

## ネットワークパス上の複数区間の 利用可能帯域計測手法

鯉谷和正、長谷川剛(ごう)、村田正幸  
大阪大学大学院情報科学研究科

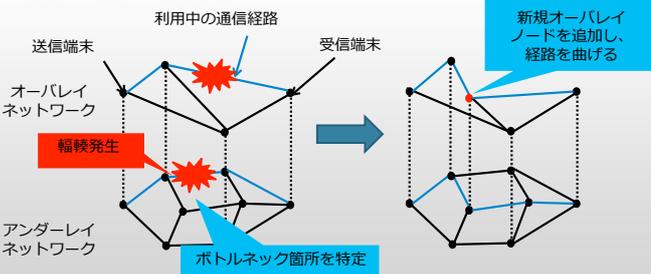
## 研究の背景 (1)

- エンド端末間パスのネットワーク性能計測
  - 遅延時間、遅延ジッタ、パケット廃棄率、帯域情報 (キャパシティ、利用可能帯域)
  - IPネットワーク上にオーバーレイされるネットワークアプリケーションの性能維持・向上の鍵
- 利用可能帯域の計測
  - パス上のボトルネック箇所の利用可能帯域の値を計測
  - パスやピアの選択、アプリケーション層経路制御、輻輳制御、ネットワークモニタリングなどに活用
  - 少ないネットワーク負荷で正確に計測することに主眼が置かれ、様々なツールが提案されている
  - 既存の手法では、ボトルネック箇所の推定や、ボトルネック以外の箇所の利用可能帯域を知ることはできない

2

## 研究の背景 (2)

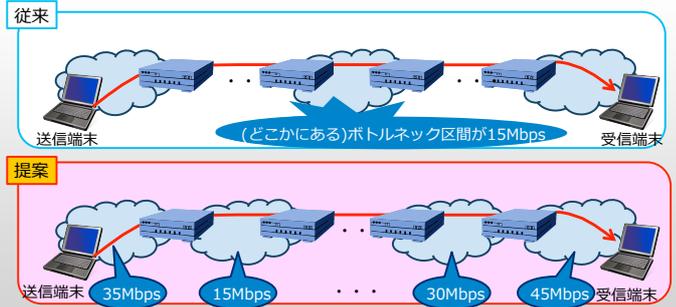
- エンド端末間パス上のボトルネック箇所を特定し、複数かつ任意の区間の利用可能帯域を把握できれば、ネットワークアプリケーションの通信性能の向上が可能となる



3

## 研究の目的

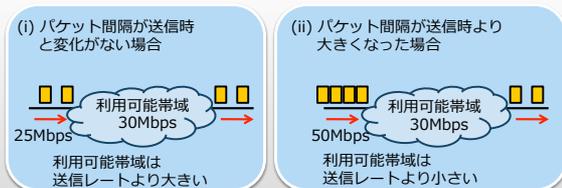
- エンド端末間パス上に存在する複数のネットワーク区間に対し、利用可能帯域を同時に計測する手法を提案する



4

## 利用可能帯域計測の計測原理

- あるレートで計測パケット群 (計測ストリーム) を送信
  - (i) 受信レートが送信レートと同じであれば、利用可能帯域は送信レートより大きい
  - (ii) 受信レートが送信レートより低ければ、利用可能帯域は送信レートより小さい



- 既存のエンド間帯域計測では、送信端末と受信端末でレート(間隔)を比較
- 提案手法では、この比較をパス上の区間毎に行う

5

## 複数区間の計測における問題点

- パス上の任意の区間を計測する際、各区間の流入レートを送信端末から制御することができない
- ボトルネック区間よりも受信端末に近く、利用可能帯域が大きなネットワーク区間の計測は難しい
  - 十分に高いレートで計測パケットが流入しない

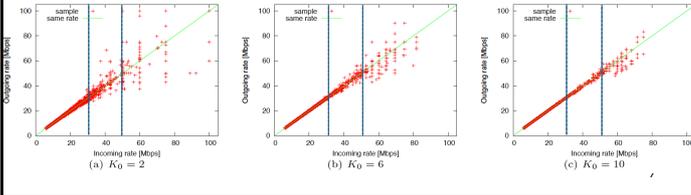


- 提案手法の概要
  - 送信端末からは様々なレートで送信
  - 各区間で送信、受信レートを観測
  - 統計的手法によって利用可能帯域を推定

6

## 計測可能性の検証

- ボトルネック箇所より受信側で、利用可能帯域がボトルネックよりも大きい区間の計測
- シミュレーションによる検証
  - 1段目の利用可能帯域が30Mbps、2段目が50Mbps
  - 1段目へ、最大100Mbpsでパケット群を送出
  - 2段目への流入レートと、2段目からの流出レートを観測
    - 1区間目の利用可能帯域より高いレートで、2区間目に流入するかのクロストラフィック
- パラメータ $K_0$ : 流入・流出レートを算出するパケット数
  - 小さいと算出されるレートが高くなりやすいが、誤差が大きくなる
  - 大きいとレートが丸められて計算されるため、流入レートが高くないが、誤差は小さくなる



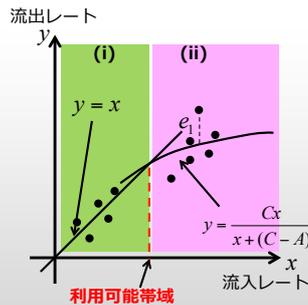
## 提案手法 (1)

- 前提条件
  - 区間を分けるルータは、パケットにタイムスタンプとして通過時刻を書き込むことができる
- 手順
  - 送信端末は様々なレートで計測ストリームを送る
  - 受信端末は書き込まれたタイムスタンプから、各区間における流入レートと流出レートを計算
  - 各区間での(流入レート、流出レート)のサンプルを収集



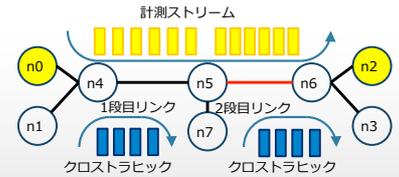
## 提案手法 (2)

- 各区間での利用可能帯域の推定
  - (流入レート、流出レート)をプロットし、流体近似モデルとの誤差が最も小さくなるように利用可能帯域の推定値を決定する
- パラメータ $K_0$ : 流入・流出レートを算出するパケット数
  - 小さいと誤差が大きくなるが、算出される流入レートが高くなる
  - 大きいと誤差が小さくなるが、流入レートが高くない

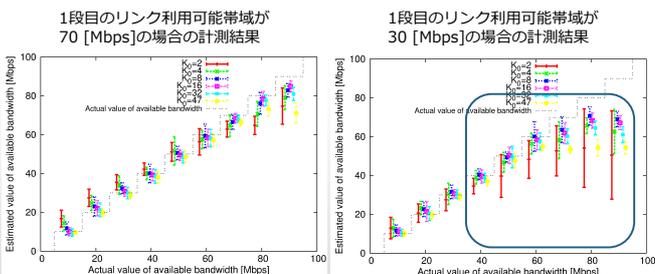


## 性能評価環境

- ns-2を用いた性能評価
  - ネットワークトポロジ
    - 右図は2段の例
    - 9段まで評価
    - 物理帯域は全て100 [Mbps]
- 計測ストリーム
  - パケット間隔を一定とした計測ストリームを複数送る。
  - 各ストリームのパケット間隔は、 $1.0 \times 10^{-4}$  [s] から  $2.0 \times 10^{-3}$  [s] まで  $1.0 \times 10^{-5}$  [s] 刻みで変化させる
- クロストラフィック
  - 平均送出レート: (10, 20, 30, ..., 90) [Mbps]
  - パケット間隔は指数分布

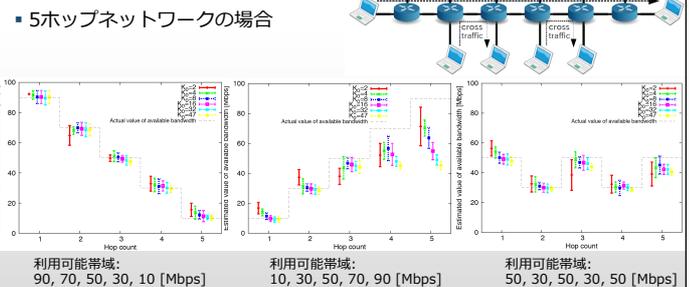


## 性能評価結果 (1)



- 2段目のリンクの利用可能帯域が、1段目より大きい場合でも計測可能
  - 差が大きいと精度が低下
- $K_0$ の影響
  - $K_0$ が小さいとレート計算の誤差が大きくなり、計測精度が低下
  - $K_0$ が大きいと、2段目への流入レートが低く算出されるため、計測精度が低下

## 計測結果 (2)



- 5ホップネットワークの場合
  - 利用可能帯域: 90, 70, 50, 30, 10 [Mbps]
  - 利用可能帯域: 10, 30, 50, 70, 90 [Mbps]
  - 利用可能帯域: 50, 30, 50, 30, 50 [Mbps]
- 区間数が増加しても計測精度を維持
- 複数のボトルネック箇所を個別に計測可能

## まとめと今後の課題

- まとめ
  - エンド端末間パス上に存在する複数のネットワーク区間の利用可能帯域を同時に計測する手法を提案した
  - 受信端末に近いネットワーク区間の利用可能帯域が、送信端末に近いネットワーク区間と比べ、大きくなる場合でも計測可能であることを示した
- 今後の課題
  - 実ネットワークにおける性能評価 (現在評価中)
  - 計測アルゴリズムとしての確立
    - 送信レートの決定方法
    - 計測ストリーム数、計測バケット数の削減