

テラヘルツ帯の有効利用による快適な社会の実現

■概要

機構内外と連携して、テラヘルツ波を利用した100 Gbps級の無線通信システムの実現を目指したデバイス技術や集積化技術、計測基盤技術等の研究開発を行う。また、テラヘルツ帯等の超高周波領域における通信等に必要不可欠である信号源や検出器等に関する基盤技術の研究開発を行う。これらの研究開発成果を基に、テラヘルツ帯における無線通信技術及びセンシング技術の実用化を目指した標準化活動の推進に貢献する。

平成28年度は、テラヘルツ無線テストベッドや、テラヘルツスペクトラム計測のための基盤技術を重点課題として研究開発を推進し、研究開発成果を最大化するための業務として、ITU-RやIEEE802等のテラヘルツ国際標準化活動を推進した。

■平成28年度の成果

1. テラヘルツ無線テストベッド基盤技術

100 Gbps級のテラヘルツ通信技術実現のため、最先端光ファイバ通信技術を援用したファイバ無線技術によるテラヘルツ波信号発生技術の検証を行っている。超大容量テラヘルツ通信の実現にあたり、利用可能帯域が広いテラヘルツ帯といえども周波数利用率の高い変復調方式（例えば4値位相遷移変調や16値直交振幅変調など）の適用が肝要であるものの、一般的にテラヘルツ帯において信号源の有する位相雑音の影響により位相情報を用いる変復調方式の実現は難しい。加えて将来テラヘルツ無線の評価を行うテストベッド環境においては、発生されるテラヘルツ信号の周波数の拡大及びその可変性も重要である。平成28年度は、周波数範囲の拡大と低位相雑音信号の実現を目指した光周波数コム信号の発生とそのテラヘルツ帯位相雑音計測手法の検討を行った。図1に、構築した周回型周波数シフト方式周波数コム発生技術の概要を示す。駆動周波数が可変である光変調技術をベースとした周波数シフタを用い、かつ、周回ファイバループ内に装荷した周期的光バンドパスフィルタを用いることにより、1.8 THz帯に最適化したヘテロダイン型周波数成分解析機による単側波帯位相雑音スペクトルの評価を行ったところ、10 kHz周波数オフセット

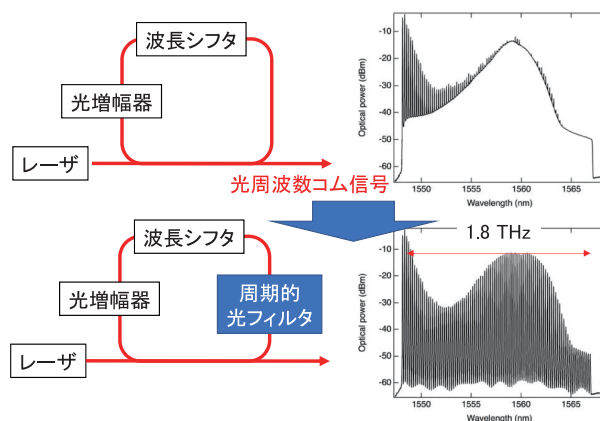


図1 周回型周波数シフト方式周波数コム発生技術の概要

ト時におよそ -60 dBc/Hzの値が得られた。本信号発生技術を用いることにより、高精度な多値変復調のテラヘルツ帯通信への適用が可能になると考えられる。

2. テラヘルツスペクトラム計測基盤技術

スペクトラム計測においては、電波法の定めるスプリアス特性を計測可能とするため、オクターブ（0.3–0.6 THz）の超広帯域とする。この帯域を1台の計測装置で担いながら、これまでにない高速、高精度で、スペクトラム計測を可能にする基盤技術の確立を目指している。これを実現する方法の1つとして、計測周波数帯域をいくつかの帯域に等分割するフィルタバンクを用いてマルチバンド化し、周波数コムを局部発振波とすることで、分割した周波数帯のそれぞれを同時に計測することを提案した。平成28年度は、マルチバンド用フィルタバンクの設計、試作、評価を行った。フィルタバンクの特性として、反射損失及び通過損失が低く、信号損失を抑えるためにチャンネル間の周波数ギャップができるだけ小さいこと、そして、チャンネルの独立性が高いことが挙げられる。90度ハイブリッドカップラとバンドパスフィルタをそれぞれ2つずつ用いた導波管型ハイブリッドカップル型フィルタバンクを採用し、405–480 GHzを25 GHz間隔で3つの周波数帯に分割する導波管型フィルタバンクを設計した。すなわち、Ch. 1：455–480 GHz、Ch. 2：430–455 GHz、Ch. 3：405–430 GHzである。導波管サイズとしてはWR2.2（ $280\ \mu\text{m} \times 560$

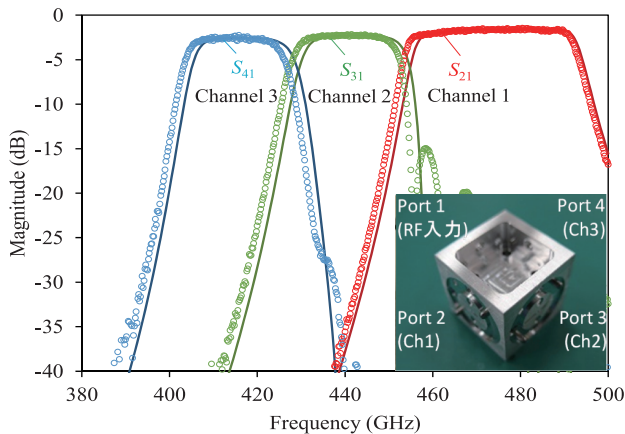


図2 製作した導波管フィルタバンクと通過特性
(実線はシミュレーション結果)

μm) を用いた。図2に製作したフィルタバンクと通過特性を示す。また同図に電磁界解析ソフトHFSSによるシミュレーション結果も示す。 S_{21} 、 S_{31} 、 S_{41} の結果から、各チャンネルは25 GHz間隔で設計通りに分割されていることがわかる。これらの測定値は設計値に対して2 GHz以内、少なくとも0から-40 dBのレベルにおいてシミュレーションと非常によく一致していることがわかった。また、 S_{11} についても所望の帯域において-15 dB以下となっていることが確認できた。これらから当フィルタバンクは、ほぼ設計通りに動作し、超広帯域スペクトラム計測装置のRFフィルタ部に有用であると考えられる。

3. 国際標準化活動

2015年世界無線通信会議において、NICTが提案した「275-450 GHz周波数領域の陸上移動業務応用と固定業務応用への特定化」に関するWRC-19議題1.15が成立し、責任グループとしての活動をWP1Aが開始した。本議題は、多くのWP (Working Party) が関係しており、特にWP5Aにおいて陸上移動業務応用システムの技術運用特性を、WP5Cが固定業務応用システムの技術運用特性をWP1Aに2017年6月までに提供することが決められている。そこでNICTからはWP5AとWP5Cに対して、275-326 GHz帯で運用する各システムの技術運用特性をまとめるためのITU-Rレポート草案に向けた作業文書の提案を行った。また、これらの情報を関連WPに提供するためのリエゾン文書もNICTから提案し、WP5AとWP5CからWP1A、WP3J、WP3K、WP3M、WP7C、WP7Dに送付することができた。一方、責任グループのWP1Aに対しては、NICTからは議題1.15のための作業計画案、

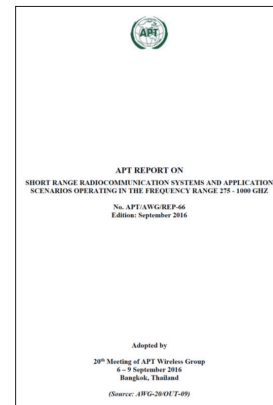


図3 APTレポート完成版の表紙のコピー、
2016年9月のAWG会合で成立

CPM (Conference Preparatory Meeting) テキスト概要案、275-450 GHzで運用する陸上移動業務応用及び固定業務応用と既に無線通信規則脚注5.565で特定されている受動業務(電波天文業務、地球観測衛星業務(受動))との共用両立性検討を行うITU-Rレポート草案に向けた作業文書の骨子案の提案を行い、その方向で進めることがWP1Aにおいて合意された。

一方、APTのWRC-19準備会合であるAPG19-1会合において、ITU-Rにおける議題1.15の進捗状況を報告するとともに、APG19-2以降で議題1.15の作業するためのDG (Drafting Group) 1.15の議長をNICTから出す提案を行った。さらに、APTワイヤレスフォーラム (AWG) において、NICTが提案し編集した275-1000 GHzで運用する短距離無線通信システムに関するAPTレポート (REP-66) を成立させた (図3)。

また、無線機器の標準化を進めているIEEE (The Institute of Electrical and Electronic Engineers) では、テラヘルツ無線の利用モデルのうち、point-to-pointの伝送形態かつ動的ビームステアリングの不要な利用モデルについて、平成25年度のStudy Group (802.15.SG3d) 発足を経て、平成27年3月にTask Group (802.15.TG3d) が発足し検討されている。TG3d副議長には当研究センター長の寶迫 巖が就任している。平成28年3月に正式な提案募集 (Call for Proposals=CfP) が発出されたことを受けて、平成28年度にはNICTから規格提案を行い、他の提案とマージして規格文書案が策定され、802.15 Working Groupでのレター投票が実施されWG案として承認された。