

無線ネットワーク環境における TCP の改良について

慶應義塾大学大学院理工学研究科

佐藤徳彦* 寺岡文男†

1 はじめに

無線ネットワーク環境ではビット誤り率が高く、移動端末のハンドオフの際にパケット損失が生じる可能性がある。TCP はパケット損失をネットワークの輻輳と判断し、データの転送量を大幅に減少させる。このスループットの低下を回避するために様々な提案がなされている。

しかし、今後 IPsec により IP ベイロードが暗号化されると、無線基地局 (以下 BS) での制御が必要であるコネクション分割型や中間ノード型は、実現が困難であると考えられる。また、ハンドオフによるパケット損失を防ぐために BS にパケットをキャッシュする手法はパケットの到着順序が入れ替わる可能性があり、duplicate ACK が生じてスループットを大幅に低下させる危険性がある。

2 本研究の目的

本研究の目的は以下の 2 点である。1 点目は無線リンクにおけるパケット損失によって TCP が輻輳ウィンドウを狭めないように制御すること、2 点目は移動ノードのハンドオフ後の最適な輻輳ウィンドウの値を求めることである。

2.1 無線経路におけるパケット損失への対策

無線経路におけるパケット損失による TCP の誤作動を回避するために、SACK の拡張を行なう。拡張した SACK は通常の SACK の機能に加え、無線経路でのビット誤りの情報を TCP に通知し、送信ホストで輻輳ウィンドウを狭めずこのパケットを再送させる。

2.1.1 パケット損失通知のアプローチ

無線経路でのパケット損失を通知するために、リンク層と IP 層の間のインターフェースを決め、パケット損失をリンク層で検出できる場合はリンク層にパケット損失を通知させる。リンク層でパケット損失が検出できない場合は、BS の IP 層で IP ヘッダの前にシーケンス番号用のフィールドを付加しリンク層に渡す。

このシーケンス番号をチェックすることにより、無線経路でのパケット損失がどうかを判断する。この操作を移動端末 (以下 MN) から固定端末 (以下 CN)、CN から MN へのデータ送信の両方に適用することにより、無線経路におけるパケット損失が起こった際に輻輳ウィンドウを狭めずにデータの再送を行なう。

また、無線経路の帯域によっては SACK を用いることが逆に帯域を圧迫してしまうことにもなるので TCP-probing[1] のように TCP そのものを再設計する手法についても設計、評価を行ない、比較検討する。

2.2 ハンドオフ時の対策

ハンドオフ時のパケット損失を最低限に抑えるために IP 層での効率的ハンドオフ手法により、パケット損失率を下げることを前提とする。また、BS にハンドオフ時のパケットをキャッシュすることは前述のとおりスループットを低下させる可能性があるため、パケットのキャッシュは行わず、SACK を拡張したものをを用いた部分的再送により、ハンドオフ時に

損失したパケットを送信ホストの輻輳ウィンドウを狭めずに再送させる。

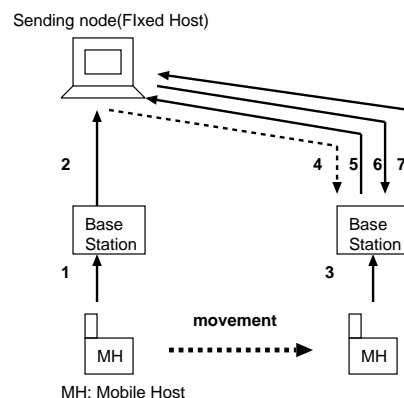
2.2.1 ハンドオフ時の輻輳ウィンドウ制御のアプローチ

従来の輻輳制御方式はハンドオフによって生じる経路の変更を考慮していないため、変更後の経路のキャパシティが小さい場合、以前の輻輳ウィンドウを利用するとネットワークがすぐに過負荷状態になってしまう。したがって新しい輻輳ウィンドウの制御が必要であると考えられる。

ここで考えられるいくつかの解決法として End-to-End でネットワークリソースを見積りウィンドウサイズを決定するような機構や、ほとんどの場合、無線経路がボトルネックになるとの考えから、BS で無線経路の状況を監視しておき、ウィンドウサイズを決定する方法を検討している。

また、移動前の BS の上流と移動後の BS の上流が同じルータの場合は移動前の輻輳ウィンドウの値がそのまま使用できると考えられる。それらの様々な状況におけるシナリオを整理しシミュレーションを行なう予定である。

End-to-End でネットワークリソースを見積り、ウィンドウサイズを決定する手順を以下に示す。



1. 移動ノードは ACK パケットを TCP 広告ウィンドウを 0 にする要求と共に送信 [2]
2. BS は ACK パケットを送信ノードへ送る
3. ハンドオフ後、移動ノードは binding update を送信
4. binding update により経路変更が実行される
5. 移動ノードはウィンドウサイズを変更するよう要求
6. pathchar, pchar のようなものでウィンドウサイズを決定し、データを送信
7. 損失したパケットを輻輳ウィンドウを狭めずに再送するよう要求

[1] V.Tsaoussidis "TCP-Probing", 8th IEEE Conference on Network Protocols, Nov 2000

[2] Y.Onoe, et al "An efficient TCP/IP hand-over control scheme for next-generation mobile communication networks", IC2000

* norihiko@ayu.ics.keio.ac.jp

† tera@tera.ics.keio.ac.jp