

## 移動体通信のための転送制御方式の適応的選択について

1 S-5

北濱 秀基 西澤 正稔 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

移動体計算環境では、固定ネットワークと同様にTCPを用いることによって、移動体と固定ホスト間での信頼性の高い通信を実現できる。しかし、TCPは、無線リンクでのビットエラーや移動体の断線によるパケットの紛失を輻輳と判断し輻輳制御を行うので、通信性能が劣化する。従って、無線ネットワーク用のトランスポートプロトコルには、パケット紛失によって輻輳制御が行なわれないための工夫が必要となる。

これまでに、移動体計算環境における通信性能の改善を目的として、さまざまなアプローチが提案されている。しかし、従来のアプローチは特定の状況を想定しているため、想定と異なる環境での通信性能の改善は困難である。

そこで、本稿では広範囲のネットワーク環境における安定した通信性能の実現を目的として、ネットワークの状況により、従来のアプローチで用いられている戦略の取舍を適応的に選択する転送制御方式を提案する。さらに、シミュレーション評価により提案方式の有効性を確認する。

## 2 従来の戦略

本章では、これまでに提案されているアプローチにおいて用いられているキャッシュの使用およびコネクション分割について説明する。

## キャッシュの使用

基地局は、固定ホストが移動体宛に送信したパケットを移動体へ中継する際に、パケットのコピーをキャッシュし、パケットが紛失すると固定ホストに代わってパケットを再送する。これによって、送信元の固定ホストがパケット紛失を検出することで発生する輻輳制御を回避し、パフォーマンスの低下を防ぐことができる。キャッシュの使用は無線リンクのビットエラーレートが高い状況に対して有効である。

移動体が基地局を切替えるとき、基地局はキャッシュを破棄するのが一般的である[2]。キャッシュも新たな基地局に移動する方法[1]も考えられるが、ハンドオフ処理のオーバーヘッドが大きくなる。

## コネクション分割

コネクション分割[3]は、固定ホストと移動体の間で直接コネクションを設立するのではなく、固定ホスト-基地局間の有線部分と基地局-移動体間の無線部分にお

いて個別にコネクションを設立する戦略である。コネクションを分割することにより、特性の異なる有線部分と無線部分での通信を独立して行うことができるため、移動体の移動頻度が高いときに有効である。一方、すべてのパケットが基地局においてトランスポート層を通過するので、オーバーヘッドが大きくなってしまう。

## 3 適応的転送制御方式

提案方式では、接続時の無線リンクのビットエラーレートおよび移動体の移動頻度に基づいて、コネクション分割、キャッシュの使用の戦略を適用するか否かを選択する。なお、前述の理由により、提案方式では移動体の移動時にキャッシュを破棄するものとした。ビットエラーレートの情報は基地局がもっているものとし、移動体の移動頻度は、ハローパケットにより移動体が基地局に定期的に通知する。なお、移動体から固定ホストへの通信は、本稿では扱わない。

## 3.1 コネクション設立の手順

提案方式におけるコネクション設立の手順を以下に示す。

1. 固定ホストが移動体に接続要求を出す。
2. 基地局は固定ホストからの接続要求を受けると、移動体の移動頻度とビットエラーレートの情報に基づいて、コネクション分割とキャッシュの2つの戦略に関して適用するか否かを選択する。コネクション分割を使用しないときは手順3へ、使用するときには手順4へ進む。
3. 基地局は接続要求をそのまま移動体に転送する。接続要求を受けとった移動体は、接続応答を固定ホストに返し、固定ホスト-移動体間で直接コネクションを設立する。
4. 基地局が無線リンク上のコネクション接続要求を作成し移動体に送信する。接続要求を受けとった移動体は、接続応答を基地局に返し、移動体-基地局間のコネクションを設立する。次に基地局は固定ホストに最初の接続要求に対する接続応答を返し、基地局-固定ホスト間のコネクションを設立する。

## 3.2 通信の手順

コネクション分割を用いる場合と用いない場合では、通信手順が異なる。まず、コネクション分割を選択しているときの通信手順を以下に示す。

1. 固定ホストがパケットを送信する。
2. 基地局が固定ホストからのパケットを受けると、そのパケットを移動体とのコネクションにフォワードする。その際、キャッシュ使用を選択しているなら、パケットのコピーをキャッシュする。
3. 移動ホストはパケットを受信すると、これに対するACKを返す。

On Adaptive Selection of Transmission Control Methods for Mobile Communication  
Hideki KITAHAMA, Masatoshi NISHIZAWA, Hiroaki HAGINO, Takahiro HARA, Masahiko TSUKAMOTO and Shojiro NISHIO.

Department of Information Systems Engineering, Graduate School of Engineering, Osaka University.

4. 基地局が移動体からの ACK を受けとると、その ACK を固定ホストに送る。その際、ACK のコピーを取っておく。

移動体から定期的送られてくるハローパケットが届かなくなると、基地局は移動体が断線したと判断し、コピーしてある最新の ACK のウィンドウサイズを 0 にセットし、固定ホストに送る。固定ホストはこの ACK を受け取ると待機モードに入る。待機モードでの固定ホストは、パケットの送信や輻輳制御を一切行わない。これにより、無駄な輻輳制御を回避できる。移動体が再接続したときには、移動体は固定ホストにウィンドウサイズを元に戻すための最新の ACK を送信する。固定ホストは ACK を受けとると、待機モードに入る前の転送速度でデータ送信を開始する。

次に、コネクション分割を選択していないときの通信手順について説明する。

1. 固定ホストがパケットを送信する。
2. 基地局が固定ホストからのパケットを受けとると、このパケットを移動体にフォワードする。キャッシュ使用を選択しているときはコピーをとっておく。
3. 固定ホストはパケットを受信すると、これに対する ACK を返す。
4. 基地局は移動体からの ACK を固定ホストにそのまま転送する。

どちらの場合でも、キャッシュの使用を選択しているときは、基地局は無線リンクでのパケット紛失を検出すると、直ちにキャッシュされているパケットを再送する。なお、パケット紛失の検出方法には、基地局が持っている無線リンクの再送タイマーを用いる方法と、3つの Duplicate ACK を受けとるとパケットが紛失したと判断する方法を使用する。

#### 4 性能評価

2つの各戦略の取捨によって、戦略の組合せが四種類考えられる。そこで、戦略選択の指標を求めるために、移動体の移動頻度と無線リンクでのビットエラーレートを変化させたときに最も良い通信性能を示す戦略の組合せをシミュレーションによって調べた。シミュレーションに用いたネットワークは、有線リンクの転送速度を 10Mbps、伝搬遅延を 10ms とし、無線リンクの転送速度を 32kbps、伝搬遅延を 30ms とした。データパケットのサイズは 128bytes とした。シミュレーション結果を図 1 に示す。この図は、横軸が移動頻度  $t$ 、縦軸がビットエラーレート  $p$  を表し、図中の各領域が最適な組合せの分布を示している。移動頻度が高いときは、コネクションを分割することにより移動体の基地局切替時のパケット紛失による通信性能の低下が抑えられている。ビットエラーレートが高いときは、キャッシュを使用することにより紛失パケットを回復でき、通信性能が改善されている。

この結果から、今回用いたシミュレーション環境では  $t$  がおよそ  $(20 \log p + 280)/3$  以下のときにコネクシ

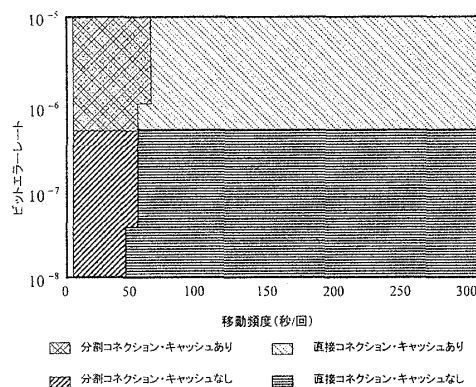


図 1: 最適な戦略の組合せの分布

ビットエラーレート 1.0E-6

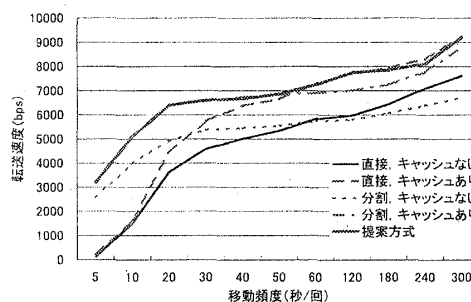


図 2: 提案方式の性能評価結果

ンを分割し、 $p$  がおよそ  $5.0 \times 10^{-7}$  以上のときにキャッシュを使用すればよいことが分かる。

次に、同様のシミュレーション環境を用いて、提案方式においてこの結果に基づいて戦略の組合せを選択する場合と、それぞれの組合せを単独で用いる場合の比較を行った。シミュレーション結果を図 2 に示す。横軸は移動頻度、縦軸は転送速度を表している。この結果から、広範囲のネットワーク環境において、適応的に戦略を選択する提案方式が最も良い性能を示すことが確認できた。

#### 5 まとめ

本稿では、広範囲のネットワーク環境における安定した通信性能の実現を目的として、コネクション分割とキャッシュの使用の 2つの戦略をネットワークの状況により適応的に選択する転送制御方式を提案し、シミュレーションにより提案方式の有効性を確かめた。

今後の課題としては、戦略選択の具体的なアルゴリズムの考案や、提案方式の実装および実測評価が挙げられる。

#### 参考文献

- [1] A. Bakre and B. R. Badrinath: "I-TCP: Indirect TCP for Mobile Hosts," in *Proc. the 15th International Conference on Distributed Computing Systems*, Vancouver, Canada, pp. 136-143 (June 1995).
- [2] H. Balakrishnan, S. Seshan and R. Kats: "Improving Reliable Transport and Handoff Performance in Cellular Wireless Networks," *Wireless Networks*, vol. 1, no. 4 (Dec 1995).
- [3] K. Brown and S. Singh: "M-TCP: TCP for Mobile Cellular Networks," in *Proc. ACM SIGCOMM Computer communication Review*, pp. 19-38 (July 1997).