

# 5 G向け新周波数帯にも対応した 60 GHz帯広帯域通信モジュール

電子応用技術R&Dセンター 細野 亮平<sup>1</sup>・杉浦 遼平<sup>1</sup>・冨水 律人<sup>2</sup>  
曾野 晶樹<sup>3</sup>・阿部 真也<sup>4</sup>・小林 聖<sup>5</sup>

## A 60 GHz wide-band communication module that also supports the new 5G band

R. Hosono, R. Sugiura, N. Tomimizu, M. Sono, S. Abe, and K. Kobayashi

60 GHz帯は高速大容量、多接続の通信に適した広帯域なチャネル周波数帯を持つことから今後適用の拡大が期待されている。適用が期待される分野としてはFWA、モバイルバックホール、エンタープライズ、V2X等が考えられる。このような分野の内、特にV2Xでは高速大容量、多接続だけでなく、高速な接続やハンドオーバーも求められる。当社ではこのような多様なアプリケーションに対応し、かつ5G向け新周波数帯を含む60GHz全帯域をカバーする60GHz帯広帯域通信モジュールを開発した。

The application of 60 GHz-mmWave wireless communication is expected to be expanded due to its unlicensed and wider bandwidth which is suitable for high-speed, huge capacity network and multiple connections. There are some kinds of candidates for application with 60 GHz-mmWave such as FWA, mobile-backhaul, enterprise and V2X. Especially V2X application has requirements of not only high-speed, huge capacity network and multiple connections but also high speed connection and handover. We have developed a 60 GHz wide-band communication module that covers the entire 60 GHz band including the new 5G band for above applications.

### 1. ま え が き

高速大容量通信は現在、あらゆる分野において欠かせない技術となっている。とりわけ高速大容量無線通信はIndustry 4.0等今後の技術革新を実現させる重要な鍵となる技術であり、従来の適用分野のみならずあらゆる分野に適用されると考えられている。なかでもWi-Fiのような無線LANはその利便性の高さから、適用範囲がより拡大すると考えられる。次世代のWi-Fiは通信速度だけでなく、高信頼性、低遅延、多接続といった性能が要求され、従来主に適用されてきた周波数帯（2.4 GHz、5 GHz帯）では実現困難であるため、ミリ波帯の適用が必須と考えられている。60 GHz帯（57-71 GHz）はその広い帯域幅により有力な候補として期待されており、本周波数帯のWi-Fi規格として策定されたIEEE 802.11 ad[1]は、広いチャネル帯域（2.16 GHz）、TDMA方式、ミリ波特有の指向性を活用したビームフォーミングにより、このような要求を満た

す仕様となっている。IEEE 802.11 adを用い屋内外でのP2P、P2MPでのユースケースに適用されることが期待されており、具体的にはFWA、モバイルバックホール、エンタープライズ用途、V2X等が考えられ、実機を構成した実証実験も行われている[2]。ミリ波無線通信はこれらの適用分野における従来のアプリケーションの高度化だけでなく、新たなアプリケーションの創出にも大きく貢献するものと考えられる。当社では、新たに特定された5G向け周波数帯（66-71 GHz）を含む57-71 GHz全帯域に対応した60 GHz帯広帯域通信モジュールを開発しその評価を行ったので、報告する。

### 2. 60 GHz帯広帯域通信モジュール

図1に開発した60 GHz帯広帯域通信モジュールの外観図を示す。本開発品は無線プロトコル処理(ベースバンド)機能とアンテナ含むRF回路機能を一体化した装置組み込み型の通信モジュールとなっている。

アンテナと無線IC(RF-IC)は低損失なLCP(液晶ポリマー)材料を使用した基板により一体化し、配線による伝送損失を極力小さくしている。アンテナは「4×16素子

1 広帯域無線システム開発部アシスタントマネージャー  
2 広帯域無線システム開発部エキスパート  
3 広帯域無線システム開発部グループ長  
4 広帯域無線システム開発部次長  
5 広帯域無線システム開発部部長

略語・専門用語リスト

略語・専門用語	正式表記	説明
TDMA	Time Division Multiple Access	一つの無線キャリアを複数のユーザで時間的に分割して使用方法
P2P	Point-to-Point	一つのアクセスポイントに対し一つのステーションが配置される構成
P2MP	Point-to-Multi-Point	一つのアクセスポイントに対し複数のステーションが配置される構成
FWA	Fixed Wireless Access	ユーザとインターネット通信事業者間を繋ぐ加入者回線を無線で接続するデータ通信システム
V2X	Vehicle to X	自動車と自動車, 人, ネットワークと相互接続しデータのやり取りをすること
NPU	Network Processing Unit	ネットワーク処理に特化した計算装置
PCP/AP	PBSS central point/ Access Point	Wi-Fiにおける管制側の端末
STA	Station	Wi-Fiにおける子機側の端末
UDP	User Datagram Protocol	トランスポート層(L4)のプロトコル. 接続の確立の確認を経ずデータ送信を行う手法
EIRP	Effective Isotropic Radiated Power	等価等方輻射電力, アンテナに供給される電力と与えられた方向における送信アンテナの絶対利得との積
MCS	Modulation and Coding Scheme	変調方式と符号化率を組み合わせる指標化したもの

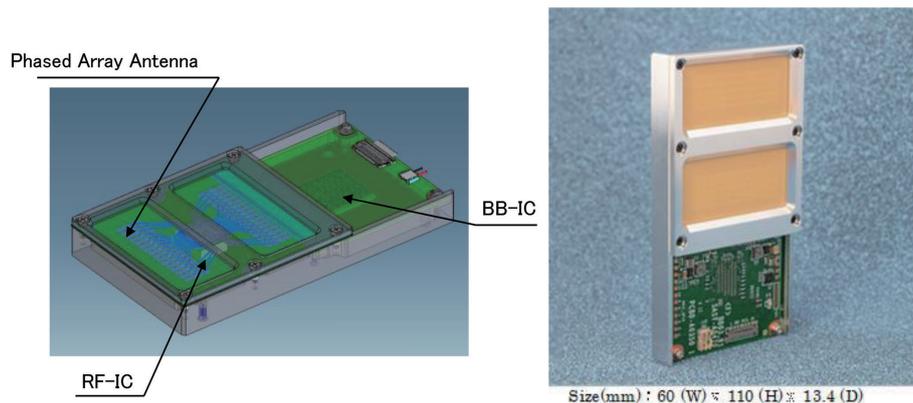


図1 60 GHz帯広帯域通信モジュール

Fig. 1. A 60 GHz wide-band communication module.

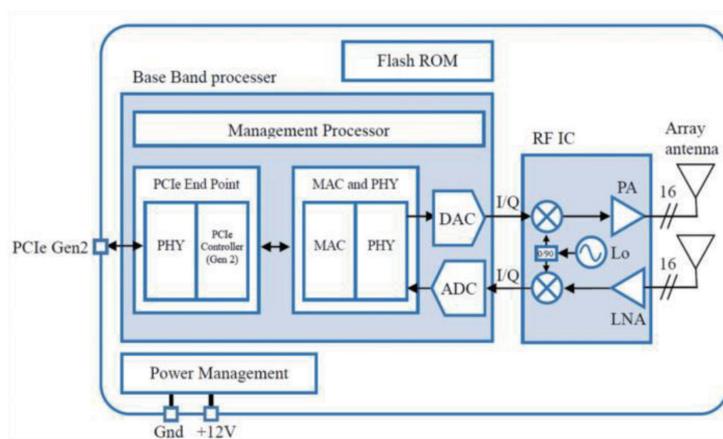


図2 機能ブロック図

Fig. 2. Functional Block diagram.

表1 主要諸元

Table 1. Major specifications.

周波数帯域	57 ~ 71 GHz (CH1-CH6)
EIRP	40 dBm
水平ビームフォーミング	$\pm 45$ deg
インタフェース	PCIe Gen2 x2 lane

フェーズドアレイアンテナ」となっており、最大 21 dBi の高いアンテナ利得を有している。また、ビームフォーミング機能により、水平方向は $\pm 45$ 度の広い通信カバレッジを有している。ベースバンドIC (BB-IC) は、IEEE 802.11 adに基づいたベースバンド信号のデジタル信号処理や、通信プロトコル処理を行っている。装置との通信インタフェースはPCIe 2.0となっている。

機能ブロック図を図2に示す。また、主要諸元を表1に示す。

### 3. 性能評価

#### 3.1 単体性能評価

開発した60 GHz帯広帯域通信モジュールの送信性能を評価するために、ビームフォーミング特性を含めたEIRPの測定を行った。図3にEIRPの測定結果を示す。ビームフォーミング機能は64パターンのアンテナ方向が設定可能な仕様となっている。指向性が高い高利得アンテナを用いているため、水平方向のビーム幅は8~9度程度と狭くなっているが、ビームフォーミング機能によってカバレッジが $\pm 45$ 度まで拡大されている。

さらに、図4に示すようにEIRPの周波数特性の測定も行った。IEEE 802.11 adでの周波数帯域である57~71 GHzの広帯域をカバーできていることが確認できた。

#### 3.2 システム評価

60 GHz帯広帯域通信モジュールの通信品質の評価を行うため、60 GHz帯広帯域通信モジュールとNPUを搭載したシステムとして構成する必要がある。図5に60 GHz帯広帯域通信モジュールを搭載した評価用システム化筐体を示す。筐体のサイズは幅300 mm、高さ300 mm、奥行250 mmとなっている。筐体内に60 GHz帯広帯域通信モジュール以外にNPUおよびそれらを駆動する電源が搭載されている。システム評価において、評価対象としたシステムは[1]に基づきPCP/APとSTAによるP2Pネットワーク構成とした。スループット計測にあたり印加した

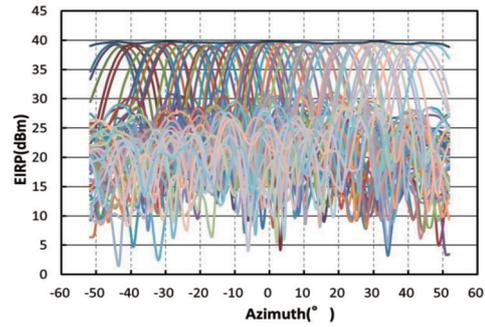


図3 ビームフォーミング特性

Fig. 3. Beamforming characteristics.

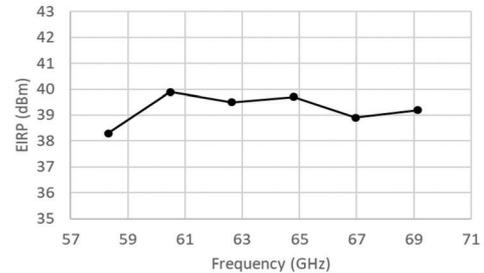


図4 EIRPの周波数特性

Fig. 4. Frequency characteristics of EIRP.



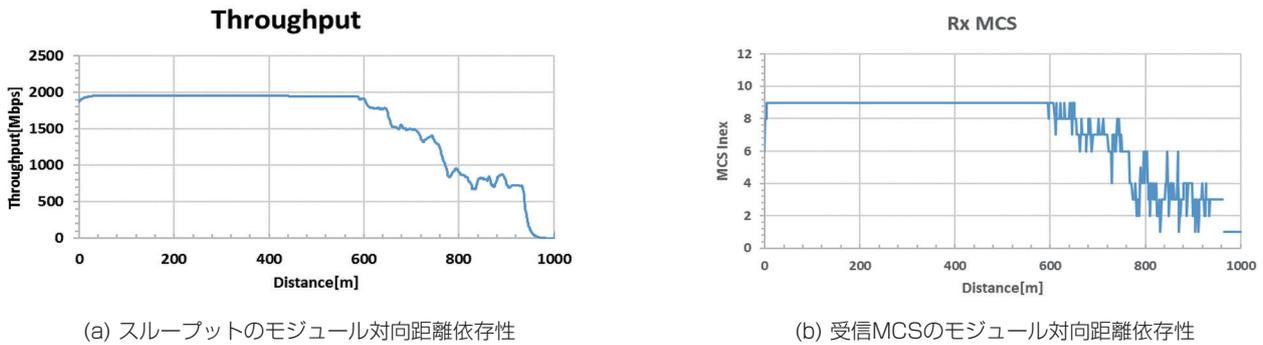
図5 60 GHz帯広帯域通信モジュールを搭載した評価用筐体

Fig. 5. Chassis including 60 GHz wide-band communication module.



図6 屋外試験時の設置状況

Fig. 6. Overview of field trial.



(a) スループットのモジュール対向距離依存性

(b) 受信MCSのモジュール対向距離依存性

図7 スループット, MCSの距離依存性

Fig. 7. Dependency of throughput and MCS versus distance.

ネットワークトラフィックはUDPを用いている。また使用した周波数チャンネルは4 (63.72 - 65.88 GHz)とした。筐体の設置高はそれぞれ3 mとし、図6に示すように屋外においてシステム評価試験を実施した。図7にPCPとSTAの対向距離に対する実効通信速度(スループット)とMCSを示す。本実験における対向距離(0 ~ 1000 m)は60 GHz帯において想定されるアプリケーションと回線設計(送受信機の電气的性能と、伝搬損失の理論値から求める通信品質の机上予測)をもとに設定し、また評価用ソフトウェアの都合によりMCSの最大値を9と設定した。60 GHz帯広帯域通信モジュールにより対向距離が500 mまでの地点においてスループットが2.0 Gbps程度となり、最大距離1000 mまで通信が可能となっている事を確認した。なお、600 m以遠ではMCSが周期的に低下する傾向が見られるが、これは直接波と大地反射の合成による受信電力低減の影響であり、想定通りである。以上の結果より、60 GHz帯広帯域通信モジュールが長距離においても従来のWi-Fiでは実現が困難であったマルチギガビットの高速大容量通信が実現可能であることが示された。

#### 4. む す び

本稿では60 GHz帯広帯域通信モジュールの開発及び評価について述べた。60 GHz帯広帯域通信モジュールが小型に構成できること、60 GHz帯全域において良好な動作をする点を確認した。また、従来では実現が困難であった長距離での高速大容量通信が可能である点を示した。今後はこれらの結果をもとに、顧客の要求に適合したモジュールのシステム化、ユースケースを想定した評価の実施を行っていく。

#### 参 考 文 献

- 1) URL:[https://www.ieee802.org/11/Reports/tgad\\_update.htm](https://www.ieee802.org/11/Reports/tgad_update.htm)
- 2) URL:[https://terragraph.com/wp-content/uploads/2020/06/FBC19-004\\_Terragraph-Whitepaper-for-TIP-2019\\_R2.pdf](https://terragraph.com/wp-content/uploads/2020/06/FBC19-004_Terragraph-Whitepaper-for-TIP-2019_R2.pdf)