

無線 LAN 環境における アクセスポイントのバッファ量と帯域不公平性の評価

安藤 玲未[†]
†お茶の水女子大学

村瀬 勉[‡]
‡NEC プラットフォーム研究所

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すでに行われてきた。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。

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。

2.1 不公平の定義

無線 LAN 環境における TCP フローのスループットの公平性の問題とは、同じ条件で通信しているにも関わらず端末間でスループットが極端に異なることである。これはつまり複数の無線端末から同時に有線端末にデータを送信するときに、ある端末はほとんどスループットが上がらず (0Mbps に近い)、ある端末は全帯域をすべての端末で均等に分けた値よりも高いスループットが出るという状態である。既存研究では AP のバッファあふれと MAC 層における送信権制御、および、トランスポート層における輻輳ウィンドウ制御が組合わさったことにより不公平が起こると考えられている。

2.2 帯域不公平性の評価

ここで既存研究における帯域不公平性の評価実験を紹介する。本研究ではこの実験の追実験を行い、ほぼ同様の結果を得ることができたのでその結果も併せて紹介する。

実験環境を図 1 に示す。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る

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。それぞれの機器の性能に差異がないことや、後述する AP のバッファサイズの検証などから 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、という既存研究と同様の結果を得ることができた。



図 1: 実験環境 (スループット測定)

3. AP のバッファ量の測定

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測定した。実験環境を図 2 に示す。イーサネットコンバータは BUFFALO WLI-TX4-G54HP を、無線 LAN カードは BUFFALO WLI-PCM-L11GP を使用した。測定方法は、1 台の有線端末から番号を付加した UDP パケット 10000 個を AP 経由で無線端末に送り出し、これを受信した無線端末において、受信回数と送信端末で付加された番号を比較する。受信回数と番号が一致していれば、パケットがロスすることなく通信が行われているといえる。しかし、番号が飛んでいる場合その間のパケットはロスしていると考えられる。このようなネットワーク構成の場合、パケットロスの原因は有線側の AP のバッファあふれであるといえるため、番号が飛ぶ直前の数を AP のバッファサイズとし、この測定を 10 回行い平均をとった。

本研究では 6 種類の AP の計測を行い、結果は以下の通りとなった。

1. BUFFALO WZR-AMPG300NH : 約 255 パケット
2. BUFFALO WLA-11G: 約 149 パケット
3. Planex GW-AP54SAG: 約 171.8 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

シミュレーションでは一般に AP のバッファサイズは約 100 パケット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いことが分かった。

An evaluation of fairness of bandwidth affected by the buffer size of access point in the wireless LAN environment

† Remi Ando, Masato Oguchi

‡ Tutomu Murase

Ochanomizu University (†)
System Platforms Research Laboratories NEC Corporation(‡)

4. APのバッファ量の影響の評価

追実験およびAPのバッファ量の測定の結果を受け、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。この実験により3台目、4台目から不公平になる組み合わせが出てくれば、APのバッファあふれが不公平性の原因の1つになり得ると言える。使用したAPは今回バッファサイズが一番小さいと測定された、上記の6. BUFFALO WHR-AM54-G54(バッファサイズ:約30.9パケット)である。実験環境は図1と同じでAP以外の実験機器も追実験と同様のものを使用した。

まず基礎実験としてそれぞれの端末やイーサネットコンバータのスループットを測定し、性能の差がないことを確認した。次に2~7台のLinux2.4とWindowsXP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、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。また、6台での結果がスループットが高いものと、不公平ほどではないが低いものの2極化する傾向があった。図3、図4に結果のグラフを一部示した。

図3では4台目のLinux2.4の端末が不公平になっていることがわかる。また、図4では6台で2極化した組み合わせを示した。

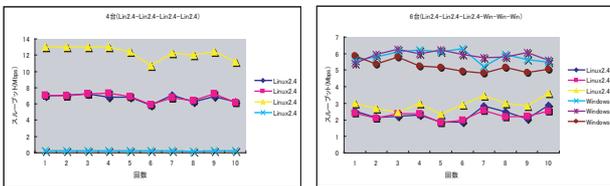


図3: Iperf 実行結果 (4台) 図4: Iperf 実行結果 (6台)

これらの結果から、AP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が分かった。

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い、ほぼ同じ結果を得たため以下に示す。

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5に示す。

評価基準として、EB (Effective Bandwidth), NRT (Normalized Required Throughput), AVR (Achievement Ratio) を定義する。まず、EBは実際の最大帯域幅とする。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。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どのくらいあるかと

いう比率を示す。また、fair-shareとはNRT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ときの1台あたりの帯域幅であるとする。

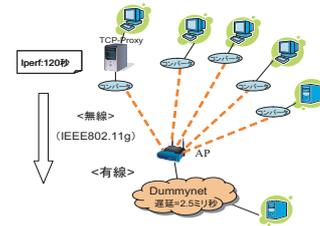


図5: 無線LAN環境におけるTCP-AVの評価

5.2 実験結果に関する考察

結果を図6に示す。設定帯域がfair-shareを少し超えた帯域でもAVRは100%であったため、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わかった。

また、本研究では片道遅延時間を既存研究の2倍の5ミリ秒にして行った結果、既存研究とほぼ同様の結果を得ることができた。これを図7に示す。

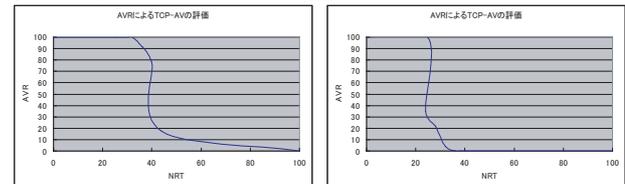


図6: 無線LAN環境におけるTCP-AVの評価結果 (片道遅延時間2.5ミリ秒) 図7: 無線LAN環境におけるTCP-AVの評価結果 (片道遅延時間5ミリ秒)

6. まとめと今後の課題

6.1 まとめ

既存研究の帯域不公平性の問題に焦点を当て、APのバッファサイズを測定し、その差異による帯域不公平性の原因を検証した。この検証より、AP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が分かった。

6.2 今後の課題

本実験で得られた結果をもとに、更に台数を増やしての実験、APのバッファサイズがもう少し大きいものを用いての実験、イーサネットコンバータの挙動を確認し、不公平となる原因を検証したい。

参考文献

- [1] 新井絵美, 平野由美, 村瀬勉, 小口正人:無線LAN環境における実機特有の帯域公平性についての検討とQoS保証TCPの性能評価 (2009 DEIM Forum)