

6-2 共通シグナリング機構と状況適応シームレスネットワーク

6-2 Basic Access Signaling and Context-Aware Seamless Networking

井上真杉 長谷川幹雄 村上 誉 マハムド カレド 森川博之
INOUE Masugi, HASEGAWA Mikio, MURAKAMI Homare, MAHMUD Khaled,
and MORIKAWA Hiroyuki

要旨

携帯電話、無線 LAN、Bluetooth、WiMAX と様々な無線技術が登場している。また、ネットワークにつながる機器も、電話から家電、ゲーム機へと多様化している。ネットワークと機器の多様化が新世代モバイルの時代にはますます進むとみられる。このように様々なネットワークと機器が利用できる環境において、これらを適宜選択し接続し切り替えることで通信サービスの高度化やユーザの利便性の向上が図られなければならない。筆者らは、ユーザとネットワークとの間で制御情報を交換するための共通シグナリング機構を特長とする MIRAI アーキテクチャを提唱し、その実現可能性の検討や機能追求を行ってきた。本稿では MIRAI アーキテクチャの特徴、実現シナリオ、各実現シナリオに関連する実証実験等について述べる。

A variety of wireless access technologies such as cellular system, wireless LAN, Bluetooth, and WiMAX emerged or are emerging. Appliances that can be connected to the network have also been diversified from telephone terminals to consumer electronics and game machines. Such diversified, heterogeneous networks and appliances would characterize new-generation mobile network era, where it would be needed to advance telecommunication services and to improve usability by making full use of the networks and appliances. We proposed "MIRAI" architecture where an out-of-band signaling network separated from other networks for data transfer is established and have studied the feasibility and enhancement of the concept. This paper describes the characteristics, deployment scenarios, experimental systems of the MIRAI architecture.

[キーワード]

異種無線ネットワーク, 共通シグナリング, ネットワークハンドオーバー
Heterogeneous wireless networks, Basic access signaling, Network handover

1 まえがき

携帯電話、無線 LAN、Bluetooth、WiMAX と様々な無線技術が登場している。また、ネットワークにつながる機器も、電話から情報家電、ゲーム機にまで多様化している。新世代モバイルの特徴は、ネットワークと機器が多様化することである。様々なネットワークと機器が利用できる環境においては、これらを適宜選択し接続し切り

替えることで通信サービスの高度化やユーザの利便性の向上が図られなければならない。筆者らは、ユーザとネットワークとの間で制御情報を交換するための共通シグナリング機構を特長とする MIRAI アーキテクチャを提唱し、その実現可能性の検討や機能追求を行ってきた。本稿では MIRAI アーキテクチャの特徴、実現シナリオ、各実現シナリオに関連する実証実験等について述べる。

2 MIRAI アーキテクチャの概要

2.1 MIRAI が生まれた背景

我々は、将来の異種無線ネットワークが混在する環境において、制御情報を伝送する制御用パスをデータ伝送用パスと分離する通信モデルを提唱した[1][2]。これがMIRAIの特徴である。図1に概念を示す。制御用パスを担う無線アクセスネットワークを「共通シグナリングネットワーク(BAN)」と呼び、共通シグナリングネットワークを介して端末とネットワークとの間で「共通シグナリング(BAS)」をやり取りする。

このアイデアは、様々な無線ネットワークが利用できる環境において、ユーザ側の端末を共通シグナリングネットワークによりコアネットワーク側と常時接続し、発信や着信などの制御情報はすべて共通シグナリングネットワークを介して伝達する、という考えに基づいている。共通シグナリングネットワーク以外の無線ネットワークは、制御ではなくデータの伝達に用いる。例えば共通シグナリングネットワークを介してテレビ電話の着信を受けた端末は、テレビ電話が実行可能な無線アクセスネットワークを選択・接続してテレビ電話セッションを設定する、という手順を踏む。

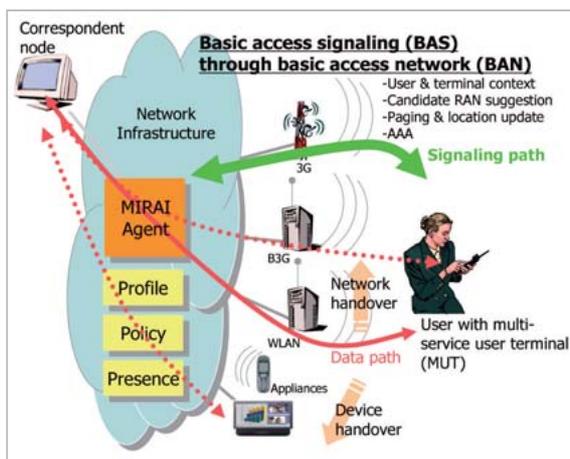


図1 MIRAI の概念

2.2 共通シグナリングネットワークの特長

共通シグナリングネットワークを設定する特長は次のとおりである。

- (1) 端末は非通信時には共通シグナリングネットワークにのみ接続する。その他の無線アクセ

スネットワークのインタフェースはオフにすることにより省電力化が図れる[3]。現状は接続時間や切替え時間の短縮のために、複数の無線ネットワークのインタフェースを待機状態にすることが多く、端末の電力消費が大きい。将来はソフトウェア無線技術により複数の無線ネットワークを自在にサーチし接続することが可能になるが、後に述べるように共通シグナリングネットワークを介してユーザ位置情報や利用可能無線ネットワークの情報等を伝達することで、サーチ周波数を限定することができ、電力消費の低減・サーチ時間の短縮が期待できる。

- (2) 各無線アクセスネットワークが個別に有する制御チャンネルを共通シグナリングネットワークへ一元化することにより、周波数利用効率の向上が図れる。このような汎用的アーキテクチャとすることで、将来登場する新しい無線アクセスネットワークの収容も容易である。現状は例えば「W-CDMA方式と無線LAN」など無線方式を特定した上で統合接続方式を検討する必要があり、非効率で拡張性がない。
- (3) 移动通信一般に必要な位置登録や発信情報の伝達に加えて、異種無線環境特有の制御情報の伝達が可能である。すなわち、ユーザのプリファレンス情報や端末が検知した周辺機器の情報のネットワーク側への伝達、ユーザの位置やプリファレンス等により推定した利用可能無線ネットワーク情報のユーザへの伝達、ネットワーク間及び端末間ハンドオーバーにおける事前認証やハンドオーバーのアシスト等が実現できる。これらの機能により例えば、端末やユーザのコンテキスト情報をネットワークに伝達し、ユーザに対して次に利用可能な無線アクセスネットワーク、アクセスポイント、周辺機器を通知し、それらに通信を切り替える(ハンドオーバーする)前に認証(接続許可を確認)を行うといったことが可能となる。

2.3 共通シグナリングの展開シナリオ

共通シグナリングネットワークとして機能する無線アクセスネットワークは、カバーエリアが広く、高速通信は必要ではないがシグナリング伝達

のために高い信頼性が求められる。共通シグナリングネットワークを実用展開する次の三つのシナリオを検討した[2]。

- (1) 一つ目は専用の無線システムを開発して利用する方法である。これは理想的であり、長期的な解決方法である。広域にわたり大量に分散する将来の低能力なユビキタスデバイスの通信と制御のために同様の無線ネットワークを提供するアイデアも他から提案されている[4]。
- (2) 二つ目は既に存在する無線アクセスネットワークを共通シグナリングネットワークとして専用利用する方法である。無線呼出し(通称ポケットベル)システムや第2世代携帯電話システムは、広域・高信頼という上記必要条件を満たす上、再利用の見込みがなければいずれ廃棄されてしまうため、共通シグナリングネットワークの候補としてふさわしい。経済合理性のある方式であると考えられる。
- (3) 三つ目は同じく既存無線システムを利用するがその上で行われている通信サービスに共通シグナリングを重畳する形で提供する方法である。オーバーレイ型と呼ぶ。

① BAS(共通シグナリング)専用のBAN(共通シグナリングネットワーク)を設ける場合(先のシナリオ1と2が該当)、② RAN(無線アクセスネットワーク)上にBASをオーバーレイする場合(シナリオ3が該当)、③ BASを使わない場合の3通りに実装方法について比較を行った[5]。②ではRANとして携帯電話と無線LANの2通りを、③ではMUT(Multi-service User Terminal:マルチサービス端末)としてソフトウェア無線端末と複数デバイス搭載端末の二つを対象とした。評価基準には、「エリアの広さ」、「(MUT全体の)省電力性」、「即時応答性」の三つを挙げた。結果を表1に示す。運用側とユーザ側双方のコストについても慎重に論ずる必要があるが、評価は非常に難しいため参考にとどめたい。

専用BANを適用した場合は、最適な無線設計が行えて高性能が得られるが、コスト高の可能性はある。RAN上でBAS機能を実現する場合、MUTはRANにアクセス可能なエリア全域で制御情報の送受ができることが理想である。既設の携帯電話のインフラを活用することで、新たなインフラを構築することなく広範囲でのシグナリン

表1 共通シグナリングの実装方法の比較

	エリアの広さ	省電力性	応答性	コスト	
				運用側	ユーザ側
BAN(専用システム)利用	◎	◎	◎	△	△
RAN上でBAS	携帯電話タイプ	○	○	◎	○
	無線LANタイプ	△	×	◎	◎
BAS無し	ソフトウェア無線端末	◎	○	×	○
	マルチデバイス端末	◎	△	△	○

グが実現可能であり、省電力化も期待できる。実装には、専用ハードウェアを構成する方法のほか、アプリケーションとしての実装も考えられる。一方、異種無線環境においてBASを用いない場合は、まず端末での着信が困難となる。ユーザの位置でどの無線が利用できるのかを正確・迅速には判断できず、頻りに各無線ネットワークをサーチする必要がある。その上、どの無線ネットワークを経由して着信要求があるか分からないので、ネットワークインタフェースをすべてアクティブに保つ必要がある。ソフトウェア無線端末は複数の無線ネットワーク同時接続が原理的には可能であるが実際にはその対応範囲は実装上の制約を受ける可能性がある。複数デバイス搭載端末は複数のデバイスをアクティブにすることで消費電力が大きくなる。共通シグナリングなしでの運用はネットワーク側に複雑な制御系を要することになり、異種無線ネットワーク環境での柔軟な運用は困難となる。

3 第1シナリオ：新規に専用無線ネットワークを用いる方法

新たな無線システムを共通シグナリングネットワークとして利用する方法について検討し[6][7]、実験システムを構築した[8]。そのためのMACプロトコルも新規開発した。図2にその概要を示す。共通コアネットワークはリソースマネージャRM、BAN基地局BAN-BSなどからなり、Linux PCで構成されている。CCN内はIPv6でありマイクロモビリティ機能が提供される。これらはすべて横須賀リサーチパークのYRP1番館ビルの3階実験室内に設置した。当該ビル屋上には長さ5mのアンテナを設置し、同軸ケーブルでBAN-BSと接続した。横須賀リサーチパークの道路沿いには

実験用無線基地局を設置するための電柱が NICT により構築されている。これらに無線 LAN (IEEE802.11b) 及び構内用 PHS 基地局を設置した。電柱は光ファイバケーブルで YRP1 番館ビル内の終端装置と接続されている。終端装置を介して実験システムと接続した。

400 MHz 付近の電波を利用した全二重通信を行うために FDD/TDMA ベースの高効率適応 MAC プロトコルを考案し、適応変調無線部と組み合わせた双方向無線通信システムを開発した[8]。利用帯域幅は上り下り共に 25 KHz であり、伝送レートは 19.2 キロシンボル/秒である。上り回線で制御情報を伝達するための制御パケットは信頼性確保のために常時 4 QAM 変調とした。上り回線のデータ通信には、広域カバレッジの確保、通信キャパシティの確保と共に端末側での省電力を勘案して、適応変調を採用した。六つの変調モードから一つを選択する。一方下り回線では制御とデータ共に 16 QAM のみを用いる。1/2 畳み込み符号を採用し、ビット誤り率 10^{-5} で符号化利得 5.2 dB を得ている。

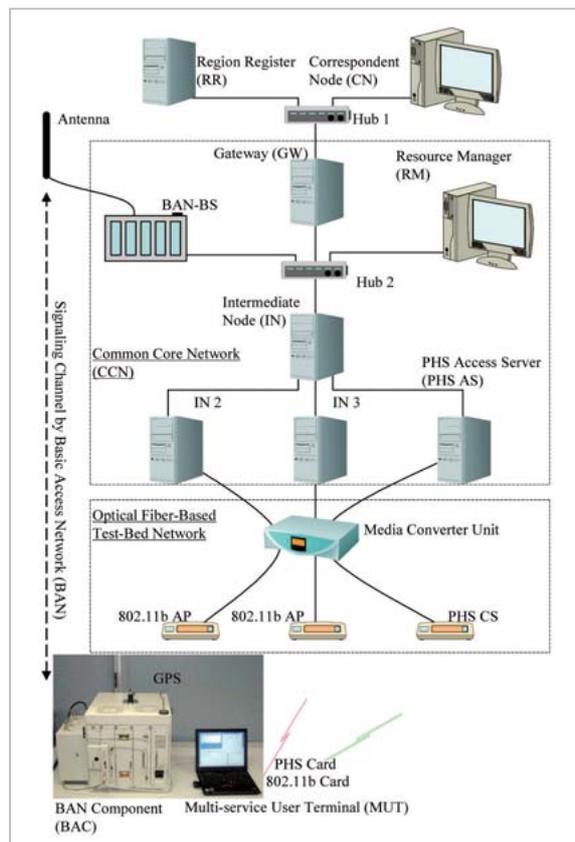


図2 専用無線システムを共通シグナリングネットワークに用いる MIRAI システム

表2 共通シグナリング専用無線の仕様

Tx frequencies	BS: 385.3375	BAC: 367.3375 MHz
Tx power	BS: < 1 W	BAC: 200 mW
Ant. gain	BS: 7 dBi	BAC: 2 dBi
Noise figure	10dB	
Modulation	Down: 16QAM	Up: Adaptive QAM(64/16/4) + Bi-orthogonal(32/16/8)
Tx rate	19.2 kilo symbols/sec in a 25 KHz channel	
MAC	Dynamic TDMA / Dynamic TDM	
Multiplex	FDD	

4 第2シナリオ：双方向無線呼出しシステムを用いる方法

実験システムを構築するに当たって、米国やアジアで商用利用されている双方向無線呼出しシステムを用いることとし、Glenayre 社の ReFLEX25 基地局を選択した。第1シナリオの実験システムと同様に、無線 LAN (IEEE802.11b) と構内用 PHS の無線エリアを屋外に構築した。マルチサービスユーザ端末はラップトップ PC に無線 LAN カードと PHS カードを装着し、ReFLEX25 のページャモジュールとシリアルインタフェースで接続した。ReFLEX25 の下り周波数はオリジナルの 800 MHz 帯から、本実験用に割り当てられた 280 MHz 帯へ変換した[9]。

図3で「Gateway」と表示されるシグナリングゲートウェイは、マルチサービス端末との間で共通シグナリングの送受を行う機能がある。双方向無線呼出しシステムの基地局 BAN-BS は、端末側との間でメッセージの送受を行う機能がある。マルチサービス端末には、リソース管理、呼制御、プロフィール管理(グラフィカルユーザインタフェース GUI 画面を図4に示す)、セッション管理の各ソフトウェアモジュールが搭載されている。リソース管理は無線アクセスネットワークと共通シグナリングコンポーネントのモニターと制御を行う。プロフィール管理は、ユーザのプロファイル・プリファレンスを管理する。セッション管理は、マルチサービス端末上のアプリケーションとシグナリングゲートウェイとの間の共通シグナリング及び SIP メッセージを取り扱う。ア

アプリケーションとして SIP を用いる VoIP のオープンソースである Linphone を改良して実装した。

第 1 シナリオと同様に基地局用アンテナを YRP1 番館屋上に設置してビル内の基地局本体と接続した。共通シグナリングネットワークのサービスエリアは直径およそ 2 km の円状であった(図 5)。本システムにより、固定 VoIP 電話からマルチサービス端末を呼び出し、マルチサービス端末側が呼び出し信号を双方向無線呼出しの回線を通じて受信し、無線 LAN 又は PHS を選択して回線接続し、当該回線上で固定 VoIP 電話との間に VoIP セッションを構築することができることが確認できた。本実験システムでは装置性能の制約により双方向無線呼出しシステムの下り回線を最適化しきれていなかったため、呼出し時間に 10 秒程度要していた。最適化することにより高速応答することが可能となる。

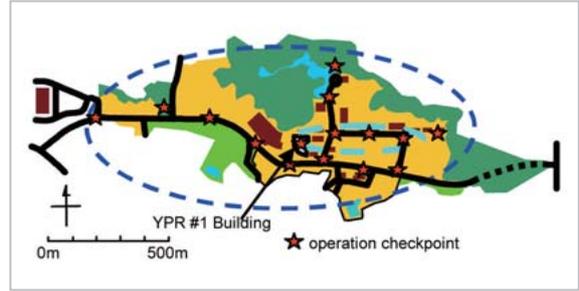


図5 YRPにおける共通シグナリングネットワークのカバー範囲

5 状況適応シームレスネットワーク

第 1 及び第 2 シナリオは理想的ではあるが実現に時間を要する長期的解決策である。比較して実現可能性がより高い第 3 のシナリオとして、オーバーレイ方式の検討に取り組んだ [10]–[12]。

概念図を図 6 に示す。共通シグナリングをユビキタスネットワークサーバ(UNS)と端末との間で実行する。これまでのネットワークハンドオーバ機能に加えて、別途取り組んできた端末間ハンドオーバ機能 [13] を UNS に統合した [12]。UNS はホームネットワーク、企業ネットワーク、キャンパスネットワークなどのローカルネットワーク単位を管轄することを想定した。ユーザ側はモバイル PC、モバイル端末によりパーソナルエリアネットワーク PAN を形成する。PAN は共通シグナリングネットワークにより常に UNS に接続している。この共通シグナリングネットワークとしてユーザは任意の無線アクセスネットワークを選択できる特徴がある。選択された無線アクセスネットワークは共通シグナリングネットワーク専用ではなく、データ通信も可能である。ユーザあてのパケットは UNS で受信され、PAN の位置やユーザの好みなどに応じて適宜決まる無線アクセスネットワークを経由して PAN へ転送される。また、UNS は端末間ハンドオーバの機能も備えていることから、様々な PC や AV 機器等の通信機器に対してハンドオーバすることも可能となっている [14]。

図 7 に示す実験システムを構築した。左側のホームネットワークの上段部分は各種センサーからなる位置情報プラットフォームである [15]。PAN を構成するモバイル端末は無線タグ、超音

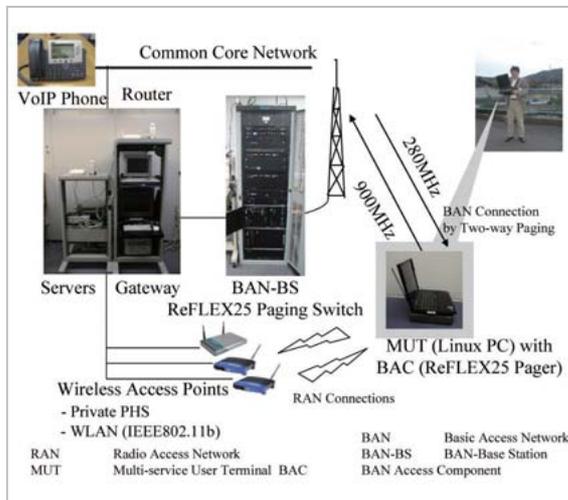


図3 無線呼出しシステムを共通シグナリングネットワークとして用いる MIRAI システム

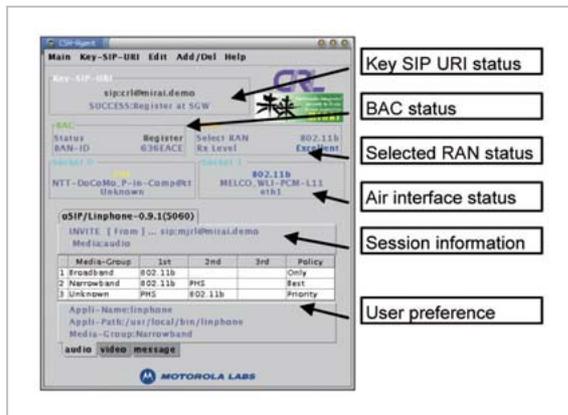


図4 プロファイル管理 GUI

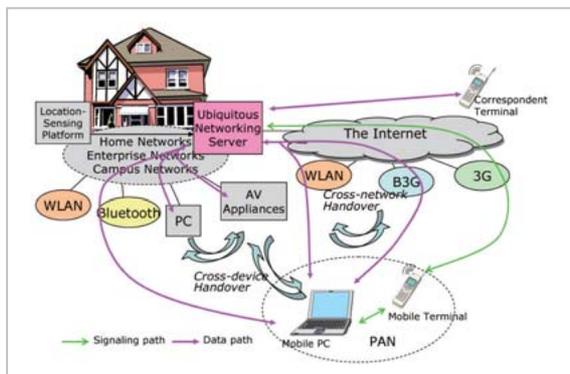


図6 オーバーレイ型 MIRAI システム

波タグに加えて加速度センサーと方位センサーを備えている。モバイル PCは W-CDMAと EV-DO のカード型インタフェースを装着している。モバイル端末とモバイル PC 間の通信に無線 LAN のアドホックモードを利用した。

本システムでは次のような機能を実現した。(1) ネットワークハンドオーバと端末間ハンドオーバの統合実行、(2) ユーザのプレゼンス、ユーザや周辺機器の位置、モバイル端末が搭載するネットワークインタフェース種別、各ネットワークの利用可能・不可能やその利用可能速度、ネットワークを選択する際のユーザが指定する優先度、モバイル端末や周辺機器の搭載機能や処理能力等のコンテキスト情報に基づいてネットワークハンドオーバ、端末間ハンドオーバ、メディア種別変更(テレビ電話から音声電話への変更等)、QoS 適合処理(テレビ電話の画質変更等)を実行する機能、(3) ユーザが通信相手に対してアプリケーションに対する自分の好みを伝える機能がある。例えばテレビ電話の受信を好まないことを相手に伝えることができ、相手からするとテレビ電話をかけて相手を不快にさせることや、音声電話などに変更してかけなおす手間がなくなり、円滑なコミュニケーションが可能となる。

6 むすび

将来の異種無線ネットワーク環境でのシームレス通信をはじめとする通信の高度化・ユーザの利便性向上等を目的に共通シグナリングネットワークを利用する MIRAI アーキテクチャを提唱し、プロジェクト初期には専用無線システムにより共

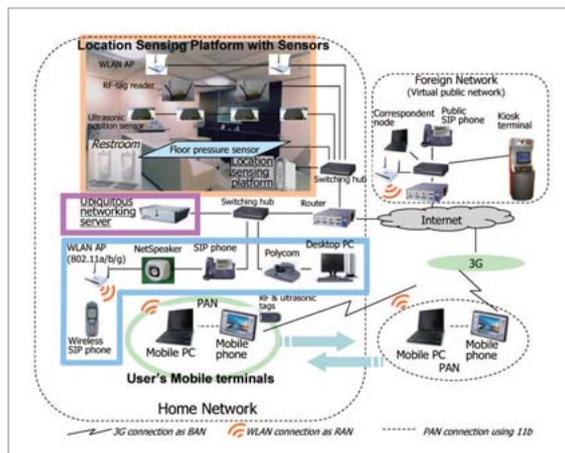


図7 実験システム構成

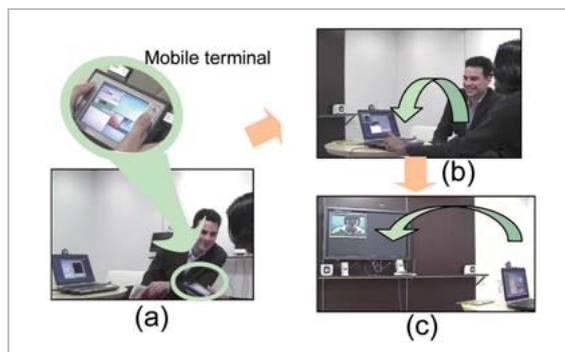


図8 携帯端末上で受信したテレビ電話をラップトップPCへハンドオーバし、更に大型画面へハンドオーバする様子(図中(a)(b)(c)の順にハンドオーバ)

通シグナリングネットワークを実現するモデルの検討を行った。後半は既存無線システム上にシグナリングを重畳して伝送するオーバーレイモデルを検討し、ユーザや機器のコンテキスト情報の伝送や、ハンドオーバ先のネットワークや機器に対する事前の接続認証等のユビキタス通信環境で必要となる重要機能の実現にも視野を広げて研究活動を行った。

ユビキタスセンサーデバイスを制御するために本研究の共通シグナリングネットワークと同種の制御用広域ネットワークを利用する案が大手通信事業者から提案される一方で、複数無線ネットワーク環境において無線メディアに依存しないハンドオーバの実現を目指す IEEE802.21 においては端末の省電力動作が重要であると認識されるなど、本研究が追及してきた共通シグナリング機構の利点が生かされる可能性が高まってきていると思われる。

参考文献

- 1 G.Wu, P.Havinga, and M.Mizuno, "MIRAI Architecture for Heterogeneous Network", IEEE Commun. Mag., pp.126-134, Feb. 2002.
- 2 M.Inoue, K.Mahmud, H.Murakami, M.Hasegawa, and H.Morikawa, "Novel Out-of-Band Signaling for Seamless Interworking between Heterogeneous Networks", IEEE Wireless Commun., Vol.11, No.2, pp.56-63, Apr. 2004.
- 3 K.Mahmud, M.Inoue, H.Murakami, M.Hasegawa, and H.Morikawa, "Energy Consumption Measurement of Wireless Interfaces in Multi-Service User Terminals for Heterogeneous Wireless Networks", IEICE Trans. Commun., Vol. E88-B, No.3, pp.1097-1110, Mar. 2005.
- 4 H.Saito, M.Umehira, M.Morikura, "Considerations of Global Ubiquitous Network Infrastructure", IEICE Trans. Commun., Vol.J88-B, No.11, pp.2128-2136, Nov. 2005. (in Japanese)
- 5 村上, マハムド, 長谷川, 井上, "MIRAIにおける共通シグナリング実装方法の検討", IEICE Society Conference, B-5-125, Sep. 2002.
- 6 K.Mahmud, M.Inoue, and H.Morikawa, "Variable Rate Transmission for Higher System Capacity in a Signaling-Only Wireless System", IEICE Trans. on Communications, Vol.E88-B, No.5, pp.2210-2214, May 2005.
- 7 K.Mahmud, G.Wu, M.Inoue, and M.Mizuno, "Mobility Management by Basic Access Network in MIRAI Architecture for Heterogeneous Wireless Systems", IEEE Globecom, Nov. 2002.
- 8 M.Inoue, K.Mahmud, H.Murakami, and M.Hasegawa, "MIRAI: A solution to seamless access in heterogeneous wireless networks", IEEE ICC, pp.1033-1037, May 2003.
- 9 H.Eguchi, M.Nakajima, H.Murakami, K.Mahmud, and M.Inoue, "Development of SIP Based Signaling for Heterogeneous Wireless Networks", WPMC, Oct. 2003.
- 10 M.Inoue, K.Mahmud, H.Murakami, M.Hasegawa, and H.Morikawa, "Design and Implementation of Out-Of-Band Signaling for Seamless Handover in Wireless Overlay Networks", IEEE ICC, Jun. 2004.
- 11 M.Inoue, K.Mahmud, H.Murakami, M.Hasegawa, and H.Morikawa, "Context-based Network and Application Management System for Seamless Services in Heterogeneous Networks", IPSJ Journal, Vol.46, No.9, pp.2236-2249, Sep. 2005. (in Japanese)
- 12 M.Inoue, M.Hasegawa, and H.Morikawa, "Decentralized Ubiquitous Networking Server for Context-aware Seamless Services", VTC Spring, May/Jun. 2005.
- 13 M.Hasegawa, M.Inoue, and H.Morikawa, "Service Mobility in MIRAI Architecture", WPMC, Sep. 2005.
- 14 M.Hasegawa, M.Inoue, H.Murakami, and H.Morikawa, "Cross-Network and Cross-Device Handover among Mobile, PAN and Shared Terminals by MIRAI Architecture", WPMC, Sep. 2006.
- 15 U.Bandara, M.Minami, M.Hasegawa, M.Inoue, H.Morikawa, and T.Aoyama, "Design and Implementation of an Integrated Contextual Data Management Platform for Context-Aware Applications", WPMC, pp.266-270, Sep. 2004.



いのうえ まさし
井上 真杉

新世代ネットワーク研究センターネットワークアーキテクチャグループ研究マネージャー(旧無線通信部門モバイルネットワークグループ主任研究員) 博士(工学)
ユビキタスネットワーク、モバイルネットワーク



はせがわみきお
長谷川 幹雄

新世代ワイヤレス研究センターユビキタスマイルグループ主任研究員(旧無線通信部門モバイルネットワークグループ主任研究員) 博士(工学)
ユビキタスネットワーク



むらかみ ほまれ
村上 誉

新世代ワイヤレス研究センターユビキタスマイルグループ研究員(旧無線通信部門モバイルネットワークグループ研究員)
IP モビリティ技術、無線対応トランスポートプロトコル、ネーミング技術



MAHMUD Khaled

バングラデッシュ国 North South 大学コンピュータサイエンス工学科助手(旧無線通信部門モバイルネットワークグループ専攻研究員) 博士(工学)
無線ネットワーク



もりかわひろゆき
森川 博之

東京大学大学院新領域創成科学研究科基盤情報学専攻助教授 新世代ネットワーク研究センターネットワークアーキテクチャグループ客員研究員兼務(旧無線通信部門モバイルネットワークグループリーダー兼務) 博士(工学)
ユビキタスネットワーク、モバイルネットワーク