

VoIP 向け無線 LAN QoS 制御方式 (EDCA) の拡張

Improving Wireless LAN QoS control scheme (EDCA) for VoIP

北原 亮† 鈴木 偉元† 石川 憲洋† 後藤 滋樹†
Ryo Kitahara Hideharu Suzuki Norihiro Ishikawa Shigeki Goto

1. はじめに

近年, ADSL や FTTH といった高速で安価なアクセス回線の普及により, 一般家庭だけでなく企業においてもこれらのアクセス回線を利用したインターネット接続や IP 電話が可能となっている。また, IEEE802.11 [1] 無線 LAN による屋内配線の無線化が進み, 今後, 無線 LAN による IP 電話の利用が益々多くなると予想される。

一方, IEEE802.11 の無線アクセス方式では, 無線 LAN AP および各無線 LAN 端末には確率的に等しく送信権が与えられる。そして, 一度送信権を獲得すると, 一パケット送信することができる。しかし, 各端末が IP 電話のような上下対称トラフィックを送受信している場合に, 通信する端末数が多くなると, 無線 LAN AP が送信権を獲得するまでに要する時間が長くなるため, 下り方向のトラフィックが無線 LAN AP の無線送信キューに滞留してしまい, 結果として遅延時間に制約の大きいアプリケーションのサービス品質に影響を及ぼすという課題がある。また, 無線 LAN において QoS 制御を実現するメカニズムとして標準化された IEEE802.11e [2] では, TXOP Limit という QoS 制御用のパラメータに基づき, 一度送信権を獲得してから複数パケットを連続送信することができる。しかし, TXOP Limit は静的に設定されるため, TXOP Limit が大きすぎると, 無線 LAN AP から下り方向のトラフィックが連続送信され過ぎるため, 各端末が送信権を獲得するまでに要する時間が長くなり, 上り方向のトラフィックが各端末の送信キューに滞留してしまう。また, 適応変調により無線 LAN 端末の物理伝送速度が低下した場合には, 一パケットあたりの送信時間が長くなるため, 一度送信権を獲得してから連続送信可能なパケット数が減少してしまうため, 端末の物理伝送速度に応じて適切に TXOP Limit を設定する必要がある。

そこで本稿では, 上記の課題を解決するため, 上下 VoIP トラフィックの遅延時間や各無線 LAN 端末の物理伝送速度を考慮し, AC_VO のキュー長に応じて AP の TXOP 値を動的に変更し, EDCA を拡張する方式を提案する。

2. IEEE802.11 無線 LAN の QoS 機構

2.1 IEEE802.11e

IEEE802.11e は, IEEE(米国電気電子学会)で策定された無線 LAN の標準規格 IEEE802.11 に対する QoS 機構の追加を規定している。採用する QoS 機構には, 無線 LAN AP の集中管理によって帯域割当制御を行う HCCA (HCF Controlled Channel Access) および, 無線 LAN AP および各無線 LAN 端末が自律分散的に送信パケットの優先制御を行う EDCA (Enhanced Distributed Channel Access) [3] の 2 方式が規定されている。

2.2 EDCA

EDCA では, 送信するパケットを優先度毎に AC_VO,

AC_VI, AC_BE, AC_BK の 4 種類のクラス (Access Category: AC) に分類し, クラス毎にチャンネルアクセス確率や連続送信フレーム数に差をつけることで, 優先制御を実現する。各優先度クラスにはチャンネルアクセス制御に使用されるパラメータが優先度に応じて設定されており, これによって CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance) 手順を実行する。優先制御のために使用されるパラメータは次の 3 種類である。

- AIFS(Arbitration Inter Frame Space)
- CW(Contention Window)
- TXOP Limit (Transmission Opportunity)

上記パラメータ値は, ネットワーク管理者が無線 LAN AP に設定し, 各無線 LAN 端末に対しても Beacon フレームによって定期的に配布され, 優先制御に使用される。

2.3 EDCA の課題

EDCA は, 優先度クラス毎にチャンネルアクセスの差別化を行うため, 優先度が高いクラスに属するトラフィックほど優先的にチャンネルアクセスすることができる。しかし, 同一クラスに属するトラフィックのチャンネルアクセスは確率的に等しくなるため, 同一クラスのトラフィック負荷が大きくなるにつれて, 無線 LAN AP における下りトラフィックのチャンネルアクセスに要する時間が長くなり, 上りトラフィックと比べて下りトラフィックの遅延時間が増加してしまうという課題がある。

例えば, 図 1 の様に無線 LAN AP (以下 AP) が有線ネットワークに有線で接続され, 無線 LAN 端末 1~3 (以下

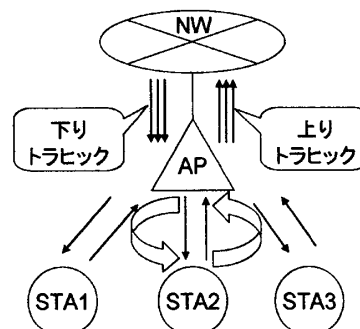


図1. APでの下りトラフィックの滞留例

STA1~3) が AP に IEEE802.11 無線 LAN で接続されている環境において, STA1~3 は有線ネットワーク上の端末とそれぞれ IP 電話等の上下対称 VoIP トラフィックを発生する通信を行っていると仮定する。このとき, AP および各 STA の送信する VoIP トラフィックは, 優先度クラス AC_VO に属するため, AP および各 STA のチャンネルアクセスは確率的に等しくなる。すなわち, AP → STA1 → STA2 → STA3

† 株式会社 NTT ドコモ, NTT DoCoMo, Inc.

‡ 学校法人 早稲田大学, Waseda University.

→ AP のように、チャンネルアクセス権が等確率で巡回する。VoIP のような上下対称にトラフィックが発生する場合、各 STA が 1 フレーム上りトラフィックを送信する間に、AP には有線ネットワークから 3 フレーム分の下りトラフィックが到達する。しかし、IEEE802.11 では 1 度のチャンネルアクセスで 1 フレームしか送信できないため、チャンネルアクセス権が一巡する間に、AP は 1 フレームしか送信できないため、AC_VO のキューに 2 フレーム分の下りトラフィックが滞留してしまう。そして、VoIP トラフィックを送信する STA 数が増えるにつれて、AP の AC_VO キューに滞留する下りトラフィックが多くなり、下り VoIP トラフィックの遅延時間が增大するという課題がある。

EDCA では、1 度のチャンネルアクセス毎に TXOP Limit に設定された時間内で、同一優先度クラスのキューに滞留している複数フレームを連続して送信することが可能である。しかし、ネットワーク状況の変化に応じて優先制御に使用するパラメータを適切な値に設定する機能を備えていない。従って、TXOP Limit を大きく設定し過ぎると、負荷が大きくなった場合に、AP が 1 度のチャンネルアクセスで送信する下りトラフィックが多くなり過ぎるため、各 STA がチャンネルアクセスに要する時間が多くなり、上りトラフィックの遅延時間が増加してしまう。そこで、上下トラフィックの遅延時間が出来る限り同程度になるように TXOP Limit を制御する必要がある。

また、802.11 では、電波状況に応じて適応的に誤りの少ない伝送方式を選択して通信を維持する適応変調を用いている。例えば、物理伝送速度が 11Mbps のときに、電波状況が悪くなり伝送誤りが多くなった場合には、誤りの少ない 5.5Mbps を選択する。このように、物理伝送速度を 11Mbps から 5.5Mbps に変化させることによって伝送誤りは少なくなるが、1 フレームあたりの伝送時間が 2 倍になるので、TXOP Limit は 2 倍必要である。そこで、TXOP Limit を制御する際に、各端末の物理伝送速度も考慮する必要がある。

3. 提案方式

3.1 概要

前記の課題を解決するため、本研究では上下トラフィックの対称性や各無線 LAN 端末の物理伝送速度を考慮して、下りトラフィックのバッファ遅延が上りトラフィックと比べて大きくなり過ぎないと共に、上りトラフィックのバッファ遅延が下りトラフィックと比べて大きくなり過ぎないように TXOP Limit の制御方法を提案する。

上下トラフィックの遅延時間が出来る限り同程度に保つことを目的として、TXOP Limit の値を各無線 LAN 端末の物理伝送速度と AP のキュー長に応じて動的に変化させる。

3.2 制御アルゴリズム

具体的な TXOP Limit の動的制御方法を図 2 に示す。①まず、TXOP 値の総量 $SUM(TXOP)$ を計算する。初期設定されている TXOP Limit のパラメータ値を $TXOP_init$ 、AP 配下の STA の数を n とすると、 $SUM(TXOP) = TXOP_init * (n+1)$ となる。②次に、各 STA の物理伝送速度に応じて TXOP を再配分する。最大物理伝送速度が P Mbps、STA の物理伝送速度は P/k Mbps ($k=1..P$)、物理伝送速度が P/k である STA の数を n_k ($n = \sum n_k$) である場合に、AP および STA への TXOP の配分は、それぞれ $TXOP[AP] =$

$SUM(TXOP) / 2$ 、 $TXOP[STA] = k * TXOP_init / \sum (k * n_k * TXOP_init) * SUM(TXOP) / 2$ と再配分する。③そして、AP のキュー長、キュー長の上限、下限の閾値をそれぞれ Q 、 Q_upper 、 Q_lower とし、TXOP の変動幅を $TXOP_delta$ とすると、 $Q > Q_upper$ のとき、 $SUM(TXOP) = SUM(TXOP) + TXOP_delta$ として、TXOP の総量を増加させる。③'また、 $Q < Q_lower$ のとき、 $SUM(TXOP) = SUM(TXOP) - TXOP_delta$ として、TXOP の総量を減少させる。④その後、TXOP Limit の設定を更新する。⑤STA の数に変化がある場合には、TXOP の総量を算出し直す。

以上の処理を時間 Interval 毎に実行する。

以上の制御により適応的に AP の TXOP 値を制御することができる。

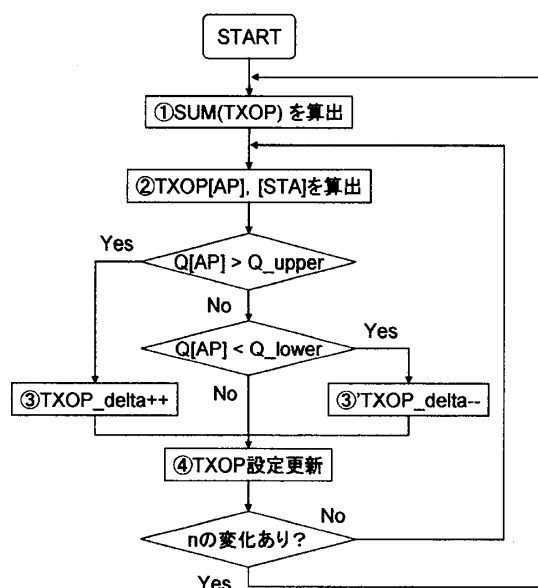


図2. TXOP値制御方法

4. おわりに

本稿では、IP 電話等の上下対称な VoIP トラフィックを対象として、無線 LAN AP において下りトラフィックの滞留による遅延増加を防ぐことを目的とし、VoIP トラフィックの遅延時間や各無線 LAN 端末の物理伝送速度を考慮し、AC_VO のキュー長に応じて AP の TXOP 値を動的に変更し、連続転送量を制御する方式の提案をした。今後は、計算機シミュレーションおよび実環境での評価実験により提案方式の有効性を確認する予定である。

参考文献

- [1] IEEE802.11 LAN MAN Standards, "Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications," ANSI/IEEE Std 802.11, 1999 Edition.
- [2] IEEE802.11e, "Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer specifications: Amendment: Medium Access Control (MAC) Enhancement for Quality of Service (QoS)," D13.0, IEEE 802.11, Jan. 2005.
- [3] A. Lindgren, A. Almquist, and O. Schelen, "Quality of Service Schemes for IEEE 802.11 Wireless LANs - An Evaluation," ANSI/IEEE Std 802.11, 1999 Edition.