

モバイル環境における状況依存型アプリケーションのための P2P プラットフォーム

福村 真哉[†] 金子 雄^{††} 春本 要^{†††} 下條 真司^{†††} 西尾章治郎[†]

[†] 大阪大学大学院情報科学研究科 〒 565-0871 吹田市山田丘 2-1

^{††} 大阪大学工学部情報システム工学教室 〒 565-0871 吹田市山田丘 2-1

^{†††} 大阪大学サイバーメディアセンター 〒 567-0047 茨木市美穂ヶ丘 5-1

E-mail: [†]{fukumura,nishio}@ist.osaka-u.ac.jp, ^{††}kaneko@ise.eng.osaka-u.ac.jp,

^{†††}{harumoto,shimojo}@cmc.osaka-u.ac.jp

あらまし 固定端末中心のネットワークに対し、ワイヤレス通信機能付 PDA や携帯電話などが参加し、いつでもどこでもネットワークを介して情報を利用できるモバイル環境が現実のものとなってきている。また、携帯端末には GPS をはじめとするセンサが搭載されるなどさらに高機能化するとともに、街中には多数のセンサ類が設置され、その場の状況を自由に取得可能になると考えられる。そのような環境においては、ユーザの日常生活に密着した様々な情報サービスが実現可能になる。本研究では、このような多岐にわたる情報を活用したアプリケーションを構築するためのプラットフォームとして、扱うべき情報が莫大であることやサービス提供の柔軟性を考慮し、P2P 型通信を基盤とするプラットフォームを提案する。また、そのプラットフォーム上で実現可能となる生活支援サービスの一例を挙げる。キーワード P2P, モバイル環境, 状況依存情報, ミドルウェア

A P2P Platform for Context-Sensitive Applications in Mobile Environment

Shinya FUKUMURA[†], Yu KANEKO^{††}, Kaname HARUMOTO^{†††},

Shinji SHIMOJO^{†††}, and Shojiro NISHIO[†]

[†] Department of Multimedia Engineering, Graduate School of Information Science and Technology, Osaka University
2-1 Yamadaoka, Suita, Osaka 565-0871, Japan

^{††} Department of Information Systems Engineering, Faculty of Engineering, Osaka University
2-1 Yamadaoka, Suita, Osaka 565-0871, Japan

^{†††} Cybermedia Center, Osaka University
5-1 Mihogaoka, Ibaraki, Osaka 567-0047, Japan

E-mail: [†]{fukumura,nishio}@ist.osaka-u.ac.jp, ^{††}kaneko@ise.eng.osaka-u.ac.jp,

^{†††}{harumoto,shimojo}@cmc.osaka-u.ac.jp

Abstract With the popularization and sophistication of today's mobile devices with wireless communication equipments such as PDAs, cellular phones, and laptop PCs, the environment that enables us to publish and utilize information via the Internet has been actualized. Furthermore, various kinds of sensors will be installed in many places, which will enable us to utilize context information easily. In such an environment, we will be able to provide a new type of information services that will enhance our daily life. In this paper, we propose an application platform which facilitates the development of context-sensitive applications based on P2P communication. In addition, we explain a rendezvous point retrieval service as an example of conceivable information retrieval services that can be implemented on our proposed platform.

Key words P2P, mobile environment, context information, middleware

1. 研究背景

ワイヤレス通信機能付 PDA (Personal Digital Assistant) やノー

トパソコン, 携帯電話などを常に持ち歩き, いつでもどこでもネットワークを介して情報を取得, 活用できるモバイル環境が整備されつつある。モバイル端末は, 個人スケジュールを管理

したり、動画や音楽といった WWW から得たマルチメディアデータを再生できるなど高機能化が進んでいる。そのため、今後、モバイル端末は他人との情報交換、情報蓄積ツールとしてだけでなく、豊富な機能と携帯性を活かして端末利用者（ユーザ）の生活に密着した補助ツールとしての役割が期待されている。

また、モバイル環境に対する考え方として、ユビキタス・コンピューティングがある。これは、街中や屋内などいたるところにコンピュータが存在し、いつでもどこでもコンピュータが利用可能な環境である。ユビキタス・コンピューティングにおけるコンピュータとは、モバイル端末に限らず、家電製品や店頭の大形ディスプレイ、センサ類など、あらゆる機器が対象である。将来は、これらが IP (Internet Protocol) によって接続され、共通のプロトコルで遠隔操作を行えるなど、互いに直接情報交換できるようになると予想される。

モバイル環境とユビキタス環境が融合した環境においては、ユーザは場所や時間を問わず、仕事や娯楽など、日常生活のあらゆる場面で情報を活用することが可能になる。能動的な情報取得は検索サービスを利用することで行われるが、このとき、状況や目的に適した有用な情報をユーザが検索作業を意識することなく容易に見つけられれば有効である。ここで、ユーザにとって有用な情報は、固定端末環境とは異なり、現在位置や時間といった周囲状況に応じて逐次変化するため、検索結果は検索要求を出す端末（ユーザ）の状況や検索対象となるデータの状況を考慮して動的に変化すべきである。さらに、検索における即時性も重要となるため、ユーザの近くに存在する機器の数（情報量）やネットワークのトラフィック状況に応じて、検索方式や提示結果も変化すべきであると考えられる。このことは、検索サービスだけでなく、携帯端末の普及と高機能化に伴い、今後、多様化し増加していくモバイル端末向けのサービスにおいても、同様に考慮すべきである。

また、センサ類がネットワークに参加してくると、扱える情報量が増加する。そのため、複数のサービスにおいて、位置情報ははじめとする個々のデータを各サービスに特化した形で処理した場合、新たなデータを処理するためには、新たな処理機構を一から構築する必要がある。他のサービスにおいて、データの処理方法に共通性があったとしても、その方法を共有するのは困難である。

そこで、本研究では、ユーザがモバイル端末を身に付け、自分や他人のモバイル端末および店舗に備え付けの固定端末や WWW に存在する情報、GPS (Global Positioning System) をはじめとする端末に装備されたセンサ類あるいは街中に設置されたセンサ類から得られるユーザの現在位置や時間、気温、天気などの状況依存情報を自由に取得、活用できるモバイル環境のためのプラットフォームを提案する。提案するプラットフォームは、携帯端末数の増加によるサービスへの負荷集中や、サービス数の増加によるサーバへの多額の設備投資を抑えるため、P2P (Peer-to-Peer) 型通信を基盤とすることとし、P2P ネットワーク層とコンテキストウェア層、アプリケーション層の三層アーキテクチャから構成する。本論文では特に、アプリケーション

に対してミドルウェアとしての役割を果たすコンテキストウェア層に焦点をあてる。

以下、本論文では、2. でユーザの状況に依存する情報とユーザの要求との関連性について述べ、本研究で提案するプラットフォームを 3. で述べる。その後、4. では、提案プラットフォームにおける、状況依存型サービスの例を挙げる。そして、5. で提案プラットフォームにおける課題と要件を挙げ、最後に 6. でまとめとする。

2. モバイル環境における効果的な情報提供

本章では、まず、モバイル環境とユビキタス環境の特徴を述べる。次に、本研究で着目している状況依存情報について説明する。その後、関連研究として、特定のモバイル端末向けに提供されているユーザの状態を考慮したサービスについて述べる。

2.1 モバイル環境とユビキタス環境の特徴

モバイル環境とデスクトップパソコンなどの固定端末環境との相違点として以下の点が挙げられる。

まず、固定端末は ADSL や光ファイバによるブロードバンド接続が標準となっているが、モバイル端末の接続帯域は狭く、大量の情報を送受信するのは困難である。また、無線でネットワークに接続されることもあり、通信範囲が限定される。そのため、通信途中に接続が途切れ、断線状態になることがある。さらに、その携帯性のためにハードウェアの制限が大きく、固定端末に比べて端末内部に蓄えられる情報量が小さく、計算能力も劣る。

次に、モバイル端末はどこでも持ち運べ、いつでも情報を保存、活用できる。また、端末周辺の状況は動的に変化する。したがって、ユーザの状況に合わせて、ネットワークから取得可能な情報を活用することで、ユーザが求める情報をすぐに提供できる。

現在、モバイル端末は、ネットワークを介して情報を取得したり、他人とコミュニケーションを取る手段として活用されている。今後、モバイル端末の普及と高性能化に伴い、特にネットワークからの情報取得に関して、「夕方から友達と楽しく食事ができる場所を見つけたい」、「現在位置の近くに評判の良い喫茶店があるか知りたい」など、ユーザの状況に応じて結果が変わる、生活に密着した形の支援に対する需要が高まると予想される。また、ユーザの要求も状況によって変化する。そこで、上記のモバイル環境における特性を考慮して、ユーザの状況に応じ、動的に変化する情報を活用できれば、ユーザの生活を適切に支援するサービスが実現できる。

動的に変化する情報の活用においては、街中や屋内、いたるところに存在する家電製品や大形ディスプレイ、位置情報や気温などを計測するセンサ類といったコンピュータを利用することも有効である。これは、ユビキタス・コンピューティングとして注目されているが、このようにユーザが直接利用するサーバや端末群だけでなく、ユビキタス環境におけるセンサ類が時々刻々と生成する情報も活用すれば、これまでにない新しいサービスが構築できると考える。

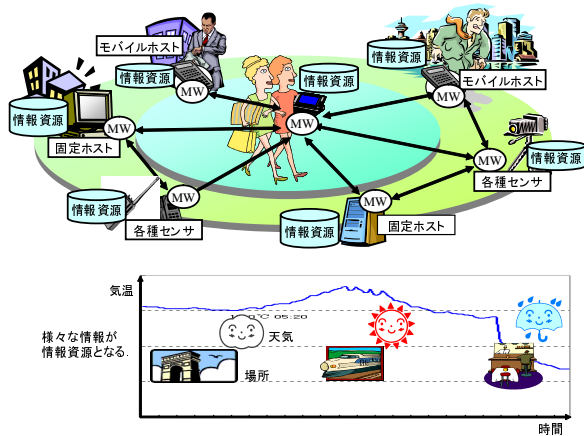


図1 状況依存情報

2.2 状況依存情報

室内、室外を問わず、ユーザが個々にPDAやノートパソコンを持ち歩くモバイル環境においては、ユーザの周囲状況が時々刻々と変化する。例えば位置や時刻、天気、近くのスポン、周囲の人物構成、ネットワーク状態(トラフィック量、帯域幅、付近の通信可能端末数)などである。これらの情報は、モバイル端末に備ったGPSや他のモバイル端末、将来IP化される家電やセンサ類から直接取得できる。また、センサ類などの周囲状況もユーザ同様、動的に変化する。さらに、動的に変化する情報として、例えば、ある業者は営業時間や注目してもらいたい商品、クーポンの有無などの情報を変更できる。個人ユーザは必要ならば、端末において、現在の忙しさやスケジュール、過去に訪れた場所に関する評価、食事内容、購入商品などを変更できる。なお、スポットとは、駅や店舗、公園など様々な場所のことである。

図1は、このような様々なデータ源から情報を取得し活用している場面をイメージとして表したものである。

以上のことから、モバイル環境では、ユーザを取り巻く機器やデータ、ネットワーク状態が常に変化することが分かる。本研究ではこれを状況依存情報と呼び、以下の四種類に分類して考える。

- 計算的情報 (computing context)
 - CPU速度、メモリ容量、ディスク容量
 - ネットワークとの接続性、速度
 - 周辺装置
- 物理的情報 (physical context)
 - 気温、湿度、交通状況、店の混雑度など
- 時間的情報 (time context)
 - 現在の日時や季節
 - 対象情報の生成日時、更新日時
- ユーザ情報 (user context)
 - ユーザの現在位置や移動経路
 - ユーザプリファレンス

例えば、モバイル端末に関しては、CPU速度などの計算能力やネットワークとの接続方法、現在位置や移動経路、端末利用者のプリファレンス、回りの気温や湿度などが状況依存情報と

なる。また、扱う情報に関しては、生成日時や更新日時、有効期限、生成された場所や生成者、その情報を提供している端末の位置、その情報の伝達経路、その情報に付けられたコメントやアノテーションなどが状況依存情報となる。

本研究は、このような様々な状況依存情報を、容易にかつ統一的に扱えるアプリケーションプラットフォームを構築することである。

2.3 関連研究

情報を取得しユーザの生活を支援するサービスやアプリケーションは、環境を問わず多数提案、実用化されている。

固定端末環境では、ユーザの生活に役立つサービスとして、情報検索や路線検索、メーリングリストが利用されている。また、サービスを集めたポータルサイトも構築されている。モバイル環境においても、Yahoo! Mobile [8]をはじめとするポータルサイトが構築され、ポケメル! [3] などメーリングリストによる情報提供も行われている。いまだサービス [5] は、GPSによってPHS端末の位置を特定し、検索条件を絞り込むことで、端末付近のグルメ情報や天気予報を取得できる。しかし、これらのサービスは、元々固定端末環境向けのサービスであり、ユーザの状況を自動的に考慮していない。

ユーザの状態を考慮したサービスとして、TU-KA Messenger [6] がある。このサービスでは、ユーザは他ユーザの「忙しい」、「暇」といった状態を確認しながらリアルタイムにメールやチャットが行えるため、複数ユーザ間での意思決定や知識共有に役立つ。本研究では、このようなサービスをあらゆる端末から利用可能とするプラットフォームを構築する。

また、コンテキストウェア(状況依存)に関して、文献 [12] では状況依存情報を効果的に活用したアプリケーションが多数紹介されている。文献 [1] では、ユーザの位置や時刻、付近の他ユーザ、天気を考慮して、ユーザの欲する情報を予測し、自動的に取得するアプリケーションが提案されている。文献 [4] では、オフィス環境において、来訪者の有無を監視し、ユーザのスケジュールと面会可能性を自動的に調整するアプリケーションが提案されている。これにより、他の来訪者への対応が自動で行える。また文献 [7] では、ユーザ(送信者)が複数の通信手段をもつ他のユーザ(受信者)に対してメッセージを送るとき、受信者の位置とスケジュール情報を考慮して、どの通信手段を用いれば速く正確にメッセージが届くかを自動的に判断、選択するシステムが提案されている。これらのアプリケーションは、いずれもアプリケーション利用者だけの状況を考慮している。しかし、結果の導出に当たり、他ユーザやデータの周囲状況を考慮すれば、例えば、スケジュールの調整において、全員に都合の良い時間を導出できる。

上記から、本研究で目指すアプリケーションプラットフォームでは、情報資源の発見および検索において、あらゆるユーザの状況やデータを取り巻く状態を考慮し、データの有用性を判断する。これはデータに付加されたデータを利用する点において、Semantic Web [9] と同じである。しかし、Semantic Webはデータに静的な意味を与え検索を行うものであり、それだけでは状況に応じて動的に検索結果を変えることは困難である。図

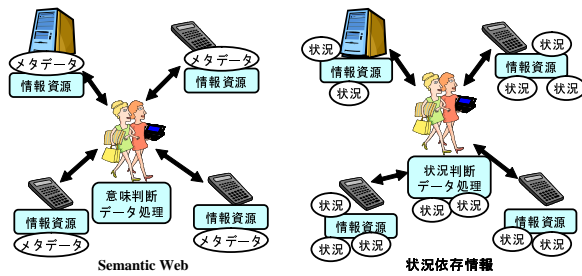


図2 Semantic Web とコンテキストウェアの違い

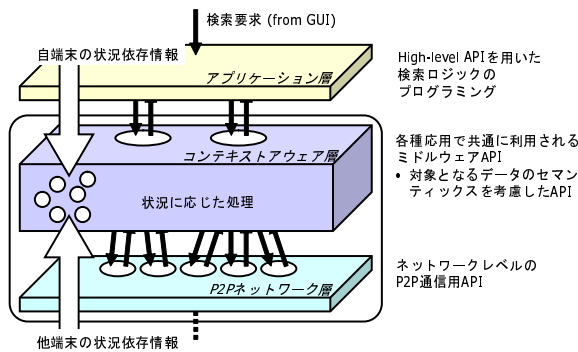


図3 提案プラットフォーム

2は Semantic Web の考え方と本研究で考える状況依存情報の取り扱い方を比較したものである。

1. でも述べた通り、モバイル環境では状況に依存して検索結果が変わるべきである。そこで次章では、モバイル環境において状況依存情報を有効に活用するためのプラットフォームを提案する。

3. 提案プラットフォーム

本章では、図3に示す提案プラットフォームについて述べる。提案プラットフォームは、ユーザの周囲状況やネットワーク状況などに応じて適した結果を提示をでき、サービス開発者がデータの活用方法だけに注力できるように以下のことを考慮する。

- ピア間のデータの送受信は共通の形式で行う。
- アプリケーションは共通のAPIを介してデータを取得する。

3.1 P2P ネットワーク層

P2Pとは、あらゆる端末(ピア)が対等な立場で直接データを交換し、リソースやサービスを共有できるネットワーク形態である。P2Pネットワークにおいては、概念上あらゆるピアがサービスを提供するサーバと、サービスを受けるクライアントとして機能する。したがって、ネットワークに遍在するデータを集中的、一元的に管理する必要がなく、ピア自身が周囲状況を随時把握し、保持できる。また、負荷分散や大量データの並列分散処理等に威力を発揮する。さらに、データベースの更新・維持にかかるコストが低く、最新のデータを取得しやすい。

本層では、ピア間において、データの記述形式や内容は考慮せず、結果をコンテキストウェア層に返すだけの単純なデータ交換を実現する。

3.2 コンテキストウェア層

本層は、アプリケーション層から受け取ったデータ取得命令をP2Pネットワーク層に送り、データを取得する。また、P2Pネットワーク層から送られる他のピアからの要求に応答する役割も果たす。どちらの処理においても、データを取り巻く状況を考慮し、状況に応じた情報資源発見・検索を可能にする。

コンテキストウェア層では例えば、ユーザが飲食店を探す場合、次のことを実現できる(ユーザも飲食店も一つのピアとみなす)。

- ユーザピアのコンテキストウェア層は、ユーザの現在位置を考慮し、ユーザの近くにある飲食店ピアを探す検索要求を作成し、拡散する。
- 検索要求を受けたピアのコンテキストウェア層では、自身が飲食店ピアであるかを判断し、閉店時間や定休日、現在時刻を考慮して、営業中であれば要求に対し応答する。応答には店舗位置や混雑度合、平均予算などの情報を付加する。また、要求にユーザの嗜好情報が含まれていれば、それに基づき、セールス情報の中からユーザに適した広告を作成して応答に付加する。

- ユーザピアのコンテキストウェア層では、応答に含まれる店舗位置から最寄り駅や移動手段、移動にかかる費用を自動的に取得する。

本層で扱うデータはアプリケーションに依存させず、共通のデータ形式とAPIを利用することで処理の簡易化を図る。よって、コンテキストウェア層はアプリケーション側から見た場合、ミドルウェアとして機能する。

3.3 アプリケーション層

本層ではアプリケーションがコンテキストウェア層へ要求したデータを取得する。実装においては、アプリケーションからミドルウェアのAPIを呼び出す部分に相当する。データはアプリケーション特化ではなく、各アプリケーションごとに自由に処理、活用できる。なお、本モデルはアプリケーションにおけるデータの扱いには関与しない。

3.4 実現方法の検討

提案プラットフォームにおけるP2Pネットワークとピア間で送受信するデータ形式の実現方法として、以下が挙げられる。

- P2P ネットワーク

現在、P2Pネットワークを構築するためのプロトコルとして、JXTAプロトコル[2]やGnutellaプロトコル、JPPP[13]などが開発されている。これらのプロトコルはピアやサービスの発見、データ中継、ネットワークへの参加方法が定義されているが、トラフィック量を考慮した検索範囲の限定やデータ転送(高度なルーティング)、階層構造とポリシーを考慮したピアのグルーピングなど、ユーザの状況に応じて柔軟に対応できない。そこで、必要に応じ、プロトコルの機能を拡張して問題に対処する。

- データ形式

本研究では、ピア間のデータ通信において、アプリケーションに依存せず共通形式のデータを送受信できることが重要となる。また、検索要求に対して適切なサービスから適切なデータを引き出すことも重要である。そこで、XML(Extensible Markup

表 1 状況依存情報の例

	状況依存情報
ユーザ	予算, 嗜好, 場所に関する評価およびコメント, 状態
場所	平均予算, アクセス可能日時, 広告
共通	位置, 時間, 天気, 気温, 湿度, 周囲の端末数

Language)[11] を使ったメッセージング機構を実現するための仕様である SOAP (Simple Object Access Protocol)[10] を利用する。SOAP では要求と応答の規則やサーバでの処理仕様を定義でき、適切なデータを取得できるためである。

4. 状況依存型サービスの実現

本章では、状況依存情報を利用したユーザの生活支援サービスの一例として、集合場所検索サービス(図4)を示し、その実現方法を述べる。

4.1 集合場所検索サービス

集合場所検索サービスは、複数のユーザが集まる場所を決定するとき、適した場所を検索して結果を提示するサービスであり、あるユーザが外出時に、時間に余裕のある他のユーザを誘い出すときや、外出先で目的地を決定する手段として役立つ。一般に、集合場所の決定には、参加者の嗜好や予算、現地の天気が考慮される。交渉は電話やメールを介して行われるが、参加人数が多い場合など、全員の意見を適切に反映した場所をすぐに決定するのは困難である。そこで集合場所検索サービスでは、集合場所の決定において、ID や名前といった固定情報に加え、表1に示す状況依存情報を考慮する。また、他に考慮できる状況依存情報として、ネットワーク負荷も考えられる。

4.2 集合場所検索サービスの実現

サービスの実現にあたり、まず前節で示した状況依存情報を実世界から取得する方法を考える。位置はGPSを利用して取得可能である。天気や気温、湿度は、位置を特定することにより、WWWで提供される現行サービスから取得可能である。なお、将来的には情報を端末近くのセンサから直接取得することで精度を上げることが可能である。また、付近のユーザは、自端末と他端末の位置を利用して物理的距離を求めることで特定できる。その他の情報は、ユーザや管理者が直接編集することになるが、特に更新や追加作業の多い評価とコメントの編集に手間を要するのが問題である。

次に状況依存情報を考慮した集合場所の検索手順をコンテキストストアウェア層に注目して考える。なお、以下の手順において、「ユーザ端末」は集合場所サービスを利用するユーザの所持する端末、「他ユーザ端末」はサービス利用者以外のユーザが所持する端末、「場所端末」は場所に対応する端末を表す。

(1) ユーザ端末は参加候補者のID情報を付加したクエリを拡散する。

(2) クエリを受信した端末は、自身のID情報がクエリに付加されたID情報と一致するかを判断する。一致すれば位置情報や嗜好情報、予算をレスポンスに付加してユーザ端末に返し、一致しなければクエリを無視する。

(3) ユーザ端末は他ユーザ端末からのレスポンスに付加さ

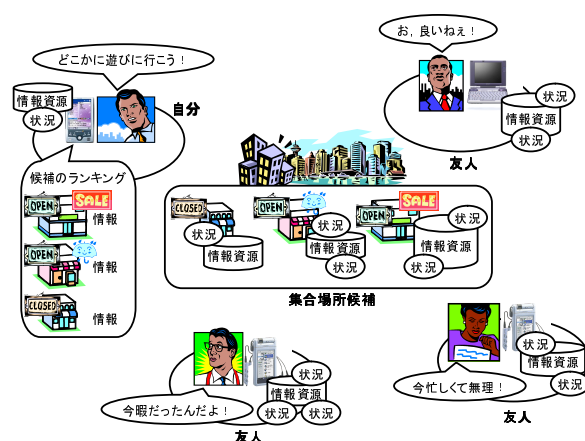


図4 集合場所検索サービス

れた位置情報を考慮し、参加者全員の現在位置に対して中心に位置する駅を含む一定範囲を集合地域として導出する。

(4) ユーザ端末は3で導出した地域情報を付加したクエリを拡散する。

(5) クエリを受信した端末は、自身が場所端末であり、かつ、クエリに付加された地域内に存在するかを判断する。存在すれば、平均予算や広告とともに、付近の天気や気温、混雑度合をレスポンスに付加してユーザ端末に返し、存在しなければクエリを無視する。

(6) ユーザ端末はレスポンスのあった場所端末のID情報を付加したクエリを拡散する。

(7) クエリを受信した端末は、クエリに付加されたID情報に関する評価が存在するかを判断する。存在すれば、評価点とコメントをレスポンスに付加してユーザ端末に返し、存在しなければ無視する。

上記手順において、状況を判断し、新たな情報として天気や気温、混雑度合や集合地域などを導出する機能はミドルウェアにおいて実現し、APIを介して利用可能とする。

最後に集合場所候補の提示方法を考える。結果は参加者の嗜好や予算、他ユーザの評価、現地の混雑度合、広告の有無などを利用して、集合場所に対する適当さを評価する式を適用し、ランク付けする。また、P2Pシステムでは、端末であるピアが個々に情報を蓄えるため、総情報量がサーバ・クライアントシステムより増加するのに加え、あらゆるピアからデータを収集するためにデータの取得に時間がかかる。そこで、集合場所候補に対して評価式を順次適用し、得られた結果からランキングすることでユーザの待ち時間を短くする。評価式は今後研究を進める上で重要な要素であり、状況依存情報の数値化手法を検討する必要がある。

5. プラットフォーム構築における課題

本章では、プラットフォームの構築における必要事項と課題を述べる。

5.1 ミドルウェアにおける状況判断

コンテキストストアウェア層におけるミドルウェアは、状況依存情報を活用してアプリケーション層で実現されるサービスに対

し、意味のある処理結果を提供する。しかし、処理結果のユーザに対する適当さを判断は、ミドルウェアではなく各サービスにおいて実現する。

例えば、サービスにおいて、「雨が降っている場所にある店舗は除いた情報が欲しい」という要求が発生した場合、ミドルウェアではサービスに対して要求を簡単に表現できるインタフェースを提供し、雨の降っている地域にある店舗は無視した処理結果を返す。その際、得られた結果がユーザに適するかを判断するのはサービスであり、ミドルウェアは関与しない。本研究では、ミドルウェアの構築において、要求を簡単に表現できるインタフェースと状況依存情報の活用方法を考える。

5.2 サービスに共通の機能

ミドルウェアは複数のサービスに対し、簡単な命令で、サービスでの処理に役立つ情報を提供する役割を果たす。したがって、ミドルウェアでは、多くのサービスから共通の目的で利用される機能を提供すべきである。機能は実際に状況依存型サービスを構築して洗い出す。情報を取得する機能として、例えば以下の機能が挙げられる。

- 天気や気温、現在位置など、状況依存情報を取得する機能

- 求める情報が取得可能な端末を発見する機能
- 状況依存情報を活用する機能

現在位置を利用し、最寄り駅の位置を導出する。

5.3 機能における処理内容の選択

ある要求に対して状況依存情報を処理し、結果を返す場合として、数通りの機能が存在する可能性がある。そこで、状況に適した処理内容の機能を自動的に選択する機構が必要となる。例えば、4.2の手順3において、単純に参加者からの距離だけで駅を特定した場合、参加者の嗜好を反映した集合場所が存在しない場合がある。もし、駅ごとに交通機関の発達度合など、重要度や特性を定め、それらを考慮できれば、参加者の嗜好を反映した異なる集合場所を決定できる。

5.4 機能間の関係

ミドルウェアには、単に他の機器から状況依存情報を取得するだけでなく、他のサービスや機能と関係する機能や、得られた結果と状況依存情報を考慮して、新たな結果を導出する機能など、モバイルエージェントとしての役割も求められる。本研究で提案するプラットフォームにおいては、厳密にはエージェントは存在しない。しかし、ミドルウェアの各機能が、以下に示すモバイルエージェントの特徴と同様に機能間で連携、協調して結果を導出する点で同等である(図5)。

- 移動性

ネットワークを介して他の端末に移動する。

- 自立性、反応性、自発性

自律的であり、状況の変化やユーザの意図を読み取って処理を実行する。

- 学習性

処理結果を次の処理に反映する。

- 協調性

他のエージェントと協調して結果を得る。

機能間やサービスとの関係により、例えばGPSを用いて位置を取得できない端末が、付近のGPSを備えた端末から位置を取得できる。また、4.2の手順2と3は既知の端末位置を特定するサービスを利用することで、無駄なクエリの拡散を防止できる。一方、得られた結果から新たな結果を導出することで、例えば、あるユーザの店舗情報の取得要求に対して、店舗の端末は店内の混雑状況や販売履歴を考慮でき、待ち時間や売れ筋商品の情報を提示できる。

5.5 クエリの自動作成

ミドルウェアでは、サービスからの要求に対して、状況に適したクエリを自動的に作成する機能、およびクエリの拡散と結果の処理手順を自動作成する機能も求められる(図6)。この機能により、あるユーザが友人と飲食店で待ち合わせる際、まず友人を検索し、その位置情報を利用して、飲食店の場所を検索できる。さらに、クエリにおいては、友人のIDや予算、嗜好を自動的に付加できる。

5.6 クエリの伝搬制御

P2Pを利用した情報検索においては、クエリの伝搬における指向性と、検索ごとの伝搬距離を考慮する(図7)。

クエリの伝搬における指向性とは、クエリを拡散する地域や方角を限定することである。一般的なP2P環境では、クエリは端末間をブロードキャストされる。しかし、本研究では状況依存情報を考慮した結果、特定の地域や方角に存在する情報のみが必要な場合がある。例えば、特定地域の飲食店から情報を取得するときに、クエリのブロードキャストは必要ない。飲食店の端末を直接指定して情報を取得する方法もあるが、それでは新たな飲食店を発見できず、指定に必要な情報を取得する必要がある。この問題に対して、端末の位置情報を利用して、特定の方角にのみクエリを伝搬させる方法が必要である。また、クエリに指向性をもたせることで、トラフィックを削減できる。

検索ごとの伝搬距離とは、クエリが何ホップ先の端末まで到達するかを制限することである。本研究では、状況を考慮することで、近くの端末のもつ情報のみを必要とする検索や、情報が見つかるまでクエリを伝搬させる必要のある検索が必要となる。そこで、クエリごとにホップ数を柔軟に決定できる機能が必要となる。これは、トラフィックの削減にも役立つ。

5.7 キャッシュの活用

本研究では状況依存情報として、気温や予算など、状況や時間によって逐次変化するものと、嗜好や店舗に対する評価など、更新間隔があいまいなものを扱う。前者は頻繁に利用するサービスであっても、常に最新の情報を活用する必要がある。しかし、後者は端末にキャッシュを用意し、キャッシュに蓄えられたデータを前回の利用時刻を考慮して利用することで、ネットワークを介した情報取得を回避できる。したがって、情報取得に要する時間を節約でき、各端末のキャッシュ情報を共有すれば、トラフィックの増加を押さえることができる。

また、キャッシュにユーザの移動履歴やサービスの利用履歴を保存しておけば、ユーザの嗜好や移動とサービスの関係を抽出して活用できる。

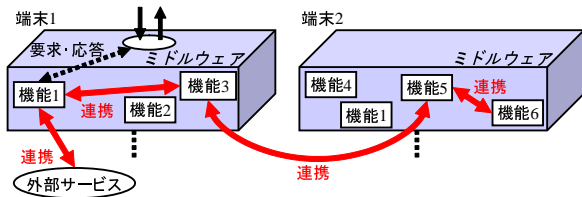


図5 コンテキストウェア層での連携

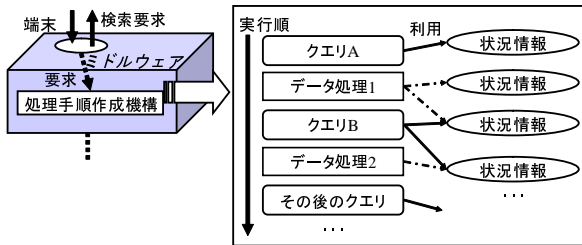


図6 クエリの自動生成

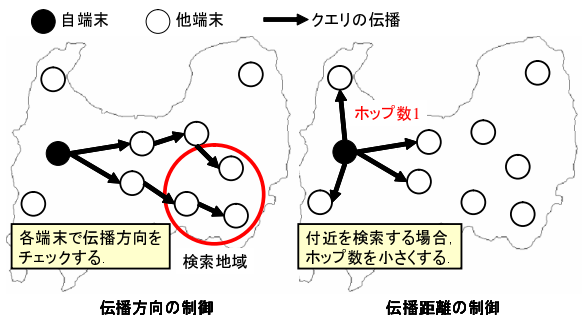


図7 クエリの伝播制御

6. まとめ

本論文では、PDA や携帯電話などを身に付け、いつでも情報を取得できるモバイル環境において、ユーザの生活を支援するアプリケーションの開発を容易にするために新たなプラットフォームを提案し、その概要を述べた。

今後は、共通 API の機能と考慮する状況を洗練し、状況依存情報を記述するためのフォーマットも定義する。共通 API はアプリケーションや端末に依存せず状況依存情報を扱うために重要である。モバイル環境においては、ユーザの求める情報が現在位置や天気といった状況依存情報に大きく依存するため、これらを取得し、アプリケーションで利用できる必要がある。また、ユーザ間で個々のユーザが持つ情報（意見や状態など）を共有できれば、新たな情報の発見や評価に役立つ。なお、P2P ネットワークを介したデータ交換においては、プロトコルを改良し、サービスによるユーザのグルーピングやネットワークを流れる総データ量の削減方法を考える。その後、提案プラットフォームを利用した生活支援サービスを開発、評価する予定である。

謝 辞

本研究は、文部科学省科学技術振興調整費「モバイル環境向 P2P 型情報共有基盤の確立」の研究助成によるものである。また、本研究の一部は、文部科学省 21 世紀 COE プログラム（研

究拠点形成費補助金）の研究助成によるものである。ここに記して謝意を表す。

文 献

- [1] A. K. Dey and G. D. Abowd, "CybreMinder: A Context-Aware System for Supporting Reminders," in *Proc. of Second International Symposium on Handheld and Ubiquitous Computing (HUC2000)*, pp. 172-186, 2000.
- [2] Project JXTA, <http://www.jxta.org/>.
- [3] Cyber Agent, Ltd., "ポケメル!," <http://www.melma.com/pocket/>.
- [4] H. Yan and T. Selker, "Context-Aware Office Assistant," in *Proc. of the 2000 International Conference on Intelligent User Interfaces*, pp. 276-279, 2000.
- [5] NTT DoCoMo, Inc., "いまだこサービス," http://www.nttdocomo.co.jp/p_s/service/phs/ichi.html.
- [6] TU-KA Group, "TU-KA Messenger," <http://www.tu-ka.co.jp/common/tkm/>.
- [7] Y. Nakanishi, T. Tsuji, M. Ohyama, and K. Hakozaki, "Context Aware Messaging Service: A Dynamical Messaging Delivery Using Location Information and Schedule Information," *Journal of Personal Technologies*, Vol. 4, No. 4, pp. 221-224, 2000.
- [8] Yahoo! Inc., "Yahoo! Mobile," <http://mobile.yahoo.com/>.
- [9] W3C, "Semantic Web," <http://www.w3c.org/2001/sw/>.
- [10] W3C, "Simple Object Access Protocol (SOAP) 1.1," <http://www.w3c.org/TR/SOAP/>.
- [11] W3C, "Extensible Markup Language (XML)," <http://www.w3.org/XML/>.
- [12] G. Chen and D. Kots, "A Survey of Context-Aware Mobile Computing Research," Dartmouth Computer Science Technical Report TR2000-381, 2000.
- [13] Jnutella.org, "JPPP," <http://www.jnutella.org/presentation/umeda/jppp/spec/>.