

新たな周波数リソースを必要としない同時送受信システムの研究開発 (155002002)

Research on Simultaneous Transmission and Reception System Without Additional Frequency Resource

研究代表者

本間 尚樹 岩手大学

Naoki Honma Iwate University

研究分担者

陳 強[†] 袁 巧微^{††} 竹村 暢康^{†††}

Qiang Chen[†] Qiaowei Yuan^{††} Nobuyasu Takemura^{†††}

[†]東北大学 ^{††}仙台高等専門学校 ^{†††}日本工業大学

[†]Toyohoku University ^{††}Sendai National College of Technology ^{†††}Nippon Institute of Technology

研究期間 平成 27 年度～平成 29 年度

概要

本研究開発では中継局または基地局が同時に同一周波数で送信と受信を行う伝送方式について検討を行った。同時送受信システムで送信側から受信側に回り込む自己干渉信号が大きな問題になるが、本方式では、送信アンテナはビームフォーミングによって与干渉を抑圧する。また、受信側では残存する干渉を信号処理によって抑圧する。本研究開発では特に、干渉抑圧に適した新しいアンテナ配置の実現法について検討を行い、高い干渉抑圧性能を期待できるアンテナ配置を見出した。更に、与干渉および雑音を低減する送受信装置の実現についても取り組み、受信アレーアンテナに対してはアナログ信号処理を応用した方法を考案しその効果を検証した。また、フィールド実験を行い、同時送受信を行うことによって得られる伝送速度向上効果について明らかにした。

1. まえがき

移動通信ではより高い通信速度の実現が求められ続けている。周波数資源は有限であるため、周波数を広げずに伝送速度向上を実現する技術が求められている。近年は MIMO (Multiple-Input Multiple-Output) と呼ばれる複数アンテナを用いた同一周波数における並列伝送技術が急速に発展し実用化されている。これによって周波数利用効率をアンテナ数倍に高められるようになった。しかし、端末に搭載可能なアンテナ数には限界があり、端末あたりの伝送速度の向上には限界がある。

一方、全二重方式についてはこれまで劇的な改善は実現されていない。全二重方式とはアップリンク（上り回線）とダウンリンク（下り回線）の多重化方式を指しており、上下で異なる周波数を用いる FDD (Frequency Division Duplex) や異なる時間を用いる TDD (Time Division Duplex) 方式が用いられてきている。これらのシステムのように上下のリソースを等分した場合、帯域あたりの伝送速度は半分になる。

Full-Duplex 方式では、アップリンク回線とダウンリンク回線を同一周波数で同時に確立することで、従来の TDD / FDD システム 2 倍の周波数利用効率を実現することができる。しかし、強力な送信信号が自己の受信機に干渉するため、従来は同一周波数の信号を同時に送受信することが困難であると考えられてきた。一方、本方式では Tx・Rx に異なるアンテナを固定的に割り当て空間的に分離し、送受信アンテナ間の自己干渉抑圧を行うことによって、従来と同等のハードウェア規模で同時送受信を実現することで、周波数利用効率を大幅に改善できることが期待できる。

しかしながら、このような方式の実現を考えた場合、基地局・中継局内の干渉抑圧法の効果の検証、送信および受信

端末局が混在する場合に生じる端末間干渉の問題を解決する必要がある。そこで、本研究では、同一周波数内で同時送受信を行う Full-Duplex 方式について、このような送受信分離型基地局・中継局装置の実現法と、端末間干渉の抑圧法を確立することを目的としている。

次に本研究開発で取り組んだ Full-Duplex システムの前提と細分化した検討課題について説明する。想定するシステムでは送信端末（アップリンク）と受信端末（ダウンリンク）が同時に存在し、基地局は送信アレーアンテナと受信アレーアンテナの両方を有するものとする。このようなシステムに対して、本研究開発では、(A) Full-Duplex ハードウェアの開発、(B) 伝送性能評価、(C) マルチユーザ性能評価、の 3 項目について取り組むことで、Full-Duplex 基礎技術を確立することを目的とした。

2. 研究開発内容及び成果

(A) Full-Duplex ハードウェアの開発

図 1 は本研究開発で構築した Full-Duplex ハードウェアの全景である。送信信号および受信信号を司るベースバンド装置を中心として、送信系はアップコンバータと送信アレーアンテナから構成されており、受信系は受信アレーアンテナ・干渉抑圧回路・ダウンコンバータから構成されている。受信アレーアンテナはスリーブアンテナ 8 素子により構成されており、その直下にラットレースハイブリッド回路を組み合わせた干渉抑圧回路が接続されている。この干渉抑圧回路は誘電体基板上に構成されている。アンテナと回路を組み合わせた評価の結果、本構成によってアナログだけで 13 dB 以上の干渉抑圧が実現されることが明らかになった。

(B) 伝送性能評価

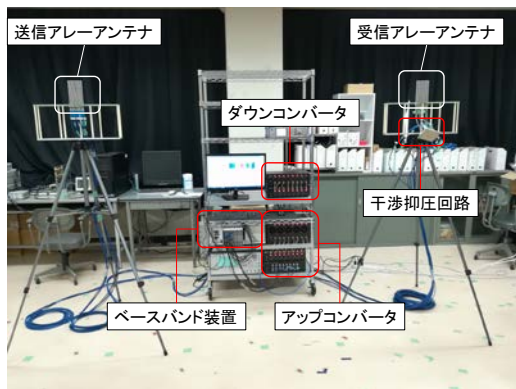
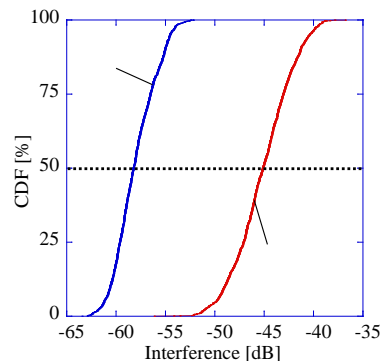
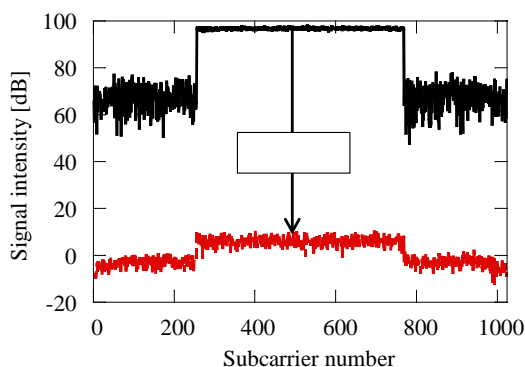


図1. 構築した12 GHz帯 8 × 8 Full-Duplex装置



図3. フィールド実験の様子



Full-duplex 基地局／中継局の伝送性能の評価を行った。図 2 は送信アンテナから出力される送信信号と、干渉抑圧処理を施した場合に受信系に残留する自己干渉の周波数スペクトラムを測定した結果である。ここで、測定は周囲に散乱物等の無い屋外環境にて実施されている。これより、受信系で残留する干渉電力を送信電力と比較すると、約 90 dB の干渉抑圧を実現していることが分かる。本方式によって、8 系統の送受信系の持つ 8 個の自由度のうち 1 個の自由度だけを干渉除去に用いることで、従来方式 (100 dB) に迫る性能が、簡易なハードウェアのみで実現可能であることが明らかになった。

(C) マルチユーザ性能評価

12.9 GHz 帯においてマルチユーザ Full-duplex の性能をフィールド実験により評価した。図 3 は本フィールド実験の概要を表す図である。2 つの端末アンテナ間のチャンネルと、送信端末 (UT1) と基地局 (BS) 間のチャンネルと、受信端末 (UT2) と BS 間のチャンネルを測定する。これらの測定したチャンネルをもとにポスト処理を行うことによってマルチユーザ Full-duplex の伝送性能を評価する。

図 4 は端末間チャンネル (UT1 ↔ UT2) に着目し干渉抑圧効果を評価した結果である。ここで、干渉抑圧アルゴリズムとして、送信端末 (UT1) がチャンネル情報をもとに最も与干渉が大きい固有ビームを抑圧するようなビームフォーミングを行う方法を採用している。なお、この場合は自由度を 1 だけ消費する。これより、送信ビームフォーミングを行うことで、干渉が 10 dB 以上抑圧されることが確認された。

3. 今後の研究開発成果の展開及び波及効果創出への取り組み

Full-duplex 実現には様々な研究課題が存在するが、多くの研究者・技術者と連携することで Full-duplex 実現を加速してゆく。さらに、具体的なアプリケーションとして、

第 5 世代移動通信システムおよびその次の世代への適用検討についても進める。将来的 Full-duplex 技術の本格導入に向けて日本がイニシアティブを取ることができるよう、実用化検討についても取り組む。

4. むすび

本研究では、同一周波数内で同時送受信を行う Full-Duplex 方式について、送受分離型基地局・中継局装置の実現法と、端末間干渉の抑圧法を確立することを目的として検討を進めた。Full-Duplex ハードウェアの開発、伝送性能評価、マルチユーザ性能評価の 3 項目について取り組み、新たな周波数リソースを使用しない同時送受信システムに関わる基礎技術を確立した。

【誌上发表リスト】

- [1] M. Tsunezawa, N. Honma, et al., "Rotationally-symmetrical array for self-interference reduction in full-duplex MIMO," IEICE Commun. Express, vol.6, no.6, pp.363-368, Jun. 2017.
- [2] M. Tsunezawa, K. Takahashi, N. Honma, et al., "Antenna arrangement suitable for full-duplex MIMO," IEEE Trans. Antennas and Propagat., vol.65, no.6, pp.2966-2974, Jun. 2017.
- [3] Y. Kashino, M. Tsunezawa, N. Honma, et al., "Inter-terminal interference evaluation of full duplex MIMO using measured channel," IEICE Trans. Commun., vol.E101B, no.2, pp.434-440, Feb. 2018.

【申請特許リスト】

- [1] 本間尚樹、山本芳之、陳強、袁巧微、同時送受信用アレーアンテナ、日本、2017年03月03日