

採 択 番 号 : 19601  
研究開発課題名 : 欧州との連携による Beyond 5G 先端技術の研究開発  
副 題 : 大容量アプリケーション向けテラヘルツエンドトゥーエンド無線システム  
Acronym : ThoR

### (1) 研究開発の目的

本研究の目的は、欧州側と日本側が有する最先端の電子技術およびフォトニクス技術の融合による、広帯域性とダイナミックレンジの大きさを特徴とする 300GHz 帯における送受信器の開発である。すでに 60GHz 帯(V-band)や 70/80GHz 帯(E-band)にて Gbps 級の変復調技術(Modem)の開発が進み、標準化もなされているが、本研究ではこれらの信号をアグリゲートすることにより、リアルタイム動作可能なテラヘルツ送受信システムを実現する。Beyond5G 向けのバックホール・フロントホール技術としての高い実用性を目指して、伝送距離・容量積 40Gbps×km を目標とする。

Beyond5G システムでは莫大な数の基地局をネットワークに接続する必要がある。また、通信容量に対する需要も極めて高いものが求められており、Tbps/km<sup>2</sup> 以上が見込まれている。多数の基地局のためのネットワーク(バックホール・フロントホール)は高い伝送能力が必要とされるところでは光ファイバが用いられることが多かった。一方、途上国を中心にルーラルエリアでは依然として設置の容易性から固定無線が多数用いられているのが現状であるが、伝送能力は光ファイバ通信に比べると劣る。Beyond5G システムでは日欧の都市部においても莫大な数の基地局をすべてファイバで接続するのは困難であると見込まれる。一方で伝送容量への要求は非常に高い。つまり、光ファイバ通信に比肩しうる伝送能力と、従来の固定無線システムが持つ設置の容易性を兼ね備えた、無線技術への期待が高まりつつあるといえる。これを実現するのは利用可能な無線帯域の制限から 300GHz 帯などのテラヘルツ帯を利用するのが唯一の解決策であると考えられるが、いくつかの大きな技術的課題がある。テラヘルツ帯である程度の距離の無線リンクを実現するためにはパワーアンプが必要となるが、現状では一般的な半導体アンプで大きな出力のテラヘルツを得ることは困難である。また、実際にネットワークに接続可能なリアルタイム動作可能なテラヘルツ帯通信システムの実証例はほとんどない。本研究では 300GHz 帯における実用性の高いテラヘルツエンドトゥーエンド無線システムを実現することを目的として、以下のような技術課題に取り組む。

- 1) 屋内・屋外環境における 100Gbps 以上のフロントホール技術に関する研究  
10m から 1km の範囲でのリンク性能に関する研究を行い、オフライン処理を用いて 100Gbps 以上の伝送速度を達成する。
- 2) 双方向のテラヘルツエンドトゥーエンド無線システムの開発  
V/E バンドのモデムを用いてリンクの距離 1km で伝送速度 40Gbps 以上のリアルタイム動作可能な 300GHz 無線システムを開発する。現時点で利用可能なモデムの性能から伝送速度の目標値を 40Gbps としているが、研究期間内にさらに高い伝送速度を目指した取り組みも行う予定である。ここで開発する無線装置は IEEE802.15.3d 規格に準拠した 315Gbps 伝送システムへのスケーラビリティを有する

### (2) 研究開発期間

平成 30 年度から令和 3 年度 (3 年間)

### (3) 実施機関

学校法人早稲田大学 <代表研究者>  
学校法人千葉工業大学

国立大学法人岐阜大学  
日本電気株式会社  
高速近接無線技術研究組合

(4) 研究開発予算（契約額）

総額 186 百万円（平成 30 年度 47 百万円）  
※百万円未満切り上げ

(5) 研究開発項目と担当

研究開発項目 WP2 総合システムコンセプト（高速近接無線技術研究組合 日本電気株式会社）

研究開発項目 WP3 ネットワークインターフェースとミリ波 IF（高速近接無線技術研究組合 学校法人早稲田大学）

研究開発項目 WP4 LO を含む 300GHz RF フロントエンド（日本電気株式会社）

研究開発項目 WP5 伝搬、アンテナ、周波数共用検討（学校法人千葉工業大学 国立大学法人岐阜大学 日本電気株式会社 学校法人早稲田大学）

研究開発項目 WP6 システムデモンストレーション（国立大学法人岐阜大学）

(6) 特許出願、論文発表等

		累計（件）	当該年度（件）
特許出願	国内出願	0	0
	外国出願	0	0
外部発表	研究論文	0	0
	その他研究発表	2	2
	プレスリリース・報道	13	13
	展示会	0	0
	標準化提案	2	2

(7) 具体的な実施内容と成果

研究開発項目 WP2 総合システムコンセプト

300GHz 帯リンクのシステム構成基本検討として、システムスループット、伝送距離、アンテナゲインなどの基本仕様を確定するという目標に対し、300GHz 帯において 100Gbps のスループットを実現するために必要な帯域幅、マルチキャリア方式でのピークファクタ増加を考慮したスループットの計算を行い、その結果を成果物 D2.2 に記載した。

研究開発項目 WP3 ネットワークインターフェースとミリ波 IF

ベースバンド信号を中間周波数帯信号に変換するモジュールの開発を行った。60GHz 帯モジュールの仕様を確定し、全体のシステム構成案との整合を図りながら、来年度以降のモジュール製造の準備を行った。

研究開発項目 WP4 LO を含む 300GHz RF フロントエンド

TWT を駆動するための高電圧電源、並びに RF up/down converter との接続インターフェース等の明確化、電源ユニットの手配を行うという目標に対し、300GHz 帯 TWTA 用の電源ユニットの仕様を決定し、低電圧部の調達までを行った。また、TWTA の事前試作機で得られた知見、及び今後の計画をまとめ、共同研究アライアンス内で共有した。この結果、中心周波数を 290GHz として TWTA の検討を進めること、LO や半導体増幅器も同じ周波数帯で設計を進めることが決まった。

研究開発項目 WP5 伝搬、アンテナ、周波数共用検討（学校法人千葉工業大学 国立大学法人岐阜大学 日本電気株式会社 学校法人早稲田大学）

周波数共用のベースとなる諸条件を D5.1 にとりまとめた。テラヘルツ帯電波伝搬のシミュレータを立ち上げ、新宿駅エリアでの建物モデルを利用し、同一周波数を利用する業務間の干渉評価を開始。アンテナ計測系を構築し、300GHz 帯で 70dB 以上のダイナミックレンジがあることを確認。複数の 300 GHz 帯アンテナの利得およびアンテナパターンを計測。屋内、および、屋外での伝送実験を実施し、近接配置した無線局間の干渉量評価や建物ガラスの 300 GHz 帯電波の透過特性を評価。ミリ波リンクの風によるアンテナの振動による影響に関する検討として、受信レベル低下の数学モデルと実測値の比較を行い、両者が概ね一致することを示した。アンテナ特性評価のための予備実験を行い、構築した実験系（周波数 288 GHz）での課題抽出を行った。

研究開発項目 WP6 システムデモンストレーション（国立大学法人岐阜大学）

欧州側でこれまでに開発したハードウェアを活用し、任意波形発生装置、オフラインによる信号処理などを駆使したシステムデモンストレーションに関して、プロジェクトの統括を行った。全電気部品で構成された伝送システムにおいてスーパーヘテロダインでの通信実験を 300GHz 帯で行い、コンセプトを確認した。

(8) 外国の実施機関

ブラウンシュヴァイク工科大学（ドイツ）〈代表研究者〉

ドイツテレコム（ドイツ）

フラウンホーファー応用固体物理研究所（ドイツ）

Sikul Communications（イスラエル）

リール第一大学／マイクロエレクトロニクス・ナノテクノロジー電子研究所（フランス）

シュツットガルト大学（ドイツ）

VIVID Components（イギリス）