

# IPv6 Transition and Co-existent with IPv4

Tetsuya Innami

Japan Technology and Research Center

Cisco Systems G.K.

# Agenda

1. IPv6とインターネット
2. IPv6の普及とその尺度
3. IPv6導入の指針
4. 必要な技術と標準化
5. IPv6におけるセキュリティー
6. まとめ - 移行・共存のためのデザイン

# 自己紹介+α

- 1992年「AT&T Jens」入社

当初はUNIX System上でCodingの業務にあたる。その後、まだ一般的でなかった商用UUCPやISPの業務を担当。

1993年頃 JPNIC CIDRパイロットプロジェクト開始  
1995年頃 BGP4への移行

1998年頃 IPv6の標準化作業がほぼ完了  
2000年頃 IPv6対応機器が出荷開始

PCの低価格化  
コンシューマーインターネットサービスの一般化

- 2004年「SoftBank BB」入社

コンシューマー向けインターネットサービスやIPv6を担当。

ブロードバンドインターネットの爆発的普及とIPv4アドレス消費の加速

- 2011年「Cisco Systems」入社

2011年  
IANAのIPv4 Poolが枯渇  
NTT東西 フレッツネクストでIPv6インターネット接続サービスを開始

# IPv6とインターネット

IPv6 はなぜ作られたか？

IPv4 addressの枯渇とは

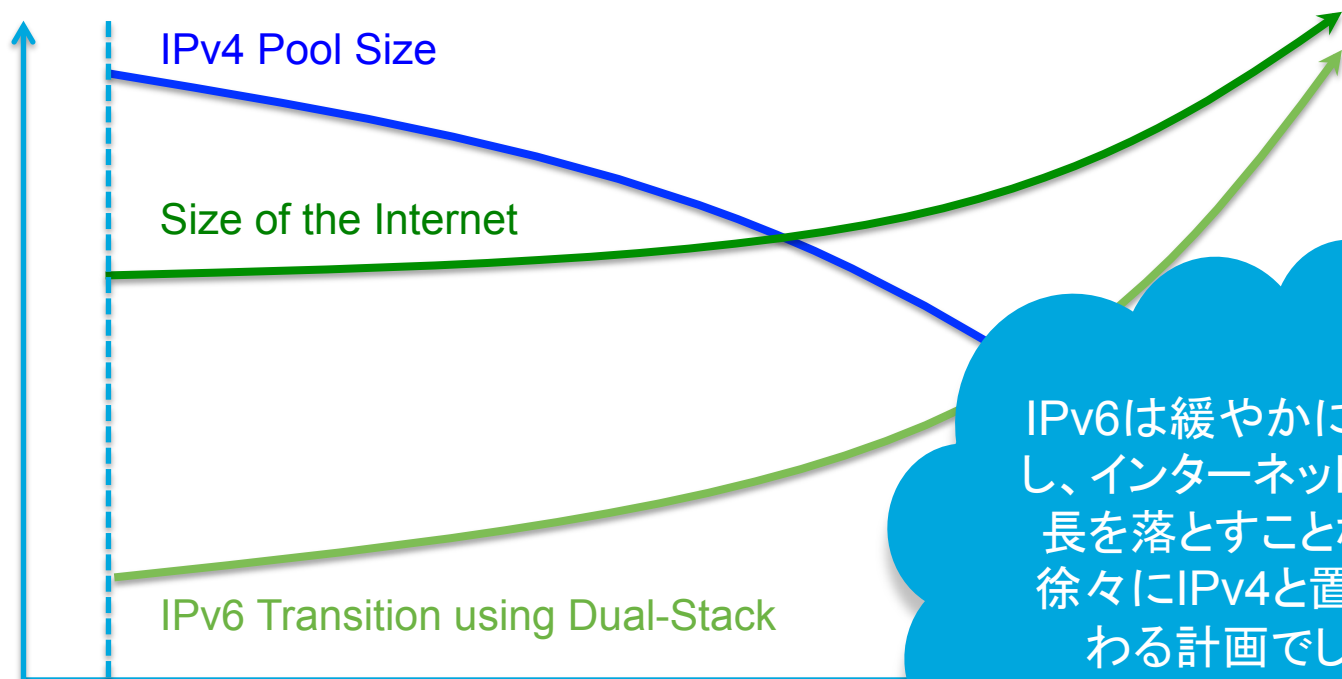
World IPv6 Launch

IPv6普及度の統計



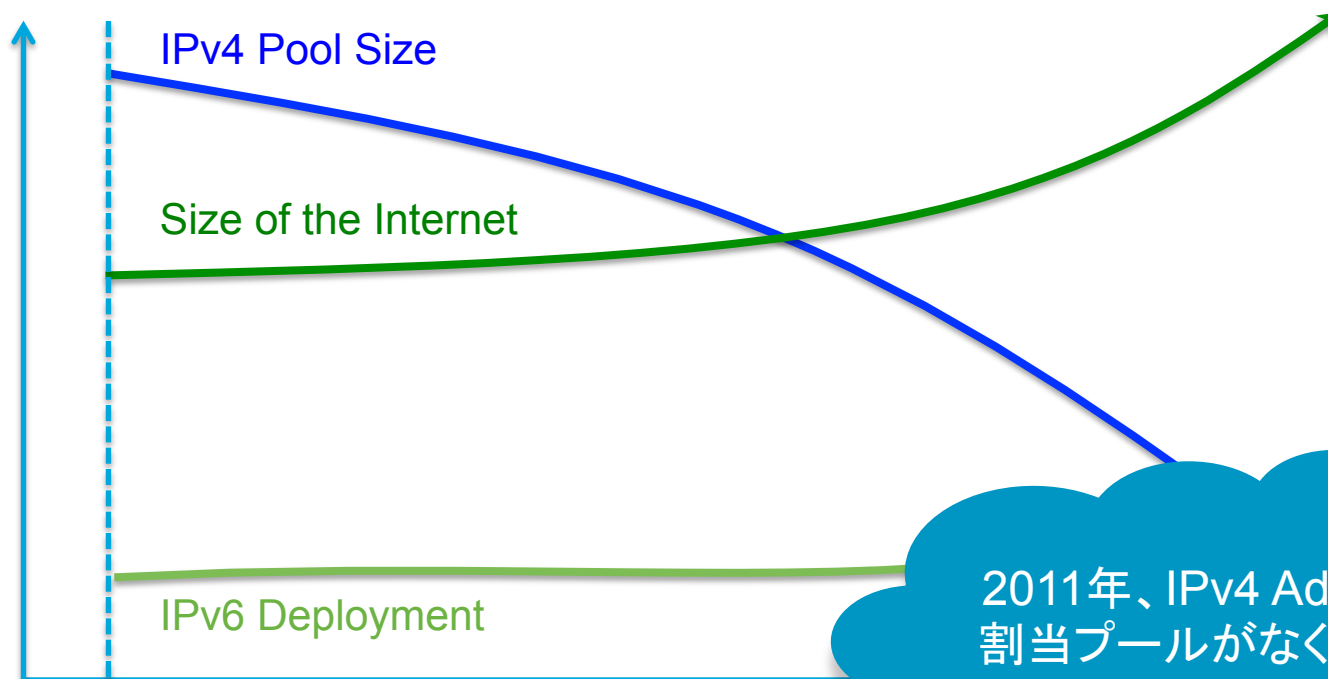
# IPv6 はなぜ作られたか？

- 標準化されたのは1995～1998年頃  
当時既にIPv4 Addressの”枯渇”が予想されていた



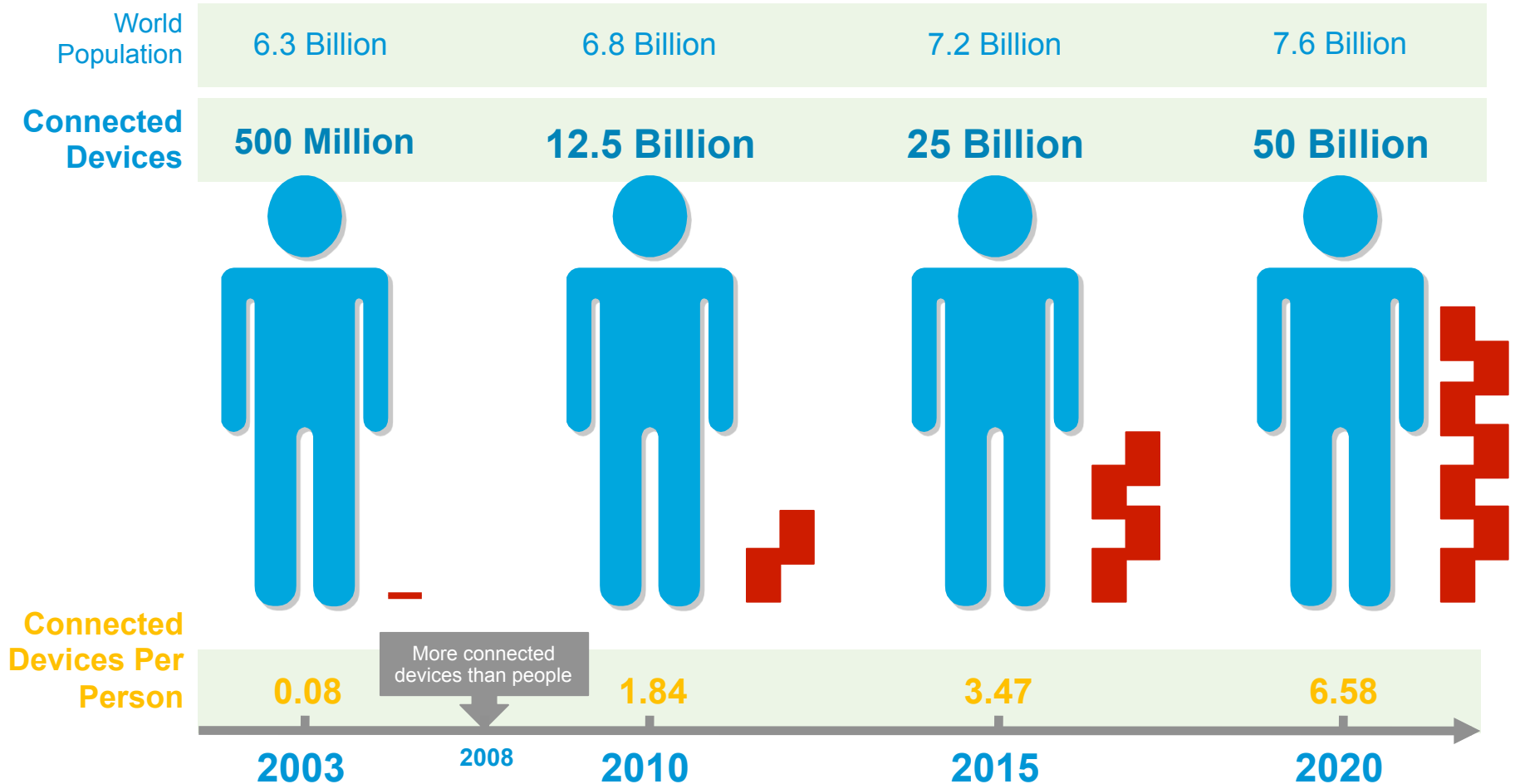
# 実際には...

- IPv4は、本当になくなるのか？  
IPv6は普及してきているのか...？！



2011年、IPv4 Address  
割当プールがなくなりま  
した。

# ネットワーク利用者の増加傾向は変わっていない



Source: Cisco IBSG, 2010

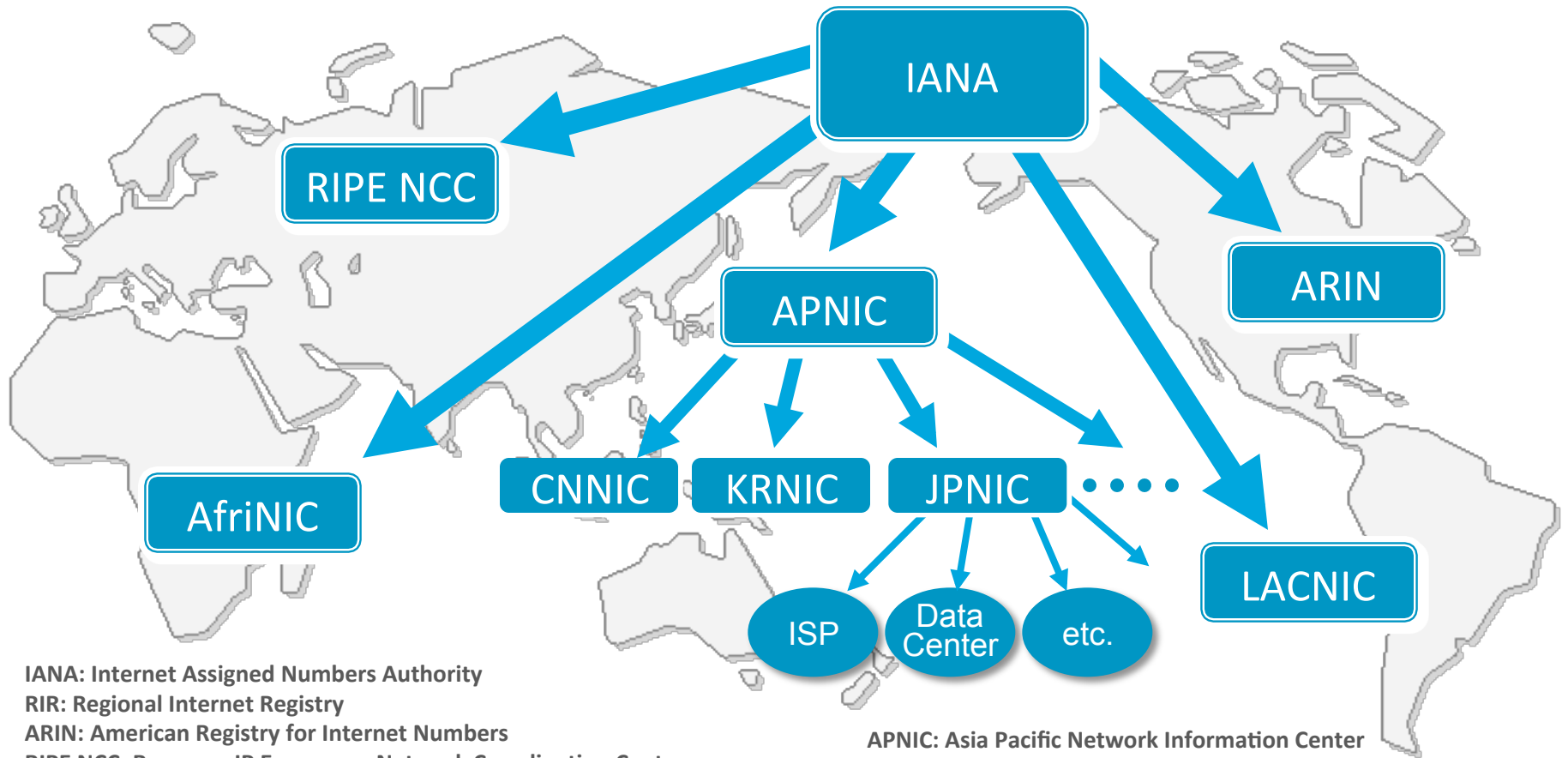
42.8億 = IPv4 addressでは不十分です

# IPv4 Addressの枯渇とは？！

- 現在使われているIPv4 Addressがなくなってしまう訳ではない  
IP Addressの**管理機関**は、新しいIPv4 Addressを割り当てるための”**在庫**”を管理している  
この”**在庫**”が一定レベルを下回った段階で、今までとは異なる新規割当てルールが適用されることになる
- 今までの割当てルールとは、  
既に割り当てられているaddressを一定レベル以上使用済みで、今後一定期間内で一定レベル以上のaddressを使用する予定がある場合、必要な大きさのaddressの割り振りを(複数回)受けることができる

ところで、”IP Address 管理  
機関”とはなんでしょう？！

# IPアドレス管理の階層構造



**IANA:** Internet Assigned Numbers Authority

**RIR:** Regional Internet Registry

**ARIN:** American Registry for Internet Numbers

**RIPE NCC:** Resource IP Europeans Network Coordination Centre

**LACNIC:** Latin American and Caribbean Internet Address Registry

**AfriNIC:** African Network Information Centre

**APNIC:** Asia Pacific Network Information Center

**JPNIC:** Japan Network Information Center

**KRNIC:** Korea Network Information Center

**CNNIC:** China Internet Network Information Center

# IPv4 Address 枯渇予想

(generated at 11-Nov-2013 09:07 ZURU)

IANA Unallocated Address Pool Exhaustion:

~~03 Feb 2011~~

割当てblockが残り5個になった時点でそれらを1つつつ、5つのRIRに割り振りました。

Projected RIR Address Pool Exhaustion Dates:

APNIC:	<del>10 Apr 2011</del>
RIPE/NCC:	<del>14 Sep 2012</del>
ARIN:	24-Jan-2015
LACNIC:	20-Mar-2015
AfriNIC:	19-Aug-2022

残り割当てblockが1つだけになったAPNICとRIPEは、最終割当て方式に移行しました。

Source: <http://www.potaroo.net/tools/ipv4/>

# 枯渇後は、どうなってしまおうのでしょうか？

- 既に割り当てられているIPv4 Addressは、今後もそのまま使い続けることができる

枯渇後ルールが適応されるのは、これから割当てを受けるときのみ

このルールは、1組織につき1回かぎり/22 block(=host数で約1,000)の割り振りを受けることができる

- 新しいネットワークを作るにはどうしたらいいのか？

## 1. 既に取得済みのIPv4 Addressを節約して使う

Private Addressを有効に活用し、Global AddressはNATなどを介して複数のユーザーが共同で使うなどの方法が考えられる

## 2. 他の組織からIPv4 Addressを移転してもらう

2011年8月から、日本国内では他の組織が割り振りを受けたIPv4 Addressの移転(名義変更)ができるようになった

## 3. IPv6を導入する

# World IPv6 Launchとは？！

- 2012年6月6日12:00(UTC)から、IPv6対応を一斉に開始するkick-offイベント

昨年実施された、“World IPv6 Day”は24hの時間限定のテストイベント  
今回は、永続的にIPv6を使用する前提であり終了しない

- ISOCが運営を行った
- 3種類の参加カテゴリが用意された(W6DはWeb Siteのみ)

Website Operator

Network Operator

Home Router Vendor





# World IPv6 Launchへの参加条件

- Web Site Operator

メインとなるWeb SiteにAAAA RRが付加されてIPv6によるアクセスが可能であることが必要です。ipv6専用siteなどは不可とされている

- Network Operator

全ての新規ユーザーにIPv6が標準的に提供され、既存ユーザーを含む全体の1%以上のユーザーがIPv6 Web Siteにアクセス可能である必要がある

- Home Router Vendor

コンシューマー向けCPE製品が、IPv6に固有の設定をエンドユーザーが行うことなく標準的にIPv6を使用可能で、かつUNH-IOLの相互運用テストシナリオを完了したことを示すリストにあげられていることが必要

# Network OperatorにとってのW6L

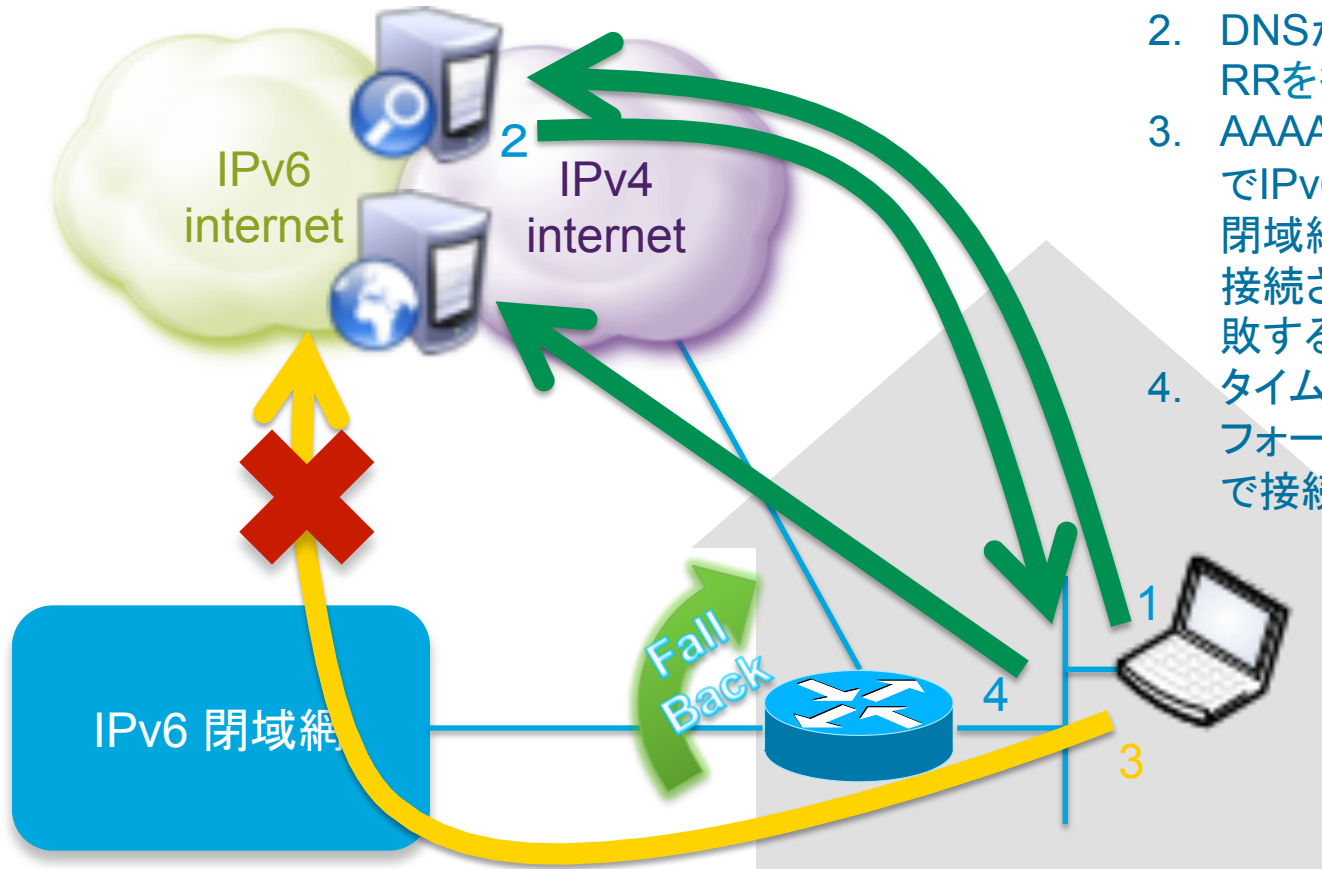
- 「全体の1%以上のユーザーがIPv6 Web Siteにアクセス」とは？

World IPv6 Launchに参加しているWeb Siteの一部に対するIPv6とIPv4のTraffic比率が1%を超えることが求められている

ただし、これらのWeb Siteの中には、IPv6によるアクセスがIPv4と比較して遅延が大きい場合などに、IPv6によるアクセスを制限している場合が存在している

- ✓ 日本国内では、フォールバック問題の存在などにより、この問題の影響を受けているNetwork Operatorが多く存在していると言われている
- ✓ いろいろな問題が、克服されつつあると言われるが、IPv6の本格的な導入を行うために、周囲の状況を把握することが重要であると考えられる

# (For Your Reference) Fallback問題とは



1. wwwサーバーのアドレスをDNSに問い合わせる
2. DNSからAAAA RRとA RRを得る
3. AAAA RRが存在するのでIPv6で接続を試みるが、閉域網でインターネットに接続されていないので失敗する
4. タイムアウトを待ち、フォールバックして、IPv4で接続を試みる

# IPv6普及度の統計

- 一般的な統計手法を知ること、自らの計画の規模的・時間的な基準を設定することが可能になる

地域別・国別・Operator別(AS)情報

各サイトのWeb Server, Mail Server, DNS Serverの情報

- 大規模なWeb Siteに対するアクセス統計等はインターネット全体の普及度を測る上での目安となり得る

ALEXAなどに上位ランクされるWeb SiteのIPv6対応状況などが一般に公開されている

# IPv6普及度 – 内部的統計

- IPv6利用者数
  - IPv6によるネットワーク接続数・コネクション数等
  - ISP事業者などにとってのIPv6サービス加入者数やエンドユーザーの数
  - Web Server等に対するアクセス数、ログイン数等
- IPv6 Trafficとアクセス
  - IPv4とのTrafficやHTTP等のアクセス数の比率
- IPv6 パフォーマンス
  - IPv4と比較した遅延・ゆらぎなどの比較
- (参考) World IPv6 Launch参加者による統計
  - <http://www.worldipv6launch.org/measurements/>

# IPv6普及度 – インターネット

- AS/国毎の統計

IRからのIPv6 Addressの割り振りを受けているネットワーク  
(Originとして) IPv6 Addressを広告しているAS  
他のASのIPv6 prefixをtransitしているAS

- アプリケーション・サーバーの統計

Web, Mail, DNS

それぞれのサーバーがAAAA RRを持っているか?

それぞれのprotocol(http,smtp,dns q)がIPv6 Transportでアクセス可能か?

- (参考) 統計サイトの例

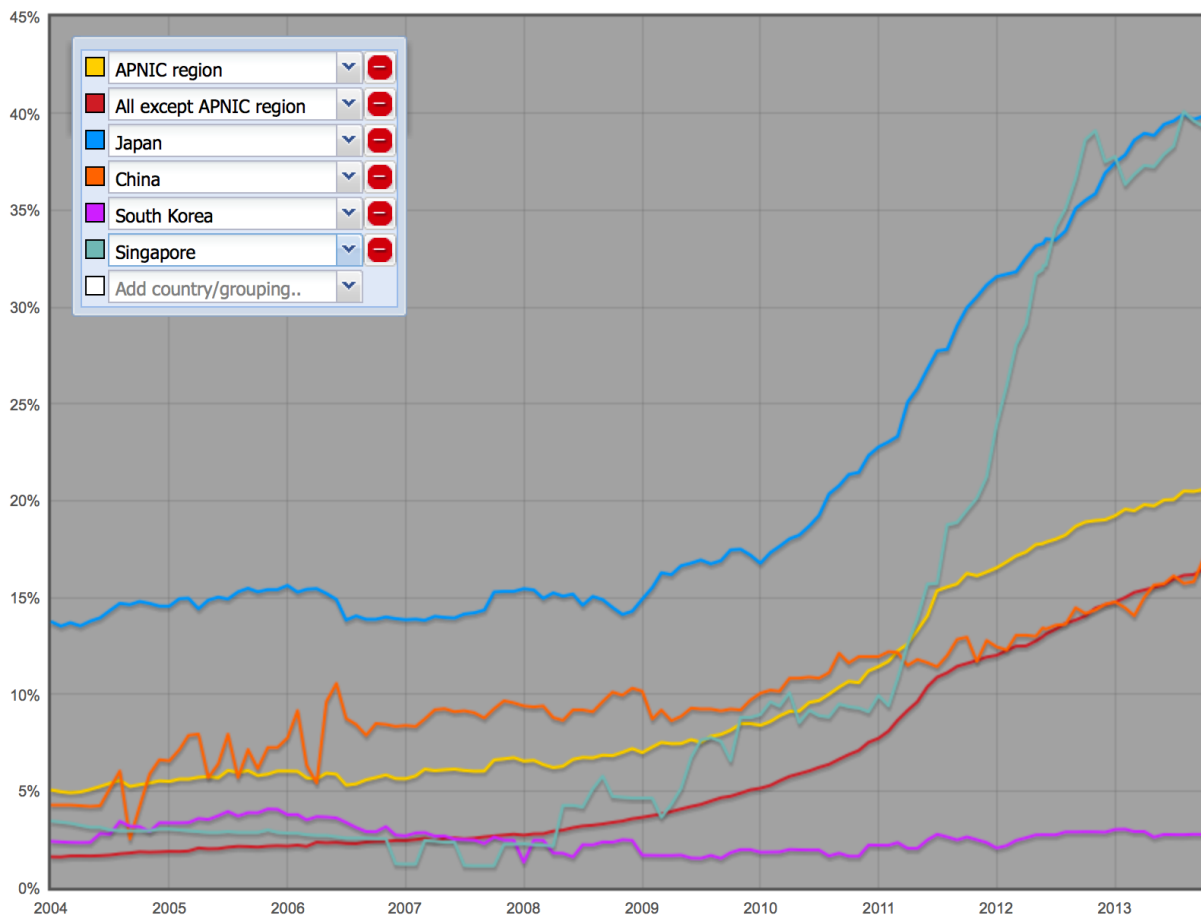
<http://www.vyncke.org/ipv6status/>

# アジア・太平洋地域の国別統計 (# of AS)

- アジア・太平洋地域の主な国及びAPNIC全体、APNIC以外全体の状況

RIPE/NCCにおけるIPv6 Prefixを広告しているASの数の割合の統計

日本は以前から高い割合を示し、さらに増加している、近年周辺の各国も急激な上昇傾向となっている



Source: <http://v6asns.ripe.net/v/6/>

# サービスプロバイダーのIPv6トラフィック

- World IPv6 Launch 参加コンテンツプロバイダーに対するIPv6アクセス統計  
アクセスデータ絶対値上位10位内に、国内オペレーター3社が入る

Network operator measurements, 11th October 2013 ([notes](#))

Show  entries Search:

Participating Network	ASN(s)	IPv6 deployment
KDDI	2516	9.55%
ATT	6389, 7018, 7132	11.39%
Comcast	7015, 7016, 7725, 7922, 11025, 13367, 13385, 20214, 21508, 22258, 33287, 33489, 33490, 33491, 33650, 33651, 33652, 33653, 33654, 33655, 33656, 33657, 33659, 33660, 33661, 33662, 33664, 33665, 33666, 33667, 33668, 36733	8.20%
Verizon Wireless	6167, 22394	40.11%
Free	12322	14.18%
RCS & RDS	8708	11.28%
Deutsche Telekom AG	3320	4.83%
Time Warner Cable	7843, 10796, 11351, 11426, 11427, 12271, 20001	2.44%
SoftBank BB	17676	1.34%
Chubu Telecommunications	18126	19.08%

Showing 1 to 10 of 197 entries

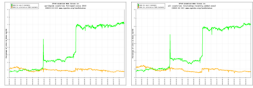
First Previous 1 2 3 4 5 Next Last

Source: <http://www.worldipv6launch.org/measurements/>



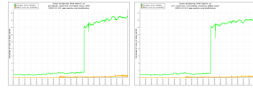
# 国別のアプリケーション対応状況

## Web



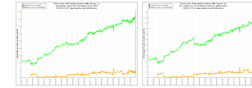
Rank	Country	Sample	Green	Orange
1	<a href="#">Czech Republic</a>	50	34.0% (17)	0.0% (0)
2	<a href="#">Slovenia</a>	50	30.0% (15)	0.0% (0)
3	<a href="#">Brazil</a>	50	28.0% (14)	0.0% (0)
4	<a href="#">United States of America</a>	50	22.0% (11)	2.0% (1)
5	<a href="#">Netherlands</a>	50	16.0% (8)	4.0% (2)
6	<a href="#">India</a>	50	16.0% (8)	0.0% (0)
7	<a href="#">Switzerland</a>	50	16.0% (8)	0.0% (0)
8	<a href="#">Singapore</a>	50	16.0% (8)	0.0% (0)
9	<a href="#">Norway</a>	50	14.0% (7)	6.0% (3)
10	<a href="#">Portugal</a>	50	14.0% (7)	0.0% (0)
11	<a href="#">Denmark</a>	50	14.0% (7)	0.0% (0)

## Email



Rank	Country	Sample	Green	Orange
1	<a href="#">Anguilla</a>	13	53.8% (7)	0.0% (0)
2	<a href="#">Libya</a>	50	50.0% (25)	0.0% (0)
3	<a href="#">Vietnam</a>	50	50.0% (25)	0.0% (0)
4	<a href="#">Bhutan</a>	21	38.1% (8)	4.8% (1)
5	<a href="#">Colombia</a>	50	38.0% (19)	0.0% (0)
6	<a href="#">Nigeria</a>	50	36.0% (18)	2.0% (1)
7	<a href="#">Azerbaijan</a>	50	36.0% (18)	0.0% (0)
8	<a href="#">Ukraine</a>	50	36.0% (18)	0.0% (0)
9	<a href="#">Pakistan</a>	50	34.0% (17)	0.0% (0)
10	<a href="#">Ghana</a>	42	33.3% (14)	0.0% (0)
11	<a href="#">Sweden</a>	50	32.0% (16)	0.0% (0)

## DNS



Rank	Country	Sample	Green	Orange
1	<a href="#">Bhutan</a>	21	71.4% (15)	0.0% (0)
2	<a href="#">Tunisia</a>	50	60.0% (30)	2.0% (1)
3	<a href="#">Reunion</a>	36	58.3% (21)	2.8% (1)
4	<a href="#">Sweden</a>	50	56.0% (28)	0.0% (0)
5	<a href="#">Czech Republic</a>	50	52.0% (26)	0.0% (0)
6	<a href="#">Norway</a>	50	52.0% (26)	0.0% (0)
7	<a href="#">Finland</a>	50	52.0% (26)	0.0% (0)
8	<a href="#">Slovenia</a>	50	50.0% (25)	2.0% (1)
9	<a href="#">Switzerland</a>	50	50.0% (25)	2.0% (1)
10	<a href="#">Estonia</a>	50	50.0% (25)	2.0% (1)
11	<a href="#">Cote d'Ivoire</a>	28	46.4% (13)	0.0% (0)

日本の順位は、Web: 25位、Mail: 119位、DNS: 64位

Source: <http://www.vyncke.org/ipv6status/>

# 日本国内のIPv6 利用者数

**ipub** IPv6普及・高度化推進協議会  
IPv6 Promotion Council 64.104.59.6 | HOME | 事務局からのお知らせ

IPv6とは? 協議会概要 WG/SWG紹介 法人会員からのお知らせ イベント&セミナー 海外関連ニュース

## 日本における IPv6 の普及状況

### アクセス網におけるIPv6の普及状況調査

今回、当協議会では、普及状況の把握に賛同頂けるISPの協力を得て、フレッツ光ネクスト、およびその他のネットワークについて、IPv6での接続が可能なアカウント数の割合を収集し、IPv6普及状況の指標のひとつとして公開することにしました。

**【集計結果】**

■ フレッツ光ネクストのIPv6普及率

	NGN IPv6普及率	NGN契約数
2012.12	0.8%	8,127,000
2013.03	1.4%	8,595,000
2013.06	2.0%	9,094,000

注：実際の普及率よりも値が低くなる（算出方法（2）参照）

参考）フレッツ光ネクスト以外のネットワークのIPv6普及率

	KDDI au ひかり	CTCコミュファ光
2012.12	55%	24%
2013.03	61%	29%
2013.06	63%	36%

□ 協力会社  
東日本電信電話株式会社、西日本電信電話株式会社、BBIX株式会社、日本ネットワークイネプラー株式会社、インターネットマルチフィード株式会社、エヌ・ティ・ティ・コミュニケーションズ株式会社、株式会社インターネットイニシアティブ、ソネットエンタテインメント株式会社、KDDI株式会社、中部テレコミュニケーション株式会社

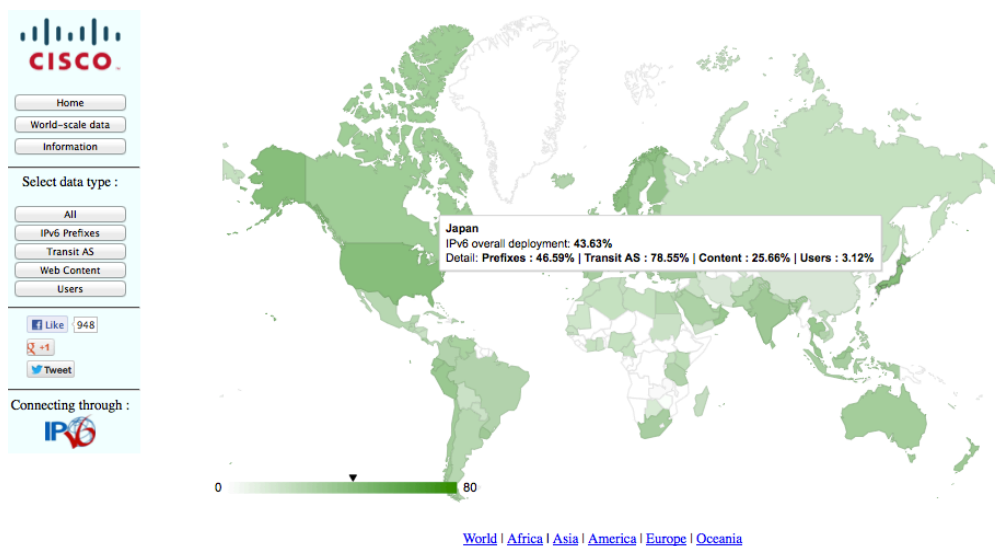
IPv6普及・高度化推進協議会では、IPv6の普及を推進して行く目的で、いくつかの視点から普及度の調査及びその結果の公開を行っている。

その中の「アクセス網におけるIPv6の普及状況調査」は、主旨に賛同し、協力するISP等の通信事業者から提供された数値をもとに統計が行われている。

現在は、東日本電信電話株式会社及び西日本電信電話株式会社の提供する「フレッツ光ネクスト」(NGN)と、KDDI株式会社の提供する「KDDI au ひかり」、中部テレコミュニケーション株式会社の提供する「CTC コミュファ光」におけるIPv6普及率が公開されている。

Source: [http://v6pc.jp/jp/spread/ipv6spread2013\\_03.phtml](http://v6pc.jp/jp/spread/ipv6spread2013_03.phtml)

# (参考) <http://6lab.cisco.com/stats/>



Based on original data from RIR, routeviews, Alexa, Google, ITU and APnic

Please send feedback to: [6stats-feedback@cisco.com](mailto:6stats-feedback@cisco.com)

- 世界地図の上にマウスを置くと、国別に集計したメトリックが表示される
- 希望の「データタイプ」を選べば、それぞれの詳細を確認可能
- [World-scale data] を選択するか、国をクリックすると、履歴データが表示される
- 手順やデータの説明、チュートリアルについては、  
<http://6lab.cisco.com/stats/information.php> を参照
- 各国の「IPv6 overall deployment」の指標は、導入メトリックの加重平均 {IPv6 Transit AS\*25 % + IPv6 Content\*25 %+ IPv6 Users\*50 %}

# (参考) 統計サイト



<http://www.google.com/ipv6/statistics.html>  
<http://www.vynche.org/ipv6status/>  
<http://6lab.cisco.com/stats/>  
<http://www.worldipv6launch.org/measurements/>  
<http://v6asns.ripe.net/v/6>

# IPv6導入の指針

IPv6移行の動機と前提条件

Dual-Stack環境

NAT - IPv4 addressの節約

# IPv6移行の動機と前提条件

- 基本的な動機

- IPv4 addressの枯渇をネットワーク拡張の制限にしない
  - 外部のIPv6サイトへの接続性を担保する

- 前提条件

- 既存の機器を有効に活用する

- 既存の環境に与える影響を最小限に抑える

- IPv6の広大なアドレス空間を使用可能にするだけでなく、IPv4アドレスの節約を同時に行う

# Dual-StackとIPv4 Address

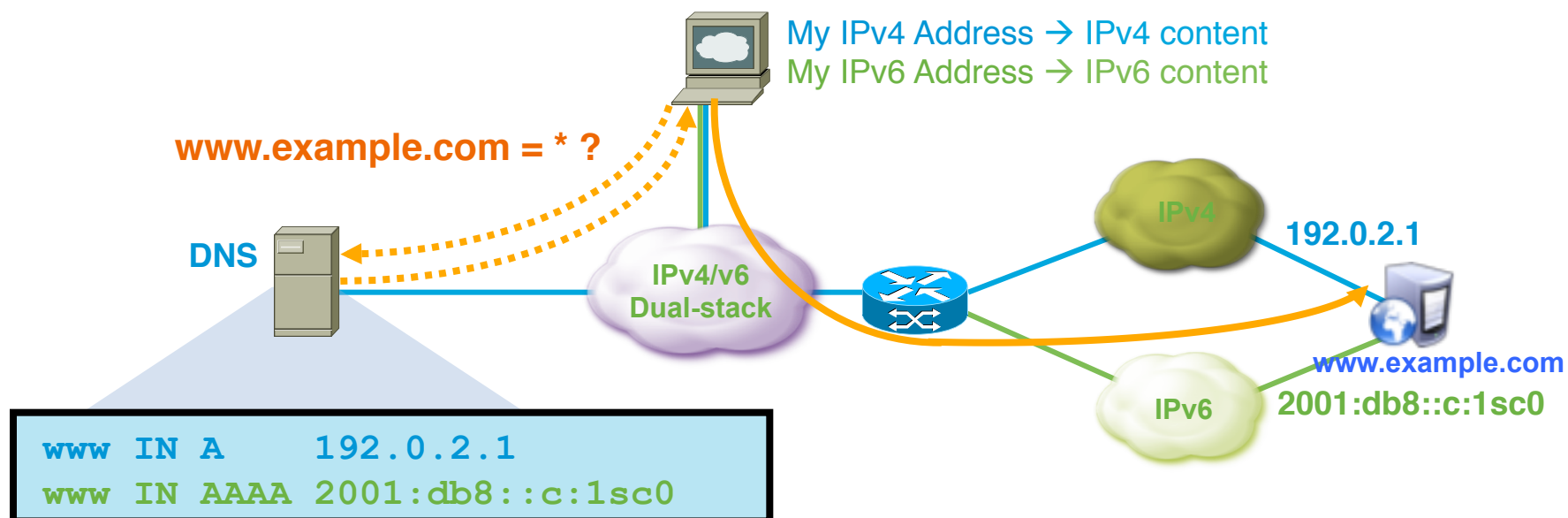
- 当面IPv4 Internetは使われ続けると思われるため、可能であればエンドユーザーの環境としては、Dual-Stack環境が必要
  - 基幹ネットワークは、必ずしもDual-Stackである必要はなく、IPv6ネットワーク上に、IPv4を重畳させたり、その逆を行うような移行技術も存在している
- IPv4 Address資源は、既に枯渇しており、潤沢に使用することは難しい
  - 一つのIPv4 Addressを複数のユーザーで、“共用”する技術を組み合わせて使用することが求められる

# Dual-Stack環境

- IPv6の直接のMotivationは、IPv4をなくすことではない  
当面は、既存のIPv4環境に影響を与えず、共存することを考慮すべき
- アプリケーションの両端はDual-Stack  
エンドユーザーおよびアプリケーション・プロトコルのサーバーは、基本的にIPv4/IPv6両方で同等なサービスを利用・提供可能であるべき
- 基本的にエンドユーザーとサーバーの間のネットワーク・機器がすべてdual-stackである必要はない
- 将来的にIPv4を全く使う必要がなくなった時点で、IPv6 single stackとなる



# Dual-StackとDNS



- **DNS (Domain Name System)のDual-Stack対応**

DNSのデータ(RR)はIPv4 records (A) and/or IPv6 (AAAA) recordsに対応している

DNSの問い合わせ/返答protocol自体は、IPv4/IPv6から独立している

エンドユーザーは、任意のTransport(v4 or v6)で、必要な資源レコード(A and/or AAAA RR)を問い合わせできる

# 基幹ネットワークへのDual-stack導入の手法

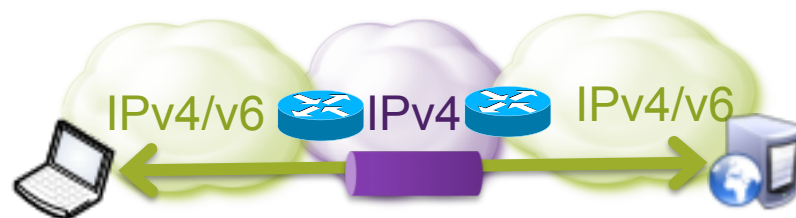
- 完全Dual-Stack

エンドユーザーとサーバーの間のすべての区間がIPv4/IPv6双方をroutingする



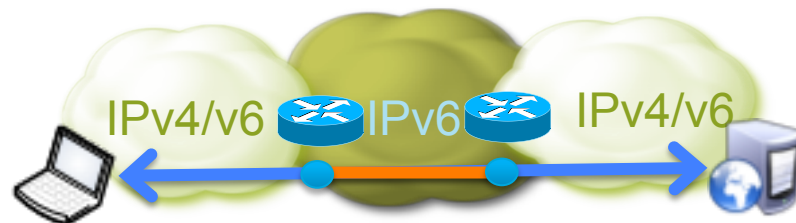
- Tunneling

例えばIPv6のパケットを転送する場合、IPv4でカプセル化することにより、IPv4インフラ上でもIPv6の転送を可能とする



- Double Translation

例えばIPv4のパケットを転送する場合、一度IPv6に変換してからIPv4に戻すことにより、IPv6インフラ上でもIPv4の転送を可能とする



# IPv4 addressの節約

一般的なIPv4接続サービスは、

“加入者一人” = “IPv4アドレス一個”

これを更に節約するには、

“加入者一人” < “IPv4アドレス一個”

すなわち、

一つのIPv4アドレスを複数の加入者で共有する

必要がある

# IPv4 addressの共有

- 複数の加入者が”同じ”IPv4 addressを使用する
  - 加入者を区別するためには、トランスポートプロトコル(TCP4/UDP4)のポート番号を使用する
  - 加入者間でのポート番号の重複を避けるためNATと同時にポート番号も変換する(NAPT: Network Address and Port Translation)
- NAPTの利用
  - RFC3022
- NAPTの使用に関する課題
  - 利用可能なポート数の制限
  - 常に”内側”からのコネクション・TCP/UDP/ICMPのみ
  - NAPTの設置場所・トポロジー

# NAPTにおけるポート数の制限

- 同時に多くのポートを使用するアプリケーションは、ポート数の制限により機能が限定される場合が存在する

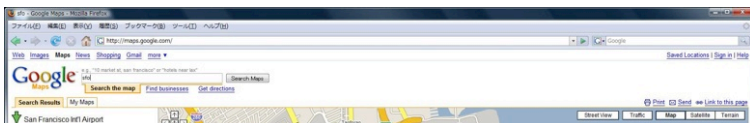
ポート数制限環境における(ちょっと前の)Google Mapsの例

- AJAXアプリケーション, etc

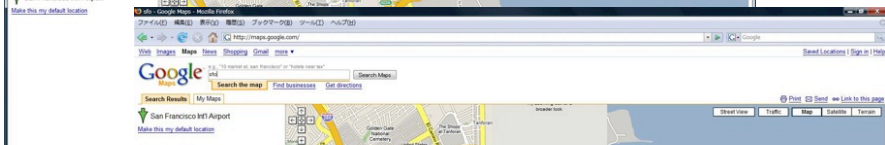
Reference:

Hiroshi Esaki, Ph.D: [www2.jp.apan.net/meetings/kaohsiung2009/presentations/ipv6/esaki.ppt](http://www2.jp.apan.net/meetings/kaohsiung2009/presentations/ipv6/esaki.ppt)

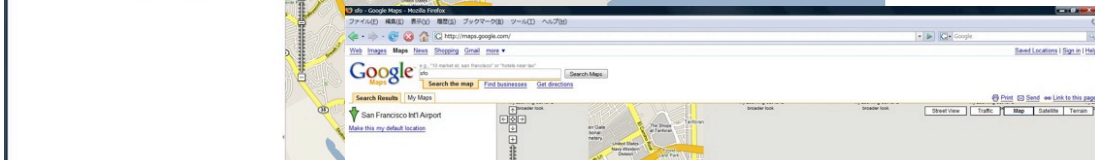
# Max Numbers of Connections



30 Connections



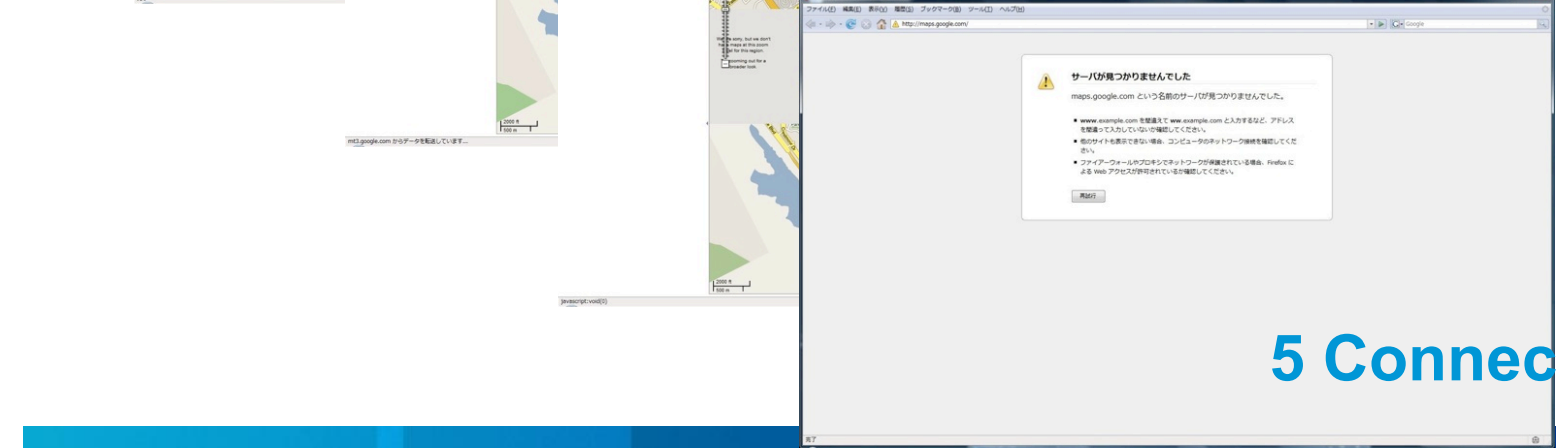
20 Connections



15 Connections



10 Connections



5 Connections....

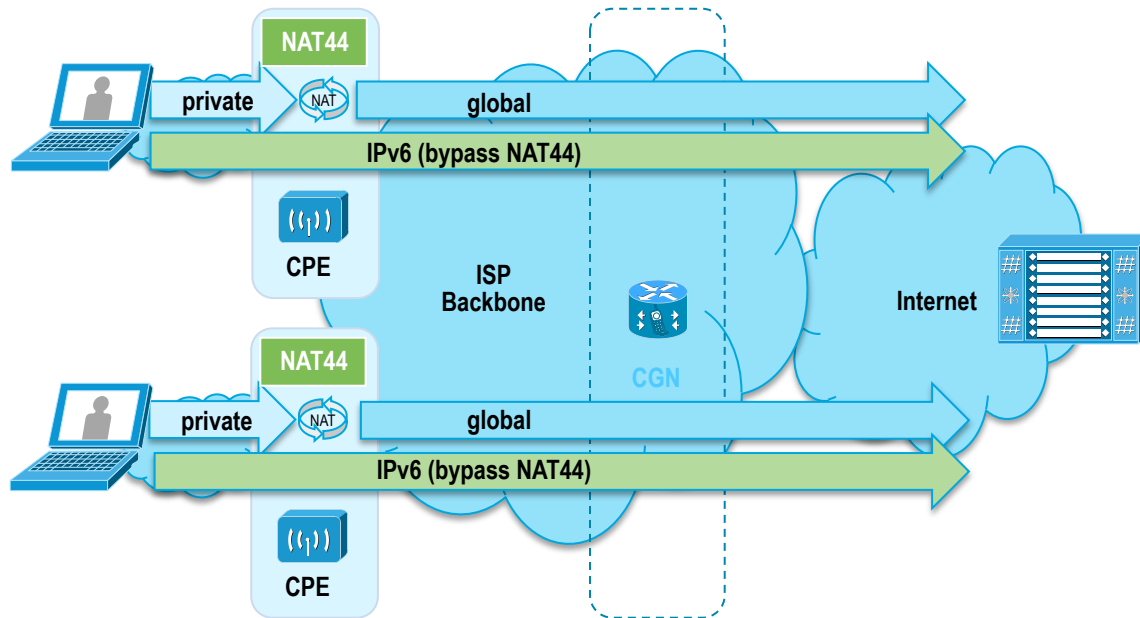
# NATの位置

- NAT装置の設置位置によりIPv4アドレスの共有形態に差異が存在する

理論的には、より集中させるほど共有効率は向上する

同一のIPv4アドレスを異なるNAT装置で使用する場合はポート番号の割り振りメカニズムが必要

# CPEにおけるNAT

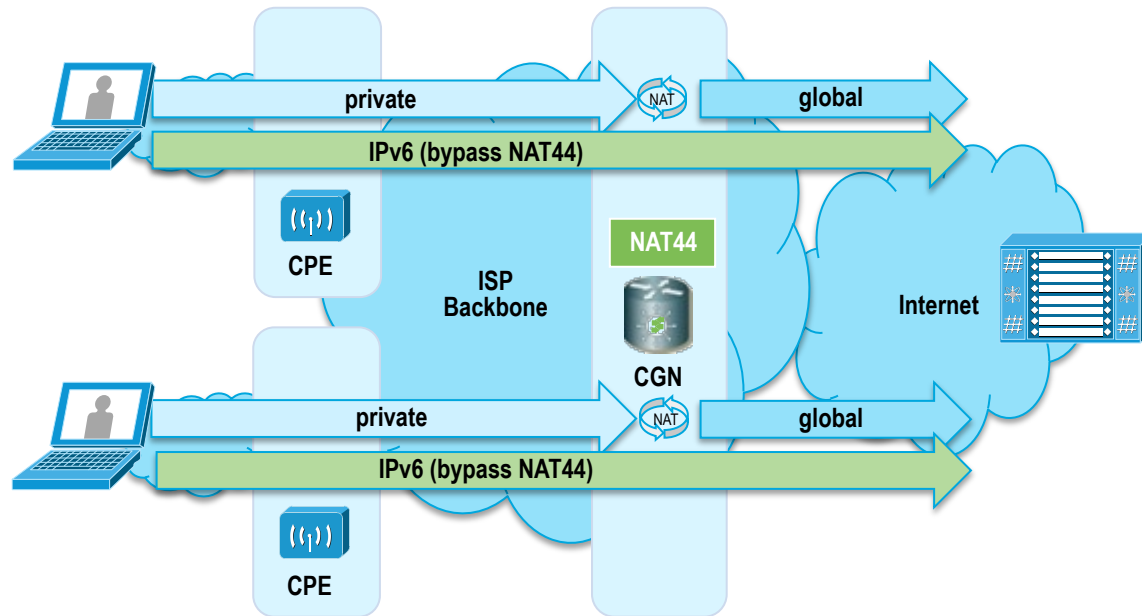


- CPE(宅内設置ルーター)にNAT機能を実装する
- 今日最も一般的な形態
- 各加入者の自由度が高いが、IPv4アドレスの共有効率は低い

共有効率をあげるために、CPE毎のポート番号に制限を付加し、複数のCPEで共通のIPv4 addressを使用する場合も存在する – Port Restricted NAT

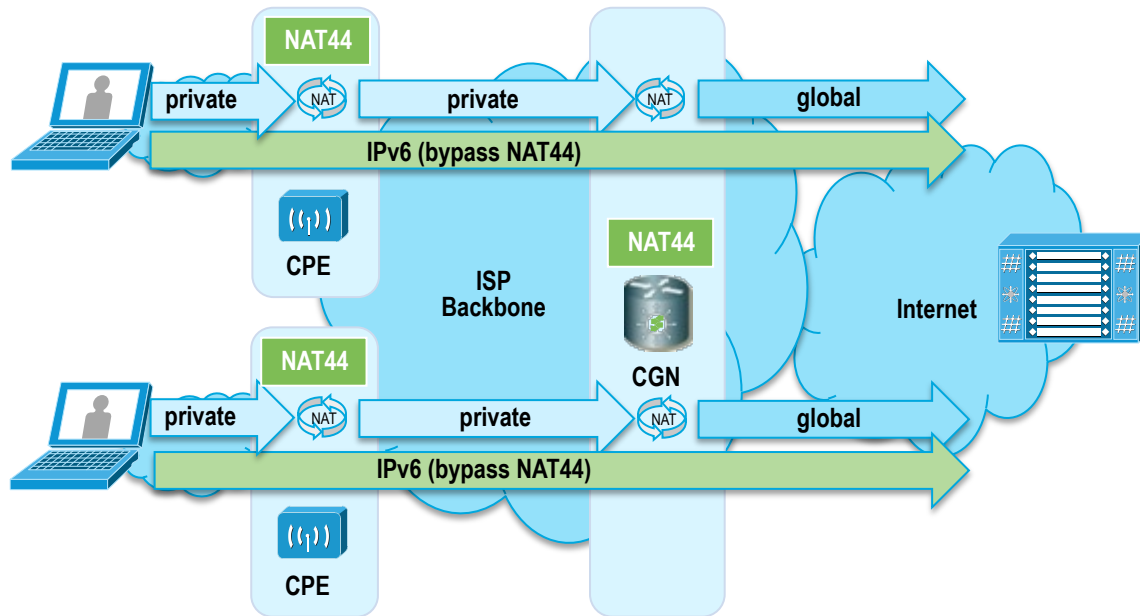


# CGN (Carrier Grade NAT)



- ISPの基幹設備内に設置し、複数の加入者が利用する  
ISPの設備内に、加入者毎の状態を保存しなければならないため運用負荷が高い
- 容易に複数の加入者が一つのIPv4アドレスを共有できるため、その効率が高い
- 加入者からGlobal Addressを操作不可

# Double NAT (CPE NAT+CGN, a.k.a. NAT444)



- CPEによるNATとCGNの併用  
CPE NATは非常に一般化しているため、CGNの導入は、実質的にDouble NAT環境となる
- 加入者からGlobal Addressを操作不可で、特にUPnPなどへの対応も困難となりうる  
現在この問題を解決するために新Protocolの検討作業も進められている

# 構成モデルと移行のステップ

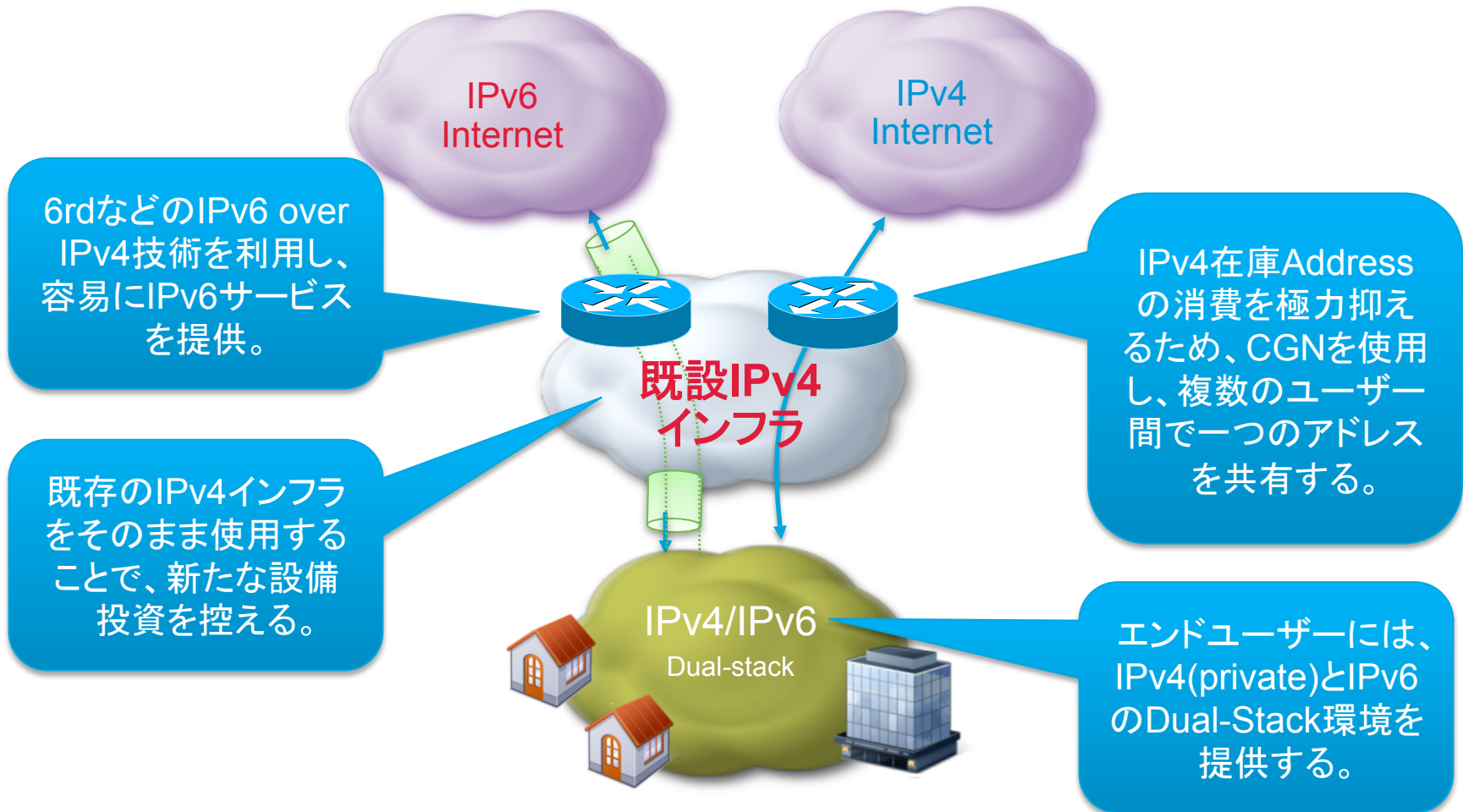
構成モデル – 既設IPv4インフラの活用

構成モデル - IPv6 onlyインフラ

移行のステップ

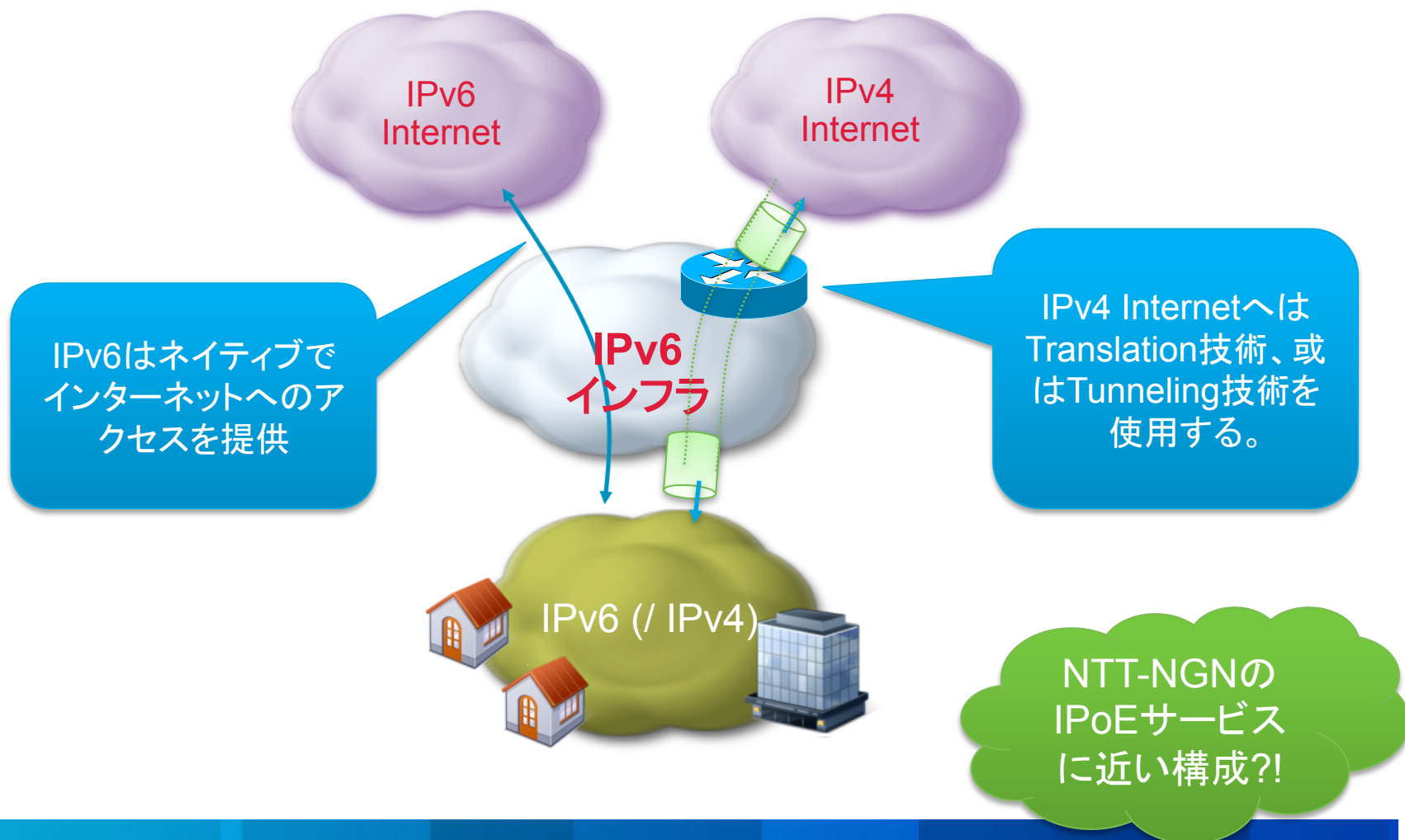
# 構成モデル – 既設IPv4インフラの活用

- IPv6 over IPv4 Tunneling + Carrier Grade NAT

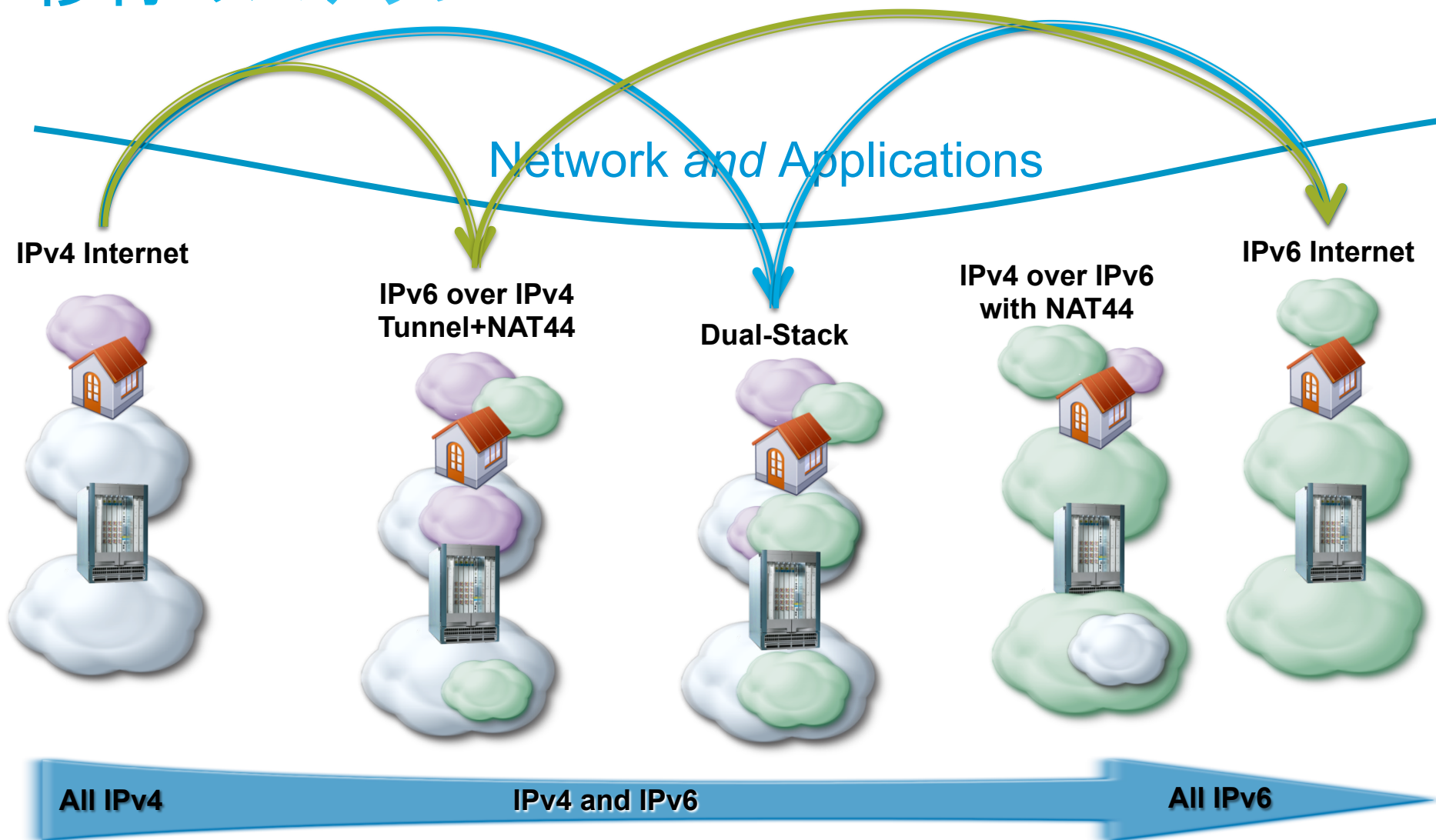


# 構成モデル - IPv6 onlyインフラ

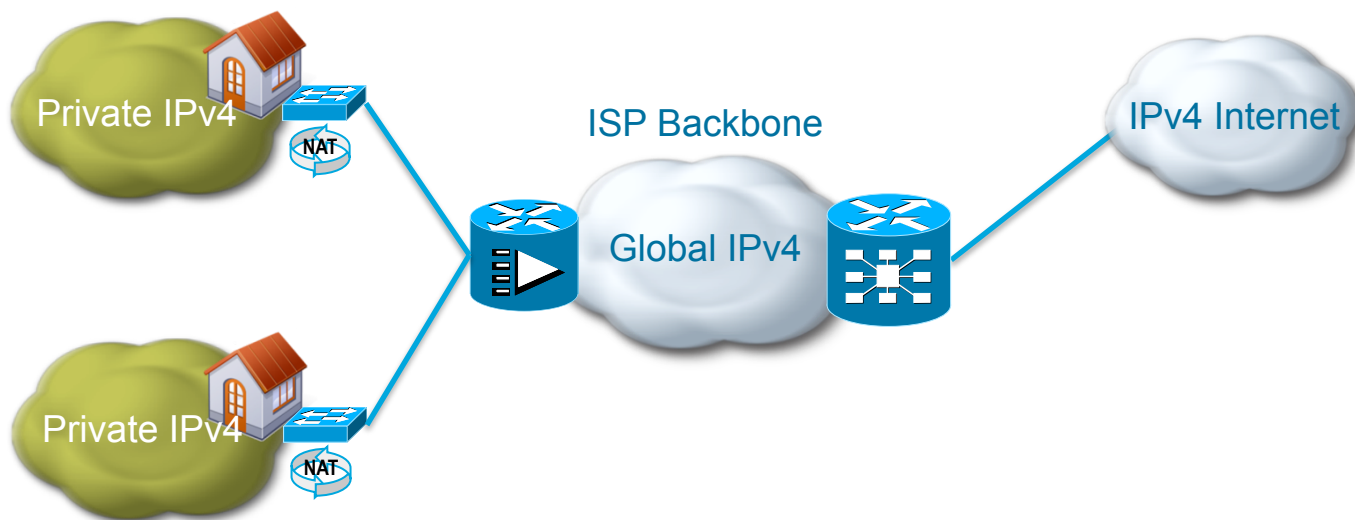
- Native IPv6 + IPv4 overlay → 前項の逆パターン



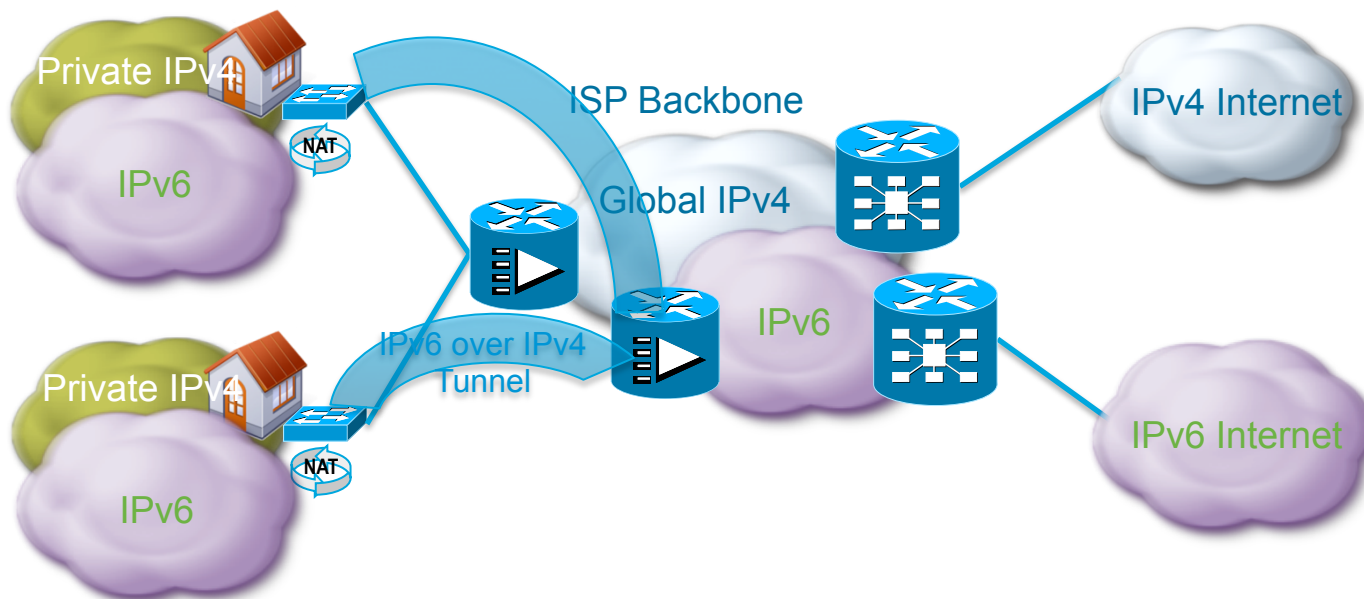
# 移行のステップ



# Step.0 今日のインターネット



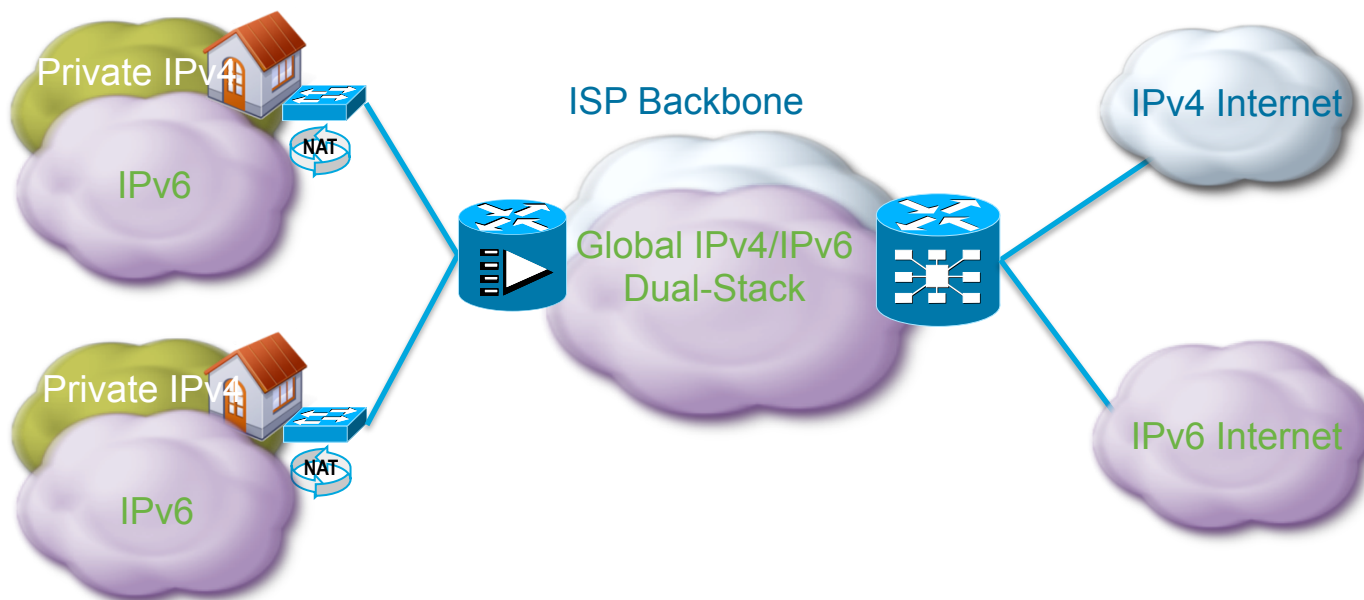
# Step.1 TunnelingによるIPv6接続



CPEとISPのTunnel  
Concentratorの間はIPv6  
over IPv4 Tunnelで接続

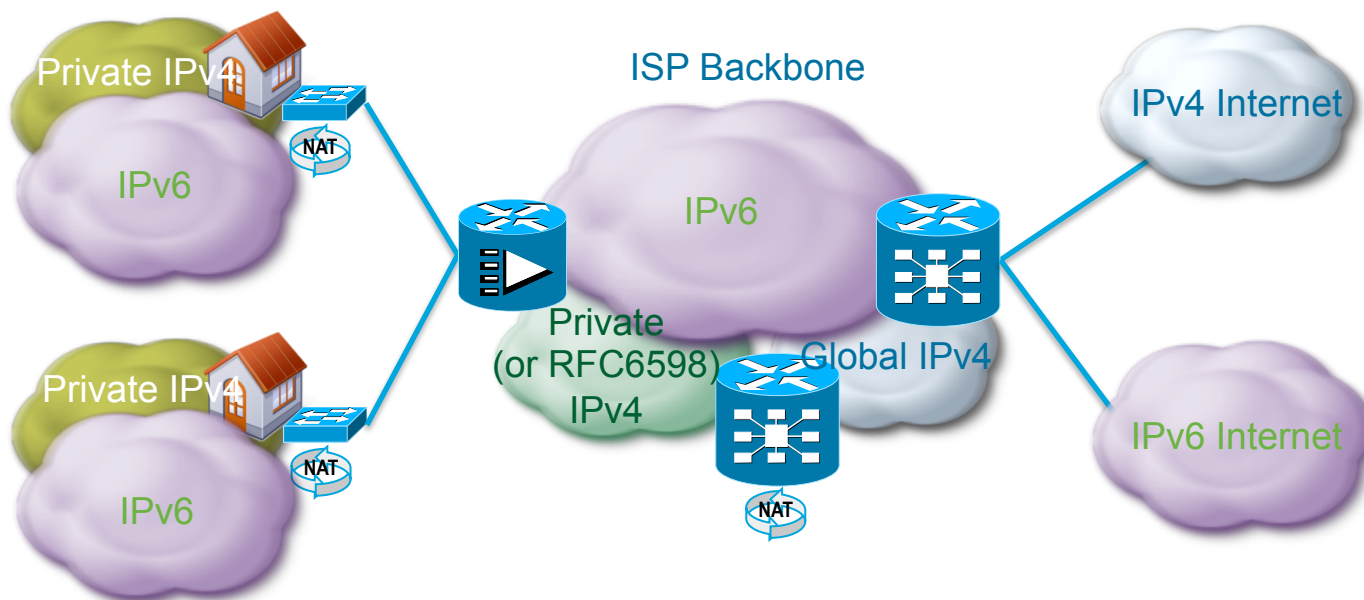


# Step.2 BackboneのDual-Stack化



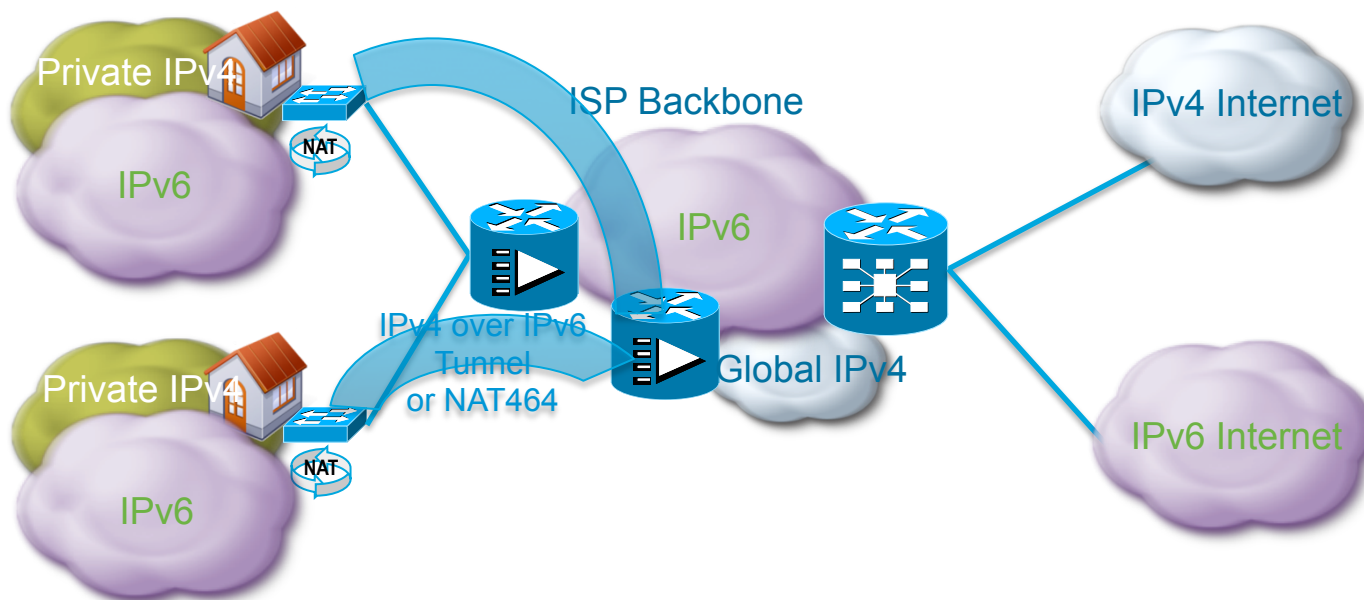
Native IPv6接続

# Step.2+ CGNの導入



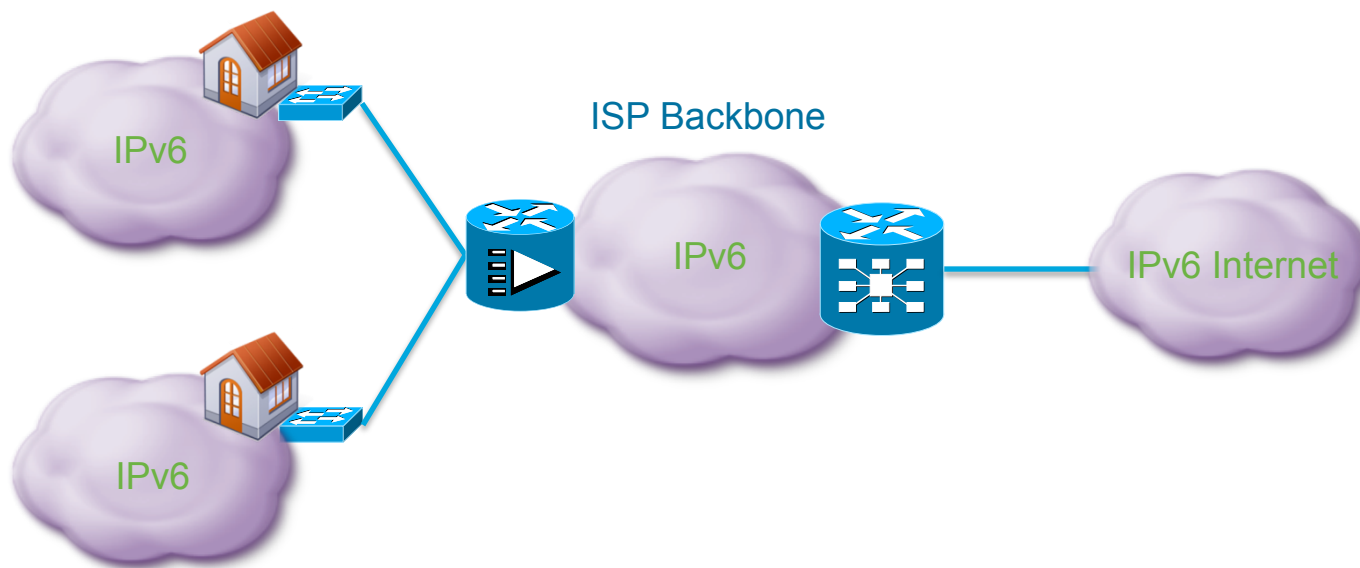
CGNの使用による  
IPv4 Dual NAT接続

# Step.3 IPv4接続をOverlayに移行



IPv4 Backboneを極小化し、IPv6インフラ上でIPv4接続  
CGNを併用することもあり

# Step.4 IPv6に移行

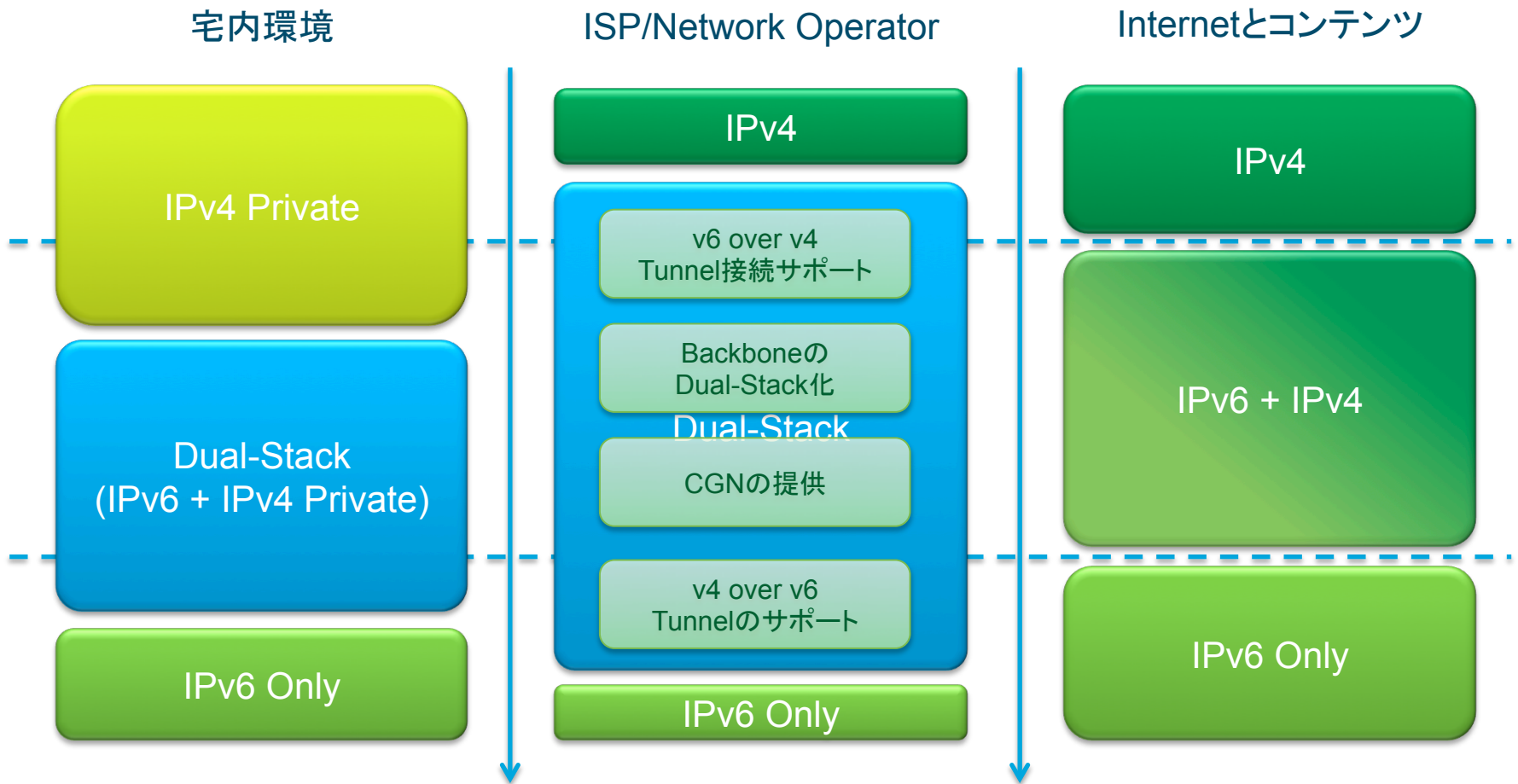


すべてのアプリケーション  
がIPv6を使用する

# 必要な技術と標準化

アクセス環境の変遷  
移行のための要素技術  
StatefulとStateless  
各種移行技術の紹介

# アクセス環境の変遷



# 移行のための要素技術

- すべてのrouting nodeをDual-Stack化すると、運用コストが上昇する  
Tunneling/Translation技術とNATを組み合わせ、効率化をはかる  
MPLSなどの基幹ネットワーク技術を併用することも可能
- 基幹ネットワークにおける加入者の状態保存  
インターネットでは、中継ノードで利用者の状態を保持しないことが基本とされているが、NAT等の導入により状態保持の必要性が発生した  
状態を保持することで加入者単位の管理を行うことも可能  
一方で、状態を保持することで、加入単価の上昇、スケータビリティの低下を招く恐れがある

中継ノードが状態を、

保持する方式 → Stateful方式

保持しない方式 → Stateless方式

# StatefulとStateless

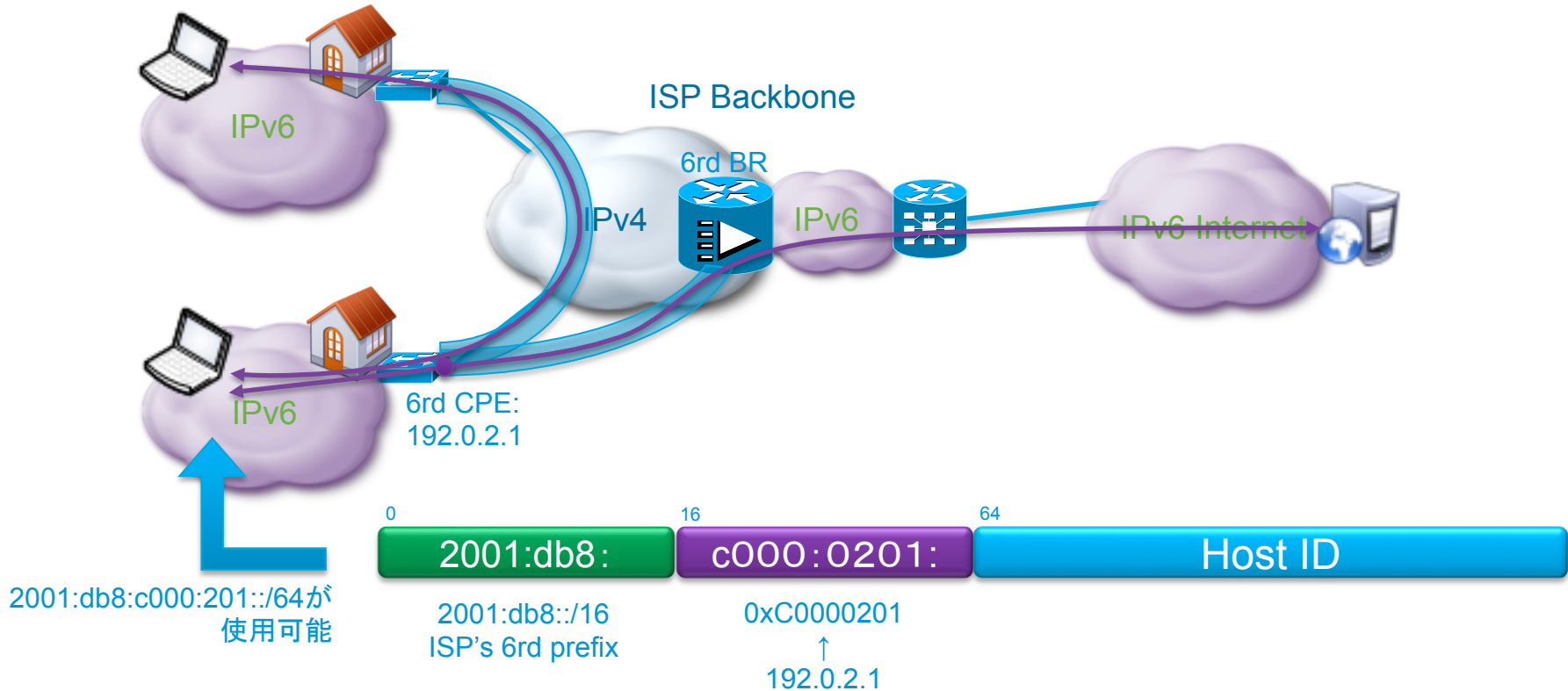
	IPv6 over IPv4	IPv4 over IPv6
Stateful	IP in IP configured Tunnel GRE PPPoE + L2TP Etc....	DS-Lite (RFC6333) 464XLAT
Stateless	6to4 / 6rd	MAP-E/T 4rd Etc...

一般的には、Statefulの方がより管理しやすく、Statelessの方がよりスケーラブルなソリューションになる

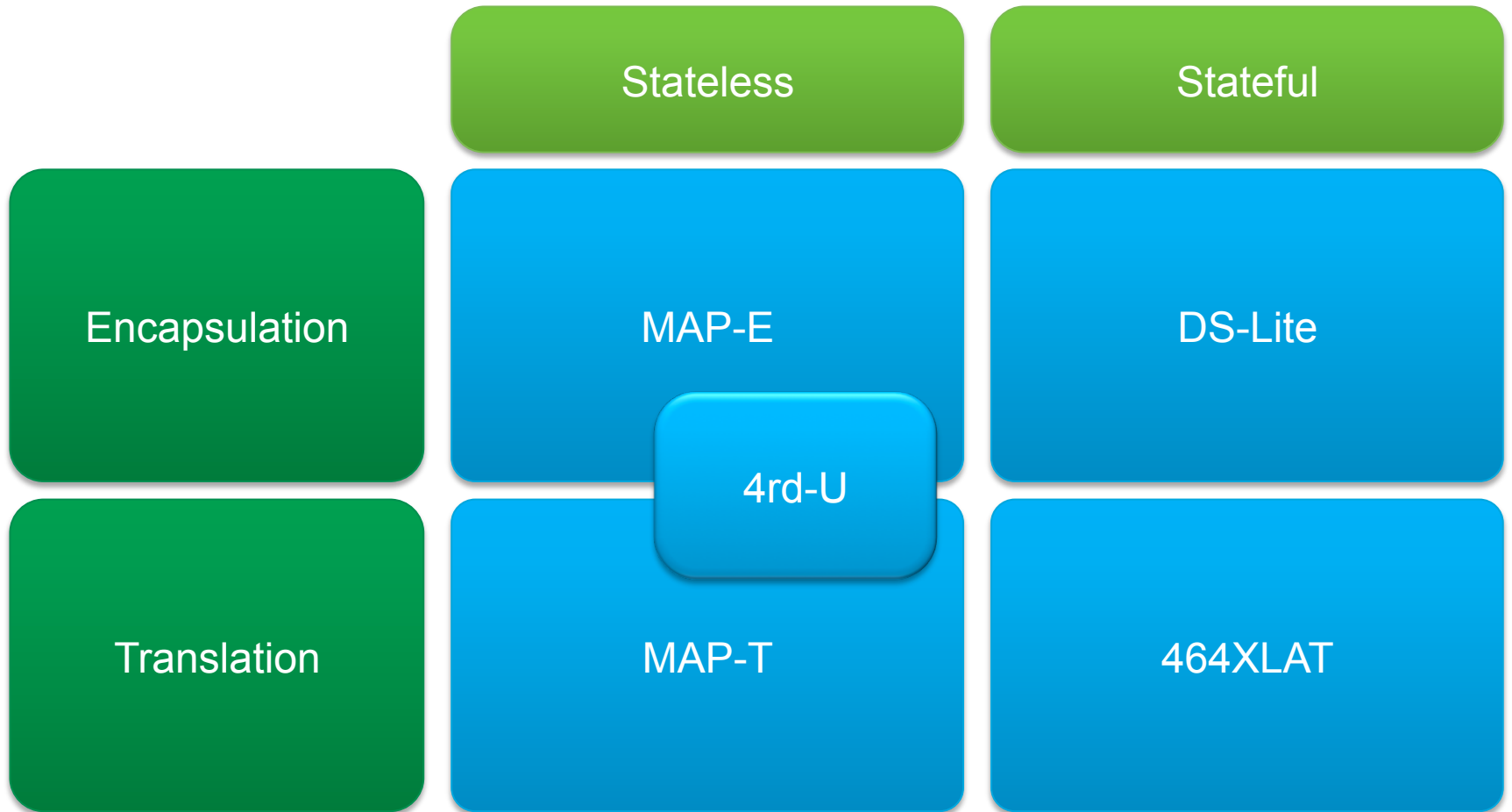


# 6rd – IPv6 Rapid Deployment (RFC5969)

- 6to4(RFC3050)をベースに、任意のprefixを使用可能にしたstateless tunnel  
6rd CPE間で直接通信することが可能  
IPv4 addressをIPv6 address中に埋め込むことにより実現するが、一部を”省略”することも可能

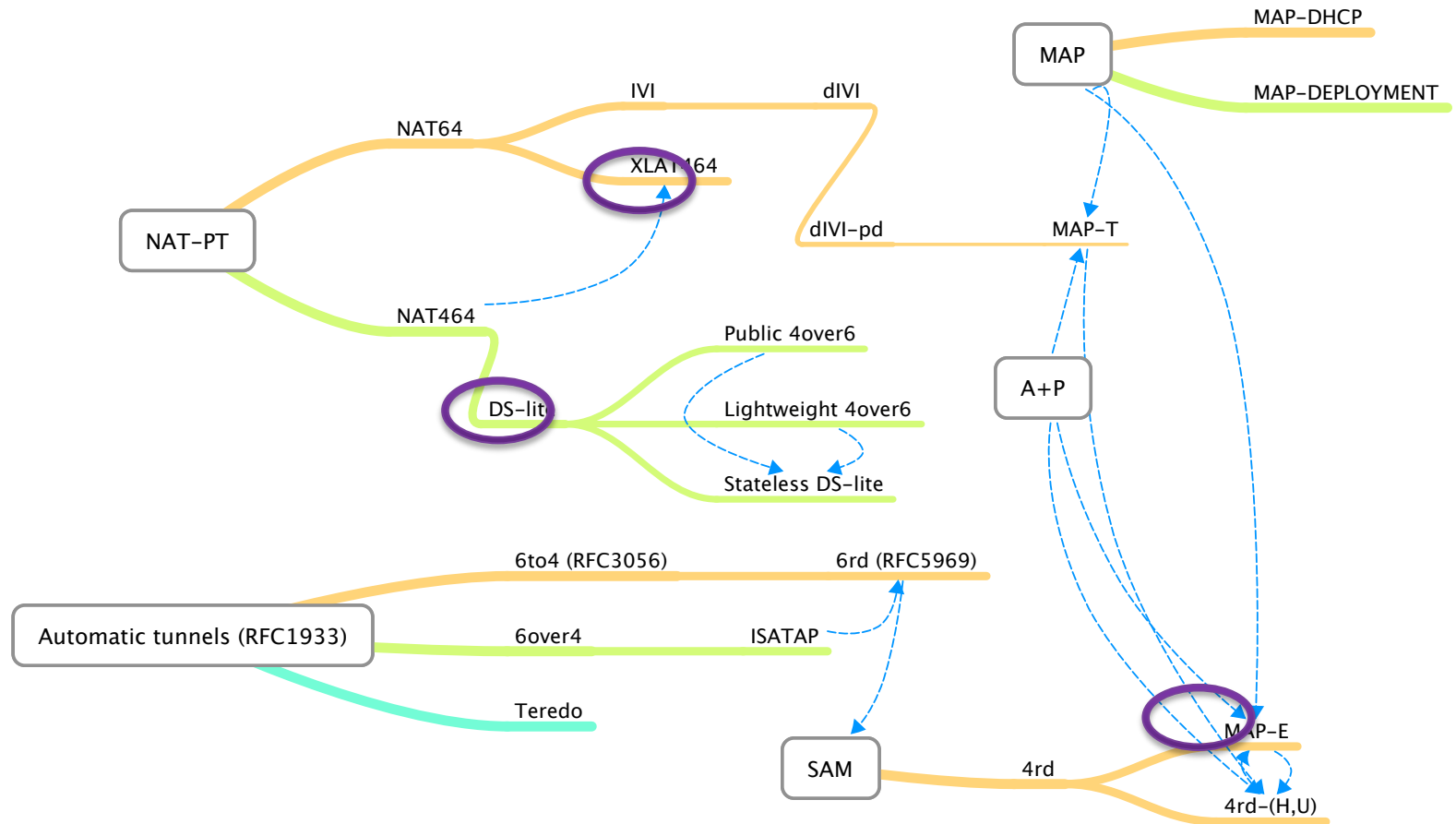


# IPv4 over IPv6 – 最終形態の一步前の形



# IPv4 over IPv6 – 標準化の変遷

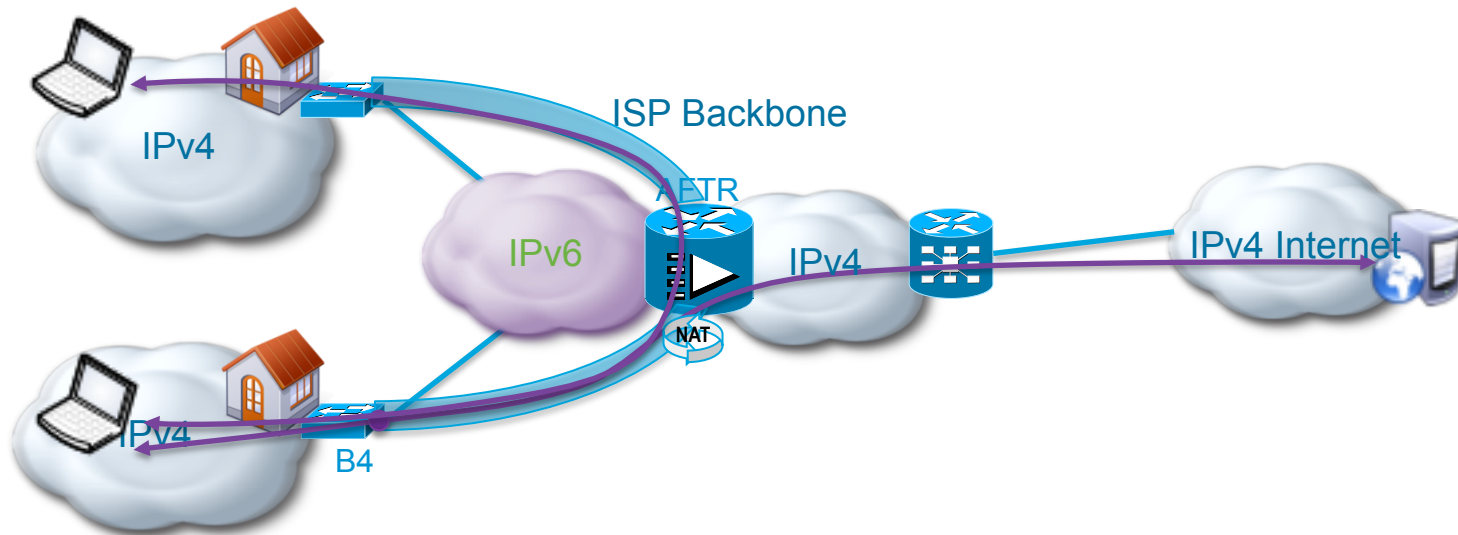
by Ole Troan, Cisco Systems, Softwire WG, IETF



Source: <http://tools.ietf.org/agenda/83/slides/slides-83-softwire-10.pdf>

# DS-Lite – Dual Stack Lite (RFC6333)

- ISPが設置したトンネル終端装置は、CGNも実装し、トンネルの端点(CPE)のIPv6 Addressで加入者を識別する  
DS-LiteのCPEは”B4”、トンネル終端装置は”AFTR”と呼ばれる  
Statefulだが、比較的状态保持の負荷は低い



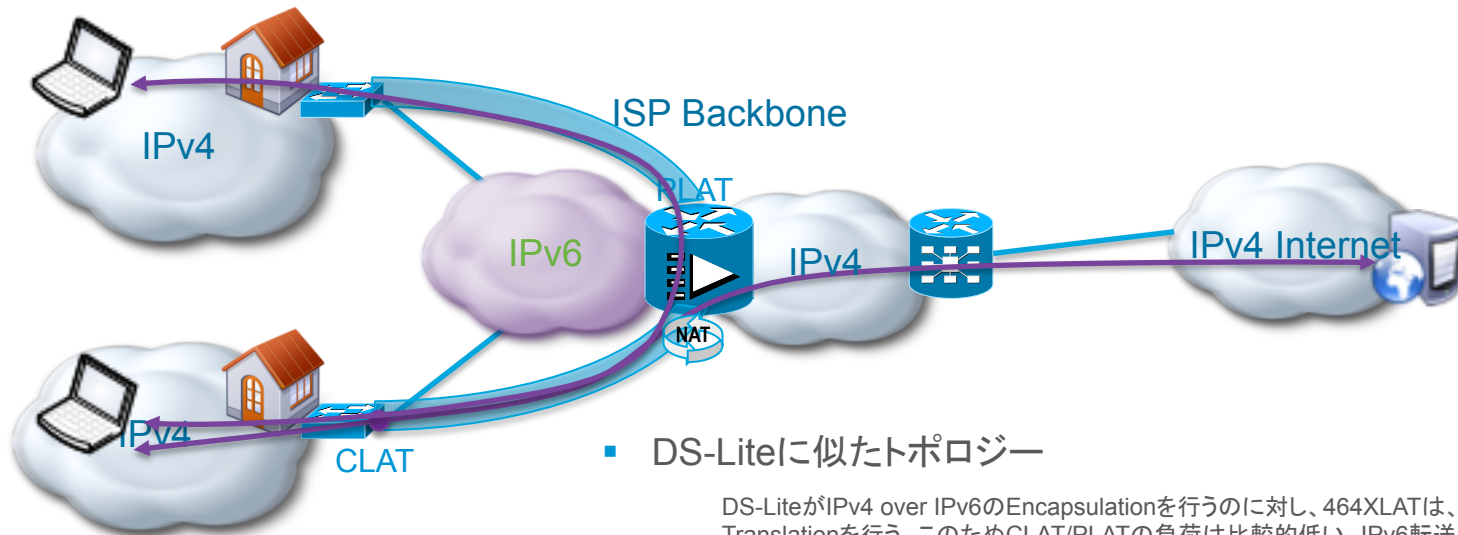
# 464XLAT – Stateless + Stateful XLAT

- CPE側でStateless XLAT(RFC6145)、ISP内でAddress共有型Stateful XLAT(RFC6146)を行うことでIPv6上でIPv4 Trafficを転送する

既に標準化作業が完了している2つの技術を組み合わせて実現している

この組み合わせでの利用法も”Best Current Practice”としてRFCされる見込み

(XLAT: Translation)



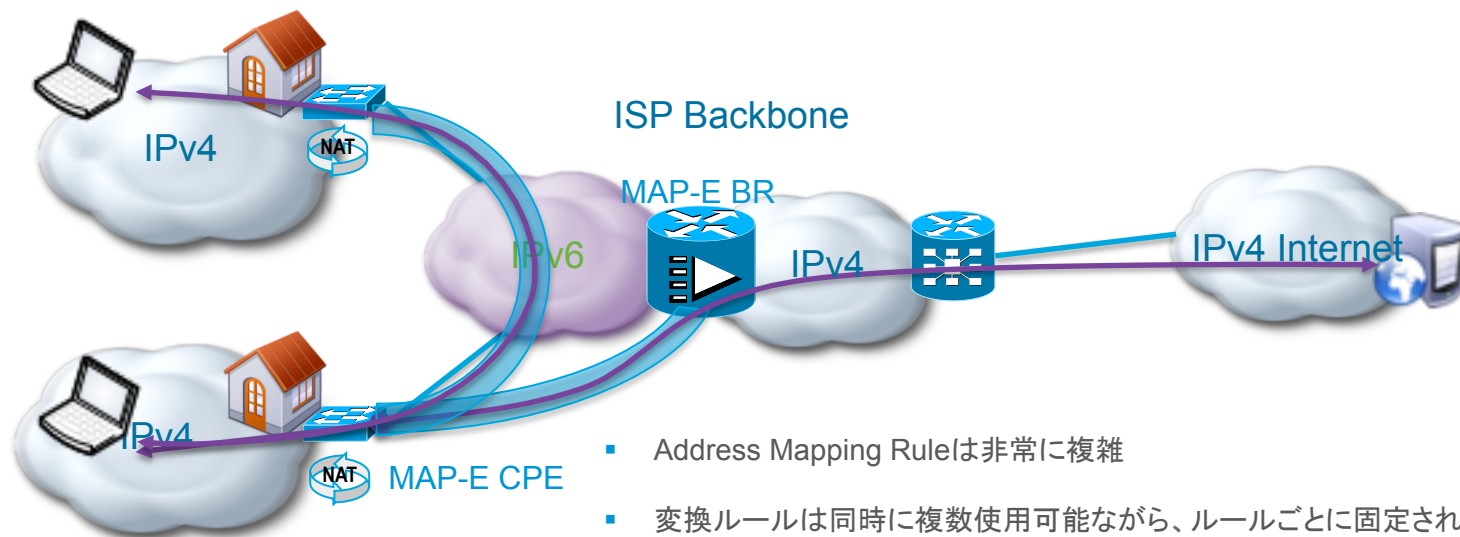
- DS-Liteに似たトポロジー

DS-LiteがIPv4 over IPv6のEncapsulationを行うのに対し、464XLATは、v4/v6 Translationを行う。このためCLAT/PLATの負荷は比較的低い。IPv6転送区間のペイロードも小さく、シンプルな転送が可能。

- CLAT/PLATはそれぞれ単独でNAT64のTranslatorとしても動作可能

# MAP-E – Mapping Address and Port

- IPv4アドレスの一部と使用可能なポート番号レンジをIPv6アドレスに埋め込むことで状態を保持することなくIPv6インフラ上でIPv4トラフィックの転送を行う。
  - CPE単位で使用できるポート範囲が固定されているため、NATは常にCPEで行う(ただしPort Restricted NAT)
  - CPE間で直接通信が可能
- MAP-Eはトンネリング(Encapsulation)を行うが、同様の仕組みをTranslationで行うMAP-Tも存在する。



- Address Mapping Ruleは非常に複雑
- 変換ルールは同時に複数使用可能ながら、ルールごとに固定されているためIPv4アドレスの使用効率はやや低い
- IETFにおける標準化作業が進められているが、非常に多くのバリエーションが存在し、現在はMAP-EがStandard Trackとされている

MAP-T, 4rd(-U)はExperimental

# まとめ – 移行技術の選択

- 移行技術はDual-Stackの実現方法とNATの配置がポイントになる
- Dual-Stackを実現するために、オーバーレイ技術等を活用して柔軟な構成を検討する
  - 非常に多くの方式が存在するため、それぞれの環境への適合性や、標準化動向を十分考慮する
- NATの配置は慎重に検討する
  - 将来的になくなるべきもの
  - 設置箇所によりネットワーク構成に影響

# IPv6におけるセキュリティ

IPv4との違い

IPv6に固有の課題

IPv6とセキュリティ



# IPv4との違い

- 根本的には同じもの

アドレス空間の大きさや、Protocolの構造に起因する差異は存在しますが、IPv4とIPv6には根本的なセキュリティーの性質の差はそれほど大きくありません。

(例) L2アドレスの解決・Spoofing・Source Routing・Routing Protocol・Application・DoS

- IPsecの幻想

IPv6の標準的な実装ではIPsecが必須ですが、これはセキュリティーが担保されていることを意味するわけではありません。IPsecを使用することが有効でないケースも多数存在します。またIPsecはIPv4でも使用可能です。

多くの場合IPv6でもIPv4と同じ手法で対策をとることが可能です。

# IPv6に固有の課題 – アドレス空間

- IPv4と比較して非常に大きなアドレス空間を持つIPv6は、大きさ自体に起因するいくつかの違いがあります。また、明確なアドレス・スコープの区別が存在することも大きな差異の一つです。

- ✓ 攻撃対象の選定

例えば、攻撃者がその対象をしらみつぶしに見つける様なタイプの攻撃を行うためには、より多くの労力が必要となります。

逆に、空間の大きさに余裕があるため、常に同じアドレスを使用することが多いと考えられます。この問題への対応として、プライバシー拡張機能も利用可能ですが、安全性が高まる反面、管理が大変になってしまうデメリットもあります。

- ✓ Link-Local アドレス

Link-LocalアドレスはOn-Linkのみで使用できます。この特性を利用することで外部との通信を制御することも可能です。

# IPv6に固有の課題 - Protocol

- ICMP, NDP, ARP

IPv4のARPに相当する機能は、整理統合されておりARP単体では存在しません。

Plug-and-Playを実現するための機能が追加されており、セキュリティーとして考慮すべきIPv6とIPv4が大きく異なっている箇所と言えます。

- 拡張ヘッダとフラグメント

拡張ヘッダのチェーンに制限がないため、チェックする機構のスケラビリティに影響を与えます。またフラグメントが発生していると、さらに複雑なチェックメカニズムが必要になります。

# IPv6に固有の課題 – 運用性

- 現実的な運用としてIPv4と違いを認識するべきものが存在します。
  - ✓ 運用データベース  
Spam DatabaseなどIPv6では未整備のものが存在します。
  - ✓ Path MTU Discovery  
PMTUdは、ICMPを使用して実現されています。一部IPv4で行われている様な、セキュリティーを目的として全てのICMPを通過させない様な運用は接続性に影響を与えます。
  - ✓ Dual-Stack/Tunnel over IPv4  
IPv4/IPv6それぞれのセキュリティーを考えなくてはいけないのは、もちろんのこと、移行手段としてのTunnel技術は管理が複雑になりがちで、セキュリティーの低下が懸念されます。
  - ✓ ノウハウとトレーニング  
運用自体の経験の少なさから生じる問題は最も大きな課題といえるでしょう。同様にトレーニングの不足もこれを助長します。
- Topologyの隠蔽  
IPv4ではNAT/NAPTの使用が一般的であるため、Topologyが隠蔽されていることが前提とされた運用が行われていることがあり、注意が必要です。

# IPv6とセキュリティ

- IPv6は多くの面で、アドレス空間の大きなIPv4と捉えることができます。そしてセキュリティの観点では両者にそれほど著しい差異はありません。  
Link-Local Addressのように、大きくセキュリティが向上しているものや、拡張ヘッダのように取り扱いが難しいものも存在します。  
すべてでIPsecを使用するといったような、誤った認識も改める必要があります。
- 最も危険なのは、運用経験やトレーニングの不足が不足していることが根本的なセキュリティ脅威の原因になってしまうことです。

# まとめ - 移行・共存のためのデザイン

IPv6対応と事業継続性への影響

IPv6導入のMotivation

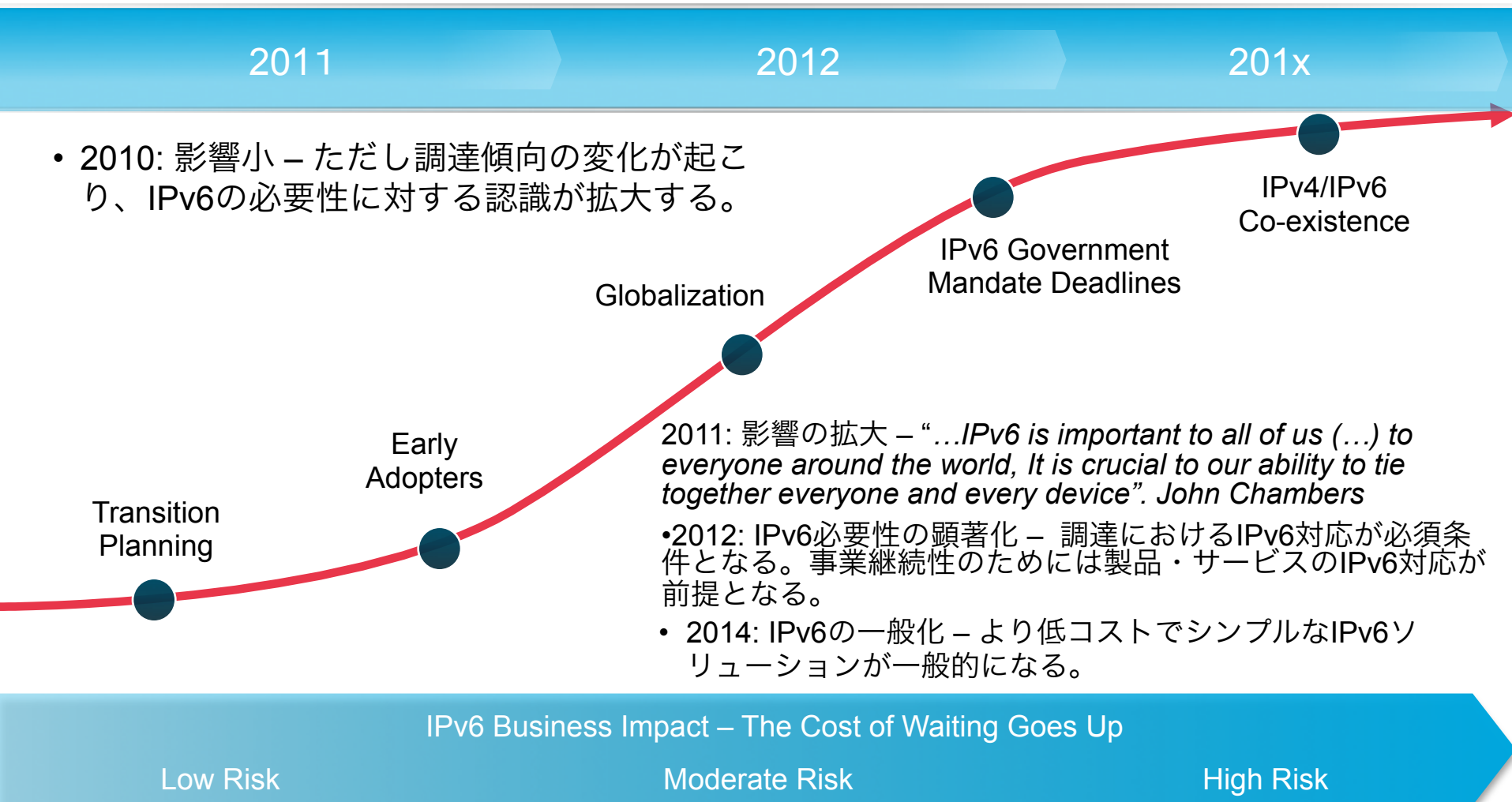
企業ネットワークにおけるIPv6の導入

移行のステップ

IPv6の実ネットワークへの導入

いつIPv6を導入すべきなのか？

# IPv6対応と事業継続性への影響予測



# IPv6導入のMotivation

外的要因

## 成長/投資保護

- IPv4 addressが枯渇してもInternetの成長傾向は継続する。
- エンタープライズには市場の維持・拡大が必要。

## パートナー

- パートナー或は競合のIPv6導入
- 政府機関・業務提携先によるIPv6の要件

内的要因

## OS

- Microsoft Windows / Windows Server
- Microsoft DirectAccess

## 旧来の問題

- 企業買収・統合によるネットワーク拡大
- NATによる技術的制限

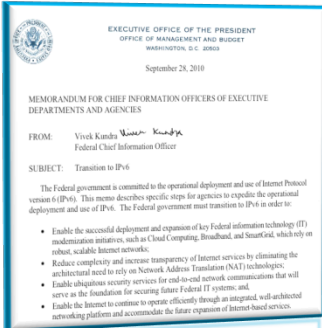
## 新テクノロジー

- サーバーの仮想化
- IoT / Sensor Network



# IPv6導入に向けた動き

## US Federal, OMB Mandate



主要なコンテンツプロバイダが  
1日IPv6でサービスを提供!  
業界全体の大きな自信に

ISP:  
1%の加入者がIPv6加入  
新規ユーザーはIPv6サービスが  
default  
主要コンテンツプロバイダ:  
IPv6 in production.

米国政府の公衆向けサー  
ビスはIPv6が必須に



Production IPv6

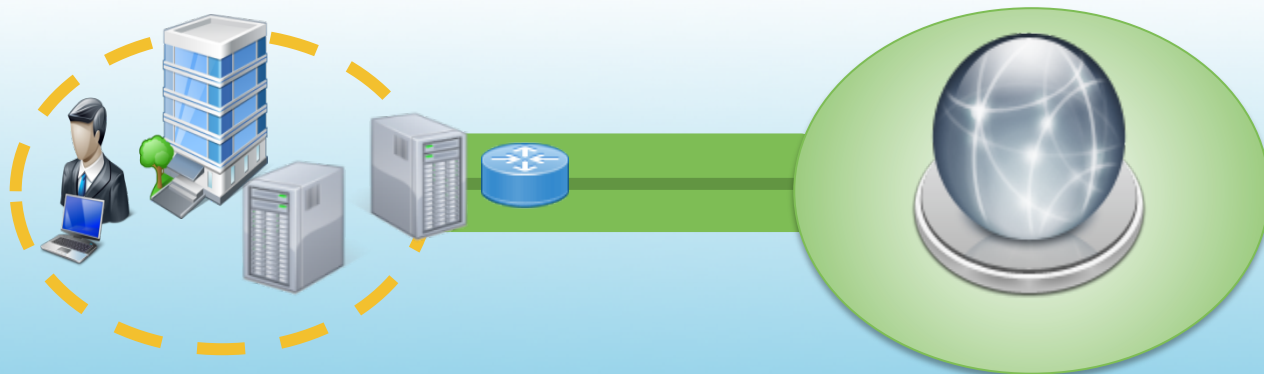


業界への浸透:  
Numerous Industry  
Conferences

# 企業ネットワークにおけるIPv6の導入

## Outside – In

- インターネットの革新
- ビジネス持続性
- B2C, B2B

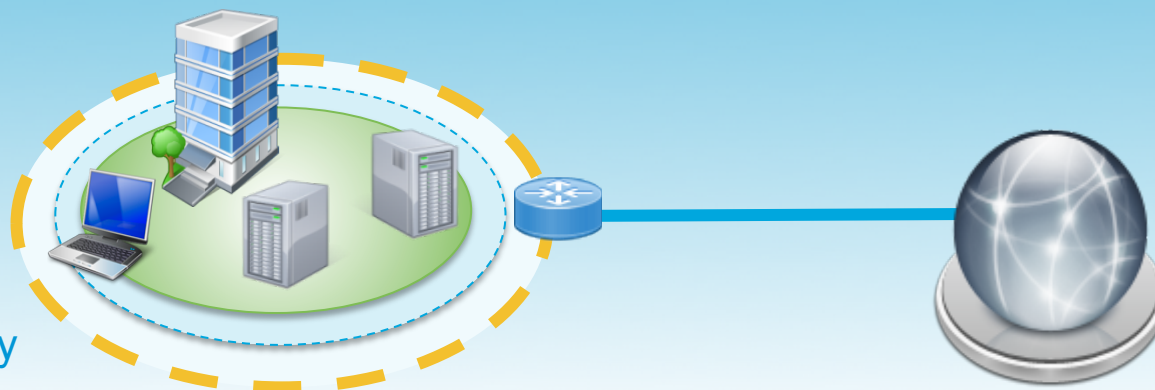


IPv4 Enterprise

IPv6 Internet

## Inside – Out

- 国際化
- 技術的優位性
- 業界によっては必須
- BYOD-Security-Visibility



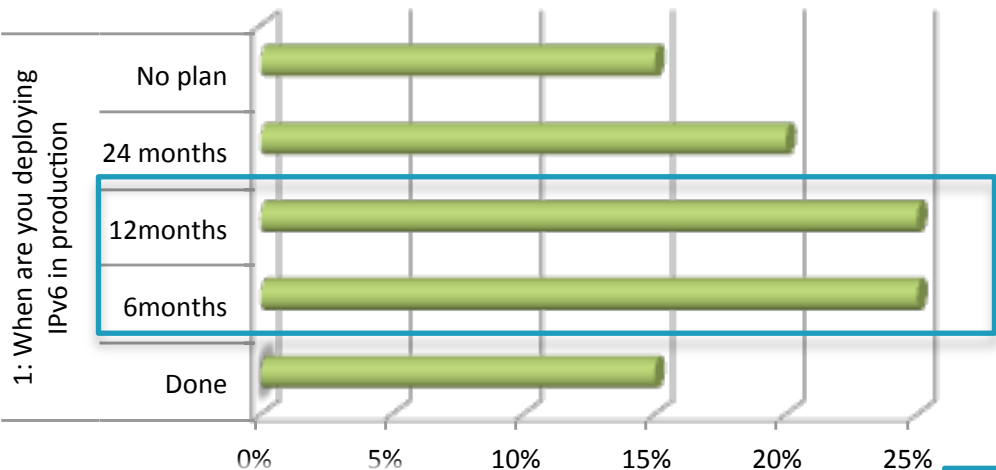
Dual-Stack Enterprise

IPv4 Internet

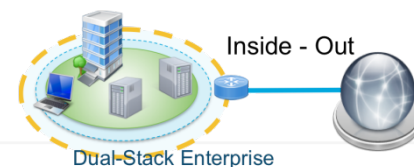
[http://www.cisco.com/en/US/netsol/ns817/networking\\_solutions\\_program\\_home.html](http://www.cisco.com/en/US/netsol/ns817/networking_solutions_program_home.html)

# IPv6の実ネットワークへの導入 - アンケート結果

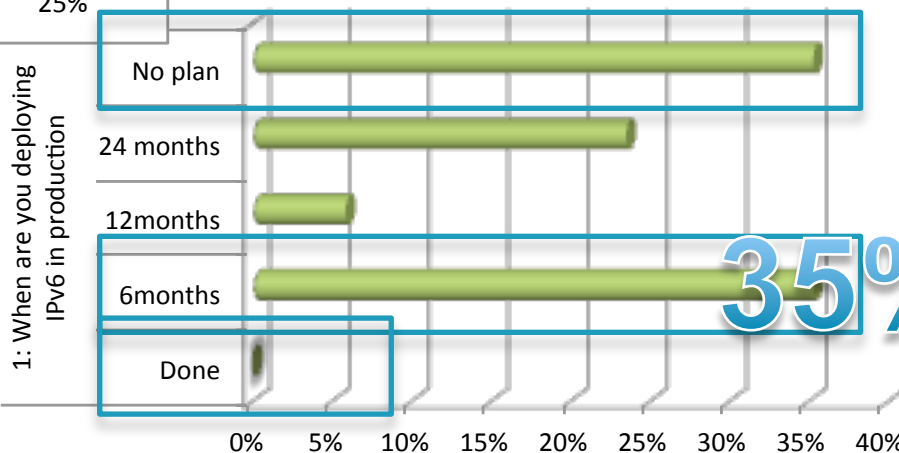
## Internet Presence



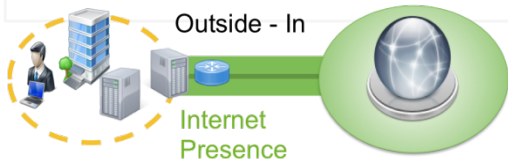
50%



## Internal Network

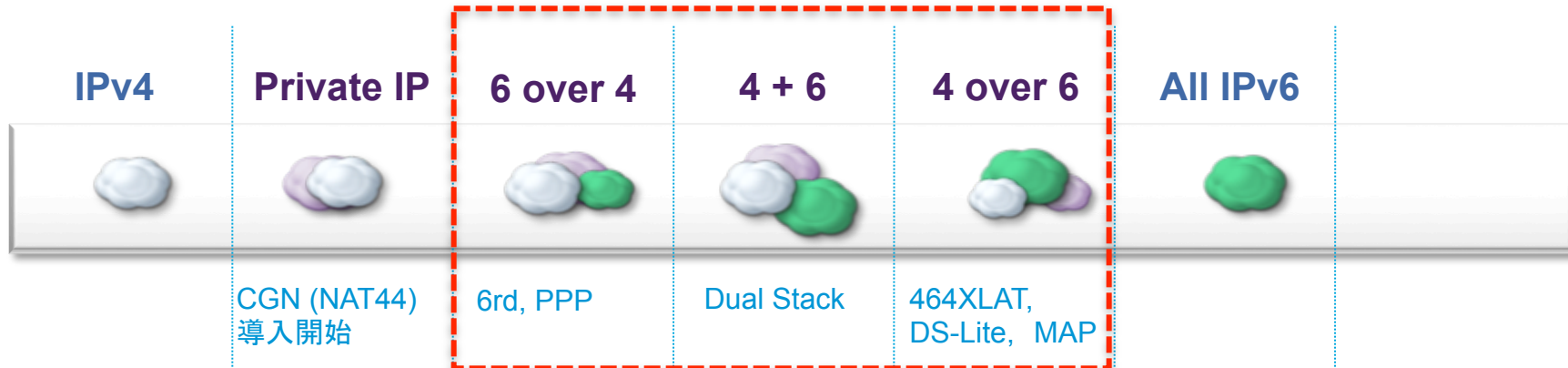


35%



# 移行のステップ

Dual-stackのバリエーション - NAT44は当面必要



Preserve - アドレスの節約

Prepare - IPv6導入の準備

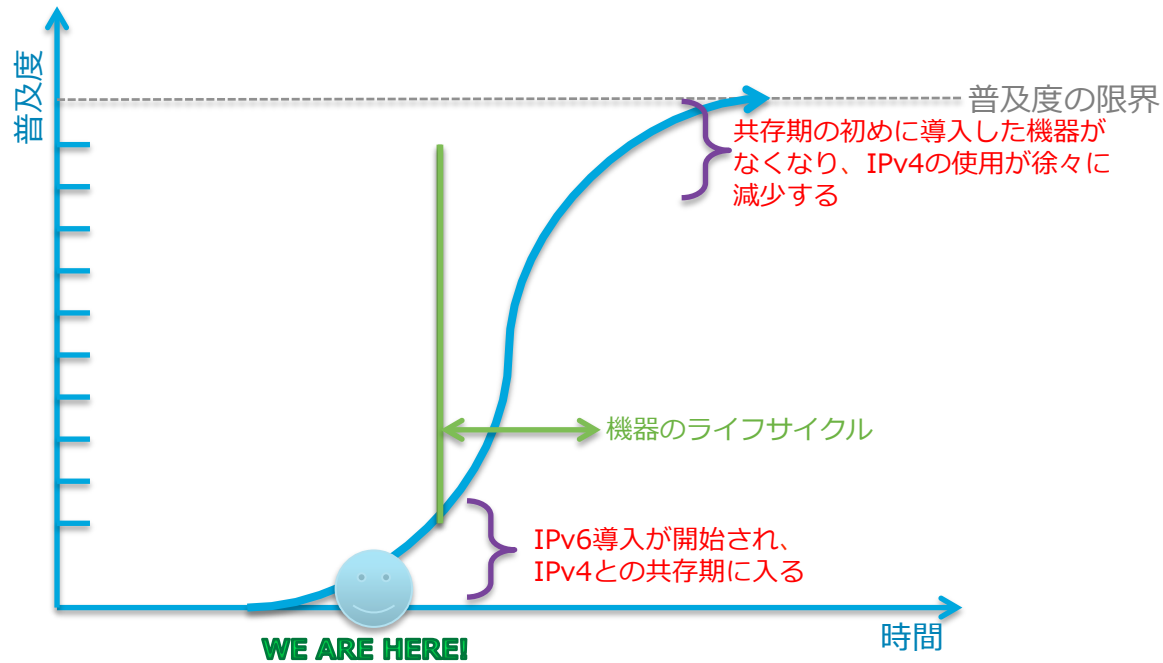
Prosper - IPv6への移行と拡張

= IPv4    = Private IP    = IPv6

# いつIPv6を導入すべきなのか？！

“Adoption follows an S curve”

より多くのユーザーが利用することで、普及が加速される。



全世界での普及度12~13%

Source: Cisco IBSG, 2010

Thank you!

