

# Internet Week 2015

## IPv6最新動向解説

---

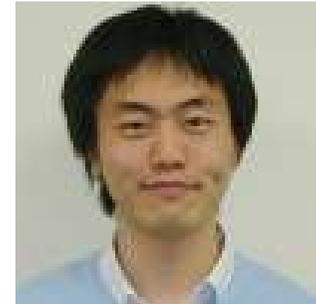
2015.11.17 16:15~18:45

[t8]押さえておきたいIPv6最新技術動向

Kaname Nishizuka@NTT Communications

## 自己紹介

- 2006年 NTTコミュニケーションズ入社。
- OCNアクセス系ネットワークの設計に従事した後、大規模ISP向けのトータル保守運用サービスを担当。
- 現在、DDoS対策ソリューション/CGN関連技術の開発および、IETFにおける提案活動に従事
- ISOC-JP プログラムチェア



### 【社外活動】

- JANOG28 実行委員長
- HTML5 Conference 2013 NWチーム
- Interop2014 「IPv6ホットトピックス」登壇
- CEDEC2014/2015 NOCチーム
- IETF94横浜 NOCチーム

# Agenda

---

## 標準化動向：

- IETF IPv6関連WG概要
- IPv6関連最新技術動向

## 実践：

- カンファレンスNWにおけるIPv6利用動向の実態

# IETF IPv6関連WG概要

---

# IETFとは

- 名称 : Internet Engineering Task Force
- 設立 : 1986年
- インターネット関連技術の仕様策定を行う
  - ・ インターネット(INT)、ルーティング(RTG)、セキュリティ(SEC)などのエリアに分かれ、各エリアの下のワーキンググループ(WG)単位で議論を行う

## RFC化までの大まかな流れ

- 個人でInternet-draftを投稿する
- WGで有用と判断されると、WG-itemとして採用され、会合およびMLで重点的に議論される
- 議論に耐え十分有用な文章となったところで、WG Last Callとなり、標準化に関する責任を負うグループ(IESG)に提出される
- RFC(Request For Comments)として文書化される

## 各WGと主な領域

### ■ IETF IPv6関連 WGについて

- v6ops WG
  - 6man WG
  - 6lo/6lowpan WG
  - 6tisch WG
  - homenet WG
  - softwire WG
  - sunset4 WG
  - behave WG(終了)
- IPv6全般の運用上の課題と、  
プロトコルの改良
- センサーネットワーク  
におけるIPv6
- 家庭内におけるIPv6
- IPv4アドレスの枯渇と  
移行技術

ほとんどインターネットエリアのWG

(v6opsはオペレーションエリア)

(behaveはトランスポートエリア)

# v6ops WG

- IPv6 Operations WG
- 設立：2002年
- Chairs: Fred Baker(Cisco)



Lee Howard(Time Warner Cable)



- v6ops WGは、IPv6を全世界に展開するにあたっての緊急の課題、特に運用上の課題に対処することに焦点を当てたWG
- 新しいネットワーク/既存のIPv4ネットワークにIPv6を導入するためのガイドラインや、IPv4/IPv6 共存ネットワークの運用ガイドラインを作成することも目的としている。

# v6ops WG

## ■ 最新RFC

★ InternetWeek2014 「IPv4/IPv6共存技術&IPv6最新動向」にて解説  
<https://www.nic.ad.jp/ja/materials/iw/2014/proceedings/t6/t6-nishizuka.pdf>

発行日	RFC #	タイトル	カテゴリ
2015/03	RFC 7445	Analysis of Failure Cases in IPv6 Roaming Scenarios	Informational
2015/05	RFC 7526	Deprecating the Anycast Prefix for 6to4 Relay Routers	BCP196 ★
2015/07	RFC 7608	IPv6 Prefix Length Recommendation for Forwarding	BCP198

## ■ RFC化が見えているドラフト

- Close encounters of the ICMP type 2 kind (near misses with ICMPv6 PTB) ★
- Reducing energy consumption of Router Advertisements ★
- SIIT-DC関連ドラフト

## 6to4 の最終ステータス

### ■ 6to4とは

- IPv6 へのアクセス環境をIPv4 ユーザに提供する
- 6to4を定義しているRFC3056(Connection of IPv6 Domains via IPv4 Clouds)
- エニーキャストアドレスを定義しているRFC3068(An Anycast Prefix for 6to4 Relay Routers)

### ■ 結論

- RFC3068 とそれに関連する anycast IPv4 address (192.88.99.1)を廃止する
- 関連して、 RFC6732 (6to4 Provider Managed Tunnels) も廃止する
- 基本的な unicast 6to4 メカニズムを定義したRFC3056とそれに関連する 6to4 IPv6 prefix(2002:::/16)は廃止されない

## 6man WG

- IPv6 Maintenance WG
- 設立：2007年
- Chairs: Bob Hinden(Check Point)



Ole Troan (Cisco)



- v6man WGは、IPv6の仕様とアーキテクチャのメンテナンスと最新化を行う。ただし、IPv6の仕様に大きな変化を与えるものではない。IPv6の展開や運用で発見された制限や問題を解決する。
- IETFにおけるIPv6関連トピックの受け皿となり、IPv6の仕様の拡張や変更に関して、責任を持つ。

# 6man WG

## ■ 最新RFC

発行日	RFC #	タイトル	カテゴリ
2014/09	RFC 7371	Updates to the IPv6 Multicast Addressing Architecture	Proposed Standard
2015/01	RFC 7421	Analysis of the 64-bit Boundary in IPv6 Addressing	Informational
2015/04	RFC 7527	Enhanced Duplicate Address Detection	Proposed Standard
2015/05	RFC 7559	Packet-Loss Resiliency for Router Solicitations	Proposed Standard

## ■ RFC化が見えているドラフト

- Privacy Considerations for IPv6 Address Generation Mechanisms
- Security Implications of Predictable Fragment Identification Values

## 6lo WG (6lowpan WG)

- **6lo:IPv6 over Networks of Resource-constrained Nodes WG**
- **6lowpan:IPv6 over Low-Power Wireless Personal Area Networks WG**
- **設立 : 6lowpan:2007年～2012年/ 6lo:2013年**
  - 6lowpan WG が6lo WGに引き継がれた。

- **Chairs: Samita Chakrabarti(Ericsson)**



**Ralph Droms (Cisco)**



- 6lo WGは、以下の特徴をもつノード間で如何にIPv6接続性を確保するかの問題に焦点を当てる。
  - 電源/メモリ/CPUリソース/帯域が制限されたノード
  - ブロードキャスト/マルチキャストが制限されたLayer2 linkで接続されたノード
- 6man WGと協調して議論を行う。



Global ICT Partner  
Innovative. Reliable. Seamless.

# 6lo WG (6lowpan WG)

## ■ 最新RFC

発行日	RFC #	タイトル	カテゴリ
2014/10	RFC 7388	Definition of Managed Objects for IPv6 over Low-Power Wireless Personal Area Networks (6LoWPANs)	Proposed Standard
2014/11	RFC 7400	6LoWPAN-GHC: Generic Header Compression for 6LoWPANs	Proposed Standard
2015/02	RFC 7428	Transmission of IPv6 Packets over ITU-T G.9959 Networks	Proposed Standard
2015/10	RFC 7668	IPv6 over BLUETOOTH(R) Low Energy	Proposed Standard

## ■ 最新の主な議題

- 以下のNW上でのIPv6通信
  - ✓ Near Field Communication(NFC)
  - ✓ Master-Slave/Token-Passing (MS/TP) Network
  - ✓ DECT Ultra Low Energy
- Privacy Considerations for IPv6 over Networks of Resource-Constrained Nodes

# homenet WG

- Home Networking WG
- 設立 : 2011年
- Chairs: Mark Townsley(Cisco)



**Ray Bellis(Nominet)**



- IPv6によって、CPEにおけるNATが廃され、家庭内が複数のセグメントに分かれ、複数の上流ISPを持つ(来るべき)状況を想定し、
  - 宅内ルーティング(IGP)
  - ソースアドレス選択
  - DNSキャッシュサーバ選択
  - セキュリティなどの自動設定に関する問題の解決を目的としたWG

参考URL: [Geekなページ]Mark Townsley氏へのインタビュー  
<http://www.geekpage.jp/blog/?id=2013/5/13/1>

## ■ 最新RFC

発行日	RFC #	タイトル	カテゴリ
2014/10	RFC 7368	IPv6 Home Networking Architecture Principles	Informational

## ■ RFC化が見えているドラフト

- Distributed Node Consensus Protocol(DNCP)
- Home Networking Control Protocol(HNCP)
- Distributed Prefix Assignment Algorithm

## softwire WG

- **Softwires WG**
- **設立：2005年**
- **Chairs: Yong Cui (Tsinghua University)**



**Suresh Krishnan (Ericsson)**



- softwire WGは、IPv4ネットワークをIPv6ネットワーク上で、または、IPv6ネットワークをIPv4ネットワーク上で接続するための、制御やカプセル化方式を標準化することを目的とする。
- 6rd(IPv6 over IPv4)やDS-lite(IPv4 over IPv6)などのRFC化を果たした。
- 今回、ついに7月に 4rd/MAP/lightweight 4over 6 などのIPv4 over IPv6技術のRFC化を果たした。

## ■ 最新RFC

発行日	RFC #	タイトル	カテゴリ
2015/07	RFC 7596	Lightweight 4over6: An Extension to the Dual-Stack Lite Architecture	Proposed Standard
2015/07	RFC 7597	Mapping of Address and Port with Encapsulation (MAP-E)	Proposed Standard
2015/07	RFC 7598	DHCPv6 Options for Configuration of Softwire Address and Port-Mapped Clients	Proposed Standard
2015/07	RFC 7599	Mapping of Address and Port using Translation (MAP-T)	Proposed Standard
2015/07	RFC 7600	IPv4 Residual Deployment via IPv6 - A Stateless Solution (4rd)	Experimental

## ■ RFC化が見えているドラフト

- DS-Lite Management Information Base (MIB)
- Softwire Mesh Management Information Base (MIB)

## sunset4 WG

- **Sunsetting IPv4 WG**
- **設立 : 2012年**
- **Chairs: Marc Blanchet (Viagenie)**



**Wesley George (Time Warner Cable)**



- IPv6への完全な移行に向けて、アプリケーション・ホスト・ネットワークがIPv4への依存無しに機能することを目指す。
- 他のWGに対しても、プロトコルの策定に際してIPv4を使わないよう働きかけを行う。

### ■ 最新RFC

- (RFC化されたドラフトは無し)

### ■ 最新の主な議題

- MLの流量はきわめて低い
- IETF94横浜では開催されなかった

### ■ アクティブなドラフト

- Analysis of NAT64 Port Allocation Methods for Shared IPv4 Addresses

## behave WG(終了)

---

- **Behavior Engineering for Hindrance Avoidance WG**
- **設立：2004年 終了：2013年**
- IPv4/IPv4のNAT(NAT44) または IPv6/IPv4のNAT(NAT64)に関するRFC化を推進
- NAT越えの手法を定義
- IPv4/IPv6共存ネットワークを想定し、v6ops WGと協調しながら要求事項や考慮事項を整理した

## behave WG(終了)

---

### ■ 主なRFC

- NAT Behavioral Requirements(TCP/UDP/ICMP) (2007 RFC4787/RFC5382/RFC5508 BCP)
- Session Traversal Utilities for NAT (STUN) (2008/10 RFC5389 Proposed Standard)
- Traversal Using Relays around NAT (TURN): Relay Extensions to Session Traversal Utilities for NAT (STUN) (2010/04 RFC5766 Proposed Standard)
- Stateful NAT64: Network Address and Protocol Translation from IPv6 Clients to IPv4 Servers(2011/04 RFC6146 Proposed Standard)
- DNS64: DNS Extensions for Network Address Translation from IPv6 Clients to IPv4 Servers(2011/04 RFC6147 Proposed Standard)
- Common Requirements for Carrier-Grade NATs (CGNs) (2013/04 RFC6888 BCP)

# 標準化の舞台におけるIPv6関連 最新技術動向 ～IETFホットトピック～

---

# IPv6関連ホットトピック

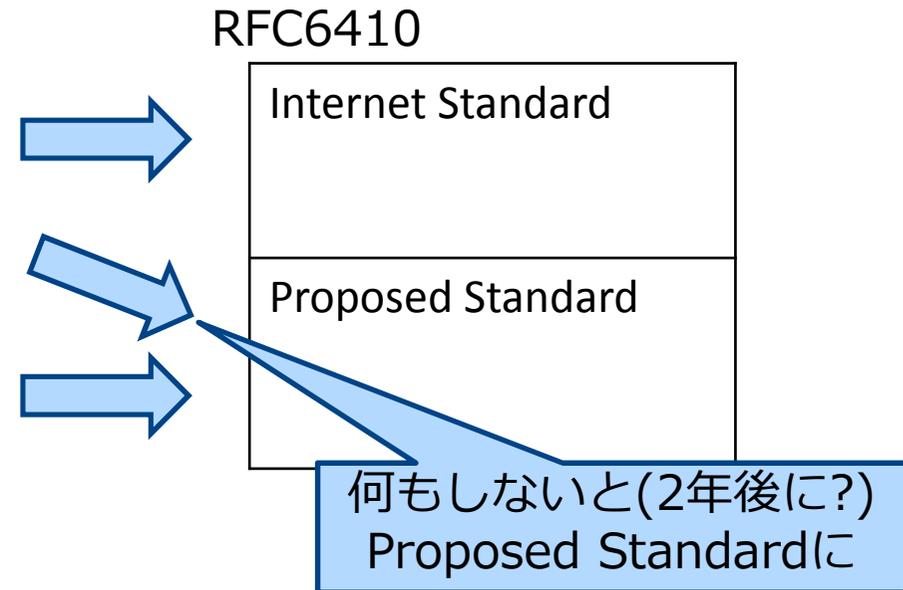
---

1. IPv6仕様関連RFCのカテゴリの変更
2. IPv4 as a Service
3. AppleとIPv6

# 1. IPv6仕様関連RFCのカテゴリの変更(1/3)

- IPv6 specifications to Internet Standard
- IPv6関連のRFCのカテゴリーをInternet Standardに！

Internet Standard 国際標準とすべき仕様の最上位
Draft Standard さらに広範囲で利用されているもの
Proposed Standard 複数組織での独立した実装と相互接続



# 1.IPv6仕様関連RFCのカテゴリの変更(2/3)

## ■ Draft StandardとなっているIPv6関連RFC

### Draft Standard documents



- RFC2460 – Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification
- RFC4291 – IP Version 6 Addressing Architecture
- RFC4443 – Internet Control Message Protocol (ICMPv6) for the Internet Protocol Version 6 (IPv6) Specification
- RFC3596 – DNS Extensions to Support IP Version 6
- RFC1981 – Path MTU Discovery for IP version 6
- RFC4861 – Neighbor Discovery for IP version 6 (IPv6)
- RFC4862 – IPv6 Stateless Address Autoconfiguration
- RFC4941 – Privacy Extensions for Stateless Address Autoconfiguration in IPv6
- RFC5072 – IP Version 6 over PPP

# 1. IPv6仕様関連RFCのカテゴリの変更(3/3)

- しかし、Internet Standardとなる基準は高い
  - Errataが存在しないこと
  - 使われていない複雑な仕様がないこと、など

## ■ RFC2460

- 9つのUpdate RFC
- 2つのErrata

- 右記のUpdate情報を含めて、RFC2460bis に改訂して、Internet Standardにする。



市場から見て明確な仕様に。

現在はRFC2460bis, RFC4291bisをメインに策定中

## RFC2460 updated-by:



RFC	Summary	Action
5595	RH0 deprecation	Remove RH0 text
5722	Overlapping fragments	Add ban overlapping fragments text
5871	IANA considerations for RH	Add IANA considerations
6437	IPv6 flow label	Unclear. Remove appendix A. Remove or replace section 6. Add reference to 6437
6564	Uniform EH format	Add section 4 to 2460
6935	UDP zero	Add checksum exception text and reference
6946	Atomic fragments	Add section 4 text to 2460
7045	Transmission of EHs	Unclear
7112	Oversized header chain	Add requirement that chain is contained within first fragment
atomfrg	draft-ietf-6man-deprecate-atomfrg-generation	Remove MTU < 1280 = FH paragraph
hbh	draft-baker-6man-hbh-header-handling	Only nodes specifically configured to process HBH options must process them

6MAN IETF93

7

## 2.IPv4 as a Service(1/2)

- v6ops WGで扱う新しいプロジェクトとしてチェアが提案
- IPv6のネットワーク上において、IPv4を必要なサービスとして提供する(ただし、徐々に減らしていく)というシナリオを前提として、IPv4 over IPv6 技術の展開における運用ガイダンスを書くプロジェクトが発足している。

### New project: IPv4 as a service



- Premise:
  - IPv6-only networks
  - IPv4 is a necessary but fading requirement
- Write operational guidance regarding deployment and use of
  - 464xlat
  - SIIT-DC
  - MAP with encapsulation
  - MAP with translation
  - DS-Lite
  - LW4 over 6

## 2.IPv4 as a Service(2/2)

---

- 各国におけるIPv4 over IPv6サービスのデプロイ状況についての発表が続いている
  
- IETF92
  - IPv6 deployment in a developing country, with MAP-T Trials/Suprita LNU of Reliance JIO Infocomm Ltd
  - JPNE MAP-E deployment/Akira Nakagawa, JPNE
  - MAP-T and MAP-E deployment in CERNET and China Telecom/Xing Li, CERNET
  
- IETF93
  - IPv6 Deployment at OTE/Yannis Nikolopoulos, OTE

### 3.AppleとIPv6について (1/5)

- The Apple Worldwide Developers Conference (WWDC) 2015(6月) でのアナウンスに関して、IETF93にて発表
- すべてのiOSのアプリケーションは、IPv6ネイティブサポートとNAT64ネットワークで動作しなければならない

All iOS apps MUST  
support IPv6 natively  
and work on NAT64 networks

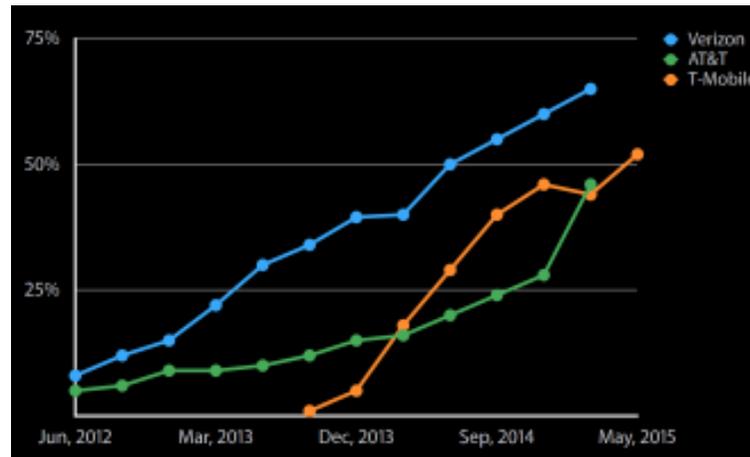
~~App submission requirement later this year~~

⇒Early 2016に変更 <https://developer.apple.com/news/?id=08282015a>

### 3.AppleとIPv6について(2/5)

#### ■ 理由

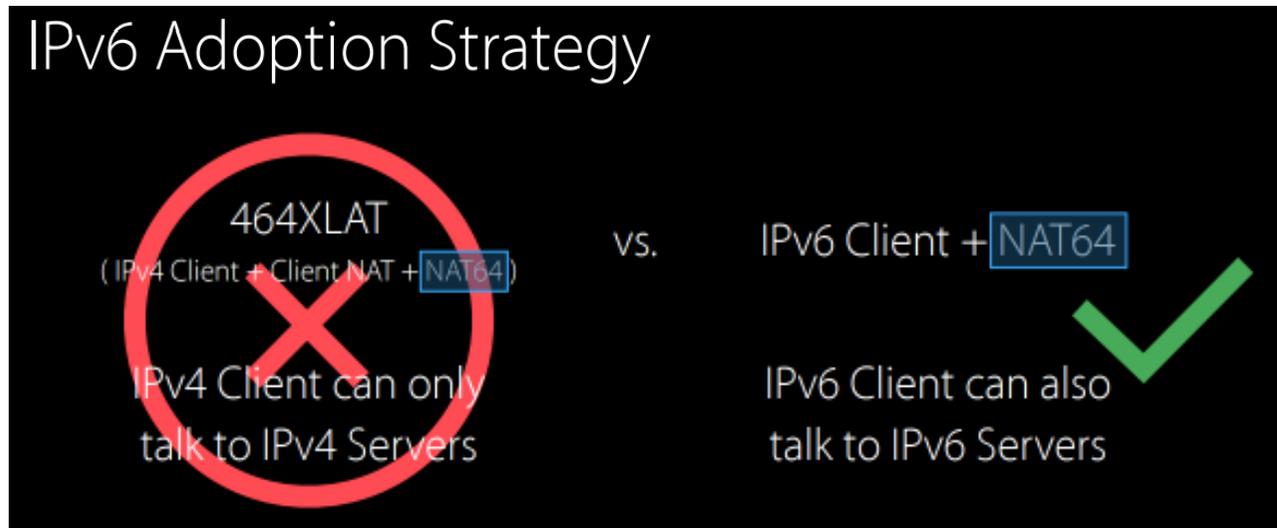
- Verizon社、AT&T社、T-Mobile社などのキャリアでIPv6対応が進んだ



- CGN越しにIPv4通信をするよりもIPv6で通信をするインセンティブがある
- iOS 9とOS X 10.11 (El Capitan)から、99%がIPv6通信になる新しいHappyEyeballを実装(β版)

### 3.AppleとIPv6について(3/5)

#### ■ なぜNAT64を選択したのか



- 464XLAT : IPv4のみのクライアントはIPv4サーバとしか通信ができない
- NAT64/DNS64 : IPv6のみのクライアントはIPv6/IPv4サーバ両方と通信できる

#### ■ 会場の意見

- 「DNSSECのvalidationの点でDNS64を用いない464XLATの方が良い」  
「IPv4リテラルへの対応はどうするのか」「464XLATでもクライアントはIPv6を持っていることが仮定されているので変わらないのでは」
- しかし、Apple社の方向性が、開発者にIPv6でのアプリ開発を促すものになるので、支持する意見が多数

### 3.AppleとIPv6について(4/5)

- NAT64環境のテスト方法
  - OS X 10.11 (El Capitan)
  - インターネット接続の共有
    - ✓ Create NAT64 NetworkをチェックするだけでOK
    - ✓ (ただし、native v6が疎通しない…)



- App開発者がIPv6対応するには
  - Use the networking frameworks (for example, “NSURLSession”)
  - Avoid use of IPv4-specific APIs
  - Avoid hard-coded IP addresses

<https://developer.apple.com/library/prerelease/ios/documentation/NetworkingInter netWeb/Conceptual/NetworkingOverview/UnderstandingandPreparingfortheIPv6Transition/UnderstandingandPreparingfortheIPv6Transition.html>

## 3.AppleとIPv6について(5/5)

### ■ HappyEyeballsの挙動について

- V6ops WGのMLに7/10に投稿
- iOS 9とOS X 10.11 (El Capitan)

#### 1. DNSリゾルバにAクエリとAAAAクエリを出します

- もしDNSレコードがキャッシュに無い場合、リクエストはワイヤ上で連続して送信されます(AAAAが先)

2-1. もし最初の応答がAAAAだった場合、IPv6のSYNを直ちに送ります

2-2. もし最初の応答がAだった場合、AAAAを期待して、25msのタイマーを開始します

- もしタイマーが切れたら、IPv4のSYNを送ります

- もし25ms以内にAAAAを受け取ったら、アドレス選択に進みます

3. IPアドレスのリストがある場合(DNSキャッシュからの場合か、IPv4とIPv6を近接して受け取った場合)、それらのソートのために、アドレス選択アルゴリズムを実施します。このアルゴリズムは、過去のRTT値のデータを用いて遅延の少ないアドレスを優先しますが、25msのゆとりを持ちます。もし、過去のRTT値の差が25ms以内だった場合、RFC3484を使って最適なアドレスを選択します

4. リストがソートされたら、リストの1番目のアドレスにSYNを送ります。また同時に、過去のTCPのRTT値の平均と分散をベースとしたタイマーを開始します。大雑把に言えば、1番目のSYNの再送信と同じくらいの時間に2番目のアドレスのSYNを送ります

5. 1番目のアドレスのSYN-ACK応答が競争に勝ったら、他のTCP接続の試みをキャンセルします

- β版なので詳細は変更される可能性はあるが、将来のApple製品のIPv6トラフィックを飛躍的に増加させる見込み

# カンファレンスNWにおける IPv6利用動向の実態

---

# HTML5 conference 2013

## ■ 開催概要

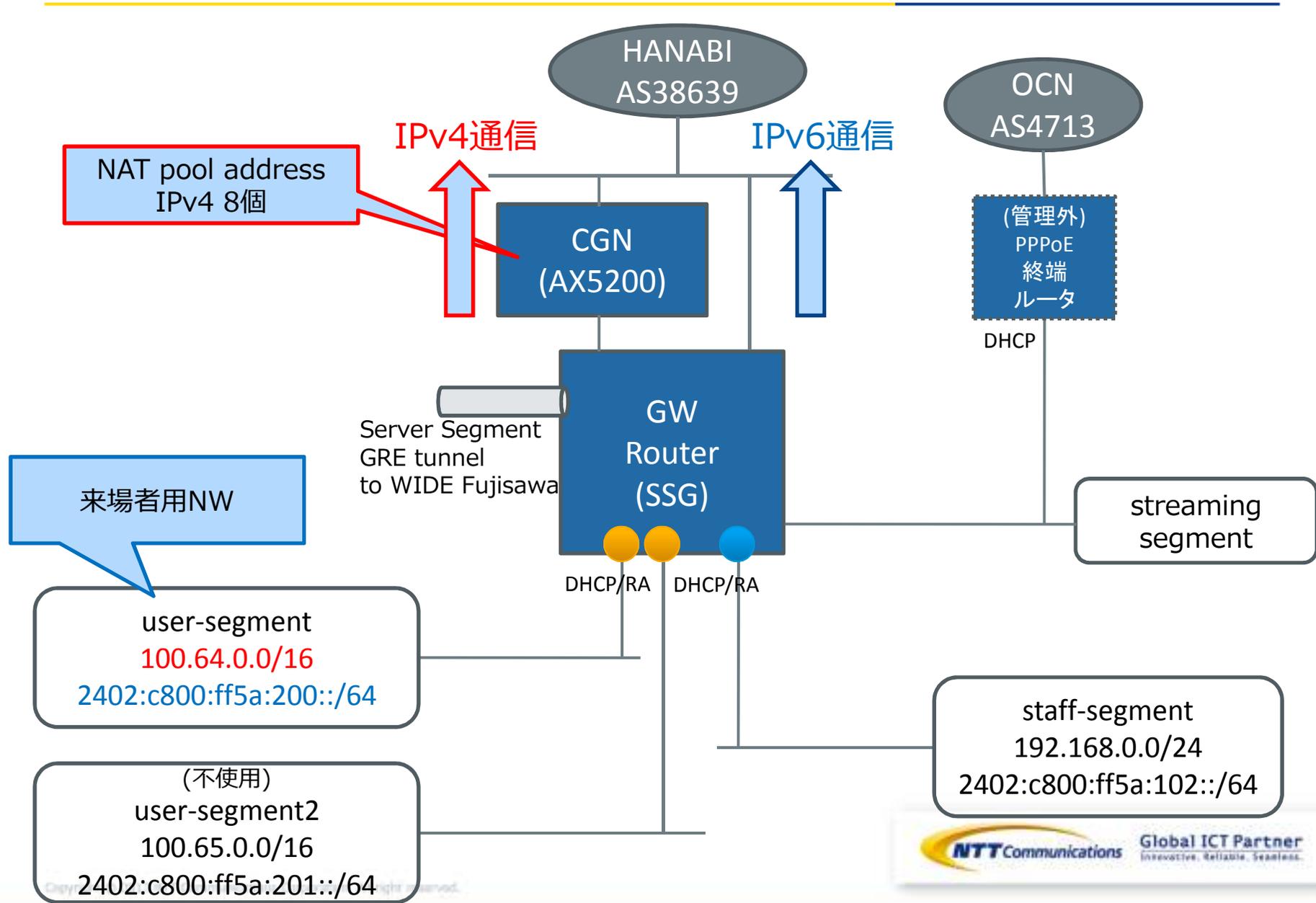
- 開催日：2013年11月30日（土）
- 会場：NTT中央研修センタ
- 参加人数：1300人程度

## ■ 会場ネットワークのポイント

- CGN(Carrier Grade NAT)の導入
- IPv6通信環境の提供



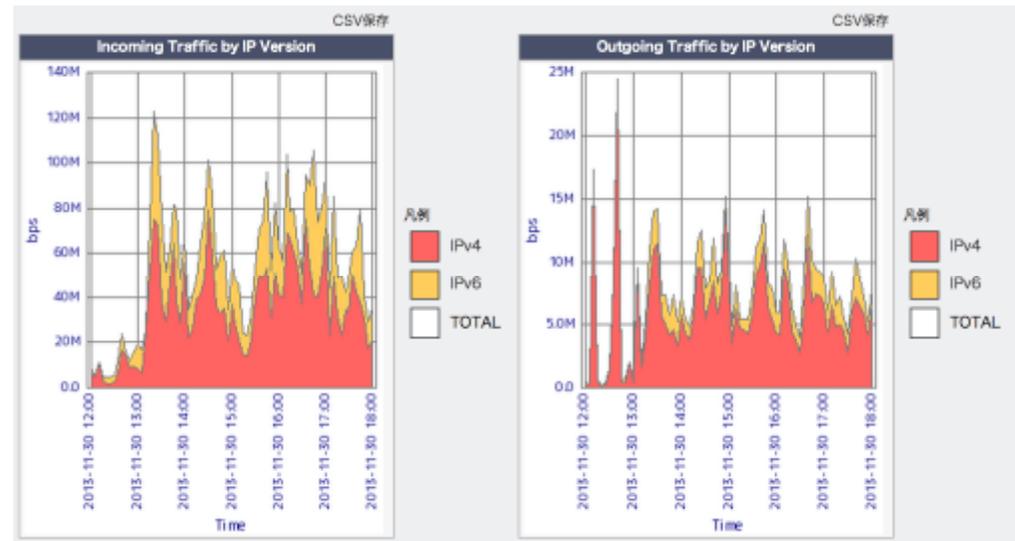
# NW構成図



# IPv6通信の割合

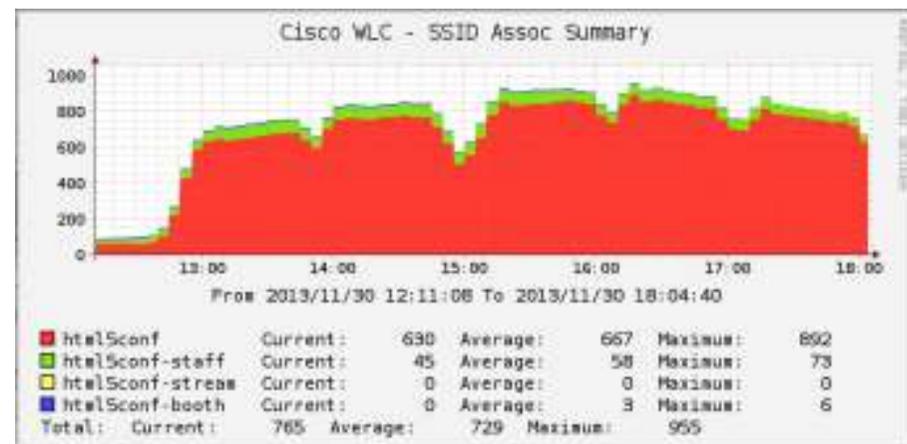
## ■ IPv6の利用率

- 最大61.24%
- 平均30~40%



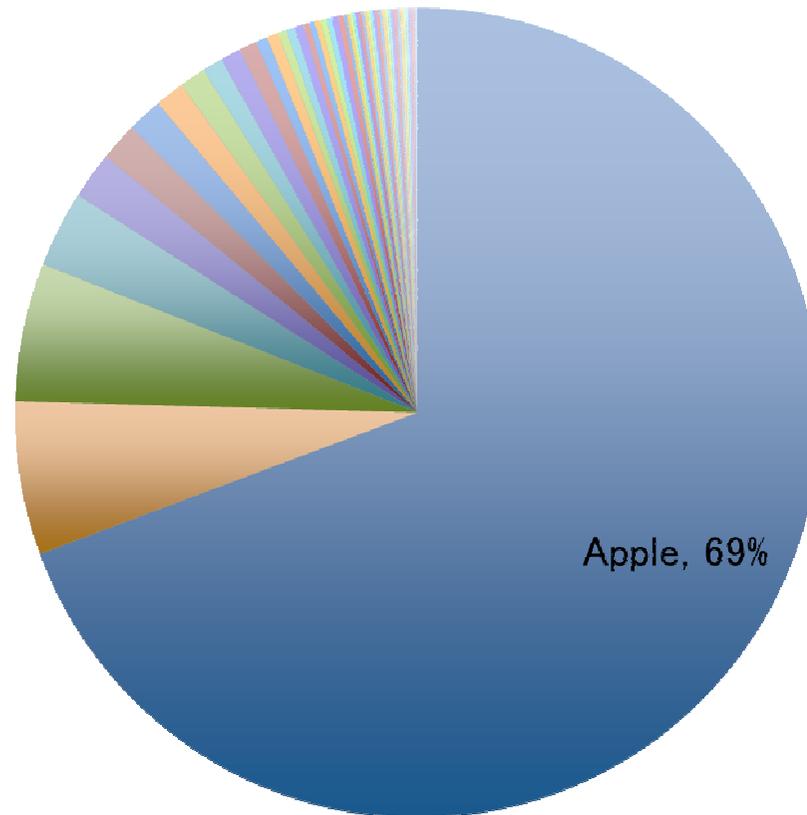
## ■ 最大接続数

- 946台  
(WLC Assoc数より)



# 端末ベンダ統計

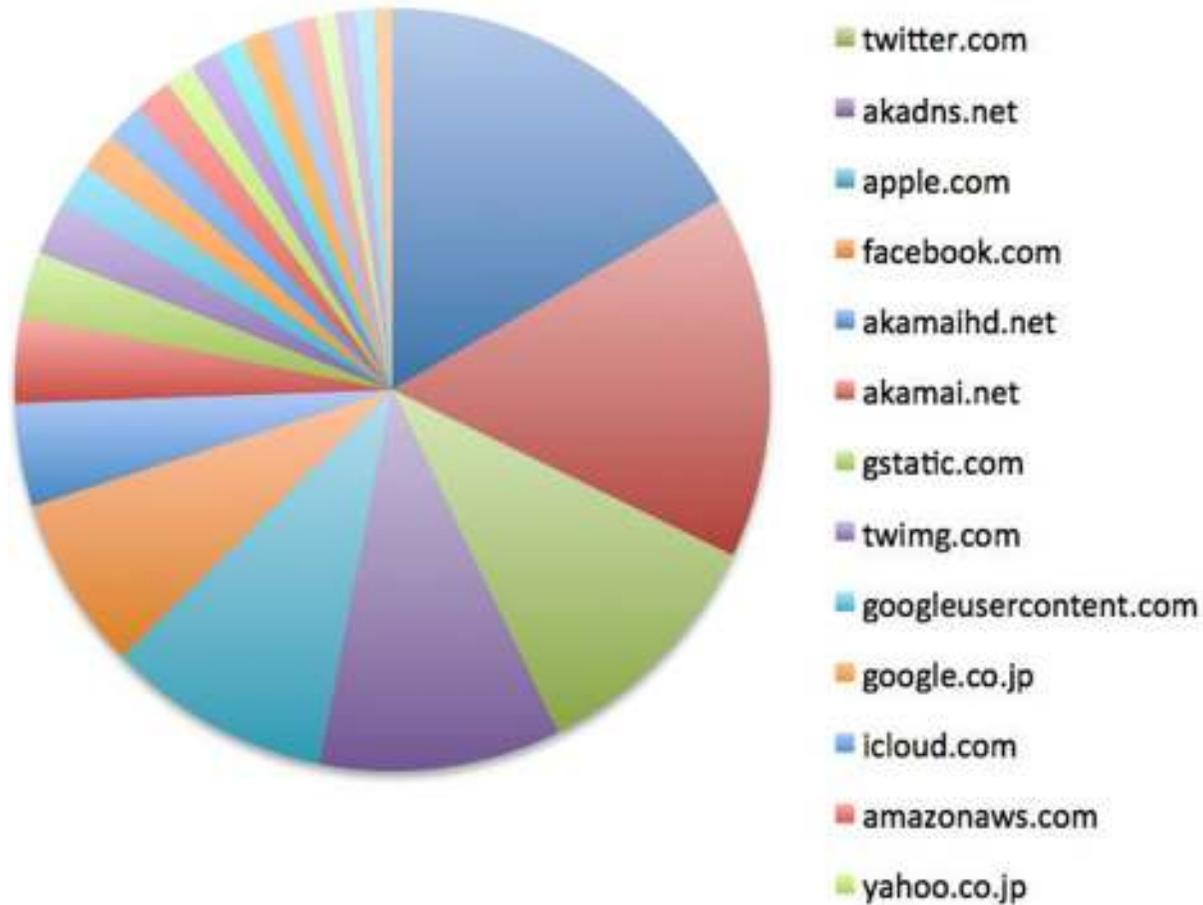
IPv6通信割合最大時間帯(13時10分)での計測  
(MACアドレスより推定)



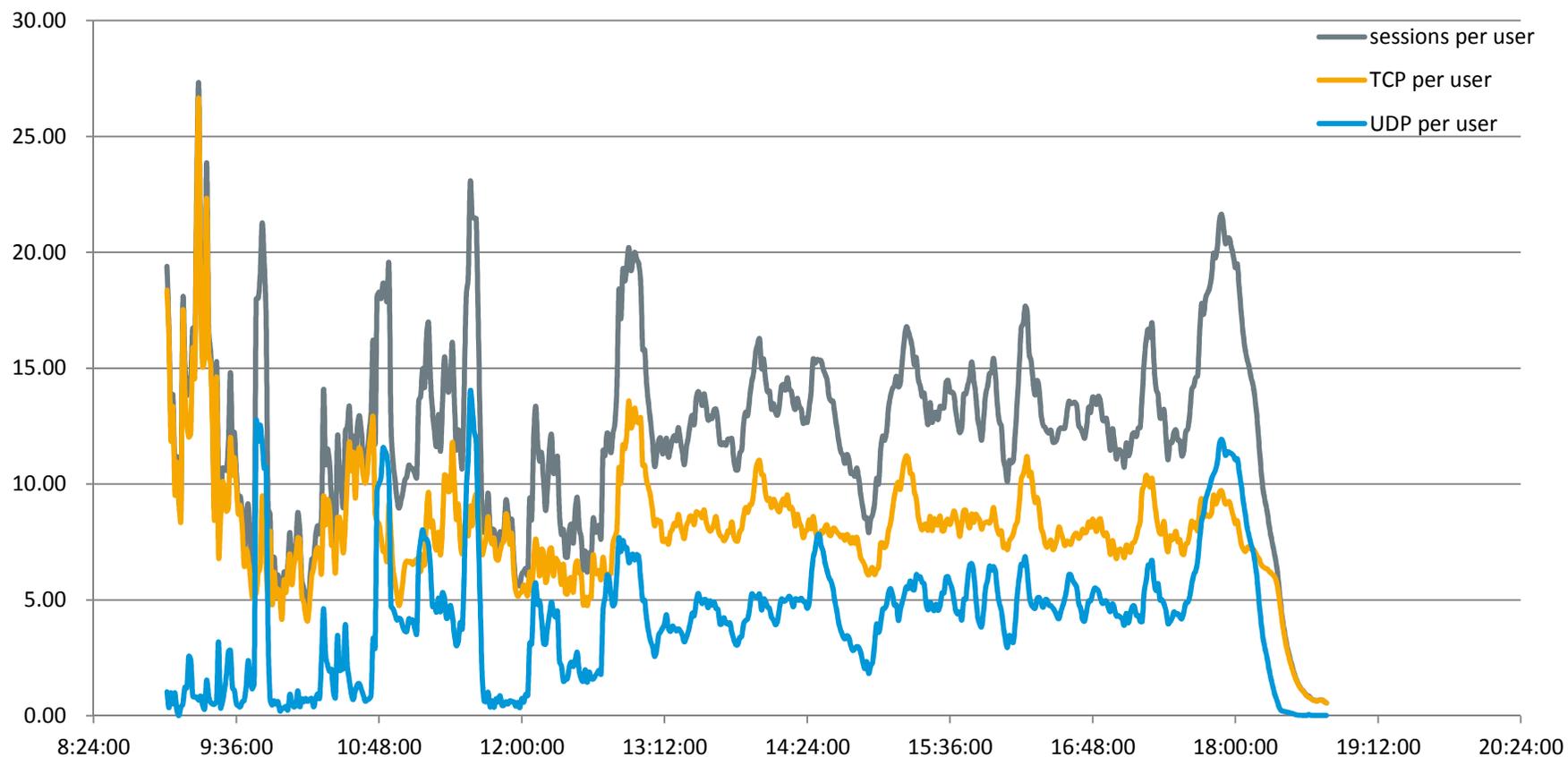
- Apple
- Intel Corporate
- CISCO SYSTEMS, INC.
- ASUSTek COMPUTER INC.
- Microsoft Corporation
- Murata Manufacturing Co.,Ltd.
- Sony Mobile Communications AB
- LG Electronics
- Hon Hai Precision Ind. Co.,Ltd.
- Liteon Technology Corporation
- SAMSUNG ELECTRO-MECHANICS
- Murata Manufacturing Co., Ltd.
- SHARP Corporation
- Asustek Computer Inc
- MITSUMI ELECTRIC CO.,LTD
- Fujitsu Limited

# DNSクエリ統計

上位は、IPv6対応済サイトが多い



# ユーザあたりセッション数



ユーザ(ユニークIPv4アドレス)毎のIPv4セッション数は最大30程度

【予測】

IPv4通信: 30 port (60%)

IPv6通信: 20 port (40%)



Global ICT Partner  
Innovative. Reliable. Seamless.

# CEDEC-Net2015

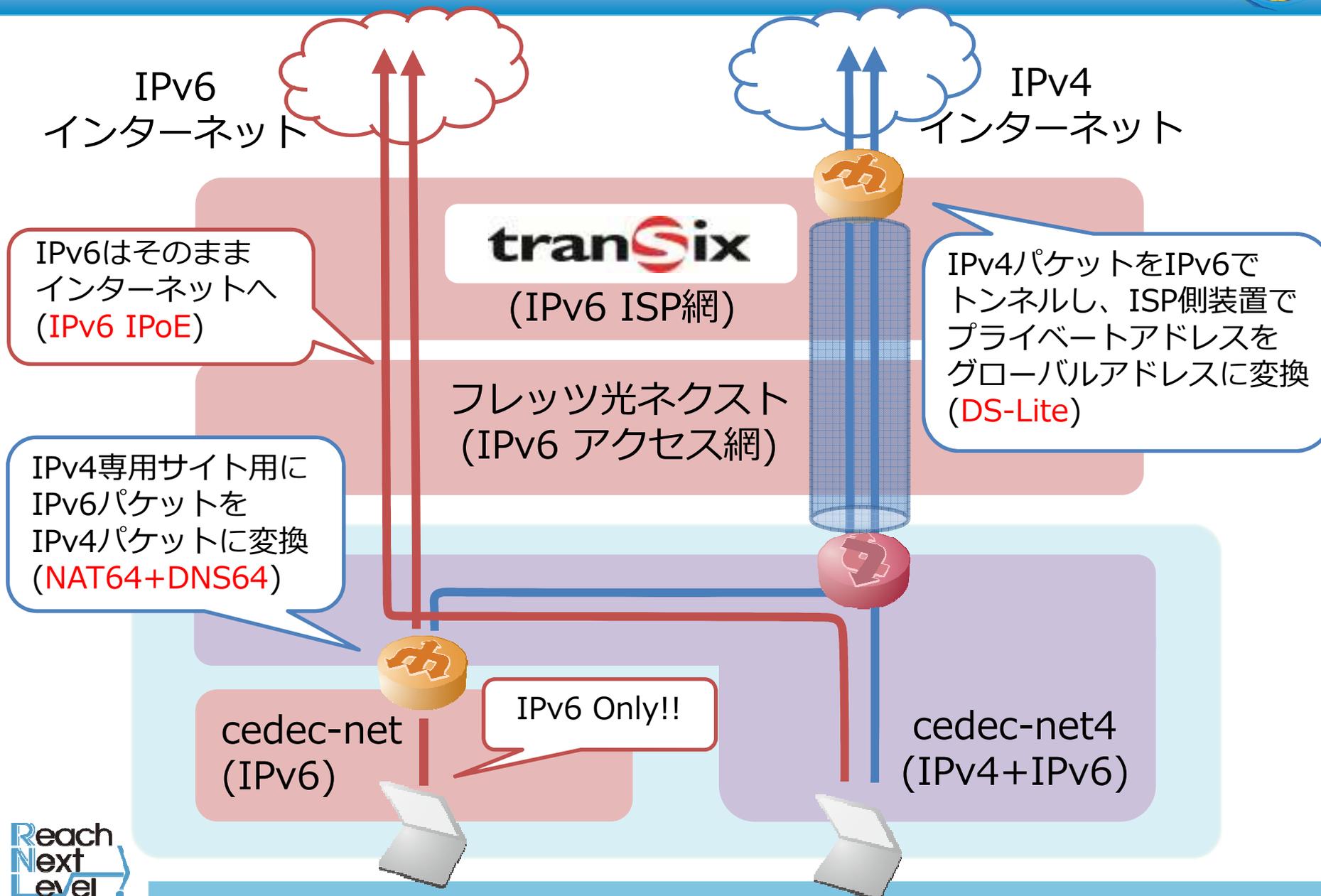
## ■ 開催概要

- 開催日：2015年8月26日（水）～28日（金）
- 会場：パシフィコ横浜会議センター
- 参加人数：6373名

## ■ 会場ネットワークのポイント

- IPv6 Onlyのネットワークをデフォルト提供
  - ✓ NAT64/DNS64でAppleの検証要件に準拠
  - ✓ IPv6対応を検証可能
- 対外接続に、transix(Multifeed社)のIPoE接続を利用

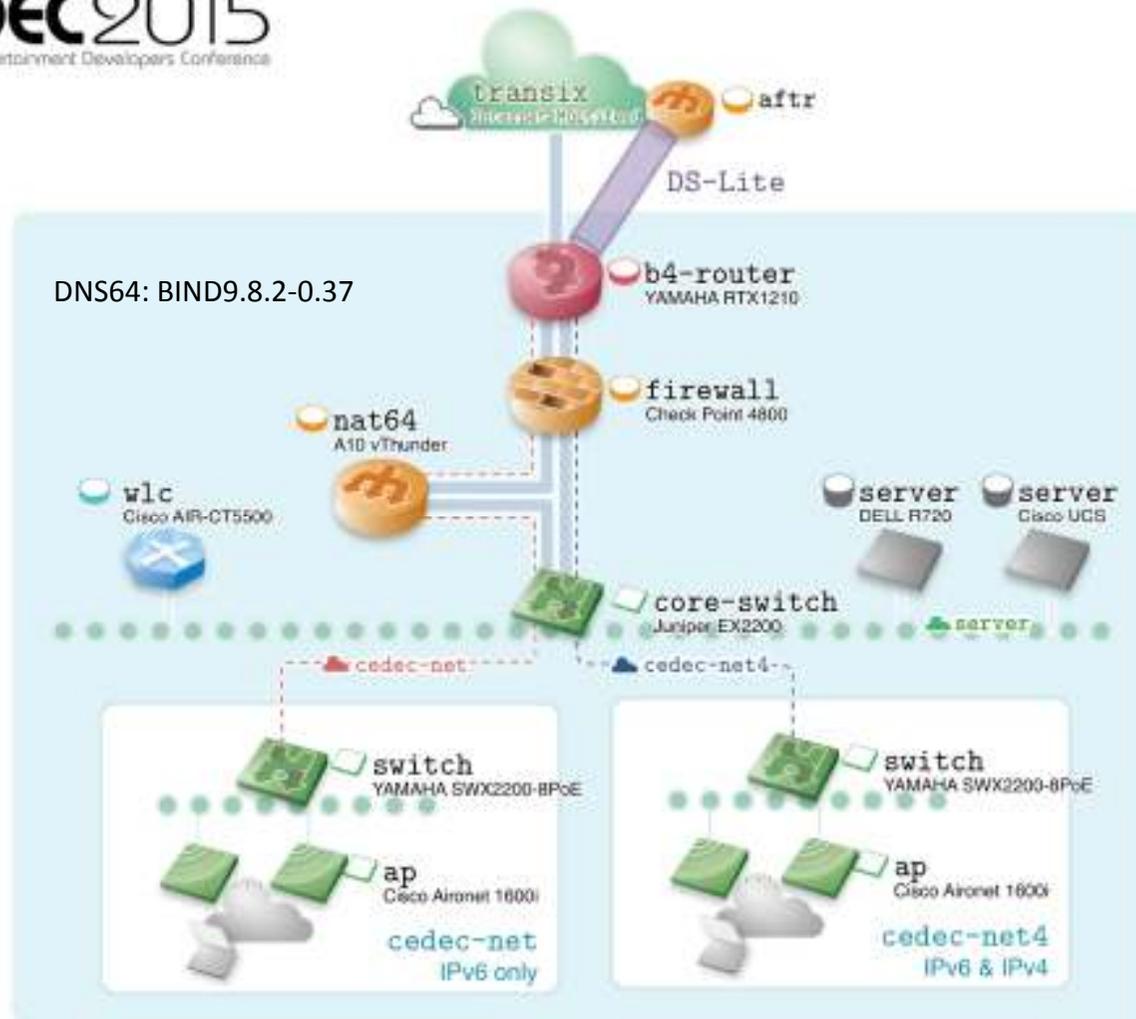
# CEDEC-Net 2015の対外接続



# CEDEC-Net 2015の全体構成



**CEDEC2015**  
Computer Entertainment Developers Conference



## 完璧に動作した端末

- Mac & iPhone (2/3の端末がApple製)

## 無線には接続できたけど、ネットワークに接続できたと認識されない端末

- Android ※RDNSSを利用すると解決
- PS Vita
- Nintendo 3DS

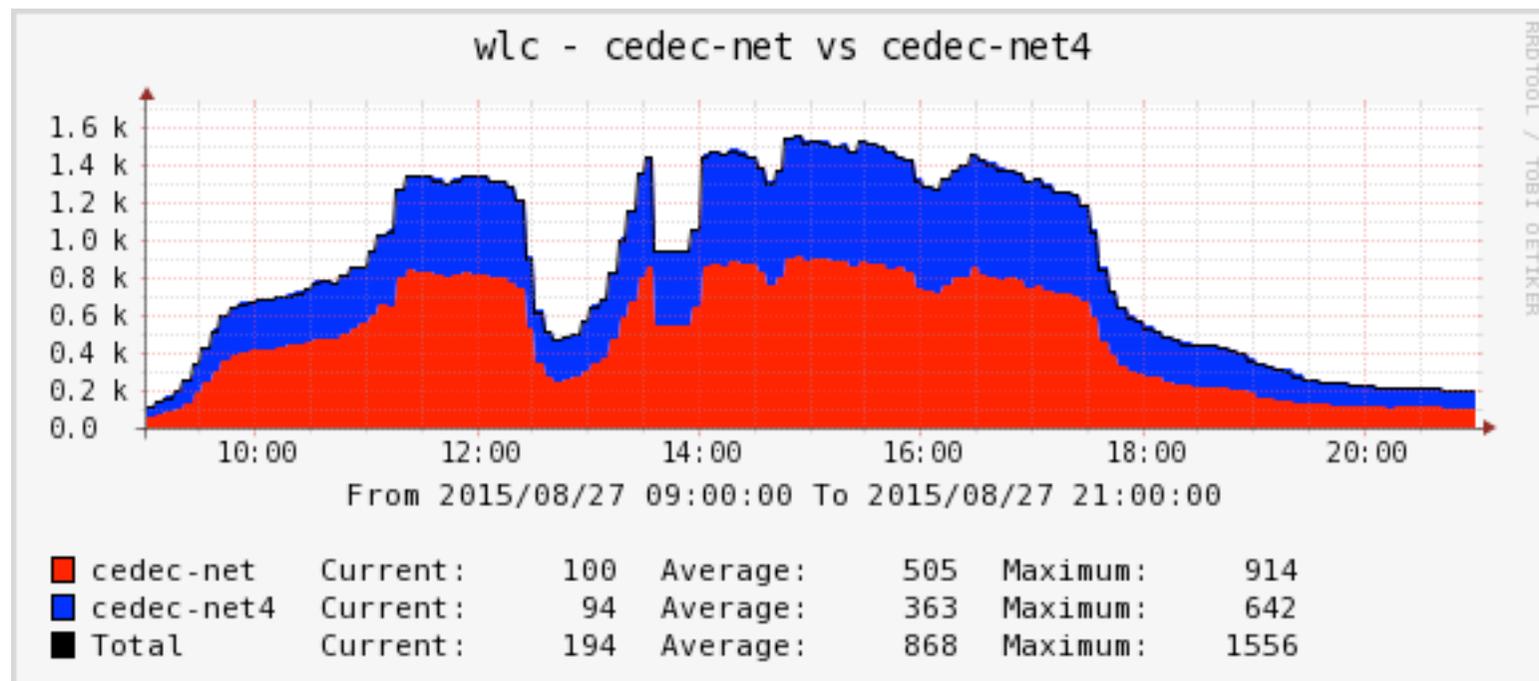
## 動作しないアプリ

- 艦これ (ログイン後に真っ白)

# WiFi利用者数 (Day2)

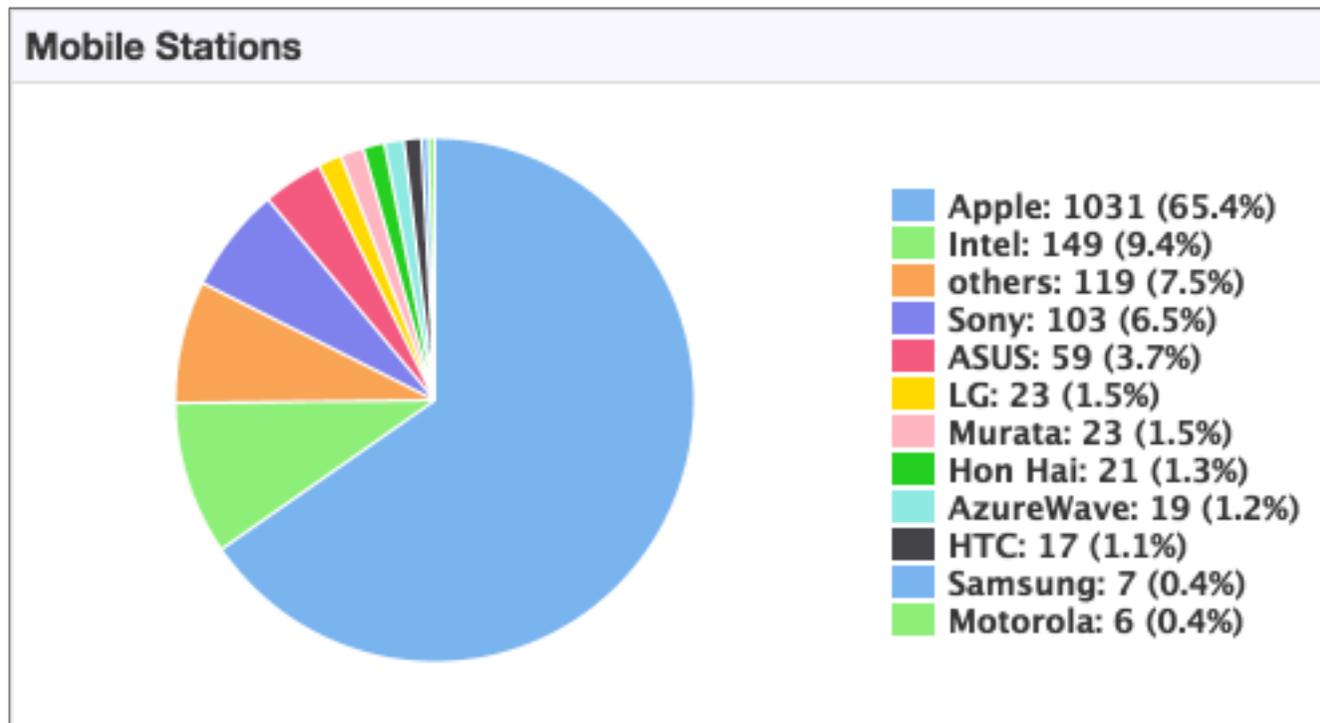


60%近い端末がIPv6 Onlyのcedec-netを利用



IPv6サポートしているApple端末の割合が60%超えであるため

## Apple端末がダントツ

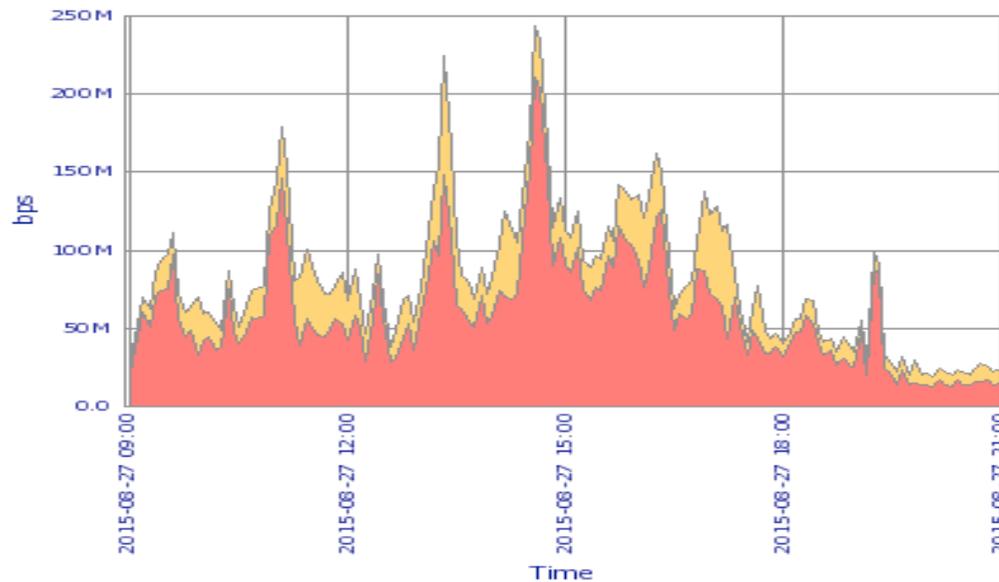


他のIT系カンファレンスでも似たような傾向

# IPv6トラフィックの割合

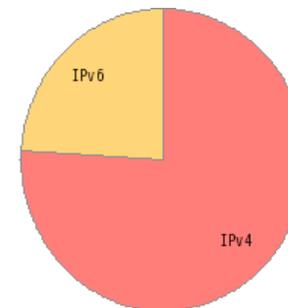
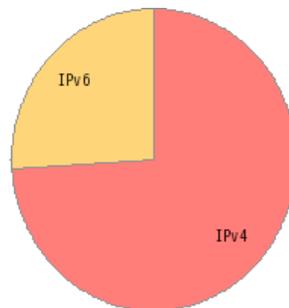


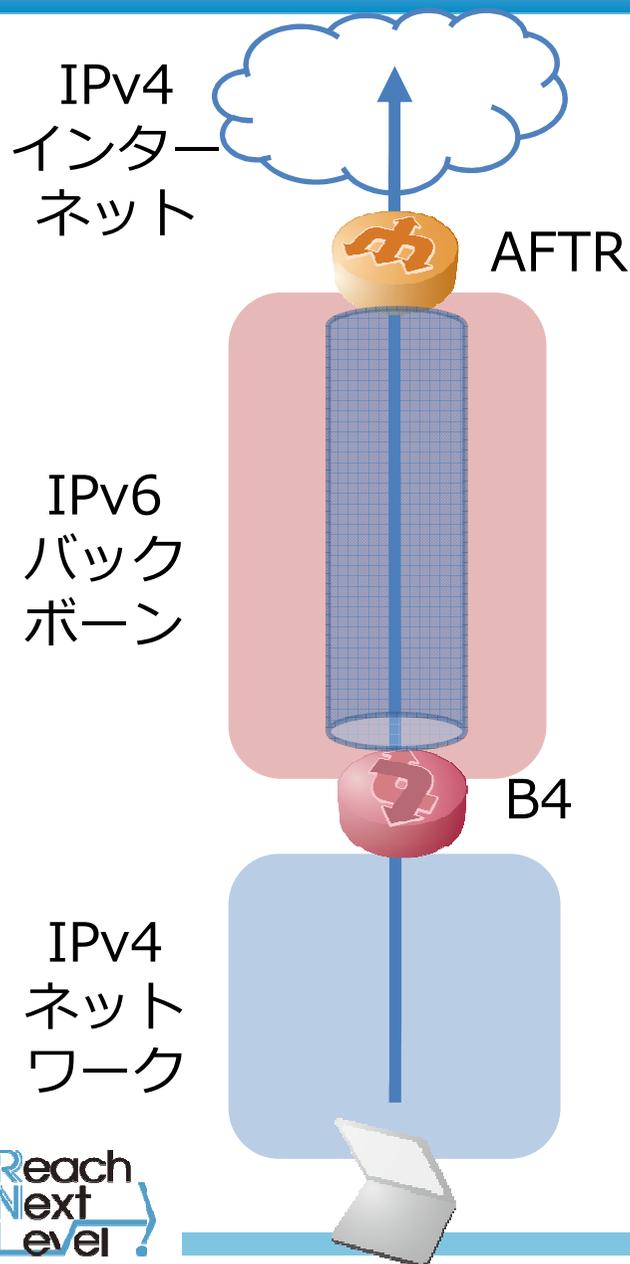
25%のトラフィックがIPv6で運ばれている



Download

Upload





## B4 (家庭側機器)

IPv4パケットをIPv6でトンネルする

## AFTR (プロバイダ側機器)

トンネルを終端しIPv4パケットを取り出した後、NAPTする

## CEDEC-Netでの設計

- インターネットマルチフィード社のtransixサービスで65536ポートを提供して頂く
- 64ポート/端末 = 1024端末で設計
  - 足りなければバックアップ回線に回す

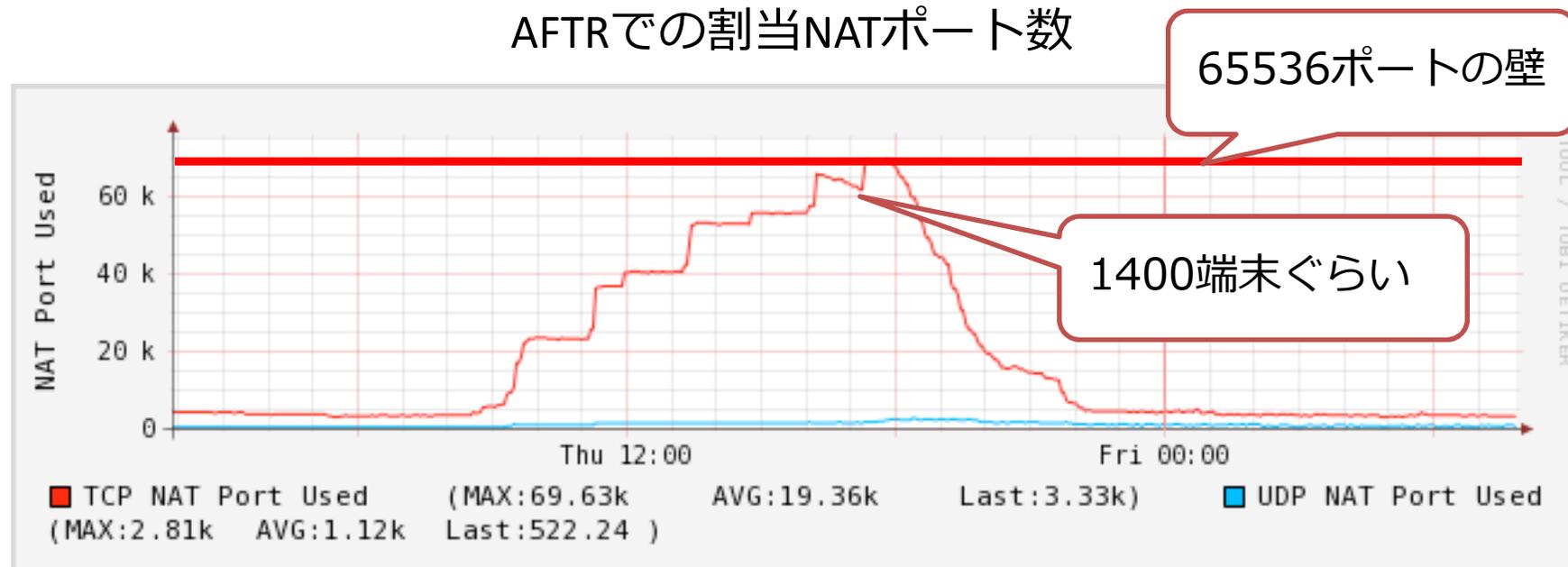
AFTR: Address Family Transition Router

B4: Basic Bridging BroadBand

# IPv4 NATポート枯渇 (Day2)



AFTRでの割当NATポート数



- 予想通り & 予定通りポート枯渇しました！
- バックアップ回線にトラフィックを分散させることで65536ポートを追加した
- 1端末平均50ポートを設計の際に見込んでおけば 大丈夫だということがわかった

# まとめ

---

- 
- IPv4 over IPv6 技術の標準化は一通り完了
  - 実際に使われるフェーズでの報告が相次いでいる
  - その中で、AppleのIPv6対応のアナウンスの影響が大きかった
  - カンファレンスNW等でIPv6対応をすると、20～40%程度のトラフィックが自然にIPv6に流れる
  - 端末・アプリケーションのIPv6対応が進み、今後はISP事業/クラウド事業において、IPv6を中心としたネットワーク運用となることもありうる

ご清聴  
ありがとうございました。

---