

無線LANソリューション

小田切 英昭 秋山 裕之
後藤 雅夫

近年、IEEE802.11規格に準拠した無線LANは、パソコンに標準的に搭載されるようになり、また、プリンタ、プロジェクタなどへの搭載も進められ、オフィス、SOHOにおいて着実に市民権を得たといえる。また、音楽や画像を送るアプリケーションや、携帯型ゲーム機器などに対応したホームエンターテイメントへの適用も期待され、更には、VoIP (Voice over Internet Protocol) 技術との組み合わせによる音声通信分野への適用も期待されている。

このように拡大する無線LAN市場でタイムリーに商品を開発するためには、開発期間を短縮し、またリ-spinによるLSI再作のリスクを低減することが必須である。一方、大規模なシステムLSIの開発TATの短縮や設計生産性向上の手法としてIP (Intellectual Property) の活用が期待されており、IP流通機構の構築が日進月歩で進められている。

本稿では、これらの要求に応えるべく株式会社沖ネットワークエルエスアイにおいて開発したIEEE802.11規格準拠の無線LAN用IPと無線LAN用IPの評価ボードについて述べる。

IEEE802.11a/b/g/i準拠 無線LAN用IP

図1は、無線LAN用IPを用いた無線LANトランシーバLSIの構成例である。

物理レイヤのベースバンド信号処理部は、IEEE802.11a/gに採用されているOFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 信号の処理を行う802.11a/g PHY BB信号処理IPとIEEE802.11bで採用されているDSSS/CCK (Direct Sequence Spread Spectrum / Complementary Code Keying) 信号の処理を行う802.11b PHY BB信号処理IPより構成される。MAC (Media Access Control) レイヤのプロトコル処理を行うMACアクセラレータIPは、ハードウェア部とファームウェア部により構成され、ハードウェア部はデファクトスタンダードとなっているARM*2) プロセッサとAHB*2) バスを介して接続可能な構成を採用している。また、IEEE802.11i勧告から追加されたTKIP (Temporal Key Integrity Protocol), CCMP (Counter Mode with Cipher-Block Chaining Message Authentication Code Protocol) といった暗号を処理するハードウェア・アクセラレータやネットワークとの認証機能を司るファームウェアについても、MACアクセラレータIPと接続して動作可能な構成としている。表1に今回開発した各IPのハードウェア部のゲート数を示す。

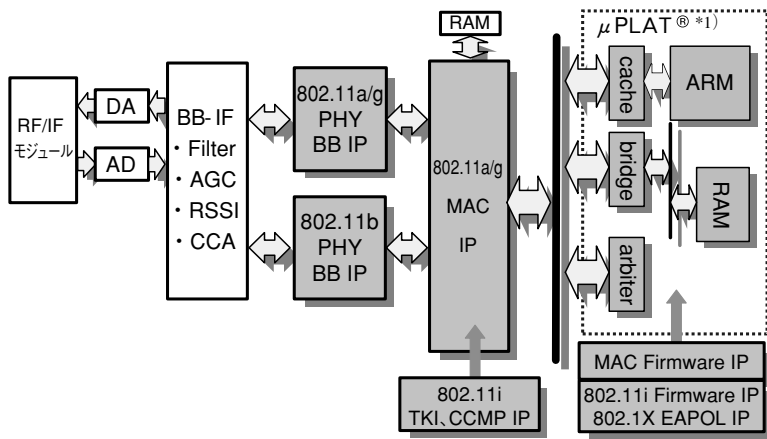


図1 無線LANトランシーバLSIの構成例

表1 無線LAN用IPのゲート数

IP名	ゲート数
802.11 a/g PHY BB 信号処理 IP	380 kゲート
802.11 b PHY BB 信号処理 IP	270 kゲート
802.11 a/g MAC アクセラレータ IP	110 kゲート
802.11 i セキュリティ IP	100 kゲート

*1) μ PLATは沖電気工業(株)の登録商標です。 *2) ARM, AHBは英国ARM Ltd.の英国およびその他の国の登録商標です。

表2 IEEE802.11a/主要諸元

機能	諸元
変調方式	1次変調：BPSK,QPSK,16QAM,64QAM 2次変調：OFDM方式
サブキャリア数	52サブキャリア (4パイロット信号を含む)
誤り訂正方式	畳み込み符号化 (拘束長=7、符号化率=1/2, 2/3, 3/4) ビタビ復号方式 シンボル内インターリーブ
伝送レート	6Mbit/s (BPSK, R=1/2) 9Mbit/s (BPSK, R=3/4) 12Mbit/s (QPSK, R=1/2) 18Mbit/s (QPSK, R=3/4) 24Mbit/s (16QAM, R=1/2) 36Mbit/s (16QAM, R=3/4) 48Mbit/s (64QAM, R=1/2) 54Mbit/s (64QAM, R=3/4)
シンボル長	4.0 μ s (ガードインターバル：0.8 μ s)
占有周波数帯域幅	16.6MHz

表3 IEEE802.11b主要諸元

機能	諸元
変調方式	1次変調：DBPSK,DQPSK 2次変調：DSSS方式
拡散符号	Barker符号：11chip/symbol CCK符号：8chip/symbol
伝送レート	1Mbit/s (DBPSK, Barker符号) 2Mbit/s (DQPSK, Barker符号) 5.5Mbit/s (DQPSK, CCK符号) 11Mbit/s (DQPSK, CCK符号)
シンボル長	1Mbit/s, 2Mbit/s：1.0 μ s 5.5Mbit/s, 11Mbit/s：0.73 μ s
占有周波数帯域幅	11.0MHz

(1) 802.11a/g PHY BB信号処理IP

IEEE802.11a規格およびIEEE802.11g規格で採用されているOFDM変復調方式は、一般的に周波数利用効率が高く、高速化に適していることに加え、ガードインターバルを挿入することによりマルチパスなどによる信号劣化にも強い変復調方式として無線LANに限らず、さまざまなデジタル伝送システムにおいて採用が進められている方式である。表2にIEEE802.11a規格およびIEEE802.11g規格の主要諸元を示す。

図2に802.11a/g PHY BB信号処理IPのブロック図を示す。マルチキャリア伝送方式であるOFDM変復調は、

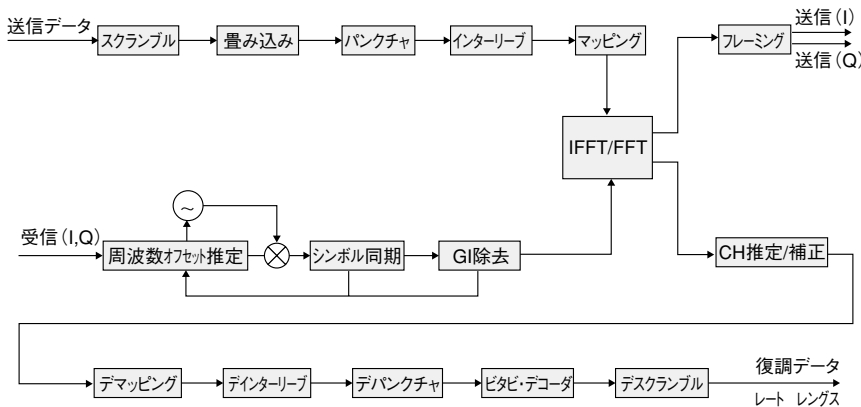


図2 802.11a/g PHY BB信号処理IPのブロック図

FFT (Fast Fourier Transform) /IFFT (Inverse FFT) 回路を用いて実装されるが、本IPでは送受信でFFT/IFFT回路を共有する構成を採用することにより、ゲート規模の削減を実現している。受信性能に関しては、キャリア周波数誤差を補正するための自動周波数補正回路と周波数選択性フェージングを補正するためのチャンネル推定回路およびチャンネル補正回路を搭載することによる向上を図っている。また、誤り訂正回路として軟判定方式のビタビ復号回路を採用している。

(2) 802.11b PHY BB信号処理IP

1999年に制定されたIEEE802.11b規格では、IEEE802.11規格のDSSS変調方式と同じスペクトラム・マスクで更なる高速化を実現するために、拡散符号であるコンプリメンタリ・コードに情報を持たせることで高速化を実現するCCKが採用され、最大伝送速度は2Mbit/sから11Mbit/sに拡張された。表3にIEEE802.11b規格の主要諸元を示す。

図3に802.11b PHY BB信号処理

IPのブロック図を示す。本IPでは、受信SNRを向上するためにマルチパスによる遅延波を合成するレイク受信回路を搭載する。CCK復調はFWT (Fast Walsh Transfer) 回路を搭載することにより実現する。また、ADコンバータの40MHzサンプリング信号を22MHzサンプリング信号に変換するインタポレーションフィルタを受信フィルタに適用することにより、IPの動作クロックを

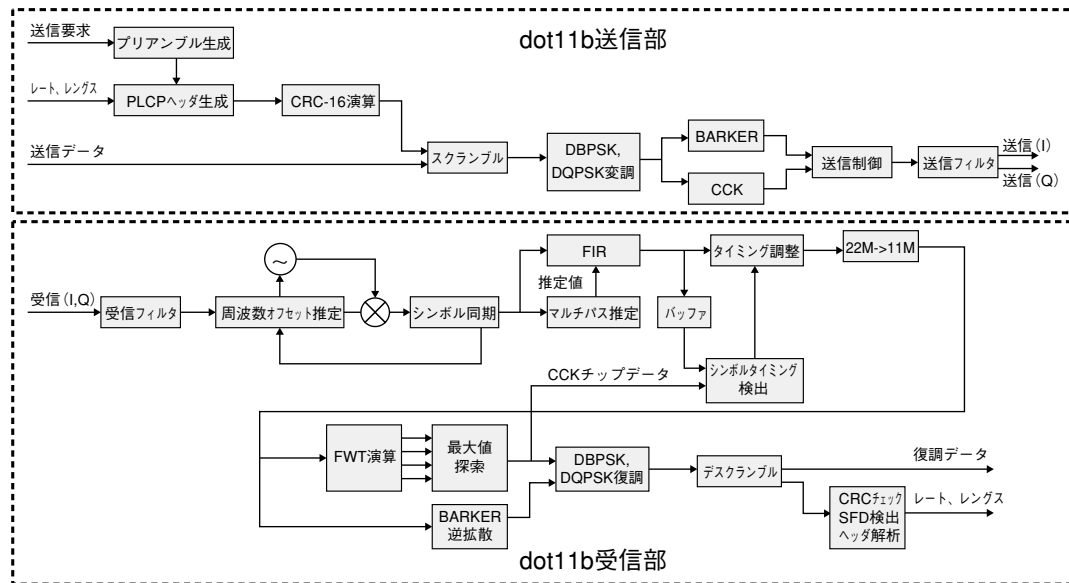


図3 802.11b PHY BB信号処理IPのブロック図

802.11a/g PHY BB信号処理IPと同じ40MHzにすることが可能な構成を採用している。本構成により、ADコンバータの共有化を図るとともにクロックシステムをシンプルな構成にすることが可能となり、LSIのチップサイズの縮小や低消費電力化の実現が容易となる。

(3) 802.11a/g MACアクセラレータIP

IEEE802.11規格に制定されているMAC部の基本機能として、CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance) により無線メディアへのアクセス権を平等に分け合うDCF (Distributed Coordination Function) 制御機能と、基地局より全ての無線メディアへのアクセス制御を行うPCF (Point Coordination Function) 制御機能が挙げられる。

DCF制御により実施される無線メディアに対するアクセス権の平等化制御は、バックオフ機能を利用したアクセスのランダム化により実現される。一方、PCF制御により実施されるアクセス制御は、基地局より移動局をポーリング制御することにより実現される。

802.11a/g MACアクセラレータIPにおいて、CSMA/CAによる競合制御やRTS/CTS (Request to Send/Clear to Send) による応答パケットの送出はμ秒単位の処理となるため、送信データ制御回路および受信データ制御回路にハードウェアとして実装される。また演算処理量が多い暗号処理については、暗号方式ごとに最適化された暗号処理用ハードウェア・アクセラレータとして実装される。

ハードウェアとファームウェアの機能分割については、一般的に、ハードウェアで実装した場合にはロジック回路は増加するものの、プロセッサの動作周波数を低減させることができ、低消費電力化に適しているといわれている。また、処理能力の低いプロセッサを利用することが可能となり、LSIのコストの低減効果も期待できる。本IPでは特に低消費電力化に注力し、IEEE802.11a, IEEE802.11gに対応した54Mbit/sの最大スループットを確保しつつ、かつ、今後の新たな規格の制定による機能拡張への対応も考慮し、IEEE802.11規格に準拠したMACプロトコル処理が約20MIPSで実行可能な機能分割を実施した。

(4) 802.11i セキュリティIP

1997年に制定されたIEEE802.11規格では、暗号方式としてRC4を用いたWEP (Wired Equivalent Privacy) が規定されているが、近年、脆弱性が指摘されている。新たに制定されたIEEE802.11i規格ではWEPを拡張したTKIPとAES暗号を用いたCCMPが暗号方式として採用された。また、認証方式については、従来から規定される無線LANの認証方式に加え、IEEE802.1Xに規定される認証サーバを用いた認証方式をサポートできるように規格の拡張が行われている。

本IPでは、暗号処理部は、暗号方式ごとに最適化された暗号処理用ハードウェア・アクセラレータとして802.11a/g MACアクセラレータIPに内蔵される形で実装される。また、認証用ファームウェアは、アプリケー

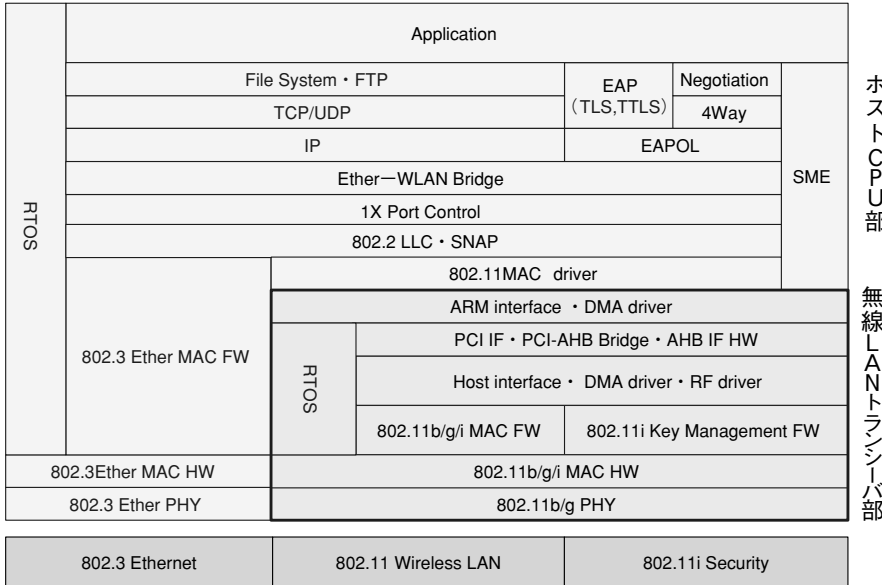


図4 無線LANと有線LANとのプロトコル実装例

ホストCPU部
無線LANトランシーバ部

既にお客様が所有しているシステム開発環境に本評価ボードを速やかに取り組むことを可能とした。本評価ボードでは、無線LAN用IPを搭載するFPGAをARMプロセッサと同一ボードに搭載したことにより、プロトタイプボードの構成に起因する動作性能の劣化などが生じることなく、実際のLSIに近い動作環境において無線LAN用IPを用いたシステム評価を行うことが可能となる。

今後の展開

本稿では、IEEE準拠の無線LANを実現するための要素技術について解説するとともに、無線LANソリューションとして、ONWにお

いて開発した無線LAN用IPと評価ボードについて述べた。今後の注力分野として、特に、画像データのストリーミング転送などへの適用を計画しており、IEEE802.11eにて規定されるQoS (Quality of Service) 機能の実現やIEEE802.11nにて規定されるMIMO (Multi Input Multi Output) 方式を採用した物理層の広帯域化に取り組む予定である。

無線LAN用IP評価ボード

システムLSIの開発において、プロトタイプボードを用いた実機評価環境の構築は、設計TATの短縮に有効な方法である^{1) 2)}。写真1に無線LAN用IP評価ボードの外観を示す。本評価ボードは、ARM946を使用したμPLAT[®]プロトタイプボードをベースに開発したもので、単体で有線LANとの簡易ブリッジ装置として無線LAN用IPを評価することが可能である。さらに、PCIバスを介してホストCPUボードやPCと接続することにより、

既にお客様が所有しているシステム開発環境に本評価ボードを速やかに取り組むことを可能とした。

本評価ボードでは、無線LAN用IPを搭載するFPGAをARMプロセッサと同一ボードに搭載したことにより、プロトタイプボードの構成に起因する動作性能の劣化などが生じることなく、実際のLSIに近い動作環境において無線LAN用IPを用いたシステム評価を行うことが可能となる。

株式会社沖ネットワークエルエスアイでは、今後も組みみ用途をターゲットとした無線LAN技術の開発を進め、先端の通信技術をベースとした高品質のIPソリューションを提供していく。◆◆

参考文献

- 1) 森, 齊藤: LSIデザインソリューション〜機能検証ソリューション〜沖テクニカルレビュー198号, Vol.71 No.2, pp.52-57, 2003年
- 2) 稲葉: μPLATのプロトタイプ技術, 沖テクニカルレビュー196号, Vol.70 No.4, pp.52-55, 2003年

筆者紹介

小田切英昭: Hideaki Odagiri. 株式会社沖ネットワークエルエスアイ IPソリューション本部
 秋山裕之: Hiroyuki Akiyama. 株式会社沖ネットワークエルエスアイ IPソリューション本部
 後藤雅夫: Masao Gotou. 株式会社沖ネットワークエルエスアイ IPソリューション本部

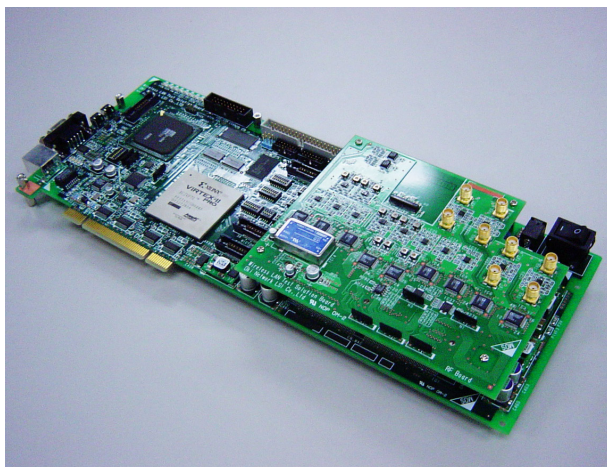


写真1 無線LAN用IP評価ボード