IPv6: why, how, where are we

萩野純一郎(itojun), Ph.D
IIJ技術研究所/KAME/WIDE/IAB
itojun@iijlab.net

Outline

- IPv6とは
- 「なぜ」IPv6に移行しなければならないのか?
- 「どうやって」IPv6に移行するべきなのか?
- IPv6普及状況はいま「どこにいるのか」?
- いま普及を阻んでいる障害はなにか?

IPv6ってなに?

- インターネットプロトコルのアドレス空間を拡張する
  - 32bit -> 128bit

- 新しい技術を義務化し標準のIPを使いやすいものにする
  - IPv4: 1970年代の設計
  - IPv6: 1990年代の設計
  - 自動設定、マルチキャスト、セキュリティなどなど

- 基本的にソフトウェアの改良だけで対応できる

なぜIPv6に移行しなければならないのか? (1)

- あらゆる通信技術がIPに集約されようとしている

- コンピュータ/デバイス/センサ等の間の通信手段として、IPは最も使いやすく安価に手に入る
  - 昔: ガスメーター用に専用の電話線をひく
  - これから: ガスメーターを家のIPネットワークにつなぐ

  - 昔: 携帯電話のために高い電話交換機を設計する
  - これから: 携帯電話を無線VoIP端末にし、交換機網はIPルータ群 (安価)

  - 昔: 複数の家電が1本の電話線を奪いあう (混信/不安定)
  - これから: 家電機器がIPを使い通信 (安定)

なぜIPv6に移行しなければならないのか? (2)

- 32bit(IPv4)でなぜ悪い?
  - IPv4で接続できるホストの数の理論限界: 43億
  - 実際には割り当て効率問題で数億またはそれ以下

  - 世界人口: 60億
  - 我々をとりまく「通信するデバイス」の数: 一人あたり数百?

  - IPv4のアドレス空間の狭さが、IPの新しい利用を妨げている
  - 例: VoIP携帯電話に移行したいが、IPv4アドレス不足で踏み切れない

- 128bitにすると... ホスト数の理論限界: 3.4x10^38

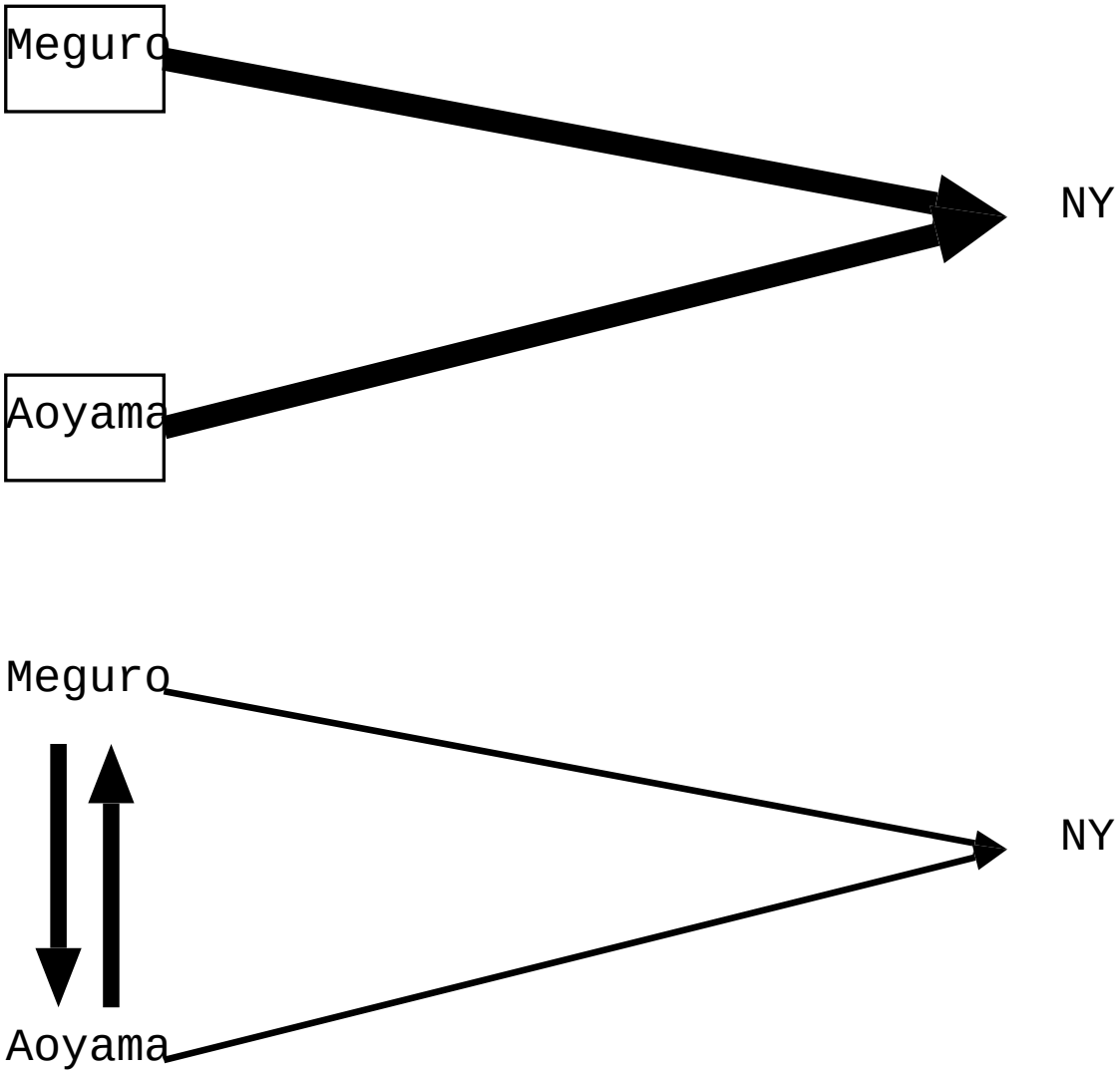
なぜIPv6に移行しなければならないのか? (3)

- NATの導入でIPv4は片方向通信の世界になってしまった
  - クライアント(家庭/オフィス)からサーバ(google/yahoo)への通信は可
  - 逆向きの通信は不可
  - 通信トラフィックがサーバに集中し、巨大で高価なサーバが必要になる
    - 目黒 - 青山で通信するのに、NYのサーバ経由(目黒 - NY - 青山)で通信しなければならない

- IPはそもそも双方向通信できる技術 - 双方向通信を取り戻す
  - IPv6アドレスは潤沢なのでNATはいらない
  - (註: NATはセキュリティを向上*しない*)

  - クライアント同士の間の直接通信
    - 目黒 - 青山で直接通信できる
    - VoIP、高品質TV電話
  - サーバは通信相手の紹介と制御トラフィックの送受だけを行う
    - サーバが安価になる、サーバへのトラフィックが減る

なぜIPv6に移行しなければならないのか? (4)



IPv6とIPv4はどう違う?

- IPv6は「アドレス空間の大きなIP」 - 基本的にはIPv4と変わりない
  - 「アドレス空間が大きい」ことが多くの利点を生み出す

- 基本仕様
  - 128bitアドレス(NAT不要)、単純な基本ヘッダ、ヘッダの拡張性
  - 今後出て来るだろうアプリケーションにも容易に対応可能
- 経路制御 - OSPFv3, RIPng, BGP4+
- QoS - diffserv, RSVP
  - (IPv6仕様とは別に議論されている、IPv4よりIPv6の方がやりやすい)
- モビリティ - mobile-ip6
- セキュリティ - IPsec (IPv6仕様とは別に議論されている)
  - 「IPv6完全準拠」を名乗るにはIPsecを実装していなければならない
- 自動設定
  - stateless autoconf, DHCPv6
- マルチキャスト - PIM, MLD (IPv6用IGMP)
- アプリケーション - HTTP, FTP, その他IPv4でやっていたことすべて
  - IPv6の普及が臨界点を越えたら新しいアプリケーションが生まれる
  - IPv6のアドレス空間の大きさを活かしたアプリケーション

IPv6ネットワークの運用 (1)

- IPv4ネットワークの運用と基本的にはほとんど同じ
  - IPv6対応したソフトウェアを用意する
    - ルータ、ホスト
  - IPv6アドレスを上位プロバイダから割り当ててもらう
  - IPv6アドレスをルータに設定する
  - ホストはルータからの情報をもとに自動設定される

- IPv4資源も使いたい (googleとか)
  - dual stack (IPv4/v6両用ルータ/ホスト/ネットワーク)
  - IPv4の相手と通信するときはIPv4で
  - IPv6の相手と通信するときはIPv6で

- 自宅と大学はIPv6対応したけど、途中にIPv4だけの区間がある
  - トンネリング
  - IPv6パケットをIPv4パケットにくるんで届ける

- IPv6-onlyネットワークは運用が大変なので避けること

IPv6ネットワークの運用 (2)

- ISPでのIPv6ネットワーク運用
  - IPv4のSLAに影響を与えるわけにはいかない
  - IPv4のお客様にスムーズな移行環境を提供する

- IPv6バックボーンとIPv4バックボーン
  - 分離して運用する (別のルータを置く)
    - ルータの数は増える、回線代はかさむがIPv6はIPv4に影響を与えない
  - dual stackで運用する (同じルータがIPv4/v6を扱う)
    - ルータの数は増えない、回線費はかさまないがIPv6はIPv4に影響を与える
  - ベンダルータの安定性、管理の容易さ/相互作用のトレードオフ

IPv6ネットワークの運用 (3)

- お客様ネットワークへの足まわり
  - フレッツ等のDSL/ファイバサービス
    - お客様を収容するルータに手を加えられない
    - NTT東/西がIPv6対応してくれないとはじまらない
    - 仕方ないのでトンネリング
  - 専用線
    - 両側のルータをIPv6対応にしてdual stack
    - 両側のルータをIPv6対応にできないので、別ルータを置いてトンネリング
    - ATMのvirtual circuit/ethernet VLANを区切ってIPv4/v6を分離

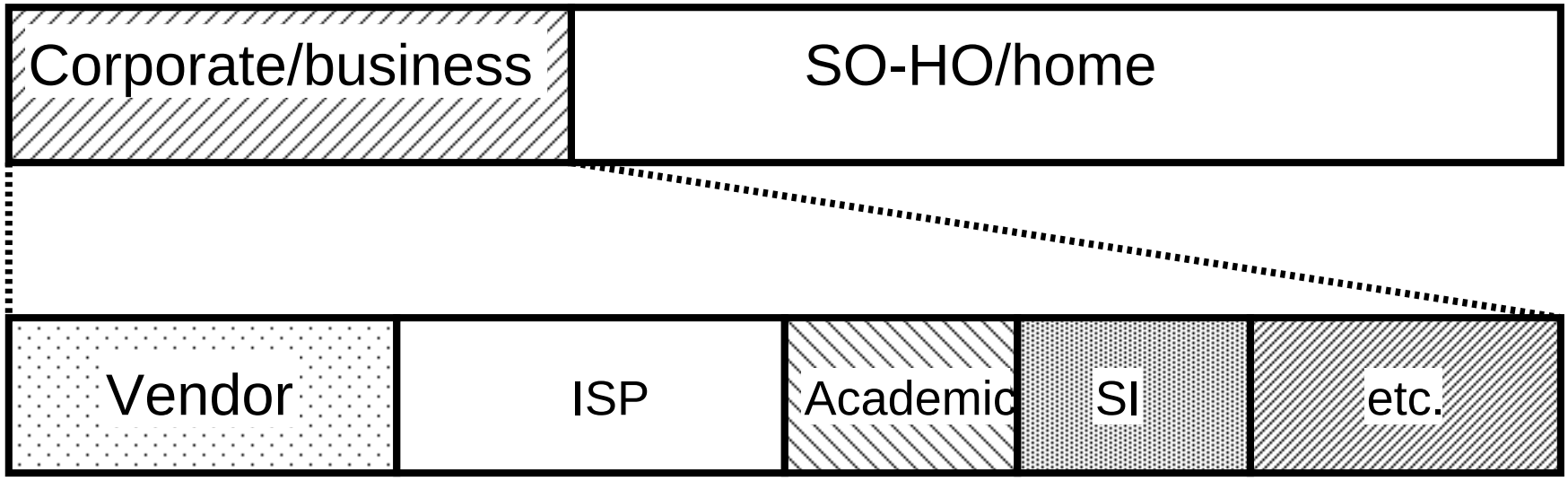
普及状況 (1)

- ARIN/RIPE/APNICには激しいIPv6アドレス割り当て要求が来ている
  - 単に「場所とり」かもしれないが、まあよい傾向
- Internet2、WIDEなどの先進的ネットワークではdual stack運用が盛ん
  - IIJでの運用については島上よりお話しします
- たくさんのISPが魅力的な/面白いサービスを展開している
- フリーソフトウェアでIPv6対応を済ませたものが増えている
- 商用ソフトウェアでも同様
- エンドホスト用OSはだいたい対応完了
- IPv6対応製品が増えている (特にルータ/firewall/ネットワーク監視)
  - 今後とも増えてほしい

普及状況 (2)

□IIJのIPv6お客様
- ○個人が多い - IIJmio、IIJ4u等からの利用
- ○法人は開発関係が多い

- ○顧客行きリンクはトンネルが多い
  - ◦フレッツ利用のお客様だとどうしてもdual stackできない
  - ◦NTT東西がんばれ



普及を阻害するもの (1)

- IPv6は「通信プロトコル」なので、両端が対応しないと使えない
  - 片方(例: 個人ユーザ)だけが頑張ってもだめ
  - 逆側(例: yahoo)もきちんと口説く必要がある
  - オンラインゲームはその点有利?
    - ゲームソフトもゲームサーバも一社が提供
    - ゲームソフトのDVDにはOSが入っている
- 安易な考えで張られたIPv6 over IPv4トンネル
  - トンネル上では1hopでも、実は太平洋を1往復しているとか
    - IPv6の方が性能悪く感じる
  - トンネルの利用は極力避ける
  - トンネルと実ネットワークのトポロジは揃える
    - 大抵、IPv4で他ASをまたいだトンネルはダメ
- 安易な考えで確保されたアドレス空間
  - アドレス空間を確保してしばらく遊んだけど、もう飽きちゃって放置
  - 遊んでた担当者は転職してしまった
  - bogusな経路情報のもと
  - 真面目に運用しましょう

普及を阻害するもの (2)

- IPv4だとかろうじて動いているけど、IPv6では動かないデバイスたち
  - 例: AAAA recordを問い合わせられたときの挙動が不正なDNSサーバ
  - A(or MX or whatever)はあるけどAAAAはないとき
    - 正しい答え:「0個のAAAAがあります」
    - 誤った答え:「そんな名前知りません」
    - 誤った答え:「異常な問い合わせです」
  - 捜し出して直すしかない
  - 結構多い
    - へぼいweb load balancerがのさばっている?
- IPv6 DNS逆ひきのlame delegation
  - 「IPv6を使い始めたら名前解決が異常に遅い」場合は大抵これ
    - サーバ側がログとりなどのために逆ひきしている
    - lame delegationのせいで待たされる
  - 捜し出して直すしかない
- onlink assumption (RFC2461)
  - 「デフォルトルータがいなければ全ての通信相手がonlinkにあると思え」
  - この規定を守ると、no route to hostで終了しなくなる
  - この規定は削除された

まとめ

□IPv6とは
□「なぜ」IPv6に移行しなければならないのか?
□「どうやって」IPv6に移行するべきなのか?
□IPv6普及状況はいま「どこにいるのか」?
□いま普及を阻んでいる障害はなにか?
　　○IPv4しか考えていないデバイス/実装

□ご質問などありましたらなんなりとどうぞ