

6-3 コンテキストウェアサービスモビリティとスマートスペース

6-3 Context-Aware Service Mobility and Smart Space

長谷川幹雄 井上真杉 ウダーナ バンダーラ 南 正輝 森川博之
HASEGAWA Mikio, INOUE Masugi, Udana Bandara, MINAMI Masateru,
and MORIKAWA Hiroyuki

要旨

有線無線の多様なネットワークを利用する様々な通信機器が利用されるようになってきた。移動中は小型の携帯端末、デスクでは高速インターネットに接続されたデスクトップパソコンなどを使い分けているが、それらの端末は、性能、通信品質、コスト、ユーザインタフェースの使いやすさなどの面で大きな差がある。そこで、状況に応じて適応的に端末を切り替えることで、常に最適な端末を利用した通信が可能となる。また、様々なセンサやアクチュエータがネットワークに接続されるユビキタスネットワーク環境では、新しい通信サービスの出現が期待されている。本稿では、通信中のマルチメディアサービスを異なる種類の様々なアクチュエータ（機器）間で切り替えるための技術や、ユーザの状況を認識して最適な方法で通信させるための技術に関する研究成果を紹介する。センサがユーザの情報を取得し、ネットワーク上のサーバが状態を推定し、その情報に応じて最適な方法でサービスを提供するユビキタスネットワークアプリケーションを実現している。

Various wireless and wired terminals have been well developed, but there are big differences between a compact mobile phone and a desktop PC connecting to the high-speed Internet, on their performances and qualities. If we could switch among those different terminals adaptively according to availability, quality, cost and usability, the most appropriate terminal can be always used. In the ubiquitous network environment, various sensors and actuators will be connected to the networks and new communication services are expected to come out. As a new communication service candidate, in this paper, we show cross-device handover technology which switches an on-going multimedia communication session from an actuator to another actuator. We also show a context sensing platform for providing context-aware services to the mobile users. We realize a ubiquitous network application that the sensors collect the user's current information, a server in the network estimates the user's context, and appropriate information is provided to the user by the optimum way according to the contextual information.

[キーワード]

ユビキタスネットワーク, モバイルネットワーク, サービスモビリティ, コンテキストウェア, スマートスペース

Ubiquitous networks, Mobile networks, Service mobility, Context-awareness, Smart space

1 まえがき

無線通信技術の発展により、無線 LAN、携帯電話、Bluetooth などの近距離通信システムなど、通信速度やカバレッジエリアサイズが異なる様々な用途の無線システムが実用化されてきた。それ

らの様々な無線システムは、それぞれ異なる特徴を持つ。例えば、カバレッジエリアの広い携帯電話は、最近ではほとんどの場所で利用できるが、無線 LAN のような高速通信は不可能であり、またコストも高い。無線 LAN は、低コストで高速な通信が可能であるが、エリアサイズは非常に小

さい。そこで、適材適所でそれらの無線を切り替え、一台の端末で、常に最適な無線を適応的に利用できるようにするシームレスネットワーク技術の研究開発、標準化が行われてきている。

一方で、ネットワークにつながる端末についても、無線システムの種類と同様、多様化してきている。ユーザが持ち運ぶモバイル端末を考えると、携帯電話、PDA、ノートパソコンなどがあり、それぞれ異なる有／無線ネットワークインタフェース、ユーザインタフェース、処理能力を持つ。ユビキタスネットワーク環境においては、あらゆる機器やセンサがネットワークにつながり、全く新しい利用方法が生まれてくると期待されている。それらの機器は、上記の無線システムの違いと同様に、やはりそれぞれ特徴が異なってくる。例えば、携帯電話は、あらゆる場所につながり、高速で移動しながらでも利用可能な端末であるが、通信速度は遅く、料金は高く、また端末が小型であるため、ディスプレイなどのユーザインタフェースは小さく、また処理能力も小さい。一方、固定型のデスクトップパソコンのような端末は、高速な有線のインターネットにつながっていて、高解像度な大型のディスプレイを接続することができる。このような場合、モバイルユーザは、移動中は携帯電話などの無線携帯端末を利用するが、デスクに戻ってきた時などは、目の前の高速、高品質通信が可能なデスクトップパソコンに切り替えた方がより良い品質での通信を行うことができる。この切り替えを可能にするのが、異種端末間ハンドオーバ技術である。このような技術により、多様な通信機器の中から、ユーザの状況に応じて常に最適な端末を選択しながら利用することができるようになる。

ユビキタスネットワーク環境を実現するための重要な要素技術として、ネットワークに接続するセンサノード・アクチュエータノードの研究は、近年注目を集めている。センサで状況を取得し、状況に応じてアクチュエータで情報を提供するユビキタスネットワークアーキテクチャが検討されている。本研究では、このユーザコンテキストのセンシング技術し、ユーザの状況に応じて最適な端末で着信したり、最適な端末に切り替えたりすることを可能にする方式を提案している。複数の異なる種類の位置センサからの情報を、ユーザコ

ンテキストを推定するサーバで収集し、アクチュエータノードでユーザの状況に応じた情報提供を行う。ユーザコンテキスト情報を異種端末間切替方式と連動させることで、ユーザ位置に応じた最適な通信切替えなどを可能にしている。

2 では、提案する異種端末間ハンドオーバ技術として、二つの方式について述べる。3 では、コンテキストウェアネットワークに必要なセンサ技術、ユーザコンテキスト情報管理プラットフォーム、センサ／アクチュエータネットワークノード、さらに、これらを統合したスマートスペーステストベッドについて述べる。最後に 5 で今後の方向性などを議論する。

2 異種端末間ハンドオーバ

異なる種類の端末間で、通信中セッションをハンドオーバするためには、まず、ハンドオーバ先の端末をネットワークが認識し、端末アドレスや通信可能なプロトコル情報、フォーマット情報などを取得する必要がある。次に、ハンドオーバ先の端末にセッションが転送されることを通知し、通信開始の準備をさせる。それから、通信する自端末のアドレスを切り替えることで、ハンドオーバが行われる。端末アドレスの切替えには、モバイル IP のように中間ノードで転送する方法と、SIP のようにシグナリングによってエンドツーエンドの通信を制御する方式が考えられる。中間ノードを用いる場合は、自端末 IP アドレスの切替えだけでなく、フォーマットやプロトコルの変換もネットワーク側で行うことができるため、既存のサーバや通信相手の通信アプリケーションに変更を加える必要がなく、通信相手側へは自端末の変更を隠ぺいした状態での異種端末間でのハンドオーバが可能となる。一方、エンドツーエンドでの切替えの場合には、双方が専用の通信アプリケーションを利用しなければならず、また、少なくとも片方が異種端末と通信可能な複数の通信プロトコルを利用可能でなければならないが、常に最適な経路での通信を行うことができる。本研究では、中間ノードを利用する方式としては、サービスモビリティプロキシを用いた方式を提案しており、また、エンドツーエンド型の方式としては、MIRAI シグナリングネットワークを利用した方

式を提案している。

2.1 サービスモビリティプロキシ

本研究では、サービスモビリティプロキシという、図1に示すような中継ノードを利用した異種端末間ハンドオーバー方式を提案している。L3以上の通信相手とのセッションを保った状態で自端末を切り替えることができる。通信相手とのセッションは一度この中継ノードとの間で終了されており、利用する自端末の種類に合わせて適応的にセッション確立方法を変えながら、自端末アドレスに向けてセッションを中継する。異種端末間ハンドオーバーの際には、モバイルIPと同様に、この中継ノードが、利用する自端末のアドレスを変更することで、端末を切り替える。この際、端末の種類が変化する場合には、ハンドオーバー先の端末が通信可能な転送方式に変更しながら転送する。モバイルIPでは、レイヤ3で同一の自端末のネットワークインタフェースを切り替えることで、上位レイヤに対してアドレス変更を隠ぺいしているが、異種端末間ハンドオーバーの場合には、通信そのものが別の端末で実行されるため、ハン

ドオーバー先端末での通信アプリケーションの実行タイミングまでを考慮した転送をしなければならない。ハンドオーバーシーケンスの例を図2に示す。端末情報のパラメータとしては、ディスプレイサイズ、利用可能な通信アプリケーションの種類、セッション構築に利用可能なプロトコルの種類及びIPアドレスなどである。これらの情報に応じて、サービスモビリティ上で、最適な転送方法を選択してハンドオーバーを行う。

図1に、複数の通信アプリケーションをサポートするサービスモビリティプロキシの実装例を示す。本研究では、H.323のセッションを切り替える方式、DVTSストリームを切り替える方式及びWindowを切り替える方式などを実現している。

2.2 エンドツーエンドハンドオーバー制御と端末管理ネットワーク

MIRAIアーキテクチャ[1]の独立型共通シグナリングネットワークとMIRAIサーバを利用することで、ユーザのセッションを様々なネットワーク間、様々な端末間で切り替えて利用しても、統一的に管理することができる。このシグナリング

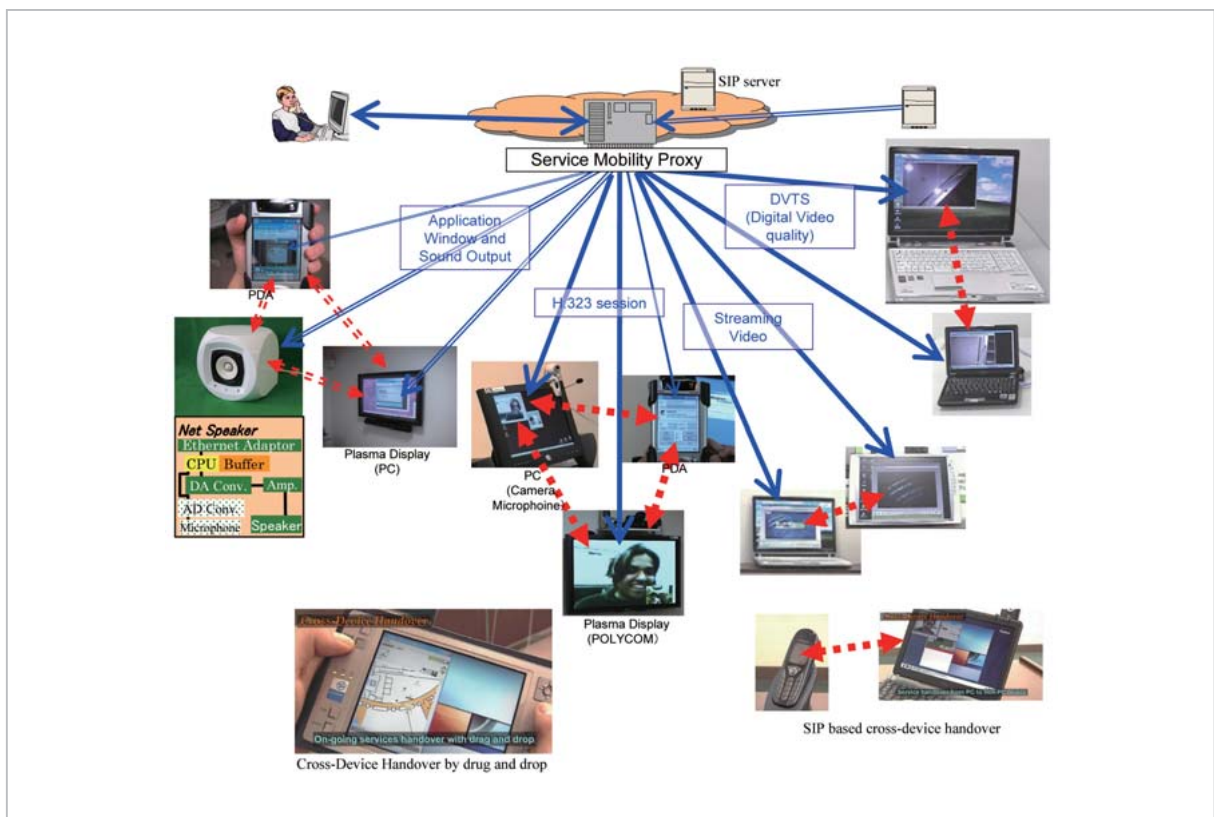


図1 サービスモビリティプロキシによるハンドオーバー例

ネットワークを利用したエンドツーエンドの異種端末間ハンドオーバー制御方式を提案している[2]。図3に示すように、各端末の制御、管理もMIRAIサーバが行い、各固定端末上のMIRAIクライアントが各端末の情報提供、MIRAIサーバからの転送指示に応じたセッション開始準備、アプリケーションの管理を行う。エンドツーエンド型で異種端末間ハンドオーバーを行う場合、各固定端末もエンドツーエンドでの通信アプリケーションを持たせる必要があるが、ここでは、自分の携帯端末と相手の通信端末のみに、複数のセッション確立機能を持たせている。これによって、自分

の利用する端末が変化し、通信可能な品質やプロトコルが変わると、それがMIRAIサーバに通知され、最適なセッション確立方式と転送先のアドレスが通信相手とハンドオーバー先の端末に伝えられる。これに基づいてハンドオーバー先端末と通信相手の端末との間でセッションが確立されることで、異種端末ハンドオーバーが実現される。異種端末間ハンドオーバーのための、ユーザ近隣の転送先の端末の検索方法としては、図3に示す位置管理サーバを利用する方法と、近距離無線を用いる方法[3]とが考えられる。位置管理サーバについては、3.2で述べる。図4は、本研究で実装した小型の無線携帯端末と固定の大型ディスプレイ間の端末間ハンドオーバーの例を示したものである。小型端末は、最大11Mbpsの無線LANを利用しており、画面も小型なので映像の品質が下げられているが、有線ネットワークに接続された大型画

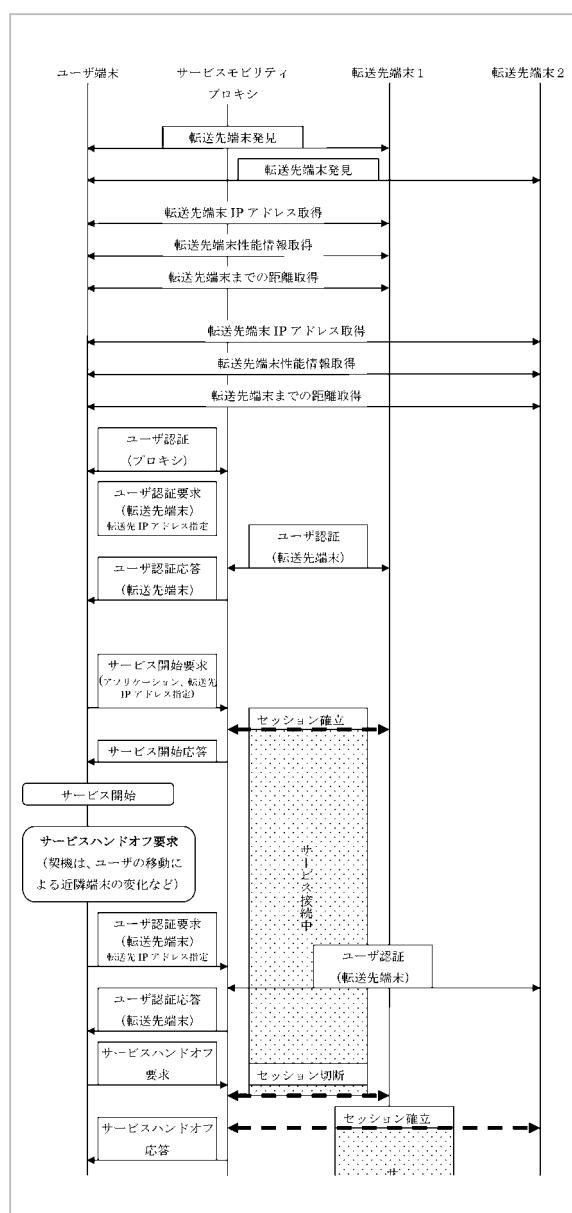


図2 サービスモビリティプロキシによるハンドオーバーシーケンス

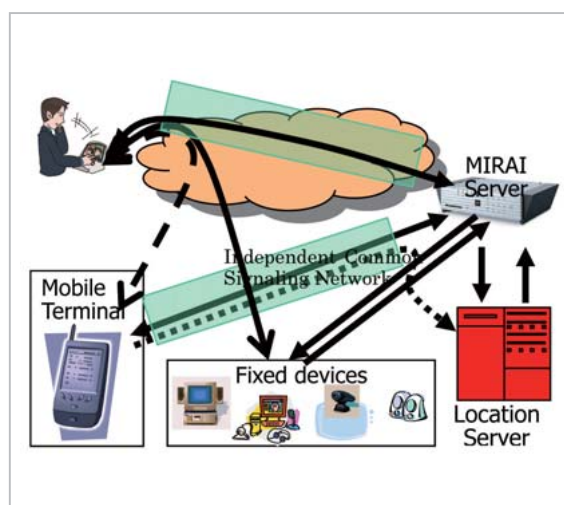


図3 MIRAIアーキテクチャによる共通シグナリングと異種端末間ハンドオーバー

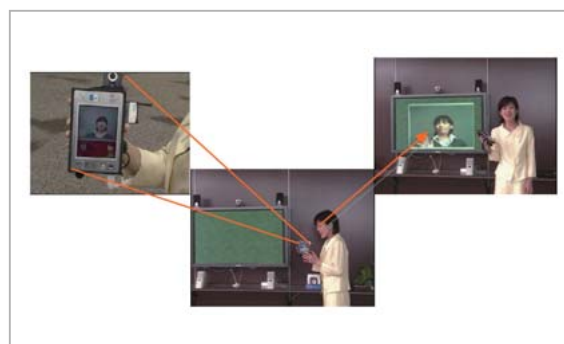


図4 異種端末間ハンドオーバー

端末の通信速度、ディスプレイサイズに応じて、最適な通信品質に制御

面の端末に切り替える際には、MIRAI サーバからの指示により、解像度と品質を向上させてセッションを転送している。

図3のようなセッション確立の制御が可能な端末であれば、どのようなネットワークに接続された異種端末間でもハンドオーバーが可能である。ここまでの例では、オール IP のネットワークのみを対象にしたが、IP ネットワークと回線交換ネットワークとの間にゲートウェイを準備すれば、同様の方法でそれらの間を双方向で異種端末間ハンドオーバーさせることが可能である。図5は、そのような回線交換の携帯電話とインターネット接続のノートパソコンとの間で、テレビ電話セッションを端末間ハンドオーバーさせた例である。MIRAI アーキテクチャによってエンド端末のセッション確立を制御することにより、このような異なる種類の回線のハンドオーバーも可能となる[4]。



図5 WCDMA携帯電話とノートパソコンとの間のテレビ電話の端末間ハンドオーバー

3 スマートスペースと位置検出

ユビキタスネットワーク環境を実現していくための要素技術として、様々なセンサやアクチュエータがつながるネットワークを管理するアーキテクチャやユーザコンテキストのセンシング技術などの研究が重要となっている。そのような技術を、前章の端末間ハンドオーバー方式と連携させると、ユーザ状況に応じて最適な端末を自動的に選択して利用することなども可能となる。本章では、ユーザ位置検出技術、コンテキスト情報管理フレームワーク、さらに、それらの機能を実装したスマートスペーステストベッドについて述べる。

3.1 位置検出センサ

屋内、屋外でユーザ位置を取得するための方式には、様々な方式がある。表1では、設置コスト、ユーザタグのコスト、タグの消費電力、位置検出精度の観点から、様々な方式を比較する。電波を利用するもの、超音波を利用するもの、映像を利用するものなどがあり、それぞれ利点と欠点が見られる。例えば、超音波を利用した位置センサは、精度は 10 cm 程度と非常に高いが、専用のタグやセンサを新たに敷設する必要があるため、設置のためのコストは高くなってしまふ。一方、最近広く普及してきた無線 LAN を利用した位置センサは、実用化のためのコストは比較的低いと考えられるが、通信中の消費電力は RFID タグなどと比較すると非常に大きく、精度も高くない。

表1 様々な位置センサ

位置検出技術	設置コスト	ユーザタグのコスト	ユーザタグの消費電力	精度
GPS (屋外のみ)	無し (衛星)	低	中	中 (屋外のみ)
セルラー基地局情報	無し (基地局)	無し (基地局)	無し (基地局)	低
アクティブRFIDタグ	高	低	低	中
映像 (カメラ)	高	無し	無し	高 (ID無し)
フロアセンサ	高	無し	無し	高 (ID無し)
超音波	高	中	中	高
無線LAN (伝播時間差)	高	低	中	中
無線LAN (受信電波強度)	低	低	中	低
[+学習アルゴリズム]				[中]
Bluetooth (伝播時間差)	高	低	低	中
Bluetooth (受信電波強度)	中	低	低	低
[+学習アルゴリズム]				[中]

電波を利用する方式の中で、Bluetooth は携帯電話にも搭載されており、ハンズフリー通話のためのヘッドセットなどに利用され、普及が進んでいる。また、無線 LAN と比べて低消費電力というメリットもある。無線 LAN においては、電波の伝播時間差を利用した方式と、電波の受信信号強度 (Received Signal Strength Indicator : RSSI) を利用した方式がある。一般的に、伝播時間差を利用する方が、はるかに高い精度の位置 (距離) 計測が可能であるが、遅延時間計測のためには専用のモジュールが必要となる。一方、RSSI を利用する方式は、市販の無線 LAN カードを利用することができ、ソフトウェアのみで簡単に利用することができる [5]。文献 [5] では、電波状態を学習させることで、検出精度の向上に成功しており、同様の方式のソフトウェアが商品化されている。一方、Bluetooth を利用した位置検出方式にも、電波の伝播時間差を利用した位置検出方式があるが、市販の Bluetooth モジュールを利用できない。そこで、本研究では、一般的な Bluetooth モジュールからも取得可能な RSSI 値を用いた位置検出方式を提案している [6]。Bluetooth v.1.1 では、端末発見に 3 秒程度の時間がかかること、RSSI に送信パワーを制御するための Golden Range が存在するなどの特徴があり、実際には、無線 LAN と同様な方法で RSSI をそのまま位置検出に利用することができない。端末発見に時間がかかってしまうということは、位置推定のために複数のアクセスポイントを切り替える際、そのたびに長い時間がかかってしまうことになり、移動するユーザの位置のトラッキングには適用できない。また、Golden Range とは、図 6 に示す RSSI

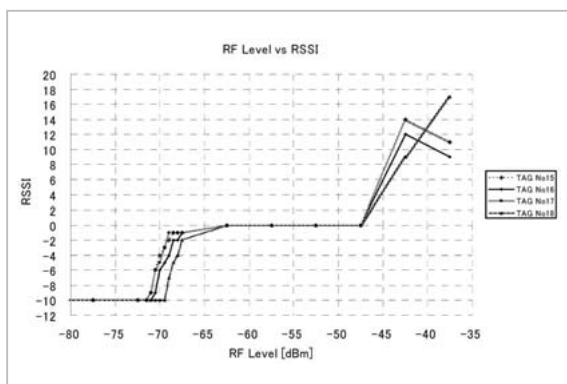


図6 Bluetooth version 1.1における受信信号強度とRSSI値との関係

値と実際の受信信号強度値との関係における、RSSI 値が 0 となるフラットな部分である。この範囲に信号強度が収まってしまうと、アプリケーションレベルで線形な RSSI の変化を検知することができず、位置検出ができなくなってしまう。また、信号強度を利用した方式の一般的な問題であるが、電波の反射、フェージングなどのために、狭い部屋などでは、正確に位置検出することは難しい。

これらの三つの問題点を解決するために、本研究では、①サーチ時間の解決のために、一つのセッションを複数のアンテナで切り替えて利用できる方法を適用し、②Golden Range にトラップされることを回避するために可変アッテネータを導入し、値を変化させながら RSSI を取得し、さらに、③電波強度による位置検出精度を向上させるために、学習型のアルゴリズムを適用する。図 7 に、提案する位置検出システムの構成を示す。一つの基地局からアンテナを切り替えてセンシングできる構成となっている。また、それぞれのアンテナに可変のアッテネータを組み込まれ、これを切り替えながら真の信号強度を推定する。表 2

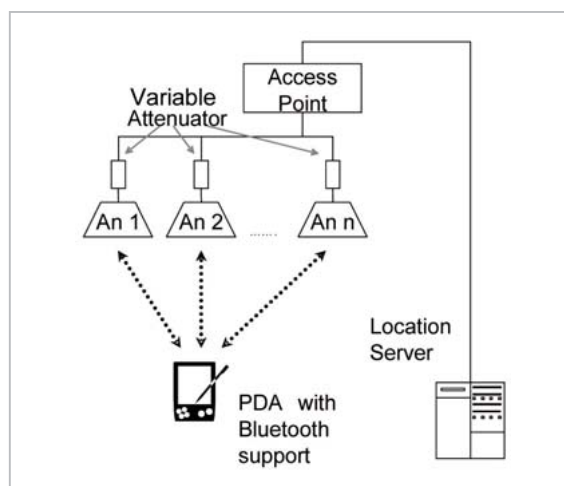


図7 Bluetoothを利用した位置検出システム

表2 実験結果

Att level [dB]	Precision
0	38%
3	39%
6	72%
9	22%
Proposed System	92%

は、本システムの位置検出の成功率を、誤差が 2 m 以内に収まった割合で示している。0, 3, 6, 9 はアッテネータがそれぞれの値 (dB) に固定された場合で、proposed がアッテネータを変更させながら RSSI を取得する提案手法の結果である。図 10 に示すようなテストベッドルームで測定した結果、提案方式では 92 % の誤差となっており、大きな改善が見られた。

3.2 ユーザコンテキスト管理フレームワーク

表 1 に示すように、位置検出には様々な種類の方法があるが、屋内屋外を問わず、どこでも一つの方式でカバーすることは非常に難しい。GPS は、屋外ならどこでも位置検出が可能であるが、屋内に入ると使えないため、ユーザ位置をトラッキングするためには、屋内や地下に入った瞬間に、屋内(地下)の別の位置センサに切り替えるような、複数のセンサのシームレスな利用が必要となる。また、位置センサの中には、フロアセンサや映像など、精度は高いが、対象物(人)の ID 情報が無いものがある。物(人)の認識技術と組み合わせることも選択肢であるが、ID 情報を持つ他のセンサと組み合わせることで ID 付高精度データを作成することも可能である。本研究では、複数の位置センサのデータを切り替えたり、融合して高精度な情報を作成したりすることが可能な、ユーザのコンテキスト推定プラットフォームを提案している。図 8 にその構成を示す。様々なセンサから得られる様々なデータを統合し、ユーザコンテキストを推定してアプリケーションに情報を提供している。

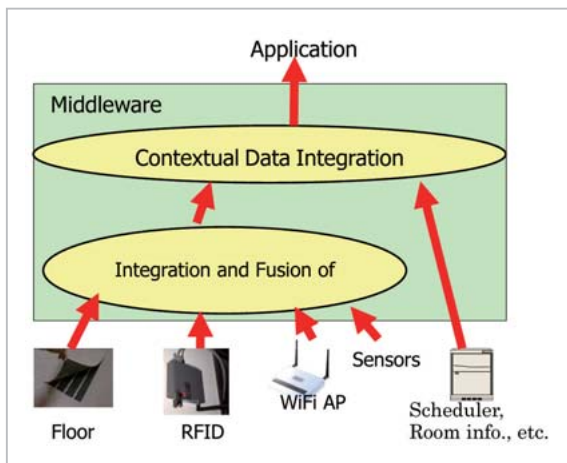


図 8 複数のセンサデータを統合するユーザコンテキスト管理プラットフォーム

ユーザの状態を正確に推定するために、センサ情報だけでなく、スケジューラや部屋の利用状況などの付加的情報も融合させる。例えば、2 の異種端末間ハンドオーバを管理するサービスモビリティプロキシや MIRAI サーバに推定したコンテキスト情報を送ることで、コンテキストウェアなハンドオーバ、着信端末の決定などを行うことができる。

3.3 センサ / アクチュエータネットワークノード

本研究では、情報を取得するセンサノード、情報をユーザに提供するアクチュエータノードについても検討している。センサネットワーク研究の主流となっているのは、ワイヤレスアドホックネットワークノードにセンサを搭載し、情報を取得する省電力なプロトコルなどであるが、実際に利用する場合には、用途や取得したいデータの種類によって、最適なネットワークやノードは異なる。本研究では、ユーザの身近にあるサービスやデータを即座に取得する方式 [7] と、ユーザに情報を提供するアクチュエータのノードについての提案を行っている。

ここでは、センサ / アクチュエータノードとして、IP を使ったノードを考える。センシングする実空間情報は、センサを介してアナログ値で取得して、AD 変換してネットワークで収集する。アクチュエータノードは、ネットワークからのデジタル情報を、DA 変換し、アクチュエータを介して、実空間へと出力する。このようなノードに、例えば、センサとして、マイクを付けると、ネットワーク経由で遠隔の音声を拾うことが可能となり、アクチュエータとして、スピーカを付けると、音声をネットワーク越しに出力することができる。これを拡張させ、パソコンのあらゆるアプリケーションから音声を入出力可能にするために、図 9 に示すように、仮想音声デバイスとして音声転送、受信機能を実装した。この仮想音声デバイスが、PCM の音声信号を生成し、再生したい端末の IP アドレスに向けて、タイミングを合わせながらパケットが送信される。出力したい場所のみに音声を出力したり、出力先を切り替えたり、あるいは、複数のスピーカに同時に送信して再生したりすることも可能にしている。

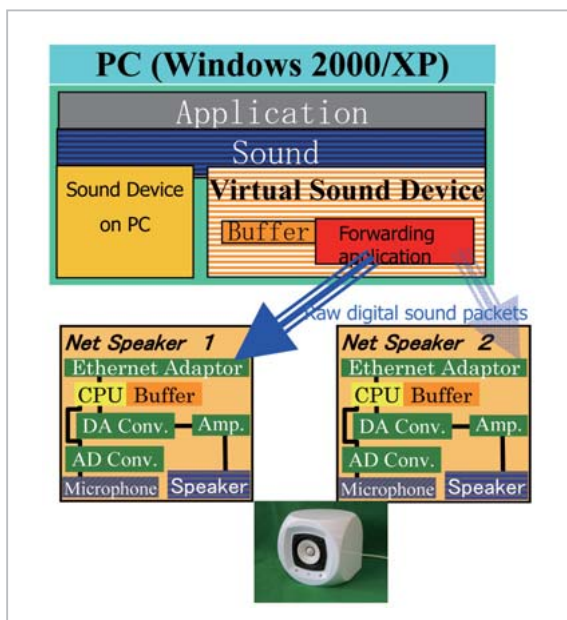


図9 アクチュエータノードにスピーカを接続した端末及びそのシステム構成

3.4 スマートスペーステストベッド

上記のようなユビキタスネットワーク技術、コンテキスト推定技術を、実環境で構築して実証実験を行うことは、技術の有用性、実現性を示すために非常に重要である。テストベッドルームを用いた実証実験は、様々な研究機関で実施されてきている。本研究では、図10のようなテストベッドルームを構築している。床には、フロアセンサ、天井には、RFID タグリーダ、Bluetooth 位置センサ、超音波位置センサ、また、壁面などにはディスプレイやネットスピーカなどの様々なアクチュエータも設置している。無線 LAN のアクセスポイント情報も位置推定に利用する。また、ビル内の廊下にも、RFID タグリーダを設置し、すべてのセンサから、3.2 で述べたサーバに取得したデータを送る。ユーザ側には、RFID タグ、超音波発信機、無線 LAN だけでなく、GPS、方位センサ、加速度センサを搭載した端末を持たせ、それらのデータもサーバに送信する。

このコンテキスト推定サーバから、MIRAIサーバ、サービスモビリティプロキシへとユーザの位置情報、ユーザの状況のパラメータを送ることにより、ユーザの位置に応じた着信、端末の切替え、アプリケーションの切替えなどを行うことができる。

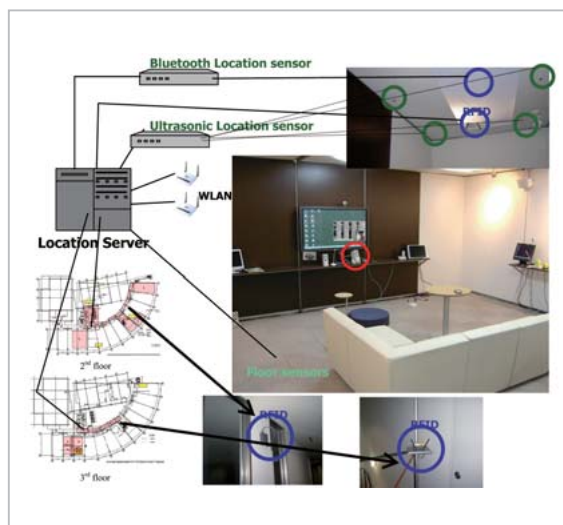


図10 スマートスペーステストベッド

4 まとめ

コンテキストウェアな通信の実現のために、ユーザコンテキストの取得、管理方式から、推定された情報に基づいたユーザへのアクチュエーション方法までを述べた。このような新しいネットワークの利用方法を実用に向けていくためには、実際の利用シーンにより即したものを検討していかなければならない。例えば、より細かな技術提案としては、ユーザが複数のモバイル端末(例えば、携帯電話とノートパソコン)を持っている場合のアドホックネットワーク端末間での異種端末間ハンドオーバ[8]やユーザの状況に合わせたコンテキストウェアな通信サービスの許可、変更方法[9]、さらに、ユーザの状況に応じた最適タイミングでの情報通知方法[10]なども行った。

本稿では、ほとんど PC や PDA のような情報通信端末ばかりを中心に扱ってきたが、異種端末間ハンドオーバのような技術を実用化に向けていくためには、より一般的な機器、家電でも通信可能な方式を設計していかなければならない。例えば、近年、情報家電の標準化も進んでおり、それらもネットワーク接続されるようになってくる。そこで、そのような機器の標準プロトコルを利用した端末切替方式、通信転送方式を実現していくことにより、端末の使い分けの幅を更に広げることができるかと期待される。

参考文献

- 1 M.Inoue, K.Mahmud, H.Murakami, M.Hasegawa, and H.Morikawa, "Novel Out-Of-Band Signaling for Seamless Interworking Between Heterogeneous Networks", IEEE Wireless Communications, Vol.11, No.2, pp.56-63, 2004.
- 2 M.Hasegawa, H.Morikawa, M.Inoue, U.Bandara, H.Murakami, and K.Mahmud, "Cross-Device Handover using Service Mobility Proxy", Proc. of International Symposium on Wireless Personal Multimedia Communications, Vol.2, pp. 1033-1037, 2003.
- 3 M.Hasegawa, U.Bandara, M.Inoue, K.Mahmud, and H.Morikawa, "Service Mobility Proxy for Seamless Handover between Various Devices", International Conference on Pervasive Computing, in "Advances in Pervasive Computing", pp.385-388, 2004.
- 4 H.Murakami, M.Hasegawa, M.Inoue, and H.Morikawa, "Cross-Device and Cross-Network Handover System on Commercial UMTS Terminal", Proc. of International Symposium on Wireless Personal Multimedia Communications, pp.604-608, 2006.
- 5 P.Bahal and V.Padmanabhan. "RADAR : An In-Building RF-based User Location and Tracking System", In Proc. of IEEE INFOCOM, Mar.2000.
- 6 U.Bandara, M.Hasegawa, M.Inoue, H.Morikawa, and T.Aoyama, "Design and Implementation of a Bluetooth Signal Strength Based Location Sensing System", Proc. of IEEE Radio and Wireless Conference, pp.319-322, 2004.
- 7 Y.Taguchi, S.Saruwatari, M.Hasegawa, M.Inoue, H.Morikawa, and T.Aoyama, "U1-Chip : Wireless Communication Module for Fast Service Discovery", International Conference on Ubiquitous Computing, 2004.
- 8 M.Hasegawa, M.Inoue, and H.Morikawa, "Cross-Network and Cross-Device Handover among Mobile, PAN and Shared Terminals by MIRAI Architecture", Proc. of International Symposium on Wireless Personal Multimedia Communications, pp.985-989, 2006.
- 9 U.Bandara, M.Hasegawa, M.Inoue, M.Minami, H.Morikawa, and T.Aoyama, "User Assist Applications with Location Sensors Integration", International Conference on Ubiquitous Computing, 2004.
- 10 T.Nguyen, M.Hasegawa, M.Inoue, and H.Morikawa, "Design and Implementation of Bookmark Handover — A Context-Aware Reminding Application for Mobile Users", International Symposium on Wireless Personal Multimedia Communications, pp.1227-1231, 2006.



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



い の う え ま さ ゆ き
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



Udana Bandara

東京大学大学院情報理工学系研究科博士課程
ユビキタスネットワーク



み な み ま さ て る
南 正輝

芝浦工業大学工学部電子工学科講師(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)
ユビキタスコンピューティング/ネットワーク、センサネットワーク、位置情報システム



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