無線LANモジュールの開発
Development of Wireless LAN Module

水戸部　勝　Masaru Mitobe
根本寿浩　Toshihiro Nemoto
中端淑人　Yoshito Nakabata
黒田保徳　Yasunori Kuroda
山中景介　Keisuke Yamanaka

要　旨

当社はIEEE802.11a/b/g/nに準拠した無線LANモジュールを開発した。適用周波数は，2.4GHz帯，5.2GHz帯，5.3GHz帯，5.6GHz帯と日本の無線LANバンドをフルカバーしている。

インタフェースは，PCI-Expressを採用し，組込モジュールとしての汎用性を有している。また，PCI-Express Half mini cardサイズに準拠した小型化の実現により，組込機器への装着の容易さを実現している。

データ伝送速度は，MIMO（２×２）をはじめとする高速化技術を盛り込み，実効スループット約200Mbpsを実現し，高画質映像や大容量インターネット情報などの高速なデータ通信が可能となっている。

Abstract

JRC has developed a wireless LAN module compliant with IEEE802.11a/b/g/n. The applicable frequencies fully cover the wireless bands of Japan: 2.4 GHz, 5.2 GHz, 5.3 GHz and 5.6 GHz.

PCI-Express was adopted for the interface, and as an embedded module it has wide usability. The realization of the small size of the half mini card makes it easy to install in an embedded system.

The data transmission rate is raised by the incorporation of high speed technologies including MIMO (2x2), and an effective throughput of about 200 Mbps is realized, which allows high-speed communication of higher resolution images, large amounts of Internet data, etc.

1. まえがき

近年では無線LANを機器に組み込む要求が増加している。産業用途の量産機器では小型・低単価の無線モジュールの要求が多い。また，高画質映像や大容量インターネット情報などの高速なデータ通信の要求も高まっている。

無線LANの標準規格であるIEEE802.11nでは，主にMIMOとチャネルボンディングという2つの技術により高速化を実現しており，今後，組込機器の範囲が増えていくと期待されている。

これらを背景にIEEE802.11n対応の小型無線LANモジュールを開発したのでここに報告する。

2. 装置概要

開発した無線LANモジュールの仕様を表1に示す。

本モジュールは組込用のモジュールである。ホスト機器に組み込むことで，無線LANのAP（Access Point：親局）およびST（Station：子局）としての機能を実現する。本モジュールはIEEE802.11nに対応しており，MIMOをはじめとする高速化技術により，高速なデータ通信が可能となっている。

インタフェースは，PCI-Expressを採用している。外形はPCI Express Half mini cardに準拠した小型化の実現により，組み込み機器への装着の容易さを実現している。

図1に本モジュールの外観図を示す。

また，主な仕様を表1に示す。

表1 主な仕様
Table 1 General specifications

項　目	仕　様
使用周波数	2400～2483.5MHz 5150～5250MHz 5250～5350MHz 5470～5725MHz
適用規格	ARIB RCR STD-T66 ARIB RCR STD-T71
送信出力	3mW/MHz以下 （通信周波数・レートにより可変）
占有周波数帯域幅	20MHzシステム 2.4GHz帯　26MHz以下 5.2/5.3GHz帯　19MHz以下 5.6GHz帯　19.7MHz以下 40MHzシステム 2.4GHz帯　38MHz以下 5.2/5.3/5.6GHz帯　38MHz以下
変調方式	直交周波数分割多重(OFDM)方式 スペクトラム拡散(DSSS)方式 ※5GHz帯では，直交周波数分割多重(OFDM)方式のみ
MIMO構成	2x2，2ストリーム
無線伝送速度	802.11b(DSSS/CCK)　1～11Mbps 802.11a/g(OFDM)　6～54Mbps 802.11n(OFDM,2x2MIMO) 最大300Mbps
動作電源	3.3V±5%
消費電流	2.4GHz帯送信時　740mA以下 5GHz帯送信時　930mA以下 2.4GHz帯受信時　350mA以下 5GHz帯受信時　360mA以下
外形寸法	30.0×26.7×4.75mm
質量	約5ｇ
動作温度範囲	0～+50℃

図1　無線LANモジュール
Fig.1　Wireless LAN module

3. 特長

(1) 高速通信規格IEEE802.11n対応

IEEE802.11nに対応し，実効スループット約200Mbpsを実現する。主な11nの技術は，以下のとおり。

・符号化率の向上
・サブキャリア数増加
・バンド幅40MHz（チャネルボンディング時）
・MIMOのSDMによる2ストリーム通信
・ガードインターバル短縮

(2) 無線LANバンドをフルカバー

2.4GHz帯，5.2GHz帯，5.3GHz帯，5.6GHz帯と日本の無線LANバンドをフルカバーしている。

(3) 小型

PCI-Express Half mini cardサイズに準拠した小型化の実現により，組込機器への装着の容易さを実現している。

(4) 技術基準適合証明取得済み

技術基準適合証明（工事設計認証）を受けているため無線局免許･無線従事者免許が不要で，国内であれば，誰でも･どこでも・どのような用途にでも使用できる。(5.2／5.3GHz帯は屋内のみ)

(5) 海外認証

組み込み製品の海外での使用要求が多く，これに対応するため，FCC/CEの海外認証を取得予定。
（2011年取得予定）

4. ブロック図

本モジュールのブロック図を図2に示す。

主に無線LAN-IC，FEM（フロントエンドモジュール），DC/DCコンバータ（DC/DC），EEPROMから構成される。無線LAN-ICにて，MAC，PHYを処理しRF信号に変換する。FEMでは，2GHz帯，5GHz帯のRF信号を増幅し，無線通信を実現している。

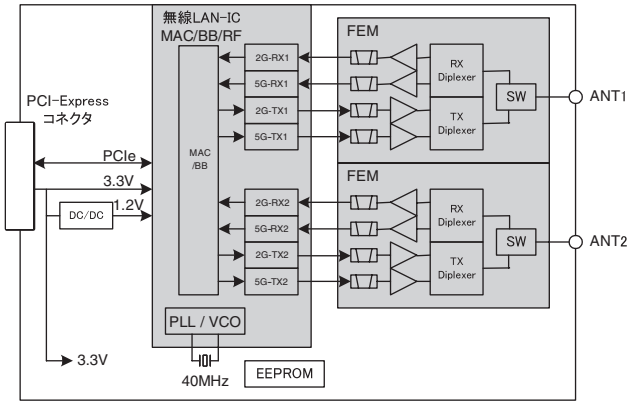

図2 無線LANモジュールのハードウェアブロック図
Fig.2 Wireless LAN module hardware block diagram

5. 評価結果

開発した本モジュールの各特性の評価結果を示す。

5.1 送信特性

送信特性は，以下のARIB規格を満足することを確認した。

・周波数偏差
・占有帯域幅
・拡散帯域幅
・不要発射レベル
・隣接チャネル漏洩電力
・帯域外輻射電力
・送信バースト長

また，64QAMのコンスタレーション及び送信スペクトラムを図3，図4に示す。

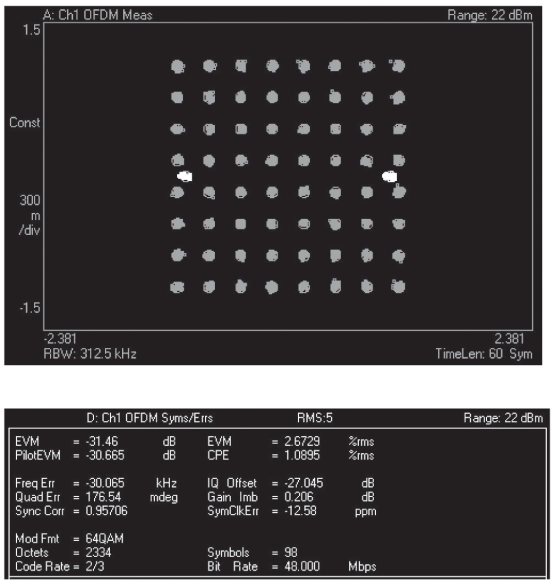

図3 コンスタレーション波形
Fig.3 Waveform of constellation

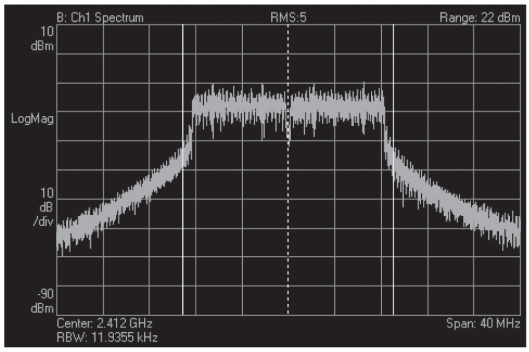

図4 スペクトラム波形
Fig.4 Waveform of spectrum

5.2 受信特性

受信特性は，以下の項目が規格内に入っていることを確認した。

・受信感度
・受信最大入力レベル
・副次発射

また，MCS15/HT40モード（64QAM 5/6）のパケット透過率を図5に示す。

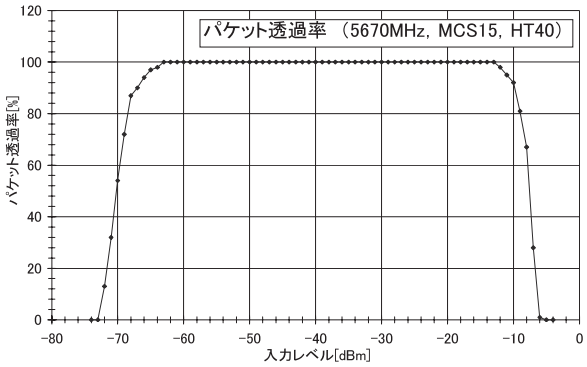

図5 パケット透過率
Fig.5 Packet Permeability

5.3 スループット

スループットの測定結果を表2に示す。

対向無線LANとケーブル接続して測定を実施し，実効スループット約200Mbpsを実現した。

表2 スループット
Table 2 Throughput

項　目	条　件	測定結果
2.4GHz帯	2422MHz HT40_MCS15	209 Mbps
	2462MHz HT40_MCS15	207 Mbps
5.2/5.3GHz帯	5190MHz HT40_MCS15	208 Mbps
	5310MHz HT40_MCS15	208 Mbps
5.6GHz帯	5510MHz HT40_MCS15	205 Mbps
	5670MHz HT40_MCS15	205 Mbps

5.4　消費電流

消費電流の測定結果は機器仕様を満足することを確認した。（表3に示す。）

表3 消費電流
Table 3 Consumption Current

項　目	条　件	測定結果
消費電流（送信時）	2422MHz HT40_MCS8	451mA
	5190MHz HT40_MCS8	654mA
消費電流（受信時）	2422MHz HT40_MCS8	215mA
	5190MHz HT40_MCS8	234mA

6．あとがき

PCI Express Half Mini CardサイズのIEEE802.11nに対応した無線LANモジュールを開発し，実効スループット約200Mbpsを実現する事ができた。

今後は，更にデータ伝送速度を高速化したIEEE802.11acへの取り組みや，さらなる小型化，省電力化，耐環境性能の向上に対応していきたい。

用　語　一　覧

CCK：Complementary Code Keying
（コンプリメンタリ・コード・キーイング）
DC/DC：DCDCコンバータ
DSSS：Direct Sequence Spread Spectrum（直接拡散方式）
FCC：Federal Communications Commission
（アメリカ連邦通信委員会）
FEM：Front End Module（フロントエンドモジュール）
IC：Integrated Circuit（集積回路）
IEEE：Institute of Electrical and Electronic Engineers（電気電子学会）
MAC：Media Access Control（メディアアクセス制御）
MCS：Modulation and Coding Scheme（変調・コード構成）
MIMO：Multi Input Multi Output（多入力多出力）
OFDM：Orthogonal Frequency Division Multiple
（直交周波数分割多重）
PHY：PHYsical Layer（物理層）
PLL：Phase-Locked Loop（位相同期回路）
QAM：Quadrature Amplitude Modulation（直交振幅変調）
RF：Radio Frequency（無線周波数）
SDM：Space Division Multiplex（空間分割多重方式）
VCO：Voltage Controlled Oscillator（電圧制御発振器）