

オーバーレイリンク品質の一推定方法とその評価

森將豪

Masaaki Mori

滋賀大学 経済学部 / 教授

I はじめに

SkypeやIP電話などのサービスで広く利用されているP2Pオーバーレイネットワークは、インターネット上でアプリケーションを実現するための重要な技術である。効率の良いP2Pオーバーレイネットワークを構築するためには、インターネット上の各ピア間で、利用可能な帯域幅や遅延などの通信品質を考慮した上で使用する経路を決定することが望ましい。経路の通信品質を簡易に知る方法があれば、サーバクライアントモデルのアプリケーションにおいて、クライアントからの要求を処理するための最適なサーバを選択すること等、様々な用途に利用することも可能である。

経路の品質を知るためには、経路の一端からもう一端までプローブパケットを実際に送信することにより測定する方法が一般的に用いられる。Pathload[1]は、定期的に送られるパケット列が利用可能な帯域を超えて送られたときに、到着するまでの遅延が上昇傾向を示す性質を利用して経路の帯域を計測する。Abing[2]は、packet pair dispersion techniqueに基づいたツールであり、連続して送信される2つのパケットの到着時間差を用いて経路のボトルネック部分の帯域を測定する。このような方式では、測定を行う両端のノードで計測のためのプログラムを動作させ、ネットワーク上に実際にパケットを伝搬させる必要がある。しかし、このためのトラフィックは実行中の他のアプリケーションの通信に影響を与える。一方、送信するパケットの量が少ないと精度が低く、測定の精度を上げるためには多くのパケットを送信する必要がある。したがって、精度の良い測定にはある程度の時間が必要となる。P2Pオーバーレイネットワークを構成する全てのノードペア間で経路の品質を知ることができれば、ネットワークの最適化に

非常に有用であるが、経路の数はノード数の2乗に比例するので、既存の帯域測定ツール等を利用してこれらの経路全ての品質を得るのはノード数の増加とともに困難になる。

インターネット上のトラフィックは、突発的に変化し輻輳が発生することもあるが、経験上、大部分の経路においてはほぼ常に帯域に余裕があり、また経路の品質はそれほど頻繁に急激に変化することはない。人々がインターネットを利用する時間帯は現地時間の平日の昼間が多く、したがって輻輳が発生する時間帯と発生していない時間帯の経路の品質は、定期的に経路の品質を観測することで予測できると考えられる。これらの仮定が正しい場合、過去に観測した経路の品質情報を利用して、輻輳の有無およびリンクの品質を推測することが可能である。

本稿では、まずこれらの仮定がどの程度確かなのか、Planetlab上で実際に経路品質の推移を観測して調査する。そして、過去に計測した経路の品質情報より、未来の経路の品質を予測する教師あり学習に基づいた手法を提案する。予測にあたり、提案手法では末端ノードの地理的位置を考慮している。実インターネット上の実験環境であるPlanetlab上での実験により、提案手法が経路遅延の推定に良好な精度を示すことが分かった。

以下、IIで関連研究について述べ、IIIで過去の経路品質の観測結果から未来の経路品質をどの程度の正確さで推測できるかについて議論し、IVでは教師あり学習を利用して未来の経路品質を推測する手法について述べ、VではPlanetlab上での評価実験とその結果より提案手法の有効性を示している[3],[4],[5]。

II 関連研究

広域ネットワークにおいて、エンドノード間の帯域幅や遅延を計測・推定する手法が多数提案されている。利用可能帯域幅の正確な推定は、エンドノード間のスループットの最適化、オーバレイネットワークの経路制御、P2Pでのファイルの配布、トラフィックエンジニアリング、キャパシティプランニング等のために重要である。以下、エンド間パスの利用可能帯域幅等に関して、測定方法と予測方法について説明する。

1: 帯域幅測定方法

エンド間パスに対する帯域幅のメトリックとしては、(1) 容量(可能な最大帯域幅)、(2) 利用可能帯域幅(最大未使用帯域幅)、(3) TCPスループットおよびバルク転送容量(TCP達成可能な最大スループット)の3種類があり、計測方法としては次の4種類に大別できる[6]。

・VPS(Variable Packet Size Proving) : VPS Provingは、ソースノードから目的のリンクまでのラウンドトリップタイムを様々なサイズのパケットに対し計測することで、各サイズのシリアル化遅延を計算し、リンク容量を推定する方法である。

・PPTD(Packet Pair/Train Dispersion) : PPTDは、エンド間パスの容量を計測する方法である。ソースノードは同じサイズのパケットのペアまたは列(train)を連続して受信ノードに送信し、受信ノードにおけるそれらパケットの受信時刻の開き(dispersion)から、パスを構成するリンク中の最大のシリアル化遅延を算出し、最小リンク容量(すなわち、エンド間パスの容量)を求めると。

・SLoPS (Self-Loading Periodic Streams) : SLoPSはエンド間の利用可能な帯域幅を求める方法である。ソースノードは同じサイズのパケット

を受信ノードに伝送レート R で送信し、受信ノードにおいて各パケットの遅延時間の変動を観測することで、 R が利用可能帯域幅 A より大きいかどうかを判定する。測定結果を基に R を増減させ2分探索の要領で A の値を求める。

・TOPP(Trains of Packet Pairs) : TOPPはパケットのペアを多数指定した伝送レートで送信することで、エンド間パスの容量と利用可能帯域幅を同時に計測する手法である。TOPPはSLoPSと違い、伝送レートを線形に徐々に上げていき到着遅延を観測することで、利用可能帯域幅を推定する。

その他、リンク容量測定ツールとしてはPathchar, Clink, Pcharが、エンド間パス容量測定ツールとしてはBprobe, Nettetimer, Pathrate, Sprobeが実装・公開されている。また、利用可能帯域幅測定ツールとしてCprobe, Pathload, IGI, PathChirpが実装されている。TCPスループットの測定ツールとしては、Treno, Cap, TTCP, NetPerf, Iperfが提案されている。文献[7]では、高速ネットワークのテストベッドにおいてAbing, Pathchirp, Pathload, Spruce, Iperfの性能を比較し、PathloadとPathchirpが最も高い性能を示すことが確認されている。

上記のツールは、平均の利用可能帯域幅を計測するものがほとんどであり、帯域幅の変動を考慮していない。そこで、文献[9]では利用可能帯域幅の変動を計測する方法とツールPathvarが提案されている。一方、計測用トラフィックを過剰に発生させることなく帯域幅を推定することを目的に、最小容量リンクを飽和させることなく容量および利用可能帯域幅を求める方法も提案されている[8]。

これら既存の帯域幅測定手法やツールは、主にプローブパケットを送信ノード・受信ノード間で実

際に交換することにより帯域幅を測定している。これらは帯域幅をある程度正確に計測できる点で有用ではあるが、計測用トラフィックを多少なりとも発生させる(特にSLoPSとTOPPでは最小容量リンクを一時的に飽和させる)。その結果、数万～数百万ノード以上のP2Pネットワークにおいてこれらの手法によりエンド間パスの帯域幅を測定する際には、計測にかかるトラフィックが本来のアプリケーションの性能に与える影響を無視できなくなる。

2: 帯域幅/遅延の予測方法

ネットワークのトラフィックを予測するためのモデルがいくつか提案されている。ネットワークでは、self-similarityと呼ばれる長い時間間隔で現れる相互類似的なトラフィックパターンと、短い時間間隔で現れるmulti-fractalと呼ばれるトラフィックパターンが存在することが知られている。文献[11]では、過去に計測したトラフィックの情報から、将来の複数時間ステップにおけるトラフィックを一度に予測できる方法が提案されている。また文献[10]では、文献[11]を進展させた、より正確なトラフィック予測が可能なARIMA/GARCHモデルを提案している。このモデルでは、ネットワークトラフィックにおけるSRD(short-range dependence)とLRD(long-range dependence)をとらえ、self-similarityとmulti-fractalの両方を観測可能としている。実際のトラフィックとの比較実験により、将来のトラフィックがある程度正確に予測できることが示されている。

これらのモデルは、過去の詳細な計測結果から将来のトラフィックを予測するものであり、エンド間パスの容量を別に計測しておくことで、利用可能帯域幅と遅延の予測にも利用可能である。さらに上述の方法に似た方法として文献[12]はトラフィックの計測によりエンド間パスの容量を正確

に推定している。しかし、これらの方法は、事前に詳細な計測(結果)を必要とするので、低コストで利用可能帯域幅や遅延を推定する目的には適していない。

3: 提案手法の新規性

トラフィック予測モデルは、トラフィックのself-similarityやmulti-fractalなどの性質を利用しており、これらの性質を異なる類似したパスに適用することで、少ない計測結果でもある程度正確に遅延や利用可能帯域幅等の経路品質を推定できる可能性がある。

本論文では、パス間の類似性を考慮し、類似したパスはよく似たトラフィックの傾向を示すと想定した、利用可能帯域幅推定法を提案している。本提案手法のような、送信ノード・受信ノードのペアに対する事前計測をほとんど必要としない帯域幅/遅延推定法は、これまで存在しなかった。提案手法は実装され、PlanetLabでの実測実験により提案手法の性能を評価している。

III 予備実験と考察

インターネット上を流れるトラフィック量は常に変化しており、曜日等によって変動があると考えられるので、世界規模のオーバーレイネットワークのテストベッドであるPlanetLab上で行った(1)時間の経過に伴うリンク品質の変化と、(2)経路の類似度とリンク品質の類似度、に関する2つの予備実験の結果について述べ、考察する。以下は、実験の設定、経路の類似度の定義、実験結果である。

PlanetLabによる観測結果

PlanetLabを用いて、2011年1月20日から7日間にわたり、利用可能帯域幅と遅延を一時間毎に観測した。PlanetLab上で約500個のノード間でラン

ダムにペアを作り、ペア間の経路においてPathloadによる利用可能帯域とpingを用いた遅延の計測を行った。

各経路に対する、「各時間の遅延と帯域の観測値」と「最初に観測した値」の比の、全ての経路に占める割合を100%積み上げグラフで表したものを図1と図2にそれぞれ示す。図の一番下の系列が最初の観測値の0.91倍から1.10倍の範囲の値が観測された経路の割合、下から2番目の系列が0.83倍から1.21倍の範囲の値が観測された経路の割合である。

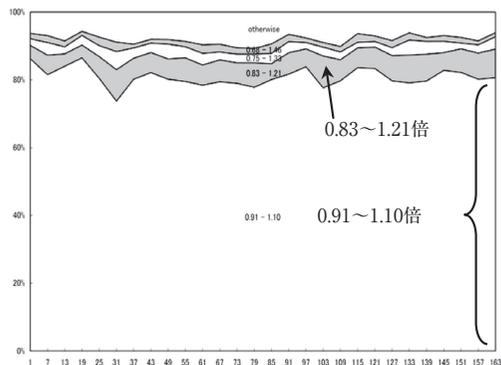


図1 pingによる計測値とそれ以降1時間毎の計測値の割合(100%積み上げグラフ).横軸は経過時間

図1より、約80%の経路に対して経路の遅延の変化は10%以内に収まり、また約一週間の間、時間が経過してもこの割合はそれほど変化しなかったことが分かる。

また、図2より、計測より20時間の間、およそ70%の経路に対して、帯域幅の変化は10%以内であり、また、それ以降約一週間の間、およそ半分の経路に対して帯域幅の変化が10%以内であったことが分かる。利用可能帯域および遅延に関する計測値について、一日を通しての周期的な値の変化および一週間を通しての周期的な変化は、明確には認められなかった。

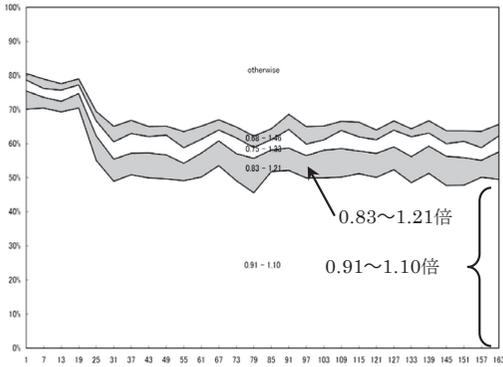


図2 Pathroadによる計測値とそれ以降1時間毎の計測値の割合(100%積み上げグラフ).横軸は経過時間

1: 経路の類似度とリンク品質の類似度

これまでリンク品質の観測が行われたことのない未知の経路に対して、そのリンク品質の推定ができれば、オーバーレイネットワークの最適化のために便利である。ここでは、2つの異なるオーバーレイリンク間の類似度を、両端ノードの地理的位置に基づいて定義する。IPアドレスよりそのホストの地理的位置を求めるためのデータベースが公開されており、両端ノードの地理的位置から類似度を求める手法は、実用上高速・簡便に使用することができる。以下で定義する類似度とリンク品質の関係についてPlanetLab上での観測結果に基づき述べる。

経路類似度

図3に示すように、ノード v_0 とノード v_1 を結ぶオーバーレイリンクと、ノード v_2 とノード v_3 を結ぶオーバーレイリンクがあるとき、この2つの経路間の類似度 $geo(v_0, v_1, v_2, v_3)$ を、

$$geo(v_0, v_1, v_2, v_3) = \text{Min}\{\text{dist}(v_0, v_2) + \text{dist}(v_1, v_3), \\ \text{dist}(v_0, v_3) + \text{dist}(v_1, v_2)\}$$

と定義する。ここで $\text{dist}(v_i, v_j)$ は、ノード v_i とノード v_j 間の地理的距離を表す。

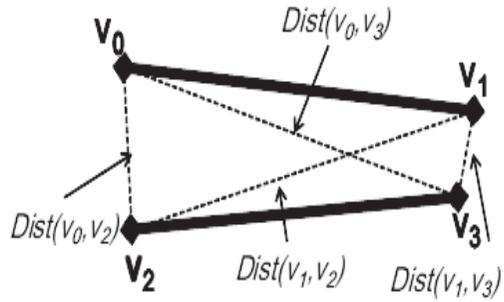


図3 経路間の類似度

PlanetLab上での計測

同様にPlanetLab上で約500個のノード間でランダムにペアを作り、これらのペア間で計測した遅延と上で定義した類似度の関係について調べた。図4に、最初に経路の遅延を計測してから1時間経過後の、遅延の変動幅とリンク類似度の関係を示す。なお6日間経過後の同様の関係についても調べたが、それは図4とほとんど同じであり[3],[5]、時間の経過に伴う遅延の変動幅の変化はほとんど見られないことが分かった。また、類似度が高いほど変動幅が小さいことが分かり、経路の両端の距離の和が600kmまでであれば、80%の経路について、変動幅が50%から200%までに収まること分かる。

一方、Pathloadによる帯域の測定結果に関しても同様の実験を行ったが、経路の類似度と変動幅の関係は認められなかった。これは、帯域がバックボーン全体ではなくラストワンホップにより制限される場合が多いためと推測される。

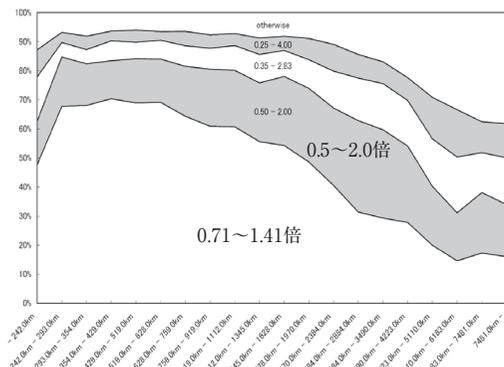


図4 経路の地理的類似度とpingによる計測値の1時間後の変動幅の割合

IV 提案手法

Ⅲで述べた予備実験の結果を踏まえて、実際に経路品質を推定する手法について述べる。提案手法では、(1) 中央サーバは、P2Pネットワーク上の各ピアが観測したリンク品質情報を、定期的に受信し、(2) 受信したこれらの過去の観測データから、教師あり学習手法であるweighted k-nearest neighbor algorithm(以下WKNN法)を用いて、あるリンクの現在の経路品質を推定する。

1: Weighted k-nearest neighbor algorithm

WKNN法では、学習データのインスタンスはオブジェクトと実数値の組で与えられ、オブジェクトから実数値の関数を学習する。ここでオブジェクトは経路、実数値は帯域または遅延に対応している。WKNN法を用いるために、ユーザはオブジェクト間の距離を与える関数と、加重平均の重みを求めるための関数を与える。

学習は、単純に全教師データをメモリに格納することにより行われる。ある値(オブジェクト)に対応する実数値の推定は、教師データの中からk個

の最近傍のインスタンスを選択し、これらから、加重平均の重みを求めるための関数により計算される重みを用いて、加重平均を求めることにより行われる。

2: 提案手法の想定する環境と詳細

提案手法では、多数のユーザが、P2Pビデオ配信のような(ピア間で連続して通信を行う)アプリケーションを、数ヶ月程度にわたって使用する場合を想定している。さらに、P2Pネットワーク上のシステムは、1つの中央サーバと多数のピアからなるとし、各ピアでは、通信を行っているピア間の経路の通信品質を観測することが可能であると仮定する。本論文では、集中制御による方式について述べるが、分散ハッシュテーブル(DHT)などを用いて、分散実装することも可能である。

各ピアで観測された通信品質は中央サーバ上のデータベースに定期的に送信される。あるピアにおいて以前経路品質が観測された経路と同じまたは類似の経路の通信品質を推定する必要が生じた場合に、中央サーバに集約された観測データを利用して、WKNN法による経路の品質の推定が行われる。ただし、Ⅲ.1で述べたようにPathloadによる帯域の測定結果に関しては、経路の類似度と観測される帯域の変動幅の関係は認められなかったため、類似する経路から帯域を推定することはできない。本稿では、経路の帯域の推定に関しては、過去に全く同じ経路で計測した値を元に推定を行う。

推定に伴う通信として、各ピアは中央サーバに品質を推定する経路をクエリメッセージとして送信し、その後中央サーバで推定を行い、推定結果をピアに返答する。

学習及び推定は中央サーバで行われる。WKNN法では全教師データをメモリに格納する

ことにより学習が行われるため、時間の経過とともにデータ格納に必要なメモリが増大する。必要なメモリ量を限定するため、データ量が一定値を超えた場合、古いものから順に消去する。

ピアが中央サーバに品質情報を登録するとき、または品質の推定結果を問い合わせる際に交換するメッセージは、観測した経路と品質からなり、200バイト程度で済むのでこのトラフィック量は無視できる。中央サーバは、ノードのIPアドレスより、その地理的位置の緯度・経度を得るためのテーブルを持っている。本手法は次に述べる学習フェーズと推定フェーズからなる。

2-1: 学習フェーズ

学習のため各ピアは以下のステップをふむ:

- ・あるピアが他のピアと通信するとき、そのピアは他のピアとのオーバレイリンクの経路の品質を計測する
- ・ピアは、定められた期間ごとに、観測された経路の品質を中央サーバに送信する。送信されるメッセージは、経路の両端ノードのIPアドレスと観測された帯域・遅延からなる。

中央サーバがピアから観測データを受信すると、そのデータはメモリに格納される。格納されているデータの総量が一定値を超えている場合、最も昔に受信したデータが削除される。

2-2: 推定フェーズ

各ピアは、経路の品質を推定する必要が生じた段階で、中央サーバにその経路データ(両端ノードのIPアドレス)を含むクエリメッセージを送信する。中央サーバは、このクエリに含まれた経路の品質を以下のようにして推定する:

- ・中央サーバは、与えられた距離関数を用いて学習フェーズに蓄積された経路から、最近傍のk個のインスタンスを選択する

- ・選択されたインスタンスの重みを、与えられた加重平均の重みを求める関数を用いて計算する(2-4節)
- ・選択されたk個のインスタンスの遅延の加重平均を計算する
- ・計算結果をクエリの送信元のピアへ返信する

2-3: 推定例

あるピアが、ノード n_0 とノード n_1 間の経路 r_0 に関するクエリを中央サーバに送信したとする。中央サーバは、蓄積されたデータから、あらかじめ定められた距離関数を用い、ノード n_0 とノード n_1 間の経路に最も近いk個の経路を選択する。ここでは、 $k=2$ とし、経路 r_1 と r_2 が選択されたとする。サーバは次に、重みを計算する関数を用いて、 r_1 と r_2 の重みを計算する。ここでは、それぞれ1と2であったとする。また、 r_1 と r_2 で過去に計測された値がそれぞれ3と4であったとする。中央サーバは、これらの値の重み付き平均値である $(1 \times 3 + 2 \times 4) / (3 + 4) = 1.57$ をクエリ発信元に返信する。

2-4: 距離関数と重み関数

Ⅲ.1では、観測された時間が同じ2つのリンクの類似度を定義したが、本手法で利用するためには、異なった時間に観測された2つのリンクの類似度を定義する必要がある。リンクの遅延に関しては、Ⅲ.1で述べたように、時間の経過に伴う遅延の変動幅の変化はほとんどないため、時間の経過は無視して、異なった時間に観測された値に対して定義したリンク類似度を距離関数として用いる。リンクの帯域に関しては、経路の類似度と観測される帯域の変動幅の関係が認められなかった(換言すれば、異なる経路に対し帯域の類似性は認められなかった)ため、観測された時刻から経過した時間を距離関数として用いる。

帯域の重み関数に関しては、Ⅲで示された測定結果において、帯域の変動幅が最初に計測した値の0.91倍から1.1倍に収まる経路の割合より20時

間以内であれば0.7、それ以降は0.5とする。遅延の重み関数については、同じくⅢでの測定結果より、変動幅が0.71倍から1.41倍に収まる経路の割合より、重み関数を $0.7 - 0.3/5000 \cdot geo(us, ud, vs, vd)$ とする。ここで (us, ud) と (vs, vd) は、それぞれ対象となるオーバレイリンクと学習サンプルの地理的座標である。

V 評価

この章では、提案手法の推定精度について評価を行う。提案手法の原理より、推定精度は観測した経路からの距離と時間に依存する。過去に帯域を観測した時間から経過するほど、また遅延を観測した経路から地理的に離れるほど推定精度は悪化する。利用可能帯域幅に関しては時間経過と推定精度の関係について、遅延に関しては経路同士の距離と推定精度の関係について、評価する。

1: 帯域に関する評価結果

帯域に関しては、上述の通りいかに地理的距離の近い経路であっても、別の経路で過去に測定された値との関係は認められなかった。ここでは、ある経路で1時間おきにk回測定した値および1日おきにk回測定した値を用いて、最後に測定を行ってから経過した時間を変化させたときの推定精度について、kを変化させて調べた。k=1の場合の実験結果を図5に示す(k=3、k=5の場合については文献[5]参照)。

図5より、予備実験により予想する範囲内で帯域の推定を行うことができたが、kの増加に伴う推定精度の向上は認められなかった。

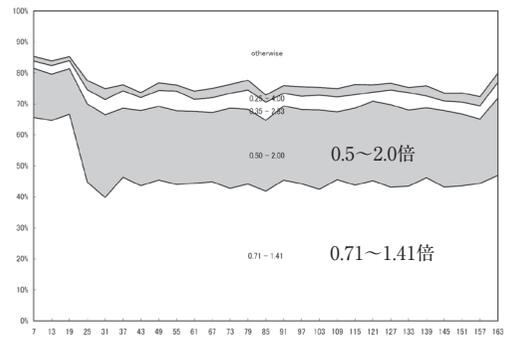


図5 時間の経過に伴う、帯域の予測値と実際の値の比の割合の変化(100%積み上げグラフ)、k=1

2: 遅延に関する評価結果

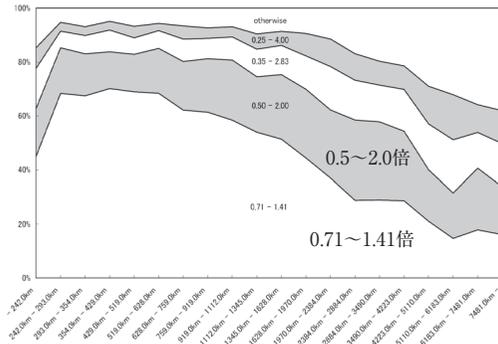
ここでは、ある時刻におけるk個の異なる経路に対する遅延の測定結果からの、提案手法による6日後の遅延の推定精度を調べる。k個の経路の距離関数の平均値を変化させたときに、推定精度がどのように変化するか、kを変化させて調べた。その結果を図6(a),(b),(c)に示す。

図6より良好な推定が可能であったこと、および、推定精度がkの増加に伴って向上していることが分かる。特に、中近短距離に対しては、推定精度(0.71~1.41, 0.5~2.0)は相当に高い。

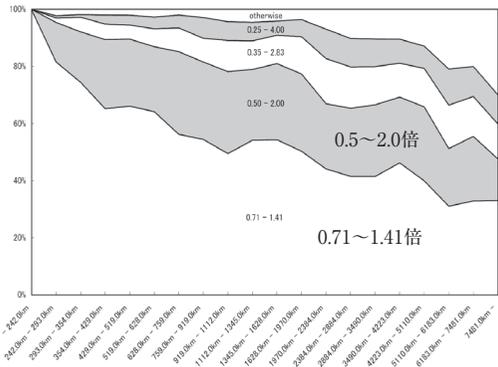
VI おわりに

過去に観測された帯域および遅延から、現在のこれらの品質値をWKNN法に基づき推定する手法を提案し、実環境の下で実験を行った。その結果、遅延に関しては良好な推定精度を得ることができた。一方、帯域に関しては、単純に、推定対象の経路において最も最近に計測された帯域を用いるのと変わらないという結果を得た。

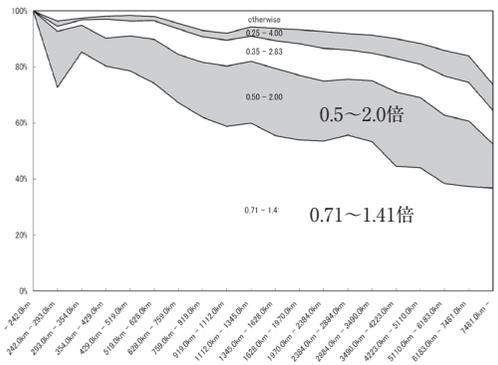
距離関数などを工夫することにより、さらにより推定精度が得られるか検討することが残された課題である。



(a) k=1



(b) k=2



(c) k=3

図6 遅延の予測値と実際の値の比の割合の変化 (100%積み上げグラフ)

【付記】

本稿は、平成22～24年度科学研究費補助金 (研究代表者：森將豪、基盤研究C、課題番号 22500055)の研究成果に基づく。

参考文献

- [1] M. Jain and C. Dovrolis(2003) / "End-to-end available bandwidth: measurement methodology, dynamics, and relation with TCP throughput," IEEE/ACM Trans. on Networking, vol.11, Issue 4, pp.537-549.
- [2] J. Navratil and R. L. Cottrel(2003) / "ABwE: A Practical Approach to Available Bandwidth Estimation," Proc. of Passive and Active Measurement Workshop (PAM 2003), in-cdrom.
- [3] 柴田, 安本, 森(2011) / "過去に観測された品質からのオーバーレイリンク品質の推定方法," 情報処理学会 マルチメディア通信と分散処理研究会, Vol.2011-DPS-147 No.22.
- [4] W. Sun, N. Shibata, K. Yasumoto and M. Mori(2013) / "Estimation of Overlay Link Quality from Previously Observed Link Qualities", Proc. of IEEE CCNC 2013, pp.582-585.
- [5] W. Sun, N. Shibata, K. Yasumoto and M. Mori(2013) / "A Method for Overlay Network Latency Estimation from Previous Observation", Proc. of Int. Conf. on Networks (ICN2013), pp.95-100.
- [6] R. S. Prasad, M. Murray, C. Dovrolis and K. Claffy(2003) / "Bandwidth Estimation: Metrics, Measurement Techniques, and Tools," IEEE Network, vol.17, pp.27-35.
- [7] A. Shriram, M. Murray, Y. Hyun, N. Brownlee, A. Broido, M. Fomenkov and K. Claffy(2005) / "Comparison of Public End-to-End Bandwidth Estimation Tools on High-Speed Links," Proc. of Passive and Active Measurement Workshop (PAM2005), pp.306-320.
- [8] S. Kang, X. Liu, M. Dai and D. Loguinov(2004) / "Packet-Pair Bandwidth Estimation: Stochastic Analysis of a Single Congested Node," Proc. of IEEE ICNP2004, pp.316-325.

- [9] M. Jain and C. Dovrolis(2005) /
“End-to-end Estimation of the Available Bandwidth
Variation Range,” Proc. of ACM SIGMETRICS
2005, pp.265-276.
- [10] B. Zhou, D. He, Z. Sun and W.H. Ng(2005) /
“Network Traffic Modeling and Prediction with
ARIMA/GARCH,” Proc of Int. Working Conf. :
performance modeling and evaluation of
heterogeneous networks (HET-NETs 2005),
in-cdrom.
- [11] A. Sang and S. Li (2000) /
“A Predictability Analysis of Network Traffic,”
Proc. of IEEE INFOCOM 2000, pp.342-351.
- [12] N. Hariri, B. Hariri and S. Shirmohammadi (2011) /
“A distributed measurement scheme for
Internet Latency estimation,” Proc. of IEEE Trans on
Instrumentation and Measurement, 60(5),
pp.1594-1603.

An Estimation Method for Overlay Link Quality and Its Evaluation through Experiments

Masaaki Mori

In order to optimize overlay networks on the Internet, it is useful to estimate link qualities for each overlay link. Existing tools for measuring link qualities send probe packets from end to end, and they need measurement software to be executed on both of the end nodes. Besides, these tools send many probe packets to measure the quality accurately, and thus they can disrupt other communication. In this paper, we propose a method based on a supervised learning algorithm that estimates overlay link qualities from those previously observed. Since our technique does not require sending probe packets, we can quickly estimate qualities for many links without disrupting other communication or wasting processing time on many nodes. We show some results of experiments on PlanetLab for measurement accuracy by the proposed method, especially the proposed method shows good performance on path latency estimation.

