

間欠的通信プロトコルを用いた放送型サービス

東京電機大学 理工学部 情報システム工学科

永野 健治 原田 さやか 桧垣 博章

E-mail: {kenji,sayaka,hig}@higlab.k.dendai.ac.jp

サーバコンピュータに格納された情報を複数のクライアントコンピュータに対して、クライアントコンピュータからの要求とは独立のタイミングで配送する放送型サービスをモバイルコンピュータに対して提供するとき、無線通信のコストが有線通信と比べて大きいことから、できるだけ情報を受け取る価値が大きなモバイルコンピュータに対して放送することが求められる。本論文では、この価値の推測に、モバイルコンピュータの位置と移動速度、情報の位置と情報の価値の時間変化というパラメータを用いる意義と方法を提案する。さらに、モバイルコンピュータへの情報の伝達が間欠的にのみ実行可能な環境における配送戦略と配送プロトコルについて概要を示す。

Broadcast-based Information Service with Wireless Sporadic Communication Protocol

Kenji Nagano Sayaka Harada and Hiroaki Higaki

Department of Computers and Systems Engineering

Tokyo Denki University

E-mail: {kenji,sayaka,hig}@higlab.k.dendai.ac.jp

In a broadcast-based information service, information is delivered from a server computer to client ones independently of timing of request issues from the clients. For providing such a broadcast-based information service to a mobile network, i.e. client computers are mobile ones, information should be delivered to mobile computers where higher values is acquired by the delivery since transmission cost required for wired communication. In this paper, we propose a novel method for evaluating value of the delivery based on not only location and velocity of mobile computers and location of a source of information but also change of value of the information. In addition, we design a strategy and a protocol for information delivery in an environment where mobile computers and server computer communicate sporadically due to the limited message transmission range and their mobility.

1 背景と目的

コンピュータ技術とネットワーク技術の発達により、インターネットを活用した情報サービスが広く使用されている。特に、クライアントサーバ型の通信を基礎としたサービス、すなわちユーザインタフェースを持つクライアントコンピュータからサービスの要求をインターネットを介してサーバコンピュータに伝達し、サーバがクライアントに必要な情報を提供したり、演算の結果を返送したりといったサービスの形態が現在の情報サービスの中核をなしていると言える。Web サービスあるいは Web コンピューティングと言われるものがその代表的な存在である。これと対の関係にあるサービス形態のひとつが放送型のサービスであると言える。ここでは、情報の送信元であるサーバコンピュータがあらかじめ登録された(あるいは不特定多数の)クライアントコンピュータに対して情報を送信するという形態がとられる。この情報の送信は、一般的にはクライアントコンピュータからの要求とは独立のタイミングで行なわれる。放送型のサービスにおいては、サーバコンピュータから送信される情報がすべてのクライアントコンピュータ(のユーザ)にとって常に有用な情報であるとは限らない。ある情報が有用であるクライアントコンピュータは、サーバコンピュータから放送される情報を受信するコンピュータの一部である。また、ある情報があるクライアントコンピュータにとってある時刻では有用な情報であっても、別の時刻では有用ではない場合も考えられる。クライアントコンピュータが有用ではない情報をサーバコンピュータから受信してしまった場合、この情報を配送するためのネットワークトラフィックとこの情報による演算(画面への表示やディスクストレージへの記憶の処理を含む)のためのコンピューティングはオーバーヘッドとなる。このオーバーヘッドを小さくするために、クライアントコンピュータのユーザがチャネル等の設定を行なうことによって受信する情報をフィルタリングする方法や、あらかじめサーバコンピュータにクライアントコンピュータにとって有用な情報のカテゴリを登録しておく方法などが考えられている。

一方、コンピュータの小型軽量化と無線通信(無線 LAN)技術の発達、普及によってモバイルネットワークの使用が広がっている。モバイルコンピュータの通信には、IEEE802.11 シリーズ [1]、HiperLAN シリーズ [2]、Bluetooth [3] といった無線 LAN プロトコルが用いられている。ここでは、2つのモバイルコンピュータの間(あるいはモバイルコンピュータと基地局との間)の通

信は、これらが互いに送出する無線信号の到達範囲内にあるときのみ可能となる。無線ネットワークにおける通信帯域は、有線ネットワークに比べて小さく、また SN 比が小さいために信号の誤りや紛失の頻度が高くなってしまふ。また、多重アクセスの制御においても競合の解消においては隠れ端末の問題 [14] があり、また衝突を検出することが困難であることからタイムバックオフによって衝突をできるだけ回避する方法をとらざるを得ない。以上により、無線を用いたモバイルコンピュータの通信コストは有線ネットワークに比べて大きい。また、上述したように、モバイルコンピュータと基地局との間の通信が成立するのは、モバイルコンピュータが基地局からの信号の到達範囲内にあるときのみである。設置された基地局からの信号の到達範囲がモバイルコンピュータの移動空間の全体を被覆することは稀であり、むしろ移動空間の一部に信号の到達範囲がある場合の方が一般的であると言える。したがって、モバイルコンピュータと基地局(つまり放送型サービスを提供するサーバコンピュータとクライアントコンピュータであるモバイルコンピュータ)との間の通信は間欠的な通信となる。このため、基地局とモバイルコンピュータとの間での有用でない情報の交換はできるだけ少なくすることが望ましい。以上により、放送型サービスをモバイルコンピュータに対して提供する場合には、モバイルコンピュータ(のユーザ)が必要とする情報を適切に抽出し、その抽出された情報のみを無線 LAN を通じて配送する機構の実現が求められる。本論文では、間欠的にのみ通信可能なモバイルコンピュータに対して、このモバイルコンピュータが、未来に存在する位置において有用となると予想される情報のみを配送される配送情報の選択手法、およびこの情報を間欠的無線通信プロトコル CB-WSCP [6]、CC-WSCP [8] を用いて配送する手法を提案し、放送型サービスのサーバコンピュータと基地局との間のトラフィック、基地局とモバイルコンピュータとの間のトラフィックを削減することを目的とする。

2 関連研究

1章で述べたように、放送型サービスにおいて、クライアントコンピュータにとって有用でない情報をサーバコンピュータからネットワークを通じて配送することは、ネットワークのトラフィック、コンピュータの CPU 時間のオーバーヘッドを増加させることになる。そのため、どの情報をどのクライアントコンピュータに配送することが有用であるのかを判断する基準が必要となる。ある情報 I をクライアントコンピュータ C に配送する

この価値を $value(I, C)$ とするとき、 $value(I, C)$ がある閾値 Vth よりも大きい場合に配送をスケジュールし、 Vth 以下であるならば配送を行わない。 $value(I, C)$ は、 I と C の持つ様々な特性によって決定されるが、一般に、この特性を表すパラメータは多数であり、評価が容易ではないものも含まれる。そこで、簡易に評価が可能であり、かつ $value(I, C)$ の評価値への寄与の大きなパラメータを選択することが求められる。

ここで、位置情報サービスという一群の情報サービスを考えてみる。ここでは、クライアントコンピュータの位置を GPS やビーコン等によって取得し、その位置において有用な情報を提供することが目的とされている。情報の提供は、ネットワークを介してサーバコンピュータからなされる場合や、クライアントコンピュータの二次記憶 (ハードディスク、CD-ROM、DVD-ROM など) からなされる場合がある。例えば、クライアントコンピュータの位置情報に基づいてその周辺情報 (店舗、天気、地図情報) を提供するシステムや携帯電話の画面に仮想空間を提供するシステム [16] が提供されている。これらのシステムでは、情報の価値 $value(I, C)$ がクライアントコンピュータの位置 $location(C)$ と情報の位置 $location(I)$ (I は $location(I)$ に関する情報である) のみによって定まり、 $value(location(I), location(C))$ が、あらかじめ定められた閾値を越えるものだけがクライアントコンピュータに配送され、演算される。また、論文 [12] では、モバイルコンピュータの移動速度 $velocity(C)$ を考慮している。現在のモバイルコンピュータの移動速度の方向を直径とし、移動速度の大きさに対して単調増加する直径の長さを持つ楕円内に $location(I)$ が含まれる情報のみが Vth を越える価値を持つ ($value(location(I), location(C), velocity(C)) > Vth$)。ここでは、カーナビゲーションシステムを対象としている。論文 [9-11, 13, 17] 等も上述の 3 つのパラメータに基づく情報の価値判断を行っていると言える。これを体系的にまとめているのが論文 [4] である。これらはすべて C が I に常時アクセス可能であることを前提としている。また、論文 [15] は電車内における広告表示サービスにおいて、広告する情報の選択に上記の 3 つのパラメータを用いる方法を提案したものである。ここでも、情報を表示するクライアントは情報を提供するサーバと常時接続可能であることが前提となっている。

3 放送対象情報の選択手法

前章の関連研究で述べたように、これまでは現在のモバイルコンピュータの位置 ($location(C)$)、情報の位

置 ($location(I)$)、という現在の位置情報のみか、モバイルコンピュータの移動速度 ($velocity(C)$) を考慮することによる近い将来の位置予測を加えたもののみを情報配送の価値 ($value(I, C)$) のパラメータとしている。しかし、放送型サービスで提供される情報の持つ価値は一般に時刻 t をパラメータとして持つものであると考えられる。例えば、ある店舗における商品のタイムサービス (時刻 $t_s \leq t \leq t_e$ においてある商品を特別な価格で提供するサービス) の情報 I は、 $location(I)$ (店舗の位置) において $t_s \leq t \leq t_e$ による時刻 t においてのみ、これを保持することに価値があり、それ以外の時刻 ($t < t_s$ または $t > t_e$) では保持することに価値がないことが分かる。そこで本論文では、位置 $location(I)$ における時刻 t での情報 I の価値 $vlt(location(I), t)$ (vlt: value depending on location and time) を放送の可否を判断する際のパラメータとして用いることにする。モバイルコンピュータ C の時刻 t における位置 $location(C, t)$ について考える。ここで、現在時刻を t_0 とすると現在の位置は $location(C, t_0)$ で与えられる。 C の速度 (ベクトル量) は、将来の移動については確率的であるが、時刻 t と位置 $location(C, t)$ によって定まると考えられる。すなわち、 $velocity(C, t, location(C, t))$ 。

したがって、以下の式が成り立つ。

$$location(C, t) = location(C, t_0) + \int_{t_0}^t velocity(C, t', location(C, t')) dt' \quad (1)$$

これにより、時刻 t において C が I の位置に依存する確率 P 、すなわち $location(C, t) = location(I)$ となる確率 P を導くことができる。

$$\begin{aligned} P(location(C, t) = location(I)) &= P(location(C, t_0) + \int_{t_0}^t velocity(C, t', location(C, t')) dt' = location(I)) \end{aligned} \quad (2)$$

以上により、現在 (時刻 t_0) で $location(C, t_0)$ に存在するモバイルコンピュータ C に情報 I を放送する価値 $value(I, C)$ は、以下のように与えることができる。

$$\begin{aligned} value(I, C) &= \int_{-\infty}^{\infty} P(location(C, t'') = location(I)) \cdot vlt(location(I), t'') dt'' \end{aligned} \quad (3)$$

有意であるのは $t_0 \leq t''$ であることから、次のように変形することができる。

$$\begin{aligned}
& \text{value}(I, C, t_0) \\
&= \int_{t_0}^{\infty} P(\text{location}(C, t'')) \\
&= \text{location}(I) \cdot \text{vlt}(\text{location}(I), t'') dt'' \quad (4)
\end{aligned}$$

そこで、放送型サービスのサーバコンピュータは、 $\text{value}(I, C, t_0) \geq Vth$ であるならば、 I を C に放送するが、 $Vth < \text{value}(I, C, t_0)$ であるならば、 I は C に放送されないことになる。

4 間欠的通信プロトコルによる放送データ配 送のスケジューリング

前章で時刻 t_0 において情報 I をモバイルコンピュータ C へ放送するための以下の条件が導かれた。

$$\text{value}(I, C, t_0) > Vth \quad (5)$$

しかし、モバイルコンピュータ C が基地局 B を通して情報 I を常時受信可能ではない環境においては、たとえ上式が成立したとしても、 C が I を受信することが可能であるとは限らない。これを基地局を中心とし、有線ネットワークと無線ネットワークの伝達遅延も含めて考えると、放送型サービスのサーバコンピュータ S と基地局 B_i との間の伝達遅延 d_{SB_i, B_i} から無線信号到達範囲内 $TR(B_i)$ に存在するときに $C_j \rightarrow I$ を放送することの価値は次式で与えられる。

$$\text{value}(I, C_j, t_0 + d_{SB_i} + d_{B_i, C_j}) \quad (6)$$

d_{B_i, C_j} は $C_j \in TR(B_i)$ なるモバイルコンピュータにおいて、一定値とみなすことができるので、これを $d_{B_i, C}$ と置き換えると I を B_i を通して放送することの価値は以下ようになる。

$$\begin{aligned}
& \text{value}(I, B_i, t_0) \\
&= \sum_{C_j \in TR(B_i)} \text{value}(I, C_j, t_0 + d_{SB_i} + d_{B_i, C}) \quad (7)
\end{aligned}$$

以上により、 I を B_i を通して放送するためには、以下の条件が満たされることが求められる。

$$\begin{aligned}
& \tilde{Vth} < \text{value}(I, B_i, t_0) \\
&= \sum_{C_j \in TR(B_i)} \text{value}(I, C_j, t_0 + d_{SB_i} + d_{B_i, C}) \quad (8)
\end{aligned}$$

ここで、モバイルコンピュータの移動特性について考える。論文 [6, 8] で述べられているように、モバイル

コンピュータの移動は、自律移動型と群移動型に分類することができる。モバイルコンピュータが、基地局を通してインターネット上のサーバコンピュータとクライアントサーバ型のアプリケーションを実行している (例えば、Web コンピューティング) 環境においては、各モバイルコンピュータの移動は他のモバイルコンピュータの移動特性に依存せず、自律型の移動であると考えられる。しかし、一群のモバイルコンピュータが協調してアプリケーションを実行するチームコンピューティングやグループコンピューティングの移動特性と同一であることが論文 [7] で示されている。論文 [7] では、これをグループモビリティと呼び4つの移動パターンを列挙している。また、IETF [5] では、ネットワークモビリティという概念のもとで、モバイルコンピュータ群の取り扱いが議論されている。論文 [6, 8] では、モバイルコンピュータ群と CG が以下のように定義される。

(1) $\forall C_1, C_2 \in CG$ なる2つのモバイルコンピュータ C_1, C_2 間でマルチホップによるメッセージ配送が可能である。

(2) $\forall C_1, C_2 \in CG$ なる2つのモバイルコンピュータ C_1, C_2 において、その相対速度の大きさ $|\text{velocity}(C_1) - \text{velocity}(C_2)|$ の値が十分に小さい。

上記の (2) より $\forall C_1, C_2 \in CG \cap TR(B_i)$ について、 $|\text{velocity}(C_1) - \text{velocity}(C_2)| < \delta$ であることから、 $\text{value}(I, C_1, t_0 + d_{SB_i} + d_{B_i, C}) = \text{value}(I, C_2, t_0 + d_{SB_i} + d_{B_i, C})$ であると言うことができる。

また、上記 (1) より、CB-WSCP [6] を使うことによって、 $C' \in CG - TR(B_i)$ なるモバイルコンピュータ C' に対しても情報 I を配送することが可能である。以上より、基地局 B_i を通して情報 I を放送する条件は、次式で与えられる。

$$\sum_{C_j \in CG \cap TR(B_i) \neq \emptyset} \text{value}(I, C_j, t_0 + d_{SB_i} + d_{B_i, C}) \cdot |CG_k| \geq \tilde{Vth} \quad (9)$$

このような CG_k が多数存在すれば、 I の放送によって得られる価値は大きくなるが、放送に要するコストも大きくなる。したがって、基地局 B_i を通した放送を行なうか否かは、このコストとのトレードオフとなる。図1にCB-WSCPを用いた放送型サービスのイメージを示す。

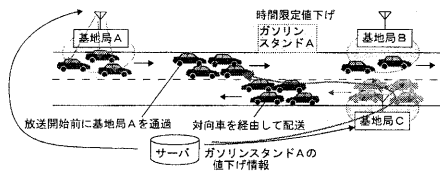


図 1: 放送型サービスのイメージ図

5 まとめと今後の課題

本論文では、放送型サービスをモバイルコンピュータに対して提供するとき、できるだけ情報を受け取る価値が大きなモバイルコンピュータに対して放送するための配送価値の推測に、モバイルコンピュータの位置と移動速度、情報の位置と情報の価値の時間変化というパラメータを用いる方法を提案し、モバイルコンピュータへの情報の伝達が間欠的のみ実行可能な環境における配送戦略と配送プロトコルの概略を示した。今後は、プロトコルを設計しシミュレーションによる評価を行なう。

参考文献

- [1] "Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications," Standard IEEE802.11(1997).
- [2] "Radio Equipment and Systems (RES); HIPERLAN," ETSI Functional Specifications(1995).
- [3] "Specification of the Bluetooth Systems," <http://www.bluetooth.com>(1999).
- [4] A.Y. Seydim, M.H. Dunham, and V.Kumar, "Location Dependent Query Processing," Proc. 2nd ACM Int'l Workshop Data Eng. for Wireless and Mobile Access (MobiDE 01), ACM Press, New York, pp.47-53(2001).
- [5] Thierry, E., "Network Mobility Support Goals and Requirements," IETF Internet Draft, draft-ietf-nemo-requirements-01.txt(2003).
- [6] Harada, S., Higaki, H. and Kato, C. "Wireless Sporadic Communication Protocol for Clustered Mobile Networks," Proceedings of the IASTED International Conference on Parallel and Distributed Computing and Networking, CD-ROM (2003).
- [7] Xiaoyan, H., Mario, G., Guangyu, P. and Ching-Chuan, C., "A group mobility model for ad hoc wireless networks," Proceedings of the 2nd ACM international workshop on Modeling analysis and simulation of wireless and mobile systems, pp. 53-60 (1999).
- [8] 原田, 稔垣, "移動コンピュータ群の間欠的通信プロトコル," 情処研報, Vol. 2003, No. 96, pp.53-58 (2003).
- [9] 石川, 松村, 臼井, 木村, "地上デジタル放送におけるデータサービス," 映像情報メディア学会年次大会, 11-7, pp. 150-151 (2001).
- [10] 伊藤, 松井, 近藤, 重野, 松下, "情報の地理的關係に基づくメタデータを用いた放送型情報提供手法, 情報処理学会論文誌, Vol. 42, No. 7, pp. 1886-1875 (2001).

- [11] 坂田, 倉島, 市村, "通知型的位置関連情報提供サービスの提案と、その実現方式の検討," 情処研報, Vol. 2000, No. 112(MBL-15, ITS-3), pp. 73-80(2000).
- [12] 佐藤, 多田, 谷口, 山口, "放送・通信連携型移動体向けコンテンツ配信方式," 情処研報, Vol. 2003, No. 67, pp. 47-54(2003).
- [13] 佐藤, 最所, 福田, "放送により配信される位置依存情報のキャッシュ方式," 情報処理学会論文誌, Vol. 41, No. 9, pp. 2434-2444 (2000).
- [14] 重野, 荒井, 大西, 横山, 松下, "隠れ端末問題を考慮した新 MAC 二方式の評価," 情報処理学会 マルチメディア通信と分散処理研究会, 情処研報, Vol. 56, pp. 47-54 (1992).
- [15] 篠原, 中野, "携帯電話を利用した電子交通広告実験「渋・ドコフェア」について," 情処研報, Vol. 2002, No. 94, pp. 39-46 (2002).
- [16] 中尾, 小川, 塚本, 西尾, "携帯空間: モバイル計算環境での共有 3 次元仮想空間システム," 情報処理学会論文誌, Vol. 44, No. 2, pp. 276-284 (2003).
- [17] 野田, 村中, 五十嵐, 長尾, "メッシュ方式による情報配信システムの開発," 信学技報, ITS2001-82, pp.185-190(2002).