

# Mobile IP を用いた通信回線共有方式の実装

伊藤陽介<sup>†</sup> 小山健二<sup>†</sup> 太田賢<sup>††</sup> 石原進<sup>†††</sup>

<sup>†</sup> 静岡大学大学院理工学研究科    <sup>††</sup> (株)NTT ドコモ    <sup>†††</sup> 静岡大学工学部

## Implementation of Mobile IP SHAKE

Yosuke Ito<sup>†</sup>, Kenji Koyama<sup>†</sup>, Ken Ohta<sup>††</sup> and Susumu Ishihara<sup>†††</sup>

<sup>†</sup> Graduate School of Science and Technology, Shizuoka University    <sup>††</sup> NTT Docomo Inc.  
<sup>†††</sup> Faculty of Engineering, Shizuoka University

### 1 はじめに

近年、モバイルコンピューティングの普及とともに、携帯可能な情報端末を持つ人口が増加し、移動先または出張先など時や場所を選ばず快適にインターネットへ接続したいというユーザの要望は多い。しかし、現在の無線通信環境では、短距離間通信であれば無線 LAN や Bluetooth により比較的高速な通信が可能であるが、長距離の通信を行う際、2G/3G の携帯電話や PHS では低速な通信となってしまう。また、移動により利用可能なネットワーク資源は変化する。例えば、家やオフィス内であったら有線・無線 LAN が利用可能だが、移動先では携帯電話や PHS しか利用できないという状況が考えられる。時や場所を選ばず高速なインターネット接続を維持するためには、利用可能なネットワーク資源を効率的に使用する必要がある。

筆者らは、複数端末の回線を同時に利用することで高速・高信頼な通信を可能にする通信回線共有方式 SHAKE(SHARing multiple paths procedure for a cluster network Environment) を提案している。SHAKE では、近隣の端末と短距離高速リンクを用いて一時的なネットワーク(クラスタ)を構築し、外部のホストと通信を行う際、他のクラスタ内端末がもつクラスタ外へのリンクにトラフィックを分散させる。これまでに SHAKE を実現する一手法として、Mobile IP を応用した手法 Mobile IP SHAKE が提案されている [1]。Mobile IP SHAKE は、Mobile IP におけるホームエージェントにトラフィックを分配させる機能をもたせることで、インターネット上の任意のホストが複数経路を用いた通信を可能にする。本稿では Mobile IP SHAKE の実装、ならびにこれを無線通信を想定したネットワーク環境において動作させたときの性能の評価について述べる。

## 2 Mobile IP SHAKE

### 2.1 通信回線共有方式 SHAKE

通信回線共有方式 SHAKE では、図 1 のように複数の移動端末が短距離で高速なリンクを用いて接続し、一時的にネットワークを構成する。このネットワークをクラスタと呼ぶ。クラスタ内の端末がクラスタ外部の端末と通信を行う際に、各端末の持つ外部ネットワークへのリンクへトラフィックを分散させることで高速な通信が可能となる。またクラスタ内の端末は自分のクラスタ外部リンクが利用不可能な場合でも、他のクラスタ内端末のクラスタ外部リンクを利用することで、外部のホストと通信を行うことが可能である。

IP 層で意図的に複数経路を同時に使用する方式として、SHAKE の他にもインターネットを用いた複数経路データ伝送方式 [2] や DICOS[3] といった研究がなされている。[2] は専用ゲートウェイを設置し、専用ゲートウェイ間で複数経路に IP トンネリングをする通信方式であり、特別に専用ゲートウェイを設置する必要がある。[3] は、IPv6 ネットワーク環境におけるインターネットカーとインターネットカー外部間の通信を想定しており、車内で LAN により接続した複数の端末により、車外のホストと通信をする際にフローごとに複数の GW を選択して利用するものである。また、Flexible Network Support for Mobility[4] は Mobile

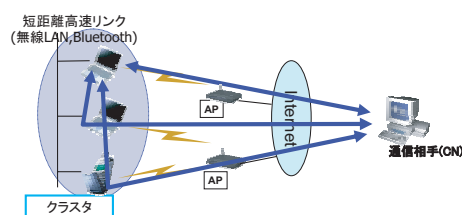


図 1: SHAKE を利用した通信

IP の拡張としてフローの入出力パケットごとに最適なネットワーク I/F を選択可能な機構を導入することで、異なるアプリケーションが同時に複数の無線 I/F を利用することを可能にしている。

これらの研究が、単一のホストが持つ複数のネットワークインタフェース、および比較的静的なホストがもつ複数の外部インタフェースへのリンクを使うのに対し、SHAKE では、メンバー構成が変化するホストのグループが持つ外部への複数のネットワークインタフェースを用いる。また、上記の研究がフロー毎に複数経路にトラフィックを分散させるのに対し、SHAKE では単一のフローでも、複数の経路にトラフィックを分散させる。これは少数のフローにおいても経路の複数同時による通信速度の向上を得ることを主な目的としているからである。

### 2.2 Mobile IP SHAKE 概要

SHAKE を IP 層で実現することを考えると、クラスタ外部にいる通信相手 (Correspondent Node: CN) からクラスタへの経路途中にトラフィックを分配するための中継ホストが必要である。このホストがクラスタ内端末への外部リンクの共通の経路上に存在する場合以外には、CN はそのホストの存在を知っている必要がある。Mobile IPv4 では CN が移動ノード (Mobile Node: MN) のホームアドレス (Home Address) にデータを代理で受信し、データをカプセル化して MN の気付けアドレス (Care-of Address: CoA) に転送する。すなわち Mobile IPv4 では CN から MN へのパケットは経路最適化を考慮しない場合、必ず HA を経由するという特徴をもつ。Mobile IP SHAKE では、その特徴を利用し、HA にトラフィックを分配する機構をもたせることで、CN には特別な機構をもたせる必要なく、複数経路を用いた通信を実現できる。

図 2 に Mobile IP SHAKE の動作概要を示す。あらかじめ移動端末 MN1 のホームエージェントである HA1 に、MN1 とともにクラスタを構成している移動端末 MN2 の CoA を登録しておく。HA1 が CN から届けられた MN1 宛のパケットを転送する際には、MN1 および MN2 にパケットをカプセル化して分配する。MN2 は届けられたパケットのカプセル化を解除し、クラスタ内のリンクを通して、MN1 にパケットを転送する。

### 2.3 Mobile IP SHAKE の設計

Mobile IP SHAKE の実現にあたっては、以下の要素を考慮に入れる必要がある。

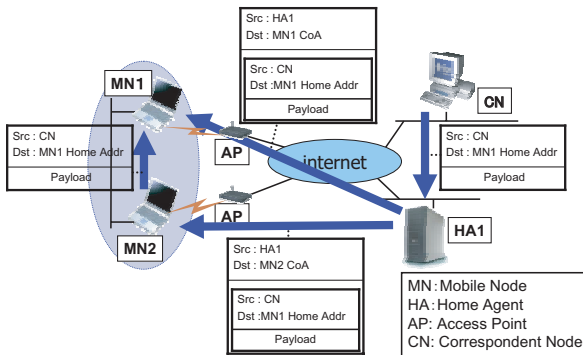


図 2: Mobile IP SHAKE によるデータグラム配送

- クラスタ内端末の管理機構
- クラスタ内でのパケット転送管理
- HA へのクラスタ内端末の登録
- HA でのトラフィック分配機構
- 端末間の認証機構

Mobile IP SHAKE は、HA においてクラスタへの複数経路にトラフィックを分散させる設計であり、そのためクラスタを構成する端末を常時監視し、パケット転送の管理や HA への端末の登録を行う。またクラスタは動的に構成されるため参加・脱退の管理や、なりすまじや HA への不正な登録を防ぐため認証を行う必要がある。

### 2.3.1 クラスタ内端末の管理

MN1 はクラスタの構成を管理するため、近隣端末においてクラスタ構築可能な端末を探索し、端末の状況を把握していなければならない。近隣端末を探索しその情報を管理するため SCCM (SHAKE Cluster Control Manager) [5] を使用する。SCCM では移動端末が自身の情報 (NetIF 情報, CPU, バッテリー残量等) をブロードキャストで配布することにより、近隣端末同士がその情報を共有し合う。また定期的な情報配信によって、端末の状態変化を監視することができる。

SHAKE を利用した通信を行おうとする端末は、SCCM で発見した端末に対してクラスタ内でのパケット転送依頼を行う。パケット転送の了解を得た後、その端末を自分自身の HA に登録をする。これらの処理のため、クラスタ内端末間および HA とクラスタ内端末間でメッセージ交換を行う。図 3 にメッセージ交換手順を示す。

#### クラスタ内端末間でのメッセージ交換

クラスタ内端末間でのメッセージ交換には、クラスタ要求 (クラスタ内でのパケット転送依頼) とその応答であるクラスタ応答の UDP パケットを用意する。図 4 にその UDP パケットのペイロード部分を示す。共に同一のメッセージフォーマットを用いる。Type フィールドによってクラスタ要求かクラスタ応答かを識別する。クラスタ要求に応じた端末は、SHAKE 時のクラスタ内転送を可能にするため、MN1 宛てのパケットをクラスタリンクを通して転送するようルーティングテーブルを変更する。また要求メッセージには Lifetime が指定される。Lifetime を過ぎると登録は無効になるので、MN1 は登録が有効なうちに再度クラスタ要求を送信する。

#### HA とクラスタ内端末によるメッセージ交換

HA とクラスタ内端末間のメッセージ交換には登録要求と登録応答の UDP パケットを用意する。登録要求・登録応答のメッセージは Mobile IP で使用されていたメッセージフォーマットをそのまま利用する。新たに機能付加をすることでクラスタ内端末の登録を実現する。Mobile IP には reserved ビット (以下 r ビット) として拡張用に残されていたビットがある。その r ビットフラグにて CoA の登録が SHAKE 用であることを識別する。つまり、クラスタ内端末の登録を行う際には、登録メッセージの Care-of Address フィールドにクラスタ内端末の CoA を挿入し、r ビットフラグを立てる。登録は MN1 が自身の CoA に加えてクラスタ内端末の CoA をそれぞれ 1 つずつ行う。なお、登録解除は、登録メッセージの Lifetime フィールドを 0 にしたものを HA に送信することで行う。

#### クラスタ内端末の状態変化への対応

SCCM を利用することによりクラスタ内端末のさまざまな状態変化に対応させる。SCCM は各端末が自身の情報をブロードキャストで定

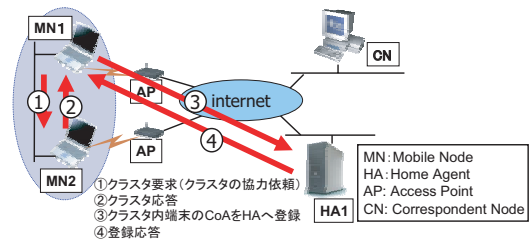


図 3: クラスタ管理のためのメッセージ交換

| Type           | Code | Lifetime |
|----------------|------|----------|
| Identification |      |          |

(UDPパケットのペイロード部分)

Type 11(クラスタ要求), 12(クラスタ応答)  
 Code クラスタ応答時に使用, 要求に対する結果を表示  
 Lifetime 有効時間  
 Identification 識別子

図 4: クラスタ要求・クラスタ応答

期的に配布することで各端末の状態を管理している。クラスタ内端末がネットワーク間移動により CoA の変化が変化した場合、SCCM によりその変化を察知し、同時に新しい CoA の情報を獲得する。それにより HA に対して、古い CoA の登録解除と新しい CoA の登録を要求する。CoA の変化にただちに対応しなければ古い CoA にパケットが流れ続けることになり、無駄なパケットロスが増加してしまう。SCCM を利用することでその無駄なパケットロスを最小限に抑える。

クラスタ内の中継端末がクラスタの通信範囲外への移動してしまった場合、その端末からのパケット転送が行われなくなってしまう。すなわち、このような場合も無駄なパケットロスが起こってしまう。SCCM により端末が通信範囲外に移動したことを認識したら、ただちに HA へその端末の登録解除を要求する。

### 2.3.2 HA におけるトラフィック分配

HA におけるトラフィックの分配では、登録を受けたクラスタ内端末と HA 間のネットワーク状況 (帯域, 遅延など) に応じて分配することにより、スループットの向上を図る。今回の実装では、以下の 3 つの方式を用いた。

1. 各経路の帯域比でランダムに分配する方式 (B)
2. 各経路の遅延に基づいた分配方式 (D)  
各経路の伝送遅延時間を測定後、遅延の逆数の比を分配率とし、ランダムに各経路に送信する
3. 各経路の仮想的な送信キューの待ち時間と遅延の和からパケットの到着時刻を予測する方式 (DQ)  
HA から宛先までの各経路を、一つの待ち行列とみなす。各経路の仮想的な待ち行列の長さ、帯域幅、現在送信中のブロックが送信された時刻、現在時刻、パケットサイズから各経路の送信キューの待ち時間を算出し、その待ち時間と各経路の伝送遅延時間の合計時間が最短となる経路、すなわち相手先への到着予測時刻が最小のリンクへ送信する。

なお、各経路の帯域幅は既知とした。HA・MN 間の遅延は、HA, MN 双方で遅延測定用のプログラムを動作させ、測定用パケットの交換により計測したものを利用する。

### 2.3.3 クラスタ内部から外部リンクへのトラフィック分配

クラスタ内部から外部リンクへパケットを分配させるため (ここでは、MN1 が CN へデータ配送する場合を想定する)、MN1 でもトラフィックを分散させる機構が必要となる。MN1 からデータを配送する際には、MN1 にてパケットをクラスタ端末へカプセル化して分配する。すなわち、クラスタ内の中継端末 MN2 には送信元:MN1、宛先:CN の IP ヘッダの外側に送信元:MN1、宛先:MN2 の IP ヘッダをカプセル化して送信する。このときの MN2 の IP アドレスはクラスタ内部側の IP アドレスである。すると、MN2 ではカプセル化を解除し、宛先アドレスである CN に向けてそのパケットを転送する。クラスタ内部から外部へのデータ配信において HA を経由する必要はない。分配は、2.3.2 章で述べた分配方式を用いることとする。ただしこの方法では、パケットが

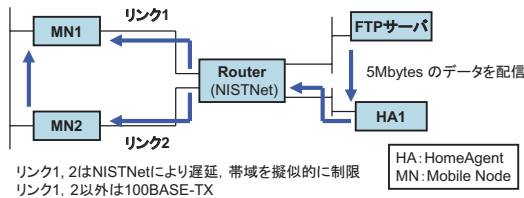


図 5: 実験環境

HA を経由しないので HA で保持する遅延測定結果をトラフィック分配時の評価基準として用いることは適切ではない。

クラスタ内部から外部リンクへのトラフィック分配でも、HA を介した通信方法を行うことにより、HA が保持している遅延測定結果を MN1 へ渡すことによりこの問題は解決できる。HA を介したデータグラム配送は、同様に MN1 にてカプセル化して分配することにより可能であるが経路は冗長になってしまう。

### 2.3.4 端末間の認証機構

Mobile IP SHAKE におけるクラスタは、家族や友人といった信頼のおける相手と構成される場合だけでなく、見ず知らずの相手とも構成されることが想定されている。このような環境で SHAKE を利用するために、Mobile IP SHAKE では以下のような認証機構をもつものとする。

- MN1・MN2 間でお互いが信頼できる端末であるのかを判別。
- MN1 は MN2 の認証がされない限り、MN2 にはパケットを分配しない。
- MN2 は MN1 の認証がされない限り、分配パケットを MN1 へ転送しない。
- HA1 では登録を行ってきた端末が本当に MN1 であるかを認証。MN1 の代わりに他の端末が登録することはできないようにする。

クラスタを構成する際は相手が本当に信頼のおける相手かどうかを確かめるための認証機構が必要となる。認証を行わないままクラスタを構成した場合、自分の端末のホームアドレスや中継されるパケットの内容など個人情報が漏れてしまうため大変危険となる。また認証により、なりすましや HA への不正な CoA の登録を防ぐ。たとえば、クラスタ内端末間で認証を行わないで、MN1 が MN2 の了解を得ずに HA1 へ登録を行ったとすると、MN2 には HA1 から意図しないパケットが配送される。そのため MN2 の帯域を圧迫し、バッテリーに無駄な消費をさせることとなる。

HA1 への登録はクラスタの中継端末 MN2 が登録することができないようにする必要がある。MN2 が登録を行えるようにすると、なりすましが容易に可能になり MN1 宛てのパケットを盗み見ることや破棄等が可能になってしまう。このため登録はすべて MN1 が行うようにする。

## 2.4 実装

Mobile IP SHAKE を実現するためヘルシンキ工科大学で開発された Linux 上の Mobile IP の実装: Dynamics[6] を拡張した。Mobile IPv4 には、Simultaneous Binding と呼ばれる複数の CoA を HA に登録することでハンドオフ時に同一のパケットを複数の CoA に送信する機能がある。この機能を、複数経路に異なるパケットを分配して送信するように変更することで Mobile IP SHAKE の機能を実現した。Dynamics では Simultaneous Binding の機能がサポートされていないが、本研究では文献 [7] による実装をもとに拡張を行った。SCCM でのモニタリング間隔は 2 秒おきで、遅延測定用のパケット (60bytes) は 1 秒間隔で動作させている。

Mobile IP を利用してクラスタのもつ複数経路へのトラフィック分配の効果を確かめることを目標として、クラスタ内部へのデータグラムの分配、HA への登録動作の実装を行った。また文献 [5] による SCCM の実装を用いた。

なお現在、端末間の認証機構およびクラスタ内部から外部へのトラフィック分配機能の実装は行われていない。またクラスタ内端末のハンドオフ等や移動によって起こる端末のクラスタ参加・脱退への対応も未実装である。

表 1: 実験環境のデフォルト値

|        |       | 伝送速度 (kbps) | 遅延 (ms) | ゆらぎ (ms) | ロス率 (%) |
|--------|-------|-------------|---------|----------|---------|
| 経路 2 本 | リンク 1 | 128         | 300     | ± 100    | 0       |
|        | リンク 2 | 128         | 300     | ± 100    | 0       |
| 経路 1 本 | リンク 1 | 256         | 300     | ± 100    | 0       |

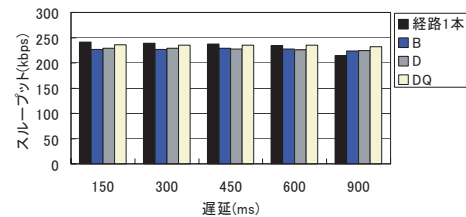


図 6: 各経路の遅延差による影響

## 3 評価

### 3.1 実験

Mobile IP SHAKE における 2.3.2 章で示した 3 つの分配方式の性能とともに、リンクの品質が異なる複数経路にパケットを分配した場合の有効性を検証するため、スループットの測定を行った。実験環境として端末 2 台からなるクラスタを含む実験用の有線ネットワークを構築し、ネットワークエミュレータ NISTNet を用いて HA と各クラスタ内端末間のリンクの遅延と帯域を無線環境に近い状態に制御した (図 5)。

FTP サーバから MN1 へ 5Mbytes のデータを送信したときのスループットを 5 回計測し、その平均を求めた。各経路のネットワーク品質は表 1 をデフォルト値とし、以下の 4 つの条件によって遅延、伝送速度、遅延ゆらぎ、パケットロス率をそれぞれ変化させた。

#### 1. 各経路の遅延差による影響

表 1 からリンク 2 の遅延を 150 ~ 900ms に変化させることでリンク 1 とリンク 2 に遅延差を与えた。その時のスループットの変移を 2.3.2 章に示す 3 つのトラフィック分配方式のそれぞれについて測定した。また、比較のため 256kbps の経路 1 本で遅延を 150 ~ 900ms に変化させたときのスループットも測定した。

#### 2. 各経路の帯域差による影響

リンク 1 とリンク 2 の帯域幅を各経路の帯域の和が 256kbps となるように 128:128, 192:64, 225:32 (kbps) と変化させリンク 1 とリンク 2 に帯域差を与えそのときのスループットを測定した。遅延、遅延ゆらぎ、パケットロス率は表 1 のデフォルト値を用いた。また、比較のため 256kbps の経路が 1 本のとときのスループットも同時に測定した。

#### 3. 各経路の遅延ゆらぎによる影響

表 1 のデフォルト値よりリンク 1, リンク 2 の遅延ゆらぎを共に ± 50 ~ ± 300ms と変化させたときのスループットを計測した。また、比較のため 256kbps の経路が 1 本のとときの遅延ゆらぎを ± 50 ~ ± 300ms と変化させたときのスループットも測定した。表 1 のデフォルト値よりリンク 2 のみ遅延ゆらぎを ± 50 ~ ± 300ms と変化させ、リンク 1 とリンク 2 の遅延ゆらぎに差を与えたときのスループットも測定した。

#### 4. 各経路のパケットロス率による影響

表 1 のデフォルト値よりリンク 1, リンク 2 のパケットロス率を 0 ~ 3.0% へと変化させ、そのときのスループットを計測した。また 256kbps の経路が 1 本のとときのパケットロス率を 0 ~ 3.0% と変化させたときのスループットも測定した。

### 3.2 結果と考察

実験による結果から、複数経路へのトラフィック分配方式においてリンクの品質の変化によるスループットへの影響を評価し、最適な分配方式について考察する。

#### 1. 各経路の遅延差による影響

図 6 に実験 1 の結果を示す。すべての方式で遅延による性能への影響はほとんど見られず、すべての方式で各経路の遅延差がある場合にも適応可能であると判断できる。また、リンク 2 の遅延が

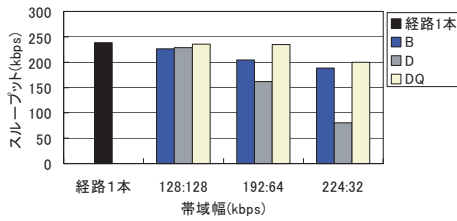


図 7: 各経路の帯域差による影響

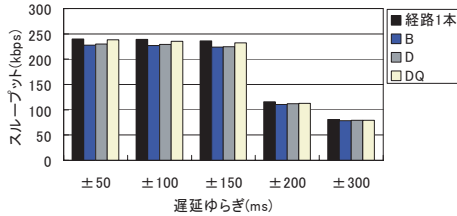


図 8: 各経路の遅延ゆらぎによる影響

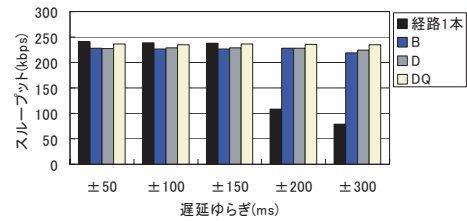


図 9: 各経路の遅延ゆらぎの差による影響

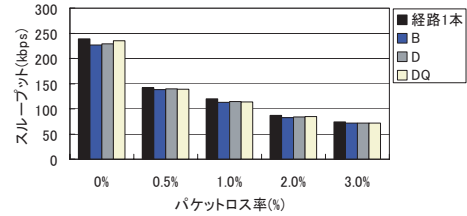


図 10: 各経路のパケットロス率による影響

900ms のとき複数経路を用いた際のスループットが単一経路のときよりも性能が良いことがわかる。これは複数経路を用いて遅延の少ない経路にトラフィックをできるだけ多く流しているからだと推測できる。

#### 2. 各経路の帯域差による影響

図 7 に実験 2 の結果を示す。結果より D 方式のみスループットが大幅に低下している。これは D 方式が帯域を考慮に入れていないことが原因であり、安定したスループットを得るためには帯域を考慮に入れる必要があると確認された。

#### 3. 各経路の遅延ゆらぎによる影響

図 8 は、リンク 1、リンク 2 とともに遅延ゆらぎを変化させた場合の結果である。すべての方式で似たようなスループット特性を示している。遅延ゆらぎが 150ms のあたりまでは安定したスループットを得られていたが、200ms 以上でスループットが大幅に低下していた。TCP でアウトオブオーダー到着が発生した結果、パケットロスと見なされて、結果として輻輳ウィンドウが小さくなっているのが原因だと考えられる。

図 9 は、リンク 2 のみ遅延ゆらぎを変化させ、2 本経路に遅延ゆらぎの差を与えた場合の結果である。256kbps の経路 1 本での通信より 128kbps と 128kbps の 2 本の経路にトラフィックを分散させた方がスループットの特性が良い。リンクの状態の良いリンク 1 へ多くトラフィックが流れた結果だと考えられる。

#### 4. 各経路のパケットロス率による影響

図 10 に結果を示す。パケットロス率を増加させるごとにスループットが低下している。これは TCP がパケットロスを輻輳と判断してしまい、輻輳ウィンドウが狭まることでスループットが低下していると判断できる。単一の経路であっても複数経路を用いた通信でも同様にスループットが低下している。

また、リンク 2 のみにパケットロス率を 0~3.0% に与え、リンク 1 とリンク 2 にパケットロス率に差がある場合の計測も行った。その計測では、256kbps の経路 1 本での通信よりも複数の経路に分散した通信のほうが良いスループットを得られた。

パケットロスが大きい無線リンクでの TCP の利用に関しては、snoop や Indirect TCP などの改良手法が提案されている。今後これらの手法との整合性の検討が必要となろう。

4 つの実験によりすべての実験で複数経路 (128+128kbps) を利用した通信の場合でも経路 1 本 (256kbps) と同等の性能を確認できた。また、一方のリンクの状態が悪化した場合でも、状態の良いリンクに多くのトラフィックを流すことでスループットは向上することが確認された。

各分配方式による性能を比較すると、DQ 方式による分配が最も安定したスループットが得られた。また B 方式においても安定したスループットを得られた。しかし D 方式では、各経路間の帯域に差がある場合に、帯域を考慮に入れていない分配方式であるためスループットが大幅に低下することが確認された。DQ 方式では帯域、遅延ともに考慮に入れ、それをもとに到着予測時刻が最短のリンクへ送信しているため、

リンクの品質の変化にも十分対応できることが確認された。この方式が優れた特性を示すことは文献 [2] で、インターネット環境を想定したシミュレーション評価によって指摘されており、本実験でも同様の結果を得たこととなった。また [2] では、パケットロスや遅延ゆらぎへの対応として、アウトオブオーダー到着に関して、パケット順序の並べ替えを行ってから TCP に渡すことで TCP での輻輳ウィンドウの縮小を防ぐ方法が有効と示されている。この方法は本研究においても有効であると推測される。

現在の実装では、クラスタ内の端末に関してはそれぞれの CoA をトラフィック分配を行う HA に登録している。このため、中継用の MN がハンドオフした場合、新しい CoA を分配用の HA に登録し直さない限り、この中継端末へ向けて分配されたパケットがすべて喪失することになる。IP 層以下でこのようなパケット損失が起きていることは上位層のプロトコルにはわからないので、特に TCP を用いている場合には、輻輳ウィンドウの縮小による送信レートの大幅な低下が予想され、今後防止策を講ずる必要がある。

## 4 まとめ

通信回線共有方式の IP 層における実現方式として Mobile IP を応用した Mobile IP SHAKE の実装をし、実験により性能の評価を行った。実験結果により複数経路 (128+128kbps) を用いた通信により、単一経路 (256kbps) での通信と同等の性能を示すことを確認した。また、ネットワークの状況によっては、帯域の広い一本の経路にデータを流すよりも、複数経路に分散したデータ配送のほうがより良い性能を示すことを確認した。今後、実際に無線リンクを用いた実環境における評価、ならびに動的な環境変化に対応可能なトラフィック分配手法の検討を行う。またクラスタ内端末間の認証機構の検討ならびにクラスタ内端末のハンドオフ時の性能の評価も行っていく予定である。

## 参考文献

- [1] 村松秀哉, 富強, 石原進, 水野忠則: Mobile IP を利用した通信回線共有方式の提案, 第 64 回情報処理学会全国大会, Vol.3, pp.565-566 (2002).
- [2] 林孝典, 山崎真一郎, 森田直人, 相田仁, 武市正人, 土居範久: インターネットを用いた複数経路データ伝送方式の性能評価, 信学論 (B), Vol.J84-B, No.3, pp523-533(2001).
- [3] 日野哲志, 湧川隆次, 植原啓介, 村井純: 計算機群における "動的なインターネット接続性" の共有に関する研究, 情報処理学会第 10 回マルチメディア通信と分散処理 (DPS) ワークショップ, pp.69-74 (2002).
- [4] Xinhua Zhao, Claude Castelluccia, and Mary Baker: Flexible Network Support for Mobility, in proc. of the Fourth Annual ACM/IEEE International Conference on Mobile Computing and Networking (MobiCom 1998), Dallas, Texas, October 1998.
- [5] 小西洋祐, 石原進, 水野忠則: 通信回線共有方式のためのクラスタ資源管理に関する検討, 情報処理学会研究報告, モバイルコンピューティングとワイヤレス通信研究会, 2002-MBL-23, Vol.2002, No.115, pp.1968-1976 (2002).
- [6] Dynamics HUT Mobile IP, <http://www.cs.hut.fi/Research/Dynamics/index.html>
- [7] R.Schmitz: Seamless handoff in Mobile IP using Simultaneous Binding, Diploma thesis of University of Applied Sciences Cologne 2000.