

CATV網の IPv6対応の現状 ～IPv6 over Cable～



2008.11.26

シスコシステムズ合同会社

テクニカルコンサルティング

ケーブルテクノロジー

川島 誠一 (skawashi@cisco.com)

Agenda

- Cable ネットワークにおけるIP伝送
 - ❖ DOCSISとは？
 - ❖ Cable Labs
- DOCSIS3.0仕様概要
- DOCSIS3.0 におけるIPv6仕様概要
- Cisco Cable関連製品IPv6対応状況とロードマップ
- 北米におけるIPv6対応状況

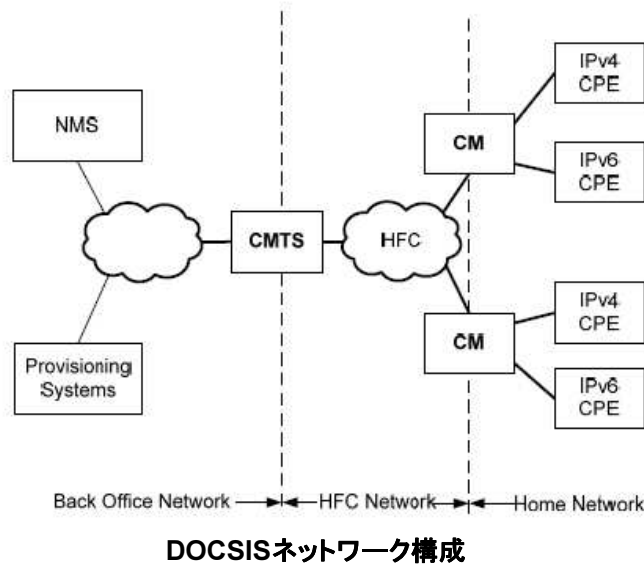
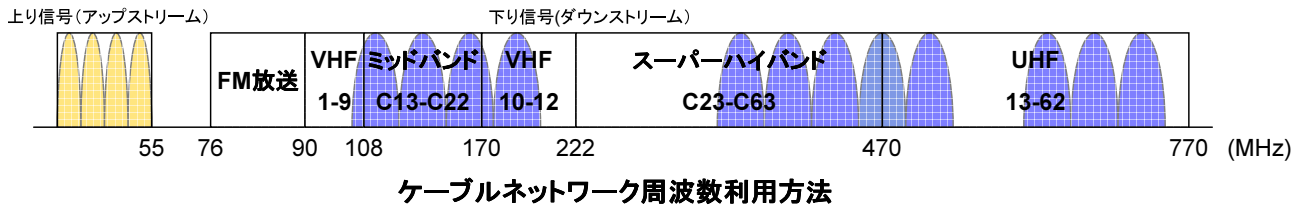
Cableネットワークに おけるIP伝送 DOCSISとは？



DOCSIS とは？

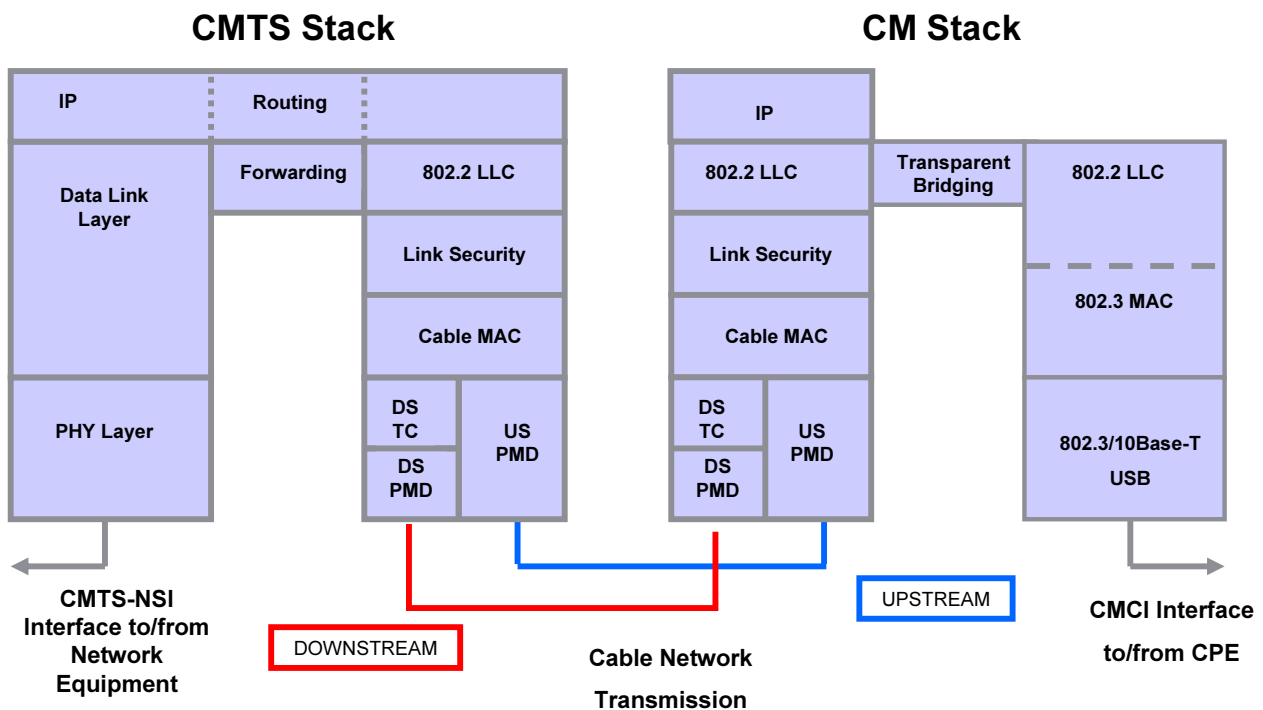
- Data Over Cable Service Interface Specificationの略。ケーブルネットワーク上でIP伝送サービスを行うために非営利団体Cable Labs[®]で策定された仕様
- 現在までDOCSIS1.0、1.1、2.0、3.0の4つのバージョンの仕様がリリース済み
- ケーブルネットワーク上の伝送に必要なRF仕様、MACレイヤー仕様、QoS仕様、ケーブルモデム認証仕様、セキュリティー、OSSを含む非常に幅広い仕様が、厳密に定義されており、異なるベンダー間のCMTS(Cable Modem Termination System)とCM(Cable Modem)の互換性を担保している。

DOCSIS とは？



DOCSIS とは？

DOCSIS プロトコルスタック



DOCSIS とは？

- **DOCSIS 1.0**

1997年12月にリリースされた最初のDOCSIS仕様。
ベストエフォートのデータ通信を行うことを主目的に作成された。

- **DOCSIS 1.1**

1999年にリリースされたDOCSIS1.0の改定版DOCSIS仕様
DOCSIS1.0に対し、VoIPを実施するためのQoSに関する
Enhancementが主に行われており、Layer2以上仕様の
追加/変更が主要な変更点

- **DOCSIS 2.0**

2001年にリリースされたメジャーバージョンアップされた仕様
主に上り方向の速度向上のための新たな変調方式の追加、
帯域幅の拡張と耐雑音性の向上のための仕様が追加された

DOCSIS とは？

- **DOCSIS 3.0**

2006年8月に第1版仕様がリリース。
DOCSIS2.0までと比較し、物理層、MAC層を含め大幅な仕様追加
改定が実施されている。

Cable Labs



© 2008 Cisco Systems, Inc. All rights reserved.

9

CableLabs



- CableLabs® は北米のMSO(Multiple Systems Operators)が中心となって設立した非営利団体
- Cable業界として必要な各種標準仕様をベンダー主導ではなくMSO主導で開発、策定する
- 仕様策定だけでなく、策定した仕様の異ベンダー間の接続を保障するために認証試験(Certification)を独自に実施
- DOCSISだけでなく、VoIPの仕様Packet CableやSTBの仕様Open Cable等も策定、認証試験を実施
- 策定した仕様は策定後、ITU、IETF、ANSI、SCTEといった標準化団体へ標準化のための提出

Cable Labs HP : www.cablelabs.com

DOCSIS3.0仕様 : www.cablelabs.com/specifications/doc30.html

© 2008 Cisco Systems, Inc. All rights reserved.

10

CableLabs — 現在のプロジェクト

Cable Modem/DOCSIS®/Embedded DOCSIS

ケーブルTVネットワーク上で高速データ通信を行うために、ケーブルモデムに必要なインターフェースを定義

PacketCable™

VoIPを含むリアルタイム・マルチメディアサービスを双方向ケーブルネットワーク上で行うための相互接続のためのインターフェース仕様の開発

CableHome™

家庭内及び小規模オフィスへの高品質なサービス提供をい行うためのデバイスに必要なインターフェース仕様の開発

OpenCable™

先進的なデジタルケーブルTVサービスのためのデバイスとリテール販路でのTV受信機での“プラグ&プレイ”でのサービス提供を可能とするための仕様の定義

Advanced Advertising

先進的なCMサービスを新たな収益源とするためのアクティビティ

VOD Metadata

複数のコンテンツ提供者から様々なネットワークを介してCable事業者にコンテンツのアセットを提供する方法の調査

DOCSIS3.0 仕様概要



DOCSIS3.0仕様書一覧

- ① **MULPI (I08)** (761ページ)
(Mac and Upper Layer Protocol Interface Specification)
- ② **PHY (I07)** (170ページ)
(Physical Layer Specification)
- ③ **OSSI (I07)** (807ページ)
(Operations Support System Interface)
- ④ **SEC (I08)** (225ページ)
(Security Specification)
- ⑤ **e-router (I03)** (58ページ)
(IPv4 and IPv6 eRouter Specification)

DOCSIS 3.0仕様概要

仕様書名	機能名	概要
MULPI	DS ボンディング	ダウンストリームQAMをチャンネルボンディングさせることによる下り方向速度の高速化
	US ボンディング	下りと同様に、アップストリームをチャンネルボンディングさせることによる高速化
	IPv6実装	ケーブルモデム、ユーザー端末双方に対するIPv6サービスの機能実装
	Multicast機能拡張	IP放送サービスを念頭におき、CATV事業者、サービス提供者が有効的にマルチキャストを使用するための機能実装
PHY	PHY	上り／下りの複数波同時送出(ボンディング)にかかる仕様変更 上り周波数帯域の拡大: 5-85 MHz まで可能に(オプション)
SEC	Security	セキュリティー機能の強化、AES暗号化の採用等
OSSI	Network Management	機能追加に係る、MIBの追加／改訂 CMの簡便な、かつ柔軟な管理方法の追加
e-Router	Embedded Router on CM	ケーブルモデムに内蔵されるルーターに関する使用、IPv6環境における仕様前提として各種機能の仕様を定義

DOCSIS 3.0 における認証テストについて (Certification/Qualification)

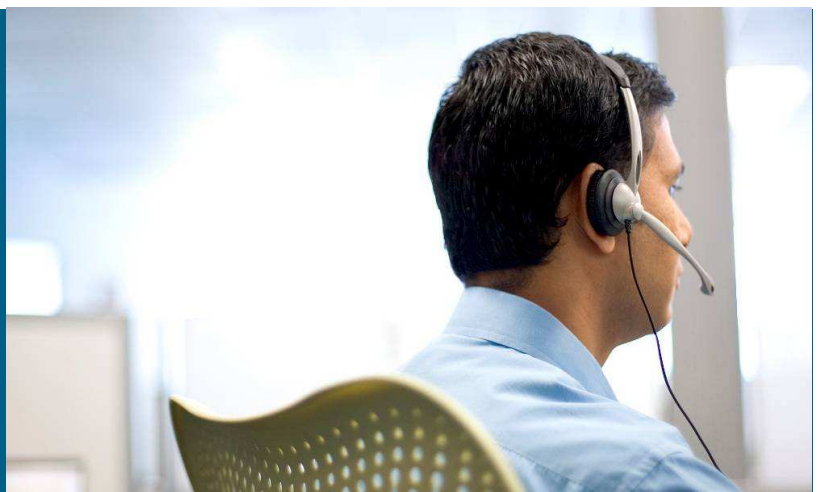
■ CMTS

- ✓ 期間限定ながら認定に3つのカテゴリを用意
 - Bronze (一部機能のみサポート、CW58(2008/2月)まで実施、2009年3月で期限切れ)
 - Silver (Bronze + α の機能のみサポート、CW64(200/11月)まで実施、2009年3月で期限切れ)
 - Full (全ての機能をサポート、期限に限定なし)
- ✓ 上記3つのカテゴリで認証テストを実施

■ CM

- ✓ 従来通りCW56から全ての機能のサポートが必須
 - Fullのみのカテゴリ

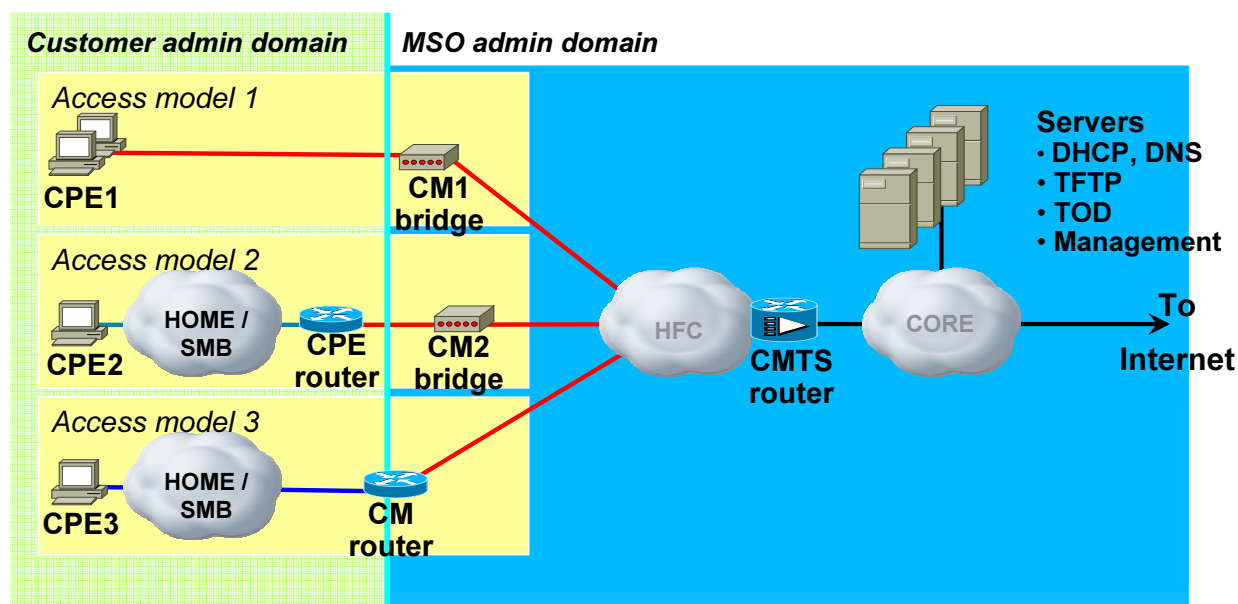
DOCSIS3.0
における
IPv6仕様



Motivations for IPv6 in DOCSIS 3.0

- DOCSIS3.0でのIPv6サポートの大きなモチベーションの一つとして、プライベートアドレス空間(RFC1918)の枯渇が上げられる。
 - 現状プロビジョニング・管理にプライベートアドレスを使用
 - 10.x.x.x/8は16millionのアドレススペースを持つ
 - いくつかのUSオペレーターでは複数デバイスや複数IPアドレス要求により、プライベートアドレスが不足している。
 - STBなどがDOCSISプロビジョニング使用することにより多くのIPアドレスが必要となる。
- Home間でのIPv6のコネクティビティを提供する

DOCSIS 3.x IPv6 Reference Architecture



- HFC link; assigned 2001:DB8:FFFF:0::/64 (mgmt)
- Customer 2 premises link; assigned 2001:DB8:2:1::/64
- Customer 3 premises link; assigned 2001:DB8:3:1::/64

Management prefix:	2001:DB8:FFFF:0::/64
Customer 2 prefix:	2001:DB8:2::/48
Customer 3 prefix:	2001:DB8:3::/48

Routers span customer and MSO administrative domains

IPv6 Features in DOCSIS 3.0

■ 導入Phase

Phase 1 -IPv6によるCM provisioning と管理が中心

Phase 2 - 残りのIPv6機能特にCPEへのサービス

例) IPv6 CPE provisioning と従来のIPv4と同等なIPv6 サービス(QoS、Filtering)

- IPv6ユーザーは個々のCPE(端末)ではなく、個々のネットワークを持つ
 - ・“Lightweight router”機能がeSAFE(embedded Service/Application Functional Entities)として定義
 - ・ユーザーは/48プリフィクスのネットワークをCM内蔵ルーターに対して、個々のネットワークとしてアサイン
- CM はIPv6でプロビジョニング、管理が可能
 - ・IPv4プライベートアドレススペース枯渇への対応
 - ・ユーザーはIPv4サービスを継続して享受可能(dual-stack network)
- DHCPv6 がMSOのIPv6アドレス管理要求を満たすアドレス配布方法として使用

IPv6 Features Phase 1

- DHCPv6でのプロビジョニング
 - CMとCPEに対するIPアドレス配布と設定は新たなオプションとしてDHCPv6を使用
- CMでのIPv6転送
 - CMはIPv6スタックを保有、全ての管理をIPv6で実施可能
 - IPv4トラフィックはCPEに対してブリッジ動作
 - IPv6でのプロビジョニングでFailした場合、IPv4にFall Back
- CMTSでのIPv6転送
 - IPv4に加え、IPv6の転送
 - DHCPv6のためのリレーエージェント機能

IPv6 Features Phase 2

- CMに内蔵された”e-Router”によりIPv4/IPv6データサービスを提供
- ユーザーネットワークへIPv6トラフィックを転送するための最小限のIPv6機能
- ユーザーネットワーク内のCPE運用に関するe-Routerの主な機能
 - ✓ DHCPによるステートレスアドレス配布
 - ✓ DNSプロキシ
 - ✓ DHCPv6-PDによるユーザーネットワークへのプリフィックス配布
 - ✓ MSOのMIBによるe-Routerの監視・管理

Theory of Operations: DOCSIS 3.0

- CMTS はブリッジ(従来通り)もしくはルーティングモードで動作可能
- CM 管理は下記のモードで動作可能
 - ・IPv4 only mode
 - ・IPv6 only mode
 - ・Dual mode
- どのモードを使用するかはCMTSからMDDメッセージを使用して指示
 - ・CMがメッセージを受け取らなかった場合はDOCSIS2.0モードで動作

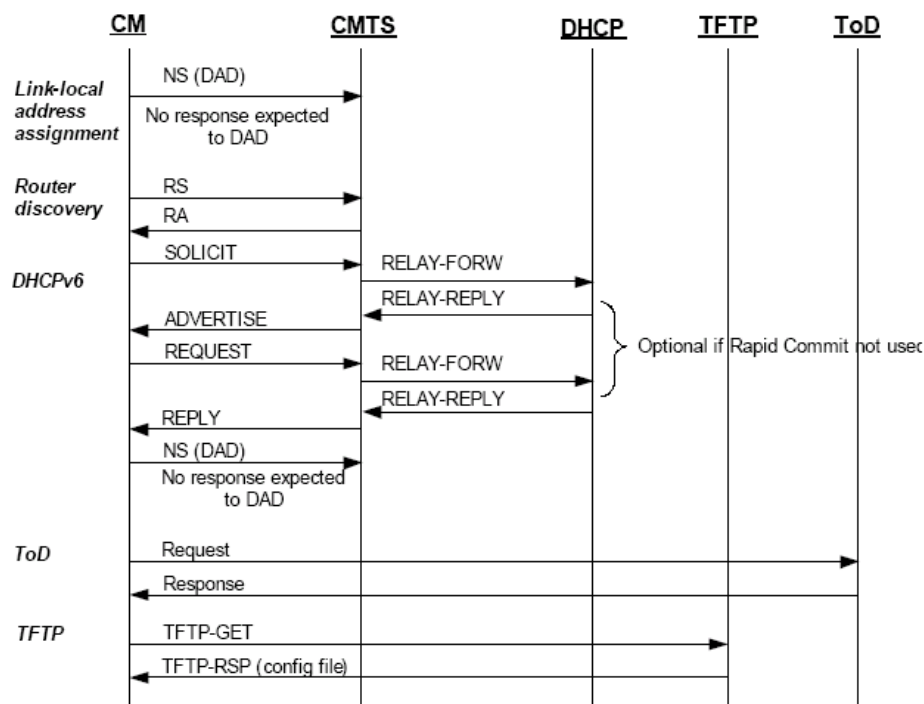
Dual Stack Management

- CM はMDDの指示に従い、Dual Stackを使用する。
- IPv4もしくはIPv6でRegistration後、もう一方のIPアドレスをDHCPを用いて取得
- MSOはCMをIPv4もしくはIPv6のSNMPで管理可能

Alternate Provisioning Mode (APM)

- プロビジョニングの信頼性改善のための実装
- CMは最初IPv6を優先的に使用し、provisioningを実施
- DOCSIS3.0 CMは必ずIPv6を最初に使用しなければならない仕様
- 仮にIPv6でprovisioningに失敗した場合は、IPv4を使用してprovisioningを実施

IPv6 Address Assignment



DOCSIS3.0 IPv6 Requirements

Function	Subject	Bronze	Silver	Full
IPv6	Basic IPv6 forwarding with static routes	✓	✓	✓
IPv6	DHCPv6 relay agent (unicast forwarding)	✓	✓	✓
IPv6	MDD msg to CM sets IP version, pre-reg DSID, dual-stack mode disabled, and alternate provisioning mode disabled	✓	✓	✓
IPv6	MDD msg to CM sets IP version, pre-reg DSID, dual-stack mode enabled, and alternate provisioning mode enabled		✓	✓
IPv6	CM registers in IPv4 or IPv6	✓	✓	✓
IPv6	Provide response to ND messages from CM	✓	✓	✓
IPv6	Support for IPv6 CPE traffic	✓	✓	✓
IPv6	Dn IPv6 SF classifiers		✓	✓
IPv6	Upstream Drop Classifiers		✓	✓
IPv6	IPv6 SubMgt filters		✓	✓
IPv6	Allow upstream IPv6 traffic from CMs only for operator provided IPv6 prefixes			✓

e-Router仕様

■ 組み込みIPv6ルータに対する要件

-IPレベルの要求

- IPv6 CPEホストからのND/RSのサポート
- IPv6パケットをフォワーディングする
- DNSアドレスのようなother configuration広報のサポート
- MLDv1およびMLDv2 Proxyサポート

-プロビジョニング・マネージメント要件

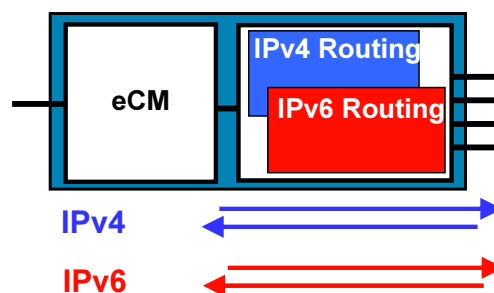
- ケーブルオペレーターのネットワークからIPv6管理アドレスを受け取る為のDHCPv6クライアント機能
- CPEホストの為のIPv6 Stateless Autonomous Auto-Configuration (SAAC) サポート
- CPEホストに対してのDHCP-PDとDHCPv6サーバー機能
- TFTPと他のプロトコル(HTTPなど)によるルータ設定のサポート
- IPv6ルータの機能を有効または無効にするIPv6 MIBとSNMPv3サポート

e-Router仕様(4つのモード)

■ CMのコンフィグファイルにより以下の4つのどれかのモードの選択が可能

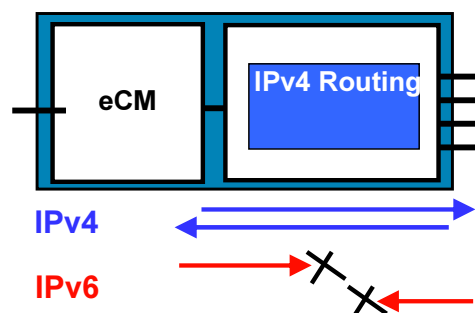
1)デュアルスタックルーティング

IPv4 と IPv6共にルーティング可能



2)IPv4オンリー

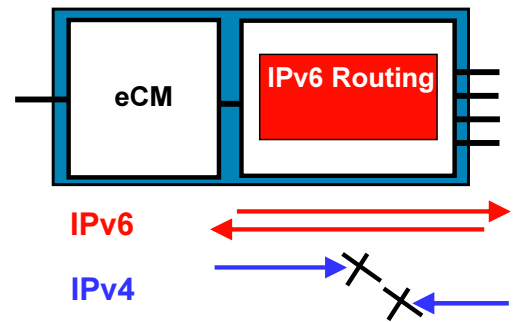
IPv4パケットのみ転送可能、IPv6パケットは破棄



e-Router仕様(4つのモード)

3) IPv6オンリーモード

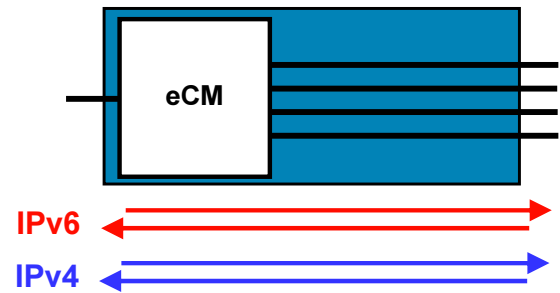
IPv6パケットのみ転送、IPv4パケットは破棄



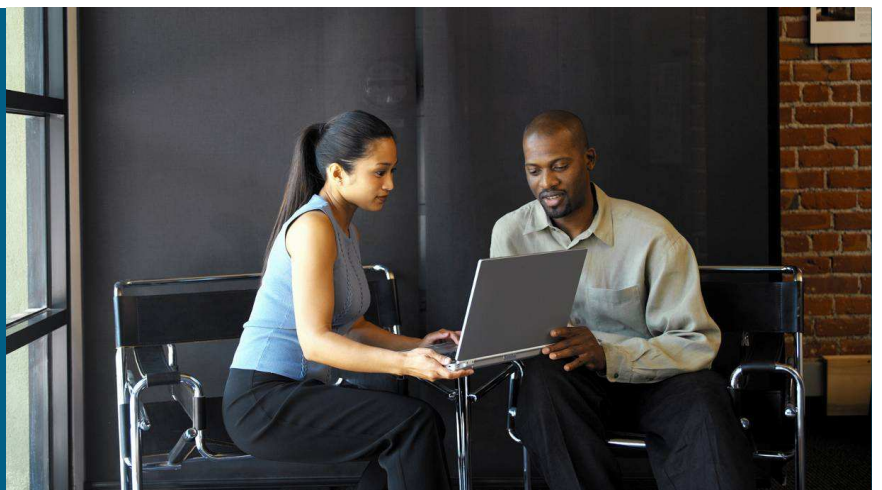
4) eRouter Disable

E-Routerとして動作せず、CMと同じくブリッジとして動作

コンフィグファイルのe-Routerの設定が入っていない場合のデフォルト動作



サービス展開シナリオ



ネットワーク管理からのIPv6サービス開始

メリット:

- 最小限のリソースでIPv4との共存ネットワークの構築／運用が可能
- 運用上の問題・課題の洗い出しやノウハウの蓄積、ツールの構築が少ない負担で獲得可能

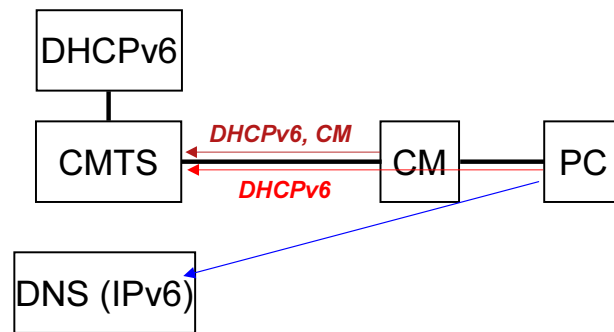
デメリット:

- 全てのネットワーク管理機器、ツールがIPv6をサポートしていない可能性が大

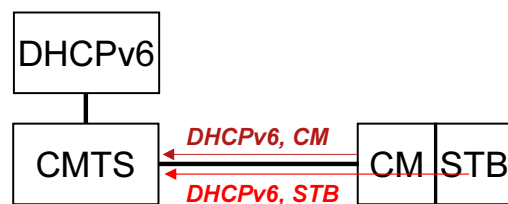
ユーザー側におけるサービス展開シナリオ

- PC直接接続
- CM内蔵STB
- EMTA + PC
- ホームゲートウェー

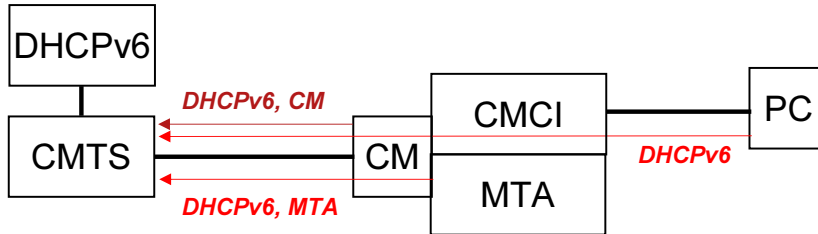
シナリオ 1: PC直接接続



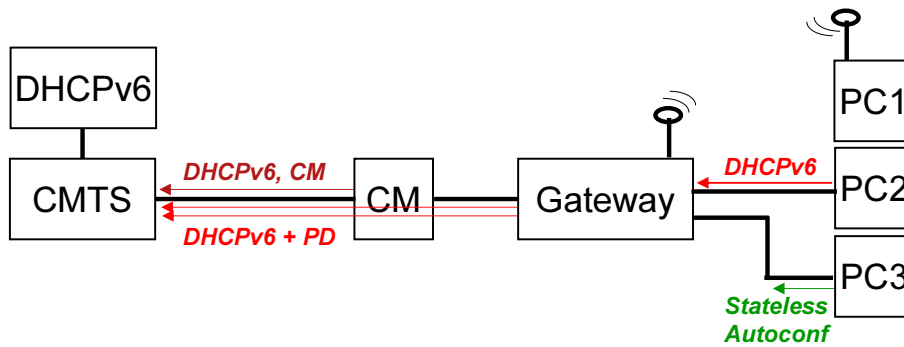
シナリオ 2: CM内蔵STB



シナリオ3: EMTA + PC



シナリオ4: ホームゲートウェー



Cisco Cable 関連 製品IPv6対応状況 とロードマップ



Industry's Broadest Platform Support



Cisco 12000 Series Routers

Cisco 10720 Series

Cisco IOS 12.4/12.4T

Cisco 800 Series Routers

Cisco 1700 Series Routers

Cisco 1800 Series Routers

Cisco 2600 Series Routers

Cisco 2800 Series Routers

Cisco 3600 Series Routers

Cisco 3700 Series Routers

Cisco 3800 Series Routers

Cisco 7200 Series Routers

Cisco 7301 Series Routers

Cisco 7500 Series Routers (EoL)

Cisco IOS-XR

CRS-1, Cisco 12000

Cisco IOS 12.2S family

Cisco ASR1000 series

Cisco 72/7300 Series Routers

Cisco 75/7600 Series Routers

Cisco 10000 Series Routers

Catalyst 3750/3560/2960 Series

Catalyst 4500 Series

Catalyst 6500 Series



Cisco Product Portfolio

**ASA Firewall (7.x), FWSM 3.1,
LMS 2.5, CNR 6.2, NFC 5.x, NAM
3.x,**

**MDS9500 series, Nexus 7000,
GGSN 7.0**

High Capacity Forwarding Cisco IPv6 Solutions

- **Cisco CRS-1**
OC-768, OC-48, 10GE and GE line cards
- **Cisco 12000 series**
Internet Service Engine 3 – up to 3.8Mpps per LC
Internet Service Engine 5 – Up to 16Mpps per LC
- **Cisco 10000 PRE2/PRE3/PRE4**
- **Cisco ASR 1000 series**
- **Cisco 7600 and Catalyst 6500 series**
Sup. Engine 720, 720-3BXL, 32W, 32/PISA, RSP
– up to 200Mpps (EANTC report)
IPv6 tunneling—Configured, Automatic, 6to4 and ISATAP tunnels in hardware
- **Nexus 7000 series, MDS 9500 series**
- **Catalyst 4500 series**
Supervisor Engine 6E
- **Catalyst 3750/3560 & 3750E/3560E series**



© 2008 Cisco Systems, Inc. All rights reserved.

39

Cable関連IPv6対応製品

- **CMTS**
uBR10012(PRE2) : 12.2(33)SCA以降
uBR7246VXR(NPE-G1) : 12.2(33)SCA以降
uBR7225VXR(NPE-G1) : 12.2(33)SCA以降
- **DHCP/TFTP**
CNR 6.2以降(Latest CNR7.0.1)
Broadband Access Center 4.0以降
- **Cable Modem**
DPC3000
DPC2505



© 2008 Cisco Systems, Inc. All rights reserved.

40

CMTS IPv6 機能@ 12.2(33)SCA



CMTS IPv6 機能@12.2(33)SCA (1)

- DOCSIS3.0のBronze準拠の機能をサポート
 - uBR10012/PRE2
 - uBR7246VXR/NPE-G1/G2
 - uBR7225VXR/NPE-G1
- IPv6 ブリッジモデムのsingleとdual-stack modeでのサポート
- CM及びCMに直接接続されたCPEに対してはIPv6 SLAAC (stateless address auto configuration)はDOCSIS3.0仕様に従い使用されない
- IPv4-only もしくは IPv6-only CPE's をサポート。Dual-stack CPE については現状は非サポート (次リリース以降でサポート予定)

CMTS IPv6 機能@12.2(33)SCA (2)

- CMの link-local アドレスのEUI64 compliance 確認をサポート
- IPv6 source-verify サポート – new CLI
- 1クライアント(CM、CPE)につき1DHCPv6アドレスのみをサポート DHCPv6 responseに複数のDHCPv6アドレスが含まれる場合は、DHCPv6 responseをCMTSでdrop
- IPv6 Syslog server サポート
- “show cable modem”コマンドのIPv6対応拡張

How to determine if CM is IPv6 enabled?

```
ta-vxr1#scm
```

MAC Address	IP Address	I/F	MAC State	Prim Sid	RxPwr (dBmv)	Timing Offset	Num CPE	B D P I
0018.6835.27b3	50.3.37.76	C4/0/U2	online	1	1.00	1379	0	N N
0019.474a.c14a	---	C4/0/U2	online	2	0.00	1384	0	N N
0007.0e03.6851	50.3.37.36	C4/1/U1	online	1	0.50	2008	0	N N
0007.0e01.b085	50.3.37.34	C4/1/U1	online	2	0.00	3077	0	N N
0018.6835.27aa	---	C4/1/U1	online	3	-0.50	1534	0	N N

```
ta-vxr1#scm ipv6
```

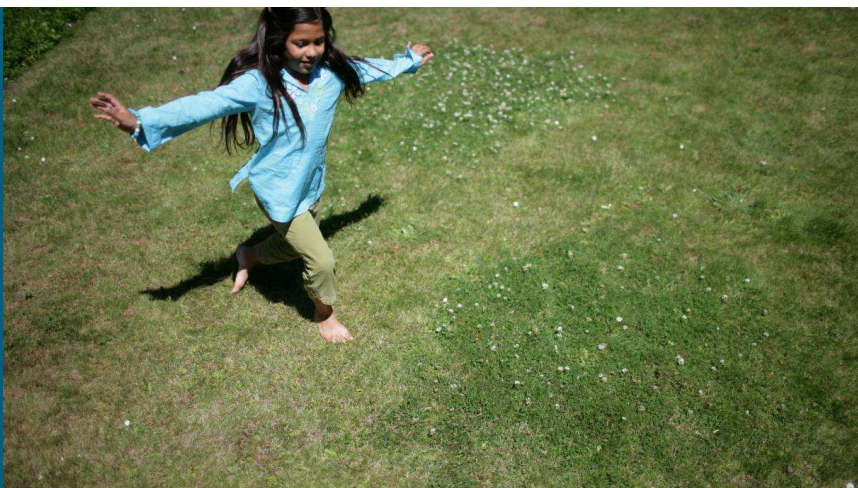
```
Device Type: B - CM Bridge, R - CM Router
```

```
IP Assignment Method: D - DHCP
```

MAC Address	Type	Interface	Mac State	D/IP	IP Address
0018.6835.27b3	B/D	C4/0/U2	online	N	---
0019.474a.c14a	B/D	C4/0/U2	online	N	2001:420:3800:809:A896:1431:75EA:5EA1
0007.0e03.6851	B/D	C4/1/U1	online	N	---
0007.0e01.b085	B/D	C4/1/U1	online	N	---
0018.6835.27aa	B/D	C4/1/U1	online	N	2001:420:3800:809:E97D:2986:9F37:FFE

```
ta-vxr1#
```

北米における IPv6対応状況



北米MSOの状況

- 殆どの北米MSOにおいて、IPv6への移行検討が行われ、Lab環境での検証が開始されている
- STB、EMTA等接続されるデバイスの数が急激に増えてきており、マネージメントのためのプライベートアドレスの枯渇が最大の懸案
- まずはCM(STB内蔵、EMTA含む)のネットワーク管理におけるIPv6 利用が開始される見込み
- CPEへのIPv6サービスは2010～2011頃からになると思われる

ComcastにおけるIPv6状況



- 北米最大のMSO
 - TV加入者数 : 2440万世帯(うちDigital 1680万)
 - インターネット : 1470万世帯
- CM管理用プライベートアドレススペースの枯渇
 - 10.x.x.x/8は16millionのアドレススペース
 - 172.16.x.x/12は1million
 - 192.168.x.x/16は65K
- Comcastで必要としているアドレス数は100万+

ComcastにおけるIPv6状況



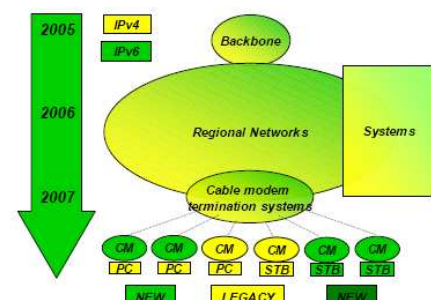
Table 10. Triple play effect on the use of IP addresses

	2005 high speed data	2006+ Triple Play
Cable Modem	1 (private)	1
Home Computer / Router	1	1
Voice adaptor (embedded Multimedia Terminal Adapter)	0	1-2
Set Top Box (STB) 0.2	0	2
Total number of IP addresses (assume 2.5 STB per household)	1-2	8-9

Source: Comcast - Nanog37: Managing 100+ million IP addresses.¹⁰⁵

- CoreネットワークのIPv6対応(Dual Stack化)は完了
- 徐々にアクセス側のIPv6化を進めて来ており、CMのManagementのIPv6化をフィールドトライアル中
- 既存加入者はIPv4のままで新規加入者にIPv6対応を実施予定

Figure 10. Comcast's deployment strategy



Source: Based on Comcast presentation at Nanog 37.

