

Mobile IPv6 における Home Agent 負荷算出方法の一検討

本多 泰理†

日本電信電話株式会社 NTT サービスインテグレーション基盤研究所†

1. まえがき

移動環境におけるシームレスな通信環境を実現する技術である Mobile IPv6(以下 MIPv6)は、Home Agent(以下 HA)により各モバイル端末(以下 MN)のホームアドレス(以下 HoA)と気付アドレス(以下 CoA)を管理しシームレスな IP 通信を可能とする技術である[1]。モバイル端が在圏網へ移動した後は HA がアドレスの対応付けと移動先へのデータ転送を司るため、そのトラフィック負荷を考慮した設計が重要である。本検討では、MN の移動と状態遷移を MMPP モデルとして扱うことにより、MN の通信状態、移動状況およびデータ送出率を含めたモデル化が可能であることを示し、HA のトラフィック負荷を評価する。

2. 既往研究と本検討の提案手法

MN の移動を考慮した MIPv6 のモデル化は、[2], [3]において検討されている。しかし、それらは MN についてのみ、或いは単一の MN についてのみでの検討であり、複数 MN の移動とトラフィック負荷を併せたモデル化は十分に行われていない。MIPv6 においては MN はサブネットの移動毎に新たな位置登録(Binding Update, 以下 BU)を行うため、HA におけるトラフィックの評価に際しては MN の移動とトラフィックの関連性を考慮する必要がある。本検討では、各サブネット(エリアと呼ぶ)の隣接関係、MN のエリア間移動率が既知である状況を想定し、これらに基づき HA の上りトラフィック負荷を算出することを目的とする。

3. 本検討のシステム構成

(1) システム構成

本検討では、検討対象の Mobile IPv6 環境は、複数の MN、単独の HA とから構成される。MN 総数は 10 万とする。本検討で提案する評価手法は一般のエリア構成に対して適用可能であるが、本稿の例では、検討対象の領域は互いに隣接する 4 エリア(図 1 参照)から構成され、各 MN は所定の確率に基づきランダムに移動しながら通信を行うものとする。MN の通信状態切り替え率、各 MN のデータ送出率はいずれも既知とし、以下の様に設定する: ①各 MN の領域 k から l への移動率: δ_{kl} ②各 MN の平均 MIP-ON 時間: T_{on} 、MIP-OFF 時間: T_{off} 、③BU 時間 T_{BU} ④各 MN のデータ通信時におけるデータ送出率: λ 、⑤位置登録(BU)送出時におけるデータ送出率: λ_{BU} 。②から⑤の値はエリアに依存しないものとする。

(2) MN の状態遷移のモデル化

本検討では、個々の MN の状態として Binding Update(BU)送信、通信 ON 状態、OFF 状態を考え、それぞれを各エリアについて考慮し、確率的に状態間を遷移するものとする。本稿ではエリア数は 4 であるため、MN の状態遷移は 12 状態であり、その推移速度行列

を Q 、また各状態における到着率から構成される対角行列 λ による MMPP (Q, λ)によりモデル化できる(図 1)。 Q を求め、その定常分布即ち $\pi Q=0$ なる π を縮約法により近似的に算出する。次に各状態におけるパケット送出率 λ とから、HA における平均の上りトラフィックを算出する。

(3) HA トラフィック、MN 状態のモデル化

HA へのトラフィック負荷の主要な要素として、本検討で対象とするトラフィックは BU およびデータ通信による上りトラフィックのみとする。検討シナリオとして①単独 HA のみを配置 ②エリア(0,1), (2,3)に MAP を配置した階層化 MIP(HMIP)③エリア(0,2), (1,3)に MAP を配置した HMIP の 3 シナリオを検討する。

(4) 推移速度行列の算出

以上の仮定に基づき、単独 HA を配置した場合の推移速度行列 Q は $Q=\{P_{ij}\} (0 \leq i, j \leq 3) = \{q_{ij}\} (0 \leq i, j \leq 12)$ で

$$P_{ii} = \begin{bmatrix} p_{00} & 1/T_{BU} & 0 \\ 0 & p_{11} & 1/T_{ON} \\ 1/T_{OFF} & 0 & p_{22} \end{bmatrix}$$

$$P_{ij} = \begin{bmatrix} \delta_{ij} & 0 & 0 \\ \delta_{ij} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \delta_{ij} \end{bmatrix} \quad (\text{エリア } i, j \text{ が隣接})$$

また $P_{ij}=0$ (エリア i, j が隣接せず) $p_{ii}(i) = -\sum_j q_{ij}$ で与えられる。また、2MAP 配置時の HMIP における推移速度行列も同様にして求められる。

3. HA におけるトラフィック負荷の評価

上記 Q に対し、定常分布 π を縮約法により数値的に算出し、各エリアにおける BU およびデータ通信時のパケット送出率とから、HA の上りトラフィック負荷を評価する。図 2 はシナリオ①における HA の上りトラフィックの評価結果であり、エリア 0,1 および 2,3 間の移動率と HA における上りトラフィック量の関係を示す。これより特に頻繁に移動するエリアへの移動率が高まる程 HA へのトラフィック負荷が大きくなる事が分かる。

シナリオ②では、エリア 0 と 1、エリア 2 と 3 にそれぞれ MAP を配置し、その上位に単独の HA を配置する HMIP モデル(単に HMIP と表記)について検討する(図 3)。ここでは MN はエリア 0 と 1、およびエリア 2 と 3 の間での移動時には MAP に対する BU のみを送信する。一方エリア 0 と 1、エリア 2 と 3 のいずれか一方から他者へ移動する場合、またその場合に限り BU は HA に送信される。またシナリオ③では、エリア 0 と 2、エリア 1 と 3 にそれぞれ MAP を配置する HMIP モデル(HMP2 と表記)を検討する。図 4 は各シナリオにおける MN の移動率と HA のトラフィック負荷に示める BU の

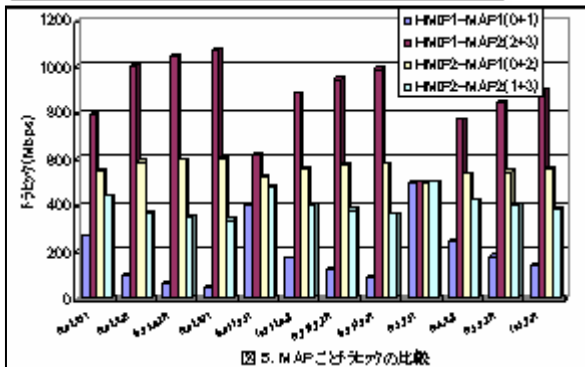
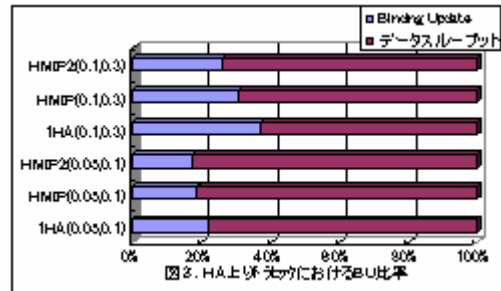
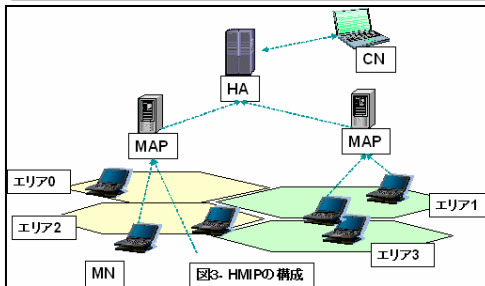
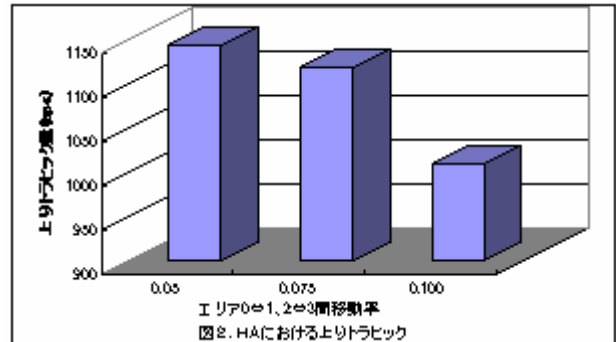
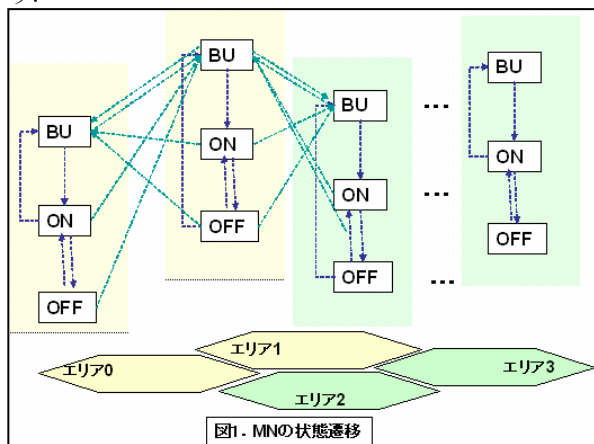
比率を示しており、括弧の右側にエリア 0/1 から 2/3 への移動率、左側にそれ以外の移動率を示す。これと図 1 とより、MN の移動率が低下するに従い BU によるトラフィックが増大し、またシナリオ①に比してシナリオ②、シナリオ②に対しシナリオ③でより HA の上りトラフィックに占める BU 比率の低減が確認できる。これらの値はパケットサイズ[†]の分布およびパケット送出率に依存するものであり、定量的な評価のためにはそれらの正確な入力情報が必要である。

図 5 はシナリオ②、③における MAP ごとの上りトラフィックの評価である。これより、エリア 0,1 からエリア 2,3 への MN の移動率と各エリアの上りトラフィックの関連性を確認することができる。また HMIP においてエリアごとの移動率に対して均等に MAP を配置することにより各 MAP の負荷の平準化が実現されていることが確認できる。

以上の様に、MN の確率的な移動状況が既知であるのみならず、みなされる場合には、該移動状況から HA もしくは MAP に対する上りトラフィック負荷を予測し、かつその最適な配置をも検討することができる。実際には MN の移動状況はより確率的に表されるものであるため、更なる検討が必要である。

4. まとめ

本検討では、MIPv6 における HA のトラフィック負荷を、系内の MN の状態遷移による MMPP モデルによりモデル化可能であること、およびその計算方法に関する提案と一例による計算結果を明らかにした。本検討手法は例えば無線 LAN アクセス等においても適用可能であると考えられる。但し実際の MIPv6 の性能評価に際しては、HA における上りトラフィックだけでなく下りトラフィック、経路最適化、Return Routability 等におけるトラフィックも考慮する必要がある。更に、応答時間やパケットロス[†]の観点からの検討には MMPP/G/I/K 等によるモデル化が必要であり、これらの課題については別途検討を行う。



5. 参考文献

[1] mip6 WG, <http://www.ietf.org/html.charters/mip6-charter.html>, IETF WG.
 [2] 吉田裕, "移動体通信網における移動機の移動モデルとその応用に関する研究", 1998.
 [3] Stefan Pesko, "Erlang ON/OFF Moduled Queueing Systems", 2002.
 [2] Sangheon Pack, Yanghee Choi, "Performance Analysis of Hierarchical Mobile IPv6 in IP-based Cellular Networks", IEEE 2003 International Symposium on Personal, 2003.
 [4] Ki-Wan Kim, Doo Yong Kim, "Performance Models for Mobile IP in a Cellular Environment", IEEE, 2002.
 [5] Jason P. Jue, Dipak Ghosal, "Design and Analysis of Replicated Servers to Support IP-Host Mobility in Enterprise Networks", IEEE, 1997.

[†]A Method of Traffic Calculation for Home Agent in Mobile IPv6
[†]Honda Hirotda, NTT Service Integration Laboratories