

ユビキタスネットワーク技術の研究開発

～ ユビキタスネットワーク認証・エージェント技術 ～

寺西 裕一・下條 真司（応用情報システム研究部門）

1. はじめに

ユビキタスネットワークの市場規模は 2010 年には 84.3 兆円に達すると試算され、e-Japan 戦略第二期として「元気・安心・感動・便利」社会を目指す IT 政策が日本政府により推進されている。この政策の一環として、2003 年度より、総務省情報通信分野における研究開発委託「ユビキタスネットワーク技術の研究開発」の課題の一つである「ユビキタスネットワーク認証・エージェント技術」に関する研究開発を、日本電信電話（株）（代表機関）、大阪大学、東京大学、（株）日立製作所が共同で受託している。本研究開発は、参加機関が密に連携しながら、以下の研究テーマについて 2003 年度から 2007 年度までの 5 年計画で推進していく予定となっている。本研究を担当する各機関で構成される UAA 研究グループでは、様々な連携アプリケーション開発や実証実験を実施している。

- 大量モビリティ対応認証技術に関する研究開発（日立製作所）
- 分散型認証制御技術に関する研究開発（日立製作所）
- 自律分散ノード認証技術に関する研究開発（東京大学）
- 自律適応型ネットワークシステム構成エージェント技術に関する研究開発（NTT）
- コンテンツ流通エージェント技術に関する研究開発（大阪大学）

大阪大学では、本センター応用情報システム研究部門（下條研究室）および情報科学研究科情報ネットワーク学専攻インテリジェントネットワークング講座（村上研究室）が中心となり、奈良先端科学技術大学院大学および尾道大学の研究者と共同して、「コンテンツ流通エージェント技術」について研究を推進している。

2. 研究開発概要・目標

本研究では、ユビキタス環境下で各種コンテンツを効率的に提供するためのエージェント技術について研究を推進する。

まず、アプリケーションレベルにおいて、ユビキタスコンテンツアクセスメカニズムに関する研究を行い、膨大なリソースを、メタ情報とユーザのプロファイルをマッチングすることにより効率よくユーザに提示する技術と、コンテンツをユビキタスに配信し、かつその膨大なコンテンツを意味的にまとめて発見する技術を研究開発する。

一方で、これをネットワーク側から支援するため、網の構成や利用状況を把握するネットワークエージェントと利用者の用途に応じた通信形態を判断するユーザエージェントとの協調によって多様な無線アクセス技術をアプリケーションに応じて効果的かつ透過的に利用可能とする技術と、端末数が膨大でかつ構成が動的に変化する低機能端末網に対して高速かつ機能的なメッセージ交換を実現する適応的経路制御技術についても検討する。

3. 研究内容

本研究は、先に述べた通り、大きく分けて、以下の 2 つの取り組みに大別できる。

1. コンテンツアクセスメカニズム
2. 無線ネットワーク制御・適応的経路制御技術

以下では、それぞれにおける本年度の成果について述べる。本年度は 5 年計画の 4 年目であり、これまでの研究成果の実用化に向けてプラットフォームシステムとしての機能拡充や公開が行われ、幅広い研究者、開発者にアピールするとともに、最終年度実施予定のプロジェクト連携や実証実験に向けた準備が整った年であった。

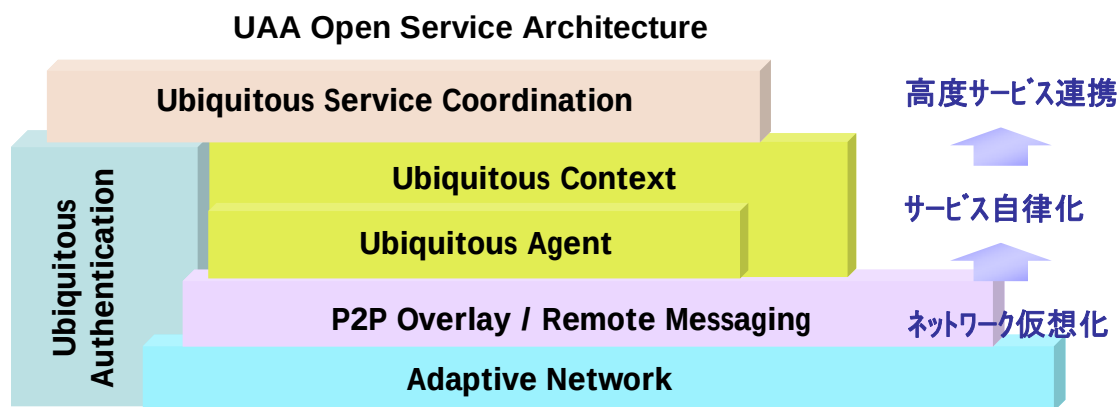


図 3-1-1: UAA オープンサービスアーキテクチャ

3.1. 本年度の成果概要

図 3-1-1 は、ユビキタス認証・エージェント (UAA) 研究グループにおいて本年度検討した UAA オープンサービスアーキテクチャを示している。UAA オープンサービスアーキテクチャは、下位より、Adaptive Network レイヤ、P2P Overlay / Remote Messaging レイヤ、Ubiquitous Agent レイヤ、Ubiquitous Context レイヤ、Ubiquitous Service Coordination レイヤ、および、各レイヤに横断的に位置する Ubiquitous Authentication レイヤから成る。

コンテンツアクセスメカニズムの研究開発においては、これらのうち、特に P2P Overlay / Remote Messaging レイヤ、Ubiquitous Agent レイヤ、Ubiquitous Context レイヤに研究のフォーカスをおいている。P2P Overlay / Remote Messaging レイヤでは、散在するセンサー、モノ、コンテンツ、ユーザなどを P2P ネットワークのピアとして接続可能とした上で、リモートに存在するピアとの間でメッセージのやりとりを行うことを可能とする。Ubiquitous Agent レイヤでは、P2P として接続されたピア上で自律的に計算主体として動作するエージェント機能を提供する。Ubiquitous Context レイヤでは、P2P ネットワークやエージェントから得られる情報をもとに、ユーザのコンテキストを抽出し、その場、そのときにもっとも相応しいコンテンツを選択する機能を提供する。

一方、無線ネットワーク制御・適応的経路制御技術の研究開発においては、主に Adaptive Network レイヤ、特に無線ネットワークの効率的な利用に研究

の主眼をおいている。このレイヤにおいては、無線統合網の有効利用と、低機能端末網における高品質かつ安定した通信を実現する。

各レイヤにおける本年度の研究成果について概要を以下に述べる。

コンテンツアクセスメカニズムの研究開発における今年度の研究成果は、(1) P2P エージェントプラットフォームの拡充と実証評価、(2) コンテンツ発見・配信機能の高度化研究、(3) プロジェクト間連携の推進 に大別される。

また、無線ネットワーク制御・適応的経路制御技術の研究開発における成果は、(4)無線統合網において最適な無線インタフェースと経路を選択する技術と、(5)低機能端末網における機能的集合を考慮した適応的経路制御技術に分類できる。

3.2. コンテンツアクセスメカニズム

(1) P2P エージェントプラットフォームの拡充と実証評価

本委託研究で研究開発を進めてきた P2P エージェントプラットフォーム PIAX をさらに実用的なものとするための各種機能拡充を行った。

まず、プラットフォーム機能として研究開発を進めてきたエージェントプラットフォーム PIAX の実用化に向けた機能拡充、および、オープンソース公開を行った。また、PIAX が動作する小型デバイス PIAX nano の開発を行い、アプライアンスとして容易に利用可能とした。

さらに、PIAX を活用した実証アプリケーションとして、地図に基づくコンテンツ流通機構 MapWiki

の分散位置コンテンツ管理機能 Diploid を実装し、実用性、スケーラビリティを確認している。

図 3-2-1 は、PIAX nano の概観である。PIAX nano は、ベースとして ARM 系 CPU を搭載した Armadillo-240 を使用しており、以下の特徴を持つ。

- 消費電力・コストにおいて有利となる ARM 系 CPU を採用。
- PoE 対応により、イーサケーブル接続のみで動作可能。
- Web ブラウザによる簡単設定でセンサーを PIAX ネットワークへ接続可能。
- ARM 系 CPU に最適化・改変された PIAX ソフトウェアを搭載。GCJ コンパイラの使用により ARM ネイティブコードで動作。



図 3-2-1: PIAX nano の概観

(2) コンテンツ発見・配信機能の高度化研究

P2P Overlay レイヤに相当するコンテンツ発見・配信機能に関する研究、および、Ubiquitous Context レイヤに相当するコンテンツ推薦手法に関する研究を進めた。

P2P Overlay レイヤに相当する研究としては、ユビキタス環境における利用者やコンテンツの位置に基づくオーバレイやその応用に関する研究に取り組んでいる。とくに、P2P ネットワークの各ピアに、地理的なボロノイ領域で示される担当領域を与え、担当領域内に存在する位置依存情報のインデックスを管理することによるコンテンツ発見手法に関する研究、P2P ネットワークに多数のセンサーが接続された環境において、ユーザの要求する詳細度でセン

サー観測値の分布を把握でき、かつ、冗長な情報を削減することが可能なデータ収集手法について検討を進めた。また、クエリに対する応答転送履歴に基づく P2P ネットワーク自己組織化手法の検討や、コンテンツのもつ時間依存の重要度と位置情報に着目したクエリの転送方式により、クエリにおけるトラヒックを削減する手法の検討も行った。

また、位置に基づくコンテンツ発見・探索サービスを容易に実現するための一手法として、WWW 上にある膨大な Web コンテンツをクロールし、自然言語処理によって住所記述を抽出することで緯度・経度をインデックスとした位置コンテンツを生成可能とするインデксаの開発等にも取り組んでいる。

(3) プロジェクト間連携の推進

本プロジェクトでは、各種ユビキタス関連プロジェクトとの連携についても積極的に取り組んでいる。今年度、ユビキタスネットワーキングフォーラムにおいて開発されたオープンセンサーネットワークアクセスプロトコル OSNAP と PIAX を連携させるためのセンサーエージェントの開発を行った。東大、九州工業大学、KDDI などから構成される Ubila プロジェクトとの連携も進め、KDDI 製のライフログ携帯端末と MapWiki の関係や、CroSSML と呼ばれるサービス記述言語と PIAX、OSNAP とを連携させたアーキテクチャの検討、実証アプリケーションの開発も行っている。さらに、PIAX、OSNAP、CroSSML の実証アプリケーション

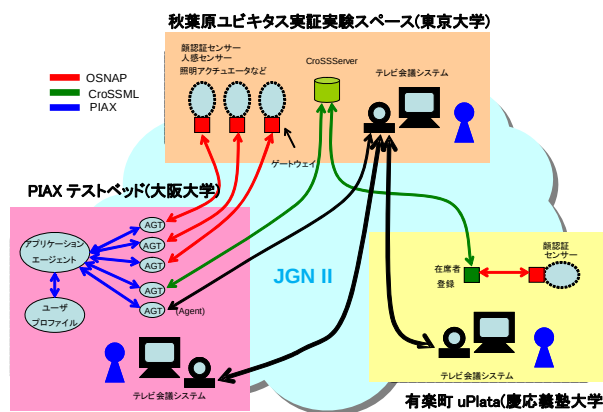


図 3-2-2: JGN II によるテストベッド環境の構築

の検証のため、阪大、東大、慶応大の拠点を JGNII

で結んだテストベッド構築もおこなっている(図 3-2-2)。

3.3. 無線ネットワーク制御・適応的経路制御

(4) 無線統合網において最適な無線インタフェースと経路を選択する技術

無線統合網において、網の利用状況とユーザの品質要求とを考慮して最適な無線インターフェイスと経路を選択し、ネットワーク全体での負荷分散を図る技術について検討した。

無線統合網におけるネットワーク利用率を高める最適インターフェイス選択手法として、無線 LAN の空き容量を規定する関数を導出し、通信の上下別に最適なインターフェイスを選択することでネットワーク全体での負荷分散を図る方式を提案した。また、無線統合網における TCP ストリーミングサービスのためのハンドオフ性能向上手法として、無線統合網における垂直ハンドオフ時に発生するパケットロスに伴うスループット減少からの回復速度を早め、ストリーミングサービスにおいても違和感のない通信を提供し続ける手法を考案した。さらに、多対多リアルタイム通信に適した共有木型アプリケーションレベルマルチキャスト方式として、リンク性能が不均質な環境において、QoS を考慮したアプリケーションレベルマルチキャスト通信方式を検討した。

(5) 低機能端末網における機能的集合を考慮した適応的経路制御技術

標準プロトコルである AODV を拡張し、不要な制御メッセージの発生を抑制することで網全体のリソースを有効利用する手法を提案した。

低機能端末網における環境エネルギーを利用した高効率経路制御技術として、低機能端末の欠点である電力を長時間維持するため、太陽光等の環境エネルギーを効率的に利用する枠組みとそれを生かしたクラスタリング技術について提案した。この時、機能的集合を考慮してクラスタヘッドを選択することで、より効率を高められる。

無線ネットワークにおける近隣局の通信状況を考慮したマルチチャネル MAC プロトコルとして、無線ネットワークにおける衝突による通信品質劣化と網利用の効率性低下を避けるため、複数のチャネル

を用いて近隣端末の通信状況を観察し、それに基づいて送信制御を行う MAC プロトコルを開発した。また、無線マルチホップ網で TCP を用いると大きな不公平性が発生することが知られているが、本研究プロジェクトにおいて、各端末の通信時間を短く分割することで公平性とスループットを向上させる方式の検討も行っている。

3.4. 実証実験

UAA プロジェクトとして、2007 年 3 月 17 日～25 日の期間、携帯端末を用いたユビキタス情報配信システムの実証実験「マチコミサービス in 弘前」(古都ナビ)を弘前市にて行った。3 月 17 日にはオープニングセレモニーが行われている。本システムでは、事前登録したユーザが所持する携帯端末において、好みに合った店舗や観光スポット情報を屋外において自動的に受信できる(図 3-4-1)。また、ユーザは携帯端末やインターネット経由で情報を書き込むこともできる。屋外の公共空間で行う実証実験は全国でも初の試みであった。

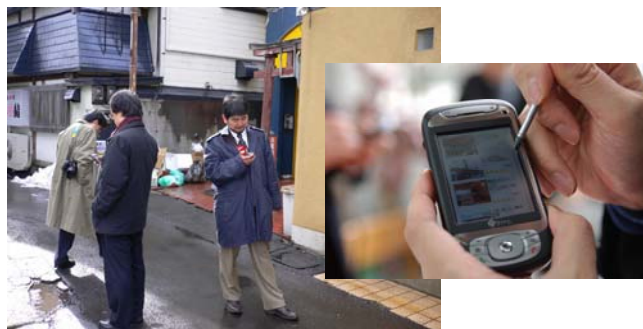


図 3-4-1: 左 : 実証実験の様子 右 : 実験で利用した携帯端末

4. おわりに

本研究では、今後も特にエージェント技術を活用した効率的コンテンツ流通に焦点を当て、いつでもどこでも状況に応じた情報処理が効率的に行える手法について研究を推進していく予定である。本研究によって日本のユビキタスネットワーク技術の進歩に大きく寄与したいと考えている。