

モバイル・ユビキタス統合アーキテクチャの提案 ー通信統合への応用ー

藤野 信次[†] 福田 茂紀[†] 石原 進[‡] 水野 忠則[‡]

[†] 株式会社富士通研究所 [‡] 静岡大学

リモートにあってどこからでもアクセスできるモバイルサービスと、ローカルにあってユーザのいる場所に依存するユビキタスサービスを統合するアーキテクチャを提案する。モバイルサービスとユビキタスサービスの連携はローカルの端末上で実行することもできるし、リモートネットワーク上で実行することもできる。これらを状況に応じて柔軟に選択または組合せ可能なアーキテクチャを実現することが課題である。提案アーキテクチャではリモートネットワークと端末上にユーザ毎に存在する2つのパーソナルエージェントが連携し、分散処理することで解決する。これらのエージェントはユーザが選択するタスク（メタサービス）に関連づけられたサービスシナリオに沿って、リモートネットワークと自身の端末上や他の端末、デバイス上にあるサービスを連携・統合する。全てのサービスはUPnPの枠組みに沿って定義される。本稿ではこのアーキテクチャを端末自身のネットワークを含むローカルネットワークとリモートネットワークの通信サービスに適用し、複数経路統合による動的帯域拡大システムに応用可能なことを示す。

Proposal of Mobile Ubiquitous Convergence Architecture - Applied to Network Communication Services -

Nobutsugu FUJINO[†] Shigeki FUKUTA[†] Susumu ISHIHARA[‡] and Tadanori MIZUNO[‡]

[†] Fujitsu Laboratories Ltd. [‡] Shizuoka University

We propose mobile ubiquitous convergence architecture where mobile services in remote networks, not depending on the user location, collaborate with ubiquitous services in local network, depending on the user location. Requirements for collaboration among mobile and ubiquitous services are flexibility on various application and network environments, user customization, and security. In the proposed architecture, two personal agents, in the remote network and on the terminal, assigned by every user cooperate with each other, and make services in the remote networks and local own terminal and networks to run and cooperate according to service scenario corresponding to each task. All services are defined with Universal Plug and Play (UPnP) framework. This paper also shows the dynamic bandwidth enhancing mechanism using integration of plural remote networks and local networks, as an example applied this architecture to network communication services.

1. はじめに

無線 LAN や 3G 携帯携帯電話の普及により、いつでもどこでもオフィスやインターネット・プロバイダのサーバにアクセスし、メールのようなサービスを楽しむようになってきた。一方、無線 LAN スポットや車向けの狭域通信システム (DSRC) の普及により、店舗・施設情報の提供やプリンタ提供サービスといった、その場その場で役に立つ情報やサービスの提供が期待されている。

前者のようにリモートの環境に存在して、ユーザの場所に依存せずに、どこからでも受けられるサービスをモバイルサービス、後者のようにローカルの環境に存在し、ユーザのいる場所に依存して、その場その場で受けるサービスをユビキタスサービスと呼ぶことにする。

我々はこのようなモバイルサービスとユビキタスサービスの統合について研究している。今までモバイルサービスやユビキタスサービスの一環としてシームレスローミング[1]や空間

情報サービス[2]の研究を行ってきた。今後はこれらのサービスを連携、統合する技術が重要になると考えている。メール等のサービスをどこにいても受けたいという要求は本質的なものであり、特に企業ユーザの社内メールや業務サーバへのアクセスは存続するだろう。一方、我々の周りに存在する機器や端末が持つ機能（サービス）は、それぞれは単純でも、それらを連携、組み合わせることでモバイル端末の持つ能力を拡張し、サービスの利便性を向上できると考える。

本稿ではこのようなモバイルサービスとユビキタスサービスの統合を柔軟かつ安全に行うアーキテクチャを提案する。本稿ではこれらのサービス統合とその課題について述べる。次にそれを解決する統合アーキテクチャについて述べる。更に本アーキテクチャの応用として端末のローカル通信機能とリモート通信機能の統合による動的通信帯域拡大サービスについて述べる。

2. モバイル・ユビキタスサービス統合

モバイルサービスとユビキタスサービスの連携・統合の方法は様々なものが考えられるが、以下の3つに分類できる；

- (1) ローカル環境での統合
- (2) リモート環境での統合
- (3) それらの組み合わせ

図1にそれを模式的に示す。ここで m_i はモバイルサービス、 u_j はユビキタスサービス、 m_i' は m_i に対応するローカル側にあるサービス、同様に u_j' は u_j に対応するリモート側にあるサービスを示す。

モバイルサービスは通常、リモートにあるサービス m_i を利用する際にユーザインタフェースが必要なためにローカルの端末上に対応するサービス m_i' が存在する。従って (1) のようにローカル環境上で連携するのが自然である。一方、ローカルにあるユビキタスサービス u_j に対応するサービス u_j' がリモート側にある

場合には、(2) のようにリモート側で連携することも考えられる。(3) はそれらを複合したものである。

表1にそれぞれの利害得失を示す。(1) ではリモートのサービス統合環境は必要ないが、端末等のローカル側の統合環境が必要である。またモバイルサービスを実行する端末（モバイル端末）にはリモートとローカルの通信能力が必要だが、ユビキタスサービスが存在するデバイス（ユビキタスデバイス）にはローカルとの通信能力のみがあればよい。一方、(2) ではローカル側のサービス統合環境は必要ないので負荷は小さいが、リモート側にユビキタスサービスに対応するサービスが存在し、かつそれらの統合環境が必要になる。またモバイル端末やユビキタスデバイスにローカル間の通信能力は必要ないがリモートとの通信能力はいずれにも必要になる。(3) ではリモート、ローカルとも統合環境は必要になるが負荷はどちらで処理するかにより、大小が入れ替わる。またローカルの通信能力はモバイル端末、ユビキタスデバイスとも必要だが、リモートとの通信能力は必ずしも両方にある必要はなく、いずれかにあればよい。

例えばリモートサーバ上にあるファイルをローカルのプリンタで印刷する場合には、ユーザのモバイル端末がそのプリンタで印刷できるサービス（プリンタドライバ）を持っていればプリントアウトすべき内容をリモートサーバから端末上に移し、ドライバで印刷可能な形式に加工してプリンタに渡せばよい。これは (1) の方法である。モバイル端末またはローカルネットワーク上にそのようなサービスを持たない場合には、例えばリモートサーバがローカルのプリンタに対応するドライバを持つプリンタサーバを探し出し、プリントアウトすべき内容をそのプリンタサーバに転送し、そこからネットワーク越しにローカルのプリンタに出力させるという方法が考えられる。これは (2) の方法である。

以上で述べたようにモバイルサービスとユビキタスサービスの統合は与えられた環境や状

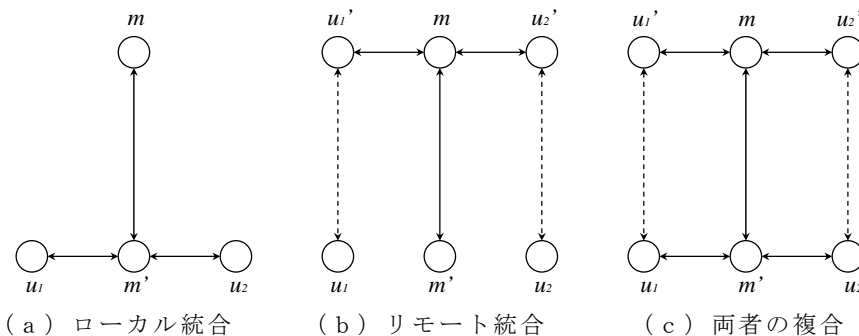


図1 モバイル・ユビキタス統合

表1 モバイル・ユビキタスサービス統合の分類

		ローカルでの統合	リモートでの統合	両者の複合
リモート統合環境(負荷)		不要(小)	要(大)	要(小~大)
ローカル統合環境(負荷)		要(大)	不要(小)	要(大~小)
リモート通信	モバイル端末	要	要	要
	ユビキタス端末	不要	要	不要(あっても可)
ローカル通信	モバイル端末	要	不要	要
	ユビキタス端末	要	不要	要

況により実現方法は異なるが、どのような状況でもなるべくユーザの実行したい仕事(タスク)を実現することが重要である。

3. サービス統合の要件

ユーザが実行したいタスク[3]はユーザにより様々である。従って、連携・統合の仕組みは様々なタスクに応用できるものである必要がある。またその実現方法はユーザ毎にカスタマイズできる必要がある。

また、モバイルサービスを受ける端末(モバイル端末)は様々な場所に移動するため、ネットワークや周りのサービス環境は様々に変化する。従ってこれらの環境変化にも柔軟に対応できる仕組みが必要である。

またモバイルサービスで扱うデータは企業のイントラネットやホームネットワーク内のものであるから、移動した先のローカルネットワークに無闇に流すわけにはいかない。従って

何らかのセキュリティ対策が必要になる。

以上のことから、サービス統合の要件は以下のようになる：

- (1) 多様なアプリケーションへの対応
- (2) 多様な環境への対応
- (3) ユーザカスタマイズ
- (4) セキュリティ

次章でこれらの要件を満足するアーキテクチャを示す。

4. 統合アーキテクチャ

図2に提案するアーキテクチャを示す。ユーザ毎に割り当てられ、リモートネットワークとモバイル端末上に配備される2つのパーソナルエージェント[4] (PA, PA')が協調連携するマルチエージェントアーキテクチャである。これらのエージェントはそれぞれリモートネットワークとローカルネットワーク上でサービス連携を行なうサービスコーディネータとして動作する。これは2章で説明した(3)の方式であり、これによりリモート、ローカルでのサービス統合の処理を、サービスやネットワークの状況に応じて柔軟に振り分けることが可能になる。

両エージェントは個々のサービスを管理するサービス・ディレクトリ (SD) と、ユーザのタスク(メタサービス)を管理するタスク・ディレクトリ (TD) を持つ。TDにはタスク毎に定義される(1)タスク実行のために必要なサービスリスト、(2)それらの駆動条件や順序を示すサービスシナリオを格納する。これらは同じタスクに対してリモート用と端末(ローカル)用のものを持つ。

全てのサービスは UPnP サービス[5]として定義され、XMLで記述されたサービス記述を持つ。

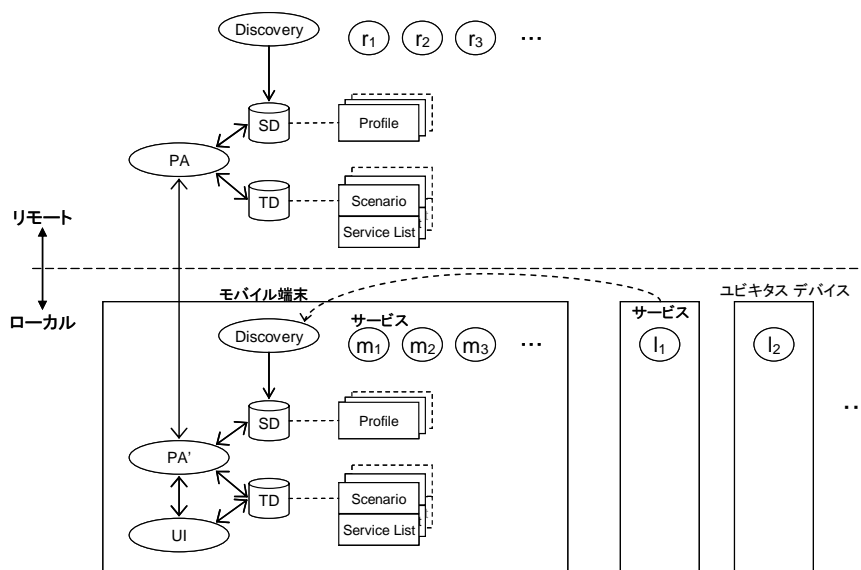


図2 モバイル・ユビキタス統合アーキテクチャ

エージェントや、端末・サーバのネットワーク通信機能も UPnP サービスとして扱う。

図 2 ではリモートネットワーク上のサービスを *ri*、モバイル端末上のサービスを *mi*、モバイル端末以外のローカルネットワーク上にあるサービスを *li* で示している。端末とリモートネットワーク上には UPnP ベースのサービス発見機構 (Discovery) が存在し、新たなサービスを発見した場合は SD にサービス記述を登録する。ただし、同一端末、サーバ上のサービスは搭載された段階で SD に登録され、UPnP のサービス発見機構を介す必要はない。

端末にはユーザインタフェース (UI) を持ち、PA' と連携する。PA' は最初にユーザが何らかの方法で TD の登録をすることにより、ユーザ毎にカスタマイズされる。端末でのログインと連動させ PA との対応を取るようになれば端末移動によるパーソナルモビリティを確保することが可能だが、これについては本稿では取り扱わない。

4.1. エージェントによるリモート・ローカル連携

ユーザが UI を通じて特定のタスクを選択すると、モバイル端末上の PA' はリモートの PA にどのタスクが選択されたかを通知する。PA と

PA' は各々の TD を参照し、対応するシナリオに沿って処理を行う。シナリオは通常、複数のサブシナリオからなり、SD に登録されたサービスやネットワークの状況に応じてサブシナリオを選択する。そして選択されたサブシナリオに沿ってサービス間の連携や通信を行い、タスクを実行する。PA と PA' はシナリオに沿って互いに通信を行い、協調しながら処理を行なう。タスクを実行するのに十分なサービスが存在しない場合はユーザにエラー通知をして終了する。

以上で述べたようにシナリオを記述することにより、様々なタスク (アプリケーション) を定義することができる。またリモートの PA とローカルの PA' がサービスやネットワークの状況に応じてシナリオを実行することにより、各々のサービスの連携の仕方を柔軟に変えることができる。シナリオの組み方によって、ある場合にはローカル側で統合したり、ある場合にはリモート側で統合したりと柔軟に対応できる。また、ユーザ毎にシナリオの記述を変えることで容易にカスタマイズが可能である。

シナリオは属性とルール、プロセスの集合とみなせるので一種のポリシー [6] を記述できる。これにより、不用意なネットワーク接続等を防止できるので、ある程度のセキュリティ対策が可能である。

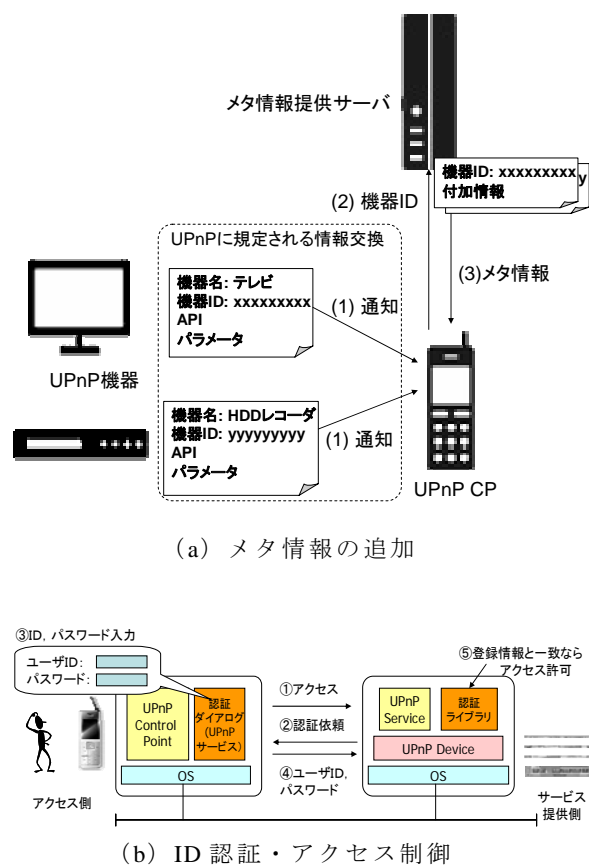


図 3 UPnP の拡張

4.2. UPnP の拡張

本アーキテクチャは UPnP をベースにしている。各サービスは UPnP サービスとして定義されるが、Control Point に相当するのは Discovery と PA または PA' である。サービス発見、取得までは Discovery モジュールで行うが、サービス呼出し、イベント処理等は PA または PA' が行う。モバイル環境にあるサービスとユビキタス環境にあるサービスを動的に連携するためには、常に互いのサービスの存在を知る必要がある。UPnP ではサービス発見のための通信手段としてマルチキャストを使用するが、一般的にモバイル通信で 사용되는 VPN ではマルチキャストパケットを通さない。そこでリモート通信確立時に、リモートとローカルのエージェント間で SD の内容を交換する。また通信時に SD の内容が更新された場合にも互いにそれを通知する。これにより、両ネットワーク間でのサービス連携を可能としている。

既存の UPnP サービスのサービス記述はニックネーム、機種名、製造会社、製造番号等しかなく、高度なサービス連携をするには不十分な場合がある。また、今後サービスが増加した場合に、SD が膨大になり、TA や PA の負荷が増大する可能性が有る。そこで各サービスのディスクリプションにメタ情報を付加し、サービス連携やフィルタリングを行いやすいようにする。メタ情報提供サーバを設置し、各サービスの ID に対応するメタ情報を登録する。これにより、既存の UPnP サービスに変更を加えることなく、高度なサービス連携や、ユーザに合わせたサービス、デバイスの選択を可能とする。図 3 (a) にそれを示す。

また他の端末やデバイスからのサービス使

用に対して何らかの認証，アクセス制御機構が必要になるが，現状の UPnP ではセキュリティ仕様はあるものの，実装・運用コストが大きく，ベンダーがほとんどサポートしていない．そこで，BASIC 手順による認証・アクセス制御機能を追加した．図 3 (b) にそれを示す．

5. 通信統合への応用

前章で述べたアーキテクチャはネットワーク通信サービスへも適用できる．ただし，通信サービスは通常のサービスと異なり，ネットワークという物理的制約から実行する場所の制約が大きい点に注意する必要がある．

ここでは応用例として複数端末のリモート通信とローカル通信を組合せた動的帯域拡大サービスとその実装について述べる．

5.1. 複数経路統合による動的帯域拡大サービス・プロトタイプ

図 4 に提案アーキテクチャを応用した複数経路統合による動的帯域拡大サービスのシステム構成を示す．システムは動画ストリームサーバと複数のモバイル端末からなる．リモートネットワーク側にパケットの分配サービスを，端末 M1 にパケット集約サービスがあり，他の端末 M2, M3 にリモート通信からローカル通信へのパケット中継サービスが配置される．図でローカル通信サービス，リモート通信サービスといったプリミティブな通信サービスは省略している．

これは通信回線共有方式 SHAKE[7]と呼ばれるものと同等で，端末 M1 は端末 M2, M3 のリモート通信をローカル通信経路で借用し，自身のリモート通信の帯域を仮想的に拡大する．端

末 M1 はアライアンスリーダー (AL)，端末 M2, M3 はアライアンスメンバ (AM) と呼ばれる．

AL となる端末 M1 には帯域監視サービス，動画ストリームプレーヤがあり，AM が追加されるに従い，帯域が拡大する．また，電波状況の変化による帯域減少を検出すると周囲の端末を捜し，端末があれば AM を追加接続する．

モバイル端末にはユビキタス IP 携帯端末[8] (WiPCom1000)を用いる．本端末は無線 LAN を内蔵しており，PHS 等の CF カード型の無線通信カードを装着することで広域無線通信との同時使用が可能である．この特徴を活かし，無線 LAN をローカル通信に，PHS をリモート通信に利用する．端末の OS は Windows CE.NET を使用している．

5.2. プロトタイプ of 動作

はじめ端末 M1 のみがあるとする．ユーザが動画ストリーム試聴のタスクを選択すると，それに対応するサービスシナリオが PA1' に読み込まれる．PA1' はリモート通信が切断されていればリモート通信を確立し，リモートネットワーク上の PA1 にそのタスクを通知する．PA1 はそれに対応するシナリオを読み込む．端末の PA1' はシナリオに従い，自身のリモート通信サービスのディスクリプション(プロファイル)とタスクの要求条件を読み込み，通信帯域がタスクの要求帯域より小さければ，PA1 にそれを通知する．

その場合，PA1 は分配サービスを起動する．PA1' は帯域集約サービスと帯域監視サービスを起動し，それらを通してデータを受信するようにストリームプレーヤを起動する．またロー

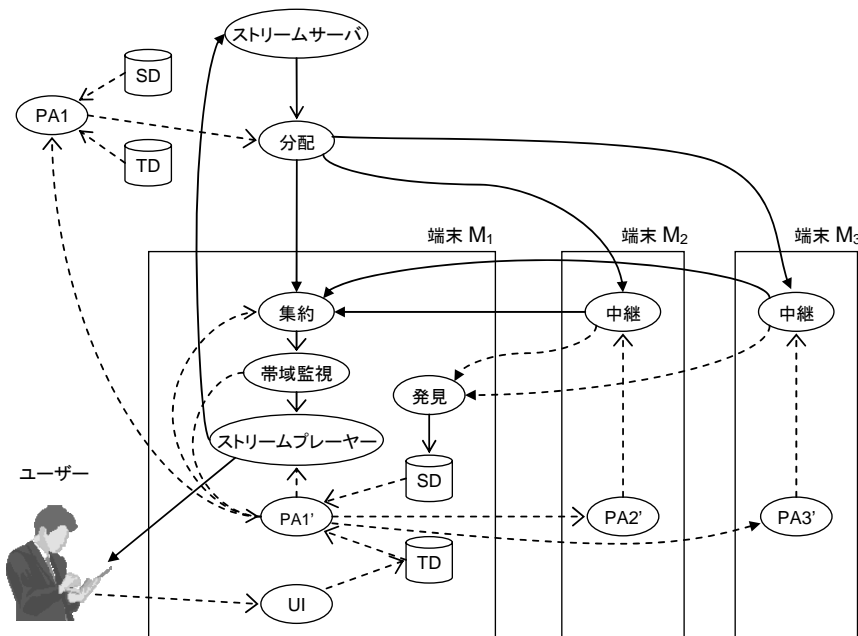


図 4 プロトタイプ of システム構成

カル通信を行っていないければそれを確立し、周囲に中継サービスがないか探す。

端末 2 がローカル通信を行うと M1 の発見機構が M2 の中継サービスを発見する。この時、PA2'も UPnP サービスとして発見される。これらは SD に登録され、直ちにイベントとして PA1'に通知される。PA1'はシナリオに従い、PA1 にそれを通知する。PA1 はシナリオに従い、分配サービスに対して M2 にパケットを分配するように設定する。また PA1'は PA2'に対し、M2 の中継サービスが M1 にパケットを転送するように依頼する。ここで PA1'と PA2'間の認証が成功すれば PA2'はそのように設定する。以上で M2 が AM として機能する。

同様に端末 M3 がローカルネットワークに接続されると AM になるように設定される。これはタスクの要求帯域を満たすまで繰り返される。

6. まとめ

モバイルサービスとユビキタスサービスの統合について述べ、リモートネットワークと端末上のエージェントが連携することにより、それらを柔軟に連携・統合するアーキテクチャの提案を行った。エージェントがユーザのタスクに対応するサービスシナリオに従って周辺やリモートネットワーク上のサービスを連携することにより、サービスやネットワーク状況に応じた柔軟な連携と、ユーザカスタマイズが容易なことを示した。提案システムは UPnP フレームワークをベースに構築され、UPnP を拡張することにより、高度なサービス連携とセキュリティを確保している。

本アーキテクチャの応用として、複数経路統合による動的帯域拡大システムについて述べ、ネットワーク通信サービスにも適用できることを示した。現在、プロトタイプシステムは開発中であり、今後、機能検証と応答速度等の性能評価を行う予定である。

セキュリティについてはエージェントと UPnP の拡張による認証・アクセス制御について述べたが、今後さらに検討を進めたい。

謝辞

本研究開発の一部は独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構のデジタル情報機器相互運用基盤プロジェクトの一部成果を使用している。

文 献

- [1] 原政博, 飯塚史之, 他: “エージェントによる異種網シームレスローミングーコンセプトとアーキテクチャー,” 第 65 回情報処理学会全国大会, pp.233-234, 2003 年 3 月
- [2] 森信一郎, 畠添奈美, 他: “実空間定義型ユビキタスシステム: 空間情報サービス (USIS),” 情報処理学会研究報告

2005-MBL-35, pp.201-206, 2005 年 11 月

- [3] R. Masuoka and Y. Labrou: “Task Computing - Semantic-web enabled, user-driven, interactive environments,” WWW Based Communities For Knowledge Presentation, Sharing, Mining and Protection (The PSMP workshop) within CIC (June 2003)
- [4] 西ヶ谷岳, 栗田敏彦, 他: “エージェント指向ネットワークアーキテクチャ DUET の提案,” 電子情報通信学会論文誌, VOL.J79-B-I No.5, pp.216-225, 1996 年 5 月
- [5] 寺島芳樹, 会津宏幸, 他: “Ajax を用いた UPnP 機器制御システム,” 情報メディア学会技術報告 Vol.29, No.63, CE2005-90, pp.53-56, 2005 年 11 月
- [6] Tadashige Iwao, Satoshi Amamiya, et al.: “Ubiquitous Computing with Service Adaptation Using Peer-to-Peer Communication Framework,” FTDCS 2003, pp. 240-248, 2003
- [7] H.Mineno, S.Ishihara, K.Ohta, M.Aono, T.Ideguchi and T.Mizuno, "Multiple paths protocol for a cluster type network," International Journal of Communication System, vol.12, pp.391-403, 1999
- [8] 藤野信次, 原政博, 他: “ユビキタス環境に適した無線 IP 携帯端末の設計と実装,” 情報処理学会研究報告 2005-UBI-9, pp.69-72, 2005 年 11 月