

心電信号のリアルタイム伝送が可能な 電流方式人体通信機の試作

伊藤 建一*

(平成 29 年 10 月 31 日受理)

Prototype of Galvanic Coupling Intra-Body Communication Transmitter Capable of Real-Time Transmission of Electrocardiographic Signals

Kenichi ITO*

This study developed a galvanic coupling intra-body communication transmitter which is capable of real-timely transmitting electrocardiographic signals. The experimental results showed that the measured and transmitted electrocardiographic waveforms were roughly coincided with each other, which leads to successful transmission of electrocardiographic signals. It is thought that body area network using galvanic coupling intra-body communication can be configured.

Key words: Intra-Body Communication Transmitter, Galvanic Coupling, Electrocardiographic Signal

1. はじめに

生体情報の常時モニタリングでは、体温、心電図等の生体情報を各種センサで計測し、その計測した情報をボディエリアネットワーク等を介してリアルタイムで収集する必要がある。著者はこのボディエリアネットワークに適用可能な電流方式人体通信を用いた通信システムを開発することを目的としている。

人体通信に関する研究は、1996年に米国IBMのT. G. Zimmerman氏が、人体通信に関する論文「Personal area networks: Near-field intrabody communication」^[1]を発表してから注目を浴びるようになった。人体通信の信号伝送方式は大きく分けて二つのタイプ(電流方式と電界方式)に分類される。本研究で採用した電流方式では、送受信機の両方の電極が人体に取り付けられる。電気信号は送信機の二つの電極間に差動的に加えられ、人体内を直接通過して減衰した信号を受信機の二つの電極で検出する。この方式の信号伝送品質は人体組織の誘電特性の影響が大きいものの、個人の周囲環境の影響をあまり受けないという特徴がある。また、この方式は小型の電極も使用可能であるため、人体内に埋め込まれた装置間のデータ通信への適用も可能である。

著者は、これまで計算機シミュレーションとスペクトラムアナライザを用いた計測によ

* 工学科(知能機械・情報通信学系)准教授
Associate Professor, Division of Intelligent, Department of Engineering

って、電流方式人体通信の信号伝送損失計測と伝送効率の最適化技術に取り組んできた^[2]。^[3] 最適化技術は、最適インターフェース回路（LC直並列共振回路）を送信機の出力に追加し、生体に印加される電圧の電氣的共振による増加を試みるものである。信号伝送損失の周波数特性はシミュレーション結果と測定結果で非常に類似した結果が得られている。本研究ではこれまでの研究成果に基づき実際に生体センシング機能を有する通信機を試作したので報告する。

2. 人体通信機の概要

図1に今回試作したシステム概要図を示す。人体通信送信機は測定した心電信号で搬送波を変調して電極を介して人体に送信し、受信機では人体を通過して減衰した信号を復調した後、Android端末へ無線(Bluetooth)を用いて転送する。表1に各種諸元を示す。

図2と図3に送受信機の回路ブロック図と送受信機回路の写真を示す。送信回路は心電信号の測定機能とその心電図データを送信する機能がある。心電信号は計装アンプで差動増幅され、フィルタ・増幅処理後、レベルシフト処理で正の電圧の信号に変換されマイコンに取り込まれる。マイコンは起動時にDDS発振器から2MHzの正弦波が発出力されるように制御する。また、マイコンは心電図信号に応じてアナログスイッチを制御し、OOK変調された信号を人体に送信する。受信回路は人体を通過して減衰したOOK変調信号を検波し、コンパレータでビット信号に変換する。無線ICはビット信号をBluetoothでAndroid端末に送信する。Android端末は送られてきた心電図ビットデータから心電信号電圧波形を再構築し表示する。なお、送受信機は専用のプリント基板を作成している。

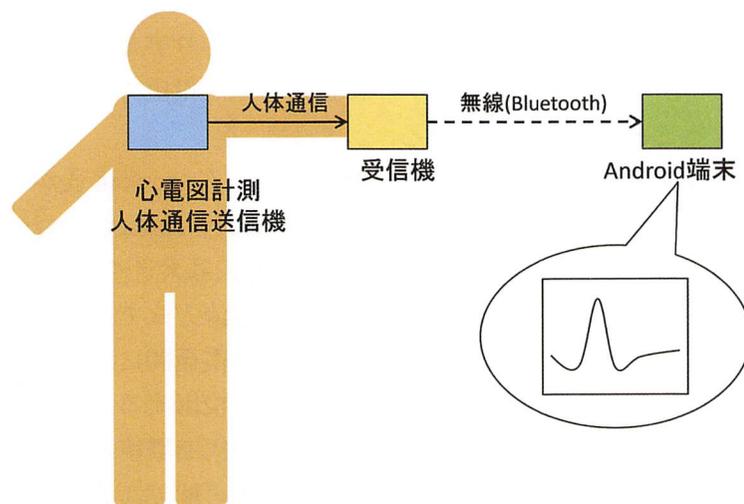


図1 システム概要図

表1 各種諸元

人体通信搬送波周波数	2 MHz
人体通信速度	115.2 kbps
人体通信変調方式	OOK変調方式
心電図サンプリング周波数	200 Hz
心電図量子化ビット数	10 bits

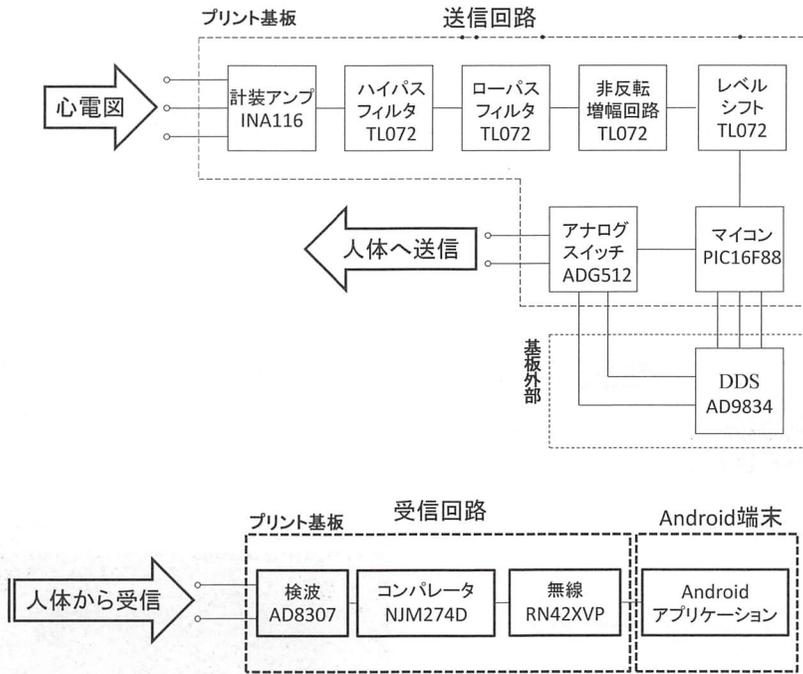


図2 送受信機の回路ブロック図

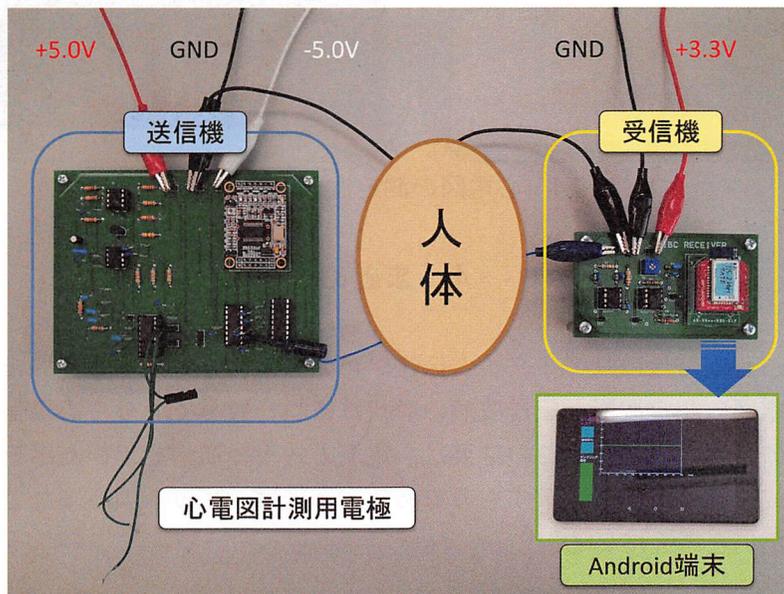


図3 開発した送受信機

3. 心電信号のリアルタイム伝送実験

開発した送受信機で実際に心電信号をリアルタイムで伝送できるか実験を行った。心電信号測定電極及び送受信電極には、脳波測定で一般的に用いられる脳波用皿電極（GE Healthcare SEE103）を用いた。心電図は3点誘導で測定した。送受信電極はそれぞれ前腕に貼付し、送受信電極の間隔は約20cmとした。図4に心電信号の測定波形と伝送波形を示す。左側の波形は、送信機で測定した心電信号（図2の非反転増幅回路の出力）をオシロスコープで観察したものである。心電信号の特徴であるP波、QRS波、T波を捉えていることがわかる。右側の波形が伝送された心電信号をAndroid端末で表示したものである。左側の拡大波形と比較すると、形状は概ね一致しており、心電信号の伝送は成功していることが確認できる。

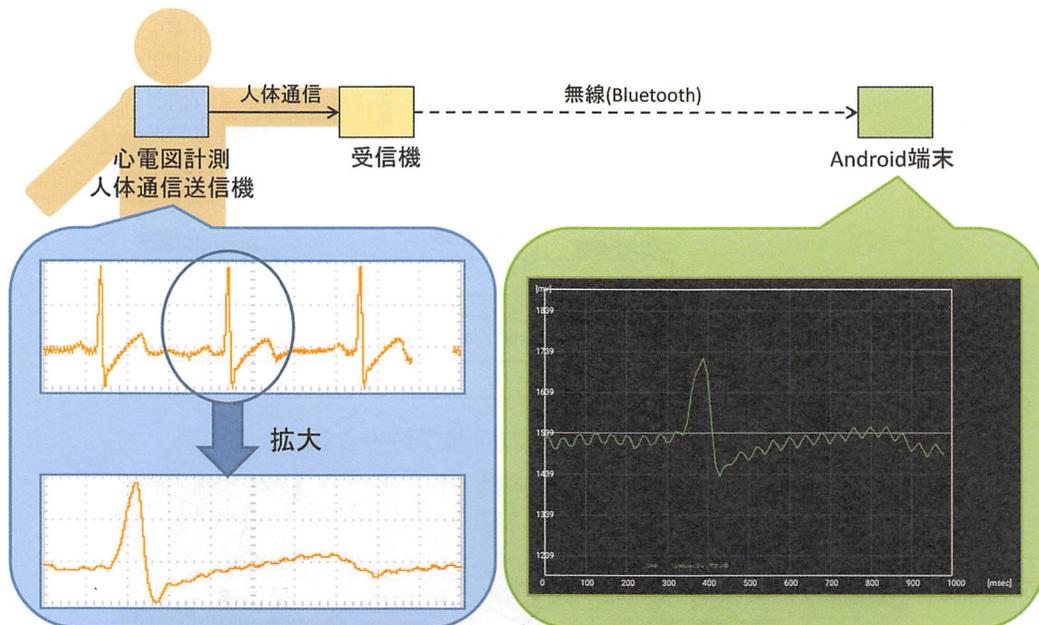


図4 心電図の測定波形と伝送波形

4. まとめ

本研究では、心電信号のリアルタイム伝送が可能な電流方式人体通信機を試作した。実験の結果、心電図の測定波形と伝送波形の形状は概ね一致しており、心電信号の伝送は成功しているものと考えられた。この結果は、電流方式人体通信を用いたボディエリアネットワークを構成できる可能性を示すものである。今後は、ビット誤り率など伝送状態を定量的に評価したいと考えている。

謝辞

本研究は、本学 PBL 実習（2014 年度，2015 年度，2016 年度）で実施されたものです。記して感謝いたします。

参加学生

2014 年度 [敬称略] : 伊藤龍史, 東諒, 五十嵐竜司, 内山統裕, 大嶋博孝

2015 年度 [敬称略] : 伊藤充洋, 金安成英, 久保良貴, 田中将, 広川智基, 古市将義

2016 年度 [敬称略] : 菊地裕介, 池田友也, 大平涼介, 牛腸大貴, 田中翔

文献

- [1] T. G. Zimmerman : Personal area networks: Near-field intrabody communication; *BM Systems Journal*, 35(3-4), 609-617, 1996.
- [2] K. Ito, Y. Hotta : Signal Path Loss Simulation of Human Arm for Galvanic Coupling Intra-body Communication; *Journal of Advanced Simulation in Science and Engineering*, 3(1), 29-46, 2016.
- [3] K. Ito, Y. Hotta: Signal Path Loss through the Human Arm by Galvanic Coupling Intrabody Communication Using Noncontact Electrodes on the Transmission Side –Simulation Study Using Circuit and Finite Element Method Models–; *Journal of Advanced Simulation in Science and Engineering*, 3(1), 136-150, 2016.