ミリ波無線システム用低コストRFモジュール

Cost-effective RF Module for Millimeter-wave Wireless System

あらまし

本稿では、ミリ波無線システムの大幅なコスト低減を目的とした新しいミリ波RFモ ジュールの概念を提案する。このRFモジュールは、MMICとともに小型平面アンテナを 一つのパッケージに実装することにより、ミリ波端子を不要としたことを特徴としてい る。これにより、非接触の高周波出荷試験が可能となるとともに大幅に工数削減が図ら れ、デバイスコストの低減が期待できる。さらに、デバイスを使う上では、3 GHz程度 までのIF技術があればミリ波システムを構築することができ、高度なミリ波技術と高価 なミリ波測定器が不要となり、システムコストを大幅に低減することが可能となる。 今回試作したミリ波RFモジュールは、屋内における59.5 GHz,8 相位相変調、156 Mbps による伝送実験において、半径5 mまでビット誤り率(BER)10⁻⁶以下の良好な伝送特性を 示し、ミリ波無線システムへの適応可能性を実証した。

Abstract

This paper proposes a new concept for cost-effective RF modules which can drastically reduce the cost of millimeter-wave wireless communication systems. This RF module has no millimeter-wave terminals because the necessary MMICs and a small flat antenna are contained in one package. This enables a non-contact, high-frequency shipping test; greatly reduces the person-hours required to perform the shipping test; and may reduce the device cost. The most distinctive feature of this module is that engineers who have some knowledge of RF technologies for an IF band of up to 3 GHz can use it to easily and inexpensively construct millimeter-wave wireless systems without using high-level millimeter-wave technologies or expensive millimeter-wave measuring instruments. This will sharply reduce the cost of a system. A recently completed prototype of the millimeter-wave RF module provided superior measurement results in an indoor transmission test. The bit error rate (BER) within a 5-meter radius was 10⁻⁶ or less for a 59.5 GHz data transmission with 8-phase modulation and a transmission speed of 156 Mbps. The RF module can therefore be used in millimeter-wave wireless systems.



中野 洋(なかの ひろし)

富士通カンタムデバイス(株)高速デ バイス事業部第三設計部 所属 現在,ミリ波無線モジュールの開発 に従事。



平地康剛(ひらち やすたけ)

富士通カンタムデパイス(株)商品企 画室 所属 現在,ミリ波無線モジュールの開発 に従事。



加藤明人(かとう あきひと)

郵政省通信総合研究所横須賀無線通 信研究センター 所属 現在,ミリ波利用通信システムの研 究開発に従事。

まえがき

ここ数年,30-40 GHz帯のLMDS(Local Multi-point Distributed System)や60 GHz帯のワイヤレスLAN(Local Area Network),さらに76 GHz帯のICCS(Intelligent Cruise Control Systems)などのミリ波システムの実用化 が進んでいる。一方,ミリ波のRFブロックでは導波管を 用いることが多く,小型化・低コスト化がなかなか進ま ないのが現状である。このような状況の中,多くのシス テム技術者からRFブロックの低コスト化,使い易さの向 上を望む声が大きい。

本稿では、MMICおよび小型平面アンテナを一つの パッケージに収め、デバイスの低コスト化とシステムの 低コスト化を図ったミリ波RFモジュールについて、概要 を紹介する。

低コスト RF モジュールの概要

低コストミリ波RFモジュールの概要を図-1に示す。複 数のMMICと小型平面アンテナを一つのパッケージに実 装している。パッケージは気密封止されており,通常の 半導体デバイスと同等の信頼性を確保している。搭載さ れるMMICは,ミキサ,局部発振器,アンプなどであ る。また,パッケージの蓋には電波透過窓が設けられて おり,窓も気密封止を施されている。

本RFモジュールの特徴は,入出力信号としてミリ波RF 信号を必要としないことである。外部から供給する入力 としては,IF信号と電源の2種類のみであり,パッケー



図-1 ミリ波RFモジュールの概要 Fig.1-Proposed millimeter-wave wireless module.

ジ上にどんなミリ波端子も持たない,いわゆる「ミリ波 インタフェースレス」を実現している。

なぜ低コストになるか

このRFモジュールは,主に次の二つの理由から低コス トになると考えられる。

- (1) ミリ波帯MMICの製造では,高周波特性の試験が製造コストを増大させる大きな要因である。本RFモジュールでは,高周波特性を測定する際に非接触測定が可能であり,手番短縮,試験時間短縮により低コスト化を図ることができる。
- (2)本RFモジュールはミリ波端子を持たないため、ミリ波MMICの実装に必須であった高度な実装技術を必要としない。そのため、システム製造の低コスト化を図ることができる。

これら二つの相乗効果が低コスト化に及ぼす影響はき わめて大きい。

RF モジュールの開発

今回開発した低コストRFモジュールを図-2に示す。 パッケージサイズは30(幅)×24(奥行)×6.5(高さ)mm³ で,電波透過窓のサイズは11×11mm²である。パッケー ジ材料はコバールであり,パッケージは気密封止されて いる。電波透過窓は方珪酸ガラスを用い,熱膨張係数を パッケージと一致させている。パッケージ内に設けられ たアンテナは,1.60×1.13mm²の小型平面アンテナであ り,パッケージおよび電波透過窓の形状については小型 平面アンテナの性能を十分引き出すように電波の放射特 性を考慮し最適化している。例えば,電波透過窓の一辺の 長さをL,使用する電波の波長を としたとき,L>2 となるようにし,パッチアンテナから窓面までの距離を tとすると,t<1/4 にすることにより電波透過窓はパッ



図-2 開発したRFモジュールの外形 Fig.2-Developed RF-module.

ミリ波無線システム用低コストRFモジュール

チアンテナの電波放射特性にほとんど影響しないことが 分かっている。⁽¹⁾

なお,本稿における高周波特性の各データは,周波数 59.5 GHzで測定されたものである。

RFモジュールのブロックダイアグラムを図-3に示す。 RFモジュールは,MMICバランス型ミキサ(変換ロス: 4.0 dB), パンドパスフィルタ(挿入損失:2.0 dB)⁽²⁾ 4段 MMICアンプ(Gain:15.5 dB),平面アンテナ(Antenna Gain: 5 dBi)で構成している。RFモジュールは,アンテ ナに対して3.5 dBmの出力電力を供給している。以上の特 性は,すべて59.5 GHzにおける値である。

今回実験に用いたモジュールは,局発信号の差異によ る通信品質に及ぼす影響を評価する都合上,局部発振器 を同一パッケージ内に実装しておらず,図-4に示すよう にRFモジュールと同一サイズのパッケージに実装された



図-3 RFモジュールのブロックダイアグラム Fig.3-Block diagram of RF module.



図-4 受信電力 vs. IF入力電力特性の測定系 Fig.4-Setup for measurement of received power vs. IF-input power.

ミリ波VCO(Voltage Control Oscillator)から局発信号を 供給している。このミリ波VCOは,KaバンドのVCO (28.8 GHz, 8 dBm)³⁾と逓倍器(変換損失17 dB)およびア ンプ(Gain15.5 dB)から構成されている。

高周波特性の測定

IF入力電力に対する受信電力の測定系の概略を図-4に 示す。RFモジュールから出力された電波を受信するため の受信アンテナとして、アンテナゲインが23.3 dBiの方形 ホーンアンテナを用いた。また、RFモジュール内の平面 アンテナに同軸上で対向するようにホーンアンテナを設 置した。RFモジュールとホーンアンテナ間距離は100 mm とした。受信電力はスペクトラムアナライザで測定し、 ホーンアンテナの利得込みの値で表記した。IF周波数は 1.9 GHzであり、局発信号(Local Signal : Loと略記)は 57.6 GHz、5 dBmを入力している。RFモジュールへの電 源供給は3.0 V、35 mA、-1.0 Vである。

IF入力電力に対する受信電力特性の測定結果を図-5に示 す。IF入力電力が-5dBmのとき,高周波信号の受信電力 は-20dBmであり,そのときの位相ノイズは-89.8dBc/Hz (at 100 kHz off-carrier)であった。また,同時に局発信号 (57.6 GHz)とイメージ信号(55.7 GHz)の不要輻射につい ても測定した。IF入力電力が-5dBmのとき,これらの信 号はそれぞれ-31 dBcおよび-35dBcであった。これらの





ミリ波無線システム用低コストRFモジュール



図-6 屋内データ伝送通信実験系の概略 Fig.6-Setup for indoor wireless data transmission experiment.

値の妥当性は,今後システム評価の中で確認していく。

屋内データ伝送通信実験(誤り率測定)

図-6は屋内のデータ伝送通信実験系の概略図である。 開発したRFモジュールとミリ波VCOは天井に設置されて いる。変調方式は8相位相変調(8PSK),伝送レートは 156 Mbpsである。受信用アンテナとして,前述の方形ホー ンアンテナを用いた。さらに,比較のため,ミリ波VCOを シンセサイザ(Wiltron 68095B)に代えて同様の伝送通信実 験を行った。シンセサイザを用いた場合の59.5 GHzでの 位相ノイズは-98 dBc/Hz(100 kHz off-carrier)であった。

RFモジュール直下からの距離に対する誤り率測定結果 を図-7に示す。動画像の伝送を行った場合,アンテナ直 下より測った距離が5m以内で,画像の乱れを感じさせ ない誤り率(BER)10⁻⁶以下の値を確保できることが分か る。また,ミリ波VCOとシンセサイザの違いによる伝送 特性の差違はなく,本モジュールの有用性を確認した。

むすび

ミリ波通信システムの大幅なコスト低減に向け,新し NRFモジュールの概念を提案し,その開発を進めてき た。今回開発したRFモジュールは,59.5 GHz,8相位相 変調,155.52 Mbpsの屋内無線LANシステムの伝送実験 で,半径5m以内において誤り率(10⁻⁶以下)を示した。こ の結果より,今回開発したRFモジュールの有用性を確認



図7 誤り率測定結果

Fig.7-Measured received RF-power and BER vs. distance from the point just under the RF-module.

した。また,ミリ波インタフェースレスを実現すること で,低コストRFモジュールの可能性を示した。

最後に、この場を借りて、本モジュールの動作に不可 欠のV-bandバンドパスフィルタ、Ka-band VCOをご提供 頂いた村田製作所の石川容平氏ならびに滝本幸雄氏に感 謝の意を表する。また、このRF-モジュール開発に有益な ご助言とご援助を頂いた郵政省通信総合研究所の藤瀬雅 行氏にも感謝の意を表する。

参考文献

- (1) Y. Hirachi et al. : A Cost-Effective RF- Module for Millimeter-Wave Systems. 1998 Asia Pacific Microwave Conference, Yokohama, Japan, pp.53-56, TU1A-1.
- (2) Y. Ishikawa et al. : V Band Planar Type Dielectric Resonator Filter Fabricated in Ceramic Substrate. in Proc. 1997 Topical Symposium on Millimeter Waves, pp.93-96.
- (3) K. Sakamoto et al. : A Millimeter Wave DR-VCO on Planar Type Dielectric Resonator with Small Size and Low Phase Noise. *IEICE Trans. Electron.*, E82-C, 1, pp.119-125 Jan. 1999).