

3. 無線 LAN とモバイル IP

1

新世代モバイルネットワークへの展開

Towards Realizing New Generation Mobile Network

森川 博之^{*1} 井上 真杉^{*2} 長谷川 幹雄^{*3} 領木 信雄^{*4}

^{*1, 2, 3, 4} 情報通信研究機構新世代モバイル研究開発プロジェクト

^{*1} 東京大学大学院新領域創成科学研究科

^{*1} mori@mlab.t.u-tokyo.ac.jp ^{*2} inoue@nict.go.jp

^{*3} miki@nict.go.jp ^{*4} nobuo@nict.go.jp

新世代モバイルネットワークは、通信速度の向上などといった量的改善のみならず、モバイル利用環境の高度化といった質的改善を図ることが鍵となる。多様な無線リンクやデバイスが遍在する環境下において、ユーザに対して快適なサービスを提供するモバイル情報基盤を構築しなければならない。本稿では、新世代モバイルネットワーク実現に向けての展開シナリオとして、「どこでも無線LAN」、「シームレス無線ネットワーク」、「サービス/デバイス連携」、「実空間との融合」の4つのステップを示し、それぞれの技術課題を示す。あわせて、情報通信研究機構で進めているいくつかのアプローチを紹介する。

新世代モバイルとは

モバイルネットワークの進化という点、これまでは通信速度の向上という点が主に注目されてきた。第1世代から第2世代、さらには第3世代移動通信システムへの進化はまさに量的改善を目指してきたものである。しかし、新世代モバイルネットワークでは、単に速度の向上などといった量的改善にとどまらず、携帯電話や無線LANを始めとするさまざまな無線システムがいわば適材適所に整備され、IPを中心とするネットワークを介して相互に接続されることで、多種多様なサービスを実現するといった質的改善を図ることが鍵となる。

また、無数の超小型コンピュータやセンサがネットワークに接続されるようになると、「実空間との融合」を実現できる。現在のネットワーク上のサービスが仮想空間上のサービスに閉じているのに対し、新世代モバイルネットワークにおいて実空間との融合を図ることができれば、今だけ、ここだけ、あなただけ、などといった時間/位置/ユーザによるカスタマイズが可能な状況依存型モバイルサービスを実現できる。実空間と仮想空間とが相互接続されることで新たな世界が創出されよう。すなわち、新世代モバイルネットワークでは、モバイル利用環境の高度化といった視点が重要になり、新たなモバイルサービスのあり方に思いを巡らせなければならない。もちろん、将来を予測することは非常に困難であるものの、モバイルネットワークがより使いやすく、より効率的に、より楽しいものとなることは確実である。電

池や電気モータのように老若男女誰もが容易に安心して使えるモバイル情報基盤の実現こそが、新世代モバイルネットワークの目的となる。

情報通信研究機構(当時は通信総合研究所)では、このような新世代モバイルネットワークの基盤技術を確立すべく、2002年に新世代モバイル研究開発プロジェクトを発足させた。筆者らの所属するモバイルネットワークグループでは、ユーザがモバイルネットワーク上の資源に自在にアクセスでき、かつ快適なサービスを楽しむための情報基盤を構築すべく研究開発を進めている。

ロードマップ

新世代のモバイルネットワークの実現に向けて、筆者らはモバイルネットワークが以下の4つのステップで展開してゆくと考えている。「どこでも無線LAN」、「シームレス無線ネットワーク」、「サービス/デバイス連携」、「実空間との融合」の4つである。

■ どこでも無線LAN

最初のステップでは、無線LANの基地局が遍在することにより広い利用エリアを実現し、IP対応携帯端末を使ってインターネットに接続できるようになる。ここでは、携帯端末を使用しながらの移動に伴う基地局の切り替えが瞬時に行われ、VoIPやテレビ電話などのリアルタイムアプリケーションが実現される。

これを実現するには、まずはモバイルインターネッ

トアーキテクチャの設計が求められる。移動性、劣悪な無線リンク、携帯端末の制約などの点を考慮しながら、ネットワークの透過性を実現しつつアプリケーションの自律性を確保できるアーキテクチャに思いを巡らせなければならない。あわせて、高速(水平)ハンドオフ、ローミングサポート、異種サービス事業者間での垂直統合、自律分散型周波数割り当てなどの技術も解決すべき課題となる。

■ シームレス無線ネットワーク

このステップでは、携帯電話網や無線LANといった複数の種類の無線ネットワークが併存し、端末も複数の無線ネットワークインタフェースを保持する。ユーザは状況にあわせて適宜最適なネットワークを選択しシームレスに利用できるようになる。

たとえば、普段は携帯電話網を利用して通信するが、無線LAN/Bluetooth/Zigbeeの利用可能エリアに入ると自動的にそちらを選択することで、ユーザにとって通信速度の改善、利用料の低減、周波数利用効率の向上を図る。また、ネットワークが混雑して接続しづらいうちに、トラフィックを別の無線インタフェースに振り分けるといったことも可能となる。

実現に向けては、高速垂直ハンドオーバー、低消費電力実現機構、プレゼンスサービス、ソフトウェア無線などを考えなければならない。

■ サービス/デバイス連携

このステップでは、ユーザの周囲に携帯端末・PC・家電など種々のデバイスが遍在するようになる。これらのデバイスをPAN(Personal Area Network)を介して連携させることで、新たなサービスが創出できる。

たとえば、携帯端末で音声通話をしながら移動してオフィスに戻ってきたとき、目の前にあるデスクトップPCでテレビ電話のアプリケーションを起動し、携帯端末の音声通話をテレビ電話にハンドオーバーする、といったサービスモビリティが可能になる。

さらに、携帯電話を、表示機能、テンキー入力機能、音声入出力機能、無線通信機能、CPU機能、メモリ機能などの機能の集合体として捉え、これらの機能を外部デバイスと適宜組み合わせることで、携帯電話のボタンでテレビを制御したり、テレビの画面を携帯電話の画面に転送したりすることも可能となる。

身の回りに遍在するデバイスや機能をユーザ要求に応じて適宜連携させ、多種多様な創造的サービスを創出するのが「サービス/デバイス連携」である。高速サービス/デバイス発見機構、デバイス/サービス記述、コンテキスト管理、セキュリティ、プライバシー保護などの

技術開発が必須となる。

■ 実空間との融合

将来のモバイルネットワーク環境では、タグ、センサ、ロボット、ウェアラブル機器、家電など、ユーザのコンテキスト(時間・場所・個人)に強く依存する大量のノードがネットワーク接続される。それらを用いることで、アプリケーションが実空間情報を適宜取得し、それを使いこなすことが可能になる。実空間と仮想空間とが相互接続されることで新たな世界が創出されることが期待される。

実空間との融合を図ることができれば、今だけ、ここだけ、あなただけ、などといった時間/位置/ユーザによるカスタマイズが可能となり、状況依存型サービスが実現できる。たとえば、「最寄りの」プリンタを自動発見しての印刷サービスや、室内に設置された床センサや携帯端末に内蔵された加速度センサから得られる情報を用いてユーザがいま何をしているのかを推定し、それに応じて情報を配信するサービスなどが可能となる。これらを実現するには、状況取得/記述/管理ミドルウェアやセンサネットワークなどといったチャレンジングな課題を解決しなければならない。

アプローチ

「どこでも無線LAN」、「シームレス無線ネットワーク」、「サービス/デバイス連携」、「実空間との融合」といった4つのステップを明確にすべく研究開発を進めている。新世代モバイルネットワーク設計に関する指針ならびに実現に向けて顕在化する課題を明確にするとともに、新世代モバイルネットワークの利用技術やサービスのあり方を示唆することを目的としている。

■ メトロポリタンエリア指向モバイルネットワークアーキテクチャ

1つ目のステップの「どこでも無線LAN」を実現するための技術である。Mobile IPを適用したネットワークを構築する際、従来から提案されている階層型アーキテクチャでは、ネットワークの規模が拡大するにつれて位置情報の管理による負荷が階層の上位ノードに大きいかかってしまうというスケーラビリティの確保に関する問題を抱えている。このような観点から、フラットなリング型ネットワークを用いて位置情報の管理を分散させることでスケーラビリティを確保するモバイルネットワークアーキテクチャと高速ハンドオーバー手法の設計と実装を進めている¹⁾(図-1)。都市部での利用者を想定したメトロポリタンエリア指向大規模モバイルネットワー

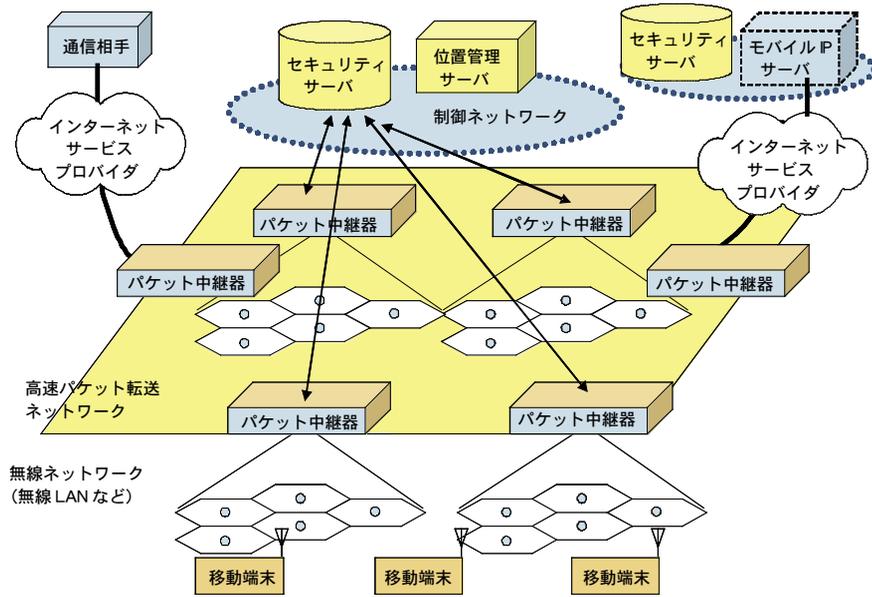


図-1 メトロポリタンエリア指向モバイルネットワークアーキテクチャ

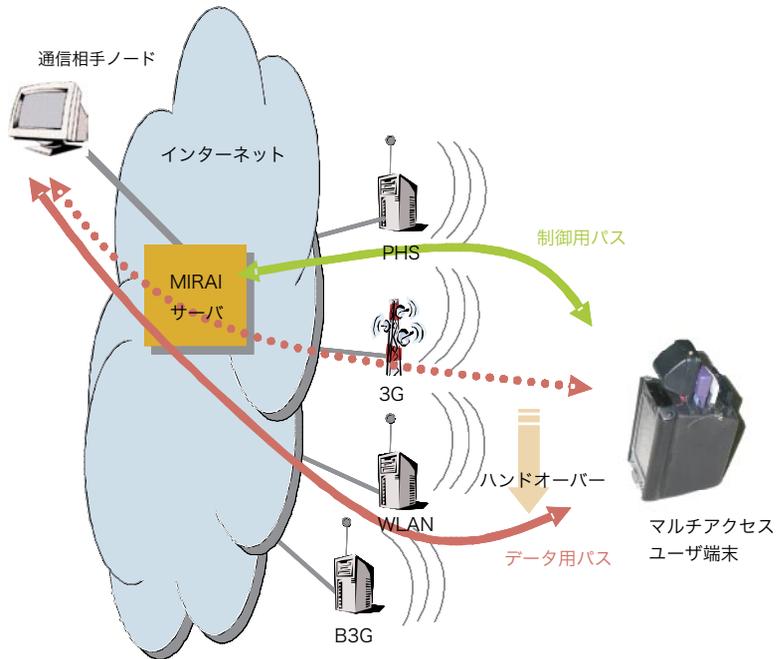


図-2 MIRAIアーキテクチャ

クの構築に向けて、現在、試作システムを用いての評価実験を行っている。

■ MIRAI

2つ目のステップである「シームレス無線ネットワーク」を実現する技術である。これに向けて、MIRAI (Multimedia Integrated network by Radio Access Innovation) の設計と実装を行っている²⁾。MIRAIの特徴はユーザデータを伝達するパスと、発信や着信・位置情報・認証情報などの制御情報を伝達するパスと

を、それぞれ制御用パスとデータ用パスとして論理的にだけでなく物理的にも分離できるようにし、それらを別々の無線ネットワーク上に設定できるという点にある(図-2)。独立した制御チャネルを用いてネットワーク上のMIRAIサーバとユーザの端末との間で制御情報を交換することにより、シームレスなサービスに必要な発信、位置通知、認証、無線アクセスネットワークの発見・選択・切り替えなどを可能にしている。

また、消費電力量に応じた無線アクセスネットワークの切り替えを目指し、ネットワークインタフェースの違

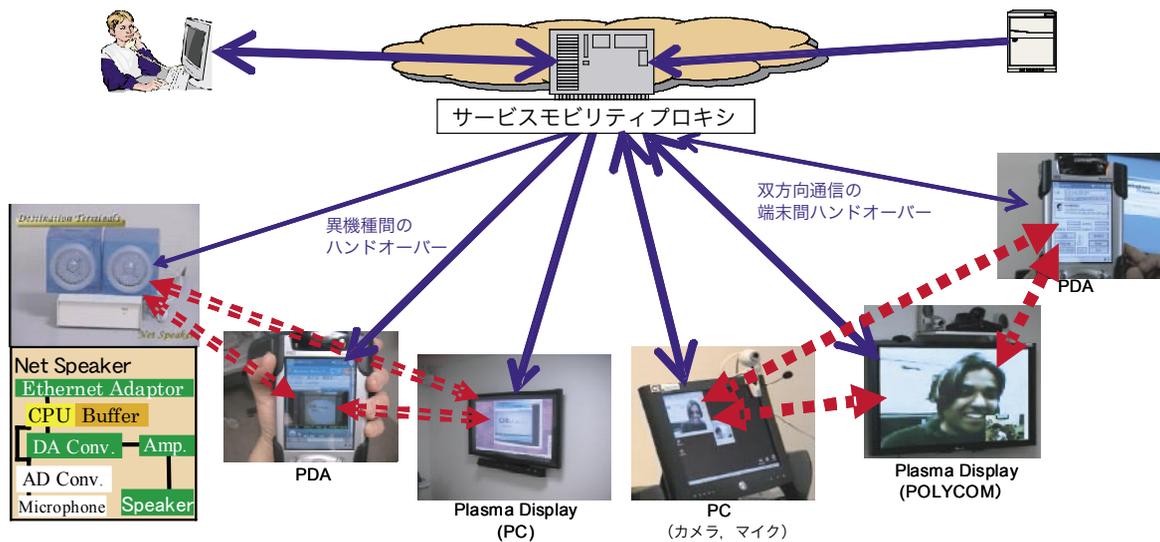


図-3 サービスモビリティプロキシ

いによる電力消費量の差異を明らかにしながら電力消費量を推定する機構についても検討を進めている³⁾。

■ サービスモビリティ

3つ目のステップの「サービス／デバイス連携」を支える技術として、サービスモビリティプロキシを用いた異種端末間ハンドオーバー方式の設計と実装を行っている⁴⁾。ネットワーク上のサーバや既存通信相手端末へ手を加えることなく、多様な端末間でのハンドオーバーを可能とし、多くの種類の通信アプリケーションをサポートできる方式を開発している。また、多数の端末が遍在する環境におけるサービスモビリティを具現化するために、小型、安価、単機能なネットワーク接続型端末であるネットスピーカ(図-3左)を開発している。ネットスピーカ端末は、主にDA変換機、アンプ、バッファなどで構成される簡易なもので、サービスモビリティプロキシから転送する音声の生データ(WAV)をDA変換して出力する。44.1kHzサンプリングの音声にまで対応しており、高音質を実現している⁵⁾。

実装したサービスモビリティプロトタイプシステムでは、図-3に示すように、PC間のみではなく、PDA、ネットスピーカ、POLYCOMテレビ会議システムなどとの間での異種端末間ハンドオーバーが実現されている。音声のみの通話から大型モニタを用いたテレビ会議システムに通話を中断することなく転送するといった、性能が異なる端末間での切り替えも可能である。

■ コンテキスト適応型モバイルサービス

4つ目のステップの「実空間との融合」を支える技術にあたる。ユーザのコンテキスト情報を取り扱えるネッ

トワーク環境の実現を目指し、各種センサやサービス／デバイス発見システムなどを設置したテストベッド環境を構築するとともに、コンテキスト適応型モバイルサービスミドルウェア、コンテキスト推定機構、高速サービス／デバイス発見機構などの開発を進めている(図-4)。

YRP1番館2階と3階の各所に、天井や壁に設置したアクティブRFIDタグリーダ、床に設置した荷重センサ、Bluetoothを用いた屋内測位システム⁶⁾を配置し、ユーザの位置を多様な手段でもって獲得できる実験環境を構築している。また、ネットスピーカ、テレビ会議システム、ディスプレイ、ライトなどといった多様なデバイスをネットワークで接続している。

また、ユーザの位置や状況に応じたサービス切り替えやマンナビゲーションなどといったアプリケーションプロトタイプを、コンテキスト適応型サービスミドルウェア上に実装している⁷⁾。

さらに、多数のサービス／デバイスを即座にかつ低消費電力で発見できる無線通信モジュールとして図-4(右上)に示すU¹チップ⁸⁾を開発しており、多様なデバイスが遍在するユビキタス環境下でのシームレスな端末間連携を可能としている。

新世代モバイルへの展開

「ワイヤレス＝携帯電話」と呼んでも過言ではないくらい携帯電話の普及には目を見張るものがある。今後はさまざまなモノに無線インタフェースが貼り付けられ、すべてのモノがネットワーク接続されることになろう。このようなIP over Everything時代に、ワイヤレスの有する意義が今まで以上に高くなることは想像に難くない。

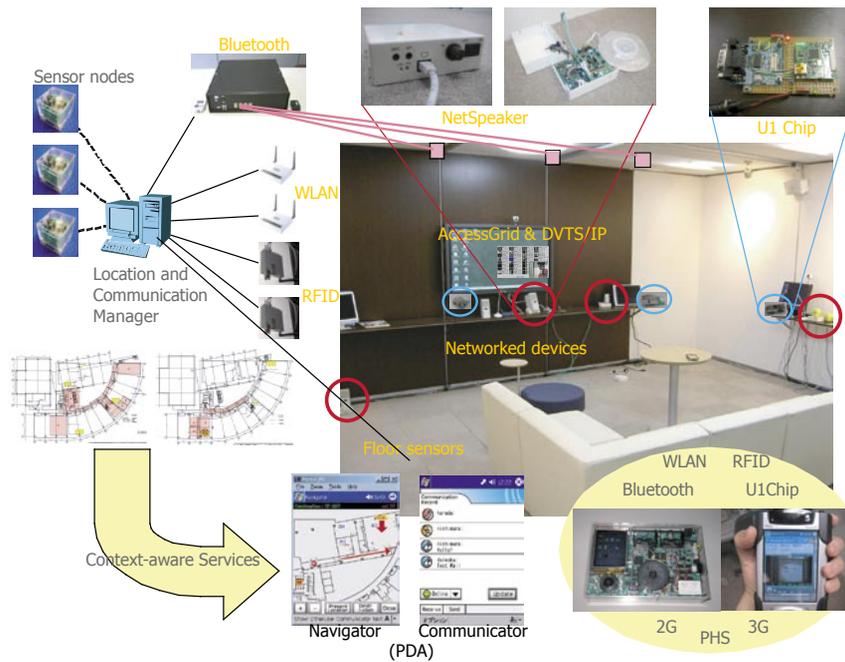


図-4 コンテキスト適応型モバイルサービス

“It is dangerous to put limits on wireless”. 無線通信を初めて実証したマルコーニ (Marconi) が1932年に述べた言葉であるが、70年以上経過した現代の言葉としてもまったく違和感がない。

新世代モバイルネットワークの特徴は、シーズ主導のボトムアップ型研究開発ではなく、ニーズ主導のトップダウン型研究開発が求められる点にある。ユーザを中心に据えたモバイル利用環境の高度化を実現すべく、多様な将来像を描くことが求められよう。業界団体WWRF (Wireless World Research Forum) における Beyond 3Gに向けた検討課題も「ワイヤレスな世界における人間的な観点」, 「ワイヤレスな世界でのサービスアーキテクチャ」, 「新たな通信環境と異種ネットワーク」, 「周波数, 新たな無線インタフェース, アドホックネットワーク」と広範囲に渡っている⁹⁾。

このような観点をも踏まえ、筆者らは多様なアプリケーションプロトタイプをテストベッド上に実装し、利用経験からのフィードバックを介して新世代モバイル環境のあり方を探っている。確かに、現時点で新世代モバイル時代のキラアプリケーションが明確になっているとは言い難いものの、実空間との融合などといった革新的なパラダイムシフトや社会に与える影響なども踏まえながら、一步一步着実に新世代モバイルネットワークの研究開発を進めている。ワイヤレスが遍在する環境において、ユーザがネットワーク上の資源に自在にアクセスでき、かつ快適なサービスを享受できるようなネットワークの構築を目指したい。

参考文献

- 1) Inoue, M., Mahmud, K., Yokota, H., Kubo, T. and Idoe, A. : Scalable Mobile Core Network Architecture for All-IP Wireless Access, Proc. of International Symposium on Wireless Personal Multimedia Communications (WPMC'03) , Vol.2, pp.18-22 (Oct. 2003).
- 2) Inoue, M., Mahmud, K., Murakami, H., Hasegawa, M. and Morikawa, H.: Novel Out-of-Band Signaling for Seamless Interworking between Heterogeneous Networks, IEEE Wireless Communications, Vol.11, No.2, pp.56-63 (Apr. 2004).
- 3) Mahmud, K., Inoue, M., Murakami, H., Hasegawa, M. and Morikawa, H. : Measurement and Usage of Power Consumption Parameters of Wireless Interfaces in Energy-Aware Multi-Service Mobile Terminals, to appear in International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC2004), (Sep. 2004).
- 4) Hasegawa, M., Bandara, U., Inoue, M., Mahmud, K. and Morikawa, H.: Service Mobility Proxy for Seamless Handover between Various Devices, Advances in Pervasive Computing (A Collection of Contributions Presented at PERVASIVE2004), pp.358-388 (Apr. 2004).
- 5) Hasegawa, M., Bandara, U., Inoue, M. and Morikawa, H. : Cross-Device Handover using Simple Network Oriented Devices, to appear in International Symposium on Wireless Personal Multimedia Communications (WPMC2004) (Sep. 2004).
- 6) Bandara, U., Hasegawa, M., Inoue, M., Morikawa, H. and Aoyama, T. : Design and Implementation of a Bluetooth Signal Strength Based Location Sensing System, to appear in IEEE Radio and Wireless Conference (RAWCON 2004) (Sep. 2004).
- 7) Bandara, U., Minami, M., Hasegawa, M., Inoue, M., Morikawa, H. and Aoyama, T. : Design and Implementation of an Integrated Contextual Data Management Platform for Context-Aware Applications, to appear in International Symposium on Wireless Personal Multimedia Communications (WPMC2004) (Sep. 2004).
- 8) 田口裕一, 猿渡俊介, 長谷川幹雄, 川原圭博, 井上真杉, 森川博之, 青山友紀 : U¹-Chip : インスタントサービス実現にむけての無線通信モジュール, 電子情報通信学会総合大会予稿集, p.833 (Mar. 2004).
- 9) Wireless World Research Forum : Book of Visions 2001, http://www.wireless-world-research.org/general_info/Bookofvisions/Bov.html

(平成 16 年 7 月 1 日 受付)