

IEEE802.1ahプロバイダ基幹ブリッジの概要

企業向けのWAN (Wide Area Network) サービスとして、広域イーサネットサービスが注目されています。従来の広域イーサネットサービスは構内網技術の延長上で提供されてきましたが、お客さまの数の増大や専用線からの移行に伴い、より高信頼かつスケラビリティのある技術の必要性が高まってきました。本稿では、次世代の広域イーサネットサービスを実現する標準技術、IEEE802.1ahプロバイダ基幹ブリッジ (Provider Backbone Bridges) について解説します。

は と く に お まるよし まさひろ

波戸 邦夫 / 丸吉 政博

すずき むねよし

鈴木 宗良

NTT情報流通プラットフォーム研究所

広域イーサネットサービスの現状

広域イーサネットサービスとその実現技術

広域イーサネットサービスを提供する通信事業者は、サービスを安価に提供するために、イーサネットフレームを転送するスイッチや中継の通信回線などの通信設備を、複数のお客さまで共用可能にする技術が必要となります。

従来の広域イーサネットサービスにおいては、通信設備の共用のためにIEEE802.1adプロバイダブリッジ標準が用いられていました。

IEEE802.1adの特徴と問題点

IEEE802.1ad, 通称スタックドVLAN (仮想LAN) は元々スイッチベンダ各社が独自に拡張した技術がデファクトスタンダードとなり、多くの通信事業者向けイーサネットスイッチに実装されたものです。現在、標準化は完了しています。

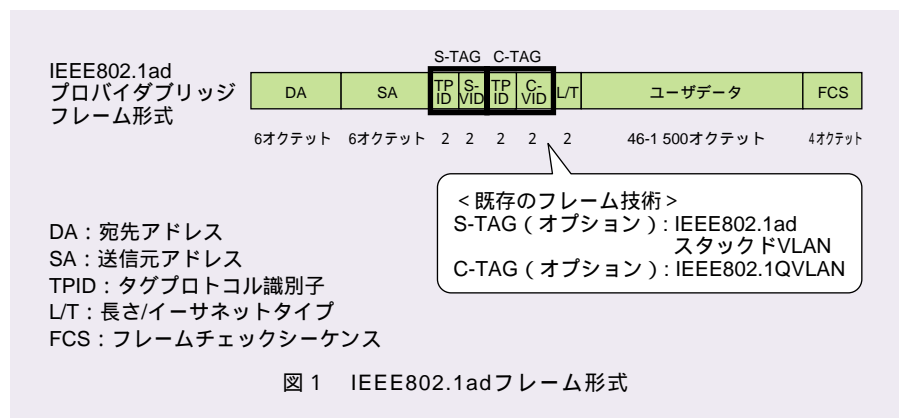
IEEE802.1adの特徴は、その名前が表すとおりVLANタグを積み重ねた (スタックされた) フレーム形式を持つことです (図1)。第1のサービ

スVLANタグ (S-TAG) は、通信事業者が個々のお客さまを識別し論理的に分離するための、サービスVLAN識別子 (S-VID) を持ちます。第2のカスタムVLANタグ (C-TAG) は、お客さまがお客さまのネットワーク内を論理的に分離するための、カスタムVLAN識別子 (C-VID) を持ちます。

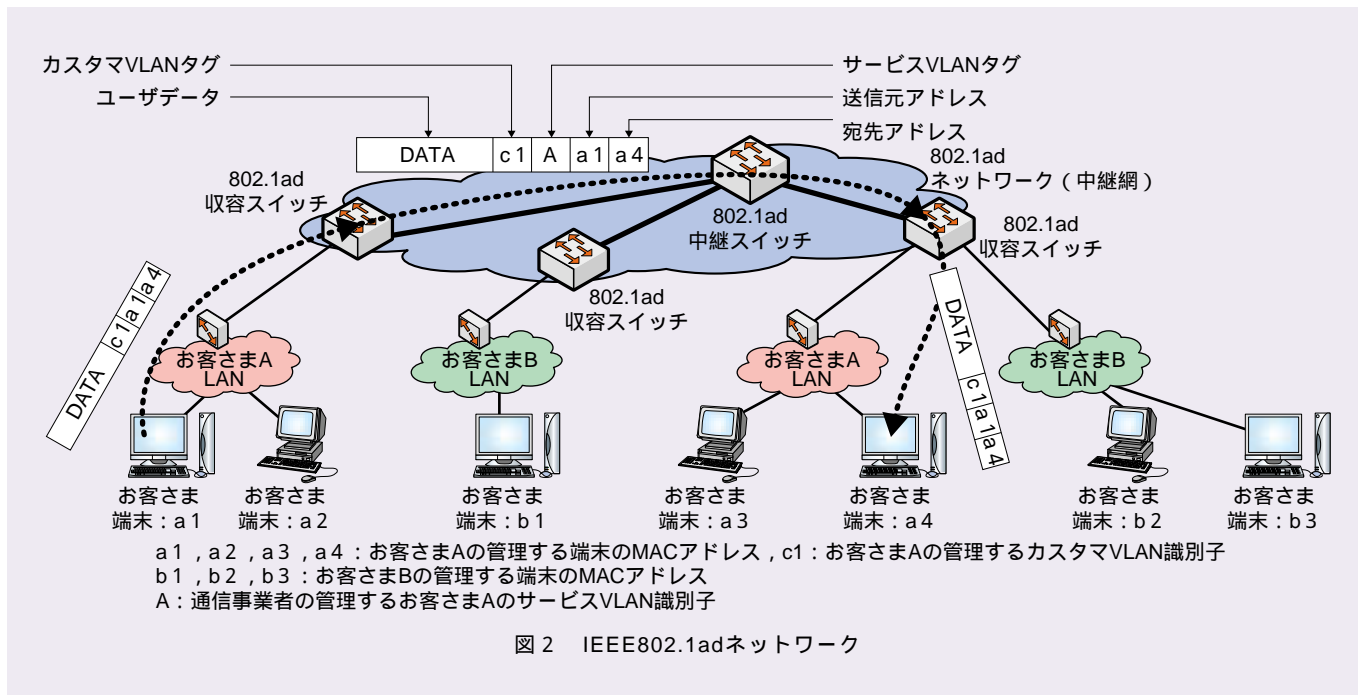
IEEE802.1adのネットワークでは、お客さまの拠点から送られてきたイーサネットフレームは、まず通信事業者が管理する収容スイッチが受信します (図2)。収容スイッチは受信したポート番号からお客さまに対応するサービスVLAN識別子を判定します。次にイーサネットフレームにサービスVLAN識別子を含むサービスVLANタグを

挿入後、中継網へ転送します。イーサネットフレームは、中継網を経て着信側の収容スイッチに到着します。着信側の収容スイッチは、中継網を経由して受信したイーサネットフレーム内のサービスVLANタグ内のサービスVLAN識別子を参照後、サービスVLANタグを除去し、該当するお客さまのポートにだけ出力します。このようにIEEE802.1adでは、サービスVLAN識別子により、複数のお客さまのイーサネットフレームが論理的に分離され、転送することが可能になります。

しかし、広域イーサネットサービスのお客さまの数が増大するにつれ、IEEE802.1adの方式的な問題点が



現, NTTアクセスサービスシステム研究所



明らかになってきました。

(1) 収容可能なお客さまの数の限界
サービスVLANタグはカスタムVLANタグと同じ形式であり、最大4094のお客さまを収容可能です。しかし、近年では広域イーサネットサービスのお客さまが増大し、サービスVLAN識別子の不足が問題となっています。

(2) 宛先MACアドレスの転送テーブルの枯渇

IEEE802.1adでは、お客さまの端末の宛先MAC（Media Access Control）アドレスを用いて、中継網内のスイッチは転送テーブルを検索し、転送先を決定します。そのため、お客さまが多数になり、多数の端末がネットワークに接続された場合、中継網内のスイッチの転送テーブルでは管理が不可能な数となります。

IEEE802.1ahプロバイダ基幹ブリッジ

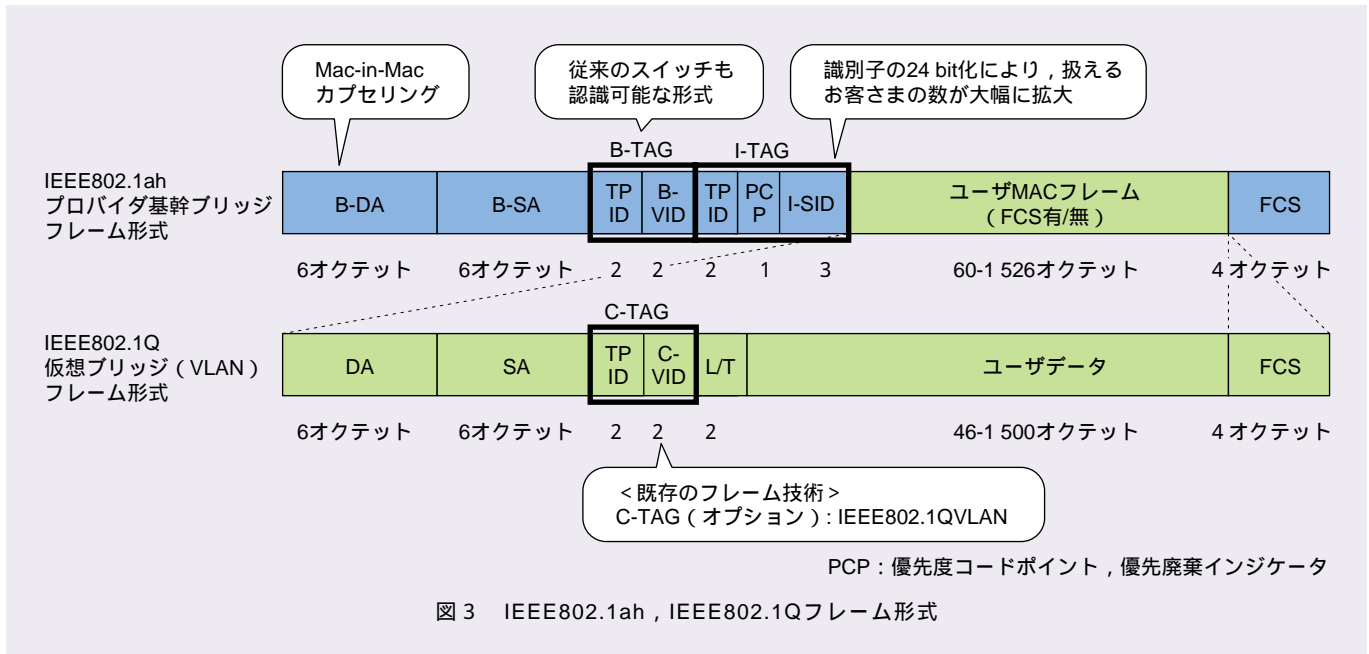
前述のように、IEEE802.1adでは公衆サービス用途には問題があるため、NTT情報流通プラットフォーム研究所は次世代の広域イーサネットサービスの実現可能な方式をIEEE802標準化委員会に提案しました。それが、IEEE802.1ワーキンググループで現在標準化作業中の、IEEE802.1ahプロバイダ基幹ブリッジです。

IEEE802.1ahの特徴

IEEE802.1ahのフレーム形式を図3に示します。IEEE802.1ahでは、お客さまの拠点内LANで一般的に使われているIEEE802.1DおよびIEEE802.1Qのフレームを、Mac-in-Macカプセル化したフレーム形式

を基本としており、そのヘッダ内には、通信事業者が管理する装置に割り振られる中継宛先アドレス（B-DA）と中継送信元アドレス（B-SA）、中継VLANタグ（B-TAG）、サービスインスタンスタグ（I-TAG）があります。サービスインスタンスタグは、通信事業者が個々のお客さまを識別し論理的に分離するための、サービスインスタンス識別子（I-SID）を持ちます。

IEEE802.1ahのネットワークでは、お客さまの拠点から送られてきたイーサネットフレームは、まず通信事業者が管理する発信側の収容スイッチが受信します（図4）。この収容スイッチは、受信したポート番号からお客さまに対応するサービスインスタンス識別子を判定します。次に、サービスインスタンス識別子ごとの転送テーブルを、イーサネットフレームの宛先アドレスを



キーに検索し、中継宛先アドレスと中継VLAN識別子 (B-VID) を決定します。收容スイッチはIEEE802.1ahのMACヘッダを、受信したイーサネットフレームの先頭に付与することでMac-in-Macカプセル化し、中継網へ転送します。カプセル化されたイーサネットフレームは、中継網を経て着信側の收容スイッチに到着します。着信側の收容スイッチは、イーサネットフレームのサービスインスタンスタグ内のサービスインスタンス識別子を参照後、発信側の收容スイッチで付与されたMACヘッダを除去し、サービスインスタンス識別子に該当するお客さまのポートにだけ出力します。

IEEE802.1ahの技術的なポイントは次のとおりです。

- (1) 超多数のお客さまを收容
24 bitのサービスインスタンス識別子の導入により、1,000万以上のお客

さまの收容が可能となります。また広域イーサネットサービスをIP VPNなど他サービスのアクセス回線として用いて、多数のアクセス回線ごとにサービスインスタンス識別子を割り当てたり、単独のお客さまが複数のサービスインスタンス識別子をご契約いただいて、音声やデータなど用途によってネットワークを使い分けるなど、広域イーサネットサービスの利用の幅を広げることが可能となります。

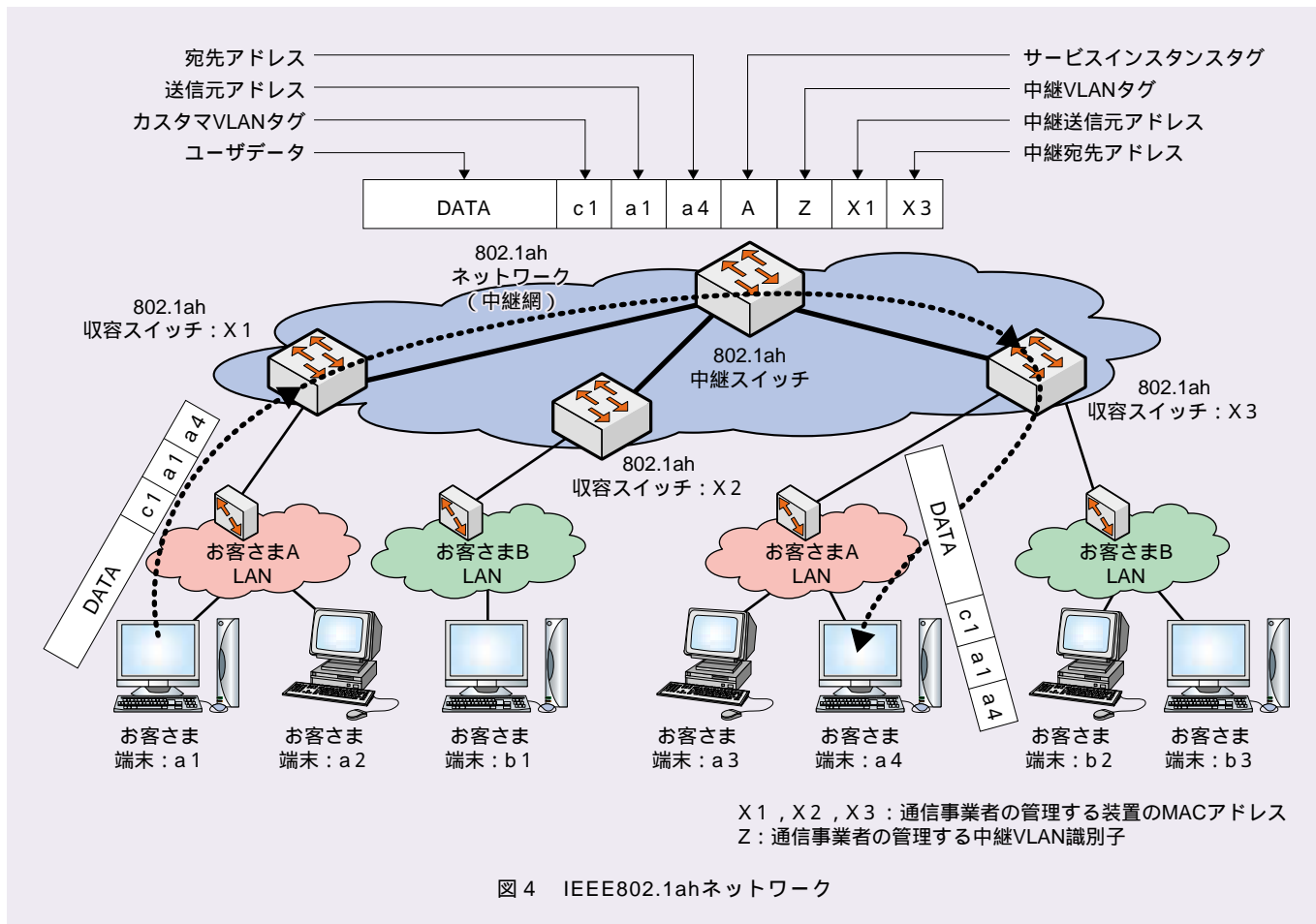
- (2) 転送テーブルの処理負荷の軽減
IEEE802.1ahでは、中継網内のスイッチは中継宛先アドレスを参照し、お客さまの端末が付与した宛先アドレスを参照しません。そのため、中継網内のスイッチの転送テーブルでは、中継網内の装置の少数のMACアドレスだけを扱えばよいため、処理負荷が軽減されます。

- (3) 中継VLAN識別子による柔軟な制御

従来のIEEE802.1adでは、お客さまを区別するためにサービスVLAN識別子を用いていましたが、ネットワークが大規模化し收容するお客さまの数が増えると、複数のお客さまを一括してQoSや経路を制御したい、という要望が出てきました。IEEE802.1ahでは中継VLAN識別子によって、複数のサービスVLANを束ねて制御するなど、通信事業者が柔軟にトラヒックを束ねて制御することが可能となります。

- (4) フレーム形式の後方互換性

Mac-in-Macカプセル化と中継VLANタグの導入により、IEEE802.1ahのイーサネットフレームの先頭から16オクテット (1オクテットは8bitに相当) は、IEEE802.1Qで定義されたVLANタグ付きのフレームと同形式になっています。そのため



IEEE802.1ahの中継スイッチには、従来のIEEE802.1Q対応スイッチの転用が可能です。

(5) IEEE802.1D/Qと

IEEE802.1adを収容可能

IEEE802.1ahの収容スイッチは、お客さまのネットワークで一般的に使われているIEEE802.1D/Q形式と、現在の広域イーサネットサービスで使われているIEEE802.1ad形式の両方を収容することができます。またIEEE802.1adを収容する際は、IEEE802.1ahの収容スイッチにIEEE802.1adのサービスVLAN識別

子とIEEE802.1ahのサービスインスタンス識別子の対応関係を設定することで、1つの物理ポートで複数のお客さまを多重化して収容し、従来の広域イーサネットサービスとのシームレスな相互接続が可能となります。

(6) 拡張マルチキャストブルーニングによるフラッディング抑制

今後、マルチキャストの利用が増えると予想されていますが、イーサネットではこれらのフレームをネットワーク内で複製するため、ネットワーク帯域やスイッチの利用効率が悪くなり、正常な通信が阻害されるおそれがあります。

IEEE802.1ahでは発信側の収容スイッチで転送経路を計算し、中継宛先アドレスを特定のマルチキャストアドレスに決定し、中継網内のスイッチはそのマルチキャストアドレスから必要な経路へだけ転送することで、カスタムVLAN単位のマルチキャストブルーニングが可能となります。

(7) 中継網内の送信元アドレス監視によるループ検知

イーサネットでは、ネットワーク内の経路にループが生じるとトラフィックが爆発的に増加するとともに、スイッチ内の転送テーブルが混乱し、正常な通信

表 IEEE802.1adとIEEE802.1ahの比較

	IEEE802.1ad	IEEE802.1ah
収容可能なお客さま数	4 094	1 000万超
転送テーブルの処理負荷	重い	軽い
トラフィックの柔軟な制御	不可能	可能
カスタムVLAN単位のマルチキャストブルーニング	不可能	可能
中継網ループ検知	不可能	可能
ユーザFCS透過転送	不可能	可能

標準化の流れと今後の予定

IEEE802.1ahの標準化は、2004年7月のIEEE802全体会合における、IEEE802.1ワーキンググループでMac-in-Mac方式の標準化の議論を行うことが決定したことにより始まりました（図5）。昨年3月にIEEE802.1ahのドラフト第0.1版が出され、以後昨年未までに、NTT情報流通プラットフォーム研究所を中心にフレーム形式やマルチキャストブルーニングなどの主要な技術提案が行われ、大筋のコンセンサスが形成されました。

今後は、細かな技術仕様の記述や修正などが行われ、本年11月のスポンサー投票で実質的な標準化作業を終了する予定です。その後編集上の修正などを経て、最終的な標準化は2007年3月を予定しています。

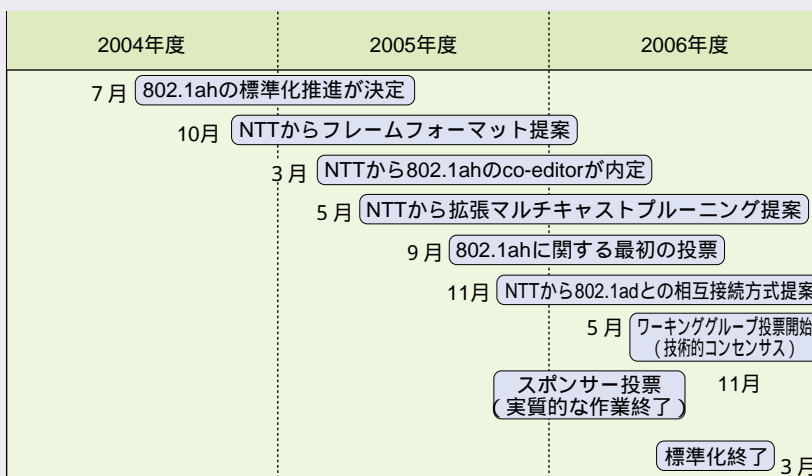


図5 IEEE802.1ah標準化の流れ

が困難になります。IEEE802.1ahでは、収容スイッチが受信したフレームの送信元アドレスを監視し、自分のアドレスと同一の場合はループと判定することで即時ループ検出が可能となります。

(8) FCS透過転送モードのサポート
収容スイッチでお客さまの拠点から送られてきたイーサネットフレームをカプセル化する際に、元のFCS（フレームチェックシーケンス）を保存し透過的に転送することができます。これに

より収容スイッチ内のカプセル化、デカプセル化処理の際にデータがビットエラーを起こした場合でも、確実にエラー検出することが可能となります。

以上の項目をIEEE802.1adとIEEE802.1ahで比較した結果を表に示します。IEEE802.1ahは公衆サービスとしての信頼性とスケールビリティを備えた、安心・安全な広域イーサネットサービスを提供する技術といえます。



（左から）鈴木 宗良 / 波戸 邦夫 / 丸吉 政博

プロバイダ基幹ブリッジをはじめとする広域イーサネット関連技術の標準化は、今後もNTTグループ各社の要望を取り入れながら、NTT情報流通プラットフォーム研究所が積極的に推進していきます。