

# ICMP を用いた可用帯域推定の提案と評価

西川 由明<sup>†</sup> 野上 耕介<sup>†</sup>

NEC クラウドシステム研究所<sup>†</sup>

## 1. はじめに

事業者の収益にとって、いかに快適なサービスをユーザに提供するかが重要であるという認識が広まっている。Amazon.com では商品ページの表示が遅れると、売上が減少するという実験結果が公表されている。インターネットにおける通信サービスは他の事業者のネットワークを経由するので、事業者は他の事業者のネットワークの品質を把握し、接続するネットワークをユーザが快適となるように選択する必要がある。

快適さを決定する指標の1つとして、ユーザが実際に利用できる帯域である可用帯域がある。可用帯域とは、通信路中のボトルネックリンクの物理帯域から他者が利用しており使えない帯域を除いた、実際に利用できる帯域のことである。これまで可用帯域を推定する方法として、pathchirp や PathQuick[1]が提案されてきた。これらは推定サーバがサイズや送信間隔を調整しスループットを変化させたパケット群を対象装置に送信し、対象装置での受信間隔と送信間隔の変化から可用帯域を推定する方式である。また、現在一般的に利用されているスピード測定アプリではある程度大きいサイズのデータを装置間で送受信し、その受信スループットを計算している。いずれにしても可用帯域を推定したい通信路の両端にあるエンド端末に推定用ソフトウェアを導入し推定を行う。

しかし、他事業者のネットワークには推定用ソフトウェアの導入が困難であり、ソフトウェア導入なしに可用帯域を推定する方法が求められる。そこで、本稿では端末へのソフトウェア導入不要な Internet Control Message Protocol (ICMP) を用いた可用帯域推定方式を提案する。echo request メッセージを送信し、自動応答される echo reply メッセージの RTT を用いて推定を行う。ICMP に応答する対象装置として、ネットワークに必ず存在するネットワーク機器を利用する。提案方式では、対象装置での

応答制限の有無や応答遅延などの応答特性が方式の実現性や推定精度に大きな影響を与える。そこで筆者らは前述の PathQuick の応用による実装を行い、テスト環境での評価を行った。今回、その評価結果とネットワーク機器による ICMP の応答特性、今後の課題について報告する。

## 2. 提案方式

ICMP を用いた可用帯域推定方式について図 1 を用いて説明する。推定サーバが対象装置へプローブパケット列を送信する。この時プローブパケットを一定間隔で送信し、徐々にサイズを増加させることで、パケットごとに送信レートを上昇させる。今回このプローブパケット列を ICMP Echo request で構成した。Echo request を受信した対象装置は自動的に Echo reply を応答し、これを推定サーバが受信する。推定サーバではこの echo request/reply の Round Trip Time (RTT) を記録する。

次に推定アルゴリズムについて図 2 を用いて

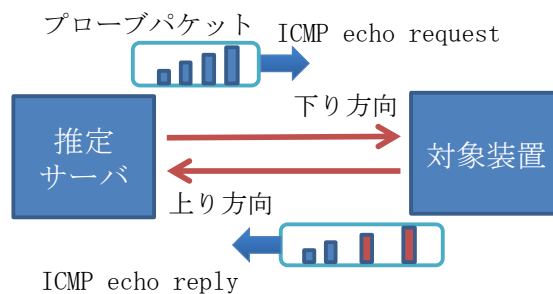


図 1 ICMP を用いた推定方法の概要

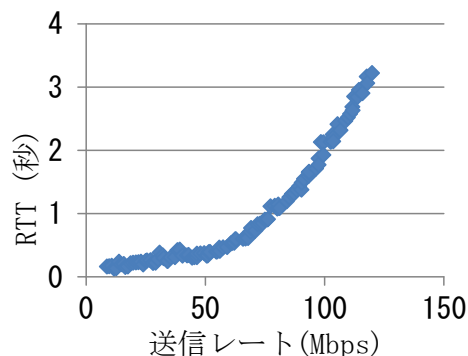


図 2 推定アルゴリズムの概念

Proposal and Evaluation of Estimating Available Bandwidth Using ICMP

<sup>†</sup>Yoshiaki Nishikawa, Kousuke Nogami  
NEC Cloud System Research Laboratories

説明する。プローブパケットの送信レートを増加させると、レートの増加に従って RTT も増加する。しかし送信レートがボトルネックリンクにおける可用帯域を上回るとキューイング遅延が増加し、RTT の上昇が著しくなる。RTT の傾きが変化したプローブパケットの送信レートをボトルネックリンクにおける可用帯域と推定する。今回は簡易に実現性を評価するため、傾きの変化点を二層の最小二乗法を用いて探索する。

本方式では対象装置がパケットの受信ごとに遅滞なく応答することを前提としている。そのため、もし装置の設定により echo request に対する応答が制限されている場合は推定を実現できない。また装置が即座に応答しない、または複数の echo request に対してバースト的に応答する場合は推定精度の劣化が懸念される。

### 3. 実験

提案方式の実現性と推定精度の確認のためにテストネットワークにおける評価実験を行った。図 3 にネットワークを示す。推定サーバと対象装置の間に 100Mbps のスイッチを設置することでボトルネックリンクを作成した。プローブパケットの個数は 100 個、探索範囲は 10Mbps～120Mbps までとした。対象装置として入手のしやすさから主に家庭向けの無線 LAN ルータで A/B/C の 3 社の最新の機種を用意し、WAN 側からくる echo request に対する応答特性を評価した。ネットワークの外側からくる ICMP パケットは攻撃である場合があり、既定では無視するように設定されている場合が多いため、今回はできるだけ応答するよう設定した。

まず、応答特性の評価結果を説明する。A 社の装置ではすべての echo request に応答を返した。B 社の装置では 100 個の echo request に対して 5 個の echo reply を応答した。C 社の装置では応答するよう設定を変更することができなかった。

B 社の装置のように応答数が絞られている場合には、応答数に応じてプローブパケット数を調整することで対応できる。一方 C 社の装置のように全く応答しない場合は推定を実現できない。

次に、応答特性の良好な A 社の装置を用い、Iperf を用いて UDP で 0Mbps～80Mbps のクロストラヒックをかけた環境で可用帯域の精度を確認した。結果を図 4 に示す。各クロストラヒックの送信レートごとに 10 回ずつ推定し、その平均値を表示している。クロストラヒックの送信レートが 20Mbps から 60Mbps の範囲では推定誤差が 5Mbps 以下であり、高い推定精度である。他

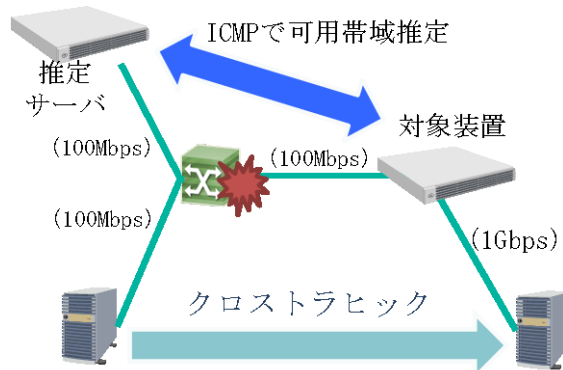


図3 テストネットワーク

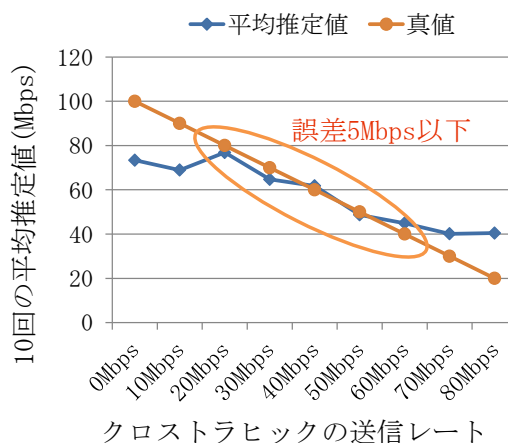


図4 推定精度

の送信レートの領域で誤差が大きい。これは変化点の探索に二層の最小二乗法を用いたためである。推定範囲の両端付近では最小二乗法に用いる点数が少なくなるため、安定した結果を得られなかった。探索手法を改善することでより精度を高めることができる。

### 4. おわりに

ICMP を用いた可用帯域推定を提案し、テスト環境での実験により実現性と精度について評価した。装置ごとに ICMP に対する応答特性は異なるが、応答するものが多く高い精度で推定可能である。ただし、ICMP に応答しない装置は存在するので、今後は ICMP に応答しない装置でも精度よく推定する方法を検討していく。

#### 参考文献

[1] Oshiba, T.; Nakajima, K., "Quick end-to-end available bandwidth estimation for QoS of real-time multimedia communication," *Computers and Communications (ISCC) 2010*, pp. 162, 167, 22-25 June 2010