

博士論文審査報告書

論文題目

A Study on Health Care System Employing
Intra-Body Communication
人体通信を用いたヘルスケアシステムに関する研究

申請者

ALSHEHAB	Abdullah
アルシハーブ	アブドラ

国際情報通信学専攻・情報通信システム分野
無線・衛星通信研究 II

2012年7月

近年の情報通信技術の進歩に伴い、センサや通信機器等のデバイスの小型化、省消費電力化が進み、人と人を繋ぐ通信以外の M2M (Machine to Machine) 通信の需要が拡大化している。その応用も医療、交通など幅広く今後は益々その適用例が増えるものと思われる。人体通信は人体近傍におけるデータ通信であり、T.G.Zimmerman が 1996 年にその可能性に言及した頃から、関連研究が行われてきた。遠隔地にいる相手に対する通信と異なり、人体近傍における通信は元来需要そのものが乏しく、以前は殆どその例が存在しなかったが、現在ではデバイス技術の進歩に伴い具体的な利用例と共に実用化システムとしての展望が広がっている。一方で人体通信における通信特性や、センサデバイス等を用いて人体通信ネットワークを構成した際の有効的なアクセス方式の検討など、残された課題も多い。本論文は申請者が人体通信の基礎的な通信特性からその応用事例まで多角的に検討したものをまとめており、特に応用としてヘルスケアシステムの構築を目的とした具体的な方式提案や評価を行っている。通信特性に関しては医療センサデバイスを想定した場合の装着箇所間における特性を取得し、適用可能な周波数範囲や所要送信電力を取得している。また、複数の医療デバイスで構成されるヘルスケアシステムを想定し、各デバイスの持つデータ特性を考慮した柔軟なアクセス方式を提案し、評価を行っている。尚、本論文は英語で記述されており、以下に各章ごとにその概要を述べ評価を加える。

第 1 章「Introduction」では、各国のヘルスケアシステムの現状や課題を紹介し、特に関連する ICT 技術として、無線通信でのヘルスケアソリューション例について示している。また、本論文の構成や概略を示しており、次章以降の内容把握の向上に努めている。

第 2 章「Body Area Network and Intra-Body Communication」では、BAN(Body Area Network) や人体通信方式の紹介や事例など、要素技術とそのアプリケーションについての基本的な知識を解説している。特に基本手法として電流方式と電界方式の 2 種類の手法に関し、その差異や特徴を各々示している。

本章では 3 章以降の要素技術である人体通信をその経緯から特徴などを既存技術との対比として説明しており、国際標準化などの動向も合わせ人体通信に関する網羅的な技術サーベイを提供しており、本研究の技術的な位置づけを明確にしている。

第 3 章「Point to Point Intra-Body Communication for Personal Healthcare Systems」では、個人用のヘルスケアシステムを想定した 1 対 1 での人体通信に関する考察を行い、その応用として、モバイルヘルスケアシステムを提案している。まず、ECG (Electro Cardio Gram:心電図) センサと、手首に装着した中央のハブの間の人体通信伝送特性に関する検討を行った。通信実験では QPSK(Quadrature Phase Shift Keying:4 値位相変調)と BPSK(Binary Phase

Shift Keying:2 値位相変調)の2つの異なる変調方式に関して、EVM(Error Vector Magnitude: 誤りベクトル振幅)を測定している。周波数やデータ転送速度を変化させて測定し、実験結果からはQPSK及びBPSKの双方で-30dBmWの非常に低い送信電力で使用可能であることが明らかとなっている。また、適合する周波数範囲が75MHzから150MHzであること、更に-30dBmWの送信電力の場合、最大で4 Mspsの高いシンボルレートで実用的な通信が可能であることを示している。

本章では具体的なアプリケーションを想定した人体通信路における通信特性をEVMの観点で評価しており、使用可能な周波数、送信電力、変調方式、情報伝送速度がそれぞれ明示されることで、今後の類似のシステム設計の指標となる成果が得られたものと判断できる。また、既存技術であるBluetoothやZigBee等と比較した場合に、所要送信電力が数百分の1から数千分の1で適用可能なことが実験結果から明らかになっており、電磁波使用環境の厳しい医療現場でも他機器に与える影響は少なく、装置の小型化、長期連続使用等に優れたシステムが実現可能となることを示した意義は大きい。医療以外のアプリケーションにおいても適用可能な応用範囲も広いことが予想され、実用性の高い研究成果と言える。

第4章「Intra-Body Hybrid Communication Scheme for Health Care System」では、個人用のヘルスケアシステムに用いる1対多でのハイブリッド通信方式が提案され評価が行われている。複数の医療センサを装着した場合の通信方式は様々なものが考えられるが、本研究では医療デバイスの種類によって発生するデータトラヒック特性が異なることに注目し、各センサの具体的なデータの発生頻度、発生量、発生契機を調査し、それらが複数同時に存在する場合の医療用BANとして考察を行っている。また、通信特性として胸にデータ収集を行う中央ハブを装着することを想定し、そこから手首、頭部、腰に装着した複数センサ間での特性をそれぞれ検証している。実験は、QPSK及びBPSKで行われ、3章の検討結果とほぼ同等な適用周波数範囲は75MHzから150MHzであり、その際に送信電力として-30dBmWで4Mspsのシンボルレートが可能となることを明らかにした。

次に、医療用BANに適用するための方式としてMovable Boundary(移動境界)を持つハイブリッド通信方式を提案した。医療センサデバイスとして定期的にデータ送出するデバイス、ランダム的にデータ送出するデバイスなど、多種類が存在する。複数種類の医療センサデバイスが混在する医療用BANの場合、効率的な情報伝送を行うためには、異なるデータトラヒック特性に合わせたダイナミックな制御が必要である。本研究では、固定割り当て方式であるTDMA(Time Division Multiple Access: 時分割多元アクセス)方式やランダムアクセス方式であるスロット付きアロハ方式のような複数の異なる通信方式を有機的且つダイナミックに構成するハイブリッド方式を提案している。提案したハイブリッド通信方式は、ランダムアクセス領域と固定割り当て領域をダイナミックに構成することが特徴

であり、医療センサデバイスからの要求に応じた最適なチャネル割り当てを行うことを可能としている。混在する医療センサデバイスの組み合わせとして、3つの異なるシナリオを想定し、シミュレーションによって評価を行った。提案されたハイブリッド方式において優れた特性が得られるパラメータの組み合わせが明らかとなった。

本章では具体的な医療センサデバイスを想定し、そのデータ発生頻度、データ量、発生契機を横断的に調査し、それに基づく具体的なアクセス手法を提案しており、実用性が高い。特に、ランダムアクセス領域と固定割り当て領域の割合を可変にすることで、回線使用効率の高い優れた特性を得ることができ、提案方式の導入効果は大きいものと思われる。得られた知見は今後の関連研究への指標となる方式設計の基礎を与えており、高く評価できる。

第5章「Conclusion」は、論文の結論と将来の研究課題について述べている。

以上要するに、本論文では人体通信の基礎通信特性の取得と医療応用を行う際の方式提案を行うなど多角的な研究が行われており、実用化を意識した総合的な取り組みは高く評価できる。基礎通信特性では EVM での評価を元に人体通信に適する周波数を明らかにした他、所要電力、変調方式に関する実用的なパラメータの取得を行っており、今後の関連システムの参考となる値が得られた価値は大きいものと思われる。特に従来の無線通信に基づくシステムと比較した場合、消費電力が大幅に抑制可能なことから、センサデバイスの小型化や長寿命化が期待でき、装着感の少ないシステム構築への道が開けた意義は大きい。更に、多種類の医療センサデバイスを想定したアクセス方式を構築しており、具体的なデバイスに基づいた回線設計は実用的であり、その設計手法は今後の関連システム開発に影響を与えるものと評価できる。このように本論文は国際情報通信学の発展に大きく寄与するものと高く評価できる。よって博士（国際情報通信学）の学位を授与するに値するものと認められる。

2012年7月18日

審査員

(主任) 早稲田大学教授	工学博士 (東北大学)	嶋本 薫
早稲田大学教授	工学博士 (新潟大学)	佐藤拓朗
早稲田大学教授	博士 (工学) (早稲田大学)	松本充司
早稲田大学准教授	博士 (学際情報学) (東京大学)	福田雅樹