

ヘテロジニアスな無線 LAN 同士の近接時の QoS 制御方式の検討

理学専攻・情報科学コース 森内 彩加

1 はじめに

近年、無線 LAN の普及、動画ストリームや音声 (VoIP) などのマルチメディア通信の需要の増加によって、無線 LAN 環境においても、有線環境と同様に安定したマルチメディア通信を行いたいという欲求が高まっている。しかし、無線環境においては、電波環境の変動や接続端末数の変動、ノイズによる通信品質の劣化などの問題により、通信中でも環境がダイナミックに変化するため、有線環境と同様の品質保証を行うことは非常に困難である。そのため、無線 LAN 環境において QoS (Quality of Service) 制御を行うことは大変重要となっている。

しかし、無線環境においては、マルチホップネットワークやハンドオーバ (HO) を伴う移動の WLAN 環境のように、アクセスポイント (AP) は固定された状態で、端末のみが移動して通信するような環境 (以下、移動通信環境、図 1 参照) のみならず、モバイルルータ、モバイルホットスポットなどの急速な普及から、AP と端末がどちらも自由に動き回るような環境 (以下、モバイル通信環境、図 2 参照) についても考慮する必要性がでてきている。さらに、多種多様なモバイル端末や AP の増加により、使用端末や通信規格の違いなど、ヘテロジニアスなモバイル通信環境 (以下、ヘテロジニアスな通信環境、図 3 参照) も考慮する必要がある。以上に示したような様々な無線 LAN 環境において、ユーザは常に同じ品質でアプリケーションが利用可能であることを要求する。しかしながら、考慮すべき課題が各通信環境で異なるため、それぞれの通信環境によって、ユーザが望む帯域を割り当てられるようなフレキシブルな制御が必要不可欠である。そこで、本研究では、それぞれの通信環境に応じた QoS 制御を検討する。そのため、移動通信環境、モバイル通信環境、ヘテロジニアスな通信環境の各通信環境における無線 LAN 通信時の品質特性評価を行い、各通信環境に応じた QoS 制御を検討する。

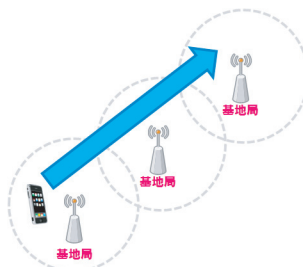


図 1: 移動通信環境



図 2: モバイル通信環境

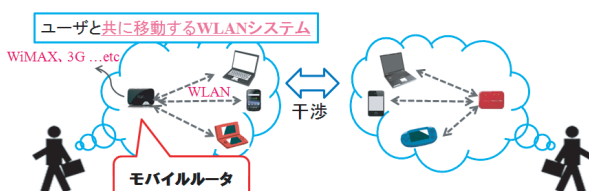


図 3: ヘテロジニアスな通信環境

2 研究目的

本研究では、無線 LAN 環境の QoS 実現に必要な要素技術のうち、以下の 2 点に焦点を当てた。

1 点目は、様々な無線通信環境下での特性評価に関連する事象を調査することである。無線 LAN 環境においては、先にも述べたように、移動通信環境、モバイル通信環境、ヘテロジニアスな通信環境といった多様な通信環境が想定される。また、移動を伴う通信環境の増加により、通信距離がダイナミックに変動する。そこで、各通信環境において、WLAN システム間の距離に応じた通信特性を検証する。また、スループットへの影響が懸念される事項として、他に通信相手の実験機器の仕様や通信特性が挙げられる。そこで、これらの問題が UDP、TCP 及び QoS-TCP の性能に与える影響について調査する。

2 点目は、移動通信環境、モバイル通信環境、ヘテロジニアスな通信環境の各環境に合わせた QoS 制御を検討することである。各環境におけるスループット特性に応じて、QoS 制御を検討していく。ユーザが望む品質公平性を得るためには、その品質特性を把握し、公平性制御を行うことが重要である。しかしながら、802.11 の機能を大きく変更するような制御や全ての端末に特殊なソフトウェアを導入するような制御は現実的ではない。そのため、外部からの制御で、容易に実現可能な手法を検討する。以下、各環境において考慮すべき QoS 特性について述べる。

3 検討課題

- 移動通信環境: HO を伴う Android 端末の移動通信において、移動端末も既存通信と同様に帯域確保できる条件を調査する。
- モバイル通信環境: モバイル通信環境下でフローごとの品質特性評価を行い、通信端末数に偏りがある際の特性の 1 つである「不公平」という問題に焦点を当て、不公平のメカニズムを検証する。また、WLAN システム間の距離に注目し、WLAN 間距離に応じた通信特性の評価を行う。
- ヘテロジニアスな通信環境: 使用チャンネル差や通信規格などが異なるヘテロジニアスな通信環境について、WLAN 間距離に応じた通信特性を検証する。
- 制御手法: 各通信環境下での通信特性を基にして、必要帯域を得るための制御手法の提案と評価を、各通信環境や WLAN 間距離に応じて行う。

本稿では、これらの検討課題のうち、MAC フレームの制御手法である ROC (Receive Opportunity Control in MAC Frame) を使用し、無線 LAN のスループット比を任意に設定することを目標とした公平性制御について述べる。

4 ROC を利用した優先制御方法

4.1 制御ポリシー

WLAN 間距離とスループットは、何らかの方法で把握可能と仮定し、制御はネットワーク的に中立的な立場から第三者が行うものとする。本稿では、説明の簡単化のため、2 つの WLAN 間の制御について記すが、本稿で

示す制御方法は、3 つ以上の WLAN 間の公平性制御にも容易に拡張可能である。以下、制御の詳細を述べる。

4.2 制御に使用する ROC

ROC は、ある割合の MAC フレームの送達を制御することで優先制御を行う。これは、例えば、802.11 の MAC 方式である CSMA/CA において、ACK をノイズエラーさせることで実現される。この ACK エラーにより、802.11 がもともと持っている再送制御とバイナリバックオフ制御機能が働くため、非優先端末の送信機会が他に譲られることで、優先制御が実現される。端末ごと、あるいは WLAN ごとに MAC フレームの廃棄率をコントロールすれば、端末ごとにも WLAN ごとにも制御可能である。

4.3 シミュレーションにおける制御効果の評価

シミュレータには NS2 を使用し、Shadowing モデルにより、複数 WLAN 通信環境における距離に応じたスループット特性についてモデル化し、ROC 制御効果を確認する。図 4 の評価モデルの構成で、ROC で実現した WLAN-1 の MAC フレーム廃棄率をパラメータとして、各 WLAN のスループットと WLAN 間距離の関係を図 5 に示す。縦軸は各 WLAN の UDP スループット、横軸は 2 つの WLAN 間距離 d_m としている。実線は、優先 WLAN-2 のスループット、点線は非優先 WLAN-1 のスループットをそれぞれ意味する。

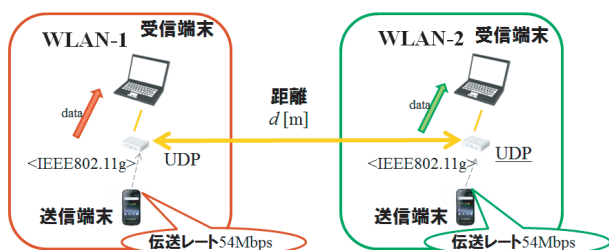


図 4: 評価モデル

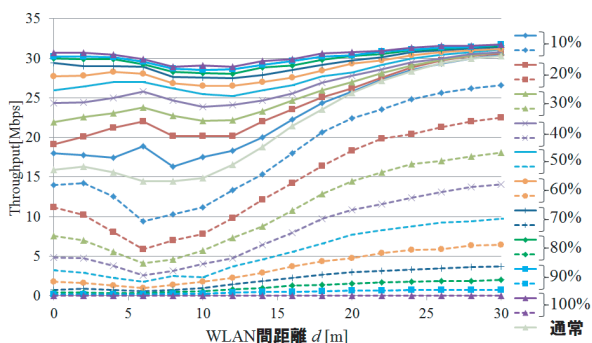


図 5: ROC 制御効果の評価

近距離になっても、優先 WLAN のスループットは、非優先 WLAN よりも大きくなっており、また、MAC フレーム廃棄率を変化させることで、スループットの差も変化している。このことは、任意のスループット比が得られるであろうことを示している。なお、近距離では、MAC フレームエラー増加に伴う EIFS の増加で、多少異常なスループット値になっている。

4.4 実機による制御効果の評価

図 5 の評価結果から、WLAN システムの近接度を認識している状態で、要求帯域を得るには、どの程度の強さで MAC フレーム廃棄をかければよいのかということが明らかになった。一例として、一方のユーザが相手の WLAN の 2 倍の帯域を得たいとする。このとき、相手

の WLAN が 12~16m 離れているときには ROC の強さを MAC フレーム廃棄率=20%、また 3 倍の帯域を得たいとすると 12~14m 離れているときには 30% かければよい。そこで、実際の環境で、このような制御が可能であることを実機実験により示した。モバイル通信環境を想定しているため、送信端末にはスマートフォン、AP にはモバイルルータを使用した。図 4 と同じ、つまりシミュレーションと同じ条件で、実機での評価を行った結果、シミュレーションと同じ制御効果を得られることが確認できた。

5 おわりに

上記に述べたように、我々は、無線 LAN 環境における通信品質をターゲットとし、様々な通信環境下での QoS 特性やそれに付随する通信特性を調査した。さらに、移動通信環境、モバイル通信環境、ヘテロジニアスな通信環境の 3 つの通信環境における QoS 制御について検討した。検討課題に対する結論をまとめる。

- 移動通信環境：HO を伴う Android 端末の移動通信において、移動端末である QoS-TCP が、既存通信と同様に帯域確保できる（割り込める）条件は、AP と移動端末間の距離や AP のバッファサイズに依存することを示した。また、QoS-TCP である TCP-AV が既存通信に割り込めない理由は、輻輳ウィンドウの違いにある。そこで、ノート PC 環境の輻輳ウィンドウ値と Android 端末の TCP の輻輳ウィンドウ値の比較により、Android 端末の輻輳ウィンドウは、輻輳時にもウィンドウサイズを下げすぎないようにしていることを明らかにした。
- モバイル通信環境：モバイル通信環境において、通信端末数が異なる場合に「不公平」が起こる理由について検証した。不公平は、ウィンドウ切れが起こっている場合は、ACK ロスによって、グッドブットが低下してしまうことによって起こる。一方で、ウィンドウ切れが起こらない場合は、MAC のスループットの低下と ACK ロス率が原因であることを明らかにした。また、WLAN 間距離に応じたスループット特性について解析し、複数 WLAN がある場合には、端末が CSMA/CA による待ちに入る時間が長い場合、スループットがむしろ低くなってしまふことを示した。
- ヘテロジニアスな通信環境：ヘテロジニアスな通信環境として、チャンネル差 N である複数の WLAN システムが近接した場合と異種 WLAN を使用した WLAN システムが近接した場合について、UDP フローの特性評価を行った。これにより、自局の WLAN システムの通信特性が、他局の WLAN システムの通信特性に大きく影響されることを示した。
- 制御手法：各通信環境下での通信特性を基にして、必要帯域を得るための各通信環境や WLAN 間距離に応じた制御手法の提案と評価を行った。モバイル通信環境における制御としては、ROC を用いることによって、不公平性が緩和できることを示した。さらに、WLAN 間距離に応じて、必要帯域を得る手法として、ROC や制御 WLAN を利用し、ユーザが要求する帯域を得られることを確認した。ヘテロジニアスな通信環境においては、最適なチャンネル割り当て手法の提案や異種 WLAN 混在時の性能改善手法の提案を行い、その有効性を評価した。

中でも本稿では、通信相手の WLAN システムとの属性・構成の違いによる不公平を是正するために、ROC を使用する方法について述べた。本提案公平性制御について、効果をシミュレーションと実機実験により確認し、必要帯域割合に応じた WLAN ごとの公平性制御が可能であることを示した。