T2R2 東京工業大学リサーチリポジトリ
Tokyo Tech Research Repository

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	SHF帯の屋内環境における幾何学に基づくクラスターの周波数依存性解析
Title(English)	Frequency Dependency Analysis of Geometry-Based Clusters in Indoor Environments at SHF Bands
著者(和文)	HANPINITSAK PANAWIT
Author(English)	Panawit Hanpinitsak
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11303号, 授与年月日:2019年9月20日, 学位の種別:課程博士, 審査員:髙田 潤一,山下 幸彦,秋田 大輔,阪口 啓,青柳 貴洋,齋藤 健太郎
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11303号, Conferred date:2019/9/20, 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

Powered by T2R2 (Tokyo Institute Research Repository)

（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	Panawit Hanpinitsak	
論文審査 審 査 員		氏　名	職　名	氏　名	職　名
	主査	高田 潤一	教授	青柳 貴洋	准教授
	審査員	山下 幸彦	准教授	齋藤 健太郎	助教
		秋田 大輔	准教授		
		阪口 啓	教授		

論文審査の要旨（2000 字程度）

本論文は "Frequency Dependency Analysis of Geometry-based Clusters in Indoor Environment at SHF Bands" と題し，英文 7 章よりなる．

第 1 章 "Introduction" では，本研究の背景を説明している．次世代移動通信システムでは幅広い範囲の複数周波数を同時に使用して通信を行うことから，通信路の周波数特性に関する知見が必要とされている一方，既存研究では伝送特性に大きな影響を与える通信路のミクロな周波数特性に関して十分な研究がなされていないと述べ，本研究の目的を，散乱クラスタの周波数特性を実測により明らかにするとともに，電磁界シミュレーションを用いた物理的解釈を与えることによって，既存の標準通信路モデルの改善を行うことにあるとしている．

第 2 章 "Radio Wave Propagation Mechanisms and Channel Models" では，電波伝搬および通信路モデルについて概説している．電波の伝搬メカニズムとしての自由空間伝搬，反射，回折，非正規散乱について，通信路の周波数特性に与える影響，詳細な計算方法について説明するとともに，一般的な通信路モデルについて述べている．

第 3 章 "Indoor Radio Channel Measurement using Virtual Array Channel Sounder" では，本研究で使用した通信路特性測定装置の原理と構成，および測定対象となる屋内環境について述べている．装置はベクトルネットワークアナライザ（VNA）と，ロボットアームに取り付けられた単一アンテナで構成されており，ロボットアームがアンテナを円周上に等間隔で走査することによって仮想一様円形アレーアンテナ（UCA）が形成され，電波の伝搬方向が測定できることを述べている．次に，電波伝搬特性の実測を行ったホールおよび教室について，主要な散乱物体と併せて説明している．

第 4 章 "Geometry-based Dynamic SIMO Multipath Clustering Algorithm" では，散乱クラスタの推定に適用される幾何学的クラスタリングアルゴリズムについて説明している．従来のクラスタリングが角度および遅延時間に基づいており，伝搬メカニズムとクラスタが対応しないという問題点を指摘し，電波伝搬経路上の散乱点の位置を用いてクラスタリングを行う幾何学的クラスタリングを提案している．実測した電波伝搬角度の特性から伝搬経路を同定する「実測に基づくレイトレーサ」（MBRT）を提案している．また，移動測定を行った結果に対してクラスタを追跡するアルゴリズムを導入し，その結果を用いて散乱強度の計算を行う方法を示している．

第 5 章 "Physical Optics Algorithm" では，散乱現象に物理的な解釈を与えるために実装された物理光学法について述べている．物体境界に誘起される二次電磁流を入射波により近似する物理光学法の原理と実装方法について述べ，計算領域削減のために窓関数を用いる方法を提案している．

第 6 章 "Frequency Dependency Analysis of Clusters in SHF Bands and Standardized Channel Model Modification Proposal" では，2 つの環境において 3 周波数帯で実測した結果を整理するとともに，移動通信システムの標準化団体である 3GPP が推奨している通信路モデルの問題を提示して修正案を提案している．まず実験データから得られた伝搬経路の角度・遅延データに対して，MBRT，クラスタリング，およびクラスタ追跡を適用した結果，多くのクラスタが 3 つの周波数帯に共通して観測されたとしている．クラスタごとに散乱強度の周波数特性を観測するとともに，同定された構造物に対して物理光学法を適用して同様の特性を得ることを確認している．その結果，周波数に対して変化しない，周波数が増加すると損失が増加する，周波数によって損失が上下に変動する，という 3 種類の特性に分類できることを示し，それぞれのメカニズムを物理光学法による散乱波の位相分布から明らかにしている．さらに，これらの異なる周波数特性を 3GPP 標準モデルに反映するために，新たに 2 種類のクラスタ生成法を追加することを提案し，標準モデルと提案モデルの特性の差異について議論している．

第 7 章 "Conclusion and Future Work" では，本研究の結論と，今後さらに検討すべき課題についてまとめている．

以上を要するに，本研究では広い周波数帯で動作する次世代移動通信システムを実装し評価するために必要である通信路の周波数特性について，実験的に明らかにするとともに，シミュレーションにより物理的解釈を与え，さらに標準通信路モデルの改良できる新しいモデルを提案したもので，工学上並びに工業上寄与するところが大きい．よって本論文が博士（工学）の学位論文として十分価値あるものと認める．