

STDMA に適した TCP 制御方式の提案と評価*

小山 敬士[†] 矢向 高弘[‡]慶応義塾大学 理工学部 システムデザイン工学科[§]

Mar.26 2003

概要

本稿は、周期的にネットワークが使用できなくなるような状況においても適切に働くフロー制御方式を目指している。まずシミュレーションにより既存のフロー制御方式の挙動を解析し、ついで改善点の提案を行う。

1 はじめに

近年のインターネットの発展により安価に高速通信が可能となった。そこで現在、インターネットなどのマルチホップネットワークを介して、ロボットの遠隔制御を行うことに取り組んでいる。一般にロボットなどの遠隔制御には一定のサンプリング周期で制御信号を送受信することが求められるが、ベストエフォート型のマルチホップネットワークではルータでの遅延時間が一定に保証できないため、送信周期が一定であっても受信周期に揺らぎが生じてしまう。また既に幾つか提案されている QoS 保証型のネットワークでも、QoS の指標が比較的長い単位時間あたりの転送量で定められる帯域を保証するだけであるため、この遅延時間の揺らぎを低減することは期待できない。

そこで我々は、ベストエフォート型の通信と通信遅延保証型の通信とをマルチホップネットワーク全体で時分割多重化するという同期型時分割多重化方式 STDMA (Synchronous TDMA) を提案している [1]。これを用いることにより通信遅延を保証することは可能である。しかし、通信遅延保証型の通信のために定期的にネットワークが使用不可能となるような状況において、ベストエフォート型の通信のフロー制御が適切に働き、十分なスループットが得られるかどうかを検討する必要があるが生じた。

2 同期型時分割多重化方式

同期型時分割多重化方式 STDMA は、マルチホップネットワーク上で通信遅延時間を保証するための通信制御方式である。STDMA の挙動を図 1 に示す。図示されたネットワーク上でノード 2 とノード 5 が通信遅延の保証が必要なりアルタイム通信を行うことを予約している。すると STDMA は、当該リアルタイム通信が行われる時間帯だけネットワーク全体で同期してタイムスロットを割り当て、他の通信がルータや回線を利用しないことを保証する。他方、タイムスロットが割り当てられていない時間帯は、ベストエフォート型通信に捧げられ、どのノードがパケットを送信しても構わない。前者の時間帯を実現するネットワークの状態を排他モード (exclusive mode)、後者の時間帯は共有モード (shared mode) と呼ばれている。これら 2 つのモードを周期的に切り替えることにより、STDMA はベストエフォート型の通信と通信遅延保証型の通信とを多重化する。

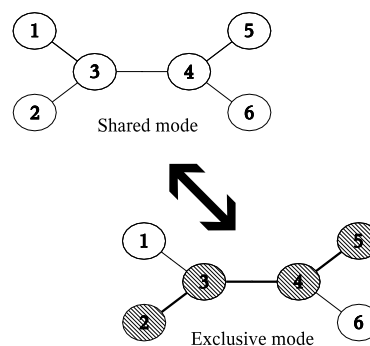


図 1: STDMA の概略図

*Proposal and Evaluation of TCP Control Mechanism for STDMA

[†]Takashi Koyama[‡]Takahiro Yakoh[§]Department of System Design Engineering Keio University

3 TCP のフロー制御

TCP は、コネクション型で、信頼性のあるプロトコルである。両端のホスト間でデータの到達性を保証するために、送信途中でデータ損失が生じた際の再送機構や、パケットの順序が入れ替わって到着した場合の順序入れ替え制御機構が含まれている。さらに、本稿の着眼点でもある、ネットワークの輻輳回避と帯域の有効利用を司るウィンドウ制御機構を備えている。

ネットワークの利用状況に適応するために、TCP のウィンドウ制御機構はこれまで様々な評価と改良が重ねられてきた。しかし、周期的にネットワークが使用不可能になる状況に適応するかどうかという評価は行われていなかった。

そこで、STDMA の共有モードに TCP フローを流し、ウィンドウ制御が適切に行われるかどうかを評価する。

3.1 シミュレーション評価

STDMA が通常のインターネット通信にどのような影響を及ぼすかを調べるために、2つの条件下でシミュレーションを行った。STDMA の排他モードが開始する際に TCP パケットが送信途中であるとき、そのパケットを棄却する方式と、物理層でパケットを保持しておいて排他モードが終わった時点で再送する方式である。シミュレーションはフリーのシミュレータである The Network Simulator[2] を用いて、図 2 のようなトポロジによるシミュレーションを行なった。

なお、ネットワークを毎秒 1 ミリ秒間切断することで排他モードを残りの 999 ミリ秒を 2 ノード間の通信に充てることで共有モードを想定した。

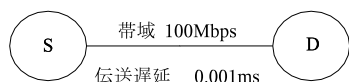


図 2: シミュレーションで用いたトポロジ

棄却方式の結果を図 3 に示す。棄却方式ではウィンドウサイズが成長と撤退とを繰り返して 80% 程度のスループットしか、実現することができない。

再送方式の結果を図 4 に示す。再送方式では TCP 層で行なう必要がないので、効率良く通信を行なうことができ、90% 以上のスループットを実現することができた。

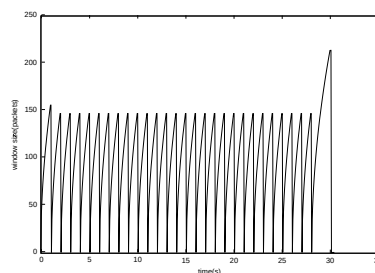


図 3: ウィンドウサイズの変遷 (棄却方式)

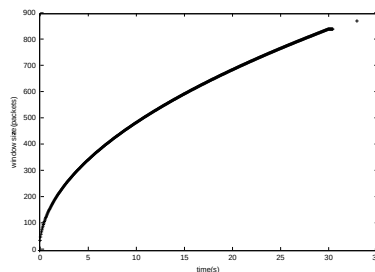


図 4: ウィンドウサイズの変遷 (再送方式)

4 結論

STDMA が通常のインターネット通信に与える影響を 2 つ条件下でシミュレーションにより評価した。

その結果、物理層でパケットを保持しておき、排他モードが終わった時点で再送する方式がスループットを落さずに通信を行なえることが確認できた。

このような仕様を満足する物理層を構築することが当面の課題である。

また、今回は 2 ノード間の通信をシミュレーションしたためラウンドトリップタイムが小さいことを想定して、TCP の再送タイムアウト値を 0.01 秒に設定した。

しかし、ネットワークに輻輳が生じ、ラウンドトリップタイムが増加すると、TCP は無駄な再送を繰り返してしまうという問題がある。

そこで、今回評価した方式をラウンドトリップタイムの変動が起こりうるネットワークに対しても評価する必要がある。

参考文献

- [1] Takahiro Yakoh, Synchronized TDMA Multi Hop Network to Stabilize Transimission Time, IEEE International Conference on Industrial Electronics, Control and Instrumentation (IECON-2002), p.2903-2908, November 2002.

- [2] <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>