

Internet Week 2025

C5 : IPv6-Mostly Networkで変わる運用のカタチ – 標準化と実証から見える現在地 –

IPv6-Mostly Network概要とIETFにおける標準化動向

2025/11/25

川島 正伸

NECプラットフォームズ株式会社

Outline

- 自己紹介
- IPv6マイグレーション技術とは？
- IPv6マイグレーション技術の種類と特徴
- 464XLAT

- IPv6-Mostly Network登場の背景
- IPv6-Mostly Network とは？
- デバイス毎の動作概要(IPv4-only/Dual Stack/IPv6-only capable)
- 技術要素(DHCPv4 Option 108/RA PREF64 Option/464XLAT)


- IETFにおける標準化動向
- PoC状況/適用事例
- JAIPAでの取り組み

- 課題/今後の展望


自己紹介

■ 氏名：川島 正伸（ニックネーム：かわしまむ）

■ 業務

- 全社横断の技術戦略、技術活用に関する業務
- IPv6関連プロジェクト支援、IPv6技術調査研究、技術標準化・普及啓蒙などの業界活動
- 最近はスマートホームの  matter もやっています！

■ 業界活動

- JAIPA(日本インターネットプロバイダ協会) 
 - アクセス網WG 家庭用ルータSWG 主査
 - ゲーム・エンタメのネットワーク接続性に関する課題検討WG 副主査
 - IPv6 UPnP実証・検証SWG 副主査

- IETF(Internet Engineering Task Force)における国際標準化活動

これまでに共著者として発行したRFC

- RFC 5952 : IPv6アドレスの推奨表記
- RFC 6877 : 464XLAT (IPv6マイグレーション技術)
- RFC 8585 : IPv6 CEルータのIPv4aaS技術要件



- CSA(Connectivity Standards Alliance)におけるMatter技術などの国際標準化活動（※本格活動はこれから）

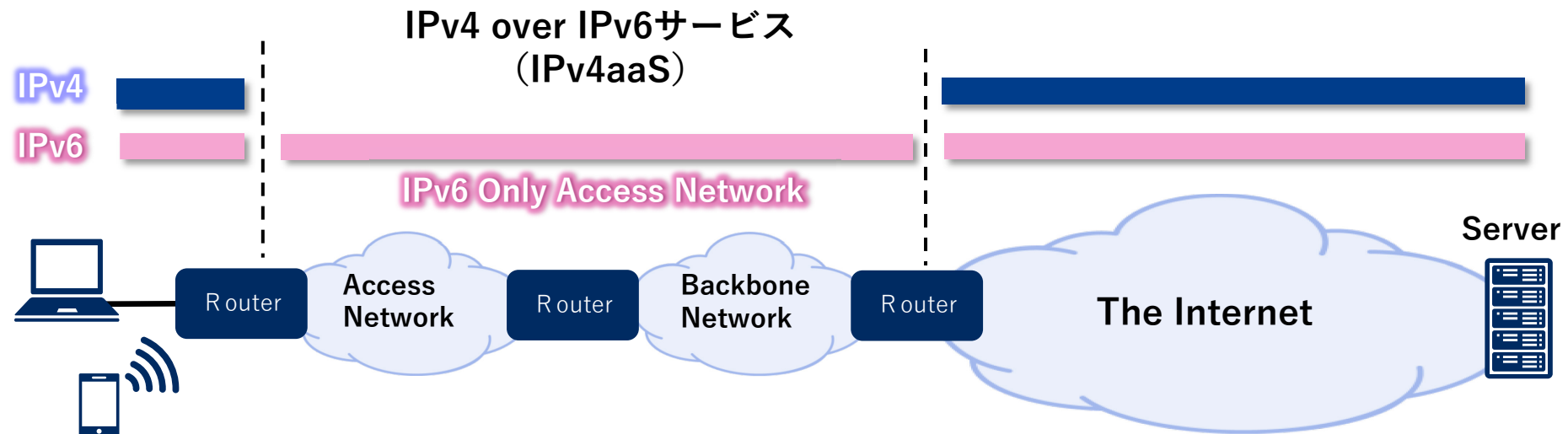


※ Google や  ChatGPT で

「IPv6 川島」で検索してみてください

IPv6マイグレーション技術とは？

- 貴重になったグローバルIPv4アドレスを複数ユーザでアドレス共有して使うための技術
- IPv4からIPv6への移行期(共存期)に必要なとされる技術
 - 主要な技術として、**DS-Lite, MAP-E, MAP-T, 464XLAT, LW4o6** がある
 - **IPv6 Only Access Network** (通信事業者内)を経由して、The Internet上のIPv4サーバ等と通信を実現する技術で、国内では「**IPv4 over IPv6サービス**」として知られている
 - IPv4aaSとなる為、**通信事業者内のIPv6化を促進**させることが可能 (**TCO削減が狙える**)



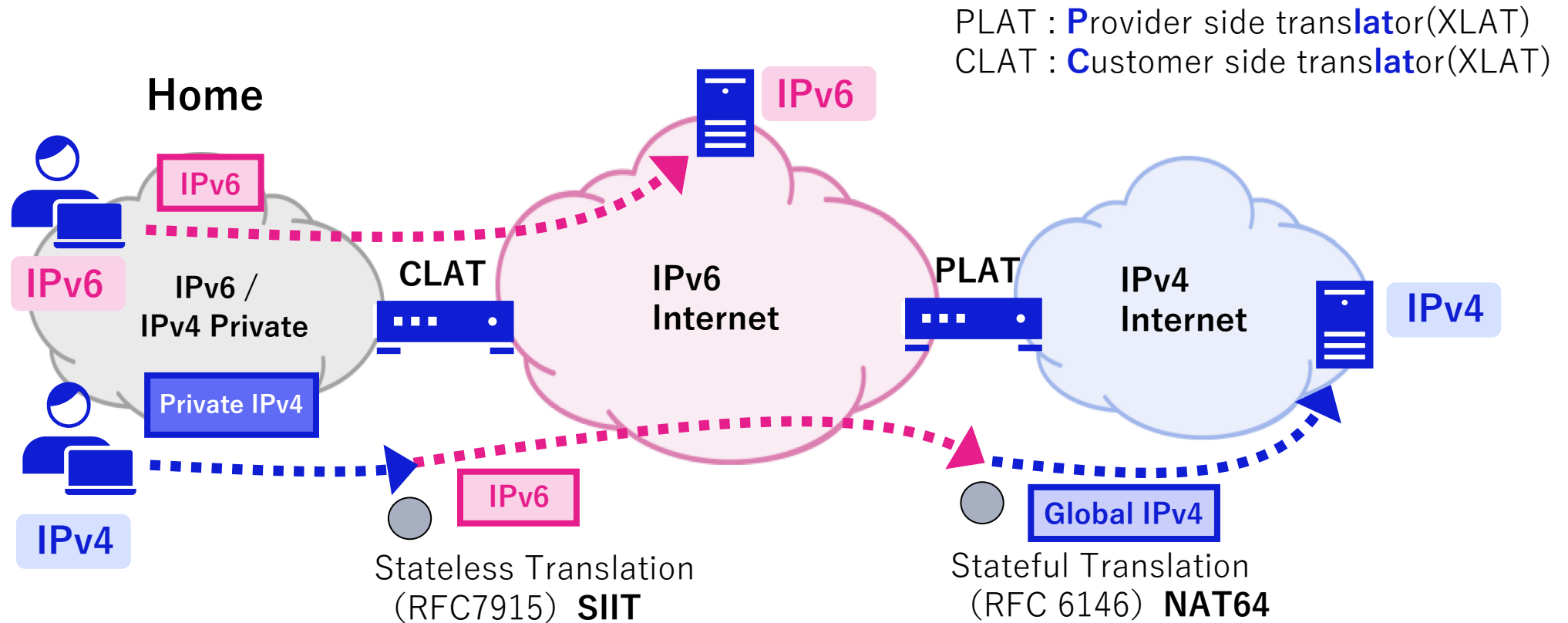
IPv6マイグレーション技術の種類と特徴

ステート/NAT IPv4の扱い	網側 : ステートレス CPE : NAT有(ポート制限NAPT)	網側 : ステートフル (CGN or NAT64) CPE : NAT無
トンネル	RFC 7597 MAP-E 国内 : JPIX, BIGLOBE, OCN RFC 7596 LW4o6 海外 : (OTE Group)	RFC 6333 DS-Lite 国内 : インターネットマルチフィード, 朝日ネット, アルテリアネットワークス 海外 : Vodafone Germany, Orange, etc
トランスレーション	RFC 7599 MAP-T	RFC 6877 464XLAT 国内 : docomo 海外 : T-Mobile USA, SK Telecom, Orange, etc

IPv6-Mostly Network
を実現する主要技術

通信事業者は、自社の戦略および各技術のPros/Consを考慮して、最適な技術を採用

464XLAT (RFC 6877) 464XLAT: Combination of Stateful and Stateless Translation



- CLATにてIPv4/IPv6変換(Stateless)、PLATにてIPv4/IPv6変換(Stateful)を行うことでIPv4通信を実現
- トラフィック分析にDPI(Deep Packet Inspection)が不要でモニタリング、トラブルシューティングが容易、グローバルIPv4アドレスのポート使用効率が良い

IPv6-Mostly Network登場の背景

- 多くのネットワーク環境は、IPv4/IPv6 Dual Stackから抜け出せていない
 - IPv6マイグレーション技術は、通信事業者などのアクセスネットワークをIPv6-only化することができるが、エンドサイトのIPv6-only化には寄与しない
- アプリケーションや端末のIPv4依存度が依然として高い
- Dual StackはIPv4アドレス枯渇の根本対策にならない
 - Dual StackによるIPv4リソースの消費/IPv4運用負担は継続中



IPv6-only環境への段階的移行が必要 = IPv6-Mostly Network登場

IPv6-Mostly Networkとは？



■ IPv4を廃止してIPv6環境にスムーズに移行させる方式の1つ

- IETFにて標準化作業が進められている
- IPv4を必要とするデバイスにのみIPv4を提供して、IPv6への移行を加速させる
- IPv6-only環境を端末レベルにまで浸透させる
- IPv4-only / Dual Stack / IPv6-only capableデバイスが混在可能

■ 動機

- Dual StackによるIPv4リソース消費/運用課題を解決して、IPv6への段階的な移行を促進させる

■ 技術要素

- DHCPv4 option 108 / RA PREF64 option / NAT64 / 464XLAT

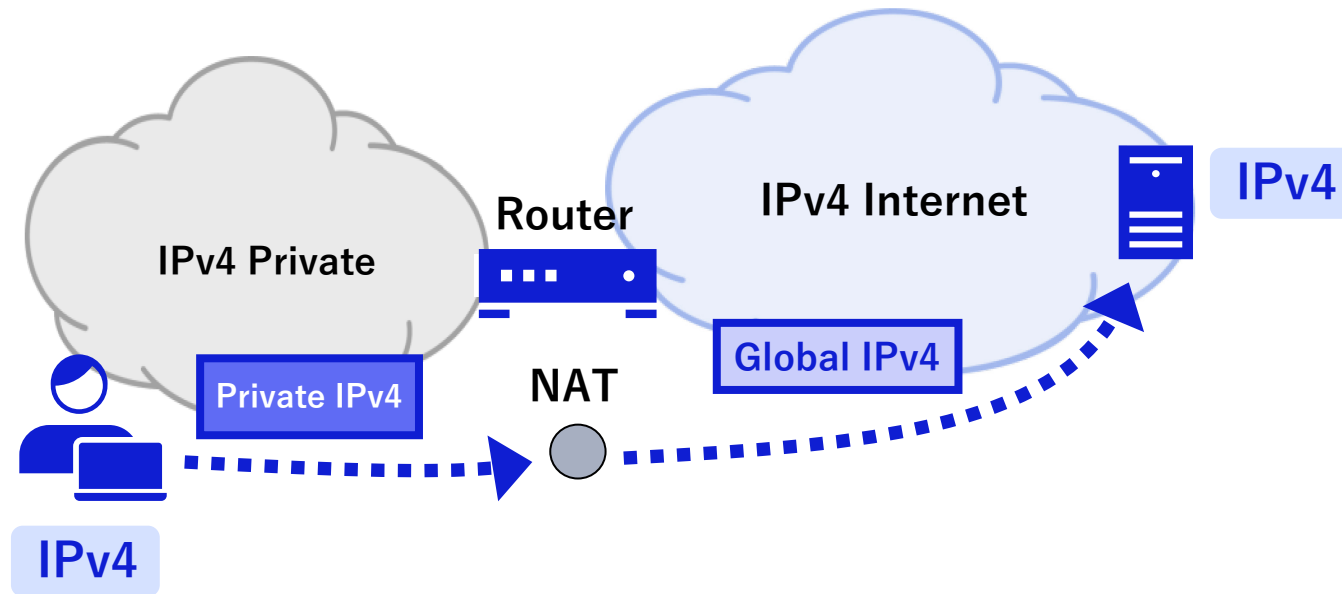
■ ホストOSの対応

- Android/iOS/macOSはサポート済、MicrosoftはWindows 11での対応を表明済

■ 対象とするネットワーク

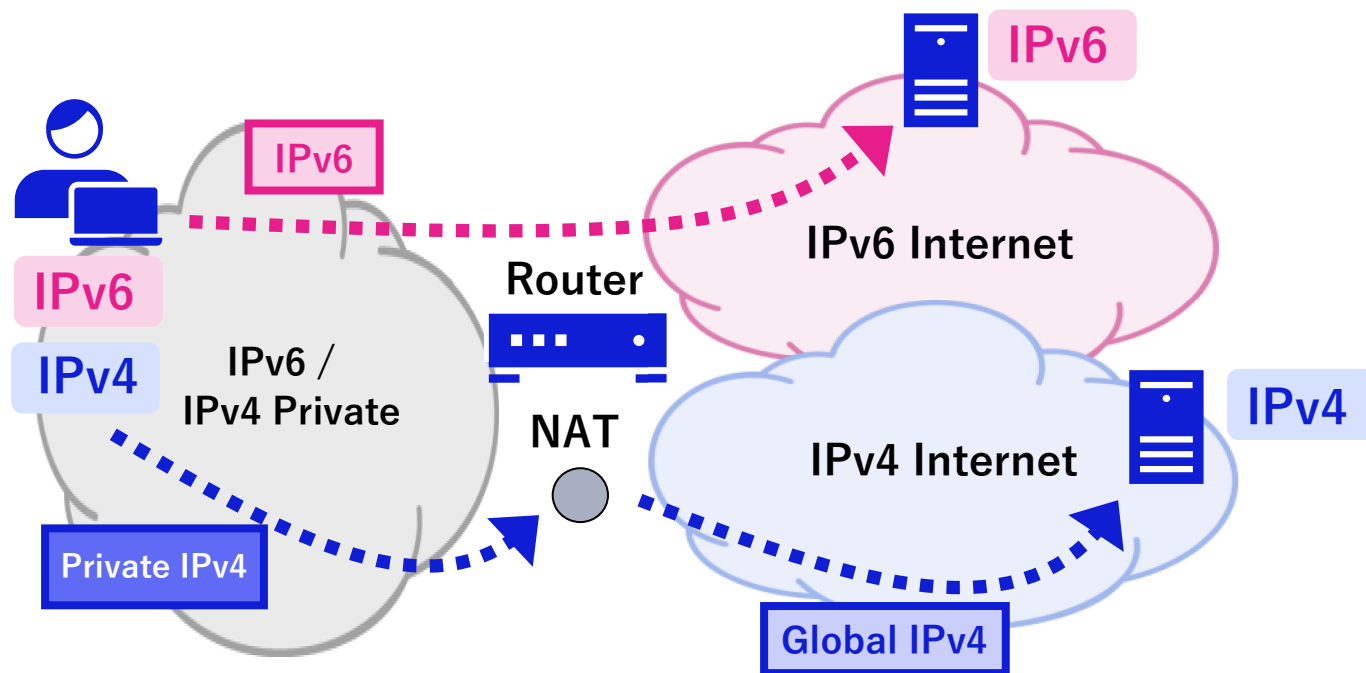
- 企業/大学ネットワーク、公衆Wi-Fi、通信事業者サービスなど様々なネットワークに適用可能

デバイス毎の動作概要(IPv4-only)



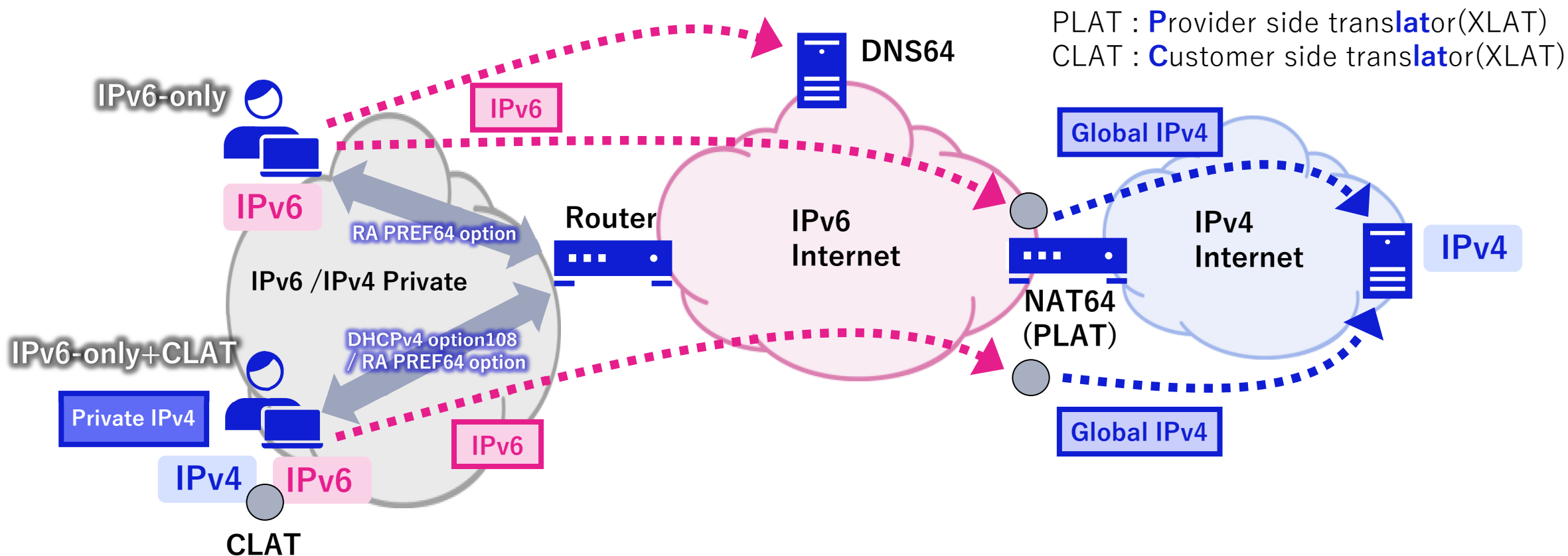
- DHCPv4によるプライベートIPアドレス付与または固定IPアドレスなどのIPv4アドレス設定
- ルータ(NAT)等を経由して、IPv4ネットワークまたはIPv4インターネットと接続

デバイス毎の動作概要(Dual Stack)



- IPv4通信：DHCPv4によるプライベートIPアドレス付与または固定IPアドレスなどのアドレス設定を行い、ルータ(NAT)等を経由して、IPv4ネットワークまたはIPv4インターネットと接続
- IPv6通信：DHCPv6やSLAAC(RA)によりIPv6アドレス設定を行い、ルータ等を経由してIPv6ネットワークまたはIPv6インターネットと接続

デバイス毎の動作概要(IPv6-only capable) ※IPv4接続のみ記載



- IPv6-only : DNS64で名前解決を行い、NAT64経由でIPv4ネットワークまたはIPv4インターネットと接続
- IPv6-only+CLAT : **デバイス内部のCLAT機能**によりIPv4/IPv6変換を行い、**(464XLAT)** NAT64(**PLAT**)経由でIPv4ネットワークまたはIPv4インターネットと接続

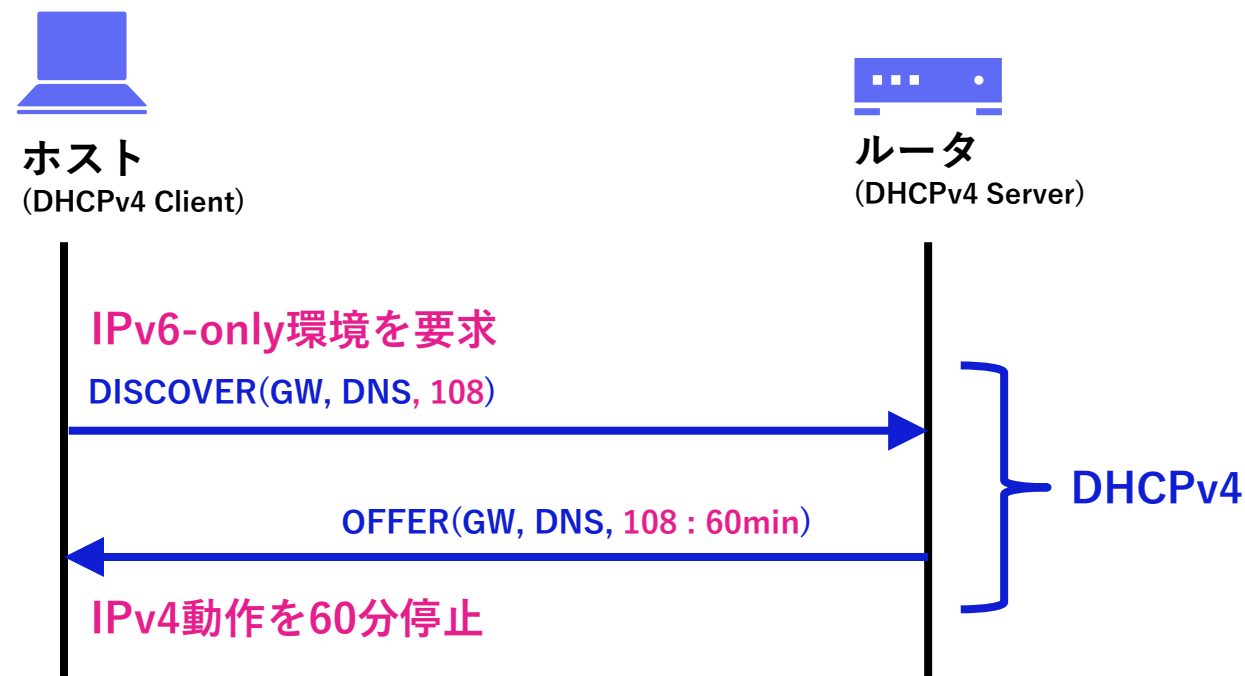
技術要素(DHCPv4 Option 108)

■ RFC 8925 : IPv6-Only Preferred Option for DHCPv4

- IPv6-only環境のみを利用するために、IPv4通信をOFFにするためのDHCPv4オプション

■ 対応状況

- **DHCP Server**
 - Kea(2.7.1以降) **対応済**
 - 多くのDHCP Serverはカスタム設定可能
- **DHCP Client**
 - Android **対応済**
 - iOS(17以降) **対応済**
 - macOS(12以降) **対応済**
 - Windows 11 **対応予定**



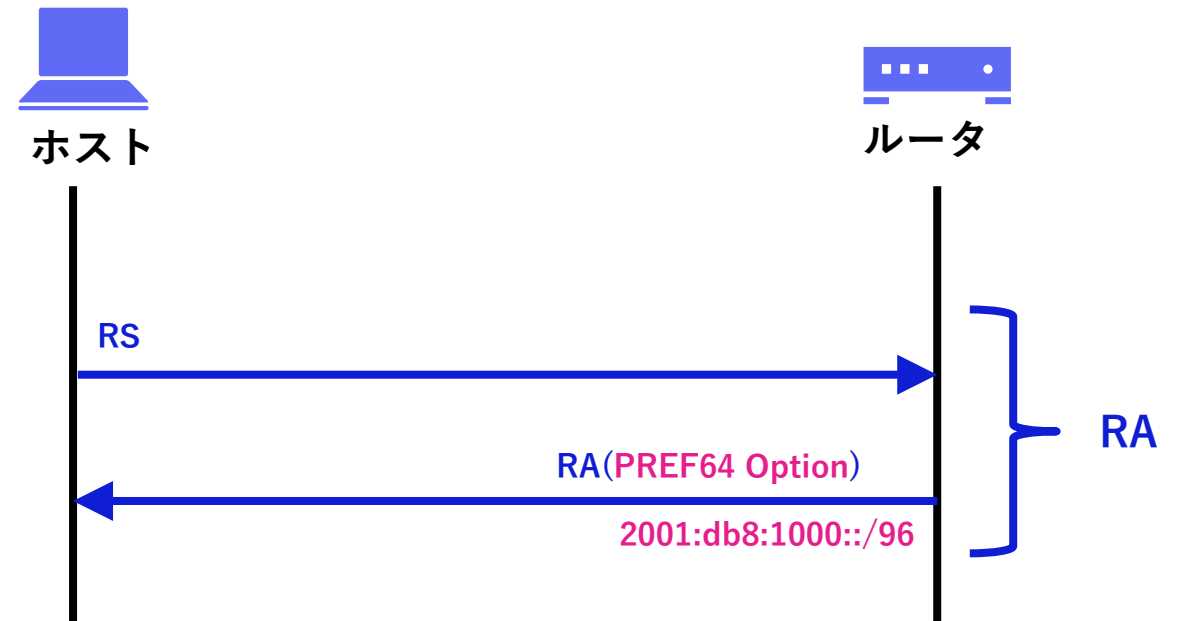
技術要素(RA PEF64 Option)

■ RFC 8781 : Discovering PEF64 in Router Advertisements

- NAT64または464XLATに必要なPEF64(IPv6変換用Prefix情報)を取得するためのRAオプション

■ 対応状況

- ルータ
 - MikroTik(RouterOS v7.8 beta2) **対応済**
 - OpenWRT(v23.05.0以降) **対応済**
 - radvd, FRR, odhcpd, rad **対応済**
- ホストOS
 - Android **対応済**
 - iOS **対応済**
 - macOS(12以降) **対応済**
 - Windows 11 **対応予定**



技術要素(464XLAT)

■ RFC 6877 : 464XLAT: Combination of Stateful and Stateless Translation

- IPv4/IPv6混在期におけるIPv6マイグレーション技術
- ダブルトランスレーションが特徴 (CLAT : IPv4→IPv6 , PLAT : IPv6→IPv4)

■ 対応状況

- **PLAT(=NAT64)**
 - A10 Networks, Cisco, JuniperなどNAT64機能をサポートしている多くのベンダ **対応済**
 - Jool **対応済**
- **CLAT**
 - OpenWRT **対応済**
 - Android **対応済**
 - iOS(12以降 : LTE/5G , 17以降 : LTE/5G/Wi-Fi) **対応済**
 - macOS(12以降) **対応済**
 - Windows 11 **対応予定**

IETFにおける標準化状況

- RFC 6877 : 464XLAT: Combination of Stateful and Stateless Translation

RFC発行済



共著者

- RFC 8925 : IPv6-Only Preferred Option for DHCPv4

RFC発行済

- RFC 8781 : Discovering PREF64 in Router Advertisements

RFC発行済

- RFC 9872 : Recommendations for Discovering IPv6 Prefix Used for IPv6 Address Synthesis

PREF64発見における推奨事項

RFC発行済

2025年9月発行

- draft-ietf-v6ops-6mops : IPv6-Mostly Networks: Deployment and Operations Considerations

IPv6-Mostly Networksの普及と運用における考慮事項

Working Group Draft

標準化作業中
(11/22 WGLC開始)

- draft-ietf-v6ops-claton : 464XLAT Customer-side Translator (CLAT): Node Recommendations

464XLAT CLAT使用時のノードにおける推奨事項

Working Group Draft

標準化作業中(IETF Last Call中)

標準化に貢献(Acknowledgements記載)

- draft-ietf-v6ops-icmpext-xlat-v6only-source : Using Dummy IPv4 Address and Node Identification

Extensions for IP/ICMP translators (XLATs)

IP/ICMPトランスレータ用のダミーIPv4アドレスとノードID拡張機能の使用

Working Group Draft

標準化作業中
(まもなくIESG)

IPv6-Mostly NetworkのPoCや実運用状況

■ RIPE 85(2022/10), RIPE 87(2023/11) PoC

- RIPE 85 [Deploying IPv6 mostly access networks](#) / RIPE 87 [IPv6-mostly on OpenWRT \(ripe.net\)](#)

■ Windows 11におけるCLAT対応を表明(2024/3/7)、プライベートプレビュー開始(2025/11/19)

- [Windows 11's CLAT functionality is expanded to support non-cellular network interfaces](#)
- セルラーインタフェース(モバイル)では既にサポート済。Wi-FiやEthernetでの今後の対応を表明。
- [Windows CLAT Enters Private Preview: A Milestone for IPv6 Adoption](#)
- プライベートプレビューを開始、参加希望者は個別申し込み。

■ APRICOT 2024/APNIC 57(2024/3), APRICOT 2025/APNIC 58(2025/2) PoC

- [Experimental IPv6-only network at APRICOT 2024](#)

■ 119th IETF(2024/3), 120th IETF(2024/7), 121st IETF(2024/11), 122nd IETF(2025/3), 123rd IETF(2025/7), 124th IETF(2025/11) PoC

- [Moving to IPv6-Mostly](#) at 119th IETF

※IETF 122nd 迄はトライアル提供として使いたい参加者が利用、IETF 123rd 以降は参加者全員(1,000名以上)が使用するWi-Fi(標準SSID)として提供中

■ UK IPv6 Council Annual Meeting(2024/11) インペリアル大学での実運用報告

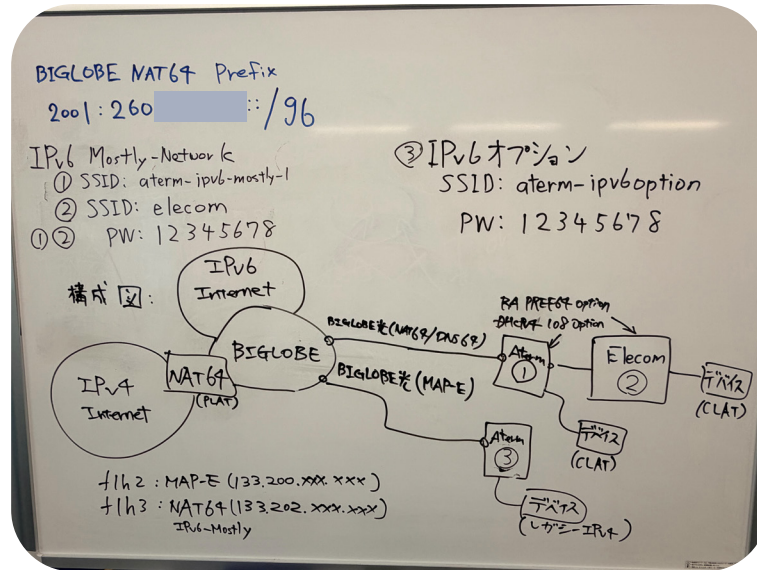
- [IPv6-Mostly at Imperial](#) : ICL(Imperial College London)で約3,000台のAPに展開済、デバイスの77%がIPv6 Only

■ RubyKaigi 2025(2025/4), Kaigi on Rails 2025(2025/9)

- [RubyKaigi NOC 近況 2025](#) : SIITをRubyで実装など ← **本セッションの後半で Sorah さんから詳細解説!**

JAIPAでの取り組み (1)

- ゲーム・エンタメのNW接続性に関する課題検討WGにて、IPv6-Mostly Networkを検証
 - 第1回目(2025/8/19) : NAT64/DNS64(A10 Networks) + CE Router(NEC Platforms, ELECOM) ※試作機
ネットワーク関連の検証を中心に実施
 - 第2回目(2025/10/27) : NAT64/DNS64サービス(BIGLOBE) + CE Router(NEC Platforms, ELCECOM) ※試作機
IPv4-only/Dual Stack/IPv6-capable端末の観点で検証を実施



JAIPAでの取り組み (2)

■ ゲーム・エンタメのNW接続性に関する課題検討WGにて、IPv6-Mostly Networkを検証(Cont.)

• 得られた知見

CE Router : ULA環境下における想定外の挙動やCEルータがCLAT機能を搭載する際の追加機能要件など

macOS : IPv4/IPv6アドレス取得状態に応じたCLAT機能の有効/無効に関する挙動変化

Android : QUICの接続マイグレーション時の挙動変化

トラブルシューティング複雑化 : MAP-E, 464XLAT(IPv6-Mostly)のようなIPv6マイグレ技術の混在時の課題

ヘアピン機能の必要性 : IPv6-Mostly対応端末と非対応端末の混在時におけるLAN内通信の課題

ログ解析の複雑化 : IPv4 Service Continuity Prefix(192.0.0.0/29)使用による同一アドレスの観測

ゲーム機/ゲームタイトルのIPv6対応遅れ : PlayStation 5, Switch 2はIPv4のみで動作

■ 家庭用ルータSWGにて、IPv6マイグレーション技術の国内標準プロビジョニング方式(HB46PP)第1.2版を発行(2025/6/6)

[IPv6マイグレーション技術の国内標準プロビジョニング方式【第1.2版】](#)

• IPv6-Mostly Network方式に対応しました！

課題/今後の展望

■ 課題

- IPv6-Mostly Networkに対する認知と普及啓蒙
- 実運用に向けてさらなる検証と課題の解決、標準化への提案やフィードバック

■ 今後の展望

- IPv6-Mostly Networkは、あらゆるネットワーク運用者に対する重要な選択肢であり、企業や大学のネットワーク、公衆Wi-Fi、通信事業者のサービス等への導入によるIPv6-only環境の加速に期待

IPv6-Mostly Networkは、IPv6-only環境を加速する本命技術として注目されている

NEC

\Orchestrating a brighter world

NECプラットフォームズ