

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の 実験評価

†森本 顕、††長谷川 剛、†††村田 正幸

†大阪大学 基礎工学部 情報科学科

††大阪大学 サイバーメディアセンター

†††大阪大学 大学院情報科学研究科

2014/3/13

ICMPP研究会

1

研究の背景1

- インターネットトラフィックの急激な増加
 - インターネットは高速化、大規模化、複雑化し、その性能の把握が困難になっている
- エンド端末間パスの利用可能帯域
 - ネットワークアプリケーションの品質を向上させるために重要な情報
- 既存の利用可能帯域計測手法
 - ボトルネック区間の利用可能帯域の値のみ計測
 - ボトルネック箇所の特定や区間ごとの利用可能帯域の計測はできない
 - これらを知ることができれば、輻輳制御やオーバレイネットワークのトポロジ制御、経路制御などに利用できる



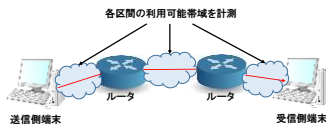
2014/3/13

ICMPP研究会

2

研究の背景2

- エンド端末間パスの複数区間の利用可能帯域を計測する手法
 - パス上の任意の区間の利用可能帯域を同時に計測できる
 - パス上のルータにおいて通過するパケットの通過時刻をタイムスタンプとしてパケットに記録できることを前提とする
 - その情報を基にパス上の各区間の利用可能帯域を推定
 - シミュレーションのみで性能評価が行われている



2014/3/13

ICMPP研究会

3

研究の目的

- 実機を用いた実験によって、エンド端末間パスの複数区間の利用可能帯域を計測する手法の性能評価を行い、実ネットワーク上における有効性を評価する
- 計測精度が低下する原因を明らかにし、精度を向上させる方法を提案する

2014/3/13

ICMPP研究会

4

既存の利用可能帯域計測手法の原理

- 既存のエンド端末間パスの利用可能帯域計測ツール
 - Pathload, pathChirp など
 - 送信側端末から受信側端末へ計測パケットを送信し、計測パケットの送信レートと受信レートを比較することによって送信レートが利用可能帯域より大きいかを判定する
 - 受信レート < 送信レート
 - 送信レート < 利用可能帯域
 - 受信レート > 送信レート
 - 送信レート > 利用可能帯域
 - 利用可能帯域推定のためには、計測パケットの送信レートが利用可能帯域より大きい場合が必要である

2014/3/13

ICMPP研究会

5

複数区間の利用可能帯域計測の実現可能性1

- ある区間の利用可能帯域を計測するためには、その区間に利用可能帯域よりも大きなレートで計測パケットが流入する必要がある
 - したがって、手前の区間の利用可能帯域がより大きい必要がある
- しかし、この条件を満たさなくても計測できる場合がある
 - 計測パケットを高いレートで送信した場合
- ある区間に利用可能帯域よりも大きなレートで計測パケット群が流入すると、そのパケットは、利用可能帯域よりも大きなレートで流出することがある



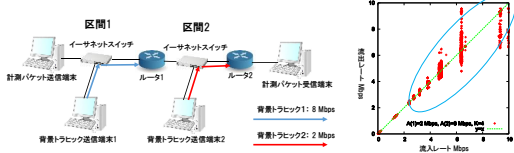
2014/3/13

ICMPP研究会

6

複数区間の利用可能帯域計測の実現可能性2

- 左図の2段目のリンクの流入レートと流出レートの観測結果を右図に示す(物理帯域: 10 Mbps)
 - 2段目のリンクへの流入レートの観測結果が、1段目の区間の利用可能帯域(2 Mbps)よりも大きい場合がある
- ある区間の利用可能帯域がそれより手前の区間の利用可能帯域より大きい場合でも、利用可能帯域は計測可能である



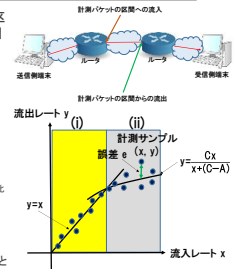
2014/3/13

ICMRT研究会

7

利用可能帯域の計測原理

- ある区間への計測パケットの流入レート(x)と、その区間からの流出レート(y)が従うと考えられるモデルと関係式
 - 領域(i): 流入レート<利用可能帯域の場合
 - 流出レートは流入レートとほぼ等しくなると考えられる
 - $y=x$
 - 領域(ii): 流入レート>利用可能帯域の場合
 - 流出レートは流入レートより小さくなると考えられる
 - $y = \frac{Cx}{x+(C-A)}$
 - 背景トラヒックと計測パケットによるトラヒックが、それぞれのレートに比例して物理帯域を分け合うと仮定
- 上述した2つの現象の閾値となる帯域値を利用可能帯域と推定する
 - 利用可能帯域を様々な値に仮定して、式と計測サンプルとの誤差が最も小さくなる場合の値を計測結果とする



2014/3/13

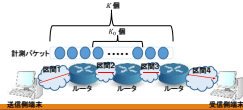
ICMRT研究会

8

計測手法

- バス上のルータにおいて通過するパケットの通過時刻をタイムスタンプとしてパケットに記録できることを前提とする
- そのルータによって、ネットワークを区間ごとに分け、区間ごとに利用可能帯域を計測する
- 送信側端末はK個のパケット(P_1, P_2, \dots, P_K)を一定のレートで受信側端末に送信する
- K個の計測パケットから K_0 個の連続したパケット(P_i, \dots, P_{i+K_0-1})を抽出し、流入レート x_i と流出レート y_i を算出し、計測サンプル (x_i, y_i) とする
- 得られた計測サンプル群に対して、式とのフィッティングを行い、利用可能帯域を推定する

$$y = \begin{cases} x & x \leq A \\ \frac{Cx}{x+(C-A)} & x > A \end{cases}$$



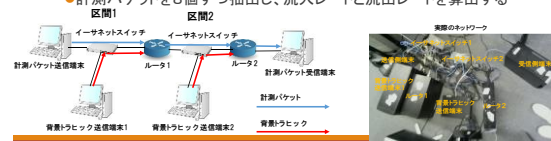
2014/3/13

ICMRT研究会

9

実験環境

- 物理帯域 10 Mbps
- 背景トラヒック量を調整し、区間1、区間2の利用可能帯域を様々な値に設定
- 計測パケットの送信レート: 1 Mbps 刻みで1 Mbps から 10 Mbps まで
- 各送信レートにおける計測パケットの送信時間: 1秒間
- 計測パケットを8個ずつ抽出し、流入レートと流出レートを算出する



2014/3/13

ICMRT研究会

10

基本性能の評価結果1

- 区間1の利用可能帯域より区間2の利用可能帯域が小さいときは、概ね高い精度で計測できる
- しかし、区間2の利用可能帯域が特に小さい場合には精度が低下する
 - 計測パケットの送信レートの間隔が物理帯域に対して様々な流入レートに対してサンプルが得られていない
 - 流出レートが流入レートに比べて大きくなっている計測サンプルが多数存在している
- 流入レートと背景トラヒックの総和が物理帯域より大きい場合、ルータ等において輻輳が発生し、キューイングが発生するため



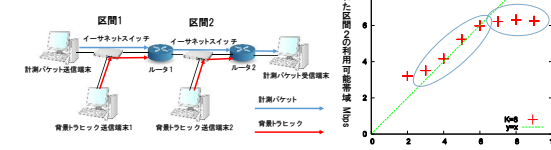
2014/3/13

ICMRT研究会

11

基本性能の評価結果2

- 区間1の利用可能帯域より区間2の利用可能帯域が大きいても、利用可能帯域がある程度の精度で計測できる
 - 差が大きすぎる場合には、利用可能帯域よりも大きな流入レートを持つ計測結果が得られないため、精度が低下する



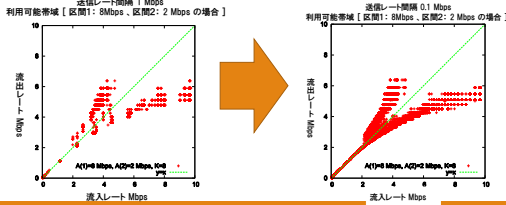
2014/3/13

ICMRT研究会

12

計測パケットの送信レートの影響

- 区間2の利用可能帯域が小さい場合に計測精度が低下
 - 計測パケットの送信レートの間隔が物理帯域に対して大きく、様々な流入レートに対してサンプルが得られていないため、フィッティングの精度が低い
 - 計測パケットの送信レートの間隔を小さくする



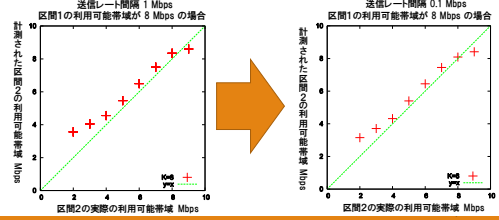
2014/3/13

ICMRT研究会

13

計測パケットの送信レートを変更した場合の精度評価

- 計測精度は向上
 - より様々な流入レートのサンプルが得られるため
 - しかし、計測時間と計測パケット数は大幅に増加する



2014/3/13

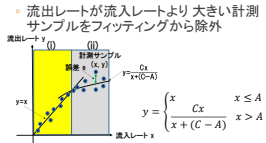
ICMRT研究会

14

計測サンプルの選別

- 提案手法が用いているモデルは、流出レートが流入レートより大きくなることは想定していない
 - 想定外の計測サンプルの存在によって計測精度が低下している

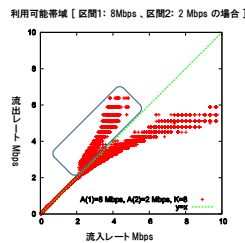
- 計測サンプルを選別し、計測精度の向上を図る
 - 流出レートが流入レートより大きい計測サンプルをフィッティングから除外



2014/3/13

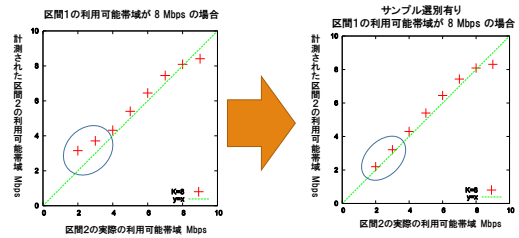
ICMRT研究会

15



計測サンプルの選別を行った場合の精度評価

- 流出レートが流入レートより10%以上大きい計測サンプルを排除
 - 計測サンプルの選別を行った結果、計測精度が向上



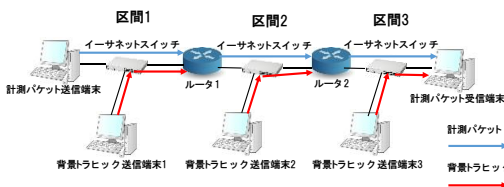
2014/3/13

ICMRT研究会

16

実験環境(2)

- 背景トラフィック量を調整し、区間1、区間2に加えて、区間3の利用可能帯域を様々な値に設定
 - 3つの区間の利用可能帯域を同時に計測



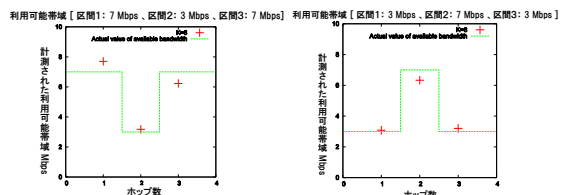
2014/3/13

ICMRT研究会

17

3つの区間を持つネットワークにおける評価

- 区間数が増加しても、それぞれの利用可能帯域を高い精度で計測できる
 - ボトルネックの位置を特定することができる



2014/3/13

ICMRT研究会

18

まとめと今後の課題

- エンド端末間バスの複数区間の利用可能帯域を個別にかつ同時に計測する手法の、実ネットワークにおける有効性を実験評価を通じて検証した
 - 送信側端末に近いネットワーク区間の利用可能帯域が受信側端末に近いネットワーク区間の利用可能帯域より小さい場合でも、高い精度で計測できる
 - 計測精度が低下する原因を特定し、精度低下を防ぐ方法を検討し、その有効性を検証した
- 今後の課題
 - 計測精度を損なわずに、計測に用いるパケット数を削減する
 - より実際のネットワークに近い環境での性能評価を行う