

無線 LAN の帯域公平性に対するアクセスポイントのバッファ量の影響と QoS 保証 TCP の性能評価

安藤 玲未 (指導教員：小口 正人)

1 はじめに

近年、マルチメディア通信の需要の高まりにより、TCP/IP ネットワーク環境においても QoS(Quality of Service) の保証が重要となっている。有線環境においてはこれを実現する実装と評価が既に行われてきた。この1つの例が TCP-AV である。一方で無線環境が広く普及したことから、無線通信においても有線と同様の QoS 保証が望まれている。しかし、無線環境においては有線環境における場合とは異なる問題が存在し、複数台の端末で通信を行った場合、端末ごとのスループットに不公平が生じる場合があることが既存研究によって分かっている。そこで本研究では、端末ごとのスループットに不公平が生じる原因の1つとして挙げられるアクセスポイント (AP) のバッファあふれに焦点をあて、AP のバッファ量の評価を行い、その違いによる不公平性の評価を行う。また、無線環境において TCP-AV を用いてマルチメディア通信を実行する際の性能を評価する。

2 既存研究

文献 [1] では複数台で無線通信を行った場合の不公平性の問題について実機を用いて議論している。ここで不公平性の問題とは同一環境で通信を行っているにも関わらず、スループットが高いものと極端に低い (0Mbps に近い) ものがあることである。実験環境は図 1 の通りで、実験に使用する無線子機は、カードバスタイプでは不公平が起こることが既に分かっていたため、イーサネットコンバータを使用して実験を行った。OS の組み合わせを様々に変えて実験を行った結果、2~4 台は公平、5~7 台で不公平が起こることが分かった。それぞれの機器の性能に差異がないことや、AP のバッファサイズの検証、ACK を用いない UDP フローを流し公平になったことなどから、AP の TCP-ACK のバッファあふれが不公平の原因の1つとして考えられる。

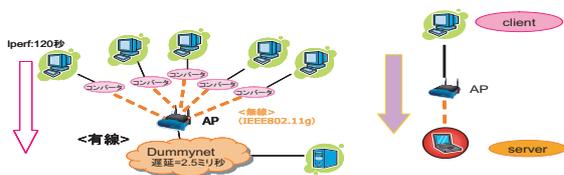


図 1: スループット測定

図 2: AP のバッファサイズ測定

3 AP のバッファサイズの測定

そこで本研究では、スループットが不公平になる原因の1つとして考えられる AP のバッファサイズを詳細に測定した。実験環境は図 2 の通りで、イーサネットコンバータは BUFFALO WLI3-TX1-G54 を、無線 LAN カードは BUFFALO WLI-PCM-L11GP を使用した。計測方法としては 10000 個の UDP パケットに番号をつけてクライアント側からサーバ側へ送り、サーバ側でパケットの受信回数と送られてきたパケットの番号とを比較する。その番号の異なっているところが AP の

バッファあふれを起こした所であるとし、そのようなプログラムを実行することで計測した。本研究では 6 種類の AP の計測を行い、結果は以下の通りである。

1. BUFFALO WZR-AMPG300NH: 約 255 パケット
2. Planex GW-AP54SAG: 約 171.8 パケット
3. BUFFALO WLA-11G: 約 149 パケット
4. BUFFALO WHR-HP-AMPG: 約 134.9 パケット
5. NEC PA-WR8500N: 約 48.8 パケット
6. BUFFALO WHR-AM54-G54: 約 30.9 パケット

AP のバッファサイズなどの内部構成は一般公開されておらず、ネットワークシミュレーションを行う際には AP のバッファサイズは 100 パケット程度と想定することが多いが、実機で計測するとシミュレーションで用いられている値より大きいものが多く、製品によってまちまちであることが分かった。

4 帯域不公平性の評価

4.1 バッファサイズの異なる AP での実験

既存研究では AP は BUFFALO WZR-AMPG300NH を用いて不公平性の検証をしていた。本研究でも既存研究の追実験を行い、2~4 台では公平、5~7 台では不公平が起こるといった既存研究と同様の結果を得ることができた。これを踏まえ、追実験で使用した AP よりバッファサイズが小さい AP を使用して同様の実験を行った。今回使用した AP は前述の実験で AP のバッファサイズが最も小さいことが分かった BUFFALO WHR-AM54-G54 である。実験環境は図 1 と同様で、イーサネットコンバータは BUFFALO WLI3-TX1-G54、スループット測定には Iperf を使用した。

まず基礎実験としてそれぞれの端末とイーサネットコンバータに性能の差がないことを確認した。次に 2 台~7 台の Windows と Linux2.4 の混在環境において不公平が起こるかどうかなの実験を行った。結果は、2 台では公平、3 台・4 台での結果は公平になるものが多かったが、不公平になる組み合わせもあった。5 台~7 台での結果は公平になる組み合わせと不公平になる組み合わせがあり、必ずしも全てが不公平にはならなかった。これらの結果から、AP のバッファあふれは不公平の主な原因の1つとして考えられるが、この実験においてはアクセスポイントのバッファサイズがあまりに小さいため全端末の ACK が大幅にあふれ、結果的に不公平が起きにくくなってしまった可能性があること、また、イーサネットコンバータの挙動など他の原因もある可能性があると考えられる。以下、図 3 に 3 台で不公平になった結果を、図 4 に 6 台である程度公平になった結果を示す。

4.2 パケットの送受信の観測

次に、不公平が起こる 5 台の環境においてスループットが高い端末と低い端末でのデータの様子を詳しく見るために、tcpdump コマンドを用い、パケットの様子を検証した。前述した実験と同様、5 台の端末それぞれにおいて Iperf を実行し、そのうちスループットが高い端

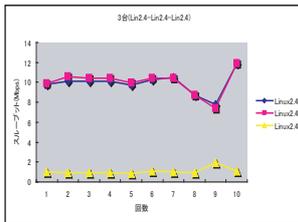


図 3: 実験結果 (3 台)

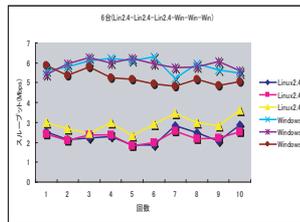


図 4: 実験結果 (6 台)

末と低い端末で tcpdump コマンドを実行する。スループットが高い端末での実験結果を図 5, 低い端末での実験結果を図 6 に示す。これらのグラフから、スループットが高い端末では頻りにデータの送信と ACK の受信が行われていることが分かり、一方スループットが低い端末では ACK の受信もデータの送信間隔も広く、かつデータが送信されながら ACK が返っていないケースが多く観測され、このパケットロスが不公平を引き起こしていることが分かる。

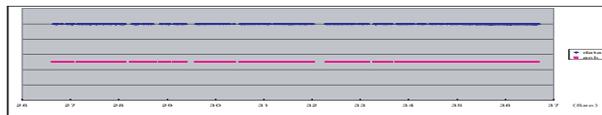


図 5: tcpdump 実行結果 (約 8.8Mbps)

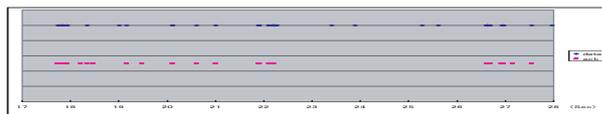


図 6: tcpdump 実行結果 (約 0.143Mbps)

5 TCP-AV の評価

既存研究で行われていた TCP-AV の評価の追実験を行ったところ、既存研究とほぼ同じ結果を得ることができた。また本研究では、遅延時間を既存研究の 2 倍の 5.0msec にした実験も行ったため、その結果を以下に示す。

5.1 実験概要

無線 LAN 環境における TCP-AV の性能を評価するための実験環境を図 7 に示す。ここで、端末番号 1 のフローは TCP-AV のフローとするが、送信端末の TCP の実装は変更しない。その代わりに TCP 中継器 (TCP-Proxy) を端末とイーサネットコンバータの間に設置し、TCP を TCP-AV に載せかえる。その他のフローは既存の TCP-Reno を用いて通信を行う。期待される振舞としては、TCP-AV の積極的な帯域確保制御により、fair-share (NRT の 20% : 5Mbps) 以上の帯域を確保できると考えられる。

ここで評価基準として、EB (Effective Bandwidth), NRT (Normalized Required Throughput), AVR (Achievement Ratio) を定義する。EB は最大の帯域幅のことであり、本研究では IEEE802.11g 無線 LAN を使用するため帯域幅は 54Mbps となる。しかし、これは理論値であるため実際の帯域幅を測定する必要がある。この実際の最大帯域幅を EB とする。実際に実験環境においてフロー 1 本あたりのスループットを測定すると最大で約 25Mbps となったため、この値を本研究の EB とした。NRT は指定した帯域が EB の何割にあたるかとする。つまり、実際の帯域の正味何割を指定したかを表す。AVR は、指定した帯域を

確保できた時間帯が全実行時間のうちのどのくらいあるかという比率を示す。今回の実験では 120 秒の測定を 5 秒ごとに分割した。ただし、投入順序による差が見られる最初の 5 秒間は除き、全部で 23 区間とする。23 区間のうち何区間目標帯域を達成できていたかをカウントして、10 回測定した平均を取った。また、fair-share とは EB を送信端末の台数で割った値であり、帯域を全送信端末で均等に分けたときの 1 台あたりの帯域幅であるとする。



図 7: 無線 LAN 環境における TCP-AV の評価

5.2 実験結果に関する考察

結果を図 8 に示す。設定帯域が fair-share を少し超えた帯域でも AVR は 100% であった。これは全実行時間において、設定した帯域で通信可能であったということになる。これにより、不安定な無線 LAN 環境においても TCP-AV を用いれば不公平な状態に陥らずに、要求帯域の品質保証が可能であることが分かった。また既存研究と比較して遅延時間を長くしたところ、AVR が 100% を保てる NRT の値が低くなり、高遅延になるほど帯域の品質保証が難しくなることが分かった。

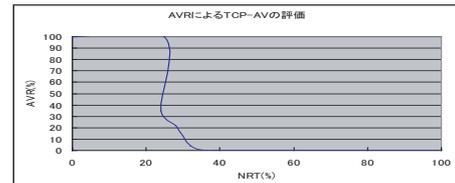


図 8: 無線 LAN 環境における TCP-AV の評価結果

6 まとめと今後の課題

端末ごとのスループットに不公平が生じる原因の 1 つとして挙げられる AP のバッファあふれに焦点をあて、AP のバッファ量の評価を行い、その違いによる不公平性の評価を行った。また、無線環境において TCP-AV を用いてマルチメディア通信を実行する際の性能を評価した。本実験で得られた結果をもとに、イーサネットコンバータの挙動、カーネルモニタを入れてカーネルの中の振舞まで調べるなどを行うことで、不公平の原因を更に検証していきたい。また、TCP-AV を他の無線子機を使用したときの振舞や高遅延・高負荷をはじめとする様々な無線環境における TCP-AV の評価をしていきたい。

参考文献

- [1] 新井絵美: 無線 LAN 環境における帯域公平性の検討と QoS 保証 TCP の実環境における性能評価 (2008 お茶の水女子大学 修士論文)
- [2] Iperf: http://sourceforge.net/projects/iperf/files/iperf/2.0.4_source/iperf-2.0.4.tar.gz/download
- [3] 安藤玲未, 村瀬勉, 小口正人: 無線 LAN を用いたデータ転送時の帯域公平性に対するアクセスポイントのバッファ量の影響の評価 (DEIM2010, 2010 年 3 月発表予定)