

異種無線アクセス環境における ネットワークの動的構成手法の検討と実装

野一色 裕人[†] 横田 英俊[†]

無線通信技術の発展とともに、セルラー網に加え、無線 LAN や WiMAX などの多様な無線アクセス手段が広まりつつある。これらの無線アクセス手段を利用者の通信形態に合わせて適切に提供することにより、快適な通信サービスの実現が期待できる。しかし、利用者が各アクセス手段に接続するには、アクセス手段の存在自体を発見した上で、接続に必要な個別のパラメータや認証方法を入手・設定する必要がある。本稿では、利用者がこのような面倒な設定をせずに、その位置や通信形態に合わせて適切なアクセス手段に自動的に接続して通信サービスを受けるためのネットワークコンポジション手法を提案する。さらに提案に沿ったセルラー網利用による実現方法と、その実装について報告する。

Study and Implementation of Dynamic Network Composition Method in Heterogeneous Network Environment

Yujin NOISHIKI[†] Hidetoshi YOKOTA[†]

With the development of wireless communication technologies such as cellular phones, WiFi, and WiMAX, user can access anything, anytime and anywhere using these technologies. However, to connect such access networks, users need to discover existence of the access networks and obtain parameter settings of the access networks. In this paper, we propose a network composition framework that achieves autonomous connection establishment to an access network suitable for user's location and environment without user interaction. Based on the proposed framework, we implement the network composition method supported by cellular networks.

1 はじめに

無線通信技術の発展とともに、セルラー網、WiMAX、無線 LAN や Bluetooth などの多様な無線アクセス手段が広まりつつある。また、無線 LAN や Bluetooth などの短距離無線アクセス手段を搭載した携帯電話端末などの複数のアクセス手段を持つモバイル端末も登場している。このような異種無線アクセス環境において、無線アクセス手段を利用形態に合わせて適切に提供することで、ユーザは場所や時間を問わず快適な通信サービスを受けるこ

とが可能となってきた。図 1 に異種無線アクセス環境の構成例を示す。

しかし、ユーザがアクセス手段に接続するには、アクセス手段の存在自体を発見した上で、複数存在する場合には接続するアクセス手段を決定し、接続に必要な個別のパラメータや認証方法を入手ならびに設定する必要がある。このようなアクセス手段の発見、選択ならびにパラメータ設定の入手や設定には、ユーザ操作の介入を必要としてしまうのが現状である。その一例として、カフェで提供される無線 LAN アクセスサービスをユーザが無線 LAN デバイスを持つ laptop PC 上で受ける場合の操作手順を示す。

[†] 株式会社 KDDI 研究所
KDDI R&D Laboratories, Inc.

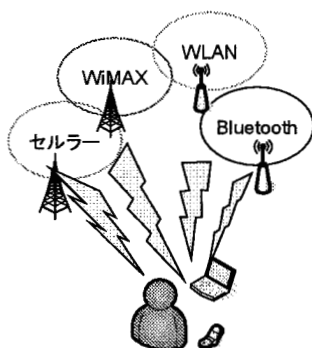


図 1 異種無線アクセス環境

- (1) サービス提供側は、無線 LAN アクセスサービスの存在を通知するとともに、接続に必要な設定情報として SSID や WEP キーなどの情報を提供する。
- (2) ユーザは提供された無線 LAN の SSID や WEP キーの情報を元に、laptop PC に設定パラメータを入力し、ネットワーク接続を開始する。
- (3) ユーザは、無線 LAN アクセスサービスを受けるため、クレジットカード情報などの課金に必要な情報を入力し、サービスへの申し込みを行う。もしくは、ユーザは事前にそのカフェで提供される無線 LAN アクセスサービスへの申し込みを行っておき、それにより提供されたユーザ ID とパスワードを入力する。
- (4) 上記の操作を完了するとユーザへの無線 LAN アクセスサービスの提供が開始する。

本稿では、ユーザがこのような面倒な操作を必要とせず、その位置や通信形態に合わせて適切なアクセス手段に自動的に接続して通信サービスを受けるための手法について検討する。実現のためのフレームワークとして複数のネットワークを Plug and Play で動的に構成することを規定したネットワークコンポジション技術[1][2]に着目した。本技術では、最小限のユーザ介在で、複数のネットワークの間で、接続確立、制御動作の共有ならびに相互動作の実現を目指している。そこで、ユーザが複数のアクセス手段に接続可能な異種無線アクセス環境において、本ネットワークコンポジション技術を適用し、接続が確立し

たアクセス手段により、他の無線アクセス手段への動的構成を実現することを目指す。

以下、2 節では関連する研究を示し、3 節は、本稿で提案するネットワークコンポジション手法に基づくフレームワークについて記述する。4 節では提案する手法の具体的な実現方法について述べる。5 節には利用例と考察を行い、最後にまとめと今後の課題を述べる。

2 関連研究

ネットワークデバイス設定の自動化、効率化についてはいくつかの提案が行われており [3-7]、一部ではこれらの提案に沿ったネットワーク機器の実装も登場している。

無線アクセス手段への IP ネットワークレベルでの接続確立を効率化、自動化する手法として、Universal Plug and Play (UPnP) [3]が提案されている。本手法では、ネットワーク上のデバイス発見、アドレッシングならびに名前解決を自動的に行う。本技術をサポートしたネットワークデバイスは、LAN や WLAN などのネットワークに接続するだけで、操作や設定作業を行うことなく動作が可能となる。各機能の実現に、DHCP や DNS などインターネットで広く使われている技術を基盤としている点も特徴として挙げられる。

また、Internet Engineering Task Force (IETF) の Zeroconf WG [4]では、LAN 内に接続された PC や周辺機器、ならびにそれらのデバイス上で動作しているアプリケーション等といった一連のエンティティに対し、設定を必要とせずネットワークに参加させる事を実現する。主な機能としては、DHCP サーバや DNS サーバなどの管理サーバを利用することなく、アドレス割り当てや名前解決ならびにサービス発見などを実現することが挙げられる。

同様の技術として、Jini [5]においても PC や周辺機器などがネットワークを通じて接続し、相互に機能を提供することを実現する。本機能に対応したデバイスはネットワークに接続するだけで、複雑な操作や設定作業を行うことなく動作させることができる。Jini は JAVA をベースとして機能を実現させるため、ネットワークデバイスは JAVA の実行する環境が必要となる。

ルータやスイッチなどを含むネットワーク機器の自動設定プロトコルとしては IETF によ

り Netconf [6][7]が規定されている。本手法では、ネットワーク機器の構成設定のインストール、操作ならびに削除を実現する。本手法の特徴としては、ネットワーク機器の設定を記述した構成データの記述に、Extensible Markup Language (XML)ベースのデータ形式を利用し、管理サーバを Remote Procedure Call (RPC)によって呼び出すことにより利用することができる。

一方、本稿で対象とするような無線アクセス手段そのものへの接続確立には、上述したIP ネットワークレベルでの接続確立の前に、そのユーザの位置においてどのような無線アクセスサービスが提供されているかを知る必要がある。また、無線アクセス手段の多様化と細分化に伴い、接続に際してはその無線アクセス固有の無線設定を行う必要がある。さらに、サービスの提供のためには、適切なアクセス認証を経てセキュアな通信確立が求められる。

3 異種無線アクセス環境におけるネットワーク動的構成

3.1 ネットワークコンポジション技術

本稿で注目するネットワークコンポジション技術について述べる。本技術は、ユーザの状況を理解し、最適なネットワーク環境の提供を目指す Ambient Networks [8]における主要コンセプトとして提案されている[9]。提案では、複数のネットワークの間で、接続確立、制御動作の共有ならびに相互動作を Plug and Play で実現することを目指している[1]。

3GPP [10]では、すべてのネットワークをIPベースで接続するオール IP ネットワークにおける将来技術として、複数のドメインに属する異種アクセス網をユーザが意識することなく、自由に組み合わせて利用し、必要な情報にアクセスするためのネットワーク機能、インタフェースに関して検討されており、サービス実現のための要求条件や処理手順ならびにユースケースなどが示されている[2]。

3.2 ネットワーク動的構成実現フレームワーク

本稿では、ネットワークコンポジション技術のコンセプトに沿って、異種無線アクセス

環境における無線アクセス手段へのネットワーク動的構成実現方法として、接続が確立したアクセス手段を基盤として、ユーザネットワークから他の無線アクセス手段への動的接続構成を検討する。動的構成実現のための動作として、以下の3つの手順を規定する。

(1) ユーザ環境に合わせた無線アクセス手段の発見

ユーザの持つ無線アクセス手段のうち、ユーザの環境においてサービス可能なものの発見を行う。ユーザの環境条件としては、位置やユーザの望むサービス品質や料金などの利用条件などが考えられる。複数のアクセス手段が発見された場合にはユーザの環境条件に最も適したものを選択する。

(2) 無線アクセスへの接続設定情報の取得

手順(1)によって発見された無線アクセス手段において、接続に必要なパラメータ情報や、サービス提供を受けるためのユーザID やパスワードなどの認証情報をユーザに提供する。無線アクセス手段への設定情報の例として、無線 LAN では SSID、WEP キーなどが挙げられる。

(3) 接続設定情報の自動構成

手順(2)によって得られた設定情報をユーザが介在することなく自動設定することでアクセス手段への接続を確立する。

これらの一連の動作が、確立済のアクセス手段からの働きかけにより提供されることにより、ユーザは最小限の操作で、より快適な機能を持ったネットワークの利用が可能となる。図 2 に提案フレームワークの概要を示す。

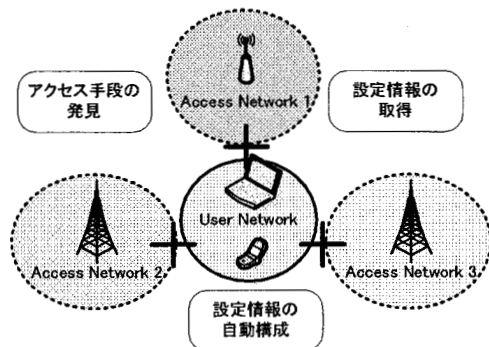


図 2 異種無線アクセス環境におけるネットワークの動的構成実現のためのフレームワーク

4 セルラー網を利用した実現方法と実装

前節で示したネットワーク動的構成フレームワークに従い、具体的な実現方法を示す。

4.1 基盤アクセス手段への要求条件

実現にあたり、基盤となる確立済アクセス手段に要求される機能を示す。

(1) 常時接続性

アクセス手段への動的な自動構成を実現するためには、基盤となる確立済アクセス手段には常時、もしくはそれに近い接続可能性が必要となる。

(2) 安全性への配慮

異種無線アクセス環境においては、ユーザに対し悪意を持った不特定のアクセス手段が存在する可能性がある。また、アクセス手段の利用可否にはユーザ認証が必要となる。したがって、アクセス手段の動的構成に必要な設定パラメータや認証情報を得るためには、基盤となるアクセス手段は、安全な方法で認証可能なことが望ましい。

セルラー網は、広域なカバーエリアを持ち、SIM カードなどによるユーザ認証基盤を持つという特徴がある。したがって、上述した要求条件をすべて満たすことができる。また、携帯電話端末は GPS の測位機能を持ったものがあり、アクセス手段発見動作のトリガやアクセス手段提供エリアの判断材料として位置情報が利用可能なため、ネットワークコンポジションの実現プラットフォームとして期待できる。

そこで、図 3 に示すように、確立済の基盤アクセス手段をセルラー網としてネットワーク動的構成を実現する。すなわち、ユーザの位置や通信品質要求を元に、セルラー網と連携した管理サーバが適切な接続先の決定や接続設定の提供を行うことで無線アクセス手段への自動接続を実現する方法を示す。

4.2 セルラー網を利用した実現方法

想定するネットワーク構成を図 4 に示す。ユーザは携帯電話端末によりセルラー網へ接続し、その接続をネットワーク動的構成実現の基盤とする。動的構成の対象となる他の無線アクセス手段としては、携帯電話端末に備

えられた Bluetooth などや、PAN などにより携帯電話端末と接続した PC の無線 LAN などを想定し、これらのアクセス手段での動的構成を実現する。このとき、前提としてユーザは事前に提供されるアクセス手段の情報を知らなくてもよい。また実現にあたっては、動作中の操作がなるべく介在しない形を目指す。

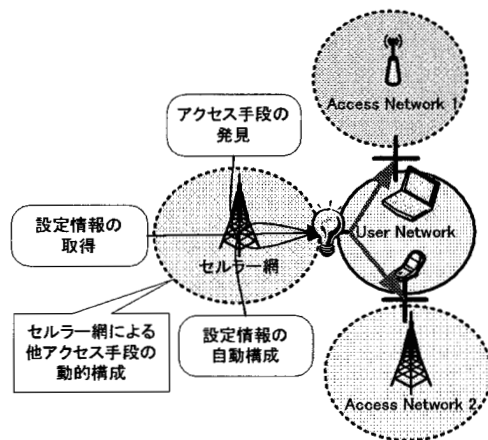


図 3 セルラー網利用した動的構成

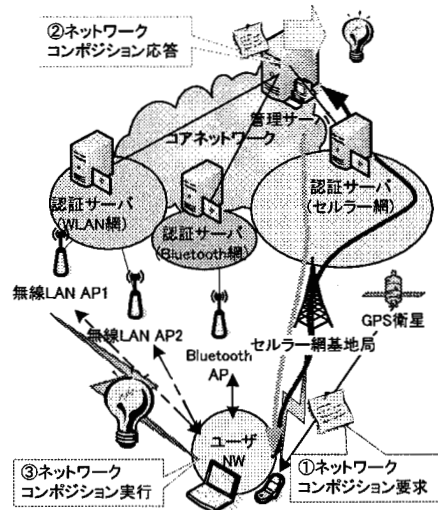


図 4 想定するネットワークと動作概要

実現動作では以下の 3 つの手順を規定する。

(1) ネットワークコンポジション要求

ユーザネットワークでは、ユーザの環境情報として、携帯電話端末で取得した位置情報、要求する通信品質ならびに保持する

無線アクセス手段などを搭載した要求メッセージを作成し、セルラー網経由で管理サーバへ送信する。本動作のトリガとしては、位置情報による移動検知やアプリケーションからの通信要求によるものが考えられる。

(2) ネットワークコンポジション応答

管理サーバは、セルラー網を経由して送信された要求メッセージを受信し、メッセージ内容を元にデータベースを参照してユーザ環境に適した無線アクセス手段の選択し、その無線アクセス手段への接続設定を応答メッセージに搭載する。応答メッセージはセルラー網を経由して携帯電話端末に返信される。

(3) ネットワークコンポジション実行

応答メッセージを受信したユーザネットワークでは、選択された無線アクセス手段に対し接続設定を自動的に反映して、接続が完了する。

上述した実行手順において、携帯電話端末、セルラー網ならびに管理サーバが機能実現のための主要な構成要素となる。

携帯電話端末は、ネットワークコンポジション要求ならびに応答メッセージなどの作成および送受信を行うとともに、ユーザ環境情報や要求動作トリガとしての位置情報を GPS 機能などにより取得する。なお、接続の際の要求通信品質情報については設定プロファイルとして事前に用意するものとする。設定プロファイルは一つだけではなく、例えばアプリケーションごとに対応するプロファイルを用意することでより柔軟なアクセス手段要求基準を規定できる。

セルラー網は、携帯電話端末と管理サーバとの間のセキュアな通信網を提供するとともに、携帯電話端末の認証もあわせて行う。この認証により、管理サーバへのアクセス権限や、どのアクセス手段が利用可能かの判断などを行う。

管理サーバは各アクセス手段の情報をデータベースとして保持し、アクセス手段の種類、位置、設定情報を登録するとともに、セルラー網での認証情報に基づいて、ユーザにどのアクセス手段を提供可能かの情報も管理する。また、アクセス手段の QoS 情報もあわせて管理し、ユーザの要求通信条件にあわせたアクセス手段の選択基準とすることで、ユーザ環

境にあわせたアクセス手段の提供も可能となる。

4.3 実装

前節で示した実現方法を実機上に試作した。装置構成を図 5 に示す。装置構成は、ユーザネットワークを構成する携帯電話端末と laptop PC、セルラー網経由で動的構成のための設定情報を提供する管理サーバ、アクセス手段として無線 LAN アクセスポイントならびに Bluetooth アクセスポイントを用いた。また、アクセス確立後の通信相手としてアプリケーションサーバを用いた。

ユーザネットワークからのアクセス手段としては、セルラー網への通信の他に、携帯電話端末は Bluetooth を備え、laptop PC は無線 LAN と Bluetooth を持つものを用いた。携帯電話端末と laptop PC 間の通信は Bluetooth の Serial Port Profile (SPP) を用いた。

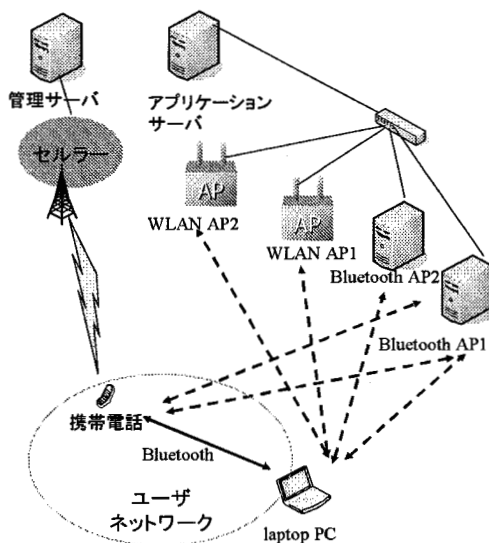


図 5 実装置構成

利用した携帯電話端末ならびに laptop PC の諸元を表 1 ならびに表 2 に示す。提案機能の実装は、携帯電話端末では BREW[11]プラットフォーム上にアプリケーションとして実現し、laptop PC では Windows XP アプリケーションとして実現した。4.2 節に示した 3 つの手順の実行のために、次に示す機能をそれぞれの端末上に新規に実装した。

(1) 無線インタフェース動的設定機能

無線 LAN や Bluetooth の設定情報の入力などを行う。携帯電話端末での Bluetooth 設定には BREW の API を用いた。また、laptop PC では無線 LAN の設定に Windows XP の Wireless LAN API[12] を用い、Bluetooth の設定には、BlueSoleil[13]の API を利用した。

(2) メッセージ処理機能

ネットワークコンポジション要求ならびに応答メッセージの作成を行う。メッセージは XML ベースで各種情報を記述する形とした。携帯電話端末では、laptop PC から Bluetooth 経由で送信されるメッセージへの位置情報や認証情報の付加などの処理も行う。携帯電話端末からのセルラー網ならびに Bluetooth による通信はそれぞれ BREW に用意された API を用いた。また、要求メッセージに搭載する位置情報は、BREW の API により取得した。

(3) トリガ機能

ネットワークコンポジション要求のトリガとして、以下の動作を実装し、複数を組み合わせて動作できるようにした。

(a) 定期的な実行

(b) 前回実行時からの移動距離が閾値を超えたとき

(c) 接続中のアクセス手段の切断検知時

(d) アプリケーション実行時

動作(b)に必要な位置情報は、携帯電話端末により取得したものを用いた。laptop PC は携帯電話から Bluetooth 経由で位置情報を取得した。

(4) 要求通信品質プロファイル設定機能

ネットワークコンポジション要求動作の際に要求メッセージに搭載されるユーザー環境情報として、要求する通信品質のプロファイル情報を設定可能とした。本実装ではプロファイル情報として、伝送速度下限値ならびにコスト上限値の 2 つを用いた。設定ファイルはいつでも切り替え可能とし、また、トリガ機能において、アプリケーション連動で実行する際には、対応するアプリケーションごとにプロファイルの設定を可能とした。

表 1 携帯電話端末諸元

端末名	東芝製 W44T
無線アクセス手段 1	CDMA 2000 1x EV-DO Rev.0
無線アクセス手段 2	Bluetooth (Version 1.2)
実装プラットフォーム	BREW 3.1

表 2 laptop PC 諸元

端末名	Panasonic 製 Let's Note R5
無線アクセス手段 1	IEEE 802.11b/g
無線アクセス手段 2	Bluetooth (Version 2.0)
実装 OS	Windows XP SP2

動的構成のための設定情報を提供する管理サーバは Windows XP 上に MySQL[15]を用いてデータベースを構築し、ユーザーネットワークからの要求に回答する実装を行った。要求メッセージに搭載された、ユーザーが保持するアクセス手段、位置、要求通信品質プロファイルと、管理サーバ上のデータベースに登録された、アクセス手段の種類、位置、QoS 情報を元に、下記の通りアクセス手段を選択する。

(a) ユーザーの持つアクセス手段により対象を絞り込む。

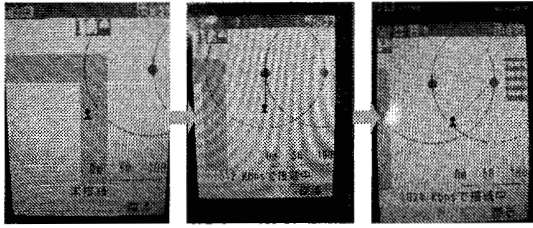
(b) ユーザーの位置から、提供可能な対象を絞り込む。

(c) ユーザーの要求通信品質のうち、伝送速度下限値を満たすものを絞り込む。

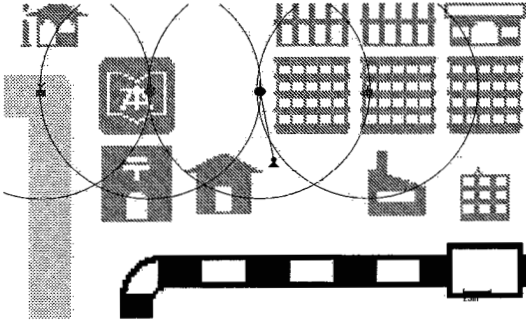
(d) ユーザーの要求通信品質のうち、コスト上限値を満たすものを絞り込む。

上述の手順によりユーザーに提供されるアクセス手段が選択されると、そのアクセス手段の設定情報を搭載した応答メッセージを作成し、セルラー網経由でユーザーに返信する。

また、携帯電話端末ならびに laptop PC には、動作確認用の GUI アプリケーションを実装した。図 6 に、各端末のスクリーンイメージを示す。画面は地図画面を表しており、ユーザー位置が中央のアイコンで示される。各アクセス手段も地図上にアイコンで示され、アクセス手段の選択の様子が確認できる。



(a) 携帯電話端末



(b) Laptop PC

図 6 動作確認用画面

5 利用例と考察

5.1 利用例

本稿で示した実現動作の利用例を示し、さらに機能の拡張性について考察する。

(1) 公衆無線 LAN アクセスサービスの提供

1 節で述べたカフェでの無線 LAN サービス提供に本手法を適用した場合を示す。本手法提案前には前述の通り、複数のユーザ操作が必要であった。提案手法では、ユーザの PC はカフェに到着すると、その位置や定期的な実行処理をトリガに携帯電話端末経由でネットワークコンポジション要求ならびに応答動作を行う。これにより、laptop PC の持つ無線アクセス手段であり、カフェで提供される無線 LAN AP が発見される。さらにネットワークコンポジション実行動作により、設定情報は自動で取得ならびに入力され、発見されたアクセス手段をユーザの介在なしに接続完了することができる。

なお、サービス提供側はアクセス手段の位置情報、SSID などの設定情報ならびにユーザ認証情報を事前に管理サーバに登録しておく必要がある。また、ユーザ側の準備

としては必要であれば要求通信品質プロファイルを設定しておく。

(2) オフィスでの無線 LAN アクセスの提供:

オフィスではセキュリティの観点などから無線 LAN の SSID を広報せず、アクセスを許可する PC には事前に管理者による設定をしておくような運用が考えられる。本手法を適用した場合には、SSID の広報がなくてもセルラー網経由で無線 LAN アクセスを発見できる。また、管理サーバに無線 LAN アクセスの設定情報を一元管理できるため、集中的な管理・運用が可能となる。

利用例(1)では、提案方法において、セルラー網と無線 LAN アクセスサービスとのローミング条件をネットワーク側であらかじめ締結しておくことで、多様なサービス提供形態への対応が期待できる。また、利用例(2)では、社員には社内 LAN や外部接続などのすべてのアクセスを許し、訪問者には外部接続のみを許すなど、ユーザの種類ごとに許可するアクセスを制御することでより汎用的なサービスの実現が可能となる。

5.2 アクセス手段選択についての考察

本稿における実装では、アクセス手段の発見はユーザからの位置などをトリガにした要求動作に対し、セルラー網経由で管理サーバが応答して実現している。一方、アクセス手段によってはその存在を広告している場合もあり、その情報を元に発見処理を行うことも可能である。しかし、本提案手法を用いた場合、5.1 節で述べたように、存在を広報しない非オープンなアクセス手段に対しても適用可能である。また、提案手法により複数のアクセス手段が広報されている場合にはその中からユーザの要求通信品質に適したものの選択も可能となる。

本実装では、ユーザの要求通信品質として、伝送速度下限ならびにコスト上限値を用いた。これらを用いることで、決められたコストの範囲内で伝送速度の速いアクセス手段の選択や、コストに関係なく伝送速度の速いアクセス手段を選択するなど、多様なユーザの要求にこたえることができる。また、アプリケーションごとに伝送速度下限を設けることで、Web 閲覧やメールには低伝送速度のものを選び、動画ストリーミングには幸伝送速度のもの

のを選ぶなど、そのアプリケーションに適したアクセス手段の選択が可能となる。

[13] BlueSoleil, <http://www.bluesoleil.com/>

[14] MySQL, <http://www-jp.mysql.com/>

6 まとめと今後の課題

本稿では、多様な無線アクセス手段に対し、ユーザの介在を最小限にした上で、適切なアクセス手段に自動的に接続するネットワークコンポジション手法についての検討をセルラ一網と連携した実現手法とともに示した。さらに、提案手法を基にした実装環境を示した。今後は実装環境上で動作検証を行う。

最後に、日頃御指導頂く KDDI 研究所秋葉所長に感謝致します。

参考文献

- [1] C. Kappler, P. Menders, P. Poyhonen, C. Prehofer and D. Zhou, "A Framework for self-organized Network Composition," Proc. of 1st IFIP TC6 WG6, vol. 6, Springer, 2004.
- [2] 3GPP, "Network Composition Feasibility Study," TR 22.980, Version 8.1.0, 2007.
- [3] UPnP Forum, <http://www.upnp.org/>
- [4] IETF Zero Configuration Networking (zeroconf) WG Charter, <http://www.ietf.org/html.charters/OLD/zerocnf-charter.html>
- [5] Jini Network technology, <http://www.sun.com/software/jini/>
- [6] IETF Network Configuration (netconf) WG Charter, <http://www.ietf.org/html.charters/netconf-charter.html>
- [7] R. Enns, "NETCONF Configuration Protocol," IETF RFC 4741, 2006.
- [8] Ambient Networks Project, <http://www.ambient-networks.org/>
- [9] N. Niebert, A. Schieder, H. Abramowicz, G. Malmgren, J. Sachs, U. Hom, Ch. Prehofer and H. Karl, "Ambient Networks: An Architecture for Communication Networks beyond 3G," IEEE Wireless Communications, 2004.
- [10] 3GPP, <http://www.3gpp.org/>
- [11] BREW, <http://brew.qualcomm.com/brew/en>
- [12] Wireless LAN API for Windows XP Service Pack 2, <http://msdn2.microsoft.com/en-us/library/bb204766.aspx>