

トラヒックフローを識別するロードバランシング方式の 提案と評価

2D-1

加藤 聰彦 渡辺 伸吾 前島 治
(株) KDDI 研究所

1. はじめに

インターネットの大規模化、トラヒックの増大に伴い、複数の経路を用いて IP トラヒックを分散させるロードバランシングが重要となっている。しかし、現在実際に使用されている方式は、同一コストの最短経路が複数あった場合のみラウンドロビンまたは帯域に比例したラウンドロビンをパケット単位で行うという単純なものが一般的である。このような方式では、特定アプリケーション間のトラヒック（トラヒックフロー）の IP パケットが、異なる経路を経由する場合が生じる。このため、特定のトラヒックフローに属するパケットの到着時間間隔の変動や到着順序逆転が発生し、リアルタイム通信や TCP 通信に対して通信品質劣化を生じさせる。

このため、特定のトラヒックフローに属する IP パケットを同一の経路に割り当てるロードバランシング方式が提案されているが[1]、従来の方式では呼設定手順の存在とその時点での必要帯域の確定を仮定しており、現実の通信に対応しているとはいえない。これに対して筆者らは、一定間隔以内の連続的な IP パケットをフローとみなし、その流量に応じてバランシングを行う方式を検討している[2]。

本稿では、インターネットトラヒックに適したロードバランシング方式を提案するとともに、WIDE ネットワークを流れる実際のトラヒックを対象として、提案する方法を適用した場合のロードバランシングの効果について評価した結果を述べる。

2. ロードバランシング方式

筆者らが提案するロードバランシング方式は以下のような機能を有する。

(1) TCP や UDP に従う各種のトラヒックに対して、フローを検出するために、特定のシグナリングを想定せず、IP ヘッダの発着 IP アドレス/ポートが同一であり、連続的に転送された IP パケットの列をフローとして認識する。このため、発着 IP アドレス/ポートを管理するフローキャッシュを設け、特定の発着 IP アドレス/ポートの IP パケットが一定の時間間隔（フローキャッシュの生存時間）以内で転送されている限りは、そのフローが存在するとして扱う。

(2) フローを検出した時点では、その後そのフロー

にどのようなトラヒックが流れるかは不明である。しかし、フロー単位でロードバランシングを行うためには、フロー検出時に経路を決定する必要がある。そのためには各経路に転送されるすべてのフローのトラヒックを常に監視し、各時点でもっともすいている経路を認識する機能が必要となる。そこで、ATM のトラヒック制御（ポリシング）に使用されるリーキバケットの技法をベースとして、可変長の IP パケットを扱うリーキバケットを用いて経路ごとのパケット転送のペナルティを計算し、フロー発生時点でペナルティの最も少ない経路にそのフローを転送させることとする。ここで、リーキバケットでは、パケットが発生し転送する経路が決定すると、その経路のバケットにパケットのバイト数が追加され、またバケットからは常にある量のバイト数が流出している。その結果、連続的にパケットが転送されると、その経路のリーキバケットの深さ（ペナルティ）が増大し、次のパケットに対しては別の経路が選択される。

図 1 に提案する方式のアルゴリズムを示す。

経路の分配比率を P 、過去一定時間だけの入力トラヒックの平均速度を F とする。

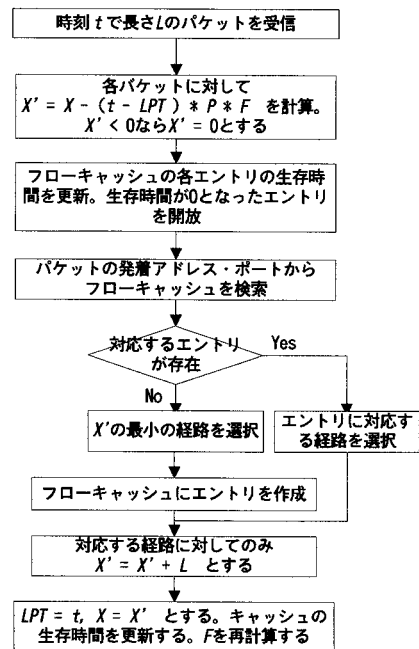


図 1 ロードバランシングのアルゴリズム

“Proposal and Evaluation of Traffic Flow Based Load Balancing Method”
Toshihiko Kato, Shingo Watanabe and Osamu Maeshima
KDDI R&D Laboratories, Inc.

ここでは、あるルータに到着したパケットを複数の経路に分配して出力する場合を想定している。アルゴリズムの概要は以下のとおりである。

- ・各リーキパケットの流出速度は、ルータに到着したトラフィックの過去一定時間の平均値を、経路別に配分した値を用いる。
- ・パケットが到着すると、まず前回のパケット到着時 LPT のパケットの深さ X から、その時点の深さ X' を計算する。
- ・さらに、到着したパケットに対応するフローキャッシュを検索し、存在すればそのエントリ（に対応する経路）を使用することとし、そうでなければ、 X' の最小の経路に対するエントリを作成する。
- ・決定された色に対応するパケットの深さにパケット長を加算する。
- ・最後にエントリの生存時間や変数の更新を行う。

3. 評価

提案するアルゴリズムの評価を行うために、WIDE ネットワークの特定回線を通るトラフィック [3] を対象として、このトラフィックを複数経路にロードバランシングさせた場合の解析を行った。対象としたトラフィックは、平成 13 年 5 月 31 日の午後 2 時から午後 2 時 10 分までに発生したもので、総パケット数は約 300 万個、総データバイト数は約 1900 メガバイト、平均転送速度 24.79Mbps である。

提案したアルゴリズムの比較対照のために、トラフィックフローに対するキャッシュのみを使用し、リーキパケットは使用せず、新たなフローが発生すると、ロードバランシングを行う経路に順番に割り当てる方式（フロー単位ラウンドロビン方式）についても評価を行った。提案アルゴリズムに対する評価のパラメータは以下のとおりである。

- ・ロードバランシング対象の経路数：4
- ・分配比率：1:1:1:1（各経路の P は 1/4）
- ・平均入力トラフィックの計算時間：パケットと発生時刻よりさかのぼって 3 秒。
- ・フローキャッシュの生存時間：パケット発生後 5 秒（フロー単位ラウンドロビン方式に対しても同様）。
- ・リーキパケットの深さが最小の経路が複数あった場合は、固定的な順番で選択。

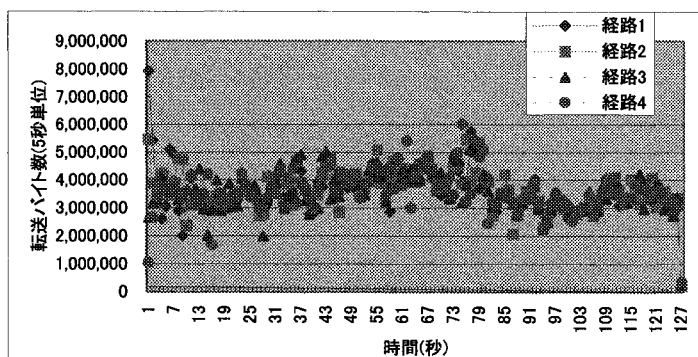
評価した結果の各経路を通るパケットのバイト数の時間的変化を図 2 に示す。なおこの結果では 5 秒ごとのパケットバイト数を合計したものをプロットしている。この図に示すように、提案アルゴリズムはフロー単位ラウンドロビン方式に比べると 4 つの経路に等分にロードバランシングできていることがわかる。

4. おわりに

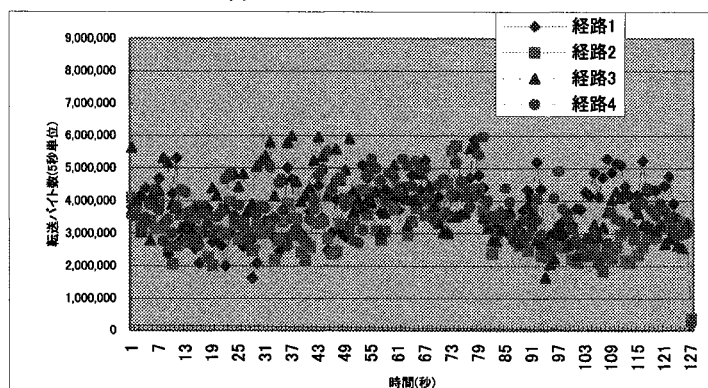
本稿では、インターネットを通るトラフィックを複数の経路に分散するために、IP アドレス・ポートによりフローを識別し、フロー単位にロードバランシングを行う方式を提案し、WIDE ネットワークを通るトラフィックを対象として評価した結果を示した。本研究は通信・放送機構からの委託研究「次世代広帯域加入者系無線アクセスシステム（次世代広帯域 FWA）の研究開発」に基づき行われた。

参考文献

- [1]: K. Leung, et al., "Generalized Load Sharing for Packet-Switching Networks," ICNP 2000, pp.305-314, Nov. 2000.
- [2]: 渡辺他, "メッシュ型 IP ネットワークにおけるロードバランシング方式の一検討," 信学全大, Mar. 2001.
- [3]: <http://tracer.csl.sony.co.jp/mawi/samplepoint-B/2001/200105311400.html>.



(a) 提案アルゴリズムの結果



(b) フロー単位ラウンドロビン方式の結果

図 2 WIDE ネットワークを通るトラフィックに対するロードバランシング結果（パケットのバイト数の時間的変化）