。したがって、図4のステップS5に進む。そして、合致したマッチ条件3「に対応するアクション32がパケット40に適用され、上記のフローが実現する。

先行技術文献

特許文献

[0027] 特許文献1：特開2000-295274号公報

特許文献2：特開2005-「9「922号公報

特許文献3：特開2005-354579号公報



特許文献4：特開平「一34」060号公報

☝特許文献

[0028] ☝特許文献1：The OpenFlow Switch Consortium (<http://www.openflowswitch.org/>)

## 発明の概要

[0029] 数百台以上のスイッチから構成される大規模ネットワークにおいては、パケット40がスイッチを何段も経由して転送される場合がある。このような場合、OpenFlowコントローラ「0は新しいフローが発生するたびに経路上の多数のOpenFlowスイッチ「」のそれぞれに対してフローテーブル23の更新を指示することになる。

[0030] 例えば、経路上に平均「0台のスイッチが介在し、秒間「万の新規フローが発生している状況では、フローテーブル23の更新頻度は毎秒「0万回になる。「台のOpenFlowコントローラ「0のみで前記の処理を行うことは現実的ではないため、一般的には複数台のOpenFlowコントローラ「0を配置して負荷分散する手法が採用される。しかし、そのような手法は、OpenFlowコントローラ「0の台数増加に伴う設備コスト・管理コストの上昇を招くだけでなく、複数のOpenFlowコントローラ「0の間で同期を取る仕組みが別途必要になりOpenFlowコントローラ「0が複雑化するという弊害をもたらす。

[0031] 本発明は、上述の事情に鑑みてなされたものであり、その目的は、ネットワークの規模や構成を変更することなしに、OpenFlowコントローラ「0がOpenFlowスイッチ「」に対して行うフローテーブル23の更新指示の回数を削減することによって、OpenFlowコントローラ「0の処理負荷を下げることである。

[0032] 上記の課題を解決するために、ネットワークに接続され、パケットの転送処理を行う「つ以上のスイッチと、スイッチを制御するコントローラとを具備する通信システムを構成する。そのパケットは、ネットワークの端末間で

送受信される通常パケットと、コントローラから供給されるカプセル化パケットとを含むことが好ましい。そのスイッチは、複数のフローエントリを保持することが可能なフローテーブルと、フローエントリに従ってパケットの転送を制御するローカル管理部とを備えることが好ましい。複数のフローエントリの各々は、パケットの通信フローを識別するためのマッチ条件と、パケットに対する処理を示すアクションとを含むことが好ましい。

ここにおいて、コントローラは、通信フローの経路上に存在する「つ以上の通過スイッチのフローテーブルに格納される「つ以上の登録用フローエントリを生成し、「つ以上の登録用フローエントリと通常パケットとを関連付けてカプセル化パケットを生成し、そのカプセル化パケットを通過スイッチの内の「つに送信する。そして、通過スイッチは、カプセル化パケットの受信に応答して、登録用フローエントリをカプセル化パケットの中から「つ抽出して新規フローエントリとして通過スイッチのフローテーブルに格納し、新規フローエントリに示されているアクションを、カプセル化パケットに対して実行する。

[0033] 本願において開示される発明のうち、代表的なものによつて得られる効果を簡単に説明すれば、OpenFlowコントローラ「0の処理負荷を低減させることができるOpenFlow通信システムを構築することができる。

[0034] 本発明によれば、OpenFlowコントローラ「0が、パケット40の経路情報を経路上の「番目のOpenFlowスイッチ「」に送信し、経路に沿って経路情報をパケット40とともに中継しながら、経路上のOpenFlowスイッチ「」のフローテーブル23に経路情報を記録していく。このような構成・動作により、OpenFlowコントローラ「0が、OpenFlowスイッチ「」に対して行うフローテーブル23の更新指示の回数を削減することができる。

### 図面の簡単な説明

[0035] 記発明の目的、効果、特徴は、添付される図面と連携して実施の形態の

記述から、より明らかになる。

[0036] [図1] 図1は、OpenFlowに基づくネットワークの構成を示すブロック図である。

[図2] 図2は、OpenFlowスイッチ11の構造を示すブロック図である。

[図3] 図3は、フローテーブル23の構造を示すブロック図である。

[図4] 図4は、OpenFlowコントローラ10およびOpenFlowスイッチ11の動作を示すフローチャートである。

[図5] 図5は、新しいフローエントリ30が追加されたフローテーブル23の構成を示すブロック図である。

[図6] 図6は、本実施形態のOpenFlow通信システムの構成を例示するブロック図である。

[図7] 図7は、本実施形態のOpenFlowコントローラ10とOpenFlowスイッチ11の構成と接続関係とを例示するブロック図である。

[図8] 図8は、本実施形態のOpenFlow通信システムの動作を例示するフローチャートである。

[図9] 図9は、本実施形態のOpenFlow通信システムの動作を例示するフローチャートである。

[図10] 図10は、OpenFlowコントローラ10が生成するカプセル化パケット50の構造を例示するブロック図である。

[図11] 図11は、第1カプセル化パケット50-1と、第2カプセル化パケット50-2との構成を例示する図である。

[図12] 図12は、第2カプセル化パケット50-2に対する処理を例示するブロック図である。

[図13] 図13は、第3カプセル化パケット50-3に対する処理を例示するブロック図である。

[図14] 図14は、第2実施形態のOpenFlowスイッチ11のフローテーブル23に保持されるフローエントリ30の構成を例示するブロック図で

ある。

[図15] 図 15 は、第 2 実施形態の OpenFlow 通信システムの動作を例示するフローチャートである。

### 発明を実施するための形態

[0037] 以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。なお、実施の形態を説明するための図において、同一の部材には原則として同一の符号を付し、その繰り返しの説明は省略する。

[0038] [第 1 実施形態]

図 6 は、本実施形態の OpenFlow 通信システムにおける OpenFlow コントローラ 10 と OpenFlow スイッチ 11 の構成を例示するブロック図である。なお、本実施形態において、全体的な OpenFlow 通信システムの構成は、上述の図 1 と同様である。また、OpenFlow の現仕様では、データリンク層のプロトコルとしてイーサネット（登録商標）を、ネットワーク層およびトランスポート層のプロトコルとして TCP/IP もしくは UDP/IP を想定しているが、本実施形態では、ネットワークプロトコルに関する制約は無い。また、以下の説明において、OpenFlow 通信システムに配置された複数の OpenFlow スイッチ 11 や端末 12 を区別する場合には、枝番号を付して、例えば第 1 OpenFlow スイッチ 11-1 のように記載する。

[0039] 図 6 を参照すると、本実施形態の OpenFlow コントローラ 10 は、カプセル化パケット生成部 14 を含んでいる。カプセル化パケット生成部 14 の動作に関しては後述する。また、OpenFlow スイッチ 11 は、入力ポート 20 と、出力ポート 21 と、ローカル管理部 22 と、フローテーブル 23 と、パケットスイッチ 24 とを含んでいる。

[0040] 入力ポート 20 は、OpenFlow コントローラ 10 または別の OpenFlow スイッチ 11 から、パケット 40 を受信する。パケット 40 は、通常パケット 41 またはカプセル化パケット 50 のいずれかである。また、入力ポート 20 は、端末 12 から通常パケット 41 を受信する。出力ポート

2「は、OpenFlowコントローラ「0または別のOpenFlowスイッチ「へ、通常パケット4「またはカプセル化パケット50を送信する。また出力ポート2「は、端末「2へ通常パケット4「を送信する。

[0041] ローカル管理部22は、OpenFlowコントローラ「0と通信し、そのOpenFlowコントローラ「0からの指示に従って、フローテーブル23を更新する。また、ローカル管理部22は、OpenFlowコントローラ「0から指示された通常パケット4「またはカプセル化パケット50を、パケットスイッチ24に供給する。さらに、ローカル管理部22は、外部から入力ポート20を介して供給された通常パケット4「またはカプセル化パケット50を、必要に応じてOpenFlowコントローラ「0に送信する。

[0042] パケットスイッチ24は、フローテーブル23を参照して得られた出力ポート2「に向けて通常パケット4「またはカプセル化パケット50を転送する。また、パケットスイッチ24は、ローカル管理部22から指示された出力ポート2「に向けて通常パケット4「またはカプセル化パケット50を転送する。

[0043] 図7は、本実施形態のOpenFlowコントローラ「0とOpenFlowスイッチ「の構成と接続関係とを例示するブロック図である。図7を参照すると、OpenFlowコントローラ「0は、コントローラ側プロセッサ60と、コントローラ側メモリ62と、コントローラ側ネットワークインターフェース63とを備え、それらはコントローラ側バス6「を介して接続されている。

[0044] コントローラ側プロセッサ60（CPU：中央処理装置）は、OpenFlowコントローラ「0に備えられた様々な装置の制御やデータの計算・加工を行なう。コントローラ側プロセッサ60は、コントローラ側メモリ62に記憶されたプログラムを実行する機能を有し、入力装置（図示されず）やHDDなどの記憶装置からデータを受け取り、演算・加工した上で、出力装置（図示されず）や記憶装置に出力する。コントローラ側ネットワークイン

ターフェース63は、OpenFlowコントローラ「0とOpenFlowスイッチ「」を結ぶリンク「3に接続するためのインターフェースである。

- [0045] コントローラ側メモリ62は、コントローラ側プロセッサ60が直接読み書きできる半導体記憶装置である。コントローラ側メモリ62は、OpenFlowコントローラ「0内で扱われるデータやプログラムを記憶する。コントローラ側メモリ62は、OpenFlowスイッチ制御プログラム70と、カプセル化パケット生成プログラム73とを含んでいる。OpenFlowスイッチ制御プログラム70は、OpenFlowスイッチ「」の制御を実現するための手順を示している。カプセル化パケット生成プログラム73は、カプセル化パケットを生成するための手順を示している。
- [0046] OpenFlowスイッチ「」は、第「ネットワークインターフェース64と、第2ネットワークインターフェース65と、スイッチ側プロセッサ66と、スイッチ側メモリ68とを備え、それらはスイッチ側バス67を介して接続されている。
- [0047] 第「ネットワークインターフェース64と第2ネットワークインターフェース65は、OpenFlowスイッチ「」をリンク「3に接続するためのインターフェースである。なお、第「ネットワークインターフェース64と第2ネットワークインターフェース65とが、「」つに集約されていても良い。スイッチ側プロセッサ66は、OpenFlowスイッチ「」に備えられた様々な装置の制御や、OpenFlowスイッチ「」で扱うデータの計算・ホ工を行なう。また、スイッチ側プロセッサ66は、スイッチ側メモリ68に記憶されたプログラムを実行する機能を有し、入力装置（図示されず）やHDDなどの記憶装置からデータを受け取り、演算・ホ工した上で、出力装置（図示されず）や記憶装置に出力する。
- [0048] スイッチ側メモリ68は、スイッチ側プロセッサ66が直接読み書きできる半導体記憶装置である。スイッチ側プロセッサ66は、OpenFlowスイッチ「」内で扱われるデータやプログラムを記憶する。スイッチ側メモ

り68は、ローカル管理プログラム71と、パケットスイッチプログラム72と、フローテーブル23とを含んでいる。

[0049] ローカル管理プログラム71は、OpenFlowスイッチ11のローカル管理部22を実現するための手順を示している。パケットスイッチプログラム72は、OpenFlowスイッチ11のパケットスイッチ24を実現するための手順を示している。フローテーブル23は、OpenFlowスイッチ11に入力されたパケット40の扱いを決定するための情報を保持している。なお、本実施形態において、OpenFlowコントローラ10やOpenFlowスイッチ11で実行される各コンピュータプログラムは、専用のハードウェアで実現することも可能である。

[0050] 図8および図9は、本実施形態のOpenFlow通信システムの動作を例示するフローチャートである。以下に説明する動作は、OpenFlow通信システムの端末12から、他のノードを宛先とするパケット（通常パケット41）が出力されると開始する。ステップS10において、OpenFlowスイッチ11は、通常パケット41またはカプセル化パケット50を、入力ポート20を介して受信する。

[0051] ステップS102において、OpenFlowスイッチ11は、受信したパケット40が、通常パケット41であるかカプセル化パケット50であるかを判定する。なお、カプセル化パケット50の構成については後述する。その判定の結果、受信したパケット40がカプセル化パケット50のときは、処理は図9のステップS30に進み、受信したパケット40が通常パケット41のときは、処理はステップS103に進む。ここでは、受信したパケット40が通常パケット41の場合について説明をする。

[0052] ステップS103において、OpenFlowスイッチ11は、その通常パケット41に合致するマッチ条件31がフローテーブル23の中に存在するかを調べる。その通常パケット41に合致するマッチ条件31がフローテーブル23の中に存在するときは、処理はステップS105に進み、合致するマッチ条件31がフローテーブル23の中に存在しないときは、処理はス

ステップS 104に進む。

- [0053] ステップS 105において、OpenFlowスイッチ11は、受信したパケット40が通常パケット41であり、かつ、その通常パケット41に合致するマッチ条件31がフローテーブル23の中に存在するので、そのOpenFlowスイッチ11は、合致したマッチ条件31に対応するアクション32を通常パケット41に適用する。
- [0054] ステップS 104において、OpenFlowスイッチ11（第1OpenFlowスイッチ11-1）は、受信したパケット40が通常パケット41であり、かつ、その通常パケット41に合致するマッチ条件31がフローテーブル23の中に存在しないので、その通常パケット41をOpenFlowコントローラ10に送信する。以降は、処理がOpenFlowコントローラ10に移る。
- [0055] ステップS 201において、OpenFlowコントローラ10は、OpenFlowスイッチ11から供給される通常パケット41を受信する。ステップS 202において、OpenFlowコントローラ10は、通常パケット41の中から送信元の端末12（第1端末12-1）と宛先の端末12（第3端末12-3）のアドレスなどを抽出して、通常パケット41を送受信するための経路を算出する。ステップS 203において、OpenFlowコントローラ10は、経路計算後、カプセル化パケット50を生成する。
- [0056] 図10は、OpenFlowコントローラ10が生成するカプセル化パケット50の構造を例示するブロック図である。カプセル化パケット50は、ヘッダ51と、1つ以上の登録フローエントリ52と、通常パケット41とを含んでいる。
- [0057] ヘッダ51は、OpenFlowスイッチ11が、通常パケット41とカプセル化パケット50を区別するための識別子を含む。区別の方法としては、カプセル化パケット50に特殊な宛先アドレス、もしくは送信元アドレスを割り当てる方法や、イーサネット（登録商標）のタイプ値やVLAN-ID、MPLSラベルで識別する方法などがあるが、それらに限定されない。



- [0058] 第X登録フローエントリ52-X (「≡X≡N) は、経路上のX番目のOpenFlowスイッチ「」のフローテーブル23に追加される。その登録フローエントリ52は、フローエントリ30としてフローテーブル23に保持される。なお、第X登録フローエントリ52-X (「≡X≡N) のNは、カプセル化パケット50に含まれる登録フローエントリ52の個数である。したがって、第X登録フローエントリ52-X (「≡X≡N) の内容は、従来のOpenFlowにおいて、経路上のX番目のOpenFlowスイッチ「」に追加されるフローエントリ30の内容と同一である。
- [0059] 図8に戻り、ステップS204において、OpenFlowコントローラ「0は、生成したカプセル化パケット50を経路上の「番目のOpenFlowスイッチ「」(第「OpenFlowスイッチ「」-「) に送信する。以降は、処理がOpenFlowスイッチ「」に移る。
- [0060] OpenFlowスイッチ「」は、ステップS「0」において、OpenFlowコントローラ「0からカプセル化パケット50を受信する。ステップS「02において、OpenFlowスイッチ「」は、入力ポート20を介して受信したパケット40が、通常パケット4「であるかカプセル化パケット50であるかを判定する。このとき、受信したパケット40はカプセル化パケット50であるので、処理は図9のステップS30「に進む。
- [0061] ステップS30「において、OpenFlowスイッチ「」は、そのカプセル化パケット50の中から、自身に対応する登録フローエントリ52を参照し、その登録フローエントリ52の内容を、自身のフローテーブル23に追加する。換言すると、OpenFlowスイッチ「」は、参照によって得られた登録フローエントリ52の情報を、そのOpenFlowスイッチ「」のフローテーブル23のフローエントリ30として保持する。
- [0062] ステップS302において、OpenFlowスイッチ「」は、カプセル化パケット50の中の、自身に対応する登録フローエントリ52の中からアクション32を取り出す。以下の説明においては、取り出したアクション32を、格納済アクションと呼称する。この呼称は、本実施形態の動作に関

する理解を容易にするための形式的なものである。)

ステップS 3 03において、OpenFlowスイッチ「」は、カプセル化パケット5 0に含まれる登録フローエントリ5 2の個数が「つであるかを判定する。その判定の結果、複数の登録フローエントリ5 2が含まれているときは、処理はステップS 3 04に進み、登録フローエントリ5 2が「つのときは、処理はステップS 3 05に進む。

[0063] ステップS 3 04において、OpenFlowスイッチ「」は、受信したカプセル化パケット5 0を元にして、フローテーブル2 3に追加した登録フローエントリ5 2を、そのカプセル化パケット5 0から削除して、新しいカプセル化パケット5 0を生成する。換言すると、各OpenFlowスイッチ「」において、受信したカプセル化パケット5 0から、そのOpenFlowスイッチ「」に対応する登録フローエントリ5 2を除去したものが、新しいカプセル化パケット5 0となる。

[0064] ステップS 3 06において、OpenFlowスイッチ「」は、新しいカプセル化パケット5 0に、格納済アクションを適用する。

[0065] ステップS 3 05においては、OpenFlowスイッチ「」は、受信したカプセル化パケット5 0の中から通常パケット4 「を取り出し、その通常パケット4 「に格納済アクションを適用する。

[0066] 本実施形態が適用されていないOpenFlow通信システムのOpenFlowコントローラ「0は、経路上の全てのOpenFlowスイッチ「」に対してフローテーブル2 3の更新を指示しなけりなかつた。上述のように、本実施形態のOpenFlow通信システムのOpenFlowコントローラ「0は、経路上の「番目のOpenFlowスイッチ「」に対してだけ経路情報を送信するため、複数のOpenFlowスイッチ「」に対してフローテーブル2 3の更新の指示を行わなくて済む。それゆえ、本実施形態のOpenFlow通信システムにおいては、OpenFlowコントローラ「0の処理負荷を、低減させることができる。

[0067] 以下に、具体的なカプセル化パケット5 0の構成を例示して、本実施形態

の動作について説明を行う。以下の説明では、上述の図「のOpenFlow通信システムにおいて、第「端末「2-」を送信元とし、第3端末「2-3」を宛先とした場合の packets 通信の通信フローを例示する。また、本実施形態の動作に対する理解を容易にするために、OpenFlow通信システム上の全てのOpenFlowスイッチ「」のフローテーブル23は、初期状態で空（Empty）であるとする。

[0068] 端末「2」（第「端末「2-」）が、フローに属する最初の通常 packet 4「を送信したとき、OpenFlowスイッチ「」（第「OpenFlowスイッチ「「-」）が、その通常 packet 4「を人カポート20を介して受信する。OpenFlowスイッチ「」（第「OpenFlowスイッチ「「-」）は、人カポート20を介して受信した packet 40が、通常 packet 4「であるかカプセル化 packet 50であるかを判定する。最初の時点では、その packet 40は、第「端末「2-」から到着した通常 packet 4「であってカプセル化 packet 50ではない。したがって、この判定結果はNo（偽）となる。また、最初の時点では、フローテーブル23は空であるので、フローテーブル23の検索は失敗する。

[0069] OpenFlowスイッチ「」（第「OpenFlowスイッチ「「-」）は、受信した packet 40が通常 packet 4「であり、かつ、その通常 packet 4「に合致するマッチ条件3「がフローテーブル23の中に存在しないので、その通常 packet 4「をOpenFlowコントローラ「0に送信する。以降は、処理がOpenFlowコントローラ「0に移る。

[0070] OpenFlowコントローラ「0は、第「OpenFlowスイッチ「「-」から供給される通常 packet 4「を受信する。OpenFlowコントローラ「0は、通常 packet 4「の中から送信元の端末「2」（第「端末「2-」）と宛先の端末「2」（第3端末「2-3」）のアドレスなどを抽出して、通常 packet 4「を転送するための経路を算出する。本実施形態では、通常 packet 4「の通信路として、

第「OpenFlowスイッチ「「-」

づ 第2 OpenFlowスイッチ「「-2

づ 第3 OpenFlowスイッチ「「-3

の経路が選択されものとする。ここにおいて、OpenFlowコントローラ「0は、上述のステップS 2 03までの動作を実行して経路計算をした後、カプセル化パケット5 0を生成する。

[0071] 図「「は、OpenFlowコントローラ「0が生成するカプセル化パケット5 0（以下、第「カプセル化パケット5 0-1と記載する）と、第1 OpenFlowスイッチ「「-「が出力するカプセル化パケット5 0（以下、第2カプセル化パケット5 0-2と記載する）の構成を例示している。OpenFlowコントローラ「0によって生成されたカプセル化パケット5 0の内容は、図「「の第「カプセル化パケット5 0-「のようになる。図「「に示されているように、OpenFlowコントローラ「0は、生成したカプセル化パケット5 0（第「カプセル化パケット5 0-「）を、経路上の「番目のOpenFlowスイッチ「「（第「OpenFlowスイッチ「「-「）に送信する。以降は、処理がOpenFlowスイッチ「「に移る。

[0072] OpenFlowスイッチ「「は、OpenFlowコントローラ「0からカプセル化パケット5 0（第「カプセル化パケット5 0-「）を受信する。OpenFlowスイッチ「「（第「OpenFlowスイッチ「「-「）は、入カポート2 0を介して受信したパケット4 0が、通常パケット4 「であるかカプセル化パケット5 0であるかを判定する。このとき、受信したパケット4 0はカプセル化パケット5 0であるので、第「OpenFlowスイッチ「「-「は、そのカプセル化パケット5 0の中から先頭の登録フローエントリ5 2（第「登録フローエントリ5 2-「）を取り出して、それを自身のフローテーブル2 3に追加する。換言すると、第「OpenFlowスイッチ「「-「は、第「登録フローエントリ5 2-「を、その第「OpenFlowスイッチ「「-「のフローテーブル2 3のフローエントリ3 0として保持する。

[0073] 第「OpenFlowスイッチ」「」は、この時点での格納済アクションの内容は、第「登録フローエントリ52-」のアクション32に等しく、『第2OpenFlowスイッチ」「」2に向けて出力』となる。また、カプセル化パケット50に含まれる登録フローエントリ52の個数が、複数なので、OpenFlowスイッチ」「」は、受信したカプセル化パケット50を基にして、フローテーブル23に追加した登録フローエントリ52をそのカプセル化パケット50から削除して、新しいカプセル化パケット50を生成する。OpenFlowスイッチ」「」は、新しいカプセル化パケット50に、格納済アクションを適用する。上述のように、この時点での格納済アクションは『第2OpenFlowスイッチ」「」2に向けて出力』であるから、新しいカプセル化パケット50（第2カプセル化パケット50-2）は第2OpenFlowスイッチ」「」2につながる出力ポート2」を通じて第2OpenFlowスイッチ」「」2に送信される。

[0074] 図「2は、第2カプセル化パケット50-2に対する処理を例示するブロック図である。別のOpenFlowスイッチ」「」（第2OpenFlowスイッチ」「」2）は、前段のOpenFlowスイッチ」「」（第「OpenFlowスイッチ」「」）からパケット40（第2カプセル化パケット50-2）を受信する。受信後にそのパケット40がカプセル化パケット50であるか判定し、上述のステップS30」からステップS304までの処理を実行する

第2OpenFlowスイッチ」「」2は、第3カプセル化パケット50-3を生成する。この時点での格納済アクションは『第3OpenFlowスイッチ」「」3に向けて出力』であるから、新しいカプセル化パケット50（第3カプセル化パケット50-3）は、第3OpenFlowスイッチ」「」3に送信される。

[0075] 図「3は、第3カプセル化パケット50-3に対する処理を例示するブロック図である。第3OpenFlowスイッチ」「」3は、第2OpenFlowスイッチ」「」2からカプセル化パケット50（第3カプセル化パケ

ット5 0-3)を受信する。この時点でのアクションは『第3端末「2-3に向けて出力』となる。第3 OpenFlowスイッチ「1-3が受信したカプセル化パケット5 0(第3カプセル化パケット5 0-3)に含まれる登録フローエントリ5 2の個数は、「である。従って、受信したカプセル化パケット5 0の中から通常パケット4 1を取り出し、その通常パケット4 1に格納済アクションを適用する。上述のように、この時点でのアクションは『第3端末「2-3に向けて出力』であるから、その通常パケット4 1は、第3端末「2-3に送信される。

[0076] 以上のようにフローの最初の通常パケット4 1は中継され、最終的に宛先の第3端末「2-3に届けられる。最終的には、第「OpenFlowスイッチ「1-1~第3 OpenFlowスイッチ「1-3のフローテーブル2 3の内容は、図5の(b)のようになる。

[0077] 同じフローに属する後続の通常パケット4 1は、OpenFlowコントローラ「0を経由することなく、第「OpenFlowスイッチ「1-1、第2 OpenFlowスイッチ「1-2、第3 OpenFlowスイッチ「1-3を順に通って宛先に転送される。このように動作する理由は、これらのOpenFlowスイッチ「1のフローテーブル2 3には通常パケット4 1に合致するマッチ条件3 1がこの時点では登録されており、図8のフローチャートにおいてステップS「03の判定結果が真となってステップS「05に分岐し、合致したマッチ条件3 1に対応するアクション3 2が通常パケット4 1に適用されるからである。

[0078] なお、図8のフローチャートにおいて、ステップS「02とステップS「03の実行は順不同である。上述の動作説明とは逆に、ステップS「02よりもステップS「03を先に実行しても差し支えない。

[0079] [第2実施形態]

以下に、図面を参照して本発明の第2実施形態について説明を行う。以下に述べる第2実施形態のOpenFlow通信システムは、受信したパケット4 0が、通常パケット4 1であるかカプセル化パケット5 0であるかの判

定をOpenFlowスイッチ「」のフローテーブル23を参照して実行する。

[0080] 図「4は、第2実施形態のOpenFlowスイッチ「」のフローテーブル23に保持されるフローエントリ30の構成を例示するブロック図である。第2実施形態では、図「4のフローエントリ30をあらかじめ全てのOpenFlowスイッチ「」のフローテーブル23に登録しておく。

[0081] 図15は、第2実施形態のOpenFlow通信システムの動作を例示するフローチャートである。第2実施形態の動作は、第「実施形態の動作と異なり、通常パケット4「とカプセル化パケット50とを判別するステップを、フローテーブル23のフローエントリ30に基づいて実行している。以下では、OpenFlowコントローラ「0から供給されるカプセル化パケット50が、OpenFlowスイッチ「」に入力された場合に対応して、第2実施形態におけるOpenFlowスイッチ「」の動作を、図「5のフローチャートを用いて説明する。

[0082] ステップS「0において、OpenFlowスイッチ「」は、入力ポート20を介して供給されたパケット40（この場合におけるカプセル化パケット50）を受信する。ステップS「03において、その通常パケット4「に合致するマッチ条件3「がフローテーブル23の中に存在するかを調べる。前述のように、全てのOpenFlowスイッチ「」のフローテーブル23には、図「4のフローエントリ30が登録されている。また、受信したパケット40は、カプセル化パケット50である。したがって、フローテーブル23の検索は成功し、処理はステップS「07に進む。

[0083] ステップS「07において、合致したマッチ条件3「に対応するアクション32を読み出す。そのアクション32は『カプセル化パケット50として処理』になる。ゆえに、ステップS「07の判定結果はYes（真）となり、そのパケット40はカプセル化パケット50として処理される。以降の処理は、第「の実施例のものと同様である。

[0084] 以上、本願発明の実施の形態を具体的に説明した。本願発明は上述の実施

の形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々変更可能である。当業者は上記実施例の様々な変形を容易に実施することができる。したがって、本発明は上記実施例に限定されることはなく、請求項やその均等物によって参酌される最も広い範囲で解釈される。また、この出願は、2009年3月9日出願された日本出願特願2009-055739を基礎とする優先権を主張し、その開示の全てをここに取り込む。



## 請求の範囲

[請求項1]

ネットワークに接続され、パケットの転送処理を行う「つ以上のスイッチと、

前記スイッチを制御するコントローラと

を具備し、

前記パケットは、前記ネットワークの端末間で送受信される通常パケットと、前記コントローラから供給されるカプセル化パケットとを含み、

前記スイッチは、

複数のフローエントリを保持することが可能なフローテーブルと、

前記フローエントリに従って前記パケットの転送を制御するローカル管理部と

を備え、

前記複数のフローエントリの各々は、

前記パケットの通信フローを識別するためのマッチ条件と、前記パケットに対する処理を示すアクションとを含み、

前記コントローラは、

前記通信フローの経路上に存在する「つ以上の通過スイッチのフローテーブルに格納される「つ以上の登録用フローエントリを生成し、

「つ以上の前記登録用フローエントリと前記通常パケットとを関連付けて前記カプセル化パケットを生成し、

前記カプセル化パケットを前記通過スイッチの内の「つに送信し、

前記通過スイッチは、

前記カプセル化パケットの受信に回答して、前記登録用フローエントリを前記カプセル化パケットの中から「つ抽出して新規フローエントリとして前記通過スイッチの前記フローテーブルに格納し、

前記新規フローエントリに示されているアクションを、前記カプセル化パケットに対して実行する

通信システム。

[請求項2]

請求項「に記載の通信システムにおいて、

前記スイッチは、

前記通常パケットの受信に応答して前記フローテーブルを参照し、

受信した前記通常パケットの通信フローに合致するマッチ条件を含むフローエントリが、前記フローテーブルに登録されていないとき、

前記通常パケットを前記コントローラに供給する

通信システム。

[請求項3]

請求項2に記載の通信システムにおいて、

前記コントローラは、

前記通常パケットの受信に応答して、前記通常パケットが転送されるネットワーク上の経路を特定し、

特定した前記経路上にある「つ以上の前記通過スイッチの位置に基づいて「つ以上の前記登録用フローエントリを生成したのち、「つ以上の前記登録用フローエントリを含む前記カプセル化パケットを形成し、

前記通常パケットを供給した前記スイッチを第「通過スイッチとして、前記第「通過スイッチに前記カプセル化パケットを供給する

通信システム。

[請求項4]

請求項「から3のいずれか「項に記載の通信システムにおいて、

前記通過スイッチは、

前記カプセル化パケットに、前記登録用フローエントリが2個以上含まれているとき、前記登録用フローエントリが「つ抽出されたあとの前記カプセル化パケットを、前記経路上の次の通過スイッチに送信し、

前記カプセル化パケットに、「個の前記登録用フローエントリが含まれているとき、前記カプセル化パケットに含まれる前記通常パケットを、宛先の前記端末に送信する

通信システム。

[請求項5]

請求項「から4のいずれか」項に記載の通信システムにおいて、  
前記通過スイッチは、

前記通常パケットの受信にตอบสนองして前記フローテーブルを参照し、  
受信した前記通常パケットの通信フローに合致するマッチ条件を含む  
フローエントリが、前記フローテーブルに登録されているとき、登録  
されている前記フローエントリのアクションに従って前記通常パケッ  
トに対する処理を実行する

通信システム。

[請求項6]

(a) ネットワークの端末間で送受信される通常パケット、または  
、コントローラから供給されるカプセル化パケットの転送処理を行う  
パケット転送処理ステップと、

(b) 前記カプセル化パケットを供給するカプセル化パケット供給  
ステップと  
を具備し、

前記パケット転送処理ステップは、

(a-1) スイッチに備えられたフローテーブルに保持されている  
フローエントリを読み出すステップと、

(a-2) 読み出した前記フローエントリに示される前記通常パケ  
ットまたは前記カプセル化パケットの通信フローを識別するためのマ  
ッチ条件と、前記通常パケットまたは前記カプセル化パケットに対す  
る処理を示すアクションとを特定するステップと、

(a-3) 前記フローエントリに従って前記通常パケットまたは前  
記カプセル化パケットの転送を制御するステップと

を含み、

前記カプセル化パケット供給ステップは、

(b-1) 前記通信フローの経路上に存在する「つ以上の通過スイ  
ッチのフローテーブルに格納される「つ以上の登録用フローエントリ

を生成するステップと、

(b-2) 1つ以上の前記登録用フローエン트리と前記通常パケットとを関連付けて前記カプセル化パケットを生成するステップと、

(b-3) 前記カプセル化パケットを前記通過スイッチの内の「つ」に送信に送信するステップと

を含み、

前記(a-「)ステップは、

前記通過スイッチが、前記カプセル化パケットを受信したときに、前記登録用フローエントリを前記カプセル化パケットの中から「つ」相出すステップと

抽出した前記登録用フローエントリを新規フローエン트리として前記通過スイッチの前記フローテーブルに格納するステップと

を含み、

前記(a-2)ステップは、

前記新規フローエントリに示されているアクションを、前記カプセル化パケットに対して実行するステップ

を含む

通信方法。

[請求項7]

請求項6に記載の通信方法において、

前記(a-「)ステップは、

前記通常パケットの受信に応答して前記フローテーブルを参照するステップと、

受信した前記通常パケットの通信フローに合致するマッチ条件を含むフローエントリが、前記フローテーブルに登録されていないとき、前記通常パケットを前記コントローラに供給するステップと

を含む

通信方法。

[請求項8]

請求項7に記載の通信方法において、

前記 (b-1) ステップは、

前記コントローラが前記通常パケットの受信に応答して、前記通常パケットが転送されるネットワーク上の経路を特定するステップと、

特定した前記経路上にある前記通過スイッチの位置に基づいて「 $n$ 」つ以上の前記登録用フローエントリを生成したのち、「 $n$ 」つ以上の前記登録用フローエントリを含む前記カプセル化パケットを形成するステップ

を含み、

前記 (b-2) ステップは

前記通常パケットを供給した前記スイッチを第「 $m$ 」通過スイッチとして、前記第「 $m$ 」通過スイッチに前記カプセル化パケットを供給するステップを含む

通信方法。

[請求項9]

請求項6から8のいずれか「項」に記載の通信方法において、

前記パケット転送処理ステップは、さらに、

(a-4) 前記カプセル化パケットに、前記登録用フローエントリが2個以上含まれているとき、前記登録用フローエントリが「 $k$ 」抽出されたあとの前記カプセル化パケットを、前記経路上の次の通過スイッチに送信するステップと、

(a-5) 前記カプセル化パケットに、「 $l$ 」個の前記登録用フローエントリが含まれているとき、前記カプセル化パケットに含まれる前記通常パケットを、宛先の端末に送信するステップと

を含む

通信方法。

[請求項10]

請求項6から9のいずれか「項」に記載の通信方法において、

前記パケット転送処理ステップは、さらに、

(a-6) 前記通常パケットの受信に応答して前記フローテーブルを参照し、受信した前記通常パケットの通信フローに合致するマッチ

条件を含むフローエントリが、前記フローテーブルに登録されているとき、登録されている前記フローエントリのアクションに従って前記通常パケットに対する処理を実行するステップを含む

通信方法。

[請求項11]

コンピュータを、パケットの転送処理を行うスイッチとして機能させるための手順を示すスイッチプログラムであって、前記パケットは、ネットワークの端末間で送受信される通常パケットまたはコントローラから供給されるカプセル化パケットとを含み、

(a) 前記通常パケットの通信フローの経路上に存在する「つ以上の通過スイッチのフローテーブルに格納される登録用フローエントリと前記通常パケットとが関連付けられた前記カプセル化パケットを受信するステップと、

(b) 前記通過スイッチが、前記カプセル化パケットを受信したときに、前記登録用フローエントリを前記カプセル化パケットの中から「つ抽出するステップと、

(c) 抽出した前記登録用フローエントリを新規フローエントリとして前記通過スイッチの前記フローテーブルに格納するステップと、

(d) 前記新規フローエントリに示される、前記通常パケットまたは前記カプセル化パケットに対する処理を示すアクションを特定するステップと、

(e) 特定した前記アクションに従って前記通常パケットまたは前記カプセル化パケットの転送を制御するステップと

を具備し、

前記(e)ステップは、

前記新規フローエントリに示されているアクションを、前記カプセル化パケットに対して実行するステップ

を含む

スイッチプログラム。

[請求項12]

請求項「」に記載のスイッチプログラムにおいて、さらに、

(f) 前記通常パケットの受信に応答して前記フローテーブルを参照するステップと、

(g) 受信した前記通常パケットの通信フローに合致するマッチ条件を含むフローエントリが、前記フローテーブルに登録されていないとき、前記通常パケットを前記コントローラに供給するステップと

を含む

スイッチプログラム。

[請求項13]

請求項12に記載のスイッチプログラムにおいて、さらに、

(h) 前記カプセル化パケットに、前記登録用フローエントリが2個以上含まれているとき、前記登録用フローエントリが「つ抽出されたあとの前記カプセル化パケットを、前記経路上の次の通過スイッチに送信するステップと、

(i) 前記カプセル化パケットに、「個の前記登録用フローエントリが含まれているとき、前記カプセル化パケットに含まれる前記通常パケットを、宛先の端末に送信するステップと

を含む

スイッチプログラム。

[請求項14]

コンピュータを、パケットの転送処理を行うコントローラとして機能させるための手順を示すコントローラプログラムであって、前記パケットは、ネットワークの端末間で送受信される通常パケットまたは前記コントローラから供給されるカプセル化パケットとを含み、

(a) 通信フローの経路上に存在する「つ以上の通過スイッチのフローテーブルに格納される「つ以上の登録用フローエントリを生成するステップと、

(b) 「つ以上の前記登録用フローエントリと前記通常パケットとを関連付けて前記カプセル化パケットを生成するステップと、

(c) 前記カプセル化パケットを前記通過スイッチの内の「つに送

信するステップと

を具備し、

前記（a）ステップは、

前記コントローラが前記通常パケットの受信に応答して、前記通常パケットが転送されるネットワーク上の経路を特定するステップと、

特定した前記経路上にある前記通過スイッチの位置に基づいて「つ以上の前記登録用フローエントリを生成したのち、「つ以上の前記登録用フローエントリを含む前記カプセル化パケットを形成するステップ

を含み、

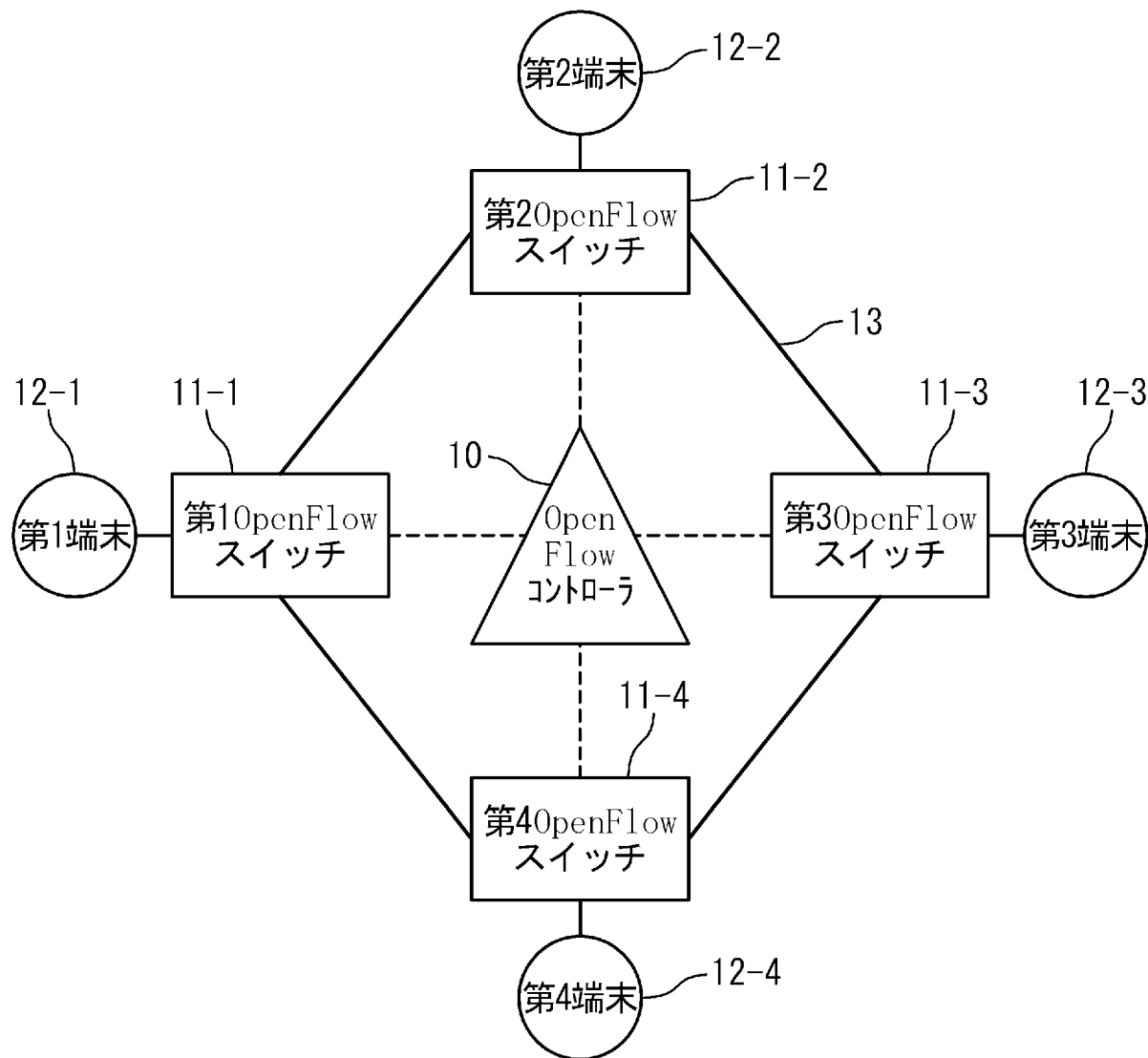
前記（b）ステップは

前記通常パケットを供給した前記スイッチを第「通過スイッチとして、前記第「通過スイッチに前記カプセル化パケットを供給するステップを含む

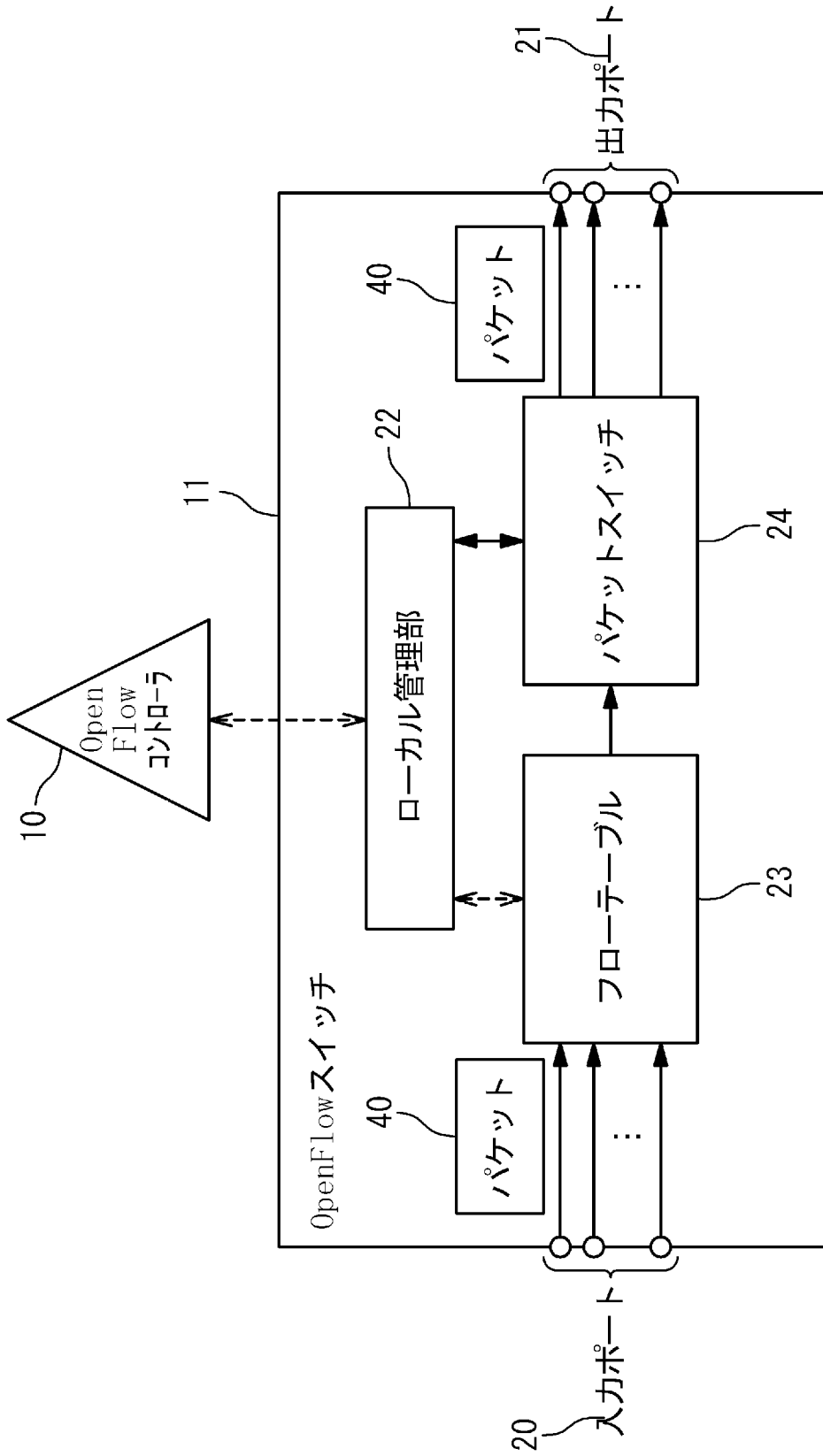
コントローラプログラム。



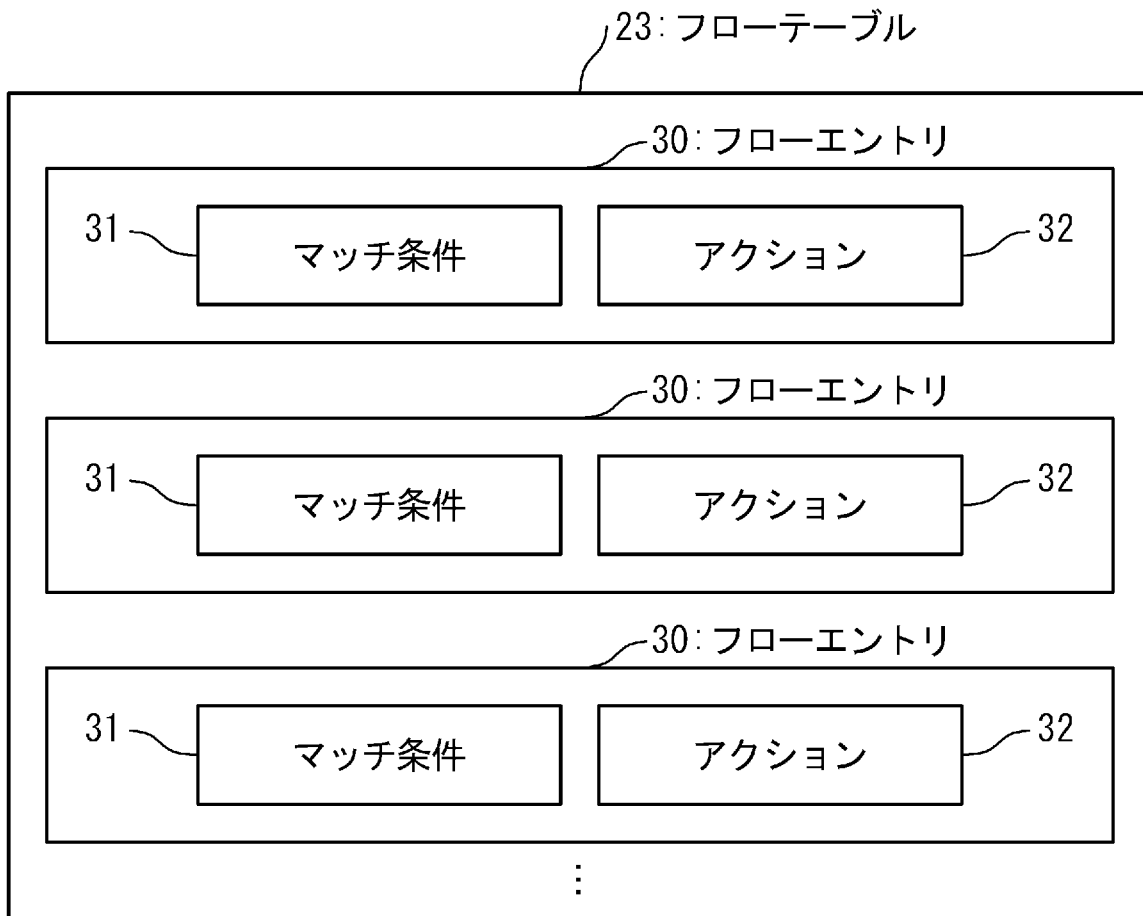
[図1]



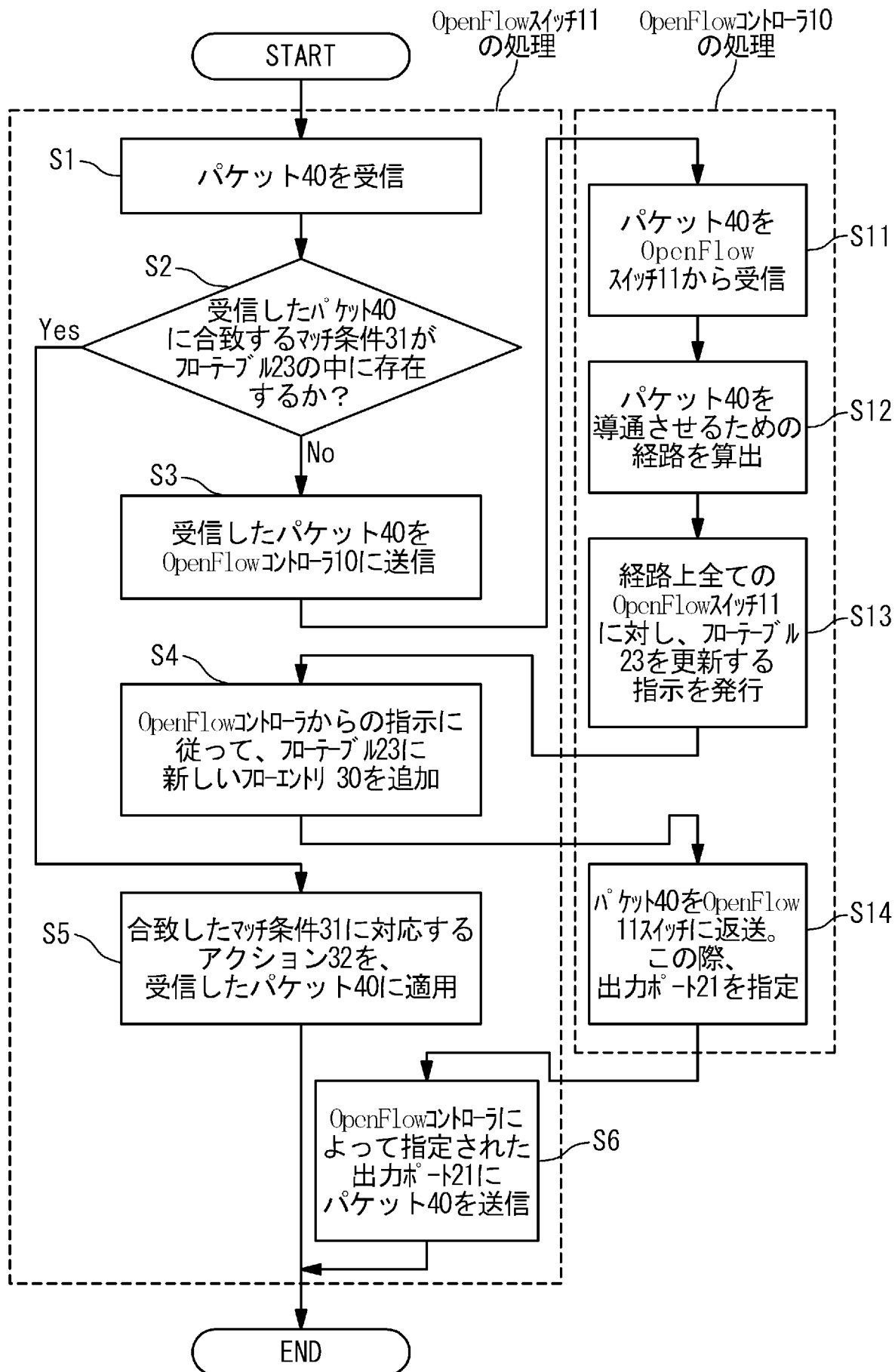
[図2]



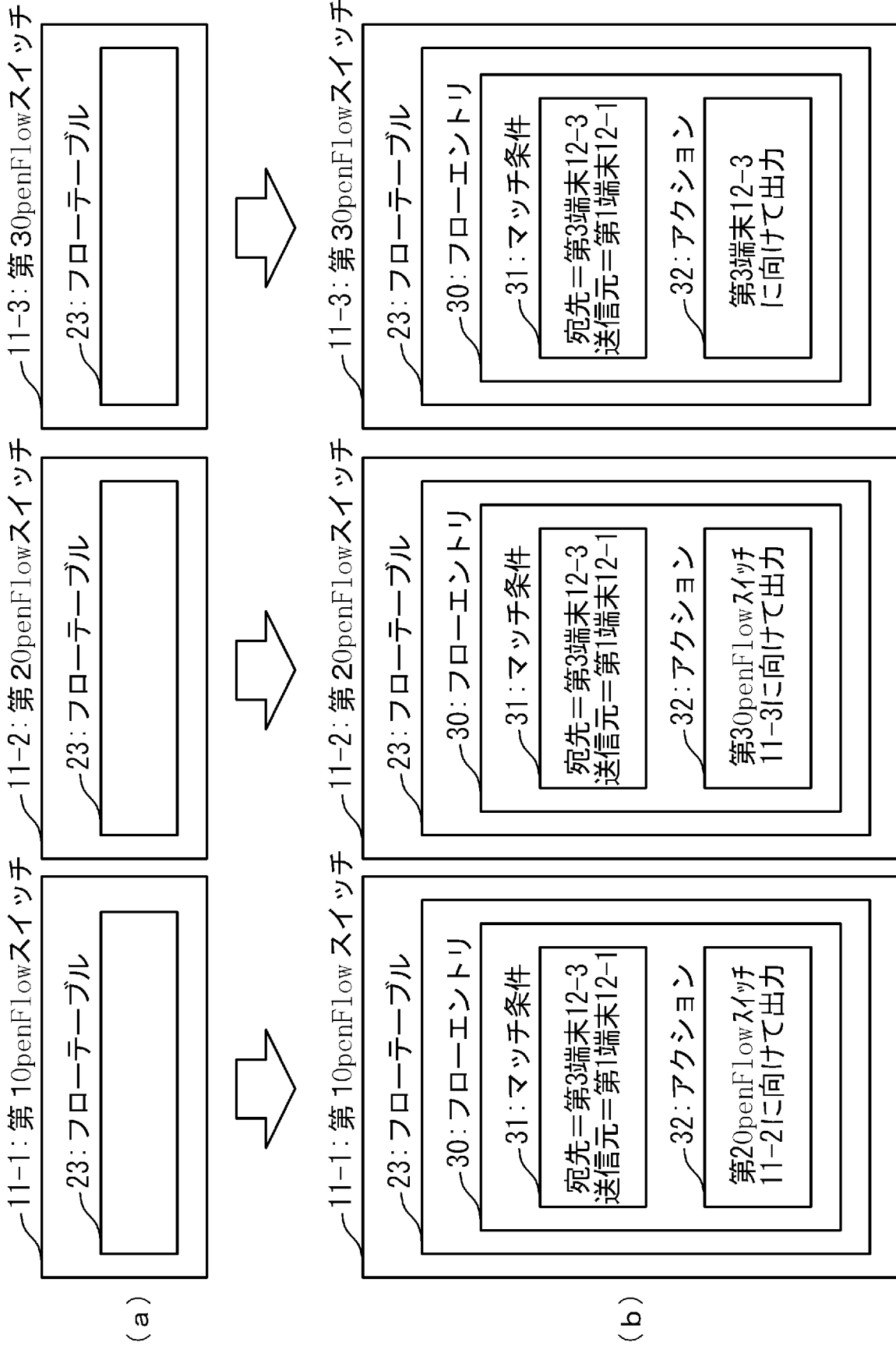
[図3]



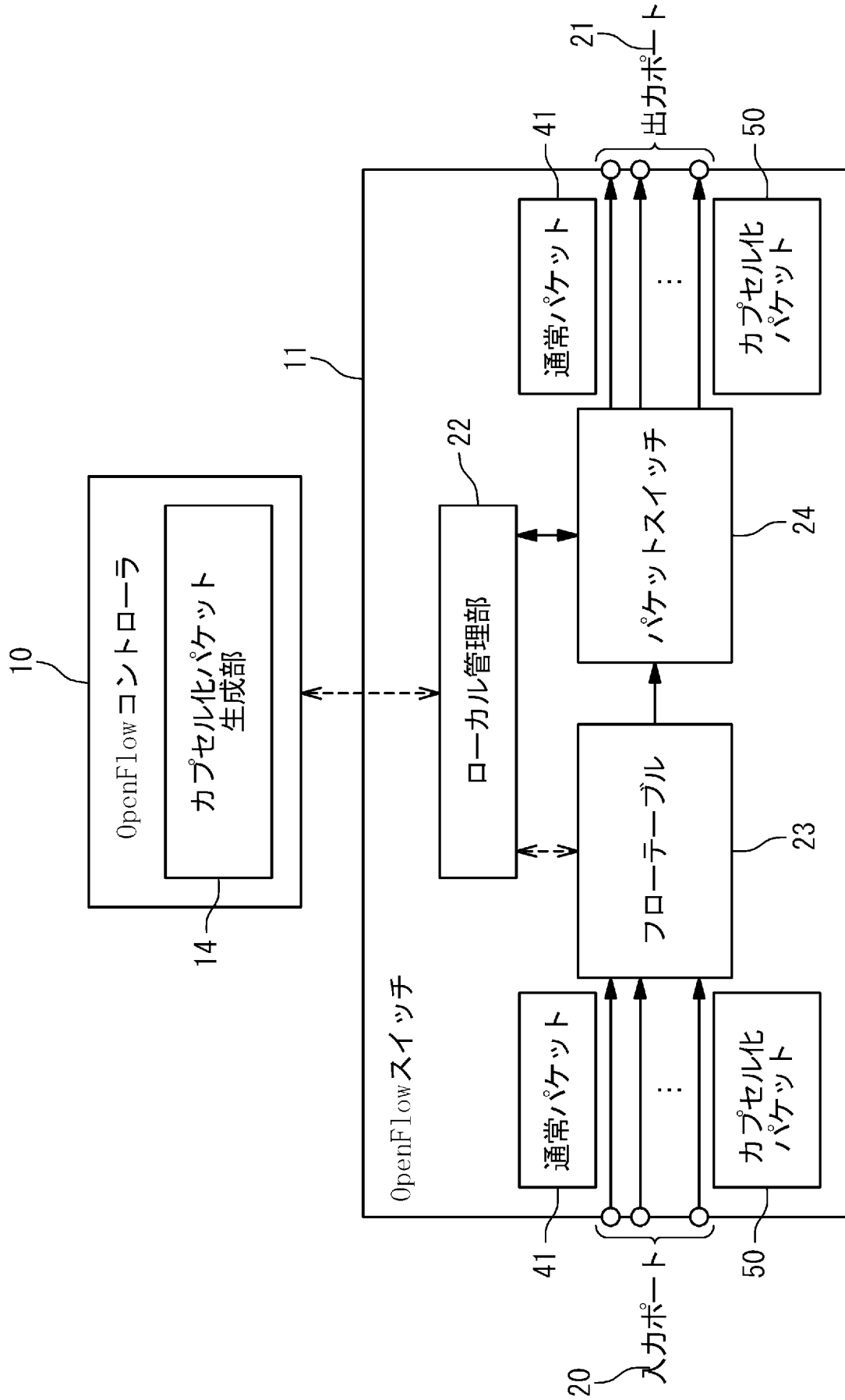
[図4]



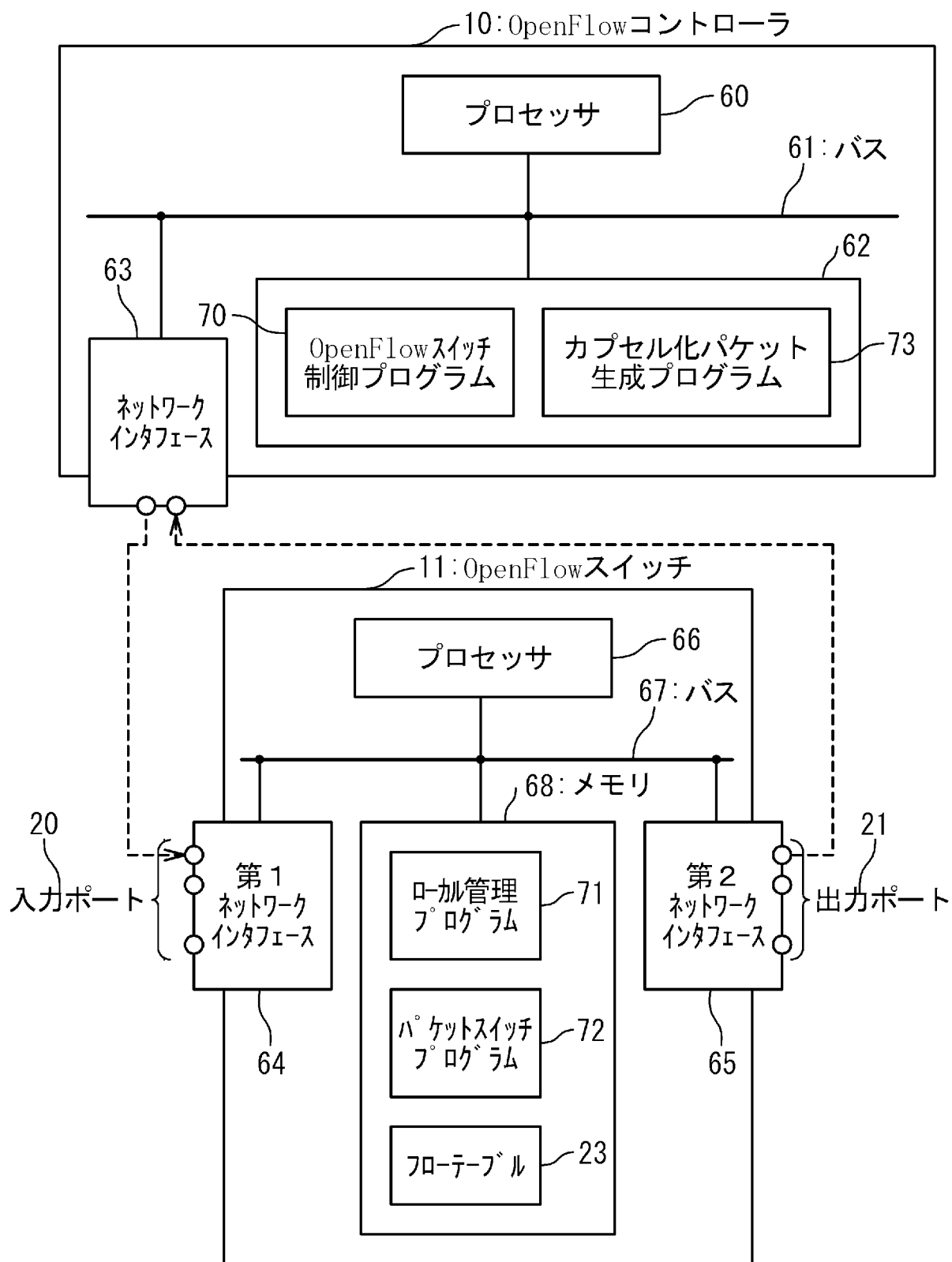
[図5]



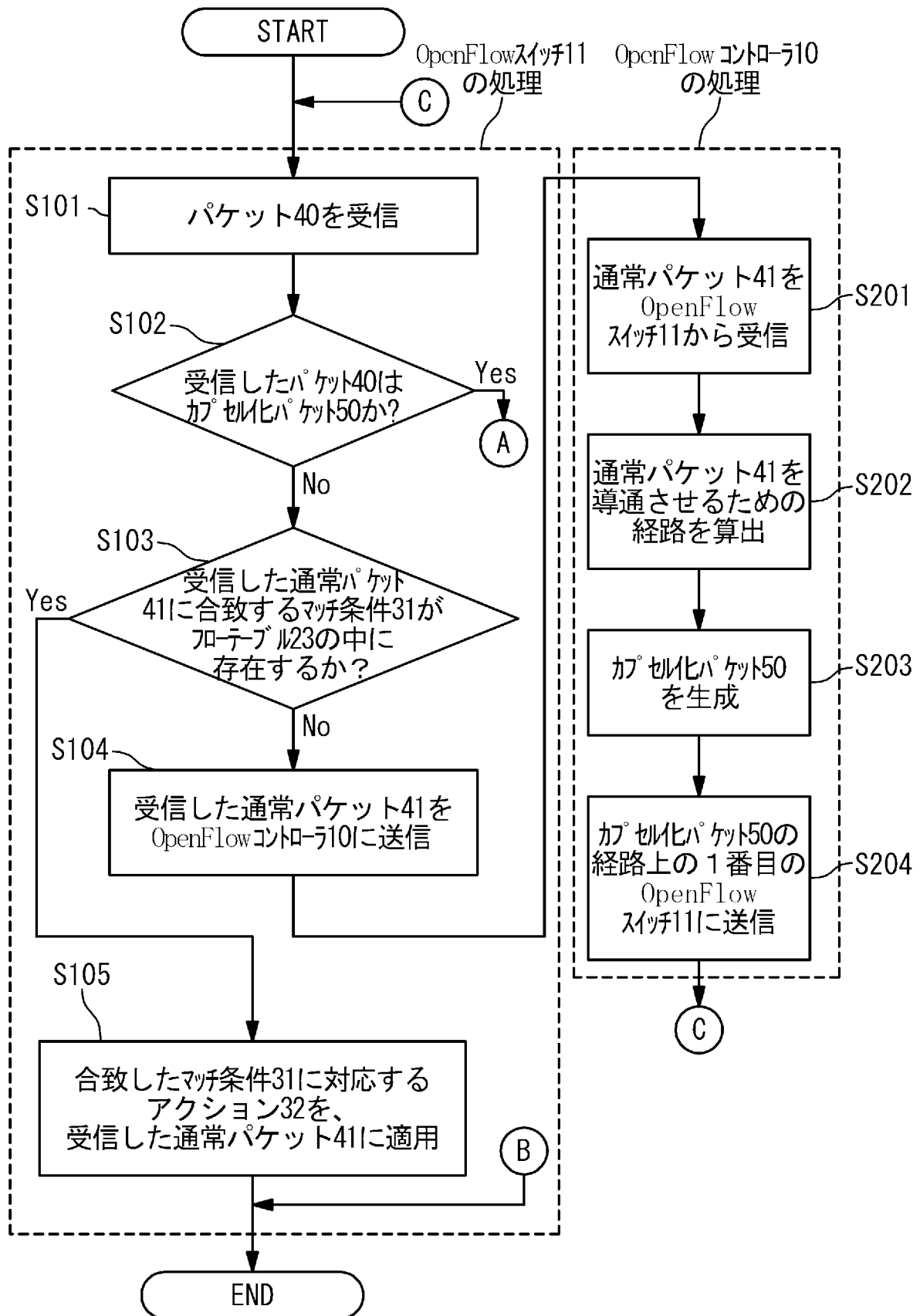
[図6]



[図7]

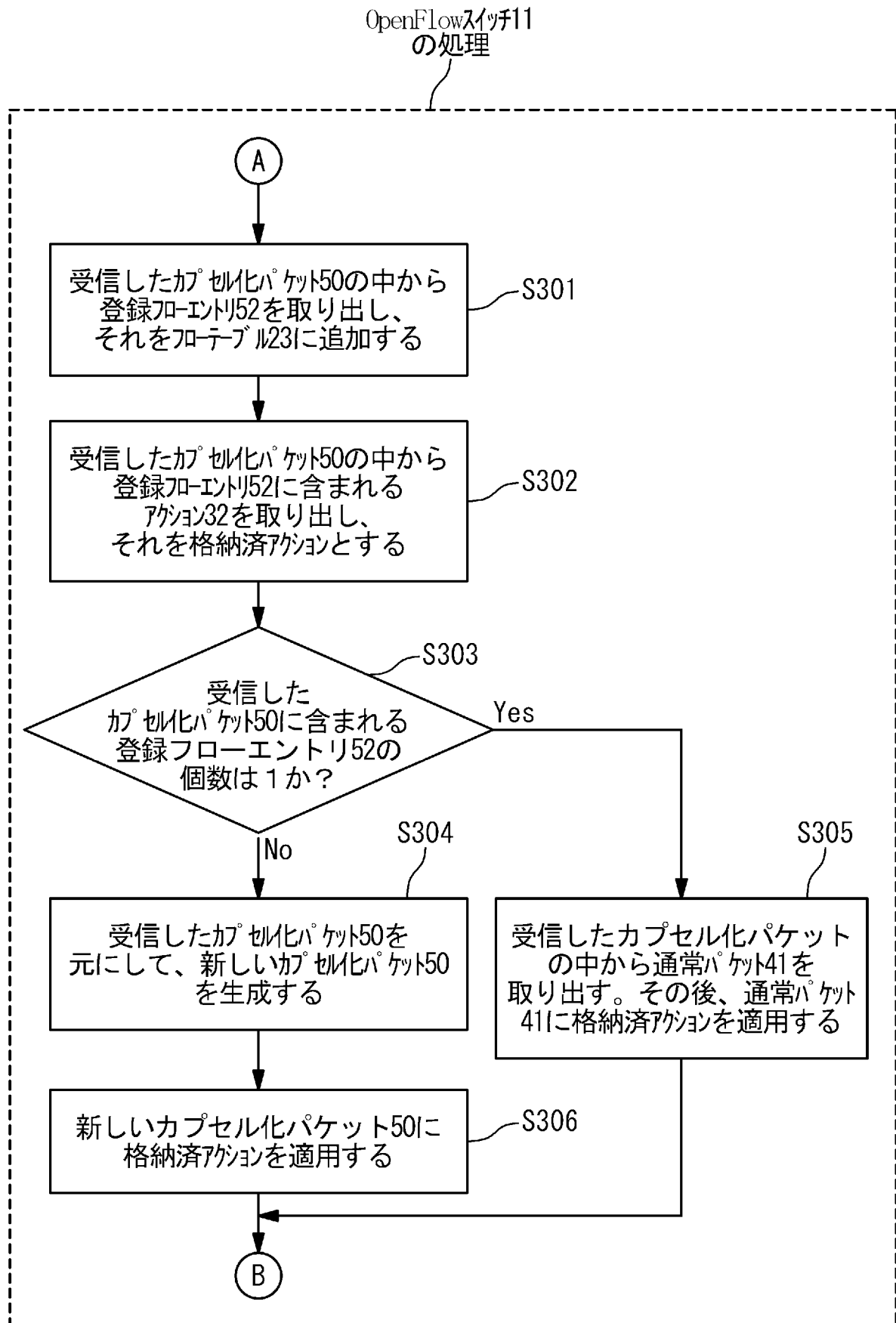


[図8]





[図9]



[図10]

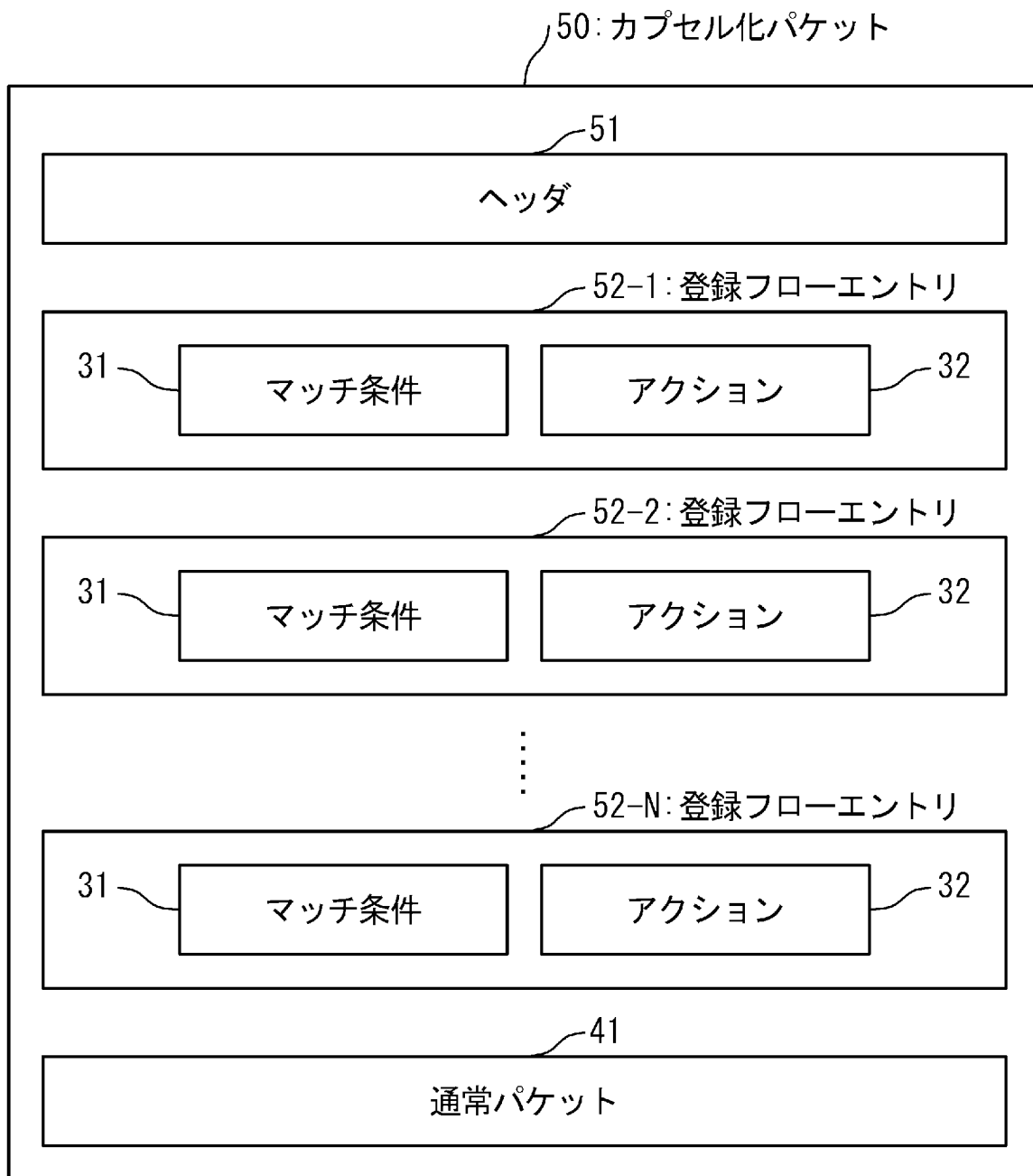
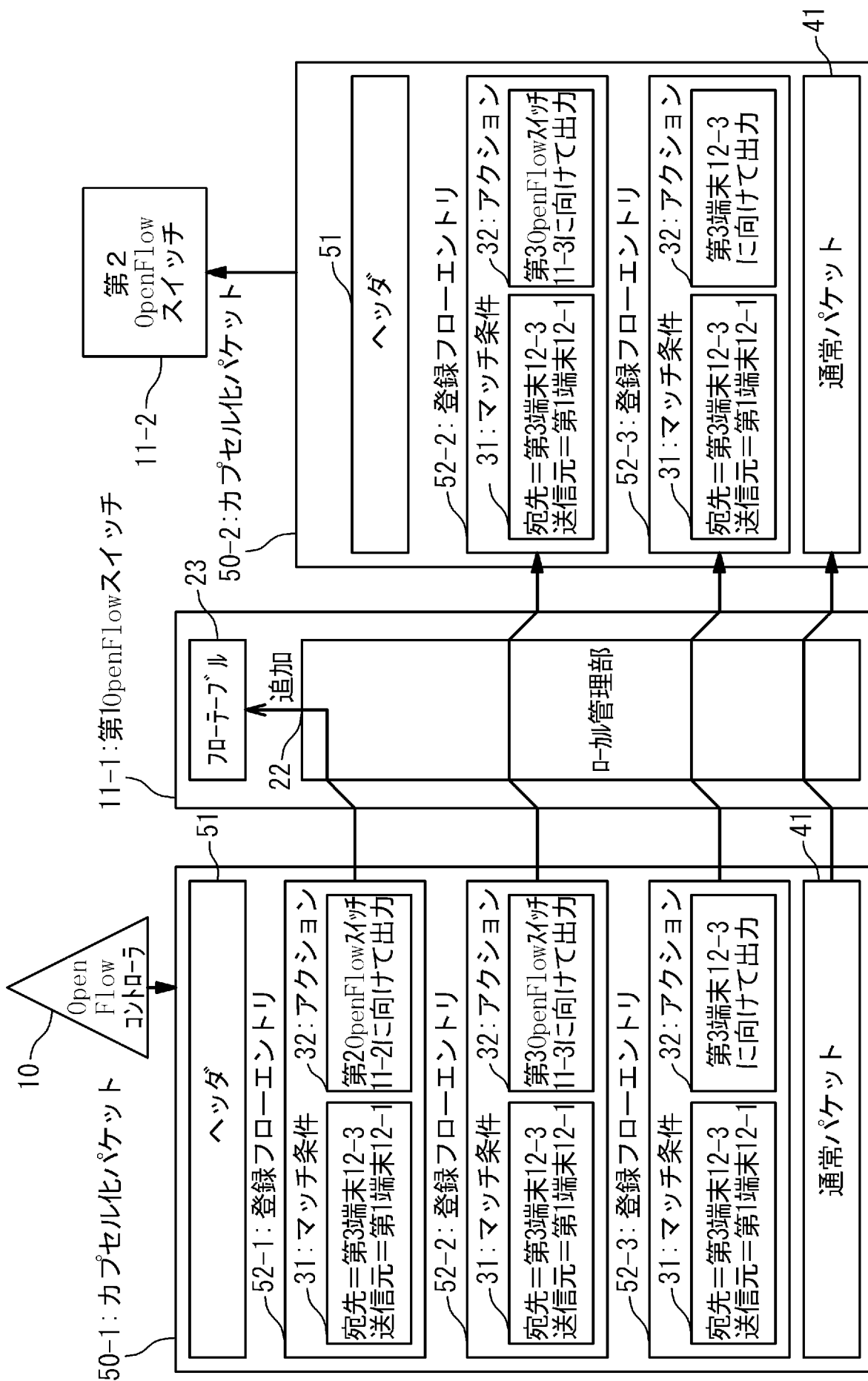
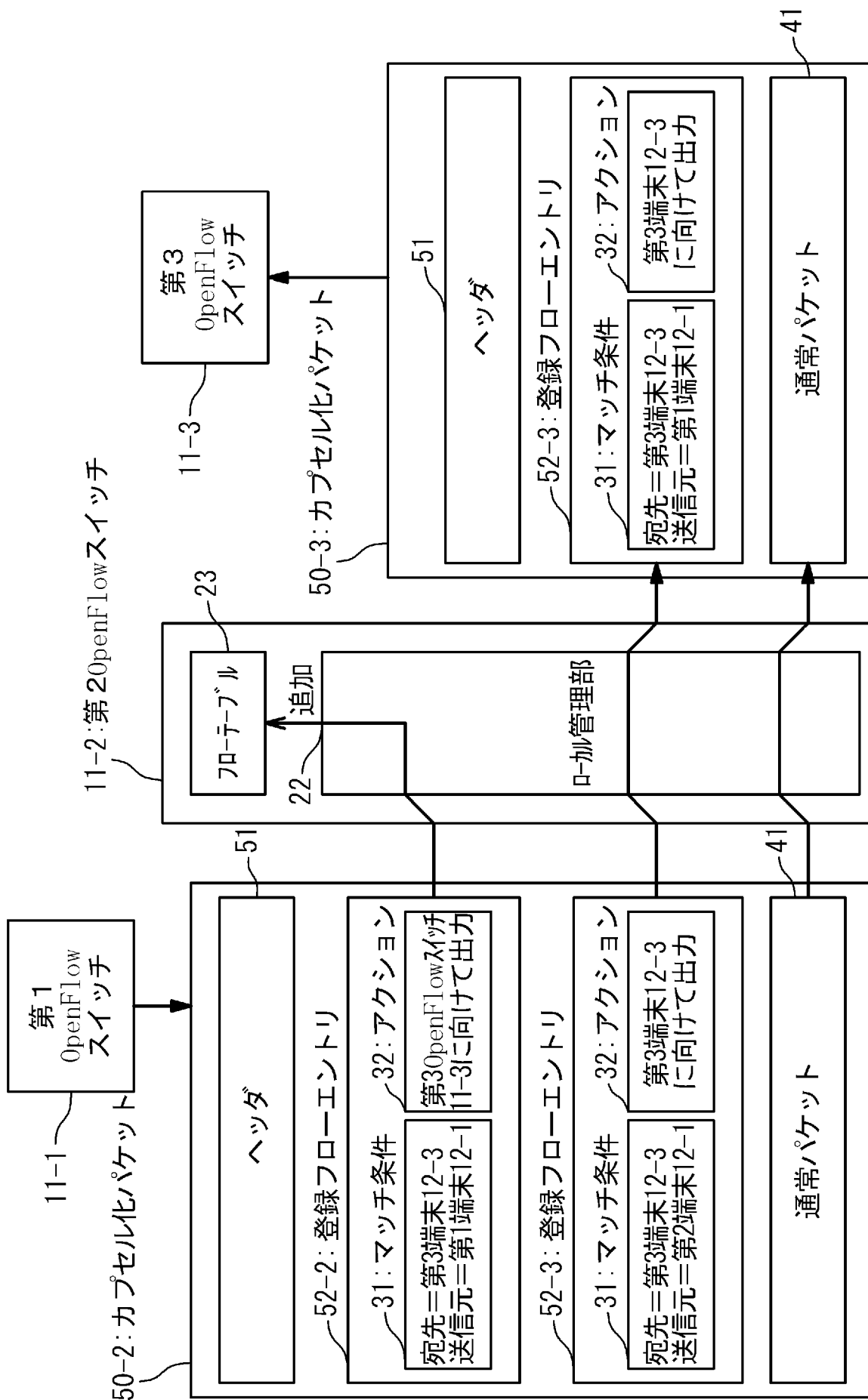


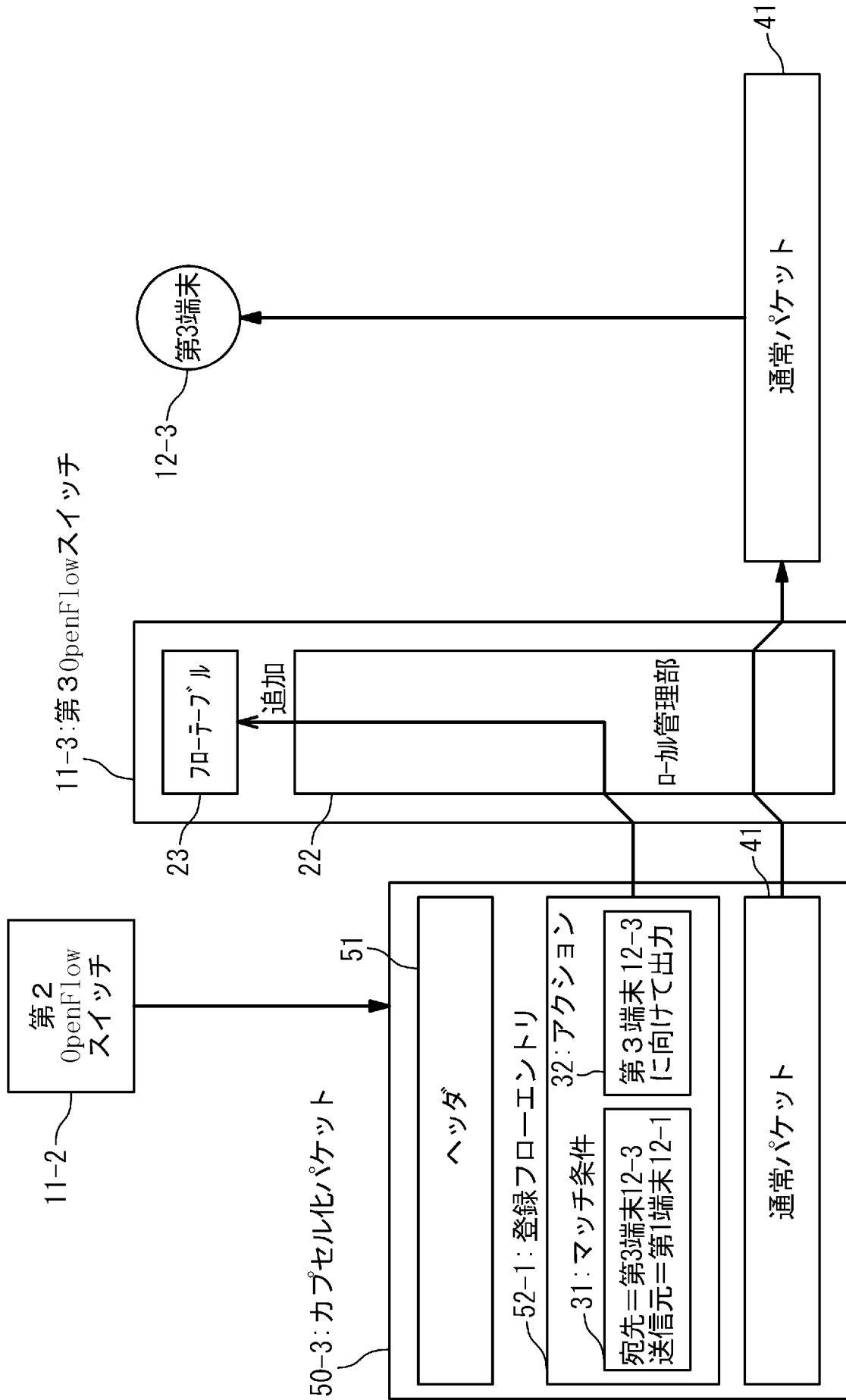
図11



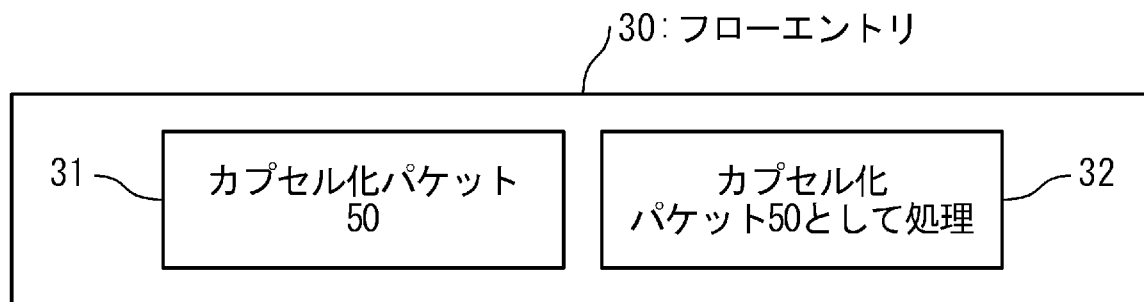
[図12]



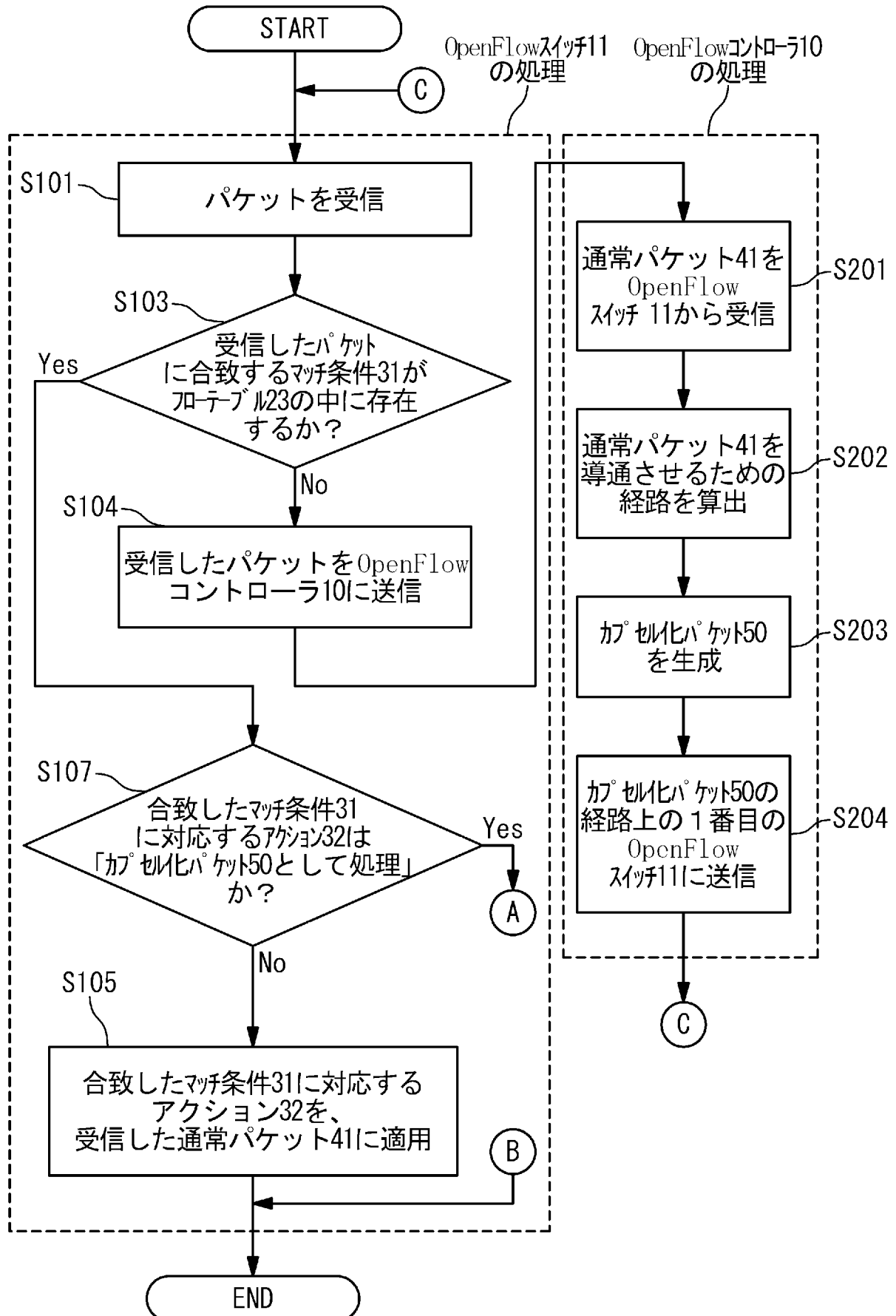
[図13]



[図14]



[図15]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/052665

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04L1 2/5 6 (2006.01) ±

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)

H04L12/56

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	1996-2010
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2010	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2010

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 2007-159146 A (Electronics and Telecommunications Research Institute) , 21 June 2007 (21.06.2007) , claims 9, 10 & KR 10-2007-0061137 A & US 2007/0133547 A1	1-14
A	JP 2004-56340 A (NEC Corp.) , 19 February 2004 (19.02.2004) , paragraphs [0047] to [0073]; fig. 1 to 7 (Family: none)	1-14
A	JP 2001-168910 A (NEC Corp.) , 22 June 2001 (22.06.2001) , paragraphs [0063] to [0067]; fig. 4, 5, 8 & CA 2327866 A1 & US 2003/0037042 A1	1-14

 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

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
10 March , 2010 (10.03.10)Date of mailing of the international search report  
23 March , 2010 (23.03.10)Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.



A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))  
 IntCl H04L12/56(2006.01)i

B. 調査を行った分野  
 査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))  
 IntCl H04L12/56

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 1971-2010年  
 日本国実用新案登録公報 1996-2010年  
 日本国登録実用新案公報 1994-2010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 2007-159146 A (韓国電子通信研究院) 2007. 06. 21 請求項 9、10 &KR 10-2007-0061137 A &US 2007/0133547 A1	1-14

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

ホ 引用文献のカテゴリー	の日の役に公表された文献
「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	IT」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
IE」国際出願日前の出願または特許であるか、国際出願日以後に公表されたもの	「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
IL」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)	「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、当業者に於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
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	I&J 同一パテントファミリー文献
「p」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日 10.03.2010	国際調査報告の発送日 23.03.2010
--------------------------	--------------------------

国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 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) 王木 宏恰 電話番号 03-3581-1101 内線 3596	5X	3047
--	--	----	------

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 請求大項の番号
A	JP 2004 - 56340 A (日本電気株式会社) 2004.02.19 第0047段落から第0073段落、第1図から第7図 (ファミリーなし)	1-14
A	JP 2001 - 168910 A (日本電気株式会社) 2001.06.22 第0063段落から第0067段落、第4図、第5図、第8図 & CA 2327866 A1 & US 2003/0037042 A1	1-14