

令和2年度研究開発成果概要書

採 択 番 号 : 20701
 研究開発課題名 : Beyond 5G に向けたモバイル収容大容量光アクセスインフラの研究開発
 副 題 : Radio-over-Fiber 型伝送技術をベースとする Beyond 5G モバイルフロントホールの研究開発

(1) 研究開発の目的

本研究では Beyond 5G 時代のモバイルサービスを収容するために、RoF・IFoF 伝送方式をベースとした光アクセスインフラの研究開発を実施する。具体的な目標性能として、eMBB のピークスループット 100 Gbps と URLLC の遅延量 100 μ sec を両立可能であり、かつ経済的に優れた MFH を構築可能な技術確立する。また、究極的な RoF 型伝送システムを構築可能であるフルコヒーレント伝送方式について、その実現時期を見極めることで、今後の関連研究開発の戦略策定の一助とする。

(2) 研究開発期間

平成 30 年度から令和 3 年度 (4 年間)

(3) 実施機関

株式会社 KDDI 総合研究所<代表研究者>
 三菱電機株式会社
 国立大学法人東北大学

(4) 研究開発予算 (契約額)

総額 400 百万円 (令和2年度 100 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・無線融合デバイス・サブシステム
 1-1. 100 Gbps 級広帯域光・電子融合周波数分離デバイス技術 (三菱電機株式会社)
 1-2. 上り無線信号の高密度多重処理技術 (株式会社 KDDI 総合研究所)
 1-3. 無線・光信号変換デバイス技術 (三菱電機株式会社)
 1-4. 光・無線融合アンテナ技術 (株式会社 KDDI 総合研究所)
- 研究開発項目 2 : RoF・IFoF 伝送システム
 2-1. 双方向光・無線伝送システム技術 (株式会社 KDDI 総合研究所)
 2-2. 適応的空間電波周波数割り当て技術 (株式会社 KDDI 総合研究所)
- 研究開発項目 3 : フルコヒーレント光・無線融合伝送基盤技術
 3-1. フルコヒーレント RoF 伝送方式の開発 (国立大学法人東北大学)
 3-2. フルコヒーレント周波数変換および光・無線融合伝送の実証 (国立大学法人東北大学)

(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	8	4
	外国出願	6	3
外部発表等	研究論文	3	3
	その他研究発表	30	18
	標準化提案・採択	0	0
	プレスリリース・報道	0	0

	展示会	2	0
	受賞・表彰	1	1

(7) 具体的な実施内容と成果

研究開発項目1：光・無線融合デバイス・サブシステム

研究開発項目1-1 100 Gbps 級広帯域光・電子融合周波数分離デバイス技術（三菱電機株式会社）

本研究開発項目では、28Gsp/s 広帯域 A/D 変換から出力される膨大なデータをデジタル領域で高速デシメーション処理する新たなデジタルダウンコンバージョン方式の開発において、デジタル回路の性能評価を行った。本デジタル回路は、14GHz の帯域を有する高周波電気信号をサンプリングレート 28Gsp/s、量子化ビット数 8bit の A/D 変換器(ADC)を用いて、デジタル信号として取り込み、入力信号をデジタル領域でダウンコンバージョンして 4 ユーザ以上の信号に分割する機能を有する。ユーザ毎の帯域分割を行うため、前年度までに設計した大規模 FPGA による、周波数シフト部、FIR(Finite Impulse Response)フィルタ部、デシメーション部の多段構成によるデジタル回路の性能評価を行い、目標どおりの性能が得られることを確認した。また、20Gsp/s 以上の広帯域 ADC で課題となるダイナミックレンジを改善するため、マルチチャネル ADC 方式について、性能評価を行い、10dB 以上のダイナミックレンジを改善することを確認した。

研究開発項目1-2 上り無線信号の高密度多重処理技術（株式会社 KDDI 総合研究所）

本研究開発項目では、昨年度試作開発した複数 IF 信号の周波数多重化機器と、研究開発項目 2-1 の IFoF 伝送技術を組み合わせた上り IFoF 伝送システムを構築・評価した。800MHz の帯域幅を有する複数 IF 信号を周波数多重することで、50Gbps 級上り IFoF 伝送の実現可能性を実験的に確認した。また、アンテナサイトから伝送された複数の上り信号を、本周波数多重機器が設置された中継サイト経由で集約し、一括して収容局まで IFoF 伝送する、カスケード接続型 IFoF 伝送システムが構成可能であることを確認した。

研究開発項目1-3 無線・光信号変換デバイス技術（三菱電機株式会社）

本研究開発項目では、電気・光相互変換デバイスにおける電気・光変換部の作製を行い、光・電気変換部と組合わせて送受信合わせた周波数応答特性の評価を実施した。その結果、高速信号を 20Gbps の伝送速度で動作するために十分な、3dB 帯域にして送信のみで 28GHz 以上、送受組合わせて 27GHz 以上の通過帯域が得られることを確認した。また、T 帯（波長 1064nm）光源を使用し、LN 強度変調器と組合わせて変調特性評価を実施した。その結果、変調速度 10GBaud において十分に受信可能なアイ開口率を有する光出力波形が得られることを実験的に確認した。

研究開発項目1-4 光・無線融合アンテナ技術（株式会社 KDDI 総合研究所）

本研究開発項目では、39GHz 帯の光無線融合アンテナの開発を行った。昨年度までに完了していたレベルダイヤの設計に加えて、今年度は素子の配置とビームパターンのシミュレーションを行い、8×8 のアレーアンテナとフォトダイオードを一体集積したアンテナ開発を完了した。また開発品の 39GHz 帯における周波数特性が十分にフラットであることも確認し、来年度実施予定の統合実験に向けて問題のないことを確認した。

研究開発項目2：RoF・IFoF 伝送システム

研究開発項目2-1：双方向光・無線伝送システム技術（株式会社 KDDI 総合研究所）

80GHz 以上の RF 信号を想定した場合に、アンテナサイト向け下り伝送およびアンテナサイトからの上り伝送について、現実的な構成を数パターンに絞りそれぞれの長所・短所を明確化した。またこの検討に基づいて、RoF および IFoF 伝送方式の適用可能領域を実験にて確認した。

研究開発項目 2-2：適応的空間電波周波数割り当て技術（株式会社 KDDI 総合研究所）

異なる RF 周波数の RoF 信号に対して、波長分散の影響によりどの程度ビームの形状が崩れるのかシミュレーションにより確認を行った。また上記のビーム形状崩れを防ぐための、各周波数の光無線融合アンテナに最適なビームフォーミング用プレコーディング用アルゴリズムの検討を完了し、特許 1 件の出願を完了した。

研究開発項目 3：フルコヒーレント光・無線融合伝送基盤技術

研究開発項目 3-1：フルコヒーレント RoF 伝送方式の開発（国立大学法人東北大学）

本研究開発項目では、コヒーレント QAM 光信号を 60 GHz 帯へ周波数変換するためのフルコヒーレント光・無線キャリアコンバータの開発に取り組み、光注入同期型ヘテロダイン検波回路により、従来のセルフヘテロダイン方式と比べ低位相雑音、高 S/N な光無線周波数変換を実現した。本回路により、シンボルレート 8 Gbaud、多値度 64~256 のコヒーレント QAM 光信号を 60 GHz 帯の無線信号にフルコヒーレント変換することに成功した。

研究開発項目 3-2：フルコヒーレント周波数変換および光・無線融合伝送の実証（国立大学法人東北大学）

研究開発項目 3-1 のフルコヒーレント変換回路を用いて得られた 60 GHz 帯の 8 Gbaud、64~256 QAM (48~64 Gbit/s) 無線信号を、ホーンアンテナを介してユーザ側へ無線伝送することにより、光・無線融合フルコヒーレント伝送（光：SMF 10 km、無線（60 GHz 帯）：6 m）を実証した。

(8) 今後の研究開発計画

研究開発項目 1：光・無線融合デバイス・サブシステム

研究開発項目 1-1 100 Gbps 級広帯域光・電子融合周波数分離デバイス技術（三菱電機株式会社）

前年度までに実施した 28 GSps 広帯域 A/D 変換器から出力される膨大なデータをデジタル領域で高速デシメーション処理する新たなデジタルダウンコンバージョン方式の実機による単体結果に基づき、項目 1-2 で開発した IFoF 伝送システムを併用した、上下統合システムの実証を行う。

研究開発項目 1-2 上り無線信号の高密度多重処理技術（株式会社 KDDI 総合研究所）

本研究開発項目にて昨年度までに開発を行った周波数多重器をベースとして、項目 2-1 で使用した LAN-WDM システムを併用した上り IFoF 伝送システムの実証を行い、50Gbps 級の伝送レートを達成する。

研究開発項目 1-3 無線・光信号変換デバイス技術（三菱電機株式会社）

前年度までに検討した光・無線相互変換デバイスをもとに、光デバイスを構成する部品を組み合わせ、光デバイスの最終形態において送受ともに基本特性評価を実施する。

研究開発項目 1-4 光・無線融合アンテナ技術（株式会社 KDDI 総合研究所）

本研究開発項目にて昨年度までに開発を行った光無線融合アンテナを用いて、光・無線リンクを一気通貫した RoF 伝送の実証を行う。また実際に位相制御器を駆動し、その位相遷移のスピードが 100 μ 秒未満であることを確認する。

研究開発項目 2：RoF・IFoF 伝送システム

研究開発項目 2-1：双方向光・無線伝送システム技術（株式会社 KDDI 総合研究所）

研究開発項目 1-2 にて開発した周波数多重器と、本研究開発項目で使用した LAN-WDM

システムを併用した、下り 100Gbps・上り 50Gbps 級の双方向伝送システムのデモンストラーションを実施する。

研究開発項目 2-2：適応的空間電波周波数割り当て技術（株式会社 KDDI 総合研究所）

本研究開発項目にて昨年度までに検討を行ってきた、光区間におけるチャネル情報の事前取得を行い、予めセンター側で予等化を行う提案方式において、その予等化を行う手法の具体化を行う。

研究開発項目 3：フルコヒーレント光・無線融合伝送基盤技術

研究開発項目 3-1：フルコヒーレント RoF 伝送方式の開発（国立大学法人東北大学）

パイロットトーンの配置を改良し、ヘテロダイン検波回路に置かれていた周波数シフタを送信部に移すことにより、RU における回路構成の簡素化を図る。また、この構成を用いて、従来他機関で行われているセルフホモダイン検波方式との比較実験を行い、フルコヒーレント方式の有用性を明確にする。

研究開発項目 3-2：フルコヒーレント周波数変換および光・無線融合伝送の実証（国立大学法人東北大学）

シングルキャリア QAM 信号に加え、マルチキャリア OFDM 信号を用いたフルコヒーレント光・無線融合伝送を行なう。また、60 GHz 帯での無線伝搬距離について、~20 m 程度への拡大を図る。これにより、Beyond 5G における無線アクセスの仕様を想定したときのフルコヒーレント方式の有用性を明確にする。