

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/km² 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場所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する伝送能力と、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 4 年度 (5 年間)

(3) 受託者

学校法人早稲田大学 <代表研究者>
学校法人千葉工業大学
国立大学法人東海国立大学機構
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）

平成30年度から令和4年度までの総額186百万円（令和3年度16百万円）
※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 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、
国立大学法人東海国立大学機構、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（国立大学法人東海国立大学機構）

(6) 特許出願、外部発表等

		累計（件）	当該年度（件）
特許出願	国内出願	0	0
	外国出願	0	0
外部発表等	研究論文	6	2
	その他研究発表	47	7
	標準化提案・採択	6	2
	プレスリリース・報道	17	0
	展示会	2	0
	受賞・表彰	0	0

(7) 具体的な実施内容と成果

- 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、学校法人早稲田大学）

300GHz帯TWTAの試作を行い、増幅動作の確認を行った。今後、実システムで利用可能な増幅モジュールとして実用化を進める上で必要な技術要素の抽出を行った。

- 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、
国立大学法人東海国立大学機構、日本電気株式会社、学校法人早稲田大学）

昨年に引き続きEOプローブやネットワークアナライザを用いたアンテナ近傍測定による遠方界特性評価技術についての研究を実施した。昨年度試作した、屋外伝搬実験向け300GHz帯無線送信機と、今年度設計・試作した受信機を組みあせて特性評価を行った。これを用いて、300GHz帯アンテナ・伝搬特性の評価実験を実施した。また、前年度に作成した基地局自動配置シミュレータを利用し、新宿都市モデル上で高密度配置された基地局の配置シナリオに必要な共用条件を検討した。

- 研究開発項目 WP6 システムデモンストレーション（国立大学法人東海国立大学機構、
高速近接無線技術研究組合）

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、昨年に引き続き、プロジェクトの統括を行った。渡航禁止の影響を受け、システムデモンストレーションの準備に遅れが生じたが、システムデモンストレーション実施のために2023年6月まで研究期間の延長が認められた。新たな研究計画の策定、各要素技術の開発進捗管理などを行った。

(8) 今後の研究開発計画

100Gbps 級高速テラヘルツ伝送実現に向けた研究開発を引き続き行う。欧州で実施予定の伝送デモンストレーションのためのシステム構築を欧州側と連携して実施する。前年度までに開発した要素技術の伝送デモンストレーションへの適用を検討する。引き続き、テラヘルツ帯無線に関する研究成果を国際会議等に投稿するとともに、国内外の標準化関連団体・組織を通じて、ITU-R や APT への寄書入力を推進する。

(9) 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）