

M-068

## ネットワークモビリティ環境におけるトラフィック流量制御方式の検討 Traffic Control Method in NEMO Environment

丸山 貴史<sup>†</sup>  
Takafumi Maruyama

中村 直毅<sup>‡</sup>  
Naoki Nakamura

菅沼 拓夫<sup>†</sup>  
Takuo Suganuma

白鳥 則郎<sup>†</sup>  
Norio Shiratori

### 1. はじめに

近年、ユビキタス情報環境の実現に向けたシームレスなインターネット接続のために、通信機器のモビリティを実現する MobileIPv6[1] や、サブネットワーク自体のモビリティを実現するネットワークモビリティ(NEMO)プロトコル [2] が標準化されている。このようなモビリティ化により端末の移動などが発生し、ネットワーク構成が頻繁に変化するため、移動の前後で、ネットワークの帯域が占有される問題が顕著となる。

しかし、通信路の帯域幅は有限であり、特に無線通信では帯域が狭い場合も多く、ユーザやサービスごとにトラフィックの流量を制御する技術が重要となる。

そこで、本稿では、ネットワークモビリティ環境におけるネットワーク構成の頻繁な変化等に対応し、利用者や管理者の要求に応じたトラフィックの流量制御方式を提案する。

### 2. ネットワークモビリティ環境での トラフィック流量制御における問題

#### 2.1 ネットワークモビリティプロトコルの概要

ネットワークモビリティプロトコルは、移動ノードである Mobile Node(MN) に対して、MN がネットワーク間を移動しても同じセッションを維持できる移動透過性と、MN の現在位置に関わらず通信相手が常に一定のアドレスで MN にアクセス可能となる常時発呼可能性を保証する。これらは Home Agent(HA) と Mobile Router(MR) によって実現される。HA では、MN の持つ常に不変のアドレス Home Address(HoA) と移動先ネットワークでのアドレス Care of Address(CoA) を管理し、通信相手である Correspondent Node(CN) より MN の HoA へ送信されたパケットを CoA へ転送する。また、移動ルータ Mobile Router(MR) も HA に管理されており、自身に接続するノード Mobile Network Node(MNN) に一定のアドレスを提供するため、MNN はモビリティの機能を持たなくても MR と共にサブネットワーク全体で移動できる。

#### 2.2 ネットワークモビリティ環境における トラフィック流量制御の課題

ネットワークモビリティ環境では、頻繁なネットワーク構成の変化により、MR のアップリンクの帯域幅が上下し、各ノードが使用可能な帯域幅が刻々と変化する。ゆえにボトルネックとなるリンクが生じ、そのリンクで輻輳やパケットの破棄が発生する。そこで、上流の帯域幅に応じて各ノードからのパケット送信量を調整するための仕組みが期待される。

ネットワークモビリティ環境では、図1のように MR が階層的に構成される。MR は、MNN に対してモビリティを提供するため、上流にパケットを転送する場合、自身を管理する HA 宛ての IP ヘッダを新たに付加し、付加したヘッダ以外の部分は暗号化して HA へ転送する IP トンネリング処理を行う。このトンネリングは、パケットが MR を通過する度に行われるため、図1における MR2 では、MNN1 と MNN2 から送信されたパケットを識別することができない。

したがって、各ノードからのパケット送信量を調整するためには、パケットの送信元/宛先ノードによるトラフィックの識別と送信量制御手法が必要である。

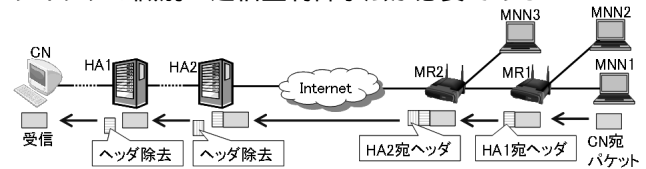


図1: MR が階層的に存在する場合

### 3. ネットワークモビリティ環境における トラフィック流量制御方式の提案

#### 3.1 トラフィック流量制御方式の概要

本稿では、ネットワークモビリティ環境において、ネットワーク構成の変化・利用者や管理者の要求に応じたトラフィックの流量制御を行うトラフィック流量制御方式を提案する。本方式は、パケットフロー識別方式、パケット送信量抑制方式から構成される。

パケットフロー識別方式では、IPv6 ヘッダの一部を用いてパケットフローの送信元/宛先ノードの識別を可能とする。これにより、MR は送信元/宛先ノードを識別し、各ノードごとにトラフィックの流量の制御を行う。また、パケット送信量抑制方式では、上流の帯域幅に応じたパケット送信量の抑制を行う。各ノードは送信量をボトルネックとなる上流の帯域幅以下に抑制し、ボトルネックリンクでの輻輳によるパケット破棄を事前に防止し、下層の通信帯域幅の浪費を防ぎ、効率的な帯域の利用を可能とする。

#### 3.2 パケットフロー識別方式

パケットフローの識別では、ヘッダへの識別子の付与、パケットの識別、流量の制御を行う。まず識別子の付与について説明する。MNN/CN はパケットを送信する際、MNN の場合は自身の HoA[128bit] から、CN の場合は通信相手の MNN の HoA[128bit] からハッシュ値 [20bit] を算出し、IPv6 ヘッダで未使用のフローラベルフィールド [20bit] に格納し送信する。つまり、ノード固有の値である HoA から算出されたハッシュ値をそのノードの識別子とする。トンネリングを行う MR/HA においては、受信したパケットの IPv6 ヘッダのフローラベル

<sup>†</sup> 東北大学 電気通信研究所/情報科学研究科, Research Institute of Electrical Communication/Graduate School of Information Sciences, Tohoku University

<sup>‡</sup> 東北大学 医学系研究科, Tohoku University School of Medicine

の値を新しく付与するヘッダのフローラベルに格納し、パケットを転送する。次にパケットの識別・流量の制御に関しては、上り (MNN → CN)・下り (CN → MNN) どちらの場合も、MR がパケットのフローラベルの値ごとにキューを用意しパケットを振り分け、各キューからラウンドロビン方式でパケットを出すことにより実行する。ラウンドロビンの際に重み付けを利用することでトラフィックの流量に差異を付けられる。よって重みを均等にすると各ノードの流量が公平になる。

3.3 パケット送信量抑制方式

パケット送信量抑制では、ボトルネックとなる上流の帯域幅以下に各ノードの送信量を抑制するため、MR への Binding Ack(BA) を利用し帯域幅を取得する。BA とは、MR や MN が新しいネットワークへの接続後、もしくは定期的に HA に現在の CoA を通知する Binding Update に対して、HA が送信する確認応答メッセージである。HA は MR へ BA を送信する際、IPv6 ヘッダのトラフィッククラスフィールドを 0x01、フローラベルフィールドを 0xFFFF に設定する。通常用いられずに 0x00 になっているトラフィッククラスの値を 0x01 にすることで BA と他のパケットの区別を可能にする。また、途中通過する MR では順次、フローラベルの値 (1kbps を基準とする) と自身のアップリンクの帯域幅の小さい方を、新しいフローラベルの値とする。このようにして MR はボトルネックとなる上流の帯域幅を取得する。そして、自身のダウンリンクの値より取得した値が小さければ、各ノードに対しパケット送信量の上限値を取得した値まで抑制するように通知する。これによりボトルネックリンクでの輻輳によるパケット破棄を事前に防止する。

4. 提案手法の有効性に関する評価

4.1 実験目的・方法

ノードごとのトラフィックの流量制御・帯域幅の浪費の防止、に対する提案手法の効果を ns-2 を用いたシミュレーションにより確認する。なお今回は、各ノードのトラフィックの流量の公平性に焦点を当てて検証を行った。

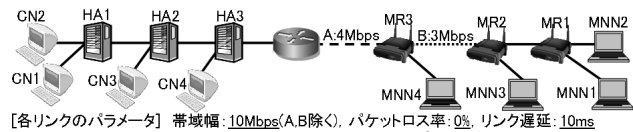


図 2: 実験に用いたトポロジ

図 2 のトポロジにおいて、シミュレーション時間は 50 秒とし、1 秒後より番号の合致する MNN から CN へトラフィックを流し、提案手法・識別子によるパケットの識別、送信量の抑制を行わない手法 (既存手法)・流量の制御、送信量の抑制を行わない手法 (制御なし) の 3 手法について比較する。まず、各 MNN の流量の公平性を調査するため、(実験 1) 各 MNN から 1.2Mbps の UDP トラフィックを送信し、各 MNN の送信量の合計値がリンク A・B の帯域幅を少し超える場合に各 MNN のトラフィックの流量に差が発生する状況を作りスループットを比較した。また、帯域幅の浪費度合いを調査するため、(実験 2) 各 MNN から 5Mbps の UDP トラフィックを送信し、各 MNN の送信量がリンク A・B の帯域幅以上に

なり送信量の抑制が働く状況でのパケット到達率を比較した。

4.2 実験結果

(実験 1) 各方式を用いた場合のスループットの計測結果を図 3~5 に示す。提案手法以外では、階層が上のノードほど流量が多くなり、流量に偏りが生じている。特に、パケットを識別をせずキューを分けラウンドロビンを行う既存手法で偏りが大きい。一方、提案手法では、各ノードの流量が均等となっており、適切にトラフィックの流量を制御することが可能であると分かる。

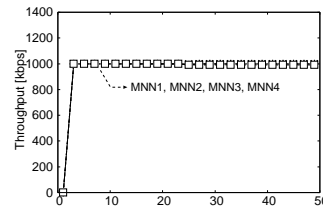


図 3: 提案手法

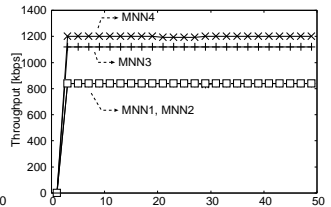


図 4: 既存手法

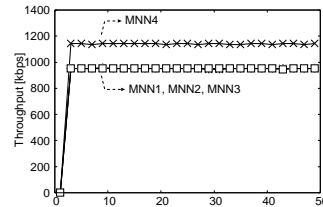


図 5: 制御なし

(実験 2) 各手法を用いた場合のパケット到達率の計測結果を表 1 に示す。提案手法では、他の手法に比べて送信数が抑えられており、到達率が他よりも高くなっている。したがって、提案手法の効果により無駄なパケット送信を削減し帯域幅の浪費を防止できることが分かる。

表 1: パケット到達率

	送信数 (個)	受信数 (個)	到達率 (%)
提案手法	79,629	24,470	30.7
既存手法	122,500	24,474	20.0
制御なし	122,500	24,475	20.0

5. まとめ

本稿では、ネットワークモビリティ環境において、ネットワーク構成の変化・利用者や管理者の要求に応じたトラフィックの流量制御方式を提案し、シミュレーションを通じて提案手法の有効性を確認した。今後は、ネットワーク管理・監視に提案手法への適用を検討している。

謝辞

本研究の一部は、総務省 SCOPE プロジェクト (071502003)、および科学研究費補助金 (19200005) の援助を受けて実施した。

参考文献

[1] D. Johnson, C. Perkins and J. Arkko: "Mobility Support in IPv6", RFC3775 (2004).  
 [2] V. Devarapalli, R. Wakikawa, A. Petrescu and P. Thubert: "Network Mobility(NEMO) Basic Support Protocol", RFC3963 (2005).