

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	次世代地上放送に向けた偏波MIMO伝送に関する研究
Title(English)	
著者(和文)	朝倉慎悟
Author(English)	Shingo Asakura
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第11437号, 授与年月日:2020年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:府川 和彦,植松 友彦,山田 功,中山 実,笠井 健太
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11437号, Conferred date:2020/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	朝倉 慎悟		
論文審査 審査員		氏名	職名		氏名	職名
	主査	府川 和彦	教授	審査員	笠井 健太	准教授
	審査員	植松 友彦	教授			
		中山 実	教授			
山田 功		教授				

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は“次世代地上放送に向けた偏波 MIMO 伝送に関する研究”と題し、和文 6 章より成る。

第 1 章“序論”では、まず研究背景として地上波による 8K スーパーハイビジョン放送を開始するための必要条件を総括している。次に、伝送容量を増やすために偏波 MIMO (Multiple-Input Multiple-Output) 伝送が有効であると述べ、偏波 MIMO 伝送による放送を実施したときに生じる課題について議論している。本論文の目標は偏波 MIMO による地上放送サービスの実現に向けた要素技術の開発であり、このための課題解決あるいは改善手法を示すことが、本論文の目的であると述べている。

第 2 章“大容量伝送の基礎技術”では、第 3 章以降と関連が深い、OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 技術、MIMO 技術、誤り訂正符号、並びにインタリーブについて、これらの概要を述べている。

第 3 章“偏波 MIMO 伝送のインタリーブ手法”では、偏波間に受信電力差が生じる伝搬環境において、伝送特性の改善手法を提案している。水平偏波と垂直偏波が同時送信であっても、電波伝搬特性の違い等により、偏波間の受信電力差が生じる。偏波 MIMO 伝送では偏波毎に別々のデータを送信しているため、受信電力が低い方の偏波で伝送されるデータは、受信電力が高い方の偏波で伝送されるデータに比べて誤り易い。したがって、受信電力差が大きいほど、データ誤りが片方の偏波に偏在し誤り訂正符号でビット誤りを訂正しにくくなる。この問題を解決するため、偏波間でデータを入れ替えるインタリーブ手法を提案している。様々なチャンネルの周波数応答を用いた計算機シミュレーションにより、提案手法が短い処理遅延で理想的なインタリーブと同等の特性が得られることを確認している。さらに提案手法を実装した変復調装置を用いて室内実験、並びに野外実験を行い、提案手法の有効性を確認している。

第 4 章“野外実験による符号化 SFN の MIMO チャンネル容量評価”では、SFN (Single Frequency Network) 環境下での伝送特性の改善手法を検討し、野外実験にてその有効性を検証している。SFN は複数の送信局から同一の周波数帯、同一の信号を送信することでサービスエリアを広げる技術であるが、従来の SFN を構成する各送信局からの信号同士は到来時間差があるため互いに干渉し、周波数スペクトル上でレベルの落ち込みが生じる。信号の受信電力差があまり無い場所では、特定の OFDM サブキャリアで大きなレベルの低下が生じ、映像にブロックエラーが生じて受信不可となるケースがある。そこで、複数の送信ブランチ間で符号化を行う時空間符号化技術を応用した、偏波 MIMO による符号化 SFN 技術が提案されている。これまでに、符号化 SFN 技術と偏波 MIMO 伝送を組み合わせた 4×2 MIMO を変復調装置に実装し、2 局の実験試験局を使った野外実験により手法の有効性を検証してきた。この野外実験の 5 箇所の受信点で得られた実測データを用いて、従来 SFN よりも符号化 SFN の特性が優れていることを実証している。具体的には、チャンネルと SNR (Signal to Noise Ratio) から理論的なチャンネル容量を算出し、従来の SFN のチャンネル容量よりも符号化 SFN のチャンネル容量が増加することを示している。

第 5 章“MIMO 信号検出の低演算量化と二偏波チャンネル測定値を用いた特性評価”では、偏波 MIMO の信号検出の低演算量化を提案している。MIMO 信号検出としては、線形受信である ZF (Zero Forcing)、MMSE (Minimum Mean Square Error) や、最適信号検出の MLD (Maximum Likelihood Detection) など様々なアルゴリズムが存在し、一般に演算量が多いほど BER (Bit Error Rate) 特性が良くなる。現行の地上デジタル放送で受信実態のあるビル影などの見通し外環境やマルチパス環境では、複雑な電波伝搬のために、ZF や MMSE 等の演算量の少ない信号検出では BER 特性が大幅に劣化する。また、MLD は演算量が膨大となるため、ハードウェアへの実装が困難となる。そこで、BER 特性劣化を抑えつつ、演算量を大幅に削減する信号検出について検討している。具体的には、チャンネル行列の QR 分解に基づき、送信信号の候補数をチャンネル行列の条件数に応じて削減する。さらに Complex SD (Sphere Decoding) を適用し、送信信号の候補数を効率よく削減する。リオデジャネイロでの野外実験で得られた伝搬データを用いて、計算機シミュレーションにより提案手法の有効性と演算量の削減効果を確認している。

第 6 章“結論”では、本論文で得られた研究成果及び今後の課題を総括している。

以上を要するに、本論文は、地上波による 8K スーパーハイビジョン放送を実現する技術として偏波 MIMO に着目し、その課題抽出や改善手法を提案しており、工学上、工業上貢献するところが大きい。よって我々は本論文が博士 (工学) の学位論文として十分価値あるものと認める。

注意:「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。