

SNR を考慮した無線 TCP の輻輳制御方式に関する検討

2D-4

張 兵

蓮池和夫

株式会社エイ・ティ・アール環境適応通信研究所

1. はじめに

携帯端末の普及や無線通信技術の発達に伴い、有線でも最も広く利用されている TCP が無線環境においても使用できることが望まれる。無線通信は有線通信に比べ転送誤り率が高く、しかも誤り率が電波環境の変動により変化する。電波環境が悪化すると無線ネットワークの通信効率が低下する現象が生じる。従来の TCP では無線の高い誤り率によるパケットロスと輻輳によるロスと区別できないため、輻輳状態にないにも係らず不必要にデータの送信速度を抑制するという問題があった。

この問題を解決するため、これまで TCP に関するいくつかの改善方法が提案されてきた。しかし、それらの手法は無線電波環境の変化によるデータフロー制御ができないため、端末の移動に伴って電波環境が劣化している場合においては通信効率が著しく低下するという問題点があった。そこで本研究では、従来の TCP 輻輳制御に加えて無線電波環境の変化にも対応できるフロー制御方式を提案し、TCP の通信効率を向上させる。最後に本方式の有効性を確認するため、計算機シミュレーション実験を行った。

2. 関連研究

これまで無線環境に対応した TCP の対策方法がいくつか提案されてきた。Indirect TCP[1]はネットワークを有線部と無線部に分離して、有線部と無線部ではそれぞれ従来の TCP 制御と無線 TCP 制御を行う。Snoop Module[2]は基地局にエージェントを配してコネクションを監視すること

により、無線端末からの再送要求を有線側からのものと区別してそれぞれ処理を行う。ECN (Explicit Congestion Notification) [3]と ELN (Explicit Loss Notification) [4]は有線リンクと無線リンクで生じたロスをそれぞれ示すビットを設けることにより無線リンクのパケットロスを有線リンクのものと違うフロー制御を行う。これらの手法の共通点は有線の輻輳によるパケットロスと無線リンクエラーによるパケットロスを区別して処理することである。一旦無線リンクのパケットロスが分かれば、それに対してただ単純に輻輳制御を行わないようにしている。しかし、無線端末の移動により電波環境が大きく変り、提案された手法ではこういった変化に対応したデータフロー制御機能がなかった。

3. 提案方式

本研究では受信電力と雑音電力の比 (SNR) を電波環境の指標として用いる。端末の移動による SNR が低下する場合、無線ネットワークにおける転送誤り率が上昇し、利用可能な帯域が狭くなることが生じる。我々は TCP の 1 送信ウィンド内に 1 パケットロス以下の場合に対して電波環境が

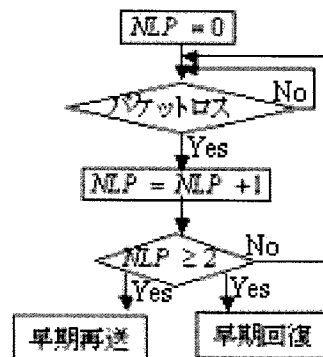


図1. フロー制御の流れ

* Improving TCP Performance With SNR Congestion Control
Method Over Wireless Links

Bing Zhang, Kazuo Hasuike

ATR Adaptive Communications Research Lab.

良好だと考えて、輻輳ウィンド縮小などの動作が行わない。一方、1 送信ウィンド内に 2 パケット以上のロスがある場合に対しては電波環境が著しく劣化しているとみなして輻輳制御と同じ動作を行うフロー制御方式を提案する(図 1)。

4. シミュレーション実験

提案したデータフロー制御方式の有効性を検証するため、ネットワークシミュレータ NS-2[5]を用いて、計算機シミュレーション実験を行った。実験で用いたネットワークモデルは図 2 に示す。

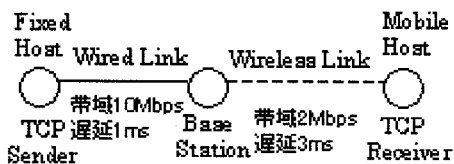


図2. ネットワークモデル

ビットエラーモデルは SNR の関数である DPSK 信号の平均エラーレート[6]を用いる。図 3 より SNR が -10dB ~ -15dB の範囲において提案方式の平均 Sequence Number(Kbytes, 50 秒間、200 回)と Reno-TCP のものを比べて、最大 2 倍ほど向上したことが分かった。さらに、図 4 は提案方式と Reno-TCP の送信ウィンドウサイズの変化を示す。本方式は Reno-TCP の輻輳制御によるウィンドウサイズが大きくなりすぎないように生じたスループットの悪化を大幅に改善した。

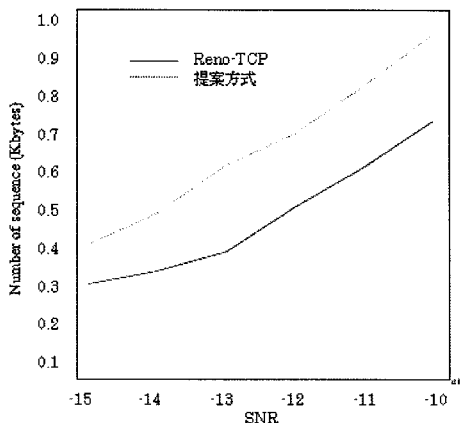


図3. TCP の平均 Sequence Number.

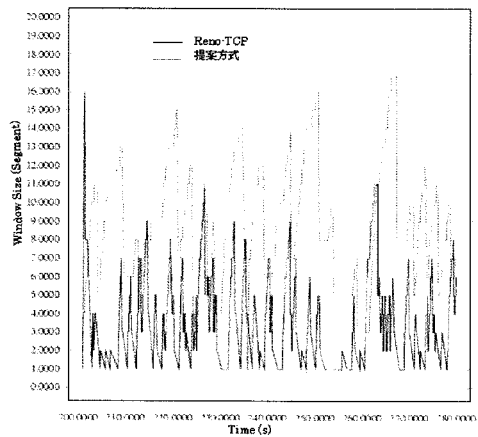


図4. ウィンドウサイズの変化

5. まとめ

本稿では無線電波環境に対応したデータフロー制御を行うために、SNR を指標として用い、1 送信ウィンド内に複数パケットロスが発生する場合においては輻輳処理と同じ早期再送と早期回復を行う方式を提案した。今後、SNR による帯域の変化を考慮したフロー制御方式を提案する必要がある。

参考文献

- [1] A. Bakre, B. R. Badrinath, "I-TCP: Indirect TCP for Mobile Hosts," Proc. 15th ICDCS, May, 1995.
- [2] H. Balakrishnan, S. Seshan, and R. H. Katz, "Improving Reliable Transport and Handoff Performance in Cellular Wireless Networks," ACM Wireless Networks 1(4), Dec. 1995.
- [3] IETF-RFC2481, "A Proposal to Add Explicit Congestion Notification(ECN) to IP", Jan. 1999.
- [4] H. Balakrishnan and R. H. Katz, "Explicit Loss Notification and Wireless Web Performance." Proc. IEEE Globecom Internet Mini-Conference, Nov. 1998.
- [5] UCB/LBNL/VINT Network Simulator ns (version2), <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>.
- [6] Theodore S. Rappaport, "Wireless Communications: Principles & Practice," Prentice Hall, 1996.