

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Scalable Millimeter-Wave MIMO Phased-Array Receiver Design with Area and Power Efficiency
著者(和文)	ZHANGYi
Author(English)	Yi Zhang
出典(和文)	学位:博士(学術), 学位授与機関:東京科学大学, 報告番号:甲第377号, 授与年月日:2025年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:岡田 健一,徳田 崇,阪口 啓,伊藤 浩之,白根 篤史,太郎丸 眞
Citation(English)	Degree:Doctor (Academic), Conferring organization: Institute of Science Tokyo, Report number:甲第377号, Conferred date:2025/3/26, 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	ZHANG YI	
論文審査 審査員			氏名	職名	
	主査	岡田 健一	教授		氏名
	審査員	徳田 崇	教授		職名
		阪口 啓	教授		
		伊藤 浩之	教授		
			審査員	白根 篤史	准教授
				太郎丸 眞	福岡大学 教授

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「Scalable Millimeter-Wave MIMO Phased-Array Receiver Design with Area and Power Efficiency (高面積効率かつ高電力効率なスケーラブルミリ波MIMOフェーズドアレイ受信機)」と題し、英文五章からなっている。

第一章「Introduction (序論)」では、第5世代移動通信システム(5G)を中心として無線通信技術の歴史を振り返りつつ、その先の無線通信システムに求められる技術について、特にマルチバンド化やMIMO対応の必要性について論じている。

第二章「Millimeter-Wave Phased-Array Receivers and Building Blocks (ミリ波フェーズドアレイ受信機とその構成回路ブロック)」では、CMOS集積回路技術によりミリ波フェーズドアレイ無線機を構成するにあたり必要となる技術要件について論じ、特に、移相方式に着目し、代表的な無線機アーキテクチャについて詳述している。小型かつ高精度な移相器を実現するための代表的な回路方式として、スイッチ型、反射型、ベクトル合成型の移相器について、文献を引用しつつそれぞれの性能の得失を詳細に説明している。

第三章「Power-Efficient Millimeter-Wave Multi-Band Phased-Array Receiver (電力効率の高いミリ波マルチバンドフェーズドアレイ受信機)」では、高調波選択技術を用いたマルチバンドフェーズドアレイ受信機の回路方式を提案している。多位相で駆動するミキサ回路を用いることで、不要周波数帯からの妨害波混入を抑えつつ、電力効率の高い狭帯域の局部発振器での動作を可能としている。CMOS 65nmプロセスを用いて試作したマルチバンド受信機において、24.25から71 GHzの周波数帯での受信動作に対応し、最悪条件を想定した妨害波混入時においても全周波数帯域において36dB以上の妨害波抑圧特性を達成している。また、今後の課題として、マルチバンド動作が可能なアンテナも含めた無線機全体の最適設計や、不要波抑圧のための位相校正の自動化を挙げている。

第四章「Area-Efficient Millimeter-Wave Time-Division MIMO Phased-Array Receiver (面積効率の高いミリ波時分割MIMOフェーズドアレイ受信機)」では、複数ストリームを単一の回路で受信可能とする時分割MIMO方式について提案している。アンテナと受信機の接続を切り替えるのではなく、移相器の位相を信号帯域以上の周波数で変化させ、ビーム方向を高速に切り替えることにより、複数ストリームの同時受信を可能としている。CMOS 65nmプロセスを用いて試作した28 GHz帯時分割MIMOフェーズドアレイ受信機において、提案する高速移相器により0.15nsのビーム切替速度を達成し、400 MHz帯域64QAM変調信号の4ストリーム同時受信時に-23.5 dBの変調精度性能を達成し、提案方式の有効性を実証している。また、今後の課題として、時分割動作時に妨害波が所望波の周波数帯に混入する問題についてビーム到来角との関係も含めて論じており、ビーム切替方法の工夫によって回避できる可能性について説明している。

第五章「Conclusion and Future Work (結論と展望)」では、第三章および第四章で説明した回路技術を組み合わせることによって将来必要となるマルチバンドMIMO受信機が実現できることについて説明している。また、今後の研究の展望として、時分割技術を用いることでスケーラブルなMIMO対応フェーズドアレイ送信機や、スケーラブルなフェーズドアレイ中継器、全二重通信、さらなる大規模アレイが実現できる可能性について論じ、本論文を締めくくっている。以上を要するに、本論文は高面積効率および高電力効率なMIMO対応のミリ波フェーズドアレイCMOS受信機を実現するための回路技術について論じたもので、学術上、産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(学術)の学位論文として、十分に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、東京科学大学リサーチリポトリ(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。