

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 8 日現在

機関番号：21401

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2010～2012

課題番号：22560385

研究課題名（和文） 人体表面を電磁波の通信路として用いる次世代無線通信システム（WBAN）の研究

研究課題名（英文） Research of next generation wireless telecommunications system that uses surface of human body as channel of electromagnetic wave

研究代表者

笹森 崇行（TAKAYUKI SASAMORI）

秋田県立大学・システム科学技術学部・准教授

研究者番号：40261581

研究成果の概要（和文）：本研究は、人体近傍無線通信（WBAN）用高性能ウェアラブルデバイスを実現するために、電磁波の伝搬路となる人体がデジタル通信へ及ぼす影響を厳密解を用いて明らかにし、さらにその伝搬路特性を考慮した高性能な人体近傍無線通信用アンテナを明らかにするものである。結果として、人体近傍を伝搬する電磁波の振る舞いを表す式を導出すると共に、ウェアラブルデバイス用アンテナを数値シミュレーションと実験により明らかにした。

研究成果の概要（英文）：In this study, to achieve an efficient wearable device for the wireless body area network (WBAN), the influence on digital communication with the human body that plays the role of the propagation channel of the electromagnetic wave is clarified by using the exact solution. In addition, the efficient antenna for the wearable device that considers the propagation channel is clarified. Consequently, the equation that shows the behavior of the electromagnetic wave propagating near the human body was derived, and the antenna for a wearable device was clarified by the numerical simulation and the experiment.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,600,000	480,000	2,080,000
2011年度	500,000	150,000	650,000
2012年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	2,600,000	780,000	3,380,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：電気電子工学 通信・ネットワーク工学

キーワード：近距離無線通信 アンテナ

1. 研究開始当初の背景

次世代の無線通信システムの一つとして、人体の内外に取り付けた端末（ウェアラブルデバイス）によって通信を行う WBAN（Wireless Body Area Network：人体通信または人体近傍無線通信）と呼ばれる電磁波の利用方法が提案されている。この通信方法は

人体表面や人体の近傍を電磁波の伝搬路として用いることにより、通信する相手と触れる・握るといった人間にとって自然な動作によって近距離通信を行うものである。

2. 研究の目的

本研究では、WBAN 用高性能ウェアラブル

ルデバイスを実現するために、まず電磁波の伝搬路となる人体がデジタル通信へ及ぼす影響を明らかにする。さらに、人体近傍を伝搬する伝搬路特性を有効に利用できる高性能な WBAN 用アンテナを明らかにする。

3. 研究の方法

人体近傍に置いた送受信アンテナ間の電波伝搬の問題を解析的・理論的に解明する。本研究では人体を無限長誘電体円柱として取り扱うことにより散乱電磁界の厳密解を導出し、その計算値を用いて検討を行う。そのために、人体の腕や胴体を無限長誘電体円柱で近似する。また送受信のアンテナとして、はじめは代表的な線状アンテナであり製作が容易であるダイポールアンテナを使用する。

次に、高効率なデジタル通信を行うための通信方式およびアンテナの形状や配置方法を定量的に検討する。本研究では WBAN に用いるためのデジタル通信方式として UWB 方式や OFDM 方式などを用いた場合について、BER を用いた定量的な評価によってその WBAN への適性を明らかにする。

さらに、数値解析と数値シミュレーションおよび測定によってウェアラブルデバイス用のアンテナを開発する。厳密解による解析的な研究は限定されたアンテナ形状しか検討できないのが欠点である。より現実的な形状を取り扱うために、解析モデルの自由度が高い FDTD 法を組み合わせる。低姿勢なウェアラブルデバイス実現への課題を BER によって定量的に明らかにし、人体による影響を考慮した低姿勢で高性能なウェアラブルデバイス用アンテナの実現を目指す。

4. 研究成果

本研究は、人体の近傍を電磁波の伝搬路として用いる無線通信である WBAN (Wireless Body Area Network) に使用するための高性能な無線端末 (ウェアラブルデバイス) の実現を目指して、無限長誘電体円柱による散乱電界の厳密解を用いる解析的な手法によって電波伝搬特性を求め、さらに符号誤り率 (BER) シミュレーションを行ったものである。

まず、人体の腕を無限長誘電体円柱で近似し、その近傍に送信用と受信用として2つのダイポールアンテナを配置した。次に、入射電界として送信ダイポールアンテナからの放射界を求め、解析的に求めた無限長誘電体円柱による散乱電界をそれに加えることによって円柱近傍の全電界を導出した。また、送信アンテナへの入力電圧と受信アンテナに生じる受信電圧との比から複素数で伝達係数を求めた。さらに、WBAN に使用するための周波数として、402~405MHz の MICS

(Medical Implant Communication Service) バンド、900~928MHz の 900 MHz 帯 ISM (Industrial Science Medical) バンド、および 3.1~10.6GHz の UWB (Ultra Wide Band) バンドの3種類の周波数帯域を取り上げ、変調方式として MICS と ISM バンドについては BPSK, QPSK, OFDM を UWB バンドについては UWB-IR と MB-OFDM を用いた場合について BER シミュレーションを行った。その結果として、人体が存在することによる BER の改善効果は周波数が低い方が高く、検討した周波数帯中では MICS バンドが最も良くなった。しかしながら、波長に対してアンテナが極めて小さいため、アンテナの利得が問題となることが分かった。また、検討した変調方式の中では、OFDM 方式は人体による影響が少ないことを明らかにした。

次に、厳密解による解析ではアンテナの形状を自由に設定することが不可能であるため、さらに、FDTD 法を用いて高性能な無線端末用アンテナの設計を行った。現在までのところ、生体等価ファントムを用いた測定値と厳密解を用いた解析解との比較を行いながら FDTD 法の計算コードの開発を行った。これによりダイポールアンテナ以外として、地板付モノポールアンテナ、地板付逆 F 型アンテナ、地板付ループアンテナを人体の近傍に置いて通信した場合の伝達特性を検討した。

さらに、アンテナを人体の近傍に置いたときの動作周波数が 2.4GHz 帯 ISM バンド (2.4~2.49GHz) となるように、FDTD 法を用いた数値シミュレーションによってアンテナを設計し、試作アンテナによる測定と比較する。人体の形状は有限長誘電体円柱とし、その電気定数として一般的に生体透過ファントムに用いられる筋肉の比誘電率と透磁率を3分の2にした値を用いた。解析するアンテナには、申請者らが厳密解を用いて解析したダイポールアンテナに加え、より低姿勢となるモノポールアンテナ、逆 F アンテナ、ループアンテナ、地板付ループアンテナの5種類を取り上げ、誘電体円柱との相対位置を変化させた場合についても調べた。また、測定では、実際に人体を使用して測定すると体型などの個人差や、気温や湿度等による測定値の変化を避けるため、人体を模擬するために生体組織と電氣的に透過な材料で製作する生体等価ファントムを用いた。まず、5種類のアンテナを誘電体円柱の近傍に置いたときの反射係数の周波数特性について調べ、次に、同種のアンテナを送受信に用いて人体の近傍で通信を行った場合の透過係数を調べた。また、この等価係数を用いて符号誤り率を求め、デジタル通信への影響について評価を行った。寸法や電氣的な性能を総合的に評価した結果、地板付ループアンテナが優れ

ていることを明らかにした。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計1件)

- ① 佐藤雄大, 笹森崇行, 戸花照雄, 磯田陽次, 高橋応明, 宇野亨, "UWB/ISM バンドを用いた WBAN システムの BER による定量的評価," 電子情報通信学会論文誌(B), vol.J94-B, no.2, pp.205-213, 2011 年 2 月 (査読あり) .
http://search.ieice.org/bin/pdf.php?lang=J&year=2011&fname=j94-b_2_205

[学会発表] (計13件)

- ① 今勇武, 笹森崇行, 戸花照雄, 磯田陽次, 高橋応明, 宇野亨, "2.4GHz 帯 WBAN に用いるためのアンテナの評価," 電子情報通信学会総合大会 通信講演論文集 1, B-1-39, p.39, 2013 年 3 月 19-22 日 (査読なし) .
- ② 今勇武, 笹森崇行, 戸花照雄, 磯田陽次, 高橋応明, 宇野亨, "ダイポールアンテナの配置が WBAN のデジタル通信特性へ及ぼす影響," 電子情報通信学会ソサイエティ大会 講演論文集 1, B-1-33, p.33, 2012 年 9 月 11-14 日 (査読なし) .
- ③ 今勇武, 笹森崇行, 戸花照雄, 磯田陽次, 高橋応明, 宇野亨, "人体近傍に置いたダイポールアンテナの配置による電波伝搬への影響," 電気関係学会東北支部連合大会 講演論文集, 2B18, 2012 年 8 月 30-31 日 (査読なし) .
- ④ I. Kon, T. Sasamori, T. Tobana, Y. Isota, M. Takahashi, and T. Uno, "Study of radio propagation for wireless body area network communication in 2.4 GHz band," 2011 International Symposium on Antennas and Propagation (ISAP 2011), Jeju, Korea, October 25-28, 2011 (査読あり) .
- ⑤ 今勇武, 笹森崇行, 戸花照雄, 磯田陽次, 高橋応明, 宇野亨, "2.4GHz 帯 WBAN システムにおける人体が伝搬特性に及ぼす影響の研究," 電気関係学会東北支部連合大会 講演論文集, 2I24, p.310, 2011 年 8 月 25-26 日 (査読なし) .
- ⑥ 笹森崇行, 佐藤雄大, 戸花照雄, 磯田陽次, 高橋応明, 宇野亨, "400, 900MHz 帯 WBAN システムの変調方式に関する一検討," 電子情報通信学会技術研究報告, A-P2011-10, pp.27-32, 2011 年 5 月 12-13 日 (査読なし) .
- ⑦ T. Sasamori, Y. Satoh, T. Tobana, Y. Isota, M. Takahashi, and T. Uno, "Evaluation in Terms of BER of the WBAN System Using

UWB and ISM Band," Proceedings of 5th European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP 2011), pp.1709-1713, Rome, Italy, April 10-15, 2011 (査読あり) .

- ⑧ 佐藤雄大, 笹森崇行, 戸花照雄, 磯田陽次, 高橋応明, 宇野亨, "UWB-WBAN システムに用いる変調方式の検討," 電子情報通信学会総合大会 通信講演論文集 1, B-1-18, p.18, 2011 年 3 月 14-17 日 (査読なし) .
- ⑨ Y. Satoh, T. Sasamori, T. Tobana, Y. Isota, M. Takahashi, and T. Uno, "Quantitative evaluation in terms of BER of the WBAN system at the ISM band," 2010 International Symposium on Antennas and Propagation (ISAP 2010), pp.264-267, Macao, China, November 23-26, 2010 (査読あり) .
- ⑩ Y. Satoh, T. Sasamori, T. Tobana, Y. Isota, M. Takahashi, and T. Uno, "Characteristic Evaluation of UWB BAN System in Terms of BER," 2010 Asia-Pacific Radio Science Conference (AP-RASC'10), BCK-3, Toyama, Japan, September 22-26, 2010 (査読あり) .
- ⑪ 佐藤雄大, 笹森崇行, 戸花照雄, 磯田陽次, 高橋応明, 宇野亨, "MICS バンドにおける WBAN システムの BER による評価," 電子情報通信学会ソサイエティ大会 通信講演論文集 1, B-1-55, p.55, 2010 年 9 月 14-17 日 (査読なし) .
- ⑫ 佐藤雄大, 笹森崇行, 戸花照雄, 磯田陽次, 高橋応明, 宇野亨, "ISM バンドにおける WBAN システムの BER による定量的評価," 電気関係学会東北支部連合大会 講演論文集, 2H07, p.269, 2010 年 8 月 26-27 日 (査読なし) .
- ⑬ T. Sasamori, Y. Satoh, T. Tobana, Y. Isota, M. Takahashi, and T. Uno, "Bit Error Rate Performance of Wireless Body Area Network System," 2010 IEEE International Symposium on Antennas and Propagation & CNC-USNC/URSI Radio Science Meeting (2010 IEEE AP-S/URSI), Toronto, Canada, July 11-17, 2010 (査読あり) .

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

○取得状況 (計0件)

[その他]

6. 研究組織

(1) 研究代表者

笹森 崇行 (SASAMORI TAKAYUKI)
秋田県立大学・システム科学技術学部・准
教授
研究者番号：40261581

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし