

論文審査の結果の要旨

氏名 越地 福朗

本論文は7章からなり、第1章では研究背景を概観し、先行研究の分析に基づき本研究の目的を述べている。情報通信技術の急速な進歩により情報機器を携帯または身につけることによって様々な情報のやりとりを行いながら日常生活をおくるようになると予想される。したがって、将来的にこれらの情報機器同士を人間の行動を制限することなく接続する通信手段が必要となる。こういった人体周囲における近距離通信ネットワークを Personal Area Network (PAN)や Body Area Network (BAN), Body-Centric Network (BCN)と呼び、その有力な通信手段のひとつに、人体を伝送路として利用する人体通信が挙げられる。しかし人体通信はまだ研究開発段階に留まっており、技術者が人体通信を応用したシステム設計や回路設計を行うための技術情報が体系化されていない。本論文は、人体通信の利用が想定される様々な利用形態における情報機器の電極設計や伝送特性を検討し、設計に必要な情報を体系的にまとめることで、人体通信用機器の具体的な設計手法を構築することを目的としている。

第2章では人体の電気特性と基本伝送特性について述べている。人体通信では一般に数十MHz以下の周波数帯が用いられ、その波長は数十メートル以上になるため、人体上または人体周囲に配置される情報機器同士は超近距離通信となり、一般的な電波通信において考慮される遠方界のみならず近傍界としての考慮が必要となるため、本研究では基本伝送特性の数値電磁界解析により以下のような知見を得ている。

- ・人体通信の伝送特性を評価する電磁界解析においては構造の単純な筋肉媒質円柱モデルを用いても詳細なMRIモデルと同等の解析が可能である。
- ・人体近傍に配置された電極がつくる電磁界分布から、人体は1~50MHzでは導体のように振る舞い、50~200MHzでは誘電体のように振る舞う。
- ・大地グラウンドのモデル化は、足先部分に着目した検討をのぞいて必要ない。

第3章では、腕部装着型、設置型、頭部装着型の電極入力インピーダンス特性について、装置の各寸法に対するインピーダンス特性を検討し、以下の知見を得ている。

- ・1電極タイプのインピーダンス特性は、抵抗成分、リアクタンス成分ともに、人体に接触する電極寸法には依存せず、筐体との距離や、筐体サイズ、回路基板サイズ、腕半径など、設計者がコントロールしづらいパラメータによって変動するため扱いづらい。
- ・2電極タイプのインピーダンス特性は、人体に接触する電極長、電極幅、電極間隔のみでコントロール可能であり、人体と筐体の位置関係や回路基板サイズなどには依存せず、特性は安定しており扱いやすい。
- ・設置型1電極タイプのインピーダンス特性は、筐体に強い電流分布がみられ、整合がとれていない状態でも人体周囲に強い電界分布が得られ、伝送特性は良好となる。2電極タイプは、腕部装着型と同様の特性変化をする。

第 4 章では、数値解析に頼らずに電極や装置の各寸法によってインピーダンスを近似的に求めることが可能な近似式の導出を行い、近似式の精度の確認、近似式を利用した電極設計、人体上に配置された整合電極を用いた各装置間の伝送特性 S_{21} を検討するなどの設計の具体例を示している。近似式の利用により、長時間の数値解析に頼らずに電極や装置の各寸法によってインピーダンスを近似的に求めることが可能となり、回路設計などのシステム開発の初期段階から、インピーダンス値を容易に計算可能となるなど、設計効率改善に大きく貢献することになる。

第 5 章では、人体通信のアプリケーションの一例として、人体通信を利用した **Body-Centric Network** の構築を検討し、人体通信の通信高速化の一つの手段として、広帯域化に着目し、伝送路の特性変動に強い **OFDM** 変調を採用することで高速な人体通信 **TCP/IP** ネットワークを実現している。

第 6 章では以上の研究成果を整理し、人体通信を利用しようとする技術者がシステム設計や回路設計を行うために必要な設計ガイドラインとしてまとめている。

第 7 章では結論として研究成果を総括し、今後の展望を述べている。

本研究は、人体通信を利用する機器の設計に必要な伝送モデル、伝送効率、送受信機用の電極インピーダンス等に関して電磁界解析と実験データに基づいて伝送モデルの考え方や伝送特性に関する知見を整理し、設計指針としてまとめたものである。この成果は従来、事例報告でした得られなかった人体通信用機器の仕様に理論的な根拠を与えるものであり、設計ガイドラインは人体通信という新しい通信技術の普及に大きく貢献することが期待される。

なお、第 2 章と第 5 章は竹中秀同、前坂拓磨、佐々木健との共同研究、第 3 章と第 4 章は佐々木健との共同研究であるが、いずれも論文提出者が主体となって解析、実験をおこなったものであり、論文提出者の寄与が十分であると判断する、

したがって、博士（環境学）の学位を授与できると認める。