

令和 6 年 6 月 7 日現在

機関番号：12608

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2023

課題番号：18K04126

研究課題名（和文）無線ボディアエリアネットワークのためのシナリオ・ディエンベディング手法の開発

研究課題名（英文）Development of Scenario De-Embedding Method for Wireless Body Area Network

研究代表者

青柳 貴洋（Aoyagi, Takahiro）

東京工業大学・工学院・准教授

研究者番号：10302944

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,100,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は人体周辺で有効活用できる無線通信機器(WBAN)を設計するために必要な電波伝搬モデルを効率的に生成するための、シナリオとモデルを分離するための基礎的な研究に関するものである。任意の人体の動作を再現するモデルを開発し、電波伝搬シミュレータにより計算が可能となった。これにより、負担の大きい実験に頼ること無く、シミュレーションによりWBAN機器のための電波伝搬チャンネルの生成が可能である。

研究成果の学術的意義や社会的意義

我々が普段利用している無線通信機器は各種存在するが、これらが正常に、効率的に動作するためには、無線に使われてる電波がどのように空間が伝わるかの性質を事前に把握し、それに対応した無線機器の設計を行う必要がある。特に本研究が対象とする人体周辺の無線通信(WBAN)では、人体の形状や動作の影響までも考慮に入れる必要があるため、様々な人体の動作や姿勢に応じて実験を行ってこれを調べることは大変な負担となる。本研究の成果によれば、実験に頼ることなく、シミュレーションによりWBANの電波伝搬の様相を明らかにすることが可能となる。

研究成果の概要（英文）：This research aims to separate scenarios and models in order to efficiently generate radio wave propagation models necessary for designing wireless body area network (WBAN) equipments that can be effectively used around the human body. This makes it possible to generate radio wave propagation channels for WBAN equipment through simulation without relying on burdensome experiments.

研究分野：環境電磁工学

キーワード：ボディアエリアネットワーク 電波伝搬 シナリオ ディエンベディング チャンネルモデル 人体動作
ヘルスケア シミュレーション

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

一般的に、無線通信システムを設計するにあたって、その無線が利用する状況で電波がどのように伝搬するかを表現した電波伝搬チャンネルモデルが必要となる。このモデルは古くは短波無線から通信衛星、携帯電話から室内 WiFi に至るまで広く研究、報告されている。近年盛んに研究されるようになった人体周辺での無線通信ネットワークである **Wireless Body Area Network (WBAN)** についても、多くの様々なケースでのチャンネルモデルが報告されているものの、人体周辺でアンテナそのものが強く人体の影響を受ける、また人体の動作につれて動的にチャンネルが変動する(ダイナミックボディアエリアネットワーク)という特性から、その一般化が困難であり、また、実験による測定の難しさや実験にかかる手間の多さがその解明をさまたげる要因として残されていた。

2. 研究の目的

本研究の目的は、上述のような WBAN における電波伝搬チャンネルモデルの困難さに対応するために、2つのアプローチを試みることである。1つは、人体が無線チャンネルの変動に関与することから、その動作シナリオを分析し、チャンネルから分離することによって、WBAN 電波伝搬チャンネルモデルのメカニズムの理論的な説明を構築することである。もう1つは、従来、電波暗室内等での実験にチャンネル測定を頼っていたため、特定のシナリオにおける伝搬チャンネルモデルを構築する際に膨大な実験量を必要とする問題に対応することである。WBAN システム自体が人体近傍に設置されるものであるため、人体の影響、また人体の動作の影響を強く受ける。これに対応する本研究の目的は、前述の人体の影響に起因した測定の難しさ、測定量の負担を、WBAN の電波伝搬メカニズムを明らかにすることにより、より精度の高い電波伝搬シミュレーションを可能にする仕組みを構築することである。

本研究は 3次元の姿勢付け可能な人体モデルの開発と、それをつかった任意姿勢の人体動作中の WBAN チャンネルシミュレーションを可能にし、多種多様な人体動作を WBAN チャンネルからディエンベッドすることにより WBAN チャンネルモデルのプロセスの一般化と、実験やシミュレーション負担の軽減を目的とする。

3. 研究の方法

本研究においては、まず、人体周辺、特に人体の体表上に WBAN 無線機を装着した場合の、体表および体外のアクセスポイントへの電波伝搬について検討する。電波伝搬の計算を行う手法は有限要素法、FDTD 法、レイトレース等の高周波漸近解法などがよく用いられるが、本研究においては、解析手法によらずに利用することができる人体モデルの開発を行った。一般にコンピューターグラフィック等で用いられるような人体に任意の姿勢付けができるモデルは多数存在するが、電磁界解析シミュレーターで利用するためには、その構成に欠陥がないものが必要であるため、本研究では関節部分の接合を工夫し、エラーの生じない任意の人体姿勢付けが可能なモデルの開発を行った。開発したモデルは人体の関節角度を入力とした姿勢付けが可能となっており、ここに、一般のモーションキャプチャー等で得られた関節角度を入力することにより、任意の姿勢付けが可能となる。関節角度の表現については、モーションキャプチャーの方法等により各種の形式が考えられるが、本研究では角度の変換行列を定義することにより、人体動作を統一的に表現することを試みた。すなわち、関節角度の時系列変化のベクトルと、これを本研究の姿勢付けモデルに変換する変換行列の組み合わせにより、動作シナリオの分離の初期の試みがうまくいったことを確認できた。このモデルを利用して、いくつかの人体動作例について姿勢付けを行い、さらに有限要素法の電磁界シミュレーターにより WBAN の伝搬計算を行うことにより本手法の有効性の確認を試みた。

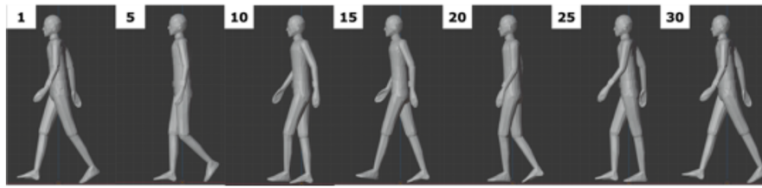
4. 研究成果

ここでは、研究成果として、[報告 1]における報告の概要を記す。図 1 に本研究で提案した関節角度変換行列を示す。この変換行列により、一般のモーションキャプチャーシステムで取得した人体関節の角度定義ファイルからのデータを入力し、ネット上で提供されている BVH ファイルを WBAN の人体動作への入力として利用することが可能になった。

$$\begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_m \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \cdots & a_{mn} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{pmatrix} \quad (1)$$

図1 本研究で提案した関節角度変換行列[報告1]

図2に、本研究で開発した人体動作の関節角度付けモデルを利用して、人体の歩行動作時の関節角度データを入力し、歩行動作を再現したものを示す。前回の報告で関節角度の変換がうまくいかず、不自然になっていた部分が改善されている。また、サッカーのシュート、バスケットボールのシュートなど、任意の動作についてもモーションキャプチャーデータを入力すれば、動作が再現できることが確認でき、それらを使った電磁界の計算可能なことから本手法の有効性が確認された。



(c) 本研究で再現した歩行動作

図2 本研究で開発したシステムによる人体動作の再現モデル[報告1]

図3は、図2の歩行動作の一連の各フレームについて、電波伝搬シミュレーションを行った結果を示している。図から分かるとおり、横軸のフレーム数に応じてWBANの電波の受信レベルの変動が計算できており、本手法で生成した任意の人体動作モデルを用いて、WBANの電波伝搬をシミュレーション計算が可能なが示された。

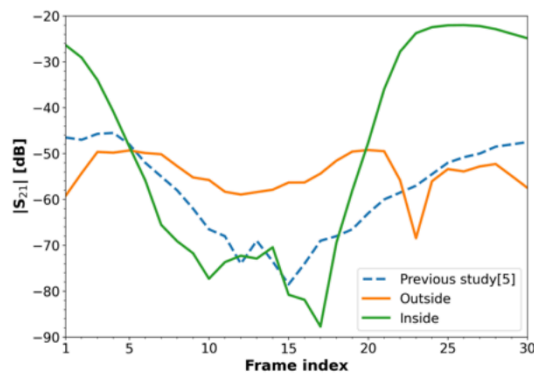


図3 歩行動作中におけるパスロス変動の電波伝搬シミュレーション結果[報告1]

[報告1]: 柏 典優、青柳貴洋、「WBAN 電波伝搬シミュレーションのための人体動作モデル生成に関する研究」、電子情報通信学会ヘルスケア・医療情報通信技術研究会報告、MICT2022-58(2023-03), pp. 11-16, 2023-03.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計6件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 柏典優・青柳貴洋
2. 発表標題 WBAN電波伝搬シミュレーションのための人体動作モデル生成に関する研究
3. 学会等名 電子情報通信学会医療情報通信技術研究会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 西塔明・青柳貴洋
2. 発表標題 人体動作パラメータによるWBANチャネルモデリングのための同期測定システム
3. 学会等名 電子情報通信学会 ヘルスケア・医療情報通信技術研究会、信学技報, vol. 121, no. 404, MICT2021-111, pp. 53-58, 2022年3月.
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 西塔明・青柳貴洋
2. 発表標題 WBANチャネルモデリングのための人体動作-受信信号強度同期測定システムの開発
3. 学会等名 電子情報通信学会 総合大会 B-19-9, 2022.
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 西尾太斗、青柳貴洋
2. 発表標題 無線ボディアリアネットワークにおけるチャネルモデリングのための身体動作分離
3. 学会等名 電子情報通信学会環境電磁工学研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Takahiro Aoyagi
2. 発表標題 Human Posture Effects of WBAN Measurement in a Reverberation Chamber.
3. 学会等名 14th European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP 2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Takahiro Aoyagi
2. 発表標題 Modeling of Shadowing States of On-Off Body Propagation of Wireless Body Area Network During Human Walking using Simple Geometrical Calculation
3. 学会等名 13th European Conference on Antennas and Propagation (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関