



5G 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

目次

1. はじめに
2. 60 GHz 帯広帯域通信モジュール
3. 性能評価
4. システム評価
5. まとめ

1. はじめに

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ます。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ます。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ています。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ます。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 802.11ad[1]は、広いチャネル帯域（2.16GHz）、TDMA 方式(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する方法)、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ます。IEEE 802.11ad を用い屋内外での 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)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 (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)、モバイルバックホール、エンタープライズ用途、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)等が考えられ、実機を構成した実証実験も行われています[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ています。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それを報告致します。

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します。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ます。

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ます。アンテナは「4×16 素子フェーズドアレイアンテナ」となっており、最大 21dBi の高いアンテナ利得を有しています。また、ビームフォーミング機能により、水平方向は±45 度の広い通信カバレッジを有しています。また、ベースバンド IC (BB-IC)は、IEEE802.11ad 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ます。装置との通信インターフェースは PCIe2.0 となっています。

機能ブロック図を図 2 に示します。また、主要諸元を表 1 に示しています。

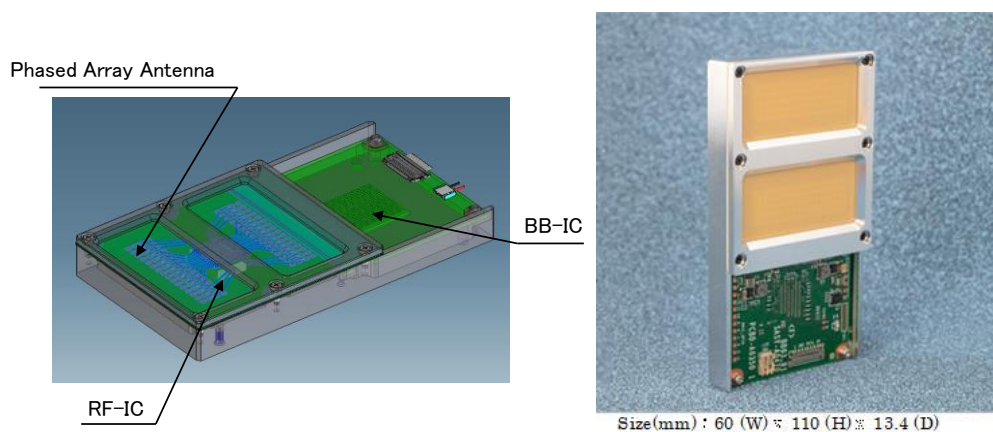


図1 60 GHz 帯広帯域通信モジュール

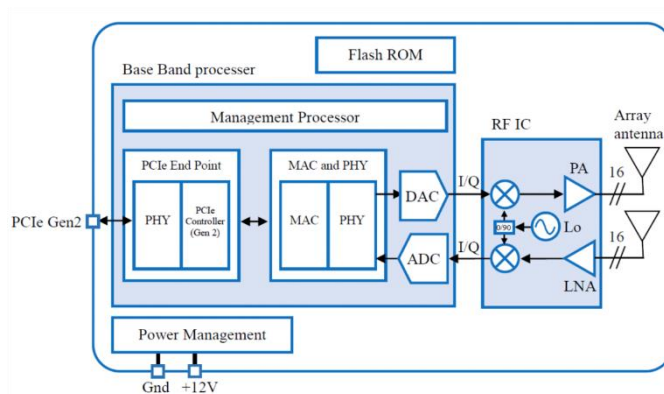


図2 機能ブロック図

表 1. 主要諸元

| | |
|-------------------------------|--------------------|
| Frequency Band | 57~71 GHz(CH1-CH6) |
| EIRP | 40dBm |
| Horizontal Beam Forming Angle | ±45 deg |
| Interface | PCIe Gen2 x2 lane |

3. 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 の測定を行いました。図 3 に 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)の測定結果を示しています。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ます。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ますが、ビームフォーミング機能によってカバレッジが±45 度まで拡大されていることが確認できています。

さらに、図 4 に示すように EIRP の周波数特性の測定も行いました。IEEE802.11ad での周波数帯である 57~71 GHz の広帯域をカバーできていることが確認できています。

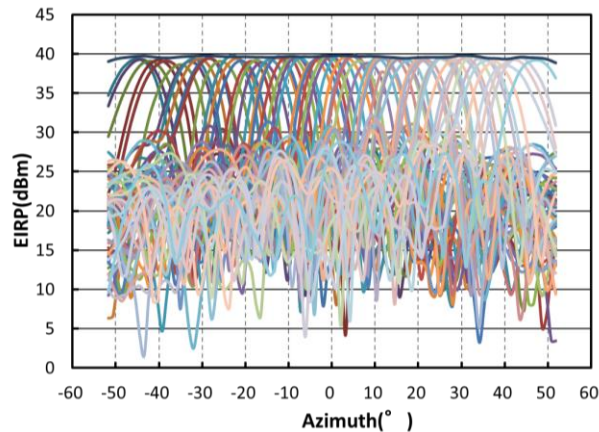


図 3 ビームフォーミング特性

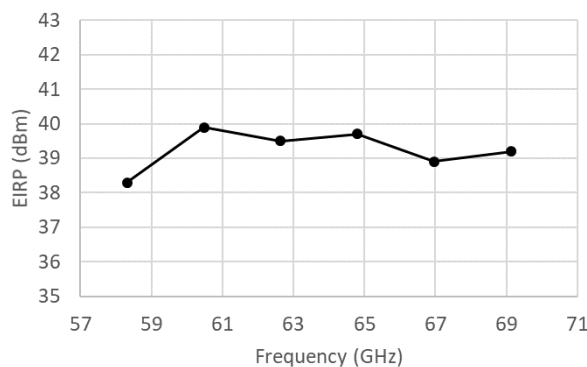


図 4 EIRP の周波数特性

4. 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ります。図 5 は 60 GHz 帯広帯域通信モジュールを搭載したシステム化筐体を示しています。筐体のサイズは幅 300mm、高さ 300mm、奥行 250mm となっています。筐体内に 60 GHz 帯広帯域通信モジュール以外に NPU (Network Processing Unit: ネットワーク処理に特化した計算装置) およびそれらを駆動する電源が搭載されています。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 (PBSS central point/Access Point: Wi-Fi における管制側の端末) と STA (Station: Wi-Fi における子機側の端末) による P2P ネットワーク構成としています。スループット計測にあたり印加したネットワークトラフィックは 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) を用いています。また使用した周波数チャネルは 4 (63.72-65.88 GHz) としました。筐体の設置高はそれぞれ 3m 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ました。図 7 は 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 (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) を示しています。本実験における対向距離 (0~1000m) 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 (送受信機の電氣的性能と、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 と設定しました。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が確認しました。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、想定通りの事象であると判断しています。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ました。

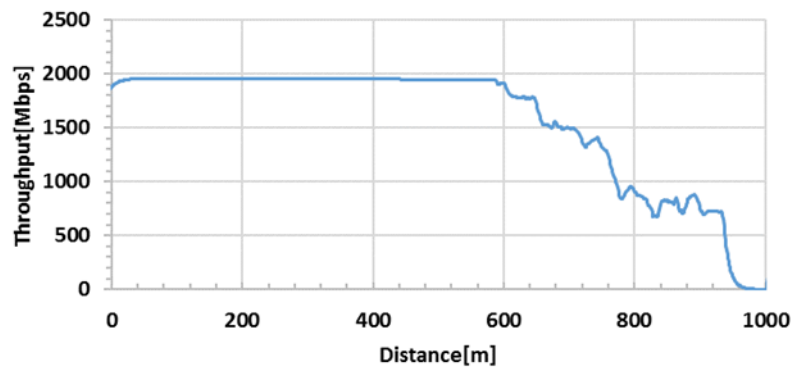


図 5 60 GHz 帯広帯域通信モジュールを搭載した筐体



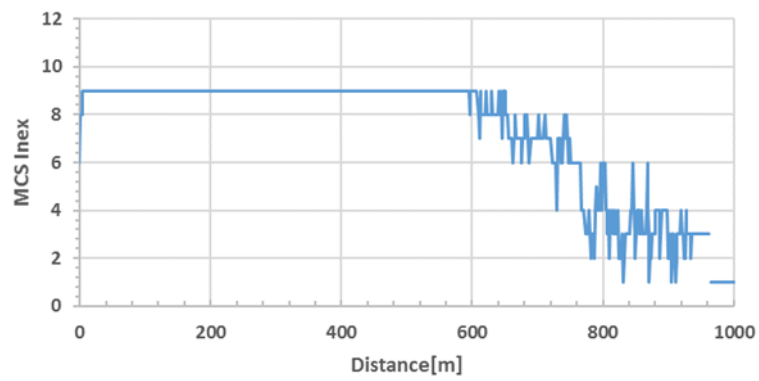
図 6 屋外試験時の設置状況

Throughput



a: スループットのモジュール対向距離依存性

Rx MCS



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

5. まとめ

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説明しました。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ました。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ました。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きたいと考えています。

より詳細な情報については、フジクラ “mmwavetech@jp.fujikura.com” までお問い合わせください。

参考文献

- 1) URL : http://www.ieee802.org/11/Reports/tgad_up-date.htm,
- 2) URL: https://terragraph.com/wp-content/uploads/2020/06/FBC19-004_Terragraph-Whitepaper-for-TIP-2019_R2.pdf



株式会社フジクラ

電子応用技術 R&D センター

ミリ波事業開発室

〒285-8550 千葉県佐倉市六崎 1440

E-mail : mmwavetech@jp.fujikura.com

Web site : <https://mmwavetech.fujikura.jp/ja/>