

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4192094号  
(P4192094)

(45) 発行日 平成20年12月3日(2008.12.3)

(24) 登録日 平成20年9月26日(2008.9.26)

(51) Int.Cl. F I  
H O 4 L 12/46 (2006.01) H O 4 L 12/46 I O O B

請求項の数 27 (全 31 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2003-531286 (P2003-531286)                  (86) (22) 出願日 平成14年9月24日 (2002.9.24)                  (65) 公表番号 特表2005-505158 (P2005-505158A)                  (43) 公表日 平成17年2月17日 (2005.2.17)                  (86) 国際出願番号 PCT/US2002/030596                  (87) 国際公開番号 W02003/027807                  (87) 国際公開日 平成15年4月3日 (2003.4.3)                  審査請求日 平成16年10月4日 (2004.10.4)                  (31) 優先権主張番号 60/324,847                  (32) 優先日 平成13年9月24日 (2001.9.24)                  (33) 優先権主張国 米国 (US)</p>	<p>(73) 特許権者 504084409                  ゴンダ, ルーミー, シェーヤー                  GONDA, Rumi, Sherya                  r                  アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 O                  1719 ボックスロー スティール                  レーン 106                  106 Steele Lane, Bo                  xborough, MA 01719                  (US)                  (74) 代理人 100127878                  弁理士 遠藤 淳二                  (74) 代理人 100095577                  弁理士 小西 富雅</p>
---	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 イーサネットMAC回線をサポートするための方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

イーサネット(登録商標)・ネットワークのためのイーサネット(登録商標)・メディアアクセス制御(MAC)回線機能をサポートするためのイーサネット(登録商標)MACハードウェア装置であって、

発信元MACアドレスから進入ポートへのマッピングに基づいた学習をサポートするよう構成されたMACブリッジであって、該マッピングが、要求に応じて上位層ルーティング・アプリケーション、シグナリングアプリケーション、又はそれら両方によってマッピングデータベースに格納される、MACブリッジと、

未知の発信元及び/または宛先MACアドレスのイーサネット(登録商標)フレームが受信されると、割込みを発生させるMAC副層と、

宛先MACアドレスフィールドと、発信元MACアドレスフィールドと、フレーム転送先ポートフィールドとを少なくとも備えた複数のアドレステーブル(AT)項目とを備え、

前記宛先MACアドレスフィールド又は前記宛先MACアドレスフィールド及び前記発信元MACアドレスフィールドの一方を用いて、イーサネット(登録商標)フレーム宛先MACアドレス及びイーサネット(登録商標)フレーム発信元MACアドレスの少なくとも1つをルックアップし、前記イーサネット(登録商標)フレームを、前記複数のAT項目の何れかにあるポートに転送する、イーサネット(登録商標)MACハードウェア装置。

10

20

## 【請求項2】

前記MAC副層が、LAN及びWANモードの少なくとも一方で構成可能なハードウェアインターフェース及びソフトウェアインターフェースを提供して、割込みをマスクし、発生させ、且つ処理し、AT項目を追加且つ削除する、請求項1に記載のイーサネット(登録商標)MACハードウェア。

## 【請求項3】

発信元ステーションと、宛先ステーションと、少なくとも2つのポートを備えた少なくとも1つのノードとを具備した、イーサネット(登録商標)MACブリッジ装置のイーサネット(登録商標)プロトコル・ネットワークにおける、イーサネット(登録商標)MAC回線をセットアップする方法であって、

フレームを、前記発信元ステーション又は前記宛先ステーションから伝送する段階と、前記フレームを、前記少なくとも1つのノードの少なくとも1つのポートで受信する段階と、

前記少なくとも1つのポートで受信した前記フレームに関連した、発信元MACアドレスからポートへのマッピングを学習する段階と、

前記発信元ステーションから前記宛先ステーションへのパスを発見するために、前記フレームの宛先MACアドレス及び発信元MACアドレスを用いる段階と、

前記パスを用いて、前記発信元ステーションと前記宛先ステーションとの間に回線をセットアップする段階と、

複数のイーサネット(登録商標)フレームを前記回線に沿って転送する段階とを含む、回線をセットアップする方法。

## 【請求項4】

前記学習する段階が、

前記発信元MACアドレスからポートへのマッピングを備えた前記フレームを、MAC層において割込みを発生させる進入ポートで受信する段階と、

前記割込みを処理し、上位層ルーティング・アプリケーションへの要求を待ち行列に入れる段階と、

前記上位層ルーティング・アプリケーションが、前記発信元MACアドレスからポートへのマッピングを、マッピングデータベース内に格納する段階とを含む、請求項3に記載の方法。

## 【請求項5】

前記学習する段階が、前記発信元MACアドレスからポートへのマッピングを、マッピングデータベースに格納する段階を含む、請求項3に記載の方法。

## 【請求項6】

前記格納する段階が、前記発信元MACアドレスからポートへのマッピングを、集中型データベースに入れる段階を含む、請求項5に記載の方法。

## 【請求項7】

前記格納する段階が、前記発信元MACアドレスからポートへのマッピングを、分散型データベースに入れる段階を含む、請求項5に記載の方法。

## 【請求項8】

前記パスを用いて前記発信元ステーションと前記宛先ステーションとの間に回線をセットアップする前記段階が、

宛先MACアドレス及び発信元MACアドレスの少なくとも1つを備えた前記フレームを、MAC層において割込みを発生させる進入ポートで受信する段階と、

前記割込みを処理し、上位層シグナリングアプリケーションへの要求を待ち行列に入れる段階と、

前記上位層シグナリングアプリケーションが、前記発信元MACアドレス又は前記宛先MACアドレスの前記1つを用いて、上位層ルーティング・アプリケーションからパスを要求する段階と、

前記上位層シグナリングアプリケーションが、前記上位層ルーティング・アプリケーシ

10

20

30

40

50

ョンにより提供された前記パスを用いて、前記パスに沿ったアドレステーブル項目をセットアップする段階とを含む、請求項 3 に記載の方法。

【請求項 9】

前記上位層のシグナリングアプリケーションが、前記上位層ルーティング・アプリケーションにより提供されたパスを用いてアドレステーブル項目をセットアップする前記段階が、前記フレーム及び前記少なくとも 1 つのポートから得られた宛先 M A C アドレスフィールドと、発信元 M A C アドレスフィールドと、転送先ポートフィールドとを少なくとも備えた A T 項目を追加する段階を含む、請求項 3 に記載の方法。

【請求項 10】

複数のイーサネット（登録商標）フレームを前記回線に沿って転送する前記段階が、前記複数のイーサネット（登録商標）フレームを、途中にある複数のノードを介して前記宛先ステーションへ転送する段階を含む、請求項 3 に記載の方法。

10

【請求項 11】

前記回線が、ノード間の複数リンクを利用する、請求項 3 に記載の方法。

【請求項 12】

前記イーサネット（登録商標）フレームがマルチキャストフレームであり、更に、前記複数のイーサネット（登録商標）フレームを転送する前記段階が、前記複数のイーサネット（登録商標）フレームを、前記フレームに一致する発信元 M A C アドレスを備えた全回線と、アクティブ状態の回線を備えた全ポートとの少なくとも一方に送信する段階を含む、請求項 3 に記載の方法。

20

【請求項 13】

前記回線が、2 つのイーサネット（登録商標）L A N の間に設けられる、請求項 3 に記載の方法。

【請求項 14】

前記回線が、単一イーサネット（登録商標）L A N と複数のイーサネット（登録商標）L A N との間に提供され、これら複数の回線が、少なくとも部分的には同一のパスを備える、請求項 3 に記載の方法。

【請求項 15】

回線セットアップ時に、パス自動保護スイッチング（A P S）を実行する段階を更に含む、請求項 3 に記載の方法。

30

【請求項 16】

前記回線が自動的にセットアップされ、前記方法が、宛先 M A C アドレス及び発信元 M A C アドレスに基づいた暗黙の回線セットアップ要求を受信する段階か、或いは、標準インターフェースを用いて明示的呼出要求を受信する段階とを更に含む、請求項 3 に記載の方法。

【請求項 17】

イーサネット（登録商標）M A C ブリッジ装置のイーサネット（登録商標）プロトコル・ネットワークにおける、イーサネット（登録商標）M A C 回線をセットアップする方法であって、

40

発信元ステーションと、宛先ステーションと、少なくとも 1 つのポートを備えた少なくとも 1 つのノードとを具備した前記ネットワークを提供する段階と、

フレームを前記発信元ステーションから伝送する段階と、

前記フレームを、前記少なくとも 1 つのノードの前記少なくとも 1 つのポートで受信する段階と、

前記フレームに関連したポートマッピングに関する宛先及び発信元 M A C アドレスを学習する段階と、

前記回線を形成するために、前記宛先及び発信元 M A C アドレスを格納する段階とを含む、回線をセットアップする方法。

【請求項 18】

50

前記格納する段階が、前記宛先及び発信元 M A C アドレスを参照テーブルに記録する段階を含む、請求項 1 7 に記載の方法。

【請求項 1 9】

前記格納する段階が、前記宛先及び発信元 M A C アドレスを集中型データベースに入れる段階を含む、請求項 1 7 に記載の方法。

【請求項 2 0】

前記格納する段階が、前記宛先及び発信元 M A C アドレスを分散型データベースに入れる段階を含む、請求項 1 7 に記載の方法。

【請求項 2 1】

前記学習する段階が、ネットワークのホップを行うため、エンドポイントにおける M A C アドレス及びポートの少なくとも 1 つを提供する段階を更に含む、請求項 1 7 に記載の方法。

10

【請求項 2 2】

前記学習する段階が、エンドポイント M A C アドレス及びエンドポイント・ポートの少なくとも 2 つを提供する段階を更に含む、請求項 1 7 に記載の方法。

【請求項 2 3】

前記学習する段階が、

未知の発信元 M A C アドレスを備えたイーサネット（登録商標）フレームを、前記 M A C 層において割込みを発生させる進入ポートで受信する段階と、

上位層ルーティング・アプリケーションが、前記発信元 M A C アドレスを用いてポートマッピング構成体を受信し、これら M A C からポートへのマッピング構成体を格納する段階とを更に含む、請求項 1 7 に記載の方法。

20

【請求項 2 4】

前記フレームを前記宛先ステーションに転送する段階を更に含む、請求項 1 7 に記載の方法。

【請求項 2 5】

フレームを転送する前記段階が、マルチキャスト・イーサネット（登録商標）フレームを伝送する段階を含み、前記フレームを、一致する発信元 M A C アドレスを備えた全回線と、アクティブ状態の回線を備えた全ポートとの少なくとも一方に送信する段階を更に含む、請求項 1 7 に記載の方法。

30

【請求項 2 6】

前記回線セットアップが、2 つのイーサネット（登録商標）L A N の間に設けられる、請求項 1 7 に記載の方法。

【請求項 2 7】

回線セットアップ時に、パス自動保護スイッチング（A P S）を実行する段階を更に含む、請求項 1 7 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【関連出願】

【0 0 0 1】

本願は、2 0 0 1 年 9 月 2 4 日付けの同時係属中の米国仮出願第 6 0 / 3 2 4 , 8 4 7 号の優先権及びその利益を、両出願に共通する全ての主題に関して主張する。上述の仮出願の開示内容は、引用してその全体をここに援用する。

40

【技術分野】

【0 0 0 2】

本発明は、概ねネットワークスイッチング・アーキテクチャに関し、より詳細にはイーサネット構成ネットワークにおける回線またはフレームフローのサポートに関する。

【背景技術】

【0 0 0 3】

現在、ほとんどのメトロポリタンエリアネットワーク（M A N）及び広域ネットワーク（W A N）は、時分割多重方式（T D M）同期デジタルハイアラキ（S D H）ネットワ

50

ーク又は同期式光ファイバ網 (SONET) に基づいている。構内情報通信網 (LAN) では、ほとんどのネットワークはイーサネットである。

【0004】

SDH/SONET (同期デジタルハイアラキ/同期式光ファイバ網) 標準は、元々ボイスネットワークで用いるために発達した。SDHは、北米で発達したSONET標準と実質的に同一のヨーロッパ版標準である。SDH/SONETは、コネクション型同期式TDM回線交換技術を含んでいる。SDH/SONET構成のネットワークは、同一のクロックメインで動作する (例えば、ネットワークの全ての部分がプライマリクロックを基準としている)。このネットワークは、各回線に固定帯域幅タイムスロットを割り当てる。SDH/SONETアーキテクチャは、スイッチ内のポート間にエンドツーエンドパスを確立する物理回線構成が存在するという点で、コネクションに基づいたプロトコルである。SDH/SONETネットワーク内を伝わる複数信号におけるデジタル伝送は、同一の速度で行われるが、任意の2つの信号伝送間には、伝送システム内での時間遅れ又はジッタに起因する位相差が発生することがある。

10

【0005】

イーサネットは主としてデータネットワークとして発達した。SDH/SONETとは対照的に、イーサネットは、コネクションレス型非同期式キャリア検知多重アクセス/衝突検出 (CSMA/CD) パケットスイッチング技術である。イーサネットアーキテクチャは、SDH/SONETアーキテクチャのような単一クロックメインには依存しない。イーサネットアーキテクチャは、データを含んだ一連のパケットをネットワーク上で送信する。パケットを送る必要があるれば、送信機はパケットを随時送信しようとする。イーサネットアーキテクチャは、パケットがネットワーク内のノードからノードへ論理或いは物理回線を確立することなく伝わるという意味においてもコネクションレス型である。エンドツーエンドパスは、「ブリッジング」とよばれる処理を介して発見される。イーサネットは、基本的に構内情報通信網 (LAN) 技術である。

20

【0006】

SDH/SONETネットワークは、信頼性の高い、保証された利用可能帯域幅の低ジッタ接続を提供する。これら特徴は、ボイス品質ネットワークに必要なものである。しかし、SDH/SONETは帯域幅の面で非効率的であり、他の多くのネットワークアーキテクチャに比べてオーバーヘッドが多くなる。対照的に、イーサネットネットワークは、より信頼性が低い、ベストエフォート式転送の低コスト帯域幅接続を提供する。これら特徴は、データ品質ネットワークに適したものである。イーサネットネットワークは、伝送が保証されておらず、オーバーヘッドも低く、SDH/SONETに比べてサポートされる動作機能が少ない。SDH/SONETでは、回線が一旦確立されると、帯域幅がアプリケーションに割り振られてしまい、そのアプリケーションがその帯域幅を使用していなくても、他のアプリケーションがそれを使用することはできない。イーサネットでは、アプリケーションが帯域幅を利用するのは、パケット伝送に帯域幅が必要な時だけである。

30

【0007】

本明細書に記載する例示的な実施形態の動作を十分に理解するためには、ネットワークを幾つかの階層からなるものと見なす開放型システム間相互接続 (OSI) ネットワーク階層を理解するのが助けになる。この階層構造では、第1層は、ネットワーク内で信号の伝送を行う要素を含んだ物理層である。第2層はデータリンク層であり、第1層という下にある物理チャンネル上で、装置間における直接通信を可能とするサービスを提供する。第3層はネットワーク層であり、複数データリンクを介したステーションとステーションとの間のデータ引き渡しの役割を果たす。ネットワーク層は、パケットをネットワーク上でルーティング・する役割を果たす。第4層はトランスポート層で、ネットワーク上のステーション間でのプロセス間通信を可能とする、エラーのない、順序番号付きで、引き渡し保証付きのメッセージサービスを提供する。第5層はセッション層であり、アプリケーション間での通信の確立を取り扱う。この層はセキュリティアプリケーションに役立つ。第6層はプレゼンテーション層であり、ローカルデータを表示する様々な方法を用いて、

40

50

ネットワーク接続されたシステム間でのデータ共有を可能とする。最後に、第7層はアプリケーション層である。この層は、Eメールやファイル転送機能などの一般的なアプリケーション機能を提供する。

【0008】

現時点で、イーサネットネットワークは、回線を設立するという概念をサポートしていない。イーサネットネットワークはブリッジングアルゴリズムを用いて、フラッディングを行い、イーサネットフレームを発信元ステーションから宛先ステーションへどのように転送するかを学ぶ。STPはプロトコルの1つであって、このプロトコルでは、ブリッジが、ケイトネット(データリンク層で相互接続されている複数ネットワークの集まり)内の到達可能な全てのリンクを含む、ループ無しのトポロジを特定し、確立し、且つ維持する。対照的に、SDH/SONETネットワークは、上位層における様々なルーティング・及びシグナリングプロトコル並びにアルゴリズムを備えた手動または自動化プロビジョニングを用いて、2つのTDMエンドポイント間の回線を設定する。

10

【0009】

LAN/イーサネットのデータネットワーク分野では、ネットワーク管理を容易にするための幾つかの機能が発展してきた。これら機能の多くはLAN環境では有益だが、WAN環境では不利な点がある。一般的な機能はプラグアンドプレイ、すなわちシステムまたはネットワークに接続した際の構成要素の自動的な構成である。スパンニングツリー・プロトコル(STP)は、ステーション間に単一パスのみを許可することで、ネットワーク内の全てのループを中断する。これは、他の全てのリンクが非活動状態となり、従って帯域幅が浪費されることを意味する。また、帯域幅は、LAN/イーサネットネットワークでは比較的豊富である。発信元ステーションから未知の宛先ステーションへのイーサネットフレームは、フラッディングにより転送されるが、これも帯域幅を浪費する。上述のように、帯域幅はLANでは比較的成本がかからず、豊富である。機器/リンク障害の復元時間は比較的長く、数秒間かかる。データネットワークでは、ボイスネットワークに比べて、データ伝送を行う際にアプリケーションはそれほど時間に敏感ではなく、上位層が、再伝送により回復を行うことが想定されている。これは、迅速な回復が、データネットワークでは必須でないことを意味する。

20

【0010】

MAN/WAN/SDH/SONETの分野では全く逆になる。ユーザは自分たちのネットワークの完全な管理を要求するので、シグナリングアルゴリズムを用いて全回線をプロビジョニングしようとする。MAN/WANでは帯域幅は豊富でなく、コスト高である。従って、各リンク用の全ての帯域幅は、できる限り完全に利用すべきである。ルーティング・アルゴリズムは、発信元ステーションから宛先ステーションまでのパスを発見すなわち学習する。第3層のルーティング・アルゴリズムは、第2層のイーサネットMACブリッジングアルゴリズムのフラッディングアプローチに比べ、帯域幅に関して効率がよい。SDH/SONET分野における機器障害/ライン回復に要する復元時間は、迅速(すなわち50ミリ秒未満)となるよう指定されている。ボイス分野、すなわちSDH/SONETでは、アプリケーションは時間に非常に敏感であり、下位層の方が反応時間が速いので、下位層が機器/ラインの障害回復を実行する。

30

40

【発明の開示】

【0011】

イーサネットネットワークにおいて回線の管理を確立する必要性が存在する。本発明は、この必要性に対処するための新たな解決策に関するものである。メディアアクセス制御(MAC)回線機能をサポートするためのMACハードウェア装置を提供する。この装置は、未知の発信元及び/または宛先MACアドレスのイーサネットフレームが受信されると、割込みを発生させるMAC副層を含む。1つの宛先MACアドレスフィールドと、発信元MACアドレスフィールドと、フレーム転送先ポートフィールドとを少なくとも備えた複数のアドレステーブル(AT)項目も提供する。前記宛先MACアドレスフィールド及び前記発信元MACアドレスフィールドの少なくとも1つを用いて、イーサネットフレ

50

ーム宛先MACアドレス及びイーサネットフレーム発信元MACアドレスの少なくとも1つを参照し、前記イーサネットフレームを、前記複数のAT項目の何れかにあるポートに転送する。本発明の一局面によれば、前記MAC副層は、LAN及びWANモードの少なくとも一方で構成可能なハードウェアインターフェース及びソフトウェアインターフェースを提供して、割込みをマスクし、発生させ、且つ処理し、AT項目を追加且つ削除できるようにする。

**【0012】**

本発明の一局面によれば、発信元ステーションと、宛先ステーションと、少なくとも2つのポートを備えた少なくとも1つのノードとを具備したイーサネットプロトコル・ネットワークにおいて、回線をセットアップする方法が提供される。この方法は、フレームを前記発信元ステーション及び前記宛先ステーションから伝送する段階を含む。前記フレームは、前記少なくとも1つのノードの少なくとも1つのポートで受信される。前記少なくとも1つのポートで受信した前記フレームに関連した、発信元アドレスからポートへのマッピングが学習される。前記フレームの宛先アドレス及び発信元アドレスを用いて、前記発信元ステーションから前記宛先ステーションへのパスを発見する。前記パスを用いて、前記発信元ステーションと前記宛先ステーションとの間の回線をセットアップする。すると、複数のイーサネットフレームが前記回線に沿って転送される。

10

**【0013】**

本発明の別の側面によれば、前記学習する段階は、前記発信元アドレスからポートへのマッピングを備えた前記フレームを、MAC層において割込みを発生させる進入ポートで受信する段階を更に含むことができる。前記割込みは処理され、上位層のルーティング・アプリケーションへの要求が待ち行列に入れられる。前記上位層のルーティング・アプリケーションは、前記発信元アドレスからポートへのマッピングを、マッピングデータベース内に格納する。

20

**【0014】**

本発明の更なる局面によれば、前記学習する段階は、前記発信元アドレスからポートへのマッピングを、マッピングデータベースに格納する段階を含む。前記格納する段階は、前記発信元アドレスからポートへのマッピングを、集中型データベースまたは分散型データベースに入れる段階を含む。

**【0015】**

本発明の更なる局面によれば、前記上位層のシグナリングアプリケーションが、前記上位層のルーティング・アプリケーションにより提供されたパスを用いて、アドレステーブル項目をセットアップする段階が、前記フレーム及び前記少なくとも1つのポートから得られた宛先MACアドレスフィールドと、発信元MACアドレスフィールドと、転送先ポートフィールドとを少なくとも備えたAT項目を追加する段階を含む。更に、複数のイーサネットフレームを前記回線に沿って転送する前記段階が、前記複数のイーサネットフレームを、途中にある複数のノードを介して前記宛先ステーションへ転送する段階を含む。前記回線は、ノード間の多数のリンクを利用できる。前記イーサネットフレームはマルチキャストフレームであり、更に、前記複数のイーサネットフレームを転送する段階が、前記複数のイーサネットフレームを、前記フレームに一致する発信元アドレスを備えた全回線と、アクティブ状態の回線を備えた全ポートとの少なくとも一方に送信する段階を含む。前記回線は、2つのイーサネットLANの間か、単一イーサネットLANから複数のイーサネットLANの間に提供され、これら複数の回線が少なくとも部分的には同一のパスを備える。回線のセットアップ時の、パス自動保護スイッチング(APS)も実行できる。更に、前記回線は自動的にセットアップ可能であり、更に、本方法は、宛先MACアドレス及び発信元MACアドレスの少なくとも1つに基づいた暗黙の回線セットアップ要求を受信する段階と、標準インターフェースを用いた明示的な呼出要求を受信する段階とを含む。

30

40

**【0016】**

本発明の他の局面によれば、イーサネットプロトコル・ネットワークにおいて、回線を

50

セットアップする方法は、発信元ステーションと、宛先ステーションと、少なくとも1つのポートを備えた少なくとも1つのノードとを具備した前記ネットワークを提供する段階を含む。フレームが前記宛先ステーションから伝送される。前記フレームは、前記少なくとも1つのノードの前記少なくとも1つのポートで受信される。前記フレームに関連したポートマッピングに関する宛先及び発信元アドレスが学習される。前記宛先及び発信元アドレスは、前記回線を形成するために格納される。前記格納する段階は、前記宛先及び発信元アドレスを、参照テーブル、集中型データベース、または分散型データベースに記録する段階を含みうる。

【0017】

本発明の更なる局面によれば、前記学習する段階が、ネットワークのホップを行うため、エンドポイントにおけるMACアドレス及びポートの少なくとも1つを提供する段階を更に含む。前記学習する段階が、エンドポイントMACアドレス及びエンドポイント・ポートの少なくとも2つを提供する段階を含むこともできる。

10

【0018】

或いは、前記学習する段階は、未知の発信元アドレスを備えたイーサネットフレームを、前記MAC層において割込みを発生させる進入ポートで受信する段階を含むこともできる。上位層のルーティング・アプリケーションは、前記発信元アドレスを用いてポートマッピング構成体を受信し、MACからポートへのマッピング構成体を格納する。前記フレームは、前記宛先ステーションに転送される。フレームを転送する前記段階が、マルチキャスト・イーサネットフレームを伝送する段階を含み、更に、前記フレームを、一致する発信元アドレスを備えた全回線と、アクティブ状態の回線を備えた全ポートとの少なくとも一方に送信する段階を含む。

20

【0019】

本発明の他の局面によれば、イーサネットプロトコル・ネットワークにおいて、イーサネットMAC回線を用いてフレームを伝送する方法が、発信元ステーションを提供する段階を含む。前記発信元ステーションは、宛先MACアドレス(DMA)及び発信元MACアドレス(SMA)を備えたフレームを、伝送中の複数フレームに加えて生成する。前記発信元ステーションは、前記フレームをノードに転送する。前記ノードは前記DMA及び前記SMAを識別し、前記フレームを、前記DMAにより識別された宛先ステーションへの途中にある第2ノードと、前記宛先ステーションとの少なくとも1つに転送する。前記フレームをノードに転送する前記段階は、前記フレームを前記ノードのポートに送信する段階を含みうる。前記フレームを転送する前記段階は、途中にある複数ノードを介して前記宛先ステーションへ転送する段階を含みうる。

30

【0020】

本発明の他の局面によれば、ネットワークにおける、データを移送するためのイーサネットMAC回線は、発信元ステーションと、宛先ステーションと、少なくとも1つのポートを備えた少なくとも1つのノードとを含むことができ、前記少なくとも1つのノードは、前記発信元ステーションを前記宛先ステーションに通信可能にリンクする。前記少なくとも1つのノードは、データに関連したポートマッピングを実行するため、前記宛先及び発信元アドレスのデータを格納するための記憶装置をサポートできる。

40

【0021】

本発明の更なる局面によれば、前記記憶装置は、参照アドレステーブル、集中型データベース、または分散型データベースを含む。前記記憶装置は、前記ネットワークのホップを実行するために、エンドポイントにおけるMACアドレスまたはポートを格納できる。前記記憶装置は、エンドポイントMACアドレス及びエンドポイント・ポートの少なくとも2つを格納することもできる。前記回線は、2つのイーサネットLANの間に提供できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0022】

データトラフィック・ネットワークとボイストラフィック・ネットワークとの間の境界

50

はますます曖昧になりつつある。データネットワーク上で伝送されるボイストラフィックのアプリケーションは増加しており、従ってボイスネットワーク機能をサポートするデータネットワークへの需要も増加している。データ及びLANネットワークにおいて、イーサネットは公知の技術である。ボイス及びMAN/WANネットワークにおいて、SDH/SONETは公知の技術である。イーサネットがMAN/WANネットワークにおいて実用的となるには、回線をイーサネットネットワーク上でプロビジョンする方法を提供する必要がある。回線をイーサネットネットワーク上でプロビジョンすると、単一の、継ぎ目のないマルチサービスネットワークが存在することになる。更に、回線は、管理的方法によるネットワークの制御を可能にする。

**【0023】**

イーサネットMAC（メディアアクセス制御）回線は、2つの終端ステーション/ノード間におけるイーサネットフレームのフローであって、それらのイーサネット発信元MACアドレス（SMA）及び宛先MACアドレス（DMA）によりアドレス指定された該ステーション/ノード間のフローとして定義できる。フレームのフローは、リンクで連結された幾つかの中間ステーション/ノード（ブリッジ/スイッチ/ルータ）を通過できる。これらのリンクは、物理及び/または論理イーサネットリンクでよい。論理リンクの一例としては集約リンクがある。上述のリンクはSDH/SONETリンクでもよい。これらリンクはこうした技術に制限されない。イーサネットMAC回線は単方向性でも双方向性でもよく、保護されていても保護されていなくてもよく、また、SDH/SONET回線に類似の、SDH/SONET標準に従った他の特性を備えていてもよい。回線は手動、半自動、または自動で確立できる。

**【0024】**

イーサネットMAC回線は仮想回線である。反対に、SDH/SONET回線は物理回線である。物理回線は、リンク間のノードで指定された直接接続を備える。仮想回線は、リンク間のノードで指定された論理接続を備える。イーサネットにおいて、本発明は、発信元MACアドレス（SMA）、宛先MACアドレス（DMA）、及びポートのポートマッピングを用いて、フレームを転送し、論理接続を提供する。SDH/SONETでは、発信元TDMスロット及び宛先TDMスロットが、物理接続を提供する。

**【0025】**

本発明は、発信元ステーションと宛先ステーションとの間にイーサネットMAC回線を効率的に確立する方法を提供する。イーサネットはパケット交換技術であり、コンネクションレス型である。SDH/SONETは回線交換であり、コンネクション型技術である。接続/回線をイーサネット上でサポートするためには、上位層で回線を確立することに加え、発信元から宛先までの経路確立を可能とする技術が必要である。

**【0026】**

シグナリング層を用いて回線を管理する。シグナリングアプリケーションは、ルーティング・アプリケーションから経路/パスを要求する。一旦パスがシグナリングアプリケーションに与えられると、シグナリングアプリケーションはこの情報を用いて、パスに存在する次ノードのシグナリングアプリケーションに通信することで回線を確立する。この処理は、終端ノードに到達するまで、パスの全ノードで繰り返される。幾つかの接続/回線マッピング/シグナリングプロトコル技術が使用可能であり、例えば、マルチプロトコル・ラベルスイッチング（MPLS）、ディファレンシエーテッド・サービス（DiffServ）、インテグレートッド・サービス（IntServ）、及びリソース予約セットアッププロトコル（RSVP）などがある。

**【0027】**

ルーティング情報の管理には、ルーティング層が用いられる。本発明の諸局面と組み合わせで使用できる、幾つかのルーティング・プロトコル技術が存在し、例えば、ルーティング情報プロトコルバージョン1（RIP1）、情報プロトコルバージョン2（RIP2）、オープン最短パスファースト（OSPF）、インテリアゲートウェイルーティング・プロトコル（IGRP）、及び拡張インテリアゲートウェイルーティング・プロトコル（

10

20

30

40

50

E I G R P ) がある。

【 0 0 2 8 】

本発明の諸局面によれば、ルーティング層は、2つの終端ステーションを備えた2つのポート間の経路/パスを発見するのに利用される。M A C 回線をセットアップするには、M A C からポートへのマッピングデータベースを維持する。M A C からポートへのマッピングデータベースは、ルーティング層により維持することも可能である。従って、標準ルーティング・アプリケーションは、データベースアプリケーションとしても使用されるように拡張される。ほとんどのルーティング・アプリケーションは、ルーティングをサポートするデータベース機能を必要とする。同一のデータベース機能を、M A C からポートへのマッピングデータベースとして利用できる。M A C からポートへのマッピングデータベースは、アプリケーションに基づいて集中型でも分散型でもよいが、集中型または分散型構成には限定されない。また、M A C からポートへのマッピングは、別個のマッピングアプリケーションにより実装してもよい。このルーティング・アプリケーションデータベースを用いて、インターフェースの帯域幅、回線が消費する帯域幅、V P N、Q o S、及び他のポート属性または特性などのポートリソースを管理できることにも注目されたい。

10

【 0 0 2 9 】

本発明の諸局面によれば、上位層のシグナリングアプリケーションは、ユーザ構成によるパスまたはルーティング・アプリケーションを用いて回線/接続/フローを確立するが、これは、該パスに沿った各ノードに、宛先M A C アドレス(S M A)、発信元M A C アドレス(D M A)、及び転送先のポートを、該アドレスを該ノードのアドレステーブル(A T)項目に置くことで学ばせることにより実行する。このA Tは、D M A 及びS M A アドレス並びにフレームがポートマッピングを介して転送されるポートを保持した項目を含んでいる。このポートマッピングは、フレームをスイッチノードを介して転送または中継するためにスイッチにより使用される。M A C アドレスは、1つ又は複数の装置またはインターフェースを、伝送(例えば伝送フレーム)の発信元または宛先として一意に定義するビットストリングである。

20

【 0 0 3 0 】

現在のM A C ブリッジのI E E E 8 0 2 . 1 D 標準は、透過的なブリッジ動作について公式に説明している。L A N モードでは、ブリッジングが終端ステーション間にパス及びトラフィックフローを確立する際に、イーサネットM A C フローは作成され、除去される。標準の透過的L A N ブリッジングまたはスイッチング動作には、学習、参照、エージング、及びS T P などの機能が含まれる。次に、ブリッジングがどのように機能するかを手短かに説明する。

30

【 0 0 3 1 】

学習とは、入力フレームのS M A 及び入力ポートを関連付ける新たなアドレステーブル(A T)の項目が作成される処理をいう。参照とは、入力フレームのD M A を比較して、フレームをどの出力ポートに転送するか決定する処理をいう。エージングとは、古くなった項目が除去されてA T 項目が再利用できるように、定期的なタイムアウトでA T 項目を除去可能とする処理をいう。

【 0 0 3 2 】

参照処理の間に、D M A に関するA T 項目が発見されると、フレームはその出力ポートに転送される。その出力ポートと入力ポートが同一であれば、これら2つのステーションは同一L A N 上に存在するので、このフレームはフィルタにかける。フィルタリングとは、上述の理由、或いはセキュリティなどの何らかのユーザ定義基準によりフレームを破棄する処理をいう。参照処理で当該D M A のA T 項目が見つからなければ、フラッディングが行われる。フラッディングとは、当該スイッチにある入力ポートを除いた全てのポートに、未知のD M A フレームを転送する処理をいう。フラッディングの目的は、最終的にそのフレームをD M A 終端ステーションに到達させることである。この時点で、順方向トラフィックフローが確立されたことになる。宛先終端ステーションのフレームは、同一の方法で(すなわち、参照及び学習(ブリッジング)処理を利用して)逆方向トラフィックフ

40

50

ローを確立する。順方向及び逆方向トラフィックフローが確立されると、LANイーサネットトラフィックの双方向トラフィックフローが確立されたことになる。

【0033】

この参照処理は、フラッディングを使って宛先終端ステーションまでのパスを確立するので、ネットワークはステーション/ノード間のループを維持することはない。ループは、フレームの重複及びATの非収束を引き起こす。フラッディングも帯域幅の浪費である。ネットワークからループを取り除くため、標準は、スパニングツリー・プロトコル(STP)と呼ばれる自動ループ解決方法を定義している。上位レベルでは、STPは、1つのノードをルートノードとして識別する。ルートブリッジノードから他のブリッジノードのそれぞれへは、1つのアクティブパスしか存在しない。これは、ブリッジ識別子、ポート識別子、リンクコスト、及びパスコストを使って達成される。ノード間の他のリンクは使用禁止とし、従ってそれらの帯域幅は使用できない。使用禁止リンクは待機状態となり、アクティブリンク障害が発生した場合は保護リンクとして使用できる。STPは、障害リンクから保護リンクへの回復に関して数秒台のタイムアウトがある。

10

【0034】

LANイーサネットブリッジングにおけるマルチキャストは、マルチキャストフレームをフラッディングすることによりレガシースイッチでサポートされている。マルチキャストフレームは、IEEE8012.1Dブリッジング標準により確保されたマルチキャストアドレスのスペースに、宛先アドレスを備えることによって区別される。この標準によれば、イーサネット48ビットLAN・MACアドレスの第1バイト/オクテットの第1ビットは、1に設定される。発信元アドレスは常にユニキャストである。IEEE802.1DのMACブリッジング標準は改訂されており、マルチキャストアドレス登録プロトコルであるGARPマルチキャスト登録プロトコル(GMRP)を標準化することにより、マルチキャストをサポートするより効率的な方法を提供している。汎用属性登録プロトコル(GARP)も標準化されたプロトコルである。特定のマルチキャストアドレスを受信したいステーションは、この宣言をLANに登録しなければならない。スイッチ及びブリッジはこの宣言を受け取り、且つこの登録されたマルチキャストアドレス付きの任意のマルチキャストを、この宣言が受信されたポートに転送するように設定する。すると、スイッチは、別の宣言を行うことで全ての登録済みマルチキャストアドレスを伝播する。結果として、マルチキャストフレームはそれらを必要とするポートにのみ転送され、レガシースイッチの場合のようにフラッディングは発生しなくなる。

20

30

【0035】

ブリッジングを使用不能にし、ネットワーク内のブリッジを手動で構成することで、ループを中断しパスをセットアップすることは可能である。この処理の管理に手間がかかり、エラーが多く、構成変更が起こる度に手動で維持しなければならないのを防ぐため、この処理は自動化され、ブリッジング標準は最終的に、ベンダー間での相互運用性を可能とするように発展した。

【0036】

現在のWAN環境では、その想定及び上述の特性のため、またエンドユーザによるWAN方式のプロビジョニングのため、現在のLAN・MACブリッジングIEEE802.1D標準を用いてイーサネットMAC回線セットアップを行うことはできない。本発明の諸側面は、ネットワークにおいてLANモード及びWANモードMAC回線が同時に存在することは除外していない点に注目されたい。これはデュアルモード(LAN及びWAN)と称する。

40

【0037】

次に、イーサネットMAC回線がどのようにセットアップされ、機能するかに関して、本発明の諸局面を説明する。未知の宛先及び/または発信元MACアドレス付きのイーサネットフレーム(すなわち、イーサネットデータのデータリンク層カプセル化 - 第2層)があるポートで受信されると、ルーティング層(ネットワーク層 - 第3層)を用いて、宛先MACアドレス、発信元MACアドレス、及びこのフレームが受信されたポートをMA

50

Cからポートへのマッピングとして学習する。この学習は、このマッピングをマッピングデータベースに格納して実行する。これはWAN学習と呼ばれている。

【0038】

上述のようにイーサネットMAC回線を備えたスイッチ上でSDH/SONETポートをサポートするには、SDH/SONETポート及びTDMスロットからイーサネットMAPへのマッピングが存在することを想定している。SDH/SONETポートに関して、TDMポート及びスロットの固有MACアドレスへのマッピングは、ハードウェアまたはソフトウェアで定義する。すると、これらMACアドレスはMAC回線を確立するのに使用される。SDH/SONETパケットが、カプセル化、トンネリング、または変換によってイーサネットに変形されることも想定している。

10

【0039】

手動でプロビジョニングする場合は、エンドポイントにおけるMACアドレス及び/またはポート(イーサネット及びSDH/SONET)及びパスに沿った各ノードに関して接続すべきポートを提供することで、回線を確立できる。この場合は、ユーザまたは上位レベルアプリケーション(例えば、構成マネージャ)が、シグナリングアプリケーションに完全なパスを提供する。オペレータは、上位レベル管理アプリケーションを用いて回線のエンドツーエンド・ホップバイホップパスを手動で予め構成する。この上位レベル管理アプリケーションは、構成マネージャアプリケーションを用いて構成データベース内に配置されている。

【0040】

20

半自動プロビジョニングの場合は、2つのエンドポイントMACアドレス及び/またはポートを与えるだけで回線が確立できる。この場合、ルーティング・アプリケーションが、パスの残り部分をシグナリングアプリケーションに与え、シグナリングアプリケーションがこの回線を設定する。

【0041】

自動プロビジョニングの場合は、イーサネットフレームが進入ポートで受信されると、対応するDMA及びSMAに関するAT項目が無ければ、MAC層は割込みを発生させる。割込み処理ルーチンがこの割込みを処理し、上位層への回線呼出セットアップ要求を待ち行列に入れる。上位層のシグナリングアプリケーションは、経路/パスをルーティング・アプリケーションから要求し、ルーティング・アプリケーションは、発信元及び宛先MACアドレス(SMA及びDMA)を用いて2つのエンドポイント間の経路を発見する。この経路が与えられると、シグナリングアプリケーションは回線をセットアップできる。オプティカル・インターネットワーキング・フォーラム(OIF)ユーザネットワーク・インターフェース(UNI)1.0シグナリング仕様を用いて、自動回線をプロビジョニングしてもよい。

30

【0042】

本発明は、上述のプロビジョニング方法の任意組合せをサポートできることに注目されたい。すなわち、回線パスは、一連の自動、半自動、または自動プロビジョニング化パスとして提供できる。更に、LANモード(LAN学習及びSTP)とWANモード(WAN学習、ルーティング、及び回線セットアップ)との組合せを同時使用することに何の制約もない。

40

【0043】

回線は幾つかの状態を取ることができる。管理状態「アップ」は、回線が「アップ」状態に構成されていることを意味する。「アップ」状態では、回線は完全に確立され、必要な全てのリソースが割り当てられ、トラフィックフローが可能である。管理状態「ダウン」は、回線が「ダウン」状態に構成されていることを意味する。「ダウン」状態では、回線は構成されており、リソースが割り当て解除され、トラフィックがフローしていない。回線は使用禁止状態に設定できる。使用禁止状態では、回線は構成され、必要な全てのリソースが割り当てられ、トラフィックフローは発生しない。

【0044】

50

回線には、様々な保護モードを構成することもできる。リンク復元、パス復元、及び経路の再指定を含む保護モードが設定可能である。WANモード及び保護モード構成に基づいて、回線は適切な回復応答を提供する。回線は、コスト、帯域幅の必要条件、VPN、QoSの必要条件などの他の属性を持つこともできる。

【0045】

WANモードは、「オフ」、「オン」、「手動」、「半自動」、または「自動」状態となるように構成できる。「オフ」状態では、構成済みMAC回線はセットアップされていない。「オン」状態且つ「手動」または「半自動状態」では、構成済み回線がセットアップされている。「自動」状態では、未知のMACアドレスが受信されると、そのSMAを学習する。この学習処理は、回線をセットアップするシグナリングをトリガする。DMAが宛先終端で学習されていれば、ルーティング処理が、2つのステーション間のパスを特定して回線をセットアップする。

10

【0046】

回線のセットアップは解除して、消費していたリソースを解放できる。手動プロビジョニング及び半自動回線の場合は、回線はプロビジョン解除できる。自動的にプロビジョンされた回線の場合は、この回線の発信元ポートまたは宛先終端ポートがリンク障害を検出すると、解除可能である。自動的にプロビジョンされた回線は、エイジングに基づいて解放することもできる。WANモードでは、エイジング・タイムアウトは、LANモードにおけるエイジング・タイムアウトに比較して長い。解除処理は、回線セットアップ処理の逆である。当該回線に関連したアドレステーブルの項目が無効となる。帯域幅及び他のリソースは解放され、また、当該回線に関連付けられた他のプリング及び統計ブックエーピングを完了できる。回線セットアップと同様に、回線の解除は、ホップバイホップを基礎として実行できる。

20

【0047】

図1乃至7Fでは類似した部品には類似した参照番号を付加してあり、本発明に従って回線またはフレームフローをイーサネット構成ネットワーク上でサポートする例示的实施形態を示す。図示した代表的な実施形態を参照して本発明を説明するが、本発明は多くの代替形式で実施できることは理解すべきである。通常の実験を備えた当業者であれば、本発明の精神及び範囲と調和させつつ、要素又は材質の寸法、形状、又は種類などの開示した実施形態のパラメータを変更する様々な方法があることも理解するはずである。

30

【0048】

イーサネットMACハードウェアがイーサネットMAC回線をサポートするには、イーサネットMACハードウェアは、STPを使用可能/使用禁止にする構成可能オプション、学習を使用可能/使用禁止にする構成可能オプション、フラッドイングを使用可能/使用禁止にする構成可能オプション、エイジングを使用可能/使用禁止にする構成可能オプション、更に、AT項目を追加且つ除去する構成可能オプションをサポートしていなければならない。これらオプションのほとんどは、既存のハードウェア構成要素において構成可能である。可能でなければ、MACハードウェアを拡張して、これらオプションをサポートするためのソフトウェアインターフェースを実装しなければならない。

【0049】

40

本発明の諸局面によれば、WANモードにおいて、イーサネットMACハードウェアを拡張して、ATにおけるDMA及び/またはSMAの参照が失敗した場合に、割込みを発生させるサポートを実現する。この割込みはマスク可能である。参照が失敗すると、MACハードウェアは、更に、フレームのSMA及びDMAを対応するレジスタに入れる。標準的なイーサネットAT項目は、MACアドレスフィールド、フレーム転送ポートフィールド、エイジングフィールドなどの幾つかのフィールドを備えている。従来のイーサネットプロトコルでは、MACアドレスフィールドには、受信したフレームの発信元MACアドレスがロードされ、ポートには、フレームが受信されたポートを用いてロードする。本発明で定義されているようにMAC回線をサポートするには、ハードウェアATも拡張して、DMA及びSMAの、フレームが転送されるポートへのマッピングを維持する。DM

50

Aは、受信フレームの宛先MACアドレスフィールドからロードし、SMAは、受信フレームの発信元MACアドレスフィールドからロードし、ポートは、フレームを受信したポートを使ってロードする。本明細書の記載目的では、MACアドレスが、文字「W」（すなわちワイルドカード）で記号化された値を備える場合は、SMAは必要とされず、検索一致処理において無視できる。

**【0050】**

完全に回線制御されるWANネットワークでは、回線は、互いに通信する必要がある全ての終端ステーションに関して定義されるはず、と推定できる。この場合は、マルチキャスト・トラフィックは次のようにサポートできる。マルチキャストフレームが受信されると、このマルチキャストフレームは、MACアドレステーブル中の発信元アドレスフィールドが、このイーサネットフレームの発信元アドレスフィールドに一致した全てのポートに転送される。アドレステーブルの宛先アドレスは無視される。ワイルドカード「W」の発信元アドレスフィールド値を備えたアドレステーブル項目の場合は、フレームはそのポートにも転送される。その他の方法には、マルチキャスト・イーサネットフレームを、アクティブ状態の回線が通過している全てのポートに転送する方法が含まれる。

10

**【0051】**

また、MAC副層においてGMRPアプリケーションサポートを拡張して上位層を呼び出すようにすることで、マルチキャストトラフィック・フローをサポートするように回線の自動生成を実現することもできる。この処理は、ユニキャストのサポートに類似しているが、異なる点は、割込みがMAC副層のGMRPアプリケーションからトリガされ、また、上位層に提供されるフレームの宛先アドレスがマルチキャストアドレスだという点である。上位のシグナリング及びルーティング層を拡張して、マルチキャスト回線をサポートすることも可能である。

20

**【0052】**

図1は、本発明の諸局面による制御プレーンアーキテクチャである。ノードA110、ノードB120、及びノードC130という3つのスイッチノードがある。3つのノード110、120、及び130は、物理媒体146及び156によって接続されている。ノードA110は第1シグナリングアプリケーション112を備え、ノードB120は第2シグナリングアプリケーション122を備え、ノードC130は第3シグナリングアプリケーション132を備える。各シグナリングアプリケーション112、122、及び132は、ネットワーク内の回線を管理する。シグナリングアプリケーション112、122、及び132は、対応する第1ルーティング・アプリケーション114、第2ルーティング・アプリケーション124、及び第3ルーティング・アプリケーション134とインターフェース結合している。ルーティング・アプリケーション114、124、及び134は、ネットワークのルーティング・トポロジを管理する。シグナリングアプリケーション112、122、及び132も、ルーティング・アプリケーション114、124、及び134も、第1オペレーティングシステム116、第2オペレーティングシステム126、及び第3オペレーティングシステム136の何れかとインターフェース結合している。オペレーティングシステム116、126、及び136は、ソフトウェアリソースに加え、第1ハードウェアリソース118、第2ハードウェアリソース128、及び第3ハードウェアリソース138を管理する。シグナリングアプリケーション112、122、及び132は、矢印142及び矢印152で表したようにシグナリングプロトコルを用いて、互いと通信する。ルーティング・アプリケーション114、124、及び134は、矢印144及び矢印154で表したようにルーティング・プロトコルを用いて、互いと通信する。

30

40

**【0053】**

WANモードMAC回線セットアップでは、STP及びフラッディング動作は使用不可能とされている。発信元から宛先へのパスは手動構成するか、または例えばOSPF（IETF・RFC2328）などの標準WANルーティング・プロトコルを用いて、自動的に特定可能である。標準WANルーティング・プロトコルは拡張されており、MACから

50

ポートへのマッピング並びにポート属性及びリソース管理をサポートしている。一旦パスが特定されると、MPLS ( I E T F ・ R F C 3 0 3 1 ) のような標準シグナリングプロトコルが、パスに沿ったステーション/ノードによるSMA及びDMAの学習を可能とし、この学習は、MACチップにより提供されるソフトウェアインターフェースを用いて静的項目をアドレステーブルに加えることで、これらMACアドレスからポートへのマッピング項目を、MACハードウェアに明示的に入れることにより実行する。上位層も、802.1Q標準の仮想LAN ( V L A N ) 機能に類似した仮想私設ネットワーク ( V P N ) 機能のサポートを可能とする。上位層は、パスレベル保護も提供できる。

#### 【 0 0 5 4 】

図2は、データプレーンにおけるイーサネットMAC回線のセットアップを示す。この図には、発信元ステーションS2800と宛先ステーションD2900との間にMAC回線21000がセットアップされていることを示す。回線21000は、物理媒体2400及び2500により接続されたノードA2100、ノードB2200、及びノードC2300という3つのスイッチノードを通過してルーティングされている。発信元ステーションS2800は、第1イーサネットセグメント2600に位置し、MACアドレスSMA2802を備える。宛先ステーションD2900は、第2イーサネットセグメント2700に位置し、MACアドレスDMA2902を備える。第1イーサネットセグメント2600は、進入ポートAI2116においてノードA2100に接続されている。ノードA2100の出口ポートAE2118は、ノードB2200の進入ポートBI2216に接続されている。ノードB2200の出口ポートBE2218は、ノードC2300に進入ポートCI2316で接続している。ノードC2300の出口ポートCE2318は、第2イーサネットセグメント2700に接続している。

#### 【 0 0 5 5 】

図2において、各スイッチノード2100、2200、及び2300は、アドレステーブル ( A T ) を維持している。第1アドレステーブル2102はノードA2100に設けられ、第2アドレステーブル2202はノードB2200に設けられ、第3アドレステーブル2302はノードC2300に設けられている。各アドレステーブル2102、2202、及び2302は、AT項目を維持する。各AT項目は、フレームの宛先MACアドレス、フレームの発信元MACアドレス、及びフレームを転送するポートという3つのフィールドを含む。実際のハードウェアでは、エージングなどの幾つかの付加的フィールドがあるが、それらは説明を簡潔にして分かり易くするため図示していないことに注目されたい。これらフィールドは、回線のセットアップには直接関係しない。

#### 【 0 0 5 6 】

第1アドレステーブル2102は、2つのAT項目を含んでいる。第1AT項目は、第1フィールド値SMA2104、第2フィールド値W2108、及び第3フィールド値AIポートID2110を含んでいる。第2AT項目は、第1フィールド値DMA2106、第2フィールド値SMA2112、及び第3フィールド値AEポートID2114を含んでいる。第2アドレステーブル2202は、2つのAT項目を含んでいる。第1AT項目は、第1フィールド値SMA2212、第2フィールド値DMA2208、及び第3フィールド値BIポートID2210を含んでいる。第2項目は、第1フィールド値DMA2206、第2フィールド値SMA2212、及び第3フィールド値BEポートID2214を含んでいる。第3アドレステーブル2302は、2つのAT項目を含んでいる。第1AT項目は、第1フィールド値SMA2304、第2フィールド値DMA2308、及び第3フィールド値CIポートID2310を含んでいる。第2AT項目は、第1フィールド値DMA2306、第2フィールド値W2312、及び第3フィールド値CEポートID2314を含んでいる。

#### 【 0 0 5 7 】

上位層シグナリングアプリケーション112、122、及び132は、確立された回線21000と、現在の状態と、回線21000に割り当てられたメモリ、帯域幅などのリソースとを維持する。上位層のルーティング・アプリケーション114、124、及び1

10

20

30

40

50

34は、ルーティング・トポロジデータベースを維持する。更に、ルーティング・アプリケーション114、124、及び134は、発信元ステーションS・MACアドレスSMA2802及び宛先ステーションD・MACアドレスDMA2902の、ポートAI2116及びポートCE2318への関連付けをマッピングデータベースにおいて維持する。この構成により、次の段落で記載するように、SMA2802とDMA2902との間のMAC回線21000の自動形成が可能となる。

【0058】

図2では、宛先ステーションD2900宛てのフレームを発信元ステーションS2800から受信すると、このフレームは、宛先MACアドレスDMA2902及び発信元MACアドレスSMA2802を備えている。フレームは、この図のステーションD2900を発信元ステーションとして、このステーションから発信されることもあり、第1例の発信元ステーション(現在の宛先ステーションS2800)に到達可能である。逆方向に移動して宛先ステーションS2800に到達する際に、フレームは、SMA2802に等しい宛先アドレス及びDMA2902に等しい発信元アドレスを備えている。未知のMACアドレスを備えたフレームが受信されると、ノードA2100またはノードC2300は、WAN学習動作を開始する。もしルーティング・アプリケーションが、MACアドレス2802及び2902のポートマッピングを備えていれば、発信元ステーションS2800と宛先ステーションD2900を接続するのに必要なパスを特定する。パスが一旦確定すると、シグナリングアプリケーションが、パスに沿った全てのノードでの回線セットアップ要求を開始する。図示した例では、ノードA2100、B2200、及びC2300は、回線セットアップ要求を受け取る。これらノードのそれぞれで、適切なAT項目が、シグナリングアプリケーションにより作成される。ノードA2100では、シグナリングが、AT2102内に、宛先アドレスSMA2104、発信元アドレスW2108、及び転送ポートID・AI2110の値を含むAT項目を入力する。同様に、DMA2106、SMA2112、及びAE2114の値を含む項目がAT2102に入力される。ノードB2200では、シグナリングが、SMA2204、DMA2208、BI2210、DMA2206、SMA2212、及びBE2214の値を含む項目を、AT2202に入力する。ノードC2300では、シグナリングが、SMA2304、DMA2308、CI2310、DMA2306、W2312、及びCE2314の値を含む項目を、AT2303に入力する。

【0059】

全てのノードが、発信元ステーションS2800と宛先ステーションD2900との間でフレームを送信するパスを学習し終わると、MAC回線21000がセットアップされたことになり、MACフレームフローが開始可能となる。順方向では、ステーションS2800がステーションD2900宛てのフレームを送信する際に、宛先アドレスをDMA2902とし、発信元アドレスをSMA2802としたフレームを作成する。このフレームがノードA2100のポートAI2116に到着すると、このスイッチが、AT2102において宛先及び発信元アドレスの参照を実行し、一致する項目を探す。DMA2106及びSMA2112を備えた項目が一致し、転送ポートIDはAE2114である。これにより、スイッチ/ノードは、フレームをポートAE2118に転送することになる。すると、フレームは、ノードB2200のポートBI2216に到着する。スイッチ/ノードB2200がフレームを認識すると、DMA2206及びSMA2212を備えた項目と一致し、フレームをポートID・BE2214に転送すべきことが分かる。これにより、このスイッチ/ノードは、フレームをポートBE2218に転送することになる。フレームは、ここからノードC2300のポートCI2316に到達する。スイッチ/ノードC2300がフレームを認識すると、DMA2306及びW2312を備えた項目と一致し、フレームをポートID・CE2314に転送すべきことがわかる。これにより、スイッチ/ノードは、フレームをポートCE2318に転送することになり、そこから宛先ステーションD2900に到達する。宛先ステーションD2900は、このフレームが宛先アドレスDMA2902を備えているので、それを受け取ることになる。

## 【 0 0 6 0 】

逆方向では、ステーション D 2 9 0 0 がステーション S 2 8 0 0 宛ての packets を送信する際に、宛先アドレスを S M A 2 8 0 0 とし、発信元アドレスを D M A 2 9 0 0 としたフレームを作成する。この packet がスイッチ / ノード C 2 3 0 0 のポート C E 2 3 1 8 に到達すると、S M A 2 3 0 4 及び D M A 2 3 0 8 が一致する。この一致は、フレームが C I 2 3 1 0 に転送されるべきことを示している。これにより、このスイッチは、フレームをポート C I 2 3 1 6 に転送することになる。すると、フレームは、ノード B 2 2 0 0 のポート B E 2 2 1 8 に到着する。スイッチ / ノード B 2 2 0 0 がフレームを認識すると、S M A 2 2 0 4 及び D M A 2 2 0 8 を備えた項目と一致する。これは、フレームを B I 2 2 1 0 に転送するべきことを示している。これにより、このスイッチは、フレームをポート B I 2 2 1 6 に転送することになる。フレームは、ここからノード A 2 1 0 0 のポート A E 2 1 1 8 に到達する。スイッチ / ノード A 2 1 1 0 がフレームを認識すると、S M A 2 1 0 4 及び D M A 2 1 0 8 を備えた項目と一致する。これは、フレームを A I 2 1 1 0 に転送するべきことを示している。これにより、スイッチは、フレームをポート A I 2 1 1 6 に転送することになり、フレームはそこからステーション S 2 8 0 0 に到達する。ステーション S 2 8 0 0 は、この packet が宛先アドレス S M A 2 8 0 2 を備えているので、これを受け取ることになる。

10

## 【 0 0 6 1 】

M A C 回線 2 1 0 0 0 が手動で / 静的にプロビジョンされると、ステーション S ・ S M A 2 8 0 2、ステーション D ・ D M A 2 9 0 2、及び一方の終端ステーション S 2 8 0 0 から他方の終端ステーション D 2 9 0 0 までの完全なパス ( ノード A 2 1 0 0 の A I 2 1 1 6 から、ノード A 2 1 0 0 のポート A E 2 1 1 8、ノード B 2 2 0 0 のポート B I 2 2 1 6、ノード B 2 2 0 0 のポート B E 2 2 1 8、ノード C 2 3 0 0 のポート C I 2 3 1 6 を介してノード C 2 3 0 0 のポート C E 2 3 1 8 まで ) が、エンドユーザ構成を介して上位層構成アプリケーションにより提供される。この場合は、発信元エンドポイントをステーション S 2 8 0 0 としたノード A 2 1 0 0 におけるシグナリングアプリケーション 1 1 2 がこの構成を取得して、メモリ、帯域幅などの回線 2 1 0 0 0 用にローカルに必要なリソースを予約する。また、ノード A 2 1 0 0 は、この時点で、第 1 D M A 2 1 0 6、第 2 S M A 2 1 1 2、及び A E ポート I D 2 1 1 4 の順方向パス A T 項目を、M A C ハードウェア A T 2 1 0 2 に追加することで、アドレステーブルを構成できる。これは、完全なパスのリソースが確立された後で行ってもよい。一旦ローカルリソースが割り当てられると、シグナリングアプリケーション 1 1 2 が、回線セットアップ要求を、パスの次のノードすなわちノード B 2 2 0 0 に送信する。この処理は、宛先終端ステーション D 2 9 0 0 まで継続する。ノード B 2 2 0 0 では、第 3 D M A 2 2 0 6、第 4 S M A 2 2 1 2、及び A E ポート I D 2 2 1 4 の順方向パス A T 項目が加えられる。ノード C 2 3 0 0 では、第 5 D M A 2 3 0 6、第 6 S M A 2 3 1 2、及び C E ポート I D 2 3 1 4 の順方向パス A T 項目が加えられる。更に、各ノード 2 1 0 0、2 2 0 0、及び 2 3 0 0 では、第 1 S M A 2 1 0 4、第 2 D M A 2 1 0 8、A I ポート I D 2 1 1 0、第 3 S M A 2 2 0 4、第 4 D M A 2 2 0 8、B I ポート I D 2 2 1 0、第 5 S M A 2 3 0 4、第 6 D M A 2 3 0 8、及び C I ポート I D 2 3 1 0 の逆方向パス A T 項目が追加される。単方向性回線の場合は、順方向パスの項目のみが追加される。双方向性回線の場合は、順方向及び逆方向パス A T 項目が追加される。手動で構成された回線の構成は、設計によって発信元ノード 2 1 0 0 に格納できる。しかし、本発明は、構成の格納場所に関しては何の制約もない。手動で / 静的に構成された回線の場合は、回線パスで障害が発生した場合、復元用の回線経路変更は存在しない。パス復元に付いては後述する。リンク集約または A P S のようなリンク障害回復技術を用いた静的 / 手動回線のローカル復元が可能である。

20

30

40

## 【 0 0 6 2 】

次の記載は、W A N イーサネット M A C 回線を自動的に確立するための例示的な一方法を説明したものである。回線をいつ自動的にセットアップするかは、W A N モード使用可能インスタンスのノード毎、ポート毎、または M A C アドレス毎のモード設定に基づく構成

50

によって決定される。MACモードはポートモードを置き換える。すると、これがノードモードを置き換える。通常の技能を備えた当業者であれば、本発明は上述の条件に限定されず、他の構成オプションが使用可能なことは理解するはずである。「手動」モードと「自動」モードとの間の矛盾を防止するため、例示的な設計では、「手動」構成が「自動」モードを置き換える。上述したように、本発明は、このオプションには制限されない、そうした矛盾を解決するために他の任意方法を用いることもできる。

#### 【0063】

WAN学習においては、発信元ステーションS 2800からのイーサネットフレームが、ノードA 2100で受信され、そのDMA参照が失敗すると、上位層MACクライアントアプリケーションへの割込みが発生する。すると、上位層の割込み処理がルーティング・アプリケーション114を呼び出し、これが、ステーションS 2800のMACアドレスSMA 2802からAIポート2116の項目でマッピングデータベースを更新し、更に、ルーティング・マッピングデータベース更新144を生成する。次に、この方法は、シグナリングアプリケーション112を呼び出して、回線をセットアップしようとする。シグナリングアプリケーション112は、発信元ステーションSのSMA 2802から宛先ステーションDのDMA 2902までの使用可能なパスを、ルーティング・アプリケーション114から要求する。パスが見つかり、シグナリングアプリケーション112は、手動の場合に記載したのと同じの処理で回線21000を続けてセットアップする。パスが見つからなければ、シグナリングアプリケーション112はエラーを出して戻る。エラーが発生すると、ステーションDのDMA 2902及びステーションSのSMA 2802が学習され、且つパスが発見されるまで、シグナリングは再試行を繰り返すことができる。再試行の上限を設定して、試行回数が過剰となるのを防止できる。

#### 【0064】

LAN及びWANモードの両方で学習するためには、MACアドレスを学習できるように、終端ステーションが「会話」できることが想定されている。そうしないと、終端ステーションの存在を知らせることができない。ほとんどの終端ステーションは、起動時に、イーサネットフレームを管理または構成目的で送信する。終端ステーションが起動時にフレームを送信しない場合は、回線を手動作成できるようにスイッチを構成するか、或いは、IPレベルのBOOTP、ARP、またはRARP要求などの上位層動作を介してイーサネットフレームを送信できるように終端ステーションを構成してもよい。

#### 【0065】

トポロジにおける終端ステーションの位置は、学習に起因する過剰なオーバーヘッドを防止するため比較的静的であることが想定されていることに注目されたい。これは、学習に関するLANモードでの想定と同一のものである。これが好ましくない想定であれば、アルゴリズムを最適化して、n回目の認識毎に、またはn番目のフレーム毎に学習させてもよい。n番目のフレームで学習する場合は、あるステーションが、n回の間隔でフレームを送信する場合は決して学習されないというように、いかなる最適化にも問題はあらず。この最適化は学習時間を長くする。また、本発明は、こうした最適化に限定されないことに注目されたい。他の最適化方法も用いて、上位層の負荷バランスを取ることもできる。

#### 【0066】

半自動WANモード回線は、自動セットアップWANモード回線と類似した方法でセットアップされるが、異なる点は、SMA及びDMAが構成により提供されることである。2つのエンドポイントは固定したままだが、これら2つのエンドポイントを接続するための回線パスは、ルーティング・アプリケーションからのルーティングに基づいて自動的にセットアップされる。

#### 【0067】

図3は、複数イーサネットMAC回線のセットアップを示す。第1回線3900、第2回線3902、及び第3回線3904からなる3つのMAC回線が、発信元ステーションS 3400から、第1宛先ステーションD1 3500、第2宛先ステーションD2 3600、及び第3宛先ステーションD3 3700に延伸している。第1回線3900は

10

20

30

40

50

、スイッチノードA 3 1 0 0の進入ポートA I 3 1 2 9を介して出口ポートA E 3 3 1 3 4ヘルディングされている。第2回線3 9 0 2は、スイッチノードA 3 1 0 0の進入ポートA I 3 1 2 9を介して出口ポートA E 2 3 1 3 2、スイッチノードB 3 2 0 0の進入ポートB I 2 3 2 3 2、出口ポートB E 2 3 2 3 4ヘルディングされている。第3回線3 9 0 4は、スイッチノードA 3 1 0 0の進入ポートA I 3 1 2 9を介して、出口ポートA E 1 3 1 3 0、スイッチノードB 3 2 0 0の進入ポートB I 1 3 2 2 9、出口ポートB E 1 3 2 3 0、スイッチノードC 3 3 0 0の進入ポートC I 3 3 1 6、更に、出口ポートC E 3 3 1 8ヘルディングされている。発信元ステーションS 3 4 0 0はイーサネットセグメント3 8 0 0に位置し、宛先ステーションD 1 3 5 0 0はイーサネットセグメント3 8 0 2に位置し、宛先ステーションD 2 3 6 0 0はイーサネットセグメント3 8 0 4に位置し、宛先ステーションD 3 3 7 0 0はイーサネットセグメント3 8 0 6に位置している。イーサネットセグメント3 8 0 0は、ノードA 3 1 0 0の進入ポートA I 3 1 2 9に接続され、イーサネットセグメント3 8 0 2は、ノードA 3 1 0 0の進入ポートA E 3 3 1 3 4に接続されている。ノードA 3 1 0 0の進入ポートA E 1 3 1 3 0は、セグメント3 8 0 1に沿ってノードB 3 2 0 0のポートB I 1 3 2 2 9に接続し、ノードA 3 1 0 0の出口ポートA E 2 3 1 3 2は、セグメント3 8 0 3に沿ってノードB 3 2 0 0の進入ポートB I 2 3 2 3 2に接続している。イーサネットセグメント3 8 0 4は、ノードB 3 2 0 0の進入ポートB E 2 3 2 3 4に接続されている。ノードB 3 2 0 0の出口ポートB E 1 3 2 3 0は、セグメント3 8 0 5に沿ってノードC 3 3 0 0の進入ポートC I 3 3 1 6に接続している。イーサネットセグメント3 8 0 6は、ノードC 3 3 0 0の出口ポートC E 3 3 1 8に接続されている。

【 0 0 6 8 】

各ノードA 3 1 0 0、B 3 2 0 0、及びC 3 3 0 0は、アドレステーブルを、A T項目を含んだ第1 A T 3 1 0 2、第2 A T 3 2 0 2、及び第3 A T 3 3 0 2として維持する。各A T項目は、宛先M A Cアドレス、発信元M A Cアドレス、及び一致したフレームを転送する先のポートI Dからなる3つのフィールドを備えている。宛先M A Cアドレスは、S 3 1 0 4、D 1 3 1 1 0、D 2 3 1 1 6、D 3 3 1 2 2、S 3 2 0 4、D 2 3 2 1 0、S 3 2 1 6、D 3 3 2 2 2、S 3 3 0 4、及びD 3 3 3 1 0である。発信元M A Cアドレスは、W 3 1 0 6、W 3 1 1 2、S 3 1 1 8、S 3 1 2 4、D 2 3 2 0 6、W 3 2 1 2、D 3 3 2 1 8、S 3 2 2 4、D 3 3 3 0 6、及びW 3 3 1 2である。ポートI Dは、A IポートI D 3 1 0 8、A E 3ポートI D 3 1 1 4、A E 2ポートI D 3 1 2 0、A E 1ポートI D 3 1 2 8、B I 2ポートI D 3 2 0 8、B E 2ポートI D 3 2 1 4、B I 1ポートI D 3 2 2 0、B E 1ポートI D 3 2 2 8、C IポートI D 3 3 0 8、及びC EポートI D 3 3 1 4である。

【 0 0 6 9 】

図3では、3つの回線が、1つの発信元ステーションS 3 4 0 0と3つの宛先ステーション(第1ステーションD 1 3 5 0 0、第2ステーションD 2 3 6 0 0、及び第3ステーションD 3 3 7 0 0)との間にセットアップされている。これら回線はそれぞれ増加機能を示す。これら回線は、図2の基本回線の場合に説明したものと同一処理でセットアップされる。フレームフローも、図2で示したものと同一の態様で発生する。回線3 9 0 0は、バスノードA 3 1 0 0のポートA I 3 1 2 9からポートA E 3 3 1 3 4を用いて、ステーションS 3 4 0 0及びステーションD 1 3 5 0 0に接続している。回線3 9 0 0は、ノードA 3 1 0 0のアドレステーブル3 1 0 2における項目により確立される。この回線に関連付けられた項目には、S 3 1 0 4、W 3 1 0 6、及びA I 3 1 0 8、並びにD 1 3 1 1 0、W 3 1 1 2、及びA E 3 3 1 1 4がある。回線3 9 0 2は、バスノードA 3 1 0 0のポートA I 3 1 2 9からポートA E 2 3 1 3 2及びノードB 3 2 0 0のポートB I 2 3 2 3 2からポートB E 2 3 2 3 4を用いて、ステーションS 3 4 0 0をステーションD 2 3 6 0 0に接続している。回線3 9 0 2は、ノードA 3 1 0 0において、S 3 1 0 4、W 3 1 0 6、及びA I 3 1 0 8、並びにD 2 3 1 1 6、S 3 1 1 8、及びA E 2 3 1 2 0の値を備えた対応するA T 3 1 0 2項目を設定する。回線3 9

02は、ノードB3200において、S3204、D2 3206、及びBI2 3208、並びにD2 3210、W3212、及びBE2 3214の値を備えた対応するAT3202項目を設定する。回線3904は、バスノードA3100のポートAI3129からポートAE1 3130、ノードB3200のポートBI1 3229からポートBE1 3230、及びノードC3300のポートCI3316からポートCE3318を用いて、ステーションS3400をステーションD3 3700に接続している。回線3904は、ノードA3100において、S3104、W3106、及びAI3108、並びにD3 3122、S3124、及びAE1 3128の値を備えた対応するAT3102項目を設定する。回線3904は、ノードB3200において、S3216、D3 3218、及びBI1 3220、並びにD3 3222、S3224、及びBE1 3228の値を備えた対応するAT3202項目を設定する。回線3904は、ノードC3300において、S3304、D3 3306、及びC1 3308、並びにD3 3310、W3312、及びCE3314の値を備えた対応するAT3302項目を設定する。

#### 【0070】

これまでに、回線をSMAエンドポイントとDMAエンドポイントとの間に確立する、基本回線セットアップを説明してきた。最適化及び利便性のためには、発信元及び宛先ポート・エンドポイントに基づいて回線を設定するのが望ましい。これにより、個別のMAC回線を作成する必要がなくなる。しばしば、透過的LANブリッジを、MAN/WANネットワーク上に設けて、2つの別個のLANネットワークを接続する必要がある。この場合は、全てのMACトラフィックが一方のポートから他方のポートへ伝わるので、計算及びリソースオーバーヘッドを減少するための幾つかの最適化が可能である。これらは、イーサネット私設ラインまたは透過的LANブリッジと呼ばれることもある。MAN/WAN回線は、エンドユーザにはイーサネットリンクのように見えるので、この種の回線はMACリンク回線とよばれる。基本MAC回線の場合と同様に、リンク回線は、構成に基づいて「手動」、「半自動」、または「自動」でセットアップできる。「自動」モードでの機能をサポートするため、発信元ポートは、このポートがトンネルポートであって、全ての発信元及び宛先MACアドレス対に関する基本回線を作成するのでなく、このポートで受信した全フレームは、リンク回線を介して送信されることを示す構成を必要とすることもあろう。宛先ポートは構成してもよいし、第1イーサネットフレームDMAの宛先ポートを発見することにより自動的にセットアップしてもよい。

#### 【0071】

イーサネットMACリンク回線を実装するための2つのアプローチを次に説明する。第1のアプローチは、構成または計算したパスを備えた発信元及び宛先ポート・エンドポイントを用いて、ネットワークを通る1つのリンク回線をセットアップする方法を含む。次に、一つおきのSMA及びDMA基本MAC回線を、リンク回線セットアップを用いてセットアップする。これは、多数の基本MAC回線を、リンク回線を通してトンネリングさせることと概念的に等しく、回線トンネリング法と呼ぶ。

#### 【0072】

第2のアプローチは、ポート・エンドポイントのSMA及びDMAを構成または計算したパスと共に用いて、ネットワークを通る1つのリンク回線をセットアップする方法を含む。MACポートハードウェアを拡張して、イーサネットをイーサネット上で送信するための新たなサポートを提供できる。MACハードウェアは、宛先エンドポイントのポートのMACアドレスDMAを維持する必要がある。これは、回線セットアップ時に構成される。この構成では、フレームが回線のポート・エンドポイントで受信されると、このフレームは、上述の構成されたDMAを宛先アドレスとして、発信元を受信ポートMACアドレスSMAとして用いて、イーサネットフレームにカプセル化される。すると、イーサネットフレームは、SMA及びDMA・MAC回線を使ってリンク回線上をトンネリングされる。この方法は、フレームトンネリング法と呼ぶ。

#### 【0073】

これら2つの実装は同一ネットワーク内で共存できる。リンク回線のみが、パスを取得するルーティング及び回線をセットアップするシグナリングを呼び出す。全てのトンネリング化回線が、同一パス上を伝播する。従って、ルーティング・オーバーヘッドは少なくなる。回線トンネリング法では、全てのトンネリング化MAC回線はATの1項目を消費するので、幾らかの回線セットアップオーバーヘッドが、トンネリング化MAC回線のセットアップ毎に必要となる。リンク回線は、回線のパスに沿った全てのMACアドレス及び宛先ポートのリストを維持し、パスに沿った全トンネリング化基本回線のAT項目をセットアップする。メッセージが、回線パスに沿った全てのノード/ステーション上のシグナリングアプリケーション・インスタンス間で行われる。この利点は、標準MACハードウェアに何の変更も必要としないことである。個々の基本回線は個別に制御できる。

10

## 【0074】

フレームトンネリング法では、MACハードウェアを拡張して、イーサネットフレームに入ったイーサネットフレームの送信をサポートする。この方法は後方互換性がありプロプラエタリであるが、その理由は、イーサネットフレームをイーサネットフレーム内にカプセル化するには、カプセル化するイーサネットフレームのタイプが、最大サイズのイーサネットフレームよりも大きいことが必須であり、そうでないと分割が必要となってしまうからである。分割は、オーバーヘッド及びパフォーマンスの点で比較的高くなる。現在のイーサネットフレームングは分割をサポートしていない。より大型のイーサネットフレームングをサポートするようにMACハードウェアを拡張するのは、比較的容易に実現可能だが、標準的でない。回線パス上の全ポートを、フレームトンネリング・モード

20

## 【0075】

フレームトンネリング法は、トンネリング化される各基本MAC回線について2つのAT項目を消費するのではなく、2つのAT項目しか消費しない。ATハードウェアのサポートは、コスト高になることがある。基本MAC回線の個別制御は、カプセル化により失われる。この方法には、1つの回線セットアップオーバーヘッドしかなく、付加的な相互シグナリングメッセージ・オーバーヘッドは存在しない。

## 【0076】

回線トンネリング法では、アーキテクチャが、回線エンドポイントがスイッチノードにおいて進入ポートまたは出口ポートとなるのをサポートする。更に、このアーキテクチャは、同一ポート上をルーティングされている基本回線及び回線トンネリング化リンク回線をサポートする。基本回線がリンク回線を使用するかどうかを指定するための構成可能オプションが必要である。この一例は、サブレート回線トンネリングリンク回線が2つのポート間にセットアップされ、トンネリング化されていない他の基本回線をルーティングするのに利用できる帯域幅が、これら2つのポート間に存在する場合である。

30

## 【0077】

回線がリンク回線を使うように構成されている場合は、回線がリンク回線に出入りできるのはリンク回線のエンドポイントにおいてのみである。言い換えると、パスの任意のポイントで、回線をリンク回線に挿入または分岐することはできない。

## 【0078】

40

図4、4A、4B、及び4Cは、回線トンネリングリンク回線のセットアップを示す。回線トンネリングリンク・リンク回線4700の設置では、第1エンドポイントをノードA4100の進入ポートAI4104とし、第2エンドポイントをノードC4300の進入ポートCI4304とする。個別のトンネル化回線は、複数の別個のポートに分岐する。第1回線セクション4702は、ノードC4300の進入ポートCI4304から出口ポートCE1 4306にセットアップされている。第2回線セクション4704は、ノードC4300の進入ポートCI4304から出口ポートCE2 4308にセットアップされている。第3回線セクション4706は、ノードC4300の進入ポートCI4304から出口ポートCE3 4310にセットアップされている。第1発信元ステーションS1 440、第2発信元ステーションS2 4404、及び第3発信元ステーションS3

50

4408は、イーサネットセグメント4600に位置している。第1宛先ステーションD1 4500は、イーサネットセグメント4602に位置している。第2宛先ステーションD2 4504は、イーサネットセグメント4604に位置している。第3宛先ステーションD3 4508は、イーサネットセグメント4606に位置している。イーサネットセグメント4600は、ノードA4100の進入ポートAI4104に接続されている。イーサネットセグメント4602は、ノードC4300の出口ポートCE1 4306に接続されている。イーサネットセグメント4604は、ノードC4300の出口ポートCE2 4308に接続されている。イーサネットセグメント4606は、ノードC4300の出口ポートCE2 4310に接続されている。ノードA4100の出口ポートAE4106は、セグメント4601を介してノードB4200の進入ポートBI4204に接続している。ノードB4200の出口ポートBE4206は、セグメント4603を介してノードC4300の進入ポートCI4304に接続している。各ノード4100、4200、及び4300は、アドレステーブルを、第1AT4102、第2AT4202、及び第3AT4302として維持する。

#### 【0079】

図4は、3つ発信元ステーション(第1発信元ステーションS1 4400、第2発信元ステーションS2 4404、及び第3発信元ステーションS3 4408)と、3つの宛先ステーション(第1宛先ステーションD1 4500、第2宛先ステーションD2 4504、及び第3宛先ステーションD3 4508)との間に回線トンネリングリンク回線がセットアップされていることを示している。これら回線は、図2の基本回線の場合に説明したものと同一処理でセットアップされる。フレームフローも、図2で示したものと同一の態様で発生する。リンク回線4700は、エンドポイント・ノードA4100のポートAI4104からノードC4300のポートCI4304に3つの基本回線を含んでいる。このエンドポイントから、別個の回線セグメント(セグメント4702、セグメント4704、及びセグメント4706)が、最終的な宛先としての異なるエンドポイントまで継続している。ステーションS1 4400は、パスノードA4100のポートAI4104からポートAE4106、ノードB4200のポートBI 4204からポートBE4206、及びノードC4300のポートCI4304からポートCE1 4306を用いたトンネル化回線によって、ステーションD1 4500に接続している。リンク回線4700は、ノードA4100において、S1 4110、W4112、及びAI4114、並びにD1 4120、W4122、及びAE4124の値を備えた対応するAT4102項目を設定する。リンク回線4700は、ノードB4200において、S1 4210、W4212、及びBI4214、並びにD1 4220、W4222、及びBE4224の値を備えた対応するAT4202項目を設定する。回線セグメント4702は、ノードC4300において、S1 4310、W4312、及びCI4314、並びにD1 4320、W4322、及びCE1 4324の値を備えた対応するAT4302項目を設定する。回線S2 4404は、パスノードA4100のポートAI4104からポートAE4106、ノードB4200のポートBI 4204からポートBE4206、及びノードC4300のポートCI4304からポートCE2 4308を用いたトンネル化回線によって、ステーションD2 4504に接続している。リンク回線4700は、ノードA4100において、S2 4130、W4132、及びAI4134、並びにD2 4140、W4142、及びAE4144の値を備えた対応するAT4102項目を設定する。リンク回線4700は、ノードB4200において、S2 4230、W4232、及びBI4234、並びにD2 4240、W4242、及びBE4224の値を備えた対応するAT4202項目を設定する。回線セグメント4704は、ノードC4300において、S2 4330、W4332、及びCI4334、並びにD2 4340、W4342、及びCE2 4344の値を備えた対応するAT4302項目を設定する。回線S3 4408は、パスノードA4100のポートAI4104からポートAE4106、ノードB4200のポートBI4204からポートBE4206、及びノードC4300のポートCI4304からポートCE3 4310を用いたトンネ

10

20

30

40

50

ル化回線によって、ステーションD3 4508に接続している。リンク回線4700は、ノードA4100において、S3 4150、W4152、及びAI4154、並びにD3 4160、W4162、及びAE4164の値を備えた対応するAT4102項目を設定する。リンク回線4700は、ノードB4200において、S2 4250、W4252、及びBI4254、並びにD3 4260、W4262、及びBE4264の値を備えた対応するAT4202項目を設定する。回線セグメント4706は、ノードC4300において、S3 4350、W4352、及びCI4354、並びにD3 4360、W4362、及びCE3 4364の値を備えた対応するAT4302項目を設定する。

#### 【0080】

図5は、フレームトンネリング・リンク回線のセットアップを示す。この図には、1つのエンドポイントをノードA5100のポートAI5116とし、他方をノードC5300のポートCE5318としたフレームトンネリング・リンク回線5700を示す。第1発信元ステーションS1 5400、第2発信元ステーションS2 5404、及び第3発信元ステーションS3 5408は、イーサネットセグメント5600に位置している。第1宛先ステーションD1 5500、第2宛先ステーションD2 5504、及び第3宛先ステーションD3 5508は、イーサネットセグメント5602に位置している。ノードA5100の出口ポートAE5118は、セグメント5601を介してノードB5200の進入ポートBI5216に接続している。ノードB5200の出口ポートBE5218は、セグメント5603を介してノードC5300の進入ポートCI5316に接続している。ノードA5100の進入ポートAI5116は、MACアドレスS4 5120を備えている。ノードC5300の出口ポートCE5318は、MACアドレスD4 5320を備えている。

#### 【0081】

各ノードA5100、ノードB5200、及びノードC5300は、アドレステーブルを、AT項目を含んだ第1AT5102、第2AT5202、及び第3AT5302として維持する。各AT項目は、DMA、SMA、及び一致したフレームを転送するポートIDからなる3つのフィールドを備えている。宛先MACアドレスは、S4 5104、D4 5110、S4 5204、D4 5210、S4 5304、及びD4 5310である。発信元MACアドレスは、W5106、W5112、W5206、W5212、W5306、及びW5312である。ポートIDは、AIポートID5108、AEポートID5114、BIポートID5208、BEポートID5214、CIポートID5308、及びCEポートID5314である。この場合は、リンク回線の進入ポート及び出口ポートのMACアドレスを用いて回線を構築することに注目されたい。

#### 【0082】

図5では、3つ発信元ステーション（第1発信元ステーションS1 5400、第2発信元ステーションS2 5404、及び第3発信元ステーションS3 5408）と、3つの宛先ステーション（第1宛先ステーションD1 5502、第2宛先ステーションD2 5504、及び第3宛先ステーションD3 5508）との間にフレームトンネリング・リンク回線がセットアップされている。これら回線は、図2の基本回線の場合に説明したものと同一処理でセットアップされる。フレームフローも、図2で示したものと同一の態様で発生する。リンク回線5700は、エンドポイント・ノードA5100のポートAI5116からノードC5300のCE5318に3つの基本回線を含んでいる。ステーションS1 5400は、パスノードA5100のポートAI5116からポートAE5118、ノードB5200のポートBI5216からポートBE5218、及びノードC5300のポートCI5216からポートCE5318を用いてトンネル化フレームによって、ステーションD1 5500に接続している。リンク回線5700は、ノードA5100において、S4 5104、W5106、及びAI5108、並びにD4 5110、W5112、及びAE5114の値を備えた対応するAT5102項目を設定する。リンク回線5700は、ノードB5200において、S4 5204、W5206、及

10

20

30

40

50

びBI5208、並びにD4 5210、W5212、及びBE5214の値を備えた対応するAT5202項目を設定する。リンク回線5700は、ノードC5300において、S4 5304、W5306、及びCI5308、並びにD4 5310、W5312、及びCE5314の値を備えた対応するAT5302項目を設定する。

#### 【0083】

図6は、パス自動保護スイッチング(APS)で保護されたイーサネットMAC回線のセットアップを示す。SDHでは、類似の種類回線はSNC-P回線とも呼ばれる。SDH/SONETでは、類似の回線は、多種ルーティング回線(原語:diversely routed circuit)と呼ばれる。図6は、エンドポイントとしてのノードA6100のAI6104とノードD6400のポートDE6408との間に設けられた動作回線61002及び保護回線61004を示す。このセットアップは、動作回線61002がアクティブ状態であることを示している。これは、ノードA6100のポートAI6104とポートAE1 6106との間の接続61002A及び、ノードD6400のポートDI1 6404とポートDE6408との間の接続61002Bにより実線で示した。このセットアップは、ノードA6100のポートAI6104とポートAE2 6108との間の保護接続61004A及び、ノードD6400のポートDI2 6406とポートDE6408との間の保護接続61004Bを破線で示した。ステーションS6700は、イーサネットセグメント6900に位置している。ステーションD6800は、イーサネットセグメント6902に位置している。イーサネットセグメント6900は、ノードA6100のポートAI6104に接続されている。イーサネットセグメント6902は、ノードD6400のポートDE6408に接続されている。ノードA6100のポートAE1 6106は、セグメント6901を介してノードB6200のポートBI6204に接続している。ノードB6200のポートBE6206は、セグメント6903を介してノードC6300のポートCI6304に接続している。ノードC6300のポートCE6306は、セグメント6905を介してノードD6400のポートDI1 6404に接続している。ノードA6100のポートAE2 6108は、セグメント6907を介してノードF6600のポートFI6604に接続している。ノードF6600のポートFE6606は、セグメント6909を介してノードE6500のポートEI6504に接続している。ノードE6500のポートEE6506は、セグメント6911を介してノードD6400のポートDI2 6406に接続している。各ノードA6100、B6200、C6300、D6400、E6500、及びF6600は、図7A、7B、7C、7D、7E、及び7Fに詳しく図示したアドレステーブルATA6102、ATB6202、ATC6302、ATD6402、ATE6502、及びATF6602を維持する。各AT項目は、宛先MACアドレス、発信元MACアドレス、及び一致したフレームを転送する先のポートIDからなる3つのフィールドを備えている。

#### 【0084】

更に、図6には、発信元ステーションS6700と宛先ステーションD6800との間にパスAPS保護回線がセットアップされていることを示す。図7A、7B、7C、7D、7E、及び7Fは、全てのノードのアドレステーブルを示す。動作及び保護回線は、図2の基本回線の場合に説明したものと同一の処理を用いてセットアップされる。フレームフローも、図2で示したものと同一の態様で発生する。動作回線61002は、パスノードA6100のポートAI6104からポートAE1 6106、ノードB6200のポートBI6204からポートBE6206、ノードC6300のポートCI6304からポートCE6306、及びノードD6400のポートDI1 6404からポートDE6408を用いて、ステーションS6700をステーションD6800に接続している。動作回線61002は、ノードA6100において、S7102、W7104、及びAI7106、並びにD7108、W7110、及びAE1 7112の値を備えた対応するATA6102項目を設定する。動作回線61002は、ノードB6200において、S7202、D7204、及びBI7206、並びにD7208、S7210、及びBE7212の値を備えた対応するATB6202項目を設定する。動作回線61002は、ノード

10

20

30

40

50

C6300において、S7302、D7304、及びCI7306、並びにD7308、S7310、及びC7312の値を備えた対応するATC6302項目を設定する。動作回線61002は、ノードD6400において、S7402、D7404、及びDI17406、並びにD7414、S7416、及びDE7418の値を備えた対応するATD6402項目を設定する。保護回線61004は、パスノードA6100のポートAI6104からポートAE26108、ノードF6600のポートFI6604からポートFE6606、ノードE6500のポートEI6504からポートEE6506、及びノードD6400のポートDI26406からポートDE6408を用いて、ステーションS6700をステーションD6800に接続している。保護回線61004は、ノードA6100において、S7102、W7104、及びAI7106、並びにD7114、W7116、及びAE27118（この項目は、保護がアクティブ状態の時にだけ存在することを示すため、イタリック体のフォントになっていることに注意されたい）の値を備えた対応するATA6202項目を設定する。動作回線61004は、ノードF6600において、S7602、D7604、及びFI7606、並びにD7608、S7610、及びFE7612の値を備えた対応するATF6602項目を設定する。動作回線61004は、ノードE6500において、S7502、D7504、及びEI7506、並びにD7508、S7510、及びEE7512の値を備えた対応するATF6502項目を設定する。保護回線61002は、ノードD6400において、S7408、D7410、及びDI27412（この項目は、保護がアクティブ状態の時にだけ存在することを示すため、イタリック体のフォントになっていることに注意されたい）、並びにD7414、S7416、及びDE7418の値を備えた対応するATD6402項目を設定する。

#### 【0085】

イーサネットMAC・APS制御フレームは、SDH/SONETのK1/K2・APSシグナリングプロトコルをイーサネットネットワークにおいてサポートする。近い終端APSコントローラは、MAC・APS制御フレームを用いて、切替及び他のAPS動作要求中に、遠い終端APSコントローラと通信する。すると、遠い終端APSコントローラはMAC・APS制御フレームを用いて、切替及び他のAPS動作要求に関して、近い終端APSコントローラと通信する。イーサネットMAC・APS制御フレームを処理するためのイーサネットMAC・APS制御副層が提供される。イーサネットMAC・APS制御副層は、MACクライアントAPSコントローラをサポートして、全てのSDH/SONET・APS標準機能を実装可能とする。

#### 【0086】

パスAPSが正しく機能するには、パスに沿った何れかのポートで障害が発生した場合は、そのポートが、パス保護回線の2つのエンドポイント・ポートに、この障害を示すMAC・APS制御プロトコルフレームを伝送する。これらエンドポイント・ポートは、このフレームを受信すると、動作回線から保護回線への切替を開始する。この切替は、ヘッドエンドでは、ノードA6100におけるポートAI6104とポートAE16106との間の接続61002Aから、ノードA6100におけるポートAI6104とポートAE26108との間の接続61004Aへ切り替えることにより実行される。この切替は、テールエンドでは、ノードD6400におけるポートDI16404とポートDE6408との間の接続61002Bから、ノードD6400におけるポートDI26406とポートDE6408との間の接続61004Bへ切り替えることにより実行される。APSフレームをエンドポイント・ポートに到着可能とするには、回線をセットアップしてAPSフレームをエンドポートに向けて送るようにしてもよい。AI6104宛てのフレームを伝送するためのノードB6200におけるAT項目は、AI7214、W7216、及びBI7218として示した。AI6104宛てのフレームを伝送するためのノードC6300におけるAT項目は、AI7314、W7316、及びCI7318として示した。AI6104宛てのフレームを伝送するためのノードF6600におけるAT項目は、AI7614、W7616、及びDE7618として示した。AI6104宛

10

20

30

40

50

てのフレームを伝送するためのノードE 6 5 0 0におけるAT項目は、A I 7 5 1 4、W 7 5 1 6、及びE I 7 5 1 8として示した。D E 6 4 0 8宛てのフレームを伝送するためのノードB 6 2 0 0におけるAT項目は、D E 7 2 2 0、W 7 2 2 2、及びB E 7 2 2 4として示した。D E 6 4 0 8宛てのフレームを伝送するためのノードC 6 3 0 0におけるAT項目は、D E 7 3 2 0、W 7 3 2 2、及びC E 7 3 2 4として示した。D E 6 4 0 8宛てのフレームを伝送するためのノードF 6 6 0 0におけるAT項目は、D E 7 6 2 0、W 7 6 2 2、及びF E 7 6 2 4として示した。D E 6 4 0 8宛てのフレームを伝送するためのノードE 6 5 0 0におけるAT項目は、D E 7 5 2 0、W 7 5 2 2、及びE E 7 5 2 4として示した。ノードA 6 1 0 0及びD 6 4 0 0は、A P Sフレームが終了する地点に位置しており、A P Sフレームのアドレステーブル項目は存在しないことに注目されたい。

10

#### 【0087】

本発明は、回線をセットアップする機構を提供することにより、ネットワークの完全制御を提供する。本発明の実装は、スイッチノード間でトラフィックに利用可能な全てのリンクを利用するので、LANスイッチに比べて帯域幅に関してより効率的である。ノード間の各リンクは、類似のLANリンク集約技術に比べて、VPN、コストなどの異なるメトリクスを備えることができる。更に、データプレーンにおいて帯域幅を浪費するフラグディングを用いることはない。本発明の実装は、イーサネットと後方互換性がある。リンク回線を用いた2つのイーサネットLANのブリッジングは、効率的な回線セットアップを提供する。本発明は、明示的なシグナリング回線セットアップ要求を必要としないが、その理由は、回線セットアップが、「WAN学習」を用いて自動的にトリガ可能だからである。本発明は、イーサネットプロトコルと後方互換性があり、回線サポートを可能とする。従って、ネットワーク内の全イーサネットスイッチには、ネットワークのアップグレードは必要ない(イーサネット・オーバー・マルチプロトコル・ラベルスイッチング(EoMPLS)などの他の技術は、何らかの形式の回線/フロー機能を得るためにアップグレードを必要とする)。

20

#### 【0088】

本発明の多くの修正及び代替実施形態は、上述の記載を考慮すれば通常の技能を備えた当業者には明白となるはずである。従って、この記載は、例示的なものとしてのみ解釈されるべきであり、又、これは、本発明を実施するための最良の様態を、通常の技能を備えた当業者に教示するためのものである。上述の構成の詳細は、本発明の精神から逸脱することなく実質的に変更することができ、添付した特許請求の範囲内に入る全ての修正の排他的使用権は、保持されている。本発明は、添付の特許請求の範囲及び適用法規が要求する範囲においてのみ限定されることが意図されている。

30

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0089】

本発明の上述の特徴及び利点、並びに他の特徴及び局面は、次の説明及び添付の図面を参照すればより明確に理解されるはずである。

【図1】本発明の一局面による、回線管理用の制御プレーンアーキテクチャを示す。

【図2】本発明の一実施形態による、イーサネットMAC回線のセットアップの概略図である。

40

【図3】本発明の別の実施形態による、複数イーサネットMAC回線のセットアップの概略図である。

【図4】本発明の一実施形態による、回線トンネリングリンク・イーサネットMACリンク回線のセットアップの概略図である。(A)乃至(C)本発明の一実施形態による、回線トンネリングリンク・イーサネットMACリンク回線のセットアップに関わる各ノード上のアドレステーブルを示す。

【図5】本発明の一実施形態による、フレームトンネリングリンク・イーサネットMACリンク回線のセットアップの概略図である。

【図6】本発明の一実施形態による、パスAPS保護されたイーサネットMACリンク回

50

線のセットアップの概略図である。

【図7】(A)乃至(F) 本発明の一実施形態による、パスA P S保護されたイーサネットM A C回線のセットアップに関わる各ノード上のアドレステーブルを示す。

【図1】

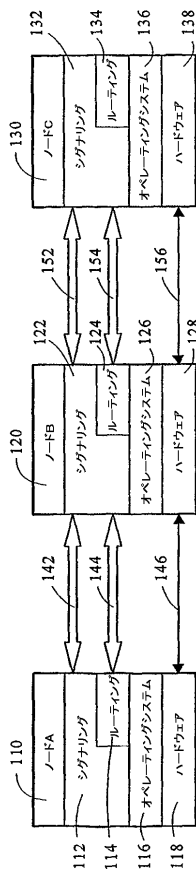


図 1

【図2】

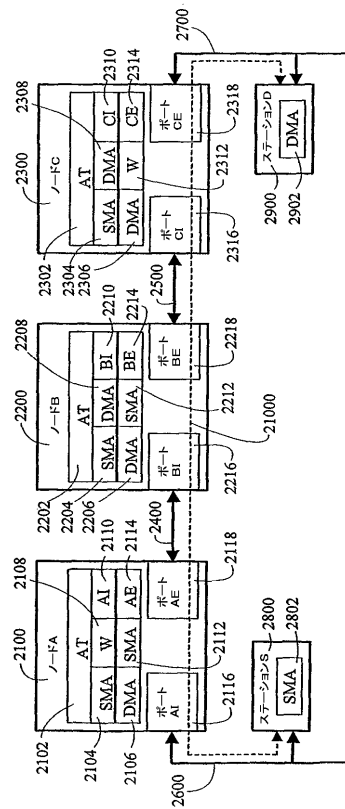


図 2

【 図 3 】

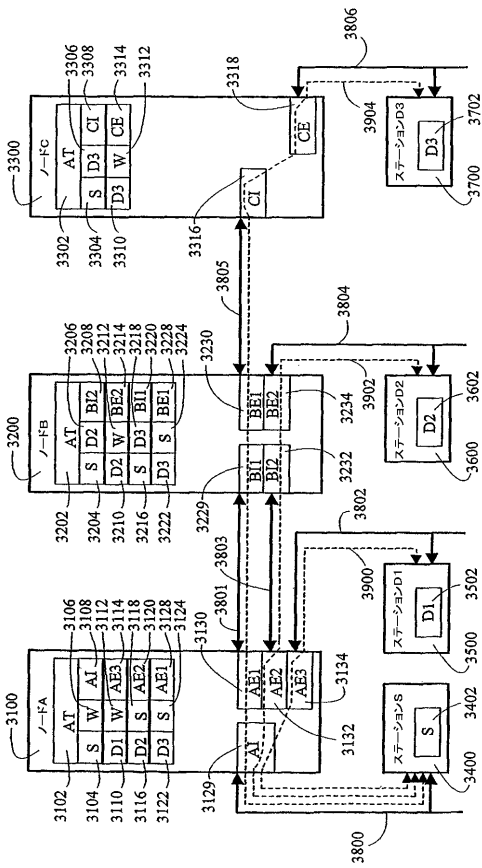


図 3

【 図 4 】

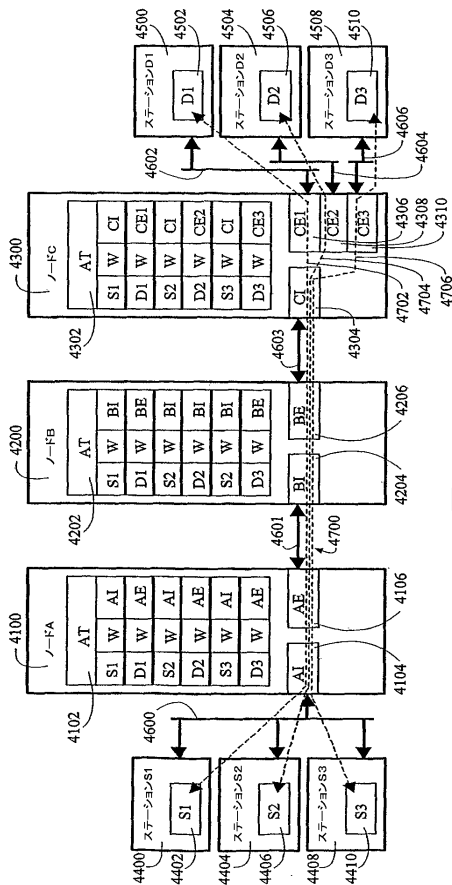


図 4

【 図 4 A 】

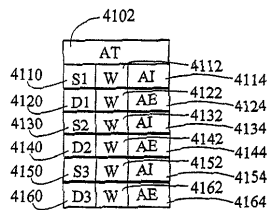


図 4A

【 図 4 C 】

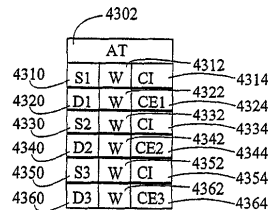


図 4C

【 図 4 B 】

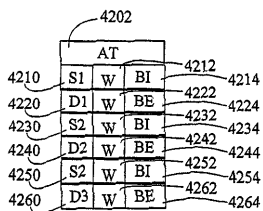


図 4B

【 図 5 】

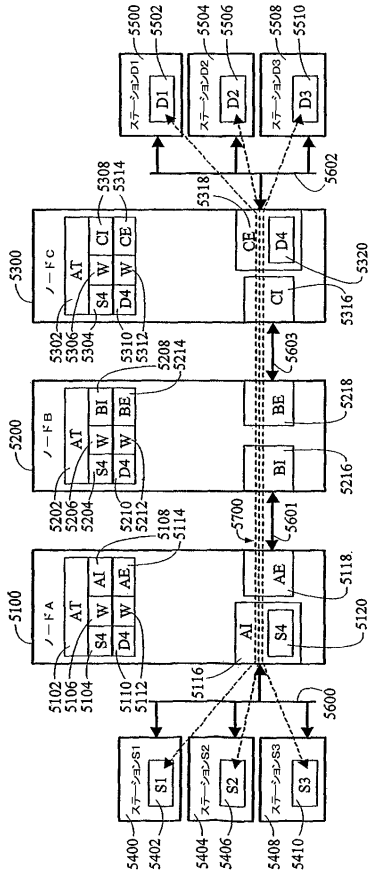


図 5

【 図 6 】

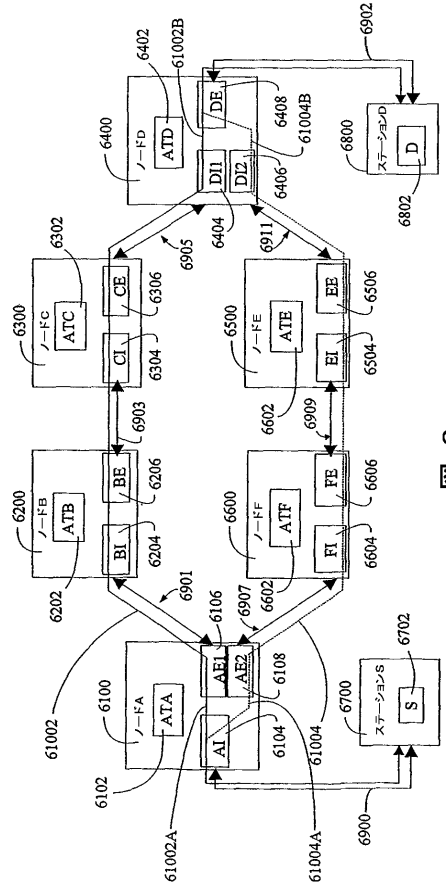


図 6

【 図 7 A 】

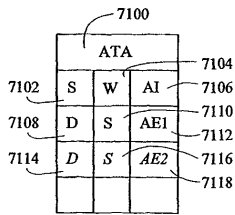


図 7 A

【 図 7 B 】

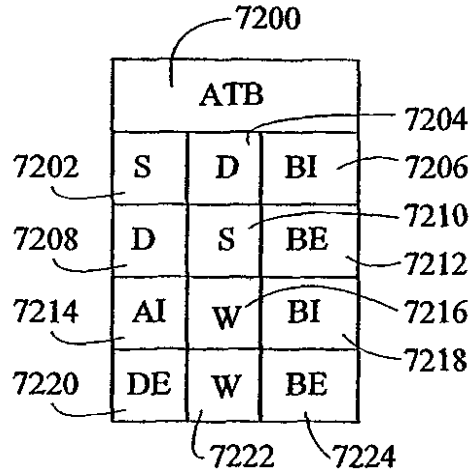


図 7 B

【 図 7 C 】

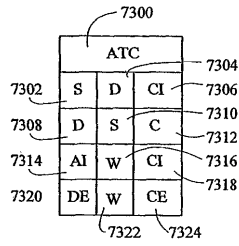


図 7 C

【 図 7 D 】

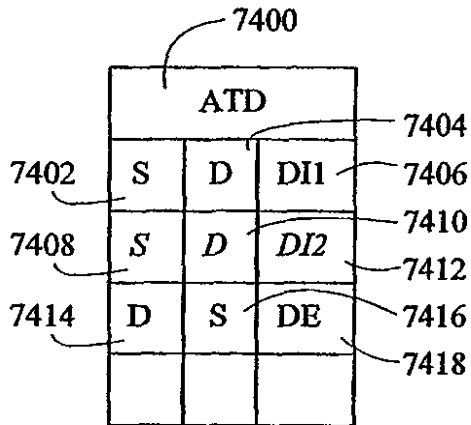


図 7 D

【 図 7 F 】

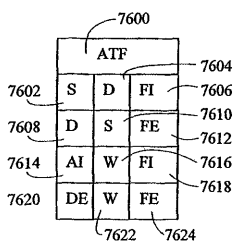


図 7 F

【 図 7 E 】

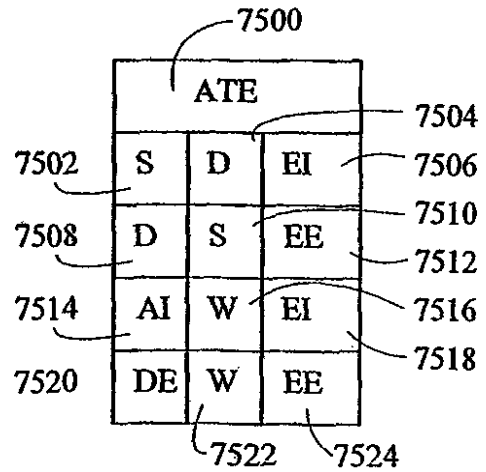


図 7 E

---

フロントページの続き

(74)代理人 100100424

弁理士 中村 知公

(72)発明者 ゴンダ, ルーミ, シェーヤー

アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 01719 ボックスボロー スティール レーン 10  
6

審査官 羽岡 さやか

(56)参考文献 特開2001-053775(JP, A)

特開平11-068766(JP, A)

米国特許第06104696(US, A)

特開平10-041971(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04L 12/00-12/66