

IPv6

~ for 20th centuries ~

YOSHIDA "coming century" Ken-ichi
5hed@nisoc.or.jp

こんてんつ

- IPv6前夜
- IPv6入門
- れっつv6!
- v6にまつわるえとせとら

IPv6前夜

640KBは誰にとっても十分なはずだ
1981, Bill Gates

IPv4(復習)

- TCP/IPの基盤となる技術
- 32bitの固定長アドレスをネットワーク部とホスト部で分割
- A~Eのクラスにわけられている
- 各端末は一意的なIPアドレスを持つ

IPアドレスのクラス

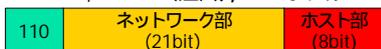
- class A: 126組織, 16,777,214ホスト



- class B: 16,383組織, 65,534ホスト



- class C: 2,097,151組織, 254ホスト



IPv4の問題点

- IPアドレスの枯渇
 - 99/1現在, 約5620万台のマシン
 - 2008年±3年で枯渇?
- 経路制御表の増大
 - 約6万エントリ
 - ルータのメモリ不足
 - 経路交換のオーバーヘッド

アドレス不足,これで解決!

- private address (RFC 1918)
 - 組織内部だけで利用するIPアドレス
 - class A: 10.0.0.0 ~ 10.255.255.255
 - class B: 172.16.0.0 ~ 172.31.255.255
 - class C: 192.168.0.0 ~ 192.168.255.255
 - 外部へはルーティングしない

アドレス不足,これで解決!

- NAT (Network Address Translation)
 - private address と global address を1対1で変換

global addressを使わなくてよい!
= IPアドレスの枯渇を緩和できる

経路問題は...

- CIDR(Classless Inter-Domain Routing)
 - サブネットを可変長に
 - classfullからclasslessへ
 - network-address/netmask の形で表す
 - 上位nビットがネットワーク部
 - Ex) 210.162.94.224/28
 - 経路の集約(aggregate)
 - 2のべき乗のネットワークアドレスをひとつにまとめる

Aggregateの例

- 197.8.2.0/24と197.8.3.0/24

11000101.00001000.00000010.00000000

上位23bitを集約(aggregate)

11000101.00001000.00000010.00000000

経路をaggregateする
= 経路表を少なくできる!

Everything gonna be alright!

- これでインターネットの世界は大丈夫
 - Private AddressとNATでIPアドレスの有効利用
 - CIDRを使って経路情報の圧縮

ちょっと待ったあ!

果たしてそれでいいかな?

- NATのIPヘッダ書き換えに伴う問題
 - stream系のアプリケーションは、ペイロード内にIPアドレスを持っている
 - IPsecと相性が悪い
 - 認証ヘッダ, IPsecの暗号ペイロード
- IPアドレスが増えるわけではない
 - 世界の人口が60億 足りない!

IPv6成立まで

- 1992: INET '92
 - IABが新しいプロトコル「IPv7」を提唱
 - OSIのCLNPを基盤とするプロトコル
 - IETFはこれを拒否し、IPngの検討を開始
 - 簡単な構造であること
 - 複数の上位プロトコルサポート
 - 長期(20年程度)使えること
 - 発展的であること
 - 協調的であるが、統制的でないこと

IPv6成立まで

- IPng評議会が3つの提案を評価
 - CATNIP
 - Common Architecture for Internet
 - SIPP
 - Simple Internet Protocol Plus
 - TUBA
 - TCP/UDP over CLNP-Addressed Network

CATNIP

- RFC 1707
 - OSIのCLNPをベースに、IP、IPXを融合し、相互接続のための基盤とすることが目的
 - 上位層はTP4、CLTP、UDP、IPX、SPX
 - ネットワーク層はCLNP、IP、IPX、CATNIP
 - 設定によってCLNP - IPの接続も可能

SIPP

- RFC 1710
 - アドレス空間を64bitに拡大
 - IPヘッダを固定長に
 - QoSのサポート
 - 認証、暗号化を標準でサポート

TUBA

- RFC 1347
 - ネットワーク層にCLNPを使い、その上でTCP/UDPを用いる
 - NSAPアドレスによる可変長アドレス空間

IPv6成立まで

- IETFは「どの提案も問題あり」と判断
 - CATNIPは斬新であり、理想的だが、仕様に未完成な部分が多い
 - SIPPは簡素で美しいが、64bitのアドレス空間では将来のインターネットに対応できない
 - TUBAはISOとIETFのネットワーク技術を融合できる提案だが、現在のインターネットの利点が失われかねない

IPv6成立まで

- IETFはさらに議論を重ねる
 - SIPPに注目し, SIPP WGに改善を提案
 - SIPP WGはそれを受け入れ, SIPP-16を作成
- 1994.7: IETF
 - Ipvng評議会は, SIPP-16をIPngの基本技術として推挙

IPv6入門

私の思うに, 全世界には約5台の
コンピュータ需要がある

1943, Thomas Watson

特徴

- 広大なアドレス空間($128\text{bit} = 3.4 \times 10^{38}$)
 - 一人あたり 5.6×10^{28} 個
 - 1cm^2 あたり 2.2×10^{20} 個
- IPv4と共存できる
- アドレスの自動設定(Plug-and-Play)
 - DHCPがいらない
- 経路情報の低減

IPv6都市伝説

- セキュリティが守られる
 - IPsecがないとダメ, IPsecはIPv4でも可
- multicastが解決される
 - リンクローカルでのmulticastは必要
 - 経路制御はv6でも難しい
- モバイル環境の改善
 - mobile-IPはv6でも難しい

IPv6アドレス

- 128bitを16bitずつ: で区切って表示
 - 3ffe:0501:0008:1234:0206:97ff:fe40:cfab
 - ff02:0000:0000:0000:0000:0000:0000:0001
- 各桁の先頭の0は省略可能
 - 3ffe:501:8:1234:206:97ff:fe40:cfab
 - ff02:0:0:0:0:0:0:1
- 連続する0は1回だけ"::"で省略可能
 - ff00::1

IPv6アドレス

- プレフィクス長は"/"のあとに長さを書く
 - 3ffe:500::/28
- IPv4アドレスを埋め込んで表示する際は, 下位32bitを従来の表記法で表記してもよい
 - 3ffe::192.168.0.1

アドレスの分類

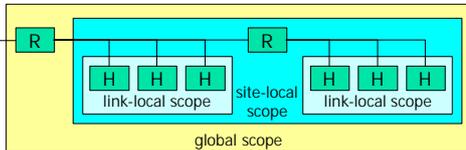
- ユニキャスト
 - 単一の計算機と通信
- マルチキャスト
 - ある計算機グループと通信
- エニーキャスト
 - 複数の計算機が受信できるアドレスに送信
 - 受け取るのは1計算機

特殊なアドレス

- ループバックアドレス (Loopback Address)
 - 自分自身をあらわす
 - 0:0:0:0:0:0:0:1 (:::1)
- 未指定アドレス (Unspecified Address)
 - アドレスが割り当てられていないとき
 - 0:0:0:0:0:0:0:0 (:::)

スコープ

- v4のアドレスは**世界**で一意
- v6のアドレスは**スコープ**内で一意
 - 有効範囲をアドレスで決めることができる

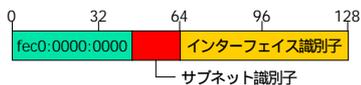


link-local scope



- 物理的につながっているネットワーク内のみで有効なアドレス
- fe80::で始まり、下位64bitに識別子をつける
- PnPに使用する

site-local scope



- サイト内で有効なアドレス
- fec0::で始まり、8bitのサブネット識別子をつける
- あまり使われてないらしい

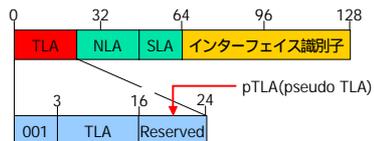
global scope



- TLA (Top Level Aggregator)
- NLA (Next Level Aggregator)
 - NLA1, NLA2, NLA3,...
- SLA (Site Level Aggregator)
 - site-localとサブネット番号を共有

6boneのアドレス構造

- 6bone
 - 3ffeで始まるテストベッド用アドレス
 - 予約されている8bitをpTLAとする



れっつv6!

どんな人間が暮らしているのであれ、
家庭にはコンピュータをもつべき
いかなる理由も存在しない

1977, Ken Olsen

実装状況

- ルータ
 - CISCOや日立、富士通のほか、たいていのベンダーはすでに実装済み
- BSD系UNIX
 - KAME(日)
 - NRL(米)
 - INRIA(仏)
 - KAMEに統一される方向

実装状況

- その他UNIX
 - Linux, Sun, IBMなどのOSでも対応
- Windows 95/98/NT
 - MSR IPv6 (SFC)
 - Toolnet6(日立)
 - Trumpet Fanfare(FTP software)

アプリケーション

- だいたいソフトはv6対応
 - Apache, sendmail, NcFTP, lynx, ssh, tcpd
- v6の実装によって対応ソフトが違うので、webやMLで事前にチェックしておくといよ

FreeBSD+KAMEの場合

- <http://www.kame.net/>
 - KAMEの入手, 展開
 - カーネルツリーの更新, 再構築
 - v6対応ソフトのインストール
 - /etc/rc の変更
- アプリケーションはportsが利用できる

Linux(Debian)の場合

- <http://www.v6.linux.or.jp/>
 - 開発版カーネル, inet6-apps, net-toolsを準備
 - カーネル再構築
 - inet6-apps(APIと基本コマンド), net-tools(管理コマンド)のインストール

Windowsの場合

- <http://www.hitachi.co.jp/Prod/comp/network/pexv6-j.htm> (要ユーザ登録)
- 動作環境
 - CPU: Pentium以上
 - メモリ: 32MB以上
 - ハードディスク: 1MB以上の空きスペース
 - OS: Windows 95/98/NT(4.0)
 - NIC: NE2000互換, EtherLinkIII

v6にまつわるえとせとら

なんの価値もないものこと好き

1983, Ryomei Shirai

from IP Meeting

- DNSのA6レコード
 - リナンバリングのときに利用
- URLとv6アドレス
 - v6アドレスを[]でかくる
- プライバシー
 - EUI64アドレスはMACアドレスから算出されるので, 移動しても下位64bitは変わらない

DNS

- bind 4.9.4からIPv6をサポート
- 通信自体はv4で行われるので, サーバはv6/v4のデュアルスタックである必要がある
- 逆引きには.IP6.INTを用いる

v6遊びをいたしましょ

- インターネット互助会横浜
 - <http://www.v6.imasy.or.jp/index-j.html>
- IJ IPv6実験サービス
 - <http://www.ij.ad.jp/IPv6/>
- WIDE 6bone-JP
 - <http://6bone.v6.wide.ad.jp/>



OCN IPv6実験

- <http://www.ocn.v6.ntt.net/>
- OCN専用線サービスを受けていることが条件
- 郵便で申し込む必要がある
- sTLAを使っているなので、実験終了後、そのまま移行できる
- とりあえず使ってみないとわからない