

ユビキタスサービスのためのエージェントプラットフォームの提案

西山 智 山田 満 越塚 登 坂村 健
YRP ユビキタスネットワークング研究所

ユビキタスなサービスを提供するためには、網や端末の多様性を吸収する高水準ミドルウェアが重要となる。高水準ミドルウェアのなかでも非同期通信機能や自律的な振る舞いを容易に実現できるエージェントプラットフォームが有力であると考えられる。本稿では、ユビキタスサービスを実現するためのエージェントプラットフォームの構想について報告する。ここでは、多種多様なネットワークが複合したユビキタスネットワークにおいて、ネットワーク構成が動的に変化することへの対処を組み込んだ。また、個人のプロファイル情報等コンテキスト指向のエージェントサービス提供の基盤となることを想定し設計を行った。

Proposal of Agent Platform for Ubiquitous Services

Satoshi Nishiyama, Mitsuru Yamada, Noboru Koshiduka and Ken Sakamura
YRP Ubiquitous Networking Laboratory

Transport level or application level middleware is the key for provision of ubiquitous services by hiding the differences of the network and terminal capabilities and by interconnecting peers beyond the boundaries among various types of networks. We believe that agent platforms are suitable for the middleware in respect of their asynchronous communication mechanisms, autonomous behavior etc. In this paper, we propose an agent platform for agent based ubiquitous services. We discuss the requirements and designs of such agent platform.

1. はじめに

いつでも、どこでも、ユーザが必要とするサービスが受けられるいわゆるユビキタスコンピューティング環境を実現するための研究が盛んに進められている。ユビキタスなサービスを提供するためには、多種多様な固定網・無線網が混在するネ

ットワーク上で、同様に多様な端末を統合的に利用できることが重要となると考えられる。この多様性を吸収するためには高水準なミドルウェアが必要であり、中でも自律的な処理や非同期通信が可能なエージェント実行環境(エージェントプラットフォーム)がその有力候補であると考えられる。しかしながら従来のエージェントプラットフォームはサーバ上で固定的に運用されることを想定し

たものが多く、ユビキタスなサービス提供に向けたものではなかった。

そこで本稿では、ユビキタスサービスを効率的に提供するためのエージェントプラットフォームについて検討したので報告する。以下では、2章でユビキタスコンピューティング環境を実現するために必要となる技術について、ユビキタスネットワークフォーラムの検討結果を示す。3章ではエージェントプラットフォームに対する要件を抽出する。4章では検討の基礎となったFIPAエージェントプラットフォームの参照モデルについて述べる。5章では、ユビキタスサービス用のエージェントプラットフォームを提案し、要件に対する実現方式を論じる。最後に、6章では関連研究についてふれる。

2. ユビキタスコンピューティング環境に必要な技術

ユビキタスコンピューティング環境を実現するために必要な技術として [1]は以下の3つを挙げ、検討を行っている。

ア) どこでもネットワーク技術

ユーザが目的とする作業・行為をいつでも、どこでも、誰とでも、簡単・確実かつ自然に行うサービスを提供するネットワーク技術である。具体的には、IP網・非IP網、有線網・無線網、公衆網・私設網の混在した環境で、網の自律構成管理機能、サービスやそのQoSに応じた経路制御機能、アドホック網構成機能、サービス発見・提供機能などを提供するための技術である。(図1)

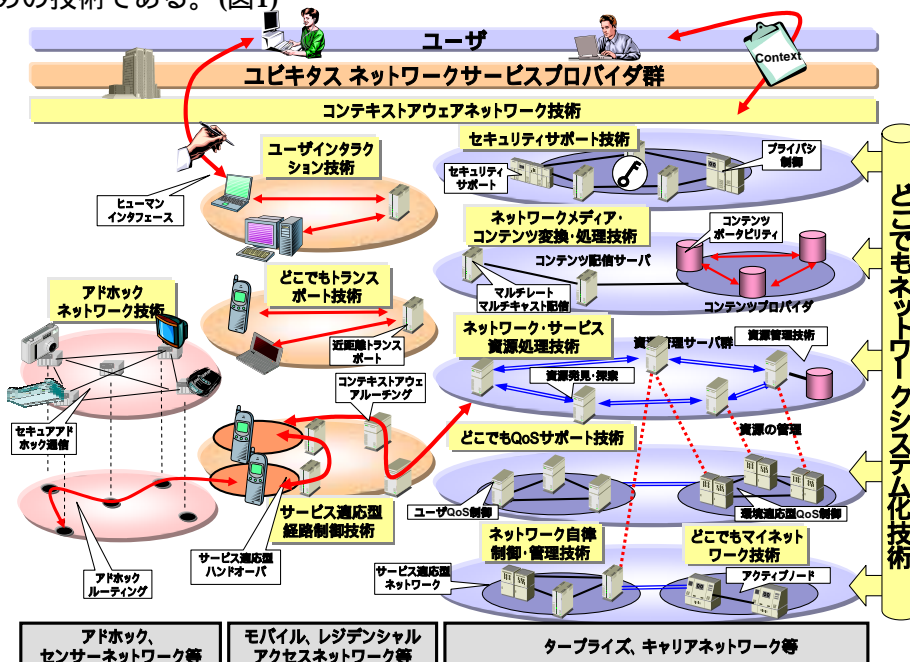


図1 どこでもネットワークサービスの俯瞰図([1]の検討結果を引用)

イ) なんでもマイ端末技術

任意の端末を利用するユーザに合わせて特化し提供する技術である。具体的には、ユーザの認証機能、ユーザプロファイルの管理機能、端末能力の管理機能などを提供するための技術である。

ウ) 超小型チップネットワーク技術

超小型チップによるセンサネットワークを提供するための無線技術、省電力技術、ルーティング技術やRFID(Radio Frequency Identification)等の小型チップによる物や人、空間の識別を行うための番号管理、番号解析技術である。

3. ユビキタスサービス実現のための要件

ユビキタスコンピューティング環境では、多様なNWや端末の違いを吸収し、また無線による非連続的な通信形態をも想定する必要がある。またユーザに応じたサービスを提供するための高度な処理機能が要求される。このため、サービスを提供するプラットフォームとして、非同期通信や自律的な処理を想定したエージェントプラットフォームが有力であると考えられる。ここでは、2章で述べたユビキタスサービスを提供するための技術の内、どこでもネットワーク技術となんでもマイ端末技術を要件とするエージェントプラットフォームを検討する。これら2つの技術に関して、アプリケーションレベルでのミドルウェアであるエージェントプラットフォームに必要な要件を以下の通り詳細化した。なお、超小型チップネットワーク技術については、対象とするデバイスの機能や能力がエージェントプラットフォームを搭載す

るには不足していると考えられるため、対象外とした。

ア) どこでもネットワーク技術

- (1) 多種多様な通信リンクが利用可能であること：
ユーザが使用する端末は通常の100BaseTXや無線LANなどでの他に、セルラなどの公衆無線網、IrDAなどのポイントツーポイント通信等多様な通信リンクにより接続される。従って、多様な通信リンクの特性(帯域、セキュリティ、常時接続の可/不可、公衆網・私設網)を意識して使い分ける機能が必要となる。
- (2) 動的な通信リンク確立に柔軟に対応可能なこと：
ユビキタス環境では無線接続された移動可能な端末・機器が多数存在すると考えられるため、動的な通信リンクの確立に応じて速やかにサービスが提供できるようにならなければならない。例えば、ユーザ端末がIrDAで目のプリンタに接続した場合等、動的に接続されたネットワークに対して煩雑な操作なしにサービスが速やかに提供できる必要がある。

イ) 何でもマイ端末

- (3) パーソナライゼーション機能があること：
任意の端末をユーザに応じてカスタマイズして提供するための個人プロファイルの管理・配布機能が必要である。また、比較的静的な情報であるプロファイルに加えて動的な情報、例えば個人の利用履歴等も管理・利用可能であること。
- (4) コンテキスト指向機能があること：
ユーザの位置や周辺環境の情報など、個人プロファイル以外のコンテキスト情報を利用するための機能が提供されていること。
- (5) 特定の機能しか有さない端末を複数組み合わせることで所要のサービスが実現できること：
例えばユーザが保持する携帯電話やPDAを入力装置にして壁面のディスプレイに表示する等、複数の端末を利用してサービス提供するための支援機能を有すること。

4. FIPA エージェントプラットフォームの参照モデル

ここではエージェントプラットフォームとして、エージェント通信に関する非営利の標準化団体であるFIPA(Foundation for Physical Agents)[2]が定めるエージェントの参照モデルを例として、その要件の実現方法を述べる。このため簡単にFIPA

の参照モデルを示す。

FIPAのエージェントの参照モデルでは、図2に示すようにエージェントはエージェントプラットフォーム(AP)上に存在する。APにはAP上の全てのエージェントを管理するエージェント管理システム(AMS)、AP内のエージェントが提供するサービスに関するイエローページサービスを提供するディレクトリファシリテータ(DF)、AP内、あるいは複数のAPに跨るエージェント間でやりとりされるメッセージを転送するための一種のルータであるエージェント通信チャンネル(ACC)が存在する。また、付加的なエージェントとして、通信メディアに関するQOSの測定、制御を行うモニタリングエージェント(MA)および制御エージェント(CA)[3]、一般のソフトウェアと接続するためのラップ(wrapper)エージェントおよびソフトウェアの機能を格納・提供するエージェントリクエストローカ(ARB)[4]が存在する。

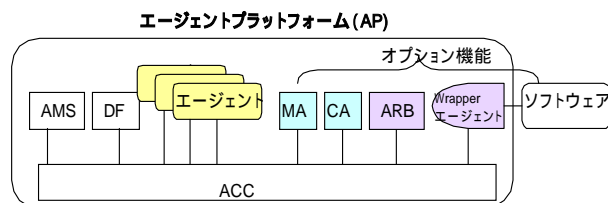


図2 FIPAの参照モデル

エージェントプラットフォーム間でメッセージを交換するためのアプリケーションプロトコルはMTP(メッセージトランスポートプロトコル)と呼ばれる。代表的なMTPとして、CORBA IIOPやHTTPなどが定義されている。

5. ユビキタスサービス用エージェントプラットフォームの提案

5.1. 概要

本稿では、比較的安定したサーバ上に固定的なエージェントプラットフォーム(AP)が存在する(管理APと呼ぶ)とともに、各端末や機器にもそれぞれ独立したAPが存在すると想定する。このAPは最低限の機能しか有さないかもしれないがFIPAが必須とするエージェント群を含むものとする。これまでの事例([10][11][12])から機能を限定すれば数十KBの規模でAPが実装できると考えられるため、この想定を行った。

各端末や機器が提供するユビキタスサービスはそれらのAP内に存在するエージェントが提供するサービスとして抽象化される。

管理APには、各ユーザに応じたサーバントエージェントが存在する。サーバントエージェントは、ユーザに対してサービス実行状態の管理や、後述

するコンテキスト指向サービス実現のための個人プロフィール管理、コンテキスト管理・監視、等を行う。図3に提案する参照モデルを示す。

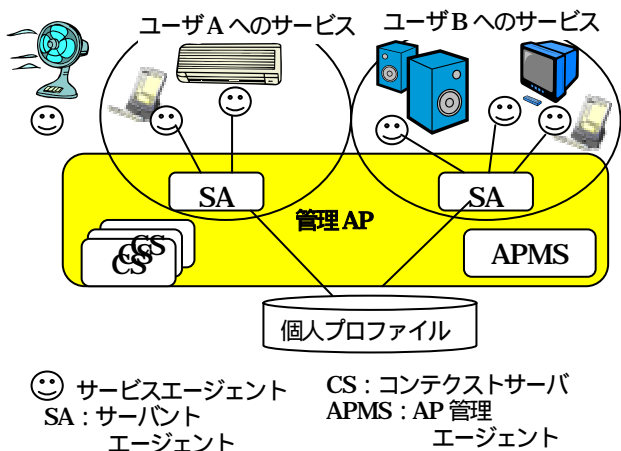


図3 ユビキタスサービスのためのAP参照モデル

5.2. 多様な通信リンク対応機能の実現

ユビキタスコンピューティング環境ではMTPとして、既存のMTPに加えてJXTA[5]などのP2Pプロトコル、携帯電話端末への電子メール、ショートメール、さらにはIrDA等の特定のリンク上のデータ転送プロトコルなどが利用されると考えられる。ここで電子メール等はHTTP等に比べて通信遅延が大きい。また機器によっては相手からのポーリングのみでメッセージを転送するMTPも考えられる。従って、エージェントプラットフォーム毎に利用できるMTPとその特性を管理することで、エージェントからの通信要求に合致した特性のMTPを選択可能とする。

また、異なるネットワークにまたがる等の理由により単一のMTPでは到達できない場合や、IP等基本的に経路指定ができないネットワークプロトコル上で一つの端末や機器が同時に複数の通信リンクを使い分けたい場合などでは、第3のAPを中継してメッセージを転送する(図4)。このためAPは他のAPへの経路表を管理する。

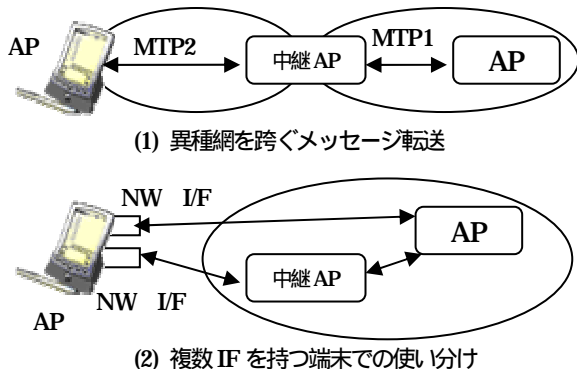


図4 中継APの利用例

5.3 動的なリンク確立対応機能の実現

動的なリンク確立に対応するためには、エージェントプラットフォーム間接続に関する自動化が必要となる。ここでは以下のような方式をとる。

- FIPA標準はアプリケーションエージェントがMAやCAを利用してエージェント間の通信を行うモデルを想定している。本方式では、MAとCAはAPに対して通信リンクの状態変化を通知し、APがMTP管理表を最新の状態に常に維持する。
- またMAはUDP等のブロードキャストパケットにより定期的にAPに関するAPアドバタイズメントを行う。このアドバタイズメントを監視することで、リンク確立時に近隣のAPを自動検出する。(図5 (a))
- この他に、管理APにAP管理のためのエージェント(APMS)を設けておき、各APはAPMSに(通信可能な場合)定期的に生存メッセージを送信する。リンク確立時はAPMSにアクセスすることで他に存在するAPを知ることができる。(図5 (b))

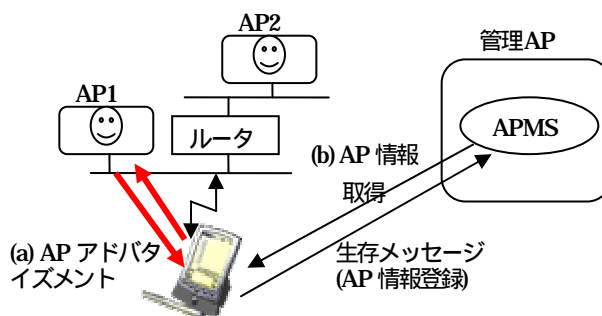


図5 APの自動検出

5.4 パーソナライゼーション機能の実現

各ユーザに関する情報をAPで管理することでエージェントのパーソナライゼーションを支援する。ユーザの情報には好み等の静的な情報(ここでは個人プロフィールと呼ぶ)と動的な情報(利用履歴)がある。

個人プロフィールに関しては、5.1節で述べたようにサーバントエージェントがプロフィールを管理する(図6)。各端末や機器は個人プロフィールの必要なサブセットをサーバントエージェントに請求し、ユーザが予め与えたアクセスポリシーに基づきサーバントエージェントが要求された情報を提供する。なお、ユーザがプロフィールをSIMカード等で提供することを考慮して、ユーザ端末とサーバントエージェント間ではプロフィールを送受する機能を持たせる。

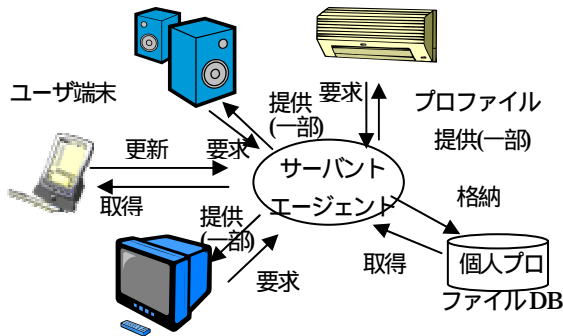


図6 個人プロフィールの格納・管理

利用履歴に関しては、メッセージの通信相手のエージェントとして、そのエージェントが最後に通信したエージェント、あるいは最後に検出したAP(とそのエージェント)をそれぞれ、"the"エージェント、"this" AP(あるいはエージェント)として参照可能とする。また各APは[6]で提案したTeeチャネルを実装し、ユーザが利用しているエージェントへのメッセージのコピーをサーバントエージェントに送ることで、ユーザに対するサービス提供の状態監視を実現する。(図7)

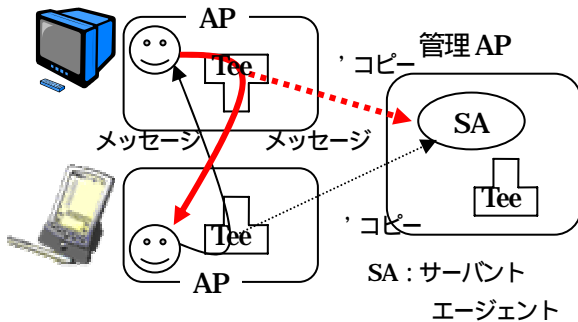


図7 Teeチャネルを用いた状態監視

5.5 コンテキスト指向支援機能の実現

ユーザの位置や周辺の環境状態(例えば温度)など、個人プロフィールや利用履歴以外のコンテキストはユーザ端末単独で得られない場合がある。このため、まずコンテキスト情報毎に情報提供を行うコンテキストサーバエージェントを設ける。コンテキストサーバエージェントは問い合わせに対する情報提供の他、トリガ条件を設定してその条件に合致した場合に設定元にメッセージを通知する機能を持たせる。サーバントエージェントはトリガメッセージにより単一コンテキストの変化を検出し、他のコンテキストに関する条件をチェックし、必要なエージェントに通知する。

5.6 複数端末組み合わせサービス支援機能の実現

これまでユビキタスコンピューティング環境に存在する様々な端末や機器を動的に組み合わせ

ユビキタスサービスを提供することが検討されている(例えば[7])。このような環境を実現するために、以下の機能を実現する。

- ・ 各端末や機器のケーパビリティをそのサービスを提供するエージェントの属性として定義しDFにより登録・検索を可能とする。
- ・ 各端末や機器に存在するエージェントは、サービスを提供する条件を示す属性を持ち、公衆共有(public-share、例えばプリンタ)、公衆専有(public-exclusive、例えばディスプレイ機器)、私用(private)という値で管理する。
- ・ さらにサービス提供条件が「公衆専有」である場合、利用中のユーザを示す属性を用いて現在サービスを提供しているユーザを管理する。

6. 関連研究

これまでに多数のFIPA準拠のエージェントプラットフォームが研究開発されており(例えばJADE[8]、FIPAOS[9])、いくつかはモバイル端末での動作を想定した小型化が図られている(LEAP[10]、Micro-FIPAOS[11]、KDDIAP[12]等)。特にKDDIAPは携帯電話上で動作させることを目標として、小型化に加えて携帯電話を考慮した上り下り非対称のMTPやセンタ側でのエージェント状態管理、等の特徴を持つ。また管理情報をDBMSで共有することで多数のエージェントを扱うためのスケーラビリティを確保している。図8にKDDIAPのアーキテクチャを示す。しかしながら、これらのいずれも本稿で述べた、ユビキタスコンピューティング環境での要件を考慮しておらず、そのままユビキタスなサービスを提供するのは難しい。FIPAではアドホックネットワークでのエージェントサービス発見に関する検討を進めている[13][14]が、JXTAなどの既存ミドルウェアのサービス発見機構にマッピングすることが前提であり、FIPA準拠のAP間でのサービス発見機構を定義するものではない。

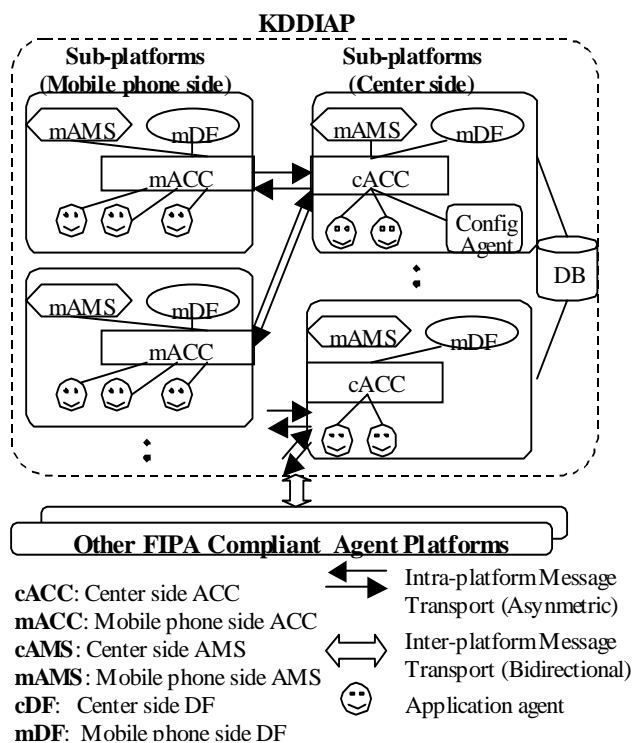


図8 KDDIAPの全体アーキテクチャ

7. おわりに

本稿では、ユビキタスサービスを提供するためのエージェントプラットフォームについて提案した。ユビキタスコンピューティング環境を実現するための技術的な要件を抽出し、要件を解決するためのエージェントプラットフォームの参照モデルと要件の実現方式をFIPA標準をベースとして提案した。今後、KDDIAPをベースに実装を行っていく予定である。本研究は通信・放送機構(TAO)による、ユビキタスコンピューティング環境を実現する基盤ネットワークプロトコルの研究開発の一環として行われている。

参考文献

- [1] ユビキタスネットワーキングフォーラム、
<http://www.ubiquitous-forum.jp>
- [2] Foundation for Physical Agents,
<http://www.fipa.org>
- [3] FIPA XC00014, Nomadic Application Support, 2000.
- [4] FIPA XC00079, Agent Software Integration, 2000.
- [5] JXTA, <http://www.jxta.org>.
- [6] Schaarschmidt, C., Ono, C. and Nishiyama, S., Tee Channel for Disconnected Mode Support for Agents on Mobile Environments, 情報処理学会第62回全国大会 3U-7, 2001.

- [7] Thai-Lai Pham, Georg Schneider and Stuart Goose, "Exploiting Location-Based Composite Devices to Support and Facilitate Situated Ubiquitous Computing", in Proceedings of HUC2000
- [8] Bellifemine, F., Poggi, A. and Rimassa, G., JADE - A FIPA-compliant agent framework, in Proc. of PAAM'99 (London, April 1999), pp.97-108.
- [9] Poslad, S., Buckle, P. and Hadingham, R. G., The FIPA-OS agent platform: Open Source for Open Standards, in Proc. of PAAM 2000 (Manchester UK, April 2000), pp.355-368.
- [10] Bergenti, F. and Poggi, A., LEAP: a FIPA Platform for Handheld and Mobile Devices, in Proc. of ATAL 2001
- [11] Poslad S., Laamanen H., Malaka R., Nick A., Buckle P. and Zipf, A.: CRUMPET: Creation of User-friendly Mobile Services Personalised for Tourism, in Proc. of: 3G 2001. (London, March 2001).
- [12] Nishiyama, S, Hattori, G., Ono, C and Horiuchi, H., Lightweight FIPA Compliant Agent Platform on Java-enabled Mobile Phone for Ubiquitous Services, 情報処理学会論文誌 Vol.45, No.2, 2004.
- [13] FIPA PC00095, FIPA Agent Discovery Service Specification, 2003.
- [14] FIPA PC00096, FIPA JXTA Discovery Middleware Specification, 2003.