

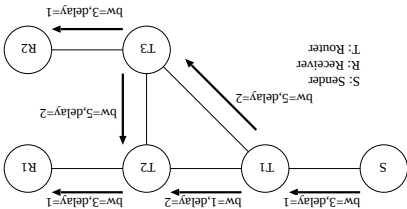
QoS 保証マルチキャストルータの実装と評価

京都大学大学院情報科学研究科
藤川 賢治
fujikawa@real-internet.org
http://www.real-internet.org/
http://www.istb1.kuis.kyoto-u.ac.jp/ppq/
2001/12/22(土)

背景と目的

- 背景
- マルチキャストとQoS保証の実現が望まれている
 - QoSとして帯域と遅延、パケットロス率を考える
 - IntServのGuaranteed ServiceはWFQ(PGPS)に基づく
 - WFQはフロー数に対してスケラビリティがない
 - ソーティングのためフロー数nに対してO(log n)
 - 遅延時間の過大評価
 - 高速ルータでの実装はほぼ不可能
- 目的
- 初期の待ち行列理論も基づく、より簡単な機構PPQの提案
 - PPQに基づく新しいIntServ CSを提案

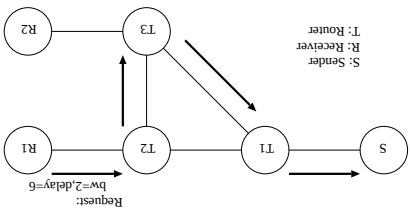
フロー毎のQoSルーティング



- 各ルータが帯域と最大遅延を広告

○ Hierarchical QoS Link Information Protocol(HQLP)の開発

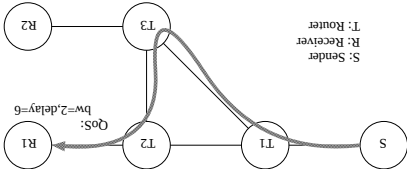
フロー毎のQoSルーティング(2)



- 受信者は要求を満たす経路を選んでマルチキャストを送信

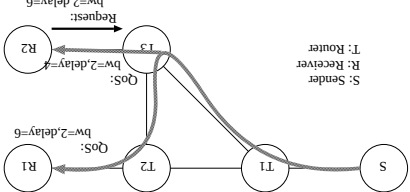
○ Simple Resource Reservation Protocol(SRSVP)の開発

フロー毎のQoSルーティング(3)



- シグナリングの逆向きにデータパケット送信
- QoS保証(遅延と帯域保証)を実現

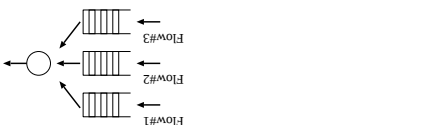
マルチキャスト



- 同じフローに対する要求の場合シグナリング統合

WFQ問題点

- 帯域を100%使い、パケットロスは起こさない
- フローごとにキューを持つため、

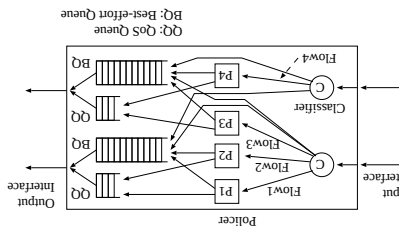


- ソーティングを行うため、フローの数をnとするとパケットの処理にlog(n)の時間がかかる

- 現実の高速ルータでは実装できない
- 遅延時間の過大評価

WFQの問題点(2)

- しかしインスターネットでは
 - バストエフォートフローも必要
 - 帯域をQoSフローで100%使いきる必要はない
 - そもそもビット誤りによるパケットロスは不可避
 - 同程度のパケットロスがキューで生じてても問題ない
 - 実時間AV伝送では、遅れて届くくらいなら棄てられても同じ
- PPQの提案

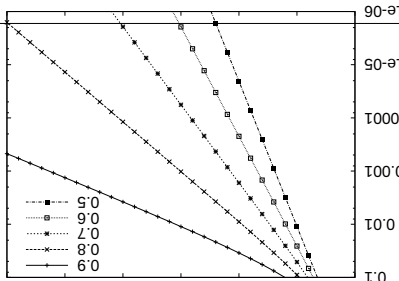
Policed Priority Queuing(PQ)	
□キューはQoS用とベストエフォート用の二つだけ □QoSキューは絶対的な優先度も持つ □フロアーごとに予約帯域違反していないかポリシング □キューは構成しない □フロアー数に依らず一定の処理時間	
	

M/D/1/K の解析	
$\lambda(i)$: 各フロアーの平均到着間隔 $\lambda = \sum \lambda(i)$: ある出力キューへ到着するフロアー全体の平均到着間隔 μ: 出力インタフェースの処理能力 $\rho = \lambda / \mu$: 利用率 K: 最大キュー長 $\rho < 1$ に保つ	

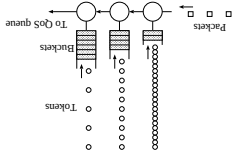
遅延	
K/μ ($K=26$, $MTU=1280$bytes のとき) □100Mbps で 2.6msec □1Gbps で 260 μ sec □10Gbps で 26 μ sec ジッタ (Queuing delay) は高速リンクでは無視できる □逆に低速リンクではWFFQの方が有利	

トータクンバクツトポリシングの問題点	
理由 □トータクン追加レート大 → 帯域違反トラフィックも通過してしまう □バクツトサイズ大 → パーストするトラフィックも通過してしまう □レートもバクツトサイズも小 → 適正トラフィックのバクツトも大量に破棄される 多段トータクンバクツトポリシングの提案	

M/D/1/K待ち行列モデル	
□各フロアーが指数分布(ポアソン過程)かそれよりバースト性が小さく上流から流されるとする □フロアーを混ぜたものも全体もポアソンかそれよりバースト性が小さい □バクツト出力は一定時間 □MTUは(Pv6 も考えて)1280とする QoSキューの振舞いは M/D/1/K として扱える	

バクツトロス率	
□以下の条件を考える ○最大キュー長26 ○予約は合計で80%まで認める バクツトロス率$L=10^{-5}$を各フロアーに対して保証 	

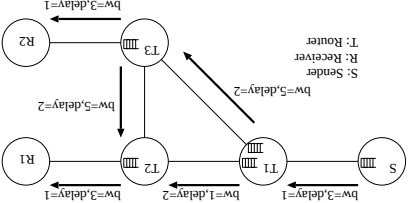
PPQ のポリシング手法	
要件 □フロアーのレートを予約帯域程度に抑制すること □フロアーのバースト性を抑制すること □第一種の誤り率が低いこと □ポリシングとはトラフィックがボアソンかどうかの検定 ○確率的にしか検定できないため第一種誤りは避けられない ○方針: キュー溢れによるバクツト損失率を十分下回るようにする 検定としてトータクンバクツトの利用を考える □実装が容易	

多段トータクンバクツトポリシングの提案	
□サイズとトータクン追加レートの異なるバクツト複数用意 □バクツトが届いたときに、すべてのバクツトにトータクンがある場合に通過、それ以外では破棄する  □バスマータは、各バクツツで10^-6程度の第一種誤り率になるよう調整 ○M/D/1/Kの解析結果が使える ○深さ60 レート1.1倍、深さ5 レート10倍など求まる	

フロー毎の QoS 保証のまとめ

- キューは二つ、フロー毎のポリシング
- 例えばQoSキューのキュー長は26
- 80%の帯域までしかQoS(帯域)予約を認めない
- 残りの20%はベストエフォートで消費
- リンクは常に有効に利用される
- ポリシングは確率的でよい
- パケットロス率10~5
- 高速リンクでは遅延は無視できる

広告内容の詳細

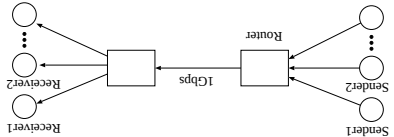


- 各ルータは
- 10~5以下のパケットロス率を保証
- キュー長とρを自由に設定
- End-to-endでは10~3以下程度のパケットロス率
- リンクの残り帯域と、キューイング遅延を含めた最大遅延を広告

Comfortable Service (CS)

- パケットを
- ホッピングかよりバースト性が低いトラフィックパターンで送ると
- 10~3以下のパケットロス率で
- 経路上の伝送遅延と各ルータでのK/μの遅延を合計した遅延で
- パケットが到着
- 各ルータは10~5のパケットロス率を達成するKとμを自由に選べる

QoS保証実験(100Baseでポリシング)



- 結果
- 4.5Mbpsのフローを160本(720Mbps)分シナリシグ
- 3台の送信者から4.5Mbpsのフローを50本(225M)送信
- 10台の帯域違反者から9Mbpsのフローを110本(990M)送信

- QoS保証フローはベストエフォートフローに優先
- 100Baseで3msec, 1Gbpsで0.5msec以下の遅延
- QoS保証フローが帯域違反しても、帯域を守っているQoSフローには影響を及ぼさない

QoS保証実験(補遺)

- 違反パターン
- 2倍の帯域違反
- 15パケット(17レベル)バースト
- 上記二つの混在
- 半分のフローが帯域違反、半分のフローがバースト
- 2倍の帯域で30パケットずつバースト転送

いずれの場合も正常なフローへの影響はなかった

PPQのハードウェアルータへの実装



- バックプレーン
- 4Gbps
- インタフェース
- 100Base×16
- 管理可能フロー数64
- 1000Base×2
- 管理可能フロー数256(メモリの追加により最大1000)
- 128バイト以上のパケット長でフルワイヤースピードを達成

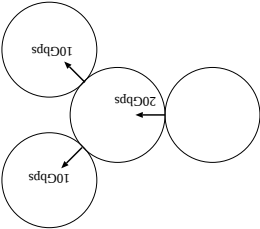
同期問題

- 問題点
- フロー同士が同期するとうまくいかない
- 解決策
- 各フローは同期しないように出すことが求められる
- 送信者がアクセス網のルータがランダムな遅延を不可すればよい
- ところで送信者がトランザクションでシミュレートすると...
- もちろん落ちる
- 落とすモデルだから

End-to-endで10~3のロス率で十分か？

- それ以上のロス率を達成したければFECを併用すればよい
- PPQだけでロス率を上げるより帯域の利用効率も上がる
- ロス率があらかじめ提示されていればアプリケーションが好きなロス率を得ることは簡単
- 重要なのは通信に先立ってロス率が示されること
- フローごとのロス率の要求に網側が応える必要なし

DiffServとの比較

- DiffServでもQoS保証には、フローごとの管理必要
- 
- DiffServのエッジでもPPQは利用可能
- 必ずしもコアでポリシングする必要はないが...
- CSはQoSルーティングとマルチキャストも考えている
- 各ルータでのフローごとの管理は必要
- 各ルータでのポリシングは手間にはならない

まとめと今後の課題

- まとめ
- WFQ(PGPS)の問題点を指摘
- 単純でパケットの取り扱いが定数時間のPPQ提案
- 新しいIntServ, CSの提案
- ハードウェアルータの実装による本方式の有効性を実証
- 今後の課題
- 課金機能の追加
- 仕様策定完了、コアスイッチ完了真近
- ボアソンよりバースト性が低いことの厳密な定義
- 多段のルータを通ったときにもボアソンよりバースト性が低いという性質が保たれるかどうか