



インラインネットワーク計測手法および その応用手法の実ネットワーク上での性能評価

大阪大学 基礎工学部 情報科学科
中野研究室 4年
森 一成

発表内容

- ◆ 研究背景
- ◆ 研究目的
- ◆ ImTCP・ImTCP-bgの概要
- ◆ 実験環境
- ◆ 実ネットワークにおける実験結果
 - ◆ 実験方法
 - ◆ 実験結果
- ◆ まとめと今後の課題

研究背景

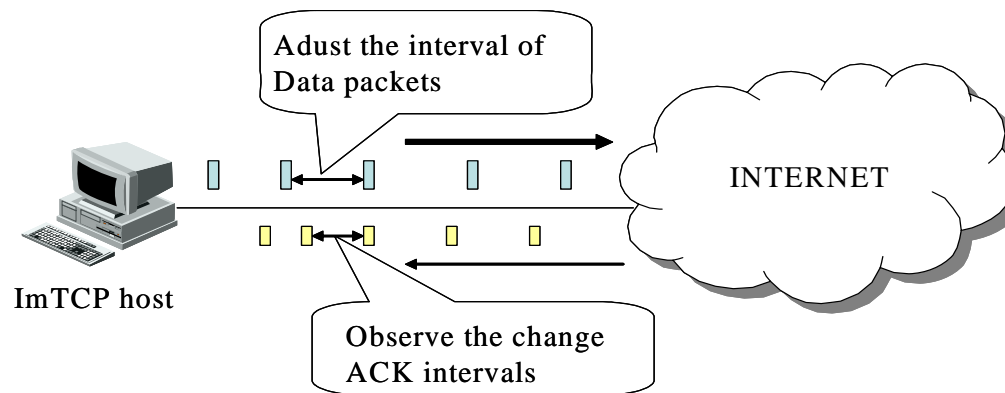
- ◆ インターネットの発展に従いサービスが多様化
 - ✦ e.g. CDN, P2P, Grid, IP-VPN, ...
- ◆ IPネットワークの資源状況の把握が重要
 - ✦ 資源の有効利用
 - ✦ ネットワークサービスの品質の向上
- ◆ インラインネットワーク計測手法 ImTCP およびその応用手法 ImTCP-bg を提案している
 - ✦ ImTCP: 通信中の TCP コネクションを用いてエンドホスト間の利用可能帯域を計測する
 - ✦ ImTCP-bg: ImTCPの計測結果を基にバックグラウンド転送を行う
- ◆ これらの手法についてシミュレーション、研究室内ネットワークにおける評価を行っている

研究目的

- ◆ 公衆回線ではRTTなどが想定外の挙動を示すことがある
 - ⊕ 公衆網における実験が不可欠
- ◆ 公衆回線における有効性の評価
 - ⊕ ImTCP の計測精度の評価
 - ◆ 利用可能帯域の計測精度
 - ◆ 利用可能帯域の変動への追随性
 - ⊕ ImTCP-bg によるバックグラウンド転送の評価
 - ◆ 他のトラフィックに影響を与えない
 - ◆ ネットワーク上の空き帯域を有効に利用する

ImTCP 概要

- ◆ 送受信ホスト間の利用可能帯域を計測する
- ◆ 通信中の TCP コネクションのデータ・ACKパケットを用いて利用可能帯域を計測
 - ✦ 計測アルゴリズムによりデータパケットの送信間隔を調節
 - ✦ ACKパケットの受信間隔から利用可能帯域を導出
 - ➡ 余計な計測用パケットを必要としない
- ◆ 送信したデータパケットの送信間隔と受信した ACK パケットの間隔が
 - ✦ 広がっている: 送信時より利用可能帯域が狭い
 - ✦ 狭まっている: 送信時より利用可能帯域が広い



[1] Cao Le Thanh Man, Go hasegawa, and Masayuki Murata, ``Available bandwidth measurement via TCP connection,`` in Proceedings of IFIP/IEEE MMNS 2004 E2EMON Workshop, Oct. 2004.

ImTCPの問題点

◆ 計測失敗や計測結果が不正確な場合が存在

⊕ 計測に失敗する場合

- ◆ 輻輳ウィンドウサイズが小さすぎるために計測に必要なデータパケットを確保できない場合

⊕ 計測結果が不正確になる場合

- ◆ 複数のImTCPコネクションが同時に計測を行う場合
- ◆ バースト性の高い他のトラフィックが存在する場合
- ➡ 計測結果が実際の利用可能帯域の値よりも大きくなる

TCP によるバックグラウンド転送

- ◆ 既存のTCPよりも優先度の低いデータ転送
- ◆ 次の性質を持つことが重要である
 - ✦ 他のトラフィックに影響を与えない
 - ✦ ネットワーク上の空き帯域を有効に利用する
- ◆ TCP層以外では実現が困難
 - ✦ IP層ではネットワークのスケールビリティの問題がある
 - ✦ アプリケーション層では制御が非常に難しい
- ◆ 従来のTCPによるバックグラウンド転送方式
 - ✦ 他のトラフィックに影響を与えないことに主眼
 - ✦ e.g. TCP Nice, TCP-LP
 - ✦ ネットワーク上の空き帯域を十分に利用できない
 - ◆ 輻輳ウィンドウサイズの減少量が一定かつ大きい
 - ◆ 利用可能な帯域を知る効率的な方法を持たないため

ImTCP-bg 概要 (1/2)

◆ ImTCP の計測結果に基づくバックグラウンド転送

- ✦ 計測結果を用いて輻輳ウィンドウサイズを制御する

1. 計測結果に対して平滑化を行う

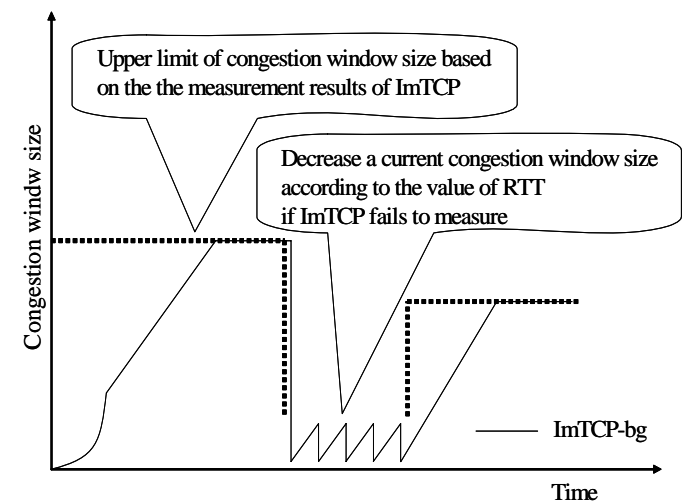
$$\bar{A} \leftarrow (1 - \gamma) \times \bar{A} + \gamma \times A_{cur}$$

A_{cur} : 最新の利用可能帯域

2. 送信側のTCPの輻輳ウィンドウサイズの上
限値を決定する

$$maxcwnd = \bar{A} \times RTT_{min} \quad RTT_{min} : RTT \text{ の最小値}$$

[5] Tomoaki Tsugawa, Go Hasegawa, and Masayuki Murata, "Background TCP data transfer with inline network measurement," in Proceedings of APCC 2005, Oct. 2005.



ImTCP-bg 概要 (2/2)

◆ ImTCP の計測結果が信頼できない場合がある

✦ 輻輳ウィンドウサイズが大きくなりすぎる可能性がある

◆ 輻輳を引き起こし他のトラフィックへ影響を与える

➡ RTT を用いた輻輳ウィンドウサイズの制御を併用

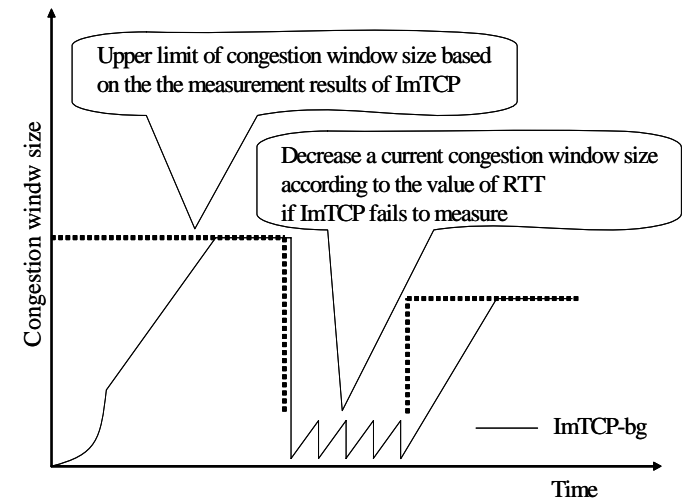
✦ RTT の現在値・最小値から輻輳を検知する

$$\frac{RTT_{cur}}{RTT_{min}} > \delta \quad \delta : \text{しきい値} (1 \leq \delta)$$

RTT_{cur} , RTT_{min} : RTTの現在値, 最小値

✦ RTT の値に応じて輻輳ウィンドウサイズを減少させる

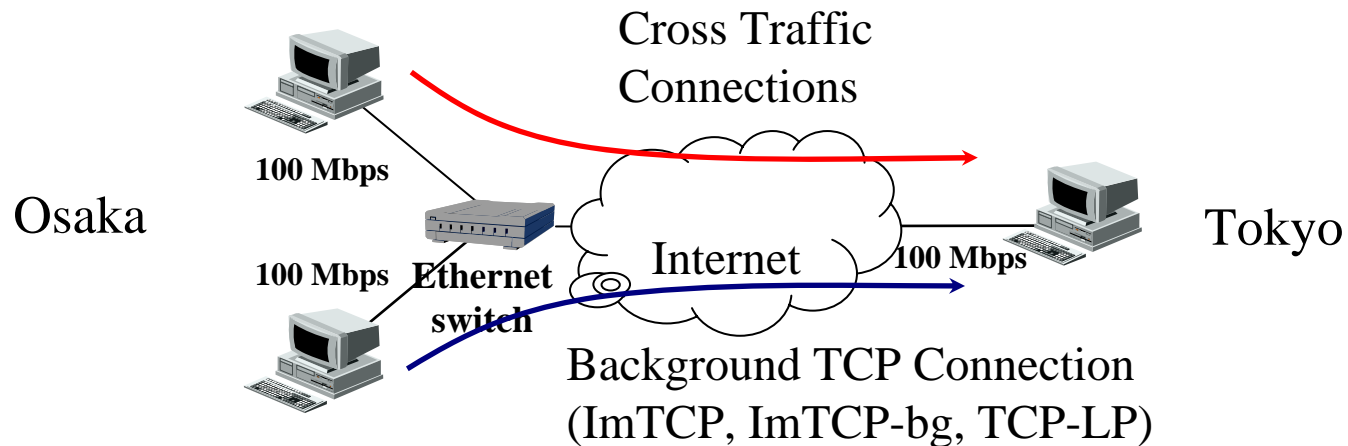
$$cwnd \leftarrow cwnd \times \frac{RTT_{min}}{RTT_{cur}}$$



実験環境

◆ 実験環境

- ◆ 大阪→東京間の公衆ネットワークを用いる
 - ◆ 16 ホップ、RTT = 約 20 msec
 - ◆ 最大帯域(クロストラヒックがほとんどないと考えられるときの空き帯域): 70Mbps
- ◆ ImTCP-bg の比較対象として TCP-LP を用いる



[7] A. Kuzmanovic and E. W. Knightly, "TCP-LP: A distributed algorithm for low priority data transfer," in *Proceedings of IEEE INFOCOM 2003*, Apr. 2003.

実験内容: ImTCP

◆ 2種類のクロストラヒックを用いる

- ⊕ UDP トラヒック

- ⊕ TCP トラヒック

 - ◆ スループットを制限したコネクションを複数本用いる

◆ 評価項目

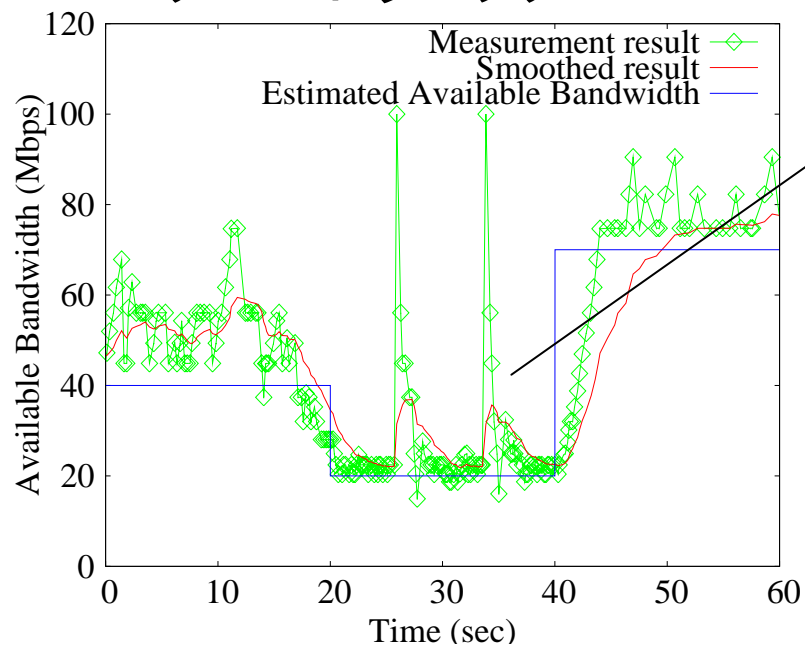
- ⊕ 利用可能帯域の計測精度を評価する

 - ◆ 最大帯域(クロストラヒックがほとんどないと考えられるときの空き帯域): 70Mbps

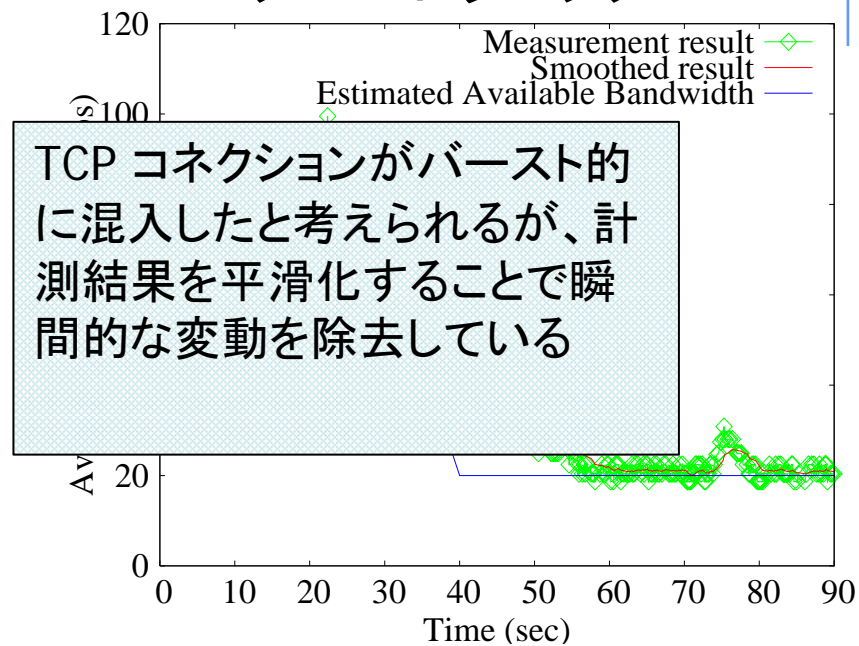
- ⊕ クロストラヒックの量を変動させることで追従性を評価する

実験結果: ImTCP

クロストラフィック: UDP



クロストラフィック: TCP



TCP コネクションがバースト的に混入したと考えられるが、計測結果を平滑化することで瞬間的な変動を除去している

クロストラフィックが UDP トラフィック、TCP トラフィックどちらの場合においても ImTCP は高い精度で利用可能帯域を計測できている

実験内容: ImTCP-bg

◆ クロストラヒックを用いて空き帯域を制限

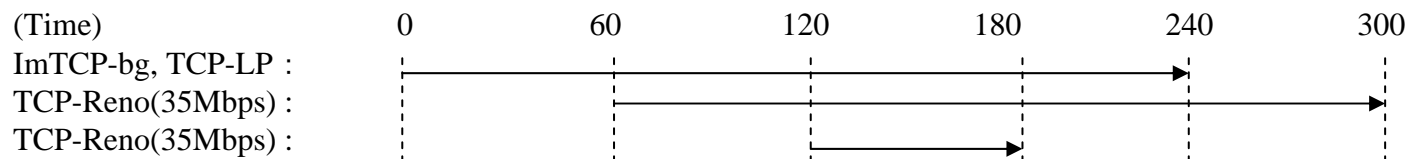
- ✦ TPC-Renoを5本で35Mbpsに制限したものを使用する

◆ 評価項目

- ✦ ネットワークの空き帯域の利用率
 - ◆ ImTCP-bg のスループットによって評価
- ✦ クロストラヒックへの影響度
 - ◆ クロストラヒックのスループットによって評価

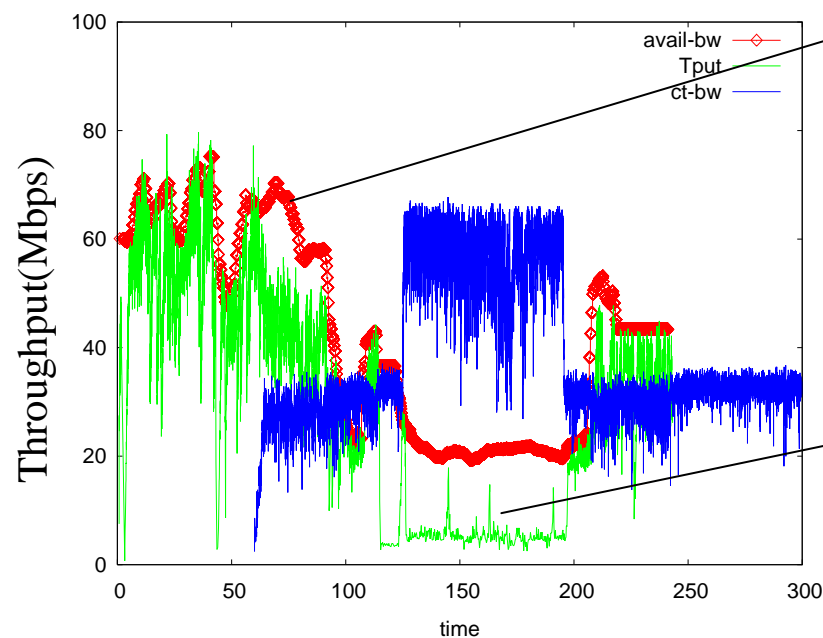
◆ 比較対象として TCP-LP を用いる

◆ 以下のタイムチャートに従う



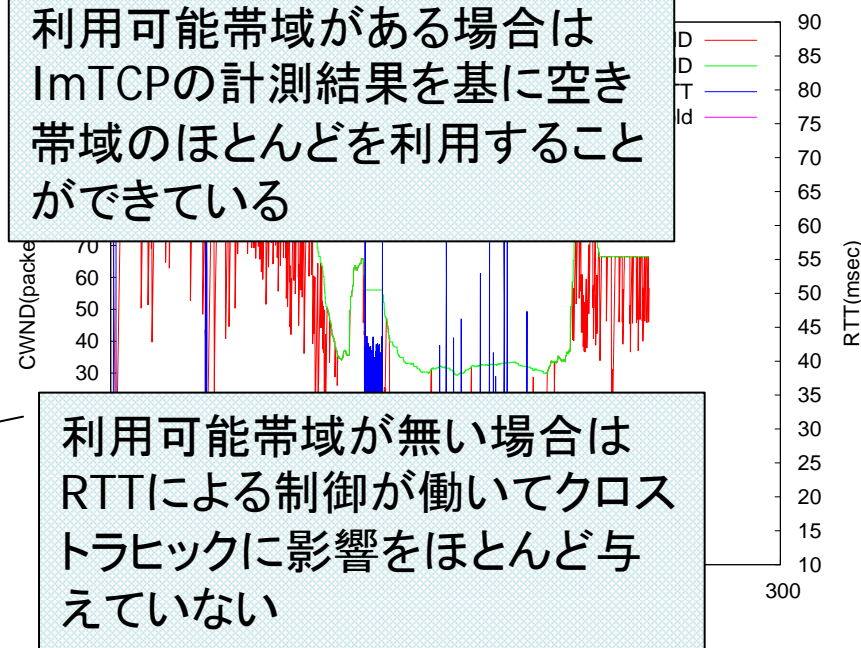
実験結果: ImTCP-bg

利用可能帯域の推定値の計測結果
およびスループット



ウィンドウサイズおよびRTT

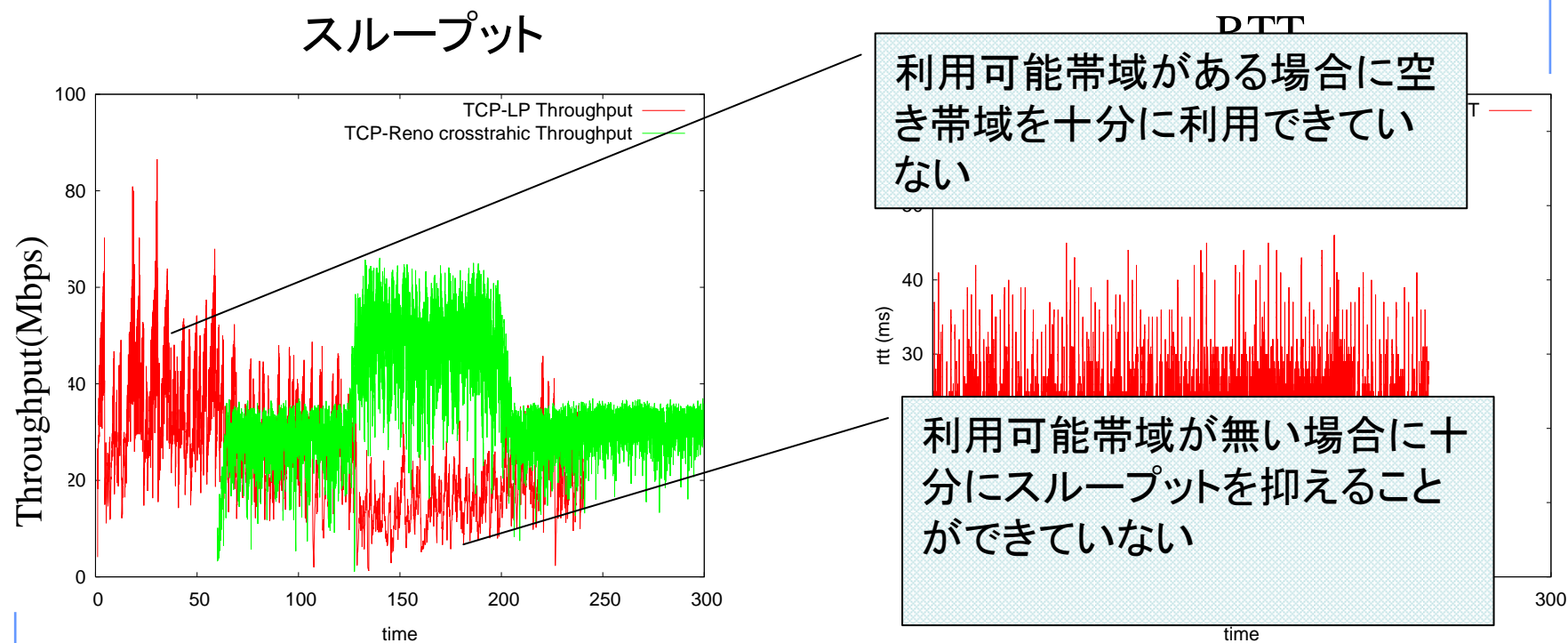
利用可能帯域がある場合は
ImTCPの計測結果を基に空き
帯域のほとんどを利用するこ
とができる



利用可能帯域が無い場合は
RTTによる制御が働いてクロス
トラフィックに影響をほとんど与
えていない

ImTCP-bg を用いた場合クロスラヒックのスループットをほとんど押し下げずに
ImTCP-bg のスループットも空き帯域に近い値を示している

実験結果: TCP-LP



TCP-LP を用いた場合クロストラフィックへの影響が大きく、空き帯域を十分に利用できていない。RTTの閾値等のパラメータ調整が必要

まとめ

◆ 提案手法の公衆ネットワーク上での有効性を評価した

- ✦ ImTCP が利用可能帯域を計測できることを示した
- ✦ ImTCP-bg がバックグラウンド転送を実現できることを示した
 - ◆ 他のトラフィックへ影響が小さい
 - ◆ ネットワーク上の空き帯域のみを有効に利用する
 - ◆ ImTCP, ImTCP-bg の実装コードを公開している
 - ✦ <http://www.anarg.jp/imtcp/>

◆ 今後の課題

- ✦ 高速・高遅延環境における提案手法の評価
- ✦ インラインネットワーク計測手法に基づいた応用手法の提案・実装・評価



◆ ご清聴ありがとうございました