

# エージェントアプリケーションへの P2P プラットフォームの適用

内田 良隆<sup>†</sup> 角野 宏光<sup>†</sup> 田中 聡<sup>†</sup> 石川 憲洋<sup>†</sup>  
板生 知子<sup>††\*</sup> 山本 淳<sup>††</sup> 須田 達也<sup>†††</sup>

<sup>†</sup>株式会社NTTドコモ <sup>††</sup>NTT未来ねっと研究所 <sup>†††</sup>カリフォルニア大学アーバイン校

**あらまし** 我々は、ユーザがネットワーク環境を意識することなく、デバイス間シームレス通信を実現するため、汎用的ピア・ツー・ピア (P2P:Peer to Peer) プラットフォームの開発を進めている。本研究では、ユビキタス環境におけるサービス提供の一手法として P2P プラットフォーム上にエージェント指向アプリケーションを実装する。エージェントが P2P プラットフォーム上を移動することで、ユーザがいる場所にとらわれず、インターネット、ホームネットワーク、センサネットワークなどに属する様々なデバイスを連携したユビキタスサービスを実現できる。本稿では、我々が開発している P2P プラットフォームについて述べ、実装した創発型アプリケーション「Ja-Net:Jack-in-the-Net」を紹介する。また、エージェントアプリケーションにおいて、シームレス通信を実現する P2P プラットフォームの有効性などを考察する。

## P2P Platform for Agent Application

Yoshitaka Uchida<sup>†</sup>, Hiromitsu Sumino<sup>†</sup>, Satoshi Tanaka<sup>†</sup>, Norihiro Ishikawa<sup>†</sup>,  
Tomoko Itao<sup>††\*</sup>, Atsushi Yamamoto<sup>††</sup> and Tatsuya Suda<sup>†††</sup>

<sup>†</sup>NTT DoCoMo, Inc. <sup>††</sup>NTT Network Innovation Laboratories.  
<sup>†††</sup>University of California, Irvine.

**Abstract** For the user not to consider the network environment, and to achieve the seamless communication between devices, we are advancing the development of general peer to peer (P2P:Peer to Peer) platform. In this research, we implement the agent application on the P2P platform as a method of the service offer in a ubiquitous environment. The agent can move on the P2P platform, it not be caught in the place where the user exists, various devices that belong to the Internet, the home network, and the sensor network, etc. be achieved, and cooperating ubiquitous service be achieved. In this paper, the P2P platform that we are developing is described, and it introduces agent application "Ja-Net: Jack-in-the-Net". Moreover, in the agent application and the effectiveness etc. of the P2P platform where a seamless communication is achieved are considered.

### 1. はじめに

現在、様々なネットワーク技術を基盤とし、将来的なユビキタス環境が徐々に整いつつある。

インターネットをはじめとした高速な広域通信環境に加え、携帯電話で用いられている移動無線通信や、無線 LAN、Bluetooth に加え、UWB などの近距離無線通信が登場し、今後さらに高速化、利便性が進展するであろう。

一方、デバイスにおいても、例えば、携帯電話

<sup>††\*</sup> 2005 年 8 月まで  
Until August, 2005

は、i-mode[1]などのモバイルインターネットサービスや Bluetooth を備え、i アプリ[1]など Java を利用し、機能を追加可能であるなど、多機能化が進んでいる。テレビや HD レコーダなどの AV 機器や、冷蔵庫、電子レンジなどの白物家電にネットワークインタフェースを付加した情報家電が登場し、機器制御が可能なホームネットワークも注目を集めている。そして、RFID タグや温度センサ、カメラなどデバイスの情報取得をトリガーとするセンサネットワークは、リアルタイム性を重視したサービスが展開していくと予想される。

ネットワーク技術・デバイスの能力が進展していく中でデバイスはいずれかのネットワークインタフェースや規格をサポートする。しかし、各デバイスでサポートするものは異なり、ユーザからの視点で考えれば、統一的にコントロールする技術が不可欠である。例えば、あるネットワーク規格をサポートした携帯電話は、異なるネットワーク規格を持つデバイスや、センサネットワークに属するデバイスを制御することは難しく、利便性が低い。以上を踏まえ、我々は、ユーザがネットワーク環境を意識することなく、デバイス間シームレス通信を実現する汎用的ピア・ツー・ピア（P2P:Peer to Peer）プラットフォームの開発を進めている[2]–[4]。

我々はユビキタス環境におけるサービス提供の一手法として P2P プラットフォーム上にエージェント指向アプリケーションを実装した。エージェント本体は移動性・協調性・自律性などの特性を持ち、ユーザにユビキタスサービスを提供する媒体と考える。このエージェントが P2P プラットフォーム上で移動することで、ユーザがいる場所にとらわれず、インターネット、ホームネットワーク、センサネットワークなどに属する様々なデバイスを連携したユビキタスサービスを実現できる。エージェントについては様々な研究が

行われているが、適用領域が絞られ一般性に乏しい。また、デバイス間シームレスを実現し、エージェントアプリケーションを構築するプラットフォームなどが少なく実用面でも適用事例が少ないといった現状がある。

本稿では、我々が開発している P2P プラットフォームについて述べ、実装したエージェント指向アプリケーションとして、創発型アプリケーション「Ja-Net:Jack-in-the-Net」[5], [6]を紹介する。また、エージェントアプリケーションの実装において、シームレス通信を実現する P2P プラットフォームの有効性などを考察する。

## 2. 背景

本章では、デバイス間シームレス通信の実現に向けた P2P プラットフォームの要求条件について整理する。

### ヘテロジニアス環境への対応

ユビキタスな世界がどのようなものか規定することは難しいが、現状のインターネットや、ホームネットワーク、センサネットワークなどが混在するヘテロなネットワーク環境が統合されていくものと考えられる。各ネットワークに繋がれたデバイスをシームレスに接続するためには、IP 通信だけでなく、ホームネットワークで利用されている IEEE1394 規格や、センサネットワークに代表される非 IP 通信を介して、通信できなければならない。全てのデバイスが全てのネットワーク環境を備えるのは、処理能力の問題などから現実的ではない。異なるネットワークインタフェースを持つデバイス間で通信可能な手段を用意し、各ネットワークに属するデバイスを一つのノードとして扱う必要がある。

## デバイスの発見技術

各デバイスが各種ネットワーク上に分散し、携帯端末の移動や、電源の ON, OFF などによりトポロジが動的に変化する環境で、効率良くデバイスを発見する技術が必要である。

我々は、以上のような要求条件を満たし、様々な処理に対応する API を持った P2P プラットフォームの開発を進めている。この P2P プラットフォームを用いることであらゆるアプリケーションの実装が可能になる。

また、広域的なサービスを実現するためには、エージェント技術が有効であると考えられる。各エージェントは、情報をかかえることができ、自律的にデバイスを移動することで情報を収集する。よって情報を収集することでエージェント自身が進化し、様々なサービスを提供するプロバイダーとして期待できる。エージェントを利用するためのプラットフォームはあるが、デバイス間をシームレスに横断できる機能を持つプラットフォームは少ない。一般に、エージェントは移動や自身を複製するなどの機能を持つが、P2P プラットフォームと組み合わせることでネットワーク環境を選ばず、デバイスの移動、Agent の検索などが可能となる。これは様々な我々は、エージェントと P2P プラットフォームの組み合わせによる有効性を評価するため、先進的なエージェント指向アプリケーションである「Ja-Net」を選び、P2P プラットフォーム上に実装した。Ja-Net については第 4 章で概要を述べる。

### 3. P2P プラットフォームの概要

以下に我々の開発している P2P プラットフォームについて述べる。本プラットフォームは、インターネット、アドホックネットワーク、ホーム

ネットワーク、センサネットワークなどの様々なネットワーク環境を横断的にリンクして、PC、携帯電話、情報家電などの様々なデバイス間をシームレスに接続することを目的としている。図 1 に本プラットフォームの構成を示す。本プラットフォームは、P2P 通信に必要な P2P プロトコル群とミドルウェア API から構成される。

本 P2P プラットフォームのソフトウェアは、Windows 及び Linux オペレーティングシステム上に Java (Java2 SE 1.3.1\_6)を用いて実装している。P2P プロトコルは XML を用いて記述している。また、機能を削ぎ落とした簡易版 P2P プラットフォームを C 言語で実装している。

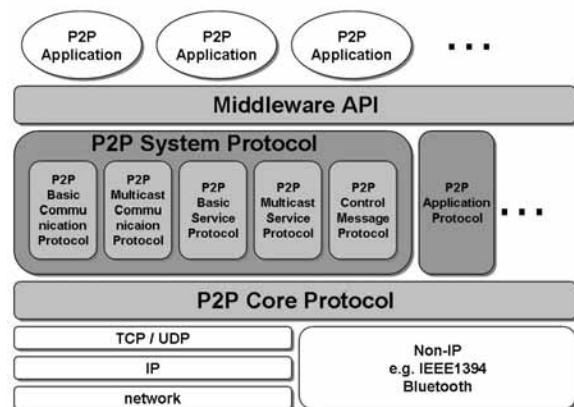


図 1 P2P プラットフォームの構成

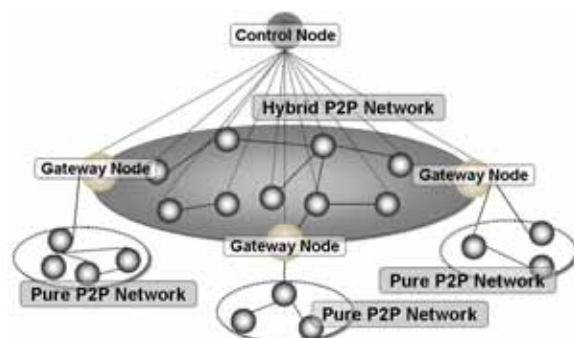


図 2 アーキテクチャ

### 3.1 アーキテクチャ

図2に示すように、本プラットフォームのアーキテクチャは Hybrid P2P ネットワークと Pure P2P ネットワークから構成される。Hybrid P2P ネットワークでは、管理サーバを用いてネットワーク内の P2P ノードの接続状態を管理する。一方 Pure P2P ネットワークは、管理サーバでの管理が不要な小規模なネットワークや、管理サーバへの接続環境がない状況で利用される。Hybrid P2P ネットワークと Pure P2P ネットワークは双方の通信を中継する Gateway ノードを用いて相互に接続することが可能である。この場合、Gateway ノードは Pure P2P ネットワークの情報を収集して管理サーバへの情報通知などを行い、管理サーバでの Pure P2P ネットワーク内のノードの管理を実現する。

### 3.2 プロトコル

P2P コアプロトコルは IP ネットワーク、IEEE1394、Bluetooth などさまざまなトランスポートネットワーク上で P2P 通信のルーチングを実現する。P2P コアプロトコル上の P2P システムプロトコル群は、P2P 通信に必要な機能別に定義されたプロトコルであり、各プロトコルは P2P ノード間の隣接関係の構築や、P2P マルチキャストの配信ツリー構築などを行う機能を持つ。さらに、P2P プロトコルスタックにアクセスするためのミドルウェア API を用意し、P2P プラットフォーム上にさまざまな P2P アプリケーションの実装を可能としている。

### 3.3 通信タイプ

メッセージの送信には、表1に示した P2P ユニキャスト、P2P ブロードキャスト、P2P マルチキャストを用いる。

表1 通信タイプ

通信タイプ	通信方法
P2P Unicast	特定のノードへメッセージを送信する
P2P Broadcast	P2P ネットワーク上の全てのノードにメッセージを送信する
P2P Multicast	特定のマルチキャストグループにメッセージを送信する

## 4. Ja-Net の概要

本章では、P2P プラットフォーム上に実装した Ja-Net について概要を述べる。本稿では、大まかな概要にとどめ、詳細については[5]、[6]を参照されたい。

Ja-Net では、様々なデバイスを繋ぐネットワークをユニバーサルネットワーク (Universal Network) と定義している。Ja-Net はこのユニバーサルネットワークでコンテンツやデバイスを組み合わせ、ユーザの状況や嗜好に応じてネットワークアプリケーションを動的に生成する、適応型ネットワークアーキテクチャである。

アプリケーションを提供する実体を CE(Cyber-Entity)と呼ばれるものでモデル化している。

Ja-Net の特徴を以下にまとめる。

#### 1) ユーザ情報の活用

ユーザの位置、嗜好、健康状態、感情などの情報と行動パターンなどを学習し、様々な生活シーンに適應する。

#### 2) 生物学的要素の組み込み

CE には、エネルギーの概念があり、ユーザにサービスを提供するとエネルギーを獲得し、リソースを利用した場合にエネルギーを失い、使い果

たずと死ぬ。よって、よく利用される CE は生き残り、無駄な CE は長生きしないなど自然淘汰性を持つ。また、他の CE と連携することによってリレーションシップを確立する。アプリケーションはこの CE の連携によって多様性のあるアプリケーションが提供され（創発）、ユーザの評価を基にしてそのリレーションシップが変化（進化）。その他に、移動、複製などの Agent と同じ機能を持つ。Ja-Net は創発によるアプリケーションの多様化と自然淘汰によるアプリケーションの進化によってユーザに適応するシステムである。言い換えると、各ユーザの評価、興味に基づいて、ユーザの嗜好にあったアプリケーションが作り出される。また、多様なアプリケーションがネットワーク上に存在し、ユーザにとって予想外なものや、潜在的なニーズにも適応できる。

アプリケーションは、CE 間のリレーションシップに基づいて創発される。ここで、リレーションシップとは自 CE から見た他 CE の有効度であり、提供するサービス属性などの情報と共に、テーブルに保持される。まず、リレーションシップは、新しいノード（デバイス）に移動してきたとき、すでにそのノードにある CE と相互にリレーションシップが生成される。

アプリケーションを提供する場合は、テーブルを参照し指定したキーとサービス属性がマッチする相手 CE を選択する。また、複数のキーを指定することができ、多様性を持たせている。リレーションシップの評価値は、アプリケーションを利用したユーザの評価に基づいて、評価が高い場合は、CE 間のリレーションシップが強化され、低い場合は弱化する。

## 5. 実装

P2P プラットフォーム上への Ja-Net 実装方法

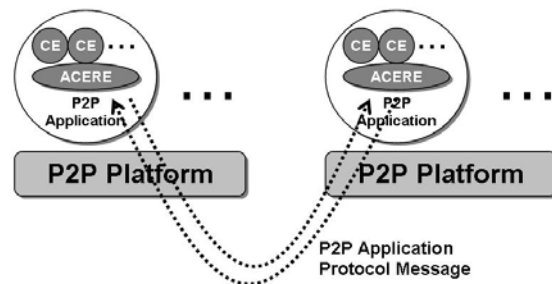


図3 実装概念図

について以下に示す。

図3に示すように、P2P コアプロトコル上にアプリケーションとしてJa-NetのCEとACERE（ACE Runtime Environment）をポーティングする。ACEREは、CEの実行環境を提供し、CEの移動処理機能、メッセージ送受信処理機能などを持つ。実装に関して、CEには変更を与えない。Ja-NetからP2Pプラットフォームのトランスポートを利用するためにトランスポートを呼び出す機能を実装し、Ja-Netはこれを利用するP2Pアプリケーションとしてポーティングした。また、ACERE間のメッセージ送受信のため、P2P Application Protocol Messageを開発した。

Ja-Netで動作するサンプルプログラムを用いて、P2Pプラットフォームのトランスポートを利用するJa-Netを検証し、正しく動作することを確認した。

## 6. 関連研究

Sun MicrosystemsはP2PプラットフォームとしてJXTA[7]を提案している。JXTAと本研究で提案するP2Pプラットフォームは共に、P2Pアプリケーション開発のために必要な機能を提供することを目的としており、特定のデバイス、特定の開発言語、特定のアプリケーションに依存しない設計方針となっている。JXTAとの主な相違点として、我々は、Pure P2PとHybrid P2Pア

ーキテクチャの融合を検討しているが、JXTA はスーパーノードを用いた階層型アーキテクチャを用いている。また、我々は P2P マルチキャストの通信タイプを用意しており、効率的なグループ間通信を実現している。

エージェントのプラットフォームとして、IBM による Aglets[8]や Bee-gent[9]、JADE[10]などが提案されているが、基本的には IP ネットワーク上に限定され、デバイス間シームレスを実現できないものが多い。

## 7. 考察

本章では、エージェントと P2P の親和性、エージェントプラットフォームにおけるデバイス間シームレスを実現する P2P プラットフォームの有効性などについて述べたい。

P2P の特徴である自律分散型の検索モデルや協調モデルはエージェントに機能を与える。エージェントは情報を収集する、または、エージェント自身を複製し移動する特性があるが、携帯端末や情報家電など処理能力・ストレージが小さいデバイスは、エージェントの容量を制限する必要がある、十分に情報またはエージェントを蓄えることができない。以上の場合、関連するエージェントの識別情報を取得しておき、必要時にエージェントを検索し、情報を取得することや、エージェントが協調してサービスを実行することが可能となる。

P2P プラットフォームは、オーバーレイネットワークを構築するため、P2P プラットフォームをトランスポートとして用いるエージェントアプリケーションは、ネットワークのセグメントを意識せずにすむ。また、エージェント自身もノードであり、同じくノードとしてオーバーレイネットワーク上に存在するデバイスを検索し、そのデバイス持つサービスを実行できる。例えば、情報家

電が持つ一つの機能をプリミティブなサービスとして捉え、エージェントがユーザの行動履歴や嗜好を学習し、RFID タグや様々な物理センサからなるセンサネットワークと連携することで自律的に状況を把握し、様々なデバイスに存在するプリミティブなサービスを組み合わせたよりユビキタスに近いサービスをユーザに提供できる。

上記したように、エージェントアプリケーションにおける P2P プラットフォームの有効性は大きく、ユビキタスサービスを実現する手法の一つのなりえると考える。

## 参考文献

- [1] i-mode, i アプリ <http://www.nttdocomo.co.jp/>
- [2] H.Sumino, at el: Design and Implementation of a Multicast Instant Messaging System in the Mobile P2P Network, IPSJ ICMU2004, Proceedings of ICMU, pp.160-165, 2004.
- [3] T. Kato, at el: A Platform for Peer-to-Peer Communications and its Relation to Semantic Web Applications, www2003 workshop on Semantics in Peer-to-Peer and Grid Computing, 2003.
- [4] N. Ishikawa, T. Kato, H. Sumino, J. Hjelm, K. Miyatsu, S. Murakami, "Jupiter: Peer-to-Peer Networking Platform over Heterogeneous Networks", The 3rd International Conference on Computing, Communications and Control Technologies (CCCT' 05), 2005.
- [5] 須田達也, 松尾真人, 板生知子, 中村哲也, 今田美幸, 大塚卓哉, 田中 聡, "アプリケーション創発のための適応型ネットワークアーキテクチャ:Ja-Net", 情報処理, Vol.43, No.6, pp.616-622, 2002.
- [6] 板生知子, 中村哲也, 松尾真人, 田中 聡, 青山友紀, "ユーザ嗜好に応じた動的なサービス構築のためのリレーションシップメカニズムの設計と評価", 情報処理学会論文誌, Vol.44, No.3, pp.812-825, 2003.
- [7] Sun Microsystems: Project JXTA, <http://www.jxta.org/>.
- [8] Agles <http://www.trl.ibm.com/aglets/index.htm>
- [9] T. Kawamura, Y. Tahara, T. Hasegawa, A. Ohsuga and S. Honiden, "Bee-gent: Bonding and Encapsulation Enhancement Agent Framework for Development of Distributed Systems," Journal of the IEICE, D-I, Vol. J82-D-I, No. 9, 1999.
- [10] Fabio Bellifemine, Agostino Poggi, Giovanni Rimassa, CSELT internal technical report. Part of this report has been also published in Proceedings of PAAM'99, London, April 1999, pp.97-108.