
[奨励講演] ストリーミング配信に対する ソフトウェアペーシング方式の効果

高野了成^{1,2}, 工藤知宏¹, 児玉祐悦¹,
松田元彦¹, 岡崎史裕¹, 石川裕^{3,1}, 吉澤康文⁴

1)産業技術総合研究所, グリッド研究センター
2)株式会社アックス 3)東京大学 4)東京農工大学

2006年7月19日 電子情報通信学会
ネットワークシステム研究会@北海道大学

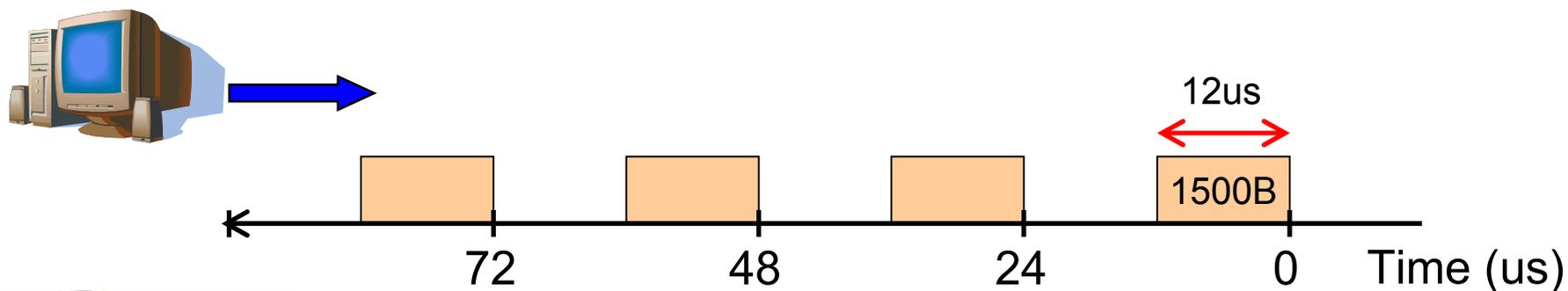


発表の流れ

- ギャップパケット方式によるソフトウェア
ペーシングの実現
 - 「ソフトウェアによる精密ペーシング方式を用いたTCP通信性能の改善」(NS2005-157)
- ストリーミング配信に対する適用
- 実験
- まとめ

精密なパケットスケジューリング(1)

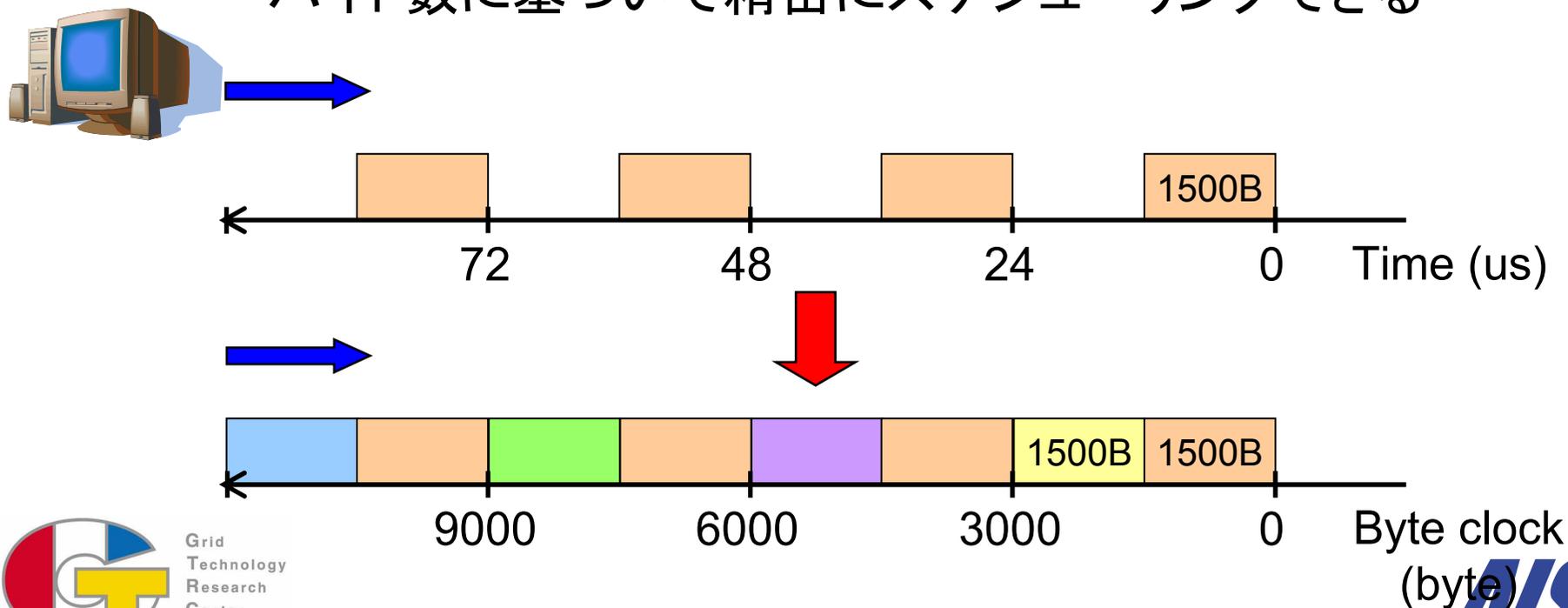
- タイマ割込み駆動方式
 - ギガビットネットワークでは, 精密な制御が困難
 - 1Gbpsで1500バイトの送信に要する時間は12マイクロ秒
 - 一般的なOSのタイマは1~10ミリ秒
 - マイクロ秒の高精度タイマ制御はオーバヘッドが大きい



精密なパケットスケジューリング(2)

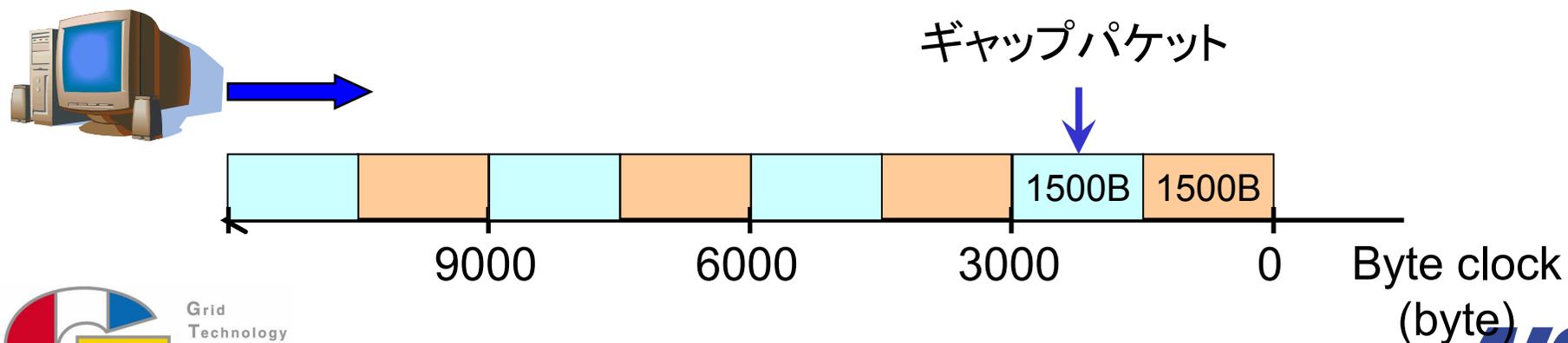
- バイトクロック方式

- 物理的な送信時間は「1バイト=8ナノ秒」と正確
- すべての隙間をパケットで埋めることができれば, 送信バイト数に基づいて精密にスケジューリングできる



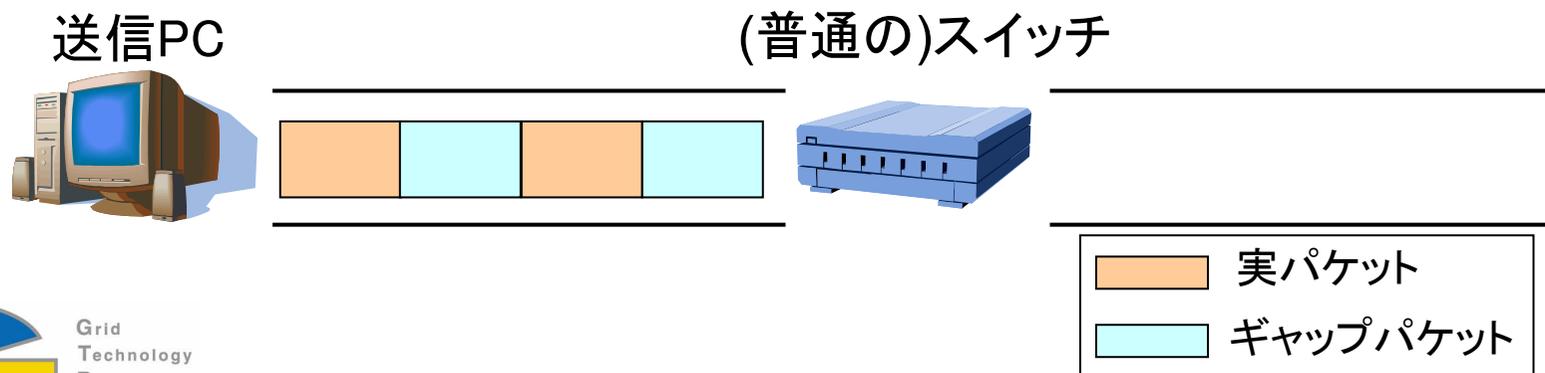
ギャップパッケージ

- 適用可能なパッケージが存在しない場合, **ギャップパッケージ** (ダミーのパッケージ) を挿入する
- 要件
 - ネットワークに対する副作用がない
 - 1バイト単位でパッケージサイズを調整できる



イーサネットにおける ギャップパケットの実現

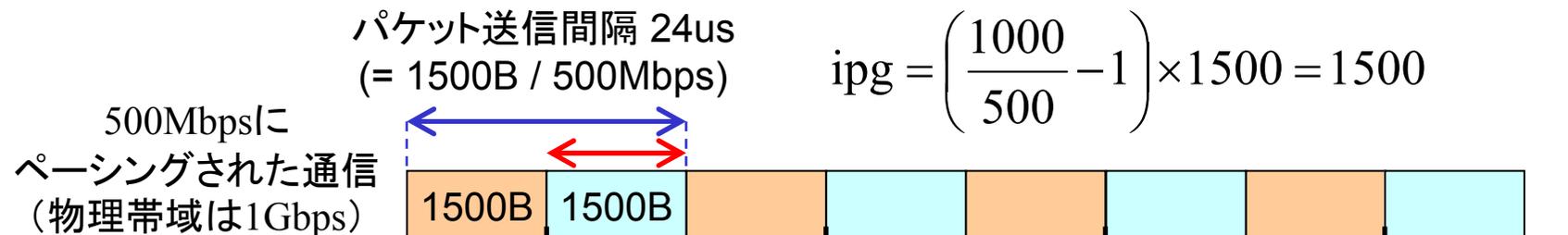
- PAUSEフレーム (IEEE 802.3x規格) の利用
 - 直近のスイッチ/ルータの入力ポートで破棄されるので、外部ネットワークへの影響はない
 - 実パケットの packet 送信間隔は保たれたまま、外部ネットワークへ送出される
 - パケットサイズは64バイト～MTUサイズ



PSPacer

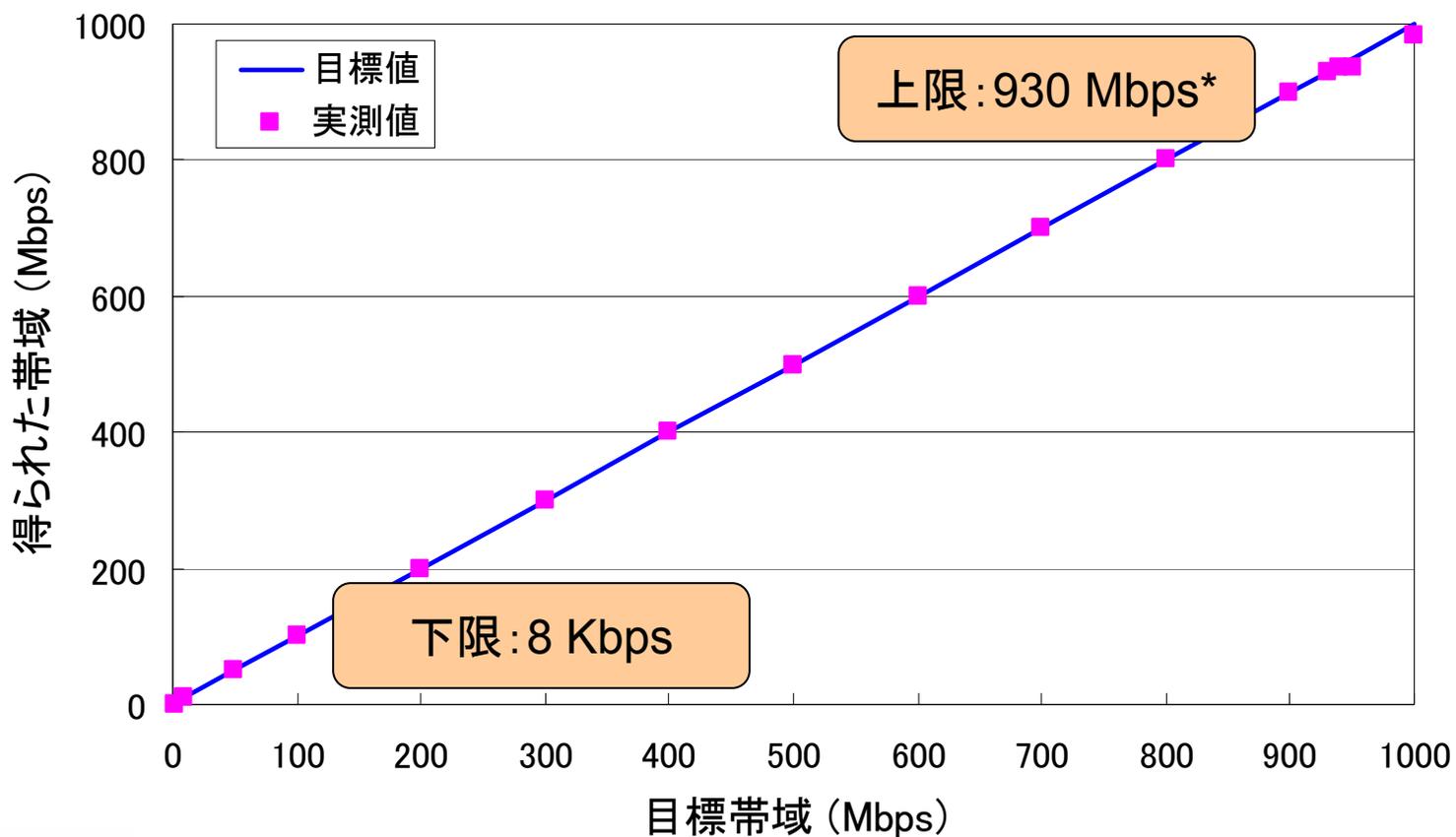
- パケットペーシング: 目標帯域に基づいて, パケット送信間隔を均一に調整する
 - ギャップパケットサイズは, 物理帯域に占める目標帯域の割合を基に計算する

$$\text{ipg} = \left(\frac{\text{max_rate}}{\text{target_rate}} - 1 \right) \times \text{packet_size}$$



PSPacerによる正確な帯域制御

8Kbps～930Mbpsの範囲で制御可能

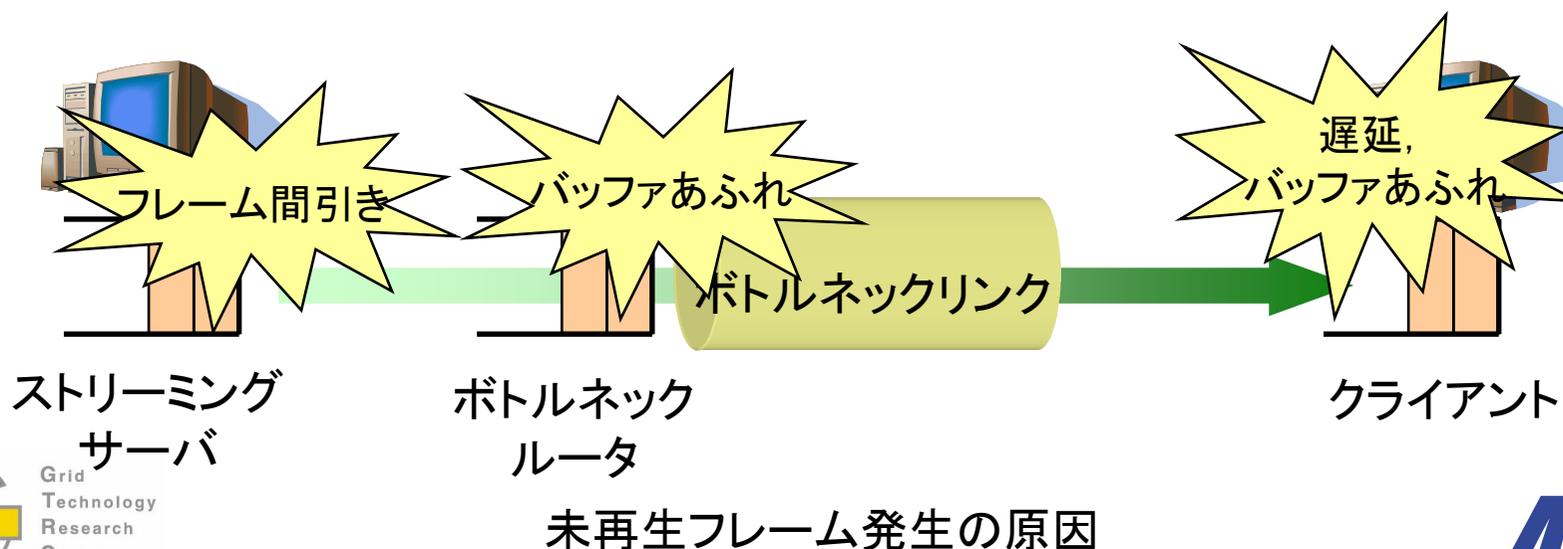


発表の流れ

- ギャップパケット方式によるソフトウェアペーシングの実現
- ストリーミング配信に対する適用
- 実験
- まとめ

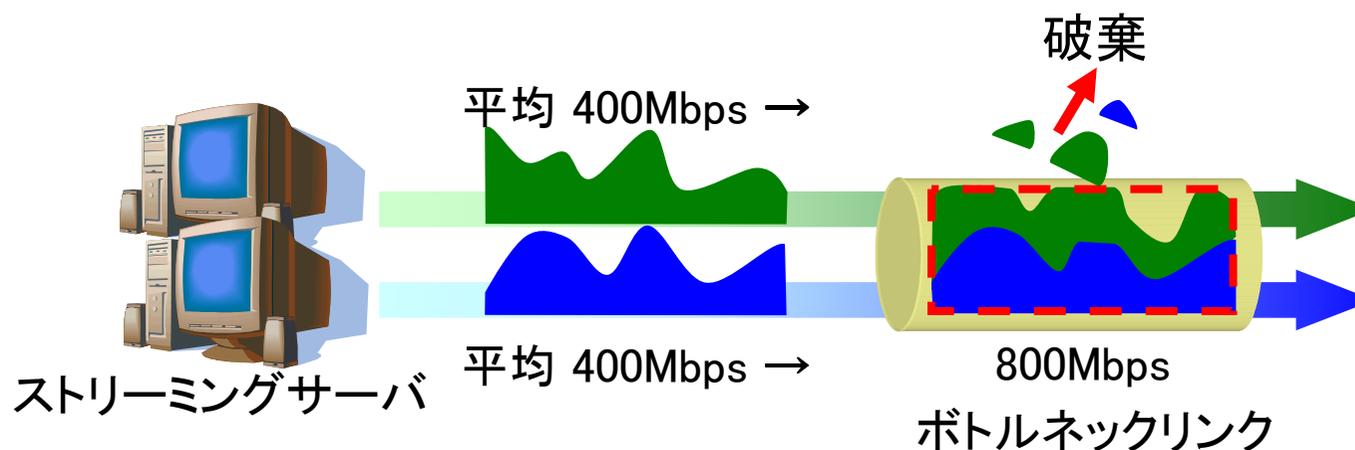
目的

- 規定の帯域を持つ回線により多くのストリームをパケットロスなく配信したい
 - $\text{ストリーム数} = \text{ボトルネック帯域} / \text{平均レート}$
- 配信経路途中のパケットロスを削減したい
 - 送受信バッファは十分あると仮定



問題

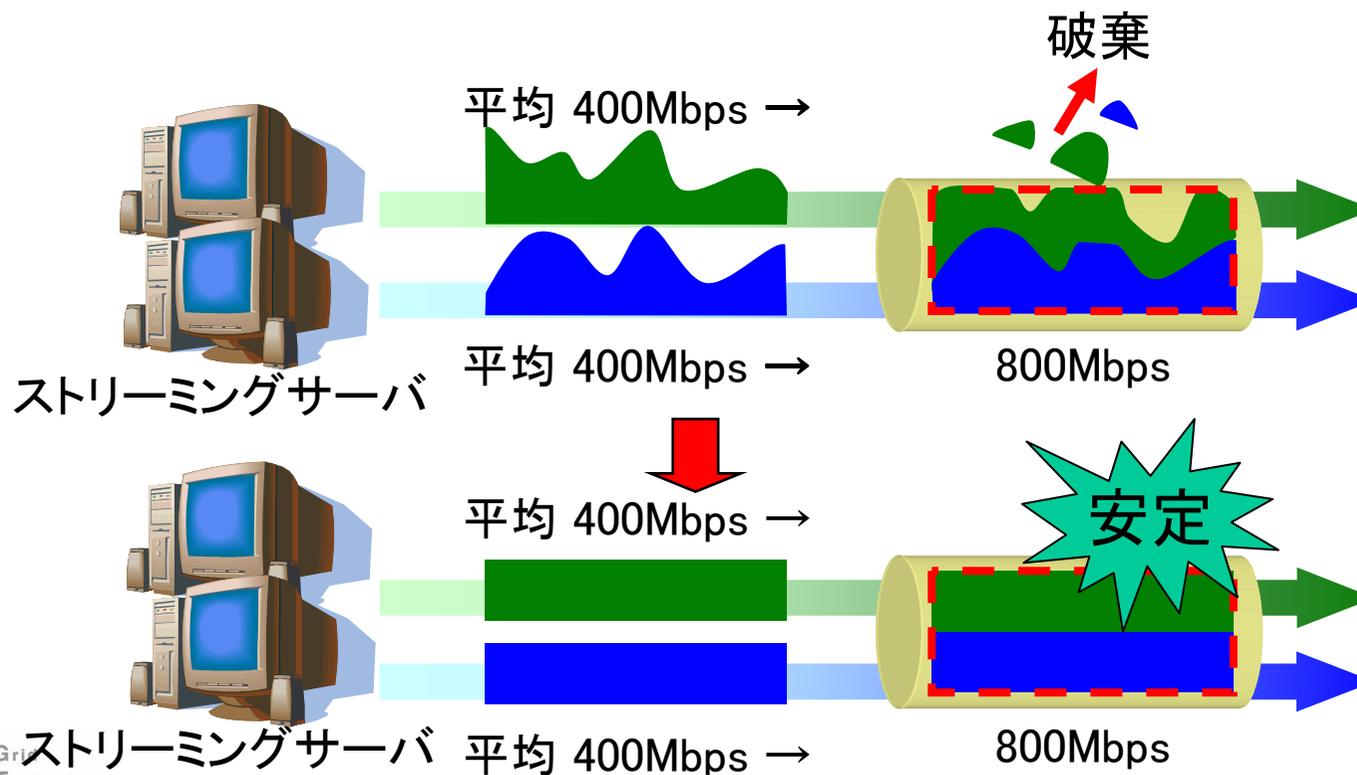
- トラフィックのバースト性により、ボトルネックリンクでパケットロスが発生する



ボトルネック帯域(800Mbps) / 平均レート(400Mbps) = 2ストリーム？

アプローチ

- ストリーミングサーバの出力をボトルネック帯域に合わせてペーシングする

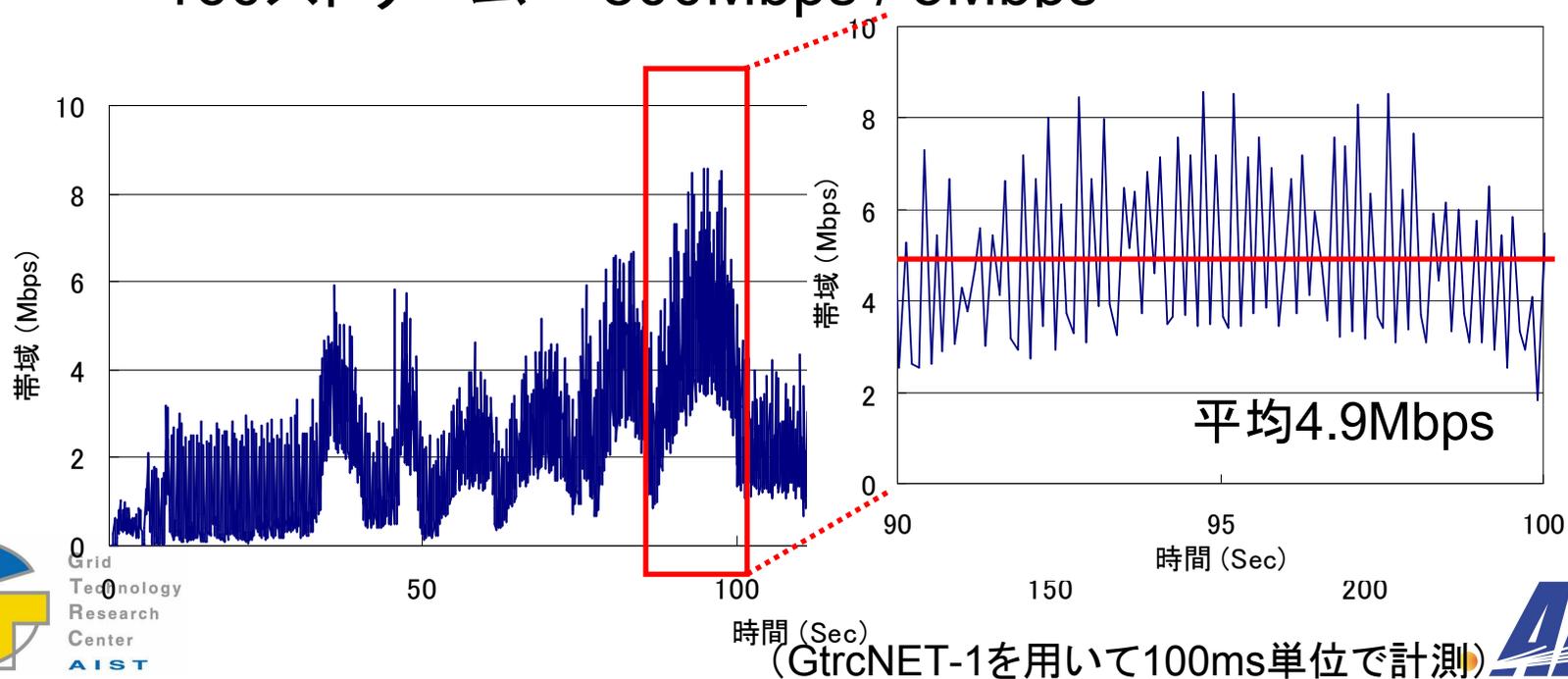


発表の流れ

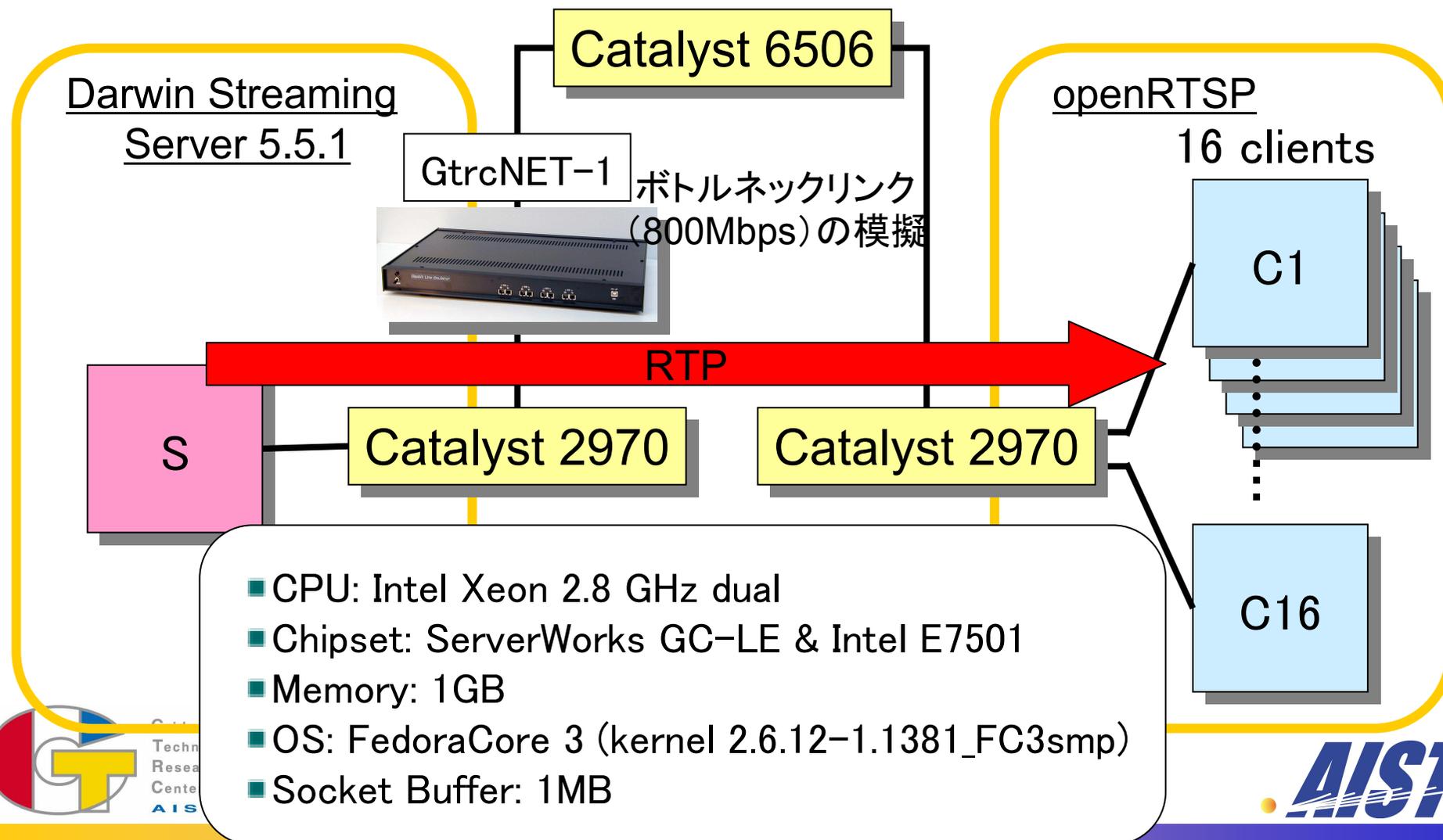
- ギャップパケット方式によるソフトウェアペーシングの実現
- ストリーミング配信に対する適用
- 実験
- まとめ

実験

- ボトルネック帯域: 800Mbps
- サーバ1台
- 1種類のMPEG4コンテンツ(3Dアニメーション)
 - 160ストリーム = 800Mbps / 5Mbps

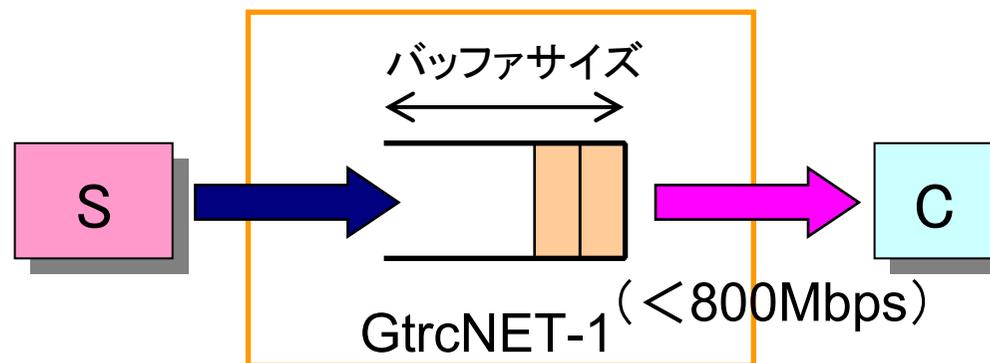


実験環境(1)



実験環境(2)

- ハードウェアネットワークGtrcNET-1によるボトルネックリンクの模擬
 - ボトルネック帯域: 800Mbps
 - ボトルネックルータ
 - バッファサイズ: 64KB, 256KB, 1024KB
 - 64KB: 1Gbpsの入力が2.56ms以上続くとバッファがあふれる
 - Drop Tail方式



結果

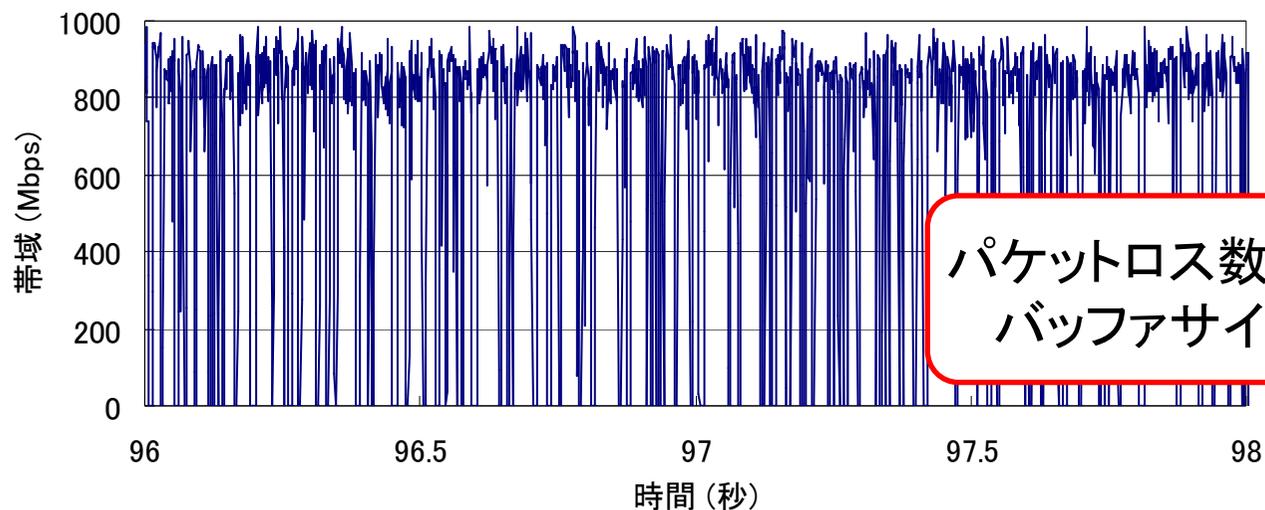
バッファ サイズ	Normal		PSPacer	
	パケットロス	ストリーム数	パケットロス	ストリーム数
64KB	32171 (0.50%)	16	0 (0.00%)	160
256KB	11767 (0.18%)	112	0 (0.00%)	160
1024KB	0 (0.00%)	160	0 (0.00%)	160

パケットロスなしで再生できるストリーム数
(単位は16ストリーム)

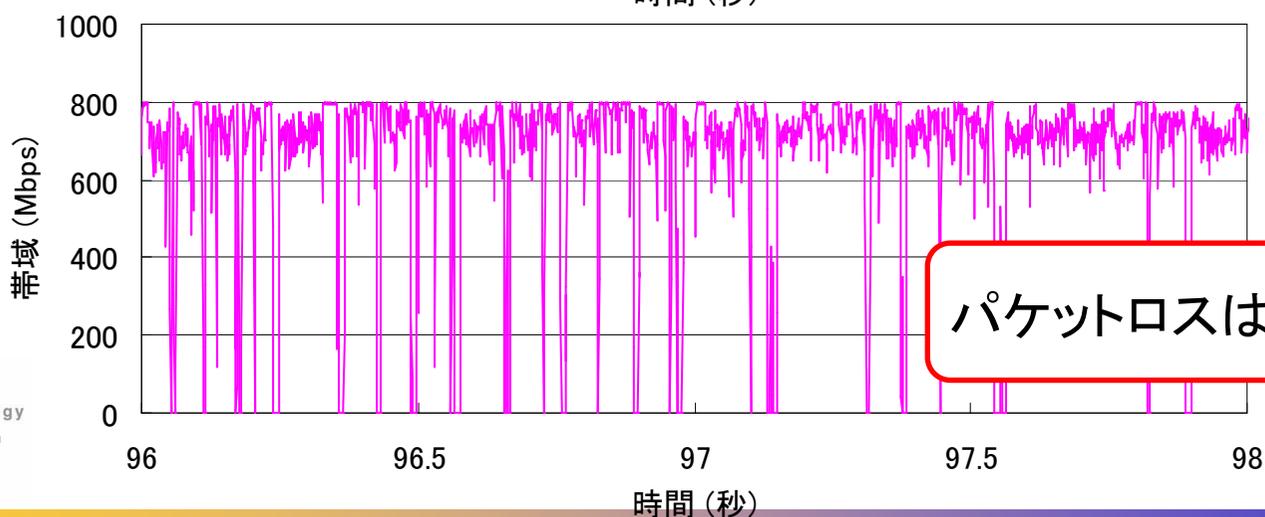
パケットロス数の違いについて

1ms単位でのサーバ出力の帯域(ボトルネック帯域:800Mbps)

Normal



PSPacer



まとめ

- ストリーミング配信に対するペーシングの適用を提案した
- ボトルネックリンクを模擬したネットワーク環境において、ストリーミング配信実験を行った結果、PSPacerを用いることでパケットロスを削減できる

今後の課題

- 目標帯域の見積りの最適化
 - ペーシングによる遅延増加により、サーバ側でフレーム(パケット)が間引かれる
 - 間引きの閾値を基に、(間引きが発生しない)ストリームあたりの目標帯域を決定する
 - 例) 閾値が100msであれば、ペーシングによって、100msの遅延が発生しても許容できる

PSPacerはGNU GPLライセンスにて公開

GridMPI: <http://www.gridmpi.org/>

GtrcNET-1: <http://www.gtrc.aist.go.jp/gnet/>