

平面導波管スロットアンテナの高い交差偏波識別度に基づく、 周波数の完全再利用無線アクセスシステムの研究開発 (041203004)

A Polarization Division Duplex System with Full Frequency Re-Use Based Upon the Extremely High Polarization Isolation of Planar Waveguide Slot Arrays

研究代表者

安藤 真 東京工業大学

Makoto Ando Tokyo Institute of Technology

研究分担者

廣川 二郎† 櫻井 仁夫† 平野 拓一† 朴 世鉉† 平地 康剛† 風間 保裕†† 大澤 英男††

永安 正俊†† 服部 修†† 小島 和也†† 三浦 庸平†† 野呂 崇徳†† 常光 康弘††

Jiro Hirokawa† Kimio Sakurai† Takuichi Hirano† Sehyun Park† Yasutake Hirachi†

Yasuhiro Kazama†† Hideo Ohsawa†† Masatoshi Nagayasu†† Osamu Hattori††

Kazuya Kojima†† Yohei Miura†† Takanori Noro†† Yasuhiro Tsunemitsu††

†東京工業大学 ††日本無線株式会社

† Tokyo Institute of Technology †† Japan Radio Co., Ltd.

研究期間 平成 16 年度～平成 18 年度

本研究開発の概要

偏波共用平面導波管スロットアンテナの極めて高い交差偏波識別度と、干渉キャンセル回路とを組み合わせ、総合して 100 dB 以上の近接配置異偏波アンテナ間アイソレーションを実現し、直交する 2 偏波を干渉なく利用し、準ミリおよびミリ波帯の比較的短距離通信において、同一周波数を 2 倍に再利用する無線アクセスシステムを実現する。多数の加入者を対象とする無線アクセスでの周波数不足を克服し、併せてアンテナと回路の一体化により従来の約 1/10 の低価格化を目標として、準ミリおよびミリ波帯の民生 IT インフラサービスへの普及を促進する。

現在 1 対向数百万円台を約 1 桁低価格化するためにアンテナと無線機を一体化し、26GHz 帯で 240×480×100mm³ 程度の量産低価格化小型薄型無線システムの実現性と周波数の有効利用を示す。

Abstract

A Polarization Division Duplex System with Full Frequency Re-Use Based Upon the Extremely High Polarization Isolation of Planar Waveguide Slot Arrays is proposed. The total required isolation between transmission and reception in the same frequency of more than 100dB was realized by the 80dB polarization isolation of two single layer waveguide slot arrays placed side-by-side as well as the 25dB polarization interference canceller. BER measurements were conducted in the outdoor model radio link using the arrays and circuits with FPGA and full frequency re-use was confirmed.

1. まえがき

本研究は、限りある電波資源、周波数の枯渇に対処するため、偏波分離により周波数利用効率を倍増し、併せて 2 偏波平面アンテナと無線回路を一体化した小型で経済的な無線システムを開発するものである。大容量高速度伝送には、準ミリからミリ波の高い周波数と高い利得のアンテナの利用が予想される。さらに降雨減衰等も考慮すると、数 km 以内の比較的短距離な伝搬となり、いわゆる直達波システムが活用される。この伝搬環境で、極限に近い交差偏波識別度を有するアンテナと、交差偏波補償回路の併用により、約 100dB の送受アイソレーションを有する無線システムを実現し、周波数を完全 (2 倍) に再利用することに挑戦する。

2. 研究内容及び成果

限られた周波数帯域で通信容量を増大させる技術として、同時刻、同一周波数で直交する偏波面を利用して送受信を行う新しい複信方式 ~ 偏波分割複信 (PDD: Polarization Division Duplex) を提案し、本方式の装置を試作した。図 1 に示すように、本方式では自局の送信信号が受信側に回り込むことによって生じる干渉信号の低

減が課題だが、アンテナの偏波分離度 (アイソレーション約 80dB) と偏波干渉キャンセラ (干渉除去比約 25dB) により、送受間のアイソレーションを 100dB 以上確保できた。

試作した無線装置は、一対一通信の固定無線アクセスシステムを想定した装置であり、アンテナ/RF ユニットとベースバンド/IF ユニットにより構成する。装置のブロック図を図 2、アンテナ/RF ユニットの外観を図 3、ベースバンド/IF ユニットの外観を図 4、無線フレーム構成を図 5 にそれぞれ示す。

図 2 に示すように、アンテナ/RF ユニットは、直交偏波対応一体型アンテナと 26GHz 帯の無線部を搭載する。ベースバンド/IF ユニットは、直交変復調器、偏波干渉キャンセラ、変復調処理部、誤り訂正復号部やフレーミングを行うデータ処理部、ネットワークインタフェース部を搭載する。ベースバンド/IF ユニットに搭載するおもな信号処理は FPGA (Field Programmable Gate Array) で実装した。

PDD 方式を採用することで、周波数利用効率が従来の TDD (Time Division Duplex) や FDD (Frequency Division Duplex) のおよそ 2 倍となり、シンボルレート 20M シンボル/秒、変調方式 QPSK で実効伝送レートは上

下回線ともに最大 36.6Mbps を実現することができた。
無線フレーム構成は、図 5 に示されるように Gap と呼ぶ無送信区間を設けた構成とし、送受間で半フレームずれたタイミングで送受信を行う。これにより受信フレームの Gap 区間でパラメータの最適化を行い、信号区間では最適化されたパラメータを用いて干渉信号を除去する。これにより、キャンセラ性能の大幅な向上を図っている。

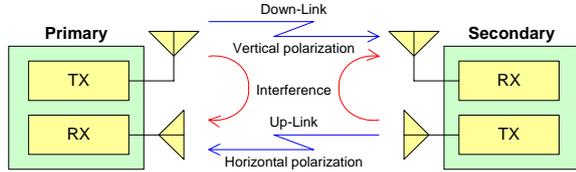


図 1 PDD 方式

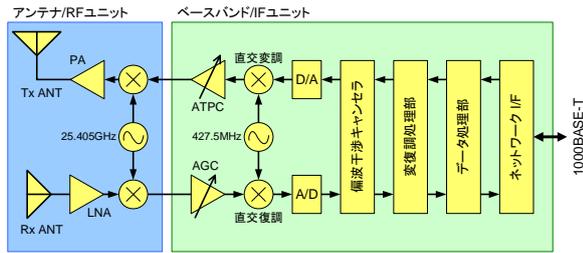


図 2 試作装置ブロック図



図 3 アンテナ/RFユニット

図 4 ベースバンド/IFユニット

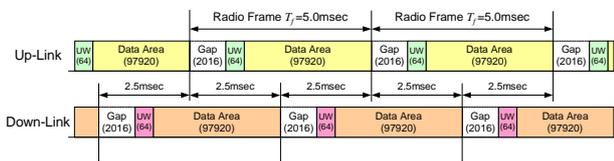


図 5 無線フレーム構成 (括弧内の単位はシンボル)

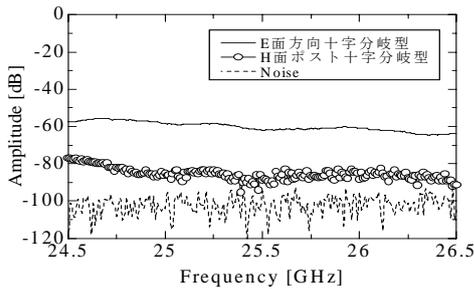


図 6 送受信間アンテナのアイソレーション

図 3 で示す一層構造導波管スロットアレーアンテナはスロット板とベースをネジ止めすることで実現可能な特徴を持っている。スロットアレー面対称性を利用した直交配置により、図 6 に示すように 26GHz 帯において約 80dB の極めて良好なアイソレーション特性を得られる。

図 7 に示す屋外モデルシステムを構築し、交差偏波送信出力を 10dBm とし、偏波干渉キャンセラ ON/OFF についてそれぞれ測定を行い、希望信号電力対ビット誤り率特性を取得した。測定結果を図 8 示す。ビット誤り率が 1×10^{-6} における固定劣化は 1.5dB 以下となり、良好な結果を得た。

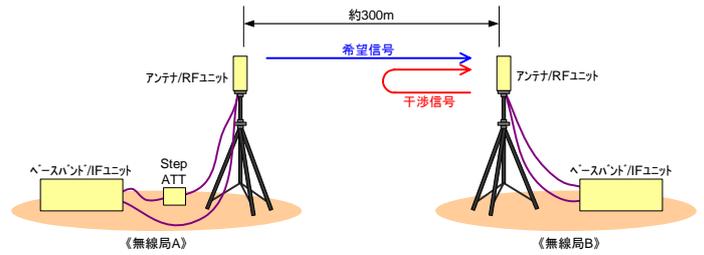


図 7 実験用屋外 Model 伝播システム

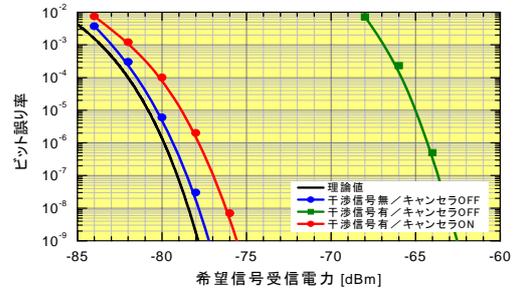


図 8 Model 伝播システム BER 測定結果

3. むすび

一層構造逆相給電導波管スロットアレーアンテナの特徴を生かし、キャンセラと組み合わせることで周波数の完全再利用無線アクセスシステムが実現できた。

【誌上発表リスト】

- [1] Y. Tsunemitsu, SeHyun Park, J. Hirokawa, M. Ando, Y. Miura, Y. Kazama and N. Goto, "Reflection Characteristics of Center-Feed Single-Layer Waveguide Arrays", IEICE Trans. Commun., Vol.E88-B, No.6, pp.2313-2319, (June 2005).
- [2] 常光、広川、安藤、三浦、風間、後藤、"直交偏波一層構造導波管スロットアレーアンテナのアイソレーション特性解析、" 電子情報通信学会ソサイエティ大会論文集、CS-1-2 (金沢大学) (9/9-9/22, 2006)
- [3] Y. Tsunemitsu, J. Hirokawa, M. Ando, Y. Miura, Y. Kazama, and N. Goto, "Polarization Isolation Characteristics Between Two Center-Feed Single-Layer Waveguide Arrays Arranged Side-by-Side," ACES Journal, Vol.21, No.3, pp.240-247, (Nov. 2006.)

【申請特許リスト】

- [1] 平出、風間、三浦、常光、廣川、安藤、後藤、交差偏波通信システム、日本国、平成 17 年 1 月 20 日
- [2] 後藤、風間、三浦、常光、安藤、廣川、直交偏波アレーアンテナ、日本国、平成 17 年 12 月 9 日
- [3] 小島和也、永安正俊、無線送受信機、日本国、平成 19 年 2 月 26 日

【受賞リスト】

- [1] 安藤、齊藤、村上、渡辺、武山、電波産業会電波功績章総務大臣表彰、"26GHz 帯高速 FWA システムの開発・実用化"、2004 年 6 月 23 日
- [2] 安藤真、総務大臣表彰「情報化促進部門」、2006 年 9 月
- [3] 常光康弘、IEEE 最優秀賞、"ワイヤレスファイバーでみんなをつなごう！"、2006 年 12 月 11 日