

モビリティ/トラフィックアダプティブロケーション制御の実験評価

渡辺 有吾 杉山 俊春 平田 昇一 藪崎 正実

(株) NTT ドコモ ネットワーク研究所

〒239-8536 神奈川県横須賀市光の丘 3-5 NTT DoCoMo R&D センタ

E-mail: watanabe@netlab.nttdocomo.co.jp

あらまし 従来の移動通信システムでは、全ての移動通信端末に対して画一的な位置登録エリアを設定していた。しかし、最適位置登録エリアのサイズは端末の移動特性、ページング頻度に依存するもので、本来は移動通信端末毎に異なるものである。さらに、端末の移動特性及びトラフィック特性は時間変化するため、最適位置登録エリアのサイズも動的に変化する。これまで筆者らは端末の移動特性、ページング頻度に適応したサイズの位置登録エリアを移動通信端末毎に設定するモビリティ/トラフィックアダプティブロケーション制御を提案してきた。本稿では、実験システムにおいて提案方式を実装し、その特性を評価し、提案方式の有効性を確認したので報告する。

キーワード ロケーション制御、位置登録、ページング、実験システム

Experimental Trial of Mobility/Traffic Adaptive Location Management

Yugo WATANABE, Toshiharu SUGIYAMA, Shoichi HIRATA, and Masami YABUSAKI

Network Laboratories, NTT DoCoMo, Inc.

NTT DoCoMo R&D Center, 3-5 Hikari-no-oka, Yokosuka-shi, Kanagawa, 239-8536 Japan

E-mail: watanabe@netlab.nttdocomo.co.jp

Abstract Conventional mobile communication system has pre-assigned unified location registration areas (LAs) to all mobile communication terminals. But the optimum LA size depends on the terminal's mobility and traffic characteristics and should be assigned to each mobile communication terminal. Furthermore, the optimum LA size changes dynamically because the terminal's mobility and traffic characteristics vary. We have proposed Mobility/Traffic Adaptive Location Management that dynamically assigns the optimum LA size in response to each terminal's mobility and traffic characteristics. This results in reducing the location management signals. In this paper, we report the result of experiments through our test bed. We confirm that the proposed location management reduces the total location management by 30 % comparing against the conventional location management with fixed size LA.

Keywords Location Management, Location Registration, Paging, Test Bed

1. はじめに

来るユビキタス世代においては、人間や乗り物のみならず、ペットや自動販売機などあらゆるものが移動通信サービスのユーザとなりうるため、移動通信端末数の爆発的な増加が予想されている。また、無線伝送速度の更なる高速化に伴うセルの狭小化も予想されており、ロケーション制御トラフィックの増大が懸念されている。そのため、効率的なロケーション制御の実現は重要な要求条件のひとつとなっている[1]。

一般に、移動通信システムでは、位置登録とページングの両者を組み合わせることで移動通信端末のロケーション制御を実現している[2]-[4]。つまり、非通信

中の移動通信端末の位置管理は複数セルから構成される位置登録エリアを用いている。そのため、移動通信端末の位置登録とページングの制御信号数はトレードオフの関係にあり、位置登録エリアを大きく設定すれば、位置登録信号数は減少するがページング信号数は増加し、逆に位置登録エリアを小さく設定すれば、ページング信号数は減少するが、位置登録信号数は増加する。従来の移動通信システムでは、全ての移動通信端末に対して画一的な位置登録エリアを設定していた。しかし、最適位置登録エリアのサイズは端末の移動特性、ページング頻度に依存するもので、本来は移動通信端末毎に異なるものである。さらに、端末の移動特

性及びトラヒック特性は時間変化するため、最適位置登録エリアのサイズも動的に変化する。従来の移動通信システムでは、例えば、静止している端末も移動している端末の場合と同様に位置登録エリア内の全セルにページング要求を送信するため、無駄なトラヒックが生じる場合があった。

上記の問題に対して、これまで筆者らは端末の移動特性、ページング頻度に適応したサイズの位置登録エリアを移動通信端末毎に設定するモビリティ/トラヒックアダプティブロケーション制御を提案してきた[5]-[7]。提案方式では、移動通信端末が旧位置登録エリアを出る場合、もしくは一定時間同一位置登録エリアに滞在した場合を位置登録契機とし、移動通信端末から移動速度とページング頻度の情報を含んだ位置登録要求信号を移動通信網に送信し、移動通信網において受信した情報から最適位置登録エリアのサイズを算出し、それを位置登録応答信号により移動通信端末に通知する。

本稿では、実験システムにおいて提案方式を実装して、その特性をロケーション制御信号数の観点から評価し、提案方式の有効性を確認したので報告する。なお、本稿の構成は以下のとおりである。第2節において、提案方式のコンセプトを述べ、第3節において提案方式を実装した実験システムについて説明し、第4節において、実験システム上での提案方式の特性評価を行い、最後に第5節において結論を述べる。

2. モビリティ/トラヒックアダプティブロケーション制御

モビリティ/トラヒックアダプティブロケーション制御においては、各移動通信端末の移動特性、トラヒック特性に応じて、移動通信端末毎に最適なサイズの位置登録エリアが設定される。つまり、移動特性に関しては、移動速度が速い端末に対しては位置登録エリアを大きく設定することにより位置登録信号数の削減を図り、移動速度が遅い端末に対しては位置登録エリアを小さく設定することでページング信号数の削減を図る。またトラヒック特性に関しては、ページング頻度の高い端末に対しては位置登録エリアを小さく設定することでページング信号数の削減を図り、ページング頻度の低い端末に対しては位置登録エリアを大きく設定することで位置登録信号数の削減を図る。

次に、モビリティ/トラヒックロケーション制御方式における最適位置登録エリアサイズの導出について説明する。提案方式では、最適位置登録エリアサイズを位置登録信号数とページング信号数の合計であるロケーション制御信号数を最小化するように決定する。ロケーション制御信号数としては無線区間に着目して式

(1)のように表す。

$$C \approx (N_{\text{cell}} + 1)a + \frac{2v}{\alpha R_{\text{cell}} \sqrt{N_{\text{cell}}}} \quad (1)$$

式(1)の第1項はページング信号成分を、第2項は位置登録信号成分をそれぞれ示す。各パラメータ a 、 N_{cell} 、 v 、そして R_{cell} はそれぞれページング頻度、位置登録エリア内のセル数、端末の移動速度、セル半径を示す。また、 α は定数である。これらのパラメータに関しては、ページング頻度と移動速度については端末側で測定し、それ以外のものについては移動通信網側で予め設定し把握していることを想定している。つまり、端末の移動速度とページング頻度が決定すれば、式(1)は N_{cell} の関数となり、最適な位置登録エリアサイズとして位置登録エリア内のセル数が式(2)のように導出できる。

$$N_{\text{cell}} = \left(\frac{v}{\alpha R_{\text{cell}}} \right)^{2/3} \quad (2)$$

提案方式では、位置登録エリアサイズとしてクラスという概念を用いる。具体的には、クラス1の位置登録エリアはセルであり、クラス2の位置登録エリアは1つのセルとその周辺セルを含む。クラス3の位置登録エリアはクラス2の位置登録エリアにさらに周辺セルを含めたものとなる。よって、最適位置登録エリアクラスは、式(2)で導出したセル数と式(1)のロケーション制御信号数を考慮することにより選択することができる。(図1)

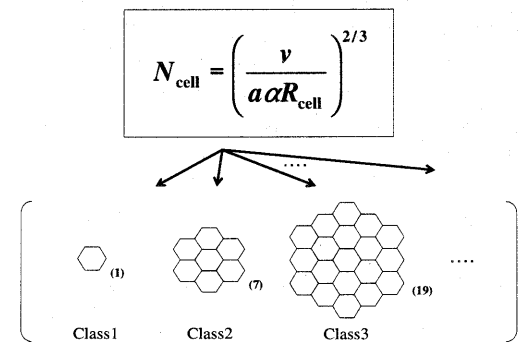


図1 最適位置登録エリアクラスの選択アルゴリズム

一般に、移動通信端末の移動特性、トラヒック特性は時間とともに変化をするため、位置登録エリアのサ

イズも動的に設定する必要がある。今回実装したシステムにおいては、移動通信網側で予め複数クラスの位置登録エリアを用意しておき、移動通信端末の位置登録時に端末の移動速度、ページング頻度から導出される最適クラスの位置登録エリアを割り当てる方式を実現した。図2はその実現例を示す図で、位置登録エリアを跨る毎に位置登録エリアはクラス1からクラス2、さらにクラス2からクラス3と変化している。

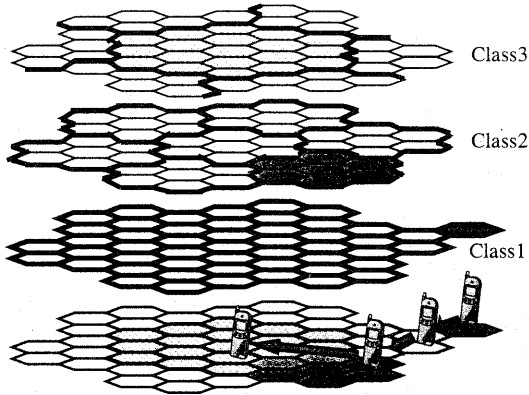


図2 位置登録エリアの動的設定方法

3. 実験システム

図3に提案方式を実装した実験システムの構成を示す。図に示した各ノードの機能概要は以下の通りである。

- **Home Router (HR)**: MN宛の packets が到着するルータである。MNの在圏位置が特定できない時には着パケットを Home Tracking Agent (HTA) に転送する。
- **HTA**: MNのアドレスと Paging Agent (PA) の対応関係を保持しており、HRからの転送パケットを一時的にバッファリングする。
- **LTA**: MNの在圏位置登録エリア情報 (Area Address: ArA) を保持する (ArAは、同一位置登録エリアを構成する1つ以上の Access Router (AR) の集合体を示すマルチキャストアドレス)。
- **Adaptive Location Management Agent (ALMA)**: MNから送信されるアダプティブ位置登録要求信号に格納される、MNの移動速度とページング頻度から最適な位置登録エリアクラスを計算する。
- **Paging Agent**: LTAからMNのArAを読み出し、当該エリアにページングを実行する。
- **AR**: 位置登録エリアを識別するためのエリア識別子 (Area Identity: ArI) を報知し、MNから/

への信号は全て終端する (ArIは、ArAと1対1の対応関係にある識別子であり、その対応関係をARが保持している)。数多くのARを必要とすることから、1台のノードでMNが通過する全てのARを擬似している。

• **MN**: ARが報知するArIと自身が保存するArIが異なる場合、もしくは一定時間間ArIを受信し続けた場合に位置登録を実行する。自身の移動速度、ページング頻度を測定する機能を備え、位置登録の際には、位置登録要求信号にこれらの情報を含めてARに送信する。また、位置登録応答に含まれる位置登録エリアクラスからArIを特定し、位置登録エリア情報として保存する。

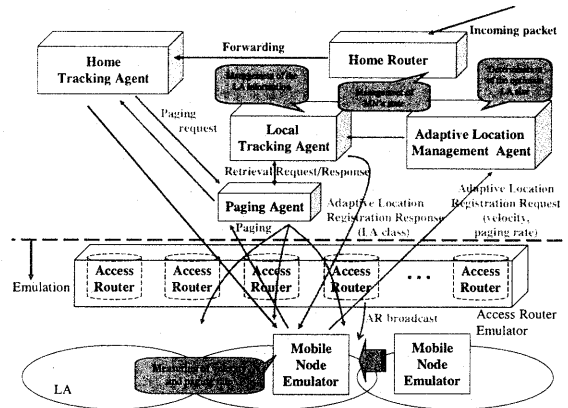


図3 実験システムの構成

移動通信端末の移動シナリオとしては、GPS装置により実際に収集した移動データを用いた。想定した移動シナリオとしては歩行者シナリオ、自動車シナリオ、高速道路シナリオ、通勤者シナリオの4つである。また、トラヒックシナリオとしては、ページング頻度を0.01、0.03、0.05、0.1、0.3、0.5、1.0、3.0、5.0、10.0 [times/h]の10通りを設定し、それぞれのページング頻度に従い通信要求を発生させた。また、従来方式としては、位置登録エリアクラスをクラス1~クラス4にそれぞれ固定的に設定する場合を考えた。また、セルは一辺長が1kmの正六角形とした。

4. 実験結果と考察

本稿では、無線区間に相当するMN-AR間の信号に着目し、ロケーション制御信号数としては位置登録信号数とページング信号数の和を考える。なお、移動通信端末が移動速度を測定する方法としては、移動通信端末内にGPS装置を搭載する場合と、基地局が報知す

る基地局自身の座標情報を用いる方法の2通りを考える。基地局座標を用いる方法においては、移動通信端末が以前に位置登録を行った時刻とARの座標情報、現在位置登録を行う時刻とARの座標情報からおおまかな移動速度を計算する。

図4に歩行者シナリオの移動軌跡を示す。また、図5は歩行者シナリオにおける無線区間のロケーション制御信号数を、従来方式(クラス1~クラス4)と提案方式の2方式それぞれについて、ページング頻度に対して結果表示したものである。従来方式においては、ページング頻度が0.01~0.5 [times/h]の範囲ではクラス2の位置登録エリアが最適で、ページング頻度が1.0~10.0 [times/h]の範囲ではクラス1の位置登録エリアが最適である。それに対し、提案方式ではGPS装置により移動速度を測定する場合、基地局座標を用いて移動速度を測定する場合ともにページング頻度が0.01~10.0 [times/h]全ての範囲において必ずしも最適方式とはなっていないが、従来方式の最適エリアクラス的方式とほぼ同等の結果を示している。

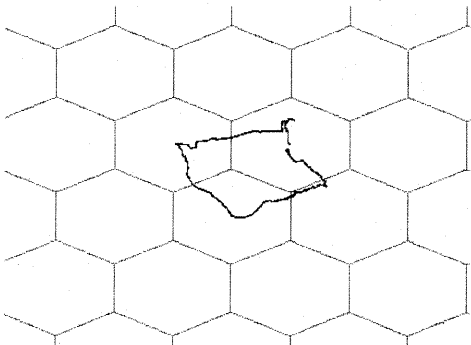


図4 歩行者シナリオの移動軌跡

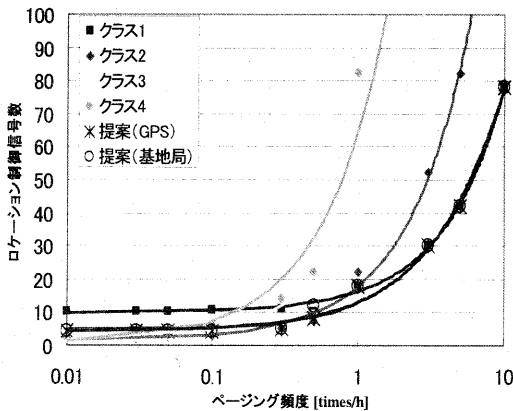


図5 歩行者シナリオにおけるロケーション制御信号数

図6は、歩行者シナリオにおいて10通りのページング頻度に対するロケーション制御信号数の総和を方式毎に結果表示したものである。従来方式では、クラス1の位置登録エリアが最適クラスであるが、提案方式はクラス1に位置登録エリアを固定的に設定するよりも、さらにロケーション制御信号数が削減できることを示している。これはページング頻度によってはクラス2の位置登録エリアが最適場合もあり、提案方式はそれにも対応しているためである。

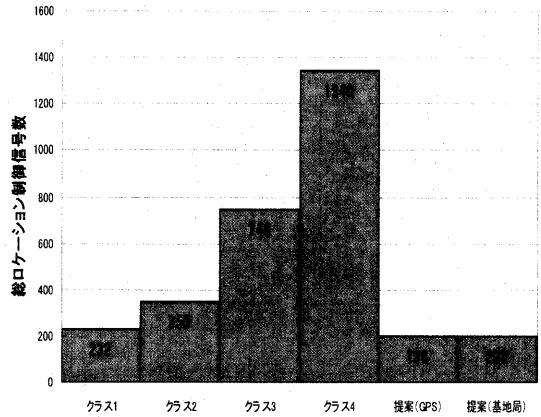


図6 歩行者シナリオにおける総ロケーション制御信号数

表1 最適位置登録エリアクラス

ページング頻度 [times/h]	歩行者シナリオ	自動車シナリオ	高速道路シナリオ	通勤者シナリオ
0.01	クラス2	クラス3	クラス4	クラス4
0.03	クラス2	クラス3	クラス4	クラス4
0.05	クラス2	クラス3	クラス4	クラス4
0.1	クラス2	クラス3	クラス4	クラス4
0.3	クラス2	クラス3	クラス3	クラス3
0.5	クラス2	クラス2/3	クラス3	クラス3
1.0	クラス1	クラス2	クラス3	クラス2/3
3.0	クラス1	クラス1	クラス2	クラス1
5.0	クラス1	クラス1	クラス2	クラス1
10.0	クラス1	クラス1	クラス1	クラス1

表1は各移動シナリオにおける最適位置登録エリアクラスをページング頻度に対して示したものである。それぞれのシナリオにおいて、ページング頻度が高くなるにつれて最適位置登録エリアクラスが小さくなっていることがわかる。また、歩行者シナリオより自動車シナリオ、自動車シナリオより高速道路シナリオの

方が、移動通信端末の平均移動速度が速いため、同じページング頻度でも平均速度の速いシナリオの方が最適位置登録エリアクラスは大きくなっていることがわかる。また、通勤者シナリオでは歩行者、自動車、高速道路の組み合わせのシナリオであるため、これら3つのシナリオの中間的な結果を示している。

図7は、歩行者シナリオ、自動車シナリオ、高速道路シナリオ、通勤者シナリオの全移動シナリオについて、全てのページング頻度に対するロケーション制御信号数の総和を方式毎に比較した結果である。クラス2の位置登録エリアを固定的に設定する従来方式を基準として各方式を正規化すると、提案方式はGPS装置により移動速度を測定する方式、基地局座標を用いて移動速度を測定する方式はともに0.7、また、クラス1、クラス3、クラス4に位置登録エリアを固定的に設定する従来方式はそれぞれ1.36、1.41、3.36となっている。従来方式においては位置登録エリアをクラス2に固定した場合が総ロケーション制御信号数は最も小さく、提案方式はそれに比べて30%ロケーション制御信号数を削減していることがわかる。また、提案方式においては、基地局座標を用いて移動速度を測定する方式がGPS装置を用いて移動速度を測定する方式と同等の結果を示している。この原因としては、提案方式においては、最適位置登録エリアとして、サイズのみを考慮しており形状を考慮していないため、GPS装置で測定した精度のよい移動速度を十分に結果に反映できていないためと思われる。例えば、移動速度が速い端末に対して大きい位置登録エリアを設定しても、位置登録エリアの隅を通過してしまうと、位置登録信号数を削減できていない場合が確認された。今後の課題としては移動速度に加えて移動方向も考慮して位置登録エリアのサイズ、形状を決定することで、GPS装置で測定する精度のよい移動速度を提案方式のさらなる特性改善に反映できると考える。

5. おわりに

本稿では、これまで提案してきたモビリティ/トラヒックアダプティブロケーション制御について、提案方式を実装した実験システムを説明し、さらに性能評価を行った。移動通信端末の移動シナリオとしては歩行者シナリオ、自動車シナリオ、高速道路シナリオ、通勤者シナリオを考え、設定したページング頻度に従って移動通信端末に対して通信要求を発生させた。各シナリオにおいて提案方式と従来方式の比較を行い、提案方式がロケーション制御信号数を削減できることを確認した。さらにこれら全シナリオの総ロケーション制御信号数から提案方式が従来方式より30%ロケシ

ョン制御信号数を削減できることを示した。

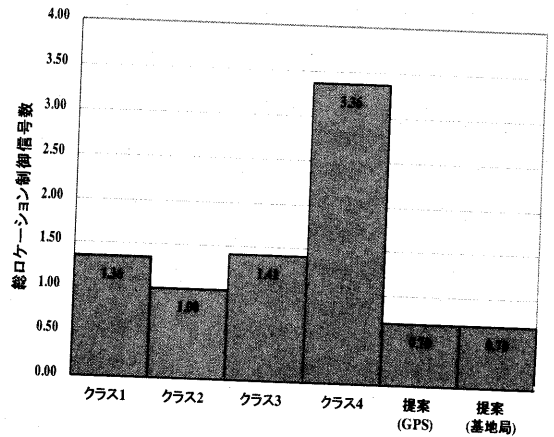


図7 全シナリオにおける総ロケーション制御信号数

文献

- [1] 弓場英明, 今井和雄, 数崎正実, "IP-based IMT ネットワーク プラットフォーム", 信学技報交換システム研究会, March.2001.
- [2] "Location Registration Procedures (GSM 03.12 Version 7.0.0 Release 1998)," ETSI, Aug. 1999.
- [3] "Location Registration Control," Personal Digital Cellular Telecommunication System ARIB Standard RCR STD-27H, pp.889-895, Feb. 1999.
- [4] "General Packet Radio Service (GPRS) Service Description (3GPP TS 23.060 Version 3.10.0 Release 1999)," ETSI, Jan. 2001.
- [5] 渡辺有吾, 藤原真寿美, 数崎正実, "モビリティ/トラヒックアダプティブロケーション制御," 信学技報 MoMuC 研究会 2001-28, pp.19-24, Jul. 2001.
- [6] Y. Watanabe, and M. Yabusaki, "Mobility/Traffic Adaptive Location Management," IEICE Trans. Commun., Vol.E85-B, pp.2076-2082, Oct. 2002.
- [7] Y. Watanabe, and M. Yabusaki, "Mobility/Traffic Adaptive Location Management," IEEE VTC 2002 Fall, Vancouver, Canada, Sep. 2002.