

## ユビキタス社会の基盤技術 IPv6 と WiMAX

### 広帯域移動無線アクセスシステムの導入に向けた国内の動き

総務省では、2.5GHz帯の周波数を利用した広帯域移動無線アクセスシステム（以下BWA）の導入に向けて、免許方針案を検討するために、2006年12月5日にBWAカンファレンスが開催された。このカンファレンスでは、総務省からBWAの導入に向けた現状の報告がされると共にBWAの導入を具体的に計画している14の通信事業者、団体による意見陳述が行われた。総務省からは、BWAの利用シーンとして「日常の行動範囲内であればどこであろうと、自宅や職場から持ち出したパソコンをブロードバンド環境でストレス無く使用可能」、「都市部を中心に広域をカバー」、「一般公衆が利用」を示すと共に「ALL IPベースネットワーク」、「帯域はベストエフォート型」、「モビリティの確保」といった現在の携帯電話とインターネットの要素を取り入れたサービス内容が提示された。

また、BWAの割当可能な周波数（2535～2630MHz）の検討対象となる技術方式としてIEEE802.16e-2005、IEEE802.20（MBTDD-

Wideband及びMBTDD-625k MC）、次世代PHSの4方式も提示された。注目すべきは、導入を計画している14団体からサービスイメージや採用予定の方式が示され、殆どの団体が採用予定の方式としてIEEE802.16e-2005（モバイルWiMAX）を支持したことだ。

### モバイルWiMAXの特徴

BWAの導入を計画している団体が、IEEE802.16e-2005（モバイルWiMAX）を支持した主な理由として、「標準化が完了している」、「業界推進団体であるWiMAXフォーラムに多くの企業が参画（434社:2006年12月現在）」、「低コスト」、「中速

程度の移動性」、「IPレベルの常時接続性」等を挙げている。

これらの特徴としては、他の無線アクセス技術に対して、携帯電話における広域の無線通信（Wide Area Network）と無線LAN（Local Area Network）の中間的な位置づけである無線MAN（Metropolitan Area Network）の通信距離を1km～3kmをターゲットとしている（図1参照）ということである。

また伝送速度は、電話による音声通信、映像配信、データ通信におけるトリプルプレイサービスがストレスなく使用でき、（最大約75Mbps：20MHz幅の時）これらの機能に対して、最大速度120km程度の移動時のモビリティが備わっている。

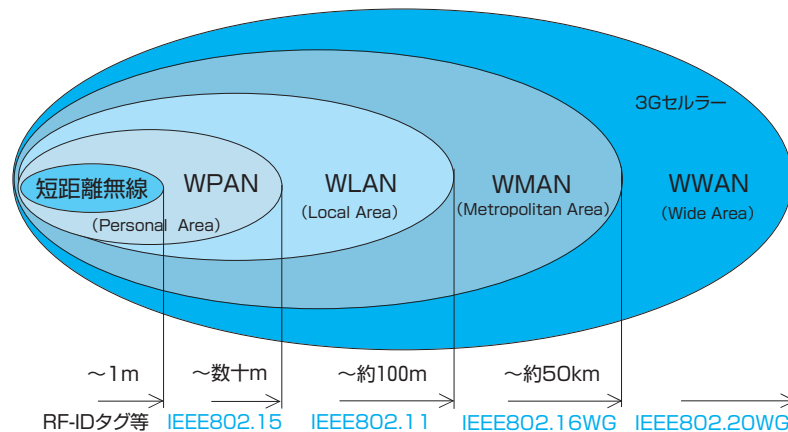


図1 IEEEにおける無線WGの位置づけ

そのうえ、IEEE802.11の無線LANで採用されたOFDMなどの多くの技術をモバイルWiMAXでも採用することで、コストを抑えた開発が期待できる。またIEEE802の標準は、RANDポリシー（Reasonable And Non-Discriminatory）によって公平に公開され、低いロイヤリティで提供されることから、IEEE802.11無線LAN同様にコストダウンが期待できる。

## モバイルWiMAXの標準化

WiMAXの仕様については、モビリティが備わっていない固定無線アクセス（FWA: Fixed Wireless Access）が2004年6月にIEEE802.16-2004標準として策定され、その後モビリティ機能を追加したモバイルWiMAXについて2006年2月にIEEE802.16e-2005標準として策定された。これらの仕様の範囲は、物理層からMAC（メディアアクセス制御）層までであり、上位層のプロトコルについてはMAC層にコンバージェンス副層が用意され、IPを伝送するだけでなく、イーサネット、ATMに対応するためのイン

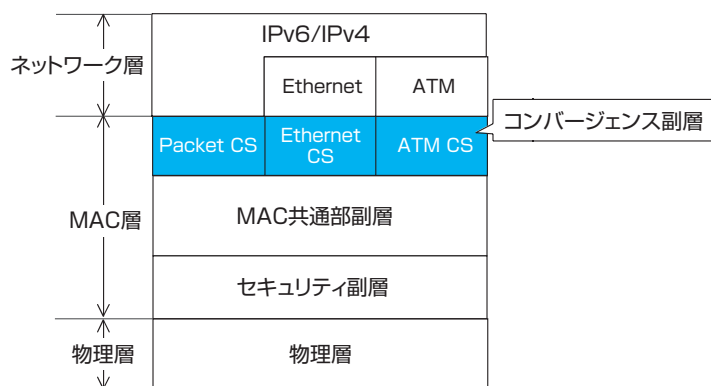


図2 コンバージェンス副層

タフェースを規定している（図2参照）。このMAC層については、PMP（Point-to-Multi-Point）環境でBWAを実現するために最適化された仕様となっている。PMPにより、無線リソースの管理を基地局側で集中制御を行うことが可能となり、複数ユーザーが同時に使用する場合においてもリソース割当の効率が落ちないように設計されている他、音声などのリアルタイム通信を考慮したQoS制御も実現可能となっている。

しかしPMPの影響により、IP伝送に必要なネイティブなマルチキャストパケットを扱うことができず、IPv6の近隣探索機能やIPv4のアドレス解決（ARP）の基本的なIPオペレーションをそのまま適用することができない。そのため、MAC層のコンバージェンス副層においてもIPを伝送するためのカプセル化を規定しているが、マルチキャストパケット問題におけるIPオペレーションの規定がなく、IP伝送の課題が生じている。

これらのレイヤ間の課題を解決するために、IETFでは2005年9月にIPv6 over IEEE802.16 (e) Net works というBoF（事前会合）が発足した。主にモバイルWiMAX上でIPv6を対

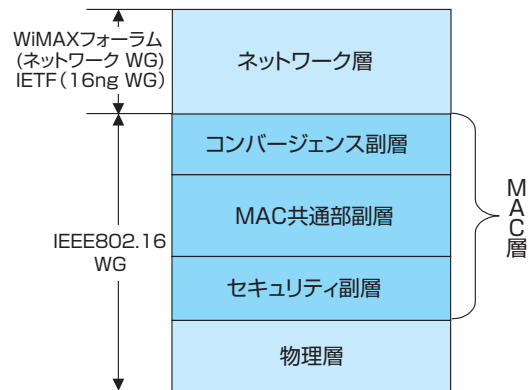


図3 WiMAXの標準化の範囲

象としたIPレベル接続性の維持、移動時の動作について検討が開始された。その後、2006年7月の第66回IETF会合でBoFから「IP over IEEE 802.16 Networks (16ng)」というWG（ワーキンググループ）に昇格し、IPv6だけではなくIPv4、及びイーサネットの伝送まで検討範囲が拡大し、議論が進められている（図3参照）。

注目すべきは、課題の解決に向けた議論が当初からIPv6を対象に進められたことである。IPv6が設計された際に、次世代インターネットのニーズとして取り込んだモバイル対応だけでなく、セキュリティやグローバル特定性といった秩序あるネットワークへの対応といった要素が盛り込まれた。この方向性はWiMAXと完全に一致したものであり、WiMAXとIPv6の組み合わせによる期待を伺える。

## IPv6への対応状況

IETFの16ngワーキンググループでは、モバイルWiMAX上でIPを転

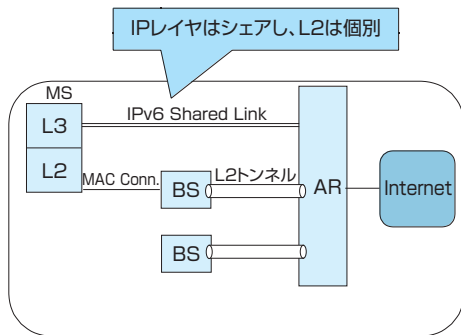


図4 IPv6 Prefix共有型リンクモデル

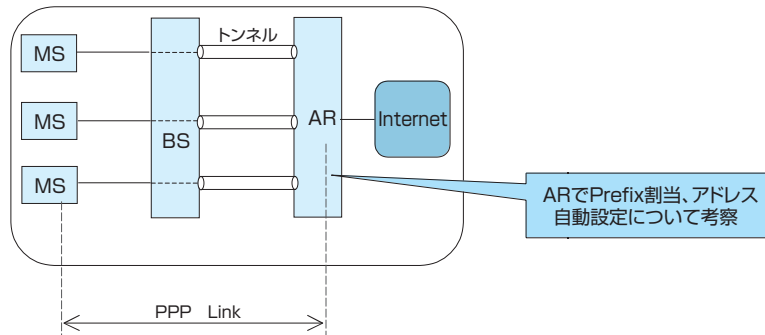


図5 PPP型リンクモデル

送する際の課題の整理を行っている (draft-ietf-16ng-ps-goals-00)。ここでは根本的な理由として「無線基地局を中心としたPMPアーキテクチャ」、「コンバージェンス副層におけるイーサネット機能の制約」、「基地局配下の端末は全て同じサブネットであるが、端末間の通信を行う方法が規定されてない」ということを挙げており、これらはブロードキャスト、マルチキャストが伝送できないことに起因している。このような理由により発生する問題を表1に課題として挙げる。これらの課題に対して、IPv6の近隣探索機能やIPv4のアドレス解決 (ARP) の基本的なIPオペレーションにおける無線リソースの圧迫の回避、及び端末休止状態 (ドーマント) サポートによる電力消費電

力の抑制などの無線リソースを考慮した課題解決の方向性を示している。またこれと平行して、IPv6のアクセス回線の3つの形態 (「IPv6 Prefix共有型リンクモデル (図4参照)」、「PPP型リンクモデル (図5参照)」、「Ethernetライクリンクモデル (図6参照)」) を挙げて、それぞれのアクセス回線形態における課題の分析を実施している (draft-ietf-16ng-ipv6-link-model-analysis-01)。これらの課題の整理、及び分析を踏まえ、課題解決に向けた議論が進められている状況である (draft-ietf-16ng-ipv6-over-ipv6cs-04)。

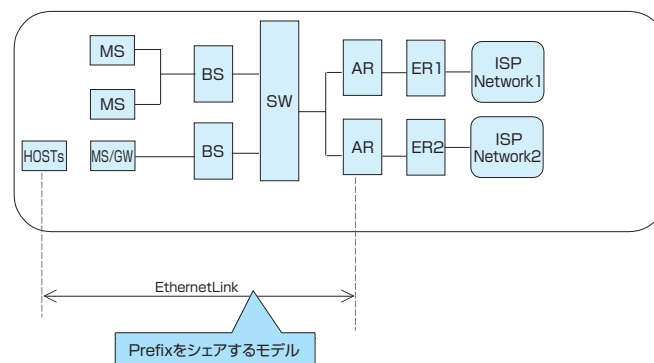


図6 Ethernetライク型リンクモデル

く、WiMAXの特徴を活かし、ADSLやFTTHで提供しているトリプルプレイの無線での提供や、無線LANホットスポットと連携させてサービスを面的にカバーし、さらに固定回線との連携によるFMC等、さまざまなサービスを検討している。また総務省では今後、技術基準 (省令) の策定を行い、2007年夏頃に事業者を決定するスケジュールで進めている。

今後、BWAの実現技術がWiMAXになるか確定してないが、IPv6と共にユビキタス社会の基盤技術として有力であることは間違いないため、IPv6 over WiMAXの早期の標準化完了を期待すると共に、今後の動向に注目したい。

表1 モバイルWiMAXにおけるIPオペレーションの課題

課題	詳細
<ul style="list-style-type: none"> <li>IP CS上のIPv6</li> <li>Ethernet CS上のIPv6</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ルータ探索</li> <li>- Prefix割当</li> <li>- アドレス解決・Neighborキャッシュ</li> <li>- Next Hop</li> <li>- 近隣到達不能検出 (UND)</li> <li>- アドレス自動生成</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>IP CS上のIPv4</li> <li>Ethernet CS上のIPv4</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- DHCPv4のIPアドレス管理、割当</li> <li>- ARP解決、ARPキャッシュ</li> </ul>

## まとめ

BWAの導入を計画している通信事業者では、ラストワンマイルの代替手段だけではな