IPv6いろはの「い」

2012/06/23 IPv6勉強会

COPYRIGHT (C) 2011-2012 MURA

自己紹介

村嶋修一/MURA

千葉県松戸市在住

独立系SIerでアプリケーション/インフラ/ネットワークのSA/コンサルっぽい事しています

本/雑誌書いています

IPv6勉強会代表

MS MVP for Windows Server Networking 改め
Virtual Machine: Networking

http://www.vwnet.jp

mura@vwnet.jp

twitter: @Murashima

facebook : http://www.facebook.com/#!/S.Murashima

COPYRIGHT (C) 2011-2012 MURA

こんな本書きました

COPYRIGHT (C) 2011-2012 MURA

Agenda

- IPv6を見てみよう
- IPv4とIPv6の違い
- IPv6実装
- IPv6の基礎知識

COPYRIGHT (C) 2011-2012 MURA

IPv6を見てみよう

いきなりDEMO

COPYRIGHT (C) 2011-2012 MURA

IPv6のping

Windows コマンド プロセッサ

```
C:¥>ping www.nic.ad.jp

www.nic.ad.jp [2001:dc2:1000:2006::cafe]に ping を送信しています 32 バイトのデー
タ:
2001:dc2:1000:2006::cafe からの応答: 時間 =5ms
2001:dc2:1000:2006::cafe からの応答: 時間 =4ms
2001:dc2:1000:2006::cafe からの応答: 時間 =7ms
2001:dc2:1000:2006::cafe からの応答: 時間 =4ms

2001:dc2:1000:2006::cafe の ping 統計:
    パケット数: 送信 = 4、受信 = 4、損失 = 0 (0% の損失)、
ラウンド トリップの概算時間 (ミリ秒):
    最小 = 4ms、最大 = 7ms、平均 = 5ms

C:¥>
```

COPYRIGHT (C) 2011-2012 MURA

IPv6のtraceroute

Windows コマンド プロセッサ

```
C:¥>tracert www.nic.ad.jp

www.nic.ad.jp [2001:dc2:1000:2006::cafe] へのルートをトレースしています
経由するホップ数は最大 30 です:

  1    <1 ms    <1 ms    <1 ms  gw02.vwnet.jp [2400:400e:400::1]
  2     1 ms    <1 ms    <1 ms  gw01.vwnet.jp [2400:400e:400:ff::1]
  3     5 ms     4 ms     4 ms  2001:380:4e:1ff::3
  4     3 ms     3 ms     3 ms  2001:380:4e:181::1
  5     5 ms     5 ms     6 ms  2001:380:4e:100::1
  6     4 ms     4 ms     4 ms  2001:380:8270:1::1
  7     5 ms     4 ms     4 ms  2001:380:8150:e::5
  8     4 ms     4 ms     4 ms  2001:380:8050:20::2
  9     5 ms     4 ms     4 ms  2001:200:0:fe00::9d3:0
 10     5 ms    17 ms     5 ms  2001:dc2::22
 11     4 ms     4 ms     4 ms  www.nic.ad.jp [2001:dc2:1000:2006::cafe]

トレースを完了しました。

C:¥>
```

COPYRIGHT (C) 2011-2012 MURA

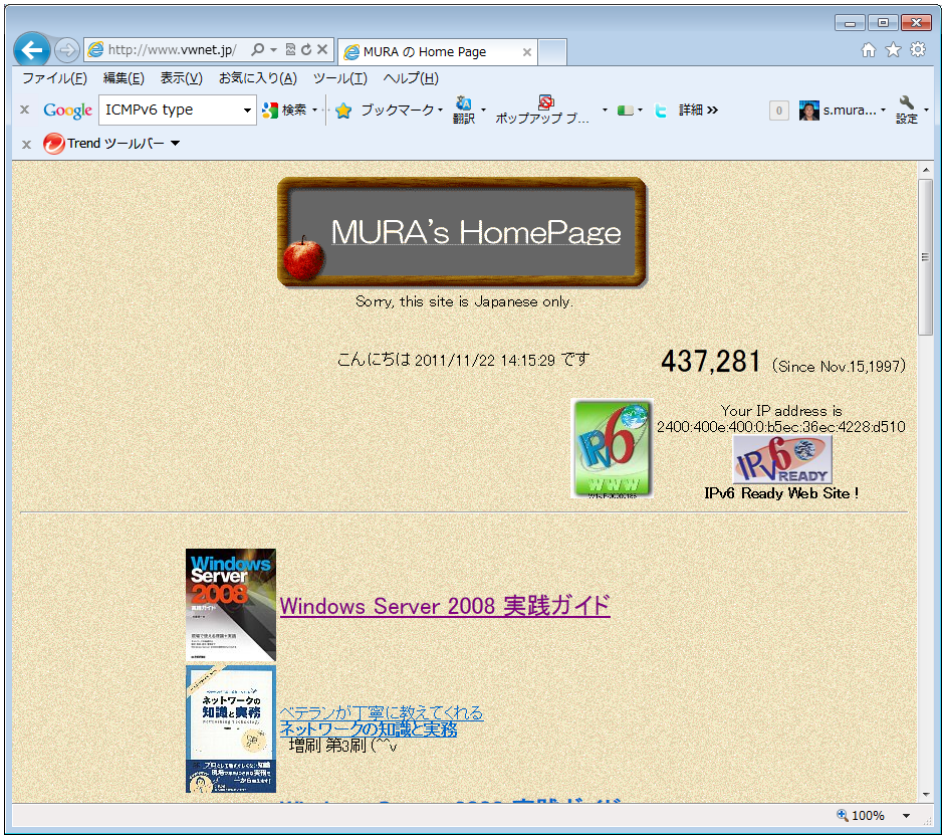
IPv6の名前解決

Windows コマンド プロセッサ

```
C:¥>nslookup www.nic.ad.jp
サーバー:  dc02.vwnet.jp
Address:  fd75:f582:7ae3::dc02

権限のない回答:
名前:    www.nic.ad.jp
Addresses:  2001:dc2:1000:2006::cafe
          192.41.192.129


C:¥>nslookup 2001:dc2:1000:2006::cafe
サーバー:  dc02.vwnet.jp
Address:  fd75:f582:7ae3::dc02

名前:    www.nic.ad.jp
Address:  2001:dc2:1000:2006::cafe


C:¥>
```

COPYRIGHT (C) 2011-2012 MURA

IPv6のWebアクセス



COPYRIGHT (C) 2011-2012 MURA

IPv6 と IPv4 の違い

COPYRIGHT (C) 2011-2012 MURA

これだけは押さえておきたい重要キーワード

- RA
- ND
- ICMPv6
- リンクローカル

COPYRIGHT (C) 2011-2012 MURA

IPv4とIPv6の比較(1)

	IPv4	IPv6	備考
OSI7階層	L3:ネットワーク層	L3:ネットワーク層	
Ether Type	0x0800	0x86DD	L2から見たL3識別
プロトコル番号	1:ICMP 6:TCP 17:UDP	58:ICMPv6 6:TCP 17:UDP	L3から見たL4識別
ポート番号	プロトコルに依存	プロトコルに依存	L4から見た上位層識別
IPアドレスのビット長	**32ビット**	**128ビット**	
表記方法	8ビットごとにピリオドで区切った10進で表現	16ビットごとにコロンで区切った16進表現	
短縮記法	先頭の0を省略できる	先頭の0を省略できる 連続した0は1か所だけ::と省略できる	
サブネットの概念	あり	あり	呼称は違うが基本的には同じ
サブネットマスクの表現	255.255.255.0(10進表現) /24(CIDR)	/64(プレフィックス)	
1セグメントで使用できるホストIDのビット長(一般論)	8ビット(/24)	64ビット(/64)	

COPYRIGHT (C) 2011-2012 MURA

IPv4とIPv6の比較(2)

	IPv4	IPv6	備考
ユニキャストアドレスの構造	ネットワークID(可変) +ホストID(可変)	グローバルルーティング(48bits) +サブネットID(16bits) +インターフェイスID(64bits)	
スコープの考え方	グローバル サイトローカル	グローバル サイトローカル **リンクローカル** ノードローカル	
ローカルアドレス	10.0.0.8/8 172.16.0.0/12 192.168.0.0/16	fc00::/7	
IPアドレスの自動構成	DHCPv4	**RA(ICMPv6)** **RA**+DHCPv6	
DNSディスカバリー	DHCPv4	**RA**+DHCPv6	
名前解決(正引き)	hosts,DNS(A)	hosts,DNS(AAAA)	使用するRRが異なるだけで ほぼ同じ
名前解決(逆引き)	PTR	PTR	
DNSのゾーン名	ネットワークIDを8ビットの10進逆転して".in-addr.arpa"を付加	プレフィックスを8ビットの16進逆転して".ipv6.arpa"を付加	

COPYRIGHT (C) 2011-2012 MURA

IPv4とIPv6の比較(3)

	IPv4	IPv6	備考
ノードに割り当てるIPアドレス	1つ	複数 GUA ULA **リンクローカル**	
ゲートウェイアドレス	中継ノードに割り当てられたIPv4アドレス	中継ノード割り当てられた**リンクローカルアドレス**	
近隣探査	arp	**ND(ICMPv6)**	
特別な意味を持つIPアドレス	別紙	別紙	
NAT	あり	なし	
パケットフラグメント	あり	なし(**ICMPv6**で通知)	

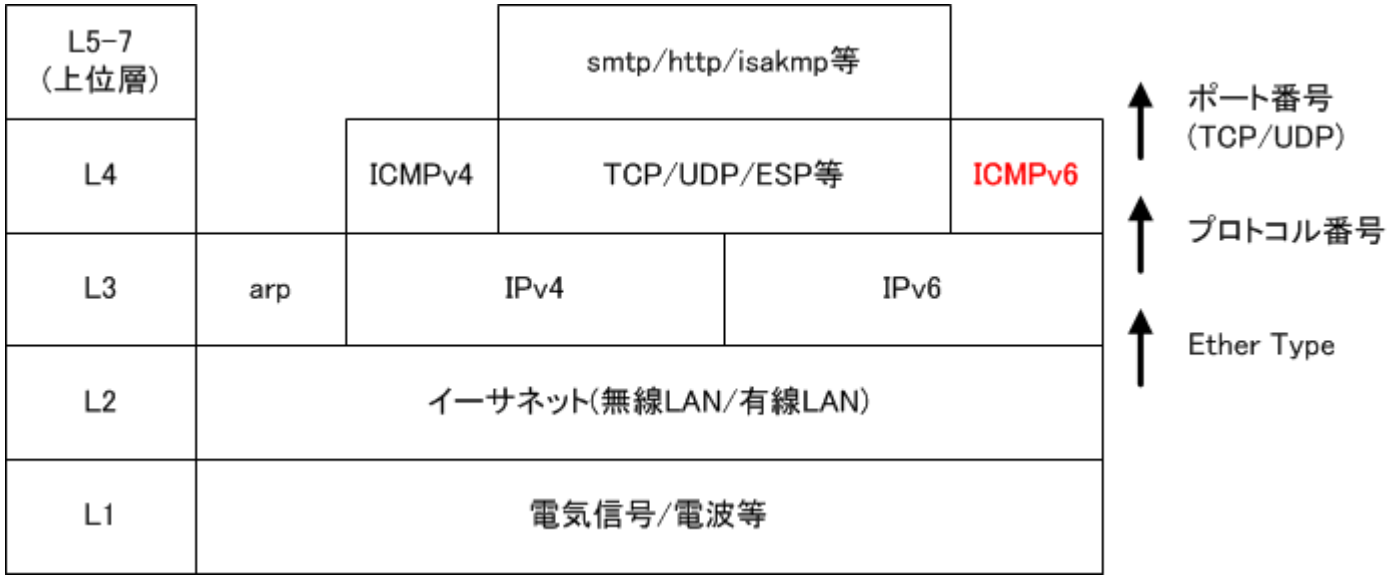
COPYRIGHT (C) 2011-2012 MURA

特別な意味を持つIPv6アドレス

	IPv4	IPv6	備考
不定アドレス	0.0.0.0/0 (RFC5735)	::/0 (RFC4291)	
ループバック	127.0.0.1 (RFC5735)	::1 (RFC4291)	
マルチキャスト	224.0.0.0/4 (RFC5735)	ff00::/8 (RFC4291)	ff01::(ノードローカル) **ff02::(リンクローカル)** ff05::(サイトローカル) ff0e::(グローバル)
ローカル	10.0.0.0/8 172.16.0.0/12 192.168.0.0/16 (RFC5735)	fc00::/7 実際に使用できるのはfd00::/8 (RFC4193)	IPv6ではULAと呼ぶ
グローバルユニキャスト	ローカル以外	2000::/3 (RFC4291)	IPv6ではGUAと呼ぶ
ドキュメント用	192.0.2.0/24 198.51.100.0/24 203.0.113.0/24 (RFC5737)	2001:db8::/32 (RFC3849)	書籍や雑誌などのドキュメントで使用する事が出来るグローバルアドレス
リンクローカル	169.254.0.0/16 (RFC5735)	**fe80::/10** (RFC4291)	IPv4のリンクローカルはほとんど活用されていない

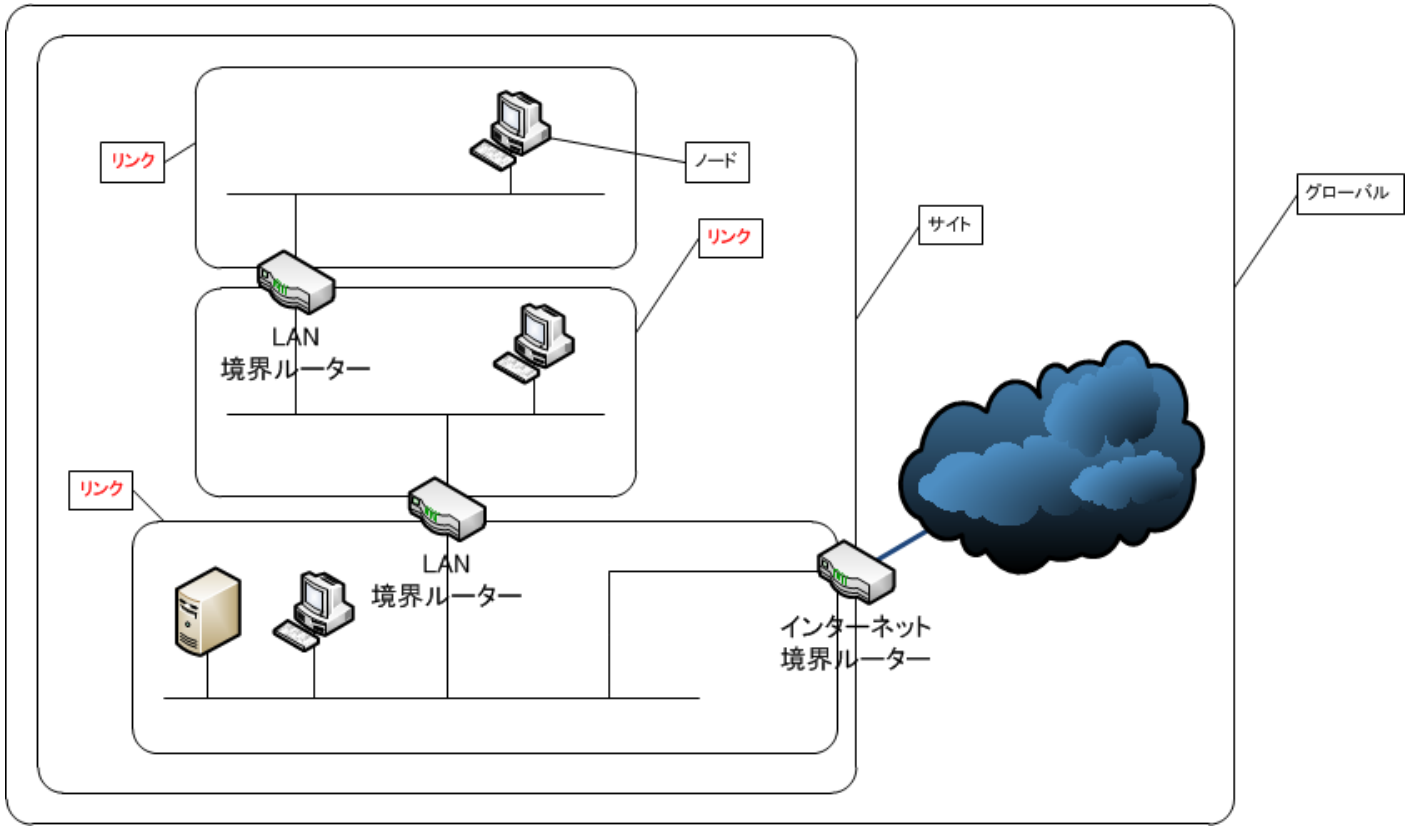
COPYRIGHT (C) 2011-2012 MURA

OSI7階層での位置づけ



COPYRIGHT (C) 2011-2012 MURA

スコープの考え方



COPYRIGHT (C) 2011-2012 MURA

グローバル/サイト/リンク/ノード

グローバル

- 範囲
  - インターネット全体
- 使用できるユニキャストアドレス
  - GUA(2000::/3)
- 使用できるマルチキャストアドレス
  - グローバルスコープ(ff0e::)

COPYRIGHT (C) 2011-2012 MURA

グローバル/サイト/リンク/ノード

サイト

- 範囲
  - 組織内部
- 使用できるユニキャストアドレス
  - GUA(2000::/3)
  - ULA(fc00::/7)
- 使用できるマルチキャストアドレス
  - グローバルスコープ(ff0e::)
  - サイトローカルスコープ(ff05::)

COPYRIGHT (C) 2011-2012 MURA

グローバル/サイト/リンク/ノード

リンク

- 範囲
  - L3セグメント内部
- 使用できるユニキャストアドレス
  - GUA(2000::/3)
  - ULA(fc00::/7)
  - リンクローカルアドレス(fe80::/10)
- 使用できるマルチキャストアドレス
  - グローバルスコープ(ff0e::)
  - サイトローカルスコープ(ff05::)
  - リンクローカルスコープ(ff02::)

COPYRIGHT (C) 2011-2012 MURA

グローバル/サイト/リンク/ノード

ノード

- 範囲
  - ノード内部
- 使用できるユニキャストアドレス
  - GUA(2000::/3)
  - ULA(fc00::/7)
  - リンクローカルアドレス(fe80::/10)
  - ループバック(::1)
- 使用できるマルチキャストアドレス
  - グローバルスコープ(ff0e::)
  - サイトローカルスコープ(ff05::)
  - リンクローカルスコープ(ff02::)
  - ノードローカルスコープ(ff01::)

COPYRIGHT (C) 2011-2012 MURA

IPv6の実装

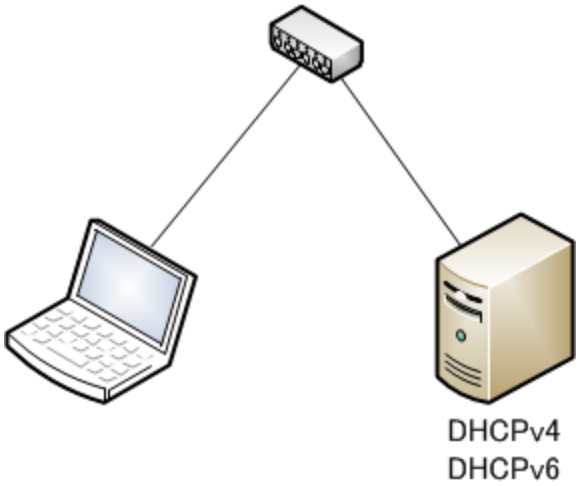
COPYRIGHT (C) 2011-2012 MURA

IPv6ビギナーがやりがちなミス

Server に DHCPv6 を実装した

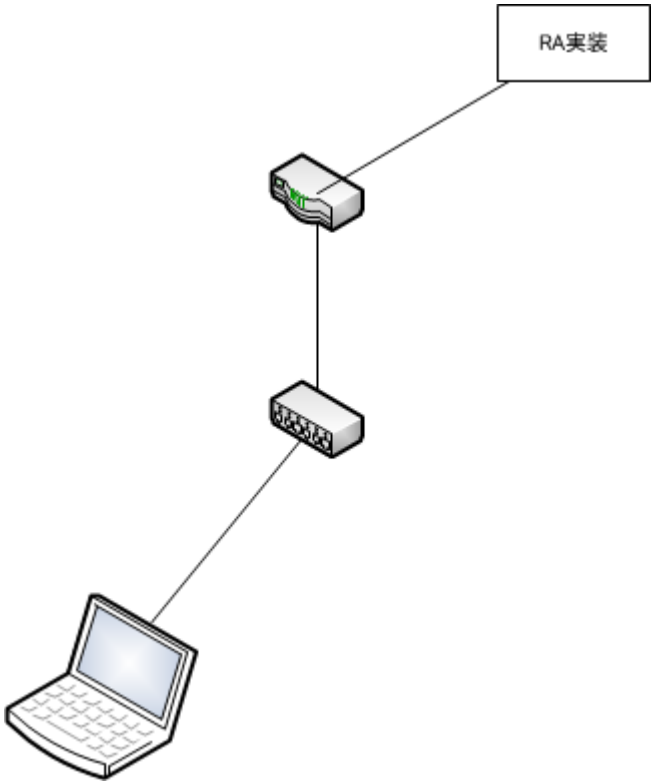
Server と Client を Hub に接続した

これで IPv6 アドレスが自動構成... あれ? 自動構成されないぞ????



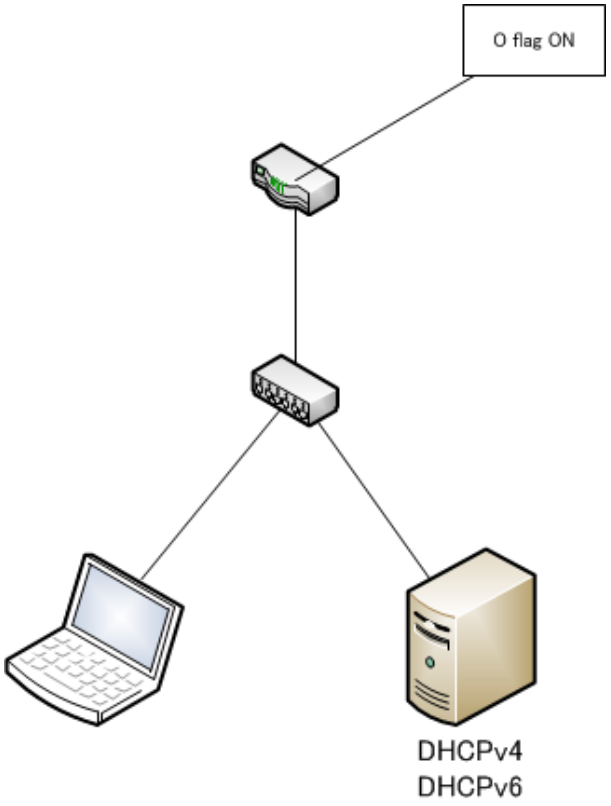
COPYRIGHT (C) 2011-2012 MURA

RAの実装



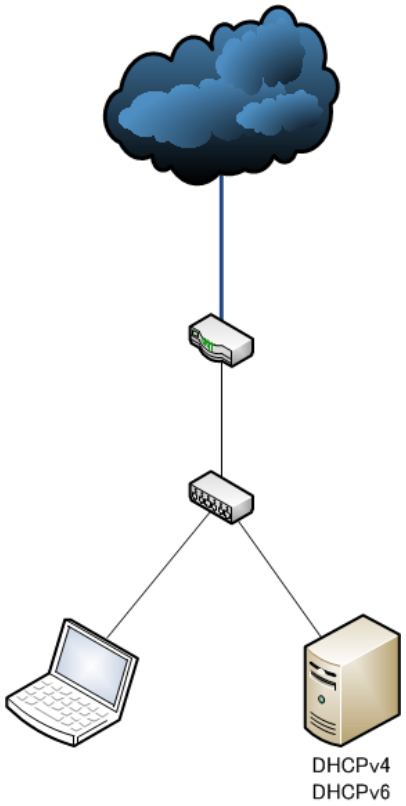
COPYRIGHT (C) 2011-2012 MURA

ステートレスDHCPv6の実装



COPYRIGHT (C) 2011-2012 MURA

IPv6インターネットとの接続



COPYRIGHT (C) 2011-2012 MURA

IPv6の基礎知識

COPYRIGHT (C) 2011-2012 MURA

IPv6って何?

アドレス数を大幅に増やした L3 プロトコル

- 世界人口≒70億人≒ 7x10^9
- IPv4のIPアドレス数=2^32≒4x10^9
- IPv6のアドレス数= 2^128≒ 3x10^38
- /64割り当てで考えても 2^64≒ 2x10^19

IPv4 の弱点を強化したプロトコル

- ヘッダの単純化→ルーティングの高速化
- 自動構成→PnPを実現
- IPsec標準装備→ハイセキュリティ通信が可能

COPYRIGHT (C) 2011-2012 MURA

IPv4アドレスの枯渇

2011/02/03 に IPv4 アドレスの中央倉庫である IANA の在庫がゼロに

2011/04/15 に APNIC のグローバル IPv4 アドレスがゼロに

- JPNIC では独自に在庫を持たないので、同日付で日本の IPv4 アドレスも枯渇

これからのインターネットの標準プロトコルは IPv6って事になっちゃいました

COPYRIGHT (C) 2011-2012 MURA

2012/06/06 World IPv6 Launch

- 著名なWebサイトが恒久的にIPv6対応!!

- AKAMAI
- facebook
- google
- bing
- Xbox
- その他多数

残念ながら、参加表明をしていた yahoo は直前で参加辞退を発表

COPYRIGHT (C) 2011-2012 MURA

IPv6にすると何が良いの?

下位層の話しなので、利用者から見ると何も変わりませんw

IPv4 グローバルアドレス枯渇に対する現状唯一の根本解決策

アドレスが潤沢にあるので NAT 不要

- VPN とか NAT 越えが難しいプロトコルも楽に使える

身の回りのものすべてにグローバルアドレスを余裕で割り当てることができる

- ゲーム機などの情報家電
- モバイル機器
- 各種センサー

COPYRIGHT (C) 2011-2012 MURA

IPv6って使えるの?

最近の OS は IPv6 を標準でサポート

Windows は IPv4 より IPv6 を優先する(Vista / 7 / 8 / 2008 / 2008 R2 / 2012)

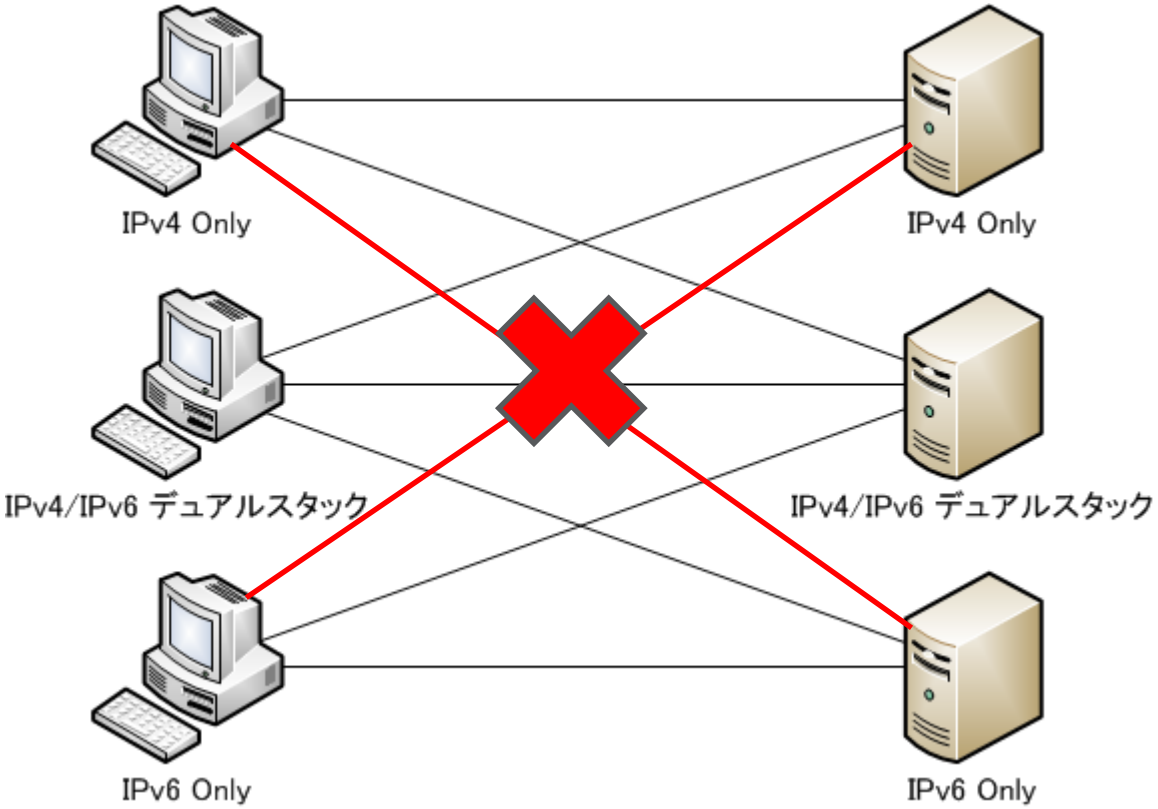
Windows を IPv6 環境で使用していると、IPv6 で通信していることを全く感じさせない

フレッツ光ネクストは IPv6 を標準サポート

IPv6 対応機器も揃ってきた(BB ルーターは現状微妙)

COPYRIGHT (C) 2011-2012 MURA

でもIPv4とIPv6は互換性がない



COPYRIGHT (C) 2011-2012 MURA

IPv6の影響を受けるモノ/受けないモノ

L3 以上で動作しているモノは IPv6 の影響を受ける

- OS
- Webブラウザー(IP通信をしているアプリケーション)
- ルーター
- L3スイッチ
- プリンター
- VoIPアダプター
- ファイアウオール
- スマートフォン
- ゲーム機

L2 以下で動作しているモノは IPv6 の影響を受けない

- LANケーブル
- L2スイッチ
- 無線LAN

COPYRIGHT (C) 2011-2012 MURA

表記と短縮方法

16ビットごとにコロンで区切った16進表現

- 2001:0db8:0001:0000:0000:0000:0000:cafe

先頭の0は省略可能

- 2001:db8:1:0:0:0:0:cafe

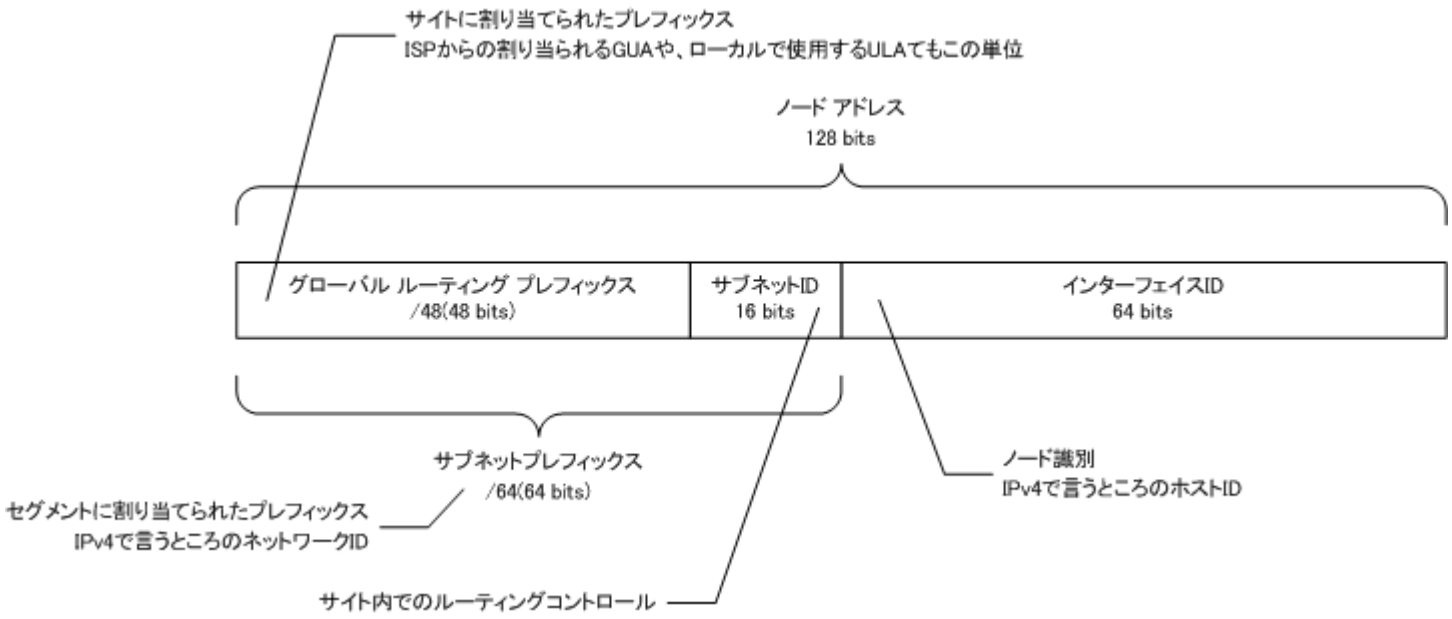
連続した0は1ヵ所だけ「::」に省略可能

- 2001:db8:1::cafe

詳細ルールはRFC5952にあり

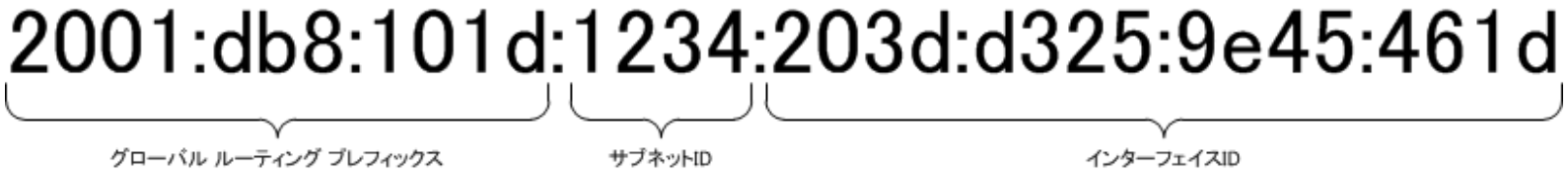
COPYRIGHT (C) 2011-2012 MURA

ユニキャストアドレスの構造



COPYRIGHT (C) 2011-2012 MURA

ユニキャストアドレスの例



COPYRIGHT (C) 2011-2012 MURA

GUA と ULA

GUA (Global Unicast Address)

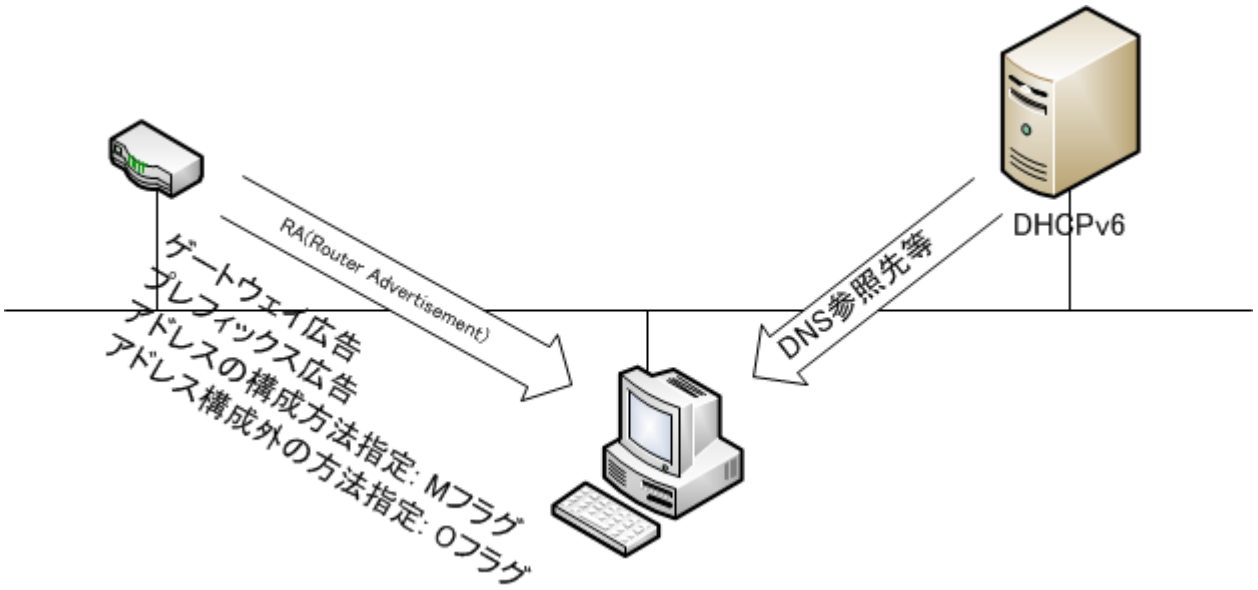
- IPv4 で言う所のグローバル IP アドレス
- インターネット上でユニークな存在

ULA (Unique Local Address)

- IPv4 で言う所のローカル IP アドレス
- インターネット上で使ってはならいない IP アドレス
- 計算で求める

COPYRIGHT (C) 2011-2012 MURA

RA(Router Advertisement)とDHCPv6



COPYRIGHT (C) 2011-2012 MURA

RAのフラグコントロール

M flag	O flag	意味
ON	ON	アドレスとそれ以外の情報をDHCPv6で構成する(ステートフル)
ON	OFF	アドレス構成はDHCPv6を使用するが、それ以外の情報は手動等の別の手段で設定する
OFF	ON	アドレス構成にはRAを使用するが、それ以外の情報はDHCPv6を使用する(ステートレス)
OFF	OFF	DHCPv6を使用しない

COPYRIGHT (C) 2011-2012 MURA

DHCPv6

ステートレス

- ノードが IPv6 アドレスを自動構成するのに必要な情報を提供
  - 参照先 DNS
  - ドメイン名

ステートフル

- IPv4 と同様に IP アドレスの貸し出しと構成情報を提供
  - IPv6 アドレス
  - 参照先 DNS
  - ドメイン名
  - リース期間

COPYRIGHT (C) 2011-2012 MURA

ICMPv6

IPv6 はICMPv6 に強く依存している

- RA
- ND
- Path MTU Discovery

ICMPv6 を止めると IPv6 も機能しなくなる

COPYRIGHT (C) 2011-2012 MURA

RA(Router Advertisement)

RFC

- RFC4861 (Neighbor Discovery for IP version 6)
- RFC5175 (IPv6 Router Advertisement Flags Option)

ICMPv6 (リンクローカル)

- Type : 133
  - RA 送信要求
- Type : 134
  - RA メッセージ

機能

- プレフィックス通知
- ゲートウェイ通知
- フラグ通知

COPYRIGHT (C) 2011-2012 MURA

ND(Neighbor Discovery)

RFC

- RFC4861 (Neighbor Discovery for IP version 6)

ICMPv6(リンクローカル)

- Type : 135
  - ND 送信要求
- Type : 136
  - ND メッセージ

機能

- IPv4 で言う所の arp

COPYRIGHT (C) 2011-2012 MURA

Path MTU Discovery

RFC

- RFC1191 (Path MTU discovery)
- RFC1981 (Path MTU Discovery for IP version 6)
- RFC 4443(Internet Control Message Protocol (ICMPv6) for the Internet Protocol Version 6 (IPv6) Specification)

ICMPv6 / ICMPv4

- Type : 2(Packet Too Big)

機能

- 通信可能な最大 MTU サイズを通知(IPv6 ではパケットフラグメントしない)

RFC 的に必須となっていないので、1280オクテットをセットして逃げるって手も

COPYRIGHT (C) 2011-2012 MURA

COPYRIGHT (C) 2011-2012 MURA

まとめ

日本のグローバル IPv4 アドレスは枯渇した

遅かれ早かれ IPv6 がインターネットスタンダードプロトコルとして使用される

IPv4 と IPv6 は互換性がない

IPv6 アドレスの自動構成には RA が必須

IPv6では arp は使わず ND で近隣探査をする

ネットワークコントロールではリンクローカルアドレスが多用される

IPv6 では ICMPv6 が重要

COPYRIGHT (C) 2011-2012 MURA

QA

COPYRIGHT (C) 2011-2012 MURA