

Title	遍在アンテナを用いた空間分割通信方式に関する研究
Author(s)	岡村, 周太
Citation	大阪大学, 2004, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/2635
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏 名	おかむらしゅうたい 岡村周太
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 1 8 7 1 5 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 16 年 3 月 25 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 1 項該当 工学研究科通信工学専攻
学 位 論 文 名	遍在アンテナを用いた空間分割通信方式に関する研究
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 小 牧 省 三 (副査) 教 授 北 山 研 一 教 授 塩 澤 俊 之 教 授 河 崎 善 一 郎 教 授 馬 場 口 登 教 授 元 田 浩

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、光電波融合通信システムに複数のアンテナを用いた空間領域での信号処理技術を取り入れることにより、サービスエリア全域で同一周波数帯域を利用可能にする遍在アンテナを用いた空間分割通信方式に関する研究成果をまとめたものであり、全文は以下の 8 章で構成されている。

第 1 章は序論であり、遍在アンテナを用いた空間分割通信方式に関し研究の背景と課題について述べ、本研究の位置づけならびに目的を明らかにしている。

第 2 章では、遍在アンテナシステムの構成と概要について説明を行い、サービスエリア内全域で同一周波数帯域での運用を実現するため、遍在アンテナを用いた空間分割多言接続方式 (SDMA) および空間分割復信方式 (SDD) の提案を行っている。さらにこれらの方式についてそれぞれその構成と問題点を述べている。

第 3 章では、遍在アンテナを用いた直交マルチキャリア信号 (OFDM) に対し SDMA 方式を提案している。提案方式では、SDMA 方式を実現する際に問題となる電波光ファイバ伝送 (RoF) リンクでの遅延時間差の影響を遅延波干渉に強い OFDM を用いることで解決している。また、周波数選択性フェージング環境下での周波数ダイバーシチ利得を向上させるため、最小 2 乗平均誤差合成 (MMSE-DC) 適用後の信号を 2 乗平均誤差で正規化する方式を提案している。さらに計算機シミュレーションを用いて、提案方式の伝送特性についての評価を行い、評価結果から提案方式の有効性を示している。

第 4 章では、遍在アンテナを用いた SDMA 方式における光リンク雑音の影響を軽減するため、基地局選択方式を用いた MMSE-DC を提案している。この方式は、光リンクでの信号対雑音電力比 (CNR) が低い受信基地局が存在する場合、その基地局からの信号を用いずに MMSE-DC を行うことで、光リンク雑音の影響を軽減する方式である。まず、周波数選択性フェージングを受けた OFDM 信号を光伝送した場合の光リンク CNR 特性を明らかにし、光リンク雑音が影響する場合のシステムの周波数利用効率について計算機シミュレーションを行い、提案方式の有効性を示している。

第 5 章では、シリアル判定帰還形干渉キャンセラ (SIC) を適用した遍在アンテナ SDMA 方式を提案し、複数の基地局で受信しているにも関わらずダイバーシチ利得が少なくなってしまう問題を改善し、その特性改善効果を計算機シミュレーションにより明らかにしている。

第6章では、サービスエリア内で上りリンクと下りリンクの複信を同一周波数帯域で実現する遍在アンテナを用いた SDD 方式を提案している。提案方式では、下りリンク信号が上りリンク信号受信時に与える干渉に対しては中央制御局における一括制御性を利用して除去し、上りリンク信号が下りリンク信号受信時に与える干渉を、無線区間制御信号 RTS/CTS を利用して干渉を与えるおそれのある移動端末の送信を禁止することで回避している。提案方式の下りリンク送信中に上りリンクが送信可能となる確率を計算機シミュレーションにより評価し、提案方式の有効性を示している。

第7章は結論であり、本研究で得られた成果について総括を行っている。

論文審査の結果の要旨

近年、携帯電話・無線 LAN をはじめとするワイアレス機器の利用が急速に世の中に進展してきている。このような機器では、周波数帯域の有効利用が要求され、同一サービスエリア内の異なったユーザが同一周波数を用いて通信できることが望ましい。本研究では、これらの要求に資するため、遍在アンテナを用いた空間分割通信方式に関する検討を加え、各種の手法を新しく提案し、数値シミュレーションによりその効果を明らかにしている。本論文はこれらの結果をまとめたものであり、得られた成果は次の通りである。

(1) RoF リンクを用いて複数無線基地局を中央制御局に接続した遍在アンテナシステムにおいて、サービスエリア全域で同一周波数運用を実現するため、遍在アンテナを用いた SDMA 方式および SDD 方式を提案し、各種の具体的な実現方法の提示とその効果を明らかにしている。

(2) RoF リンク間に遅延時間差が存在する状況であっても SDMA 方式を実現可能にするため、無線伝送方式に OFDM 方式を用いることを提案している。さらに、MSE 正規化を行うことで、ビット誤り率特性を約 7 dB 改善できることを明らかにしている。また、集中型のアダプティブアレイを用いた SDMA 方式に比べて、低 E_b/N_0 の場合に周波数利用効率を改善できることも合わせて示している。

(3) 遍在アンテナを用いた OFDM 信号の SDMA 方式における光リング雑音および歪の影響について検討を行い、それらによる伝送特性の劣化を軽減するため、基地局選択方式を用いた MMSE-DC を提案している。この方式では、光リンクにおける CNR 特性が悪いブランチが存在する場合に、そのブランチを用いずに他の CNR 特性の良いブランチのみを用いて MMSE-DC 合成を行う。計算機シミュレーションを用いて特性評価を行った結果、無線伝搬路における距離減衰や周波数選択性フェージングにより瞬時 CNR が低くなった場合でも、提案する基地局選択方式を用いることで、光リング雑音による伝送特性の劣化を軽減でき、提案方式を用いない場合に比べて最大で約 3 倍の周波数利用効率を得られることを明らかにしている。

(4) 遍在アンテナを用いた SDMA 方式におけるダイバーシチ利得を向上するため、複局同時受信方式として SIC の適用を新しく提案し、計算機シミュレーションを行った結果、提案方式を用いることで MMSE-DC のみでは得られないダイバーシチ利得を得ることができ、平均ビット誤り率特性を約 2 dB、パケット送信成功確率が 0.9 以上となるのに必要なビットあたりエネルギーを 5 dB 低減できることを明らかにしている。さらに、提案方式を 4 回繰り返して用いることで約 7.2 dB、0.9 以上のパケット送信成功確率を達成するのに必要なビットあたりエネルギーを約 8 dB 低減できることを明らかにしている。

(5) 上記提案に対し、無線基地局の配置間隔が複局同時受信の特性に与える影響について検討を行い、平均ビット誤り率特性を最適化するには無線基地局間距離を小さくすることが望ましいが、パケット送信成功確率を最適化する場合は無線基地局を 40 m 間隔で分散配置した方が良いということを明らかにしている。また、提案方式は 4 ステージ化しても最良の伝送特性が得られる MLD に比べて 1/20 程度の演算量で実現可能であることも明らかにしている。

(6) 遍在アンテナを用いた SDD 方式における下りリンク受信時の移動端末への同一周波数干渉対策として、CSMA/CA での RTS/CTS を利用した干渉回避方式を提案し、計算機シミュレーションを行った結果、下りリンク通信が行われている場合であっても、その無線基地局の周りの約 40% の領域で同時に上りリンク信号を同一周波数帯域で送信可能であることを明らかにしている。この結果、下りリンク干渉除去を用いない場合に比べて数〜数十倍もの

確率で上りリンク信号を送信可能となることを明らかにした。

以上のように本論文では、遍在アンテナを用いた空間分割通信方式に対する検討を加え、各種の実現方法を新しく提案するとともに、実際にシミュレーション計算を行ない、その改善特性を把握している。これらの成果は、今後のワイアレス機器の高速大容量伝送の実現に寄与するのみならず、人類共通の財産である電波周波数の利用効率向上に対しても重要な技術であり、通信工学の発展に寄与するところが極めて大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。