

**Internet Week 2007**

~東京でインターネットに語る4日間~

## The Internet Operations 次世代ルーティング

---

慶應義塾大学 環境情報学部  
湧川 隆次



**WIDE**

## ToC

- IP Mobility技術からみた次世代ルーティングの考察
- IP Mobility技術概説
- Dual Stack Support
- Home Agent Distribution/Migration & Global Mobility Exchange Point
- Unwired World



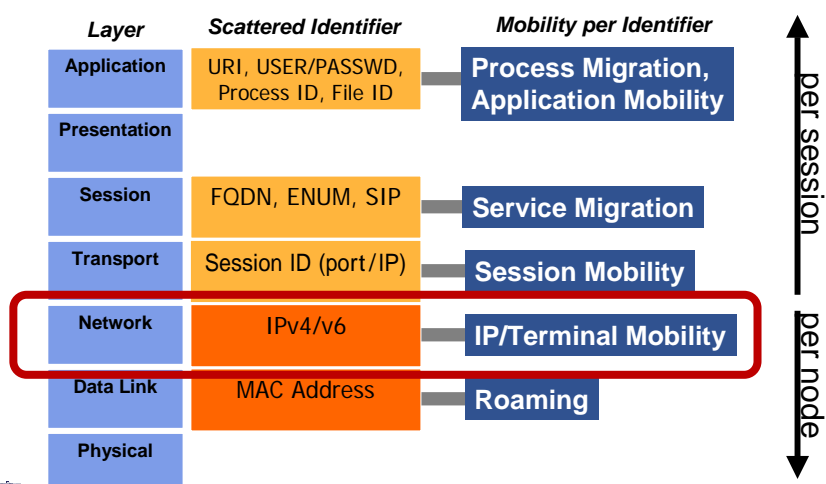
**WIDE**

# IP Mobility技術概説



## Mobility Overview

Mobility: ID Transparency and ID Continuity regardless of Changing Network Attachment



**ID which is transparent to Movement/Location**



## IP Mobilityの矛盾

- IPアドレスに二つの意味
  - 接続先のネットワーク情報
  - ノードの識別子

ノードが移動するとIPアドレスが変化

- 移動時における通信の切断
- 移動により着信ができない

- IP Mobilityの機能
  - 移動透過性
  - 着信可能性



WIDE

## IETFにおけるMobility関連ワーキンググループ

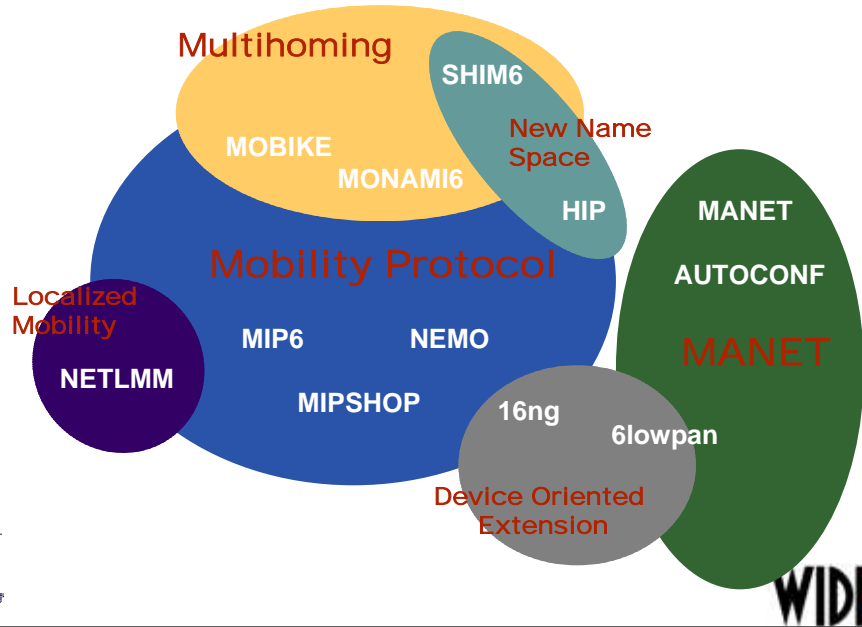
- MIP6: Mobile IPv6
- NEMO: Network Mobility
- Monami6: Mobile Nodes and Multiple Interfaces in IPv6
- MIPSHOP: Mobility for IP: Performance, Signaling and Handoff Optimization
- NETLMM: Network-based Localized Mobility Management
- HIP: Host Identity Protocol
- SHIM6: Site Multihoming by IPv6 Intermediation
- MANET: Mobile Ad-hoc Networks
- AUTOCONF: Ad-Hoc Network Autoconfiguration
- 6LOWPAN: IPv6 over Low power WPAN
- 16ng: IP over IEEE 802.16 Networks
- MOBIKE: IKEv2 Mobility and Multihoming Working Group (MOBIKE)



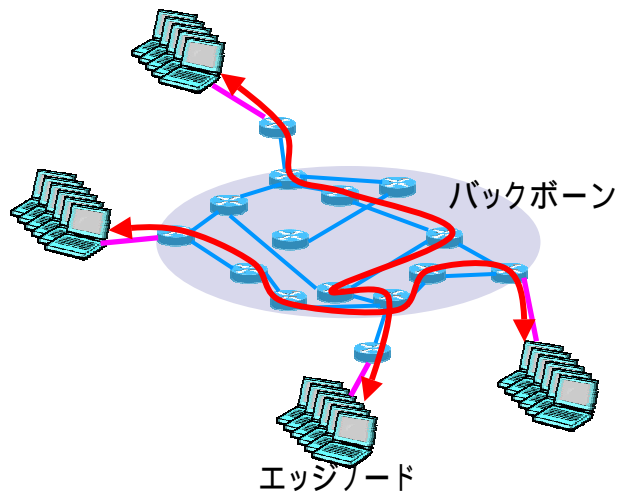
Mobility関連を議論しているワーキンググループは多い

WIDE

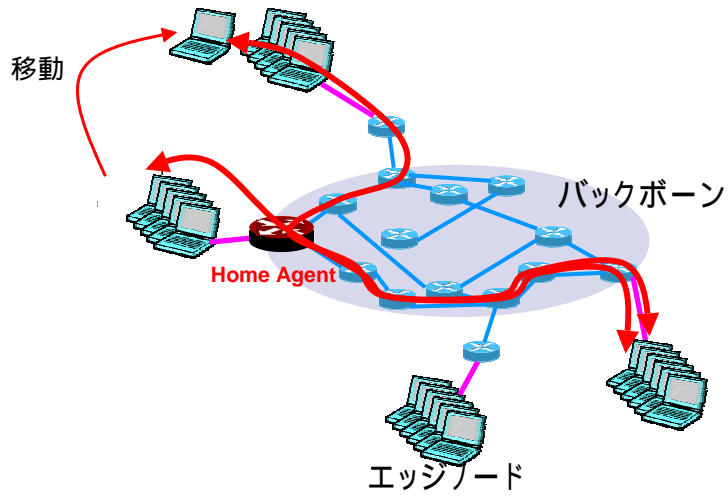
## IETFにおけるWGの関係



## The Internet (Legacy)

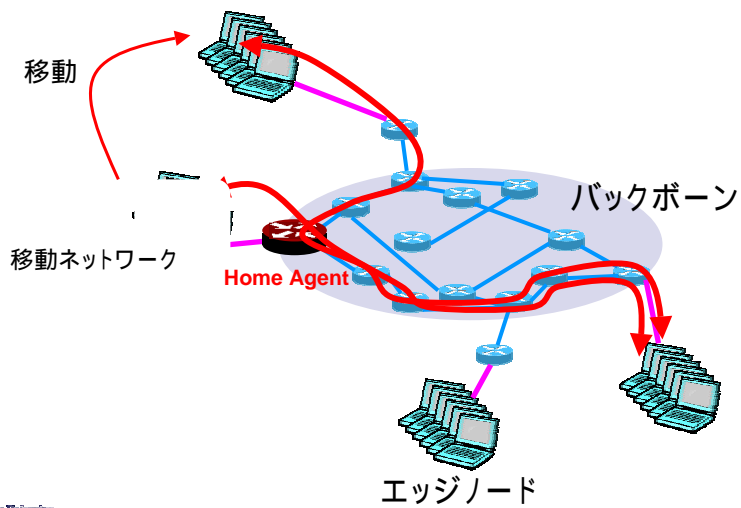


## Mobile IPv6 (CMIPv6)



WIDE

## Network Mobility (NEMO)



WIDE

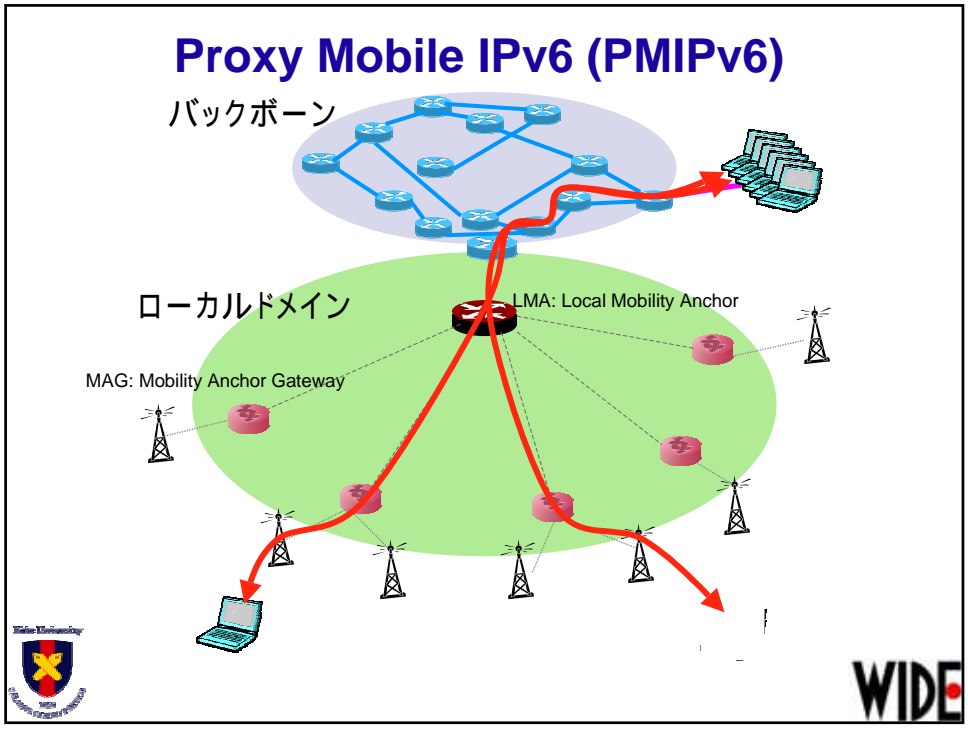
# Proxy Mobile IPv6 (PMIPv6)

バックボーン

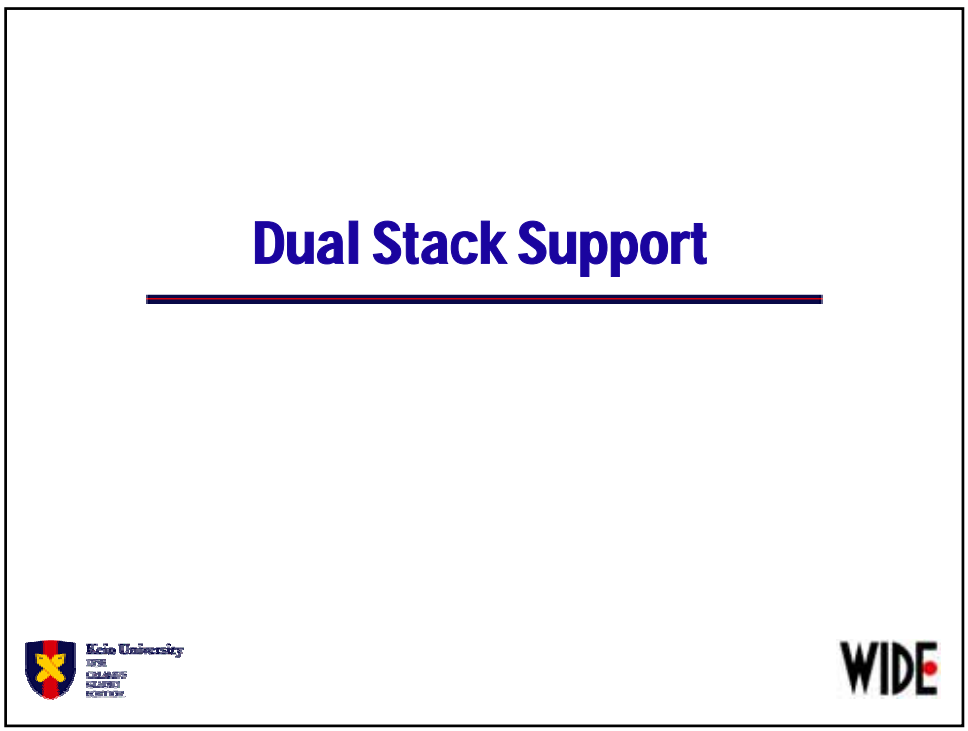
ローカルドメイン

MAG: Mobility Anchor Gateway

LMA: Local Mobility Anchor



# Dual Stack Support



## Stagnation of Mobility No.1

- 多くのMobility技術はIPv6をベースにデザイン
  - IPv4/IPv6両方で同じ技術がデザインされているが、多くの関心はIPv6へ
    - Mobile IPv4/v6, NEMOv4/v6, Proxy Mobile IPv6
- アクセスネットワークがIPv6へ非対応
  - 端末の移動先が無い
    - IP mobility普及以前の問題
  - IPv6の普及を待つのか??
    - 過渡期はCo-existence(あるいは永久に)
- Dual Stack Mobility Supportの欠如
  - IPv4/IPv6でホームアドレスを保持する場合は、Mobile IPv4とMobile IPv6の両方を走らせるのか？

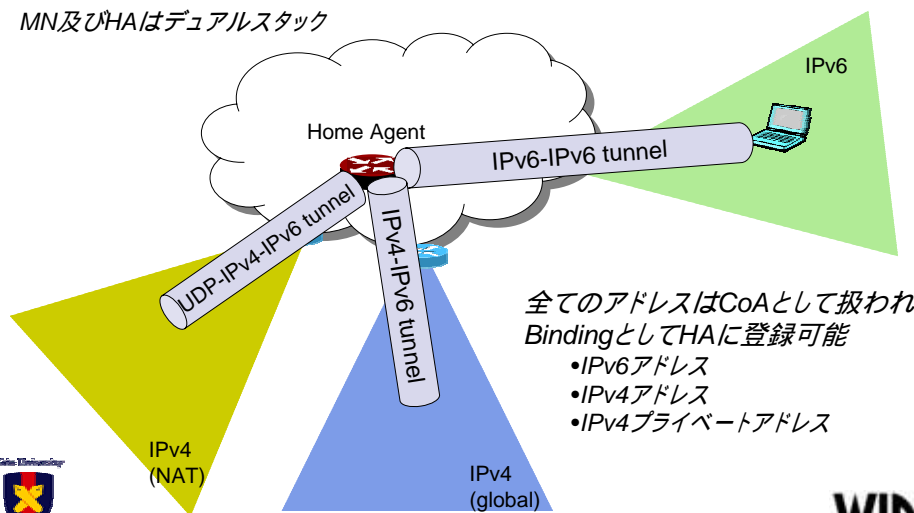


WIDE

## Dual Stack Mobile IPv6 (DSMIP)

Both IPv4 and IPv6 Transport Network Support

MN及びHAはデュアルスタック



WIDE

## Dual Stack Mobile IPv6 (DSMIP)

### Both IPv4 and IPv6 Home Address Support

MN及びHAはデュアルスタック

IPv4 HoA option(0.0.0.0)  
を付加してBinding Update送信

Home Agent

IPv4 HoA option(a.b.c.d)  
を付加してBinding Ack送信

IPv6とIPv4のホームアドレスを取得

全てのIPv4/IPv6ホームアドレスのトラフィックは  
全て単一の双方向トンネルを経由して送受信される

WIDE



## NEMO Applicability of DSMIP

Home Agent

IPv4 (global/private)  
IF

Mobile Router

Mobile Network  
IPv6とIPv4対応の  
モバイルネットワーク

DSMIP対応のMobile Router  
を使うことにより、全てのネットワー  
クに接続できIPv4/IPv6両方を移  
動ネットワークに提供可能

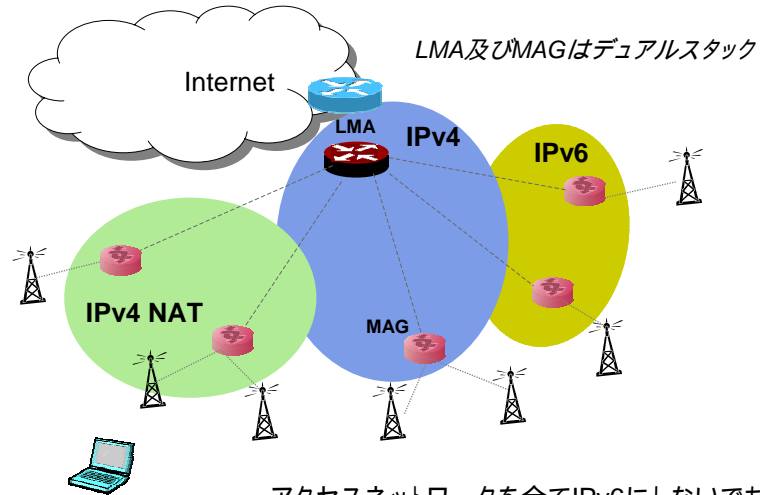
WIDE





## IPv4 Support for PMIPv6

### Both IPv4 and IPv6 Transport Network Support

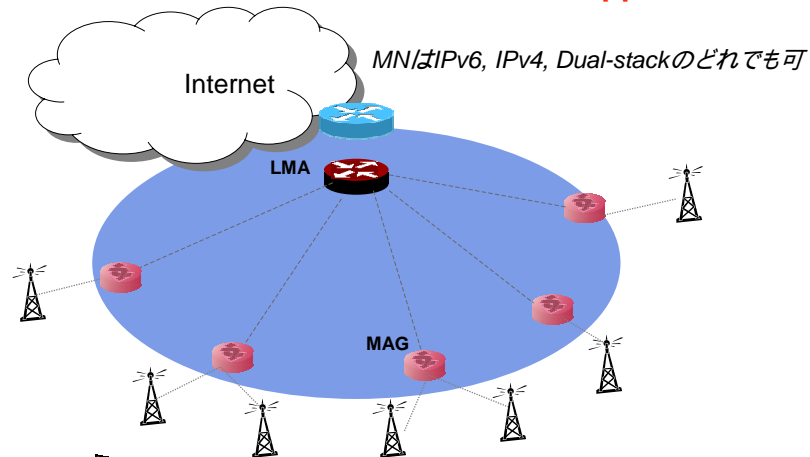


アクセスネットワークを全てIPv6にしないでも  
Proxy Mobile IPv6のオペレーションが可能  
初期投資コスト削減



## IPv4 Support for PMIPv6

### Both IPv4 and IPv6 Home Address Support



移動端末に割当可能なアドレス

- IPv6 ホームアドレス
- IPv4 ホームアドレス
- 両方



## Dual Stackの利点

- アクセスネットワークタイプに非依存でIP Mobilityのサービス可能
  - MIP6/NEMOの場合、端末への負担は無視できない
  - PMIPv6の場合は、ネットワーク側のサポートだけで対応可能
- 単一のプロトコルでデュアルスタックのホームアドレスを割当て可能
  - MIP6/NEMOの場合、IPv4/IPv6両方提供可能だが、端末はIPv6を必ずサポートする必要あり
  - PMIPv6の場合は、IPv4/IPv6両方、IPv4のみ、IPv6のみでサービス可能
- IPv6/IPv6共存環境/IPv6以降期の環境に最適な解決策
  - IP Mobility普及のハードルが下がった!?



*Internet-Scale*

## Home Agent Distribution towards the Unwired Internet

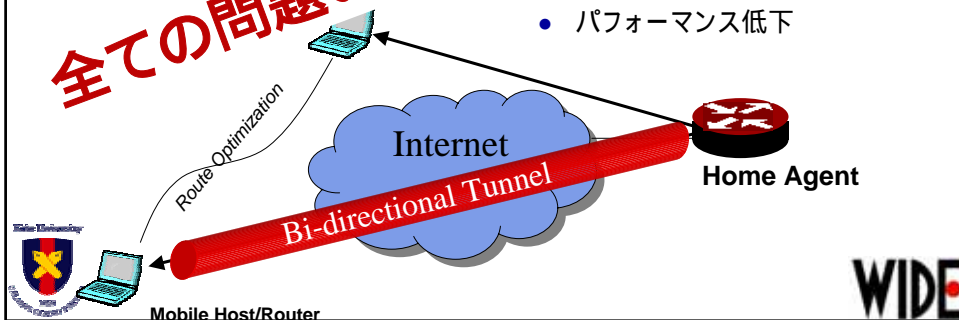
---



## スケールできないIP Mobility技術!?

- HAの機能
  - Binding登録処理
  - 経路最適化の支援(HoTI/HoT)
  - トラフィックのトンネルカプセル化とデカプセル化
- HAはIP Mobility技術の
  - Single Point of Failure
  - Single Point of Congestion
  - 迂回する冗長経路
  - トンネルによる遅延増大
  - 信頼性欠如
  - パフォーマンス低下

全ての問題の根源はHome Agent!?



## 規模性の実現

- 規模性の予想
  - 携帯電話+PHS: 1億457万4000台 (2007年10月、電気通信事業社協会)
  - 自動車保有台数: 79,523,090台 (2007年8月、自動車検査登録情報協会)
- HAの特徴
  - HAが移動体端末毎に一台しか定義できない
  - HAは全てのトラフィックが集まるアンカールータ

IP Routing を用いる手法により自律分散システムの構築



WIDE

## 経路最適化の問題

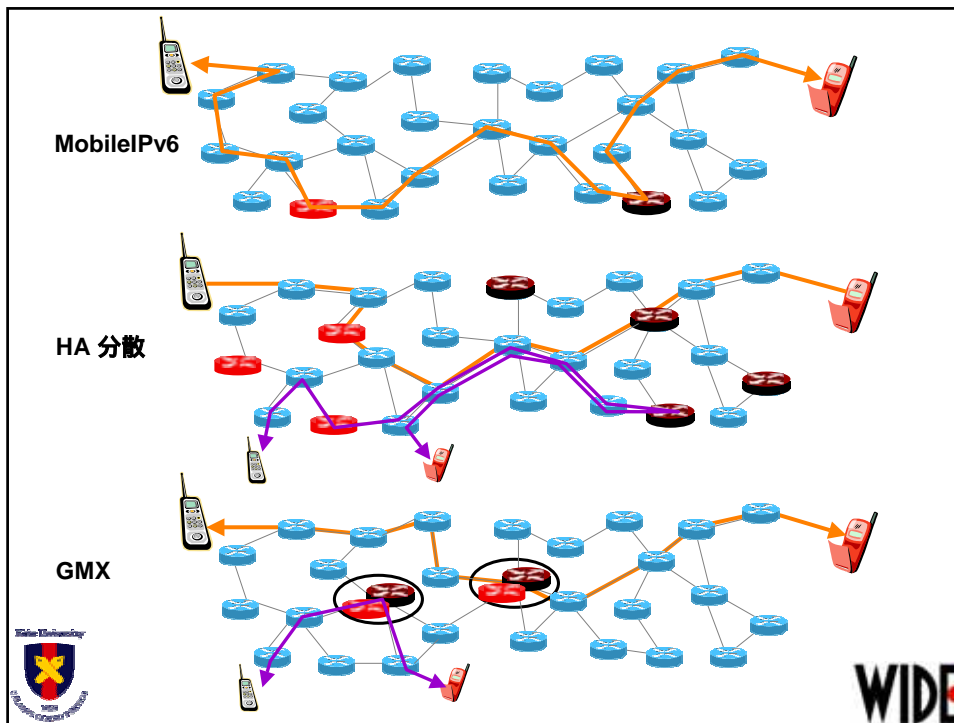
- Mobile IPv6ではMNとCN間での経路最適化をサポート
- 実際は問題が多い
  - プライバシー
    - 移動端末のアドレスが通信相手にばれる
  - 実装コスト
    - 移動端末と通信する全てのエンドノードを更新する必要がある
  - 複雑さ
    - Return Routabilityを用いてのbinding登録には4つのメッセージを交換する必要
  - サーバーのオーバーロード
    - 移動端末がアクセスサーバには膨大なbinding情報が保持



## インターネットから学ぶ二つの手法

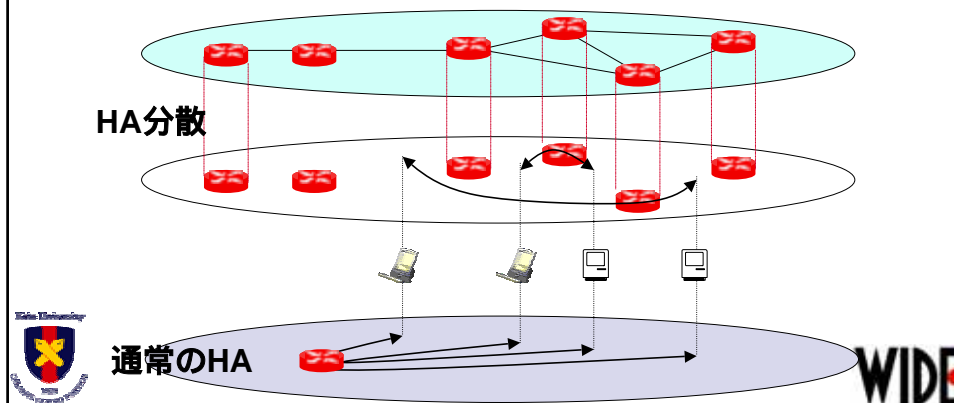
- HA分散: Root-DNSのオペレーション
  - 複数のHAをインターネット上に分散配置(IP anycast技術を利用)
  - 複数のHA間では、サービス提供している端末の状態を常に同期
  - 端末はネットワーク的に最も近隣のHAを利用する
- Global Mobile eXchange Point (GMX): IXPのオペレーション
  - GMXは複数のオペレータのHAを収容するランデブーポイント
  - GMXでオペレータ間で移動端末のトラフィックを交換





## Mobility Planeの切り離し

- 移動体端末は移動することにより、ASというboundaryの意味が薄れる
  - オーバーレイネットワークにより複数のASに足を持った仮想ASの登場？
- インターネット上の移動端末のトラフィックをアンカーポイント(HA)で吸収し Mobility Planeで経路制御
- Mobility Planeは複数存在 (例: キャリア毎、サービス毎)



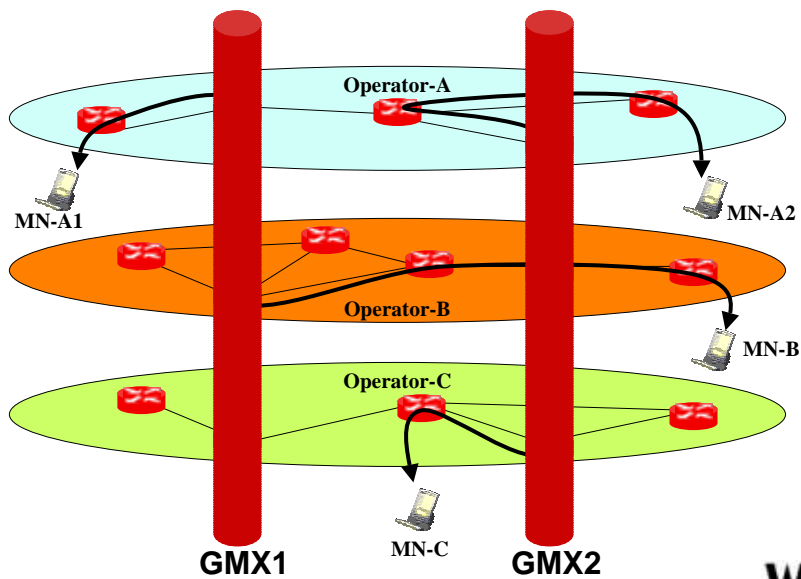
## アドレス再考

- 仮想ASを用いて、Mobility Planeとインターネットを切り離すことによるオペレーションの自由度 / 信頼性
- 移動体サービス用のアドレスブロックの定義 (Mobility Address)
  - アドレスによる移動端末トラフィックの識別
  - 各キャリアはMobility Addressからプレフィックスを受ける
  - 例
    - 2001:beef::/16 for all Mobile Service Providers
    - 2001:beef:0:1::/48 for MSP-1
    - 2001:beef:0:2::/48 for MSP-2
    - 2001:beef:0:n::/48 for MSP-n



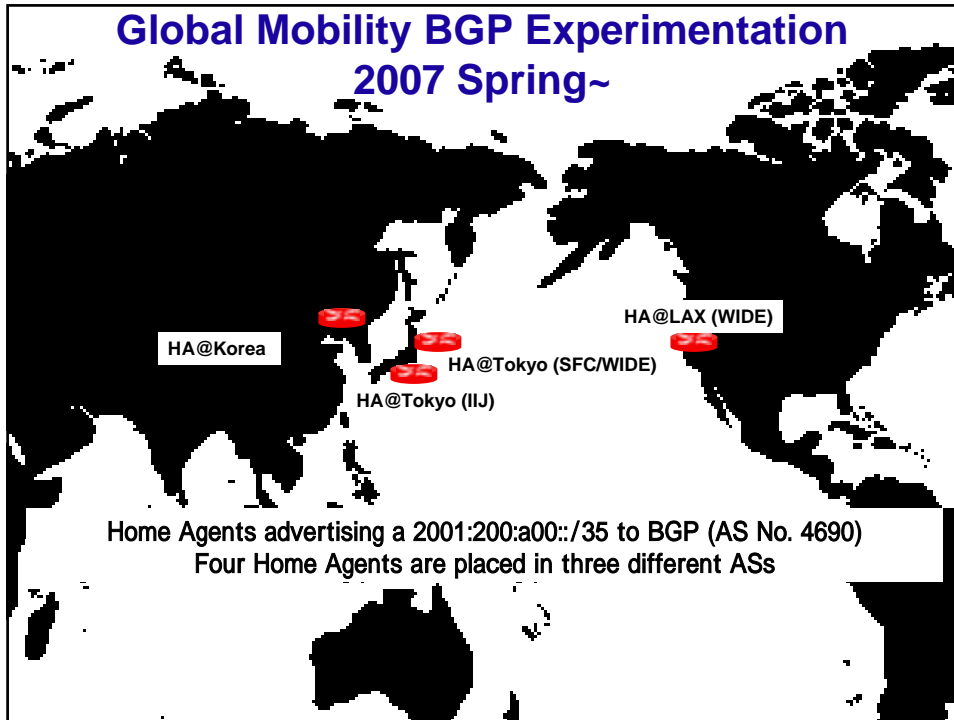
WIDE

## GMXによりMobility Planeを接続



WIDE

## Global Mobility BGP Experimentation 2007 Spring~



## Setup Requirements of Home Agent

- Operational Requirements
  - We operate Home Agents remotely by using ssh, etc.
    - With DRA card, we can also reboot/power on/off/OS installation, etc.
  - If unrecoverable errors are occurred, we need some support from your organization
  - MH packets and ICMP and UDP/TCP (measurement traffic) MUST pass the DMZ or firewall (if any)
- Network Requirements
  - IPv6 NATIVE connectivity
  - One IPv4 address for remote access assigned to a dell remote access (DRA) card
  - Capability of advertising BGP prefix
    - Experimental Prefix is 2001:200:a000::/35 (AS No. 4690)
    - Note that the prefix is advertised by different ASs in the world
- Hardware Requirements
  - 1 space for 1U Dell Server (PowerEdge 850 or 1850).
  - The server will be shipped by WIDE



## References

- Research Papers
  - Ryuji wakikawa, Guillaume Valadon, Jun Murai., "Migrating Home Agents towards Internet-Scale Mobility Deployments", ACM 2nd CoNEXT Conference on Future Networking Technologies, Lisboa, Portugal. 4-7 December 2006
  - Guillaume Valadon, Ryuji wakikawa, Jun Murai., "Extending Home Agent Migration To Mobile IPv6 based Protocols", ASIAN INTERNET ENGINEERING CONFERENCE (AINTEC), Phuket, Thailand, 27-29 November 2007
  - Ryuji Wakikawa, Yasuhiro Ohara, Jun Murai., "Virtual Mobility Control Domain for Enhancements of Mobility Protocols", The 8th IEEE Global Internet Symposium 2005, Miami FL, USA, March 17-18, 2005 , Vol4, 2792 - 2797, ISSN: 0743-166X
- IETF: Local Home Agent Reliability protocol
  - draft-ietf-mip6-hareliability-03.txt (MIP6 WG document)
- IETF: Inter Home Agents (HAHA) protocol
  - draft-wakikawa-mip6-nemo-haha-spec-00.txt(expired)
  - draft-thubert-nemo-global-haha-02.txt(expired)
  - draft-wakikawa-mip6-nemo-haha-02.txt (expired)
- IETF: Optimized Route Cache (ORC) protocol
  - draft-wakikawa-nemo-orc-01.txt(expired)
  - "ORC: Optimized Route Cache Protocol for Network Mobility" 10th International Conference on Telecommunication (ICT), Feb. 2003.



## SHISA: MIP6/NEMO Implementation

- A BSD implementation for Mobility Protocols
  - SHISA is part of KAME project
  - Access source codes at KAME HP
  - 5 implementators
  - Interoperability with various vendors (including Cisco)
    - Connectathon (Sun), ETSI Plugin Test
  - Running on FreeBSD, NetBSD, OpenBSD
- Supported Specifications
  - RFC3775 (MIP6)
  - RFC3963 (NEMO Basic Support)
  - draft-ietf-mip6-mipext-advapi-03.txt
  - draft-wakikawa-mobileip-multiplecoa-04.txt



[www.mobileip.jp](http://www.mobileip.jp)

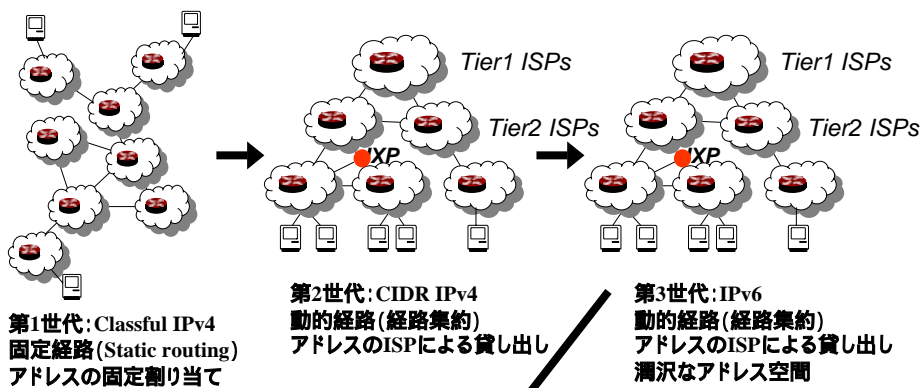




# Unwired World



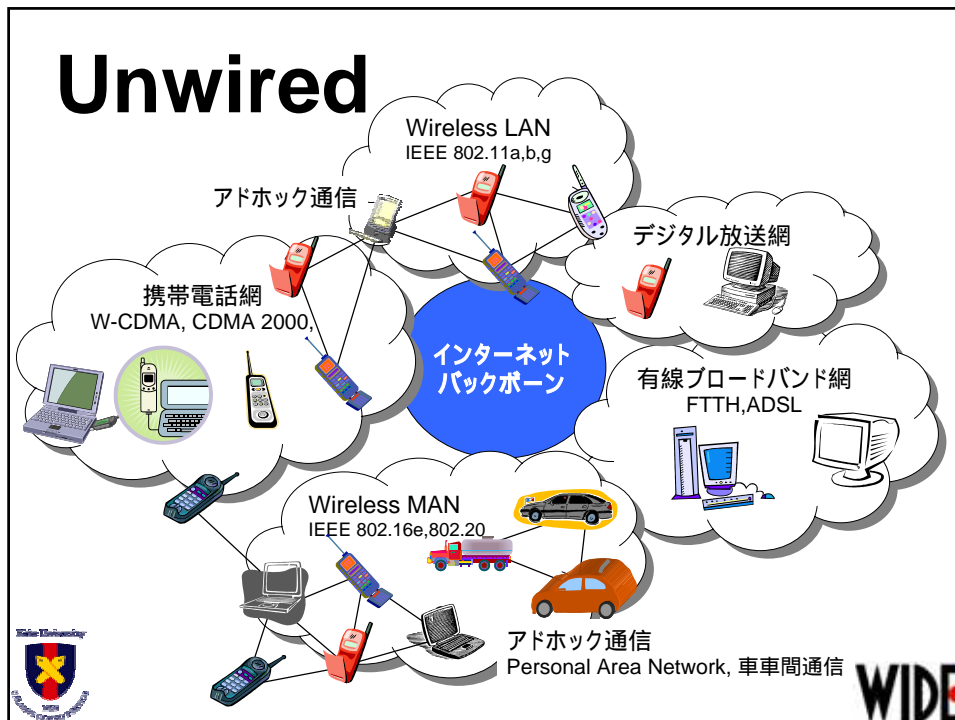
## パラダイムシフト!?



第4世代: IP Mobility



# Unwired



## Internet is ready!

- 幾つもプロポーザルはあるが、基本技術は標準化済
  - Mobile IPv6
    - 2004年6月にRFC3775、発行済
  - NEMO: Network Mobility
    - 2005年1月にRFC3963、発行済
  - Proxy Mobile IPv6
    - WG Last Call
- 基本技術への拡張部分は急速に標準化が進行中
- 開発動向
  - 基本技術をオープンソースで公開
    - KAMEプロジェクトによるBSD実装 (SHISA)
    - USAGIプロジェクトによるLINUX実装
  - 世界中で様々な場所で開発はされている



## インターネットが果たす使命

- 多様なサービス、単一のバックボーン(ネットワーク)
  - バックボーンは共有されるもの
  - バックボーンが整うと、その上のサービスを追加してもextraな料金は発生しない
  - バックボーンの成長はインターネット全体の成長 (相互補完)
    - 10Gを通すバックボーンが必要なとき、不足分1Gを新規事業者で補えばよい
- Internetのアーキテクチャ
  - コストエフェクティブ
  - ネットワークは馬鹿に、エンドを賢く
- Unwiredにおけるバックボーンとしてのインターネット
  - インターネットに無線の足をつけていくとUnwiredになる
  - キャリアの負担は独自インターネットの構築と比べて激減



WIDE

## Open Wireless Broadband Lab.

SFC研究所



WIDE

## Open Wireless Broadband Platform

- 広帯域無線環境における様々なアプリケーションの創出
  - 自由な発想が具現化できる広域・広帯域無線環境
  - 新たな応用の創出
- 広がりを持ったユービキタス環境の実現
  - アプリケーションの拡充
  - 家庭やオフィスから街や都市への広がり
- 地域情報化の面としてのインフラ
  - 地域情報スーパーハイウェイがバックボーンであり、Open Wireless Broadbandが毛細管として情報を隅々まで行き来させる



## 概要

- <http://www.kri.sfc.keio.ac.jp/ja/lab/owbp.html>
- メンバ
  - 村井 純: 常任理事 環境情報学部教授
  - 中村 修: 環境情報学部教授
  - 國領 二郎: 総合政策学部教授 SFC研究所所長
  - 小川 克彦: 環境情報学部教授
  - 小檜山 賢二: 政策・メディア研究科教授 環境情報学部教授
  - 湧川 隆次: 環境情報学部専任講師
  - 重近 範行: 環境情報学部専任講師
  - 三次 仁: 政策・メディア研究科准教授
  - 梅嶋 真樹: 政策・メディア研究科講師



## 慶應のIETF標準化活動

- Home Agent Reliability Protocol
  - draft-ietf-mip6-hareliability (editor)
- IPv4 Support for Proxy Mobile IPv6
  - draft-ietf-netlmm-pmip6-ipv4-support (editor)
- Mobile IPv6 support for dual stack Hosts and Routers (DSMIPv6)
  - draft-ietf-mip6-nemo-v4traversal (design team)
- Network Mobility Basic Support
  - RFC3963 (editor)
- Multiple Care-of Addresses Registration
  - draft-ietf-monami6-multiplecoa (editor)



## 慶應大学の役割

- サービスドリブンでは無いため、技術的貢献や文化的貢献
  - 現状のWiMAXが、キャリアの電波補完やネットワーク補完が想定されているが、無線 + IPというWiMAXはそれ以上のポテンシャルを持つ
- 慶應大学(SFC)
  - インターネット技術
    - IPv6、超低遅延高速ネットワーク(10G, lambda)、IPマルチキャスト技術への貢献
  - 無線移動体通信開発
    - Mobile IPv6, Network Mobility, IP multihomingといったインターネット技術への貢献
  - コミュニティー、文化
    - SOI、SOIアジア、E-care、インターネット自動車、DVTSなどインターネットの新しい利用形態



# Unwritten World



WIDE