

人と社会インフラが連携する医療 ICT ネットワークの構築に向けた人体・伝搬影響適応制御ウェアラブルアンテナと OTA 評価方法に関する研究開発 (145005101)

Wearable Antenna and OTA Assessment Considering Human Motion and Propagation Effects for MICT Network Establishment with Cooperation of Human and Social Infrastructure

研究代表者

小川晃一 富山大学

Koichi Ogawa Toyama University

研究分担者

本田和博[†] 小柳芳雄^{††} 佐藤浩^{††} 三浦律^{††}

Kazuhiro Honda[†] Yoshio Koyanagi^{††} Hiroshi Sato^{††} Ritsu Miura^{††}

[†]富山大学 ^{††}パナソニック株式会社

[†]Toyama University ^{††}Panasonic Corporation

研究期間 平成 26 年度～平成 27 年度

概要

本研究では、平成 25 年度に採択されたフェーズ I の成果に基づき、多素子化・高周波化を図り、人が腕を振りながら多重波伝搬環境中を歩行している状況で MIMO アンテナを OTA 評価できる世界に類を見ない腕振り電磁ファントム 3 次元フェージングエミュレータを用い、提案アンテナによってギガビットクラスの MIMO 伝送と高信頼性医療データ BAN 通信が可能であることを富山大学とパナソニック株式会社で共同して実証する。

1. まえがき

LTE など MIMO 技術をベースにしたスマートフォンの爆発的な普及により高速移動通信技術が人々の身近な存在になってきた。将来は、MIMO 技術のより高度な利用によって既存のサービスに留まらず、マルチキャスト動画メール、4k や 8k ビデオ高速ダウンロードなどの新しいサービス（利用技術）が誕生すると思われる。その実現のためにはギガビットクラスの超高速通信が不可欠である。移動通信の将来技術に対するもう 1 つの潮流は BAN (Body Area Network) である。BAN 技術は情報通信技術 (ICT 技術) を医療に役立てるものであり、身体の様々な場所に装着した各種無線センサーによって血圧や心拍数等のバイタルサインデータを取得し、これにより健康管理や在宅医療を実現する。

本研究の目的は、人の動きと伝搬影響を同時かつ適応的に制御する重み付け到来波合成によって、日常生活でストレスなくギガビットクラスの超高速通信と高信頼性医療データ通信を享受することができる腕装着ウェアラブルアンテナを実現し、これにより、人と社会インフラが連携する新しい医療 ICT ネットワークを構築することである。

2. 研究開発内容及び成果

本研究課題の基礎となる偏波制御アンテナ（特願 2015-016088、図 1 参照）は、空間的に直交する 3 本のアンテナの内、ユースシーン（端末使用者の動作）に応じて回転軸に直交する 2 本を選択する。2 本のアンテナの受信信号 (s_V, s_H) は伝搬環境によって変化する交差偏波電力比 XPR と人の動作によって変化するアンテナの傾き角度 α を変数とする重み付け関数 (W_V, W_H) を用いて合成する。いずれのキーパラメータとも受信信号の偏波が制御対象である。偏波を制御するには従来のベースバンド信号処理では対応できない。そこで、RF 信号処理に挑戦した。RF 部で処理することで、下り回線（受信）のみならず上り回線（送信）への対応も可能となること、ベースバンド LSI からのフィードバックを用いないオープンループ制

御による簡便な信号処理であること、スカラー制御のみの簡素な回路構成であること、将来の通信システムにも対応できる信号の連続性が維持できることが提案アンテナの特徴である。

$$a = W_V s_V + W_H s_H e^{j\tau} \quad (1)$$

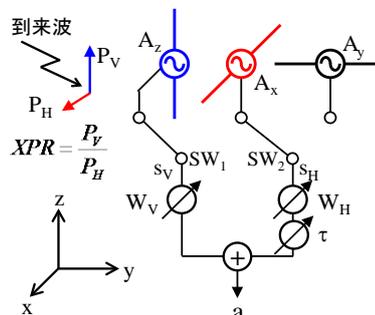


図 1 偏波制御アンテナ

御による簡便な信号処理であること、スカラー制御のみの簡素な回路構成であること、将来の通信システムにも対応できる信号の連続性が維持できることが提案アンテナの特徴である。偏波制御アンテナを実用化するため、小型・低背化したパッチ付き円板装荷モノポールアンテナ (DLMP: Disk-Loaded Monopole Stacked with Patch Antenna) を富山大学において開発し、パナソニック株式会社にて DLMP を端末に実装できるように多層基板を用いて試作した (特願 2016-009589)。試作した DLMP を図 2 に示す。提案アンテナは円板装荷折り返しモノポールアンテナと、直交する 2 つの給電点を有するパッチアンテナを組み合わせた構造であり、7×7cm の地板上に 5.18cm×5.18cm×0.98cm サイズのアンテナを開発した。

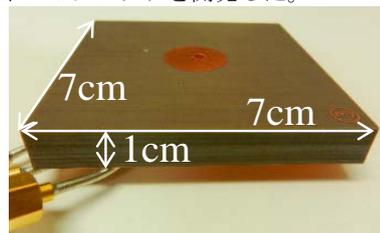


図 2 パッチ付き円板装荷モノポールアンテナ

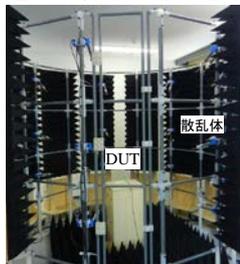
偏波制御アンテナは直交する 3 本のアンテナのうち有意な 2 本のアンテナをスイッチで選択し、伝搬環境 XPR とアンテナ傾き角度 α をパラメータとした重み関数を用いて信号を合成する。従って、実用化するには低損失な比率可変型電力分配合成回路について検討する必要がある。そこで、パナソニック株式会社において比率可変型電力分配合成回路を開発した(特願 2016-014258, 2016-014259)。その写真を図 3 に示す。



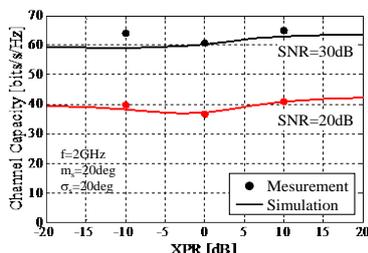
図 3 比率可変型電力分配合成回路

提案アンテナの性能検証を実施した。提案している 8×8 MIMO のような水平および鉛直の両方向にわたって空間的に配置された 2 次元配置 MIMO アレーアンテナの伝送容量は全立体角に渡って多数の散乱体を 3 次元的に配置することによって 2 次元配列 MIMO アレーアンテナの OTA 評価を行うことが可能である。そこで、3 次元 OTA 評価装置の設計指針について検討し、その設計指針に基づき 3 次元 OTA 評価装置を製作した(図 4(a))。

伝搬環境の変数である XPR を変化させたときの MIMO 伝送容量の測定結果を図 4(b) に示す。図より、偏波制御アンテナは動作原理に基づき XPR を変化させても高い伝送容量を維持でき、セル中央の $SNR = 30\text{dB}$ において 60bits/s/Hz 以上、セル端の $SNR = 20\text{dB}$ において 35bits/s/Hz 以上の伝送容量が XPR に関わらず極めて安定して得られることを 3 次元 OTA 装置により実証した。



(a) OTA 評価装置



(b) XPR を変化させたときの 8×8 MIMO 伝送容量

図 4 OTA 評価装置と実験結果

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

開発した偏波制御アンテナの商用化検討例 2 件を示す。介護現場における作業者の負担軽減のため、腕等に装着可能で脈拍等のバイタルデータを常時取得できるウェアラブル無線端末を開発中である(図 5)。端末は人体への長時間装着が前提であり、小型低背かつ人の姿勢や装着位置が変化しても安定した通信を確保できる必要がある。

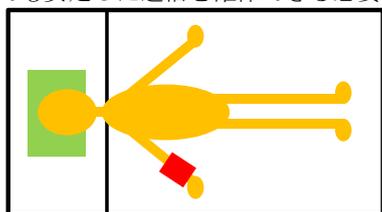


図 5 腕装着型ウェアラブル無線端末

また、インダストリア 4.0 に代表されるよう、工場内に IoT 無線端末を導入し、環境情報や装置の稼働情報を収集することで生産効率を向上させる取り組みを行っている(図 6)。端末は、装置間の空きスペースへ自由にレイアウトできるように小形であるとともに、乱反射の多い多重波伝搬環境下でも安定して通信できる必要がある。



図 6 生産現場向け IoT 無線端末

上記 2 例に共通するアンテナの課題として、「小形」かつ「指向性や偏波を切替えて通信環境に適用可能」なことが求められ、本研究で得られた成果を適用することでより高い社会貢献を果たすことができる。

4. むすび

提案する偏波制御アンテナを用いることにより、伝搬環境やアンテナ傾き角が変化しても超高速・高信頼性通信が実現可能であることを実証した。これにより、人の歩行動作と多重波伝搬によって生じる通信影響を適応制御する重み付け到来波合成によって、日常生活でストレスなくギガビットクラスの超高速通信を楽しむことができる腕装着 MIMO アレーアンテナの実現へ着実に前進している。

【誌上発表リスト】

- [1] 小柳芳雄, “モバイル通信端末用小形アンテナの設計課題とその解決技術”, 電子情報通信学会論文誌 B Vol.J98-B No.9 pp.842-852 (2015 年 9 月発表)
- [2] K. Honda, K. Li, and K. Ogawa, “Weighted-Polarization Wearable MIMO Antenna with Three Orthogonally Arranged Dipoles Based on RF Signal Processing”, IEICE Transaction on Communications Vol.E99-B No.1 pp58-68 (2016 年 1 月発表)
- [3] K. Li, K. Honda, and K. Ogawa, “Three-Dimensional Over-The-Air Assessment for Vertically Arranged MIMO Array Antennas”, IEICE Transaction on Communications Vol.E99-B No.1 pp167-176 (2016 年 1 月発表)

【申請特許リスト】

- [1] 小川晃一、本田和博, “アンテナ装置”, 日本, 2015 年 1 月 29 日申請
- [2] 佐藤浩、小柳芳雄, “円板装荷モノポールアンテナ及び通信装置”, 日本, 2016 年 1 月 21 日申請
- [3] 三浦律、小柳芳雄、佐藤浩, “通信装置”, 日本, 2016 年 1 月 28 日申請

【受賞リスト】

- [1] 狩谷健登、李鯤、本田和博、小川晃一、柳芳雄、佐藤浩、三浦律、電気関係学会北陸支部連合大会電子情報通信学会学生優秀論文発表賞, “商用 LTE スマートフォン 2×2 MIMO アンテナの OTA 測定によるスループット変動メカニズム考察”, (2015 年 9 月 12 日発表)

【本研究開発課題を掲載したホームページ】

<http://www3.u-toyama.ac.jp/comsys/Lab/scope.html>