

# ユビキタスコンピューティング環境におけるデータ配送のための データ出力端末選択方式

上向 俊晃<sup>†</sup>      原 隆浩<sup>‡</sup>      西尾 章治郎<sup>‡</sup>

<sup>†</sup> 大阪大学大学院工学研究科情報システム工学専攻

<sup>‡</sup> 大阪大学大学院情報科学研究科マルチメディア工学専攻

E-mail: <sup>†</sup>uemukai@ise.eng.osaka-u.ac.jp    <sup>‡</sup>{hara,nishio}@ist.osaka-u.ac.jp

本稿では、ユビキタスコンピューティング環境におけるデータ配送時のスループットの向上を目的として、モバイルユーザの保持する個人情報をもとに、最適なデータおよび出力端末を選択する方式を提案する。提案方式では、あるデータ出力端末の通信圏内の全ユーザのもつプロフィール情報をもとに、ユーザに対して出力する適切なデータを選択する。また、データ出力端末の出力状況や性能、データの種類に応じて、適切な出力端末を動的に選択する。このように提案方式では、性能が異なるデータ出力端末が存在するユビキタスコンピューティング環境において、より多くのモバイルユーザに適切なデータを出力できる。

## A Terminal Selection Method for Data Delivery in a Ubiquitous Computing Environment

Toshiaki UEMUKAI<sup>†</sup>

Takahiro HARA<sup>‡</sup>

Shojiro NISHIO<sup>‡</sup>

<sup>†</sup>Dept. of Information Systems Eng., Graduate School of Eng., Osaka University

<sup>‡</sup>Dept. of Multimedia Eng., Graduate School of Information Science and Technology, Osaka University

In this paper, we propose a method for selecting an appropriate data and its output terminal based on profile information of mobile users in order to improve the data throughput in a ubiquitous computing environment. In our method, the data output on a terminal is selected based on the users' requirement in the radio communication range of the terminal, and the output terminal is also selected based on the status of data output, the facility of the terminal, and the kind of data. As a result, our method can output effective data for mobile users in a ubiquitous computing environment where there are many kinds of output terminals.

### 1 はじめに

近年のコンピュータ技術、および、ネットワーク技術の発展により、ユビキタスコンピューティング環境に対する注目が高まっている [1, 2, 4, 5, 6]. ユビキタスコンピューティング環境では、生活空間のいたるところにコンピュータが存在し、だれでも自由にそのコンピュータを利用することができる。モバイル端末を持つユーザは、Bluetooth や無線 LAN, IrDA などの無線通信技術を利用することにより、ユビキタスコンピューティング環境内のあらゆるコンピュータと通信し、ネットワークにアクセスすることができる。また、ユビキタスコンピューティング環境では、ユーザが周囲にあるコンピュータを意識することなく、そのコンピュータがユーザ

の行動を認識し、ユーザの状況に応じたサービスを提供できる [3]. 例えば、GPS (Global Positioning System) を利用することにより、ユーザの位置を特定し、地図などの情報を提供するサービスがある。

ここで、ユビキタスコンピューティング環境において、ユーザの状況に応じてサービスを提供するために用いるユーザの個人情報として、趣味や嗜好など個人的に興味のある情報や、購買時の行動履歴などが考えられる。しかし、多くのユーザが集まるユビキタスコンピューティング環境では、ユーザによって嗜好や興味異なる。そのため、さまざまな個人情報をもつすべてのユーザに対して、サービスを同時に提供することは困難である。さらに、ユビキタスコンピューティング環境内に設置される各コンピュータやセンサーの性能はさまざまであり、

ユーザに提供するデータの種類やサービスに応じて、データを出力する端末を選択する必要がある。

そこで本稿では、ユビキタスコンピューティング環境において、ユーザの状況に応じてデータを配送するためのデータ出力端末選択方式を提案する。提案方式では、データ出力端末の通信圏内の全ユーザの保持するプロフィール情報に応じて適切なデータを選択する。さらに、データの出力端末を、その出力状況や性能、データの種類に応じて動的に選択する。これにより、提案方式は、性能が異なるデータ出力端末が存在する環境において、より多くのユーザに対して適切なデータを提供できる。

以下では、2章で、本稿で想定するアプリケーション例について述べる。3章では提案方式について述べ、4章では提案方式について考察を行う。最後に5章で、本稿のまとめを述べる。

## 2 アプリケーション例

本章では、本稿で想定するアプリケーション例について説明する。

- ショッピングセンター

店頭などにデータ出力端末を設置し、その店の情報やショッピングセンター内の情報などを提供する。ショッピングに来たユーザがもつ移動体には、ユーザの服の趣味や夕食の献立などのプロフィール情報を保存しておく。ユーザがデータ出力端末に近づくと、端末はユーザのプロフィール情報をもとに、おすすめ商品などの情報を出力する。また、ユーザが多く集まることにより、ユーザが知らなかった情報を他のユーザから提供してもらい、求めているデータの出力端末まですぐに移動することも可能である。

- 遊園地

遊園地内の案内板などをデータ出力端末として、各乗り物に関する情報やキャラクターの映像、グッズやショップの情報、周辺の公共交通機関の状況などを出力する。ユーザのもつ移動体には、ユーザが好きなキャラクターや乗り物などのプロフィール情報を保存しておく。これにより、乗り物の待ち時間が少なくなるよ

うにユーザを誘導したり、嗜好にあったグッズの販売などが可能となる。

- 駐車場

カーナビと街角の情報端末が連動してユーザに情報を提供する。デパートなどの立体駐車場で、ユーザが行きたい場所にできるだけ近い駐車スペースを見つけ、その位置までの誘導を行う。個々のユーザに対して情報提供を行えるため、スペースを探す手間や、無駄な移動を押さえることができる。

## 3 データ出力端末選択方式

本章では、本稿で提案するユビキタスコンピューティング環境におけるデータ配送のためのデータ出力端末選択方式について述べる。

### 3.1 想定環境

本稿で想定するユビキタスネットワークの概要図を、図1に示す。

ユビキタスネットワークは、さまざまな性能をもつデータ出力端末で構成され、管理サーバが全データ出力端末の制御を行う。また、移動体（モバイルユーザ）は、定期的にプロフィール情報を送信しながら移動する。各データ出力端末は、無線通信圏内に存在する移動体が保持するプロフィール情報を獲得し、ネットワーク内のユーザにとって適切なデータを出力する。さらに、各移動体は、通信圏内に存在する他の移動体が保持する履歴情報を獲得し、自身の履歴情報をより有効なものに更新する。

また本稿で扱うデータは管理サーバ上のデータベース内で保持される。各データには一意なキーワードが付与される。さらに、各データの再生時間とサイズに応じて、4つの種類に分類される。このとき、各データ出力端末も4種類に分類され、対応する種類のデータのみを出力可能である。

ここで、管理サーバと各データ出力端末間の通信は、有線だけでなく無線でも行われることを想定すると、データベースから各データ出力端末へのデータ配送には、非常に大きな時間がかかる場合がある。そこで本稿では、各データ出力端末は、バッファとキャッシュを持つものとする。バッファは、管理サー

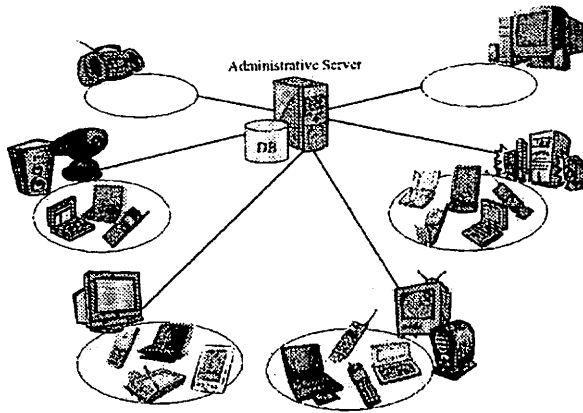


図 1: 概要図

バから配送されたデータを一旦蓄積するために使用する。一方、キャッシュは、データ出力端末が出力を終了したデータを蓄積するために使用する。

このような環境の構成要素、およびそれらが保持する情報と動作について示す。図 2 に、要素間の情報の流れを示す。

● 移動体

移動体は、ユーザのプロファイル情報と履歴情報を保持する。プロファイル情報は、ネットワーク内のデータに対する、ユーザの嗜好や興味の度合を表したものであり、データに対するキーワードとその興味度を含む。ここで、興味度は、各キーワードに対してユーザの興味を 10 段階で評価したものである。一方、履歴情報は、そのユーザがユビキタスネットワーク内で取得したデータの履歴に関する情報であり、データの識別子、キーワード、興味度、出力したデータ出力端末の識別子、タイムスタンプを含む。

移動体は、プロファイル情報に基づいて、定期的にデータを要求しながらネットワーク内を移動する。移動中、データ出力端末から放送される更新情報を受信すると、自身が保持する履歴情報を更新する。また、データ出力端末から放送される移動メッセージが、自身が要求しているデータに関する情報に対応していれば、そのメッセージに従って移動する。

また、移動体は、通信圏内に存在する他の移動体が保持する履歴情報を獲得し、移動体間で履歴情報の共有を行う。このように、移動体

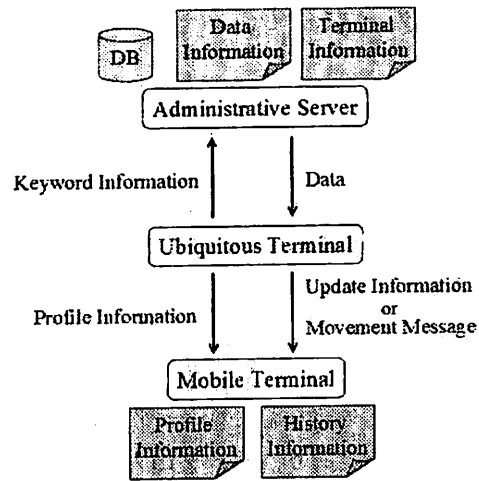


図 2: 構成要素と情報の関係

自身が保持する履歴情報をより新しく、有効なものに保つことにより、要求するデータを出力するデータ出力端末の位置をより正確に把握する。

ここで、各移動体は、要求したデータを出力するデータ出力端末が放送する更新情報を確実に受信するために、そのデータ出力端末の通信圏内に存在する必要がある。しかし、移動体の中には、移動中にその通信圏内で更新情報を受信できずに、通信圏から退出してしまう可能性がある。本稿では、このような状況にならないようにデータ出力端末を選択する。

● データ出力端末

データ出力端末は、移動体が送信するプロファイル情報を受信することにより、その移動体にとって適切なデータに対応するキーワードを選択する。さらに、選択したキーワードに対するキーワード情報を管理サーバに送信する。つまり、キーワード情報は、データ出力端末の通信圏内の全ユーザの要求を集計したものであり、データ出力端末の識別子、キーワード、興味度を含む。

また、データ出力端末は、管理サーバがキーワード情報をもとに選択したデータを出力する。このとき、出力するデータに対する更新情報を移動体に対して放送する。つまり、更新情報は、出力するデータとその端末に関する情報を示したものであり、データの識別子、キーワード、興味度、データ出力端末の識別子、タ

タイムスタンプを含む。

- 管理サーバ

管理サーバは、データ情報と端末情報を保持する。データ情報は、ネットワーク上で利用する全データに関する情報であり、データの識別子、キーワード、データの種類、サイズ、出力時間を含む。一方、端末情報は、ネットワーク上の全データ出力端末のデータ出力条件・状況を表すものであり、データ出力端末の識別子、出力できるデータの種類とサイズに関する条件、現在出力しているデータの識別子、キーワード、興味度を含む。

また、管理サーバは、各データ出力端末が送信するキーワード情報を受信すると、そのキーワードに対応するデータを出力する端末を決定し、データをその端末に配送する。

### 3.2 キーワードの選択

データ出力端末は、定期的は無線通信圏内の移動体が発信するプロフィール情報を受信する。ここで、受信したプロフィール情報は各移動体によって異なるため、データ出力端末では、同時にさまざまなキーワードに対応することは困難である。そこで、データ出力端末は、以下の手順により、移動体にとってより適切なデータを出力するためのキーワード情報を作成する。

まず、各移動体が発信するプロフィール情報は、キーワードとそれに対する興味度で構成される。そこで、そのプロフィール情報を受信したデータ出力端末は、各キーワードに対して、そのキーワードを用いて要求している各移動体の興味度の和を求め、その和をそのキーワードに対する興味度と決定する。

次に、各キーワードについて決定した興味度の和の大きさを優先順位として、キーワードとその興味度で構成されるキーワード情報を作成する。しかし、以下の手順でキーワードの再選択を要求された場合には、次の優先順位となるキーワードに対応するキーワード情報を作成する。

### 3.3 データ出力端末の選択

データ出力端末は、キーワード情報に対応するデータを出力する。しかし、そのデータ出力端末がデータを出力するだけの能力を備えていない、もしくは、すでに他のデータを出力している場合などがある。例えば、音声しか出力できないスピーカに対して、動画を出力することは不可能である。また、他のデータを出力中に新たなデータを配送しても、新たなデータを要求したユーザはそのデータが出力されるまで待機する必要がある。このように、データ出力端末の性能や出力状況、データの種類やサイズによっては、要求されたデータを出力できない場合がある。そこで、前節で作成したキーワード情報に対するデータを出力するデータ出力端末を、以下の手順により決定する。

まず、前節のようにキーワード情報を作成したデータ出力端末は、自身がすでにデータを出力しているかどうかによって以下のように動作する。

- データを出力中の場合（バッファ内にデータが存在している場合）

出力中のデータが、キーワード情報のキーワードに対応している場合、出力中のデータはそのまま出力させ、そのキーワード情報は管理サーバに送信せず、キーワード情報の再選択を行う。

一方、出力中のデータが、キーワード情報のキーワードに対応していない場合、出力中のデータはそのまま出力させ、そのキーワード情報を管理サーバに送信する。

- データを出力していない場合（バッファ内にデータが存在していない場合）

データ出力端末のキャッシュ内にデータが存在し、そのデータがキーワード情報のキーワードに対応している場合、キャッシュからそのデータを出力させ、そのキーワード情報は管理サーバに送信せず、キーワード情報の再選択を行う。

一方、データ出力端末のキャッシュ内に存在するデータがキーワード情報のキーワードに対応していない場合、もしくは、キャッシュ内にデータが存在しない場合、そのキーワード情報を管理サーバに送信する。

このように、キーワード情報を作成したデータ出力端末は自身が出力しているデータを優先し、そのデータに対応しないキーワードを含み、かつ、より興味度の大きいキーワード情報を管理サーバに送信する。

次に、各データ出力端末からキーワード情報を受信した管理サーバは、そのキーワード情報に対応するデータを出力するための端末を、ネットワーク上の全端末の中から選択する。このとき、キーワード情報に対応するデータの性質（種類、サイズ、出力時間）と、データ出力端末の性質（出力可能なデータの種類、データ出力状況）をもとに、以下の条件を満たす端末を選択する。

1. データの種類が、端末の出力可能なデータの種類と一致している。
2. バッファに空きが存在する。
3. データの配送時間を考慮した上で、移動体をデータ出力端末に移動させてもデータを受信できる。
4. 他のデータを転送している途中ではない。

以上の条件を満たす端末が存在すれば、その端末にデータを出力するように決定する。ここで、複数の端末が上の条件を満たすならば、そのキーワード情報を送信した端末に最も近くにある端末を選択する。しかし、条件を満たす端末が1つも存在しなければ、キーワード情報を送信した端末に対して、キーワード情報の再選択を要求する。

このように、キーワード情報に対応するデータを出力する端末が見つかるまで、キーワード情報の選択、および、データ出力端末の選択を繰り返す。

ここで、データ出力端末を選択する際の条件3について、具体的に説明する。まず、管理サーバからデータ出力端末  $S_d$  へのデータの配送時間  $T_d$  [秒] は、データのサイズを  $D$  [MB]、管理サーバと端末間の帯域幅を  $B$  [Mbps] とすると、次式のようになる。

$$T_d = \frac{8 \times D}{B} \text{ [秒]}$$

また、データ出力端末  $S_d$  を介して管理サーバから送信される移動メッセージを受信した移動体が、

移動メッセージ内に指定されたデータ出力端末  $S_d$  まで移動するのにかかる時間  $T_m$  [秒] は、端末  $S_s$  と端末  $S_d$  間の距離を  $L$ 、移動体の速度を  $V_m$  とすると、次式のようになる。

$$T_m = \frac{L}{V_m} \text{ [秒]}$$

このとき、管理サーバは、 $T_m \leq T_d$  が成り立つならば、上述の条件3が成り立つと判断する。

### 3.4 データの配送

管理サーバは、データを出力すると決定したデータ出力端末（転送先端末）に対してデータ本体を配送すると同時に、キーワード情報を送信してきた端末（転送元端末）に対して、そのデータに対する移動メッセージを送信する。ここで、移動メッセージは、データの識別子、キーワード、転送先端末の識別子を含む。

### 3.5 履歴情報の更新

転送先となるデータ出力端末は、データの受信が完了するとそのデータに対する更新情報を作成し、データを出力すると同時に更新情報を放送する。この更新情報を受信した移動体は、それを自身の履歴情報として保持する。このとき、各移動体は、自身がプロフィール情報を利用して要求していたデータを受信できたかどうかを知ることができる。

### 3.6 移動体間の情報共有

各移動体は、通信圏内に存在する他の移動体を定期的に検索し、その移動体が保持する履歴情報を獲得する。このとき、獲得した履歴情報が、自身が要求するプロフィール情報内のキーワードに対応している場合がある。履歴情報には、そのキーワードに対するデータが出力されたデータ出力端末の情報が含まれているため、移動体は、自身が要求するデータを出力する端末を知ることができる。

しかし、共有する履歴情報の有効性については保証できない。つまり、履歴情報が古すぎる可能性がある。また、目的とするデータ出力端末に移動しても、そのデータが出力されているとは限らない。そこで、データ出力端末が放送する更新情報を利用し

て、移動体内の古い履歴情報を削除する。つまり、管理サーバが、保持する端末情報を全データ出力端末にも配信することにより、各データ出力端末は通信圏内の移動体に対して最新の情報を提供する。

## 4 考察

本章では、本稿で提案したデータ出力端末選択方式について考察する。

提案方式では、通信圏内の移動体が保持するプロフィール情報をもとに、データ出力端末がキーワードを選択する。また、キーワード情報を受信した管理サーバが、そのキーワードに対応するデータの種類や出力時間、データ出力端末の出力状況に応じてキーワードの再選択やデータ出力端末へのデータの配送を行う。これは、各データ出力端末の性能はさまざまであり、より負荷がかかると考えられるデータ出力端末の選択を管理サーバが行うことが適切であると考えたためである。これにより、各データ出力端末と管理サーバ間で、キーワード情報や更新情報などのサイズの小さい情報交換を多く利用することにより、ネットワーク全体のスループットが向上すると考えられる。

また、提案方式では、移動体同士で履歴情報を共有し、移動体はそのデータ出力端末まで移動させることにより、同じデータを要求する移動体に対して、同時にデータを出力する。これにより、ネットワーク上のすべてのデータ出力端末を有効に利用し、より多くのユーザの要求を同時に満たすことができるものと考えられる。

しかし、ネットワーク内にデータ出力端末が多く存在し、そのデータ出力条件が厳しいほど、管理サーバにおけるデータ出力端末の選択に負荷がかかると考えられる。このような場合の管理サーバの負荷分散については、管理サーバの分散化などで対処できる。

## 5 まとめ

本稿では、ユビキタスコンピューティング環境におけるデータ配送時のスループット向上を目的として、モバイルユーザの保持する個人情報をもとに、適切なデータおよび出力端末を選択する方式を提案した。提案方式では、各データ出力端末の通信圏内

の全ての移動体がつプロフィール情報をもとに、そのデータ出力端末に出力するデータを選択する。また、データ出力端末の出力状況や性能、データの種類に応じて、そのデータを出力する適切な出力端末を動的に選択する。さらに、複数の移動体がい通信圏内にいる場合、それぞれの履歴情報を共有することにより、自身が求めているデータに関する情報を獲得する。このように提案方式は、性能が異なるデータ出力端末が存在するユビキタスコンピューティング環境において、多くのモバイルユーザの要求を同時に満たすことができる。

今後は、提案方式の有効性を確かめるため、シミュレーション実験などによる性能評価を行う予定である。

## 謝辞

本研究の一部は、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」および日本学術振興会若手研究 (B)(13780330) の研究助成によるものである。ここに記して謝意を表す。

## 参考文献

- [1] S. Helal, J. Hammer, J. Zhang, and A. Khushraj: "A three-tier architecture for ubiquitous data access," *Proc. ACS/IEEE International Conference on Computer Systems and Applications (AICCSA)*, Beirut, Lebanon (June 2001).
- [2] C. Lee and C.C. Chen: "A data delivery strategy in ubiquitous computing systems," *Proc. International Conference On Database Systems For Advanced Applications (DASFFA)*, pp. 210-217 (Apr. 2001).
- [3] V.N. Personè, V. Grassi, and A. Morlupi: "Modeling and evaluation of prefetching policies for context-aware information services," *Proc. MOBICOM 1998*, pp. 55-65 (Oct. 1998).
- [4] T.L. Pham, G. Schneider, and S. Goose: "A situated computing framework for mobile and ubiquitous multimedia access using small screen and composite devices," *Proc. ACM International Conference on Multimedia*, pp. 323-331 (Oct. 2000).
- [5] M. Weiser: "The computer for the twenty-first century," *Scientific American*, Vol. 265, No. 3, pp. 94-104 (Sep. 1991).
- [6] M. Weiser: "Some computer science issues in ubiquitous computing," *Communications of the ACM*, Vol. 36, No. 7, pp. 74-84 (July 1993).