

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5398787号  
(P5398787)

(45) 発行日 平成26年1月29日(2014.1.29)

(24) 登録日 平成25年11月1日(2013.11.1)

(51) Int.Cl.

F I

H O 4 L 12/70 (2013.01)

H O 4 L 12/70 D

H O 4 L 12/46 (2006.01)

H O 4 L 12/46 V

請求項の数 13 (全 76 頁)

(21) 出願番号 特願2011-138843 (P2011-138843)  
 (22) 出願日 平成23年6月22日(2011.6.22)  
 (65) 公開番号 特開2013-9049 (P2013-9049A)  
 (43) 公開日 平成25年1月10日(2013.1.10)  
 審査請求日 平成25年2月6日(2013.2.6)

(73) 特許権者 504411166  
 アラクサラネットワークス株式会社  
 神奈川県川崎市幸区鹿島田一丁目1番2号  
 (74) 代理人 100107010  
 弁理士 橋爪 健  
 (74) 代理人 100134061  
 弁理士 菊地 公一  
 (72) 発明者 野崎 信司  
 神奈川県川崎市幸区鹿島田890 アラク  
 サラネットワークス株式会社内  
 審査官 永井 啓司

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 仮想ネットワーク接続方法、ネットワークシステム及び装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

V P Nを接続しV P Nの拠点間のパケット転送を行う第1のネットワークと、  
 端末1を有し、前記第1のネットワークにレイヤ3によって接続する第2のネットワ  
 クと、

端末2を有し、前記第1のネットワークにレイヤ2によって接続する第3のネットワ  
 クと

を備え、V P Nを構成するネットワークシステムにおける仮想ネットワーク接続方法であ  
 って、

前記第2のネットワークを接続し、第1のネットワークに属する第1のネットワーク装  
 置(P E 1)を備え、  
 前記P E 1は、

V P N番号に対応して、宛先のI Pアドレス、出力インターフェース(I F)、ネク  
 ストホップ、宛先ネットワーク装置(P E)のM A Cアドレスに対応して記憶するフォー  
 ディングテーブルと、

V P N番号に対応して、宛先のI Pアドレス及びM A Cアドレスを記憶する端末情報テ  
 ーブルと、

を備え、

P E 1は、端末1から端末2に向けた第1のパケットを受信し、

P E 1は、第1のパケットに基づき、V P N番号及び宛先端末2のI Pアドレスを用い

10

20

てフォワーディングテーブルを検索し、パケット転送に必要な、出力ＩＦ及び／又は宛先第２のネットワーク装置（ＰＥ２）のＭＡＣアドレスが存在しない場合、第１のパケットを一時的に保存し、第１のネットワークを経由して端末２に対してＡＲＰリクエストパケットを送信し、

ＰＥ１は、端末２から、第１のネットワークを経由して、ＡＲＰリクエストパケットに対する応答としてＡＲＰリプライパケットを受信し、

ＰＥ１は、ＡＲＰリプライパケットに基づき、フォワーディングテーブルに、ＶＰＮ番号及び宛先ＩＰアドレスに対する、出力ＩＦ及び宛先ＰＥ２のＭＡＣアドレスを記憶し、また、端末情報テーブルに、ＶＰＮ番号に対する、ＶＬＡＮ番号及び宛先端末２のＩＰアドレス及びＭＡＣアドレスを記憶することで、更新し、

10

ＰＥ１は、更新したフォワーディングテーブルと端末情報テーブルを用いて、一時的に保存していた第１のパケットについて、宛先ＰＥ２のＭＡＣアドレス、送信元ＰＥ１のＭＡＣアドレス、ＶＰＮ番号、宛先端末２のＭＡＣアドレス、送信元ＰＥ１のＭＡＣアドレス、ＶＬＡＮ番号を含むヘッダを、第１のパケットに含まれるＩＰパケットに付加した第２のパケットを作成し、

ＰＥ１は、第２のパケットを、第１のネットワークを経由して端末２に向け送信する仮想ネットワーク接続方法。

#### 【請求項２】

請求項１記載の仮想ネットワーク接続方法であって、

ＰＥ１は、端末２から端末１に向けた第３のパケットを受信し、

20

ＰＥ１は、第３のパケットに基づき、ＶＰＮ番号及び宛先端末１のＩＰアドレスを用いてフォワーディングテーブルを検索し、次の転送先が第２のネットワークのネットワーク装置（ＣＥ１）である事を得て、ＣＥ１に関し端末情報テーブルを検索し、パケット転送に必要なエントリが存在しない場合はそのパケットを一時的に保存し、第２のネットワークに向けてＣＥ１に対してＡＲＰリクエストパケットを送信し、

ＰＥ１は、ＣＥ１から、ＡＲＰリクエストパケットに対する応答としてＡＲＰリプライパケットを受信し、

ＰＥ１は、ＡＲＰリプライパケットに基づき、端末情報テーブルに、ＶＰＮ番号に対して、ＶＬＡＮ番号及び宛先ＣＥ１のＩＰアドレス及びＭＡＣアドレスを記憶することで更新し、

30

ＰＥ１は、更新した端末情報テーブルを用いて、一時的に保存していた第３のパケットについて、宛先ＣＥ１のＭＡＣアドレス、送信元ＰＥ１のＭＡＣアドレス、ＶＬＡＮ番号を含むヘッダを、第３のパケットに含まれるＩＰパケットに付加した第４のパケットを作成し、

ＰＥ１は、第４のパケットを、ＣＥ１を経由して端末１に向け送信する仮想ネットワーク接続方法。

#### 【請求項３】

ＶＰＮを接続しＶＰＮの拠点間のパケット転送を行う第１のネットワークと、

端末１を有し、前記第１のネットワークにレイヤ３によって接続する第２のネットワークと、

40

端末２を有し、前記第１のネットワークにレイヤ２によって接続する第３のネットワークと

を備え、ＶＰＮを構成するネットワークシステムにおける仮想ネットワーク接続方法であって、

前記第２のネットワークを接続し、第１のネットワークに属する第１のネットワーク装置（ＰＥ１）を備え、

前記ＰＥ１は、

ＶＰＮ番号に対応して、宛先のＩＰアドレス、出力インターフェース（ＩＦ）、ネクストホップ、出力ラベルに対応して記憶するフォワーディングテーブルと、

ＶＰＮ番号に対応して、宛先のＩＰアドレス及びＭＡＣアドレスを記憶する端末情報テ

50

ーブルと、

V P N番号に対応して、V L A N番号、出力ラベル、入力ラベル、インターフェース ( I F ) を記憶するM P L S情報テーブルと、を備え、

P E 1は、端末1から端末2に向けたM P L Sの第1の packetsを受信し、

P E 1は、第1の packetsに基づき、V P N番号及び宛先端末2の I Pアドレスを用いてフォワーディングテーブルを検索し、 packets転送に必要な、出力 I F及び/又は宛先第2のネットワーク装置 ( P E 2 ) のM A Cアドレスが存在しない場合、第1の packetsを一時的に保存し、第1のネットワークを経由して端末2に対してA R Pリクエスト packetsを送信し、

P E 1は、端末2から、第1のネットワークを経由して、A R Pリクエスト packetsに対する応答としてA R Pリプライ packetsを受信し、

P E 1は、第1の packetsに含まれるM P L S情報の入力ラベルから、M P L S情報テーブルを検索して、出力ラベルを得て、

P E 1は、A R Pリプライ packetsに基づき、端末情報テーブルに、V P N番号に対する、V L A N番号及び宛先端末2の I Pアドレス及びM A Cアドレスを記憶することで、更新し、

P E 1は、更新したフォワーディングテーブルと端末情報テーブルを用いて、一時的に保存していた第1の packetsについて、M P L S情報、宛先端末2のM A Cアドレス、送信元P E 1のM A Cアドレス、V L A N番号を含むヘッダを、第1の packetsに含まれる I P packetsに付加した第2の packetsを作成し、

P E 1は、第2の packetsを、第1のネットワークを経由して端末2に向け送信する仮想ネットワーク接続方法。

#### 【請求項4】

請求項3記載の仮想ネットワーク接続方法であって、

P E 1は、端末2から端末1に向けたM P L Sの第3の packetsを受信し、

P E 1は、第3の packetsに基づき、M P L S情報テーブルを検索してインターフェース及びM P L S情報に含まれる入力ラベルによりV P N番号を求め、V P N番号及び第1の packetsに含まれる宛先端末1の I Pアドレスを用いてフォワーディングテーブルを検索し、次の転送先が第2のネットワークのネットワーク装置 ( C E 1 ) である事を得て、C E 1に関し端末情報テーブルを検索し、 packets転送に必要なエントリが存在しない場合はその packetsを一時的に保存し、第2のネットワークに向けてC E 1に対してA R Pリクエスト packetsを送信し、

P E 1は、C E 1から、A R Pリクエスト packetsに対する応答としてA R Pリプライ packetsを受信し、

P E 1は、A R Pリプライ packetsに基づき、端末情報テーブルに、V P N番号に対して、V L A N番号及び宛先C E 1の I Pアドレス及びM A Cアドレスを記憶することで更新し、

P E 1は、更新した端末情報テーブルを用いて、一時的に保存していた第3の packetsについて、宛先C E 1のM A Cアドレス、送信元P E 1のM A Cアドレス、V L A N番号を含むヘッダを、第3の packetsに含まれる I P packetsに付加した第4の packetsを作成し、

P E 1は、第4の packetsを、C E 1を経由して端末1に向け送信する仮想ネットワーク接続方法。

#### 【請求項5】

V P Nを構成するネットワークシステムにおいて、

V P Nを接続しV P Nの拠点間の packets転送を行う第1のネットワークと、

端末1を有し、前記第1のネットワークにレイヤ3によって接続する第2のネットワークと、

端末2を有し、前記第1のネットワークにレイヤ2によって接続する第3のネットワークと

10

20

30

40

50

を備え、前記第2のネットワークを接続し、第1のネットワークに属する第1のネットワーク装置（PE1）を備え、

前記PE1は、

VPN番号に対応して、宛先のIPアドレス、出力インターフェース（IF）、ネクストホップ、第1のネットワーク内で他のネットワークに接続される宛先ネットワーク装置（PE）のアドレスに対応して記憶するフォワーディングテーブルと、

VPN番号に対応して、宛先のIPアドレス及びMACアドレスを記憶する端末情報テーブルと、

を備え、

PE1は、端末1から端末2に向けた第1のパケットを受信し、

10

PE1は、第1のパケットに基づき、VPN番号及び宛先端末2のIPアドレスを用いてフォワーディングテーブルを検索し、パケット転送に必要な、出力IF及び/又は宛先第2のネットワーク装置（PE2）のMACアドレスが存在しない場合、第1のパケットを一時的に保存し、第1のネットワークを経由して端末2に対してARプリクエストパケットを送信し、

PE1は、端末2から、第1のネットワークを経由して、ARプリクエストパケットに対する応答としてARプライパケットを受信し、

PE1は、ARプライパケットに基づき、フォワーディングテーブルに、VPN番号及び宛先IPアドレスに対する、出力IF及び宛先PE2のMACアドレスを記憶し、また、端末情報テーブルに、VPN番号に対する、VLAN番号及び宛先端末2のIPアドレス及びMACアドレスを記憶することで、更新し、

20

PE1は、更新したフォワーディングテーブルと端末情報テーブルを用いて、一時的に保存していた第1のパケットについて、宛先PE2のMACアドレス、送信元PE1のMACアドレス、VPN番号、宛先端末2のMACアドレス、送信元PE1のMACアドレス、VLAN番号を含むヘッダを、第1のパケットに含まれるIPパケットに付加した第2のパケットを作成し、

PE1は、第2のパケットを、第1のネットワークを経由して端末2に向け送信し、

PE1は、端末2から端末1に向けた第3のパケットを受信し、

PE1は、第3のパケットに基づき、VPN番号及び宛先端末1のIPアドレスを用いてフォワーディングテーブルを検索し、次の転送先が第2のネットワークのネットワーク装置（CE1）である事を得て、CE1に関し端末情報テーブルを検索し、パケット転送に必要なエントリが存在しない場合はそのパケットを一時的に保存し、第2のネットワークに向けてCE1に対してARプリクエストパケットを送信し、

30

PE1は、CE1から、ARプリクエストパケットに対する応答としてARプライパケットを受信し、

PE1は、ARプライパケットに基づき、端末情報テーブルに、VPN番号に対して、VLAN番号及び宛先CE1のIPアドレス及びMACアドレスを記憶することで更新し、

PE1は、更新した端末情報テーブルを用いて、一時的に保存していた第3のパケットについて、宛先CE1のMACアドレス、送信元PE1のMACアドレス、VLAN番号を含むヘッダを、第3のパケットに含まれるIPパケットに付加した第4のパケットを作成し、

40

PE1は、第4のパケットを、CE1を経由して端末1に向け送信するネットワークシステム。

#### 【請求項6】

請求項5記載のネットワークシステムであって、

第1のネットワーク内で他のネットワークに接続される宛先ネットワーク装置（PE）のアドレスは、MACアドレスであって、

PE1は、前記宛先ネットワーク装置（PE）のアドレスが含まれるMAC-in-MACヘッダにしたがって前記第1のネットワークにパケットを送信する、ネットワークシス

50

テム。

【請求項 7】

請求項 5 記載のネットワークシステムであって、  
前記 P E 1 は、

さらに、V P N 番号に対応して、V L A N 番号、出力ラベル、入力ラベル、インターフェース ( I F ) を記憶する M P L S 情報テーブルと、  
を備え、

P E 1 は、第 1 のパケットに含まれる M P L S 情報の入力ラベルから、M P L S 情報テーブルを検索して、出力ラベルを得て、

P E 1 は、第 3 のパケットに基づき、M P L S 情報テーブルを検索してインターフェース及び M P L S 情報に含まれる入力ラベルにより V P N 番号を求め、前記求めた V P N 番号と前記第 3 のパケットに含まれる宛先端末 1 の I P アドレスを用いて前記フォワーディングテーブルが検索され、

P E 1 は、前記第 4 のパケットを作成する場合、さらに、更新したフォワーディングテーブルを用いて、一時的に保存していた第 3 のパケットについて、M P L S 情報、宛先端末 2 の M A C アドレス、送信元 P E 1 の M A C アドレス、V L A N 番号を含むヘッダを生成する、

ネットワークシステム。

【請求項 8】

V P N を接続し V P N の拠点間のパケット転送を行う第 1 のネットワークと、

端末 1 を有し、前記第 1 のネットワークにレイヤ 3 によって接続する第 2 のネットワークと、

端末 2 を有し、前記第 1 のネットワークにレイヤ 2 によって接続する第 3 のネットワークと

を備え、V P N を構成するネットワークシステムにおいて、

前記第 2 のネットワークを接続し、第 1 のネットワークに属するネットワーク装置 ( P E 1 ) であって、

前記ネットワーク装置は、

V P N 番号に対応して、宛先の I P アドレス、出力インターフェース ( I F ) 、ネクストホップ、宛先ネットワーク装置 ( P E ) の M A C アドレスを対応して記憶するフォワーディングテーブルと、

V P N 番号に対応して、宛先の I P アドレス及び M A C アドレスを記憶する端末情報テーブルと、

フォワーディングテーブル及び端末情報テーブルを用いて、パケットを転送処理する処理部と

を備え、

P E 1 は、端末 1 から端末 2 に向けた第 1 のパケットを受信し、

処理部は、第 1 のパケットに基づき、V P N 番号及び宛先端末 2 の I P アドレスを用いてフォワーディングテーブルを検索し、パケット転送に必要な、出力 I F 及び / 又は宛先第 2 のネットワーク装置 ( P E 2 ) の M A C アドレスが存在しない場合、第 1 のパケットを一時的に保存し、第 1 のネットワークを経由して端末 2 に対して A R P リクエストパケットを送信し、

処理部は、端末 2 から、第 1 のネットワークを経由して、A R P リクエストパケットに対する応答として A R P リプライパケットを受信し、

処理部は、A R P リプライパケットに基づき、フォワーディングテーブルに、V P N 番号及び宛先 I P アドレスに対する、出力 I F 及び宛先 P E 2 の M A C アドレスを記憶し、また、端末情報テーブルに、V P N 番号に対する、V L A N 番号及び宛先端末 2 の I P アドレス及び M A C アドレスを記憶することで、更新し、

処理部は、更新したフォワーディングテーブルと端末情報テーブルを用いて、一時的に

10

20

30

40

50

保存していた第1の packets について、宛先 P E 2 の M A C アドレス、送信元 P E 1 の M A C アドレス、V P N 番号、宛先端末2の M A C アドレス、送信元 P E 1 の M A C アドレス、V L A N 番号を含むヘッダを、第1の packets に含まれる I P packets に付加した第2の packets を作成し、

P E 1 は、第2の packets を、第1のネットワークを経由して端末2に向け送信するネットワーク装置。

【請求項9】

V P N を接続し V P N の拠点間の packets 転送を行う第1のネットワークと、

端末1を有し、前記第1のネットワークにレイヤ3によって接続する第2のネットワークと、

端末2を有し、前記第1のネットワークにレイヤ2によって接続する第3のネットワークと

を備え、V P N を構成するネットワークシステムにおいて、

前記第2のネットワークを接続し、第1のネットワークに属するネットワーク装置 ( P E 1 ) であって、

前記 P E 1 は、

V P N 番号に対応して、宛先の I P アドレス、出力インターフェース ( I F )、ネクストホップ、宛先ネットワーク装置 ( P E ) の M A C アドレスに対応して記憶するフォーワーディングテーブルと、

V P N 番号に対応して、宛先の I P アドレス及び M A C アドレスを記憶する端末情報テーブルと、

フォーワーディングテーブル及び端末情報テーブルを用いて、packets を転送処理する処理部と

を備え、

処理部は、端末2から端末1に向けた第1の packets を受信し、

処理部は、第1の packets に基づき、V P N 番号及び宛先端末1の I P アドレスを用いてフォーワーディングテーブルを検索し、次の転送先が第2のネットワークのネットワーク装置 ( C E 1 ) である事を得て、C E 1 に関し端末情報テーブルを検索し、packets 転送に必要なエントリが存在しない場合はその packets を一時的に保存し、第2のネットワークに向けて C E 1 に対して A R P リクエスト packets を送信し、

処理部は、C E 1 から、A R P リクエスト packets に対する応答として A R P リプライ packets を受信し、

処理部は、A R P リプライ packets に基づき、端末情報テーブルに、V P N 番号に対して、V L A N 番号及び宛先 C E 1 の I P アドレス及び M A C アドレスを記憶することで更新し、

処理部は、更新した端末情報テーブルを用いて、一時的に保存していた第1の packets について、宛先 C E 1 の M A C アドレス、送信元 P E 1 の M A C アドレス、V L A N 番号を含むヘッダを、第1の packets に含まれる I P packets に付加した第2の packets を作成し、

P E 1 は、第2の packets を、C E 1 を経由して端末1に向け送信するネットワーク装置。

【請求項10】

V P N を接続し V P N の拠点間の packets 転送を行う第1のネットワークと、

端末1を有し、前記第1のネットワークにレイヤ3によって接続する第2のネットワークと、

端末2を有し、前記第1のネットワークにレイヤ2によって接続する第3のネットワークと

を備え、V P N を構成するネットワークシステムにおいて、

前記第2のネットワークを接続し、第1のネットワークに属するネットワーク装置 ( P E 1 ) であって、

前記 P E 1 は、

V P N 番号に対応して、宛先の I P アドレス、出力インターフェース ( I F )、ネクストホップ、出力ラベルを対応して記憶するフォワーディングテーブルと、

V P N 番号に対応して、宛先の I P アドレス及び M A C アドレスを記憶する端末情報テーブルと、

V P N 番号に対応して、V L A N 番号、出力ラベル、入力ラベル、インターフェース ( I F ) を記憶する M P L S 情報テーブルと、

フォワーディングテーブル及び端末情報テーブルを用いて、パケットを転送処理する処理部とを備え、

P E 1 は、端末 1 から端末 2 に向けた M P L S の第 1 のパケットを受信し、

10

処理部は、第 1 のパケットに基づき、V P N 番号及び宛先端末 2 の I P アドレスを用いてフォワーディングテーブルを検索し、パケット転送に必要な、出力 I F 及び / 又は宛先第 2 のネットワーク装置 ( P E 2 ) の M A C アドレスが存在しない場合、第 1 のパケットを一時的に保存し、第 1 のネットワークを経由して端末 2 に対して A R P リクエストパケットを送信し、

処理部は、端末 2 から、第 1 のネットワークを経由して、A R P リクエストパケットに対する応答として A R P リプライパケットを受信し、

処理部は、第 1 のパケットに含まれる M P L S 情報の入力ラベルから、M P L S 情報テーブルを検索して、出力ラベルを得て、

処理部は、A R P リプライパケットに基づき、端末情報テーブルに、V P N 番号に対する、V L A N 番号及び宛先端末 2 の I P アドレス及び M A C アドレスを記憶することで、更新し、

20

処理部は、更新したフォワーディングテーブルと端末情報テーブルを用いて、一時的に保存していた第 1 のパケットについて、M P L S 情報、宛先端末 2 の M A C アドレス、送信元 P E 1 の M A C アドレス、V L A N 番号を含むヘッダを、第 1 のパケットに含まれる I P パケットに付加した第 2 のパケットを作成し、

P E 1 は、第 2 のパケットを、第 1 のネットワークを経由して端末 2 に向け送信し、

端末 2 から端末 1 に向けた M P L S の第 3 のパケットを受信し、

処理部は、第 3 のパケットに基づき、M P L S 情報テーブルを検索してインターフェース及び M P L S 情報に含まれる入力ラベルにより V P N 番号を求め、V P N 番号及び第 1 のパケットに含まれる宛先端末 1 の I P アドレスを用いてフォワーディングテーブルを検索し、次の転送先が第 2 のネットワークのネットワーク装置 ( C E 1 ) である事を得て、C E 1 に関し端末情報テーブルを検索し、パケット転送に必要なエントリが存在しない場合はそのパケットを一時的に保存し、第 2 のネットワークに向けて C E 1 に対して A R P リクエストパケットを送信し、

30

処理部は、C E 1 から、A R P リクエストパケットに対する応答として A R P リプライパケットを受信し、

処理部は、A R P リプライパケットに基づき、端末情報テーブルに、V P N 番号に対して、V L A N 番号及び宛先 C E 1 の I P アドレス及び M A C アドレスを記憶することで更新し、

40

処理部は、更新した端末情報テーブルを用いて、一時的に保存していた第 3 のパケットについて、宛先 C E 1 の M A C アドレス、送信元 P E 1 の M A C アドレス、V L A N 番号を含むヘッダを、第 3 のパケットに含まれる I P パケットに付加した第 4 のパケットを作成し、

P E 1 は、第 4 のパケットを、C E 1 を経由して端末 1 に向け送信するネットワーク装置。

#### 【請求項 11】

請求項 6 に記載のネットワークシステムにおいて、

P E 1 は、A R P リクエストパケットを作成する際、

50

VPN番号と宛先IPアドレスに対応するVLAN番号を得て、宛先PEのMACアドレスをブロードキャストアドレスとし、送信元PEのMACアドレスをPE1のMACアドレスとし、VPN情報を取得したVPN番号とし、宛先ユーザのMACアドレスをブロードキャストアドレスとし、送信元ユーザのMACアドレスをPE1のMACアドレスとし、VLAN番号を含むヘッダを作成し、IPパケットを宛先IPアドレスのARP解決を要求するためのARPパケットのフォーマットとして、前記ヘッダを付加することにより、ARPリクエストパケットを作成することを特徴とするネットワークシステム。

【請求項12】

請求項6に記載のネットワークシステムにおいて、

フォワーディングテーブル及び端末情報テーブルの更新後、端末1が端末2に向けて送信する第5のパケットは、PE1が、更新されたフォワーディングテーブル及び/又は端末情報テーブルを検索することで必要なエントリを得ることで、ARPによる隣接探索は行わずパケット処理を行い、第6のパケットを作成し、端末2に向けて送信することを特徴とするネットワークシステム。

【請求項13】

請求項6に記載のネットワークシステムにおいて、

PE1は、端末1から第1のパケットを受信すると、パケットを受信したインタフェースIF1に該当するVPN番号と、第1のパケットのIPパケットに含まれる宛先端末2の宛先IPアドレスを取得し、

PE1は、取得したVPN番号と宛先IPアドレスを用いて、フォワーディングテーブルを検索し、該当するエントリの出力インタフェース番号及び/又は宛先PEのMACアドレスが未定である場合、PE1は、隣接探索を行うため、第1のパケットを一時的に保存し、ARPリクエストパケットを作成し、ARPリクエストパケットを、第1のネットワークに向けて送信し、

PE1は、端末2からARPリプライパケットをインタフェースIF2から受信すると、端末情報テーブルに、ARPリプライパケットに含まれる、端末2の所属するVPN番号及び端末2の所属するVLAN番号、端末2のIPアドレス、端末2のMACアドレスを、対応して記憶し、また、フォワーディングテーブルに、ARPリプライパケットに含まれる、端末2の所属するVPN番号、端末2のIPアドレス、PE2のMACアドレス、ARPリプライパケットを受信したインタフェースIF2を、対応して記憶し、

PE1は、第1のパケットから取得したVPN番号と宛先端末2のIPアドレスに基づき、宛先PEのMACアドレスをフォワーディングテーブルに格納されているPE2のMACアドレスとし、送信元PEのMACアドレスをPE1のMACアドレスとし、VPN番号情報を取得したVPN番号とし、宛先ユーザMACアドレスを端末情報テーブルに格納されている端末2のMACアドレスとし、送信元ユーザMACアドレスをPE1のMACアドレスとし、ユーザVLAN Tagを端末情報テーブルに格納されている端末2の所属するVLAN番号とし、IPパケットを第1のパケットから変更しないことにより、第2のパケットを作成し、

PE1は、作成した第2のパケットを、第1のネットワークに接続しているインタフェースであるIF2に向けて送信し、

PE1が、端末2から第3のパケットを受信すると、パケットを受信したインタフェースIF2に該当する、VPN番号と宛先端末1の宛先IPアドレスを取得し、

PE1は、取得したVPN番号と宛先IPアドレスを用いて、フォワーディングテーブルを検索し、パケットの転送先が出力インタフェース番号がIF1であり、ネクストホップ情報がCE1のIPアドレスであることを求め、

パケットの転送先であるCE1のMACアドレスを求めるために、端末情報テーブルをVPN番号とCE1のIPアドレスにて検索するが、エントリが存在しない場合、第1のパケットを一時的に保存し、ARPリクエストパケットを作成し、作成したARPリクエストパケットを、インタフェースIF1に向けて送信し、

10

20

30

40

50



P E 1 は、A R P リプライパケットを I F 1 から受信し、

P E 1 は、端末情報テーブルに、C E 1 の所属する V P N 番号に対して、A P R リプライパケット P に含まれる、C E 1 の所属する V L A N 番号、C E 1 の I P アドレス、C E 1 の M A C アドレスを記憶し、

P E 1 は、受信したパケットから取得した V P N 番号と宛先 I P アドレスに基づき、フォワーディングテーブルを検索し、パケットの転送先インタフェース I F 1 と、ネクストホップの C E 1 の I P アドレスを得て、V P N 番号と C E 1 の I P アドレスを用いて、端末情報テーブルを検索し、V L A N 番号と C E 1 の M A C アドレスを求め、

P E 1 は、宛先ユーザ M A C アドレスを端末情報テーブルに格納されている C E 1 の M A C アドレスとし、送信元ユーザ M A C アドレスを P E 1 の M A C アドレスとし、ユーザ V L A N T a g を端末情報テーブルに格納されている C E 1 の所属する V L A N 番号とし、I P パケットは前記第 3 のパケットから変更しないことにより、第 4 のパケットを作成し、

P E 1 は、作成した第 4 のパケットを、第 2 のネットワークに接続しているインタフェースである I F 1 に向けて送信する

ことを特徴とするネットワークシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、仮想ネットワーク接続方法、ネットワークシステム及び装置に係り、特に、ネットワーク同士を接続する仮想ネットワーク接続方法、ネットワークシステム及び装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、離れた拠点にあるネットワーク（以下、拠点ネットワークと呼ぶ）において、サービスプロバイダのネットワーク（以下、コアネットワークと呼ぶ）を利用してそれらのネットワーク同士を接続する V P N（V i r t u a l P r i v a t e N e t w o r k）という技術が知られている。サービスプロバイダは、コアネットワークにおいて複数の顧客の拠点ネットワーク間を接続し、かつ、異なる顧客間での通信を不可能とすることで、顧客毎に独立したネットワークを構築するサービスを提供している。

【0003】

コアネットワークを用いて拠点ネットワーク間を接続するための技術として、非特許文献 1 に示される P B B（P r o v i d e r B a c k b o n e B r i d g e s）に代表される M A C - i n - M A C（M A C : M e d i a A c c e s s C o n t r o l）と呼ばれる技術や、非特許文献 2 に示される M P L S（M u l t i P r o t o c o l L a b e l S w i t c h i n g）、非特許文献 3 に示される V P L S（V i r t u a l P r i v a t e L A N S e r v i c e）がある。

M A C - i n - M A C は、顧客の拠点ネットワークとサービスプロバイダの間をレイヤ 2（O S I 参照モデルにおける第 2 層）によって接続し、拠点ネットワーク間でレイヤ 2 による通信を可能とする技術である。コアネットワーク内はレイヤ 2 の技術により、ユニキャスト、フラッドイング、マルチキャスト、ブロードキャストの転送を行う。ある拠点ネットワークからサービスプロバイダのエッジ装置（顧客の拠点ネットワークと接続するサービスプロバイダの装置）に到達したパケットに対し、サービスプロバイダの装置はそのパケット M A C - i n - M A C のフォーマットのレイヤ 2 ヘッダを追加し、コアネットワーク内はその追加したヘッダを用いてパケットを転送し、最後にコアネットワークの出口となるエッジ装置で拠点ネットワークにパケットを渡す際に、追加したレイヤ 2 ヘッダを削除し、宛先の拠点ネットワークにパケットを届ける。顧客のパケットのレイヤ 2 ヘッダとレイヤ 3 以上の情報を変更せずに転送することで、拠点ネットワーク間でレイヤ 2 通

10

20

30

40

50

信を可能とする点が特徴である。サービスプロバイダと拠点ネットワークの接続においてレイヤ3に依存しない。MAC-in-MACは、コアネットワーク内の拠点間パケット転送のために特別なプロトコルを用いない点で、MPLSと比較し低コストでネットワーク運用や管理を行うことができ、また、装置のコストも比較的安価である事が多い。ただし、コアネットワークのエッジ装置ではMACアドレス学習などのレイヤ2の全ての情報を保持する必要がある、大容量の情報を保持可能な装置である必要がある。

#### 【0004】

MPLSは、顧客の拠点ネットワークとサービスプロバイダの間を接続する方法として、非特許文献2に示されるレイヤ3（OSI参照モデルにおける第3層）による方法と、非特許文献3に示されるレイヤ2による方法があり、それぞれレイヤ3接続のネットワーク間の接続、レイヤ2接続のネットワーク間の接続を可能としている。MPLSはコアネットワーク内において、コアネットワーク内での宛先を示す第1ラベルと、拠点ネットワークの宛先を示す第2ラベルの2つをBGP（Border Gateway Protocol）を用いたプロトコルによって決定し、そのラベルを用いてコアネットワーク内のパケット転送を行う。ある拠点ネットワークからサービスプロバイダのエッジ装置に到達したパケットに対し、サービスプロバイダの装置はそのパケットに第1ラベル、第2ラベルを含むMPLSヘッダを追加し、コアネットワーク内はその追加したヘッダを用いてパケットを転送し、最後に出口となるエッジ装置で拠点ネットワークにパケットを渡す際に、追加したMPLSヘッダを削除し、宛先の拠点ネットワークにパケットを届ける。レイヤ3による接続の場合は顧客の拠点間のルーティングをサービスプロバイダが仲介することで顧客のレイヤ3接続を容易にしている事が特徴のひとつであり、レイヤ2による接続の場合は顧客のパケットに対しレイヤ2ヘッダとレイヤ3以上の情報を全く変更せずに転送することで、拠点ネットワーク間でレイヤ2通信を可能とする点が特徴のひとつである。その場合サービスプロバイダと拠点ネットワークの接続においてレイヤ3に依存しない。MPLSは、コアネットワーク内の拠点間パケット転送のためにBGPやMPLSのプロトコルを用いている点で、複雑なプロトコルの運用や管理を行う必要があり高コストになりやすく、装置のコストも比較的高価である事が多い。また、コアネットワークのエッジ装置ではラベル情報を含む多くの情報を保持する必要がある、大容量の情報を保持可能な装置である必要がある。

#### 【0005】

MAC-in-MACやMPLSによるVPNは、顧客の拠点ネットワークとサービスプロバイダのコアネットワークとの間の接続において、接続する形態がレイヤ3による接続かレイヤ2による接続かのいずれかに統一してVPNを構成する必要がある。

#### 【先行技術文献】

##### 【非特許文献】

#### 【0006】

【非特許文献1】IEEE 802.1 ah Provider Backbone Bridges

【非特許文献2】RFC 4364 BGP/MPLS IP Virtual Private Networks

【非特許文献3】RFC 4762 Virtual Private LAN Service (VPLS) Using Label Distribution Protocol (LDP) Signaling

##### 【発明の概要】

##### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0007】

本発明の1つ目の課題は、上述したMAC-in-MACやMPLSによるVPNは、顧客の拠点ネットワークとサービスプロバイダ間の接続において、全ての拠点ネットワークの接続をレイヤ3とするか、もしくは全ての拠点ネットワークの接続をレイヤ2とする

か、いずれかに統一する必要があるという課題である。このように、従来は、いずれかを選択する必要があるが、一般に、ネットワーク構成の選択における自由度が低い。1つ目の課題は、具体的には、ある拠点ネットワークはレイヤ3での接続を行い、ある拠点ネットワークはレイヤ2での接続を行い、それらを相互に接続するといった構成ができないという課題である。したがって、たとえば、ある拠点ネットワークのレイヤ3のルーティングはサービスプロバイダが仲介することで顧客の運用や管理を容易にし、別の拠点ネットワークではレイヤ2による接続によってレイヤ3に依存しない構成とする、といった構成が組めないという課題が発生する。

上記に加えて、ある顧客がレイヤ3による接続からレイヤ2による接続に切り替えを行う必要が生じた場合やその逆の場合に、拠点ネットワーク毎に順次変更するといった事はできず、ネットワーク全体を一斉に切り替える必要があるが、切り替えを行う際に全体を一旦停止しなければならないため作業の影響が大きいという課題が発生する。

10

#### 【0008】

本発明の2つ目の課題は、MAC-in-MACによるVPNは、サービスプロバイダのエッジ装置が、コアネットワークを介した別の拠点ネットワークを含み全てのMACアドレス学習などの情報を保持する必要があるが、大容量の情報を保持可能な装置が必要があるため、エッジ装置の装置コストを下げるのが困難であるという課題である。同時に、MPLSのエッジ装置においても同様に、コアネットワークを介した別の拠点ネットワークを含む全ての情報を保持可能な装置である必要があるため、大容量の情報を保持可能な装置が必要であるため、エッジ装置の装置コストを下げるのが困難であるという課題もある。

20

#### 【0009】

本発明の目的のひとつは、上記の課題を解決し、レイヤ3によってコアネットワークに接続した拠点ネットワークとレイヤ2によってコアネットワークに接続した拠点ネットワークとの間の通信を可能とし、レイヤ3による接続方法とレイヤ2による接続方法を自由に選択可能とすることである。また、それによって、レイヤ3による接続とレイヤ2による接続を切り替える必要が生じた場合に部分的な変更を可能にし全体の停止を回避することである。

本発明の別の目的は、MAC-in-MACやMPLSにおいてエッジ装置が保持しなければならない情報量を削減し、エッジ装置の装置コストを下げる事を可能にすることである。

30

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0010】

本発明は、上述の課題の少なくとも一部を解決するためになされたものであり、以下の形態又は適用例として実現することが可能である。

#### 【0011】

#### [適用例1]

VPNを接続しVPNの拠点間のパケット転送を行う第1のネットワークと、前記第1のネットワークにレイヤ3によって接続する第2のネットワークと、前記第1のネットワークにレイヤ2によって接続する第3のネットワークとがVPNを構成するネットワークにおいて、前記第2のネットワークを接続する第1のネットワークに属するネットワーク装置であって、第3のネットワークに属する宛先に対し第1のネットワークを経由して宛先のアドレス探索を行い宛先の情報を保存し、同時に、宛先への中継点となる第3のネットワークを接続する第1のネットワークに属するネットワーク装置の情報と宛先の情報との対応を保存する第4の機能と、第3のネットワークに属する宛先の情報と、第3のネットワークを接続する第1のネットワークに属するネットワーク装置の宛先の情報との2つを同時にパケットに格納する第5の機能と、を備え、第3のネットワークに属する宛先にパケットを送付する際に、レイヤ3によるパケット転送処理を行い、前記第4の機能による宛先の情報と宛先への中継点となる第3のネットワークを接続する第1のネットワークに属するネットワーク装置の情報とを用いて、前記第5の機能により第3のネットワーク

40

50

を接続する第1のネットワークに属するネットワーク装置の情報とパケットの宛先の情報の2つを同時にパケットの宛先情報に格納し、パケット転送を行う、ネットワーク装置。

【0012】

適用例1のネットワーク装置では、レイヤ3によってコアネットワークに接続した拠点ネットワークとレイヤ2によってコアネットワークに接続した拠点ネットワークとの間の通信を可能とすることで、レイヤ3による接続方法とレイヤ2による接続方法とを自由に選択可能になる。また、それによって、レイヤ3による接続とレイヤ2による接続を切り替える必要が生じた場合に部分的な変更を可能にし全体の停止を回避することができる。

【0013】

[適用例2]

適用例1に記載のネットワーク装置であって、前記第1のネットワークはMAC-in-MACによりVPNを接続するネットワークであって、前記第4の機能のアドレス探索による宛先の情報はMACアドレス情報であって、宛先への中継点となる第3のネットワークを接続する第1のネットワークに属するネットワーク装置の情報と宛先の情報との対応とは、宛先のアドレス探索のパケットのMAC-in-MACヘッダの送信元MACアドレスと宛先のIPアドレスとの対応であって、第3のネットワークに属する宛先にパケットを送付する際に、レイヤ3によるパケット転送処理を行い、前記第4の機能による宛先のアドレス探索のパケットのMAC-in-MACヘッダの送信元MACアドレスと、宛先のMACアドレスを用いて、前記第5の機能により2つの情報を同時にパケットの宛先情報に格納し、パケット転送を行う、ネットワーク装置。

【0014】

適用例2のネットワーク装置では、適用例1に示した構成において、コアネットワークにMAC-in-MACの方式を用いることが可能となる。MAC-in-MACは、コアネットワーク内の拠点間パケット転送のために特別なプロトコルを用いない点で、比較的低コストでネットワーク運用や管理を行うことができ、また、装置のコストも比較的安価にネットワークを構築することができる。また、このような構成により、レイヤ2による通信を対象としたMAC-in-MACネットワークにレイヤ3のVPNを接続することが可能となる。

【0015】

[適用例3]

適用例1に記載のネットワーク装置であって、前記第1のネットワークはMPLSによりVPNを接続するネットワークであって、前記第4の機能のアドレス探索による宛先の情報はMACアドレスであって、宛先への中継点となる第3のネットワークを接続する第1のネットワークに属するネットワーク装置の情報と宛先の情報との対応とは、宛先のアドレス探索のパケットの入力ラベル情報と宛先のIPアドレスとの対応であって、第3のネットワークに属する宛先にパケットを送付する際に、レイヤ3によるパケット転送処理を行い、前記第4の機能による入力ラベルと対応する出力ラベルと、宛先のMACアドレスを用いて、前記第5の機能により2つの情報を同時にパケットの宛先情報に格納し、パケット転送を行う、ネットワーク装置。

【0016】

[適用例4]

適用例3のネットワーク装置では、適用例1に示した構成において、コアネットワークにMPLSの方式を用いることが可能となる。MPLSで構築したレイヤ3のVPNもしくはレイヤ2のVPNに対し、それぞれ違う方式のVPNを追加で接続することが可能になる。

【0016】

[適用例4]

適用例1に記載のネットワーク装置であって、第5の機能においてレイヤ3によるパケット転送処理を行う際に、IPヘッダを一切変更しない、ネットワーク装置。

適用例4のネットワーク装置では、適用例1に示した構成において、レイヤ2のVPN

10

20

30

40

50

同士の通信を行う場合に、上記ネットワーク装置を経由したパケットを中継を行うことで、レイヤ2のVPNを接続するネットワーク装置は通信先の情報を保持する必要がなく、MAC-in-MACやMPLSにおいてエッジ装置が保持しなければならない情報量を削減することができ、エッジ装置の装置コストを下げる事を可能にする。

【0017】

[適用例5]

ネットワークシステムであって、VPNを接続しVPNの拠点間のパケット転送を行う第1のネットワークと、前記第1のネットワークにレイヤ3によって接続する第2のネットワークと、前記第1のネットワークにレイヤ2によって接続する第3のネットワークとがVPNを構成するネットワークと、前記第2のネットワークを接続する第1のネットワークに属するネットワーク装置であって、第3のネットワークに属する宛先に対し第1のネットワークを経由して宛先のアドレス探索を行い宛先の情報を保存し、同時に、宛先への中継点となる第3のネットワークを接続する第1のネットワークに属するネットワーク装置の宛先の情報と宛先の情報との対応を保存する第4の機能と、第3のネットワークに属する宛先の情報と、第3のネットワークを接続する第1のネットワークに属するネットワーク装置の宛先の情報との2つを同時にパケットに格納し、レイヤ3によるパケット転送処理を行い、前記第4の機能による宛先の情報と宛先への中継点となる第3のネットワークを接続する第1のネットワークに属するネットワーク装置の宛先の情報とを用いて、第3のネットワークを接続する第1のネットワークに属するネットワーク装置の宛先の情報とパケットの宛先の情報の2つを同時にパケットの宛先情報に格納し、パケット転送を行う、第5の機能と

10

20

を有するネットワーク装置と、を備える、ネットワークシステム。

【0018】

適用例5のネットワークシステムでは、レイヤ3によってコアネットワークに接続した拠点ネットワークとレイヤ2によってコアネットワークに接続した拠点ネットワークとの間の通信を可能とすることで、レイヤ3による接続方法とレイヤ2による接続方法とを自由に選択可能になる。また、それによって、レイヤ3による接続とレイヤ2による接続を切り替える必要が生じた場合に部分的な変更を可能にし全体の停止を回避することができる。

【0019】

30

本発明の第1の解決手段によると、

VPNを接続しVPNの拠点間のパケット転送を行う第1のネットワークと、

端末1を有し、前記第1のネットワークにレイヤ3によって接続する第2のネットワークと、

端末2を有し、前記第1のネットワークにレイヤ2によって接続する第3のネットワークと

を備え、VPNを構成するネットワークシステム、及び、仮想ネットワーク接続方法であって、

前記第2のネットワークを接続し、第1のネットワークに属する第1のネットワーク装置(PE1)を備え、

40

前記PE1は、

VPN番号に対応して、宛先のIPアドレス、出力インターフェース(IF)、ネクストホップ、宛先ネットワーク装置(PE)のMACアドレスを対応して記憶するフォワーディングテーブルと、

VPN番号に対応して、宛先のIPアドレス及びMACアドレスを記憶する端末情報テーブルと、

を備え、

PE1は、端末1から端末2に向けた第1のパケットを受信し、

PE1は、第1のパケットに基づき、VPN番号及び宛先端末2のIPアドレスを用いてフォワーディングテーブルを検索し、パケット転送に必要な、出力IF及び/又は宛先

50

第2のネットワーク装置(P E 2)のM A Cアドレスが存在しない場合、第1の packets を一時的に保存し、第1のネットワークを経由して端末2に対してA R Pリクエスト packets を送信し、

P E 1は、端末2から、第1のネットワークを経由して、A R Pリクエスト packets に対する応答としてA R Pリプライ packets を受信し、

P E 1は、A R Pリプライ packets に基づき、フォワーディングテーブルに、V P N 番号及び宛先I Pアドレスに対する、出力I F及び宛先P E 2のM A Cアドレスを記憶し、また、端末情報テーブルに、V P N 番号に対する、V L A N 番号及び宛先端末2のI P アドレス及びM A Cアドレスを記憶することで、更新し、

P E 1は、更新したフォワーディングテーブルと端末情報テーブルを用いて、一時的に保存していた第1の packets について、宛先P E 2のM A Cアドレス、送信元P E 1のM A Cアドレス、V P N 番号、宛先端末2のM A Cアドレス、送信元P E 1のM A Cアドレス、V L A N 番号を含むヘッダを、第1の packets に含まれるI P packets に付加した第2の packets を作成し、

P E 1は、第2の packets を、第1のネットワークを経由して端末2に向け送信するネットワークシステム、及び、仮想ネットワーク接続方法が提供される。

【0020】

本発明の第2の解決手段によると、

V P Nを接続しV P Nの拠点間の packets 転送を行う第1のネットワークと、

端末1を有し、前記第1のネットワークにレイヤ3によって接続する第2のネットワークと、

端末2を有し、前記第1のネットワークにレイヤ2によって接続する第3のネットワークと

を備え、V P Nを構成するネットワークシステムにおける仮想ネットワーク接続方法であって、

前記第2のネットワークを接続し、第1のネットワークに属する第1のネットワーク装置(P E 1)を備え、

前記P E 1は、

V P N 番号に対応して、宛先のI Pアドレス、出力インターフェース(I F)、ネクストホップ、宛先ネットワーク装置(P E)のM A Cアドレスを対応して記憶するフォワーディングテーブルと、

V P N 番号に対応して、宛先のI Pアドレス及びM A Cアドレスを記憶する端末情報テーブルと、

を備え、

P E 1は、端末2から端末1に向けた第1の packets を受信し、

P E 1は、第1の packets に基づき、V P N 番号及び宛先端末1のI Pアドレスを用いてフォワーディングテーブルを検索し、次の転送先が第3のネットワークのネットワーク装置(C E 1)である事を得て、C E 1に関し端末情報テーブルを検索し、 packets 転送に必要なエントリが存在しない場合はその packets を一時的に保存し、第2のネットワークに向けてC E 1に対してA R Pリクエスト packets を送信し、

P E 1は、C E 1から、A R Pリクエスト packets に対する応答としてA R Pリプライ packets を受信し、

P E 1は、A R Pリプライ packets に基づき、端末情報テーブルに、V P N 番号に対して、V L A N 番号及び宛先C E 1のI Pアドレス及びM A Cアドレスを記憶することで更新し、

P E 1は、更新した端末情報テーブルを用いて、一時的に保存していた第1の packets について、宛先C E 1のM A Cアドレス、送信元P E 1のM A Cアドレス、V L A N 番号を含むヘッダを、第1の packets に含まれるI P packets に付加した第2の packets を作成し、

P E 1は、第2の packets を、C E 1を経由して端末1に向け送信する

ネットワークシステム、及び、仮想ネットワーク接続方法が提供される。

【 0 0 2 1 】

本発明の第 3 の解決手段によると、

V P N を接続し V P N の拠点間のパケット転送を行う第 1 のネットワークと、

端末 1 を有し、前記第 1 のネットワークにレイヤ 3 によって接続する第 2 のネットワークと、

端末 2 を有し、前記第 1 のネットワークにレイヤ 2 によって接続する第 3 のネットワークと

を備え、V P N を構成するネットワークシステムにおける仮想ネットワーク接続方法であって、

前記第 2 のネットワークを接続し、第 1 のネットワークに属する第 1 のネットワーク装置 ( P E 1 ) を備え、

前記 P E 1 は、

V P N 番号に対応して、宛先の I P アドレス、出力インターフェース ( I F )、ネクストホップ、出力ラベルを対応して記憶するフォワーディングテーブルと、

V P N 番号に対応して、宛先の I P アドレス及び M A C アドレスを記憶する端末情報テーブルと、

V P N 番号に対応して、V L A N 番号、出力ラベル、入力ラベル、インターフェース ( I F ) を記憶する M P L S 情報テーブルと、

を備え、

P E 1 は、端末 1 から端末 2 に向けた M P L S の第 1 のパケットを受信し、

P E 1 は、第 1 のパケットに基づき、V P N 番号及び宛先端末 2 の I P アドレスを用いてフォワーディングテーブルを検索し、パケット転送に必要な、出力 I F 及び / 又は宛先第 2 のネットワーク装置 ( P E 2 ) の M A C アドレスが存在しない場合、第 1 のパケットを一時的に保存し、第 1 のネットワークを経由して端末 2 に対して A R P リクエストパケットを送信し、

P E 1 は、端末 2 から、第 1 のネットワークを経由して、A R P リクエストパケットに対する応答として A R P リプライパケットを受信し、

P E 1 は、第 1 のパケットに含まれる M P L S 情報の入力ラベルから、M P L S 情報テーブルを検索して、出力ラベルを得て、

P E 1 は、A R P リプライパケットに基づき、端末情報テーブルに、V P N 番号に対する、V L A N 番号及び宛先端末 2 の I P アドレス及び M A C アドレスを記憶することで、更新し、

P E 1 は、更新したフォワーディングテーブルと端末情報テーブルを用いて、一時的に保存していた第 1 のパケットについて、M P L S 情報、宛先端末 2 の M A C アドレス、送信元 P E 1 の M A C アドレス、V L A N 番号を含むヘッダを、第 1 のパケットに含まれる I P パケットに付加した第 2 のパケットを作成し、

P E 1 は、第 2 のパケットを、第 1 のネットワークを経由して端末 2 に向け送信するネットワークシステム、及び、仮想ネットワーク接続方法が提供される。

【 0 0 2 2 】

本発明の第 4 の解決手段によると、

V P N を接続し V P N の拠点間のパケット転送を行う第 1 のネットワークと、

端末 1 を有し、前記第 1 のネットワークにレイヤ 3 によって接続する第 2 のネットワークと、

端末 2 を有し、前記第 1 のネットワークにレイヤ 2 によって接続する第 3 のネットワークと

を備え、V P N を構成するネットワークシステムにおける仮想ネットワーク接続方法であって、

前記第 2 のネットワークを接続し、第 1 のネットワークに属する第 1 のネットワーク装置 ( P E 1 ) を備え、

前記 P E 1 は、

V P N 番号に対応して、宛先端末の I P アドレス、出力インターフェース ( I F )、ネクストホップ、宛先ネットワーク装置 ( P E ) の M A C アドレスを対応して記憶するフォワーディングテーブルと、

V P N 番号に対応して、宛先の I P アドレス及び M A C アドレスを記憶する端末情報テーブルと、

V P N 番号に対応して、V L A N 番号、出力ラベル、入力ラベル、インターフェース ( I F ) を記憶する M P L S 情報テーブルと、

を備え、

P E 1 は、端末 2 から端末 1 に向けた M P L S の第 1 のパケットを受信し、

10

P E 1 は、第 1 のパケットに基づき、M P L S 情報テーブルを検索してインターフェース及び M P L S 情報に含まれる入力ラベルにより V P N 番号を求め、V P N 番号及び第 1 のパケットに含まれる宛先端末 1 の I P アドレスを用いてフォワーディングテーブルを検索し、次の転送先が第 3 のネットワークのネットワーク装置 ( C E 1 ) である事を得て、C E 1 に関し端末情報テーブルを検索し、パケット転送に必要なエントリが存在しない場合はそのパケットを一時的に保存し、第 2 のネットワークに向けて C E 1 に対して A R P リクエストパケットを送信し、

P E 1 は、C E 1 から、A R P リクエストパケットに対する応答として A R P リプライパケットを受信し、

P E 1 は、A R P リプライパケットに基づき、端末情報テーブルに、V P N 番号に対して、V L A N 番号及び宛先 C E 1 の I P アドレス及び M A C アドレスを記憶することで更新し、

20

P E 1 は、更新した端末情報テーブルを用いて、一時的に保存していた第 1 のパケットについて、宛先 C E 1 の M A C アドレス、送信元 P E 1 の M A C アドレス、V L A N 番号を含むヘッダを、第 1 のパケットに含まれる I P パケットに付加した第 2 のパケットを作成し、

P E 1 は、第 2 のパケットを、C E 1 を経由して端末 1 に向け送信するネットワークシステム、及び、仮想ネットワーク接続方法が提供される。

【 0 0 2 3 】

本発明の第 5 の解決手段によると、

30

V P N を接続し V P N の拠点間のパケット転送を行う第 1 のネットワークと、

端末 1 を有し、前記第 1 のネットワークにレイヤ 3 によって接続する第 2 のネットワークと、

端末 2 を有し、前記第 1 のネットワークにレイヤ 2 によって接続する第 3 のネットワークと

を備え、V P N を構成するネットワークシステムにおいて、

前記第 2 のネットワークを接続し、第 1 のネットワークに属するネットワーク装置 ( P E 1 ) であって、

前記ネットワーク装置は、

V P N 番号に対応して、宛先の I P アドレス、出力インターフェース ( I F )、ネクストホップ、宛先ネットワーク装置 ( P E ) の M A C アドレスを対応して記憶するフォワーディングテーブルと、

40

V P N 番号に対応して、宛先の I P アドレス及び M A C アドレスを記憶する端末情報テーブルと、

フォワーディングテーブル及び端末情報テーブルを用いて、パケットを転送処理する処理部と

を備え、

P E 1 は、端末 1 から端末 2 に向けた第 1 のパケットを受信し、

処理部は、第 1 のパケットに基づき、V P N 番号及び宛先端末 2 の I P アドレスを用いてフォワーディングテーブルを検索し、パケット転送に必要な、出力 I F 及び / 又は宛先

50



第2のネットワーク装置(P E 2)のM A Cアドレスが存在しない場合、第1の packets を一時的に保存し、第1のネットワークを経由して端末2に対してA R Pリクエスト packets を送信し、

処理部は、端末2から、第1のネットワークを経由して、A R Pリクエスト packets に対する応答としてA R Pリプライ packets を受信し、

処理部は、A R Pリプライ packets に基づき、フォワーディングテーブルに、V P N 番号及び宛先I Pアドレスに対する、出力I F及び宛先P E 2のM A Cアドレスを記憶し、また、端末情報テーブルに、V P N 番号に対する、V L A N 番号及び宛先端末2のI P アドレス及びM A Cアドレスを記憶することで、更新し、

処理部は、更新したフォワーディングテーブルと端末情報テーブルを用いて、一時的に保存していた第1の packets について、宛先P E 2のM A Cアドレス、送信元P E 1のM A Cアドレス、V P N 番号、宛先端末2のM A Cアドレス、送信元P E 1のM A Cアドレス、V L A N 番号を含むヘッダを、第1の packets に含まれるI P packets に付加した第2の packets を作成し、

P E 1は、第2の packets を、第1のネットワークを経由して端末2に向け送信するネットワーク装置が提供される。

#### 【0024】

本発明の第6の解決手段によると、

V P Nを接続しV P Nの拠点間の packets 転送を行う第1のネットワークと、

端末1を有し、前記第1のネットワークにレイヤ3によって接続する第2のネットワークと、

端末2を有し、前記第1のネットワークにレイヤ2によって接続する第3のネットワークと

を備え、V P Nを構成するネットワークシステムにおいて、

前記第2のネットワークを接続し、第1のネットワークに属するネットワーク装置(P E 1)であって、

前記P E 1は、

V P N 番号に対応して、宛先のI Pアドレス、出力インターフェース(I F)、ネクストホップ、宛先ネットワーク装置(P E)のM A Cアドレスを対応して記憶するフォワーディングテーブルと、

V P N 番号に対応して、宛先のI Pアドレス及びM A Cアドレスを記憶する端末情報テーブルと、

フォワーディングテーブル及び端末情報テーブルを用いて、 packets を転送処理する処理部と

を備え、

処理部は、端末2から端末1に向けた第1の packets を受信し、

処理部は、第1の packets に基づき、V P N 番号及び宛先端末1のI Pアドレスを用いてフォワーディングテーブルを検索し、次の転送先が第3のネットワークのネットワーク装置(C E 1)である事を得て、C E 1に関し端末情報テーブルを検索し、 packets 転送に必要なエントリが存在しない場合はその packets を一時的に保存し、第2のネットワークに向けてC E 1に対してA R Pリクエスト packets を送信し、

処理部は、C E 1から、A R Pリクエスト packets に対する応答としてA R Pリプライ packets を受信し、

処理部は、A R Pリプライ packets に基づき、端末情報テーブルに、V P N 番号に対して、V L A N 番号及び宛先C E 1のI Pアドレス及びM A Cアドレスを記憶することで更新し、

処理部は、更新した端末情報テーブルを用いて、一時的に保存していた第1の packets について、宛先C E 1のM A Cアドレス、送信元P E 1のM A Cアドレス、V L A N 番号を含むヘッダを、第1の packets に含まれるI P packets に付加した第2の packets を作成し、

10

20

30

40

50

P E 1 は、第 2 のパケットを、C E 1 を経由して端末 1 に向け送信するネットワーク装置が提供される。

【 0 0 2 5 】

本発明の第 7 の解決手段によると、

V P N を接続し V P N の拠点間のパケット転送を行う第 1 のネットワークと、

端末 1 を有し、前記第 1 のネットワークにレイヤ 3 によって接続する第 2 のネットワークと、

端末 2 を有し、前記第 1 のネットワークにレイヤ 2 によって接続する第 3 のネットワークと

を備え、V P N を構成するネットワークシステムにおいて、

前記第 2 のネットワークを接続し、第 1 のネットワークに属するネットワーク装置 ( P E 1 ) であって、

前記 P E 1 は、

V P N 番号に対応して、宛先の I P アドレス、出力インターフェース ( I F )、ネクストホップ、出力ラベルを対応して記憶するフォワーディングテーブルと、

V P N 番号に対応して、宛先の I P アドレス及び M A C アドレスを記憶する端末情報テーブルと、

V P N 番号に対応して、V L A N 番号、出力ラベル、入力ラベル、インターフェース ( I F ) を記憶する M P L S 情報テーブルと、

フォワーディングテーブル及び端末情報テーブルを用いて、パケットを転送処理する処理部と

を備え、

P E 1 は、端末 1 から端末 2 に向けた M P L S の第 1 のパケットを受信し、

処理部は、第 1 のパケットに基づき、V P N 番号及び宛先端末 2 の I P アドレスを用いてフォワーディングテーブルを検索し、パケット転送に必要な、出力 I F 及び / 又は宛先第 2 のネットワーク装置 ( P E 2 ) の M A C アドレスが存在しない場合、第 1 のパケットを一時的に保存し、第 1 のネットワークを経由して端末 2 に対して A R P リクエストパケットを送信し、

処理部は、端末 2 から、第 1 のネットワークを経由して、A R P リクエストパケットに対する応答として A R P リプライパケットを受信し、

処理部は、第 1 のパケットに含まれる M P L S 情報の入力ラベルから、M P L S 情報テーブルを検索して、出力ラベルを得て、

処理部は、A R P リプライパケットに基づき、端末情報テーブルに、V P N 番号に対する、V L A N 番号及び宛先端末 2 の I P アドレス及び M A C アドレスを記憶することで、更新し、

処理部は、更新したフォワーディングテーブルと端末情報テーブルを用いて、一時的に保存していた第 1 のパケットについて、M P L S 情報、宛先端末 2 の M A C アドレス、送信元 P E 1 の M A C アドレス、V L A N 番号を含むヘッダを、第 1 のパケットに含まれる I P パケットに付加した第 2 のパケットを作成し、

P E 1 は、第 2 のパケットを、第 1 のネットワークを経由して端末 2 に向け送信するネットワーク装置が提供される。

【 0 0 2 6 】

本発明の第 8 の解決手段によると、

V P N を接続し V P N の拠点間のパケット転送を行う第 1 のネットワークと、

端末 1 を有し、前記第 1 のネットワークにレイヤ 3 によって接続する第 2 のネットワークと、

端末 2 を有し、前記第 1 のネットワークにレイヤ 2 によって接続する第 3 のネットワークと

を備え、V P N を構成するネットワークシステムにおいて、

前記第 2 のネットワークを接続し、第 1 のネットワークに属するネットワーク装置 ( P

10

20

30

40

50

E 1)であって、  
前記 P E 1 は、

V P N 番号に対応して、宛先端末の I P アドレス、出力インターフェース ( I F )、ネットワークホップ、宛先ネットワーク装置 ( P E ) の M A C アドレスに対応して記憶するフォワーディングテーブルと、

V P N 番号に対応して、宛先の I P アドレス及び M A C アドレスを記憶する端末情報テーブルと、

V P N 番号に対応して、V L A N 番号、出力ラベル、入力ラベル、インターフェース ( I F ) を記憶する M P L S 情報テーブルと、

フォワーディングテーブル及び端末情報テーブルを用いて、パケットを転送処理する処理部と  
を備え、

P E 1 は、端末 2 から端末 1 に向けた M P L S の第 1 のパケットを受信し、

処理部は、第 1 のパケットに基づき、M P L S 情報テーブルを検索してインターフェース及び M P L S 情報に含まれる入力ラベルにより V P N 番号を求め、V P N 番号及び第 1 のパケットに含まれる宛先端末 1 の I P アドレスを用いてフォワーディングテーブルを検索し、次の転送先が第 3 のネットワークのネットワーク装置 ( C E 1 ) である事を得て、C E 1 に関し端末情報テーブルを検索し、パケット転送に必要なエントリが存在しない場合はそのパケットを一時的に保存し、第 2 のネットワークに向けて C E 1 に対して A R P リクエストパケットを送信し、

処理部は、C E 1 から、A R P リクエストパケットに対する応答として A R P リプライパケットを受信し、

処理部は、A R P リプライパケットに基づき、端末情報テーブルに、V P N 番号に対して、V L A N 番号及び宛先 C E 1 の I P アドレス及び M A C アドレスを記憶することで更新し、

処理部は、更新した端末情報テーブルを用いて、一時的に保存していた第 1 のパケットについて、宛先 C E 1 の M A C アドレス、送信元 P E 1 の M A C アドレス、V L A N 番号を含むヘッダを、第 1 のパケットに含まれる I P パケットに付加した第 2 のパケットを作成し、

P E 1 は、第 2 のパケットを、C E 1 を経由して端末 1 に向け送信する  
ネットワーク装置が提供される。

#### 【発明の効果】

#### 【0027】

本発明の効果を以下に示す。

本発明によると、レイヤ 3 によってコアネットワークに接続した拠点ネットワークとレイヤ 2 によってコアネットワークに接続した拠点ネットワークとの間の通信を可能とすることで、レイヤ 3 による接続方法とレイヤ 2 による接続方法とを自由に選択可能になる。

また、本発明によると、それによって、レイヤ 3 による接続とレイヤ 2 による接続を切り替える必要が生じた場合に部分的な変更を可能にし全体の停止を回避することができる。

本発明の別の効果は、M A C - i n - M A C や M P L S においてエッジ装置が保持しなければならない情報量を削減することで、エッジ装置の装置コストを下げる事を可能にすることである。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0028】

【図 1】本発明の一実施の形態としてのネットワークシステムの構成を示す説明図。

【図 2】図 1 のネットワークシステムにおいて用いるパケットのフォーマットを示す説明図。

【図 3】PE 1 であるネットワーク装置 1 1 1 の構成を示す説明図。

【図 4】図 3 に示すインタフェース情報テーブル 3 2 1 の説明図。

【図 5】図 3 に示す L 2 V P N 情報テーブル 3 2 2 の説明図。

【図 6】図 3 に示す経路制御情報テーブル 3 2 3 の説明図。

【図 7】図 3 に示すフォワーディングテーブル 3 2 4 の説明図。

【図 8】図 3 に示す端末情報テーブル 3 2 5 の説明図。

【図 9】パケットを受信してから宛先検索に関する情報を取得するまでの手順を示すフローチャート。

【図 10】V P N 番号と宛先 I P アドレスを取得した後に、パケットを転送するまでの手順を示すフローチャート。

10

【図 11】図 10 の S 1 0 0 6 における M A C - i n - M A C ネットワークへのパケット転送処理の手順を示すフローチャート。

【図 12】図 10 の S 1 0 0 7 における I P V P N ネットワークへのパケット転送処理の手順を示すフローチャート。

【図 13】図 11 の S 1 1 0 6、図 12 の S 1 2 0 6 においてパケット転送処理部 3 1 3 が経路制御部 3 1 1 に対し A R P 解決を要求した時の、経路制御部 3 1 1 の処理の手順を示すフローチャート。

【図 14】ネットワーク装置 1 1 1 が A R P リプライパケットを受信し、図 9 の S 9 0 2、S 9 0 3 に示した処理により、パケット転送処理部 3 1 3 がルーティングプロトコルのパケットと判定し経路制御部 3 1 1 にパケットを転送した場合の、経路制御部 3 1 1 の処理の手順を示すフローチャート。

20

【図 15】ネットワーク装置 1 1 1 が A R P リクエストパケットを受信し、図 9 の S 9 0 2、S 9 0 3 に示した処理により、パケット転送処理部 3 1 3 がルーティングプロトコルのパケットと判定し経路制御部 3 1 1 にパケットを転送した場合の、経路制御部 3 1 1 の処理の手順を示すフローチャート。

【図 16】ネットワーク装置 1 1 1 が経路の制御に用いるルーティングプロトコルのパケットを受信し、図 9 の S 9 0 2、S 9 0 3 に示した処理により、パケット転送処理部 3 1 3 がルーティングプロトコルのパケットと判定し経路制御部 3 1 1 にパケットを転送した場合の、経路制御部 3 1 1 の処理の手順を示すフローチャート。

【図 17】V P N 接続制御部 3 1 2 が経路制御部 3 1 1 から A R P 解決の要求を受けた時の、V P N 接続制御部 3 1 2 の処理の手順を示すフローチャート。

30

【図 18】V P N 接続制御部 3 1 2 が経路制御部 3 1 1 から A R P リプライパケットを受けた時の、V P N 接続制御部 3 1 2 の処理の手順を示すフローチャート。

【図 19】V P N 接続制御部 3 1 2 が経路制御部 3 1 1 から A R P リクエストパケットを受けた時の、V P N 接続制御部 3 1 2 の処理の手順を示すフローチャート。

【図 20】V P N 接続制御部 3 1 2 が経路制御部 3 1 1 から A R P リクエストパケットを受けた時の、V P N 接続制御部 3 1 2 の処理の手順を示すフローチャート（図 19 の続き）。

【図 21】V P N 接続制御部 3 1 2 が経路制御部 3 1 1 から経路を登録した事の通知を受けた時の、V P N 接続制御部 3 1 2 の処理の手順を示すフローチャート。

40

【図 22】第 2 の実施の形態としてのネットワークシステムの構成を示す説明図

【図 23】図 22 のネットワークシステムにおいて用いるパケットのフォーマットを示す説明図。

【図 24】第 2 の実施の形態における P E 1 であるネットワーク装置 1 1 1 の構成を示す説明図。

【図 25】図 24 に示すインタフェース情報テーブル 3 2 1 の説明図。

【図 26】図 24 に示すフォワーディングテーブル 3 2 4 の説明図。

【図 27】図 24 に示す M P L S 情報テーブル 2 4 2 6 の説明図。

【図 28】第 2 の実施の形態におけるパケットを受信してから宛先検索に関する情報を取得するまでの手順を示すフローチャート。

50

【図 29】第 2 の実施の形態における V P N 番号と宛先 I P アドレスを取得した後に、パケットを転送するまでの手順を示すフローチャート。

【図 30】図 29 の S 2 9 0 6 における M P L S ネットワークへのパケット転送処理の手順を示すフローチャート。

【図 31】第 2 の実施の形態におけるパケット転送処理部 3 1 3 が経路制御部 3 1 1 に対し A R P 解決を要求した時の、経路制御部 3 1 1 の処理の手順を示すフローチャート。

【図 32】第 2 の実施の形態におけるネットワーク装置 1 1 1 が A R P リプライパケットを受信し、パケット転送処理部 3 1 3 がルーティングプロトコルのパケットと判定し経路制御部 3 1 1 にパケットを転送した場合の、経路制御部 3 1 1 の処理の手順を示すフローチャート。

10

【図 33】第 2 の実施の形態におけるネットワーク装置 1 1 1 が A R P リクエストパケットを受信し、パケット転送処理部 3 1 3 がルーティングプロトコルのパケットと判定し経路制御部 3 1 1 にパケットを転送した場合の、経路制御部 3 1 1 の処理の手順を示すフローチャート。

【図 34】第 2 の実施の形態におけるネットワーク装置 1 1 1 が経路の制御に用いるルーティングプロトコルのパケットを受信し、パケット転送処理部 3 1 3 がルーティングプロトコルのパケットと判定し経路制御部 3 1 1 にパケットを転送した場合の、経路制御部 3 1 1 の処理の手順を示すフローチャート。

【図 35】第 2 の実施の形態における V P N 接続制御部 3 1 2 が経路制御部 3 1 1 から A R P 解決の要求を受けた時の、V P N 接続制御部 3 1 2 の処理の手順を示すフローチャート。

20

【図 36】第 2 の実施の形態における V P N 接続制御部 3 1 2 が経路制御部 3 1 1 から A R P リプライパケットを受けた時の、V P N 接続制御部 3 1 2 の処理の手順を示すフローチャート。

【図 37】第 2 の実施の形態における V P N 接続制御部 3 1 2 が経路制御部 3 1 1 から A R P リクエストパケットを受けた時の、V P N 接続制御部 3 1 2 の処理の手順を示すフローチャート。

【図 38】第 2 の実施の形態における V P N 接続制御部 3 1 2 が経路制御部 3 1 1 から A R P リクエストパケットを受けた時の、V P N 接続制御部 3 1 2 の処理の手順を示すフローチャート（図 37 の続き）。

30

【図 39】I P V P N L 2 V P N のパケットの流れについての説明図。

【図 40】フォワーディングテーブルの初期状態についての説明図。

【図 41】P A 1 1 受信から P A 1 2 送信までの処理についての説明図。

【図 42】P A 1 3 受信によるテーブル更新についての説明図。

【図 43】更新後のテーブルについての説明図。

【図 44】パケット P A 1 4、P A 1 6 の送信についての説明図。

【図 45】L 2 V P N I P V P N のパケットの流れについての説明図。

【図 46】P A 7 1 受信から P A 7 2 送信までの処理についての説明図。

【図 47】P A 7 3 受信によるテーブル更新についての説明図。

【図 48】更新後のテーブルについての説明図。

40

【図 49】パケット P A 7 4、P A 7 6 の送信についての説明図。

【図 50】I P V P N L 2 V P N のパケットの流れについての説明図。

【図 51】フォワーディングテーブルの初期状態についての説明図。

【図 52】P B 1 1 受信から P B 1 2 送信まで（1）についての説明図。

【図 53】P B 1 1 受信から P B 1 2 送信まで（2）についての説明図。

【図 54】P B 1 3 受信によるテーブル更新（1）についての説明図。

【図 55】P B 1 3 受信によるテーブル更新（2）についての説明図。

【図 56】更新後のテーブルについての説明図。

【図 57】パケット P B 1 4、P B 1 6 の送信についての説明図。

【図 58】L 2 V P N I P V P N のパケットの流れについての説明図。

50

【図 5 9】 P B 7 1 受信から P B 7 2 送信まで ( 1 ) についての説明図。

【図 6 0】 P B 7 1 受信から P B 7 2 送信まで ( 2 ) についての説明図。

【図 6 1】 P B 7 3 受信によるテーブル更新についての説明図。

【図 6 2】 更新後のテーブルについての説明図。

【図 6 3】 パケット P B 7 4、 P B 7 6 の送信についての説明図。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 2 9 】

以下、本発明を実施するための形態を以下の順序で説明する。

A . 第 1 の実施の形態 :

A 1 . システム構成 :

A 2 . 通信の具体的な手順の説明 :

A 3 . ネットワーク装置の動作 :

A 4 . 第 1 の実施の形態の効果 :

B . 第 2 の実施の形態 :

B 1 . システム構成 :

B 2 . 通信の具体的な手順の説明 :

B 3 . ネットワーク装置の動作 :

B 4 . 第 2 の実施の形態の効果 :

C . 変形例 :

【 0 0 3 0 】

A . 第 1 の実施の形態 :

本実施の形態では、 V P N を接続する M A C - i n - M A C を用いたコアネットワークによって、レイヤ 3 によって接続した拠点ネットワークとレイヤ 2 によって接続した拠点ネットワークとの間での通信を可能とする方法の一例である実施の形態を示す。

【 0 0 3 1 】

A 1 . システム構成 :

ここでは、本実施の形態のネットワークシステムとネットワーク装置の構成について説明する。

図 1 は、本発明の一実施の形態としてのネットワークシステムの構成を示す説明図である。このネットワークシステムは、 M A C - i n - M A C ネットワーク 1 0 1 と、 I P V P N ネットワーク 1 0 2 と、 L 2 V P N ネットワーク 1 0 3 とを備えている。 I P V P N ネットワーク 1 0 2 と L 2 V P N ネットワーク 1 0 3 は相互に通信可能なネットワークであり、 M A C - i n - M A C ネットワーク 1 0 1 がその間の通信を仲介する。なお、相互に通信可能な 2 つの V P N ネットワークは V P N 番号 1 0 0 によって識別するものとする。

M A C - i n - M A C ネットワーク 1 0 1 にはネットワーク装置 1 1 1 ( 以下、 P E 1 ( P r o v i d e r E d g e ) と呼ぶ ) とネットワーク装置 1 1 2 ( 以下、 P E 2 と呼ぶ ) が所属しており、 P E 1 は I P V P N ネットワーク 1 0 2 と接続し、 P E 2 は L 2 V P N ネットワーク 1 0 3 と接続している。 P E 1 と I P V P N ネットワーク 1 0 2 の間の接続はレイヤ 3 による接続であり、 P E 1 は I P V P N ネットワーク 1 0 2 からのパケットをレイヤ 3 により転送する。また、 P E 2 と L 2 V P N ネットワーク 1 0 3 との接続はレイヤ 2 による接続であり、 P E 2 は L 2 V P N ネットワーク 1 0 3 からのパケットをレイヤ 2 により転送する。

I P V P N ネットワーク 1 0 2 にはネットワーク装置 1 2 1 ( 以下、 C E 1 ( C u s t o m e r E d g e ) と呼ぶ ) とネットワーク装置 1 2 2 ( 以下、端末 1 と呼ぶ ) が所属している。 C E 1 は P E 1 と接続することで I P V P N ネットワーク 1 0 2 を M A C - i n - M A C ネットワーク 1 0 1 に接続している。端末 1 は C E 1 を経由して V P N を用いた通信を行う端末である。

L 2 V P N ネットワーク 1 0 3 にはネットワーク装置 1 3 1 ( 以下、 C E 2 と呼ぶ ) と

10

20

30

40

50

ネットワーク装置 132 (以下、端末 2 と呼ぶ) とネットワーク装置 133 (以下、ルータ 1 と呼ぶ) とネットワーク装置 134 (以下、端末 3 と呼ぶ) が所属しており、CE 2 は PE 2 と接続することで L2VPN ネットワーク 103 を MAC-in-MAC ネットワーク 101 に接続している。端末 2、ルータ 1、端末 3 は CE 2 を経由して VPN を用いた通信を行う端末である。ルータ 1 は L2VPN ネットワーク内において端末 3 が通信を行えるようにするためのレイヤ 3 ルーティングを担っており、IPVPN ネットワーク 102 と端末 3 が通信を行うために PE 1 とルーティングプロトコルによりレイヤ 3 の経路情報を交換する。端末 2、端末 3 はデフォルトゲートウェイと呼ばれるレイヤ 3 通信の転送先を示す情報を保持している。端末 2 は CE 2、PE 2 とレイヤ 2 により接続しており、デフォルトゲートウェイはレイヤ 3 通信を担う PE 1 である。端末 3 はルータ 1 の配下にある端末であり、デフォルトゲートウェイはルータ 1 である。

10

各ネットワーク装置には予め MAC アドレス、IP アドレスが割り当てられている。

PE 1 が CE 1 と接続するインタフェースは、VLAN 10 であり IP アドレスは 10.0.0.1 である。PE 1 は L2VPN ネットワーク 103 へレイヤ 3 によるパケット転送を行うための IP アドレスとして、L2VPN 用 IP アドレス 20.0.0.1 を持つ。また、PE 1 が MAC-in-MAC ネットワーク 101 内で用いる MAC アドレスは 1111.1111.1111 である。

PE 2 が CE 2 と接続するインタフェースは、VLAN 20 である。レイヤ 2 による接続であるため IP アドレスは持たない。また、PE 2 が MAC-in-MAC ネットワーク 101 内で用いる MAC アドレスは 2222.2222.2222 である。

20

CE 1 が PE 1 と接続するインタフェースは、IP アドレス 10.0.0.10 であり、MAC アドレス 1 は 010.1010.1010 である。

端末 1 の IP アドレスは 11.0.0.11 である。

CE 2 は IP アドレスを持たない。また、CE 2 の MAC アドレスは本実施の形態では用いないため省略する。

端末 2 の IP アドレスは 20.0.0.20 であり、MAC アドレスは 2020.2020.2020 である。

ルータ 1 の IP アドレスは 20.0.0.21 であり、MAC アドレスは 2121.2121.2121 である。

端末 3 の IP アドレスは 30.0.0.30 である。

30

#### 【0032】

図 2 は、図 1 のネットワークシステムにおいて用いるパケットのフォーマットを示す説明図である。図 2 に示すパケットフォーマット 200、201 は、それぞれ、MAC-in-MAC ネットワーク 101 内において用いるパケットのフォーマット、MAC-in-MAC ネットワーク 101 外において用いるパケット、すなわち、PE 1 と CE 1 の間と IPVPN ネットワーク 102 内と、PE 2 と CE 2 の間と L2VPN ネットワーク 103 内において用いるパケットのフォーマットである。

パケットフォーマット 200 に示す MAC-in-MAC ネットワーク 101 内で用いるパケットは、MAC-in-MAC ヘッダ 210、ユーザレイヤ 2 ヘッダ 211、IP パケット 212 を含み、MAC-in-MAC ネットワーク外で用いるパケット 201 に比較し MAC-in-MAC ヘッダ 210 を追加したフォーマットである。

40

MAC-in-MAC ヘッダ 210 は、宛先 PE MAC アドレス 221、送信元 PE MAC アドレス 222、VPN 情報 223 を含む。MAC-in-MAC ヘッダ 210 は MAC-in-MAC ネットワーク内専用のヘッダであり、PE 1 や PE 2 といった VPN を接続する役割を担う装置を宛先、送信元とするヘッダである。VPN 情報 223 には転送先の VPN を示す情報を格納する。MAC-in-MAC ネットワーク内において、この MAC-in-MAC ヘッダ 210 に基づきパケットを転送する。

ユーザレイヤ 2 ヘッダ 211 は、宛先ユーザ MAC アドレス 224、送信元ユーザ MAC アドレス 225、ユーザ VLAN Tag 226 を含む。ユーザレイヤ 2 ヘッダ 211 は MAC-in-MAC ネットワーク外のネットワーク、つまり、IPVPN ネットワー

50

ク 1 0 2 や L 2 V P N ネットワーク 1 0 3 における宛先と送信元を示すレイヤ 2 のヘッダである。ユーザ V L A N T a g 2 2 6 には、そのパケットをレイヤ 2 で転送するための V L A N 情報を格納する。

I P パケット 2 1 2 は、通信を行う端末間でのレイヤ 3 の宛先、送信元とその内容が格納されたレイヤ 3 のパケットである。

パケットフォーマット 2 0 1 に示す M A C - i n - M A C ネットワーク 1 0 1 外で用いるパケットは、パケットフォーマット 2 0 0 から M A C - i n - M A C ヘッダ 2 1 0 を除いたもので、他は同様である。M A C - i n - M A C ネットワーク外において、ユーザレイヤ 2 ヘッダおよび I P パケット 2 1 2 内に格納されるレイヤ 3 の宛先、送信元に基づきパケットを転送する。

10

本実施の形態は以後、主に P E 1 であるネットワーク装置 1 1 1 の動作について説明する。P E 1 以外のネットワーク装置は、例えば従来の技術等により動作する装置であり、各装置の動作の説明は最小限に留める。

なお、本実施の形態ではレイヤ 3 として I P v 4 を用いるが、レイヤ 3 のプロトコルとして I P v 6 などを用いることもできる。

#### 【 0 0 3 3 】

図 3 は、P E 1 であるネットワーク装置 1 1 1 の構成を示す説明図である。

ネットワーク装置 1 1 1 は、レイヤ 3 スイッチであり、O S I 参照モデルにおける第 2 層（データリンク層）および第 3 層（ネットワーク層）のパケットを転送する。なお、レイヤ 3 スイッチに代えてルータを用いることもできる。

20

ネットワーク装置 1 1 1 は、2 つのインタフェース（インタフェース 3 0 1、インタフェース 3 0 2）と、メモリ 3 2 0 と、処理部 3 0 0 を備えている。処理部 3 0 0 は、経路制御部 3 1 1 と、V P N 接続制御部 3 1 2 と、パケット転送処理部 3 1 3 とを備えている。

インタフェース 3 0 1 は、C E 1 と接続するインタフェースである。また、インタフェース 3 0 2 は M A C - i n - M A C ネットワーク 1 0 1 内に接続するためのインタフェースである。これらのインタフェース 3 0 1、3 0 2 は、いずれも M A C アドレスと I P アドレスが割り当てられるインタフェースである。これらは、E t h e r n e t（登録商標）等の物理的なインタフェースであっても、V L A N 等の論理的なインタフェースであってもよい。

30

メモリ 3 2 0 は、インタフェース情報テーブル 3 2 1 と、L 2 V P N 情報テーブル 3 2 2 と、経路制御情報テーブル 3 2 3 と、フォワーディングテーブル 3 2 4 と、端末情報テーブル 3 2 5 とを格納している。各テーブルの詳細については後述する。

経路制御部 3 1 1 と、V P N 接続制御部 3 1 2 と、パケット転送処理部 3 1 3 は、いずれもメモリ 3 2 0 に格納されているプログラムを、図示しない C P U（C e n t r a l P r o c e s s i n g U n i t）が実行することにより実現される機能部である。なお、C P U に代えて、A S I C（A p p l i c a t i o n S p e c i f i c I n t e g r a t e d C i r c u i t）や F P G A（F i e l d P r o g r a m m a b l e G a t e A r r a y）等を用いることもできる。

40

経路制御部 3 1 1 は、I P v 4 のルーティングプロトコル等の経路制御に関する処理を行い、パケット転送経路を制御する。インタフェース情報テーブル 3 2 1 と、L 2 V P N 情報テーブル 3 2 2 と、ルーティングプロトコルの情報から、経路制御情報テーブル 3 2 3 と、フォワーディングテーブル 3 2 4 と、端末情報テーブル 3 2 5 に必要なエントリを登録する。なお、ルーティングプロトコルとは、A R P（A d d r e s s R e s o l u t i o n P r o t o c o l）等の隣接探索に関するプロトコルや、B G P（B o r d e r G a t e w a y P r o t o c o l）、O S P F（O p e n S h o r t e s t P a t h F i r s t）といったレイヤ 3 の経路制御を行うプロトコルの事を示す。本実施の形態は、隣接探索に関するプロトコルは A R P を用い、レイヤ 3 の経路制御を行うプロトコルは特に指定しない。

50



VPN接続制御部312は、IPVPNネットワーク102とL2VPNネットワーク103との間の通信を行うためのパケット転送経路を制御し、経路制御部311からの経路に関する情報をもとに、フォワーディングテーブル324と、端末情報テーブル425に必要なエントリを登録する。

パケット転送処理部313は、各インタフェース301、302が受信したパケットを、フォワーディングテーブル324及び端末情報テーブル325に基づき転送する。また、インタフェース間で転送すべきパケットか、装置自身が処理するパケットかを判定し、装置自身が処理するパケットの場合は経路制御部311に転送する役割も持つ。装置自身が処理するパケットとは、ルーティングプロトコル等のパケットを指す。

#### 【0034】

図4は、図3に示すインタフェース情報テーブル321の説明図である。インタフェース情報テーブル321は、ネットワーク装置111が備える各インタフェース301、302の各種情報を管理するテーブルである。インタフェース情報テーブル321では、インタフェース番号401に対して各種情報が対応付けられている。インタフェース番号401は、各インタフェース301、302を示す番号を示す。なお、本実施の形態では、インタフェース301のインタフェース番号としてIF1が設定されている。同様に、インタフェース302のインタフェース番号としてIF2が設定されている。VPN番号402は、インタフェースがVPNネットワークと接続している場合に、接続しているVPNの番号を示すフィールドである。VPNに接続していないインタフェース、すなわちMAC-in-MACネットワーク内に接続しているインタフェースはVPNに接続していない事を示す「-」が設定される。VLAN番号403は、そのインタフェースで通信を行うためのVLAN番号を示すフィールドである。VLANを用いていないインタフェースは、用いていない事を示す「-」が設定される。インタフェース種別404は「IPVPN」、「MAC-in-MAC」の2つの値のいずれかであり、インタフェースがIPVPNネットワークに接続しているかMAC-in-MACネットワークに接続しているかのいずれであるかを示す。IPアドレス/プレフィックス長405は、インタフェースに設定されているIPアドレスとそのプレフィックス長を示す。IPアドレスが設定されていないインタフェースは、設定されていない事を示す「-」が設定される。

インタフェース情報テーブル321は、ネットワーク装置の管理者が、予めインタフェース301、302をネットワーク構成に合わせて設定することで、その設定に基づき経路制御部311が登録する。なお、インタフェース情報テーブル321のVPN番号402とVLAN番号403は、異なるインタフェース番号401に対して同じVPN番号、VLAN番号が格納されている場合もある。

図4の例では、第1エントリにおいて、インタフェース301(IF1)がVPN番号100に接続しており、IF1ではVLAN10を用い、IPVPNネットワークに接続しており、インタフェースのIPアドレスは10.0.0.1でありそのプレフィックス長は24である事を示している。第2エントリにおいて、インタフェース302(IF2)が、VPNネットワークに接続していなく、VLANを用いていなく、MAC-in-MACネットワークに接続しており、インタフェースにIPアドレスが設定されていない事を示している。

#### 【0035】

図5は、図3に示すL2VPN情報テーブル322の説明図である。L2VPN情報テーブル322は、MAC-in-MACネットワーク101とレイヤ2接続を行っているL2VPNネットワークに対し、ネットワーク装置111がレイヤ3通信を行うためのレイヤ3に関する情報を格納するテーブルである。L2VPN情報テーブル322では、VPN番号501、VLAN番号502に対して、IPアドレス/プレフィックス長が対応付けられている。VPN番号501は、レイヤ3通信を行う対象のVPN番号を示し、VLAN番号502はそのレイヤ3通信の対象のL2VPNネットワークのVLAN番号を示す。IPアドレス/プレフィックス長503は、VPN番号、VLAN番号に対応するネットワーク装置111のIPアドレスとプレフィックス長を示す。

L 2 V P N 情報テーブル 3 2 2 は、ネットワーク装置の管理者が、予め P E 1 が L 2 V P N ネットワーク 1 0 3 へレイヤ 3 によるパケット転送を行うための I P アドレスを設定することで、その設定に基づき経路制御部 3 1 1 が登録する。

図 5 の例では、第 1 エントリにおいて、V P N 番号 5 0 1 が 1 0 0 であり、V L A N 番号 5 0 2 が 2 0 に対し、I P アドレス / プレフィックス長は 2 0 . 0 . 0 . 1 / 2 4 が対応付けられている。すなわち、ネットワーク装置 1 1 1 は、V P N 番号 1 0 0 かつ V L A N 番号 2 0 の通信対象に対して、I P アドレス 2 0 . 0 . 0 . 1 / 2 4 を用いる事を示している。

#### 【 0 0 3 6 】

図 6 は、図 3 に示す経路制御情報テーブル 3 2 3 の説明図である。経路制御情報テーブル 3 2 3 は、経路制御部 3 1 1 がレイヤ 3 のルーティングに用いるための経路情報を格納するテーブルであり、インタフェース情報テーブル 3 2 1 に基づくネットワーク装置自身の経路情報と、ルーティングプロトコルによって得た経路情報を格納する。経路制御情報テーブル 3 2 3 では、V P N 番号 6 0 1、I P アドレス / プレフィックス長 6 0 2 に対して、出力インタフェース番号 6 0 3、ネクストホップ情報 6 0 4 が対応付けられている。V P N 番号 6 0 1 はそのエントリを用いる V P N 番号を示し、I P アドレス / プレフィックス長 6 0 2 は経路の I P アドレスとプレフィックス長を示す。出力インタフェース番号 6 0 3 は、そのエントリを用いる場合にパケットを出力するインタフェース番号を示し、ネクストホップ情報 6 0 4 はそのエントリを用いる場合のレイヤ 3 のネクストホップを示す。ネクストホップ情報 6 0 4 は、ルーティングプロトコルによって得た経路情報の場合はレイヤ 3 のネクストホップを格納し、ネットワーク装置自身の経路情報を格納する場合にはネクストホップが未定である事を示す「 - 」を格納する。

経路制御情報テーブル 3 2 3 は、インタフェース情報テーブル 3 2 1 に基づくネットワーク装置自身の経路情報は、経路制御部 3 1 1 が初期値として登録する。インタフェース情報テーブル 3 2 1 のインタフェース種別 4 0 4 が I P V P N であるエントリについて、V P N 番号 4 0 2 を V P N 番号 6 0 1 に、I P アドレス / プレフィックス長 4 0 5 を I P アドレス / プレフィックス長 6 0 2 に、インタフェース番号 4 0 1 を出力インタフェース番号 6 0 3 に対応させ、ネクストホップ番号 6 0 4 には「 - 」を格納する。ルーティングプロトコルによって得た経路情報は、その得た情報を経路制御部 3 1 1 が登録する。

図 6 の例では、第 1 エントリは、インタフェース情報テーブル 3 2 1 の第 1 エントリに対応しており、V P N 番号 6 0 1 が 1 0 0 であり、I P アドレス / プレフィックス長 6 0 2 は 1 0 . 0 . 0 . 1 / 2 4 であり、出力インタフェース番号 6 0 3 は I F 1 であり、ネクストホップ情報 6 0 4 は「 - 」である。第 2 エントリと第 3 エントリはそれぞれルーティングプロトコルによって得た経路情報であり、第 2 エントリは V P N 番号 6 0 1 が 1 0 0、I P アドレス / プレフィックス長 6 0 2 が 1 1 . 0 . 0 . 0 / 2 4、出力インタフェース番号 6 0 3 が I F 1、ネクストホップ情報 6 0 4 が 1 0 . 0 . 0 . 1 0 であり、第 3 エントリは V P N 番号 6 0 1 が 1 0 0、I P アドレス / プレフィックス長 6 0 2 が 3 0 . 0 . 0 . 0 / 2 4、出力インタフェース番号 6 0 3 が I F 2、ネクストホップ情報 6 0 4 が 2 0 . 0 . 0 . 2 1 である。

#### 【 0 0 3 7 】

図 7 は、図 3 に示すフォワーディングテーブル 3 2 4 の説明図である。フォワーディングテーブル 3 2 4 は、パケット転送処理部 3 1 3 がレイヤ 3 のパケット転送を行うために用いるテーブルであり、経路制御情報テーブル 3 2 3 に基づくエントリと、L 2 V P N 情報テーブル 3 2 2 に基づくエントリと、V P N 接続制御部 3 1 2 が A R P 等の隣接探索に関するプロトコルによって作成するエントリを登録する。フォワーディングテーブル 3 2 4 では、V P N 番号 7 0 1、I P アドレス / プレフィックス長 7 0 2 に対して、出力インタフェース番号 7 0 3、ネクストホップ情報 7 0 4、付加情報 7 0 5 が対応付けられている。V P N 番号 7 0 1 はそのエントリを用いる V P N 番号を示し、I P アドレス / プレフィックス長 7 0 2 は経路の I P アドレスとプレフィックス長を示す。出力インタフェース番号 7 0 3 は、そのエントリを用いる場合にパケットを出力するインタフェース番号を示

10

20

30

40

50

し、ネクストホップ情報 704 はそのエントリを用いる場合のレイヤ 3 のネクストホップを示す。出力インタフェース番号 703 は、L2VPN 情報テーブル 322 に基づくエントリの場合は「-」を格納する。ネクストホップ情報 704 は、経路制御情報テーブル 323 に基づくエントリで基のエントリにネクストホップ情報がある場合にはその値を、それ以外の場合は「-」を格納する。付加情報 705 は、そのエントリが MAC-in-MAC ネットワーク内へ転送する事示すエントリである場合に、MAC-in-MAC ヘッダを作成するために用いる MAC アドレスを格納する。それ以外の場合は「-」を格納する。

フォワーディングテーブル 324 は、経路制御情報テーブル 323 に基づくエントリは、出力インタフェース番号 603 のインタフェースに関するインタフェース情報テーブル 321 のエントリのインタフェース種別 404 の値によって 2 種類の登録方法に分ける。インタフェース種別 404 が IPVPN であるエントリについては、対応するエントリを経路制御部 311 が登録する。具体的には、VPN 番号 601 の値を VPN 番号 701 に、IP アドレス/プレフィックス長 602 の値を IP アドレス/プレフィックス長 702 に、出力インタフェース番号 603 の値を出力インタフェース番号 703 に、ネクストホップ情報 604 の値をネクストホップ情報 704 に格納し、付加情報 705 には「-」を格納する。インタフェース種別 404 が IPVPN ではないエントリについては、詳細について図 21 を用いた説明で後述する。L2VPN 情報テーブル 322 に基づくエントリは経路制御部 311 が初期値として登録し、VPN 番号 501 の値を VPN 番号 701 に、IP アドレス/プレフィックス長 503 の値を IP アドレス/プレフィックス長 702 に、出力インタフェース番号 703 には「-」を、ネクストホップ情報 704 には「-」を、付加情報 705 には「-」を格納する。VPN 接続制御部 312 が ARP 等の隣接探索に関するプロトコルによって作成するエントリは、詳細について図 18、図 19 を用いた説明で後述する。

図 7 の例では、第 1 エントリと第 2 エントリは、経路制御情報テーブルの第 1 エントリと第 2 エントリに基づいて経路制御部 311 が登録したエントリであり、第 1 エントリは、VPN 番号 701 が 100、IP アドレス/プレフィックス長 702 は 10.0.0.1/24 であり、出力インタフェース番号 703 が IF1 であり、ネクストホップ情報 704 が「-」であり、付加情報 705 は「-」である。第 2 エントリは VPN 番号 701 が 100、IP アドレス/プレフィックス長 702 が 11.0.0.0/24、出力インタフェース番号 703 が IF1、ネクストホップ情報 704 が 10.0.0.10、付加情報 705 は「-」である。第 3 エントリは、L2VPN 情報テーブル 322 に基づいて VPN 接続制御部 312 が登録したエントリであり、VPN 番号 601 が 100、IP アドレス/プレフィックス長 602 が 30.0.0.0/24、出力インタフェース番号 703 には「-」を格納し、ネクストホップ番号 704 には「-」を格納し、付加情報 705 には「-」を格納する。第 4 エントリと第 5 エントリは、VPN 接続制御部 312 が ARP 等の隣接探索に関するプロトコルによって登録したエントリであり、第 4 エントリは、VPN 番号 701 が 100、IP アドレス/プレフィックス長 702 は 20.0.0.20/32 であり、出力インタフェース番号 703 が IF2 であり、ネクストホップ情報 704 が「-」であり、付加情報 705 は MAC アドレス 2222.2222.2222 である。第 5 エントリは、VPN 番号 701 が 100、IP アドレス/プレフィックス長 702 は 20.0.0.21/32 であり、出力インタフェース番号 703 が IF2 であり、ネクストホップ情報 704 が「-」であり、付加情報 705 は MAC アドレス 2222.2222.2222 である。第 6 エントリは、経路制御情報テーブル 323 の第 3 エントリに基づいて VPN 接続制御部 312 が登録したエントリであり、VPN 番号 701 が 100、IP アドレス/プレフィックス長 702 は 30.0.0.0/24 であり、出力インタフェース番号 703 が IF2 であり、ネクストホップ情報 704 が 20.0.0.21 であり、付加情報 705 は MAC アドレス 2222.2222.2222 である。

【0038】

図 8 は、図 3 に示す端末情報テーブル 325 の説明図である。端末情報テーブル 325

は、経路制御部 311 と VPN 接続制御部 312 が ARP 等による隣接探索の結果を格納するテーブルであり、パケット転送処理部 313 がレイヤ 3 のパケット転送を行うためにも用いる。端末情報テーブル 325 では、VPN 番号 801、VLAN 番号 802、IP アドレス 803 に対して、MAC アドレス 804 が対応付けられている。VPN 番号 801 はそのエントリを用いる VPN 番号を示し、VLAN 番号 802、IP アドレス 803、MAC アドレス 804 は ARP 等による隣接探索によって得た端末の情報を格納する。

端末情報テーブル 325 は、経路制御部 311 が VPN ネットワークとの間で処理する隣接探索の結果を格納する場合と、VPN 接続制御部 312 が MAC - in - MAC ネットワーク経由で処理する隣接探索の結果を格納する場合がある。それぞれ、詳細については図 14、図 15 と、図 18、図 19 によって後述する。

10

図 8 の例では、第 1 エントリは経路制御部 311 が登録したエントリであり、VPN 番号 801 が 100、VLAN 番号 802 が 10、IP アドレス 803 が 10.0.0.10、MAC アドレス 804 が 1010.1010.1010 である。第 2 エントリ、第 3 エントリは VPN 接続制御部が登録したエントリであり、第 2 エントリは、VPN 番号 801 が 100、VLAN 番号 802 が 20、IP アドレス 803 が 20.0.0.20、MAC アドレス 804 が 2020.2020.2020 であり、第 3 エントリは、VPN 番号 801 が 100、VLAN 番号 802 が 20、IP アドレス 803 が 20.0.0.21、MAC アドレス 804 が 2121.2121.2121 である。

【0039】

A2. 通信の具体的な手順の説明：

20

ここでは、本発明の第 1 の実施の形態における、通信の具体的な手順と、装置が持つ各テーブルと転送するパケットとの関係について説明する。

【0040】

(1) IP VPN から L2 VPN への流れ

まず、IP VPN ネットワーク 102 内の端末が L2 VPN ネットワーク 103 内の端末と通信を行う場合の具体的な手順について説明する。

まず、概略動作を説明する。

図 39 は、IP VPN ネットワーク 102 内の端末 1 が L2 VPN ネットワーク 103 内の端末 2 に向けて通信を行う時のパケットの流れを示す説明図である。

端末 1 がパケット PA11 を送信すると、パケット PA11 は CE1 を経由して PE1 に到達する。PE1 は、パケット PA11 の宛先 IP アドレスである端末 2 の IP アドレスを用いてフォワーディングテーブル 324 を検索し、パケット転送に必要なエントリが存在しない場合はそのパケットを一時的に保存し、ARP により隣接探索を行う。

30

PE1 は MAC - in - MAC ネットワーク 101 を経由して端末 2 に対して ARP リクエストパケット PA12 を送信する。

端末 2 は ARP リクエストパケットに対する応答として ARP リプライパケット PA13 を返信すると、MAC - in - MAC ネットワーク 101 を経由して ARP リプライパケット PA13 が PE1 に到達する。

PE1 は、ARP リプライパケット PA13 によりフォワーディングテーブル 324 と端末情報テーブル 325 を更新し、また、その情報を用いて一時的に保存していたパケット PA11 の転送処理を行い、パケット PA14 を送信する。パケット PA14 は MAC - in - MAC ネットワーク 101 を経由して端末 2 に到達する。

40

その後、端末 1 が端末 2 に向けて送信するパケット PA15 は、PE1 がフォワーディングテーブル 324 を検索することで必要なエントリを得ることができ、ARP による隣接探索は行わずパケット処理を行い、パケット PA16 を送信、端末 2 に到達可能となる。

【0041】

以後、図 39 にて示したパケットの流れにおける PE1 の動作について、パケットフォーマットとテーブルを用いて具体的に説明する。

50

インタフェース情報テーブル321、L2VPN情報テーブル322、経路制御情報テーブル323は、それぞれ図39の packets PA11をPE1が受信する前に図4、図5、図6の状態であるものとする。これらはネットワーク管理者が予め設定した情報と、ルーティングプロトコルによって得た情報を元に登録するものである。

図40は、PE1が図39の packets PA11を受信する前の、フォワーディングテーブル324の初期状態を示す説明図である。図7で説明したように、第1エントリと第2エントリは経路制御情報テーブル323に基づいて登録したものであり、第3エントリはL2VPN情報テーブル322に基づいて登録したものである。

端末情報テーブル325の初期状態は、エントリが登録されていない状態であるものとする。

10

端末1が packets PA11を送信すると、 packets PA11はPE1のインタフェース301(IF1)に到達する。なお、 packets PA11は図2に示す packet フォーマット201のフォーマットである。

【0042】

PE1が packets PA11を受信してから、ARPリクエスト packets PA12を送信するまでの手順について図41を用いて説明する。

PE1は、 packets PA11の転送先を求めるための最初の手順として、図4に示すインタフェース情報テーブル321から packets を受信したインタフェースIF1に該当するエントリを検索(A31)し、第1エントリが該当し、第1エントリのVPN番号402からVPN番号(100)を取得する。また同時に、受信した packets のIP packets 212に含まれる宛先IPアドレス(20.0.0.20)を取得する。この宛先IPアドレスは端末2のIPアドレスである。

20

次に、PE1は、取得したVPN番号(100)と宛先IPアドレス(20.0.0.20)を用いて、図40に示すフォワーディングテーブル324を検索し転送先を求めようとする(A32、A33)。第3エントリが該当するが、出力インタフェース番号703が未定であるため、 packets 転送先不明であり隣接探索を行う必要があると判断し、 packets PA11は一時的に保存し、ARPリクエスト packets PA12送信の処理を行う。

PE1は、図39に示すARPリクエスト packets PA12の作成にVLAN番号を得る必要があるが出力インタフェース番号703が未定であるため、VPN番号(100)と宛先IPアドレス(20.0.0.2)を用いて、図5に示すL2VPN情報テーブル322を検索(A34、A35、A36)し、第1エントリが該当し、VLAN番号502からVLAN番号(20)を得る。

30

PE1は、その後、ここまで得た情報を用いてARPリクエスト packets を作成する。作成する packets のフォーマットは図2に示す packet フォーマット200である。宛先PEMACアドレス221をブロードキャストアドレスとし、送信元PEMACアドレス222をPE1のMACアドレスとし、VPN情報223を取得したVPN番号(100)(A37)とし、宛先ユーザMACアドレス224をブロードキャストアドレスとし、送信元ユーザMACアドレス225をPE1のMACアドレスとし、ユーザVLAN Tag 226をL2VPN情報テーブル322の第1エントリから取得したVLAN番号(20)(A38)とし、IP packets 212は宛先IPアドレス(20.0.0.2)のARP解決を要求するための一般的なARP packets のフォーマットとする(A39)。

40

PE1は作成したARPリクエスト packets PA12を、MAC-in-MACネットワークに向けて送信する。

ARPリクエスト packets PA12はPE2を経由する時にMAC-in-MACヘッダ210を削除され、その後CE2を経由して packets フォーマット201の形で端末2に到達する。端末2はARPリクエスト packets に対する応答として packets フォーマット201の形でARPリプライ packets を返信し、CE2を経由し、PE2を経由する時にMAC-in-MACヘッダ210を追加され、 packets フォーマット200の形とな

50

ったパケット P A 1 3 が P E 1 に到達する。なお、P E 2 については一般的な技術により動作する装置であるため、説明は省略する

【 0 0 4 3 】

P E 1 がパケット P A 1 3 を受信してから、パケット P A 1 4 を送信するまでの手順について図 4 2、図 4 3、図 4 4 を用いて説明する。

【 0 0 4 4 】

パケット P A 1 3 を受信してから、P E 1 の持つテーブルを更新するまでの手順について図 4 2 を用いて説明する。

P E 1 は、A R P リプライパケット P A 1 3 受信に関する処理の最初の手順として、処理すべき内容を決めるために、図 4 に示すインタフェース情報テーブル 3 2 1 からパケットを受信したインタフェース I F 2 に該当するエントリを検索し ( A 4 1 )、第 2 エントリが該当し、インタフェース種別が M A C - i n - M A C のインタフェースから受信した場合の処理を行うと判定する。

次に、P E 1 は、端末情報テーブル 3 2 5 とフォワーディングテーブル 3 2 4 に、受信した A R P リプライパケットに対応するエントリを登録する処理を行う。端末情報テーブル 3 2 5 に登録するエントリは、端末 2 にパケットを転送する際に宛先ユーザ M A C アドレス 2 2 4 とユーザ V L A N T a g 2 2 6 を作成するために必要なエントリである。フォワーディングテーブル 3 2 4 に登録するエントリは、端末 2 にパケットを転送する際の出力先インタフェースの決定と、宛先 P E M A C アドレス 2 2 1 を作成するために必要なエントリである。

端末情報テーブル 3 2 5 には、図 8 に示す例の第 2 エントリの内容を登録することとなる。V P N 番号 8 0 1 は受信したパケット P A 1 3 の V P N 情報 2 2 3 に格納されており端末 2 の所属する V P N 番号 ( 1 0 0 ) であり ( A 4 2 )、V L A N 番号 8 0 2 は受信したパケット P A 1 3 のユーザ V L A N T a g 2 2 6 に格納されており端末 2 の所属する V L A N 番号 ( 2 0 ) であり ( A 4 3 )、I P アドレス 8 0 3 は I P パケット 2 1 2 に格納されている A R P パケットの端末 2 の I P アドレス ( 2 0 . 0 . 0 . 2 0 ) であり ( A 4 4 )、M A C アドレス 8 0 4 は I P パケット 2 1 2 に格納されている A R P パケットの端末 2 の M A C アドレス ( 2 0 2 0 . 2 0 2 0 . 2 0 2 0 ) である ( A 4 5 )。

フォワーディングテーブル 3 2 4 には、図 7 に示す例の第 4 エントリの内容を登録することとなる。V P N 番号 7 0 1 は受信したパケット P A 1 3 の V P N 情報 2 2 3 に格納されており端末 2 の所属する V P N 番号 ( 1 0 0 ) であり ( A 4 6 )、I P アドレス / プレフィックス長 7 0 2 は I P パケット 2 1 2 に格納されている A R P パケットの端末 2 の I P アドレス ( 2 0 . 0 . 0 . 2 0 ) と最大プレフィックス長である 3 2 であり ( A 4 7 )、出力インタフェース番号 7 0 3 はパケット P A 1 3 を受信したインタフェースである I F 2 であり ( A 4 8 )、ネクストホップ情報 7 0 4 はこの場合不要であるため設定されていない事を示す「 - 」であり、付加情報 7 0 5 は受信したパケット P A 1 3 の送信元 P E M A C アドレス 2 2 2 に格納されている P E 2 の M A C アドレス ( 2 2 2 2 . 2 2 2 2 . 2 2 2 2 ) である ( A 4 9 )。なお、パケット P A 1 3 の送信元 P E M A C アドレスは P E 2 が作成したものであり、P E 2 のアドレスが格納されている。

【 0 0 4 5 】

図 4 3 は、図 4 2 に示したテーブル更新を行った後のフォワーディングテーブル 3 2 4 と端末情報テーブル 3 2 5 の状態を示す説明図である。フォワーディングテーブル 3 2 4 はパケット P A 1 1 受信前の状態である図 4 0 に比べて第 4 エントリが追加されている。端末情報テーブル 3 2 5 はエントリが無い状態から第 2 エントリが追加されている。

【 0 0 4 6 】

図 4 2 に示したテーブル更新処理が終わった後、更新したテーブルを用いて、一時的に保存していた P A 1 1 の転送処理を行いパケット P A 1 4 を送信するまでの手順について図 4 4 を用いて説明する。

P E 1 は、図 4 1 で説明した手順において取得 ( A 3 1 ) した V P N 番号 ( 1 0 0 ) と宛先 I P アドレス ( 2 0 . 0 . 0 . 2 0 ) により、図 4 3 に示すフォワーディングテーブ

10

20

30

40

50

ル 3 2 4 を検索し転送先を求める ( A 3 2 、 A 3 3 ) 。この検索は I P アドレスによるロングストマッチ検索であり、第 3 エントリではなく、よりプレフィックス長の長い第 4 エントリが該当し、第 4 エントリは出力インタフェース番号 7 0 3 が I F 2 となっているため、I F 2 に向けて転送する処理を行う。インタフェース情報テーブル 3 2 1 から I F 2 のインタフェース種別は M A C - i n - M A C となっているため、M A C - i n - M A C ネットワークへの転送、すなわちパケットフォーマット 2 0 0 のパケットを作成し転送することとなる。

転送するパケットを作成するためにフォーディングテーブル 3 2 4 の情報以外に V L A N 番号、M A C アドレスを得る必要があるため、V P N 番号 ( 1 0 0 ) と宛先 I P アドレス ( 2 0 . 0 . 0 . 2 0 ) を用いて図 4 3 に示す端末情報テーブル 3 2 5 を検索し ( A 6 1 、 A 6 2 ) 、第 2 エントリが該当する。このエントリの V L A N 番号と M A C アドレスをパケット作成に用いる。

P E 1 は、ここまで得た情報を用いて、図 3 9 に示すパケット P A 1 4 を作成する。作成するパケットのフォーマットは図 2 に示すパケットフォーマット 2 0 0 である。宛先 P E M A C アドレス 2 2 1 を、フォーディングテーブル 3 2 4 の第 4 エントリの付加情報 7 0 5 に格納されている P E 2 の M A C アドレス ( 2 2 2 2 . 2 2 2 2 . 2 2 2 2 ) とし、送信元 P E M A C アドレス 2 2 2 を P E 1 の M A C アドレスとし、V P N 情報 2 2 3 を取得した V P N 番号 ( 1 0 0 ) ( A 6 4 ) とし、宛先ユーザ M A C アドレス 2 2 4 を、端末情報テーブル 3 2 5 の第 2 エントリの M A C アドレス 8 0 4 に格納されている端末 2 の M A C アドレス ( 2 0 2 0 . 2 0 2 0 . 2 0 2 0 ) とし ( A 6 5 ) 、送信元ユーザ M A C アドレス 2 2 5 を P E 1 の M A C アドレスとし、ユーザ V L A N T a g 2 2 6 を、端末情報テーブル 3 2 5 の第 2 エントリの V L A N 番号 8 0 2 に格納されている端末 2 の所属する V L A N 番号 ( 2 0 ) とし ( A 6 6 ) 、I P パケット 2 1 2 はパケット P A 1 1 から変更しない。

最後に、P E 1 は、作成したパケット P A 1 4 を、フォーディングテーブル 3 2 4 の出力インタフェース番号 7 0 3 に格納されている、M A C - i n - M A C ネットワークに接続しているインタフェースである I F 2 に向けて送信する。

パケット P A 1 4 は P E 2 を経由する時に M A C - i n - M A C ヘッダ 2 1 0 を削除され、その後 C E 2 を経由してパケットフォーマット 2 0 1 の形で端末 2 に到達する。P E 2 については一般的な技術により動作する装置であるため、説明は省略する

その後、端末 1 が端末 2 に向けて送信するパケット P A 1 5 は、P E 1 がフォーディングテーブル 3 2 4 を検索することで最初から第 4 エントリを得ることができ、図 4 4 にて説明した処理を行うことで A R P による隣接探索は行わずにパケット P A 1 6 を作成し転送する。パケット P A 1 6 はパケット P A 1 4 と同様に端末 2 に到達する。

#### 【 0 0 4 7 】

( 2 ) L 2 V P N から I P V P N への流れ

次に、L 2 V P N ネットワーク 1 0 3 内の端末が I P V P N ネットワーク 1 0 2 内の端末と通信を行う場合の具体的な手順について説明する。

まず、概略動作を説明する。

#### 【 0 0 4 8 】

図 4 5 は、L 2 V P N ネットワーク 1 0 3 内の端末 2 が I P V P N ネットワーク 1 0 2 内の端末 1 に向けて通信を行う時のパケットの流れを示す説明図である。

端末 2 がパケット P A 7 1 を送信すると、パケット P A 7 1 は C E 2 、P E 2 を経由して P E 1 に到達する。P E 1 は、パケット P A 7 1 の宛先 I P アドレスである端末 1 の I P アドレスを用いてフォーディングテーブル 3 2 4 を検索し、次の転送先が C E 1 である事を得る。次に C E 1 に関し端末情報テーブル 3 2 5 を検索し、パケット転送に必要なエントリが存在しない場合はそのパケットを一時的に保存し、A R P により隣接探索を行う。

PE 1はIPVPNネットワーク102に向けてCE 1に対してARPLクエストパケットPA 7 2を送信し、CE 1に到達する。

CE 1はARPLクエストパケットに対する応答としてARPLプライパケットを返信すると、パケットPA 7 3がPE 1に到達する。

PE 1は、ARPLプライパケットPA 7 3により端末情報テーブル3 2 5を更新し、また、その情報を用いて一時的に保存していたパケットPA 7 1の転送処理を行い、パケットPA 7 4を送信する。パケットPA 7 4はCE 1を経由して端末1に到達する。

その後、端末2が端末1に向けて送信するパケットPA 7 5は、PE 1がフォワーディングテーブル3 2 4と端末情報テーブル3 2 5を検索することで必要なエントリを得ることができ、ARPによる隣接探索は行わずパケット処理を行い、パケットPA 7 6を送信、端末1に到達可能となる。

10

#### 【0049】

以後、図45にて示したパケットの流れにおけるPE 1の動作について、パケットフォーマットとテーブルを用いて具体的に説明する。

インタフェース情報テーブル3 2 1、L2VPN情報テーブル3 2 2、経路制御情報テーブル3 2 3は、それぞれ図39のパケットPA 1 1をPE 1が受信する前に図4、図5、図6の状態であるものとする。これらはネットワーク管理者が予め設定した情報と、ルーティングプロトコルによって得た情報を元に登録するものである。

20

フォワーディングテーブル3 2 4の、PE 1が図39のパケットPA 1 1を受信する前の初期状態は、図40に示したものと同一である。

端末情報テーブル3 2 5の初期状態は、エントリが登録されていない状態であるものとする。

端末2がパケットPA 7 1を送信すると、パケットPA 7 1はPE 2を経由してPE 1のインタフェース3 0 2(IF 2)に到達する。なお、PE 1に到達するパケットPA 7 1は図2に示すパケットフォーマット2 0 0のフォーマットである。

30

#### 【0050】

PE 1がパケットPA 7 1を受信してから、ARPLクエストパケットPA 7 2を送信するまでの手順について図46を用いて説明する。

PE 1は、パケットPA 7 1の転送先を求めるための最初の手順として、図4に示すインタフェース情報テーブル3 2 1からパケットを受信したインタフェースIF 2に該当するエントリを検索(A 8 1)し、第2エントリが該当する。第2エントリのインタフェース種別4 0 4はMAC-in-MACであり、この場合はVPN番号と宛先IPアドレスの両方を受信したパケットから取得する。受信したパケットから、VPN番号はVPN情報2 2 3に含まれるVPN番号(1 0 0)であり、宛先IPアドレスはIPパケット2 1 2に含まれる宛先IPアドレス(1 1 . 0 . 0 . 1 1)である。この宛先IPアドレスは端末1のIPアドレスである。

40

次に、PE 1は、取得したVPN番号(1 0 0)と宛先IPアドレス(1 1 . 0 . 0 . 1 1)を用いて、図40に示すフォワーディングテーブル3 2 4を検索し転送先を求めようとする(A 8 2、A 8 3)。第2エントリが該当し、パケットの転送先は出力インタフェース番号7 0 2がIF 1であり、ネクストホップ情報7 0 4がCE 1の1 0 . 0 . 0 . 1 0である。第2エントリは出力インタフェース番号7 0 3がIF 1となっているため、IF 1に向けて転送する処理を行う。インタフェース情報テーブル3 2 1からIF 1のインタフェース種別はIPVPNとなっているため、IPVPNネットワークへの転送、すなわちパケットフォーマット2 0 1のパケットを作成し転送することとなる。

PE 1は、続いてパケットの転送先であるCE 1のMACアドレスを求めるために端末

50



情報テーブル325をVPN番号(100)とCE1のIPアドレス(10.0.0.10)にて検索(A84、A85)するが、エントリが存在しないため、パケット転送先の隣接探索を行う必要があると判断し、パケットPA71は一時的に保存し、ARPリクエストパケットPA72送信の処理を行う。

PE1は、図45に示すARPリクエストパケットPA72の作成にVLAN番号を得る必要があり、インタフェース情報テーブル321をパケットの転送先であるIF1で検索し(A86)、第1エントリが該当し、VLAN番号403からVLAN番号(10)を得る。

その後、PE1は、ここまで得た情報を用いてARPリクエストパケットPA72を作成する。作成するパケットのフォーマットは図2に示すパケットフォーマット201である。宛先ユーザMACアドレス224をブロードキャストアドレスとし、送信元ユーザMACアドレス225をPE1のMACアドレスとし、ユーザVLANTag226をインタフェース情報テーブル321の第1エントリから取得したVLAN番号(10)(A87)とし、IPパケット212は転送先であるCE1のIPアドレス(10.0.0.10)のARP解決を要求するための一般的なARPパケットのフォーマットとする(A88)。

PE1は作成したARPリクエストパケットPA72を、転送先のインタフェースであるIF1に向けて送信する。

ARPリクエストパケットPA72はCE1に到達する。CE1はARPリクエストパケットに対する応答としてパケットフォーマット201の形でARプリプライパケットPA73を返信し、パケットPA73がPE1に到達する。

#### 【0051】

PE1がパケットPA73を受信してから、パケットPA74を送信するまでの手順について図47、図48、図49を用いて説明する。

#### 【0052】

パケットPA73を受信してから、PE1の持つテーブルを更新するまでの手順について図47を用いて説明する。

PE1は、ARプリプライパケットPA73受信に関する処理の最初の手順として、処理すべき内容を決めるために、図4に示すインタフェース情報テーブル321からパケットを受信したインタフェースIF1に該当するエントリを検索し(A91)、第1エントリが該当し、インタフェース種別がIPVPNのインタフェースから受信した場合の処理を行うと判定する。

次に、PE1は、端末情報テーブル325に、受信したARプリプライパケットに対応するエントリを登録する処理を行う。端末情報テーブル325に登録するエントリは、端末1にパケットを転送する際に、パケットフォーマットの宛先ユーザMACアドレス224とユーザVLANTag226を作成するために必要なエントリである。

端末情報テーブル325には、図8に示す例の第1エントリの内容を登録することとなる。VPN番号801はA91の検索で得たインタフェース情報テーブル321の第1エントリのVPN番号402に格納されておりCE1の所属するVPN番号(100)であり(A92)、VLAN番号802は受信したパケットPA73のユーザVLANTag226に格納されておりCE1の所属するVLAN番号(10)であり(A93)、IPアドレス803はIPパケット212に格納されているARPパケットのCE1のIPアドレス(10.0.0.10)であり(A94)、MACアドレス804はIPパケット212に格納されているARPパケットのCE1のMACアドレス(1010.1010.1010)である(A95)。

#### 【0053】

図48は、図47に示したテーブル更新を行った後のフォワーディングテーブル324と端末情報テーブル325の状態を示す説明図である。フォワーディングテーブル324は初期状態である図40の時点から変更なく、端末情報テーブル325はエントリが無い

10

20

30

40

50

状態から第1エントリが追加されている。

【0054】

図47に示したテーブル更新処理が終わった後、更新したテーブルを用いて、一時的に保存していたPA71の転送処理を行いパケットPA74を送信するまでの手順について図49を用いて説明する。

PE1は、図46で説明した手順において、受信したインタフェース(IF2)からインタフェース情報テーブル321の検索(A81)を行い、その結果によって受信したパケットからVPN番号(100)と宛先IPアドレス(11.0.0.11)を取得し、図48に示すフォーディングテーブル324を検索し(A82、A83)第2エントリを得て、パケットの転送先インタフェースがIF1でありネクストホップがCE1(10.0.0.10)である事を得て、端末情報テーブル325を検索する前までの手順は図46を用いた説明と同様である。

10

PE1は、転送するパケットを作成するためにフォーディングテーブル324の情報以外にVLAN番号、MACアドレスを得る必要があるため、VPN番号(100)と、パケットの転送先であるCE1のIPアドレス(10.0.0.10)を用いて図48に示す端末情報テーブル325を検索し(A61、A62)、第1エントリが該当する。このエントリのVLAN番号とMACアドレスをパケット作成に用いる。

PE1は、ここまで得た情報を用いて、図45に示すパケットPA74を作成する。作成するパケットのフォーマットは図2に示すパケットフォーマット201である。宛先ユーザMACアドレス224を、端末情報テーブル325の第1エントリのMACアドレス804に格納されているCE1のMACアドレス(1010.1010.1010)とし(A113)、送信元ユーザMACアドレス225をPE1のMACアドレスとし、ユーザVLAN Tag 226を、端末情報テーブル325の第1エントリのVLAN番号802に格納されているCE1の所属するVLAN番号(10)とし(A114)、IPパケット212はパケットPA71から変更しない。

20

最後に、PE1は、作成したパケットPA74を、フォーディングテーブル324の出力インタフェース番号703に格納されている、IPVPNネットワークに接続しているインタフェースであるIF1に向けて送信する。

パケットPA74はCE1を経由してパケットフォーマット201の形で端末1に到達する。CE1については一般的な技術により動作する装置であるため、説明は省略する

30

その後、端末2が端末1に向けて送信するパケットPA75は、PE1が端末情報テーブル324を検索することで最初から第1エントリを得ることができ、図49にて説明した処理を行うことでARPによる隣接探索は行わずにパケットPA76を作成し転送する。パケットPA76はパケットPA74と同様に端末1に到達する。

以上が、IPVPNネットワークに所属する端末1とL2VPNネットワークに所属する端末2との間で双方向に通信を行うため、本実施の形態における通信の具体的な手順と、実施の形態の装置が持つ各テーブルと転送するパケットとの関係である。

40

【0055】

A3. ネットワーク装置の動作：

ここでは、ネットワーク装置111の動作について説明する。

【0056】

(1) パケット転送処理部313

図9、図10、図11、図12は、ネットワーク装置111のパケット転送処理部313において実行されるパケット転送処理の手順を示すフローチャートである。

【0057】

図9は、パケットを受信してから宛先検索に関する情報を取得するまでの手順を示すフ

50

ローチャートである。

ネットワーク装置 1 1 1 はパケットを受信すると、パケット転送処理部 3 1 3 において受信したパケットに対し受信パケットの判定と宛先検索に関する情報を取得する処理を開始する ( S 9 0 1 ) 。

受信したパケットが、経路制御部 3 1 1 が処理するルーティングプロトコルのパケットもしくは A R P のパケットである場合 ( S 9 0 2 ) 、パケット転送処理部 3 1 3 は、経路制御部 3 1 1 へパケットを転送し ( S 9 0 3 ) 、パケット転送処理部 3 1 3 は処理を終了する ( S 9 0 4 ) 。なお、ルーティングプロトコルのパケットや A R P のパケットであるかを判定する方法は一般的な手段となんら変わらないため、説明は省略する。

受信したパケットが、経路制御部 3 1 1 が処理するルーティングプロトコルのパケット以外である場合 ( S 9 0 2 ) 、パケット転送処理部 3 1 3 は、パケットを受信したインタフェース番号を検索キーとしてインタフェース情報テーブル 3 2 1 を検索し ( S 9 0 5 ) 、該当するエントリのインタフェース種別 4 0 4 の値によって処理を振り分ける ( S 9 0 6 ) 。

S 9 0 6 においてインタフェース種別が M A C - i n - M A C である場合、パケット転送処理部 3 1 3 は、図 2 に示すパケットフォーマット 2 0 0 のパケットを受信しており、受信したパケットの V P N 情報 2 2 3 から V P N 番号を、 I P パケット 2 1 2 から宛先 I P アドレスを取得し ( S 9 0 7 ) 、パケットから M A C - i n - M A C ヘッダ 2 1 0 を削除する ( S 9 0 8 ) 。

S 9 0 6 においてインタフェース種別が I P V P N である場合、パケット転送処理部 3 1 3 は、図 2 に示すパケットフォーマット 2 0 1 のパケットを受信しており、 S 9 0 5 で検索したエントリの V P N 番号 4 0 2 から V P N 番号を、 I P パケット 2 1 2 から宛先 I P アドレスを取得する ( S 9 0 9 ) 。

V P N 番号と宛先 I P アドレスを取得した後、図 1 0 の宛先検索処理へ処理を継続する ( S 9 1 0 ) 。

【 0 0 5 8 】

図 1 0 は、 V P N 番号と宛先 I P アドレスを取得した後に、パケットを転送するまでの手順を示すフローチャートである。

図 9 の S 9 1 0 から処理を継続する ( S 1 0 0 1 ) 。

パケット転送処理部 3 1 3 は、取得した V P N 番号と宛先 I P アドレスを検索キーとしてフォワーディングテーブル 3 2 4 を検索する。検索は、フォワーディングテーブル 3 2 4 の I P アドレス / プレフィックス長 7 0 2 に格納されているプレフィックス長を用いたロングストマッチ検索により行う ( S 1 0 0 2 ) 。パケット転送処理部 3 1 3 は、該当するエントリが存在したかによって処理を振り分ける ( S 1 0 0 3 ) 。

S 1 0 0 3 において該当するエントリが存在しない場合、パケット転送処理部 3 1 3 は、受信したパケットは廃棄し ( S 1 0 0 8 ) 、パケット転送処理部 3 1 3 は処理を終了する ( S 1 0 0 9 ) 。

S 1 0 0 3 において該当するエントリが存在する場合で、該当するエントリの実出力インタフェース番号 7 0 3 が設定されていない事を示す「 - 」である場合、パケット転送処理部 3 1 3 は、 S 1 0 0 6 の処理へ移行し、図 1 1 を用いて後述する M A C - i n - M A C ネットワークへのパケット転送処理を実行し ( S 1 0 0 6 ) 、パケット転送処理部 3 1 3 は処理を終了する ( S 1 0 0 9 ) 。

S 1 0 0 3 において該当するエントリが存在する場合で、該当するエントリの実出力インタフェース番号 7 0 3 が設定されている場合、パケット転送処理部 3 1 3 は、出力インタフェース番号 7 0 3 を検索キーとしてインタフェース情報テーブル 3 2 1 を検索し ( S 1 0 0 4 ) 、該当するエントリのインタフェース種別 4 0 4 によって処理を振り分ける ( S 1 0 0 5 ) 。

S 1 0 0 5 においてインタフェース種別が M A C - i n - M A C である場合、パケット転送処理部 3 1 3 は、図 1 1 を用いて後述する M A C - i n - M A C ネットワークへのパケット転送処理を実行し ( S 1 0 0 6 ) 、パケット転送処理部 3 1 3 は処理を終了する (

S 1 0 0 9 )。

S 1 0 0 5 においてインタフェース種別が I P V P N である場合、パケット転送処理部 3 1 3 は、図 1 2 を用いて後述する I P V P N ネットワークへのパケット転送処理を実行し ( S 1 0 0 7 )、パケット転送処理部 3 1 3 は処理を終了する ( S 1 0 0 9 )。

【 0 0 5 9 】

図 1 1 は、図 1 0 の S 1 0 0 6 における M A C - i n - M A C ネットワークへのパケット転送処理の手順を示すフローチャートである。

図 1 0 のフローチャートにおいて S 1 0 0 6 に到達した場合、M A C - i n - M A C ネットワークへのパケット転送処理を開始する ( S 1 1 0 1 )。

処理が開始されると、パケット転送処理部 3 1 3 は、端末情報テーブル 3 2 5 を検索する ( S 1 1 0 2 )。検索キーに用いる値は、図 9 のフローチャートにて取得した V P N 番号と、S 1 0 0 2 で検索したエントリのネクストホップ情報 7 0 4 が設定されている場合にはネクストホップ情報 7 0 4 を、ネクストホップ情報 7 0 4 が設定されていない事を示す「 - 」である場合には図 9 のフローチャートにて取得した宛先 I P アドレスを用いる。なお、端末情報テーブル 3 2 5 の V L A N 番号 8 0 2 はこの検索では用いず、V P N 番号 8 0 1 と I P アドレス 8 0 3 の 2 つの値が一致するエントリを検索する。この検索は、該当するエントリがある場合は唯一である。

パケット転送処理部 3 1 3 は、S 1 1 0 2 の検索において該当するエントリが存在した場合としない場合によって処理を振り分ける ( S 1 1 0 3 )。

S 1 1 0 3 において該当するエントリが存在しない場合は、パケット転送処理部 3 1 3 は、経路制御部 3 1 1 に対し、図 9 のフローチャートにて取得した V P N 番号と、I P アドレスには S 1 0 0 2 で検索したエントリのネクストホップ情報 7 0 4 が設定されている場合にはネクストホップ情報 7 0 4 を、ネクストホップ情報 7 0 4 が設定されていない事を示す「 - 」である場合には図 9 のフローチャートにて取得した宛先 I P アドレスを、図 1 0 の S 1 0 0 2 で検索したエントリの出力インタフェース番号 7 0 3 の組み合わせによる A R P 解決を要求する ( S 1 1 0 6 )。その後、パケット転送処理部 3 1 3 は、受信したパケットを一時的に保存し ( S 1 1 0 7 )、M A C - i n - M A C ネットワークへのパケット転送処理を一旦終了 ( S 1 1 0 8 ) する。なお、S 1 1 0 7 にて一時的に保存したパケットは、後述する図 1 8 の S 1 8 0 4 にて用いる。

S 1 1 0 3 において該当するエントリが存在する場合は、パケット転送処理部 3 1 3 は、M A C - i n - M A C ネットワークへ転送するパケットを作成する ( S 1 1 0 4 )。作成するパケットは、図 2 のパケットフォーマット 2 0 0 のフォーマットである。M A C - i n - M A C ヘッダ 2 1 0 の宛先 P E M A C アドレス 2 2 1 を S 1 0 0 2 で検索したエントリの付加情報 7 0 5 に格納されている M A C アドレスとし、M A C - i n - M A C ヘッダ 2 1 0 の装置元 P E M A C アドレス 2 2 2 をネットワーク装置 1 1 1 の M A C アドレスとし、M A C - i n - M A C ヘッダ 2 1 0 の V P N 情報 2 2 3 を図 9 のフローチャートにて取得した V P N 番号とし、ユーザレイヤ 2 ヘッダ 2 1 1 の宛先ユーザ M A C アドレス 2 2 4 を S 1 1 0 2 で検索したエントリに格納されている M A C アドレス 8 0 4 とし、ユーザレイヤ 2 ヘッダ 2 1 1 の送信元ユーザ M A C アドレス 2 2 5 をネットワーク装置 1 1 1 の M A C アドレスとし、ユーザレイヤ 2 ヘッダ 2 1 1 のユーザ V L A N T a g 2 2 6 を S 1 1 0 2 で検索したエントリに格納されている V L A N 番号 8 0 2 とし、I P パケット 2 1 2 は受信したパケットから変更しない。なお、I P パケット 2 1 2 に格納されている I P ヘッダは、一般的なレイヤ 3 中継処理にて行う T T L 減算などの処理を行ってもよいし、それらの処理は省略して全く行わなくてもよい。ここでは特に言及しない。

最後に、パケット転送処理部 3 1 3 は、S 1 1 0 4 で作成したパケットを、S 1 0 0 2 で検索したエントリの出力インタフェース番号 7 0 3 に対して出力し、( S 1 1 0 5 )、M A C - i n - M A C ネットワークへのパケット転送処理を終了 ( S 1 1 0 8 ) する。

【 0 0 6 0 】

図 1 2 は、図 1 0 の S 1 0 0 7 における I P V P N ネットワークへのパケット転送処理の手順を示すフローチャートである。

図10のフローチャートにおいてS1007に到達した場合、パケット転送処理部313は、IPVPNネットワークへのパケット転送処理を開始する(S1201)。

処理が開始されると、パケット転送処理部313は、端末情報テーブル325を検索する(S1202)。検索キーに用いる値は、図9のフローチャートにて取得したVPN番号と、S1002で検索したエントリのネクストホップ情報704が設定されている場合にはネクストホップ情報704を、ネクストホップ情報704が設定されていない事を示す「-」である場合には図9のフローチャートにて取得した宛先IPアドレスを用いる。なお、端末情報テーブル325のVLAN番号802はこの検索では用いず、VPN番号801とIPアドレス803の2つの値が一致するエントリを検索する。この検索は、該当するエントリがある場合は唯一である。

10

パケット転送処理部313は、S1202の検索において該当するエントリが存在した場合としない場合によって処理を振り分ける(S1203)。

S1203において該当するエントリが存在しない場合は、パケット転送処理部313は、経路制御部311に対し、図9のフローチャートにて取得したVPN番号と、IPアドレスにはS1002で検索したエントリのネクストホップ情報704が設定されている場合にはネクストホップ情報704を、ネクストホップ情報704が設定されていない事を示す「-」である場合には図9のフローチャートにて取得した宛先IPアドレスを、図10のS1002で検索したエントリの出力インタフェース番号703の組み合わせによるARP解決を要求する(S1206)。その後、パケット転送処理部313は、受信したパケットを一時的に保存し(S1207)、IPVPNネットワークへのパケット転送処理を一旦終了(S1208)する。なお、S1207にて一時的に保存したパケットは、後述する図14のS1406にて用いる。

20

S1203において該当するエントリが存在する場合は、パケット転送処理部313は、IPVPNネットワークへ転送するパケットを作成する(S1204)。作成するパケットは、図2のパケットフォーマット201のフォーマットである。ユーザレイヤ2ヘッダ211の宛先ユーザMACアドレス224をS1202で検索したエントリに格納されているMACアドレス804とし、ユーザレイヤ2ヘッダ211の送信元ユーザMACアドレス225をネットワーク装置111のMACアドレスとし、ユーザレイヤ2ヘッダ211のユーザVLANTag226をS1202で検索したエントリに格納されているVLAN番号802とし、IPパケット212は受信したパケットから変更しない。なお、IPパケット212に格納されているIPヘッダは、一般的なレイヤ3中継処理にて行うTTL減算などの処理を行ってもよいし、それらの処理は省略して全く行わなくてもよい。ここでは特に言及しない。

30

最後に、パケット転送処理部313は、S1204で作成したパケットを、S1002で検索したエントリの出力インタフェース番号703に対して出力し(S1205)、IPVPNネットワークへのパケット転送処理を終了(S1208)する。

#### 【0061】

##### (2) 経路制御部311

図13、図14、図15、図16は、ネットワーク装置111の経路制御部311において実行される処理の手順を示すフローチャートである。

40

#### 【0062】

図13は、図11のS1106、図12のS1206においてパケット転送処理部313が経路制御部311に対しARP解決を要求した時の、経路制御部311の処理の手順を示すフローチャートである。

経路制御部311は、パケット転送処理部313からARP解決の要求を受けると処理を開始する(S1301)。

経路制御部311は、パケット転送処理部313から通知されたインタフェース番号を検索キーとしてインタフェース情報テーブル321を検索し(S1302)、該当するエントリのインタフェース種別404の値によって処理を振り分ける(S1303)。ただし、S1302において、パケット転送処理部313から通知されたインタフェース番号

50

が「 - 」である場合は、経路制御部 3 1 1 は、検索を行わず S 1 3 0 4 の処理へ移行する。これは、図 1 0 の S 1 0 0 2 で検索したフォーディングテーブル 3 2 4 のエントリの実出力インタフェース番号 7 0 3 が「 - 」であった場合であり、フォーディングテーブル 3 2 4 に登録されているエントリのうち L 2 V P N 情報テーブル 3 2 2 に基づいて登録されたエントリであった場合である。この場合は M A C - i n - M A C ネットワークへのパケット転送を行うための手順の途中であり、S 1 3 0 4 に移行する。

S 1 3 0 3 においてインタフェース種別が M A C - i n - M A C である場合か S 1 3 0 2 においてインタフェース番号が「 - 」であった場合、経路制御部 3 1 1 は、V P N 接続制御部 3 1 2 へ、パケット転送処理部 3 1 3 からの A R P 解決の要求を転送し ( S 1 3 0 4 )、経路制御部 3 1 1 は処理を終了する ( S 1 3 0 7 )。

10

S 1 3 0 3 においてインタフェース種別が I P V P N である場合、経路制御部 3 1 1 は、I P V P N ネットワークへ出力する A R P リクエストパケットを作成する ( S 1 3 0 5 )。作成するパケットは、図 2 のパケットフォーマット 2 0 1 のフォーマットである。ユーザレイヤ 2 ヘッダ 2 1 1 の宛先ユーザ M A C アドレス 2 2 4 をブロードキャストアドレスとし、ユーザレイヤ 2 ヘッダ 2 1 1 の送信元ユーザ M A C アドレス 2 2 5 をネットワーク装置 1 1 1 の M A C アドレスとし、ユーザレイヤ 2 ヘッダ 2 1 1 のユーザ V L A N t a g 2 2 6 を S 1 3 0 2 で検索したエントリに格納されている V L A N 番号 4 0 3 とし、I P パケット 2 1 2 は一般的な A R P パケットのフォーマットとする。A R P パケットは、A R P 解決する対象の I P アドレスとしてパケット転送処理部 3 1 3 から通知された I P アドレスを格納し、自身の I P アドレスとして、S 1 3 0 2 で検索したエントリに格納されている I P アドレス / プレフィックス長 4 0 5 の I P アドレスの値を用いる。

20

最後に、経路制御部 3 1 1 は、S 1 3 0 5 で作成した A R P リクエストパケットを、パケット転送処理部 3 1 3 から通知されたインタフェースに対して出力し ( S 1 3 0 6 )、処理を終了する ( S 1 3 0 7 )。

#### 【 0 0 6 3 】

図 1 4 は、ネットワーク装置 1 1 1 が A R P リプライパケットを受信し、図 9 の S 9 0 2 , S 9 0 3 に示した処理により、パケット転送処理部 3 1 3 がルーティングプロトコルのパケットと判定し経路制御部 3 1 1 にパケットを転送した場合の、経路制御部 3 1 1 の処理の手順を示すフローチャートである。

経路制御部 3 1 1 は、パケット転送処理部 3 1 3 から A R P リプライパケットを転送されると処理を開始する ( S 1 4 0 1 )。

30

経路制御部 3 1 1 は、パケット転送処理部 3 1 3 から通知されたパケットを受信したインタフェース番号を検索キーとしてインタフェース情報テーブル 3 2 1 を検索し ( S 1 4 0 2 )、該当するエントリのインタフェース種別 4 0 4 の値によって処理を振り分ける ( S 1 4 0 3 )。

S 1 4 0 3 においてインタフェース種別が M A C - i n - M A C である場合、経路制御部 3 1 1 は、V P N 接続制御部 3 1 2 へ、パケット転送処理部 3 1 3 からの A R P リプライパケットを転送し ( S 1 4 0 4 )、経路制御部 3 1 1 は処理を終了する ( S 1 4 0 7 )。

S 1 4 0 3 においてインタフェース種別が I P V P N である場合、経路制御部 3 1 1 は、受信した A R P リプライパケットに関する情報を端末情報テーブル 3 2 5 に登録する ( S 1 4 0 5 )。登録する内容は、V P N 番号 8 0 1 は S 1 4 0 2 で検索したエントリの V P N 番号 4 0 2 であり、V L A N 番号 8 0 2 は受信した A R P リプライパケットのユーザ V L A N t a g 2 2 6 に格納されている V L A N 番号であり、I P アドレス 8 0 3 は A R P リプライパケットに格納されている相手装置の I P アドレスであり、M A C アドレス 8 0 4 は A R P リプライパケットに格納されている相手装置の M A C アドレスである。

40

最後に、経路制御部 3 1 1 は、図 1 2 の S 1 2 0 7 で説明した一時的に保存したパケットの中に、パケットを受信した V P N 番号と、A R P リプライパケットに格納されている相手装置の I P アドレスに一致するものがある場合には、そのパケットに対し、パケット転送処理部 3 1 3 にて図 1 0 の S 1 0 0 1 以降の処理を行い ( S 1 4 0 6 )、経路制御部

50

3 1 1 は処理を終了する ( S 1 4 0 7 )。

【 0 0 6 4 】

図 1 5 は、ネットワーク装置 1 1 1 が A R P リクエストパケットを受信し、図 9 の S 9 0 2 , S 9 0 3 に示した処理により、パケット転送処理部 3 1 3 がルーティングプロトコルのパケットと判定し経路制御部 3 1 1 にパケットを転送した場合の、経路制御部 3 1 1 の処理の手順を示すフローチャートである。

経路制御部 3 1 1 は、パケット転送処理部 3 1 3 から A R P リクエストパケットを転送されると処理を開始する ( S 1 5 0 1 )。

経路制御部 3 1 1 は、パケット転送処理部 3 1 3 から通知されたパケットを受信したインタフェース番号を検索キーとしてインタフェース情報テーブル 3 2 1 を検索し ( S 1 5 0 2 )、該当するエントリのインタフェース種別 4 0 4 の値によって処理を振り分ける ( S 1 5 0 3 )。

S 1 5 0 3 においてインタフェース種別が M A C - i n - M A C である場合、経路制御部 3 1 1 は、V P N 接続制御部 3 1 2 へ、パケット転送処理部 3 1 3 からの A R P リクエストパケットを転送し ( S 1 5 0 4 )、経路制御部 3 1 1 は処理を終了する ( S 1 5 0 8 )。

S 1 5 0 3 においてインタフェース種別が I P V P N である場合、経路制御部 3 1 1 は、受信した A R P リクエストパケットに関する情報を端末情報テーブル 3 2 5 に登録する ( S 1 5 0 5 )。登録する内容は、V P N 番号 8 0 1 は S 1 5 0 2 で検索したエントリの V P N 番号 4 0 2 であり、V L A N 番号 8 0 2 は受信した A R P リクエストパケットのユーザ V L A N T a g 2 2 6 に格納されている V L A N 番号であり、I P アドレス 8 0 3 は A R P リクエストパケットに格納されている相手装置の I P アドレスであり、M A C アドレス 8 0 4 は A R P リクエストパケットに格納されている相手装置の M A C アドレスである。

S 1 5 0 5 に続いて、経路制御部 3 1 1 は、I P V P N ネットワークへ出力する A R P リプライパケットを作成する ( S 1 5 0 6 )。作成するパケットは、図 2 のパケットフォーマット 2 0 1 のフォーマットである。ユーザレイヤ 2 ヘッダ 2 1 1 の宛先ユーザ M A C アドレス 2 2 4 を受信した A R P リクエストパケットに格納されている相手装置の M A C アドレスとし、ユーザレイヤ 2 ヘッダ 2 1 1 の送信元ユーザ M A C アドレス 2 2 5 をネットワーク装置 1 1 1 の M A C アドレスとし、ユーザレイヤ 2 ヘッダ 2 1 1 のユーザ V L A N T a g 2 2 6 を S 1 5 0 2 で検索したエントリに格納されている V L A N 番号 8 0 2 とし、I P パケット 2 1 2 は一般的な A R P パケットのフォーマットとする。A R P パケットは、A R P リクエストに回答する I P アドレスとして S 1 5 0 2 で検索したエントリに格納されている I P アドレス / プレフィックス長 4 0 5 の I P アドレスとし、A R P リクエストに回答する M A C アドレスとしてネットワーク装置 1 1 1 の M A C アドレスの値とする。

最後に、経路制御部 3 1 1 は、S 1 5 0 6 で作成した A R P リプライパケットを、パケット転送処理部 3 1 3 から通知されたインタフェースに対して出力し ( S 1 5 0 7 )、処理を終了する ( S 1 5 0 8 )。

【 0 0 6 5 】

図 1 6 は、ネットワーク装置 1 1 1 が経路の制御に用いるルーティングプロトコルのパケットを受信し、図 9 の S 9 0 2 , S 9 0 3 に示した処理により、パケット転送処理部 3 1 3 がルーティングプロトコルのパケットと判定し経路制御部 3 1 1 にパケットを転送した場合の、経路制御部 3 1 1 の処理の手順を示すフローチャートである。

経路制御部 3 1 1 は、パケット転送処理部 3 1 3 からルーティングプロトコルのパケットを転送されると処理を開始する ( S 1 6 0 1 )。

経路制御部 3 1 1 は、パケット転送処理部 3 1 3 から通知されたパケットを受信したインタフェース番号を検索キーとしてインタフェース情報テーブル 3 2 1 を検索し ( S 1 6 0 2 )、該当するエントリのインタフェース種別 4 0 4 の値によって処理を振り分ける ( S 1 6 0 3 )。

S 1 6 0 3 においてインタフェース種別が M A C - i n - M A C である場合、経路制御部 3 1 1 は、経路制御部 3 1 1 はプロトコルに従い経路処理を行い、その結果の経路を経路制御情報テーブル 3 2 3 に登録する ( S 1 6 0 4 )。登録する内容は、V P N 番号 6 0 1 は受信したパケットの M A C - i n - M A C ヘッダ 2 1 0 の V P N 情報 2 2 3 の V P N 番号であり、I P アドレス / プレフィックス長 6 0 2 は処理した経路の I P アドレス / プレフィックス長であり、出力インタフェース番号 6 0 3 は処理した経路の出力インタフェース番号であり、ネクストホップ情報 6 0 4 は処理した経路のネクストホップである。なお、プロトコルに従った経路処理は一般的なルーティングプロトコルの処理であり説明は省略するが、プロトコル処理に使用する装置自身の I P アドレスは、L 2 V P N 情報テーブル 3 2 2 に登録されているエントリのうち、V P N 番号 5 0 1 と受信したパケットの M A C - i n - M A C ヘッダ 2 1 0 の V P N 情報 2 2 3 の V P N 番号とが一致し、V L A N 番号 5 0 2 とユーザレイヤ 2 ヘッダ 2 2 1 のユーザ V L A N T a g 2 2 6 の V L A N 番号とが一致するエントリの I P アドレス / プレフィックス長 5 0 3 の I P アドレスを用いる。

10

S 1 6 0 4 に続き、経路制御部 3 1 1 は、S 1 6 0 4 で登録した経路の情報を、V P N 接続制御部へ通知し ( S 1 6 0 5 )、経路制御部 3 1 1 は処理を終了する ( S 1 6 0 8 )。

S 1 6 0 3 においてインタフェース種別が I P V P N である場合、経路制御部 3 1 1 はプロトコルに従い経路処理を行い、その結果の経路を経路制御情報テーブル 3 2 3 に登録する ( S 1 6 0 6 )。登録する内容は、V P N 番号 6 0 1 は S 1 6 0 2 で検索したエントリの V P N 番号 4 0 2 であり、I P アドレス / プレフィックス長 6 0 2 は処理した経路の I P アドレス / プレフィックス長であり、出力インタフェース番号 6 0 3 は処理した経路の出力インタフェース番号であり、ネクストホップ情報 6 0 4 は処理した経路のネクストホップである。

20

S 1 6 0 6 に続き、経路制御部 3 1 1 は、S 1 6 0 6 で登録した経路の情報をフォーワーディングテーブル 3 2 4 に登録する ( S 1 6 0 7 )。登録する内容は、V P N 番号 7 0 1、I P アドレス / プレフィックス長 7 0 2、出力インタフェース番号 7 0 3、ネクストホップ情報 7 0 4 はそれぞれ経路制御情報テーブル 3 2 3 に登録した内容と同じであり、付加情報 7 0 5 は設定されていない事を示す「 - 」を登録する。登録が完了すると、経路制御部 3 1 1 は処理を終了する ( S 1 6 0 8 )。

30

#### 【 0 0 6 6 】

##### ( 3 ) V P N 接続制御部 3 1 2

図 1 7、図 1 8、図 1 9、図 2 0、図 2 1 は、ネットワーク装置 1 1 1 の V P N 接続制御部 3 1 2 において実行される処理の手順を示すフローチャートである。

#### 【 0 0 6 7 】

図 1 7 は、V P N 接続制御部 3 1 2 が経路制御部 3 1 1 から A R P 解決の要求を受けた時の、V P N 接続制御部 3 1 2 の処理の手順を示すフローチャートである。

V P N 接続制御部 3 1 2 は、経路制御部 3 1 1 から A R P 解決の要求を受けると処理を開始する ( S 1 7 0 1 )。

処理が開始されると、V P N 接続制御部 3 1 2 は、経路制御部 3 1 1 から受けた通知の V P N 番号と I P アドレスを検索キーとして、L 2 V P N 情報テーブル 3 2 2 を検索する ( S 1 7 0 2 )。I P アドレスは、I P アドレス / プレフィックス長 5 0 3 に対するロングストマッチにより検索する。

40

S 1 7 0 2 に続き、V P N 接続制御部 3 1 2 は、M A C - i n - M A C ネットワークへ出力する A R P リクエストパケットを作成する ( S 1 7 0 3 )。作成するパケットは、図 2 のパケットフォーマット 2 0 0 のフォーマットである。M A C - i n - M A C ヘッダ 2 1 0 の宛先 P E M A C アドレス 2 2 1 をブロードキャストとし、M A C - i n - M A C ヘッダ 2 1 0 の装置元 P E M A C アドレス 2 2 2 をネットワーク装置 1 1 1 の M A C アドレスとし、M A C - i n - M A C ヘッダ 2 1 0 の V P N 情報 2 2 3 を経路制御部 3 1 1 から受けた通知の V P N 番号とし、ユーザレイヤ 2 ヘッダ 2 1 1 の宛先ユーザ M A C アドレス

50



224をブロードキャストアドレスとし、ユーザレイヤ2ヘッダ211の送信元ユーザMACアドレス225をネットワーク装置111のMACアドレスとし、ユーザレイヤ2ヘッダ211のユーザVLANTag226をS1702で検索したエントリのVLAN番号503とし、IPパケット212は一般的なARPパケットのフォーマットとする。ARPパケットは、ARP解決する対象のIPアドレスとして経路制御部311から通知されたIPアドレスを格納し、自身のIPアドレスとして、S1702で検索したエントリに格納されているIPアドレス/プレフィックス長503のIPアドレスの値を用いる。

最後に、VPN接続制御部312は、S1704で作成したパケットを、経路制御部311から通知されたインタフェースに出力し(S1704)、VPN接続制御部312は処理を終了(S1705)する。ただし、経路制御部311から通知されたインタフェース番号が「-」である場合には、VPN接続制御部312は、S1704において、インタフェース種別404がMAC-in-MACである全てのインタフェースに対して同じパケットを送信する。これは、図10のS1002で検索したフォワーディングテーブル324のエントリの出力インタフェース番号703が「-」であった場合であり、フォワーディングテーブル324に登録されているエントリのうちL2VPN情報テーブル322に基づいて登録されたエントリであった場合である。この場合はPE1であるネットワーク装置111がMAC-in-MACネットワークに接続するインタフェースのうちどのインタフェースにパケットを送信すべきかが未定の状態であり、MAC-in-MACネットワークに接続している全てのインタフェースに対して、すなわちMAC-in-MACネットワーク全体にパケットを送信する。このパケットの応答であるARプリバイパケットをいずれか1つのインタフェースから受信することとなる。

#### 【0068】

図18は、VPN接続制御部312が経路制御部311からARプリバイパケットを受けた時の、VPN接続制御部312の処理の手順を示すフローチャートである。

VPN接続制御部312は、経路制御部311からARプリバイパケットを受けると処理を開始する(S1801)。

処理が開始されると、VPN接続制御部312は、通知されたARプリバイパケットに関する情報を端末情報テーブル325に登録する(S1802)。登録する内容は、VPN番号801は受信したARプリバイパケットのVPN情報223に格納されているVPN番号であり、VLAN番号802は受信したARプリバイパケットのユーザVLANTag226に格納されているVLAN番号であり、IPアドレス803はARプリバイパケットに格納されている相手装置のIPアドレスであり、MACアドレス804はARプリバイパケットに格納されている相手装置のMACアドレスである。

S1802に続き、VPN接続制御部312は、フォワーディングテーブル324に対応するエントリに登録する(S1803)。登録する内容は、VPN番号701は受信したARプリバイパケットのVPN情報223に格納されているVPN番号であり、IPアドレス/プレフィックス長702はARプリバイパケットに格納されている相手装置のIPアドレスとプレフィックス長の最大値であり、出力インタフェース番号703はARプリバイパケットを受信したインタフェース番号であり、ネクストホップ情報704は設定されていない事示す「-」であり、付加情報705は受信したパケットのMAC-in-MACヘッダ210の送信元PEMACアドレス222である。なお、プレフィックス長が最大長であるとは、IPアドレスの長さでプレフィックス長の値が一致している事であり、例えばIPv4の場合は32でありIPv6の場合は128である。

最後に、VPN接続制御部312は、図11のS1107で説明した一時的に保存したパケットの中に、VPN番号とARプリバイパケットに格納されている相手装置のIPアドレスに一致するものがある場合には、そのパケットに対し、パケット転送処理部313にて図10のS1001以降の処理を行い(S1804)、経路制御部311は処理を終了する(S1805)。

#### 【0069】

図19、図20は、VPN接続制御部312が経路制御部311からARプリクエスト

10

20

30

40

50

パケットを受けた時の、VPN接続制御部312の処理の手順を示すフローチャートである。

VPN接続制御部312は、経路制御部311からARPリクエストパケットを受けると処理を開始する(S1901)。

処理が開始されると、VPN接続制御部312は、通知されたARPリクエストパケットに関する情報を端末情報テーブル325に登録する(S1902)。登録する内容は、VPN番号801は経路制御部311から受けた通知のVPN番号であり、VLAN番号802は受信したARPリクエストパケットのユーザVLANTag226に格納されているVLAN番号であり、IPアドレス803はARPリクエストパケットに格納されている相手装置のIPアドレスであり、MACアドレス804はARPリクエストパケットに格納されている相手装置のMACアドレスである。

10

S1902に続き、VPN接続制御部312は、フォワーディングテーブル324に対応するエントリに登録する(S1903)。登録する内容は、VPN番号701は経路制御部311から受けた通知のVPN番号であり、IPアドレス/プレフィックス長702はARPリクエストパケットに格納されている相手装置のIPアドレスとプレフィックス長の最大値であり、出力インタフェース番号703はARPリクエストパケットを受信したインタフェース番号であり、ネクストホップ情報704は設定されていない事を示す「-」であり、付加情報705は受信したパケットのMAC-in-MACヘッダ210の送信元PEMACアドレス222である。

S1903に続き、VPN接続制御部312は、MAC-in-MACネットワークへ出力するARPリクエストパケットを作成する(S1904)。作成するパケットは、図2のパケットフォーマット200のフォーマットである。MAC-in-MACヘッダ210の宛先PEMACアドレス221を、受信したパケットのMAC-in-MACヘッダ210の送信元PEMACアドレス222とし、MAC-in-MACヘッダ210の装置元PEMACアドレス222をネットワーク装置111のMACアドレスとし、MAC-in-MACヘッダ210のVPN情報223を経路制御部311から受けた通知のVPN番号とし、ユーザレイヤ2ヘッダ211の宛先ユーザMACアドレス224を受信したARPリクエストパケットに格納されている相手装置のMACアドレスとし、ユーザレイヤ2ヘッダ211の送信元ユーザMACアドレス225をネットワーク装置111のMACアドレスとし、ユーザレイヤ2ヘッダ211のユーザVLANTag226を受信したARPリクエストパケットのユーザレイヤ2ヘッダ211のユーザVLANTag226に格納されているVLAN番号とし、IPパケット212は一般的なARPパケットのフォーマットとする。ARPパケットは、ARPリクエストに回答するIPアドレスとして受信したARPリクエストパケットに格納されている解決要求のあった自装置のIPアドレスとし、ARPリクエストに回答するMACアドレスとしてネットワーク装置111のMACアドレスの値とする。

20

30

最後に、S1904で作成したパケットを、ARPリクエストを受信したインタフェースに対して出力し(S1905)、VPN接続制御部312は処理を終了(S1906)する。

#### 【0070】

40

図21は、VPN接続制御部312が経路制御部311から経路に登録した事の通知を受けた時の、VPN接続制御部312の処理の手順を示すフローチャートである。

VPN接続制御部312は、経路制御部311から経路に登録した事の通知を受けると処理を開始する(S2101)。

処理が開始されると、VPN接続制御部312は、通知を受けた経路の情報を用いてフォワーディングテーブル324を検索する。検索は、通知されたVPN番号と、IPアドレスに通知されたネクストホップ情報を、プレフィックス長に最大長を用いてロングストマッチ検索により行う(S2102)。

つぎに、VPN接続制御部312は、S2102によって検索したエントリの付加情報705を取得する(S2103)。

50

V P N接続制御部 3 1 2 は、通知を受けた経路の情報と、S 2 1 0 3 によって取得した付加情報を用いて、フォワーディングテーブルにエントリを登録する (S 2 1 0 2)。登録する内容は、V P N番号 7 0 1、I Pアドレス/プレフィックス長 7 0 2、出力インタフェース番号 7 0 3、ネクストホップ情報 7 0 4 はそれぞれ通知を受けた経路の内容であり、付加情報 7 0 5 は S 2 1 0 3 によって取得した付加情報である。登録が完了すると、V P N接続制御部 3 1 2 は処理を終了する (S 2 1 0 3)。

#### 【 0 0 7 1 】

##### ( 4 ) I P V P N と L 2 V P N 間の通信

ここまで説明したネットワーク装置 1 1 1 の動作により、レイヤ 3 によって M A C - i n - M A C ネットワーク 1 0 1 に接続した I P V P N ネットワーク 1 0 2 と、レイヤ 2 によって M A C - i n - M A C ネットワーク 1 0 1 に接続した L 2 V P N ネットワーク 1 0 3 との間において通信が可能となる。

具体的には、I P V P N ネットワーク 1 0 2 内の端末が L 2 V P N ネットワーク 1 0 3 内の端末と通信を必要とする場合には、主に図 1 7、図 1 8 を用いて説明した V P N 接続制御部 3 1 2 の動作により、M A C - i n - M A C ネットワークを経由した A R P 解決を行い、フォワーディングテーブル 3 2 4 に付加情報 7 0 5 を含むエントリを登録し、また、主に図 1 1 を用いて説明したパケット転送処理部 3 1 3 の動作により、レイヤ 3 転送を行いつつ、フォワーディングテーブル 3 2 4 の付加情報 7 0 5 などを用いて M A C - i n - M A C ヘッダ 2 1 0 を含むパケットを作成し転送することで、M A C - i n - M A C ネットワーク 1 0 1 の P E 2 (ネットワーク装置 1 1 2) がレイヤ 2 転送をできるようになり、I P V P N ネットワーク 1 0 2 から L 2 V P N ネットワーク 1 0 3 にパケットが到達できる。

また、L 2 V P N ネットワーク 1 0 3 内の端末が I P V P N ネットワーク 1 0 2 内の端末と通信を必要とする場合にも、同様に、主に図 1 9、図 2 0 を用いて説明した V P N 接続制御部 3 1 2 の動作と、主に図 1 2 を用いて説明したパケット転送処理部 3 1 3 の動作により、L 2 V P N ネットワーク 1 0 3 内の端末が通信先のデフォルトゲートウェイやネクストホップとして P E 1 (ネットワーク装置 1 1 1) を指定することが可能となり、L 2 V P N ネットワーク 1 0 3 から I P V P N ネットワーク 1 0 2 にパケットが到達できる。

さらに、主に図 1 6、図 2 1 を用いて説明したルーティングプロトコルにより経路の処理により、P E 1 (ネットワーク装置 1 1 1) と L 2 V P N ネットワーク 1 0 3 内のルータとで経路情報を交換しパケット転送に反映することが可能となり、L 2 V P N ネットワーク 1 0 3 内にルータを配置しても上記同様に双方向の通信が到達できる。

#### 【 0 0 7 2 】

##### A 4 . 第 1 の実施の形態の効果 :

本実施の形態の効果を下に示す。

本実施の形態によれば、レイヤ 3 によって M A C - i n - M A C のコアネットワークに接続した拠点ネットワークとレイヤ 2 によってコアネットワークに接続した拠点ネットワークとの間の通信を可能とし、そのことにより、レイヤ 3 による接続方法とレイヤ 2 による接続方法を自由に選択可能となる。レイヤ 3 による接続とレイヤ 2 による接続を切り替える必要が生じた場合においても、部分的な変更のみで接続が可能となり、全体の停止を回避することができる。

#### 【 0 0 7 3 】

##### B . 第 2 の実施の形態 :

本実施の形態では、第 1 の実施の形態で説明した M A C - i n - M A C を用いたコアネットワークに代わって、M P L S を用いたコアネットワークによって、レイヤ 3 によって接続した拠点ネットワークとレイヤ 2 によって接続した拠点ネットワークとの間での通信を可能とする方法の一例である実施の形態を示す。

なお、第 2 の実施の形態は第 1 の実施の形態と同様の部分が多いため、第 1 の実施の形態との差分を明示することにより説明する。

## 【 0 0 7 4 】

## B 1 . システム構成 :

ここでは、本実施の形態のネットワークシステムとネットワーク装置の構成について説明する。

## 【 0 0 7 5 】

図 2 2 は、本発明の一実施の形態としてのネットワークシステムの構成を示す説明図である。第 1 の実施の形態の図 1 に示す構成とは、コアネットワークが M P L S ネットワーク 2 2 0 4 である点異なる。M P L S ネットワーク 2 2 0 4 が I P V P N ネットワーク 1 0 2 と L 2 V P N ネットワーク 1 0 3 との間で相互に通信を行うために通信を仲介する。ネットワーク装置 1 1 1 ( P E 1 )、ネットワーク装置 1 1 2 ( P E 2 ) は M P L S が動作するネットワーク装置であり、それぞれ I P V P N ネットワーク 1 0 2 と L 2 V P N ネットワーク 1 0 3 を接続している。

10

各装置の役割や I P アドレス、M A C アドレスなどについては同様のため省略する。

## 【 0 0 7 6 】

図 2 3 は、図 2 2 のネットワークシステムにおいて用いるパケットのフォーマットを示す説明図である。

M P L S ネットワーク内のパケット 2 3 0 0 は、M P L S ヘッダ 2 3 1 0 を持ち、M P L S 情報 2 3 2 1 を格納する。M P L S 情報には M P L S のラベルを含む情報と、レイヤ 2 ヘッダを含むが、一般的な M P L S の動作によるものであるため内容の説明は省略する。その他のフィールドは第 1 の実施の形態で説明したパケットフォーマット 2 0 0 と同様である。

20

M P L S ネットワーク外のパケットは、第 1 の実施の形態で説明したパケットフォーマット 2 0 1 と同様である。

本実施の形態は以後、主に P E 1 であるネットワーク装置 1 1 1 の動作について説明する。P E 1 以外のネットワーク装置は従来の技術により動作する装置であり、各装置の動作の説明は最小限に留める。

なお、本実施の形態ではレイヤ 3 として I P v 4 を用いるが、レイヤ 3 のプロトコルとして I P v 6 などを用いることもできる。

## 【 0 0 7 7 】

30

図 2 4 は、P E 1 であるネットワーク装置 1 1 1 の構成を示す説明図である。

第 1 の実施の形態の図 3 に示す構成とは、メモリ 3 2 0 内に M P L S 情報テーブル 2 4 2 6 を格納している点異なる。M P L S 情報テーブル 2 4 2 6 の詳細については後述する。

また、経路制御部 3 1 1 は、第 1 の実施の形態に示した役割に加えて M P L S の処理も行い、M P L S 情報テーブル 2 4 2 6 に必要なエントリを登録する。

その他の点は第 1 の実施の形態と同様であるため省略する。

## 【 0 0 7 8 】

図 2 5 は、図 2 4 に示すインタフェース情報テーブル 3 2 1 の説明図である。

第 1 の実施の形態の図 4 に示す構成とは、インタフェース種別 4 0 4 のとり得る値であり、「I P V P N」、「M P L S」の 2 つの値のいずれかである点異なる。

40

図 2 5 の例では、第 2 エントリにおいて、インタフェース 3 0 2 ( I F 2 ) が、M P L S ネットワークに接続している事を示している。

その他の点は第 1 の実施の形態と同様であるため省略する。

第 1 の実施の形態において図 5、図 6 を用いて説明した L 2 V P N 情報テーブル 3 2 2 と経路制御情報テーブル 3 2 3 については第 1 の実施の形態と同様のため省略する。

## 【 0 0 7 9 】

図 2 6 は、図 2 4 に示すフォーワーディングテーブル 3 2 4 の説明図である。

第 1 の実施の形態の図 7 に示す構成とは、付加情報 7 0 5 に格納する値が異なる。付加

50

情報 705 には、そのエントリが M P L S ネットワーク内へ転送する事を示すエントリである場合に、M P L S ヘッダを作成するために用いるラベル情報を格納する。それ以外の場合は「 - 」を格納する。

フォワーディングテーブル 324 は、経路制御情報テーブル 323 に基づくエントリは、出力インタフェース番号 603 のインタフェースに関するインタフェース情報テーブル 321 のエントリのインタフェース種別 404 の値が I P V P N であるエントリについては第 1 の実施の形態と同様である。M P L S であるエントリについて詳細は後述する。

図 26 の例では、第 4 エントリ ~ 第 6 エントリが出力インタフェース番号 703 に関するインタフェース種別 404 が M P L S であり、付加情報にラベル情報を格納している。

10

第 1 の実施の形態において図 8 を用いて説明した端末情報テーブル 325 については第 1 の実施の形態と同様のため省略する。

#### 【 0080 】

図 27 は、図 24 に示す M P L S 情報テーブル 2426 の説明図である。M P L S 情報テーブル 2426 は、経路制御部 311 が M P L S プロトコルによる処理結果を格納するテーブルである。M P L S 情報テーブル 2426 では、V P N 番号 2701、V L A N 番号 2702 に対して、出力ラベル番号 2703、入力ラベル番号 2704、インタフェース番号 2705 が対応付けられている。V P N 番号 2701 はそのエントリを用いる V P N 番号を示し、V L A N 番号 2702 はラベルを割り当てている V L A N 番号、出力ラベル番号 2703 と入力ラベル番号 2704 は M P L S プロトコルによって割り当てられたラベル番号、インタフェース番号 2705 は出力ラベル番号 2703 と入力ラベル番号 2704 を用いるインタフェース番号、を格納する。

20

M P L S 情報テーブル 2426 は、経路制御部 311 が M P L S ネットワーク 2204 で M P L S プロトコルによって V P N と V L A N の組み合わせに対し割り当てたラベル情報を格納している。出力ラベル番号 2703 と入力ラベル番号 2704 の組み合わせを構成する 1 つの方法は、M P L S プロトコルにおける V C ( V i r t u a l C i r c u i t ) に関して送受信に用いるラベルの組み合わせである。

図 27 の例では、第 1 エントリにおいて、V P N 番号 2701 が 100、V L A N 番号 2702 が 10、出力ラベル番号 2703 がラベル 1、入力ラベル番号 2704 がラベル 2、インタフェース番号 2705 が I F 2 である。すなわち、V P N 番号 100 である L 2 V P N ネットワーク 102 の V L A N 20 に対し送信するパケットにはラベル 1 を用い、逆にそこから受信するパケットにはラベル 2 が格納されている事を示している。インタフェース番号 2705 は、ラベル 1 とラベル 2 の組み合わせによる通信をインタフェース I F 2 を介して行うことを示している。なお、V P N 番号と V L A N 番号の 1 つの組み合わせに対し、出力ラベル番号、入力ラベル番号の組み合わせを複数登録する場合もあり、それに対応するインタフェース番号は同じものが複数ある場合や異なるインタフェース番号が登録されている場合がある。

30

#### 【 0081 】

B2 . 通信の具体的な手順の説明 :

ここでは、本発明の第 2 の実施の形態における、通信の具体的な手順と、装置が持つ各テーブルと転送するパケットとの関係について説明する。

40

#### 【 0082 】

( 1 ) I P V P N から L 2 V P N への流れ

まず、I P V P N ネットワーク 102 内の端末が L 2 V P N ネットワーク 103 内の端末と通信を行う場合の具体的な手順について説明する。

まず、概略動作を説明する。

#### 【 0083 】

図 50 は、I P V P N ネットワーク 102 内の端末 1 が L 2 V P N ネットワーク 103 内の端末 2 に向けて通信を行う時のパケットの流れを示す説明図である。

端末 1 がパケット P B 11 を送信すると、パケット P B 11 は C E 1 を経由して P E 1

50

に到達する。P E 1 は、パケット P B 1 1 の宛先 I P アドレスである端末 2 の I P アドレスを用いてフォワーディングテーブル 3 2 4 を検索し、パケット転送に必要なエントリが存在しない場合はそのパケットを一時的に保存し、A R P により隣接探索を行う。

P E 1 は M P L S ネットワーク 2 2 0 4 を経由して端末 2 に対して A R P リクエストパケット P B 1 2 を送信する。

端末 2 は A R P リクエストパケットに対する応答として A R P リプライパケット P B 1 3 を返信すると、M P L S ネットワーク 2 2 0 4 を経由して A R P リプライパケット P B 1 3 が P E 1 に到達する。

P E 1 は、A R P リプライパケット P B 1 3 によりフォワーディングテーブル 3 2 4 と端末情報テーブル 3 2 5 を更新し、また、その情報を用いて一時的に保存していたパケット P B 1 1 の転送処理を行い、パケット P B 1 4 を送信する。パケット P B 1 4 は M P L S ネットワーク 2 2 0 4 を経由して端末 2 に到達する。

その後、端末 1 が端末 2 に向けて送信するパケット P B 1 5 は、P E 1 がフォワーディングテーブル 3 2 4 を検索することで必要なエントリを得ることができ、A R P による隣接探索は行わずパケット処理を行い、パケット P B 1 6 を送信、端末 2 に到達可能となる。

#### 【 0 0 8 4 】

以後、図 5 0 にて示したパケットの流れにおける P E 1 の動作について、パケットフォーマットとテーブルを用いて具体的に説明する。

インタフェース情報テーブル 3 2 1、L 2 V P N 情報テーブル 3 2 2、経路制御情報テーブル 3 2 3 は、それぞれ図 5 0 のパケット P B 1 1 を P E 1 が受信する前に図 2 5、図 5、図 6 の状態であるものとする。これらはネットワーク管理者が予め設定した情報と、ルーティングプロトコルによって得た情報を元に登録するものである。

#### 【 0 0 8 5 】

図 5 1 は、P E 1 が図 5 0 のパケット P B 1 1 を受信する前の、フォワーディングテーブル 3 2 4 の初期状態を示す説明図である。図 2 6 で説明したように、第 1 エントリと第 2 エントリは経路制御情報テーブル 3 2 3 に基づいて登録したものであり、第 3 エントリは L 2 V P N 情報テーブル 3 2 2 に基づいて登録したものである。

端末情報テーブル 3 2 5 の初期状態は、エントリが登録されていない状態であるものとする。

M P L S 情報テーブル 2 4 2 6 の初期状態は、図 2 7 の状態であるものとする。これは経路制御部 3 1 1 が M P L S プロトコルによって格納した情報である。

端末 1 がパケット P B 1 1 を送信すると、パケット P B 1 1 は P E 1 のインタフェース 3 0 1 ( I F 1 ) に到達する。なお、パケット P B 1 1 は図 2 3 に示すパケットフォーマット 2 0 1 のフォーマットである。

#### 【 0 0 8 6 】

P E 1 がパケット P B 1 1 を受信してから、A R P リクエストパケット P B 1 2 を送信するまでの手順について図 5 2、図 5 3 を用いて説明する。

P E 1 は、パケット P B 1 1 の転送先を求めるための最初の手順として、図 2 5 に示すインタフェース情報テーブル 3 2 1 からパケットを受信したインタフェース I F 1 に該当するエントリを検索 ( B 3 1 ) し、第 1 エントリが該当し、第 1 エントリの V P N 番号 4 0 2 から V P N 番号 ( 1 0 0 ) を取得する。また同時に、受信したパケットの I P パケット 2 1 2 に含まれる宛先 I P アドレス ( 2 0 . 0 . 0 . 2 0 ) を取得する。この宛先 I P アドレスは端末 2 の I P アドレスである。

次に、P E 1 は、取得した V P N 番号 ( 1 0 0 ) と宛先 I P アドレス ( 2 0 . 0 . 0 . 2 0 ) を用いて、図 5 1 に示すフォワーディングテーブル 3 2 4 を検索し転送先を求めよ

うとする（B32、B33）。第3エントリが該当するが、出力インタフェース番号703が未定であるため、パケット転送先不明であり隣接探索を行う必要があると判断し、パケットPB11は一時的に保存し、ARPリクエストパケットPB12送信の処理を行う。

PE1は、図50に示すARPリクエストパケットPB12の作成にVLAN番号とラベル番号を得る必要がある。VLAN番号は、出力インタフェース番号703が未定であるため、VPN番号（100）と宛先IPアドレス（20.0.0.2）を用いて、図5に示すL2VPN情報テーブル322を検索（B34、B35、B36）し、第1エントリが該当し、VLAN番号502からVLAN番号（20）を得る。ラベル番号は、VPN番号とVLAN番号と出力インタフェース番号から図27に示すMPLS情報テーブル2426を用いて求めるが、出力インタフェース番号703（B3A）が未定であるため、MPLS情報テーブル2426のエントリのうちVPN番号2701がVPN番号（100）（B37）、VLAN番号2702がVLAN番号（20）（B38）と一致する全てのエントリからVLAN番号とインタフェース番号を取得する。この場合第1エントリが該当し、出力ラベル（ラベル1）とインタフェース番号（IF2）の組み合わせを取得する。このラベル番号の取得は複数のエントリが該当する場合があるが、図27に示す例の場合は1つのエントリのみが該当している。

PE1は、その後、ここまで得た情報を用いてARPリクエストパケットを作成する。作成するパケットのフォーマットは図23に示すパケットフォーマット2300である。MPLS情報2321に取得した出力ラベル番号（ラベル1）を設定し（B3B）、宛先ユーザMACアドレス224をブロードキャストアドレスとし、送信元ユーザMACアドレス225をPE1のMACアドレスとし、ユーザVLANTag226をL2VPN情報テーブル322の第1エントリから取得したVLAN番号（20）（B3C）とし、IPパケット212は宛先IPアドレス（20.0.0.2）のARP解決を要求するための一般的なARPパケットのフォーマットとする（B39）。

PE1は作成したARPリクエストパケットPB12を、MPLSネットワークに向けて、MPLS情報テーブル2426から取得したインタフェース（IF2）に送信する。なお、ラベルを取得するためのMPLS情報テーブル2426の検索において複数のエントリが該当した場合は、それぞれ、ラベル番号を格納したパケットを作成しその組み合わせのインタフェースにパケットを出力する。

ARPリクエストパケットPB12はPE2を経由する時にMPLSヘッダ2310を削除され、その後CE2を経由してパケットフォーマット201の形で端末2に到達する。端末2はARPリクエストパケットに対する応答としてパケットフォーマット201の形でARPリプライパケットを返信し、CE2を経由し、PE2を経由する時にMPLSヘッダ2310を追加され、パケットフォーマット200の形となったパケットPB13がPE1に到達する。なお、PE2については一般的な技術により動作する装置であるため、説明は省略する。

#### 【0087】

PE1がパケットPB13を受信してから、パケットPB14を送信するまでの手順について図54、図55、図56、図57を用いて説明する。

パケットPB13を受信してから、PE1の持つテーブルを更新するまでの手順について図54、図55を用いて説明する。

PE1は、ARPリプライパケットPB13受信に関する処理の最初の手順として、処理すべき内容を決めるために、図25に示すインタフェース情報テーブル321からパケットを受信したインタフェースIF2に該当するエントリを検索し（B41）、第2エントリが該当し、インタフェース種別がMPLSのインタフェースから受信した場合の処理を行うと判定する。

次に、P E 1 は、端末情報テーブル 3 2 5 とフォワーディングテーブル 3 2 4 に、受信した A R P リプライパケットに対応するエントリを登録する処理を行う。端末情報テーブル 3 2 5 に登録するエントリは、端末 2 にパケットを転送する際に宛先ユーザ M A C アドレス 2 2 4 とユーザ V L A N T a g 2 2 6 を作成するために必要なエントリである。フォワーディングテーブル 3 2 4 に登録するエントリは、端末 2 にパケットを転送する際の出力先インタフェースの決定と、M P L S 情報 2 3 2 1 を作成するために必要なエントリである。

端末情報テーブル 3 2 5 には、図 8 に示す例の第 2 エントリの内容を登録することとなる。V P N 番号 8 0 1 は、登録する値を M P L S 情報テーブル 2 4 2 6 から求める。受信したパケットの M P L S 情報 2 3 2 1 に格納されているラベル番号（ラベル 2）（B 4 2）と、パケットを受信したインタフェース（I F 2）（B 4 3）から第 1 エントリが該当し、V P N 番号 2 7 0 1 の V P N 番号（1 0 0）を V P N 番号 8 0 1 に登録する（B 4 4）。この V P N 番号は端末 2 が所属する V P N 番号である。V L A N 番号 8 0 2 は受信したパケット P B 1 3 のユーザ V L A N T a g 2 2 6 に格納されており端末 2 の所属する V L A N 番号（2 0）であり（B 4 5）、I P アドレス 8 0 3 は I P パケット 2 1 2 に格納されている A R P パケットの端末 2 の I P アドレス（2 0 . 0 . 0 . 2 0）であり（B 4 6）、M A C アドレス 8 0 4 は I P パケット 2 1 2 に格納されている A R P パケットの端末 2 の M A C アドレス（2 0 2 0 . 2 0 2 0 . 2 0 2 0）である（B 4 7）。

フォワーディングテーブル 3 2 4 には、図 2 6 に示す例の第 4 エントリの内容を登録することとなる。V P N 番号 7 0 1 は端末情報テーブル 3 2 5 で登録したものと同一端末 2 が所属する V P N 番号（1 0 0）であり（B 4 8）、I P アドレス / プレフィックス長 7 0 2 は I P パケット 2 1 2 に格納されている A R P パケットの端末 2 の I P アドレス（2 0 . 0 . 0 . 2 0）と最大プレフィックス長である 3 2 であり（B 4 9）、出力インタフェース番号 7 0 3 はパケット P A 1 3 を受信したインタフェースである I F 2 であり（B 4 A）、ネクストホップ情報 7 0 4 はこの場合不要であるため設定されていない事を示す「-」であり、付加情報 7 0 5 は端末情報テーブル 3 2 5 にエントリを登録する際に検索した M P L S 情報テーブル 2 4 2 6 の第 1 エントリの出力ラベル 2 7 0 3 の値（ラベル 1）である（B 4 B）。なお、ラベル 1 は A R P リプライパケット P B 1 3 の M P L S 情報に格納されていたラベル番号に対応し P E 2 に向けて送信するためのラベル番号である。

図 5 6 は、図 5 4、図 5 5 に示したテーブル更新を行った後のフォワーディングテーブル 3 2 4 と端末情報テーブル 3 2 5 の状態を示す説明図である。フォワーディングテーブル 3 2 4 はパケット P B 1 1 受信前の状態である図 5 1 に比べて第 4 エントリが追加されている。端末情報テーブル 3 2 5 はエントリが無い状態から第 2 エントリが追加されている。

#### 【 0 0 8 8 】

図 5 4、図 5 5 に示したテーブル更新処理が終わった後、更新したテーブルを用いて、一時的に保存していた P B 1 1 の転送処理を行いパケット P B 1 4 を送信するまでの手順について図 5 7 を用いて説明する。

P E 1 は、図 5 2、図 5 3 で説明した手順において取得（B 3 1）した V P N 番号（1 0 0）と宛先 I P アドレス（2 0 . 0 . 0 . 2 0）により、図 5 6 に示すフォワーディングテーブル 3 2 4 を検索し転送先を求める（B 3 2、B 3 3）。この検索は I P アドレスによるロングストマッチ検索であり、第 3 エントリではなく、よりプレフィックス長の長い第 4 エントリが該当し、第 4 エントリは出力インタフェース番号 7 0 3 が I F 2 となっているため、I F 2 に向けて転送する処理を行う。インタフェース情報テーブル 3 2 1 から I F 2 のインタフェース種別は M P L S となっているため、M P L S ネットワークへの転送、すなわちパケットフォーマット 2 3 0 0 のパケットを作成し転送することとなる。

転送するパケットを作成するためにフォワーディングテーブル 3 2 4 の情報以外に V L A N 番号、M A C アドレスを得る必要があるため、V P N 番号（1 0 0）と宛先 I P アドレス（2 0 . 0 . 0 . 2 0）を用いて図 5 6 に示す端末情報テーブル 3 2 5 を検索し（B



61、B62)、第2エントリが該当する。このエントリのVLAN番号とMACアドレスをパケット作成に用いる。

PE1は、ここまで得た情報を用いて、図50に示すパケットPB14を作成する。作成するパケットのフォーマットは図23に示すパケットフォーマット2300である。MPLS情報2321を、フォワーディングテーブル324の第4エントリの付加情報705に格納されているPE2に対して送信するためのラベル番号(ラベル1)とし(B63)、宛先ユーザMACアドレス224を、端末情報テーブル325の第2エントリのMACアドレス804に格納されている端末2のMACアドレス(2020.2020.2020)とし(B64)、送信元ユーザMACアドレス225をPE1のMACアドレスとし、ユーザVLANTag226を、端末情報テーブル325の第2エントリのVLAN番号802に格納されている端末2の所属するVLAN番号(20)とし(B65)、IPパケット212はパケットPB11から変更しない。

10

最後に、PE1は、作成したパケットPB14を、フォワーディングテーブル324の出力インタフェース番号703に格納されている、MPLSネットワークに接続しているインタフェースであるIF2に向けて送信する。

パケットPB14はPE2を経由する時にMPLSヘッダ2310を削除され、その後CE2を経由してパケットフォーマット201の形で端末2に到達する。PE2については一般的な技術により動作する装置であるため、説明は省略する

20

その後、端末1が端末2に向けて送信するパケットPB15は、PE1がフォワーディングテーブル324を検索することで最初から第4エントリを得ることができ、図57にて説明した処理を行うことでARPによる隣接探索は行わずにパケットPB16を作成し転送する。パケットPB16はパケットPB14と同様に端末2に到達する。

#### 【0089】

#### (2) L2VPNからIPVPNへの流れ

次に、L2VPNネットワーク103内の端末がIPVPNネットワーク102内の端末と通信を行う場合の具体的な手順について説明する。

まず、概略動作を説明する。

#### 【0090】

図58は、L2VPNネットワーク103内の端末2がIPVPNネットワーク102内の端末1に向けて通信を行う時のパケットの流れを示す説明図である。

端末2がパケットPB71を送信すると、パケットPB71はCE2、PE2を経由してPE1に到達する。PE1は、パケットPB71の宛先IPアドレスである端末1のIPアドレスを用いてフォワーディングテーブル324を検索し、次の転送先がCE1である事を得る。次にCE1に関し端末情報テーブル325を検索し、パケット転送に必要なエントリが存在しない場合はそのパケットを一時的に保存し、ARPにより隣接探索を行う。

PE1はIPVPNネットワーク102に向けてCE1に対してARPLクエストパケットPB72を送信し、CE1に到達する。

40

CE1はARPLクエストパケットに対する応答としてARPLプライパケットを返信すると、パケットPB73がPE1に到達する。

PE1は、ARPLプライパケットPB73により端末情報テーブル325を更新し、また、その情報を用いて一時的に保存していたパケットPB71の転送処理を行い、パケットPB74を送信する。パケットPB74はCE1を経由して端末1に到達する。

その後、端末2が端末1に向けて送信するパケットPB75は、PE1がフォワーディングテーブル324と端末情報テーブル325を検索することで必要なエントリを得ることができ、ARPによる隣接探索は行わずパケット処理を行い、パケットPB76を送信、端末1に到達可能となる。

#### 【0091】

50

以後、図 5 8 にて示したパケットの流れにおける P E 1 の動作について、パケットフォーマットとテーブルを用いて具体的に説明する。

インタフェース情報テーブル 3 2 1、L 2 V P N 情報テーブル 3 2 2、経路制御情報テーブル 3 2 3 は、それぞれ図 5 0 のパケット P B 1 1 を P E 1 が受信する前に図 2 5、図 5、図 6 の状態であるものとする。これらはネットワーク管理者が予め設定した情報と、ルーティングプロトコルによって得た情報を元に登録するものである。

フォワーディングテーブル 3 2 4 の、P E 1 が図 5 0 のパケット P B 1 1 を受信する前の初期状態は、図 5 1 に示したものと同一である。

10

端末情報テーブル 3 2 5 の初期状態は、エントリが登録されていない状態であるものとする。

M P L S 情報テーブル 2 4 2 6 の初期状態は、図 2 7 の状態であるものとする。これは経路制御部 3 1 1 が M P L S プロトコルによって格納した情報である。

端末 2 がパケット P B 7 1 を送信すると、パケット P B 7 1 は P E 2 を経由して P E 1 のインタフェース 3 0 2 ( I F 2 ) に到達する。なお、P E 1 に到達するパケット P B 7 1 は図 2 3 に示すパケットフォーマット 2 3 0 0 のフォーマットである。

20

【 0 0 9 2 】

P E 1 がパケット P B 7 1 を受信してから、A R P リクエストパケット P B 7 2 を送信するまでの手順について図 5 9、図 6 0 を用いて説明する。

P E 1 は、パケット P B 7 1 の転送先を求めるための最初の手順として、図 2 5 に示すインタフェース情報テーブル 3 2 1 からパケットを受信したインタフェース I F 2 に該当するエントリを検索 ( B 8 1 ) し、第 2 エントリが該当する。第 2 エントリのインタフェース種別 4 0 4 は M P L S であり、この場合は V P N 番号と宛先 I P アドレスの両方を受信したパケットの情報を基に取得する。V P N 番号は、受信したパケットの M P L S 情報 2 3 2 1 に格納されているラベル番号 ( ラベル 2 ) ( B 8 2 ) と、パケットを受信したインタフェース ( I F 2 ) ( B 4 3 ) の情報から M P L S 情報テーブル 2 4 2 6 を検索し、第 1 エントリが該当し、V P N 番号 2 7 0 1 の V P N 番号 ( 1 0 0 ) を得る ( B 8 4 )。宛先 I P アドレスは I P パケット 2 1 2 に含まれる宛先 I P アドレス ( 1 1 . 0 . 0 . 1 1 ) である。この宛先 I P アドレスは端末 1 の I P アドレスである。

30

次に、P E 1 は、取得した V P N 番号 ( 1 0 0 ) と宛先 I P アドレス ( 1 1 . 0 . 0 . 1 1 ) を用いて、図 5 1 に示すフォワーディングテーブル 3 2 4 を検索し転送先を求めようとする ( B 8 6、B 8 7 )。第 2 エントリが該当し、パケットの転送先は出力インタフェース番号 7 0 2 が I F 1 であり、ネクストホップ情報 7 0 4 が C E 1 の 1 0 . 0 . 0 . 1 0 である。第 2 エントリは出力インタフェース番号 7 0 3 が I F 1 となっているため、I F 1 に向けて転送する処理を行う。インタフェース情報テーブル 3 2 1 から I F 1 のインタフェース種別は I P V P N となっているため、I P V P N ネットワークへの転送、すなわちパケットフォーマット 2 0 1 のパケットを作成し転送することとなる。

40

P E 1 は、続いてパケットの転送先である C E 1 の M A C アドレスを求めるために端末情報テーブル 3 2 5 を V P N 番号 ( 1 0 0 ) と C E 1 の I P アドレス ( 1 0 . 0 . 0 . 1 0 ) にて検索 ( B 8 8、B 8 9 ) するが、エントリが存在しないため、パケット転送先の隣接探索を行う必要があると判断し、パケット P B 7 1 は一時的に保存し、A R P リクエストパケット P B 7 2 送信の処理を行う。

P E 1 は、図 5 8 に示す A R P リクエストパケット P B 7 2 の作成に V L A N 番号を得る必要があり、インタフェース情報テーブル 3 2 1 をパケットの転送先である I F 1 で検索し ( B 8 A )、第 1 エントリが該当し、V L A N 番号 4 0 3 から V L A N 番号 ( 1 0 ) を得る。

50

その後、P E 1 は、ここまで得た情報を用いて A R P リクエストパケット P B 7 2 を作成する。作成するパケットのフォーマットは図 2 3 に示すパケットフォーマット 2 0 1 である。宛先ユーザ M A C アドレス 2 2 4 をブロードキャストアドレスとし、送信元ユーザ M A C アドレス 2 2 5 を P E 1 の M A C アドレスとし、ユーザ V L A N T a g 2 2 6 をインタフェース情報テーブル 3 2 1 の第 1 エントリから取得した V L A N 番号 ( 1 0 ) ( B 8 B ) とし、I P パケット 2 1 2 は転送先である C E 1 の I P アドレス ( 1 0 . 0 . 0 . 1 0 ) の A R P 解決を要求するための一般的な A R P パケットのフォーマットとする ( B 8 C )。

P E 1 は作成した A R P リクエストパケット P B 7 2 を、転送先のインタフェースである I F 1 に向けて送信する。

10

A R P リクエストパケット P B 7 2 は C E 1 に到達する。C E 1 は A R P リクエストパケットに対する応答としてパケットフォーマット 2 0 1 の形で A R P リプライパケット P B 7 3 を返信し、パケット P B 7 3 が P E 1 に到達する。

【 0 0 9 3 】

P E 1 がパケット P B 7 3 を受信してから、パケット P B 7 4 を送信するまでの手順について図 6 1、図 6 2、図 6 3 を用いて説明する。

パケット P B 7 3 を受信してから、P E 1 の持つテーブルを更新するまでの手順について図 6 1 を用いて説明する。

20

P E 1 は、A R P リプライパケット P B 7 3 受信に関する処理の最初の手順として、処理すべき内容を決めるために、図 2 5 に示すインタフェース情報テーブル 3 2 1 からパケットを受信したインタフェース I F 1 に該当するエントリを検索し ( B 9 1 )、第 1 エントリが該当し、インタフェース種別が I P V P N のインタフェースから受信した場合の処理を行うと判定する。

次に、P E 1 は、端末情報テーブル 3 2 5 に、受信した A R P リプライパケットに対応するエントリを登録する処理を行う。端末情報テーブル 3 2 5 に登録するエントリは、端末 1 にパケットを転送する際に、パケットフォーマットの宛先ユーザ M A C アドレス 2 2 4 とユーザ V L A N T a g 2 2 6 を作成するために必要なエントリである。

端末情報テーブル 3 2 5 には、図 8 に示す例の第 1 エントリの内容を登録することとなる。V P N 番号 8 0 1 は B 9 1 の検索で得たインタフェース情報テーブル 3 2 1 の第 1 エントリの V P N 番号 4 0 2 に格納されており C E 1 の所属する V P N 番号 ( 1 0 0 ) であり ( B 9 2 )、V L A N 番号 8 0 2 は受信したパケット P B 7 3 のユーザ V L A N T a g 2 2 6 に格納されており C E 1 の所属する V L A N 番号 ( 1 0 ) であり ( B 9 3 )、I P アドレス 8 0 3 は I P パケット 2 1 2 に格納されている A R P パケットの C E 1 の I P アドレス ( 1 0 . 0 . 0 . 1 0 ) であり ( B 9 4 )、M A C アドレス 8 0 4 は I P パケット 2 1 2 に格納されている A R P パケットの C E 1 の M A C アドレス ( 1 0 1 0 . 1 0 1 0 . 1 0 1 0 ) である ( B 9 5 )。

30

【 0 0 9 4 】

図 6 2 は、図 6 1 に示したテーブル更新を行った後のフォワーディングテーブル 3 2 4 と端末情報テーブル 3 2 5 の状態を示す説明図である。フォワーディングテーブル 3 2 4 は初期状態である図 5 1 の時点から変更なく、端末情報テーブル 3 2 5 はエントリが無い状態から第 1 エントリが追加されている。

40

P E 1 は、図 6 1 に示したテーブル更新処理が終わった後、更新したテーブルを用いて、一時的に保存していた P B 7 1 の転送処理を行いパケット P B 7 4 を送信するまでの手順について図 6 3 を用いて説明する。ただし、図 5 9 に示す、パケット P B 1 1 を受信してから V P N 番号 ( 1 0 0 ) ( B 8 4 ) と I P アドレス ( 1 1 . 0 . 0 . 1 1 ) ( B 8 5 ) を取得するまでの手順は図 5 9 と同じであるので、説明は省略する。図 6 3 は図 5 9 の続きとして記載する。

50

図59の手順にて取得したVPN番号(100)と宛先IPアドレス(11.0.0.11)を用いて、図51に示すフォワーディングテーブル324を検索し転送先を求めようとする(B111、B112)。第2エントリが該当し、パケットの転送先は出力インタフェース番号702がIF1であり、ネクストホップ情報704がCE1の10.0.0.10である。第2エントリは出力インタフェース番号703がIF1となっているため、IF1に向けて転送する処理を行う。インタフェース情報テーブル321からIF1のインタフェース種別はIPVPNとなっているため、IPVPNネットワークへの転送、すなわちパケットフォーマット201のパケットを作成し転送することとなる。

PE1は、転送するパケットを作成するためにフォワーディングテーブル324の情報以外にVLAN番号、MACアドレスを得る必要があるため、VPN番号(100)と、パケットの転送先であるCE1のIPアドレス(10.0.0.10)を用いて図62に示す端末情報テーブル325を検索し(B113、B114)、第1エントリが該当する。このエントリのVLAN番号とMACアドレスをパケット作成に用いる。

PE1は、ここまで得た情報を用いて、図58に示すパケットPB74を作成する。作成するパケットのフォーマットは図23に示すパケットフォーマット201である。宛先ユーザMACアドレス224を、端末情報テーブル325の第1エントリのMACアドレス804に格納されているCE1のMACアドレス(1010.1010.1010)とし(B115)、送信元ユーザMACアドレス225をPE1のMACアドレスとし、ユーザVLANTag226を、端末情報テーブル325の第1エントリのVLAN番号802に格納されているCE1の所属するVLAN番号(10)とし(B116)、IPパケット212はパケットPB71から変更しない。

最後に、PE1は、作成したパケットPB74を、フォワーディングテーブル324の出力インタフェース番号703に格納されている、IPVPNネットワークに接続しているインタフェースであるIF1に向けて送信する。

パケットPB74はCE1を経由してパケットフォーマット201の形で端末1に到達する。CE1については一般的な技術により動作する装置であるため、説明は省略する

その後、端末2が端末1に向けて送信するパケットPB75は、PE1が端末情報テーブル324を検索することで最初から第1エントリを得ることができ、図63にて説明した処理を行うことでARPによる隣接探索は行わずにパケットPB76を作成し転送する。パケットPB76はパケットPB74と同様に端末1に到達する。

以上が、IPVPNネットワークに所属する端末1とL2VPNネットワークに所属する端末2との間で双方向に通信を行うため、本発明の第2の実施の形態における通信の具体的な手順と、装置が持つ各テーブルと転送するパケットとの関係である。

#### 【0095】

B3. ネットワーク装置の動作：

ここでは、ネットワーク装置111の動作について説明する。

#### 【0096】

##### (1) パケット転送処理部313

図28は、パケットを受信してから宛先検索に関する情報を取得するまでの手順を示すフローチャートである。

第1の実施の形態の図9に示す手順とは、S907をS2807に、S908をS2808に置き換えている。

S906においてインタフェース種別がMPLSである場合、パケット転送処理部313は、図23に示すパケットフォーマット2300のパケットを受信しており、受信したパケットのMPLS情報2321からラベル情報を取得し、そのラベル番号とパケットを受信したインタフェース番号を用いて、MPLS情報テーブル2426の入力ラベル番号2704とインタフェース番号2705が一致するエントリを検索し、該当するエントリ

10

20

30

40

50

からVPN番号を取得し、同時に、IPパケット212から宛先IPアドレスを取得し(S2807)、パケットからMPLSヘッダ2310を削除する(S2808)。

その他は第1の実施の形態の図9と同様のため説明は省略する。

#### 【0097】

図29は、VPN番号と宛先IPアドレスを取得した後に、パケットを転送するまでの手順を示すフローチャートである。

第1の実施の形態の図10に示す手順とは、S1004をS2904に、S1006をS2906に置き換えている。

S2904におけるS1004との違いは、該当するエントリの出力インタフェース番号703が設定されていない事を示す「-」である場合、S2906に処理を移行する点である。

S1005においてインタフェース種別がMPLSである場合、パケット転送処理部313は、図30を用いて後述するMPLSネットワークへのパケット転送処理を実行し(S2906)、パケット転送処理部313は処理を終了する(S1009)。

その他は第1の実施の形態の図10と同様のため説明は省略する。

#### 【0098】

図30は、図29のS2906におけるMPLSネットワークへのパケット転送処理の手順を示すフローチャートである。

第1の実施の形態の図11に示す手順とは、S1101をS3001に、S1104をS3004に置き換えている。

図29のフローチャートにおいてS2906に到達した場合、パケット転送処理部313は、MPLSネットワークへのパケット転送処理を開始する(S2901)。

S1103において該当するエントリが存在する場合は、パケット転送処理部313は、MPLSネットワークへ転送するパケットを作成する(S3004)。作成するパケットは、図23のパケットフォーマット2300のフォーマットである。MPLSヘッダ2310のMPLS情報2321に、S1002で検索したエントリの付加情報705に登録されているラベル情報を格納し、ユーザレイヤ2ヘッダ211の宛先ユーザMACアドレス224をS1102で検索したエントリに格納されているMACアドレス804とし、ユーザレイヤ2ヘッダ211の送信元ユーザMACアドレス225をネットワーク装置111のMACアドレスとし、ユーザレイヤ2ヘッダ211のユーザVLANTag226をS1102で検索したエントリに格納されているVLAN番号802とし、IPパケット212は受信したパケットから変更しない。なお、IPパケット212に格納されているIPヘッダは、一般的なレイヤ3中継処理にて行うTTL減算などの処理を行ってもよいし、それらの処理は省略して全く行わなくてもよい。ここでは特に言及しない。また、MPLSヘッダ2310にはレイヤ2ヘッダを含むが、出力ラベル番号2703に対応するMACアドレスの制御方法については一般的なMPLSの動作であるため説明を省略する。

その他は第1の実施の形態の図10と同様のため説明は省略する。

第1の実施の形態において図12用いて説明した、図29のS1007におけるIPVPNネットワークへのパケット転送処理については第1の実施の形態と同様のため省略する。

S2904におけるS1004との違いは、該当するエントリの出力インタフェース番号703が設定されていない事を示す「-」である場合、S2906に処理を移行する点である。

#### 【0099】

##### (2) 経路制御部311

図31は、パケット転送処理部313が経路制御部311に対しARP解決を要求した時の、経路制御部311の処理の手順を示すフローチャートである。

第1の実施の形態の図13に示す手順とは、S1302をS3102に、S1304をS3104に置き換えている。

S3102におけるS1302との違いは、パケット転送処理部313から通知されたインタフェース番号が「-」である場合は、検索を行わずS3104に処理を移行する点である。これは、図29のS1002で検索したフォワーディングテーブル324のエントリの出力インタフェース番号703が「-」であった場合であり、フォワーディングテーブル324に登録されているエントリのうちL2VPN情報テーブル322に基づいて登録されたエントリであった場合である。この場合はMPLSネットワークへのパケット転送を行うための手順の途中であり、S3104に移行する。

S1303においてインタフェース種別がMPLSである場合かS3102においてインタフェース番号が「-」であった場合、経路制御部311は、VPN接続制御部312へ、パケット転送処理部313からのARP解決の要求を転送し(S3104)、経路制御部311は処理を終了する(S1307)。

その他は第1の実施の形態の図13と同様のため説明は省略する。

#### 【0100】

図32は、ネットワーク装置111がARプリバイパケットを受信し、パケット転送処理部313がルーティングプロトコルのパケットと判定し経路制御部311にパケットを転送した場合の、経路制御部311の処理の手順を示すフローチャートである。

第1の実施の形態の図14に示す手順とは、S1404をS3204に置き換えている。

S1403においてインタフェース種別がMPLSである場合、経路制御部311は、VPN接続制御部312へ、パケット転送処理部313からのARプリバイパケットを転送し(S3204)、経路制御部311は処理を終了する(S1407)。

その他は第1の実施の形態の図14と同様のため説明は省略する。

#### 【0101】

図33は、ネットワーク装置111がARリクエストパケットを受信し、パケット転送処理部313がルーティングプロトコルのパケットと判定し経路制御部311にパケットを転送した場合の、経路制御部311の処理の手順を示すフローチャートである。

第1の実施の形態の図15に示す手順とは、S1504をS3304に置き換えている。

S1503においてインタフェース種別がMPLSである場合、経路制御部311は、VPN接続制御部312へ、パケット転送処理部313からのARリクエストパケットを転送し(S3304)、経路制御部311は処理を終了する(S1508)。

その他は第1の実施の形態の図15と同様のため説明は省略する。

#### 【0102】

図34は、ネットワーク装置111が経路の制御に用いるルーティングプロトコルのパケットを受信し、パケット転送処理部313がルーティングプロトコルのパケットと判定し経路制御部311にパケットを転送した場合の、経路制御部311の処理の手順を示すフローチャートである。

第1の実施の形態の図16に示す手順とは、S1604をS3404に置き換えている。

S1603においてインタフェース種別がMPLSである場合、経路制御部311はプロトコルに従い経路処理を行い、その結果の経路を経路制御情報テーブル323に登録する(S3404)。登録する内容は、VPN番号601は、受信したパケットのMPLS情報2321からラベル情報を取得し、そのラベル番号とパケットを受信したインタフェース番号を用いて、MPLS情報テーブル2426の入力ラベル番号2704とインタフェース番号2705が一致するエントリを検索し、該当するエントリからVPN番号を取得することで、その値を登録し、その他のフィールドは図16のS1604で説明した内容と同様である。なお、プロトコルに従った経路処理は一般的なルーティングプロトコルの処理であり説明は省略するが、プロトコル処理に使用する装置自身のIPアドレスは、

10

20

30

40

50

L 2 V P N 情報テーブル 3 2 2 に登録されているエントリのうち、V P N 番号 5 0 1 と上記の V P N 番号 6 0 1 に登録した V P N 番号とが一致し、V L A N 番号 5 0 2 とユーザレイヤ 2 ヘッダ 2 2 1 のユーザ V L A N T a g 2 2 6 の V L A N 番号とが一致するエントリの I P アドレス / プレフィックス長 5 0 3 の I P アドレスを用いる。

その他は第 1 の実施の形態の図 1 6 と同様のため説明は省略する。

#### 【 0 1 0 3 】

##### ( 3 ) V P N 接続制御部 3 1 2

図 3 5 は、V P N 接続制御部 3 1 2 が経路制御部 3 1 1 から A R P 解決の要求を受けた時の、V P N 接続制御部 3 1 2 の処理の手順を示すフローチャートである。

第 1 の実施の形態の図 1 7 に示す手順とは、S 1 7 0 3、S 1 7 0 4 を S 3 5 0 3、S 3 5 0 4、S 3 5 0 5 に置き換えている。

V P N 接続制御部 3 1 2 は、S 1 7 0 2 の処理の後、S 1 7 0 2 で検索したエントリの V P N 番号 5 0 1 の値と、V L A N 番号 5 0 2 の値と、M P L S 情報テーブル 2 4 2 6 の V L A N 番号 2 7 0 2 の値が一致し、かつ経路制御部 3 1 1 から通知されたインタフェース番号とインタフェース番号 2 7 0 5 が一致する M P L S 情報テーブル 2 4 2 6 の全てのエントリから、出力ラベル番号 2 7 0 3 とインタフェース番号 2 7 0 5 を取得する ( S 3 5 0 3 )。ただし、経路制御部 3 1 1 から通知されたインタフェース番号が「 - 」である場合には、V P N 接続制御部 3 1 2 は、V P N 番号と V L A N 番号が一致する全てのエントリを対象として出力ラベル番号 2 7 0 3 とインタフェース番号 2 7 0 5 を取得する。これにより取得したラベル番号とインタフェース番号の組み合わせは複数種類になる場合がある。経路制御部 3 1 1 から通知されたインタフェース番号が「 - 」である場合とは、図 2 9 の S 1 0 0 2 で検索したフォワーディングテーブル 3 2 4 のエントリの出力インタフェース番号 7 0 3 が「 - 」であった場合であり、フォワーディングテーブル 3 2 4 に登録されているエントリのうち L 2 V P N 情報テーブル 3 2 2 に基づいて登録されたエントリであった場合である。この場合は P E 1 であるネットワーク装置 1 1 1 が M P L S ネットワークに接続するインタフェースのうちどのインタフェースにパケットを送信すべきかが未定の状態であり、M P L S 情報テーブル 2 4 2 6 に基づいて可能性のある全てのインタフェースに対してパケットを送信する。このパケットの応答である A R P リプライパケットをいずれか 1 つのインタフェースから受信することとなる。

V P N 接続制御部 3 1 2 は、S 3 5 0 3 で取得したラベル番号を用いて、M P L S ネットワークへ出力する A R P リクエストパケットを作成する ( S 3 5 0 4 )。作成するパケットの数は S 3 5 0 3 で取得したラベルとインタフェース番号の組み合わせの数である。すなわち、S 3 5 0 3 で該当したエントリの数だけパケットを作成する。作成するパケットは、図 2 3 のパケットフォーマット 2 3 0 0 のフォーマットである。M P L S ヘッダ 2 3 1 0 のラベル情報は、S 3 5 0 3 で取得した出力ラベルを格納する。ユーザレイヤ 2 ヘッダ 2 1 1 の宛先ユーザ M A C アドレス 2 2 4 をブロードキャストアドレスとし、ユーザレイヤ 2 ヘッダ 2 1 1 の送信元ユーザ M A C アドレス 2 2 5 をネットワーク装置 1 1 1 の M A C アドレスとし、ユーザレイヤ 2 ヘッダ 2 1 1 のユーザ V L A N T a g 2 2 6 を S 1 7 0 2 で検索したエントリの V L A N 番号 5 0 3 とし、I P パケット 2 1 2 は一般的な A R P パケットのフォーマットとする。A R P パケットは、A R P 解決する対象の I P アドレスとして経路制御部 3 1 1 から通知された I P アドレスを格納し、自身の I P アドレスとして、S 1 7 0 2 で検索したエントリに格納されている I P アドレス / プレフィックス長 5 0 3 の I P アドレスの値を用いる。

最後に、V P N 接続制御部 3 1 2 は、S 3 5 0 4 で作成したパケットを、S 3 5 0 3 で取得した組み合わせに従いそれぞれ S 3 5 0 3 で取得したインタフェースに出力し ( S 3 5 0 5 )、V P N 接続制御部 3 1 2 は処理を終了 ( S 1 7 0 5 ) する

S 1 7 0 1、S 1 7 0 2、S 1 7 0 5 は第 1 の実施の形態の図 1 7 と同様のため説明は省略する。

#### 【 0 1 0 4 】

図 3 6 は、V P N 接続制御部 3 1 2 が経路制御部 3 1 1 から A R P リプライパケットを

10

20

30

40

50

受けた時の、VPN接続制御部312の処理の手順を示すフローチャートである。

第1の実施の形態の図18に示す手順とは、S1802をS3602に、S1803をS3603に置き換えている。

S3602では、VPN接続制御部312は、通知されたARプリバイパケットに関する情報を端末情報テーブル325に登録する。登録する内容は、VPN番号801には、受信したパケットのMPLS情報2321のラベル情報に基づいて取得するVPN番号に登録する。そのVPN番号は、受信したパケットのMPLS情報2321からラベル情報を取得し、そのラベル番号とパケットを受信したインタフェース番号を用いて、MPLS情報テーブル2426の入力ラベル番号2704とインタフェース番号2705が一致するエントリを検索し、該当するエントリからVPN番号を取得する。VLAN番号802、IPアドレス803、MACアドレス804については、図18のS1802で説明した内容と同じである。

10

VPN接続制御部312は、S3602の処理の後、フォワーディングテーブル324に対応するエントリに登録する(S3603)。登録する内容は、付加情報705に登録するラベル番号をMPLS情報テーブル2426から求める。MPLS情報テーブル2426から、S3602で用いたVPN番号と受信したARプリバイパケットのラベル番号とパケットを受信したインタフェース番号がMPLS情報テーブル2426のVPN番号2701と入力ラベル番号2704とインタフェース番号2705に一致するエントリを検索し、該当するエントリの出力ラベル番号2703を付加情報705に登録する。VPN番号701にはS3602で用いたVPN番号に登録する。その他のフィールドは図

20

その他は第1の実施の形態の図16と同様のため説明は省略する。

#### 【0105】

図37、図38は、VPN接続制御部312が経路制御部311からARプリクエストパケットを受けた時の、VPN接続制御部312の処理の手順を示すフローチャートである。

第1の実施の形態の図19、図20に示す手順とは、S1903をS3703に、S1904をS3704に置き換えている。

VPN接続制御部312は、S1902の処理の後、フォワーディングテーブル324に対応するエントリに登録する(S3703)。登録する内容は、付加情報705に登録するラベル番号をMPLS情報テーブル2426から求める。MPLS情報テーブル2426から、経路制御部311から通知を受けたVPN番号と受信したARプリクエストパケットのラベル番号とパケットを受信したインタフェース番号がMPLS情報テーブル2426のVPN番号2701と入力ラベル番号2704とインタフェース番号2705に一致するエントリを検索し、該当するエントリの出力ラベル番号2703を付加情報705に登録する。その他のフィールドは図19で説明した内容と同様である。

30

VPN接続制御部312は、S3703に続き、MPLSネットワークへ出力するARプリクエストパケットを作成する(S3704)。作成するパケットは、図2のパケットフォーマット2300のフォーマットである。MPLSヘッダ2310のラベル情報は、S3703で付加情報705に登録した出力ラベルを格納する。その他のフィールドは図

40

その他は第1の実施の形態の図19、図20と同様のため説明は省略する。

第1の実施の形態において図21用いて説明した、経路制御部311から経路の通知を受けた時のVPN接続制御部312の処理については第1の実施の形態と同様のため省略する。

#### 【0106】

##### (4) IPVPNとL2VPN間の通信

ここまで説明したネットワーク装置111の動作により、レイヤ3によってMPLSネットワーク2204に接続したIPVPNネットワーク102と、レイヤ2によってMP

50



L Sネットワーク 2204 に接続した L2VPNネットワーク 103 との間において通信が可能となる。

具体的には、IPVPNネットワーク 102 内の端末が L2VPNネットワーク 103 内の端末と通信を必要とする場合には、主に図 35、図 36 を用いて説明した VPN 接続制御部 312 の動作により、MPLS ネットワークを経由した ARP 解決を行い、フォーワーディングテーブル 324 に付加情報 705 を含むエントリを登録し、また、主に図 30 を用いて説明したパケット転送処理部 313 の動作により、レイヤ 3 転送を行いつつ、フォーワーディングテーブル 324 の付加情報 705 などを用いて MPLS ヘッダ 2310 を含むパケットを作成し転送することで、MPLS ネットワーク 101 の PE2 (ネットワーク装置 112) がレイヤ 2 転送をできるようになり、IPVPNネットワーク 102 から L2VPNネットワーク 103 にパケットが到達できる。

10

また、L2VPNネットワーク 103 内の端末が IPVPNネットワーク 102 内の端末と通信を必要とする場合にも、同様に、主に図 37、図 38 を用いて説明した VPN 接続制御部 312 の動作と、主に図 12 を用いて説明したパケット転送処理部 313 の動作により、L2VPNネットワーク 103 内の端末が通信先のデフォルトゲートウェイやネクストホップとして PE1 (ネットワーク装置 111) を指定することが可能となり、L2VPNネットワーク 103 から IPVPNネットワーク 102 にパケットが到達できる。

さらに、主に図 34、図 21 を用いて説明したルーティングプロトコルにより経路の処理により、PE1 (ネットワーク装置 111) と L2VPNネットワーク 103 内のルータとで経路情報を交換しパケット転送に反映することが可能となり、L2VPNネットワーク 103 内にルータを配置しても上記同様に双方向の通信が到達できる。

20

#### 【0107】

B4. 第2の実施の形態の効果：

本実施の形態の効果を以下に示す。

本実施の形態によれば、レイヤ 3 によって MPLS のコアネットワークに接続した拠点ネットワークとレイヤ 2 によってコアネットワークに接続した拠点ネットワークとの間の通信を可能とし、そのことにより、レイヤ 3 による接続方法とレイヤ 2 による接続方法を自由に選択可能となる。レイヤ 3 による接続とレイヤ 2 による接続を切り替える必要が生じた場合においても、部分的な変更のみで接続が可能となり、全体の停止を回避することができる。

30

#### 【0108】

C. 変形例：

第1の実施の形態、第2の実施の形態において、図 11 の S1104、図 12 の S1204、図 29 の S2901 の説明に記載したように、パケットを転送する際に IP ヘッダを TTL 減算等を含み一切変更しないで転送することもできる。この場合、パケットの送信元と送信先からはレイヤ 2 中継と区別なく処理することが可能となる。PE1 がこの動作をすることで、PE2 はレイヤ 2 中継を行うパケットを全て PE1 に転送し、PE1 が適切な宛先に転送することが可能となる。

本変形例の効果は、PE2 が全てのパケットを PE1 に転送するのみでネットワークを構築することができ、PE2 が MAC アドレス学習のエントリを保持する必要がなくなるため、エッジ装置が保持しなければならない情報量を削減し、エッジ装置の装置コストを下げる事が可能となる。

40

#### 【産業上の利用可能性】

#### 【0109】

以上では、MAC-in-MAC ネットワーク 101、IPVPN ネットワーク 102、L2VPN ネットワーク 103 との間での通信を可能とする場合について説明したが、本発明はこれに限らず、適宜のコアネットワーク、レイヤ 3 によって接続した適宜のネットワーク、レイヤ 2 によって接続した適宜のネットワークとの間での通信を可能とする場

50

合に適用することができる。

【符号の説明】

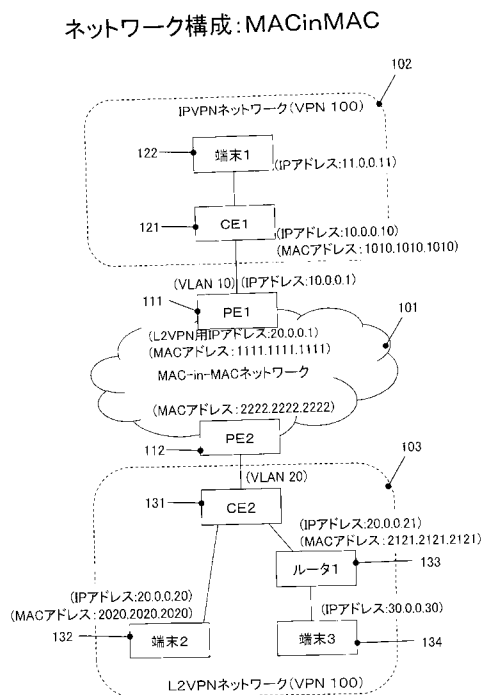
【 0 1 1 0 】

1 0 1	M A C - i n - M A C ネットワーク	
1 0 2	I P V P N ネットワーク	
1 0 3	L 2 V P N ネットワーク	
1 1 1	ネットワーク装置 ( P E 1 )	
1 1 2	ネットワーク装置 ( P E 2 )	
1 2 1	ネットワーク装置 ( C E 1 )	10
1 2 2	ネットワーク装置 ( 端末 1 )	
1 3 1	ネットワーク装置 ( C E 2 )	
1 3 2	ネットワーク装置 ( 端末 2 )	
1 3 3	ネットワーク装置 ( ルータ 1 )	
1 3 4	ネットワーク装置 ( 端末 3 )	
2 0 0	M A C - i n - M A C ネットワーク内のパケットフォーマット	
2 0 1	M A C - i n - M A C ネットワーク外のパケットフォーマット	
2 1 0	M A C - i n - M A C ヘッダ	
2 1 1	ユーザレイヤ 2 ヘッダ	
2 1 2	I P パケット	20
2 2 1	M A C - i n - M A C ヘッダ内の宛先 P E M A C アドレス	
2 2 2	M A C - i n - M A C ヘッダ内の送信元 P E M A C アドレス	
2 2 3	M A C - i n - M A C ヘッダ内の V P N 情報	
2 2 4	ユーザレイヤ 2 ヘッダ内の宛先ユーザ M A C アドレス	
2 2 5	ユーザレイヤ 2 ヘッダ内の送信元ユーザ M A C アドレス	
2 2 6	ユーザレイヤ 2 ヘッダ内のユーザ V L A N T a g	
3 0 1	インタフェース	
3 0 2	インタフェース	
3 1 1	経路制御部	
3 1 2	V P N 接続制御部	30
3 1 3	パケット転送処理部	
3 2 0	メモリ	
3 2 1	インタフェース情報テーブル	
3 2 2	L 2 V P N 情報テーブル	
3 2 3	経路制御情報テーブル	
3 2 4	フォワーディングテーブル	
3 2 5	端末情報テーブル	
4 0 1	インタフェース情報テーブル 3 2 1 のインタフェース番号	
4 0 2	インタフェース情報テーブル 3 2 1 の V P N 番号	
4 0 3	インタフェース情報テーブル 3 2 1 の V L A N 番号	40
4 0 4	インタフェース情報テーブル 3 2 1 のインタフェース種別	
4 0 5	インタフェース情報テーブル 3 2 1 の I P アドレス / プレフィックス長	
5 0 1	L 2 V P N 情報テーブル 3 2 2 の V P N 番号	
5 0 2	L 2 V P N 情報テーブル 3 2 2 の V L A N 番号	
5 0 3	L 2 V P N 情報テーブル 3 2 2 の I P アドレス / プレフィックス長	
6 0 1	経路制御情報テーブル 3 2 3 の V P N 番号	
6 0 2	経路制御情報テーブル 3 2 3 の I P アドレス / プレフィックス長	
6 0 3	経路制御情報テーブル 3 2 3 の出力インタフェース番号	
6 0 4	経路制御情報テーブル 3 2 3 のネクストホップ情報	
7 0 1	フォワーディングテーブル 3 2 4 の V P N 番号	50

- 702 フォワーディングテーブル324のIPアドレス/プレフィックス長  
 703 フォワーディングテーブル324の出力インタフェース番号  
 704 フォワーディングテーブル324のネクストホップ情報  
 705 フォワーディングテーブル324の付加情報  
 801 端末情報テーブル325のVPN番号  
 802 端末情報テーブル325のVLAN番号  
 803 端末情報テーブル325のIPアドレス  
 804 端末情報テーブル325のMACアドレス  
 2204 MPLSネットワーク  
 2300 MPLSネットワーク内のパケットフォーマット  
 2310 MPLSヘッダ  
 2321 MPLSヘッダ内のMPLS情報  
 2426 MPLS情報テーブル  
 2701 MPLS情報テーブル2426のVPN番号  
 2702 MPLS情報テーブル2426のVLAN番号  
 2703 MPLS情報テーブル2426の出力ラベル番号  
 2704 MPLS情報テーブル2426の入カラベル番号

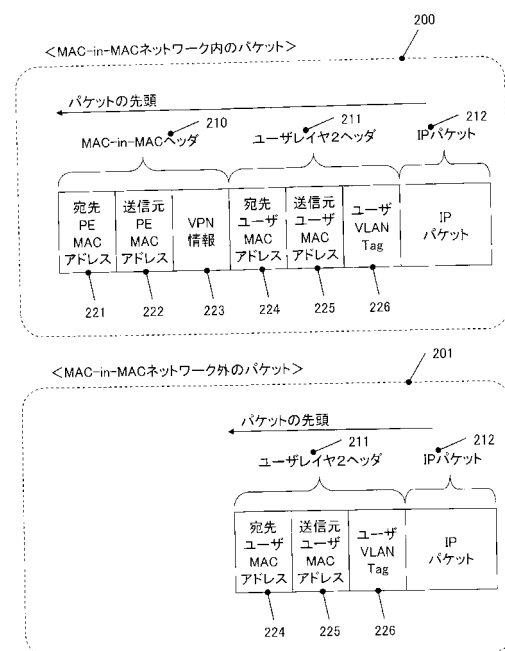
10

【図1】

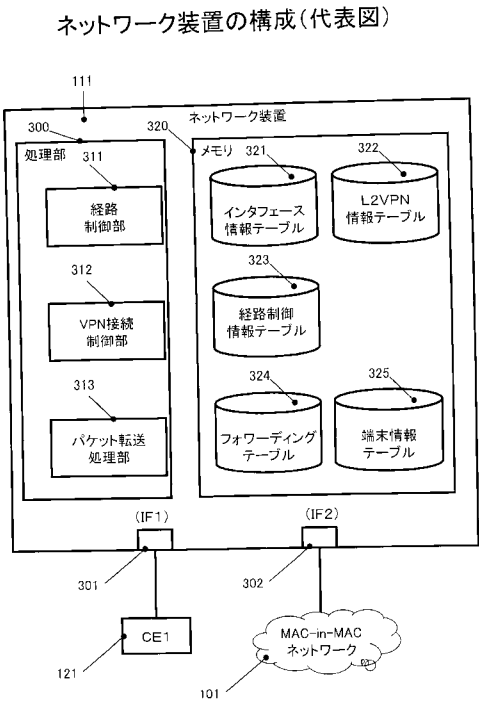


【図2】

MACinMACネットワーク内のパケット



【図 3】



【図 4】

インタフェース情報テーブル

	401 インタフェース番号	402 VPN番号	403 VLAN番号	404 インタフェース種別	405 IPアドレス／プレフィックス長
(第1エントリ)	IF1	100	10	IPVPN	10.0.0.1/24
(第2エントリ)	IF2	-	-	MAC-in-MAC	-

【図 5】

L2VPN情報テーブル

	501 VPN番号	502 VLAN番号	503 IPアドレス／プレフィックス長
(第1エントリ)	100	20	20.0.0.1/24

【図 6】

経路制御情報テーブル

	601 VPN番号	602 IPアドレス／プレフィックス長	603 出力インタフェース番号	604 ネクストホップ情報
(第1エントリ)	100	10.0.0.1/24	IF1	-
(第2エントリ)	100	11.0.0.0/24	IF1	10.0.0.10
(第3エントリ)	100	30.0.0.0/24	IF2	20.0.0.21

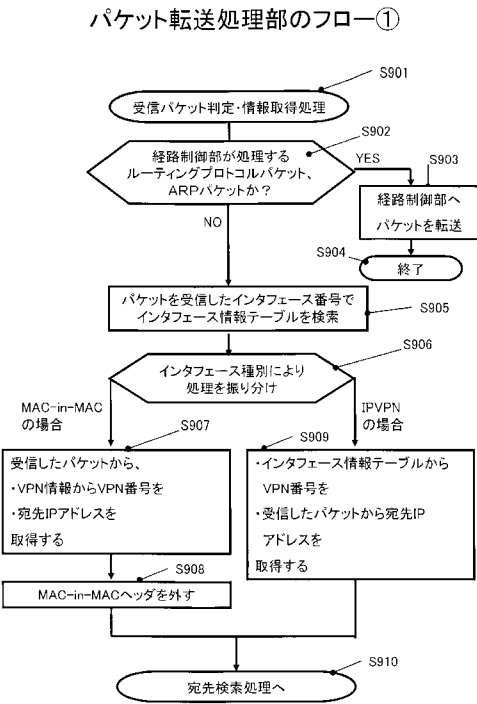
【図 7】

	324	701	702	703	704	705
		VPN 番号	IPアドレス/ プレフィックス長	出力 インタ フェース 番号	ネクスト ホップ 情報	付加情報
(第1エントリ)		100	10.0.0.1/24	IF1	-	-
(第2エントリ)		100	11.0.0.0/24	IF1	10.0.0.10	-
(第3エントリ)		100	20.0.0.1/24	-	-	-
(第4エントリ)		100	20.0.0.20/32	IF2	-	2222.2222.2222
(第5エントリ)		100	20.0.0.21/32	IF2	-	2222.2222.2222
(第6エントリ)		100	30.0.0.0/24	IF2	20.0.0.21	2222.2222.2222

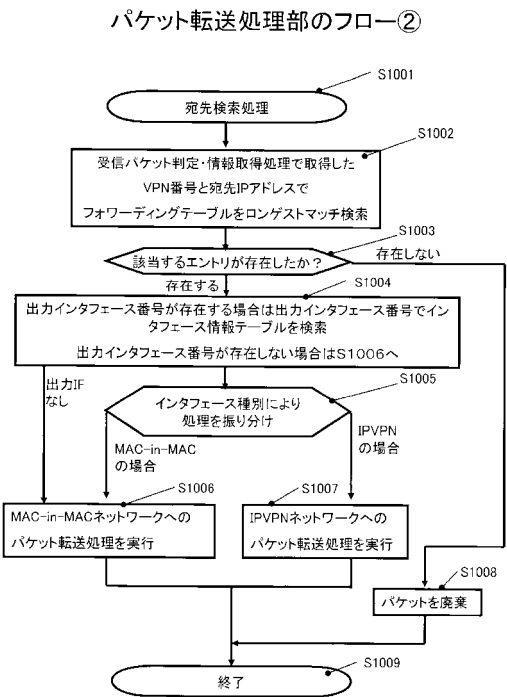
【図 8】

	325	801	802	803	804
		VPN 番号	VLAN 番号	IPアドレス	MACアドレス
(第1エントリ)		100	10	10.0.0.10	1010.1010.1010
(第2エントリ)		100	20	20.0.0.20	2020.2020.2020
(第3エントリ)		100	20	20.0.0.21	2121.2121.2121

【図 9】

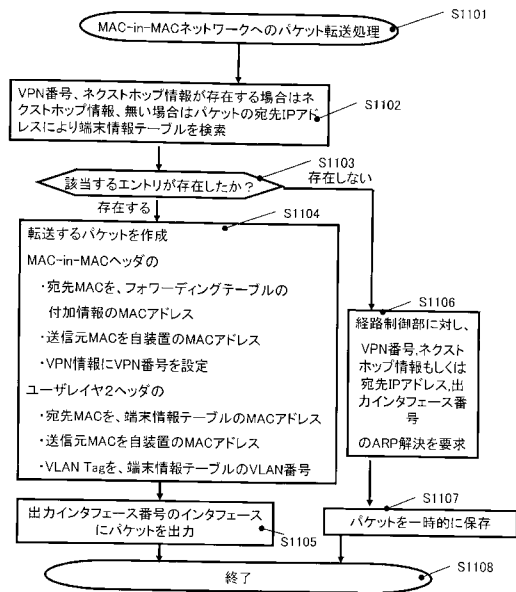


【図 10】



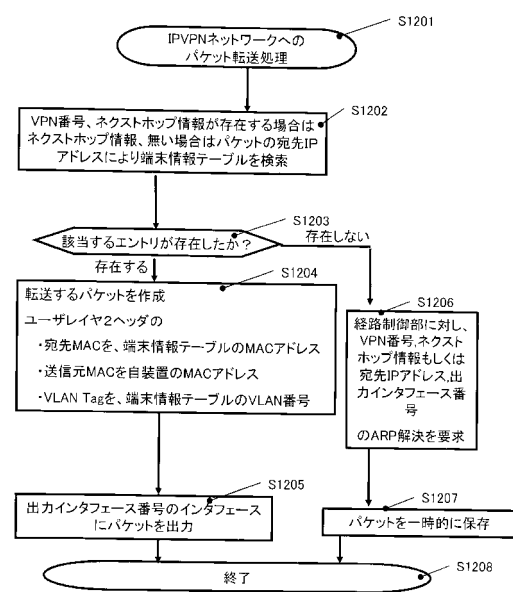
【図 1 1】

パケット転送処理部のフロー③



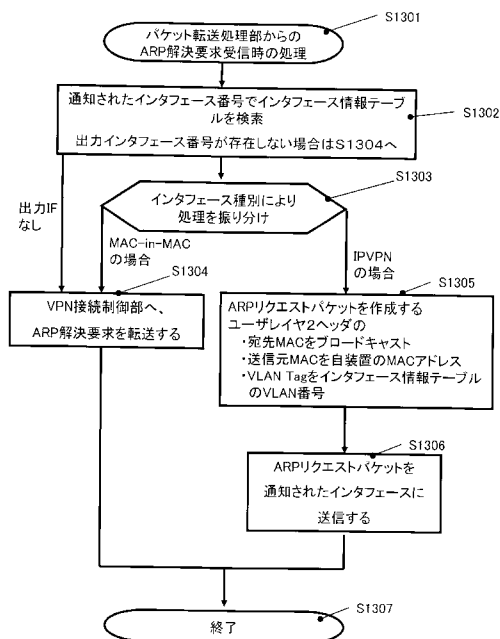
【図 1 2】

パケット転送処理部のフロー④



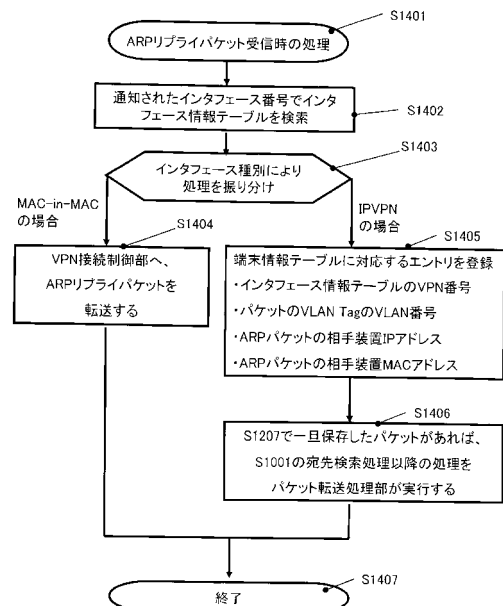
【図 1 3】

経路制御部の処理①



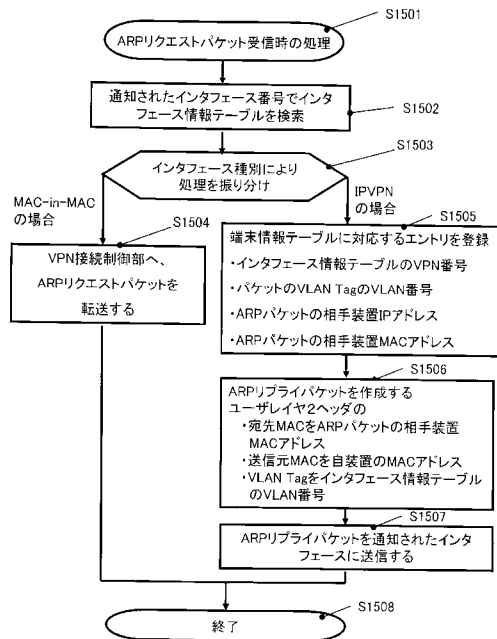
【図 1 4】

経路制御部の処理②



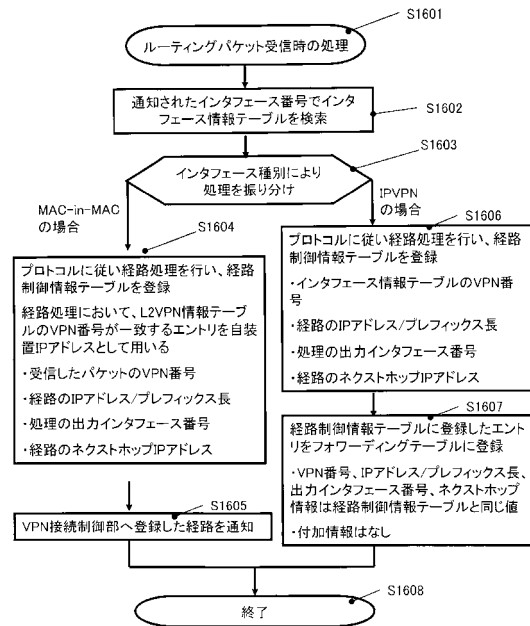
【図 15】

## 経路制御部の処理③



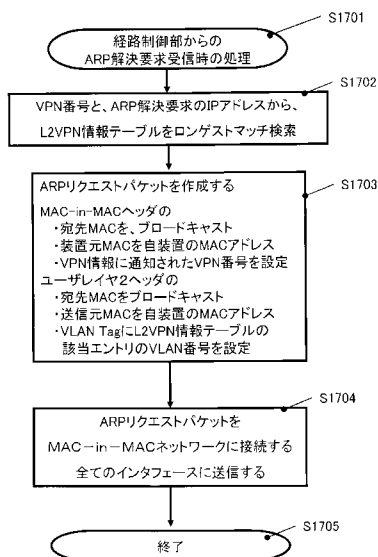
【図 16】

## 経路制御部の処理④



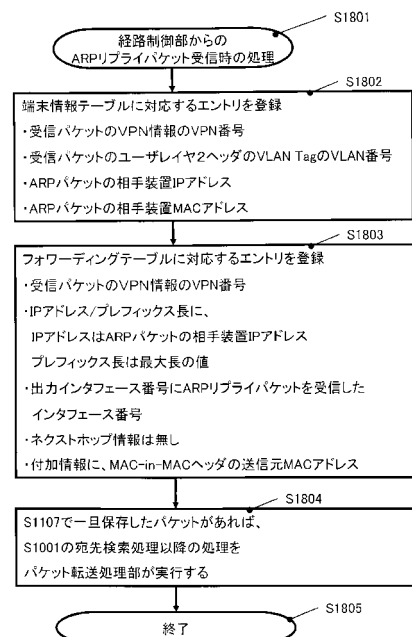
【図 17】

## VPN接続制御部の処理①



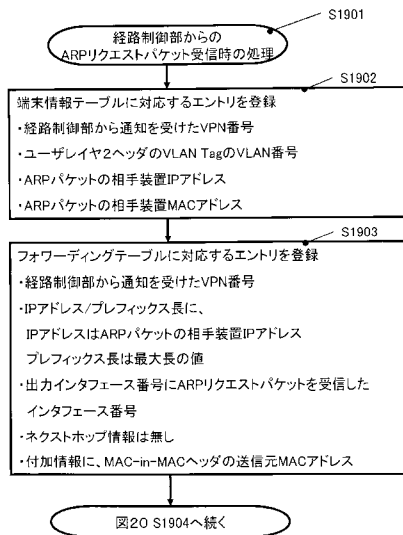
【図 18】

## VPN接続制御部の処理②



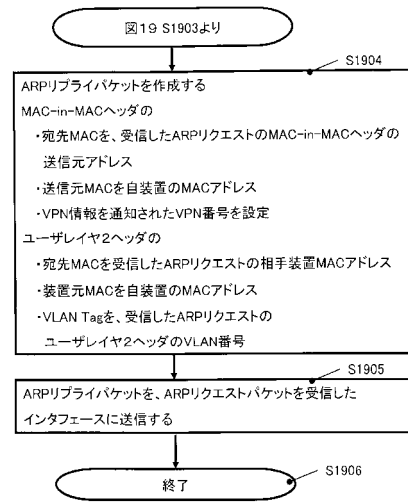
【図 19】

## VPN接続制御部の処理③



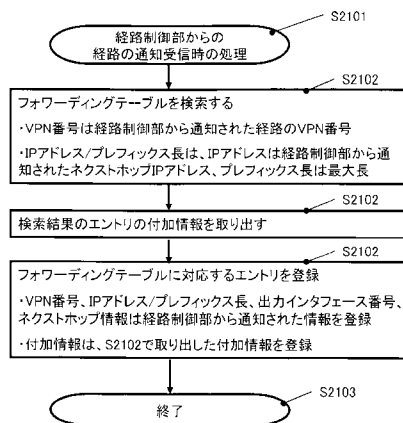
【図 20】

## VPN接続制御部の処理③-2



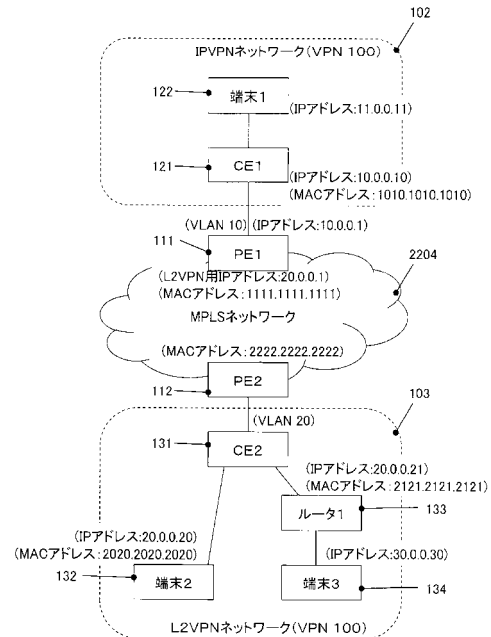
【図 21】

## VPN接続制御部の処理④



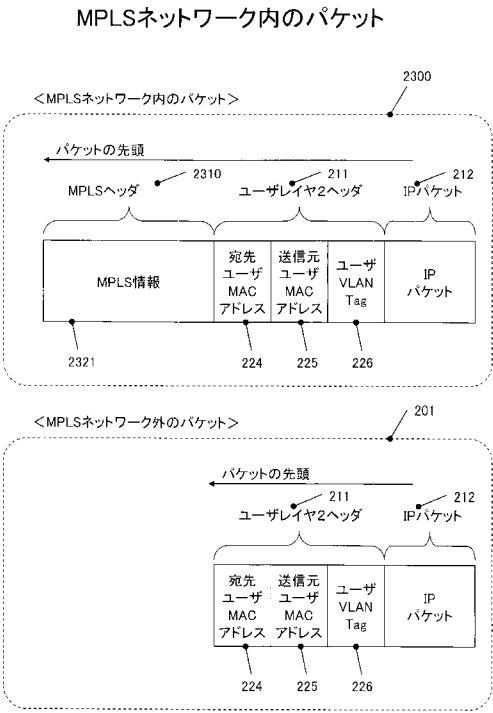
【図 22】

## ネットワーク構成:MPLS

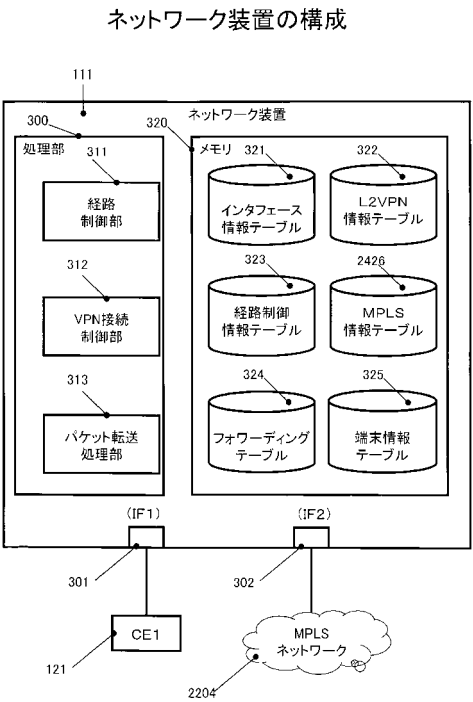




【図 2 3】



【図 2 4】



【図 2 5】

インタフェース情報テーブル

	401	402	403	404	405
	インタフェース番号	VPN番号	VLAN番号	インタフェース種別	IPアドレス／プレフィックス長
(第1エントリ)	IF1	100	10	IPVPN	10.0.0.1/24
(第2エントリ)	IF2	-	-	MPLS	-

【図 2 6】

フォワーディングテーブル

	701	702	703	704	705
	VPN番号	IPアドレス／プレフィックス長	出力インタフェース番号	ネクストホップ情報	付加情報
(第1エントリ)	100	10.0.0.1/24	IF1	-	-
(第2エントリ)	100	11.0.0.0/24	IF1	10.0.0.10	-
(第3エントリ)	100	20.0.0.1/24	-	-	-
(第4エントリ)	100	20.0.0.20/32	IF2	-	ラベル1
(第5エントリ)	100	20.0.0.21/32	IF2	-	ラベル1
(第6エントリ)	100	30.0.0.0/24	IF2	20.0.0.21	ラベル1

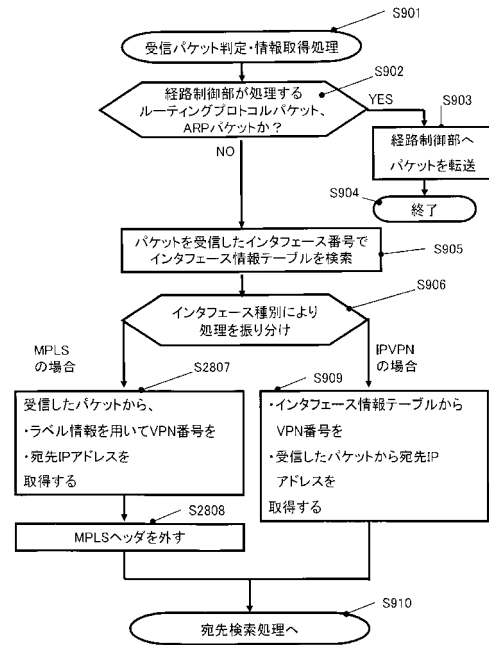
【図 27】

MPLS情報テーブル

2426	2701	2702	2703	2704	2705
VPN 番号	VLAN 番号	出力ラベル 番号	入力ラベル 番号	インタフェース 番号	
(第1エントリ) 100	20	ラベル1	ラベル2	IF2	

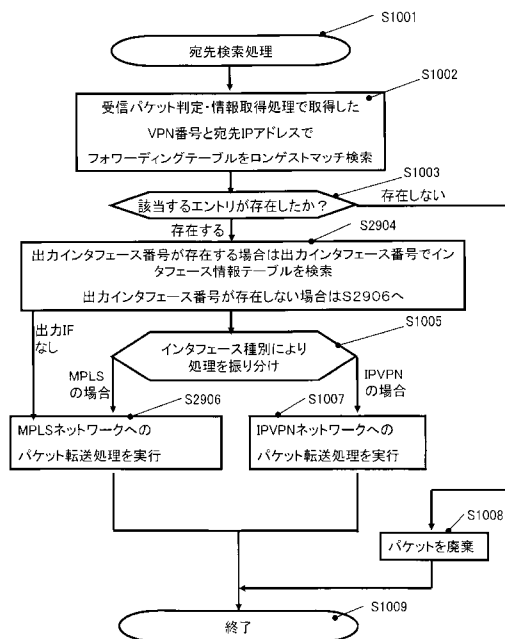
【図 28】

パケット転送処理部のフロー①



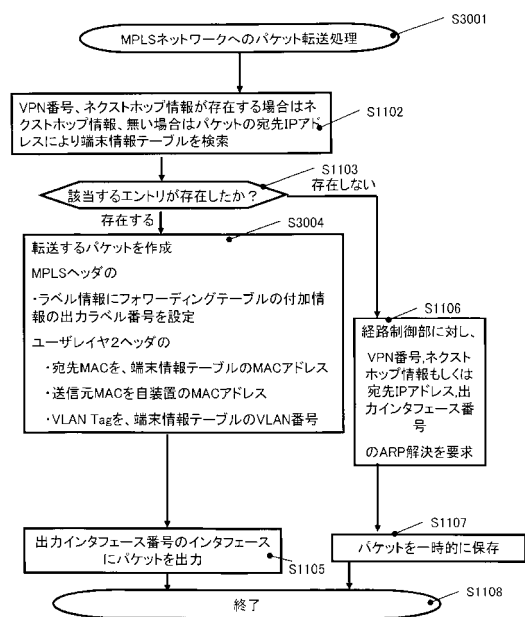
【図 29】

パケット転送処理部のフロー②



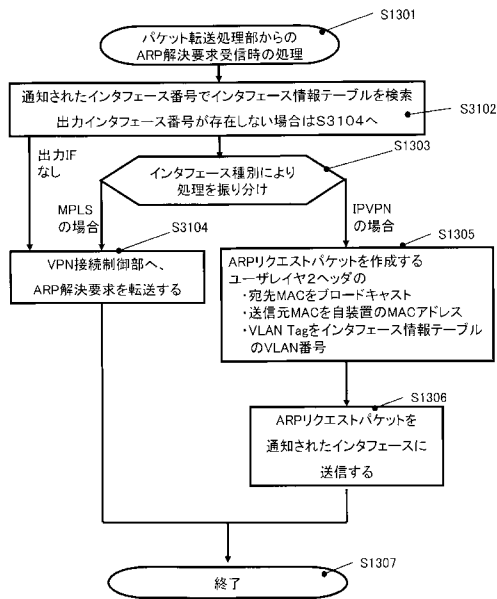
【図 30】

パケット転送処理部のフロー③



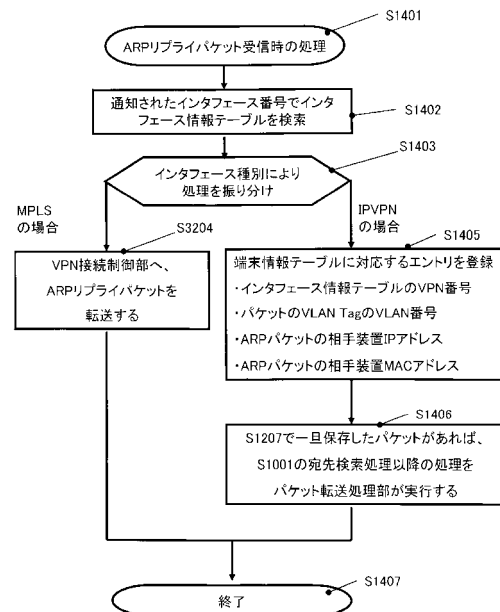
【図 3 1】

## 経路制御部の処理①



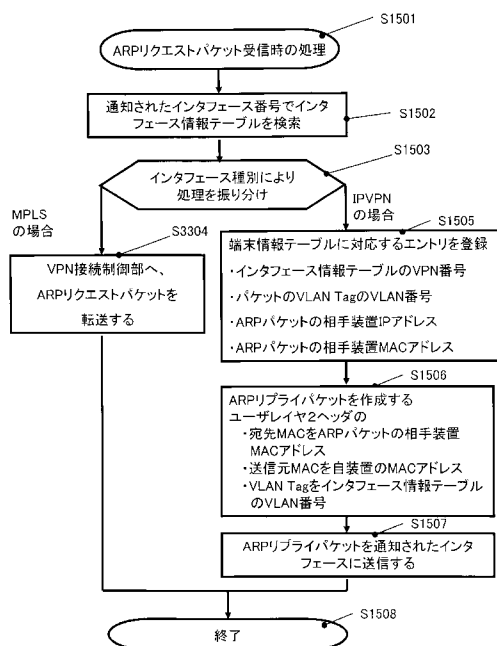
【図 3 2】

## 経路制御部の処理②



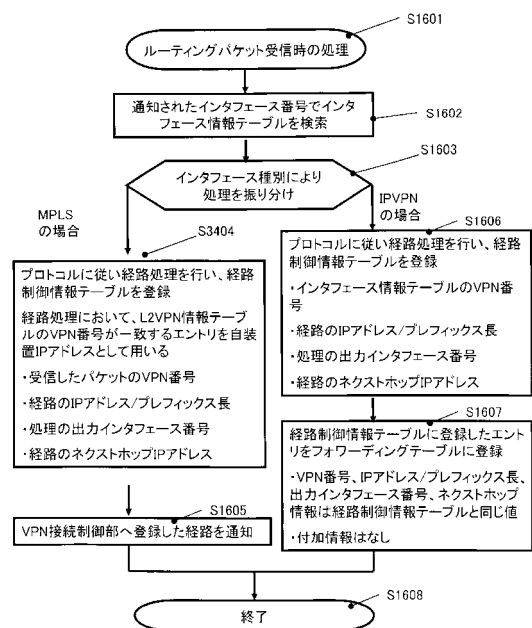
【図 3 3】

## 経路制御部の処理③

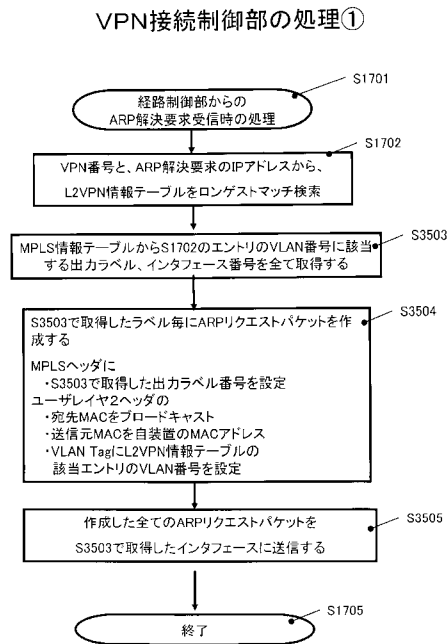


【図 3 4】

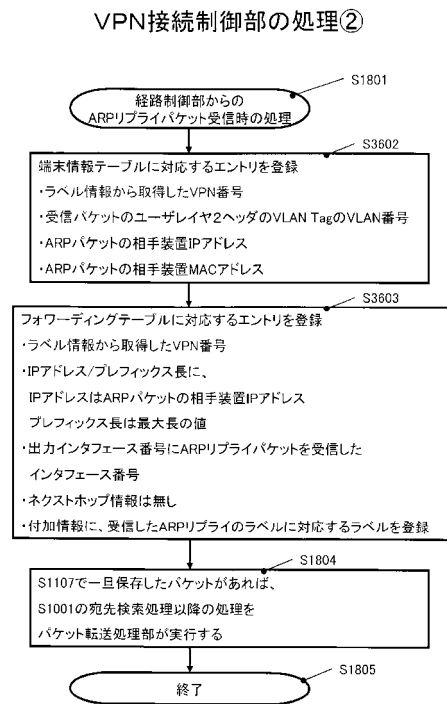
## 経路制御部の処理④



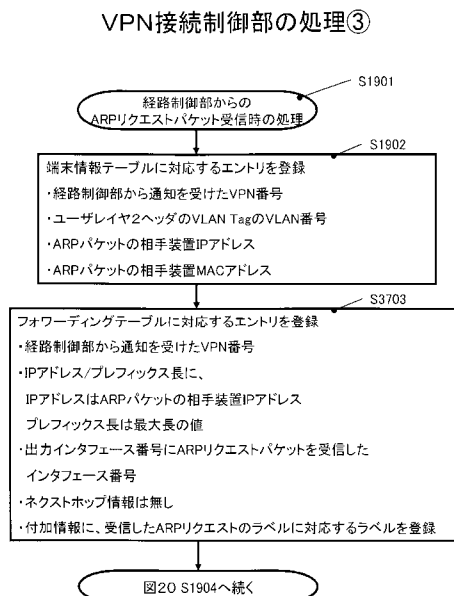
【図 35】



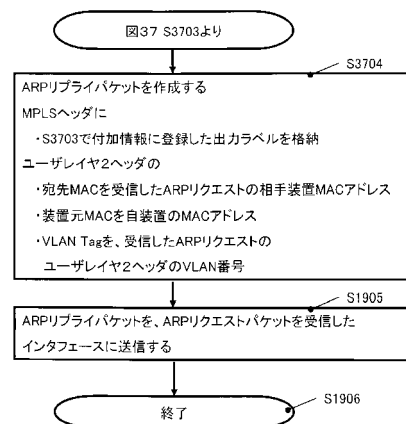
【図 36】



【図 37】

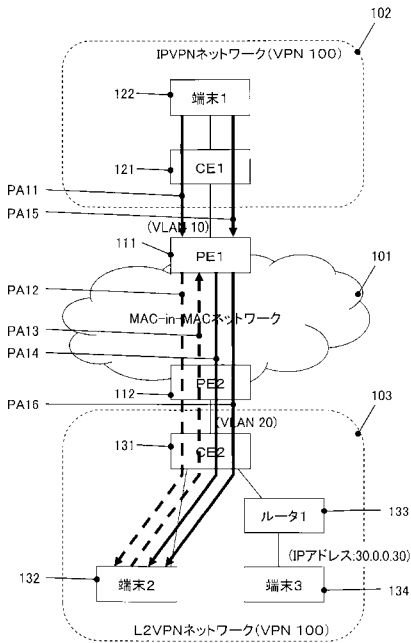


【図 38】

**VPN接続制御部の処理③ー2**

【図 3 9】

IPVPN→L2VPNのパケットの流れ



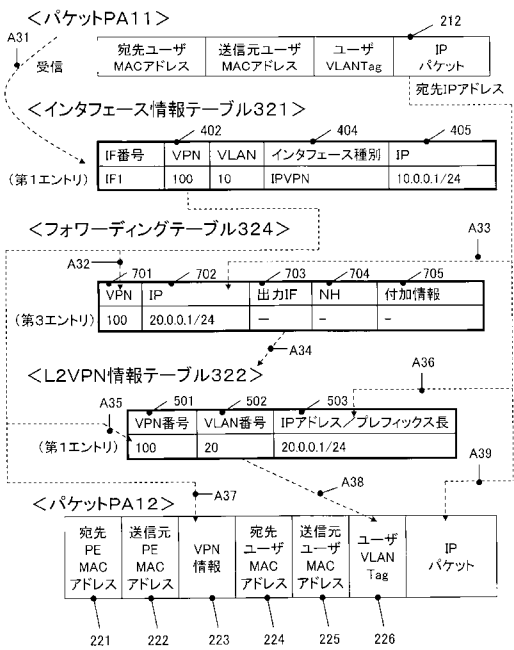
【図 4 0】

フォワーディングテーブルの初期状態

	VPN 番号	IPアドレス/ プレフィックス長	出力 インタ フェース 番号	ネクスト ホップ 情報	付加情報
(第1エントリ)	100	10.0.0.1/24	IF1	-	-
(第2エントリ)	100	11.0.0.0/24	IF1	10.0.0.10	-
(第3エントリ)	100	20.0.0.1/24	-	-	-

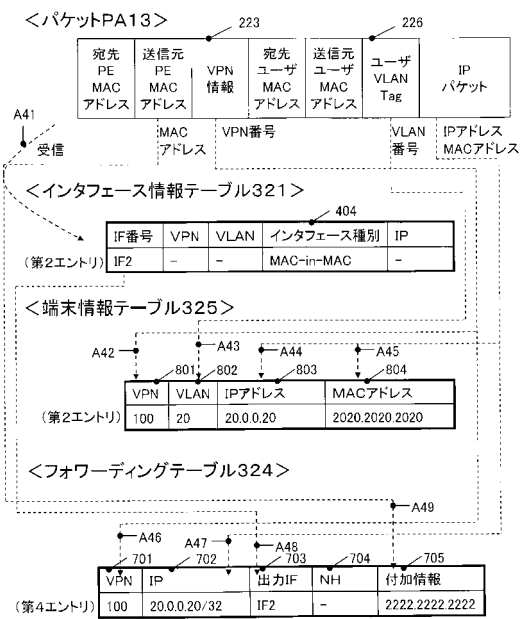
【図 4 1】

PA11受信からPA12送信までの処理



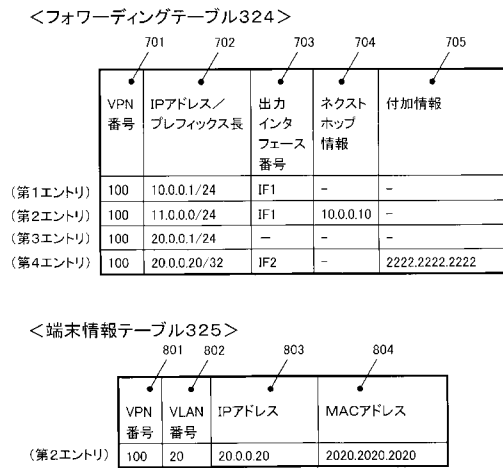
【図 4 2】

PA13受信によるテーブル更新



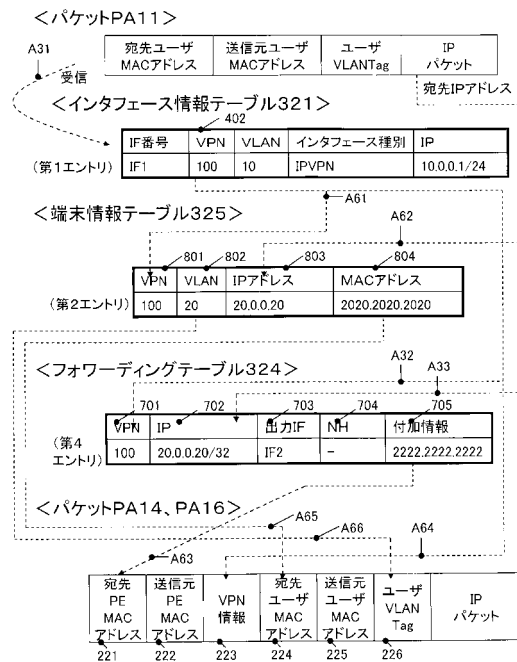
【図 4 3】

更新後のテーブル



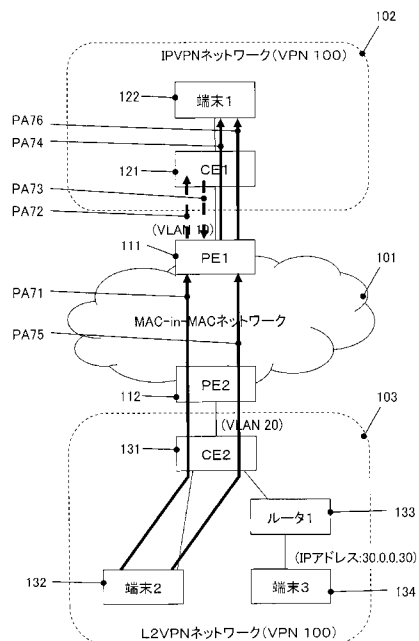
【図 4 4】

パケットPA14、PA16の送信



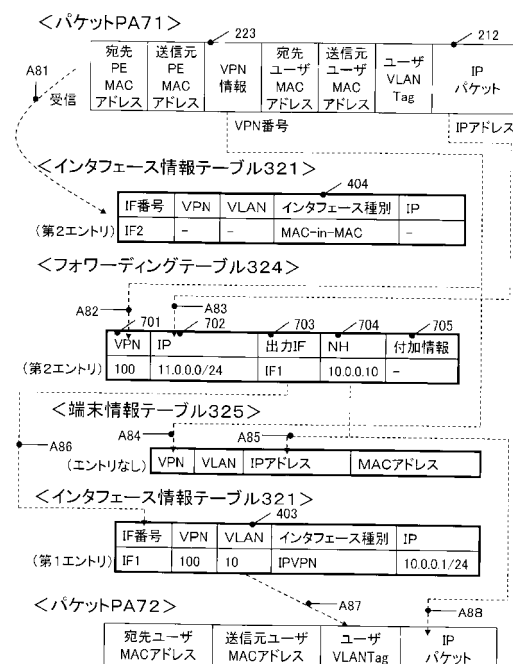
【図 4 5】

L2VPN→IPVPNのパケットの流れ



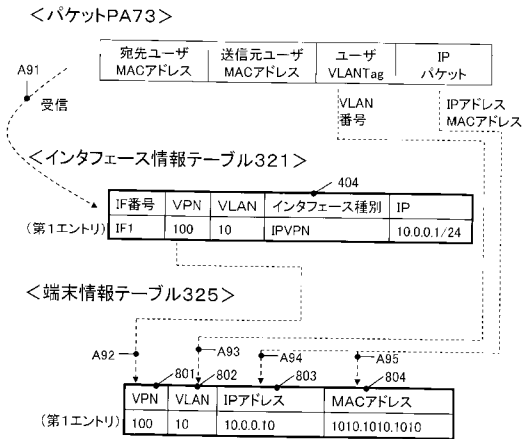
【図 4 6】

PA71受信からPA72送信までの処理



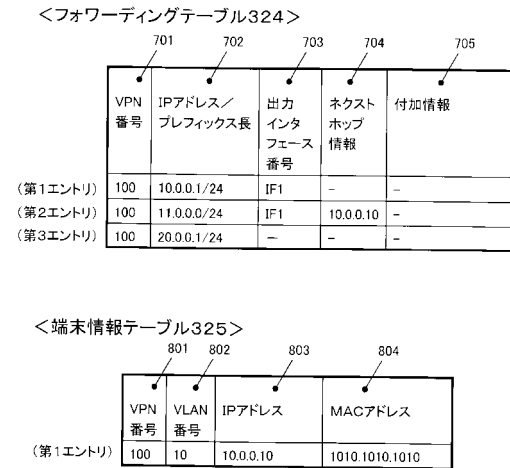
【図 47】

PA73受信によるテーブル更新



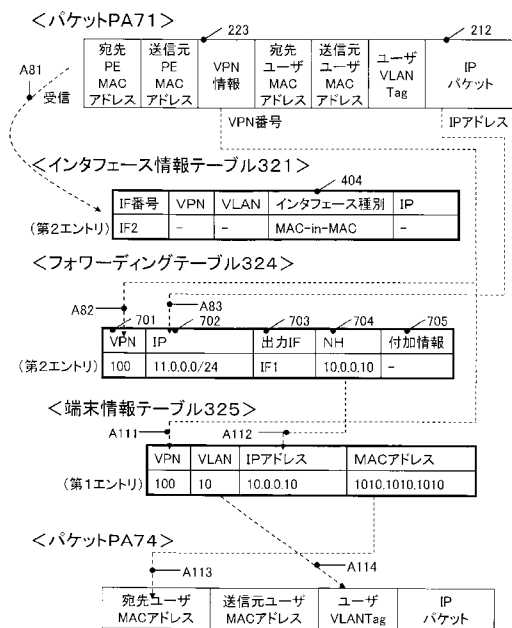
【図 48】

更新後のテーブル



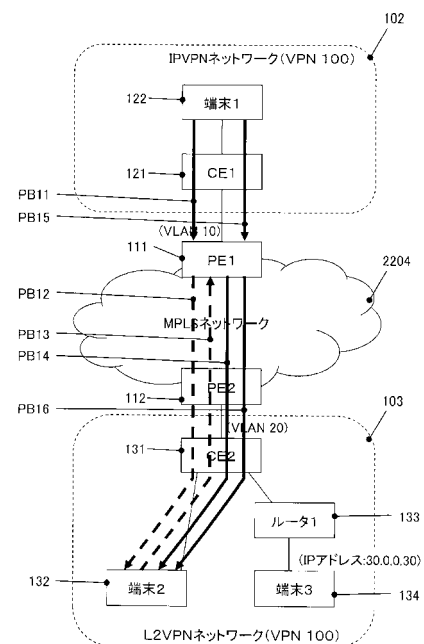
【図 49】

パケットPA74、PA76の送信



【図 50】

IPVPN→L2VPNのパケットの流れ



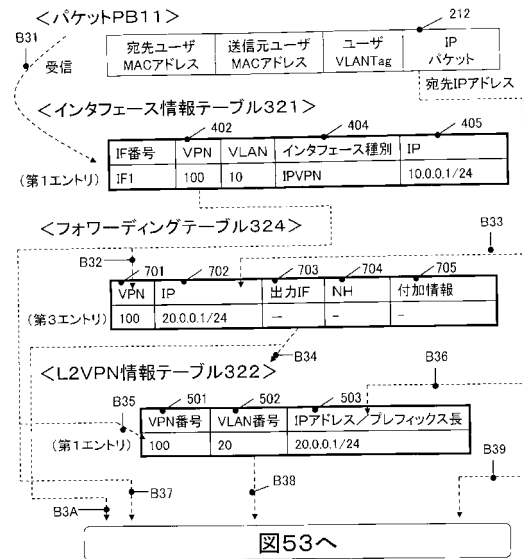
【図 5 1】

フォワーディングテーブルの初期状態

	701	702	703	704	705
	VPN番号	IPアドレス/ プレフィックス長	出力 インタ フェース 番号	ネクスト ホップ 情報	付加情報
(第1エントリ)	100	10.0.0.1/24	IF1	-	-
(第2エントリ)	100	11.0.0.0/24	IF1	10.0.0.10	-
(第3エントリ)	100	20.0.0.1/24	-	-	-

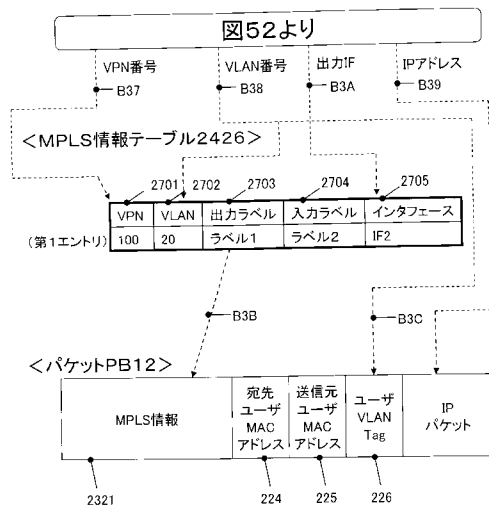
【図 5 2】

PB11受信からPB12送信まで(1)



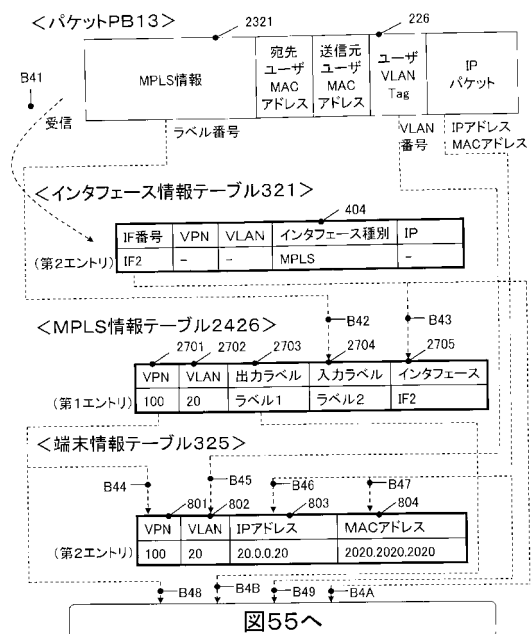
【図 5 3】

PB11受信からPB12送信まで(2)



【図 5 4】

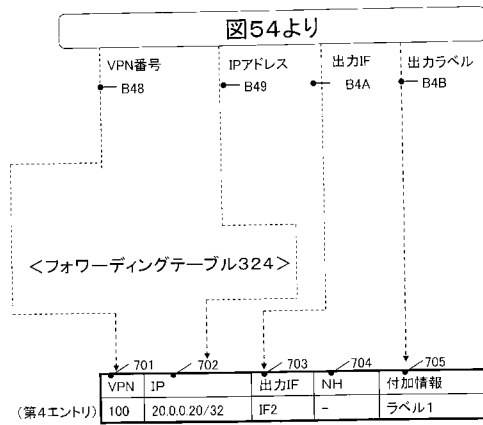
PB13受信によるテーブル更新(1)





【図 5 5】

PB13受信によるテーブル更新(2)



【図 5 6】

更新後のテーブル

<フォワーディングテーブル324>

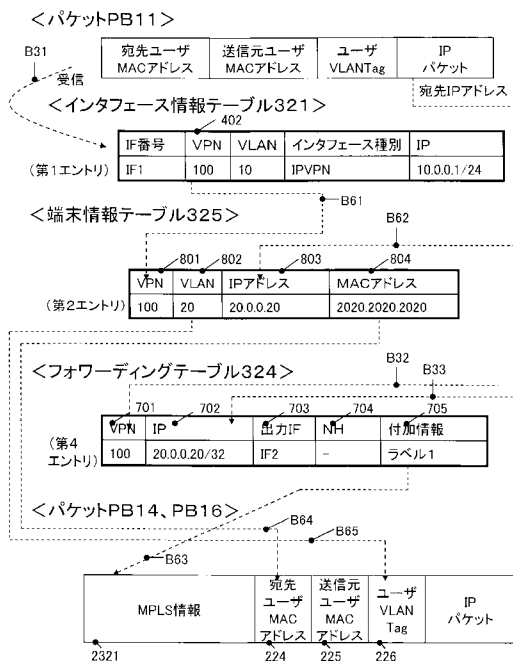
	701	702	703	704	705
VPN番号	IPアドレス／プレフィックス長	出力インタフェース番号	ネクストホップ情報	付加情報	
(第1エントリ)	100	10.0.0.1/24	IF1	-	-
(第2エントリ)	100	11.0.0.0/24	IF1	10.0.0.10	-
(第3エントリ)	100	20.0.0.1/24	-	-	-
(第4エントリ)	100	20.0.0.20/32	IF2	-	ラベル1

<端末情報テーブル325>

	801	802	803	804
VPN番号	VLAN番号	IPアドレス	MACアドレス	
(第2エントリ)	100	20	20.0.0.20	2020.2020.2020

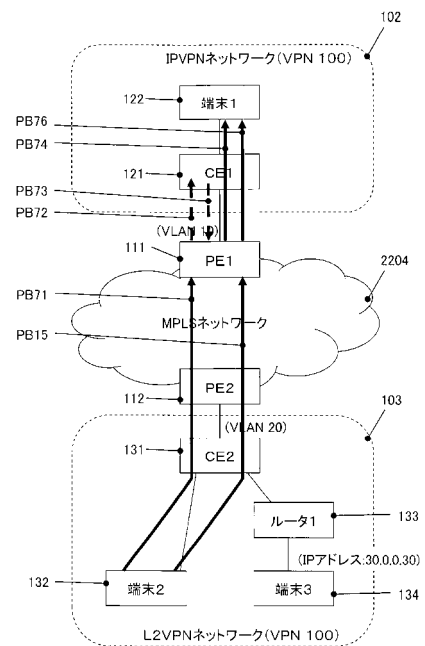
【図 5 7】

パケットPB14、PB16の送信



【図 5 8】

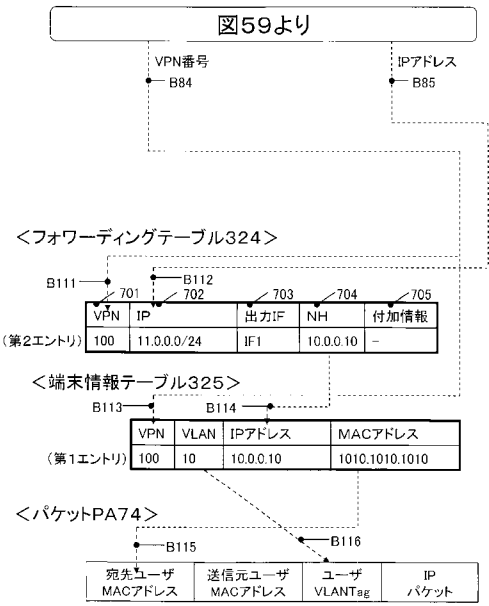
L2VPN→IPVPNのパケットの流れ





【図 6 3】

パケットPB74、PB76の送信



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2010-087585(JP,A)  
特開2010-278636(JP,A)  
特開2003-092586(JP,A)  
特開2005-086820(JP,A)  
特開2005-252624(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04L 12/00 - 12/26、12/50 - 12/955