

無線LANのEDCAパラメータ動的更新技術

かわむら けんいち ひらぐり たけふみ
河村 憲一 / 平栗 健史

おがさわら まもる
小笠原 守

NTTアクセスサービスシステム研究所

IEEE802.11無線LANを使用したVoIPなど、無線LANでも高品質な通信に対する需要が高まっており、NTTアクセスサービスシステム研究所ではその通信の品質制御技術の研究開発に取り組んでいます。本稿では無線LANでの優先制御技術と、アクセスパラメータの動的更新技術について解説します。

無線LANを利用した音声・映像伝送の課題

IEEE802.11規格（またはWi-Fi規格）の無線LANが家庭やオフィスなどで広く使われるようになり、使用用途がさらに拡大しています。最近では、無線LANを利用したモバイルセントレックスや、家庭や公衆スポットでの音声通話、動画のストリーミング配信などのトラヒックにおいても使用されることが増えてきています。無線LANを使用した音声通信の利用シーンの例を図1に示します。

一般的に無線LANも通常の有線のネットワークと同様にWeb閲覧などのデータと、VoIP（Voice over IP）の音声トラヒックが混在する状況となることが多く、音声等の等時性の高いトラヒックを保護し、高品質に通信できるようにすることが重要になります。特に無線LANでは通信品質が周囲の電波環境に依存するなど、有線に比べてその品質管理が困難です。また、公衆スポットでは多数の無線LAN端末が接続し、さまざまな通信が行われるため品質が劣化する可能性が高く、いろいろな技術を用いて通信品質を確保する必要があります。到着したパケット

を優先度に応じて分類し、優先度の高いものから送信する優先制御技術もその1つになります。

無線LANにおける優先制御技術

IEEE802.11無線LANにおけるQoS（Quality of Service）機能の提供を目的とした標準規格が、IEEE802.11eになります。802.11eでは優先制御方式としてEDCA（Enhanced Distributed Channel Access）が規定されています。その動作概要に関する機構図を図2に示しま

す。EDCAでは、上位レイヤからのパケットを4つのアクセスカテゴリ（AC）に分類して各キューに格納し、それぞれの優先度に応じて無線フレームを送信します。4つのACとは、優先度が高い順から、AC_VO（Voice）、AC_VI（Video）、AC_BE（Best-effort）、AC_BK（Background）です。パケットの分類方法としては一般的に、IPヘッダのTOS（Type of Service）フィールドの値や、IEEE802.1Qで規定されるVLAN-Tagのプライオリティの値を4つのAC

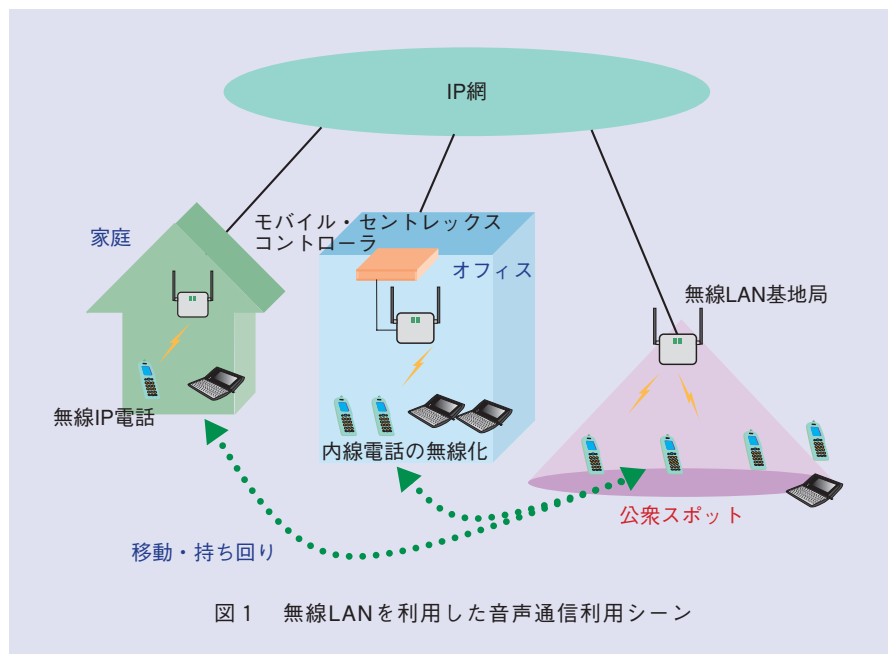


図1 無線LANを利用した音声通信利用シーン

に割り当て、分類します。分類された4つのACにはそれぞれ、無線フレーム送信に使用するEDCAパラメータが定められており、このパラメータで送信機会の優先度の差を決定しています。

EDCAでの無線フレームの送信方法を図3に示します。通常のIEEE 802.11無線LANのアクセス方式であるDCF (Distributed Coordination Function) では、CSMA/CA (Car-

rier Sense Multiple Access with Collision Avoidance) と呼ばれる手順で無線フレームを送信します。CSMA/CAでは送信するフレームを保持している端末は、まずキャリアセンスと呼ばれる動作を行い、使用する周波数帯が使用中であるかどうか調べます。使用中でなければ、基本的にはDIFS (Distributed Inter Frame Space) と呼ばれる、定められた待ち時間と、

コンテンションウィンドウと呼ばれるスロット数だけ送信待機しており、その間にキャリアセンスで電波の使用が検知されなければ送信を開始します。EDCAではこのCSMA/CA手順が、ACごとに独立に行われ、最初に待機時間が0になったACもしくは無線LAN端末が無線フレームの送信権を得ることになります。複数のACの待機時間が同時に0になった場合は、あらかじめ定められた優先度に従い、高い優先度のACが送信権を獲得します。待機するコンテンションウィンドウのスロット数は、各ACに設定されているコンテンションウィンドウサイズ以下の整数値を送信するフレームごとにランダム選択し、スロット数を決定します。これにより同時に送信しようとするAC間および端末間のフレーム衝突を回避します。コンテンションウィンドウサイズはCWminとCWmaxの2つのパラメータで規定されます。フレームの送信が最初の場合はCWminをコンテンションウィンドウサイズとして使用します。誤りなどで再送される場合にはこのコンテンションウィンドウサイズをCWminから増加させ、より広い範囲の値から待ち時間のスロット数を選択します。誤りが多いほど輻輳状態で、衝突が多い状況である可能性が高いため、よりランダム性を増すことで衝突を回避できるようにするためです。何度か再送するたびにコンテンションウィンドウサイズは増加しますが、その上限値を定めるのがCWmaxになります。

EDCAではACごとの待ち時間はDIFSの代わりにAIFS (Arbitration Inter Frame Space) と呼ばれるパラメータがセットされ、優先度が高いACほど小さく設定されています。同様にCWmin, CWmaxも優先度が高い

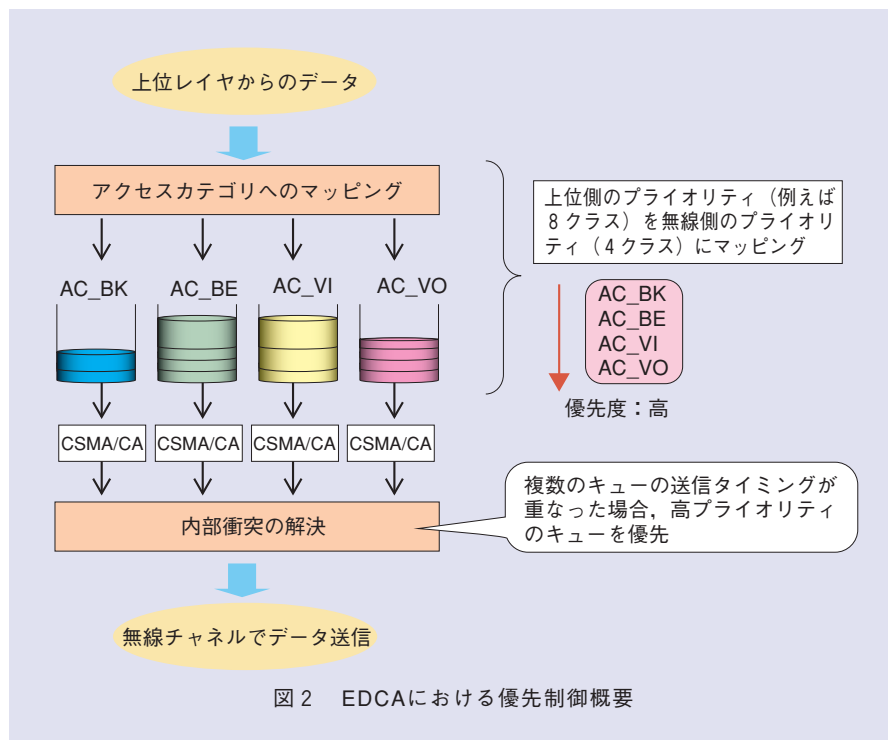


図2 EDCAにおける優先制御概要

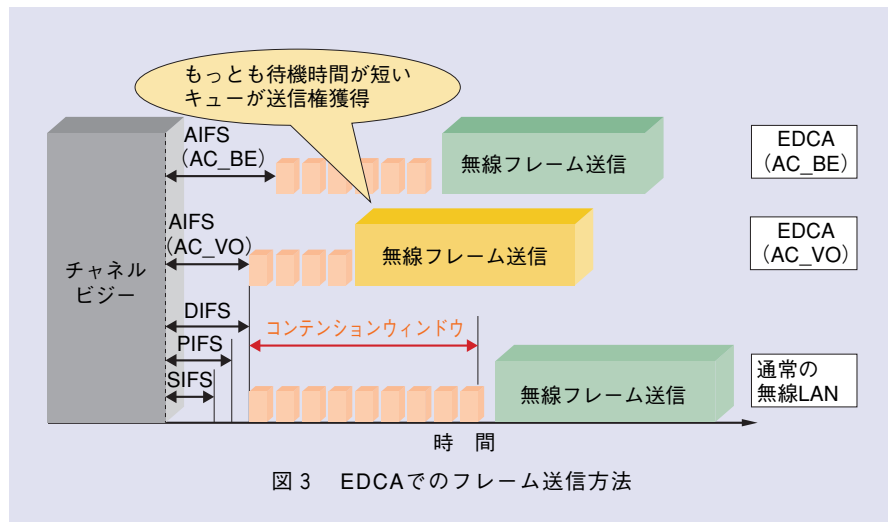


図3 EDCAでのフレーム送信方法

ACほど小さく設定され、高優先度のACの packets は優先的に送信できる確率が高くなっています。

また、EDCAでは一度送信権を獲得したACが最小待ち時間SIFS (Short Inter Frame Space) 間隔での無線フレームの連続送信を可能とする仕組みも取り入れています。この連続送信可能な時間はTXOP (Transmission Opportunity) と呼ばれ、この上限の時間がTXOP limit としてACごとに規定されています。TXOP limit = 0は1パケットのみの送信が許可されることになります。このようなパラメータを用いてEDCAは優先制御を実現しています。

EDCAの4つのACで使用するアクセスパラメータ (AIFS, CWmin/CWmax, TXOP limit) は、各端末で標準の値を保持していますが、基地局から送信されるビーコンフレーム中に記述することにより各端末が使用するべきパラメータを通知することが可能です。端末はビーコンフレームを受信すると使用するEDCAパラメータを更新し、以降の送信は更新されたパラ

メータを使用して行います。したがって基地局が周囲のEDCA対応端末のアクセスパラメータを制御することが可能です。

EDCAパラメータ動的更新技術

EDCAを使用することで、アクセスカテゴリごとに送信機会の優先付けが可能になる一方で、IEEE802.11e標準のアクセスパラメータではあらゆる状況で最適というわけではありません。例えば標準パラメータでは、CSMA/CAで衝突回避に使用するコンテンションウィンドウサイズの最小値CWmin、および最大値CWmaxの値がAC_VIやAC_VOで小さく設定されるためパケットの衝突率が増加するという問題があります。このため、音声や映像を送信する端末が多数存在した場合、小さいコンテンションウィンドウサイズのAC間で衝突回避アルゴリズムが走ることになり、頻繁に無線フレームの衝突が発生することとなります。これが例えば無線LANでVoIPを行う端末 (VoIP端末) の収容台数を劣化させる原因となります。

モバイルセントレックスや公衆スポットでの無線LANサービスでは1台の基地局に多数の端末が接続することが予想され、同時通話可能なVoIP端末の台数をできるだけ確保することが課題です。このような問題に対して、収容台数を改善するという観点からEDCAパラメータのCWmin, CWmaxを最適化することが有効です。しかしながら、定常的にEDCAのコンテンションウィンドウサイズを拡大し、衝突率を改善しようとするのは、固定的に遅延が増大するという問題と、コンテンションウィンドウサイズを拡大できない従来の無線LANや、拡大していない近傍の基地局配下の端末との優先度の差が生じるという問題があります。したがって、EDCAパラメータを状況に応じて動的に更新することが有効になります。

開発した動的更新技術の一例としては図4に示すように、基地局は過去一定期間のAC_VOでの平均送信量が一定値以上の端末をアクティブなVoIP端末とし、その台数が増加するに従い、全ACのCWmin, CWmax値を増加

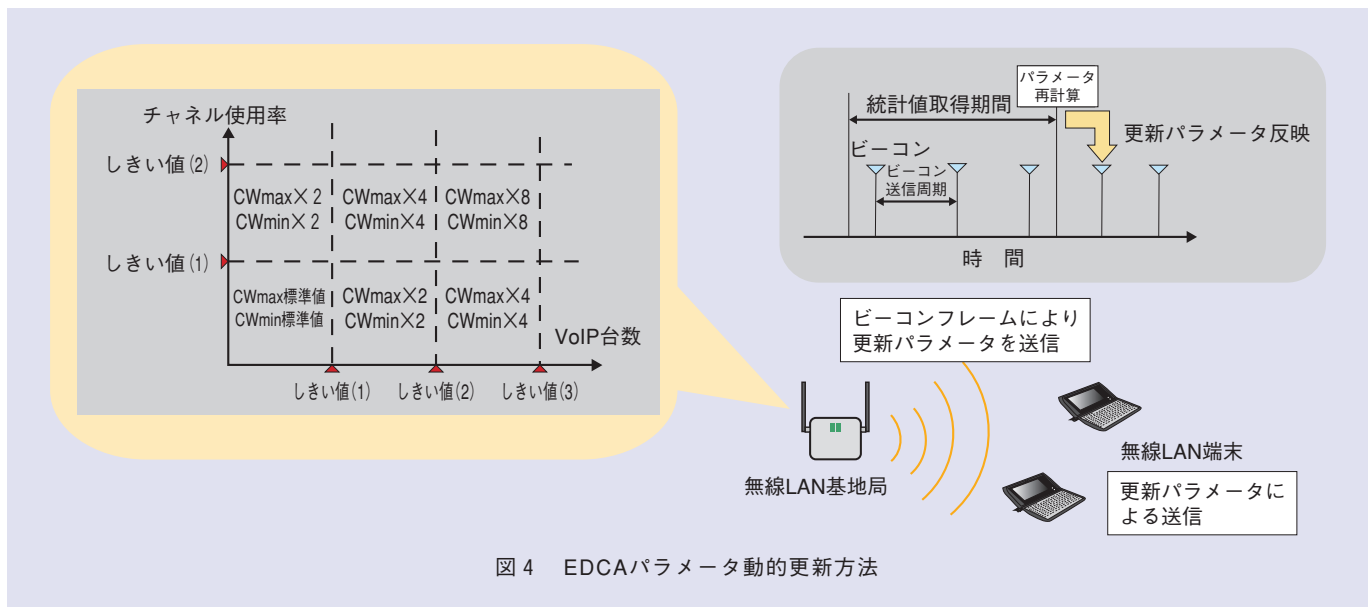


図4 EDCAパラメータ動的更新方法

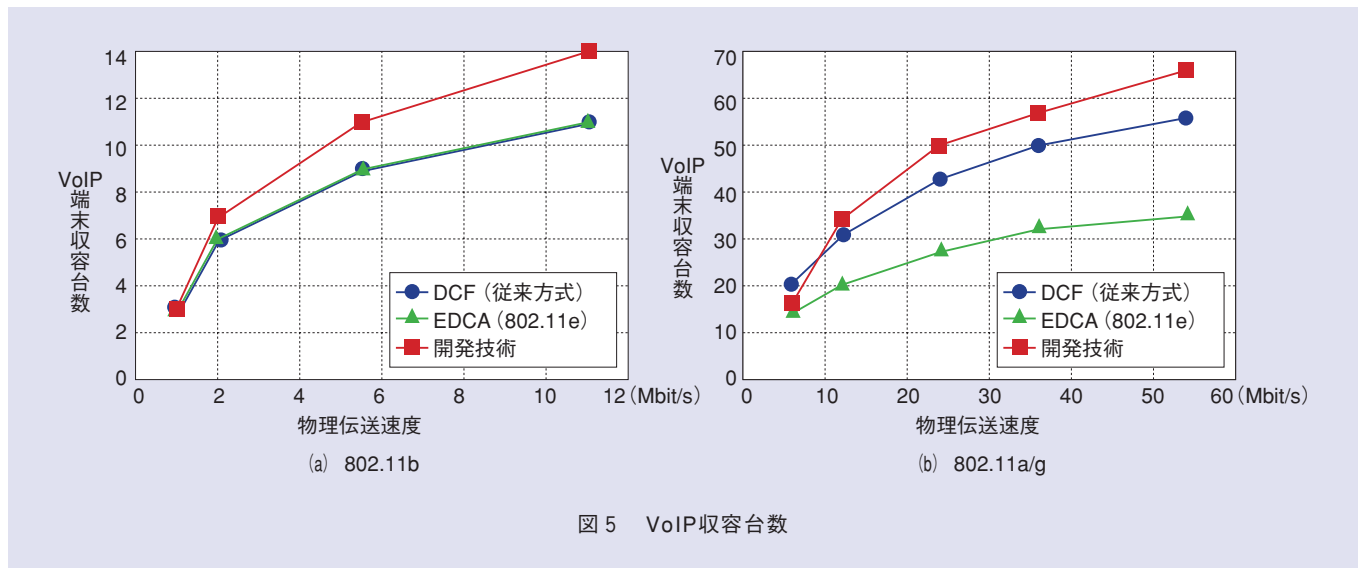


図5 VoIP収容台数

させます。台数が多ければフレームを同時に送信する確率が高く、衝突により劣化するからです。増加の割合は2のべき乗であり、これはコンテンションウィンドウのサイズの指定が2のべき乗で標準規格に規定されていることによります。また、運用チャネルが使用中であると観測された時間率であるチャネル使用率が増加した場合にも変化させることで、混雑時のフレーム衝突率を下げます。また、基地局の配下に従来方式のDCFで通信を行う端末がある場合はCWminの増加を行わず、CWmaxのみの増加を行います。これは高い優先度のACであるにもかかわらず、CWmin値がDCFよりも大きくなることにより優先順位が逆転することを避けるためです。以上の方法により、適応的に収容台数を改善することが可能となります。

パラメータの更新は一定周期ごとに行い、トラフィックの統計情報からパラメータを再計算し、以降のビーコンフレーム中のEDCAパラメータフィールドに反映させます。ビーコンフレームを受信した端末はパラメータを更新し、以降の送信で使用します。

収容台数の改善効果の例として、VoIP端末の場合を図5に示します。これは計算機シミュレーションによる結果であり、VoIPのトラフィックにはG.711コーデックを用いてVoIP端末と基地局の間で双方向に通信させた場合です。計算の条件としては、無線伝搬誤りはないものと仮定し、通信品質の判断は無線LANの送受信にかかわる遅延とパケットロスから判断しています。またVoIP端末以外のトラフィックはない状況を仮定しています。11a/gにおけるEDCA標準値では従来方式であるDCFに比べて衝突率の増加により収容台数は劣化しますが、開発技術である動的更新技術により、従来方式であるDCFと比較しても物理伝送速度が高い場合で20%程度の増加を実現しています。

本技術の課題としては、隣接して同じチャネルを使用する基地局が存在している場合に、その配下の端末のアクセスパラメータとの優先度の差が生じることにより、低い優先度で送信することになってしまう可能性があることが挙げられます。しかしながら衝突率の増加で両基地局共に配下の端末の

品質が悪くなることを避けることができるため、隣接基地局が同一チャネルを使用する場合においても全体的な特性向上に有効な技術です。

今後は本技術を発展させるとともに、アドミッション制御技術等の他の通信品質制御技術との連携を強化し、高度化することで、さらに高品質な無線LANを実現していきます。



(左から) 小笠原 守 / 河村 憲一 / 平栗 健史

今後も無線LANを含めた次世代無線通信サービスを実現する技術の研究開発を進め、NTTグループの事業に貢献していきます。

◆問い合わせ先

NTTアクセスサービスシステム研究所
第三推進プロジェクト
TEL 046-859-3378
FAX 046-859-4311
E-mail oga@ansl.ntt.co.jp