

Cisco IPv6 Solution July 2002



Cisco IPv6 ソリューション

2002年7月版

シスコのIPv6への取り組み ————— P.1
新たな付加価値をもたらす
IPv6サービスの導入 ————— P.2

ブロードバンドアクセスソリューション — P.3~5
バックボーンソリューション ————— P.6
シスコIPv6エンドトゥーエンドネットワーク— P.7



シスコのIPv6への取り組み

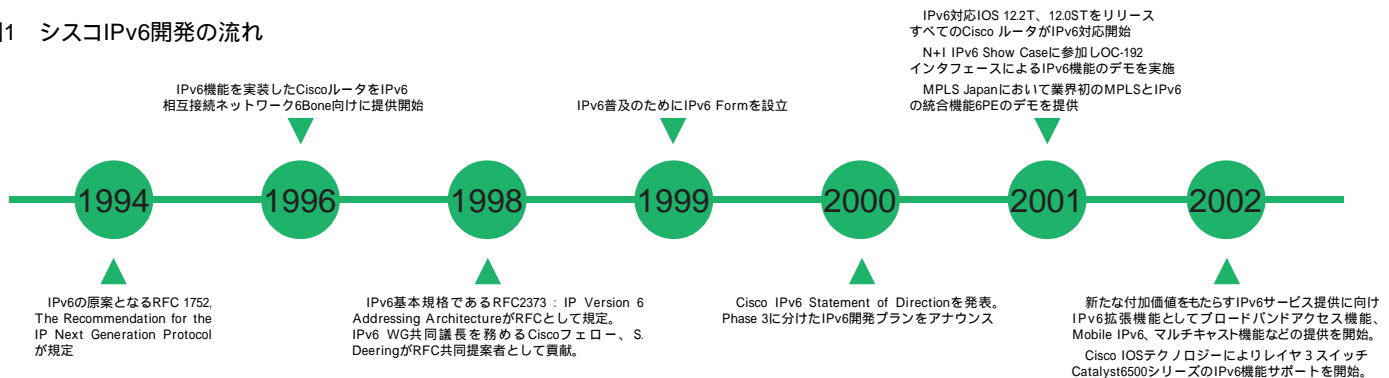
シスコのIPv6への取り組み

シスコは、次世代インターネット技術として検討されてきたIPv6テクノロジーへ当初からIETFにおける仕様検討コアメンバーとして積極的に関わり、アドレスアーキテクチャーやルーティング技術仕様などのIPv6基本機能の開発と標準化に大きな貢献をしてきました。

IETF IPv6 WG (Working Group)の共同議長を務めるシスコフェローのSteeve Deeringが、業界のテクノロジーリーダーと共にIPv6の発展に貢献する一方で、1996年にはルータベンダーとして業界に先駆けてIPv6機能の提供をCisco IOS(R)ソフトウェアで開始し、ワールドワイドのIPv6テストベッドネットワーク6Boneの構築をサポートしてきました。導入に向けた相互接続検証を目的とした6Boneプロジェクトを通じて多くのネットワークエンジニアがシスコのルータを利用してIPv6機能の検証を行い運用、導入に関するノウハウを蓄積しています。共同議長としてシスコのTony Hainが参加するIETF Next Generation Transition (ngtrans) WGが、これらIPv6導入・移行技術を検討しています。

シスコは、IPv6の基本仕様の標準化仕様と導入に向けた移行技術の

図1 シスコIPv6開発の流れ



開発を含めた総合的なIPv6発展を推進し、現在もブロードバンドアクセスやモビリティエリアなどIPv6拡張機能の実現に向けて活発な提案を行っています。

シスコルータのIPv6サポート

2001年には商用向けIPv6機能をサポートしたCisco IOS(12.2T、12.0ST)をリリースし、ハイエンドギガビットルータCisco12400シリーズからブロードバンドアクセスルータCisco800シリーズまでのシスコルータすべてがIPv6対応となりました。

また、業界初のIPv6とMPLSバックボーンを統合してIPv4/IPv6を同時に運用可能とするIPv6 Provider Edge Router機能(6PE)のリリース、OSPFv3、IS-ISなどの大規模なIPv6ネットワーク構築に必要なルーティングプロトコル機能の対応などコア・バックボーンエリア、ブロードバンドアクセスエリアへのIPv6機能の拡張を行ってきました。すでに、オランダの研究機関によるプロジェクト、SURFnet5 や欧州最大のIPv6インターネットプロジェクト、6NET にシスコのハイエンドルータが採用されるなど、ワールドワイドでのIPv6ネットワーク導入、運用に貢献しています。

IPv6関連の主なRFCとインターネットドラフト

・プロトコル	
Internet Protocol Version 6 (IPv6) Specification:	RFC 2460
Path MTU Discovery for IP Version 6:	RFC 1981
IP Version 6 Management Information Base for TCP:	RFC 2452
Internet Control Message Protocol (ICMPv6) for the IPv6 Specification:	RFC 2463
・IPv6アドレスタイプ	
IP Version 6 Addressing Architecture:	RFC 2373
An IPv6 Aggregatable Global Unicast Address Format:	RFC 2374
Format for Literal IPv6 Addresses in URL's:	RFC 2732
IPv6 Multicast Address Assignments:	RFC 2375
・オートコンフィギュレーションとリナンバリング	
Neighbor Discovery for IP Version 6 (IPv6):	RFC 2461
IPv6 Stateless Address Autoconfiguration:	RFC 2462
Router Renumbering for IPv6:	RFC 2894
・ルーティングプロトコル	
RIPng for IPv6:	RFC 2080
OSPF for IPv6:	RFC 2740
Routing IPv6 with IS-IS: draft-ietf-isis-ipv6-02.txt	
Multiprotocol Extensions for BGP-4:	RFC 2858
Use of BGP-4 Multiprotocol Extensions for IPv6 Interdomain Routing:	RFC 2545

新たな付加価値をもたらすIPv6サービスの導入

IPv6導入の必要性和課題

IPv6の導入によりインターネットサービスの利用範囲が情報家電、PDAなどのノンPCデバイスにまで広がることが期待されており、ブロードバンドアクセスサービスやワイヤレスLANなどのモバイルアクセスサービスとIPv6ネットワークをインテグレーションしIPv6プロトコルのメリットを最大限に生かした新しいサービスの展開が重要な課題となっています。

IPv6プロトコルはIPアドレス空間の拡張のために単にアドレス部分のフィールドが広がっただけでなく、IPレベルのモビリティ機能やIPv6対応機器がわずらわしい設定なしに、簡単にネットワークに接続させるためのアドレス割り当ての機能などIPv4とは異なる新たな機能をサポートしています。

このためIPv6サービスの導入にあたっては従来のアプリケーションをIPv6ネットワーク上で再現するのではなく、IPv6プロトコルが持つネットワーク機能を積極的に利用したこれまでとは異なる新しいネットワークサービスの利用環境を構築することが求められています。

シスコIPv6ソリューションの特徴とメリット

シスコIPv6ソリューションは、新規のIPv6ネットワーク構築に対応するだけでなく、既存のブロードバンドネットワークにIPv6ネット

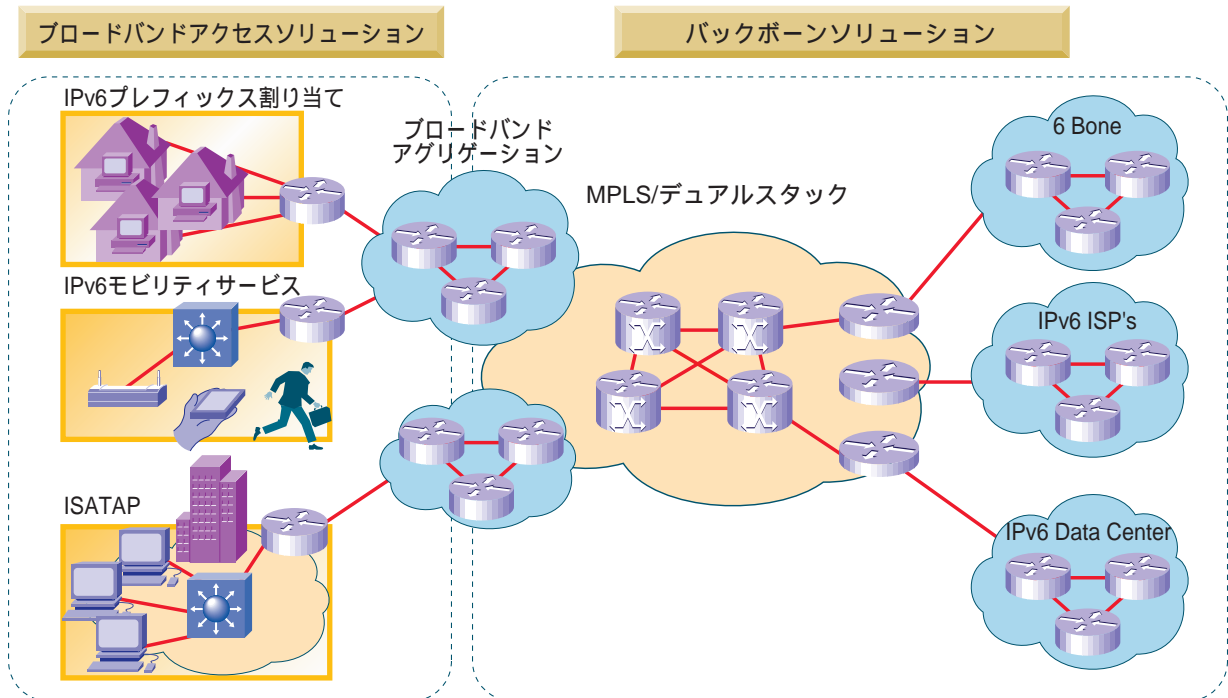
ワーク機能をインテグレーションして、新たな付加価値をもたらすためにIPv4とIPv6の同時運用がスムーズに行えるように開発されている点が大きな特徴です。

IPv6の導入にあたっては図2に示すようにバックボーンネットワークのIPv6対応およびADSL / FTTHなどのブロードバンドアクセスを集約する部分のIPv6機能拡張が必須となります。さらにワイヤレスLANなどの無線アクセス技術を利用したモバイルインターネットサービスの普及に伴い、IPv6対応端末が自身のホームネットワークを離れ、移動した先のネットワークにおいてもIPレベルでの接続性を確保しどこにおいてもエンドツーエンドの通信を可能とするために、IPv6モビリティ機能のサポートが欠かせない状況になっています。

本誌ではIPv6の普及段階でかかすことのできないブロードバンドアクセスソリューションとバックボーンソリューションに焦点をあて各ソリューションの特徴とそれを実現するために必要となるIPv6ネットワーク機能の基本技術を解説していきます。

ブロードバンドアクセスソリューション
バックボーンソリューション

図2 シスコIPv6ソリューション



ブロードバンドアクセスソリューション

ホームルータへのIPv6プレフィックスの割り当て

プラグアンドプレイ機能

ADSL / FTTHなどのブロードバンドアクセスによりIPv6アドレスの利用が可能になると一般家庭からもIPv6ネットワークに接続することができるようになり、ホームルータに複数のIPv6対応機器（情報家電、IP電話、モバイル端末など）をつないでピアトゥピアのアプリケーションを使うというような利用形態が普及していくと考えられています。

家庭内のIPv6機器はプラグアンドプレイ機能により、電源を入れて家庭のホームルータに接続するだけでIPv6アドレスが自動的に設定され、すぐに通信できるようになります。

IPv6プレフィックスの割り当て

プロバイダーからのIPv6アドレスの割り当て方法は、一般家庭にIPv6対応の機器が複数接続されることを想定してIPv6プレフィックス部分を割り当てる方式が検討されています。IPv6アドレスの下位64bit部分は各IPv6対応機器が持つインターフェースID（例：MACアドレスから生成）が割り当てられ、上位64bitのプレフィックス部分はプロバイダーから割り当てられることとなります。（「IPv6アドレスの構成」を参照）

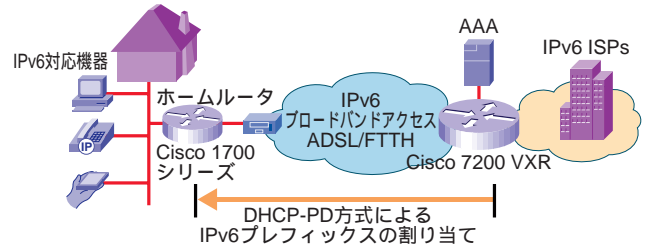
プロバイダーから割り当てられたプレフィックスは家庭のホームルータからさらに家庭内のIPv6対応機器に通知され、IPv6対応機器は

自身のインターフェースIDと組み合わせてIPv6アドレスを自動設定することができます。

シスコではプロバイダーからユーザにIPv6プレフィックスを自動的に割り当てる方式として、DHCPv6を拡張したDHCP-PD方式で実現することを検討しており図3の構成にあるようにCisco7200VXRブロードバンドアグリゲーションルータからホームルータ（Cisco1700シリーズなど）にIPv6プレフィックスを割り当てる機能の提供を開始いたします。

シスコルータで提供するDHCP-PD方式はシスコエンジニアからIETF提案されている、IPv6 Prefix Options for DHCPv6 : draft-troan-dhcpv6-opt-prefix-delegation-01.txtをベースにしています。

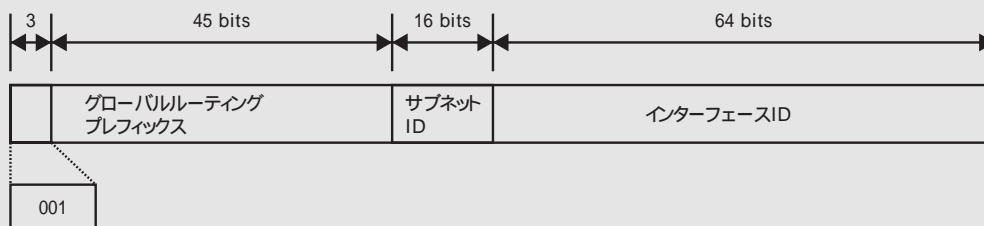
図3 IPv6ブロードバンドアクセスサービスの構成



IPv6アドレスの構成

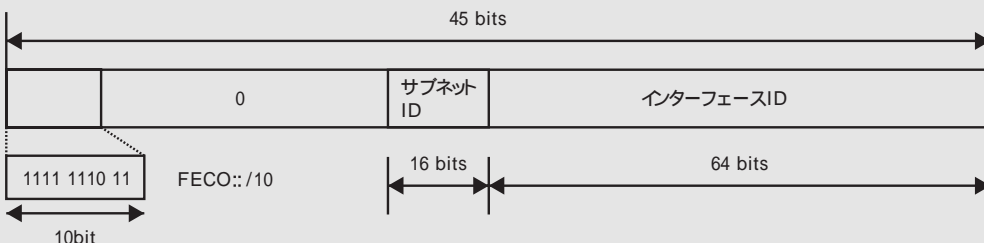
IPv6 グローバルユニキャストアドレス(IPv6 Global Unicast Address)

IPv6グローバルユニキャストアドレスはIPv4のグローバルユニキャストアドレスに相当し、上位64bitのプレフィックス部分と下位64bitのインターフェースID部分の合計128bitで構成されています。固定プレフィックス2000::/3 (001)はグローバルIPv6であることを示します。



IPv6 サイトローカルユニキャストアドレス(IPv6 Site-Local Unicast Address)

IPv6サイトローカルユニキャストアドレスはIPv4アドレスのプライベートアドレス（10.0.0.0/8、172.16.0.0/12、192.168.0.0/16）に相当し、特定の範囲内での通信時に使用されます。IPv6ルータはソースアドレスまたはデスティネーションアドレスにサイトローカルアドレスが割り当てられたIPv6/パケットをサイトの境界を越えてフォワードしてはならないことになっています。





IPv6 モビリティサービスの導入

IPv6のモビリティ機能

IPv4ではモビリティ機能は追加機能として扱われていましたが、IPv6プロトコルでは当初からモビリティ機能が想定されており、情報家電、PDAなどのIPv6対応機器は、IETFにて標準化されている Mobile IPv6プロトコルによって移動先のネットワークにおいても設定を変えることなく通信を継続することが可能になります。IPv6でのモビリティ機能に関するインターネットドラフトの最新版は draft-ietf-mobileip-ipv6-17.txtです。

Mobile IPv6の基本動作

モバイルノード（移動するIPv6対応機器）はホームのネットワークを離れて移動すると、移動管理を行うホームエージェントに対し移動した先のネットワークを示す気付けアドレス(care of address)の登録処理を行います。

ホームネットワークのホームエージェントに気付けアドレス(care of address)が登録されているとモバイルノードは移動先のネットワークに接続されていると認識され、モバイルノード宛ての packets はホームのネットワークを経由して、登録されている気付けアドレス(care of address)にもとづき移動先のネットワークに転送されます。

モバイルノードのホームアドレスとモバイルノードが移動した先の気付けアドレス (care of address)の関連付けはバインディングと呼ばれ、ホームエージェントによって管理されます。

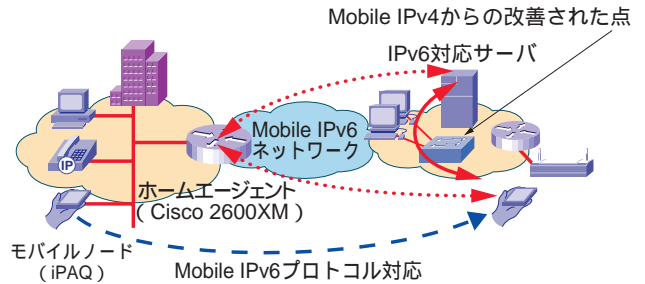
Mobile IPv6ではモバイルノードと対向するノードでバインディング情報をもつことが可能であれば、ホームネットワークを経由する

ことなくモバイルノードと対向するノード間で直接パケットのやり取りを行うことができます。これは Mobile IPv4 にはない追加的な規定です。(図4を参照)

シスコのモバイルソリューション

シスコは Mobile IPv6 ベースのホームエージェントをルータ基本ソフト Cisco IOS でサポートします (Cisco 7200VXR, Cisco 3600, Cisco 2600XM など) また ヒューレット・パッカート社が提供するモバイルノード (iPAQ Pocket PC) をインテグレーションし IPv6 モビリティネットワークを実現します。

図4 IPv6モバイルネットワークの構成



ホームエージェントを中継して移動先のモバイルノードとサーバ間で通信を開始した後、対向するサーバと移動先のモバイルノードはホームエージェントを中継せずに直接通信を行うことが可能となる。Mobile IPv4では移動先のモバイルノード宛ての packets はホームエージェントを中継してルーティングすることが必須であったが、Mobile IPv6では改善された。

企業向けIPv6導入シナリオ

ISATAPトンネル方式を利用するIPv6導入

ISATAP (Inter-Site Automatic Tunnel Addressing Routing Protocol) は IPv4 ベースの企業ネットワークにおいてルータの追加なしに IPv6 導入を可能にするトンネリング方式の1つです。

ISATAPでは機器に割り当てられたIPv4アドレスを128bitのIPv6アドレスの下位64bitのインターフェースID部分に割り当ててグローバルIPv6アドレスを生成し、このISATAPアドレスを使用しIPv4ネットワークをトンネリングで経路してIPv6機器どうしの通信を行います。(図5を参照)

ISATAPで使用するグローバルIPv6アドレスの下位64bitのインターフェースIDに相当する部分は、その上位32bitに特別な固定値 0:5EFE を割り当て、下位32bitにIPv4アドレスを割り当てインターフェースIDを構成します。IPv6アドレスの上位32bitにはIPv6プレフィックスを割り当て128bitのIPv6グローバルユニキャストアドレスを構成します。

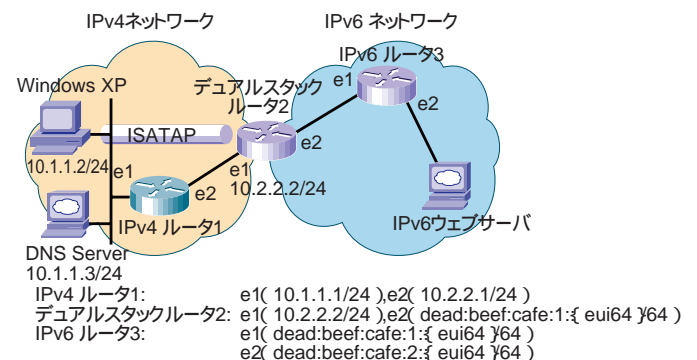
たとえば32bitのIPv4アドレスが192.168.99.1の場合にISATAPアドレスを生成すると、以下のようなアドレス値となります。

(例 3FFE:0B00:0C18:0001:0:5EFE:192.168.99.1)

ISATAPに関する詳細はインターネットドラフト Intra-Site Automatic Tunnel Addressing Protocol (ISATAP)

draft-ietf-ngtrans-isatap-04.txtを参照してください。

図5 ISATAPトンネルによるIPv6ネットワークアクセス





IPv6とIPv4の変換機能の必要性

プロトコル変換の必要性

ネットワークがデュアルスタック機能をサポートしていないケース、端末機器（情報家電、移動端末など）がIPv6にしか対応していないケース、あるいは端末機器にIPv4アドレスが割り当てられていないケースなど、何らかの条件によってIPv6のみで通信しなければならない場合に、IPv6機器とIPv4機器の間で通信を可能にするための変換メカニズムが必要になってきます。

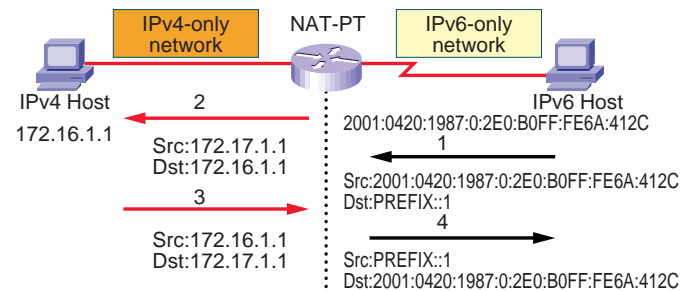
Network Address Translation-Protocol Translation

NAT-PTによるトランスレーション（変換）メカニズムはネットワークレイヤにおいてIPv4とIPv6のアドレス変換を行い、ネイティブIPv6ホストがネイティブIPv4ホストと通信することを可能にします。

NAT-PTはIPv6のみをサポートする機器がIPv4ホストやアプリケーションにアクセスするために有効な機能となります。しかしながら、NAT-PT機能を利用する場合はNAT-PT機能の障害や処理能力の低下によりネットワーク全体のボトルネックになってしまう危険

性やIPv4のNATと同様に、使えるアプリケーションの種類に制約が起こる可能性も考慮して運用していくことが必要になります。

図6 NAT-PT機能によるアドレス変換



IPv6ルーティングプロトコル

シスコルータがサポートする主なIPv6ルーティングプロトコルは以下のとおりとなります。

Routing Information Protocol

IPv6対応RIPngはRFC 2080にて規定されており、IPv4対応のRIP-2(RFC 1721 RIP version 2 Protocol Analysis)と同等機能を提供します。RIPngのIPv6対応拡張部分はIPv6アドレス、IPv6プレフィックスのサポートおよびIPv6ネクストホップのサポートです。

Open Shortest Path First Version 3

OSPFv3ではOSPFv2のほとんどの機能がサポートされています。OSPFv3での変更点は主にIPv6のアドレスサイズが大きくなったことに関連しています。OSPFv2はIPv4アドレスに非常に大きな関連付けを持っているためRFC2740 OSPF for IPv6の概要に示されているようにIPv6サポートのための変更が必要でした。

IS-IS Protocol

IPv6 IS-ISルーティングプロトコルは現在IETFドラフトとなっています。新たなIPv6ルーティング機能が既存のIS-ISプロトコルに追加されました。インターネットドラフトdraft-ietf-isis-ipv6-02.txt においてIPv6ルーティング情報の交換の方式が規定されています。IPv6ルーティング情報の交換はRFC1195で規定されているIS-ISルーティングプロトコルと同じ方式を用います。

Multiprotocol Border Gateway Protocol +

IPv6のマルチプロトコルBGPはEGPの1つで、IPv4のマルチプロトコルBGPと同等の機能を提供します。RFC 2545においてIPv6アドレスファミリーをサポートするためのマルチプロトコルBGPの拡張について記述されています。

Multicast

IPv6 Multicast関連の規定は以下のとおりです。

PIM-SM, PIM-SSM for IPv6 (<http://www.ietf.org/internet-drafts/draft-ietf-pim-sm-v2-new-05.txt>)
およびMLDv2 (<http://www.ietf.org/internet-drafts/draft-vida-mld-v2-02.txt>)

バックボーンソリューション

MPLSを利用したスケーラブルな高速IPv6バックボーンの構築

既存のMPLSバックボーンを利用するIPv6ネットワーク構築方法
既存のMPLSバックボーンを共有しIPv4サービスに影響を与えずに、IPv6ネットワークを新たに構築しIPv6とIPv4の同時運用を行うことが可能となります。

この方法は互いに離れているIPv6ネットワーク間をIPv4ベースのMPLSバックボーンを共有してIPv6パケットを中継するもので、IPv6パケットはラベルに基づきMPLSバックボーン上でフォワーディング処理されるため、ネットワークのエッジルータのアップグレードとコアルータの一部のコンフィギュレーションの変更のみで、効率的にIPv6ネットワークを構築することができます。またラベルに基づくフォワーディング処理はIPv6プロトコルに全く依存しないためIPv4と同等のパフォーマンスをもつ高速でスケーラブルなIPv6バックボーンを構築するためにバックボーンネットワーク部分にIPv6専用の追加的なハードウェアなどを必要としません。

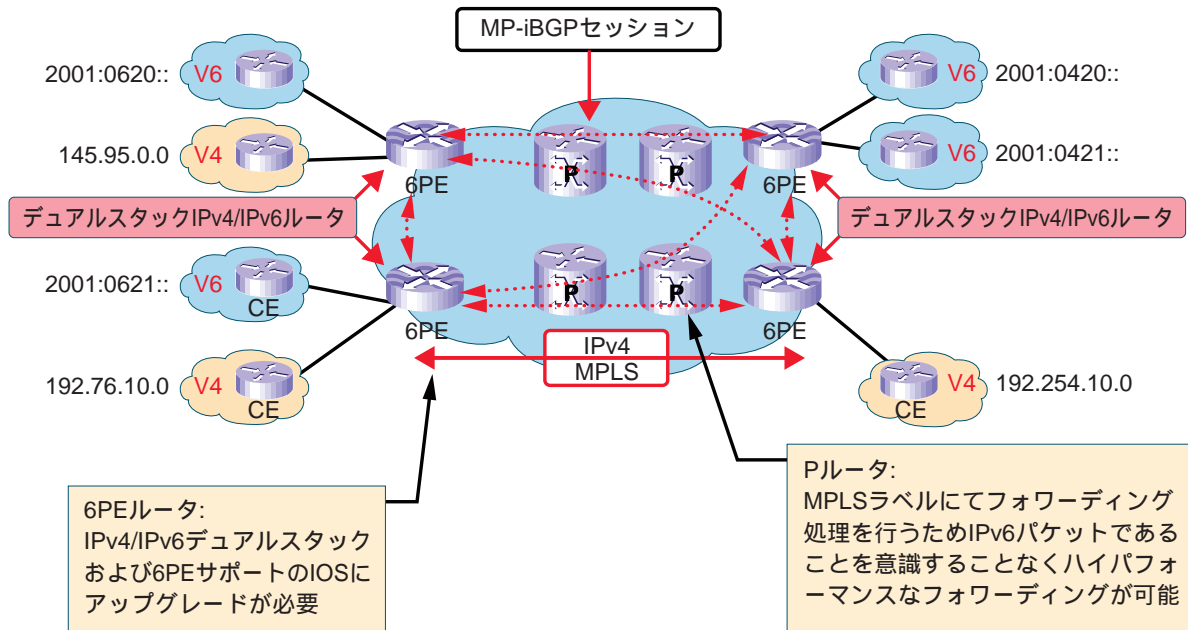
さらにMPLSのサービス機能として、従来からサポートしているVPN (Virtual Private Network)やトラフィックエンジニアリングサービスなどを利用しながらIPv6ネットワークも平行して同時に運用することが可能です。

MPLSエッジルータ向けIPv6対応機能

6PE (IPv6 on the Provider Edge Routers)

既存のMPLSバックボーンを共有してIPv6ネットワークを新たに構築するためには、MPLS PE(Provider Edge)ルータをIPv6とIPv4同時に対応するデュアルスタックPEルータへアップグレードし、さらに6PE (IPv6 on the Provider Edge Routers) と呼ばれるIPv6パケットをMPLSのラベルに対応付け処理するための機能を持たせることが必要となります。

図7 MPLSバックボーンを利用するIPv6ネットワーク構成



6PE対応にアップグレードしたPEルータを利用する一番の利点は、MPLSコアネットワークに対してソフトウェア、ハードウェアのアップグレードは必要としないことであり、既存のIPv4トラフィックに対する運用およびサービスに影響を及ぼすことなくIPv6ネットワークの導入を行うことができる点にあります。

6PEルータのインターフェースのコンフィギュレーションはIPv6パケットのみをフォワーディングをさせる、あるいはIPv4とIPv6の両方をフォワードさせるなど柔軟に設定が可能であり、IPv6ネイティブサービス、IPv4とIPv6を同時にサポートするデュアルスタックサービスの提供が可能となります。

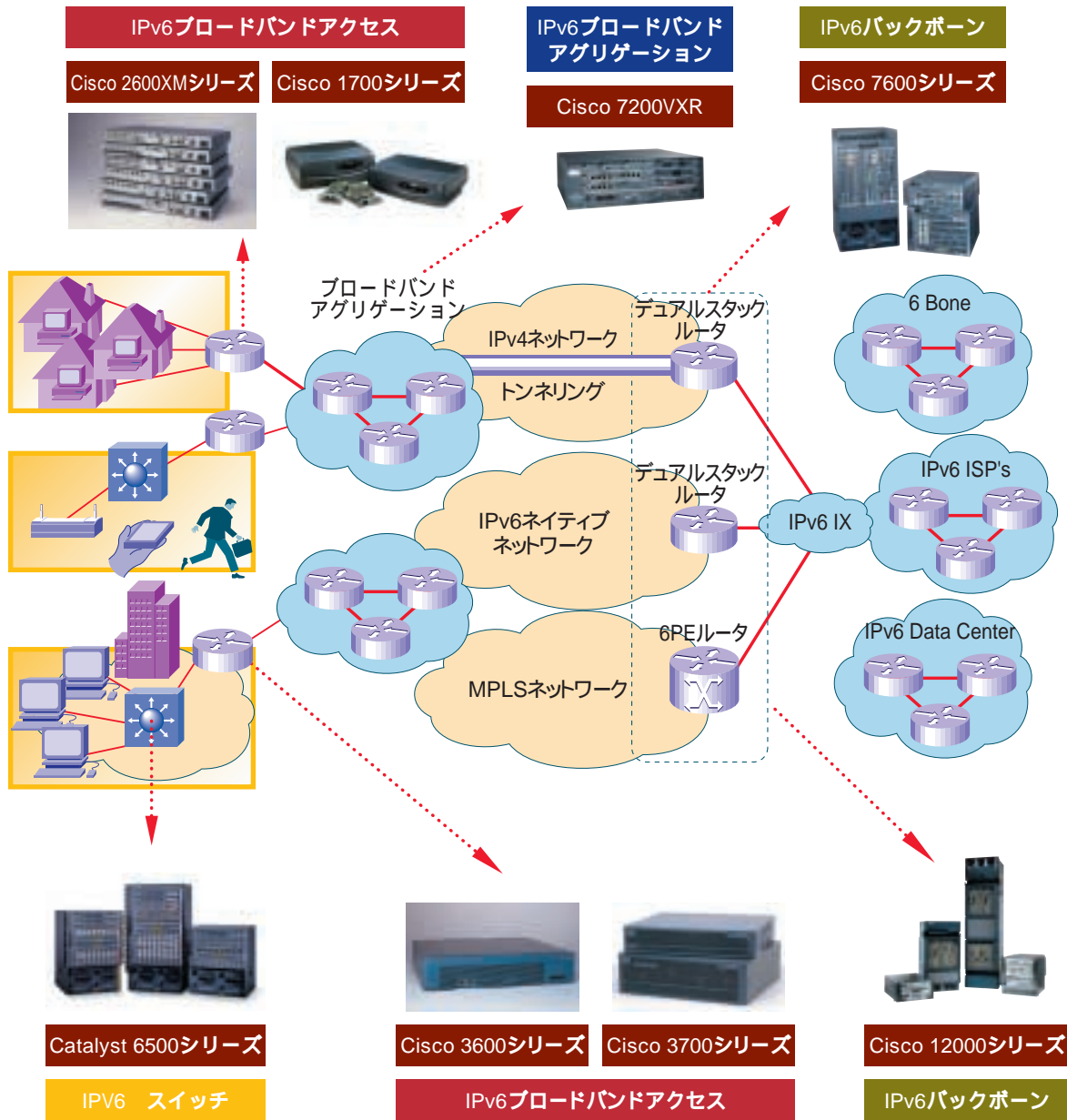
6PE間のIPv6パケットのルーティング情報はマルチプロトコルBGPによって通知され、6PEルータとMPLSコアネットワークに配置されるPルータとの間はOSPFなどの一般的なIPv4ルーティングプロトコルによってルーティング情報を交換します。

6PEルータによるIPv6パケット処理

6PEルータではIPv6パケットを2つのMPLSラベルによってキャプセレーションします。1番目のラベルはIPv6パケットをあて先6PEルータにフォワーディングするために使用されます。あて先の6PEルータのラベルはIPv4アドレスをもとにLDPまたはTDPによって使用するべきラベルが通知されます。2番目のラベルはマルチプロトコルBGP4を通じて、あて先のIPv6プレフィックスと関連付けられ、IPv6パケットのあて先の6PEルータが受信したIPv6パケットをIPv6ネットワークへフォワードする際に使用します。6PEに関する詳細な情報はインターネットドラフトdraft-ietf-ngtrans-bgp-tunnel-04.txtを参照願います。

シスコIPv6エンドトゥーエンドネットワーク

豊富なラインナップによるルータ・スイッチ製品で構成されるシスコIPv6エンドトゥーエンドネットワークはCisco IOSテクノロジーによる最新のIPv6ソリューションにより既存のIPv4ネットワークに対して多様なIPv6導入シナリオと付加価値の高いIPv6サービスの導入を実現いたします。



©2002 Cisco Systems K.K. All rights reserved.
 Cisco IOS, Cisco, Cisco Systems, およびCiscoロゴは
 米国およびその他の国におけるCisco Systems, Inc.の商標または登録商標です。
 その他、記載されている会社名、製品名は各社の商標、登録商標または登録サービスマークです。
 この資料の記載内容は2002年7月現在のものです。
 この資料に記載された仕様は予告なく変更する場合があります。



シスコシステムズ株式会社
 URL:<http://www.cisco.com/jp/>
 問合せURL:<http://www.cisco.com/jp/service/contactcenter/>
 〒107-0052 東京都港区赤坂2-14-27 国際新赤坂ビル東館
 TEL:03-6670-2992
 電話でのお問合せは、以下の時間帯で受付けております。
 平日 10:00 - 12:00 および 13:00 - 17:00

お問い合わせ先