

## 2. 無線 LAN アクセス技術

# 2 無線 LAN チップセットの開発動向

Trend on Wireless LAN Chipset

大澤 智喜\*1 百名 盛久\*2

アセロス・コミュニケーション (株)

\*1 tohsawa@atheros.com

\*2 mmomona@atheros.com

本稿では無線 LAN チップの開発動向に関して、その最新状況を解説する。現在は、新しい無線 LAN 物理層の仕様作成は一段落し、その仕様に従った製品が出揃ってきている。また、回路技術の向上とコスト低減の観点から、すでに CMOS における高周波およびベースバンド混在のシングルチップ設計技術も確立されている。今後は、さらなる高速化として MIMO (Multiple Input and Multiple Output) やマルチメディア対応のシステム化に必要な機能などが盛り込まれていくであろう。

### はじめに

無線 LAN は米国の無線 LAN 規格 IEEE802.11 と、その相互接続性を認証する WiFi Alliance の活動により近年、とみに技術の向上が著しい分野である。昨年初めには、すでに規格化された 2.4GHz の 54Mbps の 11g や、同じ速度を実現する新周波数の 5GHz 帯の 11a に関して製品は出揃ってきた。技術動向は、さらなる高速化技術の議論、さまざまなメディアを扱うための議論などを

含め、個々の追加アイテムはアルファベット順に設定されるタスクグループにおいて議論され、IEEE802.11 が 1997 年に制定されて以降、すでに 18 項目にもおよび 11s まで至っている。

表-1 に、それぞれのタスクグループの要約を示すが、高速化の軸に加えて、大規模マルチメディア無線システム構築へ向けての個別要素が検討されているように伺える。

無線 LAN チップの開発動向としては、すでに CMOS 技術での 5GHz アナログ設計やアナログ・デジタル混在設計技術は確立されており (図-1 参照)、課題はいかに複雑化していくシステム部分の取り込みをいち早く製

11a	5GHz 帯 OFDM による 54Mbps の物理層
11b	2.4GHz 帯 CCK による 11Mbps の物理層
11c	802.1D ブリッジ仕様の 802.11 用拡張
11d	2.4GHz, 5GHz 帯が使えない国向けの仕様
11e	MAC の QoS 拡張 (EDCA と HCCA)
11f	AP 間ローミング
11g	2.4GHz 帯 OFDM による 54Mbps の物理層
11h	5GHz 欧州対応 DFS/TPC
11i	セキュリティの拡張
11j	日本の 4.9GHz 規格に対する仕様
11k	高周波信号の計測で位置など各種の測定情報利用
11m	802.11 規格自体のメンテナンス
11n	次世代無線 LAN
11p	列車や DSRC などを配慮した高速移動システム
11r	高速ローミング
11s	メッシュネットワーク技術の確立

表-1 IEEE802.11 におけるタスクグループの活動



図-1 シングルチップ実装の様子

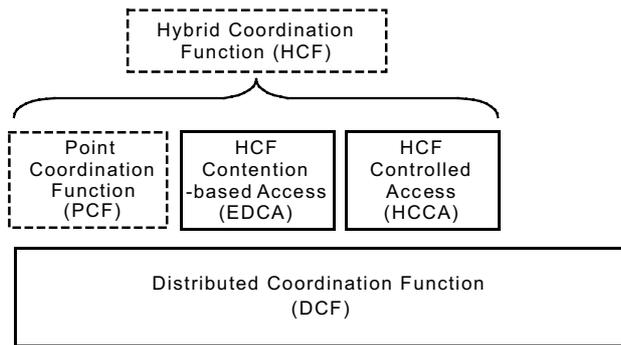


図-2 IEEE802.11 MAC Extension

品化するかに焦点が移行しつつある。

本稿では、それら将来的に標準規格として組み込まれるであろう中から、今後無線LANチップとして特に注目をされている機能に関して解説を行う。

## マルチメディアを運ぶQoS

VoIP over WirelessやWireless TVのように時間に対する要求の厳しいアプリケーションを無線LAN上でサポートするため、今後、QoS保証の機能が重要になると考えられている。一般にQoSの保証は個々のリンクのテクノロジーに依存しない共通機能とリンク固有の機能の組合せにより実現される。前者に関してはIntserv/RSVPやDiffserv等の標準があり、後者についてはリンク技術ごとに標準がある。IEEE802.11の場合、11e<sup>1)</sup>においてQoS保証のためのMACの拡張を行っており、図-2に示すように従来のDCF (Distributed Coordination Function)、PCF (Point Coordination Function)に加えてHCF (Hybrid Coordination Function)を規定している。

HCFでは、新たなアクセス制御方式として

- EDCA (Enhanced Distributed Channel Access) または HCF Contention-based Channel Access
  - HCCA (HCF Controlled Channel Access)
- の2種類を規定しており、さらに Admission Control等のためのシグナリングを定めている。以下ではその概要を説明する。また、11eの他の機能や、WiFi Allianceが規定する、11eの認証規格であるWMM (Wireless Multimedia)についても紹介する。

### EDCA

EDCAはHCFのアクセス制御方式の1つであり、DCFをベースとしたContention型の方式である。DCFではCSMA/CAのパラメータであるフレーム間隔=DIFS (DCF Inter-frame Space) と Contention Window

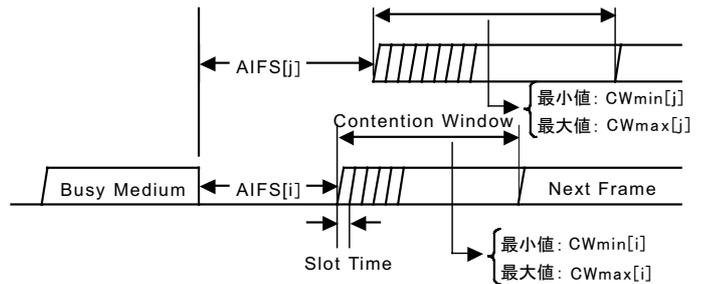


図-3 EDCAの原理

の最小値 (CWmin) および最大値 (CWmax) はトラフィックのタイプによらず同一であり、すべてのフレームは同じ優先度で扱われていた。また、端末は一度に1つのフレームしか送信できず効率が悪かった。

一方、EDCAでは以下の4つの優先度=AC (Access Category) が利用可能である。

- AC\_VO : 音声等 (優先度: 最高)
- AC\_VI : ビデオ等
- AC\_BE : Best Effort
- AC\_BK : Back Ground (優先度: 最低)

図-3に示すように各ACでは異なるフレーム間隔=AIFS (Arbitration IFS) と Contention Windowの最小値、最大値を使用する。端末はフレームに応じて適切なACを使用してアクセスする。これにより優先度の高いフレームは、衝突の可能性はあるものの、優先度の低いフレームよりも確率的に早く送信することが可能となる。また、各ACには一度に送信可能な最大時間TXOP (Transmission Opportunity) が割り当てられており、端末はTXOPの範囲内で複数のフレームをSIFS (Short IFS) 間隔で連続して送信することができる。EDCAは優先度ベースのQoS (Prioritized QoS) が必要とされる場合に使用される。

### HCCA

HCCAはHCFのもう1つのアクセス制御方式であり、PCFライクなContention Free型の方式である。PCFもQoS保証を目的として設計されていたが、

- 端末-AP (Access Point) 間でポーリングの間隔や割り当てる帯域等をネゴシエートする機能がない。
- ポーリングはCFP (Contention Free Period) 内で行われ、CFPの周期はビーコン間隔の整数倍に固定されている。このため帯域のスケジューリングの自由度が低い。
- ポーリングに対して端末が送信できるフレームは

1つだけであり回線使用効率が悪い。

等の問題があり、実質的にあまり使用されていない。一方、HCCAでは図-4に示すように

(A) あらかじめシグナリングにより端末—AP間でポーリングの間隔や割り当て帯域をネゴシエートすることができる。

(B) ポーリングはCFP, CF(Contention Period)によらずいつでも行うことが可能であり、帯域のスケジューリングの自由度が高い。

(C) 端末はポーリングにより通知されたTXOPの範囲内で複数のフレームをSIFS間隔で連続して送信することが可能であり、回線使用効率が良い。

という特徴を備え、機能面で大幅に改善されている。HCCAはパラメータベースのQoS(Parameterized QoS)が必要とされる場合に使用される。

### ■シグナリング

QoS保証のためにはEDCAおよびHCCAのようなフレーム単位の処理に加えて、Admission Controlによるリソースのチェックや、QoS保証に必要なパラメータの設定などのコネクション単位での処理が必要となる。11eではこのために端末—AP間のシグナリングを規定している。具体的には端末はAPに対してADDTS(Add Traffic Stream) requestを送信し、APはADDTS responseを返信する。ADDTSに含まれる主な情報は以下の2つである。

- TSPEC : Traffic Specification
- TCLAS : Traffic Classification

TSPECは平均・最大レート、平均・最大パケット長、バーストサイズなどのトラフィックに関する情報と遅延の上限などのQoSに関する情報である。APはこれに基づきAdmission Controlを行い、コネクションが受け付け可能か否かを判定する。さらにHCCAの場合、この情報に基づいてポーリングの周期やポーリングごとに割り当てる帯域も決定する。一方、TCLASは個々のフレームをQoSにマッピングするためのフレームの識別情報である。APはこれに基づいて端末への下りトラフィックに対して適切なQoSを適用する。

以上、説明した2つのアクセス制御方式とシグナリングの組合せにより、11eでは用途に応じたQoS保証サービスを提供できる。なお、QoS保証以外の11eの機能について最後に一覧を示す。

- APSD (Automatic Power Saving Delivery) : 省電力の拡張規格。EDCA用のUnscheduled SP (Service Period) APSDとHCCA用のScheduled SP APSDとがある。

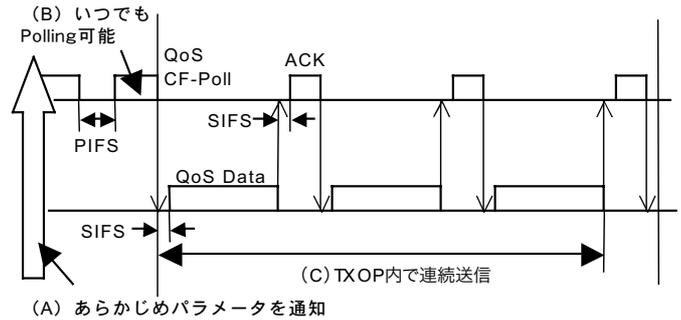


図-4 HCCAの原理

- Block Ack : ACKのオーバーヘッドを減らすための仕組み。個々のフレームに対してではなく連続するフレームに対してまとめてACKを行う。
- DLP (Direct Link Protocol) : インフラモードで端末間の直接通信を行う仕組み。AP折り返しのトラフィックのオーバーヘッドを削減する。

### ■WiFi : WMM

WiFi Allianceは802.11機器の相互接続性の推進を目的として設立された業界団体であり、11eに関してはWMMとよばれる認証規格を策定している。WMMではEDCAに関する認証試験を必須項目とし、さらに他の11eの機能については選択的に認証を受けられるようになっている。

なお、EDCAの場合、従来のシステムに対するインパクトが少なく比較的容易に実装できることから、規格の策定完了前からすでに先行的に相互接続試験が開始されている。Atheros社の場合も既存LSIで複数の優先度ごとのキューやプログラマブルなCSMA/CAのパラメータ等、EDCAに必須の基本機能をハードウェア的にサポートしており、新たに開発したWMM対応ドライバによりこの試験に参加している。一方、HCCAなどに関しては、今後、サポートするチップの登場とともに相互接続試験が開始されると思われる。WiFi Allianceではこのような段階的なアプローチにより無線LANのQoS保証機能の普及を目指している。

### MIMOの動向

MIMO (Multiple Input and Multiple Output) は、高速化実現技術として非常に期待され、11nとして最も有力な方式として11aや11gの整数倍の速度を実現し得る。11nでは、現在、方式提案の前作業として、各種提

案方式が出揃ったときの選定基準を議論しているため、正式な方式案はいまだ1つもないことになっている。しかし MIMO が最も有力な候補の1つであることは疑うものはないであろう。

図-5 に MIMO の送信および受信の基本ブロック図を示す。MIMO は、1チャンネル分の信号帯域内に、平行に展開されたユーザデータを同時に多重して行うもので空間ダイバーシチ技術を用いている。受信側では、送信側の2つのアンテナから送られたデータがそれぞれ独立して2つのアンテナで受信された単純なビット合成で1チャンネルを使用して2倍に多重されたデータを再現する(復調)ことが可能となる。

しかし、実際にはマルチパスなどの要因により、複数の互いのアンテナのデータは受信側ではクロストークとして相互のアンテナで受信されてしまう。これを独立した系統の信号に復調するためには、干渉キャンセラーと同じ原理の手法により送信データ系列を受信側で再現する。これをたとえると、2人の人が同時に話した情報を、両耳(2つの受信機に相当)で聞き、頭の中で、それぞれを分離し、2人の人が何を話したかを聞き分ける能力と等価な処理である。

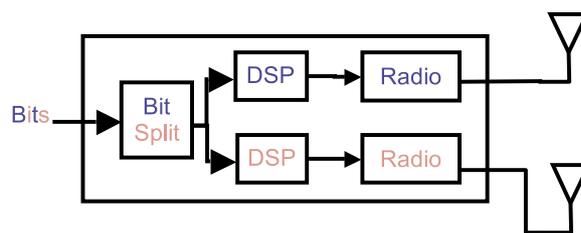
図-6 には MIMO の特性を示す。通常のシングルアンテナシステムでは、最大速度は、54Mbps にとどまるが、MIMO により1チャンネルのスペクトラム帯域に多重することにより、その多重数により、2倍や3倍の108Mbps や162Mbps という伝送速度に達することができる。

MIMO は、異なったユーザデータを多重して通信するため送信電力としての PAR (Peak Average Ratio) が大きくなることから、無線規則を変更する必要があると考えられ、現行の規則からの法改正を伴うのではないかと予想される。

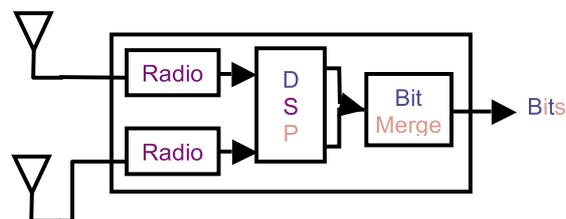
## 多チャンネル化における DFS 技術

無線 LAN は、昨年行われた国際周波数会議 WRC03 において、5GHz 帯では1次業務としての割り当てが行われた。これは従来の RFID, Bluetooth 等などが混在する 2.4GHz のような ISM 帯とは異なり、無線 LAN に対して優先的に割り当てられた周波数帯である。ワイヤレスブロードバンドを実現できる広帯域の信号を、しかも相当数のチャンネル数で得られたことは、将来の無線 LAN の展開には非常に重要な結果であった。

一方で、新しく拡張されていく 5GHz の帯域は、応用性の高い周波数帯で以前からレーダーシステム等に使用されている。これら既設システムを保護しつつも異システムが共用することは、周波数割り当の中では重要で、かつ限られた資源の有効利用の観点から、新しい技術の



(a) MIMO送信機の構成



(b) MIMO受信機の構成

図-5 MIMOの基本ブロック図

導入によりその実現が望まれている。

無線 LAN においてレーダーシステムとの共存は DFS (Dynamic Frequency Selection: 動的周波数選択) と呼ばれる技術により実現される。現在 WRC03 の決議に基づく DFS は以下のような基本動作を実現することが義務付けられている<sup>2)</sup>。

- (1) APは運用を開始する前に60秒間、そのチャンネルにおいてレーダーの有無を確認し、運用を開始
- (2) APは通常運用している期間、継続してレーダーの有無を確認
- (3) APは直前の30分間にレーダーを検出したチャンネルの使用を禁止
- (4) 運用チャンネルの選択は一様分布であること
- (5) レーダーを検出した場合にはAPは200msec以内にデータの送信を中止

上記のフローを見るに、DFSはAP自体の自律的機能であるため、本来、IEEE802.11の機能として定義される必要はなく、機器実装としてWRC決議の要項を満

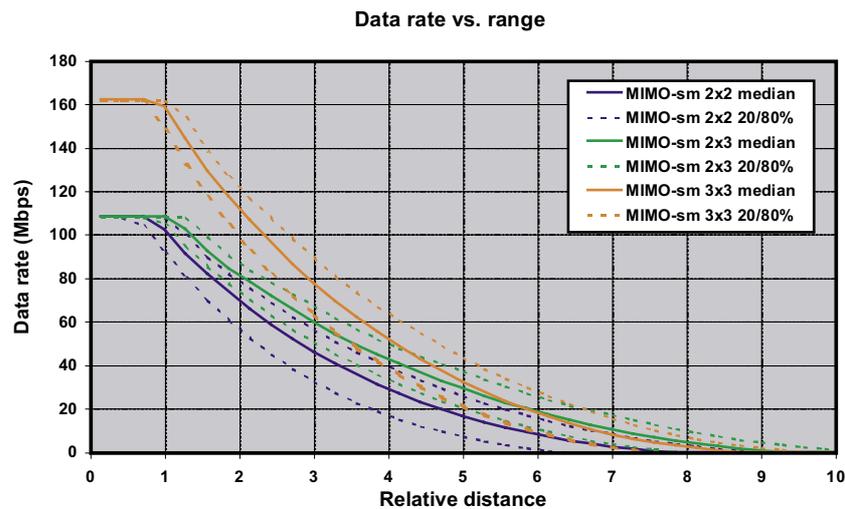


図-6 MIMOの特性

たせばよい。加えて、タスクグループ11hでは、上位メッセージハンドリングに関しての規定を議論している。DFS機能は一般にAPに要求され、そのAPに所属する子局への実装の必要性はない。ただし、APがないところでの子局のみでの通信を行うアドホック通信においてDFSを具備しない装置同士での運用は禁じられており、周波数を管理する子局がDFSを具備している必要がある。DFS技術の導入とその実現はレーダーシステムとの共存により周波数の有効利用を図るよりも大きな効果をもたらす。この共存により、今まででは困難であったチャンネルあたりの帯域幅が広い広帯域伝送方式の多チャンネル化を実現し、将来無線LANが普及したときに直面するであろう同一チャンネルによる干渉を大きく軽減する。文献3)からも明らかであるが、QoSなどの安定した帯域確保を考えると非常に効果が大きいことが予測される。

## おわりに

近年の無線LAN技術に関しては、すでにCMOSレベルでのアナログ・デジタル混合設計技術は確立しており、もはや実装面では他の無線システムと比較して群を抜いている。一方でQoSを中心としてマルチメディアコンテンツを扱うための機能面の向上は、今後の無線LANの発展には重要で、その実装への期待は高まるばかりである。

### 参考文献

- 1) Medium Access Control (MAC) Quality of Service (QoS) Enhancements, IEEE P802.11e/D8.0 (Feb. 2004).
- 2) ITU-R Rec. M. 1652
- 3) 石井, 大澤: 符号チャンネルを用いるDSSS無線LANシステムのマルチセル環境下におけるスループットの理論検討, 電子情報通信学会 RCS98-178 (1999/01).

(平成16年7月1日受付)

