

機関番号：14301

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2008～2010

課題番号：20360170

研究課題名（和文） Cooperative 分散無線中継ネットワークのフィールドトライアル

研究課題名（英文） Field Trials of Cooperative Distributed Wireless Relay Networks

研究代表者

村田 英一（MURATA HIDEKAZU）

京都大学・大学院情報学研究科・准教授

研究者番号：60252475

研究成果の概要（和文）：

本研究では、2者（発呼局、宛先局）が直接に無線通信を行うのではなく、複数の中継局を利用する協力分散無線中継について屋外伝送実験を行った。複数の中継局は同じ周波数で同時に中継送信を行い、宛先局はその合成信号を受信する。この際、時空符号化を用いることによって空間ダイバーシチ効果を得て、伝送特性が改善される。本研究は、実際に車両2台と屋上に設置した中継局2局を用いて京都市街地において実験を実施し、伝送特性改善効果を明らかにした。

研究成果の概要（英文）：

In this study, field trials of cooperative multi-hop relaying are conducted. In this experiments, the source and the destination stations utilize two relay stations on the top of the buildings. These relay stations forward a received packet on the same carrier frequency simultaneously by applying Alamouti's space-time coding. This technique improves the transmission performance due to space diversity. Performance improvements in actual propagation environments are confirmed by the field trials.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	6,400,000	1,920,000	8,320,000
2009年度	6,400,000	1,920,000	8,320,000
2010年度	1,500,000	450,000	1,950,000
年度			
年度			
総計	14,300,000	4,290,000	18,590,000

研究分野：無線通信工学

科研費の分科・細目：電気電子工学・通信・ネットワーク工学

キーワード：無線中継，協力中継，協力ダイバーシチ，伝送実験，フィールド実験

1. 研究開始当初の背景

車や鞆、電気機器に埋め込まれた無線機、窓際や屋根等に設置した中継専用機、および利用者の携帯端末自身の中継機能を利用して近距離の通信を積み重ねることによって広い範囲の無線通信を自在に可能とするマルチホップネットワークについて、特に無線伝送方式の研究を行う。これはマルチホップ

ネットワーク（無線多段中継に着目）、またはメッシュネットワーク（固定無線中継局に主眼がある）と呼ばれ近年盛んに研究されているものであるが、多数の無線局が他のユーザの通信の中継を行う点は共通である。このような中継ネットワークではしかし、中継を重ねる毎にパケットの廃棄又はビットの誤りが累積するため、End-to-Endの伝送特性

がホップ数に比例して劣化してしまう。

これに対して、Cooperative 中継ネットワークが注目されている。Cooperative は「協調」「協力」「共同」等と訳されるが、複数の中継局の協力によって各中継伝送の伝送品質を大幅に改善するものである。このネットワークでは、無線伝送で実用化が進みつつある MIMO(Multi-Input Multi-Output)無線伝送技術が分散した中継局間で実現され、ダイバーシチ効果による伝送品質改善や、空間多重伝送による伝送容量拡大が行われる。

2. 研究の目的

本研究では、Cooperative 無線中継通信システムについて、多数の中継局の協力を無線信号処理において実現することを理論的に研究するのみならず、屋外（フィールド）における実験によっても実証する。中継通信において、一つずつ中継局を伝わるのではなく、複数の中継局を利用してホップ（中継）を重ねるシステムは Cooperative ダイバーシチ伝送等と呼ばれるが、我々は特に、ホップを重ねても end-to-end の伝送特性がほとんど劣化しない条件を見出し、理論的及び計算機シミュレーションによって証明している。我々の知る限り、マルチホップ伝送において特に画期的であるこの特長は、我々が世界で最初に指摘し、具体的な実現手段と成立条件を明らかにしている。

3. 研究の方法

無線装置については、中間周波数 10.85MHz 以下の信号処理部を全て研究室独自の設計によって FPGA に実装し動作を確認した。これには、送信側では PN 生成、複素信号へのマッピング、ルートナイキスト FIR フィルタリング、周波数変換を、受信側では周波数変換、ルートナイキスト FIR フィルタリング、サンプルタイミング同期、遅延検波、ビット誤り検出を含んでおり、一切の外部 IP を利用することなく独自に開発したものである。中間周波数から今回用いた約 1.3GHz の RF 帯へは市販の無線機を改造して利用しており、改造も含めて無線局免許を取得した。学生も含め全員無線従事者免許も取得した。まず、連続したデータ送信において遅延検波によって伝送特性を評価しており、誤り率特性のカーブの形自身はおおむね良好であった。引き続き、フェージングエミュレータを用いて伝送特性の把握を行い、計算機シミュレーション特性とほぼ一致することを確認した。この無線機 4 セットを用いてフィールド実験を行う。

4. 研究成果

このように、我々が過去に無線信号処理装置（干渉キャンセラ）を試作した経験をベースに、Cooperative 中継における送受信信号処理部全てを独力で FPGA によって試作した。

試作した 2 中継 2 ホップ伝送システムの伝送特性測定を京都市街において行った。これによって、本研究課題の目標が達成されたと言える。実験結果は国内研究会、国際会議、雑誌論文として公表済みである。

特に、パケット毎の送信電力制御を実現し、中継局数が 1 台の場合と 2 台の場合での総送信電力を揃える改善を施した。計算機シミュレーション等では容易なこの制御も、演算回路規模が制約される FPGA 実装では容易ではなく、独自の工夫によってかけ算回路を利用すること無く実現した。

このようにして試作した装置を車載可能な形とし、京都市街を発呼車両、宛先車両に走行させ、大学構内建物屋上に設置した 2 局の中継局を利用した伝送特性を取得した。この際、パケットに含まれる制御ビットに応じて、2 局の中継局をパケット毎に使い分けることによって、ほぼ同時に 3 種の伝送特性を計測している。この際に重要となるタイミング同期、周波数同期は、受信信号を元に行う方式を独自に実装している。

実験の結果、短区間フェージングやシャドウイング、パスロス、走行速度が複雑に変化する今回の実験においても、STBC を用いた協力中継が大きく伝送特性を改善することを明らかにした。

図 1 に実験車両の様子を、図 2 に中継局設置風景を示す。図 3 は実験結果であり、ビット誤り率の累積分布関数を示している。中継局 1 を経由した場合と、中継局 2 を経由した場合よりも、両方の中継局を利用して時空符号化によって中継した場合 (Coop.) の特性が大幅に優れることがわかる。図中の Route Diversity は、取得した実験データから、1 秒毎に誤り率の低い中継局に切り替えた場合を計算したものである。このように、中継局を 1 秒毎に良い方に切り替えるよりも、時空符号化協力中継を行った方が特性が良いことも読み取れる。



図 1 車両の準備風景



図2 中継局アンテナの設置風景

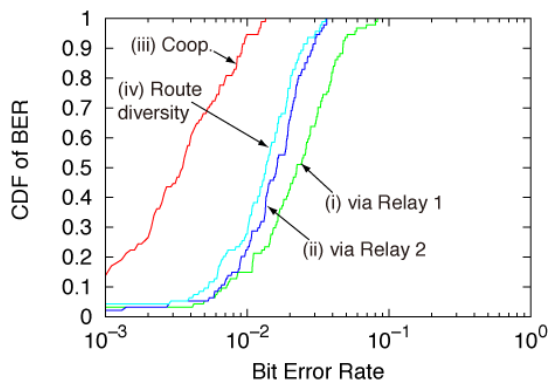


図3 ビットエラーレートの累積分布関数

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 1 件)

1. Hidekazu Murata, Yuji Oishi, Koji Yamamoto, Susumu Yoshida, “FPGA implementation of STBC based cooperative relaying system”, IEICE Trans. Commun., 査読有, Vol. E93-B, No. 8, pp. 1988-1992, Aug. 2010.

[学会発表] (計 17 件)

1. Tomohiko Mimura, Hidekazu Murata, Koji Yamamoto, Susumu Yoshida, “Pac-

ket transmission experiments of STBC-based multi-hop cooperative relaying”, Proc. IEEE International Conference on Communications (ICC2011), 査読有, Kyoto, June 2011.

2. 桑原章紘, 村田英一, 山本高至, 吉田進, “伝送実験によるマルチホップ協力通信方式の比較評価”, 電子情報通信学会技術研究報告, 査読無, RCS2010-227, pp.167-172, Jan. 2011.
3. 村田英一, “FPGA 評価ボードを用いたデジタル IF 方式送受信機の実装と特性”, チュートリアル講演, 査読無, BT-3-1, SS-104-SS-107, Sep. 2010.
4. 桑原章紘, 大石裕司, 村田英一, 山本高至, 吉田進, “市街地におけるマルチホップ協力通信の伝送実験結果”, 電子情報通信学会通信ソサイエティ大会, 査読無, B-5-31, p. 385, Sep. 2010.
5. Akihiro Kuwabara, Yuji Oishi, Hidekazu Murata, Koji Yamamoto, Susumu Yoshida, “Field experimental results of multi-hop cooperative communications using STBC technique”, Proc. IEEE Vehicular Technology Conference (VTC2010-Fall), 査読有, Ottawa, Sept. 2010.
6. 村田英一, 山本高至, 吉田進, “STBC を用いたマルチホップ協力通信の市街地伝送実験結果”, 電子情報通信学会技術研究報告, 査読無, RCS2010-70, pp. 131-136, July 2010.
7. 大石裕司, 桑原章紘, 村田英一, 山本高至, 吉田進, “STBC を用いるマルチホップ協力通信のフィールド伝送特性”, 電子情報通信学会総合大会, 査読無, B-5-35, p. 467, March 2010.
8. 大石裕司, 村田英一, 山本高至, 吉田進, “STBC を用いるマルチホップ協力通信のフィールド実験結果”, 電子情報通信学会技術報告, 査読無, RCS2009-226, pp. 109-114, Jan. 2010.
9. 村田英一, 山本高至, 吉田進, “【依頼講演】マルチホップ協力通信装置の構成とフェージングエミュレータを用いた伝送実験”, 電子情報通信学会通信ソサイエティ大会, 査読無, BS-3-4, p. S-55-S-56, Sept. 2009.
10. 桑原章紘, 村田英一, 山本高至, 吉田進, “マルチホップ協力中継のフィールド実験に用いるリアルタイム情報共有システム”, 電子情報通信学会通信ソサイエティ大会, 査読無, B-5-122, p. 472, Sept. 2009.
11. 大石裕司, 村田英一, 山本高至, 吉田進, “STBC を用いるマルチホップ協力

- 通信の伝送実験結果”，電子情報通信学会通信ソサイエティ大会，査読無，B-5-56，p. 405，Sept. 2009.
12. 大石裕司，村田英一，山本高至，吉田進，“STBCを用いるマルチホップ協力通信装置の伝送特性”，電子情報通信学会技術報告，査読無，RCS2009-98，pp. 121-125，Aug. 2009.
 13. 桑原章紘，大石裕司，村田英一，山本高至，吉田進，“送信ダイバーシチを用いるマルチホップ協力通信のフィールド実験”，電子情報通信学会技術報告，査読無，RCS2009-13，pp. 25-29，July 2009.
 14. 村田英一，山本高至，吉田進，“STBCを用いたマルチホップ協力通信装置のFPGAによる試作”，電子情報通信学会技術報告，査読無，RCS2009-55，pp. 13-17，July 2009.
 15. 桑原章紘，村田英一，山本高至，吉田進，“マルチホップ協力中継のフィールド実験のためのリアルタイム情報共有に関する研究”，第28回日本シミュレーション学会大会，査読無，Session 2-1，June 2009.
 16. 村田英一，山本高至，吉田進，“[招待講演]分散協力無線ネットワークの伝送技術”，電子情報通信学会技術報告，査読無，RCS2008-119，SR2008-56，AN2008-42，USN2008-53，pp. 101-106，Oct. 2008.
 17. Hiroki Tanaka，Hidekazu Murata，Koji Yamamoto，Susumu Yoshida，“Performance evaluation of cooperative relaying networks using 3D ray launching method for wireless propagation prediction”，Proc. IEEE Vehicular Technology Conference (VTC2008-Fall)，査読有，Calgary，Alberta，Canada，Sept. 2008.

[その他]

ホームページ等

<http://www.dco.cce.i.kyoto-u.ac.jp/ja/modules/project1/kiban08b.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

村田 英一 (MURATA HIDEKAZU)

京都大学大学院・情報学研究科・准教授

研究者番号：60252475

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者 ()

研究者番号：

