

令和 5 年度研究開発成果概要書

採 択 番 号 03201

研究開発課題名 低コスト・高品質なミリ波・テラヘルツ帯への B5G 対応高周波数移行技術の研究開発

(1) 研究開発の目的

B5G で必要となるおよそ 30GHz 以上の周波数帯における高速・大容量通信において電波の逼迫度が深刻な低い周波数領域の信号を高い周波数領域に移行する技術の実現とその成果を利用した既存技術の高性能化に依らない高い周波数領域のデジタル/アナログ変換の実現を目的とする。

(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

国立大学法人大阪大学 <代表研究者>
三菱電機株式会社

(4) 研究開発予算 (契約額)

令和 3 年度から令和 5 年度までの総額 135 百万円 (令和 5 年度 36 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 : 光キャリアの広帯域性を用いた低周波-高周波変換
研究開発項目 1-a) 低周波-高周波変換のための光キャリアの検討 (国立大学法人大阪大学)
研究開発項目 1-b) 光キャリア重畳信号の低周波-高周波変換の検討 (国立大学法人大阪大学)
研究開発項目 2 : 電波/光信号処理インタフェース技術
研究開発項目 2-a) 電波/光/電波メディア変換技術 (三菱電機株式会社)
研究開発項目 2-b) 低い周波数領域における超広帯域波形最適化技術 (三菱電機株式会社)
研究開発項目 3 B5G 対応高周波数移行技術 (国立大学法人大阪大学・三菱電機株式会社)

(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	3	0
	外国出願	5	1
外部発表等	研究論文	1	0
	その他研究発表	21	7
	標準化提案・採択	0	0
	プレスリリース・報道	0	0
	展示会	2	1
	受賞・表彰	1	1

(7) 具体的な実施内容と最終成果

研究開発項目 1 : 光キャリアの広帯域性を用いた低周波-高周波変換
研究開発項目 1-a) 低周波-高周波変換のための光キャリアの検討
低周波-高周波変換のための光キャリアとして、目標を上回る 150 ナノ秒以上に時間伸長された時変スペクトル光の生成実現に成功した。また、目標以上の時間伸長幅が達成できたこと

で、自由度の高いより低周波領域での信号重畳が可能となったことで、メディア変換部分に時間伸長幅の可変性と等価な機能を集約することに成功した。

研究開発項目 1-b) 光キャリア重畳信号の低周波-高周波変換の検討

研究開発項目 1-a) に適合した最適なデバイス・方式を用いた低周波-高周波変換によるミリ波・テラヘルツ波信号への移行を目標とし、目標を上回る 150 ナノ秒以上に時間伸長された光キャリアを数百ピコ秒以下に時間圧縮し、16QAM に対応する 6bit 以上の分解能を持つ波形の 35GHz 帯への時間圧縮に成功した。

研究開発項目 2：電波/光信号処理インタフェース技術

研究開発項目 2-a) 電波/光/電波メディア変換技術

最大周波数 110 GHz に対応した信号評価系のデバイス選定・設計・試作を実施した。代表的なミリ波帯の信号システムのレベルダイヤ検討と、平均パルス光強度を模擬した測定によって、分解能 7bit 相当で検出可能な根拠を示すとともに、将来的なデバイス性能の進歩によるテラヘルツ帯への拡張見込みを得た。また、パルスキャリア光に対して安定的に ABC 基板を駆動する手法を特許出願し、測定により本装置への適用性を確認した。

研究開発項目 2-b) 低い周波数領域における超広帯域波形最適化技術

パルス伸長・波形重畳時の振幅方向歪の補償方式を考案した。シミュレーションおよび原理実証実験結果から十分な歪補償効果が得られることを確認した。16QAM 以上の多値度の変調に十分対応可能な 14bit ADC/DAC(動作レート 1.6Gsp/s)および FPGA を搭載した市販チップに対して実装設計を実施し、回路リソース占有率 14.07%以下での小規模実装を実現した。

実装回路および光信号処理部組み合わせた評価では、比帯域 20%の OFDM-16QAM 信号に対して、歪補償適用により明らかな品質改善効果が得られた。圧縮率 10 倍の光信号処理を仮定すると、圧縮後の帯域幅 1GHz 以上の生成が可能である。同設計手法で 3.2Gsp/s での処理へも拡張可能であり、キャリア周波数 1GHz、帯域幅 100MHz の歪補償信号を生成可能であるため、実現可能であることが示されている圧縮率 200 倍以上を仮定すると、キャリア周波数 200GHz、帯域幅 20GHz の信号を得ることが可能となる。

研究開発項目 3：B5G 対応高周波数移行技術

研究開発課題 1 において、安定な光源の導入により、35GHz 帯での 16QAM 相当の 6bit 以上の垂直分解能の維持の確認に歪補償無しで成功している。一方、不安定な光源を用いた研究開発課題 2 においては、16QAM のコンスタレーションの EVM は 16.74%と大きく改善したものの、歪補償を導入しても項目 3 で目標とする 11.2%に対しては未達という結果になった。そこで、これらの成果をもとに必要な技術や機能を取捨選択し、研究課題 1 において導入した安定な光源と研究開発課題 2 で開発したメディア変換装置に内蔵の D/A 変換器と LN 変調器の組み合わせ(補正回路使用せず)を用いて 150 ナノ秒以上に時間伸長された時変スペクトル光に 200MHz の正弦波信号を重畳した。さらに、約 250 倍に時間圧縮することで、52GHz 帯で既存の最高性能の信号発生器を用いて得られた変調信号を上回る性能を確認した。

(8) 研究開発成果の展開・普及等に向けた計画・展望

本研究開発はシーズベースでの技術開発であるために、今後のユースケース検討が重要であると考え。そこで、2021 年度より始動した一般課題 01401「Beyond 5G 通信インフラを高効率に構成するメトロアクセス光技術の研究開発」のような Beyond-5G のメトロアクセス領域のシステムを検討する課題との連携も視野に入れ、例えば、より柔軟な RAN 構築に資する技術として発展させ、実用化・事業化に向けた検討を継続する。また、このような現実のユースケースを意識した実証なども継続して行い、積極的に本課題に関わる技術に関して学会発表を行う予定である。Beyond-5G 時代の無線通信システムでは、高速大容量通信や、電波利用の逼迫により、ミリ波およびさらなる高周波であるテラヘルツ波帯の利用が検討されている。これらの高周

波の利用をするためのシステム実現には、容易に、かつ高精度に高周波数を生成する技術が必須となる。本研究開発で取り組む高周波移行技術では、低周波および光デバイスを用いた信号処理により、テラヘルツ帯といったデバイス技術の難易度が高い領域での処理行わず、低コスト・低電力な構成で高精度に高周波信号を生成できる。したがって、Beyond-5G 向け基地局で利用が想定されるミリ波帯・テラヘルツ帯の生成技術として期待でき、基地局利用電波の高周波数帯移行を促進・加速することが可能となる。また、関連する研究や学術への貢献として、アナログ/デジタル変換の光化を通じた新たな研究開発への展開に大きく貢献する知見や、高周波化に伴う信号評価技術の新しい方向性を見出しており、優れた E/O 変調器に関する他の委託研究や学術研究の成果との連携も期待される。