

モバイルエージェントの実世界応用と携帯端末の利用

谷澤佳道[†] 佐藤一郎^{††} 安西祐一郎[†]

慶應義塾大学大学院 理工学研究科[†]

国立情報学研究所^{††}

E-mail: {tanizawa, anzai}@ayu.ics.keio.ac.jp[†], ichiro@nii.ac.jp^{††}

概要: ユビキタスコンピューティング環境における、移動するユーザへのサービス提供方法として、ユーザの移動を追随しながらネットワーク上を移動するモバイルエージェントを導入する。これは位置センサからの情報をもとに、ユーザ位置とその周辺に位置するコンピュータを特定し、ユーザ補助エージェントを移動させてサービス提供を実現するものである。本論文では上記システムについて述べるとともに、今回構築した病院内で患者に追随し道案内を行なうアプリケーションについて概説する。これは CCD カメラにより患者の移動を認識し、院内各所に設置されたディスプレイとスピーカにより患者の誘導を行うものである。また、本システムへの携帯端末の導入を提案し、その際モバイルエージェントシステムに求められるインタフェース分離機能について考察を行う。

キーワード: モバイルエージェント、コンテキストウェアネス、ユビキタスコンピューティング、携帯端末

A Mobile Agent-Based Framework for Building Applications in Real World and Mobile Computing Environment

Yoshimichi Tanizawa[†] Ichiro Satoh^{††} Yuichiro Anzai[†]

Graduate School of Science and Technology, Keio University[†]

National Institute of Informatics^{††}

abstract: A mobile agent-based framework for supporting moving users from ubiquitous computing devices is presented. When a user moves to another location in a physical space, the framework can detect the location of the moving user by incorporating the underlying tracking system, and then migrates a user-assistant agent, which supports the user, to the host nearest from the current location of the user. This paper describes a prototype implementation of this framework and illustrates a practical user-assistant system based on this framework. The system tracks the movement of a patient by means of a CCD camera-based vision system and navigates a patient among suitable consultation rooms by showing at suitable hosts located in the hospital. Lastly, we discuss another user-assistant agent system for mobile computing whose computational resources are often restricted.

keywords: mobile agent, context-awareness, ubiquitous computing, mobile computing

1 はじめに

機器の小型化、ネットワーク化に伴い、それらを統合的に利用することでより高度なサービスを提供するための枠組が必要とされている。また、ネットワークアプリケーションを構築する技術としてモバイルエージェントが注目を集めている。モバイルエージェントとはネットワークを通してコンピュータ間を移動可能な能動的オブジェクトであり、自律的に他のコンピュータに移動でき、移動先においても移動前の状態から処理を継続できる点に特徴がある。ネットワーク化された機器間をモバイルエージェントに移動させることで、これらを統合してゆくアプローチが考えられる。

著者らの研究グループは、モバイルエージェントの実世界応用に関して研究を行っており、モバイルエージェントを用いた実世界環境におけるユーザ支援システムのためのフレームワークの構築を目的としている。これは、ある特定のユーザに、その特徴や嗜好に関する情報を保持するモバイルエージェントを対応させ、ネットワークを介しユーザの物理的な移動に追従させて移動させることで、ユーザの位置やコンテキストに基づいたサービスの提供を実現するものである。

本システムでは、ユーザ依存のサービスを提供するために必要なユーザ自身に関する情報は、追従するモバイルエージェントによって保持されるため、ユーザは携帯端末を持ち歩いたり操作したりする必要がない。また、モバイルエージェントは各移動先でローカルなリソースにアクセスできるので、位置に応じたサービスの提供も容易である。このように本システムはユビキタスコンピューティングとモバイルコンピューティングの両方の利点をあわせ持つものといえる。ユーザに対して負荷を与えないという点は、携帯端末を操作できないような状況では大きな利点となる。そこで、病院内において患者を誘導するアプリケーションを構築した。その結果について述べる。

一方、近年の携帯端末の普及はめざましく、既に多くのサービスが提供されている。あらたなシステムを構築する際、これを無視すること

はできない。また、本システムにおいてもユーザの近くにホストが存在しない場合、携帯端末を介してサービスを提供できる方が望ましい。そこで、本システムを携帯端末と関係させる方法について考察し、携帯端末からホスト上のモバイルエージェントの機能を利用するために必要となるモバイルエージェントシステムのインタフェース分離機能を提案する。

以下、2章では本システムの概要について述べ、3章では本システムを利用して構築したアプリケーションである病院内案内システムについて述べる。4章では本システムへの携帯端末の導入について考察し、その際に必要となるモバイルエージェントシステムのインタフェース分離機能について述べる。5章で本システムと関連研究との比較を行ない、6章でまとめとする。

2 ユーザ追従型モバイルエージェントシステム

システムの概要を図1に示す。部屋や建物内に分散配置されるホストは、モバイルエージェントに対し実行環境を提供するとともに、位置センサやディスプレイ等と接続され実世界へのインタフェースとなる。

システムは User Agent(UA), Service Agent(SA), Directory Service Agent(DSA) の3種類のモバイルエージェントから構成される。以下でそれぞれについて述べる。

- Service Agent(SA)

SA はユーザに提供するサービスおよび機器を管理するモバイルエージェントである。扱うデバイスの種類に依存しない統一的な API を他のエージェントに提供する。

- User Agent(UA)

UA は各ユーザに割り当てられ、ユーザに追従して移動するモバイルエージェントである。対象となるユーザのモデルを保持し、ユーザに特化したインタフェースを提供する。また、ユーザのコンテキストを解

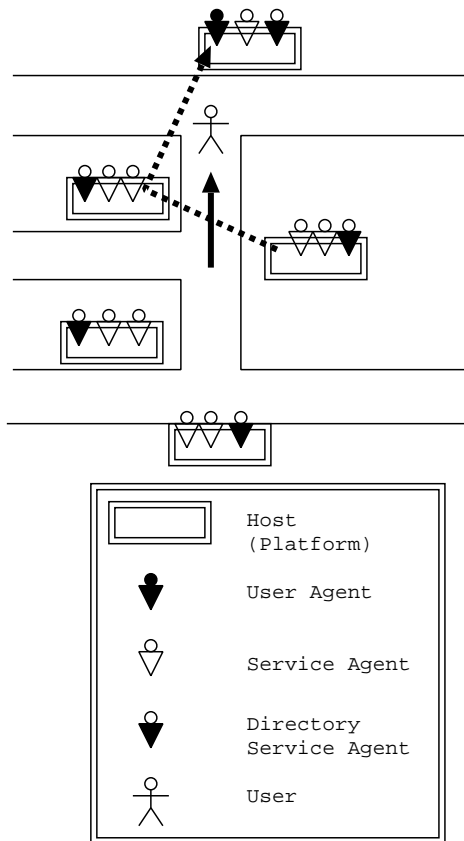


図 1: システム概要

釈して SA とインタラクションを行ない、ユーザにサービスを提供する。

- Directory Service Agent(DSA)

DSA は各ホストに配置され、以下の情報(ホスト情報)を保持する。

- ネットワーク的な位置情報
- 物理的な位置情報
- ローカルホスト上で提供されているサービス (SA) 情報

ローカルホストからの物理的な位置情報から計算されるホスト間の距離がある一定の値以下であるとき、そのホストをローカルホストの'周辺ホスト'であると定義する。DSA はホスト情報が更新されると、マルチキャストすることでこれをシステム全体に通知する。各 DSA は周辺ホストからのホスト情報を受信した場合、これを保持す

る。以上により DSA はローカルホストのホスト情報を管理するとともに、周辺ホストのホスト情報も保持し、動的なサービス (SA) やホストの追加・削除に対応する。

UA は DSA が保持するホスト情報を参照することで、ローカルホストだけでなく周辺ホストで提供されているサービスの情報や位置情報をも取得でき、ローカルホストにおいて、ユーザ追跡もしくはユーザへのサービス提供に最もふさわしい移動先ホストを決定できる [1]。

3 アプリケーション

3.1 シナリオ

病院内で患者を診察室や病室へ案内する状況を想定する。患者は名前等の情報が記録された診察券を持って来院する。受付でこれを提示することで、病院内の廊下等に用意されたディスプレイやスピーカ等のインタフェースにより患者を適切な診察室へ案内する。

3.2 システム構成

構築したシステムの見取図を図 2 に示す。3 台の PC と CCD カメラ (SONY EVI-D30) を使い、PC-1 と Camera-1, PC-2 と Camera-2, PC-3 と Camera-3 をそれぞれ接続した。診察券はメモリースティックで実現し、受付となる PC-1 はメモリースティック対応のものとした。本システムではモバイルエージェント用プラットフォームに AgentSpace[2][3] を利用した。システムを構成する Service Agent と User Agent は以下の様になる。

- Service Agent

Service Agent として、以下の 2 つのエージェントが各ホストに一つずつ存在する。

- 音声エージェント

User Agent からアクセスされ、患者を誘導する音声を再生する。User Agent のパラメータにあわせて声の調子を変更する。

– カメラエージェント

CCD カメラの状態を監視する。User Agent からの要請により患者を追跡し、あらかじめ設定した閾値よりも右、もしくは左に移動したことを認識すると、User Agent へ通知を行なう。

● User Agent

病院の地図情報と、患者の移動すべき診察室に関する情報を保持し、患者を誘導するための矢印をディスプレイに表示する。Service Agent であるカメラエージェントからの通知を受けると、地図情報と移動すべき方向に関する情報を参照し、患者に追従するためホスト間を移動する。

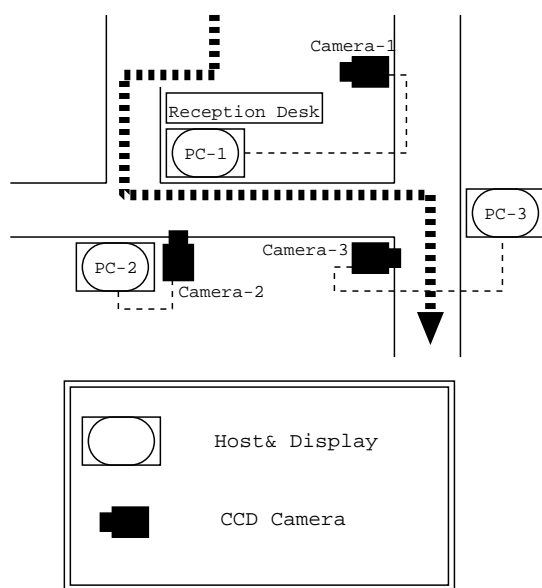


図 2: システム見取図

PC-1 にメモリスティックを挿入すると患者に対応する User Agent がディスクから読み出される。User Agent には、患者の特徴や嗜好等の情報とともにカルテの情報も含まれる。User Agent はローカルホスト上の Service Agent と通信しながら患者に対して次に進むべき診察室までの道案内を行なう。診察室では User Agent は電子カルテとして機能する。

User Agent の動作は以下のようになる。

1. カメラエージェントからの通知をうける
2. 地図を参照し特定したホストへ移動する
3. 地図を参照してローカルホストの向きを確認し、矢印を表示する
4. 音声エージェントに音声の再生を指示する
5. カメラエージェントに患者の追跡を指示し、通知を待つ

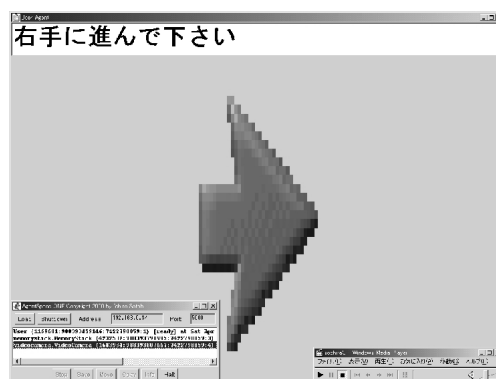


図 3: ディスプレイ

3.3 結果

実際の動作結果を以下に示す。

まず PC-1 にメモリスティックを挿入した時点で Camera-1 は正面にあるオブジェクトを対応する患者であると認識する。Camera-1 が、患者が左に移動したことを認識するとそれは PC-1 上の User Agent に通知され、User Agent は地図情報を参照し PC-2 へ移動する。Camera-2 は左から入って来たオブジェクトを患者と認識し、右へ移動したことを認識すると PC-2 上の User Agent に通知し、User Agent はこれにより PC-3 へ移動する。Camera-3 は PC-3 上の User Agent に対し患者の動いた方向を通知する。

カメラの首振り速度や画像処理速度等の影響により、ゆっくりとした移動にしか対応できなかったが、追従するモバイルエージェントにより病院内を歩く患者に対し道案内を行なうことができた。動作中のディスプレイの様子を図 3 に、動作図を図 4 に示す。

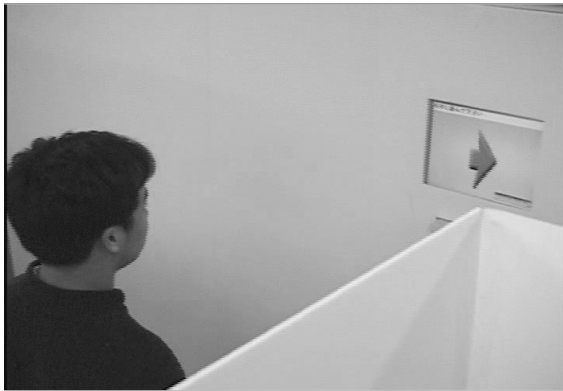


図 4: 動作図

4 考察

4.1 携帯端末の導入

本研究のアプローチはユビキタスコンピューティング環境においても、モバイルコンピューティングの利点である、パーソナライズされたサービス提供を実現しようというものであった。今回構築した病院のアプリケーションに代表される様にユーザが携帯端末を持ち歩く状況を想定しがたい例もあるが、現在の携帯端末の普及を考えると、何らかの携帯端末を保持しているユーザに対するサービス提供手段を導入する必要がある。

ここで、携帯端末側にあるべき機能と環境側にあるべき機能について議論する。一般に携帯端末の計算能力は乏しく、ユーザが必要とするサービスすべてを携帯端末に組み込むことは不可能である。ゆえ、必要に応じてネットワークを介してインフラにアクセスし、必要なサービスを実行しなければならない。位置に依存するサービス主体は環境側に存在するのが自然である。また一般に、携帯端末側にはユーザに依存するサービス主体や、ユーザが環境側のサービスを利用する際に必要となる情報が組み込まれることになる。ところがこれらの情報は、ユーザに追従するモバイルエージェントを導入することで、環境側に配置することができる。ゆえ、携帯端末側に不可欠なものはサービス利用のためのインタフェースのみとなる。

モバイルエージェントとそのインタフェース

を必要にあわせて分離・送信することができれば、サービス主体は環境側に置いたままインタフェースを携帯端末で実行することができる。サービスは常にユーザの周辺に存在するホスト上で実行されるので、インタラクティブ性が求められるサービスの提供も可能であると考えられる。

4.2 インタフェース分離

インタフェース分離機能を持つモバイルエージェントシステムの実現について考察する。モバイルエージェントがその操作インタフェース(プロキシ)を分離・提供可能とするためには、エージェント及びシステムに以下の機能が必要となる。

- エージェントによるプロキシの生成機能
- エージェントによるプロキシの送信機能
- システムによるプロキシ-エージェント間通信機能
- システムによるプロキシ透過なエージェント移動機能

ここで、プロキシもモバイルエージェントとして実現すれば、インタフェース分離機能を持つモバイルエージェントシステムは自律的に移動可能なインタフェースを提供するフレームワークとして、携帯端末への応用だけでなく、クライアントサーバシステム等、多様な分散オブジェクトシステムに適用できると考えられる。

4.3 携帯端末-ホスト間通信

本システムでは、携帯端末上のプロキシはその周辺に存在するホスト上のモバイルエージェントと通信できればよい。これは Bluetooth 等に代表される短距離無線通信で実現可能であるので、インターネット等のインフラへ接続する必要がなく、スケーラビリティに優れたシステムとなる。

5 関連研究

モバイルコンピューティング環境に対応するモバイルエージェントシステムは多数研究されている。

[4] はモバイルコンピュータの不安定なネットワーク環境に対処する際に必要なミドルウェアを、モバイルエージェントにより構築している。[5] はネットワークに常時接続されていないモバイルコンピュータ間でのエージェント移動を、エージェント移動を仲介するコンピュータ・エージェントを用いて実現している。[6] はモバイルコンピューティングを支援するモバイルエージェントシステムを実現しており、特に変化するネットワーク環境に合わせた Quality-of-Service の保証に焦点をあてている。

モバイルエージェントにより、モバイルコンピューティングとユビキタスコンピューティングの両方のアプローチを融合させる研究に [7] がある。[7] は本研究と近いが、ユーザが携帯端末を持っている事を前提としている点が本研究と異なっている。また、モバイルエージェントを用いて移動するユーザへのサービス提供を実現しているものとして [8] があるが、これはオフィス等でのデスクトップ環境の移送を主要な目的としている。

6 まとめ

本論文ではユーザ追従型モバイルエージェントシステムについて述べ、病院内において患者への道案内を行なうアプリケーションについて述べた。また、システムへの携帯端末の導入について議論して、モバイルエージェントに必要な機能について考察を行ない、インタフェース分離機能を提案した。提案した機能を持つモバイルエージェントシステムを設計し、実際に携帯端末を用いたアプリケーションを構築し評価を行なうことが今後の課題である。また、本研究で述べたアプリケーションでは位置センサとして CCD カメラのみを使ったが、様々な位置センサを組み合わせることで広範に応用できるシステムを構築したい。

謝辞

本研究は日本学術振興会未来開拓学術研究推進事業の補助を受けて行なわれ、慶応大学、お茶の水女子大学の多くの方により進められてきた。ここに感謝する。

参考文献

- [1] 谷澤佳道, 佐藤一郎, 安西祐一郎. ユーザ追従型モバイルエージェントのナビゲーション機構. 日本ソフトウェア科学会 第 17 回大会論文集, 2000.
- [2] 佐藤一郎, 高橋美奈子, 棚橋杏子, 吉野裕子. モバイルエージェントの階層的な構成と移動. 日本ソフトウェア科学会 第 15 回大会論文集, 1998.
- [3] 佐藤一郎. AgentSpace: モバイルエージェントシステム. In *MACC'98*, 1998.
- [4] Paolo Bellavista, Antonio Corradi, and Cesare Stefanelli. Mobile agent middleware for mobile computing. *IEEE Computer*, Vol. 34, pp. 73–81, March 2001.
- [5] Robert Gray, David Kotz, Saurab Nog, Daniela Rus, and George Cybenko. Mobile agents for mobile computing. Technical report, Department of Computer Science, Dartmouth College, 1996.
- [6] Stefano Campadello, Heikki Helin, Oskari Koskimies, Pauli Misikangas, Mikko Makela, and Kimmo Raatikainen. Using mobile and intelligent agents to support nomadic users. In *6th International Conference on Intelligence in Networks*, 2000.
- [7] Bradley J. Rhodes, Nelson Minar, and Josh Weaver. Wearable Computer Meets Ubiquitous Computing: Reaping the best of both worlds. In *3rd International Symposium on Wearable Computers*, 1999.
- [8] Antonella Di Stefano and Corrado Santoro. NetChaser: Agent Support for Personal Mobility. *IEEE Internet Computing*, Vol. 4, pp. 74–79, March-April 2000.