

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	高信頼素材伝送のためのMIMO無線伝送技術に関する研究
Title(English)	
著者(和文)	鈴木慎一
Author(English)	Shin-Ichi Suzuki
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9461号, 授与年月日:2014年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:府川 和彦,鈴木 博,荒木 純道,植松 友彦,高田 潤一,松本 隆太郎
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9461号, Conferred date:2014/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻： 集積システム 専攻
Department of
学生氏名： 鈴木 慎一
Student's Name

申請学位(専攻分野)： 博士 (工学)
Academic Degree Requested Doctor of
指導教員(主)： 府川 和彦
Academic Advisor(main)
指導教員(副)： 鈴木 博
Academic Advisor(sub)

要旨(和文 2000 字程度)

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

本論文は、「高信頼素材伝送のための MIMO 無線伝送技術に関する研究」と題し、全 7 章より構成されている。

第 1 章「序論」では、本研究の背景と、放送分野におけるミリ波および MIMO 伝送技術を応用した大容量素材伝送技術の有用性について述べ、本論文の位置付けを明らかにしている。

第 2 章「MIMO-OFDM 伝送の基礎技術」では、本論文に関連する OFDM 伝送技術および MIMO 伝送技術について説明するとともに、ミリ波帯の素材伝送システムに関する標準規格 ARIB STD B-43 について詳述している。

第 3 章「撮影環境におけるミリ波帯 MIMO 伝搬特性」では、運用を想定する撮影環境下での MIMO 伝搬特性の把握を目的として、屋内および屋外撮影環境におけるミリ波帯伝搬路特性の測定結果について述べている。測定結果から、屋内撮影環境では送信相関は最大 0.7 程度と比較的小さく、20dB 以上の平均受信 CNR が確保できるため、安定した MIMO 多重伝送を実現できることを明らかにしている。一方、屋外撮影環境では、送信相関は最大で 0.9 以上の値をとり、平均受信 CNR も 15dB 以下となるエリアが存在するため、安定した MIMO 多重伝送の実現が難しいことを示している。また、屋内および屋外の撮影環境で測定した 2×4MIMO の伝搬路応答から送信機の移動速度を考慮して 4×4MIMO の伝搬路応答を推定し、各撮影環境における送信 4 系統の MIMO チャンネル容量を求めている。この推定から、屋内外の撮影環境においても、42GHz 帯 4 送信 MIMO 多重伝送を適用することで、1%アウテージで約 1 Gbps の伝送レートを実現できる見込みを得ている。

第 4 章「撮影環境でのミリ波帯 MIMO 伝送の適用」では、屋内および屋外撮影環境において ZF 検出を行うミリ波帯の 2×4MIMO-OFDM 伝送装置を用いた伝送実験の測定結果から、スタジオ内の最適な受信アンテナ配置について検討している。また、反射波がほとんどない屋外撮影環境での安定した MIMO 伝送を実現するために、直交偏波 MIMO 多重伝送の検討を進め、偏波変換板を用いた垂直/水平偏波の 42GHz 帯オムニアンテナを開発している。さらに、この 42GHz 帯オムニアンテナを実装した 2×4MIMO 伝送装置を用いた伝送実験から、直交偏波を用いることで送信相関の最大値を 0.95 から 0.45 に抑えるとともに、誤り率の中央値を約 1/30 に減少でき、屋外見通し環境におけるミリ波帯を用いた直交偏波 MIMO 多重伝送の有効性を示している。一方、直交偏波による受信電力の減少から、誤りなく伝送できる移動エリアが狭くなる現象も確認され、見通し環境では直交偏波の利用は有効であるが XPR が最適となる交差偏波識別度の実現が

必要であり、この最適な XPR は理論値から推定できることを明らかにしている。

第 5 章「ミリ波帯ワイヤレスカメラ」では、「本線伝送」に 2×4 MIMO 多重技術と、「送り返し伝送」に 4×1 時空間符号化を応用したミリ波帯ワイヤレスカメラ「ミリ波モバイルカメラ」について述べている。ここでは、「本線伝送」の MIMO 信号検出方式として標準規格 ARIB STD B-43 のコンスタレーションを考慮した演算量削減型 MLD を提案し、MLD と比較して約 1% の演算量で所要 CNR の劣化を 1dB 程度に抑えられることを計算機シミュレーションにより確認している。さらに、「送り返し伝送」の復調装置の小型・軽量化および高い回線信頼性の実現を目的として実数信号(BPSK 変調)の 4×1 時空間符号化の適用を検討し、3 系統以上の送信信号が受信できれば「本線伝送」よりも高い回線信頼性を実現できることを計算機シミュレーションから検証している。

第 6 章「MIMO 多重伝送の最適信号検出方式の検討」では、素材伝送システムの伝送容量の拡大を目的として、帯域拡大や送信多重数の増加に伴う演算規模の増加を大幅に抑制するブロック QR 分解を用いた演算量削減型 MLD を提案している。この提案方式では、伝搬路行列を小さいブロック行列に分割し、各ブロック行列においてマンハッタンメトリックを基準として候補点を選択し、この選択した候補点に対してのみ二乗メトリックを求めて尤度演算を行う。複数の列ベクトルに対して拡張ハウスホルダー変換を行うブロック QR 分解では、従来の QR 分解よりも小さい演算規模で伝搬路行列の直交化を実現することができ、さらにマンハッタンメトリックを基準とした候補点選択により、選択および尤度生成に必要な演算量を大幅に削減することが可能となる。提案方式は、QPSK 変調の場合で MLD の $1/26$ かつ従来方式である QRM-MLD の $3/4$ の乗算回数、16QAM 変調の場合で MLD の約 $1/4550$ かつ QRM-MLD の約 $2/5$ の乗算回数に削減しながらも、所要 CNR を 1dB 以内の劣化に抑制できることを計算機シミュレーションにより確認し、本提案方式の有効性を明らかにしている。

第 7 章「結論」で、以上の内容を総括するとともに、本論文で提案した各手法の今後の応用および発展について述べている。

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note: Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1 copy of 800 Words (English).

(博士課程)
Doctoral Program

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻:	集積システム	専攻
Department of		
学生氏名:	鈴木 慎一	
Student's Name		

申請学位(専攻分野):	博士	(工学)
Academic Degree Requested	Doctor of	
指導教員(主):	府川 和彦	
Academic Advisor(main)		
指導教員(副):	鈴木 博	
Academic Advisor(sub)		

要旨 (英文 300 語程度)
Thesis Summary (approx.300 English Words)

The thesis entitled “Study on MIMO Transmission Techniques for Television Program Contribution with High-link Reliability” is composed of 7 chapters.

Chapter 1 “Introduction” states values of digital transmission system for TV program contribution with large throughput by using millimeter-wave and MIMO transmission techniques, and clarifies purposes and motivations of this research.

Chapter 2 “Basic technology of MIMO-OFDM transmission techniques” firstly explains OFDM and MIMO transmission techniques concerned with this research, and details standard ARIB STD B-43.

Chapter 3 “MIMO channel characteristics of millimeter-wave in a TV shooting location” describes measurement results of millimeter-wave 2x4 MIMO channel characteristics measured in indoor and outdoor environments of TV program production. As a result, we have found that it is possible to realize a steady MIMO transmission in indoor environment, but that it is difficult to realize such a transmission in outdoor environment. In addition, we have estimated the 4x4 MIMO channel capacity from the measurement results of 2x4 MIMO channels and evaluated the possibility of Gbps-class wireless transmission.

Chapter 4 “Application of MIMO transmission using millimeter-wave in a TV shooting location” considers an orthogonal polarized MIMO multiplexed transmission in line-of-sight environments. In the chapter, vertical and horizontal polarized omni-directional antennas were developed and it was confirmed that MIMO channel correlation can be reduced and that the BER performance can improve in the outdoor experiment.

Chapter 5 “Millimeter-wave mobile camera” describes a wireless HDTV camera using millimeter-wave, a 2x4 MIMO multiplexing transmission for a main link and 4x1 STBC for a return link. At first, we have proposed a 2x4 MIMO detection scheme using QR decomposition that can reduce computational complexity to about 1% with only 1 dB degradation compared to MLD. In addition, computer simulations have confirmed that we can realize the main-link with large capacity and return-link with high link reliability.

Chapter 6 “Study on suboptimal MIMO detection method” proposes a low-complexity MIMO detection scheme that uses block QR-decomposition to reduce the computational

complexity of the signal detection. Computer simulations under a 4x4 MIMO channel demonstrate that the proposed scheme shows almost the same BER performance as the MLD and the conventional QRM-MLD with much less complexity.

Finally, Chapter 7 “Conclusion” summarizes this thesis and mentions some applications and progressions of the proposed schemes by this paper.

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).