

採択番号 04301

研究開発課題名 欧州との連携による300GHz テラヘルツネットワークの研究開発

(1) 研究開発の目的

ThoR プロジェクトの成果と国際共同研究の体制を発展させ、実環境でのテラヘルツ伝送の特性の詳細を明らかにし、それをもとに、安定動作可能なテラヘルツネットワークの実現を目指す。具体的には、屋外で長期間連続動作可能で、実際のネットワークに接続可能な300GHz テラヘルツ帯伝送システム装置を開発する。伝搬状況の変化に合わせて、複数リンクの協調動作や、再送アルゴリズムの最適化により、可用性向上と高速伝送特性の両立を実現する。さらに、高層ビル群が密集する新宿エリアや大手町エリアで、リンク間干渉を生じることなく、自動的に基地局やRAUを配置するプログラムを開発する。また、開発した300GHz テラヘルツ帯伝送システム装置で測定した無線機特性および回線特性を、電波伝搬シミュレータに実装することにより、開発したテラヘルツ帯伝送システムを使用した300GHz 帯無線バックホール/フロントホールリンクの回線特性や稼働率のシミュレーションを可能にする。さらに、基地局・RAUを接続するテラヘルツリンクにリングトポロジーを導入することにより、局地的にゲリラ豪雨が発生し、一部のリンクで回線断が発生しても、エリアの回線稼働率を向上させる回線構成法を開発する。

(2) 研究開発期間

令和3年度から令和5年度(3年間)

(3) 受託者

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

(4) 研究開発予算(契約額)

令和3年度から令和4年度までの総額100百万円(令和3年度23百万円)  
※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1 無線装置開発および伝送実験

研究開発項目1-a) 高利得アンテナモジュールの開発と評価

(岐阜大)

研究開発項目1-b) THz ネットワーク開発及び伝送実験

(早稲田大)

研究開発項目2 テラヘルツフロントホール無線基地局の自動配置シナリオの研究開発

研究開発項目2-a) リングトポロジーでのテラヘルツ帯フロントホール回線の自動配置

アルゴリズムの研究開発

(千葉工大)

研究開発項目2-b) テラヘルツ帯フロントホール回線の稼働率向上の研究開発(千葉工大)

研究開発項目3 アンテナ評価技術の開発

研究開発項目3-a) 高利得アンテナを対象とした近傍界測定法の開発

(岐阜大)

研究開発項目3-b) アンテナ測定結果の国際比較

(岐阜大)

(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       | 0      | 0        |
|       | その他研究発表    | 3      | 3        |
|       | 標準化提案・採択   | 0      | 0        |
|       | プレスリリース・報道 | 0      | 0        |
|       | 展示会        | 0      | 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 1：無線装置開発および伝送実験

研究開発項目 1-a) 高利得アンテナモジュールの開発と評価

屋外での長期間運用実験に供するテラヘルツ帯送受信器に必要となるアンテナの仕様について検討を行った。屋外での長期運用性を考慮の上具体的なアンテナ構成を決定した。また、耐候性を考慮しないアンテナモジュールを開発し、アジャイルに運用生を試験した。

研究開発項目 1-b) THz ネットワーク開発及び伝送実験

IEEE802.15.3e (60GHz 帯) 送受信器をネットワークインターフェース、ベースバンド信号処理部、中間周波数帯信号発生部として活用し、ThoR プロジェクトの成果である 300GHz 帯周波数変換器・増幅器を用いた連続動作可能なテラヘルツ帯送受信器の開発を実施した。また、装置調整などを容易にするために、フレキシブル導波管 (FWG) を接続部に用いる構成を実証し、FWG で生じる振幅・位相変動の詳細評価を行った。

屋外で長期間運用実験のための実験構成の設計を行った。伝送距離の設計、設置場所の選定、免許取得のための干渉検討や、雨量、風速などの天候状況を伝送特性と同期して取得するためのシステムの開発を実施した。

研究開発項目 2：テラヘルツフロントホール無線基地局の自動配置シナリオの研究開発

研究開発項目 2-a)：リングトポロジーでのテラヘルツ帯フロントホール回線の自動配置アルゴリズムの研究開発

実際の新宿の都市データを使用し、Remote Antenna Unit (RAU) の間隔が数十 m 程度になるように、道路上の街灯および信号の位置に RAU を配置するとともに、基地局配置を検討するエリアをセルに分割し、各セル内に存在するビルの屋上に一つずつ RAU を配置し、ビル屋上の RAU と街灯や信号に設置した RAU を接続するアルゴリズムを構築した。

研究開発項目 2-b) テラヘルツ帯フロントホール回線の稼働率向上の研究開発

基地局自動配置プログラムにより配置した多数の基地局位置を自動的に電波伝搬シミュレータに実装し、多数のフロントホール回線の受信電力および回線間の干渉電力の統計分布を自動的に算出するプログラムを構築し、配置した RAU の SNR, SINR の算出に成功した。

ITU-R 勧告および ThoR プロジェクトで開発する 300GHz 帯無線システム特性から、100Gbps データ伝送が可能な通信距離の降雨量依存性を決定した。また、国土交通省が運用する Xバンド MP レーダ (XRAIN) 合成雨量データを参考に、ゲリラ降雨の降雨量が継続する時間およびエリアのモデル化を実施した。

研究開発項目 3：アンテナ評価技術の開発

研究開発項目 3-a) 高利得アンテナを対象とした近傍界測定法の開発

4 軸ロボットアームと回転ステージを組み合わせて円筒操作システムを構築した。25dBi 程度のホーンアンテナを対象とした円筒操作による近傍界計測-遠方界評価結果を、ベクトルネットワークアナライザ (VNA) を用いた直接遠方界計測結果と比較した。E-面方向を円筒操作した

結果の比較から、プローブ感度の補正をせずとも、E 面方向の遠方界分布が直接計測した遠方界分布と良い一致を示すことを確認した。また、6 軸ロボットアームによる円筒操作系を構築した。

## (8) 今後の研究開発計画

### 研究開発項目 1 無線装置開発および伝送実験

耐候性アンテナモジュールとテラヘルツ帯送受信器からなる長期間運用実験装置を開発する。令和 3 年度に開発したテラヘルツ帯送受信器をベースとして複数チャネル対応の長期間運用実験装置を開発する。4 チャネル同時使用時に 40Gbps の伝送が可能となることを実証し、数ヶ月以上の連続実験で様々な天候条件での伝送特性を取得することが可能な構成とする。また、開発する耐候性アンテナモジュールの放射パターンを実測し、所望の特性測定が得られていることを確認する。

### 研究開発項目 2 テラヘルツフロントホール無線基地局の自動配置シナリオの研究開発

令和 3 年度に開発したリングトポロジーによる基地局配置のアルゴリズムをプログラムに実装する。また、ゲリラ豪雨のモデルを用いて、リングトポロジーにより配置した回線のゲリラ降雨時の回線稼働率を算出するプログラムを構築するとともに、回線稼働率の評価に必要な 300GHz 帯アンテナ・伝搬特性の基礎データを取得する。

### 研究開発項目 3 アンテナ評価技術の開発

令和 3 年度に開発した円筒走査システムを球面走査に拡張する。また、長時間計測においても測定精度を保持する計測アルゴリズムの開発に取り組む。高利得アンテナを対象とした近傍界計測-遠方界評価を行い、直接遠方測定で得られる結果と比較検討する。

## (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)

ブラウンホーファー応用固体物理研究所 (ドイツ)

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)