

TCP SHAKE におけるフロー制御方式の検討

鄭宇新[†] 殿内雅晴[†] 峰野博史[†] 石原進[†] 高橋修[‡] 水野忠則[†]

[†]静岡大学 [‡](株)NTTドコモ

1 はじめに

近年、携帯電話、PHS 等の携帯端末を利用するモバイルコンピューティング環境が普及してきた。無線 LAN、Bluetooth などの短距離無線通信は比較的高速、高品質な通信を実現しているが、PHS、携帯電話などの長距離無線通信はこれらに比べ低速、低品質である。そのためこのような長距離無線通信を利用して、大量のファイル転送やリアルタイム性を要求するマルチメディアデータ通信を行うのは不向きである。そこで筆者らは、複数の移動携帯端末 (MH) を一時的に接続し、クラスタネットワーク (CN) を構築することによって、互いの通信経路を共有し、論理的に広い帯域を得るとい通信回線共有方式 SHAKE (SHARED multipath procedure for a cluster network Environment) [1] ならびに TCP 層で複数経路を用いた実現手法 TCP SHAKE [2] を提案している。

本稿では、TCP SHAKE において複数の経路の動的な状況変化に応じたウィンドウ制御、再送制御を行い、フロー制御を実現する方法について検討する。

2 通信回線共有方式

2.1 概要

通信回線共有方式によるネットワーク構成例を図 1 に示す。CN は複数の MH によって一時的に構成され、各 MH はそれらがもつ携帯電話等の無線通信路を介して外部の固定ネットワーク (FN) に接続する。FN 上のホストと CN 内の MH が通信を行う場合、MH はそれ自身が持つ FN への通信路のみならず、同時に CN を介して他の MH の持つ外部への通信路を用いて通信を行う。これにより、通信速度の遅い無線通信路を使用せざるを得ない場合でも、高速なデータ通信が可能となる。

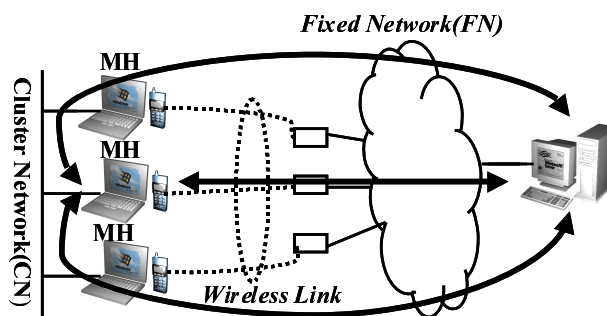


図 1: 通信回線共有方式の構成例

2.2 TCP SHAKE

SHAKE は、専用アプリケーション、IP 層など異なるプロトコル階層で実現が可能だが、TCP SHAKE では、SHAKE の機能を TCP 層で実現することで、以下の利点を期待している。

- プロトコルの汎用性 複数の経路を利用して、通常の TCP の機能を実現する。そのためアプリケーション層からは通常の TCP と等しく見え、TCP を利用するあらゆるアプリケーションが SHAKE を利用することができる。
- 通信の効率性 複数の経路を用いることで、障害発生時に適切な経路でセグメントの再送ができる。ほかの経路の状態に応じて動的にトラフィックを分配し、効率的な通信が可能となる。

3 TCP SHAKE におけるフロー制御

3.1 シーケンス番号の管理

通常の TCP では、送信セグメントに連続したシーケンス番号をつけて、スライディングウィンドウによる送信制御を行う。しかし、TCP SHAKE では複数の経路を用いるので、各経路における送信セグメントのシーケンス番号は必ず連続しない。また、通常の TCP ヘッダで用いている ACK 番号を使用しただけでは、受信側から返信された ACK がどの経路で送ったどのセグメントのものなのか分からない。

そこで TCP SHAKE のヘッダでは、各経路ごとに

A study on window based flow control for TCP SHAKE

Yuxin Zheng[†], Masaharu Tonouchi[†], Hiroshi Mineno[†], Susumu Ishihara[†], Osamu Takahashi[‡], Tadanori Mizuno[†]

[†]Shizuoka University

[‡]NTT DoCoMo Inc.

zheng@athene.cs.inf.shizuoka.ac.jp

通常の TCP ヘッダ		
経路 識別子	ローカル シーケンス番号	ローカル 確認応答番号
ほかのオプション		

図 2: TCP SHAKE ヘッダ

経路識別子，ローカルシーケンス番号及びローカル確認応答番号（ローカル ACK）を必要な情報として TCP ヘッダオプションに追加する（図 2）。経路識別子は複数の経路がどの経路を通してデータを送信しているかを示す。送信側で送信する時，送信セグメントに対応した経路識別子を割り当てる。また，受信側から ACK を返送する時も，この経路識別子を利用することで，どの経路で送信したセグメントに対応する ACK であるか判別する。

ローカルシーケンス番号とは各経路に送られたセグメントに与えるシーケンス番号である。新しいコネクションが確立される時に，初期ローカルシーケンス番号を与える。そして受信側では，ACK を返送する時，経路識別子に加えて，ローカルシーケンス番号に対する ACK としてローカル ACK を返送する。

3.2 輻輳ウィンドウの管理

通常，TCP では 1 つの送信バッファとそれに付随する送信ウィンドウ，輻輳ウィンドウ，RTT(Round Trip Time) 計測用の変数，再送タイマによりデータの送信を管理している。一方，TCP SHAKE では，複数の経路へのセグメントの分配ならびに複数の経路を活用した再送制御を行う。このために，各経路ごとに輻輳ウィンドウならびに送信済みセグメントを管理するための送信済みセグメントリストを用意する。各経路ごとの制御に必要な情報は PCB(Path Control Block) に格納する [3]。

通常の TCP と同様に，輻輳ウィンドウは，その経路のローカル ACK を受信する度に増加し，その増加方法はスロースタートや輻輳回避によって異なる。送信ウィンドウサイズは各経路の輻輳ウィンドウサイズの和及び広告ウィンドウサイズの小さい方を選択する。

3.3 再送制御

3.3.1 RTT の測定

TCP SHAKE では，各経路で発生するセグメント喪失に適切に対応するため，各経路で独立な再送タイマを用い，各経路ごとに RTT の計測を行う。このため ACK は送信セグメントと同じ経路で返送する。実測した RTT から再送タイマ値を算出する手法は従来

の TCP に従う。

TCP SHAKE では，再送タイマに基づくセグメント喪失の発見に加え，ローカル ACK を用いた，重複 ACK の検出による喪失セグメントの再送を行う。ある経路で 3 つの重複 ACK が検出された場合，従来の TCP と同様に，高速再転送と高速リカバリアルゴリズムによって輻輳制御を行う。

3.3.2 再送経路の選択

再送タイマイベントの発生後，セグメントを再送する経路を選択する方法としては，元の経路で再送する方法と RTT が短い経路で再送する方法が考えられる。

元の経路で再送する方法では，喪失セグメントの経路番号，グローバルシーケンス番号，ローカルシーケンス番号に対応したセグメントを再送する。受信側では，再送セグメントが届いた場合，グローバルシーケンス番号によって受信を確認し，ローカル ACK をその経路で返送する。この方法では，ある経路で障害が発生していてもその経路を利用しようとするため，再送セグメントが再度喪失する可能性が高いという問題がある。

RTT が短い経路で再送する方法では，図 2 のヘッダ情報に加え，実際に送信する経路番号も TCP ヘッダオプションに追加する。ただし，経路識別子ならびにローカルシーケンス番号は最初に使用した経路での番号を利用する。受信側に，再送セグメントが届いた場合は，ローカル ACK とグローバル ACK をセグメントを受信した経路で返送する。このようにすることで，より早く再送を完了し，効率的な通信が期待できると考える。

4 終わりに

本稿では，TCP SHAKE における複数の経路に対応したフロー制御方式について検討した。今後本提案方法の有効性をシミュレーションによって評価する。

参考文献

- [1] Hiroshi, Mineno., et al.: Multiple paths protocol for a cluster type network, *Int. J. Commun. Syst.*, Vol. 12, pp. 391-403 (Dec. 1999).
- [2] 飯田: 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, 情報学会研究報告 2001-DPS-102, Vol. 2001, No. 29, pp. 127-132, (2001).
- [3] 殿内: トランスポート層における通信回線共有方式のコネクション管理戦略, 第 65 回情報処理学会全国大会論文, 2003.