

## エンド端末間パスにおける 複数区間の利用可能帯域計測手法

†鯉谷 和正, †長谷川 剛, †村田 正幸  
†大阪大学 大学院情報科学研究科  
‡大阪大学 サイバーメディアセンター

2011/12/15 1

## 研究背景 (2)

エンド端末間パスの利用可能帯域を把握

輻輳の検知      通信レートの制御      が可能

ボトルネック箇所が特定できない
輻輳の影響を回避できない
性質の異なるネットワークを考慮した制御ができない

さらに

エンド端末間パス上の複数箇所の利用可能帯域を把握  
エンド端末間パス上のボトルネック区間を特定

経路制御 (例: 経路変更)      仮想ネットワークにおけるトポロジ制御      性質の異なるネットワークで通信レートを制御      が可能

2011/12/15 IN研究会 (12月) 4

## 研究背景 (1)

- ネットワークを構成する端末や端末間の通信を要するアプリケーションが近年増加している
  - ネットワークの大規模化, 多様化
  - ネットワークに流れるトラフィック量は大幅に増加
- ネットワークの利用可能な資源を把握するために, 資源量の1つの指標として利用可能帯域を知る研究が行われている

2011/12/15 IN研究会 (12月) 2

## 研究目的

- 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て, 利用可能帯域を同時に計測する手法を提案する

従来

ボトルネック区間が15Mbps

提案

35Mbps 15Mbps 30Mbps 45Mbps

2011/12/15 IN研究会 (12月) 5

## 関連研究

- エンド端末間パスの利用可能帯域計測
  - エンド端末間パスの利用可能帯域は, ボトルネックリンクの利用可能帯域により決定される

2011/12/15 IN研究会 (12月) 3

## 提案手法の基本方針

- エンド端末間パスの利用可能帯域計測手法に基づいて, 任意のネットワーク区間に対して利用可能帯域の計測方法を考える

パケットの到着・出発時刻を記録する

[各計測区間における計測]      パケット間隔の変化を見る

計測ストリームを様々な通信レートで送信

2011/12/15 IN研究会 (12月) 6

### 従来手法

□ Pathload[8]の計測原理

送信端 受信端

ストリームを送信

7 Mbps

【推定範囲の求め方】

初期 1回目 2回目

推定範囲の上限値

送信レート

(1)のとき

推定範囲の下限値

推定範囲

(2)のとき

利用可能帯域 30Mbps

25Mbps

パケット間隔に変化が起きない

利用可能帯域 30Mbps

50Mbps

パケット間隔が大きくなる

送信レート変化させて利用可能帯域の推定範囲を求める

2011/12/15 IN研究会 (12月) 7

### 複数区間の同時計測の可能性

□ 送信端末から高いレートで計測パケットを送ることにより、計測区間への流入レートを大きくすることができ、計測できる場合がある

↓

シミュレーションにより計測可能であることを確認し、複数区間の同時計測手法を提案する

2011/12/15 IN研究会 (12月) 10

### 複数区間計測の問題点 (1)

□ 計測区間における計測ストリームの流入レートを制御することができない

- 計測パケットが計測区間に到着するまでに、背景トラフィックの影響を受ける
- さらに、計測できない場合が生じる

送信端末 境界ルータ 境界ルータ 受信端末

物理帯域

使用帯域

計測区間

背景トラフィック

計測ストリーム

計測ストリームの流入レートが利用可能帯域より大きい場合と小さい場合の両方が必要

計測ストリームの通信レートが低下する

2011/12/15 IN研究会 (12月) 8

### シミュレーション設定

□ 複数区間の同時計測可能性を調べるためのシミュレーションをns-2[6]により行った

- ネットワークモデル
  - 1段目のリンク 2段目のリンク

- 計測パケットをs0からs2に向けて送る
- 利用可能帯域の計測対象区間: 2段目のリンク
- 計測区間の前後で連続した $K_0$ 個の計測パケットの平均通信レートを見る
- 背景トラフィック: 以下を平均とする指数分布のパケット間隔
  - 1段目のリンク:  $X_1$  [Mbps], 2段目のリンク:  $X_2$  [Mbps]

2011/12/15 IN研究会 (12月) 11

### 複数区間計測の問題点 (2)

□ 利用可能帯域が計測ができない場合が生じる

- 背景トラフィックにより計測ストリームの通信レートが低下し、利用可能帯域より大きくなる場合が生じる

ネットワーク区間1 ネットワーク区間2 ネットワーク区間3

送信端末 境界ルータ 境界ルータ 受信端末

物理帯域

使用帯域

計測区間

背景トラフィック

計測ストリーム

計測ストリームの流入レートが利用可能帯域より大きい場合と小さい場合の両方が必要

2011/12/15 IN研究会 (12月) 9

### シミュレーション結果

□ 背景トラフィック  $X_1=50$  [Mbps],  $X_2=40$  [Mbps]としたときのシミュレーション結果

流入レートと流出レートの関係が一定でない → 計測困難

流出レートが流入レートより小さくなっている → 計測可能

$K_0=2$   $K_0=10$

図 計測区間における流入レートと流出レートの関係

$K_0$ を大きくすることで計測が可能となる

2011/12/15 IN研究会 (12月) 12

### 提案手法 (1)

送信端末から様々なレートで計測パケットを送出し、各計測区間における計測パケットの流入レートと流出レートをを用いて、利用可能帯域を推定する

2011/12/15 IN研究会 (12月) 13

### 性能評価: 1段目の利用可能帯域が2段目より大きい場合

利用可能帯域の計測結果

1段目のリンクの背景トラフィック: 10 [Mbps] 1段目のリンクの背景トラフィック: 30 [Mbps]  
利用可能帯域計測結果

$K_0$  の値にかかわらず、いずれの場合もよく計測できている

2011/12/15 IN研究会 (12月) 16

### 提案手法 (2)

利用可能帯域の推定手順

1. サンプルデータ  $(x_i, y_i)$  を取得する
2. サンプルデータを流入レートにより分割し、分割されたサンプルデータに対して平均をとることで1つのサンプルデータとする
3. 利用可能帯域を仮定し、モデルとの平均2乗誤差を算出する
4. 3. で算出した平均2乗誤差が最小のときの利用可能帯域を推定値とする

2011/12/15 IN研究会 (12月) 14

### 性能評価: 1段目の利用可能帯域が2段目より小さい場合

利用可能帯域の計測結果

2段目リンクの流入レートの最大が利用可能帯域より小さいため、計測誤差が大きくなっている

1段目のリンクの背景トラフィック: 70 [Mbps] 1段目のリンクの背景トラフィック: 90 [Mbps]  
2段目のリンクの利用可能帯域が 利用可能帯域計測結果  
1段目より小さいため、高い精度で計測が可能

2011/12/15 IN研究会 (12月) 17

### 性能評価: 評価環境

ns-2を用いたシミュレーションにより、提案手法に対して計測精度の評価を行った

- ネットワークモデル
  - 1段目のリンク 2段目のリンク
- 計測パケットをs0からs2に向けて送る
- 利用可能帯域の計測対象区間: 2段目のリンク
- 計測区間の前後で連続した $K_0$ 個の計測パケットの平均通信レートをみる
- 背景トラフィック: 以下を平均とする指数分布のパケット間隔
  - 1段目のリンク: 10, 20, ..., 90 [Mbps]
  - 2段目のリンク: 10, 20, ..., 90 [Mbps]

2011/12/15 IN研究会 (12月) 15

### 性能評価 (4)

$K_0$  の値による計測精度の変化

$K_0$  が小さい場合

- 計測精度の低下
- ネットワーク負荷の削減

$K_0$  が大きい場合

- 計測精度の向上
- ネットワーク負荷の増加

$K_0 > 4$  のときと比べ、約15%の誤差でやや誤差が大きくなっている

計測精度とネットワーク負荷のバランスをとる必要がある

2011/12/15 IN研究会 (12月) 18

## 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
- 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

- 計測精度と計測負荷を考慮した計測レートの決定方法