

ボトルネックリンク共有型ネットワークにおけるサブフロー数によるMPTCPとGSAMの切り替え方式

小嶋 空[†] 木村 成伴[‡]

筑波大学 情報学群 情報メディア創成学類[†] 筑波大学 システム情報系 情報工学科[‡]

1. はじめに

Multi Path TCP (MPTCP) は、複数の接続回線 (サブフロー) を用いて通信を行う技術であり、通常、単一の接続回線を使う場合に比べて性能を向上させる目的で利用されるが、図 1 の n0-n2 間のように、サブフローがボトルネックリンク (この場合は n1-n2 のリンク) を共有している場合、むしろ性能が低下する場合がある。

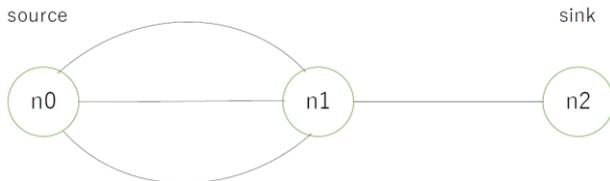


図 1 ボトルネックリンクを共有した例

ボトルネックリンクにおける輻輳の回避手法として様々な方式が提案されているが、例えば、新しく確立されたサブフローが、既に存在しているサブフローから輻輳ウィンドウの値 (一度に送れるデータの量) を一部もらうことで送信量の増加を抑える linked slow-start algorithm (LISA) [1], 新しいサブフローが追加されたとき、既に存在しているサブフローの輻輳ウィンドウの値の増加を抑制する Coupled Slow-Start (CSS) [2] などが挙げられる。Gentle Slow-start scheme for MPTCP (GSAM) [3] は、パケット送信量の増加を緩やかにし、各サブフローは独立して動作する。上記二つの手法に比べてパケット送信量の増加が大きいため、輻輳を回避しつつより性能の向上を見込める手法となっている。しかし、サブフローの数が一定数以下のとき、GSAM を使うことでむしろ性能が低下する場合があった。そこで本論文では、サブフローの数によって GSAM と通常の MPTCP を切り替える方式を提案し、その方式の性能が既存の GSAM に比べて向上することを示す。

2. MPTCP と GSAM

通常の MPTCP の輻輳制御には、Slow Start と Congestion Avoidance の 2 つのフェイズがある。最初は Slow Start から始まり、輻輳ウィンドウ CWND の値を指数関数的に増加させる。輻輳ウィンドウの値が閾値 SSThresh に達すると、Congestion Avoidance に移行し、輻輳ウィンドウの値の増加が線形で緩やかになる。一方、GSAM は、Slow Start までは通常の MPTCP と同様だが、ラウンドトリップ時間 (RTT) が閾値に達すると、Smooth Transition フェイズに移行する。ここでの輻輳ウィンドウの値の増加は、Slow Start よりも緩やかで、その後輻輳ウィンドウの値が閾値に達すれば、通常の MPTCP と同様に Congestion Avoidance に移行する。GSAM では、Smooth Transition により、輻輳ウィンドウの値の増加が通常の MPTCP に比べて緩やかになることが分かる。また、Smooth Transition に移行するために RTT の値を利用するが、ここで利用される RTT は平滑化されており、その手法は RFC6298 [4] に従ったものになっている。

CWND

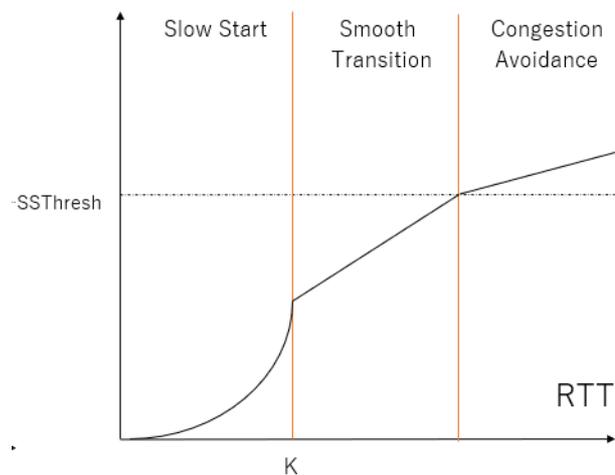


図 2 GSAM の輻輳ウィンドウ (CWND) の変化

3. 提案方式

GSAM よりも通常の MPTCP の方が良い性能を示すときのサブフローの数を実験によって求め、サブフローの数が求めた値を上回れば GSAM、以

Switching Method by the Number of Subflows between MPTCP and GSAM on Shared Bottleneck Link Network

[†]Sora Kojima, College of Media Arts Science and Technology, School of Informatics, University of Tsukuba

[‡]Shigetomo Kimura, Institute of Systems and Information Engineering, University of Tsukuba

下であれば MPTCP に切り替わるように変更する。ns3 上で、図 3に示す、すべてのサブフローがボトルネックリンクを共有するネットワークを実装し、クライアント側からサーバ側に向けてパケットを送信する。文献[3]で行われた実験に合わせて、ボトルネックリンクの帯域は 5Mbps、それ以外のリンクの帯域は 100Mbps、転送遅延を 150ms、ルータバッファサイズを 50 パケットとする。ボトルネックリンクの帯域については、文献[5]において、全世界での平均的な帯域が 5Mbps であったことが根拠となっている。

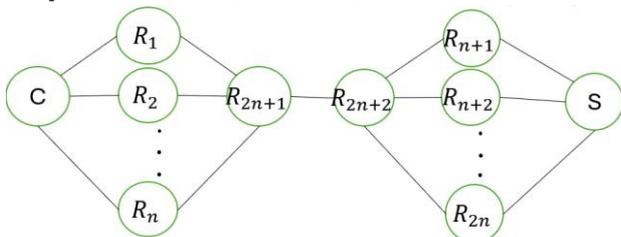


図 3 実験で用いたネットワークトポロジ (Cはクライアント, Sはサーバ, Rはルータ) 実験の手順は以下の通りである。

1. パケット送信量を定数とし、サブフローの数を 1 から 8 まで変化させながら、通常の MPTCP と GSAM を使ったシミュレーションをそれぞれ行い、送信完了時間を計測する。
2. パケット送信量を 50KB から 1MB までの間で変化させ、1. の実験を繰り返す。
3. 2. までの実験結果をもとに、サブフローの数による切り替えを実装した GSAM の性能を、既存の GSAM と比較する。

パケット送信量を、1MB, 750KB, 500KB, 250KB, 50KB としてそれぞれ行った。サブフローの数とパケットの送信量の範囲は、文献[3]のものと同じである。紙幅の都合により、図 4に 750KB の結果のみを載せる。実験の結果、1MB, 750KB, 500KB のときは、サブフローの数が 2 以下であれば、通常の MPTCP の方が GSAM よりも性能が良いことが分かった。一方、250KB, 50KB のときは、サブフローの数に関係なく、常に通常の MPTCP の方が良い性能を示した。ボトルネックリンクにおける輻輳が発生しなかったことで、送信量を減らした分だけむしろ性能が悪化してしまったのだと考えられる。

ここまでの実験結果から、GSAM のアルゴリズムを、サブフローの数が 2 以下であれば通常の MPTCP に切り替えを行うように変更し、変更後の GSAM の性能を検証した。その結果、サブフローの数が 2 以下であれば通常の MPTCP の動作に切り替わり、既存の GSAM に比べて性能が向上することが確認できた。一方、パケット送信量が

250KB, 50KB である場合、サブフローの数が 3 以上のときにも通常の MPTCP の方が良い性能を示すが、この点はサブフローの数によって解決することができなかった。

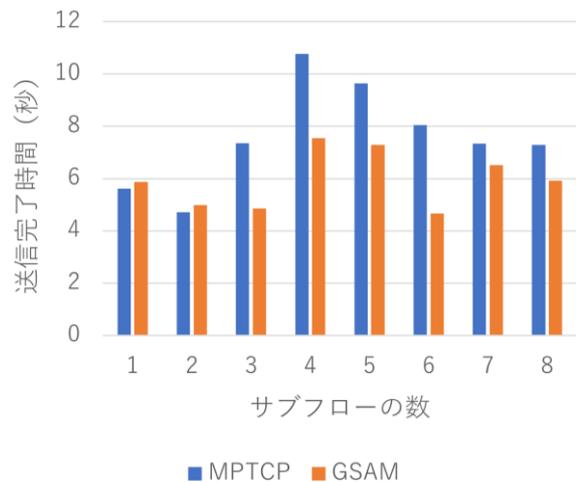


図 4 パケット送信量 750KB の送信完了時間

4. まとめ

サブフローの数によって通常の MPTCP と GSAM の切り替えを行う新たな GSAM を提案し、既存の GSAM と比較して性能が向上することを示した。しかし、パケット送信量が少ない場合に、サブフローの数がいくつであろうと、通常の MPTCP の方が良い性能を示すことが分かったが、この点をサブフローの数による制御のみで解決することは難しい。今後は、サブフロー数以外のパラメタによる切り替え方式の検討とその評価を行う予定である。

参考文献

- [1] R. Barik, M. Welzl, S. Ferlin, and O. Alay, "LISA: A linked Slow-Start Algorithm for MPTCP," Proc. of IEEE Int. Conf. Commun. (ICC), pp. 1–7, 2016.
- [2] Y. Wang, K. Xue, H. Yue, J. Han, Q. Xu, and P. Hong, "Coupled Slow-Start: Improving the Efficiency and Friendliness of MPTCP's Slow-Start," Proc. of IEEE Global Commun. Conf. (GLOBECOM), pp. 1–6, 2017.
- [3] P. Dong, W. Yang, K. Xue, W. Tang, K. Gao, and J. Huang, "Tuning the Aggressive Slow-Start Behavior of MPTCP for Short Flows," IEEE Access, Vol. 7, pp. 6010–6024, 2019.
- [4] V. Paxson, M. Allman, J. Chu, and M. Sargent, "Computing TCP's Retransmission Timer," RF06298 2011.
- [5] Akamai, "Akamai's [state of the internet] Q1 2015 Report," Akamai, 2015.