

# ボトルネックリンクにおける TCP ウィンドウ制御の一検討

9812053 蔣 明  
(指導教員：屋代 智之 助教授)

## 1. はじめに

インターネットの普及に伴い、アクセス環境はPP-Pによるダイヤルアップ接続など多種多様になりつつある。このようなアクセス環境では、ユーザごとに帯域が割り当てられる場合が多い。しかしながら、現在のインターネットにおけるトランスミッションプロトコルであるTCPは帯域の共有を前提としているため、リンクレイヤの帯域と無関係なフロー制御手法を用いている。また、アクセス系はバックボーンに比べ狭帯域であるため、その帯域を有効に利用する事が求められている。本研究では、現行のTCPのアルゴリズムを用いつつ、リンクレイヤの帯域情報を反映させることで、アクセスリンクの狭い帯域を有効に利用するための手法を検討する。

## 2. 現行 TCP におけるフロー制御の問題点

現行TCPはウィンドウサイズを制御することで、セッションのフローを管理している。輻輳ウィンドウは、時々刻々変化する帯域を常に最大のスループットで利用できるように、重複ACKが到着しない限り単調に増加する。そのため、PPPなどのようにリンクレイヤの帯域がステップ関数的に変化するボトルネックリンクが通信路に存在するとき、輻輳状態が定期的に発生する。

$$\text{送信レート [byte/sec]} = \frac{\text{WindowSize[byte]}}{\text{RTT[sec]}} \quad (1)$$

ここで送信レートは単位時間内の送信量であり、送信ウィンドウとRTT(Round Trip Time)を用いて、式(1)で与えられる。すなわち、RTTがほぼ一定である時、送信レートは送信ウィンドウサイズに比例する。送信レートがボトルネックリンクの帯域を越えた時、TCPの再送制御が行われるため、上位レイヤでのスループットは低下する。

## 3. 受信ウィンドウを用いたフロー制御の検討

本研究では受信ウィンドウサイズを、受信者のボトルネックリンクの帯域に比例したウィンドウサイズにする。すなわち、送信レートがボトルネックリンクの帯域以上にならないようにする。また、ボトルネックリンク以外のリンクで輻輳状態が発生したときは、TCPの輻輳制御が行われる。

図1はホストとルータの間がボトルネックリンクになっている場合を示している、ボトルネックリンクに接続しているルータはデータ受信ホストが利用できる帯域(最大送信レート)とRTTから式(1)を用いて理想的なウィンドウサイズを決定する。送信ホストが送信したパケットのウィンドウサイズを比較した上で、その最小値をパケットの送信ウィンドウに書き換える。ボトルネックリンクに接続してい

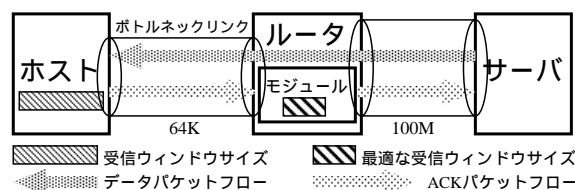


図 1: ウィンドウ制御手法

るルータへ適用する場合、受信ホストに手を入れる必要はない。ただし、本提案はシングルコネクションの場合のみ適用できる。

## 4. 実装評価

ルータにおける実装にはFreeBSD4.4を用いた。ホストとルータの間の帯域および遅延はFreeBSDのDUMMYNETによってシミュレートした。受信ウィンドウサイズの書き換えはカーネルモジュールであるIPFILTERを改良し行った。図1におけるホストとルータの間の帯域を64Kbit/sとして、200KbyteのファイルをFTP転送する時のトランスポートレイヤのシーケンス番号の時間変化を測定した(図2)。RTTの平均は49msである。図2における現行TCPの場合はパケット損失が発生し再送制御が行われる。このため送信レートが低下してしまう。これに対して提案手法の場合はデータがほぼ一定の送信レートで転送される。シーケンス番号の変化から、本研究で提案した手法が現行TCPより短時間で同じサイズのデータを受信できる事が分かる。

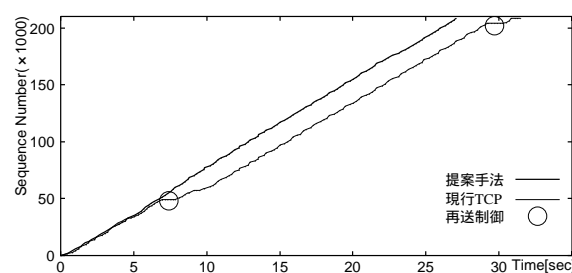


図 2: シーケンス番号の変化

## 5. まとめ

本研究では、ボトルネックリンクの帯域情報を用いて、送信ウィンドウサイズに上限を設けることで、現行TCPより効率的な制御手法を検討した。

### 参考文献

- [1] J. Postel, "Transmission Control Protocol", RFC793, Sep. 1981.