

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	無線リソース冗長化を活用したミリ波帯移動通信システムに関する研究
Title(English)	Design of Millimeter-wave Mobile Communication Systems Based on Redundant Radio Resource Control
著者(和文)	岩淵匡史
Author(English)	Masashi Iwabuchi
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12371号, 授与年月日:2023年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:廣川 二郎,阪口 啓,青柳 貴洋,西方 敦博,TRAN GIA KHANH
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第12371号, Conferred date:2023/3/26, 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

(博士課程)

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		岩 渕 匡 史	
論文審査 審 査 員		氏 名		職 名		氏 名	職 名
	主査	廣 川 二 郎		教授	審査員	TRAN GIA KHANH	准教授
	審査員	阪 口 啓		教授			
		青 柳 貴 洋		准教授			
		西 方 敦 博		准教授			

論文審査の要旨（2000 字程度）

本論文は、「Design of Millimeter-wave Mobile Communication Systems based on Redundant Radio Resource Control（無線リソース冗長化を活用したミリ波帯移動通信システムに関する研究）」と題し、全5章から構成されている。

第1章「Introduction」では、第5世代以降の移動通信システムにおいて、大容量伝送が可能なミリ波帯の更なる開拓が進められているが、現状の基地局におけるビームフォーミングに頼る伝送方式では、建物などによる遮蔽によりカバレッジが限定的になり、さらにビームフォーミング後の伝搬パスが移動体などにより遮蔽されことや、ビームフォーミング後の角度拡がりの狭いマルチパスによるフェージングが課題であると指摘している。本論文は、空間（ビーム）・時間・周波数において無線リソースを冗長に割り当てることで、現状のミリ波帯移動通信システムの課題を解決することが目的であると述べている。

第2章「The potential of millimeter-wave communication systems」では、ミリ波帯の更なる開拓として39GHz帯の無線伝送システムを構築し、屋外環境における検証実験を実施している。無線伝送システムは、基地局において最大利得が31dBiのアナログビームフォーミングを実装し、直交した偏波に対して64のビーム候補から最大4ビームを選択する同時伝送を可能にしている。屋外の見通し環境で検証実験を行ったところ、1.85kmの送受信間距離でも直交偏波を用いた2ビーム多重により2.14Gbpsの大容量伝送が可能であることを実証している。しかし、見通し外の環境では遮蔽により多くの場所で通信不可になる課題、また移動伝送時にはビーム切替時にスループットの低下が生じる課題、および直交偏波の2ビームよりも大きいビーム多重数を実現されない課題も明らかにしている。

第3章「Massive analog-relay MIMO for achieving spatial-resource redundancy」では、第2章で明らかにしたミリ波帯移動通信システムの課題の一つ目の解決手段として、多数のアナログ中継局を用いた空間無線リソースの冗長化に関する提案を行なっている。ビームフォーミング機能を有したアナログ中継局を建物の屋上などに多数設置することで、中継によるカバレッジの拡張を行うとともに、多数の中継局を分散配置させることで伝搬経路を空間的に冗長化し、移動体による遮蔽やビーム切替時の課題を解決している。さらに冗長化された伝搬経路を用いてビーム多重数を増加させることを提案している。また端末の位置情報に基づいた中継局のビームフォーミング手法も提案し、多数の中継局のビームフォーミング時のオーバーヘッドを大幅に抑制している。提案法の有効性を計算機シミュレーションにより解析し、カバレッジの拡張、スループットの改善、ビーム多重数の増加の全ての指標において従来の性能を大幅に改善し、また端末の位置情報が現状のGPSで想定される誤差の範囲では、理想的な伝送特性を維持できることを明らかにしている。

第4章「Frame structure for achieving time-resource redundancy」では、ミリ波帯移動通信システムの課題の二つ目の解決手段として、繰り返し送信による時間・周波数無線リソースの冗長化に関する提案を行なっている。特にミリ波帯における広い帯域幅に着目して、直交周波数分割多重のサブキャリア間隔を広げた無線フレーム構成を採用し、さらに時間・周波数リソースブロックの繰り返し送信を組み合わせることで、パケット受信成功率を改善する伝送方式を提案している。屋外の見通し内および見通し外環境において検証実験を行なったところ、繰り返し送信を用いた時間・周波数無線リソース冗長化によりパケット受信成功率を大きく改善し、さらに自動再送要求を加えることで検証実験の環境ではパケット受信成功率100%を達成できることを明らかにしている。

第5章「Conclusion」では、本研究で得られた成果を総括し、本論文の結論を述べるとともに、今後の検討課題について言及している。

以上を要するに、本論文は、第5世代以降の移動通信システムにおいて、大容量伝送が可能なミリ波帯を本格的に利活用するために、多数アナログ中継局を用いた空間上の無線リソース冗長化や、広帯域性を積極的に活用した時間・周波数の無線リソース冗長化による伝送方式を具体的に提案し、その性能を計算機シミュレーションおよび実証実験により明らかにしたという観点で工学上・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があるものと認める。

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。