

ユビキタス環境における P2P エージェントプラットフォーム を用いた情報推薦機構の提案と実装

石 芳正[†] 新井 イスマイル^{††} 寺西 裕一[†] 春本 要^{†††} 下條 真司[†]

武本 充治* 須永 宏*

田中 絵里香◇ 西木 健哉◇

[†] 大阪大学サイバーメディアセンター ^{††} 奈良先端科学技術大学 情報科学研究科

^{†††} 大阪大学大学院工学研究科 * 日本電信電話株式会社 NTT ネットワークサービスシステム研究所

◇ 株式会社日立製作所 システム開発研究所

概要

ユビキタス環境では、ユーザの状況を考慮し、ユーザが意図する情報を発見、提供するコンテキストアウェアなサービスが期待される。現在主流であるクライアント・サーバ型システムでは、このユビキタス環境で生じる膨大な情報に対し、十分なスケーラビリティを保つことが難しい。このため、P2P モデルによりスケーラビリティの実現を目指すシステムが多いが、ユビキタス環境ではユーザやセンサにより多様な情報が生成されるため、従来の P2P システムではその形式や属性を想定したシステムを構築することは困難である。本稿では、P2P エージェントプラットフォーム PIAX を基盤として、エージェント連携により情報が持つメタデータとユーザのプロファイルをマッチングし、膨大な情報の中から効率よくユーザに必要な情報を発見、提示可能な情報推薦機構を提案した。さらに提案手法を実装し、ショッピングセンターにおける実証実験により実用性の評価を行った。

Proposal and Implementation of An Information Recommendation Mechanism Using a P2P Agent Platform for Ubiquitous Environment

Yoshimasa Ishi[†], Ismail Arai^{††}, Yuuichi Teranishi[†], Kaname Harumoto^{†††}, Shinji Shimojo[†],

Michiharu Takemoto*, Hiroshi Sunaga*,

Erika Tanaka◇, and Kenya Nishiki◇,

[†] Cyber Media Center, Osaka University

^{††} Graduate School of Information Science, Nara Institute of Science and Technology

^{†††} Graduate School of Engineering, Osaka University

* NTT Network Service Systems Laboratories, NTT Corporation

◇ System Development Laboratory, Hitachi Ltd

Abstract

In the ubiquitous environment, it is expected to realize context-aware services which change their contents according to user context. Since huge information will be made in the ubiquitous environment, to keep enough scalability is difficult by the client-server model. Therefore, many systems aim to get the scalability using P2P model. However, in the ubiquitous environment, there will be various type of contents generated by users and sensors. So to create an information recommendation system assumed these attributes and forms is difficult in existing P2P model. In this paper, we propose and implement an information recommendation mechanism based on P2P agent platform PIAX that can efficiently discover, and present necessary information for users from huge information. The mechanism matches user's profile and meta-data of information by the agent cooperation. We evaluated the effectiveness of the proposals by the proof experiment in the shopping center.

1 はじめに

近年、ユビキタスコンピューティング [1] と呼ばれる、コンピュータ資源が偏在する環境の構築をめざ

す研究が盛んに行われている。近年では、PDA や携帯電話といった小型端末の性能が向上しネットワーク接続機能を持つようになり、いわゆるユビキタス

環境が現実的なものとなりつつある。

ユビキタス環境では、ロコミ情報やセンサー情報といった莫大な量の情報が発生すると考えられており、ユーザがそれらの膨大な情報から自身が必要とする情報を探し出すことが困難になると予想されている。このため、システム側においてユーザの状況を考慮し、ユーザニーズに合致する情報を発見、提供を行うコンテキストウェアなサービスが期待される。ユビキタス環境が整うにつれ、ユーザの年齢や性別などの静的な情報に加え、現在位置や時間などの動的な情報、スケジュールや購入履歴といった行動情報などのさまざまなコンテキストを考慮し、より適した情報やサービスの推薦が可能となると考えられる。

しかしながら、これらの膨大な情報を従来の集中型システムで扱うには設備投資が膨大となり、スケーラビリティを保つことが難しいという問題が生じる。このため、ユビキタス環境では、P2Pモデルによる情報の分散管理を行い、スケーラビリティの高い情報資源共有機構を目指す場合が多い。また、ユビキタス環境ではロコミ情報のようにユーザにより自由に作成される情報や、センサにより自動生成された情報など様々な形式のコンテンツや属性が存在するため、従来のP2Pシステムではソフトウェア制作時に想定したコンテンツの形式や属性に対して、固定のアルゴリズムによるマッチングしか行えない。このため、扱える情報の自由度が低くなるという問題がある。

これらの問題に対して、我々の研究グループでは、エージェント技術を基盤とし、規模拡張性を確保した上でさまざまなユビキタスサービスを実現するP2PエージェントプラットフォームPIAXを提案してきた。エージェントの連携によりサービスを構成することで、エージェントの変更のみで、対象とするコンテンツや属性の形式、アルゴリズムの変更に対して柔軟に対応ができる。本稿は、PIAXにもとづき、情報が持つメタデータとユーザのプロファイルをマッチングすることで、膨大な情報の中から効率よくユーザに必要な情報を発見、提示可能な情報推薦機構を提案・実装し、青森県五所川原市のショッピングセンター「エルムの街」[2]における実証実験により得られた評価について述べる。

また本研究は、u-Japan政策[3]の一環として総務省により推進されている「ユビキタスネットワーク技術の研究開発」の研究開発委託の1つである。これらの研究開発は2003年度から2007年度までの5ヶ年計画で推進され、参加機関が密に連携しながら、推進していく予定となっている。実証実験に向けて構築した買い物支援サービスシステムは、NTTのサービス合成技術と日立製作所の大量モビリティ対応認証技術、著者が実装した推薦システムとの連携によ

り実現した。

2 分散エージェントによる情報推薦機構

2.1 エージェントによる情報推薦

ユビキタス環境では、サービスを提供する上で収集する必要がある情報、利用者に提供されるコンテンツ、サービス提供対象である利用者がそれぞれ膨大な数になると考えられている。また、Web等の既存の情報に加えて、センサーが自動生成する情報や、ロコミ情報といったユーザにより作成される情報など多種多様な情報が増加すると予想される。このため、ユビキタス環境を支える情報管理機構には、膨大な情報に耐えうるスケーラビリティ、多様な情報に容易に対応できる柔軟性、新たなサービスを容易に実現できるだけの拡張性が要求される。

現在主流となっているクライアント・サーバモデルではサーバへの処理集中、トラフィック集中が発生することは明らかであり、これに対処するためには膨大な設備投資が必要となり、運用管理・保守などの負担も大きくなる。このため、ユビキタス環境における情報管理やサービス提供を、クライアント・サーバモデルで行うことは困難である。このため、膨大な情報に対応するための手法としてP2Pモデルによる情報管理機構が用いられることが多い。

しかし、P2Pを用いたとしても、新たなサービスを追加する場合、全ピアのソフトウェアを更新しなければならず、運用面での負荷が大きい。また、新たな種類のセンサが情報が現れた場合に、その情報を利用した推薦処理が行えないほか、商品の特性に合わせた推薦処理や、地域・店舗による独自性を持たせることが困難であり、ユーザが自由にカスタマイズできない。

この問題に対し、本稿ではP2Pネットワークと分散エージェントを組み合わせる手法を提案する。本稿でいうエージェントとは、P2Pネットワーク上に自律分散し、相互に連携可能なソフトウェアモジュールとする。さらに、システム動作中に動的に入れ替えることができるほか、ネットワークを介して移動する機能を持つものとする。これにより、新サービスに対応させるには、そのサービスに応じたエージェントをユーザの端末に移動させるだけでよい。また、コンテンツやセンサをエージェントとして扱うことで、コンテンツの種類やセンサの詳細な仕様をカプセル化し、統一的な操作が可能となる。さらに、各エージェントは一定のインターフェースに従うことで、ユーザがエージェントに任意の処理を実装するなど、自由にカスタマイズできる。

2.2 PIAX概要

PIAXはP2P Interactive Agent eXtensionsの略で、P2Pネットワークを構築した上で、さらに分散エー

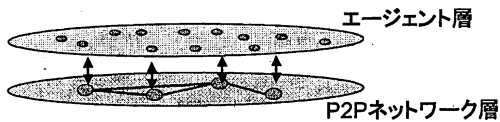


図 1: PIAX の基本モデル

エージェント環境を構築するプラットフォームシステムであり、J2SE JRE 1.3 以降で動作する。図 1 に PIAX のモデルを示す。PIAX ではネットワーク上に分散するエージェントと、P2P ネットワークの 2 階層からなり、分散配置されたエージェントが下層にあたる P2P ネットワークを介したメッセージングにより連携するモデルとなっている。

PIAX は以下の特徴を持つ。

- 容易な実装とエージェント連携機能
PIAX におけるエージェントは Aglets[4] を基盤とした特殊な Java クラスとして実装する。エージェント間のメッセージングは、メソッド呼出しの形で実現されるため、Java の知識があれば容易にエージェントを作成できる。また、エージェントの所在に関係なく、同期・非同期でのメッセージング機能を提供するとともに、マルチキャスト非同期型のメッセージングによる特定のリソースを有するエージェントを発見する手段を提供している。これらのメッセージング機能を用いることで、状況に応じたエージェントを発見し、連携させ、ユビキタス環境におけるコンテキストアウェアなサービスを組み立てることができる。
- 位置に基づく資源発見機能 (LL-Net) と DHT
PIAX では、緯度経度による矩形領域に対して資源探索を行う LL-Net[5] を用いることで、ユビキタス環境におけるサービスで重要な位置情報を用いた資源探索を効率よく行える。また、参加ピア全体で構築された DHT を有しており、システム全体で共有する情報のストレージとして利用できる。

2.3 分散エージェントによる情報推薦モデル

本稿で提案する情報推薦モデルでは、コンテンツを保持したエージェントが分散している状況において、位置に基づくエージェントの探索を行い、推薦処理を行う。各コンテンツに対応するエージェントは、自エージェントに対応するコンテンツデータ、そのコンテンツのメタデータに加えて、推薦機能の一部を持つ。本モデルに基づくコンテンツ推薦は以下の手順で行う。

1. 探索領域を指定したエージェントの探索

2. 発見したエージェントに対しユーザプロフィールの送付
3. エージェントが持つ推薦機能の実行
4. 推薦結果の応答

エージェントの探索では、ユーザの現在位置を基準に、その周囲の矩形を探索範囲とすることで、ユーザの近傍にあるコンテンツ、例えば商品情報を持つエージェントを発見できる。そして、発見されたエージェントに対してユーザのプロフィール情報やコンテキスト情報を送付し、推薦機能を実行させる。エージェントが持つコンテンツが、ユーザプロフィールに合致すれば推薦の結果を返す。2.2 節で述べた PIAX のメッセージング機能により、エージェントの探索、プロフィールの送付、エージェント機能の実行指示を同時に実行可能である。

3 商品推薦システムの実装

本章では、エージェントによる情報推薦実装の一事例として、ショッピングセンター向けの商品推薦システムの实装について述べる。

3.1 推薦アルゴリズム

本実装では、スコアリングによる推薦アルゴリズムを採用する。スコアリングとは、個々の推薦対象に対しスコアを求め、高い順に提示する推薦手法である。本実装では、商品メタデータとユーザ情報をマッチングすることで、商品ごとのスコアを算出する。ユーザ情報には、利用者の現在位置、利用者の嗜好や年齢などのユーザプロフィール、購入予定の商品、お気に入り商品リスト (ウィッシュリスト) を含む。商品メタデータとユーザプロフィールは RDF で記述される。その上で、同一の推薦結果が連続することを防ぐほか、タイムセール、期間限定商品といった時間を考慮したスコア処理を行う。スコアの値幅は下限を 0、上限を 20 とする。以下で、推薦処理手順について述べる。

1. 以下の 2 条件の判定を行い、どちらかに合致する場合は、以降のスコア算出処理を省き、推薦結果に含めない。
 - 利用者の近隣にない商品
 - 商品メタデータに有効期間が指定されており、現在時刻がその期間外である場合
2. 商品メタデータに強制推薦属性が付与されている場合、最高スコアの 20 を商品のスコアとする。
3. 商品メタデータとユーザプロフィールのマッチングによるスコア加算を行う。

4. 商品メタデータとウィッシュリストのマッチングによるスコア加算を行う。
5. 同一の推薦結果が連続することを防ぐため、推薦履歴を元に減算処理を行う。
6. 以上の処理を推薦対象となる全商品に対して行い、スコアによるソート後、推薦結果として応答を返す。

3.2 推薦アルゴリズムのエージェントによる実装

2.3 節で示した情報推薦モデルと、3.1 節で示した推薦アルゴリズムにもとづき、ショッピングセンターを前提とした商品推薦システムの PIAX 上での実装について述べる。

3.2.1 エージェント空間と実空間の対応付け

エージェント空間と実空間を対応付けは、ショッピングセンター内に設けたエリアとピアの対応付けにより行う。ピアは、端末内の 1 プロセスとして動作し、緯度・経度で表される位置情報を持つ。エリアは、ショッピングセンター内を重複無く分割した 1 領域とする。このエリアの中心位置をピアの位置とし、ピアとエリアを 1 対 1 に対応づける。そして、そのエリア内に存在する商品のメタデータを持つエージェントをエリアを担当するピア上に配置する。商品メタデータとエージェントの対応は、1 商品メタデータを 1 エージェントに保有させることで 1 対 1 に対応させる。以上の対応付けにより、商品メタデータは実空間での商品位置に合わせ、分散配置される。

3.2.2 エージェントによる推薦処理

推薦に携わるエージェントとして、各ピア上に ItemAgent, SearchAgent を配置する。ItemAgent は 1 種の商品メタデータと対応し、そのメタデータを保持する。また、商品メタデータとユーザ情報のマッチングによるスコア算出機能を持つ。SearchAgent は推薦処理の管理を担当し、外部システムからの推薦要求を受け取り、対象の領域にある ItemAgent にスコア算出要求を出し、その結果から推薦商品リストを作成する。

推薦処理の流れを図 2 に示す。まず、そのエリアの領域情報、利用者のユーザプロフィール、ウィッシュリストを SearchAgent に送信し、推薦要求を出す。ユーザプロフィール、ウィッシュリストは領域情報にもとづき、領域内の ItemAgent に転送され、各 ItemAgent が自律的に動作し、自身が持つ商品メタデータと、受け取ったユーザプロフィール、ウィッシュリストとマッチングを行いスコアを算出する。SearchAgent は、返されたスコアを集約し、履歴によるスコアの修正、ソート後、推薦リストを作成する。この推薦リストを元に商品情報を利用者に提示する。

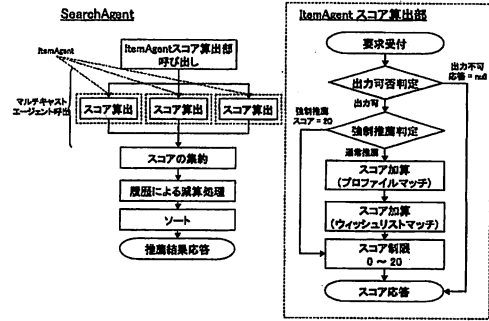


図 2: エージェントによる推薦処理アルゴリズム

4 実証実験

前節で示した商品推薦システムを用いて、青森県五所川原市にあるショッピングセンター「エルムの街」において、2006/2/4 ~ 3/5 の 1 ヶ月間にわたる実証実験を NTT, 日立製作所, 大阪大学の 3 研究機関で共同して実施した。今回の実証実験では、新たな IT 技術であるユビキタス技術が、ショッピングセンターでの情報提供によるショッピング支援サービスに展開可能であることの検証、及び、3 研究機関の研究開発する要素技術の有効性検証を目的としており、3 研究機関が連携開発したユビキタスショッピングシステムを、実際の顧客に利用いただき、ユーザビリティや各種技術の評価を行った。

4.1 実験内容

本実験は、ユーザの商店街内での位置や時間、及び、ユーザプロフィール（年齢、性別、趣味、欲する情報カテゴリなど）に応じて、新商品入荷・お薦め商品・お買得商品などの適切な情報をモニタやマスコットを介して提供するショッピングセンター向けコンテンツ推薦サービスの実証実験である。実験対象となった店舗は、約 100 店舗であり、ショッピングセンター内を 20 のエリアに分割して行った。

ユーザは受付にてユーザプロフィールの登録を行い、ユーザ ID が記録された RFID カード、あるいは RFID 内蔵マスコットを受け取る。そして店舗内の各エリアに設置された情報端末にカード、マスコットを置くことで推薦された商品を見る。図 3 にユーザに提示される画面を示す。推薦結果が最上位の商品が、画面左上に、2 位以下の商品は画面左下に静止画で表示される。また、画面上の「くわしく見る」ボタンを押すことで、その商品情報の詳細を見ることができる。画面右上には、情報提供端末の周囲の地図が表示され、地図上の店舗を押すことで、その店舗内の商品のみを表示することができる。また、マスコットには推薦商品通知機能も有しており、エリア内にユーザに対する推薦商品がある場合は、振動な

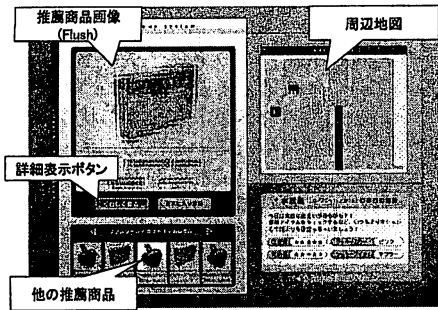


図 3: 推薦商品表示例

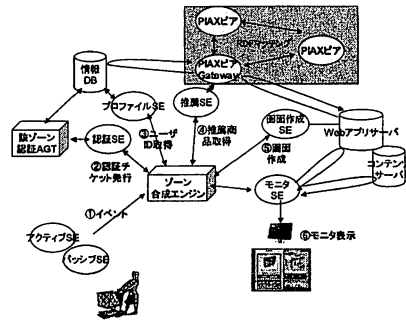


図 5: 推薦処理フロー

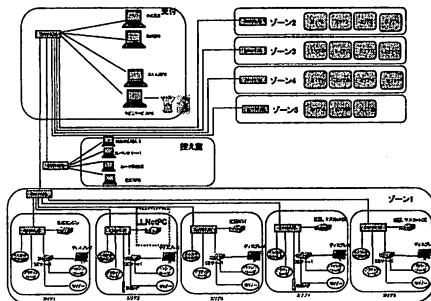


図 4: ハードウェア構成図

どによりユーザに通知される。コンテンツは、実験参加店舗により随時追加，更新が行われた。

4.2 システム構成

実証実験システム全体のハードウェア構成を図 4 に示す。情報提供端末は各エリアに 1 台ずつ，合計 20 台配置しており，各情報提供端末内には 2，3 台の PC を設置し，各機関のシステムを動作させた。また，各 PC は 100Mbps の LAN で接続した。推薦システムは，これらの PC のうち情報端末内の 5 台を使用しており，19 ピアを分散配置した。ピア数については運用前にエリアの統合を行ったため，20 ピアではなく 19 ピアとなっている。

4.3 実証実験システムの動作フロー

次に実証実験システムの推薦処理フローを図 5 に示す。前節で示した推薦システムは，図中の PIAX ピアと記載されている部分にあたる。アクティブ SE などのモジュールは，NTT-NS 研のサービス合成技術におけるサービス要素 (SE) である。SE のうち，認証 SE は，日立製作所が開発した大量モビリティ対応認証技術により実装されている。各サービスは，ゾーン合成エンジンにおいて，サービステンプレート (ST) にもとづきサービスの連携制御が行われ，以下の処理フローにより，利用者に推薦商品情報を提示している。

次に，実証実験システムにおける商品推薦処理の動作フローについて説明する。

1. 利用者の位置を RFID リーダーにより検出し，ST にしたがつた処理を開始する。
2. 利用者がいるゾーンを担当する認証 AGT により，認証チケットの発行を受ける。
3. 認証チケットを用いて，ユーザ ID を取得する。
4. ユーザ ID と利用者の位置を推薦システムに渡し，推薦処理を行う。
5. この推薦結果を基に利用者に提示する画面を作成する。
6. 利用者の最寄りにあるモニターに出力する。

4.4 実験結果と評価

推薦システムのログデータより，1 日ごとにリクエスト数，リクエスト失敗率，推薦に要した時間を抽出した結果を示す。図 6 は，推薦システムに対して発行されたリクエストの数，およびその成否の回数を示している。ここでリクエストの失敗とは，通信エラーにより正常な推薦が行えなかった場合を表す。

リクエストの失敗率をまとめ，図 7 に示す。リクエストの失敗要因として，システムが過負荷で返答できなかった場合やネットワークが通じない場合が考えられる。初期段階はネットワーク機器の障害が生じており，それによるピア間の通信異常により失敗率が高くなっている。また，2/25 に失敗率が高くなっているが，これは設定変更時に不具合が生じ，システムの再起動を行ったためと考えられる。実験期間を通しての平均失敗率は 2.6 % であった。

図 8 は日ごとのリクエスト平均処理時間の内訳を表している。ただし，失敗したリクエストは集計対象から省いている。リクエストの受け付けから応答までの時間を応答時間，エージェントにより推薦処理を行っている時間を推薦時間とした。また，推薦処

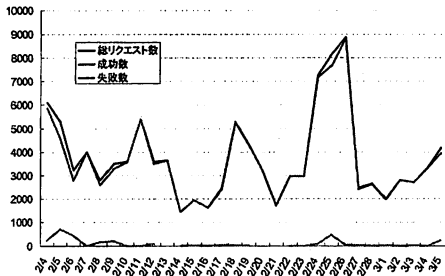


図 6: リクエスト数

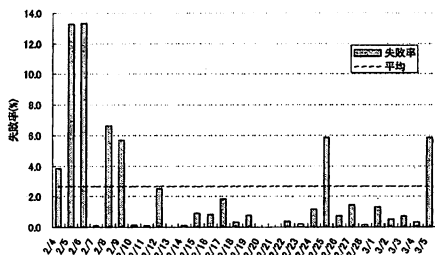


図 7: リクエスト失敗率

理では認証 AGT からユーザプロファイル及びウィッシュリストの取得を行うため、この時間を外部アクセス時間としている。図のように、応答時間のうち 80～90% をエージェントによる処理時間が占めている。先に示したように、実験初期はネットワーク機器の障害が生じた。このため、その期間 (2/4-6) は TCP によるリトライが行われ処理時間が長くなったと思われる。これを除いた期間は、ほぼ 1 秒以内で応答を返しており、実用的な時間内で推薦が行われた。また、リクエスト失敗率が高い日はそれ以外の日と比べ処理時間が増加していることがわかる。実験最終日の時点で、コンテンツは 880 個が登録されていた。

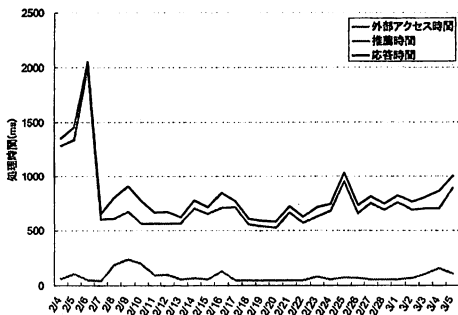


図 8: 平均処理時間

5 考察

実証実験において、ネットワークが不調である場合にリクエストに失敗することが多い。ユビキタス環境では、このようなネットワークの状態の変化は頻繁に起こると考えられているため、ネットワーク不調が生じて、利用可能な機器だけでサービスを続行できる仕組みが必要となると考えられる。

また、より大規模な環境においてコンテンツ数が膨大となった場合、全ての ItemAgent が応答を返すと、ネットワークの負荷が無視できなくなると考えられる。現時点では、領域の指定により対象とする ItemAgent 数を制限する形になっているが、以前の推薦処理結果や途中結果を保存しておき再利用するといった、それ以外の負荷軽減手法についても検討する必要がある。

エージェントプラットフォームとして用いた PIAX についても、高負荷時におけるリソースの解放が遅れ、新規リソースを取得ができなくなるという問題が生じた。実証実験初期を除いた期間に生じているリクエストの失敗はこの問題によるものと考えられ、対策が必要と考えられる。

6 まとめ

本稿では、ユビキタス環境における状況依存サービス提供のための PIAX を用いたエージェントベースによる情報推薦機構の提案、実装を行った。さらに実装システムのショッピングセンター「エルムの街」における実証実験により、推薦機構の性能評価を行った。実証実験により得られた知見をもとに、完成度を高め、より実用的なシステムとしていきたいと考えている。

謝辞

本研究の一部は、平成 15 年度総務省「ユビキタスネットワーク認証・エージェント技術の研究開発」の研究助成によるものである。また、実証実験の場を提供いただいた、「エルムの街」、五所川原街づくり株式会社の皆様に深謝する。

参考文献

- [1] M. Weiser, "The Computer for the Twenty-First Century," *Scientific American*, vol. 265, pp. 94-104, Sept. 1991.
- [2] "Elm の街," available at <http://www.elm-no-machi.jp/>.
- [3] "総務省 u-Japan 政策," available at http://www.soumu.go.jp/menu_02/ict/u-japan/.
- [4] "Aglets Software Development Kit" available at <http://www.tr1.ibm.com/aglets/>.
- [5] 金子 雄, 春本 要, 福村 真哉, 下條 真司, 西尾 章治郎, "ユビキタス環境における端末の位置情報に基づく P2P ネットワーク," *情報処理学会論文誌: データベース*, vol. 46, pp. 1-15, Dec. 2005.