

IPv6 経路制御ヘッダを利用したマルチパス通信の実装

山田 真貴[†] 田中 昌二[†] 原山 美知子[‡]岐阜大学大学院工学研究科[†] 岐阜大学工学部[‡]

1 はじめに

近年のブロードバンド環境の普及に伴い、大容量コンテンツを扱うサービスが増加している。大容量通信は、ネットワークの輻輳によって当該通信の通信効率が低下するばかりでなく、ネットワーク輻輳の要因ともなる。しかし、現行の TCP/IP 通信における動的経路制御方式では、通信経路が確立されると、輻輳が発生してもその経路を回避することができない。そこで、我々は、複数の経路を利用して大容量通信の効率化を図る通信方式について研究を行ってきた [1, 2]。以前の研究では、主経路が輻輳してきた場合に副経路に通信路を切り替える方式を提案した [1] が、代替経路の可用帯域の計測および、経路切替えの不安定性という問題があった。そこで、それらを解決するため、複数の経路を同時に使用する、IPv6 経路制御ヘッダを利用したルーズソースルーティングによるマルチパス通信方式を新たに提案した [2]。

本稿では、新しい通信方式を実験用小規模ネットワークに実装し、実環境での効果を調べた。ここでは、マルチパス通信方式の概要を示し、ネットワーク実験の結果を報告する。

2 提案手法

一般に、マルチパス通信とは複数の無線方式を同時利用することで可用性や対障害性を向上させることを示すことが多いが、本稿でマルチパス通信とはインターネット上の複数の通信経路を同時に利用する通信方式を指す。

本稿で提案する手法の概念図を Fig. 1 に示す。送信ノードから受信ノードへデータ送信する際、一般的なルーティングプロトコルによって導かれる経路を主経路とし、それ以外の、送信ノードから受信ノードへの通信が可能な経路を代替経路とする。

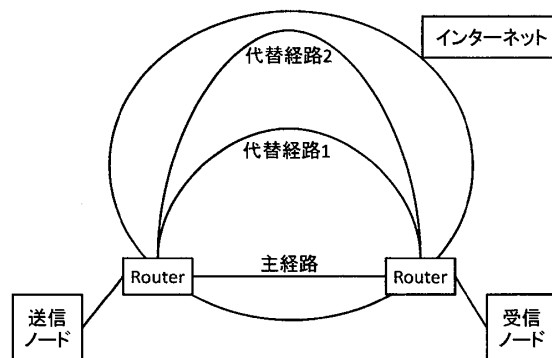


Fig. 1 提案手法の概念図

主経路は、動的経路制御プロトコルに従った最適経路であるため、輻輳していない場合は、主経路で通信するのが最も通信効率がよい。そこで、主経路、代替経路を順位付けして、同時にデータ送信することで、全体のスループットの向上を図る。さらに経路毎のスループットを制御することで、経路上の輻輳を回避する。提案手法の特徴は次の四点である。

IPv6 経路制御ヘッダによるルーズソースルーティングを用いて代替経路への通信を実装する。これにより送受信ノード以外に特殊な実装をすることなくマルチパス通信が実現可能である。

実装においてはトランスポート層のプロトコルとして UDP を選択した。TCP の場合、TCP の輻輳制御やウィンドウ制御が本手法におけるそれと干渉するためである。

本手法ではデータ送信時にスループットをインライン計測する。これにより、計測パケットそのものによる通信の影響を減らすことができる。

計測された送信スループット w_s と実効スループット w_d を比較し、 $w_d/w_s < 0.95$ となった際 $w_d = w_s$ とする。主経路、代替経路それぞれへの送信スループットは 10Mbps を下回らず、合計 80Mbps を超えないものとする。

Implementation of multipath routing method using IPv6 routing header

[†]Maki Yamada, Akiji Tanaka, Gifu Graduate School

[‡]Michiko Harayama, Gifu University

3 実験

Fig. 2 に本研究で用いた実験用小規模ネットワークを示す。ネットワークは RIP による経路制御がされており、ホップ数の最も少ない経路が主経路となる。各ノードは 100Mbps 対応の NIC をそれぞれ持つ FreeBSD マシンである。また、経路制御ヘッダでノード e を指定した経路を代替経路とする。Fig.2 では、経路 1 が主経路、経路 2 が代替経路となる。ノード TrSrc からノード TrDst へ主経路に対するクロストラフィックを流し、通信の様子を観察した。

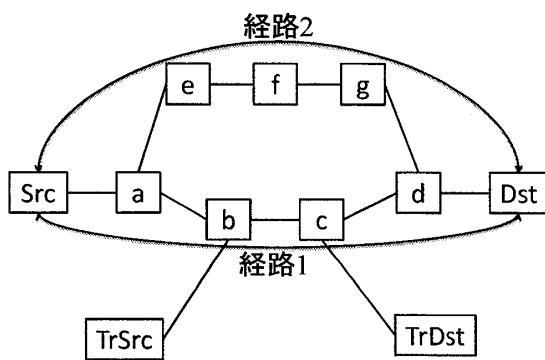


Fig. 2 実験ネットワーク

クロストラフィックを 0~90Mbps で流しながら、送信ノードから受信ノードに対し 100MBytes のデータを送信し、送信終了までの時間を記録した。また、代替経路を使わず主経路のみ、および代替経路のみの通信時間も計測し、提案手法と比較した。実験で得られた実効スループットを Fig. 3 に示す。

主経路のみで送信した際はクロストラフィックの流量が増加すると実効スループットの低下がみられるが、代替経路のみの場合はパフォーマンスの低下はない。

提案手法では、クロストラフィックがない時は主経路のみを使う時と同程度の実効スループットだが、クロストラフィックが 90Mbps 近くなっても、スループットが代替経路のみの場合よりも高い状態を維持できており、よい結果が得られた。クロストラフィックが 50Mbps 前後の時に実効スループットが上昇しているのは、現実装が UDP によるものであり、再送を考慮していないために実効スループットが底上げされているからだと考えられる。

以上より、提案手法が経路上の輻輳を検知し、通信効率の低下を免れていると言える。

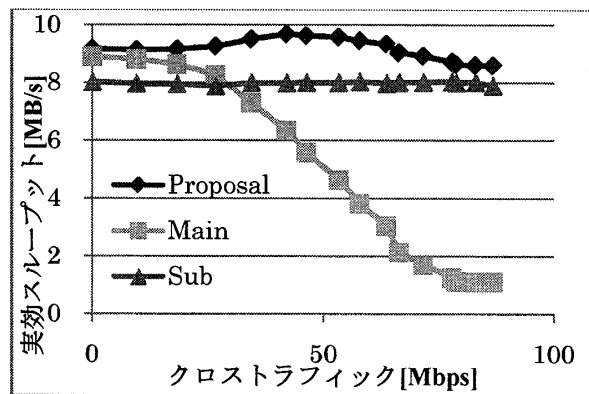


Fig. 3 主経路に流れるクロストラフィックに対するスループットの変化

4 議論

本提案手法では、以前の研究で発生した経路切替の不安定はなく、安定した通信状態が観察された。

しかしながら、どのような場合でもすべての経路に最低量の通信が必要である。これにより可用帯域計測のためのプローブパケットによるトラフィックの増加は除去されるが、主経路が全く混雑していない場合も副経路をとる通信が発生する。

また、今回は、IPv6 経路制御ヘッダのタイプ 0 を用いたが、IPv6 経路制御ヘッダタイプ 0 はセキュリティ上の問題が指摘されており、否定的な RFC も提出されている。本実装を実用化するためにあたってセキュリティ確保が検討課題である。

5 まとめ

IPv6 経路制御ヘッダを利用したマルチパス通信を実験用小規模ネットワークに実装し、実環境におけるマルチパス通信の有効性を確認した。

本実装では UDP 通信をベースにしているため、再送などの通信制御は含まれていないが、今後、TCP ライクな通信方式へ発展させたい。

文献

[1] Harayama, M., et al “ QoS routing method with inline network resource measurement, ” In Proceedings of PacRim’09, Victoria, Canada, pp.112-115, 2009
 [2] 田中昌二, 原山美知子, “IPv6 経路制御ヘッダを利用したソースルーティングによる通信品質向上の手法,” 信学技法, CQ-2010, Jan. 2010(印刷中)