

IEEE 802.11 の動向とその製品化状況

Trends in IEEE802.11 and LSI Chip Set under Development by Toshiba

高木 雅裕

TAKAGI Masahiro

足立 朋子

ADACHI Tomoko

高木 映児

TAKAGI Eiji

Ethernet^(注1)の無線版としてオフィスから普及し始めたIEEE(米国電気電子技術者協会)802.11準拠の2.4GHz帯無線LANは、公共空間や家庭にまで適用領域を拡大している。IEEE802.11委員会は、現在も無線LANのいっそうの高速化、通信品質制御の追加、セキュリティ強化、欧州の無線規制への対応など標準仕様の拡張作業を進めている。これらが完了すると、高精細動画の無線伝送を行うAV機器や高いセキュリティを要求される企業網の構築などにも無線LANが応用できるようになると期待される。当社は、最高54Mbpsを達成するIEEE802.11a準拠5GHz帯無線LANのLSIチップセット開発を現在進めている。今後セキュリティ強化や通信品質制御などへの対応も検討していく。

IEEE802.11-compliant 2.4 GHz wireless LAN, now popular as "wireless Ethernet" in offices, is about to spread into public areas and home. On the other hand, the IEEE802.11 Working Group is still extending its standards in several directions such as higher data rate, quality of service, enhanced security, and adaptation to European wireless regulations. These standardization activities are expected to enable wireless LAN applicable to high-fidelity video transmission, highly secure networks, and so on.

Toshiba is developing an IEEE802.11a LSI chip set which achieves up to 54 Mbps in the 5 GHz band, and is also considering the adoption of these new functionalities.

1 まえがき

2.4GHz帯で最大11Mbpsの伝送レートを実現するIEEE802.11bが1999年に標準承認されて以来、IEEE802.11無線LANは、オフィスをはじめとして家庭や公共空間にまで展開しつつある。IEEE802.11bと同時に承認された5GHz帯で最高54Mbpsの高速伝送レートを持つIEEE802.11aも、これから広く普及すると予想されている。通信分野においては、標準化動向を見極めながらの製品開発が重要である。今後、通信品質制御やセキュリティ強化などの標準規格が決まる予定であり、無線LANの適用分野のいっそうの拡大が期待される。

ここでは、IEEE802.11委員会の概要と、現在も進められている標準仕様の拡張について概説する。また、当社が現在開発しているIEEE802.11a対応のチップセットと、今後のIEEE802.11への取組みについて述べる。

2 IEEE 802.11 ワーキンググループ

2.1 概要と経緯

IEEE802 LAN/MAN Standards Committee(SC)は、コンピュータネットワークであるLAN及びMetropolitan Area

Network(MAN)のOSI(Open System Interconnection)モデル下位2層(物理層及びデータリンク層)を扱う米国の標準化団体である。IEEE802.11は、その中の無線LANを扱っているワーキンググループ(WG)である。設立から7年後の97年7月に、IEEE 802.11無線LAN規格¹⁾が承認された。

このIEEE802.11無線LAN規格は2.4GHz産業科学医療用(ISM: Industrial, Scientific, and Medical)帯を用い、一つの媒体アクセス制御層(MAC: Medium Access Control layer)と三つのPHY(物理層)技術(FH-SS: Frequency Hopping Spread Spectrum, DS-SS: Direct Sequence Spread Spectrum, 赤外)から構成されている。伝送速度は最高2Mbpsである。

その後高速化の検討が始まり、99年9月に、5GHz帯で最高54Mbpsの高速伝送レートを実現するIEEE802.11a²⁾と、2.4GHz帯で11Mbpsの高速伝送レートを実現するIEEE802.11b³⁾の二つが承認された。特に後者の承認が、今日の全世界での無線LANの急激な普及に貢献したと言えよう。

このほか、IEEE802.11と他のIEEE802ファミリとのブリッジング方式に関するIEEE802.11c、各国での共通利用方式検討に関するIEEE802.11dが既に承認されているが、2002年

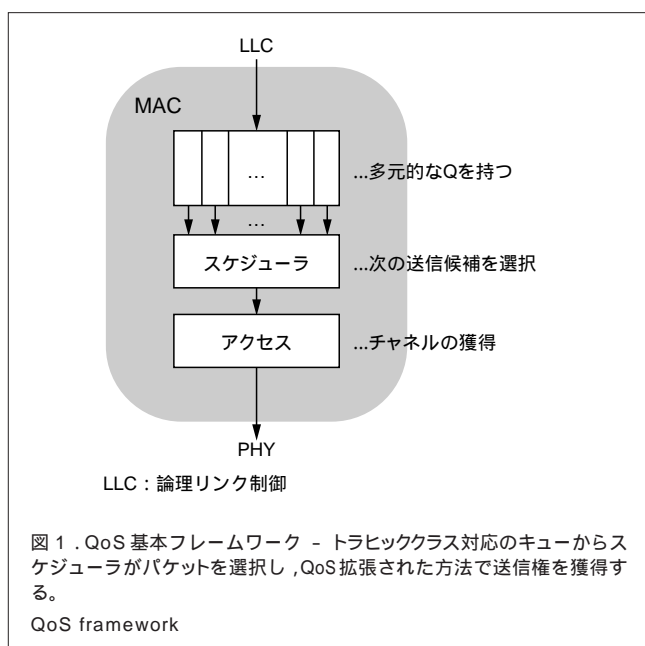
(注1) Ethernet / イーサネットは、日本における富士ゼロックス社の商標。

6月時点でなお5グループがタスクグループ(TG)として活動中で、また、新規TG立ち上げの活動も行われている。

2.2 IEEE802.11e (QoS強化)

TGeは、MACにおけるQoS(通信品質制御: Quality of Service)強化を扱う。IEEE802.11のアクセス機能としてはCSMA/CA(搬送波検知多重アクセス/衝突回避)方式を用いるDCF(Distributed Coordination Function)と、ポーリング方式のPCF(Point Coordination Function)が用意されている。しかし、Ethernetの無線版からより広い用途へと拡大していく無線LAN市場にあって、様々なQoS要求を満足していくために、TGeが立ち上げられた。

TGeでの基本フレームワークは図1のようになっており、トラフィッククラスに応じて複数のキュー(Queue; Q)を用意し、スケジューラで次の送信機会に送るべきパケットの選択を行う。QoSは、優先制御を行うようDCFを強化(“enhanced”)したEDCFと、帯域保証を行うようPCFを強化したEPCFの二つの機能に分けられている。



EDCFは、プライオリティに応じて振り分けられた各キューに送出の優先度を設け、キュー間で仮想的なCSMA/CA制御を行うものである。EPCFではポーリング方式にスケジューリング機能を反映させることにより、トラフィックごとの帯域保証を実現する。そしてTGeでは、これらを統合したHCF(Hybrid Coordination Function)をアクセス機能として定義している。

そのほか、AV応用からの要求で誤り訂正の追加や、再送制御の効率化などが検討されている。

2.3 IEEE802.11f (IAPP: 基地局間プロトコル)

IEEE802.11は、複数の基地局(AP)間をDS(Distribution System)というネットワークで相互接続し、端末がAP間を自由に移動できる拡張サービスセット(ESS)を定義している。しかし、自由度を重視しDSの具体的な仕様を決めなかったため、異なるベンダーのAP間の相互接続性の確保が十分ではなかった。TGFは、DSがIP(Internet Protocol)網であることを前提として、端末が移動した際などに必要となるAP間のプロトコル(IAPP: Inter Access Point Protocol)を規定することを目的としている。

2.4 IEEE802.11g (20 Mbps以上への2.4 GHz帯高速化)

2.4GHz帯を対象とし、IEEE802.11bが規定する11Mbpsを超えて、少なくとも20Mbps以上にデータレートを向上させるような物理層を規定することを目的としている。複数方式が提案されているが、5GHz帯の物理層を規定して、IEEE802.11aで採用されたOFDM(直交周波数分割多重)を用い、IEEE802.11aと同じ最大54Mbpsを達成する提案が有力である。IEEE802.11bのオプションのDS-SS with PBCC(Packet Binary Convolutional Coding)方式を高速化する提案や、IEEE802.11bに採用されたCCK(Complementary Code Keying)とOFDMを組み合わせたCCK-OFDM方式の提案もある。

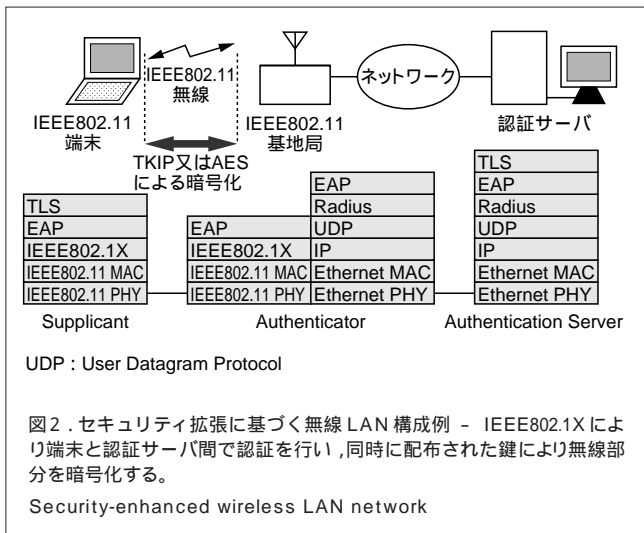
2.5 IEEE802.11h (欧州5 GHz帯規制対応)

IEEE802.11aの欧州対応のために発足したグループである。ERC/DEC(European Radio communications Committee/DECision)/(99)23⁽⁴⁾を満足させることが条件であり、具体的にはMAC技術の動的周波数選択(DFS: Dynamic Frequency Selection)、送信電力制御(TPC: Transmitter Power Control)の二つの技術を盛り込むことである。これはレーダシステムへの妨害を防ぎ、欧州の無線LAN規格であるHIPERLAN/2(High Performance Radio LAN type 2)などとの共存を図るためである。欧州の標準化団体であり、HIPERLAN/2の仕様を出しているETSI/BRAN(European Telecommunication Standards Institute/Broadband Radio Access Networks)と深くかわる活動をしている。

2.6 IEEE802.11i (セキュリティ強化)

無線は有線に比べ第三者による傍受や侵入が容易なため、IEEE802.11は有線並みの通信データの秘匿及び端末のアクセス認証を保障する目的で、WEP(Wired Equivalent Privacy)という方式を当初から定めている。しかし、端末と基地局への秘密鍵の設定方法の規定がなく、大規模化が困難である。鍵の解読⁽⁵⁾など、WEPの暗号を破るいくつかの方法が見出されているという問題がある。

これらの課題を解決する目的で、TGiはセキュリティ強化



の仕様作成作業を進めている(図2)。特長を以下に述べる。

- (1) 端末とネットワーク間の相互認証と、認証された端末へ動的に生成された鍵を配布するために IEEE802.1X⁽⁶⁾を採用する。認証サーバで端末の認証情報を集中管理することで、大規模化が容易になる。従来の WEP は MAC 層で認証を行うのに対し、TG 作成のドラフト仕様は IEEE802.1X のフレームワークに従って EAP (Extensible Authentication Protocol), Radius, TLS (Transport Layer Security) など (EAP 以外は任意) 上位層のインターネットプロトコルを用いる。
- (2) 通信データの秘匿と改ざん防止などを実現するため、TKIP (Temporal Key Integrity Protocol) 及び AES Privacy という二つの方式を導入する。TKIP は、既存の多くの実装において、ファームウェアなどソフトウェアの変更だけで対応できるように設計されている。AES Privacy は、米国商務省の最新暗号標準 AES (Advanced Encryption Standard⁽⁷⁾) に基づくもので、TKIP より強力なセキュリティを実現できるが、新たなハードウェアが必要である。

2.7 AVSG (AV スタディグループ)

IEEE802.11e の下で AV 伝送を満足するような QoS 検討を行うために作られたスタディグループ (SG) であり、AV 伝送への利用を考えている TGe のメンバーが中心になっている。特に IEEE 1394 を IEEE802.11 で伝送できるようにするための要求条件などが議論され、その活動は注目されていたが、現在は IEEE1394 のワイヤレスワーキンググループ (WWG) へ活動の場が移行しているようである。

2.8 WNGSC (Wireless Next Generation Standing Committee)

次世代 IEEE802.11 無線 LAN のテーマを検討するアドバイザ的なグループである。ここでの議論に基づいて、

IEEE802.11 WG は以下の二つの SG を作ることを決定した。

- (1) Radio Resource Measurement SG 拡大した IEEE802.11 規格に準拠する無線 LAN 全般の管理を容易にするための規格を作成する TG の設立準備を行う。
- (2) High Throughput SG IEEE802.11a 及び標準化作業中の IEEE802.11g よりもスループットを向上させた標準仕様を作成する WG 設立を目的にする。5 GHz 帯のみか、あるいは 2.4 GHz 帯も対象にするのか、物理層だけを拡張するのか、オーバーヘッドを減らすために MAC にも変更を加えるのか、など TG の標準化作業範囲を決めていく。

3 Wi-Fi Alliance

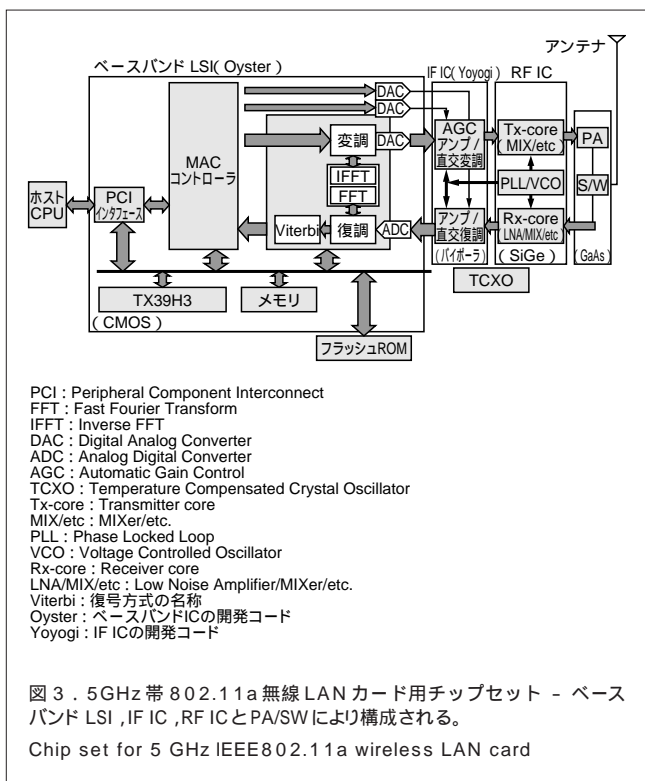
IEEE802 委員会で定められる標準に準拠して製品を開発しても、各社でその実装方式が異なるため、このままでは会社間の製品の相互接続性が保たれない。そこで、無線 LAN の相互接続に関する任意団体として WECA (Wireless Ethernet Compatibility Alliance) が 99 年に設立された (現在、団体名称は WECA から Wi-Fi Alliance に変更された)。WECA によって定められた相互接続性の試験に合格したものは、Wi-Fi^(注2) (Wireless Fidelity の意) の使用が認められる。2.4 GHz 帯無線 LAN (IEEE802.11b) については既に Wi-Fi 対応の製品が数多く出回っている。当初、認証テストを行うテストサイトは米国サンノゼのみであったが、無線 LAN の世界的広がりを受けて 2001 年 12 月英国、2002 年 7 月には日本、シンガポールにテストサイトが設立された。

4 当社のチップセット開発状況

5 GHz 無線 LAN 用チップセットは、米国を中心として、欧州、日本の各企業が開発を行っている。当社も現在チップセットを開発中である。無線カード用のチップセットの機能構成を図 3 に示す。チップ構成はベースバンド LSI、IF (Intermediate Frequency) IC、RF (Radio Frequency) IC、PA/SW (電力増幅器/スイッチ) となる。

ベースバンド LSI にはカードバスインタフェース、MAC 層、変復調部を含めた PHY 層、アナログデジタル変換部 (量子化ビット数 10 ビット、標本化周波数 40 MHz) により構成される。LSI 内部に RISC (縮小命令セットコンピュータ) チップを搭載しているので、外部 CPU の状態によらず伝送速度の高速度を維持できる。プロセスは 0.18 μm の CMOS (相補型金属酸化膜半導体) を用いており、0.13 μm への微細化も検討している。IF IC は Si バイポーラ技術を用いており、直交変復調

(注 2) Wi-Fi は、米国 Wi-Fi Alliance の商標。



部,可変利得増幅器で構成される。RF ICはアップコンバータ,ダウンコンバータ,周波数シンセサイザ,低雑音増幅器で構成される。使用プロセスはSiGe HBT(ヘテロ接合バイポーラトランジスタ)である。RF ICで使用されるプロセスは開発企業によってCMOS, SiGe HBTと分かれている。最終的には1チップCMOSが魅力的だが,現時点のCMOS技術でRF部を実現しようとすると十分な性能が実現できず,かえって外付け部品が多く必要になる。このため当社はSiGe HBTプロセスを選択した。最終段の電力増幅器は,RF部でもっとも電力を消費するので,効率向上に有利なGaAs HBTを採用した。

標準化対応については,先ずIEEE802.11aに準拠したICをベースにIEEE802.11bを合わせたデュアルモードチップ,その延長線上のIEEE802.11g(2.4GHzの高速版)に対応していく。また,欧州対応のみならず帯域の有効利用,端末の消費電力削減に有効なIEEE802.11h,更にAV用途に重要なIEEE802.11e(帯域保証)に順次対応していく。一方,セキュリティについては,対応するIEEE802.11iの標準化作業に時間がかかっているが,ユーザーからの早期セキュリティ強化の要求が強いので,Wi-Fi Allianceの動向にも注目しながら今後主流となるTKIP,AESといった方式を順次実装し,認

証方式としてはIEEE802.1Xをサポートしていく。

標準化以外の機能実装としては,2003年以降にスマートアンテナ機能を搭載したチップセットを開発していく。スマートアンテナは空間の伝播(でんぱ)路を適応制御する技術であるが,干渉回避,マルチパス対策に有効である。無線LANが普及し,混信問題やスループットの低下が顕在化したときには,非常に有用な技術と考えている。

5 あとがき

IEEE802.11委員会による標準化を中心とした無線LANの動向と,当社のIEEE802.11無線LANチップセットの開発状況について述べた。今後も標準化動向を把握しつつ,市場のニーズに応じた次世代のIEEE802.11チップセット開発を先行的に行っていく。

文献

- "Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications," ISO/IEC 8802-11: 1999(E), IEEE Std 802.11-1999, 1999.
- "Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications - Amendment 1: High-Speed Physical Layer in the 5 GHz Band," ISO/IEC 8802-11/Amd 1: 2000(E), IEEE Std 802.11a-1999, 1999.
- "Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications: Higher-Speed Physical Layer Extension in the 2.4 GHz Band," ISO/IEC 8802-11/Sup: 1999(E), IEEE Std 802.11b-1999, 1999.
- ERC/DEC/(99)23, ERC Decision of 29 November 1999 on the harmonized frequency bands to be designated for the introduction of High Performance Radio Local Area Networks (HIPERLANs), 1999.
- Fluhrer,S.,et al., "Weakness in the Key Scheduling Algorithm of RC4". 8th Annual Workshop on Selected Areas of Cryptography, Aug. 2001.
- "Port-Based Network Access Control". IEEE Std 802.1X-2001, 2001.
- "Advanced Encryption Standard (AES)". Federal Information Processing Standard (FIPS).197, Nov.26, 2001.



高木 雅裕 TAKAGI Masahiro

研究開発センター 通信プラットフォームラボラトリー研究主務。ネットワークプロトコルの開発に従事。電子情報通信学会, ACM会員。Communication Platform Lab.



足立 朋子 ADACHI Tomoko, Ph. D.

研究開発センター モバイル通信ラボラトリー, 工博。媒体アクセス制御の研究開発に従事。電子情報通信学会会員。Mobile Communication Lab.



高木 映児 TAKAGI Eiji

研究開発センター モバイル通信ラボラトリー主任研究員。マイクロ波技術,無線通信技術の研究開発に従事。電子情報通信学会,IEEE会員。Mobile Communication Lab.