単方向の直線ページング手法のための端末位置更新法

王 旭[1] 沼尾 雅之[1]

概要：近年, モバイルの使用者が増えるに伴い, セルラーネットワークにおいて携帯電話の位置を管理するロケーションマネジメント分野でコストを削減する研究が重要になっている. これらの研究の中で直線ページング手法のための端末位置更新法と呼ばれるロケーション管理手法はモバイルの移動方向変更により同一直線上の基地局をページングする. しかし、この手法で双方向ページングが使ってコストが高いため, 我々は単方向の直線ページング手法のための端末位置更新法を提案する. 提案手法は単方向直線の基地局をページングするため, ページングコストとトータルコストが減少できる. この手法を検証するためにOMNET を用い, ランダムウォークモデル及び高速道路モデルをもとにシミュレーションを行って, そして, 従来手法と比較し, ページングコスト、更新コスト、トータルコストを評価した.

Location Management for PCS Networks with a Single Direction Line Paging Scheme

Xu Wang[1] Masayuki Numao[1]

1. まえがき

スマートフォンを代表とする移動端末が普及するに伴い, セルラーネットワーク管理技術がますます重要になっている. 一般的にセルラーネットワークにおいて移動端末の管理は二つの重要な研究領域がある. ひとつはセル間の境界を超えるときに信号を切り替える研究, もう一つはモバイル位置を追跡して管理する研究である. 後者の研究はロケーションマネジメントと呼ばれ、ロケーション更新とページングという二つのスキームを構成される.

ロケーションマネジメント方法は time-based,movement-based,distance-based の 3 つの方法が存在する [1]. Time-based ロケーションマネジメント法は規定時間を経過するとモバイルは基地局へ位置メッセージを送信して更新する [2]. Movement-based ロケーションマネジメント法はセル境界を超えるたびに更新回数をカウントして制定された回数に達すると更新を行う [3]. Distance-based ロケーションマネジメント法は今モバイルがいるセルと前回登録を行ったセルの間の距離を計算して, 設定距離より大きくなると更新する [4]. 一方、モバイルは左のセルまたは右のセルに移動すると更新し、着信があると現在の移動方向と同一直線上のセルだけを検索する方法は他のモバイル管理手法よりコストが小さい [5].

本稿では直線ページングを基づく方向変換として左右だけでなく同一直線上逆方向に向きを変える場合追加した単方向直線ページングというロケーションマネジメントを提案する. 評価するために、我々はランダムフォークモデル及び高速道路モデルを使い, シミュレーションをして提案手法を検証してページングコスト, 更新コスト, トータルコストを評価する.

2. 背景技術及び従来手法

2.1 ロケーションマネージメントの構成

ロケーションマネジメントはモバイルを追跡するために、位置更新 (端末通知モード) とページング (端末検索モード) という二つのモバイル管理するスキームを使用する.

位置更新とはモバイルは位置登録エリアを変更すると現在いる基地局へ送信して自分の位置を更新するということである. 端末通知モードの手順は図 1 の通り

(1) モバイルは隣接する別のセルに移動する
(2) モバイルは現在の基地局へ登録請求を出す.
(3) 基地局は登録請求を受ける後スイッチセンターへ送信して更新する.

[1] 電気通信大学大学院 情報理工学研究科情報・通信工学専攻

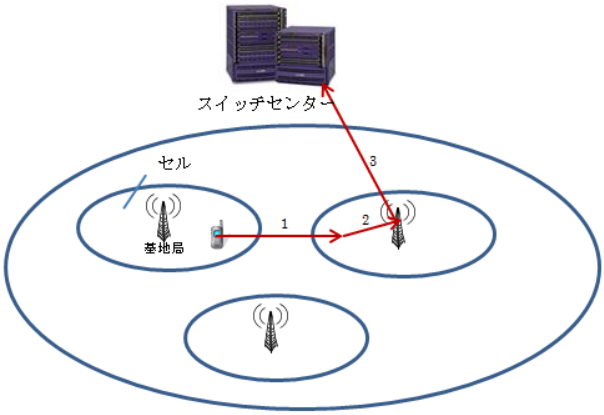

図 1　端末通知モード

ページングとは予めモバイルの位置を知らず、モバイル端末への呼が到着してからスイッチセンターがロケーションエリアにおける基地局へ捜索メーセージを送信して端末を検索するということである．端末検索モードの手順は図 2 の通り

(1) ある人が携帯電話をかける．
(2) モバイルへの呼びを受けた後スイッチセンターは管理される基地局へページングメッセージ送信する．
(3) 検索要求メッセージをもらった基地局は自分内のモバイルへページングメッセージを送信する．
(4) 見つけられるモバイルは基地局へ返事する．
(5) 返信を得る基地局はスイッチセンターへ返事メッセージを送る．
(6) 応答メッセージを受けたスイッチセンターはモバイル位置を登録しながら, 電話をかける人に通信を繋ぐ．

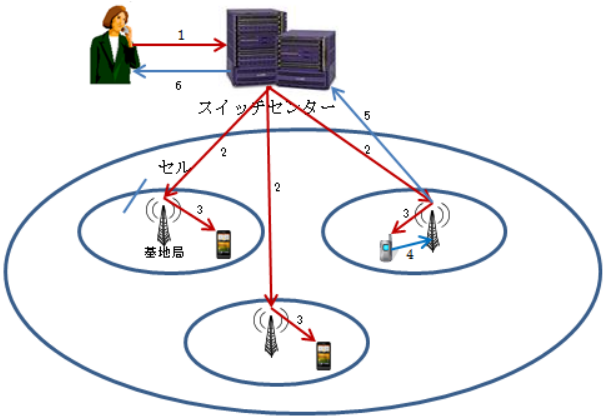

図 2　端末検索モード

2.2　両方向の直線ページング手法のための端末位置更新法

このロケーションマネジメントはモバイルの変化方向による更新法を使うため,DBLU(direction-based location update) と呼ばれる．

2.2.1　端末モード

この端末位置更新法は以下の二つの条件の何れかを満たせば, 位置登録を行う．

- モバイルは最後の更新した基地局のセルから規定距離値 D のセルに移動する．
- モバイルの移動方向に対して左それとも右へのセルに向きを変化させる．

2.2.2　端末検索モード

モバイルへの呼びが来る時にスイッチセンターは前回更新した基地局を中心にして現在の移動方向と同一直線上で前後直線距離差が D までの間における基地局を検索すれば端末が見つけられる．

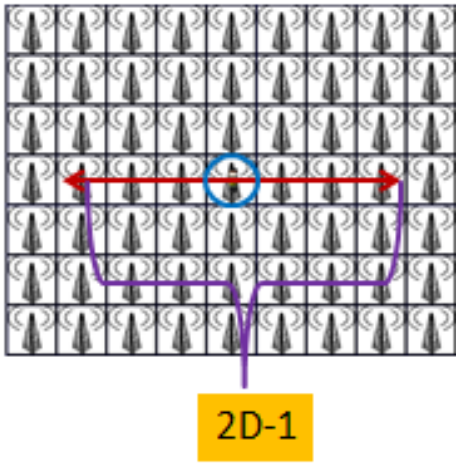

図 3　DBLU ページング

図 3 で示すように端末への呼びに対して, すべての基地局へページングメッセージを送信するというブランケットページング法は一回に 2D-1 個基地局を捜せばと十分である．

3.　単方向の直線ページング手法のための端末位置更新法

ロケーションマネジメントに対するトータルコストというと、実際はページングコストと更新コストの和である．DBLU は前回更新した基地局を基点として双方向ページングを使うため, ページングコストが高い．そこで, 我々は EDBLU(enhanced direction-based location update) という単方向の直線ページング手法のための端末位置更新法を提案する．

3.1　端末通知モード

我々は DBLU のロケーション更新法で一個アップデート条件を添加する．実際に以下の 3 つの条件で何れかを満たせば, モバイルは位置登録して更新することを行う．

- モバイルが同一直線上を移動して直線移動して規定距離値 D のセルに入る．

- モバイルの移動方向に対して左のセルまたは右のセルに移動する.
- モバイルは前に移動しても後ろに移動しても, 規定距離 D のセルに移動しなければ前回登録していたセルに戻る.

3.2 端末検索モード

図 4 で示すようにモバイルへの呼びが受けるときスイッチセンターは前回更新した基地局を始点にして現在の移動方向に同一直線上のお距離 D までの基地局を全部ページングする.

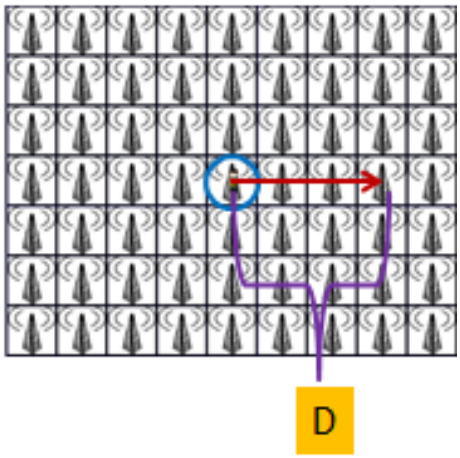

図 4 EDBLU ページング

3.3 コスト計算モデル

ここでトータルコストを C_t, ロケーション更新コストを C_u, ページングコストを C_p, 呼び率を λ_c, モビリティ率を λ_m とする. コストは基地局を一個登録するまたは基地局が一個ページングされるのを単位コストをとして計算する.

$$C_t = C_u + C_p \tag{1}$$

本文でブランケットページング法を使うのでページングコストは T 時間で

$$C_p = \lambda_c T D \tag{2}$$

になる. モバイル方向変更確率は次式で示すのように前進確率を Pr(A), 後退確率を Pr(B), 右に曲がる確率を Pr(R), 左に曲がる確率を Pr(L) を表す.

$$\begin{aligned} Pr(A) = P_a \ , \quad Pr(B) = P_b, \\ Pr(R) = P_r \ , \quad Pr(L) = P_l \end{aligned} \tag{3}$$

本稿でランダムウォークに $Pr(A) = Pr(B) = Pr(R) = Pr(L) = p$ とする. そうすると, ロケーション更新コストは

$$\begin{aligned} C_u \ = \ \lambda_m t 2p + \frac{\lambda_m T}{n}\binom{n}{k} p^k p^{n-k} \\ + \frac{\lambda_m T}{z}\binom{z}{v} p^v p^{z-v} \end{aligned} \tag{4}$$

になる. この式で第一部分はモバイルは左へと右へ曲がる更新コストであり, 第二部分はモバイルは規定距離のセルに移動する更新コストであり, 第三部分はモバイルは前回登録したセールに戻る更新コストである. n と z はモバイルは前回ページングされたから現在ページングされる前にセルに入る回数であり,k と v は前進する回数である. しかし第二部分は成立する条件は $(2k - n = D, \frac{\lambda_m}{\lambda_c} \geq D, \frac{\lambda_m}{\lambda_c} \geq n)$ である. 同様に, 第三部分を成立する条件は $(2v - z = 0)$ である.

4. シミュレーションと評価

4.1 シミュレーション

我々は OMNET ツールを使い, ロケーションマネジメントをシミュレーションして以下図 3 のようにコンポーネントを作った.

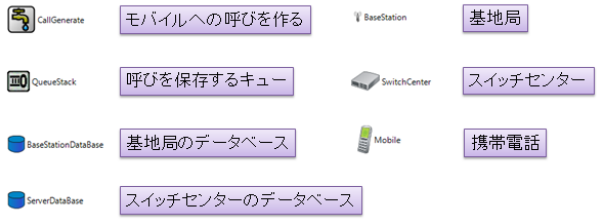

図 5 シミュレーションのコンポーネント

セルラネットワークで正方形の 400 個のサービスエリアを配置し, 携帯電話への呼び間隔時間とモバイルがセルで滞在する時間は指数時間でシミュレーションを行った. 筆者は MCR(mobility to call ratio) をもとにランダムフォークモデル及び高速道路モデルの下でコストを計算する.

4.2 ランダムフォークモデル

モバイルの移動方向は予想できないから, 四つの方向の移動確率を 0.25 としたランダムフォークモデルを使った.

4.2.1 ページングコスト

ページングコストは一つのモバイルに対してページングされた基地局の数である.

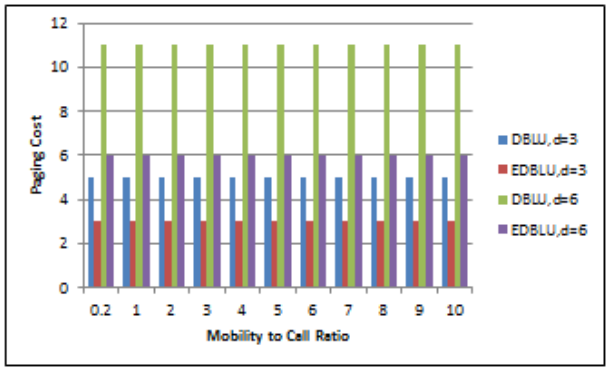

図 6 ランダムウォークモデルのページングコスト

ここで携帯電話を単方向で検索しているため,EDBLU は DBLU に比べ約 50 パーセントページングコストを下げる.

4.2.2 ロケーション更新コスト

ロケーション更新コストとはモバイルに対して前回ページングされてから現在ページングされる前に登録した基地局の数である.

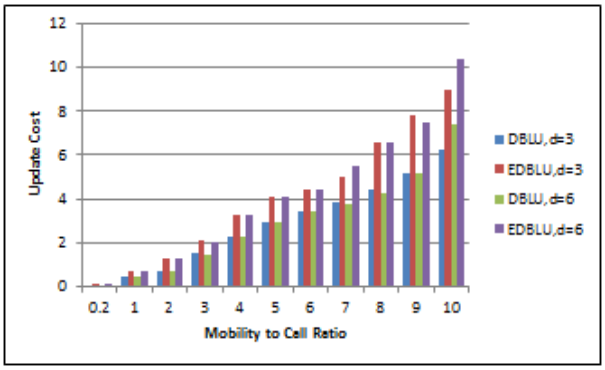

図 7 ランダムウォークモデルのロケーション更新コスト

図 7 で示すように MCR を増やすに従い, ロケーション更新コストがだんだん大きくなる. 前回いたセルに戻ると更新コストが増えるから EDBLU は DBLU よりロケーション更新コストが高い.

4.2.3 トータルコスト

トータルコストはページングコストとロケーション更新コストを足し合わせたものである.

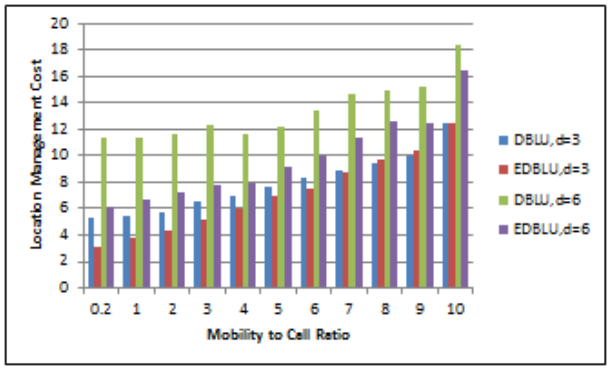

図 8 ランダムウォークモデルのトータルコスト

MCR が大きくなるとともに, ロケーション更新コストが高くなるがページングコストが大幅に減少するため全体で見た場合提案手法は既存手法に比べ, トータルコストが低くなる.

4.3 高速道路モデル

前章で記述した移動モデルではモバイルが等しい確率で各方向移動するが, ここでは高速道路での自動車を運転するような異なる確率で各方向へ移動するモデルでシミュレーションしている. 高速道路で車を運転している中にいきなり後退する可能性はあまりないから, 後ろに行く確率が 0 に近づく. ですから, 後退確率は Pr(B)=0 を設定する. 他の確率の和が

$$Pr(A) + Pr(L) + Pr(R) = 1 \tag{5}$$

となる. 加えて $Pr(A) \gg PR(L), Pr(A) \gg PR(R)$ を仮定する.

4.3.1 トータルコスト

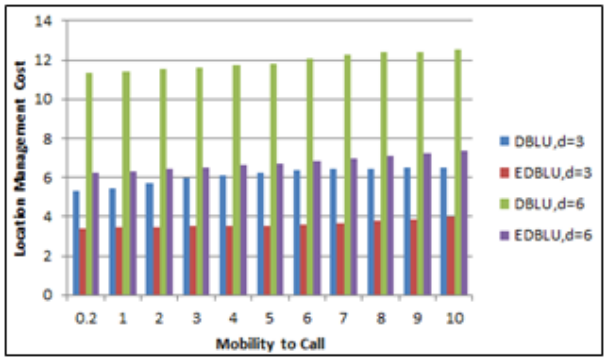

図 9 高速道路モデルのトータルコスト

自動車は単方向の直線進行する確率が高いので, 図 9 と図 8 を比較すると高速道路モデルで削減できる割合はランダムウォークに比べて高い.

5. 終わりに

本稿では双方向直線ページング手法のための端末位置更新法を改善することで多少ロケーション更新コストが増えるが、ページングコストが半分ほど下がることでロケーションマネジメント全体コストが減少することが確認できた. さらに, ランダムフォークモデルと高速道路モデルの下で従来手法と提案手法はシミュレーションを使ってコストを評価して我々の手法が優れることを確認できた. 特に高速道路モデルではトータルコストを大幅に改善することが確認できた. しかし, 今回はブランケットページング対してのみシミュレーションを行ったので今後順次ページングを用いてシミュレーションを行う予定である.

参考文献

[1] A. Bar-Noy, I. Kessler, and M. Sidi, “ Mobile users: To update or not to update ”, Wireless Networks, vol. 1, pp. 175-185, 1995.

[2] Martin, E., ”A Graphical Study of the Timer Based Method for Location Management with the Blocking Probability,” Wireless Communications, Networking and Mobile Computing (WiCOM), 2011 7th International Conference on , vol., no., pp.1,4, 23-25 Sept. 2011

[3] I. F. Akyildiz, J. S. M. Ho, S. Member, and Y. Lin, “ Movement-Based Location Update and Selective Paging for PCS Networks ” , vol. 4, no. 4, 1996.

[4] B. Liang, Z. J. Haas, and S. Member, “ Predictive Distance-Based Mobility Management for Multi-Dimensional PCS Networks ” , vol. 11, no. 5, pp. 1?15,

2003.
[5] H. Hwang, M. Chang, and C. Tseng, " A direction-based location update scheme with a line-paging strategy for PCS networks " , IEEE Communications Letters, vol. 4, no. 5, pp. 149-151, May 2000.