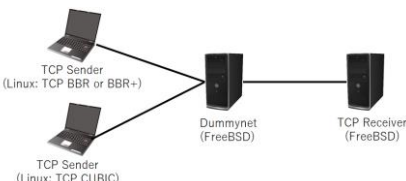


<p>研究代表者</p>	<p>所属学系・職名 数理・情報学系・准教授 氏 名 内海 哲史</p>										
<p>研究課題</p>	<p>待ち行列理論を用いた輻輳に基づく輻輳制御の改良 Improvement of Congestion-Based Congestion Control Using Queueing Theory</p>										
<p>成果の概要</p>	<p>【背景】 2016 年 9 月 Neal Cardwell (米国 Google 社) らによって、輻輳に基づく輻輳制御方式 BBR (Bottleneck Bandwidth and Round-trip propagation time) [参考文献 1] が発表された。BBR はスループットを最大化し、待ち行列遅延時間を最小化する新しい輻輳制御方法である。しかし、BBR がこれまで広く普及している従来型の輻輳制御方法である CUBIC [参考文献 2] と共存するとき、特に、ボトルネックリンクのバッファ長が大きいネットワークで共存するとき、BBR は CUBIC に性能で劣ってしまうと言う欠点が指摘されている [参考文献 3]。</p> <p>【目的】 本研究では、待ち行列理論を用いて、ボトルネックリンクのバッファ長が大きいネットワークにおいて CUBIC と共存したときの欠点を克服する、新しい輻輳に基づく輻輳制御方法 (BBR+) を提案・評価する。</p> <p>【方法】 本研究では、待ち行列理論等を用いて設計し、BBR を改良した BBR+ を実装して、ネットワークエミュレータ Dummynet [参考文献 4] によって、BBR+ の性能を評価する。エミュレーションでは、CUBIC と BBR または BBR+ が共存したときの性能スループットを明らかにする。</p> <p>【成果】 BBR+ と CUBIC が共存するときの性能を評価するため、ネットワークエミュレータ Dummynet を用いた。図 1 のようなネットワークポロジータで実験を行った。TCP の送信側のパラメータと Dummynet のパラメータは表 1 の通りである。TCP のデータ送信時間は 120 秒とした。上記の実験環境で、それぞれのバッファサイズにおいて 10 回ずつ測定を行い、その平均のスループットを求める。図 1 のネットワークポロジータで、BBR と CUBIC を共存させたときのスループットの結果は、図 2 である。図 2 のように、ボトルネックリンクのバッファサイズが大きいとき、全体のスループットが低下した。また、ボトルネックリンクのバッファサイズが大きいとき、BBR と CUBIC のスループットの大小が逆転した。図 1 のネットワークポロジータで、BBR+ と CUBIC を共存させたときのスループットの結果は、図 3 である。図 2 の結果と異なり、ボトルネックリンクのバッファが大きいときでも、全体のスループットが低下せず、安定的なスループットを実現できた。ボトルネックリンクのバッファサイズが小さいとき、BBR の場合と同様、BBR+ のスループットは CUBIC のスループットを大きく上回っている。ボトルネックリンクのバッファサイズが大きくなると、BBR+ と CUBIC のスループットの差は小さくなるが、BBR+ のスループットは CUBIC のスループットに負けない。</p> <p style="text-align: center;">表 1: 実験パラメータ</p> <table border="1" data-bbox="422 1899 965 2056"> <tr> <td>最大ウィンドウ</td> <td>100 (Mbytes)</td> </tr> <tr> <td>リンク容量</td> <td>10 (Mbps)</td> </tr> <tr> <td>伝搬往復遅延時間</td> <td>40 (ミリ秒)</td> </tr> <tr> <td>バッファサイズ</td> <td>1~18 (帯域遅延積)</td> </tr> <tr> <td>データ送信時間</td> <td>120 (秒)</td> </tr> </table> <div style="text-align: right; margin-top: 20px;">  <p>図 1: ネットワークポロジータ</p> </div>	最大ウィンドウ	100 (Mbytes)	リンク容量	10 (Mbps)	伝搬往復遅延時間	40 (ミリ秒)	バッファサイズ	1~18 (帯域遅延積)	データ送信時間	120 (秒)
最大ウィンドウ	100 (Mbytes)										
リンク容量	10 (Mbps)										
伝搬往復遅延時間	40 (ミリ秒)										
バッファサイズ	1~18 (帯域遅延積)										
データ送信時間	120 (秒)										

成果の概要

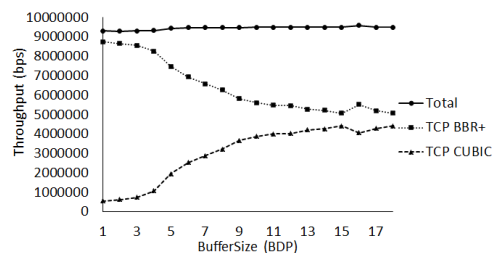
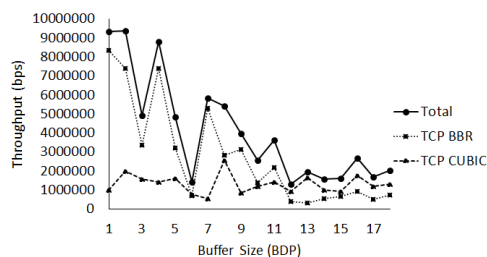


図 2: BBR vs CUBIC のスループット比較 図 3: BBR+vsCUBIC のスループット比較

【主な発表論文】

1. 屋代 秀幸, 石 為之, 内海 哲史, “BBR と CUBIC の共存時における性能評価,” 情報処理学会第 80 回全国大会, 2018 年 3 月, 東京.
2. Satoshi Utsumi, She Weizhi, Norio Suzuki, Salahuddin Muhammad Salim Zahir, “BBR+: Improvement of Congestion-Based Congestion Control for Deep Buffer Link,” 情報処理学会第 80 回全国大会, 2018 年 3 月, 東京.

【組織】

- ・内海哲史 (研究代表者, 設計, 実装: 福島大学共生システム理工学類准教授)
- ・Salahuddin Muhammad Salim Zahir (アドバイザー: 国立高等専門学校機構鶴岡工業高等専門学校教授)
- ・屋代秀幸 (実験補助: 福島大学共生システム理工学類 4 年)
- ・鈴木規郎 (実験補助: 福島大学共生システム理工学類 3 年)
- ・石為之 (実験補助: 重慶理工大学 4 年)

【参考文献】

- [1] Neal Cardwell, Yuchung Cheng, C. Stephen Gunn, Soheil Hassas Yeganeh, Van Jacobson, “BBR Congestion-Based Congestion Control,” ACM Queue, September–October 2016, pp. 20–53.
- [2] Sangtae Ha, Injong Rhee, Lisong Xu, “CUBIC: A New TCP-Friendly High-Speed TCP Variant,” ACM SIGOPS Operating System Review 42(5), July 2008, pp. 64–74.
- [3] Neal Cardwell, Yuchung Cheng, C. Stephen Gunn, Soheil Hassas Yeganeh, Van Jacobson, “BBR Congestion Control,” IETF 97, Nov. 2016, Seoul.
- [4] L. Rizzo, “Dummysnet: a simple approach to the evaluation of network protocols,” ACM SIGCOMM Com. Com. Review, Jan. 1997.