

生体等価ファントムにおける BER 特性の評価

2013SE020 古田玲寿

指導教員：奥村康行

1 はじめに

人体を伝送路として情報交換を行う人体通信の概念は 1990 年代にアメリカ・MIT メディアラボの T.G.Zimmerman 氏により提唱された [1]。人体通信は「さわる」などといった動作をコンピュータネットワークに応用させた通信技術であり医療、ヘルスケアなどの新インフラとして様々な分野への応用が期待されている [2]。だが、人体通信が抱える課題の一つとして安定動作があげられる。本研究では人体通信の通信性能を調べるためファントムを伝送路として Arduino, USRP をそれぞれ使い BER の測定を行う。

2 先行研究

参考文献 [3] では、Arduino を用いてウェアラブル機器に代わるものの開発、特定の文字列を送受信させるアプリケーションを製作しファントム特性を測る研究であった。参考文献 [4] では、人体通信を用いた楽器アプリケーションと任意の文字列を送受信させるアプリケーションの開発、生理食塩水ファントムの開発に関する研究であった。本研究では、アプリケーションの開発ではなく人体通信の通信性能に関する研究を行うため Arduino を用いて疑似乱数を生成させ、BER の測定を行う。さらに、USRP 同士で通信を行い BER の測定を行う。これは、前者がベースバンド通信であり、後者がキャリア通信である。

3 通信方式について

本節では、送受信機を用いた人体通信の通信方式について述べる。送受信機を用いた通信方式としてベースバンド通信とキャリア通信がある。

3.1 ベースバンド通信について

ベースバンド通信は送信する信号を変調せず、そのままの周波数帯で通信を行う方法である。この通信で使用する機器は Arduino, コンパレータ回路, モックアップ機器である。コンパレータ回路とは Arduino の信号をオペアンプで増幅させ、通信における雑音を除去するものである。

3.2 キャリア通信について

キャリア通信は信号を USRP など無線周波数に上昇させ、信号を受信させる通信である。この通信は、情報を搬送波で変調して送信し、受信した信号を復調することで信号の情報を取り出すことができる。本研究で使用する機器は USRP と人体モデルである生体等価ファントムである。

4 実験構成について

本節では、ベースバンド通信とキャリア通信の実験で使用する機器についてそれぞれ述べる。

4.1 ベースバンド通信を用いた機器構成について

Arduino を使用し M 系列を用いた疑似乱数のデータを送受信させる。M 系列とは、線形漸化式が生成する最長の周期をもつ数列であり、その周期 L は、 $L=2^n-1$ で与えられる。ここで n はビット数である。参考文献 [5] を元に M 系列を用いた疑似乱数生成法として線形帰還シフトレジスタという生成回路を使用し疑似乱数を生成させた。また、本研究では次数 n を 16 とし疑似乱数を生成する。16 ビット時の生成多項式 $g(x)$ は

$$g(x) = x^{16} + x^{14} + x^{13} + x^{11} + 1 \quad (1)$$

である。この乱数生成によるデータの伝送路として生理食塩水ファントムを用い、信号がファントムを通った際変化した信号の波形を元の波形に戻すためにコンパレータ回路を使用する。また電極板には、モックアップ機器を用いた。モックアップ機器の送信電極、受信電極の大きさはともに $3\text{cm} \times 3\text{cm}$ である。なお、送受信機の GND は共通である。これらの機器を用いてビットエラーの数を表計算ソフトで計算し、BER の測定を行う。機器の構成を図 1 に示す。

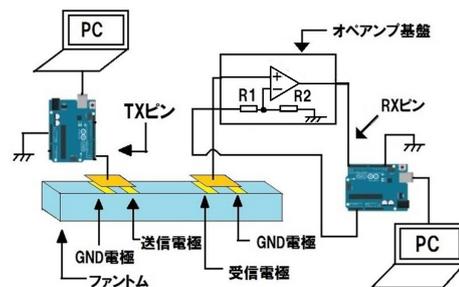


図 1 機器の構成

4.2 キャリア通信を用いた機器構成について

USRP でデータを送受信させ、そのデータの伝送路として生体等価ファントムを使用し通信を行う。電極板にはモックアップ機器を用いた。モックアップ機器の送受信電極の大きさは図 1 で使用したものと同様である。また、PC と USRP は LAN ケーブルで、USRP とファントムは同軸ケーブルでつながっている。MIMO ケーブルは送受信機を PC1 台で動作させるために用いる。これらの機器を用いて BER を測定する。機器の構成を図 2 に示す。

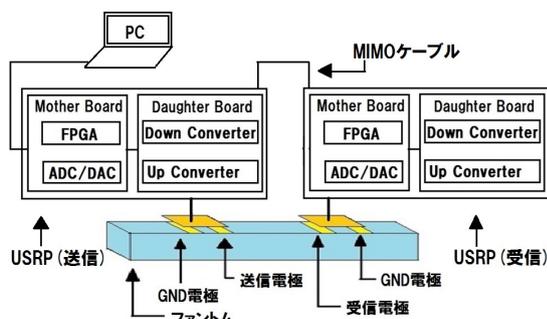


図2 機器の構成

4.3 生体等価ファントムについて

本研究で使用する2種類の生体等価ファントムについて述べる。生体と電磁波の影響を検討するため人体と類似の電気的特性を持つ人体モデルを生体等価ファントムという。図1の実験で使用した生理食塩水を用いたファントムの組成を表1に示す[4]。図2の実験で使用した周波数帯域幅が300MHzから2.4GHzであるファントムの組成を表2に示す[3]。ファントムは腕の人体モデルであり、それぞれ5cm × 5cm × 50cmのものを製作した。

表1 生理食塩水ファントムの組成表

材料	組成比 (%)	使用量 (g)
脱イオン水	95.18	1400
塩化ナトリウム	0.82	12.1
寒天	4.0	58.8

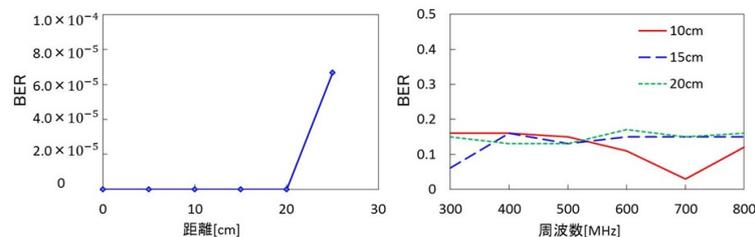
表2 生体等価ファントムの組成表

材料	組成比 (%)	使用量 (g)
脱イオン水	85.64	1445.2
塩化ナトリウム	0.95	16.0
アジ化ナトリウム	0.05	0.8
寒天	2.66	44.7
TX-151	2.14	36.113
ポリエチレンパウダー	8.56	144.5
合計	100.0	1687.3

5 BERの測定結果と考察

ベースバンド通信における実験では電極間距離を0cmから25cmの間で5cmずつ変化させた。キャリア通信における実験では周波数を300MHzから800MHzの間で100MHzずつ変化させて実験を行った。図3にBERの測定結果を示す。図3の(a)での送信ビット数は30000ビットであり、繰り返し周波数は10kHz、出力電圧は4.96Vである。結果は電極間25cmの間でほぼBERが0となり、25cmで2ビットの誤りが生じた。図3の(b)ではAWGNにおけるBPSKを用いたBERの結果であり、送信ビット数は10000ビット、送信電力は10dBm、電極間距離は10, 15, 20cmである。結果、どの距離でもBERの値はほと

んど同じで約 10^{-1} であった。これは信号がファントムを通った際、搬送波の波形に乱れが生じ受信側で信号をうまく復調できなかったため誤りが生じたと考えられる。



(a) ベースバンド通信におけるBER測定結果
[繰り返し周波数 : 10kHz]
[出力電圧 : 4.96V]

(b) キャリア通信におけるBER測定結果
[電極間距離 : 10, 15, 20cm]
[送信電力 : 10dBm]

図3 機器の構成

6 おわりに

本研究では、Arduinoを使用しベースバンド通信を、USRPを使用しキャリア通信を行った。またそれぞれの実験で使用する周波数帯が異なるため2種類の生体等価ファントムの製作を行い、それぞれの通信性能を調べるにあたりBER特性の評価を行った。結果、ベースバンド通信では電極間距離に関係なく通信を行うことができた。キャリア通信ではBERの値が約 10^{-1} となり少しの誤りが見られた。より正確な通信を行うためには、波形の乱れを除去し誤りなく復調できる回路構築が必要である。

参考文献

- [1] T. G. Zimmerman: "Personal Area Networks: Near-Field Intra-Body Communication," IBM Syst. J., Vol. 35, No. 3 & 4, pp.609-617, 1996.
- [2] J. Shi, Y. Takagi, D. Anzai, and J. Wang, "Performance Evaluation and Link Budget Analysis on Dual-Mode Communication System in Body Area Networks," IEICE Trans. Commun., Vol.E97-B, No.6, pp.1175-1183, June 2014.
- [3] 濱崎隆, 本多桂也, 加藤聖也, "Arduinoを用いた人体通信の実験," 南山大学2014年度卒業論文, 2015.
- [4] 大鏡菜月, 三木俊彰, 清水友麻, "Arduinoを用いた人体通信アプリケーションの作成," 南山大学2015年度卒業論文, 2016.
- [5] 中島翔, 佐々恭大, 戸田雄士, "可視光LEDを用いた空間光通信の応用と特性," 南山大学2015年度卒業論文, 2016.
- [6] Robert W. Heath Jr., Digital Wireless Communication, Student Lab Manual, pp.1-9, National Technology & Science Press, 2012.