6ZA-3

ユーザ位置予測による放送基地局選択手法*

東京電機大学 理工学部 情報システム工学科†
永野 健治 桧垣 博章‡ §

1 背景と目的

現在、クライアントサーバ型の通信を基礎としたサービス形態が情報サービスの中核をなしている。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。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形態がとられる。この情報の送信は、一般的に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に対して常に有用な情報であるとは限らない。また、ある情報があるクライアントコンピュータに対して、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ない情報をサーバコンピュータから受信した場合、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のためのコンピューティングはオーバヘッドとなる。

一方、コンピュータの小型軽量化と無線通信技術の発達、普及によりモバイルネットワークの使用が広がっている。ここでは、モバイルコンピュータと基地局間の通信コストは、有線ネットワークに比べて大きい。また、モバイルコンピュータと基地局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、移動空間の一部に信号到達範囲がある場合の方が一般的である。したがって、モバイルコンピュータと基地局との間の通信は、間欠的な通信となる [1]。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をできるだけ減少させることが望ましい。

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、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が配送される配送情報の選択手法を提案する。ここでは、放送型サービスの実現に要するネットワークトラフィックとモバイルコンピュータにおけるコンピューティングのオーバヘッドと放送によって得られる価値 (効用) とのトレードオフをとることとする。

2 関連研究

ある情報 I をクライアントコンピュータ C に配送することによって得られる価値を $value(I,C)$ とするとき、$value(I,C)$ がある閾値 V_{th} よりも大きい場合に配送をスケジュールし、V_{th} 以下であるならば配送を行なわない。$value(I,C)$ は、I と C の持つ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 [3] が提案されている。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) 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。論文 [2] 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 V_{th} を越える価値を持つ ($value(location(I), location(C), velocity(C)) > V_{th}$)。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。

3 放送対象情報の選択手法

2 章で述べたように、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 $value()$ 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。本論文では、位置 $location(I)$ における時刻 t での情報の価値 $vlt(location(I), t)$ (vlt: value depending on location and time) を放送の可否を判断するパラメータとして用いることとする。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、将来の時刻 $t > t_0$ における移動速度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、$velocity(C, t, location(C,t))$ で与えられる。したがって、以下の式が成り立つ。

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

これにより、時刻 t において C が I の位置に存在する確率 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。

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

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 を放送することの価値 $value(I,C,t_0)$ は、以下のように与えることが

*Selective Broadcast Services based on User Location Prediction
†Tokyo Denki University
‡Kenji Nagano and Hiroaki Higaki
§{kenji, hig}@higlab.k.dendai.ac.jp

できる。ただし、有意であるのは $t'' \geq t_0$ のときのみである。

$$value(I, C, t_0) = \int_{t_0}^{\infty} P(location(C, t'') = location(I)) \cdot vlt(location(I), t'')dt''$$

そこで、放送型サービスのサーバコンピュータは、$value(I, C, t_0) \geq V_{th}$ であるならば、I を C に放送するが、$value(I, C, t_0) < V_{th}$ であるならば、I は C に放送しないこととする。

4 間欠的通信環境における選択的放送

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 へ放送するための条件式が導かれた。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。ここで、有線ネットワークと無線ネットワークの伝達遅延を含めて考えると、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 とモバイルコンピュータ C_j との間の伝達遅延を $d_{B_iC_j}$ とすると、モバイルコンピュータ C_j が B_i からの無線信号到達範囲内 $TR(B_i)$ に存在するときに C_j へ I を放送することによって得られる価値は、$value(I, C_j, t_0 + d_{SB_i} + d_{B_iC_j})$ で与えられる。$d_{B_iC_j}$ 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_iC} に置き換えると I を B_i を通して放送することによって得られる価値は、以下のようになる。

$$value(I, B_i, t_0) = \sum_{C_j \in TR(B_i)} value(I, C_j, t_0 + d_{SB_i} + d_{B_iC})$$

また、B_i における放送が時刻 t_i^s から時刻 t_i^e まで継続して行なわれるとすると、この間に得られる価値は次式で与えられる。

$$\int_{t_i^s}^{t_i^e} value(I, B_i, t)dt = \int_{t_i^s}^{t_i^e} \sum_{C_j \in TR(B_i)} value(I, C_j, t + d_{SB_i} + d_{B_iC})dt$$

したがって、放送局集合 $B = \{B_i\}$ に含まれる各 B_i で t_i^s から t_i^e まで放送を行うことによって得られる価値は次式で与えられる。

$$\sum_{B_i \in B} \int_{t_i^s}^{t_i^e} value(I, B_i, t)dt = \sum_{B_i \in B} \int_{t_i^s}^{t_i^e} \sum_{C_j \in TR(B_i)} value(I, C_j, t + d_{SB_i} + d_{B_iC})dt$$

ここで、I を放送する B_i を増加することで放送によって得られる価値は単調に増加するが、放送に要するコスト $cost(I, B_i, t_0)$ も同様に増加する。そこで、各 B_i について $value(I, B_i, t_0)$ と $cost(I, B_i, t_0)$ とのトレードオフを取ることによって、時刻 t_0 における B_i による I に放送の可否を決定する必要がある。

5 評価

前章で提案した放送基地局選択手法の効果をシミュレーション実験によって示す。図 1 は福岡市中央区の道路地図である。ここで、SA は情報 I に基づくサービス提供エリア、BS_i は放送基地局である。表 1 に示す放送を行なった場合、サービス時間内にサービスエリア内に存在するユーザがサービスの提供を受けるものとする。なお、交通量データには [4] を用いた。

$BS1$、$BS2$、$BS3$ を放送時間内に通過して、情報を得たユーザ数は、58,257、61,867、30,409 であり、そのうち、サービス時間内に SA を通過したユーザ数は、11,436(19.63%)、1,029(1.66%)、2,115(6.96%) である。サーバ–基地局間の通信コストがホップ数に比例するものと仮定すると、その SA 通過ユーザに対するコスト比は、$BS1 : BS2 : BS3 = 5/11436 : 18/1029 : 23/2115 = 1 : 40.0 : 24.9$ となる。以上から、表 1 の仮定に基づく場合、$BS1$ による放送は必須であり、$BS2$ よりも $BS3$ からの放送を加える方が効果的である。ただし、SA と BS_i との距離を考慮して放送時間を変化させることで、より高い効果を得ることも可能であると考えられる。

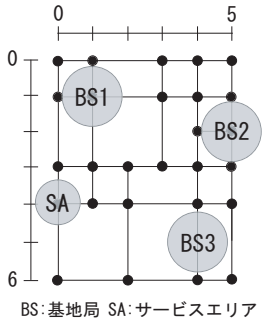

図 1: シミュレーション環境

表 1: シミュレーション環境

交差点間距離	$1200m$
ユーザの移動速度	$16.6m/s(60km/h)$
サーバ–基地局間のホップ数	$BS1$: 5 ホップ
	$BS2$: 18 ホップ
	$BS3$: 23 ホップ
基地局放送半径	$800m$
放送時間	8 時 30 分–8 時 35 分
サービス半径	$400m$
サービス時間	8 時 38 分–8 時 40 分

6 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に、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にのみ実行可能な環境における配送戦略の概略を示した。今後は、放送開始時刻、放送終了時刻と放送による効用についてのシミュレーション評価実験を行なう。

参考文献

[1] Harada, S. and Higaki, H., “Wireless Sporadic Communication Protocol for Supporting Clustered-to-Base Satation Communication,” Proceeding of the 9th IEEE International Symposium on Computers and Communications, pp. 568–573 (2004).

[2] 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).

[3] 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).

[4] 福岡市都市整備局交通計画課, “福岡市中央区 交通量調査集計 平成 15 年度” (2004).