

公衆網における遅延時間制御手法の TCP 公平性の評価 Fairness Evaluation of Modified CoDel over A Public Network

花井 雅人[†] 山口 実靖[†] 小林 亜樹[†]

Masato Hanai Saneyasu Yamaguchi Aki Kobayashi

1. はじめに

近年のネットワークの大容量化に伴い、旧来の TCP 輻輳制御アルゴリズムである TCP Reno では帯域を有効に活用することが困難となり、CUBIC TCP や Compound TCP などの高速 TCP 輻輳制御アルゴリズムが多数提案された。

これら TCP 輻輳制御アルゴリズムが提案されたことにより TCP 間公平性という新たな課題が生まれた[1]。また、この不公平を改善する手法として遅延時間制御手法 (CoDel) [2]を用いた TCP 間公平性改善手法が提案されている[3]。

しかし、本手法の公平性は実験用ネットワークや実 LAN でのみ評価されており、公衆回線での評価がされていない。本原稿では公衆ネットワークにおける本手法の性能を示す。

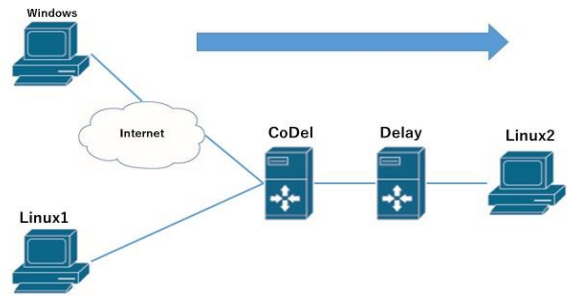


図 1 測定環境

2. CoDel (Controlling Queue Delay)

CoDel[2]は Queue のスケジューリングアルゴリズムである。CoDel はあるパケットが Queue に入ってから Queue を出るまでの時間が target(初期値:5ms)以上になるとパケットを破棄する。target はチューニングパラメータである。CoDel はチューニングパラメータが RED と比較して少なく、パケット破棄は Queue における滞在時間のみで決定される。RED のパラメータの多さとそれら設定の難しさに比べ、CoDel で容易な設定で高い性能を実現できるため、今後普及が進んでいくと期待できる。ルータ上のパケットの待ち行列を制御する RED と同様、CoDel で TCP 公平性の改善が実現できると期待でき、公平性改善は今後 CoDel をもとした考察を行うことが重要になっていくと考えられる。

3. 動的優先制御公平性改善手法

動的優先制御公平性改善手法[3]は CoDel の改善により TCP 公平性を改善する手法である。パケットが通信機器の Queue に入ってから出るまでの時間が target を超えるとパケットが破棄されるが、本手法では通信帯域の消費が最も大きいと推定される通信のパケットは常に破棄し、それ以外の通信のパケットは確率 p で破棄する。 p はチューニングパラメータである。

通信帯域の消費が最も大きい通信の推定方法は以下の通りである。

- 1 本手法を搭載した通信機器を通過するパケットの rec_int 個に 1 個のパケットの通信情報をログに記録する
- 2 このログを最大 $hist_len$ 個記録する
- 3 このログを $stat_int$ 個記録する度にログの集計を行い、この中で最も多く登場する通信を「最も帯域消費が大きい通信」とする

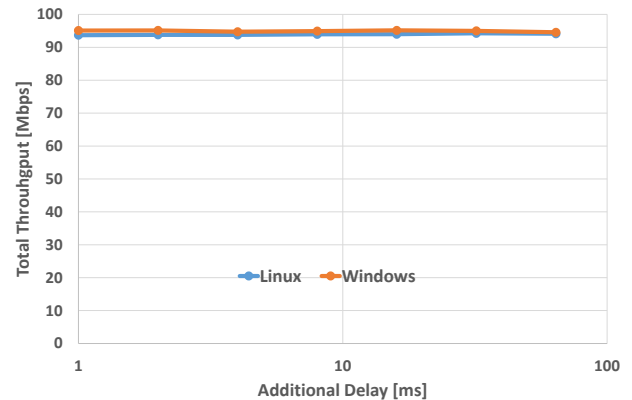


図 2 スループット(単独通信時)

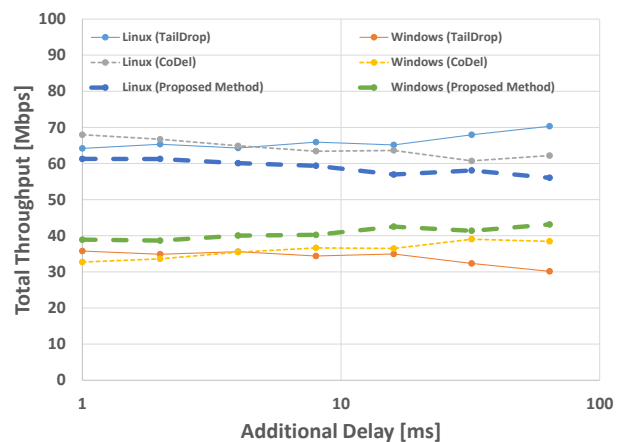


図 3 スループット(同時通信時)

なお、確率 p での破棄は負荷の低減と実装の簡素化のために乱数により無記憶的に行うのではなく、ループするカウンタを用いて $1/p$ 回に 1 回破棄を行う。

4. 公衆網の適用と評価

本手法の公衆インターネット環境における有効性を検証するために、図 1 の環境を構築し本手法を実装し性能評価を行った。Windows 機と CoDel 機はインターネット環境を介して接続されている。通信は Linux1 - Linux2, Windows - Linux2 間で行った。なお、CoDel-Delay-Linux2 の経路は共有している。また CoDel 機と Delay 機との帯域を 100Mbps に制限している。

CoDel 機では TailDrop, CoDel, および我々が改善した CoDel を実行し、Delay 機は遅延装置で人工的に遅延時間を付加する装置である。

図 3 に TailDrop, CoDel, 本手法適用時のスループットを示す。図より、TailDrop における Linux のスループットが常に高く、一方 Windows のスループットが低くなっており、付加遅延時間に依存せず不公平なのがわかる。また、CoDel を適用することで若干公平性が向上するが、依然として不公平であることがわかる。そして、本手法を用いることで CoDel より公平性の向上が実現できていることがわかる。特に、付加遅延時間が 64 [ms] のとき大幅な公平性向上ができていくことがわかる。

図 4 に Linux と Windows の合計スループットを示す。図より、Linux と Window 計 20 コネクションの合計スループットが 100Mbps(ワイヤレート)に近い値がでており、合計性能に劣化なく公平性を実現できている。また、CoDel は TailDrop と比較して 8% 程度の合計スループットの低下を招いているが、本手法では合計スループットの低下が生じていないこともわかる。

図 5 に Fairness Index を示す。Fairness Index は公平度を示す指標で 0 から 1 の値をとり、公平度が高いと 1 に近づき、公平度が低いと 0 に近づく。図より、本手法を用いることで実ネットワーク環境においても高い公平性を実現でき、本手法が有効であることを確認できる。

5. おわりに

本稿では、動的優先破棄手法の公衆実ネットワーク環境における有効性を評価した。評価の結果、本手法は公平性と合計スループットの両面において CoDel などの既存手法であることが確認された。

今後は、新規パラメータを用いない手法の開発、(target 値のみによる制御)、LTE 環境における本手法の評価を行っていく予定である。

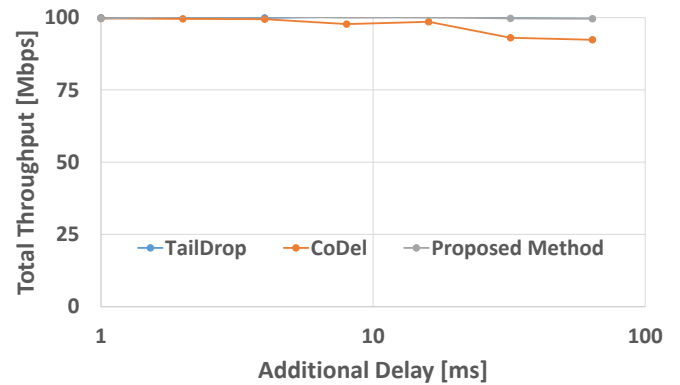


図 4 合計スループット(同時通信時)

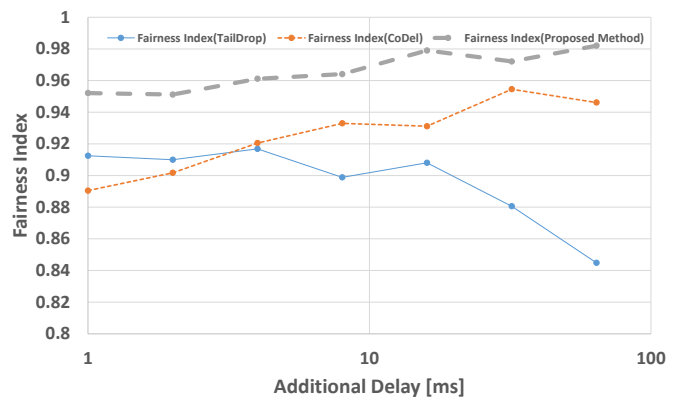


図 5 Fairness Index

謝辞

本研究は JSPS 科研費 26730040, 15H02696, 17K00109 の助成を受けたものである。本研究は、JST, CREST JPMJCR1503 の支援を受けたものである。

参考文献

- [1] 逸身勇人, 山本幹, “CUBIC と Compound TCP 間の公平性改善手法の提案,” 電子情報通信学会信学技報 vol. 110, no. 372, NS2010-160, pp. 103-108
- [2] . Kathleen Nichols and Van Jacobson. 2012. Controlling queue delay. Commun. ACM 55, 7 (July 2012), 42-50.
- [3] 花井雅人, 山口実靖, 小林 亜樹 “遅延時間制御手法の動的調整による TCP 公平性の向上”, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル(DICOMO 2016), June. 2016