

平成 28 年度 委託研究

課題 185

高い環境耐性を有する
キャリアコンバータ技術の研究開発

研究計画書



1. 研究開発課題

『高い環境耐性を有するキャリアコンバータ技術の研究開発』

2. 研究開発の目的

光ファイバネットワークとワイヤレスネットワークを融合し、モバイルトラフィックを効率的に張出基地局から基地局へと収容する技術（モバイルフロントホール技術）が5G等の将来の中核インフラとして期待される。このような背景のもと国際的に集中制御型無線アクセスネットワーク技術を用いる張出基地局協調制御によるモバイルネットワークの高速化・高信頼化の議論が始まっており、その中核となるモバイルフロントホールの大容量化、低遅延化、シームレス化へ向けた研究開発が加速する機運がある。

また、情報通信容量の需要増大にともない無線周波数の高周波化にともなうスモールセル化が進み、そのようなスモールセル内で発生する多量の情報をフレキシブルかつシームレスに光ネットワークへ接続するシンプルなデバイス技術が必要不可欠である。

さらに、スモールセル化に伴うセル数の激増は避けられないことから、各セルと接続するために広帯域な光周波数チャネルの利用が必須となる。

以上より、光通信で用いられる広帯域な近赤外光から、超高周波電磁波や空間伝搬ロスの低い近・中赤外光波等へ、キャリア周波数の相互変換を効率的に可能とする「キャリアコンバータ技術」がキーテクノロジーとなる。

さらに電力制限環境や厳しい温度環境、振動環境等のデバイス駆動には過酷な環境のもとで、安定したモバイルフロントホール接続を確立するために、キャリアコンバータには高い環境耐性が求められる。特に超高周波や光ではその指向性からデバイス等の振動によるリンク切れが発生する可能性が高く、そのためにキャリアコンバータのデバイス実装・ビーム制御等の技術が必要となる。また、政府方針である科学技術イノベーション総合戦略において、効率的かつ低消費電力な大容量通信や、災害に強い柔軟性を実現する「高度ネットワーク技術」、その他、無線を用いた小型デバイス技術、センシングデバイス技術などが日本の推進すべきコア技術として示されており、本技術開発でめざすキャリアコンバータ技術の確立は国の産業競争力の強化につながる。

以上まとめると、本研究開発課題は、広い光周波数帯域で動作する光・超高周波相互変換及び光・光周波数変換に対応したキャリア変換技術の研究開発を推進し、この技術を以って厳しい動作環境でも安定した光・無線リンク、さらに100Gbps級の光ネットワークをシームレスにワイヤレスネットワークに接続することを可能とするキャリアコンバータ技術を開発することを目的とする。この技術を確立することにより、光ファイバネットワークとモバイルネットワークを流通する大容量データのボトルネックが解消される。

3. 採択件数、研究開発期間及び予算

採択件数 : 1 件

研究開発期間 : 契約締結日から平成32年度までの5年間。

研究継続条件 : 平成30年度に実施する中間評価にて、平成31年度以降の研究開発計画の再提出を求め、契約延長の可否を判断する。中間評価までに第一次実証実験を実施し、その成果及び提案技術が最終実証フェーズに移行可能かを評価し、契約延長の可否を判定する。契約延長が認められた場合については、平成32年度まで契約を延長する。契約が終了することが適当と判断された場合、3年目の平成30年度で終了する。

研究開発予算 : 各年度、総額200百万円(税込)を上限とする。

(提案の予算額の調整を行った上で採択する提案を決定する場合がある。)

研究開発体制 : 単独の提案も可能であるが、産学官連携等、複数の研究開発機関による研究グループ体制を推奨する。

4. 提案に当たっての留意点

延長期間を含めた平成32年度末までの研究開発計画を示すこと。採択評価は、延長期間を含めた提案を対象に実施する。

研究開発に当たっては、情報通信研究機構(以下「機構」という。)が自ら行っている高速光変調・受光・光源デバイス及び半導体量子ドット等の材料基盤技術の研究、さらに新規・広帯域波長空間利用技術の研究、デジタルコヒーレント通信技術、光ファイバ無線技術(光ネットワーク研究所光通信基盤研究室)に関連した成果及びコンセプトの活用など、自主研究との連携を図ること。

デジタルコヒーレント技術による光通信の高い信号伝送能力と、柔軟性の高いミリ波帯・光ファイバ無線技術を活かして、有線と無線の枠を超えた信号伝送をハードウェアレベルでシンプルかつコンパクトに実現すること。

研究開発期間に実施を予定しているキャリアコンバータ技術に関連するデバイス試作や評価では、上記機構で自ら実施するデバイス・サブシステム研究等と連携しつつ協調的に進めるものとし、特に試作や評価においては機構の先端ICTデバイスラボの実験設備を活用することを検討すること。

研究開発の後半(4~5年目)においては、コンパクトなキャリアコンバータ装置を試作し、機構の評価実験系によりその特性を評価し、この全体性能を確認する。また、モバイルフロントホール等への適応は、機構のテストベッドへの適用を検討し、全体の目標達成を確認すること。

5. 研究開発の到達目標

本研究課題では以下の項目を達成目標とし、研究開発を推進する。

1) キャリアコンバータ技術の研究開発

低エネルギーコストでセル数の急激な増大に対応するために、10THz級の広い光周波数帯域（従来のC-bandの帯域幅4.4THzの倍以上）の光に対して効率的に動作する光・超高周波相互変換を可能とするキャリアコンバージョン技術の確立を行う。また、光から光へのキャリア周波数変換に関しては、光導波路の非線形光学効果等を用いた波長変換や、50マイクロ秒以下の高速なキャリア周波数可変を可能とするレーザ等と組み合わせたキャリアコンバージョン技術の確立を行う。

2) デバイスの環境耐性実装技術の研究

キャリアコンバータの利用環境が、電力が制限された環境や高温・低温、強い振動、外乱発生等の過酷な環境であると想定する。そのためキャリアコンバータのコアデバイスの低消費電力化と耐環境性能の優れたデバイス実装技術とともに、高い耐振動性を有し、5度以上の角度ズレにも対応する高精度ビーム制御技術の確立を行う。

上記2つのキャリアコンバージョン技術と環境耐性技術を以って、総容量100Gbpsに対応し、さらに耐環境性能の高い安定した光・無線通信の実現を可能とするキャリアコンバータ装置の開発をめざす。さらに本研究開発課題の進捗及び研究開発動向に合わせ、受託者間での協議を進め、標準化活動、社会実装・普及を進める。

なお、本研究課題でターゲットとする光ネットワークの波長帯域はT+O+C+Lバンド等とし、ワイヤレスネットワークの周波数帯域は超高周波のミリ波帯を想定する。また、光とワイヤレスネットワークともにマルチモード等の空間多重技術に対応することを想定する。

6. 研究開発の運営管理及び評価について

研究開発に当たっては、機構の自主研究との連携を図ることとし、連携を図るために受託者は連絡調整会議を定期的に設定すること。

また、機構では本研究施策に関連する光ファイバ無線（Radio over Fiber: RoF）技術に関して、ITU-TのSupplement文書（G. Suppl 55）の作成に寄与している。今後、無線トラフィックの効率的な光ネットワークへの収容技術として、このRoF関連技術がITU-T G.RoFにて標準化の議論が加速されると考えられる。このため、本研究課題のキャリアコンバータ技術及び関連する光技術、光無線技術の研究成果を基に、国内外の研究動向に沿って標準化及び社会実装展開へ寄与すること。

機構は、平成30年度に中間評価（延長判定）、平成32年度に終了評価を実施する。また、研究開発終了後に追跡評価（成果展開等状況調査を含む）を行う場合が

ある。

機構は、上記以外にも研究開発の進捗状況等を把握するために、ヒアリングを実施することがある。

7. 参考

機構が自ら行っている研究（光ネットワーク研究所光通信基盤技術研究室）においては、デジタルコヒーレント技術と光ファイバ無線技術の両方で先端的な基盤技術の研究開発を実施している。具体例としては、高速 16 値光変調技術、高速リアルタイムコヒーレント復調技術、電波天文向けミリ波帯・光ファイバ無線技術、W バンド高速ミリ波伝送技術などが挙げられる[1]。また、デバイス技術では広い波長帯域を得られる半導体量子ドットを用いた超広帯域波長可変半導体レーザ、高速データ信号対応の半導体光増幅器、超高速フォトディテクタ、広帯域光変調器等の研究開発を実施している[2]。光から超高周波への変換に利用可能なデバイス技術として、超高速フォトディテクタに関する研究開発では 100GHz 超級の高い周波数に対応した光デバイス構造及び高周波実装技術、また半導体量子ドットの新規光物性を用いたコンパクトな 2 波長・多波長発生光源や、空間多重による大容量化を見込んだマルチモード・マルチコア光波制御技術などを先端的に研究開発している。さらに機構では 75 THz 以上の広大な光周波数帯域及び大多数光チャネルの確保が期待される新たな通信波長帯域として、T バンドから O バンド(波長 1.0~1.3 ミクロン帯)に関するデバイス技術及びその光通信サブシステム研究を実施している。

また、デジタルコヒーレントによる高速光ファイバ伝送技術や、ミリ波帯利用のための増幅デバイス技術等の研究開発[3]が総務省等を中心に精力的に進められているが、これらの研究開発で期待される将来の成果に関しては、本研究開発課題で効果的に利活用できると期待される。

光ファイバネットワークとワイヤレスネットワークを融合し、モバイルトラフィックを効率的に張出基地局から基地局へと収容するモバイルフロントホール技術が 5G 等の将来の中核インフラとして期待され、国際的には集中制御型無線アクセスネットワーク技術を用いる張出基地局協調制御によるモバイルネットワークの高速化・高信頼化の議論が始まっており、その中核となるモバイルフロントホールの大容量化、低遅延化、シームレス化へ向けた研究開発が加速する機運がある。周波数に関して、ワイヤレス通信容量の大容量化にともなう高周波化が世界的に検討されており、現在、ワイヤレス HD 用などとして 60GHz 帯のミリ波が活用されている。本研究開発課題はその周波数以上の高周波化を狙うことで、さらなる高速・大容量かつ長距離伝送に対応可能で早期実用化に資する技術の研究開発をめざす。また機構も寄与する形で、RoF 技術に関する ITU-T の Supplement 文書 (G. Suppl 55) が採択され、今後、無線トラフィックの効率的な光ネットワークへの収容技術として、この RoF 関連技術が ITU-T G.RoF にて標準化の議論が加速されると考えられる。また、アジア・太平洋電気通信共同体 (APT) では、アジア太平洋地域で

の暴風雨等にも対応可能な通信技術に関する議論が進められており、耐振動性能やビーム制御等の高い環境耐性は今後必須の技術課題となると考えられる。ビーム制御の一つであるビームスキャン技術はレーダシステム開発などで世界的に研究されているが、本課題でめざす環境耐性の高いビーム制御技術では、リンクの状態を安定させるために複雑かつ不規則な外乱状況に応じた高速な制御機能が必要となるため、その技術的難度は高いと考えられる。さらに、鉄道の安全運行やユーザーサービス向上や、自動運転を見据えた自動車など、高速移動体とネットワークを繋ぐ大容量通信リンクの確保は将来必須になると考えられる。光と無線の相互変換を効率的に実現するためのキャリア変換デバイス基盤技術は、上記の国際的な光ファイバネットワークとワイヤレスネットワークの融合及び利活用に関する議論の中で中核となりうる技術であることから、本研究課題として集中して実施するものである。さらに比較的近距離の光通信ネットワークにおいて、次世代光アクセス網：NG-PON 2に関する技術及び標準化の議論がなされ、そこでは波長多重を含めた総容量40 Gbpsの伝送容量が規定されている。本研究課題はこのトレンドに沿う数値として、次世代の需要となると想定される100Gbps級の超大容量伝送を研究目標として掲げ、さらに光ファイバネットワークとワイヤレスのシームレスな融合をめざしている。

参考文献

- [1] 情報通信研究機構 平成 23 年 8 月 20 日付報道発表 「世界最高速、毎秒 40 ギガビット無線伝送実験に成功」
- [2] 情報通信研究機構 平成 27 年 5 月 13 日付 報道発表「世界初、ヘテロジニアス波長可変レーザの開発に成功」
- [3] 総務省 電波資源拡大のための研究開発 「無線アクセス用ミリ波帯無線伝送システムの実現のための基盤技術の研究開発」