

L-002

動的帯域制御を用いたデータ収集システム

Data Acquisition System with the Dynamic Bandwidth Control

元山 裕基†
Hiroki Motoyama

長坂 康史‡
Yasushi Nagasaka

1. はじめに

高エネルギー物理学実験の規模の拡大とともに、実験に用いられるデータ収集システムの規模も拡大している。その規模と共にシステム内で発生するトラフィック量も増加しており、このトラフィックを効率よく処理することがシステムの処理性能向上には重要である。

データ収集システムにおいて、トラフィックを効率よく処理する方法の1つとして、QoS(Quality of Service)保証技術の有効性が確かめられてきている。膨大な量のトラフィックが引き起こす問題としてネットワークの輻輳が挙げられるが、QoS 保証技術を用いて帯域制御を行うことにより、発生するトラフィック量を制限し、ネットワークの輻輳を防ぐことができる[1]。

この場合、トラフィックが使用する帯域を制限するために QoS 保証技術が使用されている。本研究では QoS 保証技術のプライオリティスケジューリングに着目し、トラフィックの使用帯域を動的に制御することでシステムのスループットの向上を図る研究を行った。

2. QoS

QoS 保証技術とは通信における品質を保証する技術である。その基礎技術として帯域制御技術があり、これによりトラフィックが使用する帯域を制御することが可能になる。

帯域制御は通常、ネットワーク上のノードがパケットを送信する際にパケットを帯域制御機構に通すことで実現される。帯域制御機構内ではスケジューラがキューで待機しているパケットのスケジューリングを行っているが、そのアルゴリズムには様々なものがある。その中で、プライオリティスケジューリングはパケットを優先度別に選別し、優先度の高いパケットから先にネットワークへ送信する。また、優先度の低いものは高いパケットが全て送信されるまで、キューの中で待機する。このように、プライオリティスケジューリングでは、優先度の高いトラフィックは優先的に帯域を使用することができ、優先度の低いトラフィックは高いトラフィックが帯域を使用していないときのみ帯域を割り当てられる[2]。

本研究ではこのアルゴリズムを使用した帯域制御をデータ収集システムへ適用し、スループットの向上を図る。

3. データ収集システム

本研究で想定しているデータ収集システムの概要を図1に示す。このシステムは測定器から得られた測定結果を送信する送信ホストとそれを受け取る受信ホストがともに複数あり、それらがスイッチングネットワークに接続されて

いる。

データ収集システムでは、実験における事象をイベントとしてそのイベントごとに複数の測定器からの測定結果を1つのホストにまとめ、リアルタイムに分析する必要がある。図中の送信ホストは測定結果をイベントフラグメントとして送信し、受信ホストはそれを受信して1つにまとめる役割を持つ。トリガはイベント発生を送信ホストに対して通知するもので、その通知を受けた送信ホスト群は同一の受信ホストに向けて一斉にイベントフラグメントを送信する。また、このシステムではイベントフラグメントを受け取る受信ホストはイベントごとに変更される。例えば、あるイベントの受信ホストが受信ホスト1であった場合、次のイベントは受信ホスト2が、その次は受信ホスト3が受信ホストになるように変更していく。

イベントフラグメントを送信する際に使用するプロトコルはUDPを使用しており、そのため再送制御をアプリケーション層で行っている。受信ホストはフラグメントを受け取ると肯定応答を送信ホストへ返す。送信ホストはフラグメントを送信した後、一定時間以上肯定応答がなければフラグメントを再送する。この処理を肯定応答が得られるまで繰り返し、フラグメントの損失を回避する。

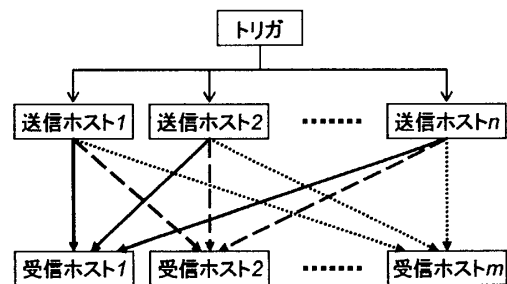


図1 データ収集システム概要

4. 帯域の動的制御

本研究で想定しているデータ収集システムは多対多のシステムであるが、複数の測定器から得られた測定結果を1つのマシンに集約する一般的なイベントビルダシステムであるため、システム内で行われる通信は多対一である。そのため、トラフィックが1つの受信ホストに集中し、システム全体の帯域を有効的に利用できない可能性がある。そこで、本研究では、送信ホストと受信ホストの間にルータを置き、このルータ上でトラフィックを分散させるよう帯域制御を行う。

そのシステム構成を図2に示す。送信ホスト群はイベントの発生ごとに1つの受信ホストへイベントフラグメントを送信するが、それはイベントごとに同一のルータを経由する。ルータは同一の受信ホストへ向かうトラフィック群を1つのグループとして管理し、グループ内で1つのトラフィックだけスケジューリングの優先度を高くする。その

† 広島工業大学大学院工学研究科情報システム工学専攻,
Graduate School Engineering, Hiroshima Institute of Technology

‡ 広島工業大学工学部知的情報システム工学科,
Hiroshima Institute of Technology

ため、優先度の高いトラフィックの送信ホストは他の送信ホストよりも早くイベントフラグメントの送信を終えることができる。送信を終えたホストは新しくイベントが発生していれば、そのイベントのフラグメントを送信する。また、受信ホストはフラグメントを1つ受信するごとにルータに対してその旨を通知する。そして、ルータはグループ内のまだフラグメントを送信しているものの内、1つのトラフィックの優先度を高くする。

優先度を高くする順番を全てのルータで統一し、この処理を繰り返すことで、送信ホストはその順番にイベントフラグメントの送信を終えて次の送信に取り掛かるようになっていく。すなわち、ある時点において各送信ホストが送信しているイベントフラグメントはそれぞれ異なるイベントのものとなり、送信ホストに余計な処理をさせることもなく、自動的にトラフィックは分散されていくはずである。

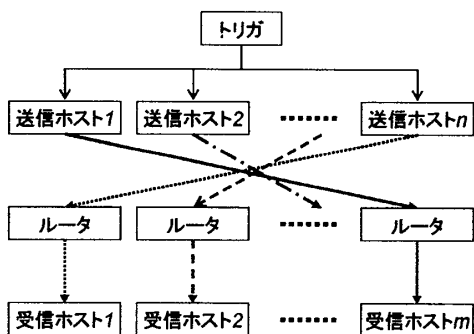


図2 動的帯域制御概要

5. システムの評価

送信 PC2 台、受信 PC2 台の2対2のシステム構成でシステムの評価を行った。その構成図を図3に、マシン仕様を表1に示す。

このテストシステムにはトリガがないため、トリガからのイベント発生時の通知は来ない。そこで、送信 PC はイベントが常に送信 PC で保留されている状態をエミュレートするようにしている。すなわち、各送信 PC は1つのイベントフラグメントを送信するとすぐに次のフラグメントの送信を始める。また、発生するイベント数は2万回とし、再送制御のタイムアウト時間は50msとした。

図4のグラフはそのシステム全体のスループットを示したものである。グラフ中のNoQoSが帯域制御を用いない

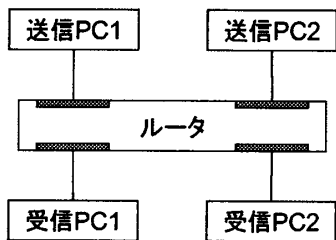


図3 テストシステム構成

表1 マシン仕様

	送信PC1,2	受信PC1	受信PC2	ルータ
CPU	Celeron 1200MH	Pentium II 400MH	Pentium II 333MH	Xeon 2.4GH
Memory	128MB	256MB	281MB	1GB
NIC	RealTek RTL8139	3Com 3c950C-TX	RealTek RTL8139	Intel Pro/1000 RealTek RTL8139
Kernel	USAGI Stable 5	USAGI Stable 5	USAGI Stable 5	USAGI Stable 5

場合、QoSが帯域制御を用いた場合のスループットを示している。データサイズが約10kB以下のとき、帯域制御を用いた場合の方が用いない場合よりもスループットは若干低くなっている。これは、データサイズが小さい場合、データの転送にかかる時間が短いため、パケットがルータ上のキューで待機している時間も短く帯域制御による影響が小さいことが原因として挙げられる。また、その時間に対してデータ受信通知や優先度の切り替え等にかかる時間が大きいこと、それらの処理にオーバーヘッドがかかってしまうことも原因であると考えられる。

しかし、データサイズが10kB以上の場合では帯域制御を用いた場合の方が高くなっている。完全ではないがトラフィックの分散に成功し、帯域制御を用いない場合よりもシステム全体の帯域を多く使用できていることがわかる。

表2はデータサイズが50kBの時に、1つのイベントフラグメントを送信するのににかかった時間の平均値である。帯域制御を用いた場合と用いない場合とを比較すると、帯域制御を用いた場合の方が約1.4ms短くなっている。これは、トラフィックが分散したために、パケットがキューで待機している時間が短くなったためと考えられる。

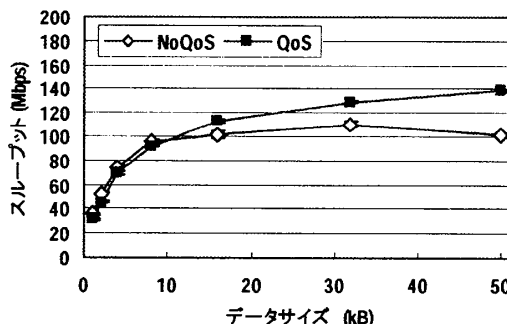


図4 スループット

表2 データ転送時間 (50kB)

	転送時間 (ms)	標準偏差
NoQoS	7.88	1.64
QoS	6.47	0.81

6. まとめ

本研究ではQoS保証技術のプライオリティスケジューリングを多対多のデータ収集システムに適用してシステムの性能向上を図る研究を行った。

その結果、データサイズが小さい場合には効果は得られなかったが、データサイズがある程度大きい場合にスループットが向上する効果が得られた。データサイズが小さい場合において動的帯域制御の効果を得るためには、帯域制御に必要となる処理の時間と負荷の削減が必要であると考えられる。また、これはデータサイズが大きい場合においてより高い効果を得るためにも必要であると考えられる。

参考文献

[1] Y.Nagasaka et al., "Stability of coherent data traffic in a switching network", IEEE Trans. Nucl. Sci., 43(1996)85-89
 [2] R.Guerin et al., "Quality-of-Service in Packet Networks: Basic Mechanisms and Directions", Invited Paper. Computer Networks 31(1996)169-179