

2段階の階層化を用いた移動体通信方式の評価

2 T-1

萩野浩明 原 隆浩 塚本昌彦 西尾章治郎

大阪大学大学院 工学研究科 情報システム工学専攻

1 はじめに

近年の移動体通信環境の発展に伴い、移動体の通信を効率的にサポートするための手法の重要性が増している。移動体通信環境において重要な技術課題の一つとして、移動体の位置管理が挙げられる。移動体の位置管理に関する代表的なものとして、文献[1]では、移動体の移動頻度が場所によって変化しないネットワークにおいて、これまでに提案されている位置管理手法の解析評価と比較が行なわれている。しかし、実際のネットワークでは、一般的に場所によって移動体の移動頻度が異なる。例えば大学内の移動体通信環境では、校舎内の移動は頻繁に発生するが、校舎間ではあまり頻繁に発生しない場合があり得る。このようなとき、各校舎内で独立に移動体の位置を管理し、その上で校舎を単位とした位置管理を行なうことによって、より効率的な移動体通信の実現が期待できる。

このような観点から、筆者らは、移動体の移動頻度が周囲と大きく異なる部分をグループ化し、グループ間とグループ内で階層的に位置管理を行なうことを考え、文献[2]においてこの考えに基づく移動体通信方式を提案している。更に顕著な例として、同じトポロジのグループが規則的に並ぶネットワークを対象とした解析評価を行ない、提案した方式の有効性を示している。

そこで本稿では、より現実的なネットワークにおける本方式の有効性を示すために、シミュレーションによって各グループが同じトポロジをもたないネットワーク環境における評価を行なう。

以下では、2章で筆者らが提案している2段階の階層化を用いた移動体通信方式の概要について述べる。3章で評価のためのシミュレーション結果を示し、本方式の有効性を検証する。最後に4章で本稿のまとめとする。

2 階層化を用いた移動体通信方式

2.1 適用する位置管理手法

本方式では、文献[1]において分類されている次の五つの手法を適用して移動体の位置管理を行なう。

BN(Broadcast Notification): 移動を検出したルータは、全てのルータに通知する。

DF(Default Forwarding): 移動を検出したルータは、ある特定のルータ(デフォルトルータ)に通知する。通信時にデータパケットを受けとったルータはデフォルトルータにフォワードして処理を委ねる。

DQ(Default Query): 移動時の処理はDFと同様である。データパケットを受けとったルータは、デフォルトルータに位置情報を問い合わせる。

BF(Broadcast Forwarding): 移動時は通知が行なわれない。データパケットを受けとったルータは、それを全てのルータにブロードキャストする。

BQ(Broadcast Query): BFと同様に移動通知を行なわない。データパケットを受けとったルータは、全てのルータに位置情報を問い合わせる。

文献[1]によると、小規模なネットワークでは、通信が頻繁ならBNが、移動が頻繁ならBF、BQが有効である。それ以外の場合はDF、DQが優れている。DFとDQとではデータパケットのサイズが、位置情報の交換などに利用する制御パケットのサイズの約2倍以下ならDFが、それ以外の場合にはDQが適している。BFとBQも同様である。

2.2 階層化を用いた移動体通信方式

文献[2]で提案している移動体通信方式では、ネットワークをいくつかのルータからなるグループに分割することで、固定ネットワークを2段階に階層化する。内部でルータを単位として位置管理を行なうグループをレベル1グループ、ネットワーク全体でグループを単位として位置管理を行なうグループをレベル2グループと呼ぶ。各レベル1グループは代表ルータをもち、レベル2グループにおける全ての通信は代表ルータが行なう。従って、レベル2グループは論理的に各レベル1グループの代表ルータのみで構成される。さらにこれらの中からレベル2グループにおける代表ルータを選択する。

本方式では、このようにして構成されたレベル1グループとレベル2グループに2.1節で説明した手法を適用する。ただし、DF、DQではグループの代表ルータをそのグループ内におけるデフォルトルータとする。なお、BF、BQはレベル1グループに適用できない。

3 シミュレーション評価

本章では、階層化を用いた移動体通信方式の有効性を示すためにシミュレーションによる評価を行なう。レベル2グループとレベル1グループにそれぞれ適用する手法の組合せをいくつか考え、これらと従来の位置管理手法をトラヒック量の観点から比較する。評価の対象となる手法を表1に示す。表中のDF/BNとは、レベル2グループにDF、レベル1グループにBNを適用することを表している。ここで、2.1節で述べたように、DFとDQ、BFとBQはそれぞれ、データパケットのサイズのみによって、どちらが有効かが変化するため、DQとBQを用いた組合せは評価しない。データパケットのサイズが大きいときはDFの代わりにDQを、BFの代わりにBQを用いる。

シミュレーションでは、ネットワークトポロジとして深さ4(ルータ数15)と深さ6(ルータ数63)の二つの完全二分木を想定する。二分木の各ノードがルータに相当する。それぞれの場合において、2個から5個のルータからなるレベル1グループをランダムに構成する。移動体の移動はルータの間で、指数分布に基づく発生間隔で

表 1: 評価する位置管理手法

従来の手法	DF, BN, BF
階層化を用いた方式	DF/DF, DF/BN, BN/DF, BN/BN, BF/DF, BF/BN

発生し、その平均間隔を 10 分とする。移動体の台数は評価結果に影響しないため、ここでは 1 台とする。移動体が 2 個以上のルータからなるレベル 1 グループにいる場合、グループの大きさに関わらず、同じグループ内への移動と異なるグループへの移動の割合は一定とする。移動体が単独のルータからなるレベル 1 グループにいる場合、移動体は移動が発生すると、必ず他のレベル 1 グループへ移動する。また、データパケットのサイズは制御パケットのサイズと同じとし、移動体宛の通信は移動と同様に指数分布に基づいて発生するものとする。

変化させるパラメータとして、移動のうち同じレベル 1 グループへの移動が発生する割合と、平均通信発生間隔の二つをとった。同一グループ内移動の割合は 0 から 1 まで、平均通信発生間隔は 0.1 秒から 30 分まで変化させた。以上のような環境で時間を 1000000 秒経過させたときの総トラフィック量を計算した。

これらの結果に基づいて、各パラメータ値に対して最適となる手法を調べた。図 1 は深さ 4 の完全二分木、図 2 は深さ 6 の完全二分木における最適手法を表している。横軸は移動頻度と通信頻度の比を、縦軸は同じレベル 1 グループへの移動の割合を表している。

深さ 4 の場合は、各レベル 1 グループの大きさも小さく、またグループ間の距離もあまり大きくないため、移動の通知やデータパケットのフォワードにブロードキャストを行なう、BN、BF を使用する手法が広い範囲で最適な手法として現れている。BN を用いた手法は移動に伴って大きなトラフィックが発生するが、通信時には最適な経路で通信が可能のため、通信発生間隔が短いときには有効であることが分かる。また、通信が頻繁でないときは BF/DF が最適であり、それ以外の場合は DF/DF が有効である。レベル 1 グループ内の移動の割合が高い程、BF/DF より DF/DF が有効であるのは、レベル 2 グループにおいて、移動よりも通信が頻繁に発生するので、BF が不利になるためであると考えられる。

深さ 6 の場合は、ネットワークおよびレベル 1 グループの大きさが大きいため、ブロードキャストを行なう手法が不利となり、よりスケーラビリティのある DF/DF の有効な範囲が広がっている。一般に、ネットワークの大きさが大きくなるにつれて、DF/DF が有効になるものと考えられる。

4 おわりに

本稿では、筆者らが提案しているネットワークの階層化を利用した移動体通信方式の現実的な環境での有効性を示すためにシミュレーションによる評価を行なった。その結果から、各レベル 1 グループが同じトポロジをもたないネットワークにおいても、本方式が有効であるこ

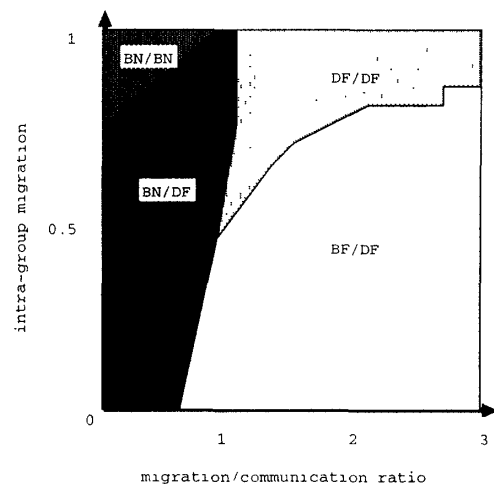


図 1: 深さ 4 の場合の最適手法

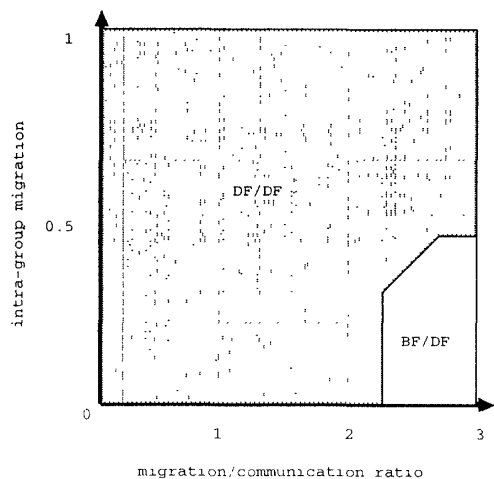


図 2: 深さ 6 の場合の最適手法

とが確認できた。また、平均通信発生間隔やグループ内通信の割合などのパラメータの値に応じて、本方式の中で最も有効な手法を同定することができた。

今後は位置情報のキャッシュの導入やルータ故障時の処理などについて考える必要がある。また、本方式を実装し、実測評価することも検討している。

謝辞 本研究の一部は、文部省科学研究費補助金重点領域研究 (1)「高度データベース」(課題番号 08244103) によるものである。ここに記して深謝の意を表す。

参考文献

- [1] Kadobayashi, R. and Tsukamoto, M.: "Traffic-based performance comparison of mobile support strategies," ACM-Baltzer Mobile Networks and Nomadic Applications(NOMAD): *Topical Journal on Mobility of Systems, Users, Data and Computing*, Vol.1, No.1, pp.57-65, 1996.
- [2] 萩野浩明, 塚本昌彦, 西尾章治郎: "モバイルコンピューティングのための階層的な位置管理手法について," 情報処理学会研究報告 DBS109-48, pp.287-292, 1996.