

IEEE802.11ac の公平性および QoS を向上させるためのデータ通信が混在した環境における POBPS アルゴリズムの改良

新山奨之[†] 木村成伴[‡]

[†] 筑波大学情報学群情報科学類

[‡] 筑波大学システム情報系情報工學域

1 はじめに

近年、スマートフォンやタブレット PC の普及に伴い、インターネットを利用した多種多様なサービスが提供されている。とりわけ、リモートデスクトップやビデオ通話などの利用者が増えており、動画や音声のリアルタイム通信への需要が益々高まっている。これらの通信は高画質化され、要求される通信速度が向上しており、今後もこの傾向は強くなっていくと考えられる。その一方で、スマートフォンなどで主に用いられている無線 LAN では、これらの通信の Quality of Service (QoS) が十分に保証できないという問題がある。さらに、無線 LAN では通信可能な端末がランダムに選択されることから、複数の端末で同時にリアルタイム通信を行った場合に、通信が不公平になる場合があり、これにより、ある端末の QoS が満たされても、他の端末の QoS が満たされない可能性があり、通信の公平性を維持することも重要な課題となっている。

この課題を解決するため、IEEE802.11ac の無線 LAN のアクセスポイントにおいて、正規化されたキュー長を測定することで輻輳している端末を識別し、それらに適切な TXOP (Transmission Opportunity) 間隔を提供することで、複数の端末が同じアクセスポイントを通じてリアルタイム通信を行った際に、通信速度を維持しつつ QoS と公平性を向上させる POBPS (Proportion Opportunity Based Packet Scheduler) アルゴリズムが提案されている [1]。しかし、本アルゴリズムでは、各端末が UDP ビデオパケットのみを送ることを想定しており、同時に TCP によるデータ通信を行った場合、ビデオ通信間の公平性が失われる可能性があった。そこで本論文では、各端末に TCP 用と UDP 用のキューを別々に持たせ、UDP 用のキュー長のみで TXOP 間

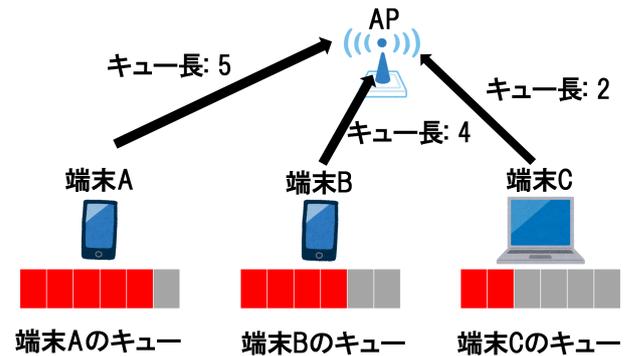


図 1: POBPS アルゴリズムの動作例

隔を決定するように POBPS アルゴリズムを改良することを提案する。最後に、提案方式の有効性を示すためのシミュレーション実験について述べる。

2 POBPS アルゴリズム

POBPS アルゴリズムでは、複数の端末が同じアクセスポイントを介してリアルタイム通信を行った際に、通信速度を維持しつつ QoS と公平性を向上させることを目的とする。

図 1 に示すように、各端末は、自身のキュー長を定期的に測定し、それをデータフレームにピギーバックするか制御フレームに格納してアクセスポイントに知らせる。アクセスポイントはこれらの値を用いて各端末の正規化キュー長 $Q_{k,i}$ を式 (1) で計算する。ここで、 Q_i とは端末 i のキュー長で、 N はネットワーク内のアクティブになっている端末の数である。次に、ネットワークの負荷を式 (2) で計算する。ここで、 λ_i は i 番目の端末の packets 到着率、 $P_i(t)$ は時刻 t に端末 i から送信された可変パケットサイズ、 R はチャネルのデータレートで、 $P_i(t)$ は式 (3) で計算される。そして、式 (2) で計算されたネットワーク負荷をもとに、各端末の輻輳レベルを式 (4) で決定する。アクセスポイントは最も輻輳していると判断した端末に、式 (5) を用いて新たな TXOP 期間を与える。ここで、 $TXOP_d$ はデフォルトの MAC スロットタイムである。

Improved Method of Fairness and QoS in POBPS Algorithm for IEEE802.11ac on Network Environment with Data Communications

Shono NIYAMA[†], Shigetomo KIMURA[‡]

[†] College of Information Science, University of Tsukuba

[‡] Faculty of Engineering, Information and Systems, University of Tsukuba

図の例では、すべてのパケットが同じサイズであるとする、端末 A のキュー長が最も長い。このため、この端末にデフォルトより長い TXOP が割り当てられ、より多くのパケットが送信できるようになる。このように、輻輳しそうな端末から優先的に送ることで、POBPS アルゴリズムでは QoS を満たしつつ、端末間の公平性を保っている。

$$Q_{k,i} = \frac{Q}{\sum_{i=1}^N [Q_i]} \quad (1)$$

$$\rho(t) = \frac{\sum_{i=1}^N [Q_i + [\lambda_i \times P_i(t)]]}{R} \quad (2)$$

$$P_i(t) = \text{RND}[p_{\min}, p_{\max}] \quad (3)$$

$$X_L = \begin{cases} 0.95 & (0 \leq \rho(t) \leq 0.25) \\ 0.6 & (0.25 \leq \rho(t) \leq 0.47) \\ 0.3 & (\rho \geq 0.47) \end{cases} \quad (4)$$

$$\text{TXOP}_i = \text{TXOP}_d(1 + T_{\max}) \quad (5)$$

3 提案方式

前章で述べた POBPS アルゴリズムでは、各端末が UDP ビデオパケットのみを送ることを想定していた。このため、同時に TCP によるデータ通信を行った場合、パースト的に届いたパケットでキュー長が一時的に長くなり、この端末が優先的に TXOP を獲得できることになる。このため、データ通信をしている端末とそうでない端末の間の公平性が失われる可能性があった。

そこで本章では、POBPS アルゴリズムの各端末に TCP 用と UDP 用のキューを別々に持たせ、アクセスポイントには UDP 用のキュー長と TCP 用のキュー長を別々に通知することを提案する。UDP パケットは POBPS アルゴリズムを用い、TXOP 期間内に公平に送信する。TCP パケットはもしあれば、TCP パケット用の送信期間を設け、この期間内に各端末が IEEE802.11 による通常の CSMA/CA 方式で送信するように改良する。これにより、比較的 QoS を重視しない TCP パケットは POBPS アルゴリズムに影響を与えず、通信リソースを必要以上に消費しなくなることから、データ通信が混在した環境でも、ビデオ通信間の公平性と QoS の向上が達成できることが期待される。

4 シミュレーション実験

本章では、提案方式の有効性を示すためのシミュレーション実験について述べる。実験に用いるトポロジを図 2 に示す。この図において、5 台の端末が UDP でビデオ送信しているところに、TCP によるデータ通信

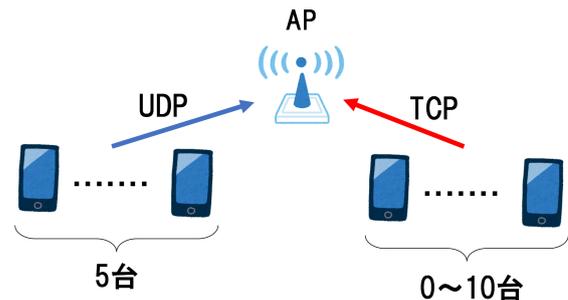


図 2: 実験トポロジ

表 1: 実験条件

Network Simulator	NS-3.29
WLAN バージョン	IEEE802.11ac
通信帯域	5GHz
再送上限	7 回
CW の最大値/最小値	7/15
キャリアセンスレベル	-72dBm per 20MHz
ガードインターバル	400nsec
UDP 通信方式	
MAC パラメータ	EDCA TXOP = 3.008msec
ペイロードサイズ	900 ~ 1500byte (平均 1200byte)
データレート	150Mbps
TCP 通信方式	
MAC パラメータ	CSMA/CA
ペイロードサイズ	1500byte
データ送信	ON/OFF 過程 ON 期間 = 平均 1sec のポアソン分布に従う OFF 期間 = 平均 10sec のポアソン分布に従う
アクセスポイント数	1
通信方向	アップロードのみ
シミュレーション時間	300sec

を行う端末があったときに、どの程度影響を受けるかを、提案方式と POBPS アルゴリズムで比較する。なお、それ以外の実験条件は表 1 の通りである。

5 まとめ

本論文では、UDP 通信と TCP 通信が混在した環境においても、POBPS アルゴリズムにおける UDP 通信の QoS および公平性を維持できるように改良する方式を提案した。今後はシミュレーションプログラムの実装を完成させ、提案方式と POBPS アルゴリズムの性能を比較する。また、TCP の特性に合わせて POBPS アルゴリズム自体を改良することも今後の課題とする。

参考文献

- [1] Summera Nosheen and Jamil Y. Khan, “A Proportional Opportunity Based Packet Transmission Technique for IEEE802.11ac WLAN,” Proceedings of 2018 IEEE 15th International Symposium on Pervasive Systems, pp. 142–147, 2018.