

# 多階層 MAP を用いた HMIPv6 における管理端末数分散のための MAP 管理エリア変更方式

小野寺 弘晃<sup>†</sup> 木村 成伴<sup>‡</sup> 海老原 義彦<sup>‡</sup>  
 筑波大学 情報学群情報メディア創成学類<sup>†</sup> 筑波大学 システム情報系情報工学域<sup>‡</sup>

## 1. はじめに

MIPv6 (Mobile IPv6)では, MN (Mobile Node) が移動する度に, HA (Home Agent)や通信相手の CN (Correspondent Node)に BU (Binding Update)メッセージを送る必要があり, ハンドオーバー処理遅延が問題となっていた. これを改良した HMIPv6 (Hierarchical Mobile IPv6) [1]では, MAP (Mobility Anchor Point)を頂点とするネットワークを構成し, MN がこのネットワークの AR (Access Router)に接続すると, 自分宛のパケットを MAP に転送するよう, HA や CN に依頼する. 一方, MAP が全ての MN を管理するため, MAP へ負荷が集中してしまうという問題点がある.

この問題を解決するため, MAP を複数用意し, これらを多階層に配置する MHMIPv6 (Multilevel HMIPv6)が提案されている [2]. この方式では, 低い階層の LMAP (Lower MAP)に負荷が集中した場合は, それより上位の HMAP (Higher MAP)に負荷を分散させることができる. しかし, 各 AR を (最下層の)単一の LMAP で管理するので, MN の接続の偏りによっては, LMAP 間で均等に負荷が分散できず, より上位の HMAP に負荷が集中するといった問題が生じる.

## 2. MAP 管理エリア変更方式

MHMIPv6 における LMAP の負荷分散問題を解決するため, 本論文では, 図 1 に示すように, HMAP, LMAP, AR の 3 層構成を仮定し, LMAP に全ての AR を接続する. そして, MN の接続の偏りに応じて, 各 LMAP が管理する AR (MAP 管理エリア)を変更することで, LMAP 間の負荷分散を図る. なお, 本論文における負荷とは, MAP における MN の管理端末数と定義し, 以下の負荷分散アルゴリズムを独立に, かつ定期的に適用する. ここで, MN の総数を  $MN\_NUM$ , LMAP の総数を  $LMAP\_NUM$ , LMAP の管理できる MN の数を  $LMAP\_LIST\_NUM$ とする.

### (1) LMAP が管理する AR の組み合わせを変更する

HMAP は, MN からの BU を受信するたびに, この MN がどの LMAP に管理されているのかを把握

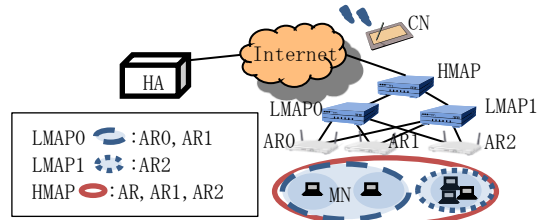


図 1 MAP 管理エリア変更方式のトポロジ例

する. そして, 各 LMAP が管理する MN の数の平均偏差が  $MN\_NUM$  に占める割合を式 (2.1) の値以上のとき, 以下の手順で MAP 管理エリアを変更する. なお, 式 (2.1) において, 第 1 項と第 2 項で, LMAP 1 台当たりの MN の数が  $LMAP\_LIST\_NUM$  に占める割合を表しており, 第 3 項でそのうちで負荷の偏りを許容する割合を表している.

$$\frac{MN\_NUM}{LMAP\_NUM} \times \frac{1}{LMAP\_LIST\_NUM} \times \left(1 - \frac{1}{LMAP\_NUM}\right) \quad (2.1)$$

さて, MAP 管理エリアを変更する場合, HMAP はそれぞれの LMAP が管理する MN の数の平均偏差が最小となるような AR の組み合わせを, AR が重複しないように選択し, これを LMAP へ通知する. LMAP はこの変更を AR に通知する. これらの通知と同時に, HMAP, LMAP, AR は自分の管理する MN を登録し, 経路表を更新する.

### (2) 速度の速い MN を HMAP に管理させる

速度が速い MN ほどハンドオーバーする可能性が高いことから, このような MN は, 高負荷にならない限り, HMAP で管理した方が, ハンドオーバーの処理数が低下すると考えられる. そこで, 提案方式では MHMIPv6 の方式を導入する. すなわち, 全ての MN は速度センサを持ち, そこで観測された値を定期的に HMAP に通知するものとする. そして, 定数  $\alpha$  と  $\beta$  ( $0 < \beta < \alpha < 1$ ) を予め決めておき, 各 LMAP において管理している MN の数が,  $LMAP\_LIST\_NUM \times \alpha$  以上ならば, この値以下になるまで, MN の速度が速い順に, HMAP へ管理を移管する. もしくは, 管理している MN の数が  $LMAP\_LIST\_NUM \times (\alpha - \beta)$  以下の場合, HMAP に管理されている MN がその LMAP が管理する AR にいる場合は, 速度が遅い順に, この値を

MAP Management Area Modification Method to Balance the Number of Managed Mobile Nodes in Multi-level HMIPv6

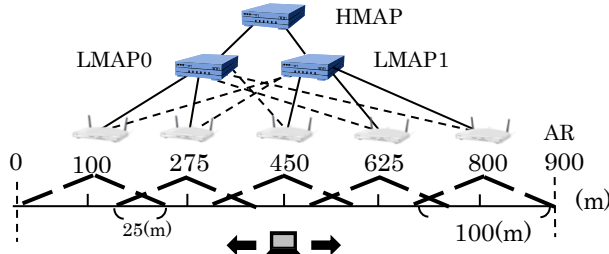
<sup>†</sup>Hiroaki Onodera, College of Media Arts, Science and Technology, School of Informatics, University of Tsukuba

<sup>‡</sup>Shigetomo, Kimura and Yoshihiko Ebihara, Faculty of Engineering, Information and Systems, University of Tsukuba

超える台数になるまで、LMAP へ管理を移管する。

### 3. シミュレーション実験

提案方式の有効性を確認するため、本章では、シミュレーション実験を行う。本実験で用いたネットワークポロジを図 2 に示す。この図において、MN はランダムに速度を変更し、一次元の一定範囲内を動く。提案方式では実線部と点線部の両方のリンクを用い、(1)と(2)の双方のアルゴリズムを適用する。提案方式の比較対象として、HMIPv6 を想定し、LMAP と AR とのリンクは実線部のみを用いて、(2)のアルゴリズムのみを適用する。また、(1)のアルゴリズムは、1秒に1回、(2)は提案方式では2秒に1回、比較方式では1秒に1回、HMAP の管理数が管理できる台数未満であれば実行するものとする。



シミュレーション実験に用いたその他の条件を表 2 に示す。初期条件として、MN を各 AR に 10 台ずつ、ランダムに配置した。なお、本実験では負荷の推移を確認することを目的としており、データは送信していない。

図 2 と図 3 に、比較方式と提案方式における、各 LMAP と HMAP が管理する MN の数の推移を示す。

表 2 シミュレーション変数

シミュレーション時間	60 (秒)
MNの台数	50(台)
MNの初期速度	10.0(m/s)
MNの速度加算判定	2秒に1回
MNの速度加算	40% : 0, 30% : 3*r, 30% : -3*r
MNの平均速度	12.1(m/s)
LMAPが管理できるMN	40 (台)
HMAPが管理できるMN	20 (台)
式(2.1)の値	0.31
$\alpha, \beta$	0.75, 0.10
	r : 乱数

ここで、比較方式は 20 回試行を行い、その平均の値と信頼係数 95%の時の信頼区間を示した。一方、提案方式は(1)のアルゴリズムが行われるタイミングにより値が大きく変わってしまうので、提案方式と比較方式のハンドオーバー回数が最も近い値をとった際の結果を示した。これら

の図より、比較方式では LMAP0 と LMAP1 で負荷が均等に分散されておらず、HMAP も MN の総数の 10%程度管理していることがわかった。一方、提案方式では、HMAP の負荷はほとんどなく、LMAP0 と LMAP1 だけで、ほぼ均等に負荷が分散されており、(1)のアルゴリズムによって負荷分散がほぼ達成されていることがわかる。以上より、LMAP 間で均等に負荷が分散されるという点から、提案方式の有効性を示すことができる。

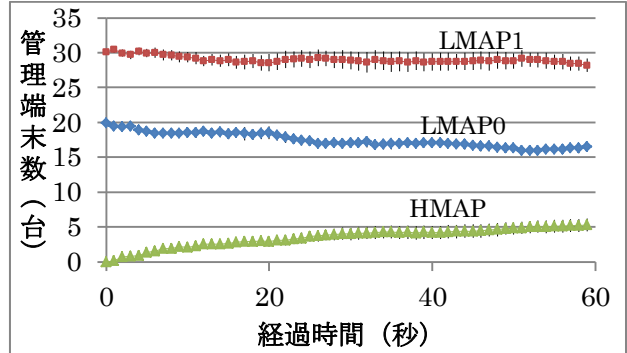


図 2 比較方式

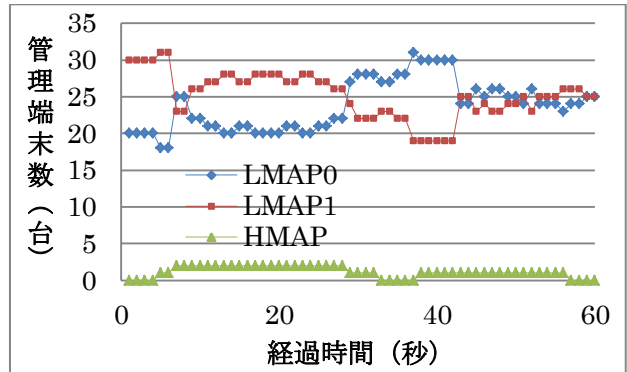


図 3 提案方式

### 4. まとめ

本論文では、2 階層 MAP を利用した HMIPv6 において、LMAP の管理エリアを変更して負荷を分散する方式を提案した。そして、シミュレーション実験により、その有効性を確認した。今後の課題として、MAP の負荷を、管理する MN の数だけではなく、MN の通信量などによって定めることや、ネットワークの環境に応じて  $\alpha$  や  $\beta$  の値を動的に設定することなどが挙げられる。

### 参考文献

[1] H. Soliman, C. Castelluccia, K. ElMalk, and L. Bellier, "Hierarchical Mobile IPv6 Mobility (HMIPv6) Management", RFC5380, 2005.  
 [2] K. Kawano, K. Kinoshita, and K. Murakami, "A Multilevel Hierarchical Distributed IP Mobility Management Scheme for Wide Area Networks," Proc. of International Conference on Computer Communications and Networks (ICCCN'02), pp. 480-484, 2002.