

移動体通信におけるシングルセッションおよびマルチセッションによる転送速度の比較

中川 大典[†] 村上 雅彦[†] 吉岡 明紀[†] 鈴木 隆元[†]

株式会社エイチアイ[†]

1 はじめに

インターネットのトラフィックは年々増加傾向にあるとともに、スマートフォンやコネクテッドカーに代表される移動体通信の需要が高まっている。それに伴い、通信の効率化の技術が注目されており、様々な輻輳制御アルゴリズムやコネクション利用の手法が提案されている。

輻輳制御アルゴリズムはネットワークの混雑回避のためのウィンドウサイズを調整するアルゴリズムである。 β は輻輳発生後のウィンドウサイズを決定するパラメータであり ($0 < \beta < 1$)、先行研究 [1] で用いられている AIMD においては 0.5 である一方で、現在、輻輳制御の主流となっている CUBIC では 0.7 が選択されている [2]。

AIMD における並列 TCP 接続におけるリンク帯域に対するスループットは、次の式で示される。

$$\frac{\text{throughput}}{\text{link capacity}} = 1 - \frac{1}{1 + \frac{1+\beta}{1-\beta} N} \quad (1)$$

ここで、 N は接続数である。1つの送信先に対して TCP コネクションを複数確立し並列に送信することによる、スループット向上の手法が知られている [1, 3]。輻輳発生時のウィンドウサイズが変化しなくなる定常状態において、AIMD は輻輳回復時から輻輳ウィンドウが線形的に増加するのに対し、CUBIC では 3 次関数的に増加する。この点の与えるスループットへの影響は十分少ないと考えられ、AIMD 輻輳制御下における式 (1) を $\beta = 0.7$ として CUBIC に対し近似的に用いることを考える (図 1)。 $\beta = 0.7$ では $N = 1$ で既に 0.85 まで達しており、AIMD より CUBIC の方が輻輳回復が早いことを考慮すると、CUBIC では N を増やすことによるメリットはほとんど無いと推察される。しかし、移動体通信を含む TCP 接続において、複数コネクショ

Comparison of single and multiple transfer speeds in mobile communication

Akinori Nakagawa[†], Masahiko Murakami[†], Akinori Yoshioka[†] and Takaharu Suzuki[†]
HI Corporation[†]

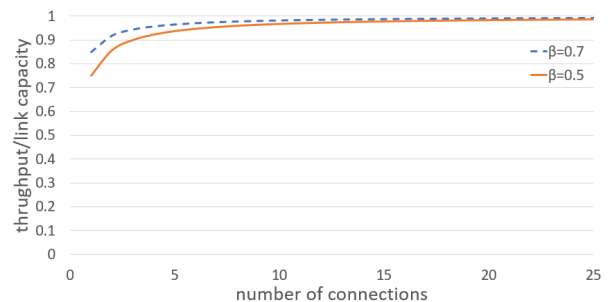


図 1: 並列 TCP 接続におけるスループット/リンク帯域

ンを用いることによってスループットの上昇が観測されたため、本稿において報告する。

2 実験

本実験は実際のネットワーク環境にて実施し、クライアント、サーバは輻輳制御に CUBIC を使用する。クライアント、サーバ間のグッドプットを測定するにあたり iPerf3 [4] を使用する。iPerf3 はクライアントからサーバにデータを送信し、その結果からグッドプットを測定するツールである。コネクション数 N を 1 から 25 まで変化させ、それぞれ 10 秒データ送信を行う。これを 10 回繰り返して、2500 秒間のデータを得る。具体的には、以下のようにオプションを指定して実行する。

```
iperf3 -c [server IP Address] -P N -t 10
```

グッドプットは、iPerf3 のクライアント端末に表示されるログの Bandwidth の receiver の値を参照する。実験に用いた通信回線を表 1 に示す。Y!mobile は移動している状態と静止している状態、docomo と SoftBank は静止している状態のみで通信を行う。

3 結果

各クライアント毎に実験したデータからコネクション数とグッドプット/リンク帯域の関係性を図 2 に示す。本研究では、グッドプットの最大値をリンク帯域

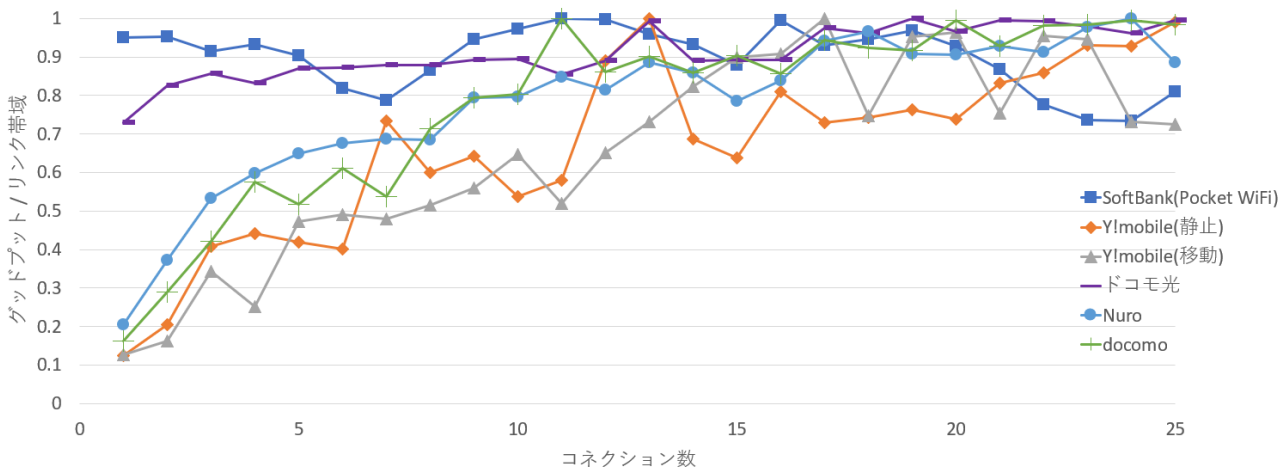


図 2: コネクション数とグッドプット/リンク帯域の関係性

移動体/固定	回線名	実験場所
移動体通信	docomo(テザリング)	東京都新宿区
移動体通信	Y!mobile(テザリング)	東京都荒川区
移動体通信	SoftBank(Pocket WiFi)	東京都新宿区
固定通信	Nuro	東京都調布市
固定通信	ドコモ光	東京都新宿区

表 1: 実験に使用した通信回線

とみなす。図 2 は、縦軸がグッドプット/リンク帯域、横軸がコネクション数を表す。docomo(テザリング), Y!mobile(テザリング), Nuro はコネクション数が増加するとグッドプット/リンク帯域が向上している。その為、固定通信、移動体通信ともに実際のネットワーク環境ではコネクション数の増加がグッドプット/リンク帯域に影響があると示唆される。また Y!mobile(テザリング)の移動している状態、静止している状態のグッドプット/リンク帯域の傾向は違いはみられない。SoftBank(Pocket WiFi), ドコモ光は想定通りコネクション数の増加にかかわらず、グッドプット/リンク帯域は収束されている状態である。このことから実際のネットワーク環境においてコネクション数が増加することによってグッドプット/リンク帯域が向上しない場合も存在することが示された。

4 おわりに

本実験では各種の通信環境において TCP 並列接続時のコネクション数とグッドプット/リンク帯域の関係を示した。Altman ら [1] による結果ではコネクション数の増加によってグッドプット/リンク帯域が向上することが示されていたが、輻輳発生時の乗算的減少に

おける係数 β に 0.7 を用いる CUBIC による輻輳制御では、接続数 1 の場合で既にリンク帯域の 85% 以上になり、コネクション数の増加によるグッドプット/リンク帯域が向上は非常に小さくなると予想された。しかし、本実験結果では、コネクション数が増加することによりグッドプット/リンク帯域が向上することを見出し(図 2 参照)、現在のインターネット環境においても TCP 並列接続によるグッドプット向上のメリットがあることを示した。

今後は、1) 接続方法、場所、時間等で系統的に計測を行う、2) 輻輳ウィンドウのサイズや、RTT (ラウンドトリップタイム) 等の計測も行うことにより、関連のあるパラメータを探り、原因の追求を行う必要がある。

参考文献

- [1] E. Altman, D. Barman, B. Tuffin, M. Vojnovic, Parallel TCP Sockets: Simple Model, Throughput and Validation, *Proc. 25TH IEEE International Conference on Computer Communications(INFOCOM 2006)* (2006) 1–12.
- [2] I. Rhee, L. Xu, S. Ha, A. Zimmermann, L. Eggert, R. Scheffenegger, CUBIC for Fast Long-Distance Networks, RFC 8312 (2018).
- [3] L. Qiu, Y. Zhang, S. Keshav, On individual and aggregate TCP performance, *Proc. 7th IEEE International Conference on Network Protocols(ICNP 1999)* (1999) 203–212.
- [4] <https://iperf.fr>