

(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.

H04L 12/70 (2013.01)
H04L 12/46 (2006.01)

F 1

H04L 12/70
H04L 12/46D
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】

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、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

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(P E 2)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、

P E 1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、

P E 1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、V PN番号及び宛先IPアドレスに対する、出力IF及び宛先P E 2のMACアドレスを記憶し、また、端末情報テーブルに、V PN番号に対する、V LAN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、

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、宛先P E 2のMACアドレス、送信元P E 1のMACアドレス、V PN番号、宛先端末2のMACアドレス、送信元P E 1のMACアドレス、V LAN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、

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、

P E 1は、端末2から端末1に向けた第3のパケットを受信し、

P E 1は、第3のパケットに基づき、V PN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(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ARPリクエストパケットを送信し、

P E 1は、C E 1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、

P E 1は、ARPリプライパケットに基づき、端末情報テーブルに、V PN番号に対して、V LAN番号及び宛先C E 1のIPアドレス及びMAC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のパケットについて、宛先C E 1のMACアドレス、送信元P E 1のMACアドレス、V LAN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、

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

【請求項3】

V PNを接続しV PN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 PN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つて、

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 PN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、出力ラベルを対応して記憶するフォワーディングテーブルと、

V PN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

10

20

30

40

50

一 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 のパケットを受信し、

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、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、

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、

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

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、

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、

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に關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、

30

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、

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 10
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
と前記第三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】

20

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

30

40

50

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に向け送信するネットワーク装置。

【請求項9】

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、

10

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(PE1)であって、

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、

20

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、

処理部は、端末2から端末1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、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に關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、

30

処理部は、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、

処理部は、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、

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、CE1を経由して端末1に向け送信するネットワーク装置。

40

【請求項10】

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(PE1)であって、

50

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

V P N番号と宛先I Pアドレスに対応するV L A N番号を得て、宛先P EのM A Cアドレスをブロードキャストアドレスとし、送信元P EのM A CアドレスをP E 1のM A Cアドレスとし、V P N情報を取得したV P N番号とし、宛先ユーザのM A C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M A CアドレスをP E 1のM A Cアドレスとし、V L A N番号を含むヘッダを作成し、I Pパケットを宛先I PアドレスのA R P解決を要求するためのA R P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、A R P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、

10

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、P E 1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、A R P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、

P E 1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ーフェースI F 1に該当するV P N番号と、第1のパケットのI Pパケットに含まれる宛先端末2の宛先I Pアドレスを取得し、

20

P E 1は、取得したV P N番号と宛先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、該当するエントリの出力インターフェース番号及び/又は宛先P EのM A Cアドレスが未定である場合、P E 1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、A R Pリクエストパケットを作成し、A R P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、

P E 1は、端末2からA R PリプライパケットをインターフェースI F 2から受信すると、端末情報テーブルに、A R Pリプライパケットに含まれる、端末2の所属するV P N番号及び端末2の所属するV L A N番号、端末2のI Pアドレス、端末2のM A C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、A R Pリプライパケットに含まれる、端末2の所属するV P N番号、端末2のI Pアドレス、P E 2のM A Cアドレス、A R Pリプライパケットを受信したインターフェースI F 2を、対応して記憶し、

30

P E 1は、第1のパケットから取得したV P N番号と宛先端末2のI Pアドレスに基づき、宛先P EのM A C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P E 2のM A Cアドレスとし、送信元P EのM A CアドレスをP E 1のM A Cアドレスとし、V P N番号情報を取得したV P N番号とし、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端末2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端末2の所属するV L A N番号とし、I P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、

P E 1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ーフェースであるI F 2に向けて送信し、

40

P E 1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ーフェースI F 2に該当する、V P N番号と宛先端末1の宛先I Pアドレスを取得し、

P E 1は、取得したV P N番号と宛先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、パケットの転送先が出力インターフェース番号がI F 1であり、ネクストホップ情報がC E 1のI Pアドレスであることを求め、

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、端末情報テーブルをV P N番号とC E 1のI P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、A R Pリクエストパケットを作成し、作成したA R Pリクエストパケットを、インターフェースI F 1に向けて送信し、

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ーフェース 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ーフェースである 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の、 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、 フラッディング、 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り、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り、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】IEEE802.1ah Provider Backbone Bridges

【非特許文献2】RFC4364 BGP/MPLS IP Virtual Private 40
Networks

【非特許文献3】RFC4762 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

10

20

30

40

50

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り、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り、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。

【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り、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。

【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。

【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を用いて、前記第5の機能により第3のネットワーク

10

20

30

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。

10

【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。

30

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

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と、レイヤ2のV PN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、V PNを接続しV PN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V PN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情報を用いて、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、

、
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】

本発明の第1の解決手段によると、
V PNを接続しV PN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 PN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つて、

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 E1)を備え、
前記P E1は、

V PN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(P E)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、

V PN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、

P E1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 E1は、第1のパケットに基づき、V PN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

10

20

30

40

50

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、

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、

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における仮想ネットワーク接続方法であつて、

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、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2から端末1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3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に關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、

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1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、CE1を経由して端末1に向け送信する

10

20

30

40

50

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。

【0021】

本発明の第3の解決手段によると、
 V PNを接続しV PN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 PN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 PN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、出力ラベルを対応して記憶するフォワーディングテーブルと、
 V PN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、
 V PN番号に対応して、V LAN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MPLS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MPLS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 PN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(P E 2)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、

P E 1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、

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

P E 1は、ARPリプライパケットに基づき、端末情報テーブルに、V PN番号に対す
 る、V LAN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、

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、MPLS情報、宛先端末2のMACアドレス、送
 信元P E 1のMACアドレス、V LAN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、

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。

【0022】

本発明の第4の解決手段によると、
 V PNを接続しV PN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 PN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、

10

20

30

40

50

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(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、

処理部は、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、

処理部は、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、

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、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、

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(PE1)であって、

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、

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、

処理部は、端末2から端末1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、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3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に關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、

処理部は、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、

処理部は、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、

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、

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。

【0025】

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、

10

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、

30

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。

40

【0026】

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

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、

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】

【 0 0 2 7 】

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】

【 0 0 2 8 】

【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。

10

20

30

40

50

- 【図3】P E 1であるネットワーク装置111の構成を示す説明図。
- 【図4】図3に示すインターフェース情報テーブル321の説明図。
- 【図5】図3に示すL2VPN情報テーブル322の説明図。
- 【図6】図3に示す経路制御情報テーブル323の説明図。
- 【図7】図3に示すフォワーディングテーブル324の説明図。
- 【図8】図3に示す端末情報テーブル325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】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。
- 【図11】図10のS1006におけるMAC-in-MAC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S1007におけるIPVPN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。
- 【図14】ネットワーク装置111がARPリプライパケットを受信し、図9のS902、S903に示した処理により、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。
- 【図15】ネットワーク装置111がARPリクエストパケットを受信し、図9のS902、S903に示した処理により、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。
- 【図16】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、図9のS902、S903に示した処理により、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。
- 【図17】VPN接続制御部312が経路制御部311からARP解決の要求を受けた時の、VPN接続制御部312の処理の手順を示すフローチャート。
- 【図18】VPN接続制御部312が経路制御部311からARPリプラ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。
- 【図19】VPN接続制御部312が経路制御部311からARP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。
- 【図20】VPN接続制御部312が経路制御部311からARP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(図19の続き)。
- 【図21】VPN接続制御部312が経路制御部311から経路を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。
- 【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111の構成を示す説明図。
- 【図25】図24に示すインターフェース情報テーブル321の説明図。
- 【図26】図24に示すフォワーディングテーブル324の説明図。
- 【図27】図24に示すMPLS情報テーブル2426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。

10

20

30

40

50

【図29】第2の実施の形態における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。

【図30】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。

【図31】第2の実施の形態における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。

【図32】第2の実施の形態におけるネットワーク装置111がARPリプラ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。

10

【図33】第2の実施の形態におけるネットワーク装置111がARP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。

【図34】第2の実施の形態におけるネットワーク装置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。

【図35】第2の実施の形態におけるVPN接続制御部312が経路制御部311からARP解決の要求を受けた時の、VPN接続制御部312の処理の手順を示すフローチャート。

20

【図36】第2の実施の形態におけるVPN接続制御部312が経路制御部311からARPリプラ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。

【図37】第2の実施の形態におけるVPN接続制御部312が経路制御部311からARP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。

【図38】第2の実施の形態におけるVPN接続制御部312が経路制御部311からARP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(図37の続き)。

30

【図39】IPVPN-L2VPN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】PA11受信からPA12送信までの処理についての説明図。

【図42】PA13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PA14、PA16の送信についての説明図。

【図45】L2VPN-IPVPNのパケットの流れについての説明図。

【図46】PA71受信からPA72送信までの処理についての説明図。

【図47】PA73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PA74、PA76の送信についての説明図。

【図50】IPVPN-L2VPN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】PB11受信からPB12送信まで(1)についての説明図。

【図53】PB11受信からPB12送信まで(2)についての説明図。

【図54】PB13受信によるテーブル更新(1)についての説明図。

【図55】PB13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PB14、PB16の送信についての説明図。

【図58】L2VPN-IPVPNのパケットの流れについての説明図。

50

【図59】PB71受信からPB72送信まで(1)についての説明図。

【図60】PB71受信からPB72送信まで(2)についての説明図。

【図61】PB73受信によるテーブル更新についての説明図。

【図62】更新後のテーブルについての説明図。

【図63】パケットPB74、PB76の送信についての説明図。

【発明を実施するための形態】

【0029】

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：

A1. システム構成：

10

A2. 通信の具体的な手順の説明：

A3. ネットワーク装置の動作：

A4. 第1の実施の形態の効果：

B. 第2の実施の形態：

B1. システム構成：

B2. 通信の具体的な手順の説明：

B3. ネットワーク装置の動作：

B4. 第2の実施の形態の効果：

C. 変形例：

【0030】

20

A. 第1の実施の形態：

本実施の形態では、VPNを接続するMAC-in-MAC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。

【0031】

A1. 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、MAC-in-MACネットワーク101と、IPVPNネットワーク102と、L2VPNネットワーク103とを備えている。IPVPNネットワーク102とL2VPNネットワーク103は相互に通信可能なネットワークであり、MAC-in-MACネットワーク101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VPNネットワークはVPN番号100によって識別するものとする。

MAC-in-MACネットワーク101にはネットワーク装置111(以下、PE1(Provider Edge)と呼ぶ)とネットワーク装置112(以下、PE2と呼ぶ)が所属しており、PE1はIPVPNネットワーク102と接続し、PE2はL2VPNネットワーク103と接続している。PE1とIPVPNネットワーク102の間の接続はレイヤ3による接続であり、PE1はIPVPNネットワーク102からのパケットをレイヤ3により転送する。また、PE2とL2VPNネットワーク103との接続はレイヤ2による接続であり、PE2はL2VPNネットワーク103からのパケットをレイヤ2により転送する。

IPVPNネットワーク102にはネットワーク装置121(以下、CE1(Customer Edge)と呼ぶ)とネットワーク装置122(以下、端末1と呼ぶ)が所属している。CE1はPE1と接続することでIPVPNネットワーク102をMAC-in-MACネットワーク101に接続している。端末1はCE1を経由してVPNを用いた通信を行う端末である。

L2VPNネットワーク103にはネットワーク装置131(以下、CE2と呼ぶ)と

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、CE2 は PE2 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 CE2 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 PE1 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 CE2、PE2 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 PE1 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。

PE1 が CE1 と接続するインターフェースは、VLAN 10 であり IP アドレスは 10.0.0.1 である。PE1 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、PE1 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。

PE2 が CE2 と接続するインターフェースは、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、PE2 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

CE1 が PE1 と接続するインターフェースは、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。

CE2 は IP アドレスを持たない。また、CE2 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、PE1 と CE1 の間と IPVPN ネットワーク 102 内と、PE2 と CE2 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、PE1 や PE2 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102やL2VPNネットワーク103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VLAN Tag 226には、そのパケットをレイヤ2で転送するためのVLAN情報を格納する。

IPパケット212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201に示すMAC-in-MACネットワーク101外で用いるパケットは、パケットフォーマット200からMAC-in-MACヘッダ210を除いたもので、他は同様である。MAC-in-MACネットワーク外において、ユーザレイヤ2ヘッダおよびIPパケット212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PE1であるネットワーク装置111の動作について説明する。PE1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IPv4を用いるが、レイヤ3のプロトコルとしてIPv6などを用いることもできる。

【0033】

図3は、PE1であるネットワーク装置111の構成を示す説明図である。

ネットワーク装置111は、レイヤ3スイッチであり、OSI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111は、2つのインターフェース(インターフェース301、インターフェース302)と、メモリ320と、処理部300を備えている。処理部300は、経路制御部311と、VPN接続制御部312と、パケット転送処理部313とを備えている。

インターフェース301は、CE1と接続するインターフェースである。また、インターフェース302はMAC-in-MACネットワーク101内に接続するためのインターフェースである。これらのインターフェース301、302は、いずれもMACアドレスとIPアドレスが割り当てられるインターフェースである。これらは、Ethernet(登録商標)等の物理的なインターフェースであっても、VLAN等の論理的なインターフェースであってもよい。

30

メモリ320は、インターフェース情報テーブル321と、L2VPN情報テーブル322と、経路制御情報テーブル323と、フォワーディングテーブル324と、端末情報テーブル325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311と、VPN接続制御部312と、パケット転送処理部313は、いずれもメモリ320に格納されているプログラムを、図示しないCPU(Central Processing Unit)が実行することにより実現される機能部である。なお、CPUに代えて、ASIC(Application Specific Integrated Circuit)やFPGA(Field Programmable Gate Array)等を用いることもできる。

40

経路制御部311は、IPv4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。インターフェース情報テーブル321と、L2VPN情報テーブル322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323と、フォワーディングテーブル324と、端末情報テーブル325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、ARP(Address Resolution Protocol)等の隣接探索に関するプロトコルや、BGP(Border Gateway Protocol)、OSPF(Open Shortest Path First)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ARP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、各インターフェース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、インター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】

10

図4は、図3に示すインターフェース情報テーブル321の説明図である。インターフェース情報テーブル321は、ネットワーク装置111が備える各インターフェース301、302の各種情報を管理するテーブルである。インターフェース情報テーブル321では、インターフェース番号401に対して各種情報が対応付けられている。インターフェース番号401は、各インターフェース301、302を示す番号を示す。なお、本実施の形態では、インターフェース301のインターフェース番号としてIF1が設定されている。同様に、インターフェース302のインターフェース番号としてIF2が設定されている。VPN番号402は、インターフェースが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ーフェース、すなわちMAC-in-MACネットワーク内に接続しているインターフェースはVPNに接続していない事を示す「-」が設定される。VLAN番号403は、そのインター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ーフェースは、用いていない事を示す「-」が設定される。インターフェース種別404は「IPV PN」、「MAC-in-MAC」の2つの値のいずれかであり、インターフェースがIP VPN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、インター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ーフェースは、設定されていない事を示す「-」が設定される。

20

インター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、予めインターフェース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、インターフェース情報テーブル321のVPN番号402とVLAN番号403は、異なるインターフェース番号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。

30

図4の例では、第1エントリにおいて、インターフェース301(IF1)がVPN番号100に接続しており、IF1ではVLAN 10を用い、IPVPNネットワークに接続しており、インターフェースの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、インターフェース302(IF2)が、VPNネットワークに接続していない、VLANを用いていない、MAC-in-MACネットワークに接続しており、インターフェースにIPアドレスが設定されていない事を示している。

40

【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。

50

L2VPN情報テーブル322は、ネットワーク装置の管理者が、予めPE1が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アドレスを設定することで、その設定に基づき経路制御部311が登録する。

図5の例では、第1エントリにおいて、VPN番号501が100であり、VLAN番号502が20に対し、IPアドレス/プレフィックス長は20.0.0.1/24が対応付けられている。すなわち、ネットワーク装置111は、VPN番号100かつVLAN番号20の通信対象に対して、IPアドレス20.0.0.1/24を用いる事を示している。

【0036】

図6は、図3に示す経路制御情報テーブル323の説明図である。経路制御情報テーブル323は、経路制御部311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321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323では、VPN番号601、IPアドレス/プレフィックス長602に対して、出力インターフェース番号603、ネクストホップ情報604が対応付けられている。VPN番号601はそのエントリを用いるVPN番号を示し、IPアドレス/プレフィックス長602は経路のIPアドレスとプレフィックス長を示す。出力インターフェース番号603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ーフェース番号を示し、ネクストホップ情報604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604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323は、インタフェース情報テーブル321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311が初期値として登録する。インターフェース情報テーブル321のインターフェース種別404がIPVPNであるエントリについて、VPN番号402をVPN番号601に、IPアドレス/プレフィックス長405をIPアドレス/プレフィックス長602に、インターフェース番号401を出力インターフェース番号603に対応させ、ネクストホップ番号604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311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321の第1エントリに対応しており、VPN番号601が100であり、IPアドレス/プレフィックス長602は10.0.0.1/24であり、出力インターフェース番号603はIF1であり、ネクストホップ情報604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VPN番号601が100、IPアドレス/プレフィックス長602が11.0.0.0/24、出力インターフェース番号603がIF1、ネクストホップ情報604が10.0.0.10であり、第3エントリは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、出力インターフェース番号603がIF2、ネクストホップ情報604が20.0.0.21である。

【0037】

図7は、図3に示すフォワーディングテーブル324の説明図である。フォワーディングテーブル324は、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用いるテーブルであり、経路制御情報テーブル323に基づくエントリと、L2VPN情報テーブル322に基づくエントリと、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を登録する。フォワーディングテーブル324では、VPN番号701、IPアドレス/プレフィックス長702に対して、出力インターフェース番号703、ネクストホップ情報704、付加情報705が対応付けられている。VPN番号701はそのエントリを用いるVPN番号を示し、IPアドレス/プレフィックス長702は経路のIPアドレスとプレフィックス長を示す。出力インターフェース番号703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ーフェース番号を示す。

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。出力インターフェース番号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を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、出力インターフェース番号603のインターフェースに関するインターフェース情報テーブル321のエントリのインターフェース種別404の値によって2種類の登録方法に分ける。インターフェース種別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、出力インターフェース番号603の値を出力インターフェース番号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。インターフェース種別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、出力インターフェース番号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、出力インターフェース番号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、出力インターフェース番号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、出力インターフェース番号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、出力インターフェース番号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、出力インターフェース番号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、出力インターフェース番号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

10

20

30

40

50

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。

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：

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) IPVPNからL2VPNへの流れ

まず、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、IPVPNネットワーク102内の端末1がL2VPN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。

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。

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。

10

20

30

40

50

インター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のパケット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のパケット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。

端末1がパケットPA11を送信すると、パケットPA11はPE1のインターフェース301(IF1)に到達する。なお、パケットPA11は図2に示すパケットフォーマット201のフォーマットである。

【0042】

PE1がパケットPA11を受信してから、ARPリクエストパケット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、パケットPA11の転送先を求めるための最初の手順として、図4に示すインター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ーフェース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、受信したパケットのIPパケット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。

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るとする(A32、A33)。第3エントリが該当するが、出力インターフェース番号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PA11は一時的に保存し、ARPリクエストパケットPA12送信の処理を行う。

PE1は、図39に示すARPリクエストパケットPA12の作成にVLAN番号を得る必要があるが、出力インターフェース番号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。

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2に示すパケットフォーマット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)(A38)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(A39)。

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

ARPリクエストパケット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MAC-in-MACヘッダ210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PA13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

【0043】

PE1がパケットPA13を受信してから、パケットPA14を送信するまでの手順について図42、図43、図44を用いて説明する。

【0044】

パケットPA13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42を用いて説明する。

PE1は、ARPリプライパケットPA13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に示すインター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ーフェースIF2に該当するエントリを検索し(A41)、第2エントリが該当し、インターフェース種別がMAC-in-MACのインター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とフォワーディングテーブル324に、受信したARP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2にパケットを転送する際に宛先ユーザ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。フォワーディングテーブル324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ーフェースの決定と、宛先PEMACアドレス221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2エントリの内容を登録することとなる。VPN番号801は受信したパケットPA13のVPN情報223に格納されており端末2の所属するVPN番号(100)であり(A42)、VLAN番号802は受信したパケットPA13のユーザVLANTag226に格納されており端末2の所属するVLAN番号(20)であり(A43)、IPアドレス803はIPパケット212に格納されているARPパケットの端末2のIPアドレス(20.0.0.20)であり(A44)、MACアドレス804はIPパケット212に格納されているARPパケットの端末2のMACアドレス(2020.2020.2020)である(A45)。

フォワーディングテーブル324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。VPN番号701は受信したパケットPA13のVPN情報223に格納されており端末2の所属するVPN番号(100)であり(A46)、IPアドレス/プレフィックス長702はIPパケット212に格納されているARPパケットの端末2のIPアドレス(20.0.0.20)と最大プレフィックス長である32であり(A47)、出力インターフェース番号703はパケットPA13を受信したインターフェースであるIF2であり(A48)、ネクストホップ情報704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705は受信したパケットPA13の送信元PEMACアドレス222に格納されているPE2のMACアドレス(2222.2222.2222)である(A49)。なお、パケットPA13の送信元PEMACアドレスはPE2が作成したものであり、PE2のアドレスが格納されている。

【0045】

図43は、図42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はパケットPA11受信前の状態である図40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325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。

【0046】

図42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PA11の転送処理を行いパケットPA14を送信するまでの手順について図44を用いて説明する。

PE1は、図41で説明した手順において取得(A31)したVPN番号(100)と宛先IPアドレス(20.0.0.20)により、図43に示すフォワーディングテーブ

10

20

30

40

50

ル324を検索し転送先を求める(A32、A33)。この検索はIPアドレスによるオンライン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ーフェース番号703がIF2となっているため、IF2に向けて転送する処理を行う。インターフェース情報テーブル321からIF2のインターフェース種別はMAC-in-MACとなっているため、MAC-in-MACネットワークへの転送、すなわちパケットフォーマット200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)と宛先IPアドレス(20.0.0.20)を用いて図43に示す端末情報テーブル325を検索し(A61、A62)、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、ここまでに得た情報を用いて、図39に示すパケットPA14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200である。宛先PEMACアドレス221を、フォワーディングテーブル324の第4エントリの附加情報705に格納されているPE2のMACアドレス(2222.2222.2222)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)(A64)とし、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(A65)、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(A66)、IPパケット212はパケットPA11から変更しない。

最後に、PE1は、作成したパケットPA14を、フォワーディングテーブル324の出力インターフェース番号703に格納されている、MAC-in-MACネットワークに接続しているインターフェースであるIF2に向けて送信する。

パケットPA14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

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を検索することで最初から第4エントリを得ることができ、図44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PA16を作成し転送する。パケットPA16はパケットPA14と同様に端末2に到達する。

【0047】

(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。

【0048】

図45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PA71を送信すると、パケットPA71はCE2、PE2を経由してPE1に到達する。PE1は、パケットPA71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。

10

20

30

40

50

P E 1 は I P V P N ネットワーク 1 0 2 に向けて C E 1 に対して A R P リクエストパケット P A 7 2 を送信し、 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 A R P リプライパケットを返信すると、パケット P A 7 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 A 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 P A 7 1 の転送処理を行い、パケット P A 7 4 を送信する。パケット P A 7 4 は C E 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 P A 7 5 は、 P E 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、 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 A 7 6 を送信、端末 1 に到達可能となる。 10

【 0 0 4 9 】

以後、図 4 5 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。

インター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 3 9 のパケット P A 1 1 を P E 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、 P E 1 が図 3 9 のパケット P A 1 1 を受信する前の初期状態は、図 4 0 に示したものと同じである。

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 P A 7 1 を送信すると、パケット P A 7 1 は P E 2 を経由して P E 1 のインターフェース 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 A 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

【 0 0 5 0 】

P E 1 がパケット P A 7 1 を受信してから、 A R P リクエストパケット P A 7 2 を送信するまでの手順について図 4 6 を用いて説明する。

P E 1 は、パケット P A 7 1 の転送先を求めるための最初の手順として、図 4 に示すインター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ーフェース I F 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 エントリのインターフェース種別 4 0 4 は M A C - i n - M A C 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から取得する。受信したパケットから、 V P N 番号は V P N 情報 2 2 3 に含まれる V P N 番号 (1 0 0) であり、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。 40

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 4 0 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ーフェース番号 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ーフェース番号 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。インターフェース情報テーブル 3 2 1 から I F 1 のインターフェース種別は 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。

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

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ARP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、ARP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ーフェース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、インターフェース種別がIPVPNのインター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ARP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ー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、受信したインターフェース(IF2)からインター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に示すフォワ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ーフェースが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、ここまでに得た情報を用いて、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(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、フォワーディングテーブル324の出力インターフェース番号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ーフェースである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 111 はパケットを受信すると、パケット転送処理部 313 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 (S901)。

受信したパケットが、経路制御部 311 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ARPのパケットである場合 (S902)、パケット転送処理部 313 は、経路制御部 311 へパケットを転送し (S903)、パケット転送処理部 313 は処理を終了する (S904)。なお、ルーティングプロトコルのパケットやARP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りないため、説明は省略する。

受信したパケットが、経路制御部 311 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 (S902)、パケット転送処理部 313 は、パケットを受信したインターフェース番号を検索キーとしてインターフェース情報テーブル 321 を検索し (S905)、該当するエントリのインターフェース種別 404 の値によって処理を振り分ける (S906)。

S906においてインターフェース種別がMAC-in-MACである場合、パケット転送処理部 313 は、図2に示すパケットフォーマット 200 のパケットを受信しており、受信したパケットのVPN情報 223 からVPN番号を、IPパケット 212 から宛先IPアドレスを取得し (S907)、パケットからMAC-in-MACヘッダ 210 を削除する (S908)。

S906においてインターフェース種別がIPVPNである場合、パケット転送処理部 313 は、図2に示すパケットフォーマット 201 のパケットを受信しており、S905で検索したエントリのVPN番号 402 からVPN番号を、IPパケット 212 から宛先IPアドレスを取得する (S909)。

VPN番号と宛先IPアドレスを取得した後、図10の宛先検索処理へ処理を継続する (S910)。

【0058】

図10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。

図9のS910から処理を継続する (S1001)。

パケット転送処理部 313 は、取得したVPN番号と宛先IPアドレスを検索キーとしてフォワーディングテーブル 324 を検索する。検索は、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 702 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 (S1002)。パケット転送処理部 313 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 (S1003)。

S1003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 313 は、受信したパケットを廃棄し (S1008)、パケット転送処理部 313 は処理を終了する (S1009)。

S1003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出力インターフェース番号 703 が設定されていない事を示す「-」である場合、パケット転送処理部 313 は、S1006の処理へ移行し、図11を用いて後述するMAC-in-MACネットワークへのパケット転送処理を実行し (S1006)、パケット転送処理部 313 は処理を終了する (S1009)。

S1003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出力インターフェース番号 703 が設定されている場合、パケット転送処理部 313 は、出力インターフェース番号 703 を検索キーとしてインターフェース情報テーブル 321 を検索し (S1004)、該当するエントリのインターフェース種別 404 によって処理を振り分ける (S1005)。

S1005においてインターフェース種別がMAC-in-MACである場合、パケット転送処理部 313 は、図11を用いて後述するMAC-in-MACネットワークへのパケット転送処理を実行し (S1006)、パケット転送処理部 313 は処理を終了する (

10

20

30

40

50

S 1 0 0 9) 。

S 1 0 0 5 においてインターフェース種別が 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ーフェース番号 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ーフェース番号 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。

10

20

30

40

50

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。

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ーフェース番号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。

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VLAN Tag 226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。

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ーフェース番号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。

【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ーフェース番号を検索キーとしてインター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ーフェース種別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ーフェース番号

10

20

30

40

50

が「-」である場合は、経路制御部311は、検索を行わずS1304の処理へ移行する。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ーフェース番号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MAC-in-MAC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、S1304に移行する。

S1303においてインターフェース種別がMAC-in-MACである場合かS1302においてインターフェース番号が「-」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(S1304)、経路制御部311は処理を終了する(S1307)。

S1303においてインターフェース種別がIPVPNである場合、経路制御部311は、IPVPN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(S1305)。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S1302で検索したエントリに格納されているVLAN番号403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アドレスとしてパケット転送処理部313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、S1302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405のIPアドレスの値を用いる。

最後に、経路制御部311は、S1305で作成したARPリクエストパケットを、パケット転送処理部313から通知されたインターフェースに対して出力し(S1306)、処理を終了する(S1307)。

【0063】

図14は、ネットワーク装置111がARPリプライパケットを受信し、図9のS902, S903に示した処理により、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。

経路制御部311は、パケット転送処理部313からARPリプライパケットを転送されると処理を開始する(S1401)。

経路制御部311は、パケット転送処理部313から通知されたパケットを受信したインターフェース番号を検索キーとしてインターフェース情報テーブル321を検索し(S1402)、該当するエントリのインターフェース種別404の値によって処理を振り分ける(S1403)。

S1403においてインターフェース種別がMAC-in-MAC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ARPリプライパケットを転送し(S1404)、経路制御部311は処理を終了する(S1407)。

S1403においてインターフェース種別がIPVPNである場合、経路制御部311は、受信したARPリプラ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(S1405)。登録する内容は、VPN番号801はS1402で検索したエントリのVLAN番号402であり、VLAN番号802は受信したARPリプラ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ARPリプラ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ARPリプラ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。

最後に、経路制御部311は、図12のS1207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VPN番号と、ARPリプラ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(S1406)、経路制御部

10

20

30

40

50

311は処理を終了する(S1407)。

【0064】

図15は、ネットワーク装置111がARPリクエストパケットを受信し、図9のS902, S903に示した処理により、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。

経路制御部311は、パケット転送処理部313からARPリクエストパケットを転送されると処理を開始する(S1501)。

経路制御部311は、パケット転送処理部313から通知されたパケットを受信したインターフェース番号を検索キーとしてインターフェース情報テーブル321を検索し(S1502)、該当するエントリのインターフェース種別404の値によって処理を振り分ける(S1503)。

S1503においてインターフェース種別がMAC-in-MAC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ARPリクエストパケットを転送し(S1504)、経路制御部311は処理を終了する(S1508)。

S1503においてインターフェース種別がIPVPNである場合、経路制御部311は、受信した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(S1505)。登録する内容は、VPN番号801はS1502で検索したエントリのVPN番号402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。

S1505に続いて、経路制御部311は、IPVPNネットワークへ出力するARPリプライパケットを作成する(S1506)。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S1502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リクエストに応答するIPアドレスとしてS1502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405のIPアドレスとし、ARPリクエストに応答する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。

最後に、経路制御部311は、S1506で作成したARPリプライパケットを、パケット転送処理部313から通知されたインターフェースに対して出力し(S1507)、処理を終了する(S1508)。

【0065】

図16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、図9のS902, S903に示した処理により、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。

経路制御部311は、パケット転送処理部313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(S1601)。

経路制御部311は、パケット転送処理部313から通知されたパケットを受信したインターフェース番号を検索キーとしてインターフェース情報テーブル321を検索し(S1602)、該当するエントリのインターフェース種別404の値によって処理を振り分ける(S1603)。

10

20

30

40

50

S 1 6 0 3においてインターフェース種別がMAC - in - MAC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、VPN番号6 0 1は受信したパケットのMAC - in - MACヘッダ2 1 0のVPN情報2 2 3のVPN番号であり、IPアドレス/プレフィックス長6 0 2は処理した経路のIPアドレス/プレフィックス長であり、出力インターフェース番号6 0 3は処理した経路の出力インター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IPアドレスは、L2VPN情報テーブル3 2 2に登録されているエントリのうち、VPN番号5 0 1と受信したパケットのMAC - in - MACヘッダ2 1 0のVPN情報2 2 3のVPN番号とが一致し、VLAN番号5 0 2とユーザレイヤ2ヘッダ2 2 1のユーザVLAN Tag 2 2 6のVLAN番号とが一致するエントリのIPアドレス/プレフィックス長5 0 3のIPアドレスを用いる。

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、VPN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においてインターフェース種別がIPVPN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、VPN番号6 0 1はS 1 6 0 2で検索したエントリのVPN番号4 0 2であり、IPアドレス/プレフィックス長6 0 2は処理した経路のIPアドレス/プレフィックス長であり、出力インターフェース番号6 0 3は処理した経路の出力インター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。

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、VPN番号7 0 1、IPアドレス/プレフィックス長7 0 2、出力インターフェース番号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、附加情報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)。

【0 0 6 6】

(3) VPN接続制御部3 1 2

図17、図18、図19、図20、図21は、ネットワーク装置1 1 1のVPN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17は、VPN接続制御部3 1 2が経路制御部3 1 1からARP解決の要求を受けた時の、VPN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。

VPN接続制御部3 1 2は、経路制御部3 1 1からARP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、VPN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VPN番号とIPアドレスを検索キーとして、L2VPN情報テーブル3 2 2を検索する(S 1 7 0 2)。IPアドレスは、IPアドレス/プレフィックス長5 0 3に対するルンゲストマッチにより検索する。

S 1 7 0 2に続き、VPN接続制御部3 1 2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(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。MAC - in - MACヘッダ2 1 0の宛先PEMACアドレス2 2 1をブロードキャストとし、MAC - in - MACヘッダ2 1 0の装置元PEMACアドレス2 2 2をネットワーク装置1 1 1のMACアドレスとし、MAC - in - MACヘッダ2 1 0のVPN情報2 2 3を経路制御部3 1 1から受けた通知のVPN番号とし、ユーザレイヤ2ヘッダ2 1 1の宛先ユーザMACアドレス

10

20

30

40

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ーフェースに出力し(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ーフェース番号が「-」である場合には、VPN接続制御部312は、S1704において、インターフェース種別404がMAC-in-MACである全てのインター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ーフェース番号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ーフェースのうちどのインター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ーフェースに対して、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ARPリプライパケットをいずれか1つのインター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ARPリプラ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ARPリプラ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ARPリプラ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ARPリプライパケットの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ARPリプラ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ARPリプラ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ARPリプラ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を登録する(S1803)。登録する内容は、VPN番号701は受信したARPリプライパケットの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ARPリプラ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、出力インターフェース番号703はARPリプライパケットを受信したインター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。なお、プレフィックス長が最大長であるとは、IPアドレスの長さと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ARPリプラ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ARP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VLAN Tag 226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。

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を登録する(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、出力インターフェース番号703はARPリクエストパケットを受信したインター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VLAN Tag 226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VLAN Tag 226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リクエストに応答する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リクエストに応答する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。

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ー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】

図21は、VPN接続制御部312が経路制御部311から経路を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から経路を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)。

10

20

30

40

50

V P N接続制御部312は、通知を受けた経路の情報と、S2103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(S2102)。登録する内容は、V P N番号701、I Pアドレス/プレフィックス長702、出力インターフェース番号703、ネクストホップ情報704はそれぞれ通知を受けた経路の内容であり、付加情報705はS2103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312は処理を終了する(S2103)。

【0071】

(4) I P V P NとL2V P N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M A C - i n - M A Cネットワーク101に接続したI P V P Nネットワーク102と、レイヤ2によってM A C - i n - M A Cネットワーク101に接続したL2V P N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、I P V P Nネットワーク102内の端末がL2V P N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17、図18を用いて説明したV P N接続制御部312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324に付加情報705を含むエントリを登録し、また、主に図11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、フォワーディングテーブル324の付加情報705などを用いてM A C - i n - M A Cヘッダ210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101のP E 2(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、I P V P Nネットワーク102からL2V P Nネットワーク103にパケットが到達できる。

また、L2V P Nネットワーク103内の端末がI P V P N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19、図20を用いて説明したV P N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、L2V P N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P E 1(ネットワーク装置111)を指定することが可能となり、L2V P Nネットワーク103からI P V P Nネットワーク102にパケットが到達できる。

さらに、主に図16、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、P E 1(ネットワーク装置111)とL2V P N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、L2V P N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。

【0072】

A 4. 第1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。

【0073】

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の実施の形態との同様の部分が多いいため、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。

10

20

30

40

50

【0074】

B1. 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。

【0075】

図22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MPLSネットワーク2204である点が異なる。MPLSネットワーク2204がIPVPNネットワーク102とL2VPNネットワーク103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111(PE1)、ネットワーク装置112(PE2)はMPLSが動作するネットワーク装置であり、それぞれIPVPNネットワーク102とL2VPNネットワーク103を接続している。
10

各装置の役割やIPアドレス、MACアドレスなどについては同様のため省略する。

【0076】

図23は、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である。

MPLSネットワーク内のパケット2300は、MPLSヘッダ2310を持ち、MPLS情報2321を格納する。MPLS情報にはMPLS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MPLS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200と同様である。
20

MPLS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201と同様である。

本実施の形態は以後、主にPE1であるネットワーク装置111の動作について説明する。PE1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IPv4を用いるが、レイヤ3のプロトコルとしてIPv6などを用いることもできる。

【0077】

30

図24は、PE1であるネットワーク装置111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320内にMPLS情報テーブル2426を格納している点が異なる。MPLS情報テーブル2426の詳細については後述する。

また、経路制御部311は、第1の実施の形態に示した役割に加えてMPLSの処理も行い、MPLS情報テーブル2426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。

【0078】

図25は、図24に示すインターフェース情報テーブル321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、インターフェース種別404のとり得る値があり、「IPVPN」、「MPLS」の2つの値のいずれかである点が異なる。
40

図25の例では、第2エントリにおいて、インターフェース302(IF2)が、MPLS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L2VPN情報テーブル322と経路制御情報テーブル323については第1の実施の形態と同様のため省略する。

【0079】

図26は、図24に示すフォワーディングテーブル324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705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 MPLS 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、MPLS 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、出力インターフェース番号 603 のインターフェースに関するインターフェース情報テーブル 321 のエントリのインターフェース種別 404 の値が IVPN 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。MPLS 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ーフェース番号 703 に関するインターフェース種別 404 が MPLS 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 MPLS 情報テーブル 2426 の説明図である。MPLS 情報テーブル 2426 は、経路制御部 311 が MPLS プロトコルによる処理結果を格納するテーブルである。MPLS 情報テーブル 2426 では、VPN 番号 2701、VLAN 番号 2702 に対して、出力ラベル番号 2703、入力ラベル番号 2704、インターフェース番号 2705 が対応付けられている。VPN 番号 2701 はそのエントリを用いる VPN 番号を示し、VLAN 番号 2702 はラベルを割り当てる VLAN 番号、出力ラベル番号 2703 と入力ラベル番号 2704 は MPLS プロトコルによって割り当てられたラベル番号、インターフェース番号 2705 は出力ラベル番号 2703 と入力ラベル番号 2704 を用いるインターフェース番号、を格納する。

20

MPLS 情報テーブル 2426 は、経路制御部 311 が MPLS ネットワーク 2204 で MPLS プロトコルによって VPN と VLAN 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、MPLS プロトコルにおける VC (Virtual Circuit) 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、VPN 番号 2701 が 100、VLAN 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、インターフェース番号 2705 が IF2 である。すなわち、VPN 番号 100 である L2VPN ネットワーク 102 の VLAN 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。インターフェース番号 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ーフェース IF2 を介して行うことを示している。なお、VPN 番号と VLAN 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ー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ー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) IVPN から L2VPN への流れ

まず、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、IPVPN ネットワーク 102 内の端末 1 が L2VPN 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 PB11 を送信すると、パケット PB11 は CE1 を経由して PE1

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。
10

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。
20

インター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。
30

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 のインターフェース 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。
40

【 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 に示すインター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ーフェース 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
50

うとする（B32、B33）。第3エントリが該当するが、出力インターフェース番号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、出力インターフェース番号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番号と出力インター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、出力インターフェース番号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番号とインター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）とインターフェース番号（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ーフェース（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ー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に示すインター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ーフェース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、インターフェース種別がMPLSのインターフェースから受信した場合の処理を行うと判定する。

10

20

30

40

50

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ーフェースの決定と、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ーフェース（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じ端末 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）、出力インターフェース番号 7 0 3 はパケット P A 1 3 を受信したインターフェースである 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ーフェース番号 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。インターフェース情報テーブル 3 2 1 から I F 2 のインターフェース種別は 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

10

20

30

40

50

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、ここまでに得た情報を用いて、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の出力インターフェース番号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ーフェースである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】

30

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に關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ARPリクエストパケットPB72を送信し、CE1に到達する。

40

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

PE1は、ARPリプライパケット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58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。

インター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50のパケットPB11をPE1が受信する前に図25、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324の、PE1が図50のパケットPB11を受信する前の初期状態は、図51に示したものと同じである。

10

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。

MPLS情報テーブル2426の初期状態は、図27の状態であるものとする。これは経路制御部311がMPLS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PB71を送信すると、パケットPB71はPE2を経由してPE1のインターフェース302(IF2)に到達する。なお、PE1に到達するパケットPB71は図23に示すパケットフォーマット2300のフォーマットである。

20

【0092】

PE1がパケットPB71を受信してから、ARPリクエストパケットPB72を送信するまでの手順について図59、図60を用いて説明する。

PE1は、パケットPB71の転送先を求めるための最初の手順として、図25に示すインター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ーフェースIF2に該当するエントリを検索(B81)し、第2エントリが該当する。第2エントリのインターフェース種別404はMPLS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の情報を基に取得する。VPN番号は、受信したパケットのMPLS情報2321に格納されているラベル番号(ラベル2)(B82)と、パケットを受信したインターフェース(IF2)(B43)の情報からMPLS情報テーブル2426を検索し、第1エントリが該当し、VPN番号2701のVPN番号(100)を得る(B84)。宛先IPアドレスはIPパケット212に含まれる宛先IPアドレス(11.0.0.11)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。

30

次に、PE1は、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(B86、B87)。第2エントリが該当し、パケットの転送先は出力インターフェース番号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ーフェース番号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。インターフェース情報テーブル321からIF1のインターフェース種別は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。

40

PE1は、続いて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325をVPN番号(100)とCE1のIPアドレス(10.0.0.10)にて検索(B88、B89)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PB71は一時的に保存し、ARPリクエストパケットPB72送信の処理を行う。

PE1は、図58に示すARPリクエストパケットPB72の作成にVLAN番号を得る必要があり、インター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(B8A)、第1エントリが該当し、VLAN番号403からVLAN番号(10)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 MAC 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 MAC アドレス 2 2 5 を P E 1 の MAC アドレスとし、ユーザ V L A N T a g 2 2 6 をインター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、転送先のインターフェースである 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 に示すインター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ーフェース 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、インターフェース種別が I P V P N のインター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 MAC 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ー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) 、MAC 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 MAC アドレス (1 0 1 0 . 1 0 1 0 . 1 0 1 0) である (B 9 5) 。

【 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。

30

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る。第2エントリが該当し、パケットの転送先は出力インターフェース番号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ーフェース番号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。インターフェース情報テーブル321からIF1のインターフェース種別はIPVPNになっているため、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、ここまでに得た情報を用いて、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の出力インターフェース番号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ーフェースである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においてインターフェース種別が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ー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とインターフェース番号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ーフェース番号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においてインターフェース種別が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VLAN Tag 226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ーフェース番号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。

10

20

30

40

50

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ーフェース番号が「-」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ーフェース番号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においてインターフェース種別がMPLSである場合かS3102においてインターフェース番号が「-」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ARPリプラ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においてインターフェース種別が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ARPリプラ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ARP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においてインターフェース種別が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ARP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においてインターフェース種別が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ー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とインターフェース番号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

L2VPN情報テーブル322に登録されているエントリのうち、VPN番号501と上記のVPN番号601に登録したVPN番号とが一致し、VLAN番号502とユーザレイヤ2ヘッダ221のユーザVLAN Tag 226のVLAN番号とが一致するエントリのIPアドレス/プレフィックス長503のIPアドレスを用いる。

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。

【0103】

(3) VPN接続制御部312

図35は、VPN接続制御部312が経路制御部311からARP解決の要求を受けた時の、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17に示す手順とは、S1703、S1704をS3503、S10
3504, S3505に置き換えている。

VPN接続制御部312は、S1702の処理の後、S1702で検索したエントリのVPN番号501の値と、VLAN番号502の値と、MPLS情報テーブル2426のVLAN番号2702の値が一致し、かつ経路制御部311から通知されたインターフェース番号とインターフェース番号2705が一致するMPLS情報テーブル2426の全てのエントリから、出力ラベル番号2703とインターフェース番号2705を取得する(S3503)。ただし、経路制御部311から通知されたインターフェース番号が「-」である場合には、VPN接続制御部312は、VPN番号とVLAN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2703とインターフェース番号2705を取得する。これにより取得したラベル番号とインター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311から通知されたインターフェース番号が「-」である場合とは、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ーフェース番号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MPLSネットワークに接続するインターフェースのうちどのインター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、MPLS情報テーブル2426に基づいて可能性のある全てのインター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ARPリプライパケットをいずれか1つのインターフェースから受信することとなる。

VPN接続制御部312は、S3503で取得したラベル番号を用いて、MPLS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(S3504)。作成するパケットの数はS3503で取得したラベルとインターフェース番号の組み合わせの数である。すなわち、S3503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のラベル情報は、S3503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211の宛先ユーザMACアドレス224をブロードキャストアドレスとし、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VLAN Tag 226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、S3504で作成したパケットを、S3503で取得した組み合わせに従いそれぞれS3503で取得したインターフェースに出力し(S3505)、VPN接続制御部312は処理を終了(S1705)する。

S1701、S1702、S1705は第1の実施の形態の図17と同様のため説明は省略する。

【0104】

図36は、VPN接続制御部312が経路制御部311からARPリプライパケットを

10

20

30

40

50

受けた時の、V P N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、V P N接続制御部312は、通知されたA R Pリプライバ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、V P N番号801には、受信したパケットのM P L S情報2321のラベル情報に基づいて取得するV P N番号を登録する。そのV P N番号は、受信したパケットのM P L S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ーフェース番号を用いて、M P L S情報テーブル2426の入力ラベル番号2704とインターフェース番号2705が一致するエントリを検索し、該当するエントリからV P N番号を取得する。V L A N番号802、I Pアドレス803、M A C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

V P N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を登録する(S3603)。登録する内容は、付加情報705に登録するラベル番号をM P L S情報テーブル2426から求める。M P L S情報テーブル2426から、S3602で用いたV P N番号と受信したA R Pリプライバケットのラベル番号とパケットを受信したインターフェース番号がM P L S情報テーブル2426のV P N番号2701と入力ラベル番号2704とインターフェース番号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。V P N番号701にはS3602で用いたV P N番号を登録する。その他のフィールドは図20で説明した内容と同様である。
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、V P N接続制御部312が経路制御部311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。

V P N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を登録する(S3703)。登録する内容は、付加情報705に登録するラベル番号をM P L S情報テーブル2426から求める。M P L S情報テーブル2426から、経路制御部311から通知を受けたV P N番号と受信したA R P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ーフェース番号がM P L S情報テーブル2426のV P N番号2701と入力ラベル番号2704とインターフェース番号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

V P N接続制御部312は、S3703に続き、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(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。M P L S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20で説明した内容と同様である。
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V P N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) I P V P NとL2V P N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M P L Sネットワーク2204に接続したI P V P Nネットワーク102と、レイヤ2によってM P
50

L S ネットワーク 2 2 0 4 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 3 5 、図 3 6 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 P L S 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 3 0 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 P L S ヘッダ 2 3 1 0 を含むパケットを作成し転送することで、 M P L S 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。 10

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 3 7 、図 3 8 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 3 4 、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。 20

【 0 1 0 7 】

B 4 . 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 M P L S 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

【 0 1 0 8 】

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 1 1 の S 1 1 0 4 、図 1 2 の S 1 2 0 4 、図 2 9 の S 2 9 0 1 の説明に記載したように、 パケットを転送する際に I P ヘッダを T T L 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。 P E 1 がこの動作をすることで、 P E 2 はレイヤ 2 中継を行うパケットを全て P E 1 に転送し、 P E 1 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、 P E 2 が全てのパケットを P E 1 に転送するのみでネットワークを構築することができ、 P E 2 が M A C 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 】

【 0 1 0 9 】

以上では、 M A C - i n - M A C ネットワーク 1 0 1 、 I P V P N ネットワーク 1 0 2 、 L 2 V P N ネットワーク 1 0 3 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。

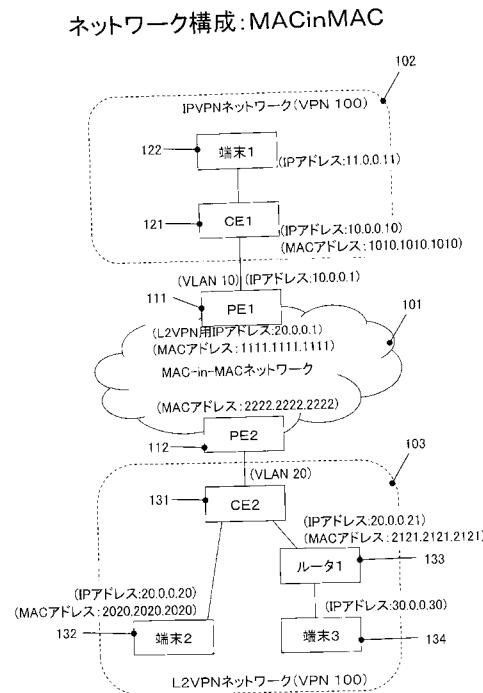
【符号の説明】

【0110】

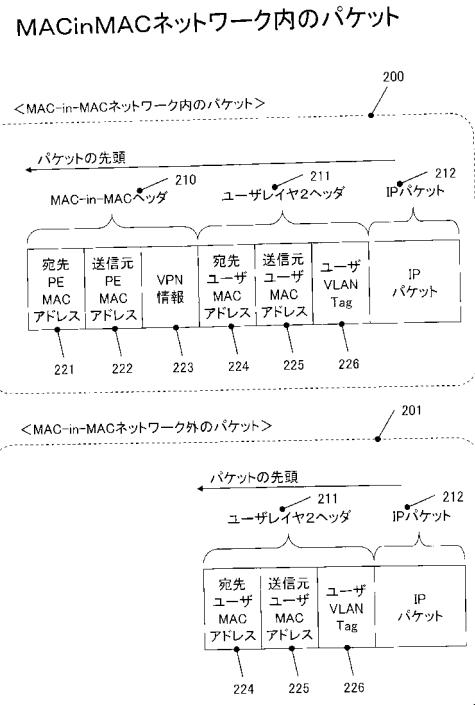
| | | |
|-----|---------------------------------------|----|
| 101 | MAC - in - MAC ネットワーク | |
| 102 | IPVPN ネットワーク | |
| 103 | L2VPN ネットワーク | |
| 111 | ネットワーク装置 (PE1) | |
| 112 | ネットワーク装置 (PE2) | |
| 121 | ネットワーク装置 (CE1) | 10 |
| 122 | ネットワーク装置 (端末1) | |
| 131 | ネットワーク装置 (CE2) | |
| 132 | ネットワーク装置 (端末2) | |
| 133 | ネットワーク装置 (ルータ1) | |
| 134 | ネットワーク装置 (端末3) | |
| 200 | MAC - in - MAC ネットワーク内のパケットフォーマット | |
| 201 | MAC - in - MAC ネットワーク外のパケットフォーマット | |
| 210 | MAC - in - MAC ヘッダ | |
| 211 | ユーザレイヤ2 ヘッダ | |
| 212 | IP パケット | 20 |
| 221 | MAC - in - MAC ヘッダ内の宛先PE MAC アドレス | |
| 222 | MAC - in - MAC ヘッダ内の送信元PE MAC アドレス | |
| 223 | MAC - in - MAC ヘッダ内のVPN 情報 | |
| 224 | ユーザレイヤ2 ヘッダ内の宛先ユーザMAC アドレス | |
| 225 | ユーザレイヤ2 ヘッダ内の送信元ユーザMAC アドレス | |
| 226 | ユーザレイヤ2 ヘッダ内のユーザVLAN Tag | |
| 301 | インターフェース | |
| 302 | インターフェース | |
| 311 | 経路制御部 | |
| 312 | VPN 接続制御部 | 30 |
| 313 | パケット転送処理部 | |
| 320 | メモリ | |
| 321 | インターフェース情報テーブル | |
| 322 | L2VPN 情報テーブル | |
| 323 | 経路制御情報テーブル | |
| 324 | フォワーディングテーブル | |
| 325 | 端末情報テーブル | |
| 401 | インターフェース情報テーブル321 のインターフェース番号 | |
| 402 | インターフェース情報テーブル321 のVPN 番号 | |
| 403 | インターフェース情報テーブル321 のVLAN 番号 | 40 |
| 404 | インターフェース情報テーブル321 のインターフェース種別 | |
| 405 | インターフェース情報テーブル321 のIP アドレス / プレフィックス長 | |
| 501 | L2VPN 情報テーブル322 のVPN 番号 | |
| 502 | L2VPN 情報テーブル322 のVLAN 番号 | |
| 503 | L2VPN 情報テーブル322 のIP アドレス / プレフィックス長 | |
| 601 | 経路制御情報テーブル323 のVPN 番号 | |
| 602 | 経路制御情報テーブル323 のIP アドレス / プレフィックス長 | |
| 603 | 経路制御情報テーブル323 の出力インターフェース番号 | |
| 604 | 経路制御情報テーブル323 のネクストホップ情報 | |
| 701 | フォワーディングテーブル324 のVPN 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の出力インターフェース番号 | |
| 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 | 10 |
| 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の入力ラベル番号 | |

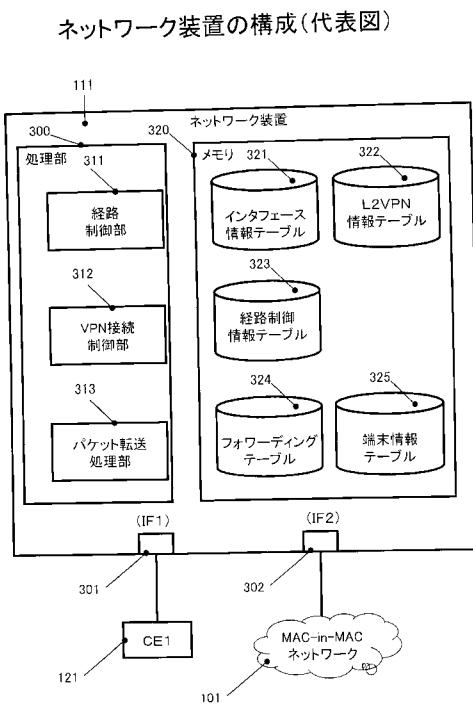
【図1】



【図2】



【図3】



【図4】

インターフェース情報テーブル

The table shows interface information for two entries:

| インターフェース番号 | VPN番号 | VLAN番号 | インターフェース種別 | 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 | - | - | MAC-in-MAC | - |

【図5】

L2VPN情報テーブル

The table shows L2VPN information for one entry:

| VPN番号 | VLAN番号 | 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

The table shows route control information for three entries:

| VPN番号 | IPアドレス/プレフィックス長 | 出力インターフェース番号 | 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】

【図8】

フォワーディングテーブル

324

| VPN番号 | IPアドレス／プレフィックス長 | 出力インターフェース番号 | 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 |

端末情報テーブル

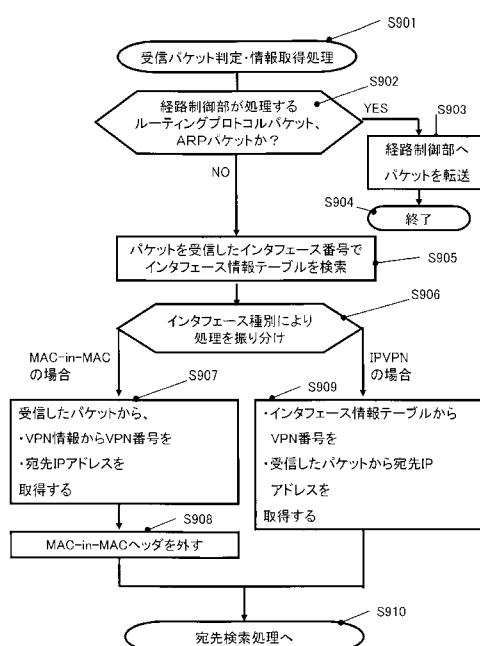
325

| 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 |

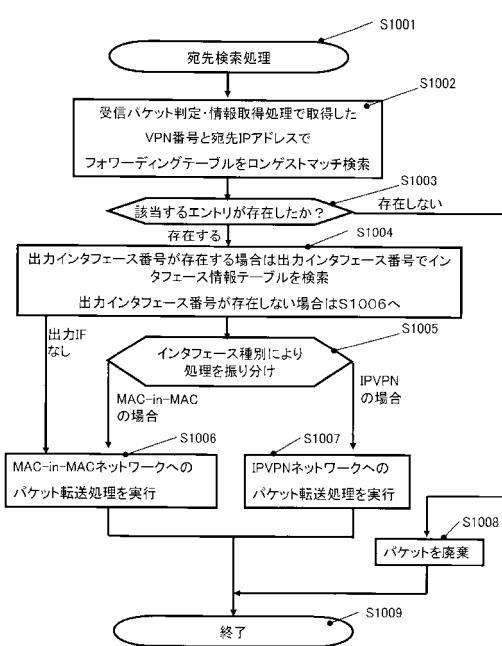
【図9】

【図10】

パケット転送処理部のフロー①

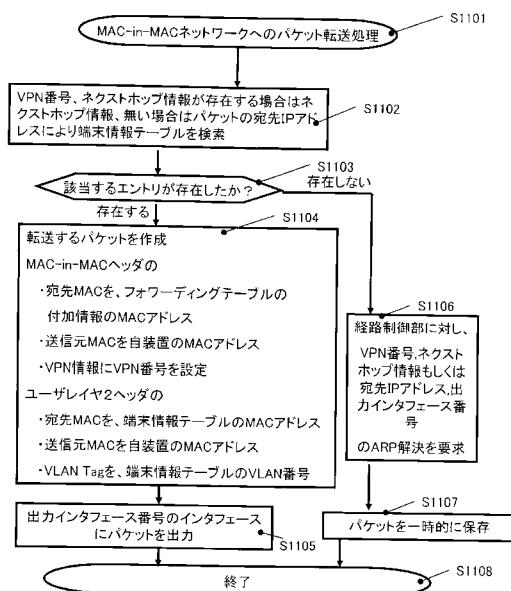


パケット転送処理部のフロー②



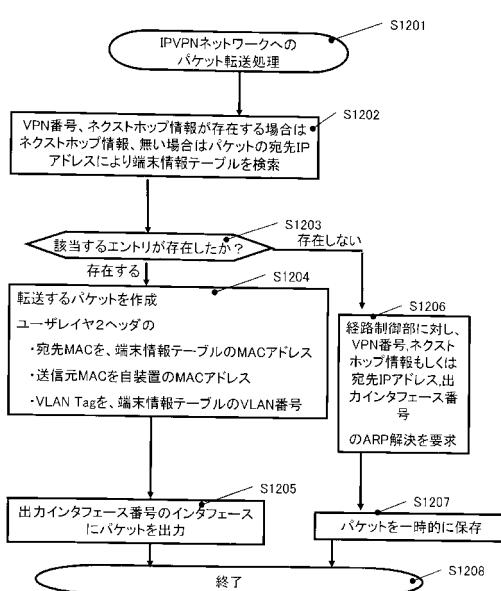
【図11】

パケット転送処理部のフロー③



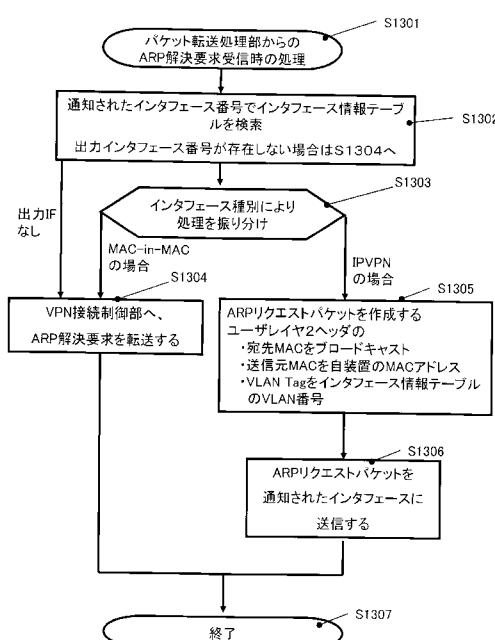
【図12】

パケット転送処理部のフロー④



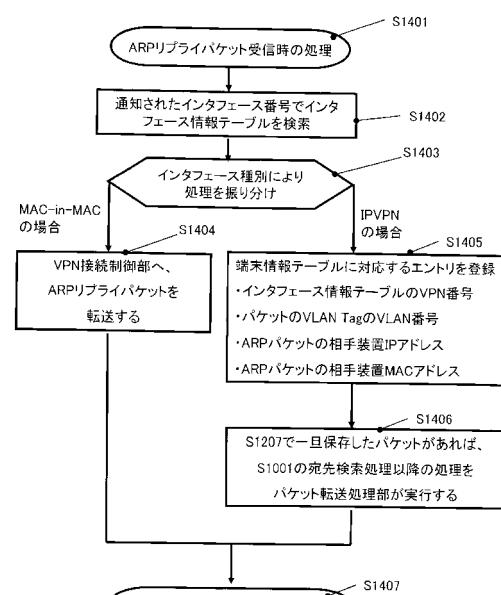
【図13】

経路制御部の処理①

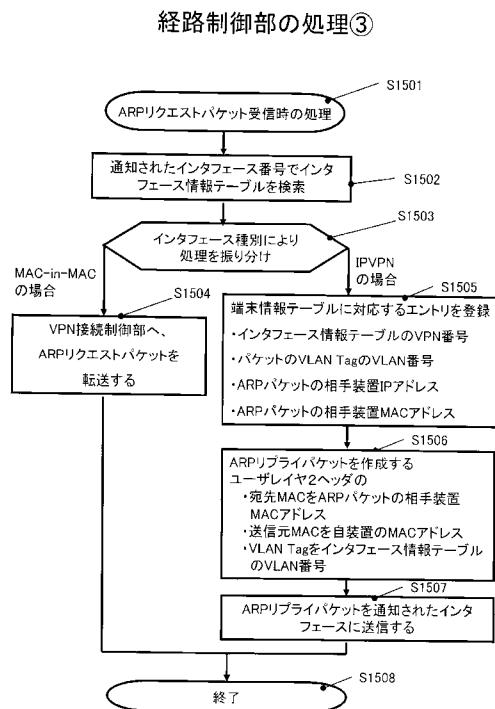


【図14】

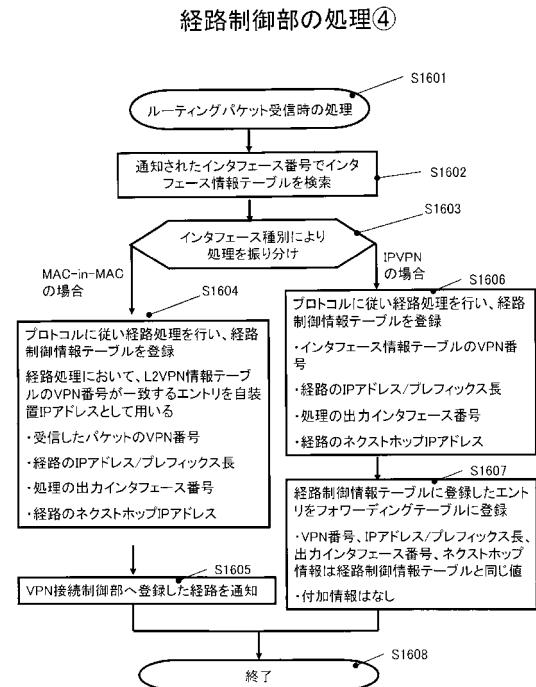
経路制御部の処理②



【図15】

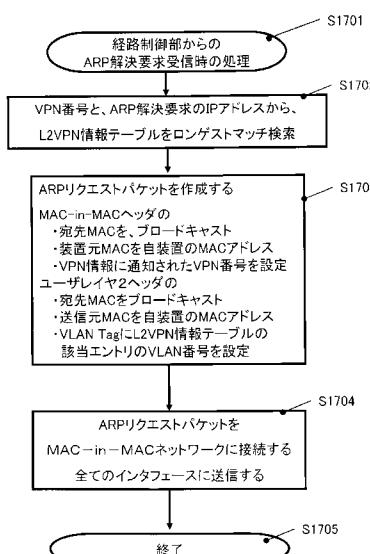


【図16】



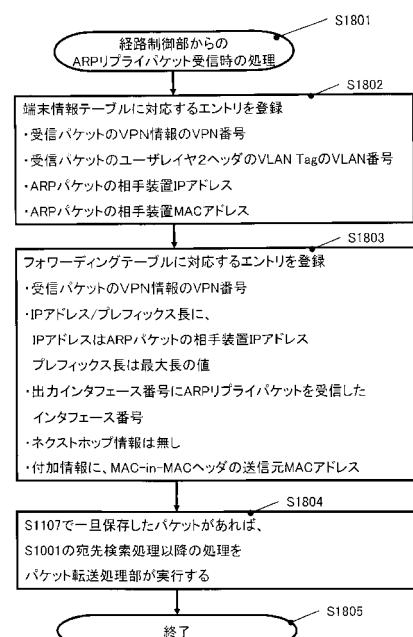
【図17】

VPN接続制御部の処理①

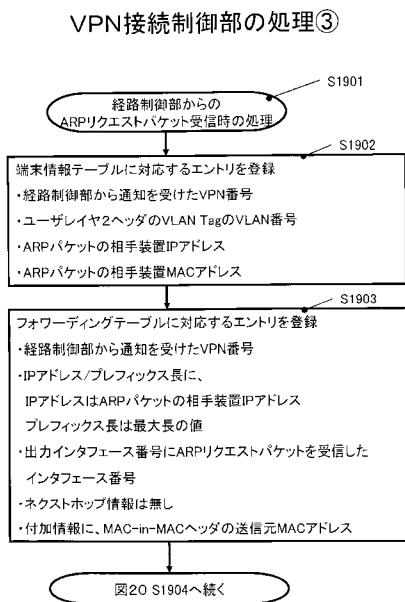


【図18】

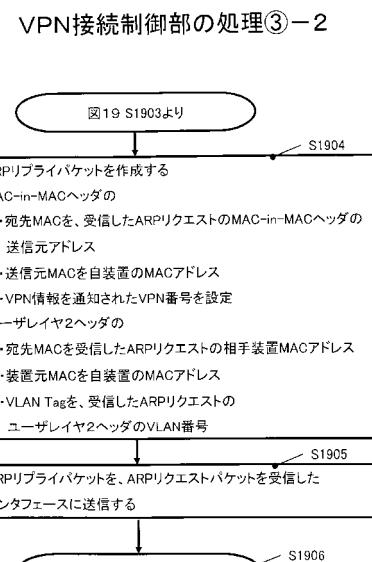
VPN接続制御部の処理②



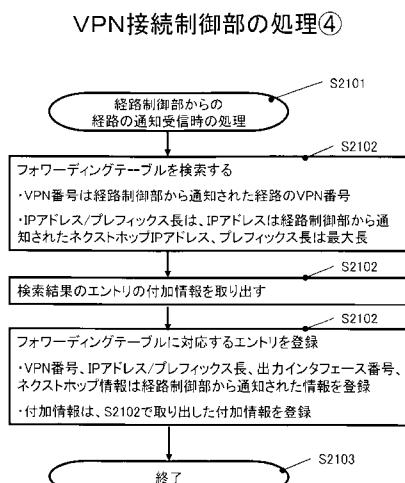
【図19】



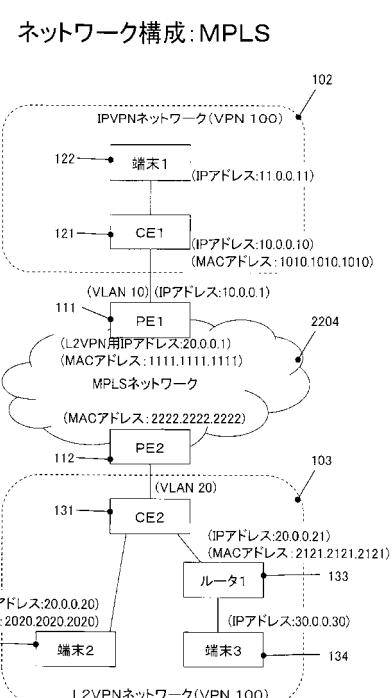
【図20】



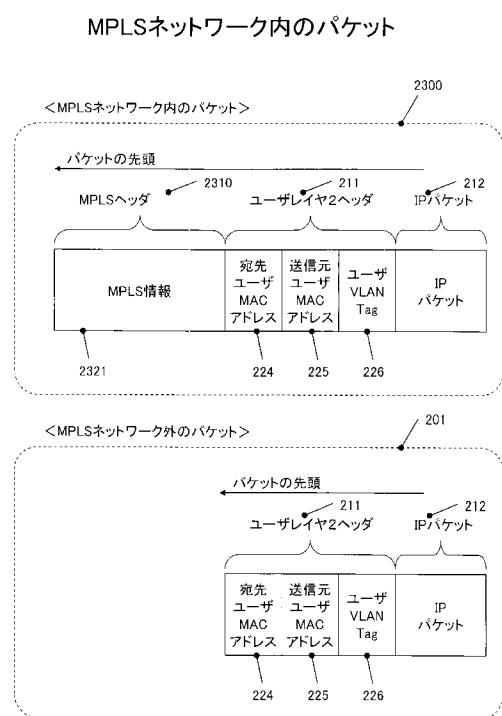
【図21】



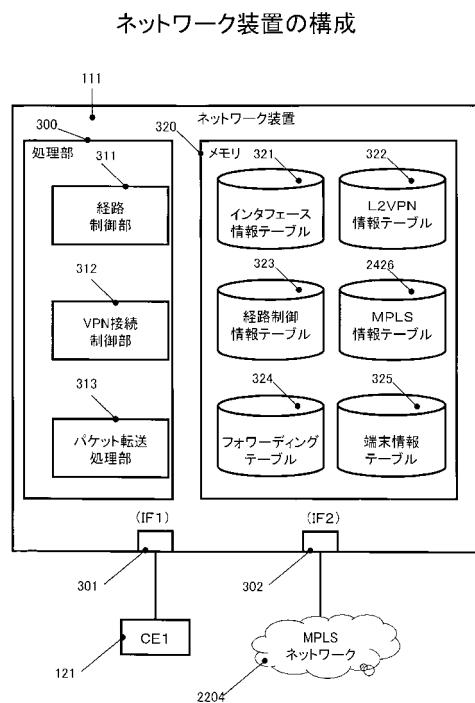
【図22】



【図23】



【図24】



【図25】

インターフェース情報テーブル

321

| | 401 | 402 | 403 | 404 | 405 |
|----------|------------|-------|--------|------------|---------------|
| (第1エントリ) | インターフェース番号 | VPN番号 | VLAN番号 | インターフェース種別 | IPアドレス/ブレイクス長 |
| IF1 | 100 | 10 | IPVPN | | 10.0.0.1/24 |

(第2エントリ)

| | | | | | |
|-----|---|---|------|---|--|
| IF2 | - | - | MPLS | - | |
|-----|---|---|------|---|--|

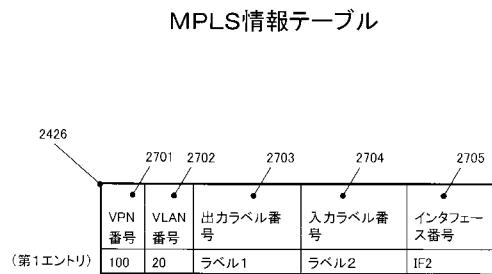
【図26】

フォワーディングテーブル

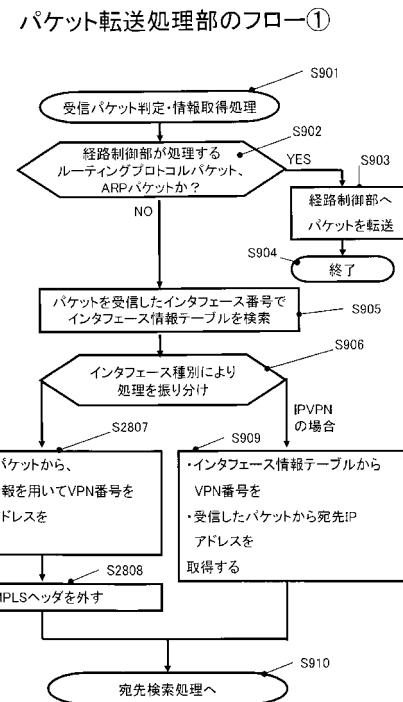
324

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

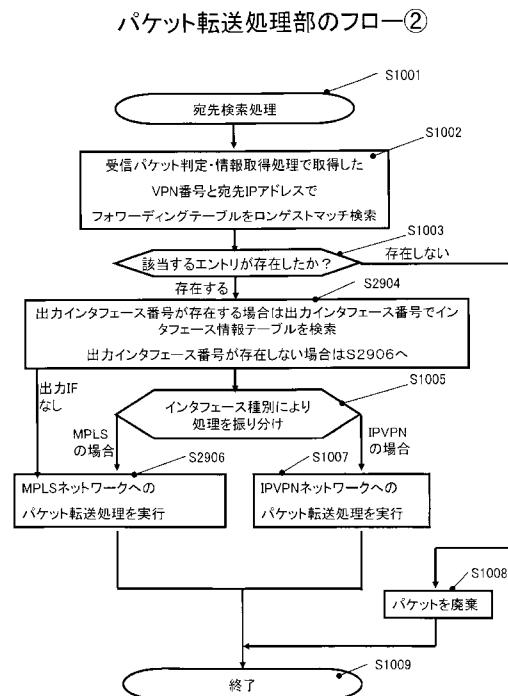
【図27】



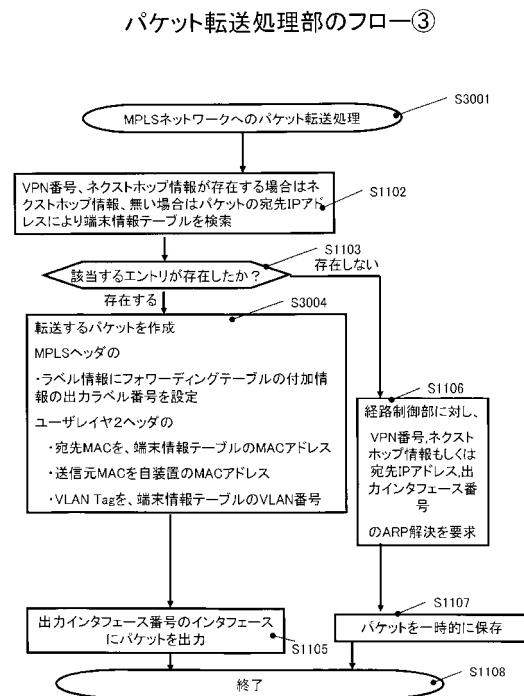
【図28】



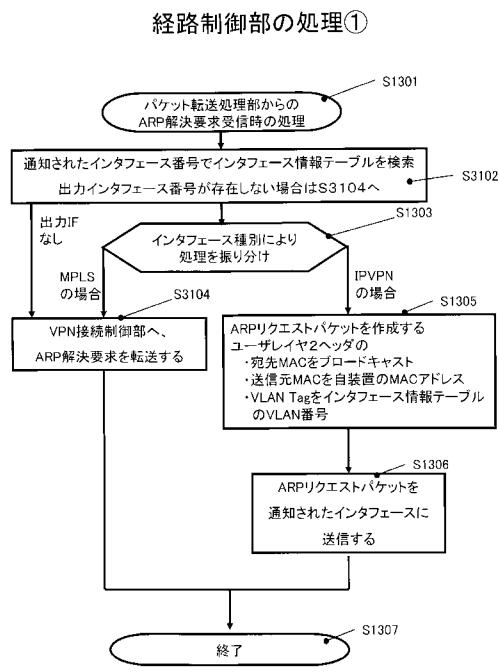
【図29】



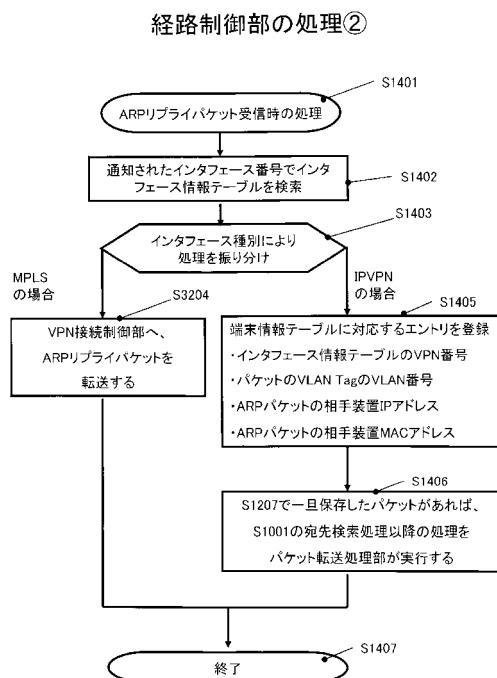
【図30】



【図31】

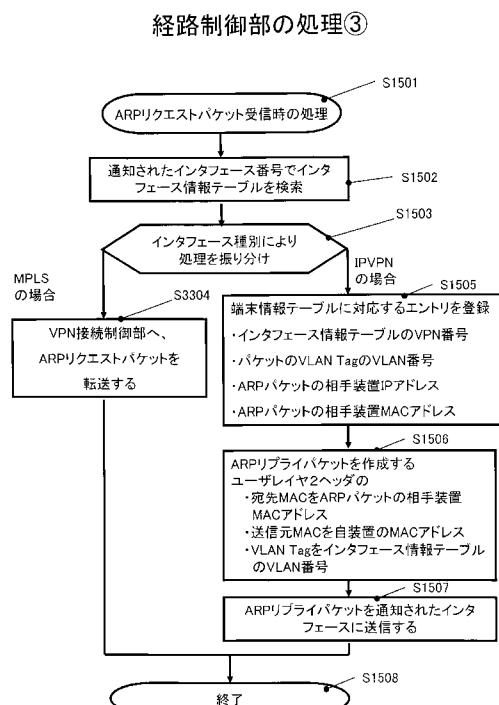


【図32】

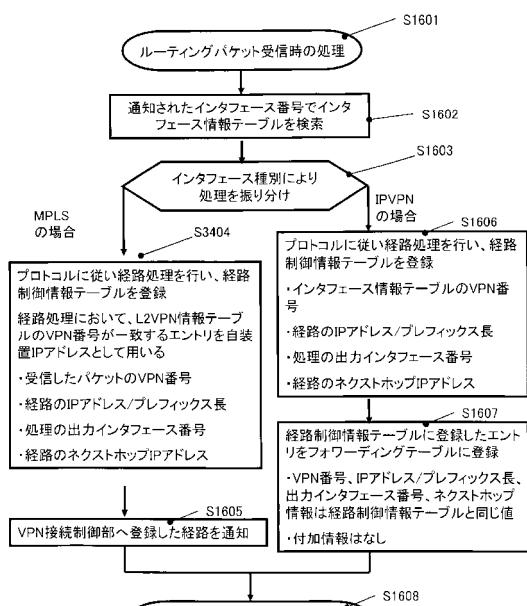


【図33】

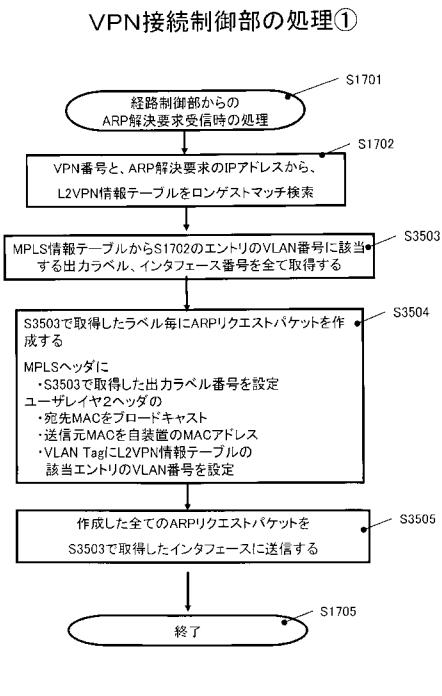
【図34】



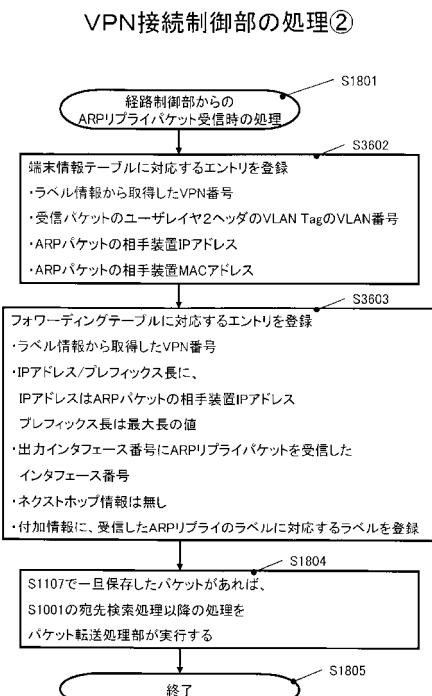
【図34】



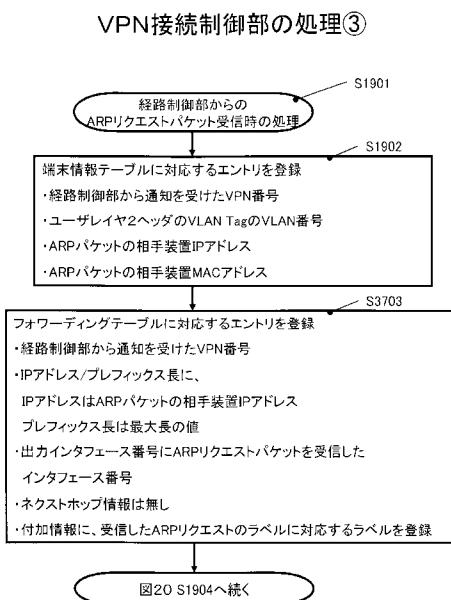
【図35】



【図36】



【図37】



【図38】

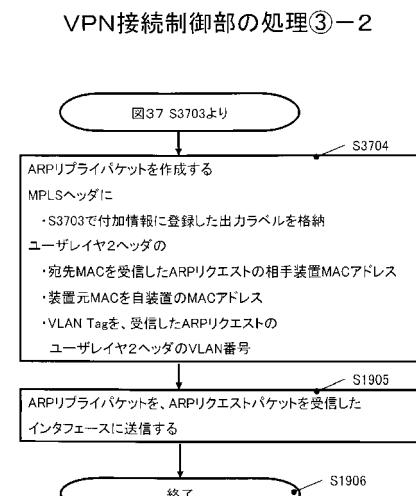
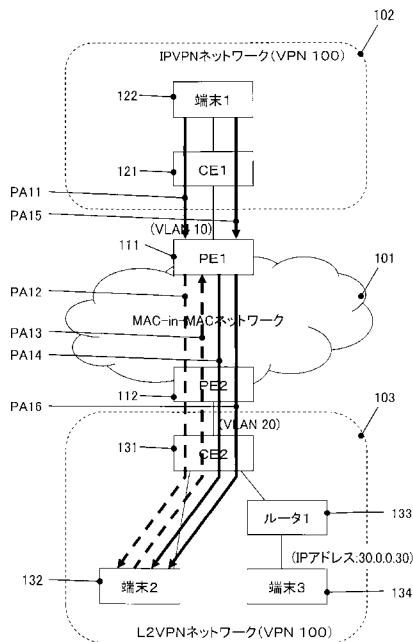


図20 S1904へ続く

【図39】

IPVPN→L2VPNのパケットの流れ



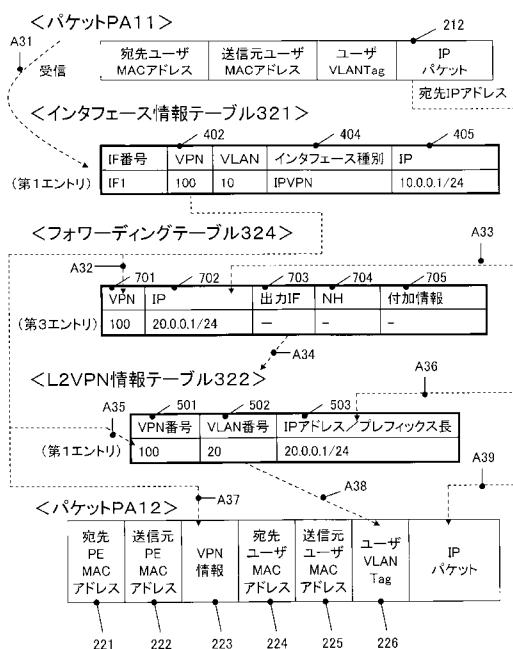
【図40】

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／ブレフィックス長 | 出力インターフェース番号 | ネクストホップ情報 | 付加情報 |
|-------|-----------------|--------------|-----------|------|
| 100 | 10.0.0.1/24 | IF1 | — | — |
| 100 | 11.0.0.0/24 | IF1 | 10.0.0.10 | — |
| 100 | 20.0.0.1/24 | — | — | — |

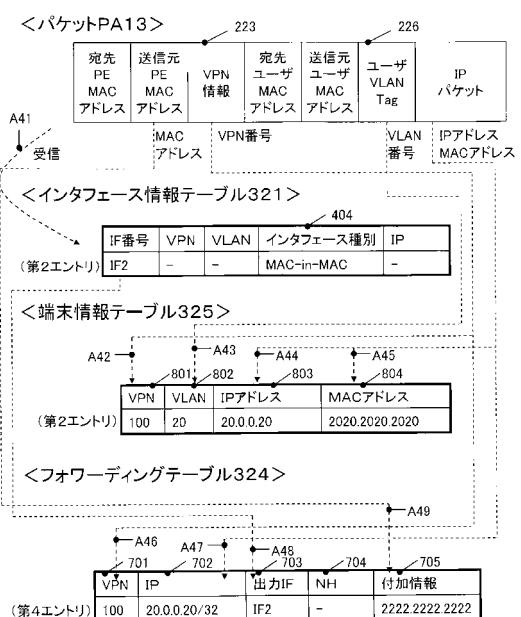
【図41】

PA11受信からPA12送信までの処理



【図42】

PA13受信によるテーブル更新



【図43】

更新後のテーブル

＜フォワーディングテーブル324＞

| VPN番号 | IPアドレス／プレフィックス長 | 出力インターフェース番号 | ネクストホップ情報 | 付加情報 |
|----------|-----------------|--------------|-----------|-----------|
| 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 | - |

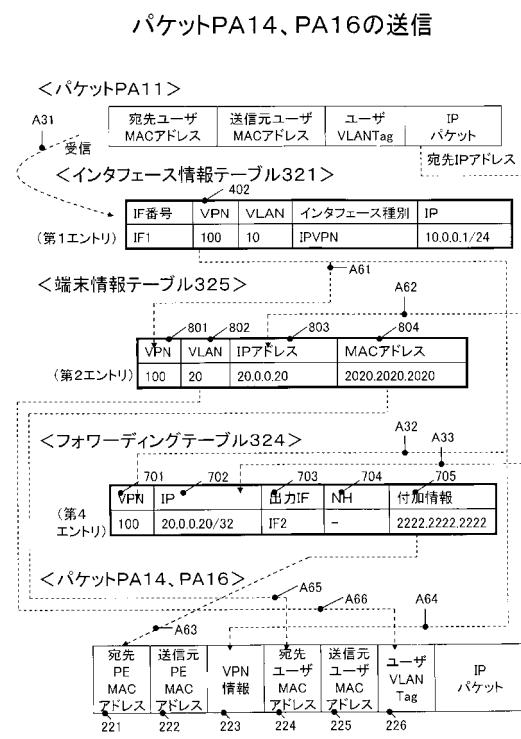
（第1エントリ）
（第2エントリ）
（第3エントリ）
（第4エントリ）

＜端末情報テーブル325＞

| VPN番号 | VLAN番号 | IPアドレス | MACアドレス |
|-------|--------|-----------|----------------|
| 100 | 20 | 20.0.0.20 | 2020.2020.2020 |

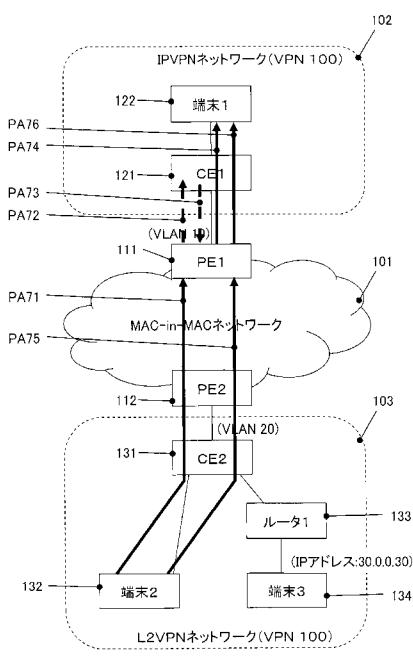
（第2エントリ）

【図44】

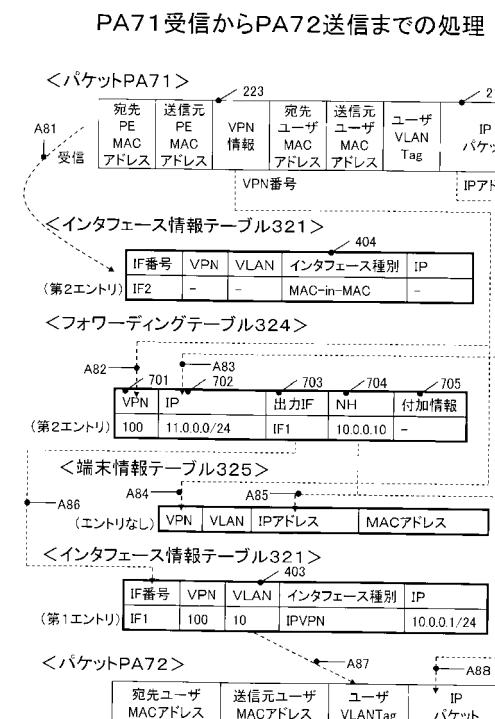


【図45】

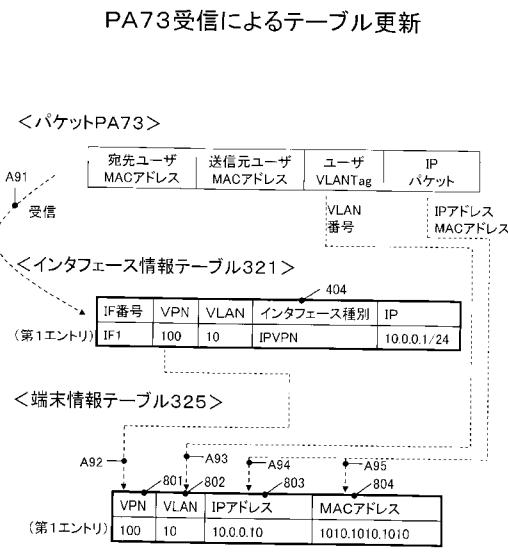
L2VPN→IPVPNのパケットの流れ



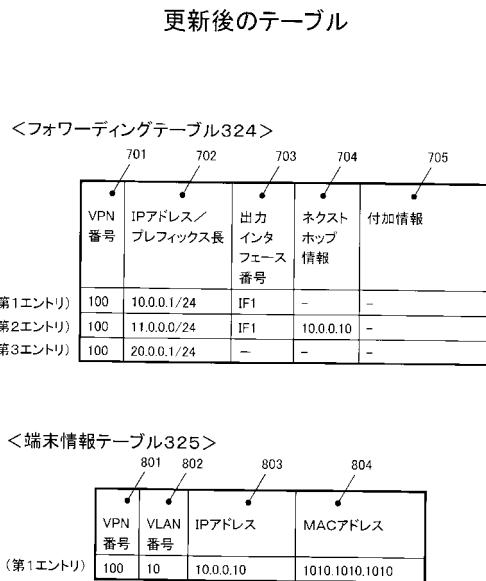
【図46】



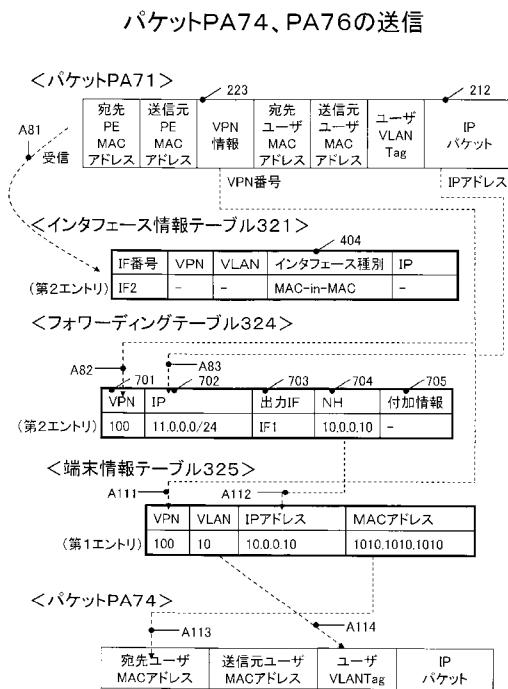
【図47】



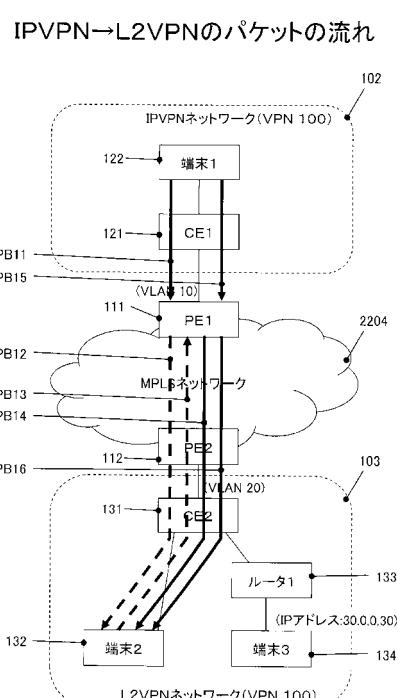
【図48】



【図49】



【図50】



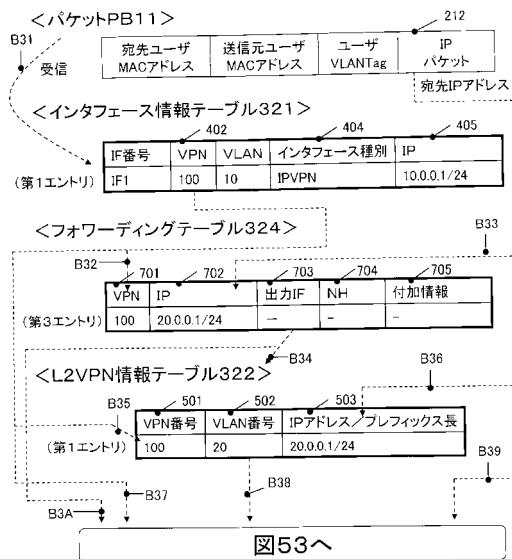
【図51】

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 | 出力インターフェース番号 | 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 | - | - | - |

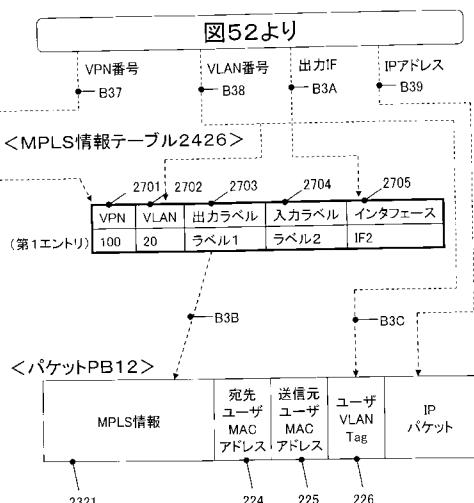
【図52】

PB11受信からPB12送信まで(1)



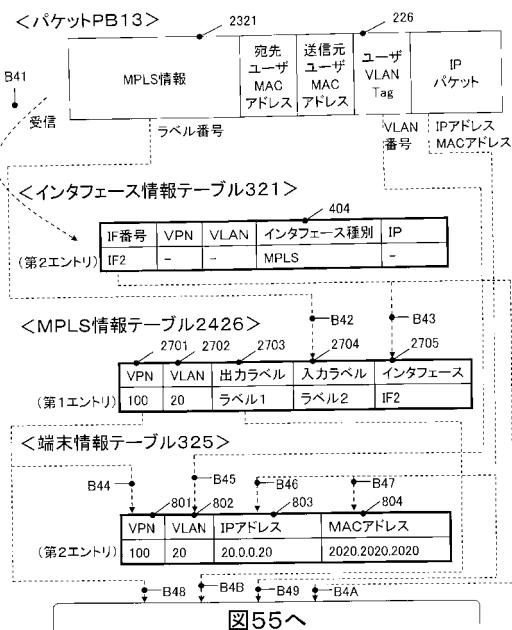
【図53】

PB11受信からPB12送信まで(2)

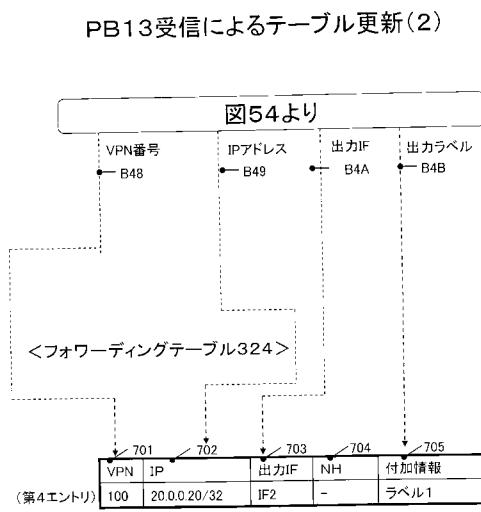


【図54】

PB13受信によるテーブル更新(1)



【図 5 5】



【図 5 6】

更新後のテーブル

〈フォワーディングテーブル324〉

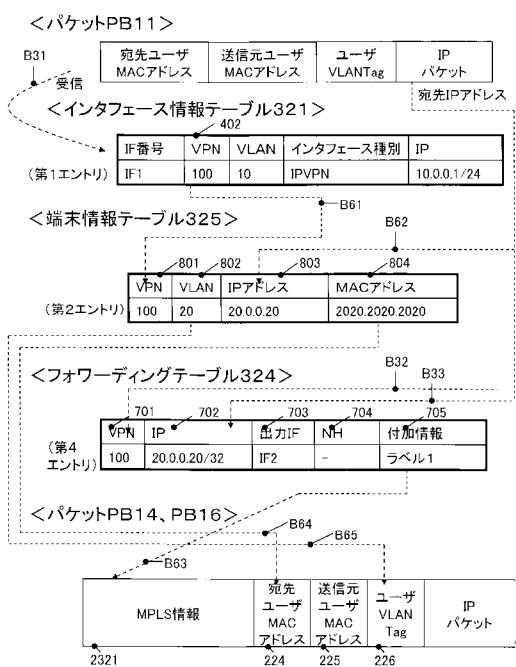
| VPN番号 | IPアドレス/フレイクスス長 | 出力インターフェース番号 | ネクストホップ情報 | 付加情報 |
|--------------|----------------|--------------|-----------|------|
| (第1エントリ) 100 | 10.0.0.1/24 | IF1 | - | - |
| (第2エントリ) 100 | 11.0.0.0/24 | IF1 | 10.0.0.10 | - |
| (第3エントリ) 100 | 20.0.0.1/24 | - | - | - |
| (第4エントリ) 100 | 20.0.0.20/32 | IF2 | - | ラベル1 |

〈端末情報テーブル325〉

| 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 |

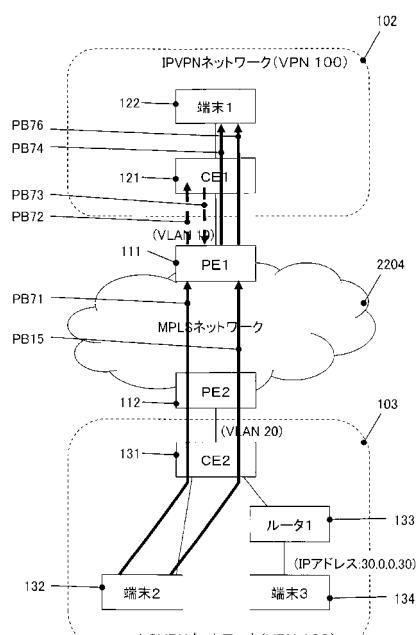
【図 5 7】

パケットPB14、PB16の送信

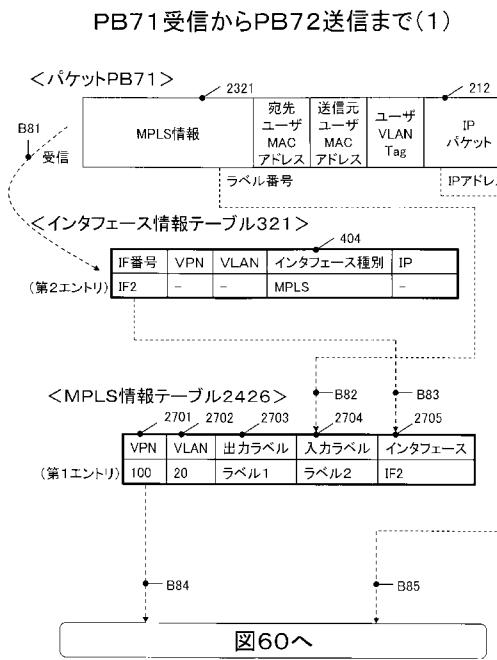


【図 5 8】

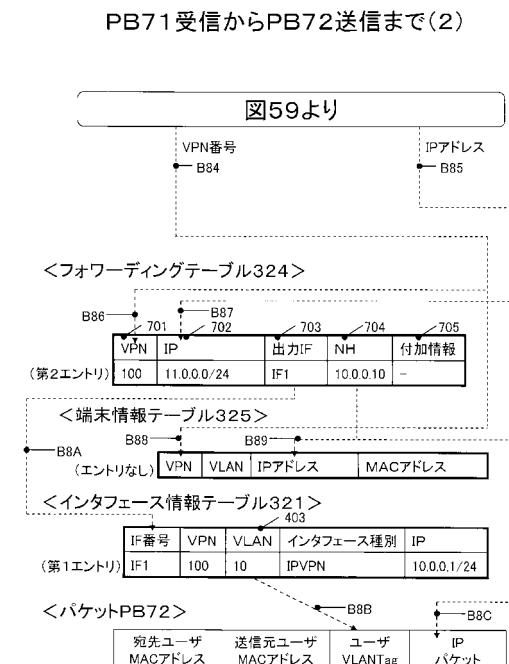
L2VPN→IPVPNのパケットの流れ



【図 5 9】

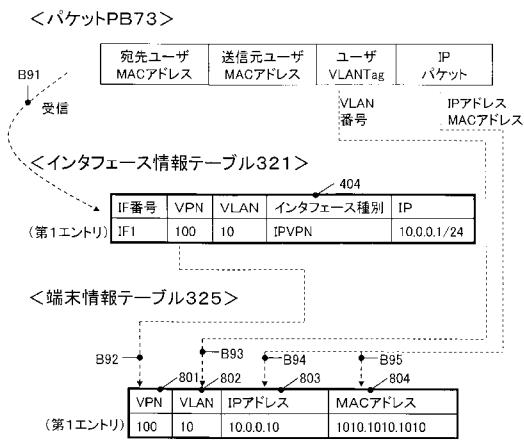


【図 6 0】



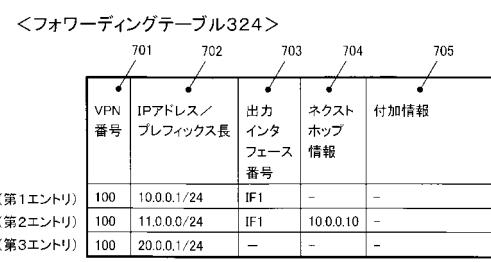
【図 6 1】

PB73受信によるテーブル更新



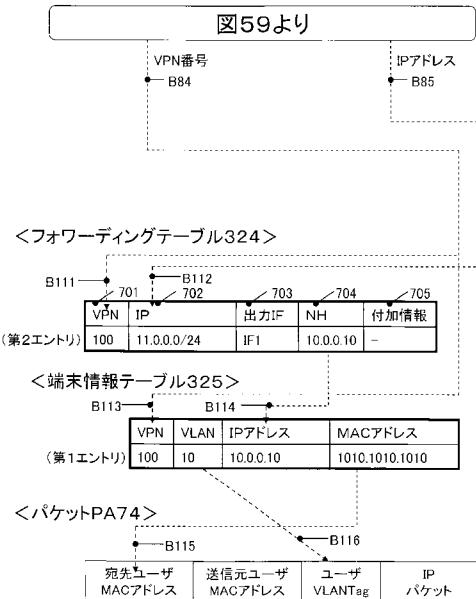
【図 6 2】

更新後のテーブル



【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