

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 4 年度 78 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	3	3
	その他研究発表	27	24
	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

屋外長期運用に耐える耐候性アンテナモジュールを開発した。開発のアンテナモジュールの放射パターンの実測値を NICT の共用設備と本課題で開発した近傍会測定システムを用いて取得し、それらと Recommendation ITU-R F.699-8 に記載のモデルと比較した。また、千葉工業大学と連携を取りながら研究開発項目 2 へ取得データを入力した。

研究開発項目 1-b) THz ネットワーク開発及び伝送実験

初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した。4 チャネル同時使用時（偏波多重または空間多重併用を想定）に 40Gbps の伝送が可能となることを技術実証し、屋外実環境でリアルタイム動作が可能で、様々な天候条件での数ヶ月以上の連続実験に対応する送受信機を製作した。中間周波数部（60GHz）モジュールに各種特性測定のための新機能の実装も行った。

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

750m×750m の新宿都市部における 300 GHz 帯フロントホール回線を自動配置アルゴリズムにより配置してその接続確率のセルサイズ依存性を検証し、90 % 以上の接続確率が得られる条件を明らかにした。また、5 km×5 km の東京中心部における 300 GHz 帯フロントホール回線を自動配置プログラムにより配置し、その中の冗長な回線をグラフ理論によりノード間の接続を減らすことなく、エッジを 10 % 以下まで減らすことに成功した。

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

東京での実際の 1 分間瞬時降雨強度分布のデータを使用し、自動配置した 300 GHz 帯フロントホール無線リンクの稼働率を算出するプログラムを作成。ゲリラ豪雨時、および、年間の稼働率を評価した。また、中央に配置した BBU と各 RAU をマルチホップ無線回線で接続した場合、降雨分布に応じてルートを切り替えることにより回線の稼働率を 20 % 向上可能であることを実証した。

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

円筒操作システムを球面操作システムに拡張した。また、長時間計測においても測定精度を保持する計測システムを構築し、これを用いて研究開発項目 1-a) で開発の高利得アンテナモジュールの放射パターン測定を行った。また、アンテナ近傍界計測技術を IF 帯回路 EMI 評価へ展開した。

(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

長期間伝送実験を実施し、複数リンク間の伝送特性の相関特性を明らかにする。この結果に基づき、テラヘルツ帯ネットワークの構成最適化を行う。伝送特性変動の影響を抑えるために必要な制御時定数などを求め、複数のリンクをアグリーゲーションし、天候変動を考慮に入れた上で、最大 400Gbps の伝送を可能とするネットワークの設計を行う。

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

実測したアンテナの放射パターンを電波伝搬シミュレータに実装し、2022 年度に開発したプログラムで配置した基地局位置でのリンク間での干渉を評価する。基地局間に干渉が生じる場合には回線間干渉が生じた場合は、干渉が生じた基地局の位置を再配置するアルゴリズムをプログラムに実装する。さらに、完成したプログラムを東京駅周辺などの新宿以外の都市部での基地局配置に適用し、開発したプログラムの汎用性を検証する。

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

2021～2022 年度に研究開発項目 1 で評価した 300 GHz 帯無線回線の回線特性を電波伝搬シミュレータ、および、2022 年度に開発した回線特性評価プログラムに実装することにより、開発した無線装置を使用したリングトポロジーによるフロントホール回線の回線特性および稼働率のシミュレーションを可能にする。

研究開発項目 3 アンテナ評価技術の開発

低利得アンテナを対象とし、開発の近傍界測定法の不確かさについての評価を行う。また、中程度の利得、あるいは高利得アンテナの放射パターンを測定し、これを研究開発項目 2 で開発のシミュレーションへインプットすることで、様々なシナリオへの対応を実現する。

(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）