

1. 研究課題・受託者・研究開発期間・研究開発予算

- ◆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
- ◆実施機関: 株式会社KDDI総合研究所、三菱電機株式会社、国立大学法人東北大学
- ◆研究開発期間: 平成30年度から平成33年度 (4年間)
- ◆研究開発予算: 総額300百万円 (平成30年度100百万円)

2. 研究開発の目標

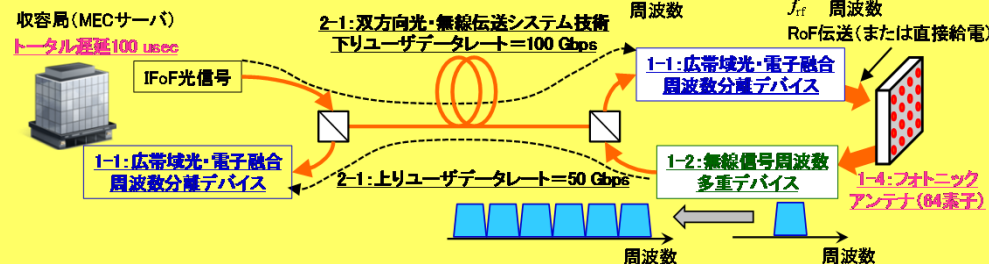
RoF・IFoFハイブリッドモバイルフロントホールとして、上り100 Gbps・下り50 Gbpsの伝送容量を実現し、また64素子のフォトニックアンテナアレイで100 μ sec以下のビーム切り替え時間を実現する。フルコヒーレントモバイルフロントホールとして、現状レベルのデバイスでフルコヒーレント伝送の実証実験を行い、フィージビリティを確認すると共に、商用化を想定した時の現実的な実現時期を見極める。

3. 研究開発の成果

①RoF・IFoFハイブリッドモバイルフロントホール技術

大容量(100/50 Gbps)かつ低遅延(100 μ sec)のモバイル収容光アクセス伝送システム

【研究開発項目1・2: RoF・IFoFハイブリッドMFH】



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2 RoF・IFoF伝送システム

研究開発成果1-1 100Gbps級広帯域光・電子融合周波数分離デバイス技術

28GSps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処理するのが課題。
●4ユーザ及び8ユーザに帯域を分割した場合でのデジタル回路の回路規模検討を実施し、FPGAに実装可能である見込みを得た。

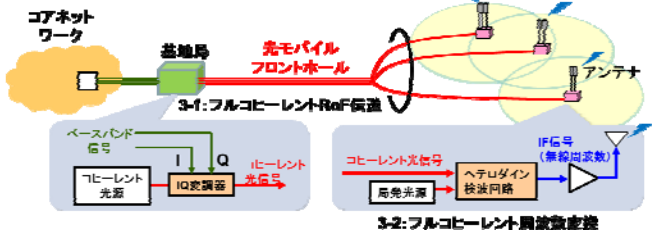
研究開発成果1-3 無線・光信号変換デバイス技術

既存のモバイルネットワークで主流である電気・光相互変換デバイスの約2倍の広帯域化と多値化が可能な線形デバイスの実現が課題。
●想定しているデバイスのリニアリティにて十分シンボル間の分離が可能であることを確認した。

研究開発成果2-1 双方向光・無線伝送システム技術

大容量化とシステム構成のシンプル化(低コスト化)の両立が課題
●大容量伝送関連⇒DACの出力振幅の制限により、1広帯域信号に対して高いSN比を担保できない問題に対して、帯域を複数に分割し、かつ複数DACを用いてアナログ的に合成することで、広帯域かつ高いSN比の信号を生成できる見込みを得た。
●アンテナサイト向け下りおよびアンテナサイトからの上り伝送方式として、RoFおよびIFoFの適用領域を定性的に机上検討した。現状の検討結果において、無線伝送のレイヤ数やアンテナ素子数が多くなるほど、機器構成簡素化の観点ではIFoF伝送が有利になる可能性が高いことを確認した。

②フルコヒーレントモバイルフロントホール技術



A フルコヒーレントRoF伝送技術
B フルコヒーレント光・無線周波数変換技術

研究開発成果3-1 フルコヒーレントRoF伝送方式の開発

研究開発成果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

コヒーレント光QAM信号を無線信号へフルコヒーレント変換するためには高精度な光位相同期およびキャリアコンバータが不可欠
●光PLLおよび注入同期方式により、パイロットトーンを介して局発光との位相同期を実現するための基本回路を設計・構築(研究開発成果3-1)
●高速受光素子と光位相同期技術と組み合わせ、ヘテロダイン検波によりコヒーレントQAM光信号を60 GHz帯の無線信号へ周波数変換するためのキャリアコンバータの仕様を策定(研究開発成果3-2)

1-1 100Gbps級広帯域光・電子融合周波数分離デバイス技術

・最終目標:

広帯域電気信号を低遅延で多数の狭帯域ユーザ信号に分離処理する、新しい広帯域光・電子融合周波数分離デバイス技術を開発する。本技術により、14GHz以上20GHz以下の広帯域電気信号を一括して4ユーザ以上のベースバンドに変換して10 μ sec以下の低遅延で分離出力することが可能となる。本提案の光・電子融合周波数分離デバイス技術では、28 GSps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を用いることで、回路の小型化と量子化ビット数の向上に加え、低遅延処理を実現することが出来る。

・2018年度目標:

28 GSps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環境立ち上げを行い、デジタル回路の回路規模検討を実施する。

・2018年度成果:

4ユーザ及び8ユーザに帯域を分割した場合での回路規模の見積りを行い、4ユーザ分割時においては、3,000個程度の乗算器及び5,700個程度の加算器が必要であることが分かった。また、8ユーザ分割時においては、4,600個程度の乗算器及び8,600個程度の加算器で、デジタル回路を実現できる見込みを得た。

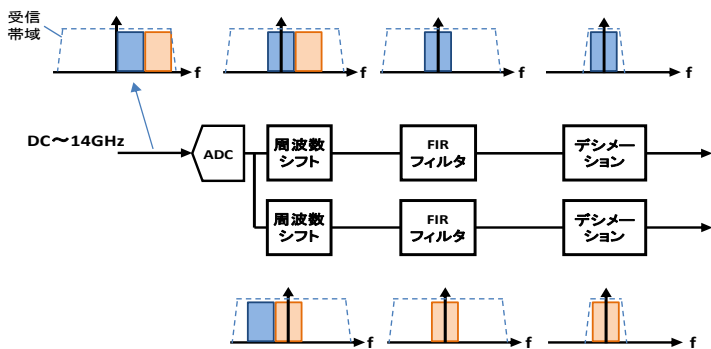


図: デジタルダウンコンバージョン方式の基本概念

1-3 無線・光信号変換デバイス技術

・最終目標:

アンテナ-モバイル端末間でやり取りされるワイヤレス信号を光信号に重畳して伝送するRoF・IFoF技術を実現する光・電気相互変換デバイス技術を開発する。本技術によりワイヤレス信号をシームレスに收容することで、経済的で低遅延なアクセスネットワーク構築が可能となる。光通信で用いられているC帯の光信号に加え、O帯やT帯の光信号を用いる事により利用可能帯域を広げ通信容量拡大可能性を検討する。

・2018年度目標:

アンテナ-モバイル端末間でやり取りされるワイヤレス信号を光信号に重畳して伝送するRoF・IFoF技術を実現する光・電気相互変換デバイス技術を開発するにあたり、光から電気への変換デバイスの検討を進めるとともに、電気から光への変換デバイスの評価環境の構築を進める。

・2018年度成果:

既存のモバイルネットワークで主流である電気・光相互変換デバイスの約2倍の広帯域化と多値化が可能な線形デバイスの開発を目指している。シミュレーションをベースに検討中のデバイスの多値性能について解析を実施した。比較的短いパターン長で特性を検証できるSSPRQ (Short Stress Pattern Random - Quaternary)パターンを生成し、4値で20Gbaud以上の速度でアイ波形を確認したところ、想定しているデバイスのリニアリティにて十分シンボル間の分離が可能であることを確認した。また、特性検証のための評価系構築を進めており、電気波形の出力までの確認が完了した。

2-1 双方向光・無線伝送システム技術

・最終目標:

100 Gbps超下りIFoF伝送について、EVM3.5 %未満の信号品質を確保したうえで、256 QAM伝送を可能とする低コスト化を考慮した最適条件を明確化する。また、50 Gbps級上りIFoF伝送についても、同様に低コスト化を考慮した方式の実現可能性を示す。

アンテナサイトに対する下り/上り伝送では、RoFおよびIFoF伝送方式の適用性を机上および実験的に検討し、両方式の適用領域を明確化する。

・2018年度目標:

100 Gbps超下りおよび50 Gbps級上りIFoF伝送については、EVM3.5 %未満の信号品質を確保したうえで256 QAM伝送を可能とする最適条件を明確化する。

アンテナサイト向け下りおよびアンテナサイトからの上り伝送について、RoFおよびIFoF伝送の適用可否を検討し、両者の適用領域を明確化する。

・2018年度成果:

大容量伝送関連⇒DACの出力振幅の制限により、1広帯域信号に対して高いSN比を担保できない問題に対して、帯域を複数に分割し、かつ複数DACを用いてアナログ的に合成することで、広帯域かつ高いSN比の信号を生成できる見込みを得た。

アンテナサイト向け下りおよびアンテナサイトからの上り伝送方式として、RoFおよびIFoFの適用領域を定性的に机上検討した。現状の検討結果において、無線伝送のレイヤ数やアンテナ素子数が増えるほど、機器構成簡素化の観点でIFoF伝送が有利になる可能性が高いことを確認した。

3-1 フルコヒーレントRoF伝送方式の開発

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

・最終目標:

フルコヒーレントRoF伝送の基盤技術としてコヒーレント光源、フルコヒーレント制御技術、ならびに光信号をヘテロダイン検波により無線(IF)周波数(40 GHz以上)にダウンコンバートするキャリア周波数変換技術を開発する。これらの結果に基づき、100 Gbps級の信号に対して10μsec以下の遅延時間で光・無線のシームレスな変換を実現する。

・2018年度目標:

コヒーレント光QAM信号の無線(IF)周波数への高効率な変換を実現するために、光PLLもしくは注入同期法による光位相同期技術およびヘテロダイン検波に関する方式検討と基本回路設計を行う。その基盤となる送信用レーザおよびヘテロダイン検波用局発レーザとして用いるコヒーレント光源に関して要求条件を明確にする。このフルコヒーレント制御技術にキャリアコンバータの基盤デバイスである高速受光素子を組み合わせ、キャリアコンバータの仕様を策定する。

・2018年度成果:

コヒーレント光QAM信号を60 GHz帯の無線周波数へフルコヒーレント変換するための光位相同期に関する方式検討を行なった。データ信号および光位相同期用パイロットトーン信号の周波数配置を最適化し、光PLLおよび注入同期方式により、パイロットトーンを介して周波数が60 GHz離れた局発光との位相同期を実現するための基本回路を設計・構築した。さらに、帯域が70 GHzのpin-PDおよびUTC-PDを受光素子として使い、QAMデータ信号と局発光とのヘテロダイン検波を行うことにより、コヒーレントQAM光信号を60 GHz帯IF周波数へ変換するキャリアコンバータを設計・構築した。

4. 特許出願、論文発表等、及びトピックス

国内出願	外国出願	研究論文	その他研究発表	プレスリリース 報道	展示会	標準化提案
1 (1)	1 (1)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)

※成果数は累計件数、()内は当該年度の件数です。

(1) 第1回受託者間調整会議を開催
NICTプロジェクトオフィサー、全受託者が一同に会し、各者の研究内容、進捗状況を共有するとともに、今後の課題間連携について議論。

5. 今後の研究開発計画

1-1 100Gbps級広帯域光・電子融合周波数分離デバイス技術

デジタルダウンコンバージョン方式のデジタル回路を試作し、最終年度に実施する評価に向けた実現性の検討を行う。

1-2 上り無線信号の高密度多重処理技術

実施計画書上、平成30年度の取り組みは特になし。次年度以降、デジタル信号処理技術を用いた複数IF信号の周波数多重化機器を試作し、性能評価を行う。

1-3 無線・光信号変換デバイス技術

アナログの無線信号と光信号を変換する光デバイスの光学及び高周波設計を行うとともに、光デバイスの部品を用いて部分検証評価を実施する。

1-4 光・無線融合アンテナ技術

実施計画書上、平成30年度の取り組みは特になし。次年度以降、64素子以上の光・無線融合アンテナを試作し、ビームステアリング制御の機能評価を行う。

2-1 双方向光・無線伝送システム技術

今年度実施した机上検討結果を基に、下り100 Gbps、上り50 Gbps級の双方向IFoF伝送を実験で実証する。また、アンテナサイト向け下りおよびアンテナサイトからの上り伝送について、RoFおよびIFoF伝送実験を行い、両方式の比較検討を行う。

2-2 適応的空間電波周波数割り当て技術

実施計画書上、平成30年度の取り組みは特になし。次年度以降、28GHz/40GHz/80GHz等の周波数帯の利用を想定し、無線およびRoF/IFoF伝送のチャネル特性を総合的に判断してチャネル選択する方式を検討し、試作を通して機能評価を行う。

3 フルコヒーレント光・無線融合伝送基盤技術

QAM信号と局発光との高精度な光位相同期技術を実現し、ヘテロダイン検波回路と組み合わせ、コヒーレント光QAM信号の60 GHz帯無線周波数へのフルコヒーレント変換を実証する。