

人体通信ウェアラブル端末間の 伝送特性計測技術に関する研究

鮎澤, 大樹 / Ayuzawa, Daiki

(出版者 / Publisher)

法政大学大学院理工学・工学研究科

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

法政大学大学院紀要. 理工学・工学研究科編 / 法政大学大学院紀要. 理工学・工学研究科編

(巻 / Volume)

58

(開始ページ / Start Page)

1

(終了ページ / End Page)

4

(発行年 / Year)

2017-03-31

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00014205>

人体通信ウェアラブル端末間の 伝送特性計測技術に関する研究

MEASUREMENT TECHNIQUE FOR TRANSMISSION CHARACTERISTICS BETWEEN WEARABLE DEVICES OF INTRA-BODY COMMUNICATION

鮎澤大樹

Daiki AYUZAWA

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修士課程

This paper describes the distance dependencies of a wearable-to-wearable communication using a measurement technique for transmission characteristics of intra-body communication. We developed a new EO receiver with a high gain amplifier and an electro-optic technique. The EO receiver can measure precisely a small on-body signal in the wearable-to-wearable communication. A received signal strength is inversely proportional to the distance between the wearable devices.

Key Words : Intra-body communication, Electro-optic technique, Measurement

1. 序論

近年，スマートフォン等の日常生活における身の回りの「モノ」がネットワークに接続されて相互に通信を行う，モノのインターネット社会である IoT(Internet of Things)[1]社会が広く普及し始めている。それに伴って偏在する情報機器間を接続する近距離通信技術が重要となる。従来，有線通信や無線通信によるネットワークへの接続が一般的であったが，モノとモノの間に必ず存在する人間を通信媒体とした人体通信[2]が IoT 社会における通信技術として有効であると考えた。人体通信とは，送信機から信号を送ることで人体近傍に誘起される電界を受信機で読み取り通信する通信方式であり，「触れる」や「踏む」等の人間の自然な動作をトリガとして通信を行う。電極を踏むだけで改札を通過することができるウォークスルー改札等，IoT 社会において人体通信は様々なサービスへ応用が期待される。

2. 研究目的

このようなサービスの実現のためには，伝送路となる人体の伝送特性を正確に計測し明らかにする必要がある。しかし，人体通信は扱う信号が非常に微弱であり，周囲の環境からの雑音の影響を受けやすく通信が不安定であるため[3]，正確な計測をすることは非常に困難である。また，受信信号強度を測定するために受信機に AC 駆動の測定器を接続した際，AC 電源を介して受信機とアースグラウンド間の結合が強くなる影響で受信信号強度を

過大評価してしまうという問題がある[4][5]。この問題を解決するためには受信機と測定器間にレーザーダイオード(LD)とフォトダイオード(PD)を用いた光・電気変換を使用して，電氣的に絶縁することが有効である[6]。したがって，本研究では受信機に測定器を接続した影響を受けずに正しく受信信号強度を測定することができる，微弱な信号を検出可能な高感度な受信機を開発し，人体の伝送特性を明らかにすることを目的とする。

3. EO レシーバー性能評価

受信機に光・電気変換を使用した EO レシーバーを開発した。EO レシーバーは電気・光変換部(E/O コンバータ)と，光・電気変換部(O/E コンバータ)によって構成される。EO レシーバーのブロック図を図1に示す。

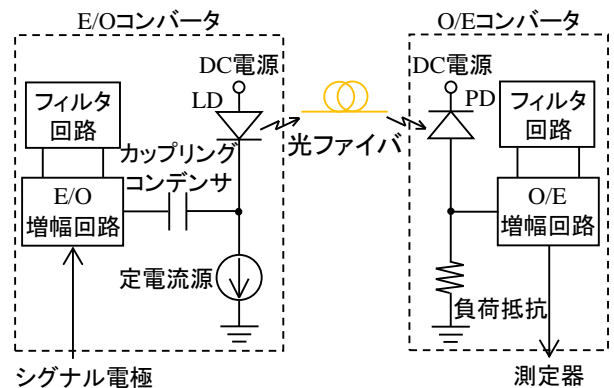


図1 EO レシーバーブロック図

E/O コンバータはシグナル電極で受信した微小信号を増幅する E/O 増幅回路、帯域を制限し発振を抑制するフィルタ回路、増幅された電気信号を光信号に変換し O/E コンバータへ伝送する LD と、LD を安定して駆動させるための定電流源によって構成される。O/E コンバータは光信号を電気信号に変換する PD と負荷抵抗、光・電気変換の際に減衰する信号を増幅するための O/E 増幅回路、フィルタ回路によって構成される。実際に開発した EO レシーバーを図 2 に示す。

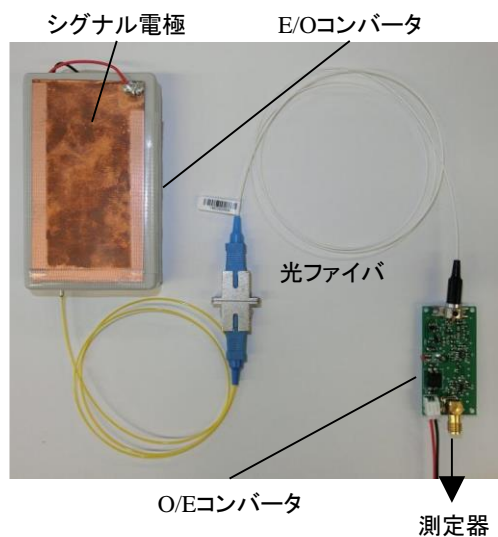


図 2 EO レシーバー

次に、開発した EO レシーバーの基本性能評価を行った。最初に、EO レシーバーの周波数特性の測定をした。ファンクションジェネレータ(FG)から 40mVpp の正弦波を出力し、40dB アッテネータを通して 420 μ Vpp に減衰させて E/O コンバータに入力し、O/E コンバータからの出力電圧をオシロスコープで測定した。EO レシーバーの周波数特性を図 3 に示す。

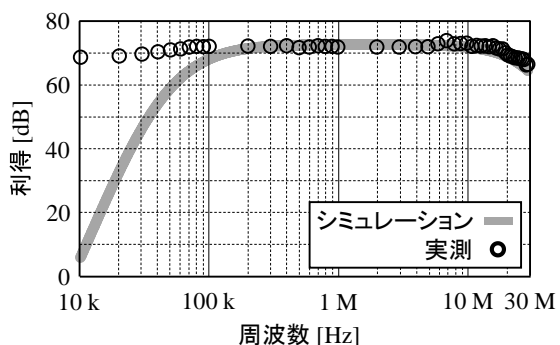


図 3 EO レシーバー周波数特性

EO レシーバーのカットオフ周波数は 22MHz であり、シミュレーション結果とほぼ一致した。低周波帯域の周波数特性がシミュレーションと同様の傾向が得られなかったのは、低周波帯域における受信信号は雑音が大き

かった正弦波であったため、受信電圧の値を正確に測定できなかったことが原因である。

次に EO レシーバーの感度を表す最小検出電圧を測定した。FG から 6.75MHz, 40mVpp の正弦波を出力し、40dB アッテネータを通して 420 μ Vpp の正弦波を E/O コンバータに入力し、O/E コンバータからの出力をスペクトラムアナライザで測定した。測定されたパワースペクトルを図 4 に示す。

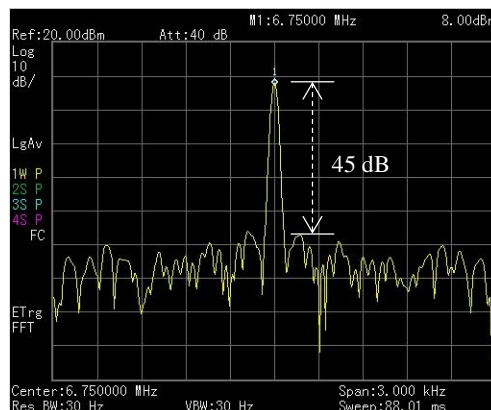


図 4 最小検出電圧

S/N 比が 45dB という結果が得られた。したがって、45dB を倍率に変換するとおおよそ 178 倍となるので EO レシーバーの最小検出電圧は 2.36 μ Vpp である。

最後に、EO レシーバーで実際に人体通信による信号検出が可能か確認した。受信信号強度が最も弱くなるウェアラブル端末間通信時に信号が検出可能なことを確認することで、開発した受信機が人体通信における伝送特性の評価に有効であることを示す。信号検出実験の実験系を図 5 に示す。

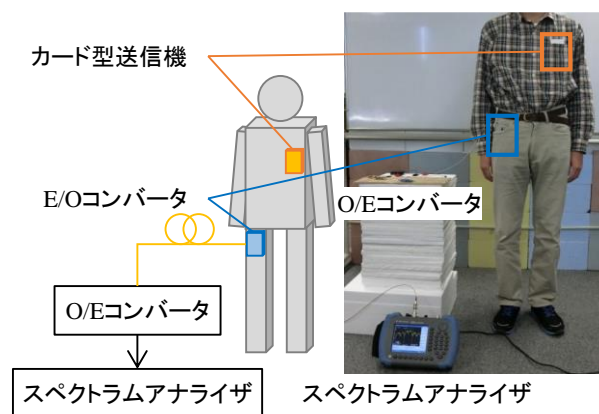


図 5 信号検出実験系

人体通信で実際に使用される信号は、データに乗せて変調した 0, 1 のデジタル信号であるため、実験では 15Vpp, 6.75MHz の PN 連続信号を出力するカード型送信機を使用した。カード型送信機を左胸ポケット、E/O コンバータを右ズボンポケットに入れ、O/E コンバータ

からの出力をスペクトラムアナライザで測定した。測定されたパワースペクトルを図6に示す。

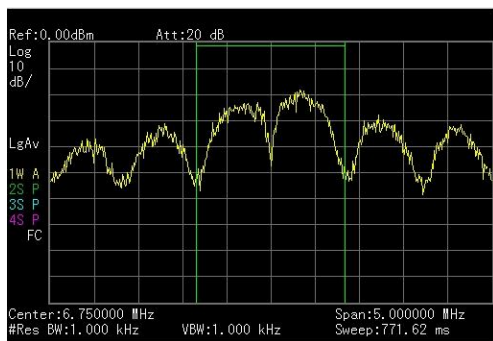


図6 PN連続信号パワースペクトル

6.75MHzを中心としたPN連続信号のパワースペクトルが確認できた。開発したEOレーザは微弱な変調信号を検出することが可能で、人体通信における伝送特性の評価に有効であることが示された。

4. 実験結果

開発したEOレーザを用いて、ウェアラブル端末間通信における送信機と受信機の距離依存性明らかにするために実験を行った。実験系を図7に示す。

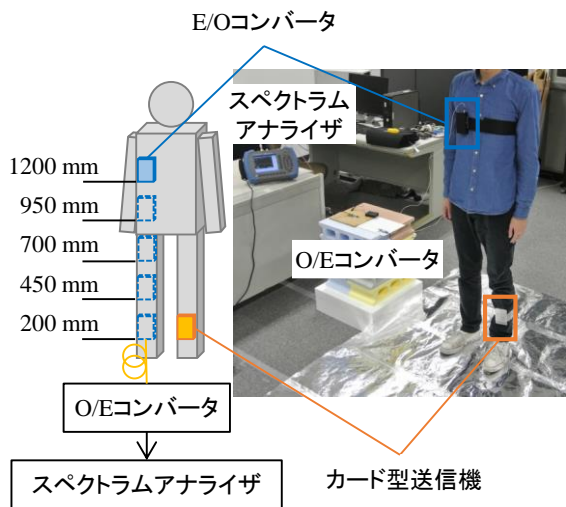


図7 距離依存性計測実験系

カード型送信機の位置は体前面の左側の足元からの高さ200mmに固定し、E/Oコンバータの位置は体前面右側と体背面右側の足元からの高さ200mm、450mm、700mm、950mm、1200mmである。カード型送信機はテープで巻きつけることで固定している。面ファスナーのフック面を表面にして体に巻き付け、面ファスナーのループ面をE/Oコンバータに貼り付け、面ファスナー同士を接着することでE/Oコンバータの位置を固定している。送信機から周波数6.75MHz、電圧15VppのPN連続信号を出力し、スペクトラムアナライザで1.69MHz帯域のチャンネル

パワーを測定した。実験結果を図8に示す。

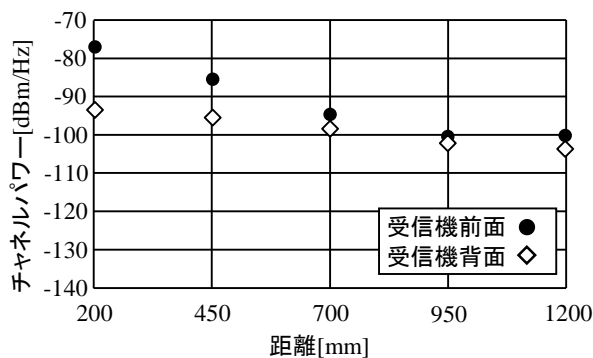


図8 距離依存性実験結果

E/Oコンバータを体前面につけた場合の距離依存性は、カード型送信機との距離が離れるにつれ受信信号強度が弱くなる傾向が得られたが、950mmと1200mmでのチャンネルパワーはほとんど変化が見られなかった。E/Oコンバータを体背面につけた場合も同様にカード型送信機との距離が離れるにつれチャンネルパワーが弱くなったが、体前面につけた場合よりも値の変動が小さかった。

続いて、実験結果の確からしさを確認するために電磁界シミュレーションの結果との傾向の比較を行った。シミュレーションに使用したモデルを図9に示す。

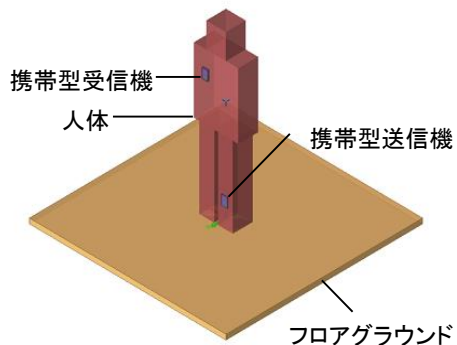


図9 電磁界シミュレーションモデル

実際と同じサイズの人間、送信機、受信機を作成した。実際の実験と同じように送受信機の位置を変化させてシミュレーションを行った。シミュレーション結果を図10に示す。

携帯型受信機を体前面につけた場合の距離依存性は、携帯型送信機との距離が離れるにつれ受信信号が弱くなる傾向が得られた。携帯型受信機を体背面に付けた場合は450mmにおける受信信号が一番強く、700mm以降は携帯型受信機の距離が離れるにつれ、受信信号は徐々に弱まったが値はほとんど変化しなかった。

次に人体を横から見た電界分布を図11に示す。

携帯型送信機から空間に放射するように電界分布が広がっている。体前面は携帯型送信機との距離に近いほど

電界強度が強く、距離による電界強度の差が大きい。体背面は携帯型送信機のある高さやや強い電界が分布しているが、距離による電界強度の差が小さい。また、携帯型送信機の高さよりもやや高い位置の方が電界強度が強いことが確認できる。

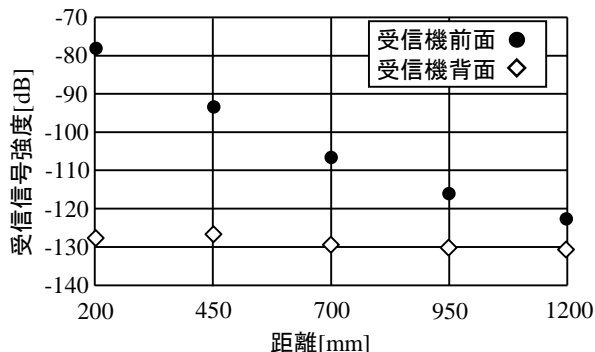


図 10 電磁界シミュレーション結果

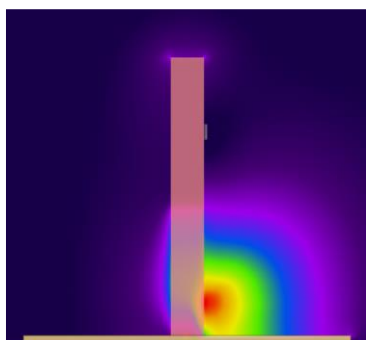


図 11 電界分布

以上のシミュレーション結果から得られた傾向と実験結果から得られた傾向を比較すると、送受信機が体の同じ面にある場合は送信機と受信機の距離が離れるにつれて受信信号強度が低下するという同様の傾向が得られた。送受信機が体の異なる面にある場合は、送信機と受信機の距離が近いほど受信信号強度が強く、距離が遠いほど受信信号強度が弱いというおおまかな傾向は得られたが、厳密には距離のみに依存していないことが確認できた。また、受信信号強度は距離によって大きく変化しないという同様の傾向が得られた。

5. 結論

本研究では、人体通信における伝送特性を正確に計測することが可能な受信機を開発した。また、開発した受信機を用いて、伝送特性の一つである距離依存性を明らかにした。ウェアラブル端末間通信における距離依存性は、送受信機が体の同じ面にある場合は、送信機と受信機の距離と受信信号強度は反比例する。送受信機が体の異なる面にある場合は、送信機と受信機の距離が近いほど受信信号強度が強く、遠いほど受信信号強度が弱いという傾向は見られるが、距離のみに依存せず、その値は大きく変動しないという結論が得られた。

人体通信を利用したサービスを実現するために、体にセンサを装着して受信機で生体情報をモニタリングするといったウェアラブル端末間通信を利用したサービスにおいては、最も効率の良い通信をするために各センサからの距離が離れすぎないように受信機を体の中心に装着することが重要であるといえる。

参考文献

- 1) Ashton, K. : That 'internet of things' thing, *RFiD J.*, Vol.22, No.7, pp.97-114, 2009.
- 2) Zimmerman, T. G. : Personal area networks: Near-field intrabody communication, *IBM Systems J.*, Vol.35, Nos.3/4, pp.609-617, 1996.
- 3) Kado, Y. et al. : Transmission characteristics between wearable and embedded transceivers based on near-field coupling: Body-channel communication system for human-area networking, *EUCAP*, pp.3130-3133, 2011.
- 4) Matsumoto, K. et al. : Signal Measurement System for Intra-Body Communication Using Optical Isolation Method, *OPTICAL REVIEW*, Vol.21, No.5, pp.614-620, 2014
- 5) Ayuzawa, D. et al. : Measurement system for wearable devices of intra-body communication using electro-optic technique, *IEEE GCCE2015*, pp.634-637, 2015.
- 6) Shinagawa, M. et al. : A near-field-sensing transceiver for intrabody communication based on the electrooptic effect, *IEEE Trans. Instrum. meas.*, Vol.53, No.6, pp.1533-1538, 2004.