

通知型の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

坂田一拓[†] 倉島顕尚[†] 市村重博[†]

通知型の位置関連情報提供サービスとは「利用者の周辺に特定の検索対象が存在する時に、携帯端末により利用者に通知するサービス」である。現実世界の人の活動を考慮すると、今後の高機能な携帯端末の普及とともに、この種のサービスへの需要が高まることが予想される。本論文では、この通知型サービスを提案し、その実現方式について検討する。通知型サービスのシステムでは、サービス提供時に検索処理が繰り返されるため、毎回の検索処理においてクライアントとサーバが通信を行うと通信コストが大きくなることが問題となる。そこで、筆者らは、通知型サービスにおける通信コストを削減するための検索処理方式として「広域キャッシュ方式」を提案する。提案方式では、クライアントがサーバから検索対象となる近傍範囲よりも広範囲の位置関連情報を一括して取得し、内部にキャッシュし、このキャッシュ範囲内においてはクライアントが単体で検索処理を行う。これにより、サーバとの通信回数、通信コストが削減できる。本方式の有効性を検証するために、シミュレーションにより、通信コストを計算したところ、検索対象の存在確率が1%の場合、キャッシュの利用により、通信コストが1/4から1/15程度となるという結果が得られ、本方式が通信コスト削減に有効であることを確認した。

A Proposed “Location-aware Notification Service”

KAZUHIRO SAKATA,[†] AKIHISA KURASHIMA[†]
and SHIGEHIRO ICHIMURA[†]

“Location-aware notification service” is a service that notifies users when they come into close proximity to a pre-registered target. In this paper, we discuss a system design for the new service features. A simple system design already exists that enables clients to repeatedly communicate with the server to inform the server of their location and receive information. However, the problem with this system is that it requires too much communication cost. As a means of solving the problem, we introduce a new method called the “wide-area cache method”. In this method, a client obtains server information relative to a wide area and caches the information. This enables the client to perform the notification process locally. We evaluated communication cost for the service through simulation, and confirmed that the proposed method can reduce the cost by from 75% to more than 93% when the target density is 1%.

1. はじめに

携帯端末と無線公衆網の発達により、利用者に現在位置に応じた情報を提供するサービスである位置関連情報提供サービスが実現可能となった。特に、GPSなどの測位装置の小型化により、利用者が直接現在位置を入力する必要のない端末/システムも実現されつつある。今後、インターネットに接続可能なGPS内蔵携帯電話端末の普及と、位置関連情報提供サービスの利用者の増加が予想される。

現状実現されている位置関連情報提供サービスの多

くは「利用者が要求した時に利用者周辺の情報を検索し提供するサービス」であるが、現実世界での人の活動を考慮すると、「利用者の周辺に特定の対象が存在する時に利用者に通知するサービス」も必要であると考えられる。後者のサービスを通知型の位置関連情報提供サービス(以下、単に通知型サービス)と呼ぶ。通知型サービスでは、利用者が能動的な動作を行っていても必要な情報が通知されるため、「気の利いた(smart)」情報提供が可能である。位置関連情報提供サービスの利用者の増加とともに、通知型サービスへの需要も大きくなると考えられる。

本論文では、通知型サービスのコンセプトについて述べるとともに、通知型サービスをクライアントとサーバから構成されるシステムにより実現する場合の実現方式を検討する。以下では、まず2章で、前提と

[†] NEC 情報通信メディア研究本部
Computer & Communication Media Research, NEC
Corporation
E-mail: sakata@bk.jp.nec.com

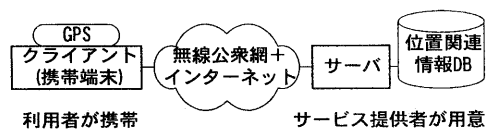


図1 位置関連情報提供システムの基本構成
Fig. 1 System structure

する位置関連情報提供システムの構成について述べ、3章で通知型サービスのコンセプトを従来のサービスと比較しながら説明する。次に、4章で通知型サービスの実現における通信コスト面での課題について述べ、5章でコスト削減のための検索方式として広域キャッシュ方式を提案する。提案方式の有効性を検証するために行ったシミュレーションによる実験とその結果について6章で述べる。そして、7章において関連研究動向について述べ、8章でまとめる。

2. 位置関連情報提供システムの基本構成

位置関連情報提供システムの構成としては以下の2通りが考えられる：

- 端末単体の構成：すべての位置関連情報を端末で保持する（例：カーナビシステム）。
- サーバとクライアントから成る構成：位置関連情報をサーバで保持し、それをクライアントが必要に応じて取得、参照する。

前者は、通信コストが不要であることが長所であるが、端末に大量の記憶領域が必要な上、動的に変化する位置関連情報の取得は困難である。一方、後者では、サーバで大量の情報を管理できる上、ネットワーク上に複数のサーバを用意し、利用者が目的に応じてサービスを選択できる。本論文では、利用者が携帯端末で様々なサービスを利用することを考慮し、後者の構成のシステムについて考える。

サーバとクライアントから構成される位置関連情報提供システムの基本構成を図1に示す。クライアントは測位装置を有し、サーバと無線公衆網及びインターネットを介して通信を行い、位置関連情報を取得する。測位方式としては、GPS、DGPS、無線公衆網の基地局を用いる方法など、様々なものが実現されているが、本論文では、無線公衆網に依存せずクライアント単体で測位可能であり、かつ精度も高いGPSを用いる場合について考える。サーバは、位置関連情報を格納したデータベースを保持し、クライアントの要求に応じて情報を提供する。



図2 従来サービスの例
Fig. 2 Example of conventional service

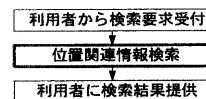


図3 従来サービスでの処理フロー
Fig. 3 Flowchart of conventional service

3. 通知型サービスのコンセプト

3.1 従来の位置関連情報提供サービス

従来の位置関連情報提供サービスでは、図2に示すように、利用者からの要求に応じてその時点の利用者周辺の位置関連情報を提供する。サービスの手順を図3に示す：

- (1) 利用者がシステムに対して、対象を指定して検索を要求する。
- (2) システムが現在位置を測定し、その周辺の位置関連情報を検索する。
- (3) システムが検索結果を利用者に提供する。

これにより、利用者は自分が欲しい時にいつでも自己の周辺の情報（地図情報、店舗情報など）を取得できる。

3.2 通知型サービス

従来のサービスでは、利用者からの要求が行われた時点で情報提供が完了するのに対して、通知型サービスでは、利用者の要求後、利用者の周辺に検索対象が発見された段階で情報提供が行われる。

通知型サービスの手順を図4に示す：

- (1) 利用者がシステムに対して、対象を指定して通知を要求する。
- (2) システムが現在位置を測定し、その周辺の位置関連情報を検索する。
- (3) 検索対象が発見されれば、4へ。発見されなければ、一定時間待機し、2へ戻る。
- (4) システムが利用者に検索対象の発見を通知するとともに、その情報を提供する。

このように、通知型サービスでは、利用者が指定した検索対象が発見されるまで周辺検索と対象発見判定が繰り返される。なお、検索対象が複数存在する場合には、利用者が明示的にサービスの終了を要求するまで、

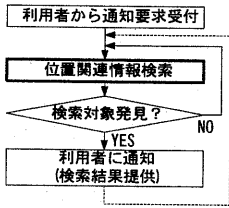


図4 通知型サービスでの処理フロー

Fig. 4 Flowchart of location-aware notification service

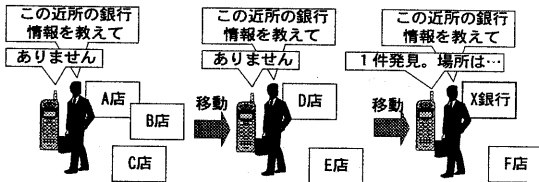


図5 従来サービスによる連続検索の例

Fig. 5 Continuous search in conventional service

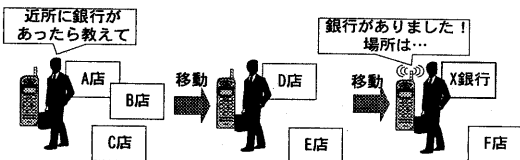


図6 通知型サービスの利用例

Fig. 6 Sample use of location-aware notification service

処理が継続される (例: 観光旅行において近辺の名所情報を通知するサービス)。

通知型サービスは、検索対象の数が少なく、対象を発見するために移動中の検索処理を繰り返し実行しなければならない場合に適する。例えば、外出中の利用者が「移動中、近くに銀行があれば寄りたい」と望む場合、従来のサービスでは、移動中に利用者が何度も検索を要求する必要があった (図5)。これに対して、通知型サービスでは、利用者は最初に1度要求するだけで、検索対象の発見時に通知を受けることができる (図6)。このように、通知型サービスは、利用者の個人情報や嗜好と、周辺状況の変化に応じて自動的に情報提供を行える。

4. 通知型サービス実現の課題

サーバ、クライアントから構成されるシステムでは両者間での通信コストの削減が重要となる。通信コストは、サーバ、クライアント間での通信回数、通信量、通信時間などの組み合わせにより決定される。例えば、回線交換方式の無線公衆網における通信料金は主に通信時間により決定され、パケット交換方式の無線公衆

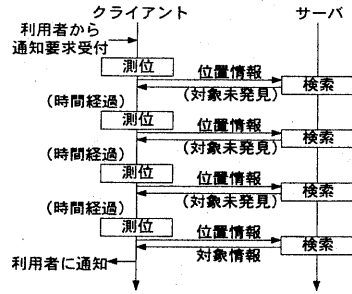


図7 検索毎にサーバに接続する方式での通信処理例

Fig. 7 Example of communication process using simple method

網における通信料金は主に通信量により決定される。

通知型サービスは、図4に示したように、位置関連情報の検索を繰り返すことにより実行されるため、その単純な実現方式として、図7に示すように一定時間毎にクライアントがサーバに接続して検索処理を行う、という方式が考えられる。しかし、この方式では、毎回の検索処理において通信が行われ、検索要求時に指定される現在位置情報などの位置関連情報以外の情報が多く送受信される。ここで、利用者が参照する位置関連情報をサーバからクライアントに送信することは不可避であるが、その他の情報のクライアント、サーバ間での交換は必須ではない。そのため、単純な検索処理の繰り返しによるサービスの実現は、通信コスト面で効率が悪く、高コストとなってしまう。

例として、無線公衆網にPHSを用いる場合の通信料金について考える。通知型サービスでは、検索処理間の間隔が短いほど、通知のタイミングと対象がより正確になるが、処理コストが高くなる。例えば、歩行者が1分以内に移動可能な範囲の検索対象の通知を望むのであれば、検索頻度も少なくとも1分に1回以上とすることが望ましい。PHSでは、1回の通信(1分以内)に10円単位で課金される*ため、1分間に1回の頻度で通信処理が実行されると、通信料金だけで毎分10円要することとなる。通知型サービスは、1時間、1日といった長い時間単位で利用される場合が多いため、この通信料金では実用上、利用者の負担が大き過ぎる。

従って、通知型サービスを実現する上では、繰り返し実行される位置関連情報の検索処理で要する通信コストを削減する処理方式が必要となる。

* 2000年10月時点

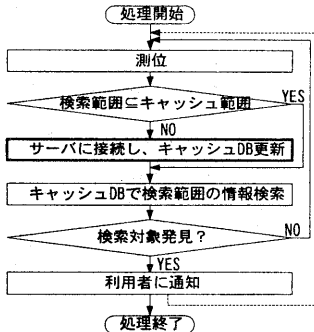


図 8 広域キャッシュ方式の処理フロー
Fig. 8 Flowchart of wide-area cache method

5. 広域キャッシュ方式

本章では、通知型サービスにおける通信コストを削減するための検索処理方式である**広域キャッシュ方式**を提案する。本方式は、クライアントがキャッシュ用のデータベースを用意し、サーバから現在位置周辺の広範囲の位置関連情報を一度に取得してキャッシュし、これを用いて検索処理をローカルで行うことを特徴とする。通知型サービスでは、検索処理が連続して実行されるため、キャッシュを用いることにより通信回数を削減できる。

本方式での、クライアントの処理のフローチャートを図 8 に示す。クライアントは検索処理前に、検索範囲の情報が自己のキャッシュデータベース内に保持されているか否かを調べ、保持されている場合にはサーバには接続せずに、ローカルで検索処理を行う。

上記フローチャート内の、キャッシュデータベースの更新処理の詳細について図 9 を用いて説明する。

- (1) クライアントが、現在位置と最大キャッシュ量を指定し、サーバにキャッシュ用情報を要求する。
- (2) サーバが**キャッシュ範囲**を計算する。キャッシュ範囲は、指定位置の周辺かつ、その範囲内の位置関連情報の合計量が指定量以下となる最大範囲とする(図 10)。ただし、計算の結果、キャッシュ範囲が、クライアントの検索範囲より狭くなった場合には、検索範囲をキャッシュ範囲とする。
- (3) サーバが、キャッシュ範囲の情報と、その範囲内の位置関連情報をクライアントに送信する。
- (4) クライアントが、受信した情報によりキャッシュデータベースを更新する。

広域キャッシュ方式による通知型サービスの実行例を図 11 に示す。この例では、利用者は p0 から出発

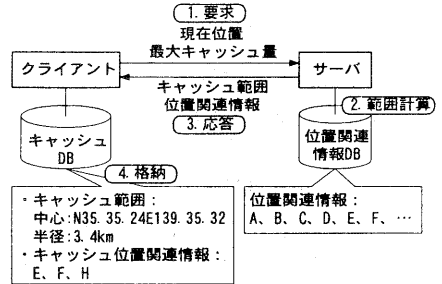


図 9 キャッシュデータベースの更新例
Fig. 9 Cache database update

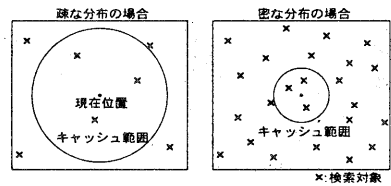


図 10 キャッシュ範囲の計算例
Fig. 10 Cache areas

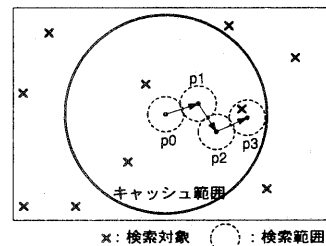


図 11 広域キャッシュ方式による通知型サービス実行例
Fig. 11 Sample process using wide-area cache method

し、p1, p2, p3 の順番に移動する。毎回検索を行う方式では、図 7 に示したように p0 から p3 までのすべての地点においてクライアントとサーバ間での通信処理が行われるが、本方式の場合には、図 12 に示すように、p0 におけるキャッシュデータベースの更新時にのみ通信が行われ、その他の地点では検索処理がローカルに行われる。

このように広域キャッシュ方式は、通知型サービスでの通信回数を削減するため、通信コスト削減の効果が期待される。しかし、サーバからクライアントに送信され、キャッシュデータベースに格納される位置関連情報のすべてが利用されるとは限らないため、利用されない位置関連情報の通信の分だけ、通信量が逆に増加する可能性もある。従って、本方式が常に通信コストを削減するとは限らず、その効果は検索対象の分布状況、通信コストの算出方法などの様々な要因により影響を受ける。そこで、次章において、具体的なサー

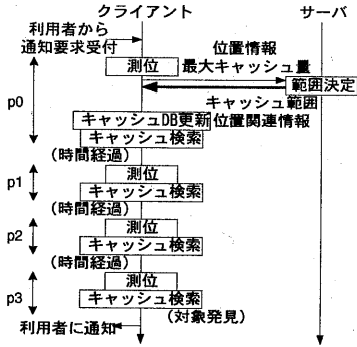


図 12 広域キャッシュ方式による通信処理例

Fig. 12 Example of communication process using wide-area method

ピスを想定したシミュレーションに基づいて、本方式の効果を検証する。

6. 実験による提案方式の効果の検証

6.1 通信コストモデル

通知型サービスにおける通信コストについて考える。利用者が終了を指示するまで継続されるタイプの通知型サービスを、一定時間 (T) 利用した時の、クライアントとサーバの通信処理の回数を C 、サーバからクライアントへ転送された位置関連情報の数を I とする。ここで、1 回の通信処理とは、クライアントがサーバに何らかの要求 (検索、キャッシュデータベース更新) を行い、それにサーバが応答するまでの 1 往復の処理を指す。

通信コストとしては、通信料金、通信での消費電力などがあるが、以下では通信料金に注目する。現状の無線公衆網の通信料金体系には、課金単位が通信量であるものと、通信時間であるものがあるが、サーバが十分な処理能力を持ち、応答のための内部処理を、通信処理時間全体において無視できる程度の短時間で行えると仮定すると、いずれの料金体系においても通信料金は通信量に依存する。ただし、最低課金単位で通信可能な通信量が十分に大きく、1 回の通信処理が、その通信量の大小に関わらず 1 課金単位で終了すると仮定できる場合には、通信料金は通信量ではなく通信回数に比例する。例えば、1 分単位に課金される 64kbps の PHS を用いて、サイズが数 kByte 程度の位置関連情報のやり取りを行う場合などがこれに当たる。よって、提案方式の効果を検証するには、通信コストが通信量に依存する場合と、通信回数に依存する場合とについて調べる必要がある。

通信量は I, C により $(aI + bC)$ と表される。ここ

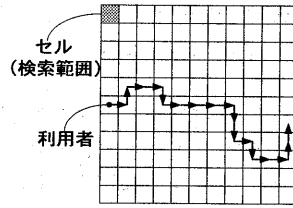


図 13 移動モデル

Fig. 13 Movement model

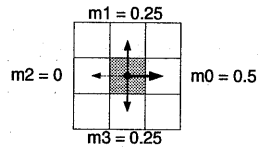


図 14 移動確率

Fig. 14 Movement probability

で、 a, b は、それぞれ、位置関連情報一つあたりのサイズと、1 回の通信処理において位置関連情報以外に送受信される情報 (位置情報など) のサイズとを表すパラメータである。

以下では、通知型サービスに広域キャッシュ方式を用いることによる、通信量 ($aI + bC$) と通信回数 (C) の変化を実験により調べる。

6.2 実験モデル

通知型サービスにおける通信回数 C 、及び位置関連情報数 I は、検索対象の分布、利用者の移動経路などに依存する。そこで、通知型サービスの実行環境として、現実世界での利用者の移動、検索対象の分布を簡略化した、以下に示すモデルを考える。

利用者の移動: 利用者は、同サイズの正方形の区画 (セル) に分割された平面空間において、あるセルの中心から出発し、単位時間毎に隣接するセルのいずれかの中心に一定の確率で移動するものとする (図 13)。

移動確率: 現実世界の移動において、同じセルを往復する可能性が低いことを考慮し、図 14 に示すように特定方向への偏りを持つものとする。

検索対象: 検索対象の位置関連情報は各セルに一定の確率 p ($0 < p \leq 1$) で存在する。簡略化のため、位置関連情報のサイズは均一であり、かつ、1 セルあたりの位置関連情報は最大でも 1 つとする。

検索範囲: 利用者が存在するセルを検索範囲とする。
検索頻度: 利用者がセル間を移動する単位時間毎に検索が実行されるものとする。

キャッシュ範囲: 現在セルを中心とした複数のセルから成る正方形範囲とする。

例えば、移動速度が80m/分の歩行者向けの通知型サービスでは、単位時間は1分、セルの一辺の長さが80mとなる。

上記モデルでは、通知型サービスを T 時間利用した場合、利用者に通知が行われる回数は pT となる。よって、キャッシュを用いずに、毎回の検索処理でクライアントがサーバに接続する方式での C, I は以下のように表される。

$$C = T$$

$$I = pT$$

一方、広域キャッシュ方式を用いた場合の C, I は定式化が困難であるため、シミュレーションにより計算する必要がある。

6.3 シミュレータによる実験

前節で述べたモデルのシミュレータをPerlにより実装した。本シミュレータはパラメータとして、存在確率 p と実行時間 T の指定を受け、広域キャッシュ方式を用いて通知型サービスを実行した場合の通信回数 C と位置関連情報数 I を計算する。なお、広域キャッシュ方式の効果だけでなく、クライアントが指定する最大キャッシュ量(n)の値による結果の変化も調べるため、シミュレータは n が0, 1, 2の3通りの場合について C, I を計算する。

このシミュレータにより、 $p = 0.001$ から $p = 1$ までの16通りの場合について、一定時間($T = 60$)での通信回数 C 、及び位置関連情報数 I を計算した。

6.4 実験結果の分析、考察

6.4.1 通信コストが通信量に依存する場合

C, I より通信量を求めるため、位置関連情報のサイズ a 、及び通信処理において位置関連情報以外に送受信される情報のサイズ b を、現状、最も広く普及している無線公衆網上での情報サービスであるiモード*を参考に定める。

- 位置関連情報のサイズ: 2kByte=16 パケット (iモードで推奨される1画面の最大サイズ)
- 1回の通信処理で位置関連情報以外に送受信される情報: 256Byte=2 パケット

通信量をパケット(128Byte)単位で表すと $a = 16, b = 2$ となり、通信量は $(16I + 2C)$ で表される。

シミュレーションで求めた通信回数 C と位置関連情報数 I により計算した通信量 $(16I + 2C)$ を図15、図16に示す。

広域キャッシュ方式の通信量は、存在確率が0に近い範囲では、キャッシュを使用しない方式より小さく

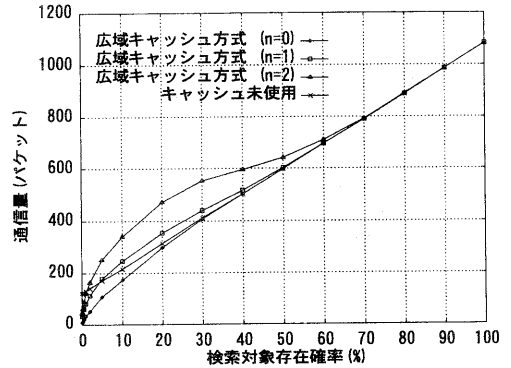


図15 広域キャッシュ方式での通信量

Fig. 15 Communication amount in wide-area cache method

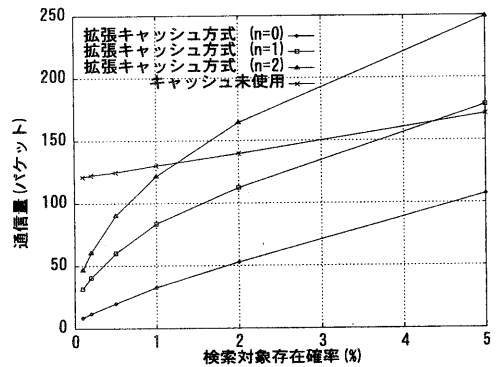


図16 広域キャッシュ方式での通信量(拡大図)

Fig. 16 Communication amount in wide-area cache method (enlargement)

なる。しかし、最大キャッシュ量が大きい場合、存在確率によっては、キャッシュを用いることにより逆に通信量が増加してしまう場合がある。これは、検索処理での通信量の減少分よりも、不要な位置関連情報の転送処理での通信量の増加分が大きくなってしまったためである。最大キャッシュ量を0とした場合には、不要な位置関連情報の送信が行われないため、通信量は常にキャッシュを用いない場合以下となる。また、通信確率に関わらず、最大キャッシュ量の値が小さいほど、通信コストが低くなる。

従って、通信コストが通信量に依存する場合、最大キャッシュ量を0と設定した広域キャッシュ方式により、通信コストが削減される。

6.4.2 通信コストが通信回数に依存する場合

シミュレーションにより得られた広域キャッシュ方式での通信回数 C を図17に示す。

* iモードはNTTドコモの登録商標である。

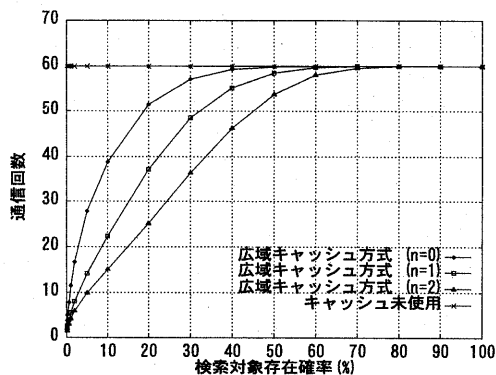


図 17 広域キャッシュ方式での通信回数

Fig. 17 Communication number in wide-area cache method

表 1 広域キャッシュ方式の効果 (存在確率:1%)
Table 1 Effectiveness of wide-area cache method

	キャッシュなし	キャッシュあり	効果
通信量	130	33 (n=0)	約 1/4 に削減
通信回数	60.0	4.1 (n=2)	約 1/15 に削減

通信回数はキャッシュを用いない場合には一定であるのに対して、広域キャッシュ方式を用いた場合には、検索対象の存在確率が 0 に近いほど少なくなる。これは、存在確率が低いほど、キャッシュ範囲が広くなり、クライアントがキャッシュ範囲外に移動して、キャッシュデータベースを更新する回数が低くなるためである。同様に、最大キャッシュ量が大きいほど、キャッシュ範囲が広くなるため、通信回数が少なくなる。

従って、通信コストが通信回数に依存する場合、広域キャッシュ方式により通信コストが削減され、最大キャッシュ量が大きいほどその効果が高い。

6.4.3 広域キャッシュ方式の有効性

以上の結果より、適切に最大キャッシュ量を設定することにより、通信コストが通信量、通信回数のいずれに依存する場合においても通信コストの削減が可能であることがわかった。例として、表 1 に、検索対象の存在確率が 1% の場合での、キャッシュを用いない方式と、最大キャッシュ量を適切に設定した広域キャッシュ方式での、通信量、通信回数を示す。この場合、通信量が約 1/4 に、通信回数が約 1/15 に、それぞれ削減される。

いずれの場合においても、検索対象の存在確率が高い場合には、キャッシュを用いない場合とほぼ同コストとなり、存在確率が 0 に近い範囲でのコスト削減の効果が大きい。通知型サービスでは存在確率が低いものを検索対象とし、存在確率が低い場合での効果が特

に重要であるため、広域キャッシュ方式は通知型サービスでの通信コスト削減に有効である。

7. 関連研究

本分野における研究動向について述べる。

利用者の位置、時間、周辺環境などの状況 (context) に応じたサービスの提供に関しては、モバイルコンピューティング、ウェアラブルコンピューティングの分野で盛んに研究が行われている^{1)~7)}。4) では、利用者の記憶をウェアラブルコンピュータにより補完するシステムが提案されている。このシステムでは、端末に位置などの状況情報を付加した情報を格納しておき、利用者に現在の状況に関連する情報を提供することにより、例えば、他者に会った時に、その人に関する情報、その人と過去に交わしたメールの内容などを提示できる。これらの研究では、提供される情報は利用者が携帯する端末内に格納するか、または無線 LAN などの狭い範囲でのネットワークを介して提供されることを想定している。これに対して、我々のシステムでは、情報を無線公衆網を介して提供するため、記憶容量の小さい携帯端末での広範囲での情報の利用が可能である。

位置関連情報提供サービスで提供されるコンテンツに関しては、インターネット上に遍在するコンテンツを再利用するための研究がいくつか行われている^{8),9)}。8) では、WWW 上の情報を構造化することにより、位置情報サービスで利用する方法を提案しており、試験サービスも実施している¹⁰⁾。これらの技術により生成された位置情報と組み合わせられたコンテンツを通知型のサービスで提供することも可能であり、より効果的なコンテンツの提供が可能となるとと思われる。

また、位置関連情報のキャッシュに関しては 11) の研究がある。これは、車載システムでの利用を想定し、移動計画に基づいて、将来必要となる情報を事前にキャッシュすることにより情報取得時間を短縮する。これに対して、広域キャッシュは、情報取得時間だけではなく、通信回数や通信量などの通信コストの削減を目的としている点が異なる。

8. まとめ

本論文では、通知型の位置関連情報提供サービスと、そのシステムを実現するための広域キャッシュ方式を提案し、シミュレーションにより提案方式の有効性を実証した。

通知型サービスとは、利用者の要求や条件に基づいて、特定の検索対象が見つかるまで周辺情報の検索を

繰り返し、発見された際に利用者に通知するサービスである。今後、GPS内蔵の携帯端末/携帯電話端末が普及することにより、通知型サービスの需要も高まることが予想される。

通知型サービスでは、サービス実行時にシステムにおいて位置関連情報の検索処理が繰り返されるため、従来の検索型サービスと同様に、毎回の検索処理においてサーバに接続したのでは、通信コストの面で問題となる。そこで、本論文では、検索処理が連続して実行される点に注目し、クライアントが通常の検索範囲よりも広い範囲の情報をサーバから一括して取得し、キャッシュすることにより通信コストを削減する広域キャッシュ方式を提案した。

また、提案方式の有効性の実証のため、通信コストを算出するシミュレータを実装し、実験を行った。実験結果の分析により、本方式が通信コスト削減に有効であることと、通信環境に応じた適的なパラメータの設定方法が明らかとなった。

参 考 文 献

- 1) Schilit, W. N.: *A System Architecture for Context-Aware Mobile Computing*, PhD Thesis, Columbia University (1995).
- 2) Long, S., Kooper, R., Abowd, G. D. and Atkeson, C. G.: Rapid Prototyping of Mobile Context-Aware Applications: The Cyberguide Case Study, *Proceedings of the second annual international conference on Mobile computing and networking (MOBICOM'96)*, ACM, pp. 97-107 (1996).
- 3) Brown, P. J., Bovey, J. D. and Chen, X.: Context-aware applications: from the laboratory to the market place, *IEEE Personal Communications*, Vol. 4, No. 5, pp. 58-64 (1997).
- 4) Rhodes, B. J.: The wearable remembrance agent: a system for augmented memory, *The Proceedings of The First International Symposium on Wearable Computers (ISWC '97)*, IEEE, pp. 123-128 (1997).
- 5) Rekimoto, J., Ayatsuka, Y. and Hayashi, K.: Augment-able Reality: Situated Communication through Digital and Physical Spaces, *Proceedings of the 2nd International Symposium on Wearable Computers (ISWC'98)*, IEEE, pp. 68-75 (1998).
- 6) Davies, N., Cheverst, K., Mitchell, K. and Friday, A.: 'Caches in the Air': Disseminating Tourist Information in the Guide System, *Proceedings of IEEE Workshop on Mobile Computing Systems and Applications (WM-CSA '99)*, IEEE, pp. 11-19 (1999).
- 7) Tarumi, H., Morishita, K., Nakao, M. and Kambayashi, Y.: SpaceTag: An Overlaid Virtual System and its Applications, *Proceedings of the IEEE International Conference on Multimedia Computing and Systems*, Vol. 1, IEEE, pp. 207-212 (1999).
- 8) 横路誠司, 高橋克己, 三浦信幸, 島健一: 位置指向の情報の収集、構造化および検索手法, *情報処理学会論文誌*, Vol. 41, No. 7, pp. 1987-1998 (2000).
- 9) 長谷川靖, 田辺弘実, 池田哲夫, 星隆司: モバイル環境における地図情報提供サービスの一構成方式, *情報処理学会モバイルコンピューティング研究会*, Vol. 12, No. 3, *情報処理学会*, pp. 15-22 (2000).
- 10) 「このサーチ」: <http://www.kokono.net/>.
- 11) 佐藤健哉, 最所圭三, 福田晃: 移動計算機における一依存情報のキャッシュ方式に関する考察, *情報処理学会モバイルコンピューティング研究会*, Vol. 7, No. 5, *情報処理学会*, pp. 33-38 (1998).