

トランスポート層における通信回線共有方式 の接続管理戦略

殿内雅晴[†] 峰野博史[†] 石原進^{††} 高橋修^{†††} 水野忠則[†]

[†] 静岡大学情報学部 ^{††} 静岡大学工学部 ^{†††}(株)NTT ドコモ

1 はじめに

近年、携帯無線通信機器の急速な普及により移動先でもオフィスとほぼ同様の作業ができるモバイルコンピューティング環境が整いつつあるが、無線通信環境では有線通信に比べて低速・低品質であるといった問題を持っている。しかしこのような低速・低品質な回線であっても論理的に複数束ねることによって高速・高品質な通信が可能となる。そこで、携帯無線通信環境でも高速・高品質な通信を実現するための方式として、筆者らは通信回線共有方式 SHAKE(SHARing multiple paths procedure for cluster network Environment) を提案している。これまでトランスポート層での通信回線共有方式として TCP SHAKE [1] が提案されてきたが、本稿ではこれまで検討されてこなかった接続管理方法について検討する。

2 TCP SHAKE

2.1 通信回線共有方式

SHAKE では、それぞれ外部への無線リンクを持つ複数の移動端末が一時的にネットワーク(このネットワークをクラスタと呼ぶ)を作り、ある端末がクラスタ外のホストと通信する時は、それ自身がもつ無線リンク以外にクラスタ内の他の移動端末の持つ無線リンクも利用することにより、単体では低速・低品質な無線リンクしか持たない端末でも高速・高品質な通信を可能とする。SHAKE による通信の例を図 1 に示す。

2.2 TCP SHAKE

トランスポート層で SHAKE を実現する TCP SHAKE の利点として複数経路を活かした送信制御が挙げられる。TCP における信頼性の保証は TCP コネクション単位で管理されるため、経路ごとにコネクションを確立してしまうと各コネクションでの制御は独立してしまう。TCP SHAKE ではエンドエンド間を仮想的に一つのコネクションと見なして、複数の経路の存在を活用

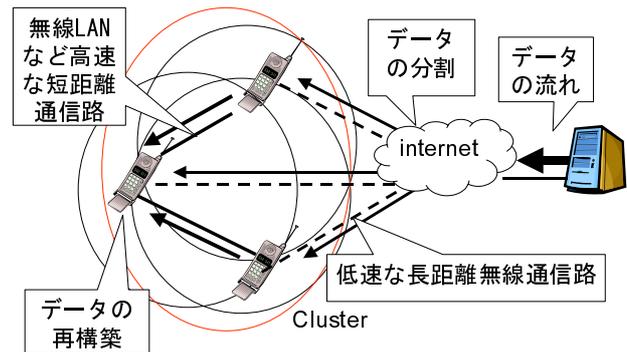


図 1: 通信回線共有方式

するため、より最適な経路で再送を行うといったことが可能となる。

また経路ごとに輻輳制御を行うことによって、通信の信頼性が高い経路では通信量が増加し信頼性の低い経路では通信量が減少する。これにより経路の状況に応じた柔軟なトラフィック分配が可能となる。

3 コネクションの管理

3.1 ネットワーク層の前提

TCP SHAKE では、クラスタネットワークを構成しその IP アドレスを管理する機能がネットワーク層から提供されることを前提とする。そのためにネットワーク層として複数の経路を明示的に使い分けることのできるように拡張されたものを利用する [2]。また、このクラスタネットワークの構成に関する情報は、両端のホストで同じものを共有しているとする。この情報から TCP SHAKE は複数の経路が使用可能であることを知り、それらの固有の識別子によって各経路を明示したパケット転送をネットワーク層に要求する。

3.2 経路情報

TCP SHAKE では各経路ごとにウィンドウとシーケンス番号を管理する [3]。各経路に輻輳ウィンドウを用意し送信制御を行うことで、経路ごとにそれぞれの状況に応じた通信量の調整が可能となる。経路の状況を把握するためには、送信したセグメントがどこまで正しく受信されているかをそれぞれの経路で管理する必要がある。そこで TCP SHAKE では通常のシーケンス番号に加え経路ごとに個別のシーケンス番号を設け

A strategy of connection control for SHAKE in transport layer
Masaharu Tonouchi[†], Hiroshi Mineno[†], Susumu Ishihara^{††}, Osamu Takahashi^{†††}, Tadanori Mizuno[†]
[†]Faculty of Information, Shizuoka University
^{††}Faculty of Engineering, Shizuoka University
432-8011, Hamamatsu, Japan
^{†††}Multimedia Laboratory, NTT DoCoMo Inc.
239-8536, Yokosuka, Japan

る。ここで通常のシーケンス番号をグローバルシーケンス番号、経路個別のシーケンス番号をローカルシーケンス番号とする。このように経路ごとに個別のシーケンス番号を設けることによって送信するセグメントと確認応答するセグメントの情報を経路ごとに管理することができ、経路ごとの輻輳ウインドウ計算が可能となる。

また、経路ごとのウインドウ制御だけでなく、従来の TCP 同様のウインドウ制御も行うのでローカルシーケンス番号とグローバルシーケンス番号の対応付けを行う必要がある。そこで TCP SHAKE では各経路ごとに、確認応答の得られていない送信済セグメントのローカルシーケンス番号とそれに対応するグローバルシーケンス番号、そしてそのセグメントのデータ長をリストで保持する。これらの各経路ごとの制御に必要な情報は経路ごとに、PCB(Path Control Block) と呼ばれるデータ領域を用意し管理する。

3.3 コネクションの確立と切断

通常の TCP でのコネクション確立処理に加え、TCP SHAKE では以下の処理を行う。

- PCB の準備

TCP SHAKE では両端のホストで経路の数だけ PCB を用意する必要がある。そこでクライアント側の TCP SHAKE では、使用可能な経路数をネットワーク層から取得し、その数だけ PCB を用意する。

- 全ての経路を用いた 3 ウェイハンドシェイク

TCP SHAKE では TCP の 3 ウェイハンドシェイクを全ての経路を使って行う。すなわち、クライアント側が用意した PCB に対応する全ての経路において、3 ウェイハンドシェイクを行う。この様子を図 2 に示す。途中でセグメントが喪失した場合は、元々送信した経路を使って再送する。再送の回数が与えられた閾値を超えても成功しなければその経路は使えないと判断し、PCB を削除する。これを行うことによりネットワーク層から提供された使用可能経路が実際に使用可能であるかどうかを確認することができる。なおサーバ側では、SYN を受信した経路に対して PCB を用意する。また TCP SHAKE では通常のシーケンス番号 (グローバルシーケンス番号) に加え、経路ごとにローカルシーケンス番号を管理しているが、ローカルシーケンス番号の初期値は全て 0 とする。

- 両ホストの MTU に基づいた MSS(最大セグメントサイズ) の決定

TCP SHAKE も TCP 同様に両ホストの MTU に基づいて MSS を求める。しかし TCP SHAKE においてクラスタを構成するホストは、一つのコネクションで複数のネットワークインタフェースを持つことが前提である。このため、複数ある MTU の

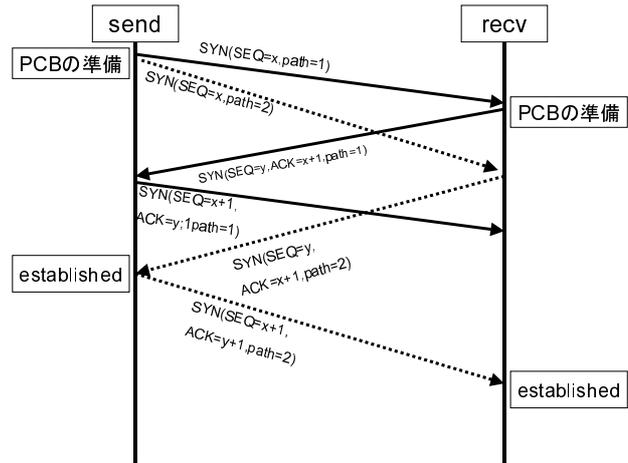


図 2: TCP SHAKE のコネクション確立

中から最小のものをそのホストの MTU とし、そこから求めた MSS を MSS オプションとして SYN セグメントに付加する。

コネクション確立後、クラスタの構成の変化により経路が増減することも考えられる。TCP SHAKE は使用可能な経路が新たに加わったことを知ることはできないが、これは現在実行中の通信には影響を及ぼさない。通信中に経路の一部が使用不能になった場合は、一つの経路におけるタイムアウトの連続発生回数が、与えられた閾値を超えた時にこれを検知する。この時使用不能になった経路で送られた、確認応答の得られていない送信済セグメントを全て他の経路で再送し、全ての再送が成功したら PCB を解放する。これにより経路の動的な減少に対応している。

コネクションの切断は従来の TCP 同様、ホスト間でお互いに FIN セグメントとそれに対する ACK を送信することで完了する。これらのセグメントは、通常のデータセグメント同様にホスト間で一つずつ送信し、複数の経路への送信は行わない。

4 まとめ

トランスポート層での通信回線共有式として提案された TCP SHAKE において、本稿ではこれまで検討されてこなかったコネクション管理方法について検討した。今後はシミュレーションにより動作の確認を行う。

参考文献

- [1] 飯田, 石原, 水野: “複数無線リンク上でのコネクション型通信手法の性能評価,” 情報処理学会研究報告 2001-DPS-102, Vol.2001, No.29, 102-2, pp.127-132 (2001)
- [2] 村松, 富, 石原, 水野: “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講演論文集 (3), pp.3-565-3-566 (2002)
- [3] 鄭, 殿内, 峰野, 石原, 高橋, 水野: “TCP SHAKE におけるフロー制御の検討,” 本大会予稿, 3W-3 (2003)