

IPv6 ネットワーク構築 - IPv6 設定ノウハウ2005 -

NTTコミュニケーションズ株式会社
先端IPアーキテクチャセンタ
ユビキタスプロジェクト
白崎 泰弘 (Yasuhiro Shirasaki)
博士(工学) 宮川 晋 (Shin Miyakawa, Ph.D)

<iw2005 - t6@nttv6.jp>



All Rights Reserved by NTT Communications 2005

本日の予定

• IPv6概観	5
• IPv6ネットワーク設計コンセプト	40
• 休憩	10
• 実際例 (1)	50
• 休憩	10
• 実際例 (2)	45
• Q&A	20
• 計	180 (分)



All Rights Reserved by NTT Communications 2005

2



IPv6概観

インターネットプロトコル



- 多くの人が主として利用しているIPv4は：
 - DARPAの元々の予想を超えて十分な成功を収めている
 - 20年以上前にデザインされ
 - アドレス空間はどんどん消費されている
 - 機能は十分ではない
 - ゆえに弊害も増えている

NAT

- Network Address Translation
 - IPv4の延命技術
 - NATを使えばIPv4は永遠であると信じる人もいる
- しかし実際のところは
 - IPsecやMobile IPなどのプロトコルの利用を難しくしている
 - ネットワーク管理を煩雑にしている

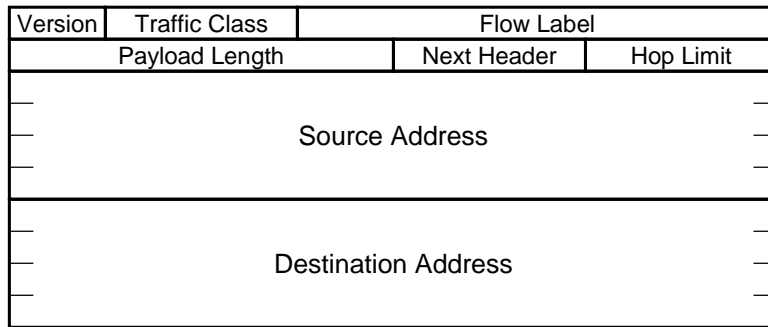


IPv6

- 32bitから128bitに拡張されたアドレス空間
 - (アドレス空間は4倍ではなくて 2^{96} 倍であることに注意)
 - NAT Freeなフラットなネットワーク構成が可能
- プラグアンドプレイ
- 複雑な単一ヘッダ構造を捨て、単純なヘッダを複数利用



IPv6ヘッダ



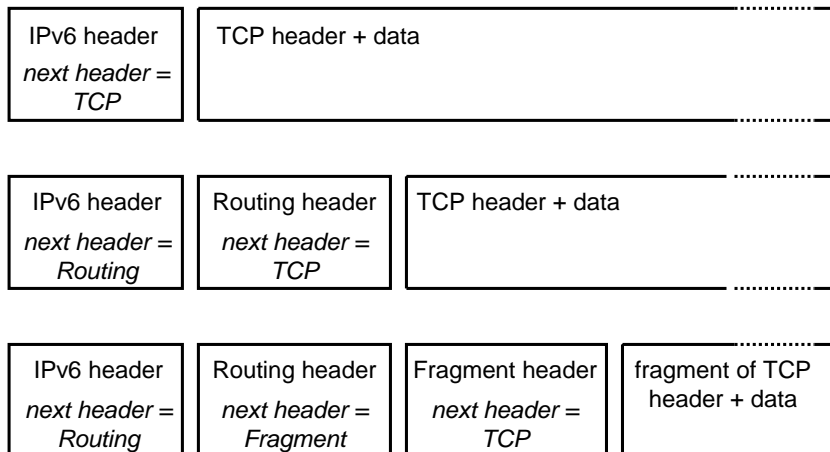
← 32 bits →



All Rights Reserved by NTT Communications 2005

7

拡張ヘッダ



All Rights Reserved by NTT Communications 2005

8

アドレスの種類

- ユニキャスト (1対1)
 - グローバル
 - ユニークローカル
 - リンクローカル
- マルチキャスト (1対多)
- エニーキャスト (1対どれか1つ) [ユニキャストと同じ空間]
- 予約
- ブロードキャストはありません



アドレスの種類とプレフィックス

<u>アドレスの種類</u>	<u>プレフィックス(2進数)</u>
----------------	---------------------

ユニークローカルユニキャスト	1111 110
----------------	----------

リンクローカルユニキャスト	1111 1110 10
---------------	--------------

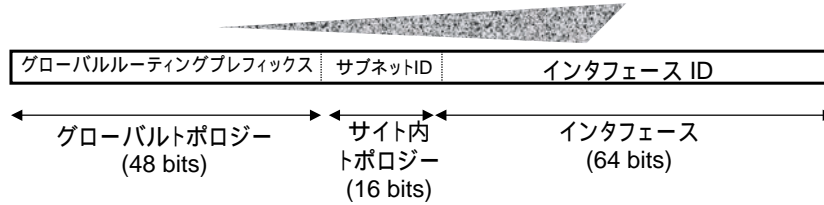
マルチキャスト	1111 1111
---------	-----------

グローバルユニキャスト	その他すべて
-------------	--------

- エニーキャストアドレスはユニキャストアドレスから割り当てられる



グローバルユニキャストアドレス



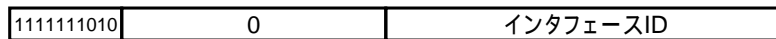
- グローバルトポロジー部分はISPから指定される
- ISPは利用計画をRIRに示すことができれば大きなブロックを取得することも可能

TLA Assignment

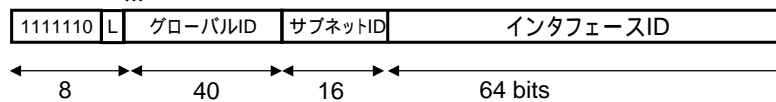
- 2種類のグローバルユニキャストアドレス
 - pTLA (pseudo TLA) : 6bone実験用
 - 既に割り当ては終了
 - 2006/6/6で流通も終了予定
 - sTLA (Sub TLA) : 商用
 - IPv4アドレス同様、IANAとRIRが管理している
 - 取得はIPv4同様手続きが必要
 - 割り当てサイズは取得手続き時の利用計画によって判定

リンクローカル・ユニークローカルアドレス

リンクローカルアドレス:
 自動設定
 EBGПピア?
 メンテナンス用
 ルーティングプロトコル



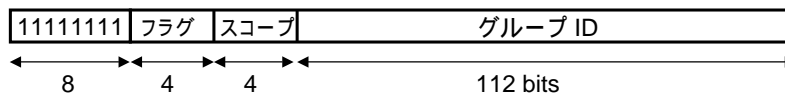
ユニークローカルアドレス:
 ローカル通信のアドレス
 今の所 L=1 を使う (FD00::/8)



All Rights Reserved by NTT Communications 2005

13

マルチキャストアドレス



- フラグ: 恒久割り当て/一時利用ビットおよび SSM/ASMのビット
- スコープ:
 - 1 – ノードローカル
 - 2 – リンクローカル
 - 5 – サイトローカル (ユニキャストとは別!)
 - 8 – 組織ローカル
 - B – コミュニティローカル
 - E – グローバル



All Rights Reserved by NTT Communications 2005

14

ルーティング

- IPv4 CIDRと同じ「ロングストマッチ」方式
- 単純にIPv4用ルーティングプロトコルのアドレス部分を128bit化したものがほとんど
 - ユニキャスト: OSPFv3、RIPng、IS-IS、BGP4+
 - マルチキャスト: PIM
- 「ルーティングヘッダ」はソースルート機能を実現するためのもので、ルーティングプロトコルとは無関係

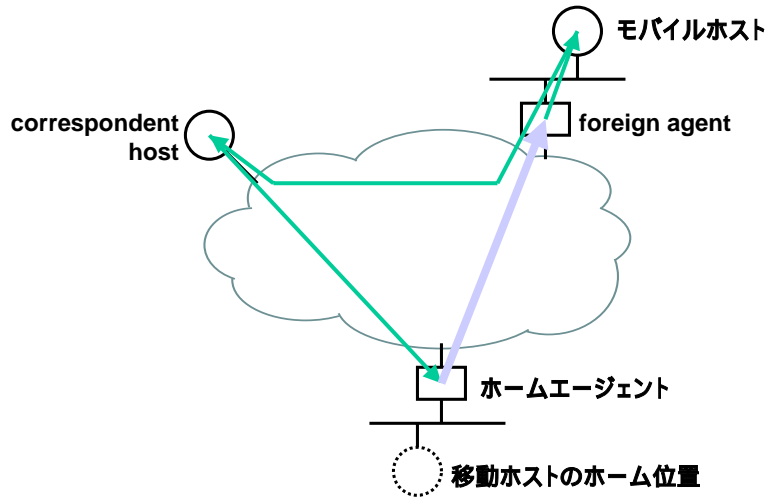


サーバレス自動設定 (“Plug-and-Play”)

- ホストのアドレス設定:
 - 近隣のルータからマルチキャストされる「ルータ広告」に付随するプレフィックスオプションからサブネットプレフィックスを学習
 - インタフェースIDはMACアドレスから生成
- 他のIPレイヤのパラメータはルータ広告で学習
 - ルータのアドレス・ホップリミット
- 高次レイヤの情報はマルチキャストやDHCPv6で学習
 - NTP (マルチキャスト)
 - DNS (DHCPv6)
- アドレス割り当てにもDHCPv6を利用可能



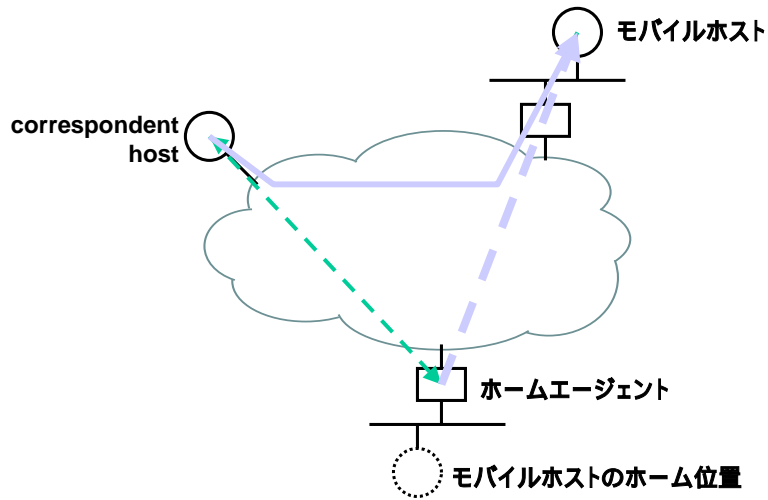
Mobile IP (v4版)



All Rights Reserved by NTT Communications 2005

17

Mobile IP (v6版)



All Rights Reserved by NTT Communications 2005

18



IPv6 ネットワークデザインコンセプト

ネットワークデザインコンセプト



- 原則
 - IPv4/IPv6デュアルスタック
 - IPv6のみのネットワークは移動体などの特殊環境のみ
 - IPv6アドレスは十分であるが、IPv4アドレスは数に制限がある
 - IPv6にはNATは不要であるが、ファイアウォールは有効
 - IPv4はNATを利用するなどして、DMZにのみグローバルアドレスを付与
 - サーバのデュアルスタック運用
 - 特別な事情がない限り多くのサーバアプリケーションはデュアルスタックで利用
 - その場合トランスレータは不要

機器選択

- サーバOS
 - Windows 2003 Server
 - HP-UX, AIX, Solaris
 - NetBSD, FreeBSD, OpenBSD
 - DNSやメールシステムとして
 - Linuxもアプリケーションが充実
- クライアントOS
 - Windows XP (SP2)
 - CE.NETもアリ
 - Mac OS X
 - *BSDやLinuxもよい



機器選択(2)

- ルータ、L3スイッチ
 - *BSDやLinuxで実験
 - Cisco, Foundry, Juniper, 日立, Alaxala
 - YAMAHA, アライドテレシス
- ファイアウォール
 - Netscreen
 - Firewall-1
- IPv6 NAT?



機器選択(3)

- スイッチ
 - L2スイッチ
 - 追加されたL3プロトコルの一種として認識
 - MLDスヌーピングも実装されている
 - タグVLANとプロトコルVLANがデュアルスタック環境を取りまとめるために効果的
 - 802.11無線LANステーションはレイヤ3独立なため、IPv6も動作可能
 - 一部の装置はNAT機能やルーティング機能、フィルタ機能を搭載しているため、動作しない場合もある



サービスプロバイダ選択

- プロバイダは通常サービスとしてIPv6を提供
- NTTコムサービスを例にしてみると...
 - 他社サービスについて
 - III, JT, POWEREDCOM, KDDIも提供されています
 - 国内のサービス一覧
<http://www.ipv6style.jp/jp/statistics/services/index.shtml>



国内で提供されているサービス

- 専用線接続
 - 基本サービス
- データセンタでのコネクティビティ提供
- ADSL
 - SOHO向け
- MPLS
 - IP-VPN
- トンネリングサービスも継続提供

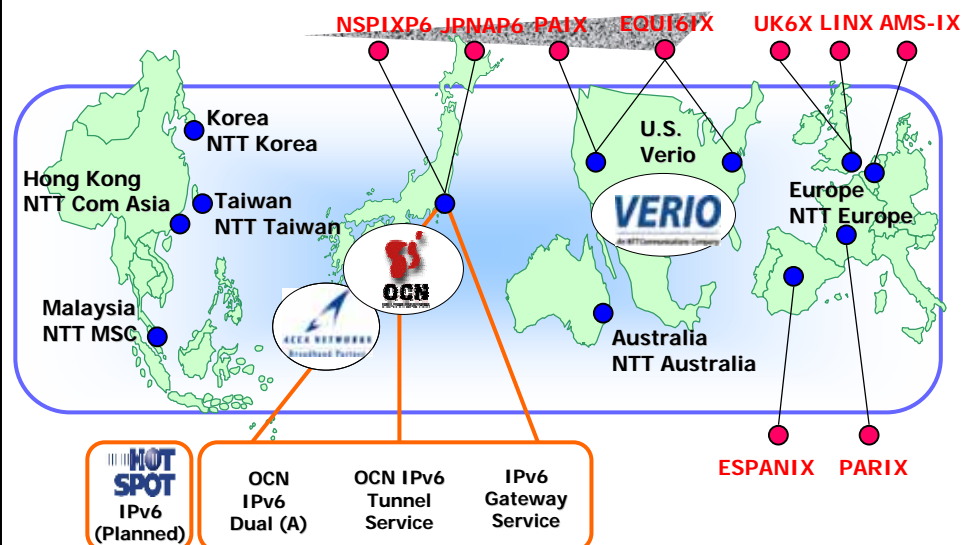


All Rights Reserved by NTT Communications 2005

25

NTT.net グローバルネットワーク

2005年11月時点



Japan NTT Communications

All Rights Reserved by NTT Communications 2005

26

NTT.net IPv6オペレーション

- グローバル

- アジアから北米、ヨーロッパにかけてのグローバルTier1バックボーン

- 商用IPv6オペレーション

- 24時間365日の東京とダラスでの監視体制
- 世界各地で、数多くのASとIX、直接ピアリング



NTT.net IPv6オペレーション (続き)

- 幅広いサービスラインナップ

- ISP/iDC向け国際トランジットサービス「IPv6ゲートウェイサービス」
- お試し用「OCN IPv6トンネル接続サービス」
- SOHO向け「OCN ADSLサービスIPv6デュアル」
- Virtual Private Server
- ソリューションサービス



取得可能なアドレス

- 通常
 - ISPは単一「サイト」に/48を提供する
 - 「サイト」は「契約」で定義される
 - 個人で利用の場合でも「サイト」
 - 2の16乗 (65536) 個サブネットが作成できる
 - IPv4に置き換えて考えると、サブネットのサイズが/24としてクラスA相当になる
 - Subnetがない場合は/64を提供する
 - APNICガイドライン
 - <http://ftp.apnic.net/apnic/docs/ipv6-address-policy>
- IPv4の場合
 - 1個? 8個? 16個?
 - 固定アドレスが望ましいが、値段の問題で動的アドレスを選択する場合も多い
 - 当然NATもあり10.X.Y.Zが使われる

アドレス配備計画

- 原則
 - すべてのサブネットに/64を
 - Point-to-Pointも
 - Ethernetベースのリンクには容易にL2スイッチを挿入可能なため
 - グローバルアドレスを利用したい(サイトローカルは今後収束)
 - フィルタやルーティングで、任意のサブネットを到達不可能にできるため
 - 集約可能な設計にすることが望ましい

小技

- サーバには人手でアドレスを付与
 - <プレフィックス>::**ポート**>
 - 容易に暗記可能
- 例
 - 2001:218::25 SMTPサーバ
 - [2001:218:1f01::80]:80 HTTPサーバ
 - 2001:218::53 DNSサーバ
- ::19, ::50, ::35だという人もアリ
- 16進数表記であるためだが、可読性は低下



ルーティングプロトコル問題

- 原理 : IPv6/IPv4独立
 - IPv4ルーティング情報はIPv4トランスポートで
 - IPv6ルーティング情報はIPv6トランスポートで
 - 混ぜるな危険！
 - ルーティングプロトコルがマルチプロトコル対応であっても分離
 - IS-ISは唯一の例外だが、国内での利用例は少ない
 - 場合によってはプロトコル毎に異なったAS番号を利用する必要にせまられる場合があるが、機器選定に制限がある



ルーティングプロトコル

	IPv4	IPv6
Unicast IGP	RIPv2	RIPng
	OSPFv2 → OSPFv3	OSPFv3
	ISIS	ISIS
Unicast EGP	BGP4 → BGP4+	BGP4+
Multicast	PIM	PIM

本日の
お勧め

ルーティングプロトコルの選択

- 単純な構造であれば、static設定で十分
- ISPであれば、BGPが必要かもしれない
 - JPNAPやNSPIXP6, dix-ieに接続
 - ルータによってはIPv4とIPv6で別のASを取り扱えないため注意
- IGPには
 - Staticが有効
 - OSPFv3も安定している
 - 小さいネットワーク、機器がOSPFv3未サポートならばRIPng
 - IS-ISを選択する手もある
 - マルチトポロジーIS-ISがない場合には、部分的IPv6導入ができない弱点もある

Firewall製品について

- ルータの Paket フィルタよりもよい
 - Fragment
 - Stateful inspection
- ダイナミックルーティングプロトコル・同期プロトコルのサポートは進行中
- ルールのコピーには注意が必要

サーバについて

- 注意する点
 - /etc/inetd.conf
 - IPv4マappedアドレスは問題の種 (::ffff:210.163.36.2)
 - KernelやAPIで無効にできる場合はなるべく無効にするとよい
 - 単一デーモンでIPv6/IPv4両方のsocketを扱うか、IPv6/IPv4別々のデーモンを利用する
- DNSがもっとも取り扱いが難しい
 - DNSを利用することで、問題を解決できることも多い

DNSの問題

- 再帰クエリに関連した問題
 - DNS再帰クエリサーバはIPv6/IPv4両方のトランスポートをサポートする必要がある
 - 世界のすべてのゾーンサーバがIPv6トランスポートを持つようになるまで
- エンドノードからの問い合わせのIPv6化は現在進行中
 - *BSD、Linux、Windows 2003 Server
- IPv6トランスポートを用いたゾーン転送は動作するが、アクセスコントロールに関連してソースアドレス選択に注意する必要がある



All Rights Reserved by NTT Communications 2005

37

DNSの問題(2)

- 逆引きは
 - ほぼip6.arpaへ移行したと考えられるが、いまだ古い実装を利用している例も見受けられるため、ip6.intも同時にメンテナンスする必要がある
- .JPの現状
 - AAAAを* .jpのネームサーバに登録可能
 - .jpのNSサーバは当然IPv6トランスポート対応



All Rights Reserved by NTT Communications 2005

38

DNSの問題(3)

- ロードバランサーとして用いられる既存のDNSサーバに対するAAAA問い合わせが無応答となるような問題が見られる

メールサーバ

- メールシステムの設定にも注意が必要
 - グローバルIPv4アドレスとIPv6アドレスをDNS MXレコードの右辺値に対して設定
 - 過去のある実装バグについては、IPv4アドレスしか持たないMXレコード右辺値を設定することで回避可能
 - 現在のsendmailやpostfixはIPv6/IPv4標準対応
 - qmailも対応 (要patch)

プリンタ

- LPRは動作
- 直接IPv6接続を受け付けるプリンタはデモ展示が行われた

ファイル共有

- NFSは動作
- NetBIOS
 - もうすぐ
- WebDAVは動作

SSH

- ほとんどのアプリケーションはIPv6をサポートしているが...
- UNIXベースのサーバへの接続ができるならばSSHポートフォワーディングも便利

百聞は一見にしかず

- 以下の実例をご紹介します
 - フィルタ, DMZ, NAT
 - Netscreen
 - ip6fw, ipfw + natd
 - ルータの設定
 - Ciscoなど
 - DNS
 - Mail
 - SSH
 - WWW
 - 監視ツール
 - その他...

サーバとルータの設定

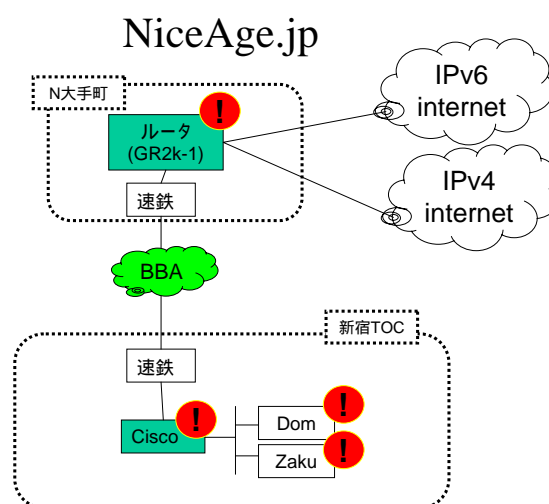
- ルータ
 - RA
 - ルーティング
 - IGP
 - EGP
 - フィルタ
- サーバ
 - 基本設定
 - ドメインネーム
 - メール
 - ウェブ



All Rights Reserved by NTT Communications 2005

45

サンプルネットワーク



All Rights Reserved by NTT Communications 2005

46

RA

- Cisco
 - インタフェースでIPv6アドレスを設定するだけ
 - 逆にRAが不要な場合は”ipv6 nd suppress-ra”を使う必要がある
- GR2k
 - “ra”コマンドを使用
- Lifetimeや広告間隔を短くすることで、RAをルーティングプロトコル代わりに利用することも可能



IGP

- Cisco
 - ipv6 route ::/0 2001:218::1
 - ipv6 router rip
 - ipv6 router ospf 3949
- GR2k
 - static ::/0 gateway fe80::1234%fa-1-1
 - ripng yes
 - ospf6 yes



EGP

- Cisco
 - “router bgp XXXX
address-family ipv6”
- GR2k
 - “bgp4+ yes”

設定例 (Cisco)

```
ipv6 unicast-routing
ipv6 cef
!
interface FastEthernet1/0
ip address 210.248.164.229 255.255.255.248
ipv6 enable
ipv6 address 2001:218:1:1045::229/64
ipv6 ospf 3949 area 0
!
interface FastEthernet1/1
ip address 210.163.36.9 255.255.255.248
ipv6 enable
ipv6 address 2001:218:1f01:f010::1/64
!
router ospf 65037
network 210.163.36.8 0.0.0.7 area 0
network 210.248.164.224 0.0.0.7 area 0
```

```
!
router bgp 3949
bgp log-neighbor-changes
neighbor 2001:218:1:1045::1 remote-as 3949
address-family ipv4
no neighbor 2001:218:1:1045::1 activate
exit-address-family
!
address-family ipv6
neighbor 2001:218:1:1045::1 activate
exit-address-family
!
ip classless
!
ipv6 route ::0 2001:218:1f01:f000::/56 Null0
ipv6 router ospf 3949
redistribute static
```

設定例 (Cisco) 続き

```
access-list 99 permit 210.163.36.8 0.0.0.7
!
ipv6 access-list acl99
permit ipv6 2001:218:1f01:f010::/64 any
permit ipv6 host 2001:218:1:1040::4 any
deny ipv6 any any
!
line vty 0 4
access-class 99 in
ipv6 access-class acl99 in
```



設定例 (GR2k)

```
line fa-0-0 ethernet 0/0;
line fa-0-1 ethernet 0/1;
line fa-0-2 ethernet 0/2;
line fa-1-1 ethernet 1/1;
ip fa-0-0 {
    2001:218:0:4f:0:1400:0:1e/126;
};
ip fa-0-1 {
    2001:218:1f01::1/64;
    210.254.137.105/30;
};
ip fa-0-2 {
    210.163.36.1/29;
    2001:218:1:1040::1/64;
};
ip fa-1-1 {
    fe80::2914:9;
    2001:200:0:1800::2914:9;
};
ra yes {
    interface fa-0-2;
};
```

```
autonomoussystem 3949;
routerid 210.163.36.1;
ospf6 yes {
    area 0 {
        interface fa-0-3 cost 1;
    };
};
bgp4+ yes {
    group type routing peeras 3949 {
        peer 2001:218:1:1045::229 description "musai";
    };
};
static {
    default gateway 210.190.177.5;
    210.163.36.8/29 gateway 210.254.137.110;
    ip6-default gateway 2001:218:0:4f:0:1400:0:1d;
};
```



マルチキャストルーティング

- GR2k
 - “pim6 yes sparse”
- KAME
 - pim6sd (PIM-SMデーモン)
 - phyintで物理インタフェースを指定

PIM設定例

GR2000

```
pim6 yes {  
  sparse {  
    interface fa-0-3;  
    interface fa-0-1;  
    interface fa-1-1;  
  }  
};
```

KAME pim6sd.conf

```
phyint fxp0 disable;  
phyint fxp1 disable;  
phyint fxp2;  
phyint fxp3 disable;  
phyint fxp4 disable;  
phyint fxp5;  
phyint xl0;
```

パケットフィルタ

- ip6fw
 - まずはIPv4と同じルールをコピー
 - IPv6非対応アプリケーションのポートを閉じる
 - link-localアドレスパケットは止めない
 - ICMPv6パケットは止めない

```
add 200 pass ipv6-icmp from any to any
add 210 pass all from fe80::/64 to ff02::/16
add 220 pass all from fe80::/64 to fe80::/64
```

```
add 310 pass tcp from any to 2001:218:1:10c2::2 smtp.domain setup
add 320 reset tcp from any to 2001:218:1:10c2::2 auth setup
```

パケットフィルタ(2)

- 単純なパケットフィルタでは、拡張ヘッダ数珠
繋ぎを追跡しない
 - フラグメントヘッダ
 - ルーティングヘッダ
 - MIP
- Firewallの利用も考える必要あり
- 防御のモデルを変える

Firewall製品の場合

```
# UNTRUST
set int eth1 zone UNTRUST
set int eth1 ip 192.0.2.1/29
set int eth1 manage-ip 0.0.0.0
set int eth1 ipv6 mode router
set int eth1 ipv6 interface-id 1000000000000001
set int eth1 ipv6 ip 2001:db8:1001:1001::9/64
set int eth1 ipv6 enable

### RIPNG ###
set vrouter trust protocol ripng
set vrouter trust protocol ripng enable
set int eth1 protocol ripng enable

# outgoing SSH
set policy id 162299 from MONITOR to UNTRUST any-ipv6 any-ipv6 SSH permit
# outgoing DNS query
set policy id 165399 from MONITOR to UNTRUST any-ipv6 any-ipv6 DNS permit
# outgoing ESP
set policy id 165099 from MONITOR to UNTRUST any-ipv6 any-ipv6 ESP permit
# incoming ESP
set policy id 165100 from UNTRUST to MONITOR any-ipv6 any-ipv6 ESP permit
```



SOHOルータ(ex. ADSL)

- ほぼ自動設定
 - IPv4アドレスはIPCPやDHCPで
 - IPv6 link-localアドレスはIPV6CPやNDで
 - グローバルアドレスやDNS情報はDHCPv6で
- ユーザIDとPasswordはWebで設定



サーバのIPアドレス

- インタフェースIDも手動設定可能
 - `ifconfig fxp0 inet6 fe80::10`
- RA+手動設定インタフェースID グローバルアドレス
 - `inet6 fe80::10 + RA (2001:218::/64)`
 - `> 2001:218::10/64`
- RA中に同じプレフィックスオプションを持つ2台のルータを同一リンクに設置すると
 - *BSD: バックアップルータ
 - HP-UX: ロードバランス



inetd

- `/etc/inetd.conf`

```
ftp stream tcp6 nowait root /usr/libexec/ftpd ftpd -l
```



DNS

- RRはAAAAを使う
 - AAAA
- IPv6トランスポートのサポート



bind9

- Configureスクリプト等がIPv6機能を自動検出
- -enable-ipv6フラグで強制可能
- bind-9.3以降の利用が望ましい



named.conf

```
options {
    listen-on-v6 { any; };
    # any or none before bind-9.3.0
    transfer-source-v6 2001:218:1f01:f010::10;
    # specify some source IPv6 address especially you have multiple global address on the interfaces
    notify-source-v6 2001:218:1f01:f010::10;
};
# share zone file with ip6.int and ip6.arpa
zone "0.1.0.f.1.0.f.1.8.1.2.0.1.0.0.2.ip6.int" {
    type master; allow-transfer { slaves; };
    file "0.1.0.f.1.0.f.1.8.1.2.0.1.0.0.2.ip6";
};

zone "0.1.0.f.1.0.f.1.8.1.2.0.1.0.0.2.ip6.arpa" {
    type master; allow-transfer { slaves; };
    file "0.1.0.f.1.0.f.1.8.1.2.0.1.0.0.2.ip6";
};
```



ゾーンファイル

- A6は使わない
- AAAAを使う

```
$TTL 86400
zaku  IN A   210.163.36.10
      IN AAAA 2001:218:1f01:f010::10
dom   IN A   210.163.36.11
      IN AAAA 2001:218:1f01:f010::11
musai IN A   210.163.36.9
      IN AAAA 2001:218:1f01:f010::1
```



逆引きゾーン

- .(ドット)区切りの逆引き.ip6.arpaと.ip6.intを準備する

```
$TTL 86400
;      |      |      |      *
0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0 PTR niceage.jp.
1.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0 PTR musai.niceage.jp.
0.1.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0 PTR zaku.niceage.jp.
1.1.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0 PTR dom.niceage.jp.
```



IPv6グローバル+ IPv4プライベート

Private zone file

```
$INCLUDE global.zone

host1 IN A 192.168.0.123
```

Global zone file

```
@ IN SOA dom.niceage.jp. root.niceage.jp. (
                                2002121703 ; Serial
                                7200 ; Refresh
                                1800 ; Retry
                                604800 ; Expire
                                3600 ) ; Minimum

IN NS dom.niceage.jp.
IN NS zaku.niceage.jp.

host1 IN AAAA 2001:218::1234:5678
```



メールシステム

- DNS上ではMXレコードの右辺値がAAAAを持っているといい
- サーバの足回りにIPv6がない場合には、IPv6を無効にするのを忘れずに

sendmail

- IPv6とIPv4の両方を示すDaemonPortOptionsをsendmail.cfに書く

○ DaemonPortOptions=Name=IPv4, Family=inet

○ DaemonPortOptions=Name=IPv6, Family=inet6

Postfix

- postfix/main.cf
inet_protocols = all
- postfix/mynetworks
210.248.164.224/28
[::1]/128
[2001:218:1f01:f010::]/64



POP3とIMAP

- Courier-IMAP
 - IPv6はConfigureスクリプトで自動構成
- Cyrus
 - Patchが必要
 - <http://www.imasy.or.jp/~ume/ipv6/cyrus-imapd-2.1.15-ipv6-20030819.diff.gz>



Apache

- Apache 1.3.xにはIPv6 patchが必要
- Apache2はIPv6サポート込み
 - パッチ不要
 - 十分安定している

IIS

- Windows Server 2003とIIS 6.0
 - Microsoft TCP/IP version 6を利用
 - いくつかの部分ではIPv4しか利用できない制限があるが問題はない

httpd.conf

- IPのバージョンによって表示されるページを切り替える場合には、単にIPバーチャルホストを設定するのと同様の方法を利用する


```
<VirtualHost [2001:218:1f01:f010::11]:80>  
  ServerAdmin ops@nttv6.jp  
  DirectoryIndex index6.html index.html  
  •  
  •  
</VirtualHost>
```



監視

- MRTG
- Nagios
- hp OpenView NNM extended topology





まとめ

対応ユーザアプリケーション



- Web – IE、Firefox
- Mail – EdMax
- IM – MSN Messenger, 3degrees
- Streaming – Windows Media
- VoIP, ビジュアルコミュニケーション

結論

- IPv6/IPv4デュアルスタック環境は少ない追加コストで可能
- 多くのアプリケーションがIPv6対応
 - ポートフォワーディングも使える
 - IPv4のみのアプリケーションも容易にアドレスファミリー独立に変更可能

付録

情報源

- Magazine
 - UNIXマガジン、BSDマガジン (アスキー)
- Books
 - IPv6-新世代インターネットプロトコル
ン ピアソンエデュケーショ
 - Mark Miller「IPv6入門」 翔泳社
 - 増田など「使って学ぶIPv6」 アスキー
 - 江崎浩 監修「IPv6教科書」 IDGジャパン
 - 宮本&齊藤「IPv6実践ガイド」 翔泳社
- Service
 - NTTコミュニケーションズ IPv6プロジェクトトップ <http://www.v6.ntt.net/>
- IETF <http://www.ietf.org/>
 - IPv6 WG、V6OPS WG (、NGTRANS WG)
 - DHCP、IPSEC、DNS、MobileIP、Zerouter、Send
- 団体など
 - IPv6普及・高度化推進協議会 <http://www.v6pc.jp/>
 - IPv6 FORUM <http://www.ipv6form.com/>
 - <http://www.ipv6.org/> 英語
 - <http://www.ipv6style.jp/> 日本語

