

Bloom Filter とパケットサンプリングを用いた RTT 推定法

A method of estimating RTT using bloom filter and packet sampling

川原亮一¹
Ryoichi Kawahara¹川口銀河¹
Ginga Kawaguti¹森達哉¹
Tatsuya Mori¹上山憲昭¹
Noriaki Kamiyama¹石橋圭介²
Keisuke Ishibashi²NTT サービスインテグレーション基盤研究所¹
NTT Service Integration Laboratories, NTT CorporationNTT 情報流通プラットフォーム研究所²
NTT Information Sharing Platform Laboratories

1 はじめに

エンドエンドでの遅延時間 (RTT) を把握する方法として、ある特定のエンドエンド間でアクティブ測定を行う代わりに、ネットワーク全体の通信品質やエリア間品質マトリクス把握を目的としたパッシブ測定による RTT 推定法を検討している [1]。本稿では、全フローの状態管理をする代わりに、bloom filter (BF) とパケットサンプリングを用いて RTT を推定する方法を述べる。また、本手法を実測データに適用した結果も示す。

2 提案手法の基本的考え方

図 1 の測定点 M において、AB 方向に流れる TCP-SYN パケット、その応答である BA 方向の SYNACK パケット、およびその応答である AB 方向の ACK パケットの到着時刻 t_s, t_{sa}, t_a を記憶し、測定点-B 側ホスト間の RTT と測定点-A 側ホスト間 RTT をそれぞれ $RTT_{MB} = t_{sa} - t_s, RTT_{MA} = t_a - t_{sa}$ により推定する [2]。本稿では、M を通過する全フローの状態を管理する代わりに BF を用いる。BF では K 個の hash 関数 (各々が b bit の hash 値を返す) とサイズ 2^b の bitmap (初期状態では全て 0) を用意する。また、bitmap と同じサイズ 2^b の時刻テーブルを用意する。なお、BF は、SYN フラグ付パケット (SYN, または SYNACK) 到着管理のための BF と、その応答パケット (SYN に対する SYNACK, または SYNACK に対する ACK) 到着管理用の BF' の 2 つを用意する。BF では、パケットのフローキー $i = \{srcIP_i, dstIP_i, srcPort_i, dstPort_i\}$ を入力したときの K 個の hash 値を調べ、対応する bitmap 上の bit のうち 1 つ以上が 0 なら新規フローからのパケットと判断し、全て 0 なら既出フローと判断する。

図 1 の具体例を用いて提案法での BF の利用法を述べる。パケットサンプリングについては、次節で述べる。 $b = 2$ とし、サイズ 2^2 の bitmap と $K = 2$ 個の hash 関数 h_1, h_2 が用意されているとする。AB 方向において、時刻 10:00:05 に、 $h_1(key) = 2, h_2(key) = 4$ となるフローキー key を持つ SYN パケットが到着したとする。このとき、時刻テーブルにおいて該当する bitmap の位置 (2 番目と 4 番目) に現在の時刻を書き込み、図 1 の状態になったとする。その後、10:00:07 に BA 方向よりその ACK パケットが到着したとする。このとき、BF' をチェックすると、該当する bitmap の位置 (2 番目, 4 番目) は 0 となっているため、BA 方向の最初のパケット (つまり SYN パケットの応答) と判断し、時刻テーブルより該当する bit 位置の時刻を読み出し、その中で最も古い時刻 10:00:05 を読み出す。そして、 $RTT_{MB} = 10:00:07 - 10:00:05 = 2$ 秒、と推定する。

なお、10:00:05 と 10:00:07 の間に、例えば $h_1(key) = 2$ となる key を持つ別のフローからの SYN パケットが到着すると、2 番目の時刻情報は上書きされてしまうが、本手法では全ての該当時刻情報 (i.e., 2 番目と 4 番目) が上書きされる確率は低いとみなし、最も古い時刻情報をを用いて RTT を推定している。

3 RTT 推定手順

AB 方向のパケット到着時に BF' を調べ、新規フローと判定されたら、以下の手順を実施する。(1)BF にて新

規フローと判定された場合：到着パケットが SYN フラグ付であれば、確率 p でサンプリングする。こうすることでフローレベルでのサンプリングを実施する。そして BF 用 bitmap にて、 K 個の hash 関数にフローキーを入力し、該当する K 個の bit 位置に 1 を立てる。また、時刻テーブルにおいて、その K 個の bit 位置の時刻を現在の時刻に更新する。(2)BF にて既出フローと判定された場合：SYN フラグが立っていれば、 K 個の bit 位置に対応する時刻テーブル内時刻を現在の時刻に更新する。もし SYN でなければ、なにもしない。

一方、BA 方向のパケットに対し、該パケットの発着 IP, 発着ポート番号を入れ替えて構成されるフローキー $= \{dstIP_i, srcIP_i, dstPort_i, srcPort_i\}$ を BF' への入力とする。BF' にて既出フローと判定されたら何もしない。BF' にて新規フローと判定され、かつ BF にて既出フローと判定されたら、該フローキーを K 個の hash 関数に入力して得られる K 個の bit 位置に対応する時刻テーブル内の時刻を読み出し、その中で最も古い時刻を T_{old} とする。該当するフロー i の RTT_{MB} を $RTT_{MB} = T_{now} - T_{old}$ (T_{now} :現在の時刻) として推定する。その後、BF' を更新する (該当する K 箇所にビットを立てる)。

以上と同様の手順で、 RTT_{MA} も推定できる。

4 動作分析

国内のあるインターネット回線上での測定データ (約 77 万フロー) に対し、 $K = 4, p = 1$ とし、 $b = 16, b = 24$ と振らせたときの RTT 平均値の推定結果を表 1 に示す。なお、 $b = 16$ のときについては、bitmap が全て埋まるのを回避するため、 $p = 1/50$ でサンプリングを実施した結果も示す。これより、 $b = 24$ のときは真の値 ("real") に近い結果が得られ、 $b = 16$ のときはサンプリングした方が real に近い結果が得られた。

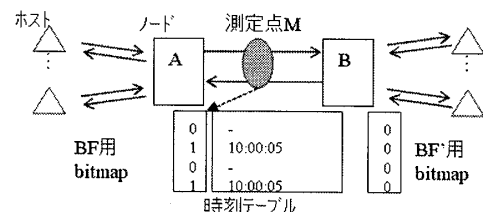


図 1 提案手法の構成

表 1 RTT 推定値 [ms]

	real	$b = 24$	$b = 16, p = 1$	$b = 16, p = 1/50$
RTT_{MB}	65.5	65.7	59.1	67.9
RTT_{MA}	2.03	2.03	2.07	2.02

参考文献

- [1] 川原, 石橋, 森, 上山, 長谷川, “フローサンプリングを用いたフロー品質推定法,” 信ソ大, B-7-11, 2009.
- [2] 川口, 川原, “広域ネットワークの簡易的遅延モニタリング法,” 信総大, B-7-74, 2010.