

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基地局アレーアンテナ向けオールデジタルトランスミッタ回路技術の研究開発
- ◆受託者 富士通株式会社
- ◆研究開発期間 令和4年度～令和6年度(3年間)
- ◆研究開発予算(契約額) 令和4年度から令和6年度までの総額217百万円(令和6年度100百万円)

2. 研究開発の目標

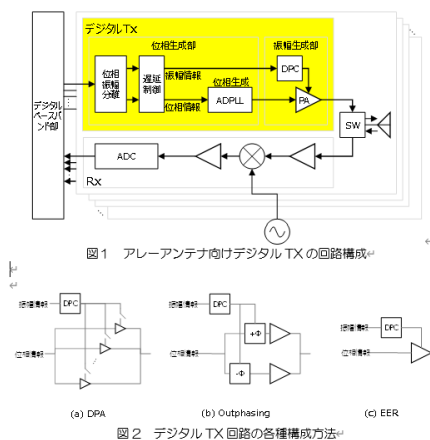
大規模Massive MIMOの実現を可能にする方法として、オールデジタルトランスミッタ回路(デジタルTX)の技術確立を行い、消費電力を従来の高速DACを用いた場合と比較して80%削減することを目標とする。

3. 研究開発の成果

研究開発目標

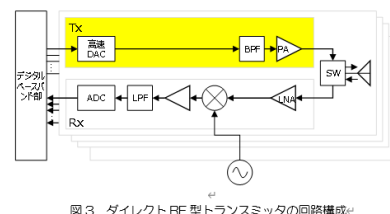
研究開発項目1-a) デジタルTX回路の基本アーキテクチャ検討

デジタルTX回路の各種構成方法の比較検討を行い、Beyond 5Gに適した回路構成を決定する。そして、決定したデジタルTXの回路構成に対して、必要となるデバイス性能や回路実装の観点から実現性の検討を行う。



研究開発項目1-b) デジタルTX回路のモデル化とシミュレーション検証

ビヘイビアモデルを作成し、デジタルTX回路の動作検証とパラメータの最適化を行う。デジタルTX回路と従来の高速DACを用いるダイレクトRF型TX回路の消費電力の見積りと比較を行う。ダイレクトRF型TXと比較して80%削減できることを確認する。



研究開発成果

研究開発項目1-a) デジタルTX回路の基本アーキテクチャ検討

研究成果1: デジタルTx構成として、電源変調型についてシステム検証を実施し、3GPP規格に準拠した信号品質を満たす最終構成を明らかにした。振幅変調部、位相生成部に加えて、デジタル歪補償(DPD)を含めることで信号品質を確保する。DPDを用いない場合はACLR=-33dBcであるのに対して、**DPD導入によりACLR < -50dBcを達成できる見込みを得た**。また**位相生成部の消費電力は84mWと見積もられ、従来型構成に比べて消費電力を80%削減**できる見通しを得た。

研究成果2: 上述構成にて3GPP規格を満たすACLR -50dBc (EVM 1.8%)が得られる見通しを得た。主要コンポーネントの仕様として、**振幅の分解能は8bit、位相と振幅のミスマッチは1.5%以下、RMSジッタは500fs以下を満たせば上記信号品質が得られる**ことを明らかにした。

研究開発項目1-b) デジタルTX回路のモデル化とシミュレーション検証

研究成果1: 最終的なデジタルTx構成を実現する半導体テクノロジーを明らかにした。**振幅変調部はPA部にゲート長0.5um以下のGaN-HEMT、高速電源部にゲート長0.1umのGaN-HEMT、位相生成部に28nプロセスのCMOSを用いることで所要スペックを満たせる見込みを得た**。

研究成果2: 回路検証により**デジタルTx部の効率はGaN-HEMTのテクノロジー選択によって46%(worst)~59%(typ)の範囲と見積もられる**。既存技術の効率(40~55%)に比べて高効率となることが期待される。

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	標準化提案・採択	プレスリリース 報道	展示会	受賞・表彰
3 (2)	1 (0)	0 (0)	3 (2)	6 (6)	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。

＜その他研究発表＞

- ・2024年3月 電子情報通信学会総合大会で発表
- ・2024年11月 Advanced RF Design Forum 2024(日本ケイデンス)で発表
- ・2025年3月 電子情報通信学会総合大会で発表予定

＜標準化提案＞

- ・3GPP RAN1 WGで、MIMOエンハンスメント(大規模Massive MIMO向け最大128のCSI-RSポート)に関する寄書を6件提案
(R1-2402792, R1-2404588, R1-2406311, R1-2408109, R1-2410054, R1-2500931)

5. 研究開発成果の展開・普及等に向けた計画・展望

(1)計画

研究開発成果の実用化には、本技術の適用が有効となる大規模Massive MIMOの実用化と普及が必要となり、それを後押しするための標準化活動も重要となる。我々は、大規模Massive MIMO(TRX数128以上)の実用化に向けて、3GPP RAN1 WGにおいて、CSI-RSのポート数を最大128に拡張する標準化提案活動を実施している。これらの標準化提案は、3GPP Rel-19の仕様が完成するまで、継続して実施する予定である。

広報(対外発表)については、研究開発成果を学会やセミナー等で発表することで、技術の啓蒙活動を継続して実施する。実用化に向けては、今回のシミュレーションを用いた研究フェーズから、デジタルTX回路を構成するチップ等の準備とそれらを用いた実験試作による性能評価のフェーズへの移行が必要となる。チップの準備については、デバイスベンダ独自の開発を待つ以外に、デバイスベンダと連携して開発していく方法が考えられるが、どちらの方法にしてもデジタルTX回路に必要なチップの開発動向に注目しつつ、実験試作・性能評価フェーズへの移行を検討していく。また、デバイスベンダと連携した開発を実施する場合は、本研究開発で得られた特許やノウハウの活用についても検討していく。

(2)展望

大規模Massive MIMOの実用化には、装置サイズが大きくなりすぎないように、Sub6帯よりもアンテナ間隔を狭めることができるFR3(7～24GHz)の新しい周波数帯の利用が適している。FR3は、WRC-27で議論されることが決まっており、その後、世界的に周波数の整備が進むことが予想される。そのため、5年後となる2030年頃を目途に、FR3を用いた大規模Massive MIMOの製品化について検討していく。また、大規模Massive MIMOの製品化に合わせて、本研究開発の成果であるデジタルTX回路を実用化することで、Beyond 5Gで想定される通信容量の増大に対応しつつ基地局の消費電力の大幅な低減に役立つことができる。これにより、将来の移動通信インフラを支えるとともに、社会や国民の利益向上に貢献していく。