



## インラインネットワーク計測手法および その応用手法の公衆網における性能評価

大阪大学 基礎工学部 情報科学科  
中野研究室 4年  
森 一成

2006/2/27 特別研究報告 1

## 発表内容

- ◆ 研究背景
- ◆ ImTCP・ImTCP-bgの概要
- ◆ 研究目的
- ◆ 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

2006/2/27 特別研究報告 2

## 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 を提案した
  - ✦ 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た

2006/2/27 特別研究報告 3

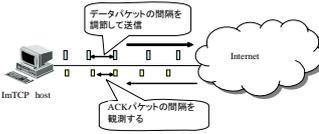
## 研究目的

- ◆ 公衆回線ではパケット転送時間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従性
  - ✦ 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

2006/2/27 特別研究報告 4

## 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: 送信レートより利用可能帯域が狭い
  - ✦ 変化がない: 送信レート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.

2006/2/27 特別研究報告 5

## TCP によるバックグラウンド転送

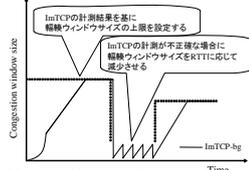
- ◆ 既存のTCPよりも優先度の低いデータ転送
- ◆ 次の性質を持つことが重要である
  - ✦ 他のトラフィックに影響を与えない
  - ✦ ネットワーク上の空き帯域を有効に利用する
- ◆ 従来のTCPによるバックグラウンド転送方式
  - ✦ 他のトラフィックに影響を与えないことに主眼
  - ✦ e.g. TCP Nice, TCP-LP[7]
  - ✦ ネットワーク上の空き帯域を十分に利用できない
    - ◆ 輻輳ウィンドウサイズの減少量が一定かつ大きい
    - ◆ 利用可能な帯域を知る効率的な方法を持たないため

[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.

2006/2/27 特別研究報告 6

## ImTCP-bg 概要

- ◆ ImTCP に機能を追加することで実現
  - ✦ ImTCP の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
    2. 送信側のTCPの輻輳ウィンドウサイズの上限值を決定する
- ◆ 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
  - ✦ バースト性の高い他のトラフィックが存在する場合
- ◆ ラウンドトリップ時間 (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
  - ✦ RTT の値に応じて輻輳ウィンドウサイズを減少させる



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

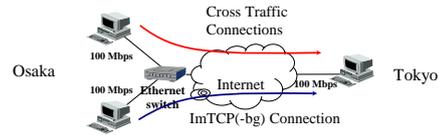
2006/2/27

特別研究報告

7

## 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 (クロストラフィックがほとんどないと考えられるときの空き帯域) : 70Mbps
- ◆ クロストラフィックを用いて空き帯域を制限
  - ✦ UDP / TCP トラフィックを用いる
  - ✦ TCP コネクションは TCP-Reno のスループットを制限したものを複数本使用する
    - ◆ 本数を変更することでスループットを変更する

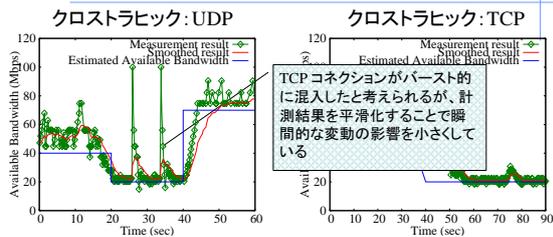


2006/2/27

特別研究報告

8

## 実験結果: ImTCP



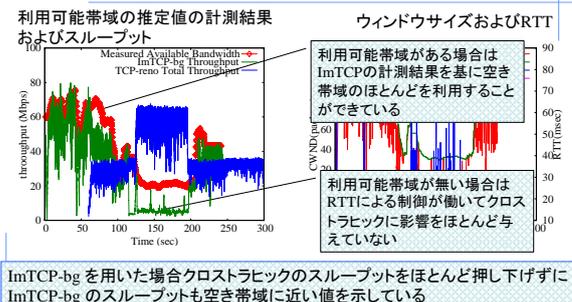
クロストラフィックが UDP トラフィック、TCP トラフィックどちらの場合においても ImTCP は高い精度で利用可能帯域を計測できている

2006/2/27

特別研究報告

9

## 実験結果: ImTCP-bg



ImTCP-bg を用いた場合クロストラフィ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

2006/2/27

特別研究報告

10

## まとめ

- ◆ ImTCP、ImTCP-bg 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

2006/2/27

特別研究報告

11