

### 環境雑音の人体通信受信機への影響に関する研究

上村, 遼香 / KAMIMURA, Haruka

---

(出版者 / Publisher)

法政大学大学院理工学研究科

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

法政大学大学院紀要. 理工学研究科編

(巻 / Volume)

65

(開始ページ / Start Page)

1

(終了ページ / End Page)

4

(発行年 / Year)

2024-03-24

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00030738>

# 環境雑音の人体通信受信機への影響に関する研究

## NOISE ANALYSIS OF WEARABLE RECEIVER IN INTRA-BODY COMMUNICATION

上村遼香

Haruka KAMIMURA

指導教員 品川満

法政大学大学院理工学研究科応用情報工学専攻博士後期課程

Intra-body communication uses the electric field around the human body. Therefore, the signal is weak and easily affected by environmental noise. In order to solve this problem, the mechanism of noise entering the receiver for floor noise and radiation noise was elucidated by simulation. The receiver has a two-layer electrode structure. As a result, it was found that the noise entering the two electrodes was in opposite phases.

**Key Words** : Intra-body communication, floor noise, radiation noise, phases, receiver.

### 1. 研究背景

IoT[1][2]普及に伴い人中心のサービスが増加してきた。そこで人体を伝送路として、人の自然な動作で通信が可能な人体通信[3]-[6]という新しい技術が注目されている。人体通信は人の触れる、座る、踏むなどの自然な動作を通信のトリガーとするため、人の直観にわかりやすいアプリケーションを実現できる。人体通信のアプリケーション例を図1に示す。認証が必要なドアの前に人が立つだけで通信が開始し、認証されたら扉が開くシステムである。このアプリケーションは人が床の電極を踏むことで通信が開始して認証されている。

人体通信は人体を伝送路とし、人体の表面の電界を利用して、外部からの雑音に弱く、通信の安定性が少ないという問題がある。雑音の発生源は環境によっても変わるため、受信機側での対策を試みる。それには雑音と信号が受信機にどのように入るのか確かめる必要がある。本研究では二層電極構造の受信機にどのように雑音が入るのかメカニズムを解明した。

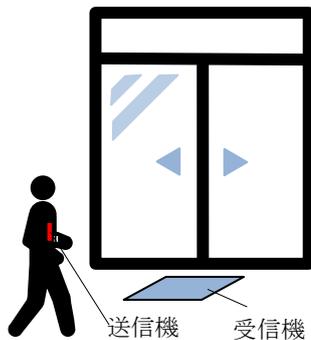


図1 人体通信アプリケーション

### 2. 人体通信と環境雑音

#### (1) 人体通信の仕組み

人体通信は人体に誘起される微弱な電界信号を用いて通信を行うため、受信機に大きな雑音が入ると通信が行えない問題がある。人体通信のアプリケーションのセキュアドアシステムにおける環境雑音を図2に示す。

それぞれ発生源が違うため、電極への混入経路も違うと考えられる。放射雑音は空間を伝搬して人体経由で電極に入る雑音で、発生源は主に蛍光灯やLEDである。床雑音は床に置いた受信機に直接入る雑音で、発生源は主に床下配線やNFC端末などである。雑音の対策のためには、混入経路の違う二つの雑音のどちらが支配的なのか、どのように受信機に混入するのかを確かめる必要がある。



図2 セキュアドアシステムにおける環境雑音

## (2) 差動検出

人体通信の雑音対策として差動検出[7]という雑音軽減技術がある。人体通信における差動検出とは二層電極構造の受信機を想定し、2枚の電極に入る雑音を差し引くことで低減させる技術である。受信機の2枚の電極のうち人に近い方をHot電極、もう一方をCold電極と定義する。差動検出はCold電極に入る雑音に可変ゲインアンプによって $\alpha$ 倍し、2つの電極に入る雑音のバランスをとった上で差し引く手法である。混入する雑音Hot電極とCold電極で同相であれば、差動検出によって雑音を低減可能である。しかし位相の異なる雑音が混入した場合、雑音の大きさを小さくすることはできない。そのため差動検出において効果的に雑音を低減させるためには、電極に信号と雑音がどのように混入するのか知る必要がある。

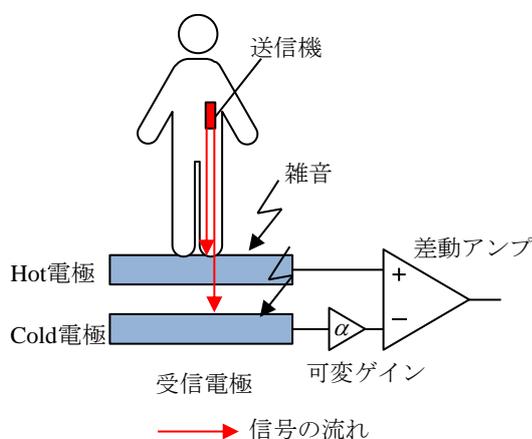


図3 差動検出のイメージ

## 3. 受信機設計

電極に入る信号を正確に測定するためにE/O-O/E回路[8]-[10]を使用する。図4にE/O-O/E回路の構成を示す。

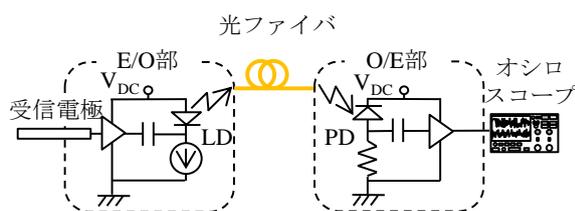


図4 E/O-O/E回路の構成

E/O-O/E回路とは、電気信号を光信号に変換し、再び光信号から電気信号に変換する回路である。それにより回路の入力側と出力側を電気的に絶縁できるため、受信電極へ測定器の影響を与えないで測定することができる。

E/O-O/E回路を使用した受信機設計(斜め)を図5に、受信機設計(横)を図6に示す。

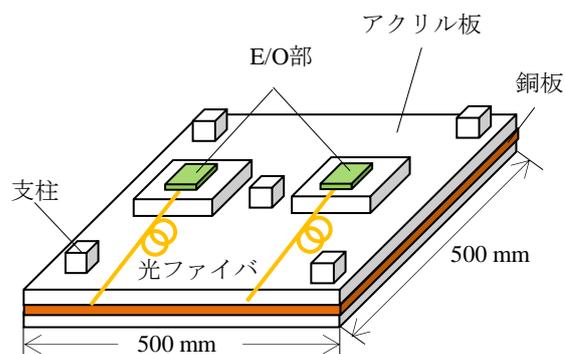


図5 受信機設計(斜め)

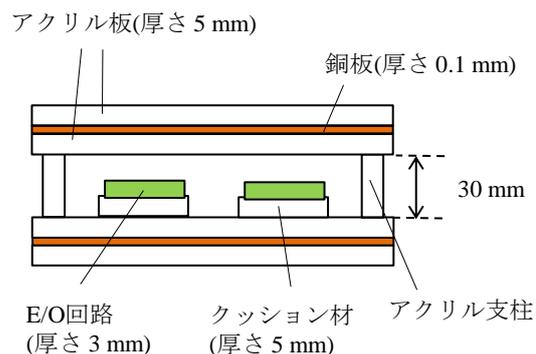


図6 受信機設計(横)

受信機は二層電極構造であり、E/O部を2枚の電極間に配置し、O/E部を電極外に配置した。これにより、電極とE/O部をつなぐリード線に雑音が直接混入することを防ぐことができる。また電極外に伸びているのは光ファイバなため、電気的な雑音は混入しない。よって電極に入る雑音を正確に測定できる。

## 4. シミュレーション

### (1) Sim4Life

電磁界シミュレーションで電極に入る雑音の位相を確かめる。まずZurich med tech社のSim4Lifeを使用した。床雑音のシミュレーションモデルを図7に、放射雑音のシミュレーションモデルを図8に示す。

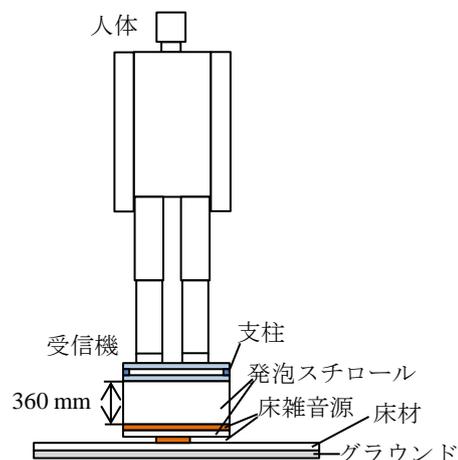


図7 床雑音のシミュレーションモデル

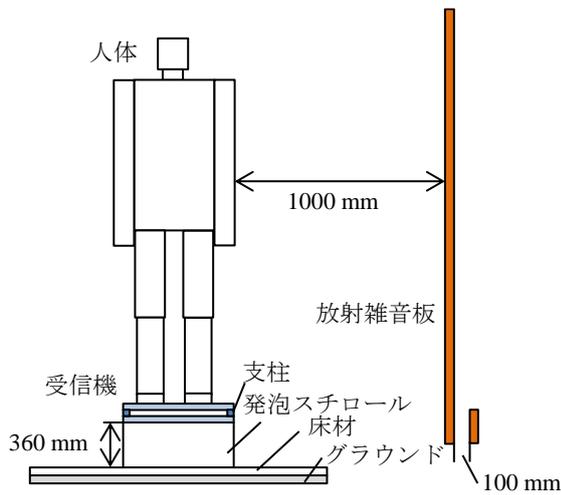


図 8 放射雑音のシミュレーションモデル

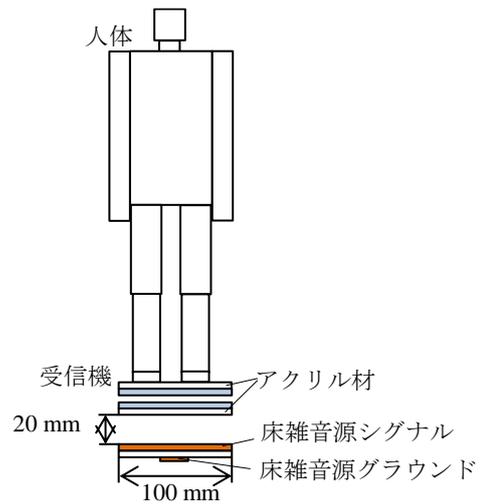


図 11 床雑音のシミュレーションモデル

床雑音源と放射雑音源は1枚の電極とGNDで雑音源とした。送信波形はインパルス波形を用いた。Sim4Lifeでの送信波形を図9に、床雑音と放射雑音の受信電極波形を図10に示す。

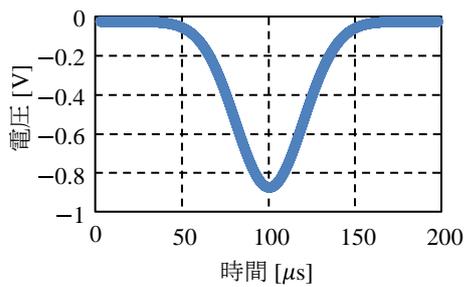


図 9 送信波形

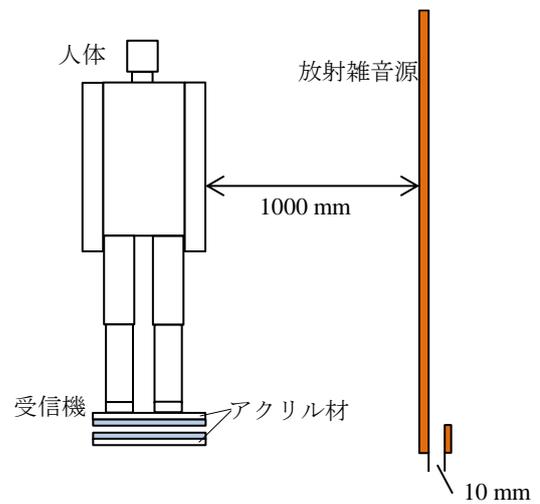


図 12 放射雑音のシミュレーションモデル

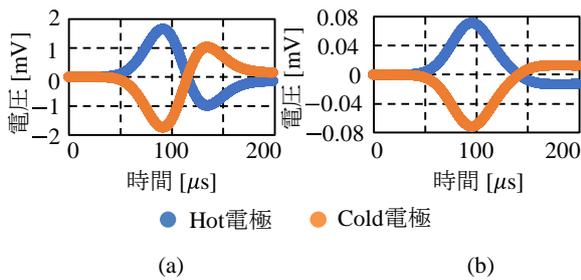


図 10 受信電極波形 (a)床雑音, (b)放射雑音

床雑音、放射雑音ともに Hot 電極と Cold 電極に入る波形は逆相になった。

## (2) EMpro

次に Keysight Technologies 社の EMpro という電磁界シミュレーションの FDTD 法(Finite Difference Time Domain)によって、雑音が2枚の電極にどのように入るのか確かめる。床雑音のシミュレーションモデルを図11に、放射雑音のシミュレーションモデルを図12に示す。

どちらも人が受信機の上に立った状態で、雑音源が離れて配置してある。EMproでの送信波形を図13に、床雑音の受信電極波形を図14、放射雑音の受信電極波形を図15に示す。

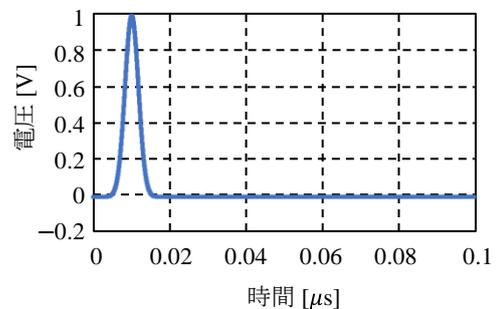


図 13 送信波形

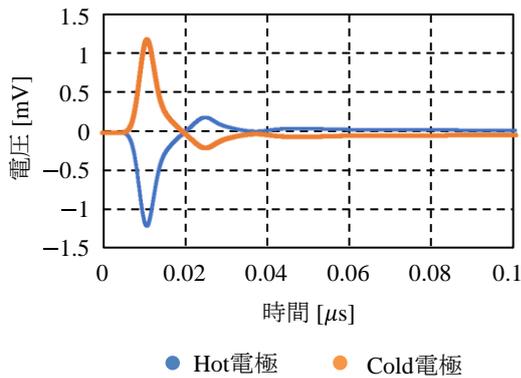


図 14 床雑音の受信電極波形

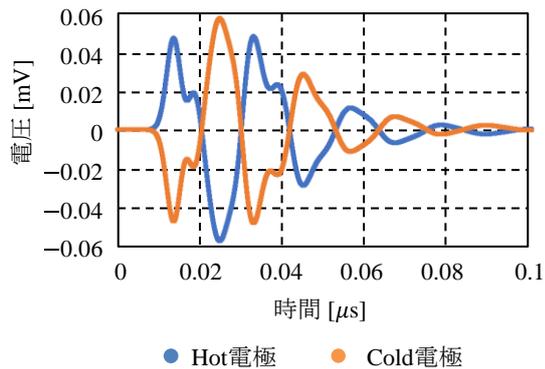


図 15 放射雑音の受信電極波形

Sim4Life の結果と同じく Hot 電極と Cold 電極に入る雑音は逆相になった。電極に入る人体経由の信号も逆相であるため、差動検出によって差し引くことはできない。よって雑音低減のためにはフィルタリング技術などが必要である。

## 5. 結論

本研究では人体通信が雑音に弱いという問題の対策のために、想定される環境雑音である床雑音と放射雑音について受信機に雑音が入るメカニズムをシミュレーションによって解明した。2つの電磁界シミュレーションを使って確かめた。床雑音と放射雑音は疑似雑音源を配置し、受信機は二層電極構造として電極に入る雑音の位相を確かめた。その結果、2枚の電極に入る雑音は逆相になることがわかった。よって差動検出で差し引くことはできず、フィルタリング技術での対策が必要となる。

## 参考文献

- 1) M. Weiser, "The Computer for the 21st Century," Scientific American, 1991.
- 2) L. Atzori, A. Iera, and G. Morabito, "The Internet of Things: A survey," Computer Networks, vol. 54, Issue 15, pp. 2787-2805, 2010.
- 3) T. G. Zimmerman, "Personal area networks: Near-field intrabody communication," IBM System Journal, vol. 35, no. 3-4, pp. 609-617, 1996.
- 4) M. Shinagawa, M. Fukumoto, K. Ochiai, and H. Kyuragi, "A near-field-sensing transceiver for intra-body communication based on the electro-optic effect," IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, vol. 53, no. 6, pp. 1533-1538, 2004.
- 5) Y. Kado, and M. Shinagawa, "AC Electric Field Communication for Human-Area Networking," IEICE TRANS ELECTRON, vol. 93, no. 3, 2010.
- 6) Y. Kado, T. Yanagawa, K. Nagata, T. Kobase, T. Kusunoki, R. Nagai, H. Ozaki, H. Shimasaki, and M. Shinagawa, "Human-area networking technology based on near-field coupling transceiver," Radio and Wireless Symposium (RWS) 2012 IEEE, pp. 119-122, 2012.
- 7) N. Akatani, H. Hanazawa, M. Shinagawa, "Phasor Diagram Analysis of Two-layer Electrode Receiver in Intra-body Communication," ISOM 2021.
- 8) A. Sasaki, M. Shinagawa, and K. Ochiai, "Principles and Demonstration of Intrabody Communication with a Sensitive Electrooptic Sensor," IEEE Trans. Instrum. Meas. 58(2), 2009.
- 9) Y. Song, Q. Hao, K. Zhang, M. Wang, Y. Chu, and B. Kang, "The Simulation Method of the Galvanic Coupling Intra-body Communication with Different Signal Transmission Paths," IEEE Trans. Instrum. Meas. 60(4), 1257- 1266, 2011.
- 10) M. Chen, et. al., "Body Area Networks: A Survey," Mobile Networks and Applications, Vol. 16, No. 2, pp. 171-193, Spring 2011.