

RTT の振る舞いを用いた輻輳制御方式の動作解析

An analysis of congestion control scheme using the behavior of the RTTs

畑中 公嗣† 中村 奉夫‡
Koji Hatanaka Tomoo Nakamura

1. はじめに

近年、インターネットの拡大に伴い、ネットワークを効率良く運用するために様々な視点での提案がされている。しかしながら、コネクション間のスループットが不公平になるという問題は解消されていない[1][2]。現在ではこの問題に対して、LAN 環境において発生する TCP フロー間の公平性問題に対して、トランスポートレイヤにおいて、多くの手法が提案されている。

本研究では、Vegas に RTT の振る舞いを考慮して改善をした手法[3] Y.IVegas を用いて、各輻輳制御方式と混在した環境下において実験を行う。そして、有線 LAN・無線 LAN 環境上での動作性能をスループットと公平性に焦点を当て、NS-2 を用いてシミュレーション実験を通して解析する。

2. TCP による輻輳制御

TCP は、スロースタート段階と輻輳回避段階が存在し、ACK を受信するごとにデータ転送量を調整する輻輳ウィンドウ(Cwnd)を更新する。ここでは、Vegas, 改善手法 Y.IVegas の動作を説明する。

2.1 Vegas

Vegas は、計測した最小 RTT(baseRTT) と現在の RTT からスループットの差を用い、制御を行う。また、 α , β ($\alpha < \beta$) は定数であり、中間ノードにキューイングされるパケット数を決定する。

$$Cwnd = \begin{cases} \text{[輻輳回避段階]} \\ Cwnd + 1 & \left(RTT < \frac{Cwnd}{Cwnd - \alpha} \text{baseRTT} \right) \\ Cwnd & \left(\frac{Cwnd}{Cwnd - \alpha} \text{baseRTT} < RTT < \frac{Cwnd}{Cwnd - \beta} \text{baseRTT} \right) \\ Cwnd - 1 & \left(\frac{Cwnd}{Cwnd - \beta} \text{baseRTT} < RTT \right) \end{cases}$$

2.2 改善方式[3]

Vegas が、RTT(理論値)を用いることで制御しているのに対し、提案手法では、一定時間間隔で計測した、 n 番目の時刻における RTT[n] と 1 間隔前の $n-1$ 番目の RTT[n-1] との差 DiffRTT 及び、DiffRTT の平均値 aveDiffRTT を従来の Vegas に加えて制御に用いる。

$$\begin{aligned} \text{DiffRTT} &\leftarrow RTT[n] - RTT[n-1] \\ \text{aveDiffRTT} &\leftarrow |(1-w) * \text{aveDiffRTT} + w * \text{DiffRTT}| \end{aligned}$$

$w(0 < w < 1)$ は重み係数である。Vegas の輻輳回避段階を次のように改善を行う。RTT の差分を用いる事で、RTT の変動が激しい場合に追加でウィンドウサイズ制御を行う考えである。

$$Cwnd = \begin{cases} \left[\begin{array}{l} RTT < \frac{Cwnd}{Cwnd - \alpha} \text{baseRTT} \\ Cwnd + 1 \end{array} \right] \\ \left[\begin{array}{l} \frac{Cwnd}{Cwnd - \alpha} \text{baseRTT} < RTT < \frac{Cwnd}{Cwnd - \beta} \text{baseRTT} \\ Cwnd + 1 \end{array} \right] & \left(\text{if } \text{DiffRTT} < \frac{Cwnd}{Cwnd - \alpha} \text{aveDiffRTT} \right) \\ Cwnd & \text{(else)} \\ \left[\begin{array}{l} \frac{Cwnd}{Cwnd - \beta} \text{baseRTT} < RTT \\ Cwnd \end{array} \right] & \left(\text{if } \text{DiffRTT} < \frac{Cwnd}{Cwnd - \beta} \text{aveDiffRTT} \right) \\ Cwnd - 1 & \text{(else)} \end{cases}$$

3. 評価実験

3.1 実験環境

NS-2 より、有線 LAN 環境(図 1)無線 LAN 環境(図 2)のようなネットワークトポロジに対して実験を行う。ここでは RTT の振る舞いを用いて Vegas を改善した輻輳制御方式を Y.IVegas とする。本評価実験では、輻輳制御に Reno, Vegas, Y.IVegas から選択し比較実験を行う。Vegas, RVegas の定数 α , β は $\alpha=2$, $\beta=4$ と設定する。

3.2 実験条件 (有線 LAN 環境)

図 1 のネットワークトポロジ(有線 LAN 環境)を用いてシミュレーションを行う。Node1, Node2, Node3 は各種輻輳制御方式である。Node6, Node7, Node8 は Node1, Node2, Node3 の Sink Node である。また、Node4, Node5 は中間 Node である。

3.3 実験条件 (無線 LAN 環境)

図 2 のネットワークトポロジ(無線 LAN 環境)を用いてシミュレーションを行う。Node1, Node2, Node3 は Wireless Node とし、各種輻輳制御方式である。W1 は中間 Node であり、W2 は Node1, Node2, Node3 の Sink Node とする。また、BS を無線基地局とする。

† 龍谷大学大学院理工学研究科電子情報学専攻

‡ 龍谷大学理工学部電子情報学科

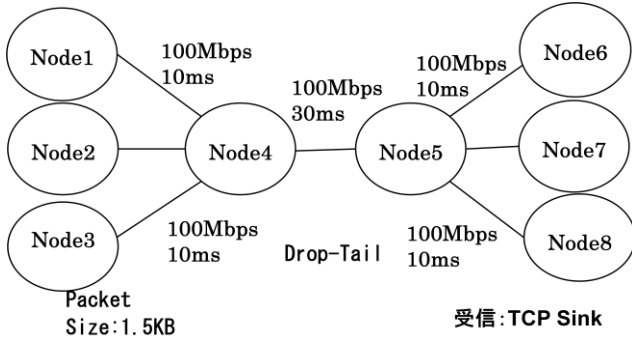


図 1 ネットワークトポロジ(有線 LAN 環境)

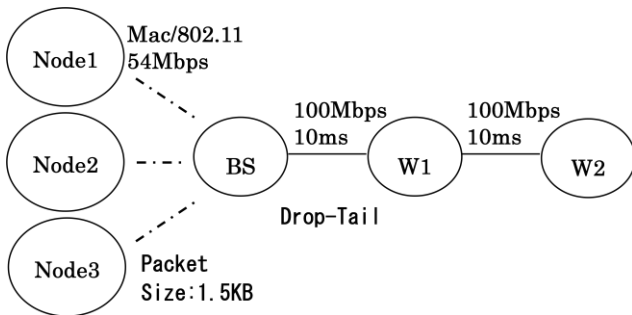


図 2 ネットワークトポロジ(無線 LAN 環境)

4. 実験結果

有線 LAN 環境でのスループットの変化を図 3 に、無線 LAN 環境でのスループットの変化を図 4 に示す。表 1 は、無線 LAN 環境において、BS のバッファサイズ IFQLen を変化させ、500[s]間のシミュレーションを行い、そのスループットの平均である。

4.1 結果と考察 (有線 LAN 環境)

図 3 より、Y.IVegas が Vegas に比べ Reno に対して積極的にスループットの増加、維持を行っていることがわかる。これは、相手が RTT 変動の激しい Reno であるため、aveDiffRTT の値が大きくなることからウィンドウサイズの増加・維持を行っていると考えられる。

実験の結果、Y.IVegas は有線 LAN 環境において、Reno と帯域を共有するネットワークにおいて公平性、スループットの向上が確認出来た。

4.2 結果と考察 (無線 LAN 環境)

図 4 より、従来の Vegas に比べスループットが向上している事が確認できる。表 1 より、BS の IFQLen が増加することより、ウィンドウサイズの大きい Reno のトラフィックが帯域を大幅に占有する。これにより、RTT をベースにして行う制御は ACK パケットを受け取ることが出来ず、スループットを増加させる事が出来ていない。また、BS の IFQLen に変化に対して、帯域の使用率の変化がないことから、無線基地局の連携に問題があると考えられる。

表 1 からわかる、無線 LAN 環境において、BS の IFQLen により、各輻射制御方式の公平性が変化する。これは BS における TCP 確認応答のバッファ溢れとトランスポートレイヤにおける輻射ウィンドウ制御が組み合わさったことにより公平性における問題が発生したと考えられる。

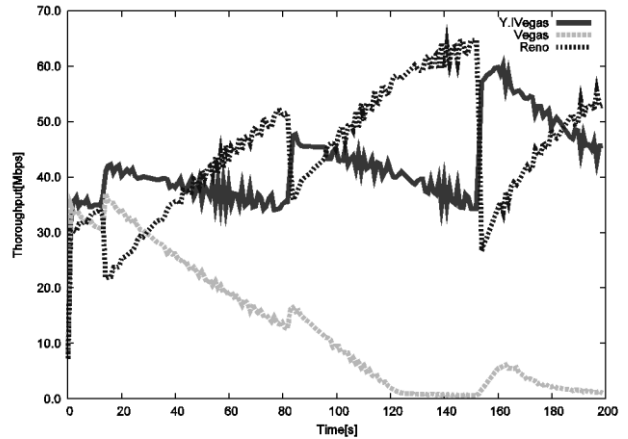


図 3 スループットの変化(有線 LAN 環境)

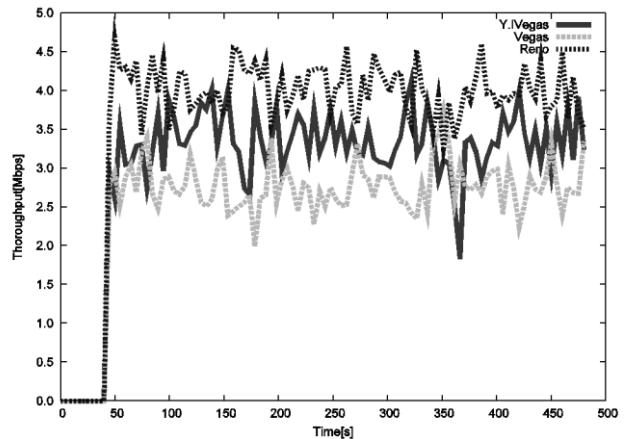


図 4 スループットの変化(無線 LAN 環境)

表 1 無線 LAN 環境での平均スループット

	Y.IVegas	Vegas	Reno
IFQLen_10	3.3Mbps	2.8Mbps	4.0Mbps
IFQLen_50	0.9Mbps	0.8Mbps	8.2Mbps
IFQLen_100	0.6Mbps	0.5Mbps	8.8Mbps

5. おわりに

Vegas をベースとして RTT の振る舞いを考慮した Y.IVegas を用いて、従来の方式と組み合わせてスループットと公平性に焦点を当てシミュレーションを行った。結果、従来の Vegas に比べスループットの向上が確認出来た。

参考文献

- [1] Y. Yang, J. Wang, R. Kravets, "Distributed Optimal Contention Window Control for Elastic Traffic in Wireless LANs", INFOCOM 2005, March, 2005
- [2] Jeonghoon Mo, Richard J. La, Venkat Anantharam, and Jean Walrand, "Analysis and Comparison of TCP Reno and Vegas" Proc IEEE INFOCOM '99, March 1999
- [3] 井上 貴照, 木村 昌弘, 中村 奉夫, "帯域公平性をもつ輻射制御", FIT2008