

学籍番号	17676118	氏名	品川 順哉
論文題目	OSPF ECMP との協調による MPTCP 複数コネクション確立手法に関する研究		

1 はじめに

MultiPath TCP(MPTCP) では、任意の送受信ノード間の複数経路各々に TCP コネクションを確立し、全コネクションを束ねて 1 セッションとみなすことで耐障害性やスループット特性を改善するが、その確立方式は言及されていない。一方、ネットワーク層の経路制御を司る OSPF では、あるルータから受信ノードまでに複数の最短経路が存在する場合、それらの経路に負荷分散する Equal Cost Multi Path (ECMP) 機能を有する。

そこで本研究では、送信ノードにおける MPTCP のコネクション確立時にネットワーク層から経路情報を受け取り、協調して複数コネクションを設定する手法を提案する。

2 提案手法

ネットワークを構成する各ルータは ECMP 機能を有する OSPF により経路制御/負荷分散が行われるものとする。この時、転送候補リンクを複数有する分岐ルータにおいて、「送受信 IP アドレス」(コネクション識別値) と「分岐ルータの通過回数」に応じて転送リンクは決定されるものとし、その通過回数は送信ノードが送信するセグメント中の IP オプションにより分岐ルータが把握可能とする。

IP オプションの構成を図 1 に示す。この IP オプションが設定されたセグメントを転送する k 分岐ルータは、 k 分岐ルータ通過回数カウンタフィールドをインクリメントする。さらに、転送リンク決定後、そのリンクの IP アドレスを IP アドレスフィールドに記録する。分岐回数カウンタフィールドにより、分岐ルータは k 分岐ルータの通過回数を把握し、IP アドレスフィールドにより受信ノードは経路情報を把握する。

任意の送受信ノード間でコネクション確立を行うにあたり、送信ノードは n 個 ($\leq n_{max} = 8$) の連続した IP アドレスを用意し、 $i = 1$ として以下の手順を最大 n 回繰り返す。図 2 にコネクション確立動作の流れを示す。

1. 送信ノード: SYN 送信 (送信元 IP アドレス i)

中継ルータにおいて、宛先までに複数の候補経路が存在する場合、ECMP による転送リンク決定が行われる。その際、送信要求毎に異なる送信元 IP アドレスが設定されることで、異なるリンクを通過する。そして、提案 IP オプションにより、当該分岐ルータが自身の IP アドレス (経路情報) と分岐ルータ通過回数を SYN セグメントに書き込む。

2. 受信ノード: SYN+ACK 返信

受信ノードは SYN セグメントに書き込まれた経路情報 (候補経路) を IP オプション LSRR (Loose Source and Record Route) に設定し、SYN + ACK セグメントを返送する。LSRR により、往復経路が同一となり、送信ノードに経路情報を通知する。

3. 送信ノード

取得した候補経路に対して以下を判断する。

- 候補経路と一致する確立済み経路が存在しない場合 → ACK を送信してコネクション確立後、 $i + 1$ して手順 1. に戻る。
- 候補経路と一致する確立済み経路が存在する場合 → RST 送信後、 $i + 1$ して手順 1. に戻る。

3 シミュレーション

ネットワークトポロジはスケールフリーモデルを想定し、その構成ノード数を 50、MPTCP 転送を行う送受信ノード間に存在する最短経路数を s として、提案手法のシミュレーションを行う。

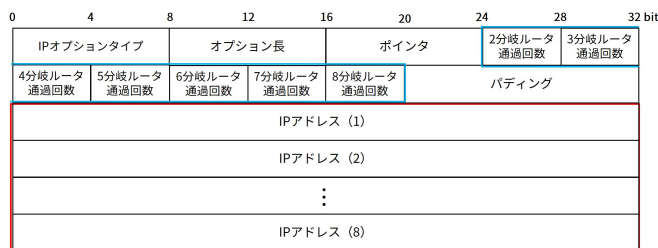


図 1: 提案 IP オプションの構成

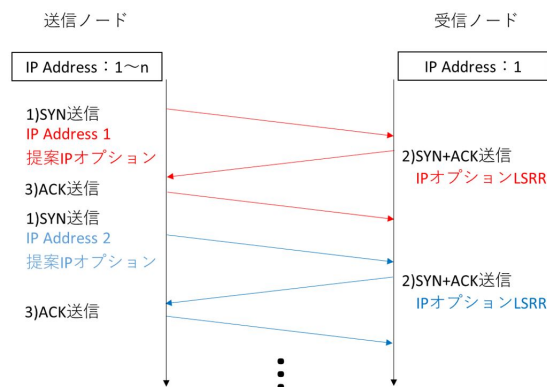


図 2: コネクション確立動作の流れ

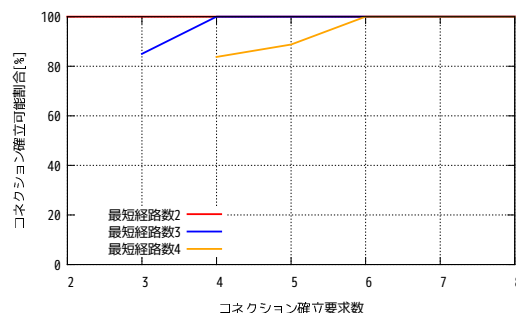


図 3: コネクション確立可能割合

s に対するコネクション確立可能割合を以下に定義する。

$$\text{コネクション確立可能割合} = \frac{\text{コネクション確立数}}{\text{最短経路数}} \times 100$$

4 結果と考察

図 3 に最短経路数 $s = 2, 3, 4$ の場合におけるコネクション確立要求数に対するコネクション確立可能割合を示す。この図より、最短経路数 $s = 2$ の場合では、2 回のコネクション確立要求で全ての複数経路にコネクション確立可能となることがわかる。また、最短経路数 $s = 3$ 以上の場合においても s 回のコネクション確立要求により、80% 以上の割合でコネクション確立可能である。さらに、コネクション要求数を増加させることで n_{max} 以内で全ての複数経路にコネクション確立可能となることがわかる。

5 まとめ

本研究では、MPTCP の送信ノードにおいて複数コネクションを確立する手法を提案し、その有効性を示した。

研究業績

品川順哉, 川原憲治, “OSPF ECMP との協調による MPTCP 複数コネクション確立手法”, 電子情報通信学会ソサイエティ大会, 2018 年 9 月。