

超高速移動時の無線通信速度向上に向けた受信点移動型等化技術の研究開発 (135007103)

Enhancing Data Transmission Rate on High Speed Vehicles by Cancellation of Movement at Reception Point

研究代表者

相河 聡 兵庫県立大学大学院

Satoru Aikawa Graduate School of Engineering, University of Hyogo

研究分担者

山本 真一郎[†] 塚本 悟司^{††} ウェバー ジュリアン^{††} 熊谷 智明^{††}

Shinichiro Yamamoto[†] Satoshi Tsukamoto^{††} Julian Webber^{††} Tomoaki Kumagai^{††}

[†]兵庫県立大学大学院

^{††}国際電気通信基礎技術研究所

[†]Graduate School of Engineering, University of Hyogo ^{††}Advanced Telecommunications Research

Institute International

研究期間 平成 25 年度～平成 27 年度

概要

超高速移動時に通信速度が大きく低下する主要な要因であるフェージングの影響を軽減する受信点移動型等化技術を確立した。移動体上にリニアアレーアンテナを移動方向に沿って素子が並ぶ様に設置し、移動を打ち消す方向に順次受信素子を切り換えることで受信処理における実質的な移動速度を低下させる。フェーズⅡでは、本技術を実装したアンテナシステムを試作して、移動実験の実測データに基づいたシミュレーションによりその性能を示す。

1. まえがき

携帯電話や無線 MAN などの移動通信システムでは、端末の高速移動時に高い通信速度の実現が困難となる。特に、新幹線のように 300km/h を超える超高速移動体内では通信速度の低下が著しく、利用者からの改善要求も高い。多数の端末が高密度に存在し移動を伴う環境下では、各端末が個別に移動体外の基地局と通信を行うより、図 1 に示すように移動体内に設置された中継機器を経由して通信する方が周波数利用効率の面から好ましく実施例もある。

本研究ではシステムパラメータや基地局機能を大幅に変更することなく、超高速移動時にも高い通信速度が実現可能な受信点移動型等化技術の実用化に向けた研究開発を行った。具体的には、周波数利用効率向上と超高速移動体内でも通信速度低下の無い快適な通信環境の実現を目指し、新幹線などの 1 次元的に移動する超高速移動体内で低速移動時と同等の高速大容量通信が可能な連続切換型アレーアンテナ技術 (図 2) を確立した。

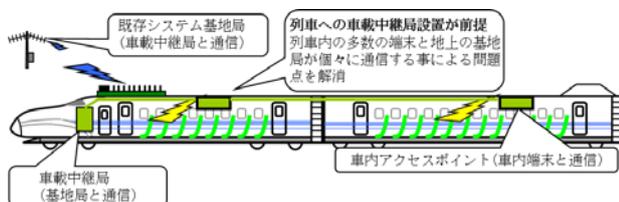


図 1 実用化時のイメージ図

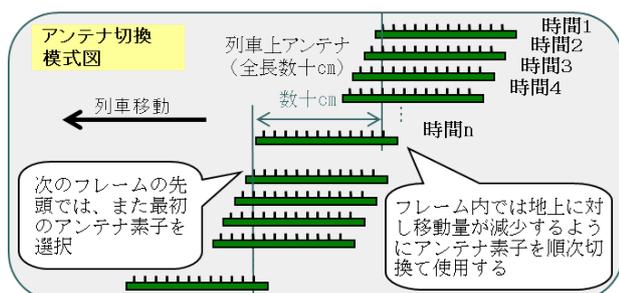


図 2 アンテナ切換模式図

2. 研究開発内容及び成果

本研究では、以下の課題ア～ウについて取り組んだ。

【課題ア】アンテナ切り換えに伴う受信信号ひずみの補償方式に関する研究

従来より課題となっていた、アンテナ切り換え時の受信信号の変動や受信点位置の変動幅を減少させるには、素子間隔を狭めれば良いが、これには物理的な限界がある。そこで、素子切換えにより選択された複数のアンテナ素子からの入力を重み付け合成する手法を提案し、計算機シミュレーションにより効果を確認した。シミュレーションでは波形歪の変動を評価するため、二波干渉の条件で高速移動した時のノッチ周波数の変動を求め、アンテナ間隔を半波長とした場合でも、合成する際の重みを制御することによりノッチ周波数の変動を抑えられることを確認した。図 3 にシミュレーション結果を示す。図 3(a)より 1 素子で受信した場合には時間とともにノッチ位置が変動していることがわかる。これに対して、図 3(b)に示すように提案した合成を行うことでノッチ周波数の変動を抑えることができており、移動速度を見かけ上低減できることを意味しており、自動車程度の移動速度に対するフェージング対策の適用範囲内になる。

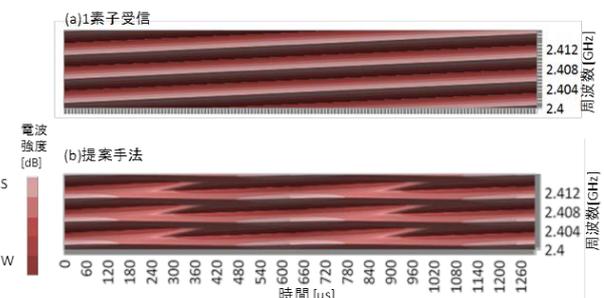


図 3 1 素子受信時と提案手法のシミュレーション結果

【課題イ】アンテナ切り換え時期・素子選択の最適制御方式に関する研究

連続切換型リニアアレーアンテナ(SSAA: Sequential Switch Array Antenna)では、移動体上にリニアアレーア

アンテナを移動方向に沿って素子が並ぶ様に設置し、移動を打ち消す方向に順次受信素子を切り換えるが、従来技術では複数の素子を使いながらも MIMO に対応していなかった。そこで、複数素子の切換えタイミングを同期させ、選択されている各素子間の相対的な間隔を常時一定になるよう制御することで、MIMO を実現できると考え、実験用アレーアンテナシステムとオフラインシミュレーションによる BER 評価を行った。再現性を考慮し、電波暗室内に反射体等を設置してスケールモデルによる実験環境を構築し、図4に示す機器構成により RF 信号を発生した。オフライン処理により求めた BER を図5に示す。SSAA では MIMO の効果として従来のアンテナと同等の性能が期待でき、加えて、速度を 1/10 とした時と同程度の BER 改善を確認した。2x2 MIMO でのスループットは従来の単一アンテナでのスループットと空間多重による効果との掛け合わせとして評価できることから、これらの結果から移動速度を 1/2 にした場合と同程度以上の通信速度を実現できる事が確認できたと言える。

本研究では 2x2 MIMO での評価を行ったが、より多くの素子による MIMO への適用時でも素子間の差異を校正すれば MIMO のキャパシティは変わらないことから、幅広い応用が期待できる。適用を想定している高速鉄道等において、極めて効果的な技術と考えられる。

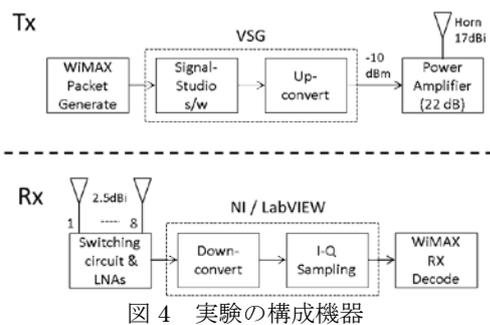


図4 実験の構成機器

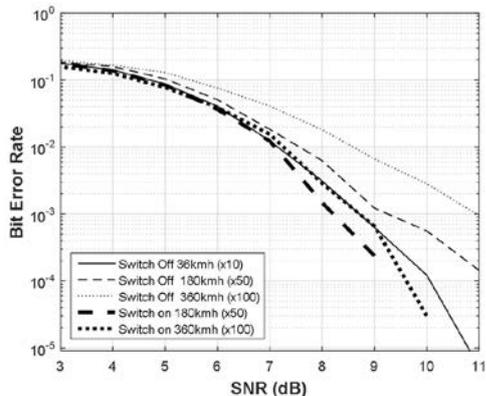


図5 等価的移動速度 180 及び 360km/h 時の BER

【課題ウ】実測データによる動作検証とアンテナ設置方法に関する研究

試作した実験用アレーアンテナシステムを用いた実験データから、本技術によりドップラーシフトやその他伝搬路変動の影響を軽減して、移動速度を 1/2 にした場合と同程度以上の通信速度を実現できる事を確認した。

大型電波暗室内や実験室で伝搬測定用アレーアンテナと 3.6km/h で移動する受信信号記録装置により取得した実験データからアンテナ素子間隔と移動速度の不一致やアンテナ切り換えタイミングのずれが存在する状況でのデータを受信信号再生装置により抽出して、これによるシミュレーションをシミュレーション用 PC にて行った。そし

て、実環境を想定した条件下でアンテナ切り換えに伴う新たな EVM の増加を 3%以下に抑えられることを確認した。

また、大型電波暗室内で実験用アレーアンテナと受信信号記録装置による実験データをもとに、アンテナ切り換え時期や使用する素子の選択の最適化を行い、測定結果をもとにしたシミュレーションから 2x2 MIMO として動作させた時のコンディションナンバを、SISO に対しほぼ 2 倍の多重度が得られる 10 dB 以下にできることを確認した。

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

本成果の展開先としては、ミリ波などの高速フェージングへの対策が必要で、直線的な移動を行うほとんどの移動体が対象となりうるが、実用化までには空気抵抗の増加が少ないアンテナ搭載技術や移動速度の検出方法など無線技術以外にも適用対象毎に解決すべき課題が複数存在する。成果展開に向けては、対象を絞り、ヒアリング等により課題抽出やニーズの掘り起こしを行う予定である。

4. むすび

超高速移動時における受信点移動型等化技術を確立した。移動体上にリニアアレーアンテナを移動方向に沿って設置し、移動を打ち消す方向に順次受信素子を切り換え、受信処理での実質的な移動速度を低下させてフェージングの影響を軽減することができた。

【誌上发表リスト】

- [1]S.Yamamoto, S.Aikawa, "Multiple Antenna Combining for Sequentially Switched Antenna Array Receivers", IEEE Transactions on Electronics, Information and Systems Vol.136 No.7 pp1029-1030 (2016年7月)
- [2]J.Webber, S.Tsukamoto, T.Maeda, T.Kumagai, S.Yamamoto, S.Aikawa, "Sequentially Switched Antenna Array and Application to a WiMAX System", The 21st Asia-Pacific Conference on Communications pp158-163 (2015年10月14日)
- [3]T.Fujita, S.Yamamoto, S.Aikawa, S.Tsukamoto, J.Webber, T.Kumagai, "Study on Multiple Antenna Combining for Sequentially Switched Antenna Array Receivers", 2015 International Symposium on Antennas and Propagation pp788-790 (2015年11月12日)

【申請特許リスト】

- [1]塚本悟司、前田隆宏、ウエバー ジュリアン、有吉正行、熊谷智明、山本真一郎、相河 聡、アンテナシステムと制御方法、日本、2015年1月
- [2]ウエバー ジュリアン、塚本悟司、前田隆宏、熊谷智明、アレーアンテナシステム、日本、2016年3月30日

【国際標準提案リスト】

- [1]3GPP TSG-RAN Working Group 4 meeting #74 (Athens, Greece), R4-151094, Wayforward on high speed train scenarios, 提案 2015年2月13日

【参加国際標準会議リスト】

- [1]3GPP TSG-RAN Working Group 会合, Athens, 2015年2月7-14日
- [2]3GPP TSG-RAN Working Group 会合, San Francisco, 2014年11月16-23日

【本研究開発課題を掲載したホームページ】

http://www.atr.jp/expo2015/2015_program.pdf (pp.28)