T2R2 東京科学大学 リサーチリポジトリ
Science Tokyo Research Repository

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Antenna De-embedding in Wireless Body Area Network Channel
著者(和文)	長縄潤一
Author(English)	Jun-ichi Naganawa
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9793号, 授与年月日:2015年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:高田　潤一,高橋　邦夫,山下　幸彦,秋田　大輔,青柳　貴洋
Citation(English)	Degree:, Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9793号, Conferred date:2015/3/26, 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

Powered by T2R2 (Science Tokyo 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	長縄潤一	
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	高橋　邦夫	教授		
		山下　幸彦	准教授		
		秋田　大輔	准教授		

論文審査の要旨（2000 字程度）

本論文は"Antenna De-embedding in Body Area Network Channel"と題し，英文 5 章からなる．
第 1 章"Introduction"では，研究の背景として，人体に装着されたセンサまたはアクチュエータのためのネットワークであるボディエリアネットワーク(BAN)が将来の保健医療のために有望な技術であるが，無線通信路特性は人体の動きによる遮蔽，吸収，反射の変化により大きく変動するため，信頼性の高い BAN システム設計のための無線通信路特性の正確なモデル化の必要性を指摘している．一般に無線通信路特性はアンテナ特性と電波伝搬路特性の組み合わせにより実現されるが，アンテナは無線機の一部として設計可能なのに対して，電波伝搬環境は現象として与えられるもので制御不可能であり，BAN 無線機の最適設計には両者の分離が必要不可欠であるとして，本研究の目的を BAN 無線通信路特性からアンテナ特性を分離した電波伝搬路特性のみのモデル化にあると述べている．
第 2 章"Proposed Approach"では，BAN 無線通信路特性からアンテナ特性を分離する新たな方法を提案している．通常の移動通信環境で用いられている平面波モデルに代わり，球面波動関数(SWF)を使用し，送信点と受信点をそれぞれ原点とする SWF の間の結合係数を用いて電波伝搬路特性を，アンテナ特性を SWF の重ね合わせとしてそれぞれ表すことで，無線通信路を等価回路表現できることを示している．電磁界シミュレーションのために時間領域差分(FDTD)法を使用し，人体から受ける影響を考慮したアンテナ特性と，人体を含む電波伝搬路特性を別々にシミュレーションする方法を提案している．アンテナ特性は，人体近傍に置かれたアンテナの電流分布を求め，その電流が自由空間に存在するときの電界分布を SWF で展開して求めている．電波伝搬路特性は，送信点に特定の SWF のみを放射する仮想的な波源を置き，受信点周辺の電界分布を求め，これを SWF で展開することにより，送信点，受信点それぞれの SWF 間の結合係数の形で求めている．これにより，無線通信路特性は送信アンテナ特性を表すベクトル，電波伝搬路特性を表す行列，受信アンテナ特性を表すベクトルの三重積として表現されている．さらに，BAN 無線機の送受信アンテナが波長に比べて小さいことを利用し，SWF の基本モードのみを使用した簡易モデルを提案し，これにより電磁界シミュレーションの計算量が大幅削減できることを示している．
第 3 章"Evaluation"では提案したモデル化手法の妥当性についてシミュレーションにより検証を行っている．送信点付近に置かれた仮想波源および受信点周囲に置かれた観測面の構成法について議論し，これらの大きさと SWF のモード数との関係を示し，これを用いて提案法の検証を，人体で見通し線が遮蔽された環境，およびアンテナを人体表面に取り付けた環境においてそれぞれ行っている．検証は，電波伝搬路，送受信アンテナを個別にシミュレーションして三者を接続する提案法と，送受信アンテナを電波伝搬環境に埋め込んだ直接シミュレーションとの比較により行われ，無線通信路の伝達関数の誤差が，遮蔽環境では平均 0.45 dB，人体表面環境では平均 3.63 dB と，いずれも十分に小さいことを示し，本提案法の妥当性を明らかにしている．次に，SWF の基本モードのみを使用した簡易モデルを人体が歩行している動的環境に適用し，簡易モデルの採用により生じる誤差が対数正規分布に従うことを示し，そのパラメタがアンテナの大きさの関数として表現できることを明らかにしている．
第 4 章"Applications and Benefits"では，提案法の応用について述べている．特に本研究の動機であるアンテナ特性の影響の評価に注目し，直交三偏波誘電体アンテナを送受信アンテナとして人体に装着し歩行した場合の 3×3 無線通信路特性をシミュレーションし，アンテナの組み合わせに対する無線通信路の動特性の差異から最適なアンテナの組み合わせを明らかにしている．また同じ状況による実測を行い，提案法のシミュレーション結果と無線通信路利得の統計的性質が一致することを明らかにしている．さらなる応用例として，多様な動作に対する無線通信路特性の統計的性質のシミュレーションと，これを用いた協調伝送方式の評価の結果を示している．
第 5 章"Conclusion"では本研究を総括し，さらに検討が必要な課題，今後の展開について述べている．
以上を要するに，本論文は，BAN システムにおける無線通信路特性の正確なモデル化のために必要となる，アンテナ特性と電波伝搬路特性の分離表現されたモデル化手法を明らかにしたもので，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．