

# ブロードバンド，ユビキタス展開に向けたワイヤレスアクセス技術の動向

まなべ としひろ  
眞部 利裕

NTTアクセスサービスシステム研究所 プロジェクトマネージャ



多様なニーズにこたえる柔軟なアクセスネットワークを構築するうえでは、光と無線の共存および融合が欠かせません。ワイヤレスアクセスプロジェクトが検討を進めている新たな無線システムの技術、無線のコア技術である電波伝搬と周波数の有効利用、2010年より開始したエコへの取り組みなどについて紹介します。

## ワイヤレスシステムの概要

### ■ワイヤレス技術研究開発の全体像

NTTでは、目的やカバーするエリアに応じた多様なワイヤレスアクセスのサービスを展開しています。衛星通信ではその広域性を生かし、被災地における回線復旧などに有効な小型衛星通信地球局、光ファイバを引くことが不可能な海上での通信などに有効なモバイルマルチキャスト衛星通信システムなどの技術を展開しています。ルーラルエリアでは、光ファイバが布設できる地点までは光、それより先は無線で伝送を行うFWA（Fixed Wireless Access）サービスの提供をすでに開始していますが、さらにQoS（Quality of Service）を確保し、0AB-J規格の電話や映像も提供できるトリプルプレイ対応FWAの開発に取り組んでいます。

一方、都心部では空港、駅、カフェなど公共の特定のエリアで高速な無線LANサービスを提供できるNWA（Nomadic Wireless Access）・コ

グニティブシステムを展開しています。コストを抑えつつサービス提供エリアを拡大することがFWA、NWAに共通する課題の1つでしたが、これについては、無線中継を利用してエリアを広げていくマルチホップ技術により解決しています。マルチホップ技術を適用することで、これまでスポットであった無線LANエリアを容易に面的展開することが可能になりました。

また、無線LANを搭載した端末を、限定されたエリアのみではなくより広いエリアで利用可能にするための技術として、PWR（Personal Wireless Router）があります。PWRは持ち運び可能な無線LANルータで、外出先でも宅内でも、シームレスな無線LAN端末の利用を可能にします。さらに、車、移動体、ベンディングマシンなど点在するさまざまな機械、設備の情報を収集するユビキタスシステム（広域センサネットワークシステム）の開発も行っています。

ワイヤレスアクセスプロジェクトでは、これらの無線伝送技術に加え、そ

の基盤的技術の研究開発も行っています。

### ■ワイヤレス技術の方向性

ワイヤレスの技術開発においては、従来、主に高速化に焦点が当てられてきました。IEEE802.11で標準化された無線LANは、エリアは狭いものの、初期には1 Mbit/s程度だった伝送速度が、現在では100 Mbit/sを超え、1 Gbit/sを超える無線LANの検討も進んでいます。モバイルでも、より広いサービスエリアで、3GセルラからLTE（Long Term Evolution）へと高速化を追求してきました。また、FWAは10 Mbit/s前後の伝送速度で、P-P（Point to Point）では数km、P-MP（Point to Multi Point）では数百m規模のサービスを提供できるまでになっています。

一方で、近年は高速化の追求と別に新たな方向性として、広域化を重視した広域ユビキタスシステムの検討を進めています。無線タグを發展させ、距離を延ばしてセンサネットワークを構築できないかという発想から生まれ

たのが広域ユビキタスシステムで、数kbit/sとかなりの低速ではあるものの、数km規模のエリアをカバーできるのが特徴です(図1)。

### ブロードバンド, ユビキタス展開に向けた取り組み

#### ■衛星通信システム

現在NTTが提供中の衛星通信サービスを次に示します。

- ・インフラ衛星通信(災害対策) : 被災地でのライフライン開通(NTT東日本・西日本)
- ・インフラ衛星通信(離島) : ユニバーサルサービス(NTT東日本・西日本)
- ・海洋ブロードバンドシステム: 移動体へのブロードバンド提供(NTTコミュニケーションズ)
- ・ワイドスター, ワイドスターII : 衛星携帯電話(NTTドコモ)

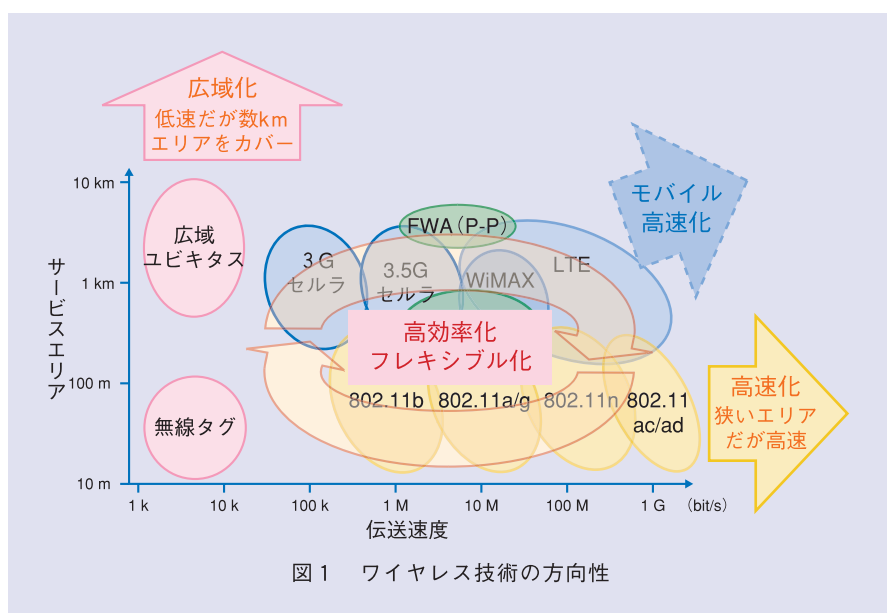
いずれのサービスも小型・経済化, モビリティ向上, 広帯域・大容量化, セキュリティ向上, 超低速・広域化といった需要が高く, さらなる機能向上が求められています。こうしたニーズにこたえるべく, 既存サービスの拡張, サービス更改への展開, 新サービスの展開を検討しています。

#### (1) 小型衛星通信地球局

拠点に地球局さえ設営できれば衛星を介して他の地球局と接続してライフラインを確保できるのが衛星通信の利点ですが, 従来の地球局の設備の多くは導入から14~16年が経過し老朽化が進んでいるうえ, 大きく, 重量もあ

り運搬が容易ではありません。さらに衛星のある方向にアンテナを向ける作業(手動衛星捕捉)があるため, 無線のスキルを持つ作業者が必要でした。開発したシステムでは大幅な小型化・

軽量化を実現, 可搬型には自動衛星捕捉機能, 移動型には自動衛星捕捉機能および自動衛星追尾機能を搭載し, 操作性を向上させました(図2)。また, 無線領域においても技術者の



枯渇の問題は例外ではなく、無線従事者の資格を持つ作業員は減少傾向にあります。対策として、電波送出自動試験ツールを開発しています。遠隔からの送出試験を可能とすることで、無資格者でも地球局の設営ができるようになり、かつ設営時間を60分から10分へと大幅に短縮できます。

(2) マルチドメイン信号処理

極めて限られている衛星中継器の周波数帯域内で異なる帯域幅を持つチャネルの設定・解放を繰り返すうち、帯域に歯抜け状の部分が生じ、まとまった帯域が確保できなくなるという状況が発生します。これら歯抜けになった帯域を有効に活用するため、変調信号のスペクトラムを分解、サブスペクトラム化し、故意に一部を除去ないし重畳することで、所要帯域を削減します。さらに垂直偏波と水平偏波の偏波軸を共用して使用することで、サブスペクトラムを自由に分散配置することが可能になります。

周波数の利用効率を高めるのがこの技術の目的ですが、セキュリティ向上という副次的効果ももたらします。変調信号のスペクトラムを細かく分解して伝送するため、帯域の一部分を見られたとしても信号を正しく復調することができないためです。

このマルチドメイン技術によって、1つの衛星中継器を災害対策用インフラ、離島用インフラ、海洋ブロードバンドなどで共用することができ、同時に広帯域・大容量化、小型・経済化、セキュリティ向上も実現できます。

■FWAシステム

現行のWIPAS (Wireless IP Access System) をベースに、0AB-J対応を含むQoS制御機能、多チャネル映像配信機能を搭載したトリプルプレイ対応FWAシステムを開発しています。

P-P方式 (1対1) では伝送距離1.3 km程度、伝送容量180 Mbit/s程度 (上り下り合計) の通信環境を提供します。P-MP方式 (1対n) ではマルチキャスト機能を追加、インターネット、VoIP、映像の同時提供が可能となります。

■NWA・コグニティブシステム

無線LAN導入初期にはせいぜいノートPCとPDA程度であったWi-Fi搭載端末ですが、現在ではビジネス指向からパーソナル指向まで、また屋内使用から屋外使用まで、多岐な用途の製品にWi-Fiが搭載されています。しか

し無線LANを使用できる場所は自宅、駅や列車内、オフィス、カフェなど一部の場所に限られ、3Gを搭載していない端末については、これら以外の場所ではネットワークに接続することができません。

ネットワークへの常時接続を可能にするキーデバイスとして、NTTブロードバンドプラットフォーム社がPWRの開発に取り組んでいます。PWRは多様なWi-Fiデバイスを無線LANで収容し、ネットワーク側に無線LAN、HSPA (High Speed Packet Access)、イーサネットを擁し、使用する場所に依じて最適なブロードバンドを自動的に選択・接続します (図3)。

一見、ネットワーク側に無線LANは不要と思われるかもしれませんが、しかし例えば3G搭載端末であっても、公衆無線LANスポットにおいては3Gよ

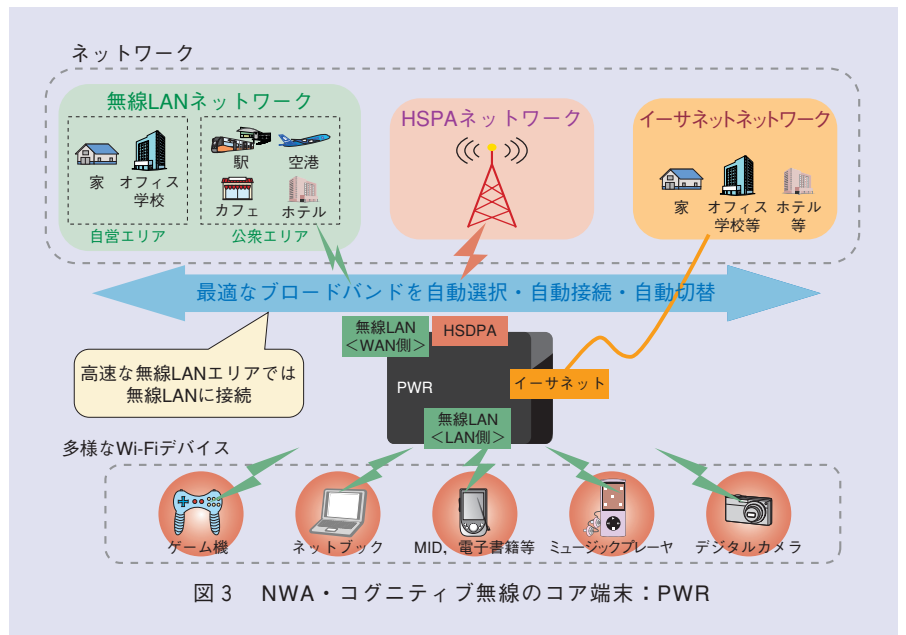


図3 NWA・コグニティブ無線のコア端末：PWR

りも無線LANで接続したほうが高速なサービスを利用できますから、選択肢として無線LANがあることが望ましいというわけです。

PWRのもう1つの利点として、認証代行機能があります。公衆無線LANサービスでは認証手続きが必要で、認証機能を持っていない端末は使用することができません。持っていたとしても、IDやパスワードのわずらわしい入力操作が伴います。PWRに接続しておけばこの手間が省け、認証機能の有無を問わずいつでもどこでも端末を使用することができます。

#### ■広域ユビキタスシステム

高速化・大容量化が主流のネットワーク技術において広域ユビキタスシステムは、小容量ながら広域をカバーすることに焦点を当てた個性的なワイヤレスシステムで、次のような特徴を持っています。

- ・ UHF/VHF帯を用いて半径数km程度の無線エリアを構成する
  - ・ 多様なセンサ・アクチュエータとIP端末間で情報の送受を行う
  - ・ 低情報量（数100～数kB/端末/月程度）かつ低料金（100円/月程度）
  - ・ 極めて多数の端末（人口の10～100倍）を収容できる
  - ・ 超小型で長寿命の端末（電池交換頻度は5～10年に1回）
  - ・ 既存インターネットや無線タグでは実現できない高セキュリティ
- 操作性、汎用性、耐久性、経済性に優れたユビキタス端末を人や移動体、

計測器や情報機器に取付け、そこから吸い上げられる情報をネットワークに集約しコントロールします。

具体的な用途例として、「ガスや電気メータの検針」「ベンディングマシン等の在庫管理」「位置確認」「交通量把握」「経路選択」「CO<sub>2</sub>排出量測定」「緑地化度測定」などが考えられています。

NTTでは、2008年からの3カ年計画で、都内のユビキタス特区指定エリア内において、ガス事業者とともにネットワークの接続性の検証（テレメトリと安全）、通信事業者とともに移動端末のモビリティや精度の検証（モビリティと電波到達度）を行う実証実験を実施しています。

マスター基地局（墨田区京島）とリモート基地局（墨田区京島、葛飾区金町、江戸川区中央）、ネットワーク管理装置（武蔵野研究開発センタ）とで構成された広域センサネットワークと、ユーザ（共同実験者であるガス事業者および通信事業者）側のアプリケーションサーバとを光ネットワークで接続し、名刺箱大の無線端末からの送信パケットを受信します。この端末の電力は微弱であり、リモート基地局を3基設置することにより、通信品質を確保しています（サイトダイバシティ方式）。

#### ■電波伝搬技術

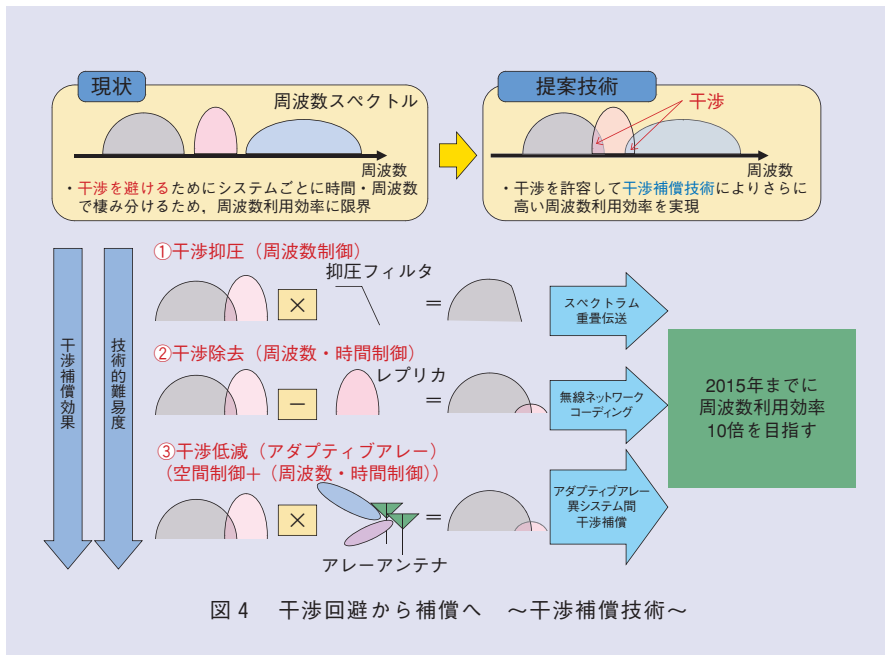
装置設計および無線回線設計の面からも、さらにはコアコンピタンス確立の観点からも、電波伝搬は非常に重要な研究対象です。伝送速度が向上す

るに従い、解決すべき課題も変化しています。第1～2世代セルラ（1990年代）では受信レベルの特性が検討の中心でしたが、無線LANや第3世代セルラが主流となった2000年ごろには、受信レベルに加えて到来する電波の時間的な広がり特性（電波が反射・散乱されて到達時間に差が生じる特性）の解析に焦点が当てられました。現在検討を進めているMIMO（Multiple-Input Multiple-Output）技術を適用したシステム（次世代無線LAN等）は複数のアンテナを使って送受信することで、空間的に一方向のみでなく多方向から電波が到来する複雑な電波伝搬状況を利用して高速化・高信頼化を実現するシステムです。これにより、従来の受信レベル、到来する電波の時間的な広がりに加え、空間的な広がり特性も含めた電波伝搬特性の解析・モデル化が必要になっています。

同時に使用する周波数帯も広がりつつあり、さらに広い周波数を検討していく必要があります。またBWA（Broadband Wireless Access）では降雨による電波の減衰、散乱を受けやすいミリ波帯の電波を使用する場合もあることから、降雨減衰についても考慮しなければなりません。

#### ■周波数利用効率向上技術

周波数資源には限りがあり、周波数の有効活用は無線の永遠の課題といえます。中でも、移動通信に適した6GHz以下の帯域の混雑は深刻で、複数システム間で周波数を共用して利用効率を上げる以外に手段はありません。



その手段として従来は、周囲環境を検知して干渉が生じないように回避する方法（回避干渉技術）が取られてきました。CSMA/CA（Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance）やコグニティブ無線ではこの回避型が採用されています。しかし回避型では干渉を避けるためにシステムごとに時間・周波数で棲み分けなければならず、利用効率向上には限界があります。

現在検討を進めているのは、干渉を許容して共用を図り、発生した干渉を除去する技術（干渉補償型周波数共用システム）で、干渉に対して積極的にアプローチする方法といえます。干渉の補償には複数の方法があります（図4）。

- ・干渉抑圧：抑圧フィルタで干渉を切除する方法。もともとの帯域も切ってしまうので、若干の固定

劣化が出るのが難点。

- ・干渉除去：干渉波のレプリカを生成し、干渉を除去する。
- ・干渉低減：アレーアンテナを設置し、干渉が来ている方向からは受信しないよう制御する。

抑圧、除去、低減の順で技術的難易度は高くなりますが、干渉補償の効果も高くなります。これらの技術を応用して、2015年までに周波数利用率を現在の10倍にすることを目標にしています。

#### ■グリーンワイヤレス

無線システムにおいても消費電力削減、CO<sub>2</sub>排出量削減を実現する取り組みを進めています。その1つが仮想的基地局（クラウドアクセスポイント）の技術です。光ファイバで接続された多数の無線LANアクセスポイントを連携させ、仮想的基地局を構築すること

で、システムレベルでの低消費電力化を目指します。

また、無線システムの場合、情報の伝送路は無線ですが、有線による電源の供給が必要です。難しいといわれていた電源の自立化について、2種類の技術を検討しています。

- ・無線による給電：無線装置に対して、離れた場所から電波を使って送電することで、電源線を不要とし、設置場所の自由度を高める。
- ・環境発電：放送波など空間を飛び交っている電波を集めて電力に変換し、無線装置の電源として使用する。あるいは、太陽光など自然エネルギーを使って発電する。

#### まとめ

配線に拘束されない無線システムは移動性、柔軟性、拡張性に優れ、アクセスサービスの多様な展開の実現に欠かせません。シームレスなネットワーク環境を構築するうえで無線技術の開発は、光アクセス技術と並んで大きな役割と意義を持つものといえます。

#### ◆問い合わせ先

NTTアクセスサービスシステム研究所  
ワイヤレスアクセスプロジェクト  
TEL 046-859-4100  
FAX 046-855-1752  
E-mail manabe.toshihiro@lab.ntt.co.jp