

平成22年 6月 11日現在

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2007～2009

課題番号：19760241

研究課題名（和文） ウェアラブルシステム用超音波通信システムの基礎開発

研究課題名（英文） Fundamental development of ultrasonic communication system for wearable devices

研究代表者

鈴木真ノ介（Shin-nosuke Suzuki）

小山工業高等専門学校・電気情報工学科・講師

研究者番号：10369936

研究成果の概要（和文）：

本研究は生体に安全とされる超音波を通信伝送媒体に用い、生体を伝送路とした通信システムの開発を目的としている。主なターゲットは、身につけられる大きさでワイヤレス通信とコンピュータ機能を有する高性能電子機器“ウェアラブルデバイス”である。その成果としては、250kbps程度の通信速度で各種電子ファイルの通信に成功した。また、研究過程において超音波発生の際に電界が混在する現象が確認された。今後は、本システムの拡張として電界と超音波を併用した新しい通信システムの開発を行う。

研究成果の概要（英文）：

This study is about the communication system using modulated ultrasonic waves and human body as a transmission path. This system is applied to the communication of the wearable device, which is electronic hardware installed computing and wireless communication functions with wearable size. The transmission speed is attained about 250 kbps. In the process, it is discovered that electric field is generated, when ultrasonic wave is output. Future plan, the system will be expanded hybrid communication using both of ultrasonic wave and electric field.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,600,000	0	1,600,000
2008年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2009年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,200,000	480,000	3,680,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：電気電子工学・電子デバイス・電子機器

キーワード：超音波，電界，ウェアラブルシステム，生体通信

## 1. 研究開始当初の背景

（1）近年、我々の生活の中に様々な種類のスマート IC カードが導入されつつある。そ

の用途としては、鉄道運賃システムや電子マネー、各種クーポン券などがあげられる。携帯電話の一部機種にはその機能が付加され、

ワイヤレスネットワークによりインターネットに接続し、ネットバンキングやクーポンのダウンロード等の様々なサービスが可能である。このような背景から、今後は携帯端末の更なる高機能化が予想される。

(2) それらの通信には電磁波を用いられている。電磁波は伝搬特性が優れていることから各種通信に用いられている一方で、生体や各種機器への諸影響が懸念されると共に、“スキミング”といったワイヤレスによるカード内情報の搾取を招いており、社会問題となっている。

## 2. 研究の目的

(1) 前述の携帯端末は、高機能化に加えて腕時計のように身につけられる形態に小型化されることでユーザビリティをさらに高めることができる。このようなコンピュータとワイヤレス通信機能を有する装着可能な小型高性能電子機器を“ウェアラブルシステム”と定義する。本研究ではその通信システムとして、生体を通信の伝送路とし、生体に安全とされる超音波を伝送媒体として情報伝送を行うシステムの開発を目的とする。

(2) 超音波は生体を透過する性質を持ち、照射レベルを適切に設定することで生体への安全性が保たれる。それを利用した医療用測定機器として胎児や臓器診断を行うことに応用されている。このような性質を利用し、生体を伝送路に利用することで、ICカードを利用する際に利用者が感じるカードをポケット等から出す煩わしさを解消し、指や手のひらを送受信器に接触させることで情報伝送が可能となる。

(3) ただし、本研究で用いる超音波はMHz帯域であることから、空中での減衰率が大きいいためその伝搬距離は非常に短く、指向性が非常に鋭い。それらを鑑みたユーザビリティについては電磁波方式に劣っている。したがって、本システムはすべての電磁波方式に取って代わるものではなく、医療機関や航空機内のような電磁波制限下や金融関連の重要機密情報等の取り扱いを目的としたものである。

## 3. 研究の方法

### (1) 試作機の再設計

本研究は2004~2006年度に同研究費において取り組んでいた超音波ICカードの発展型である。研究の初期段階ではその技術を流用し、送受信回路や振動子の特性をウェアラブル

システム用に特化した。その設計指針としては、身につけられるサイズとなるよう小型化を意識しワンチップマイコンを中心とした回路構成であることと、ボタン電池程度の電源で駆動させられることとした。

(2) 超音波振動子の周波数特性の測定  
情報伝送の大容量化の一手法として、周波数分割多重の導入を試みた。周波数分割多重を採用した理由は、システムを増設する必要がないことがその主要因である。その準備として、超音波振動子の周波数特性を測定し、利用可能な周波数帯域を調査した。

### (3) 多重化した情報伝送システム

前述の超音波振動子の周波数特性の結果を用いて、情報の多重化を行ったシステムへの拡張を行った。なお本研究における多重化は回路レベルではなく、パソコンを用い発振器・計測器を統合制御ソフトウェアにより管理することで模擬実験システムを構築した。

### (4) 最終年度：研究の方向性の再確認

これまで研究を続けてきたシステムにおいて、送信信号に超音波の他に微弱な電界が混在していることが明らかになった。そこで、超音波発生に伴い付随的に生じた電界についても積極的に利用し、両者を併用するシステムへの拡張を検討した。

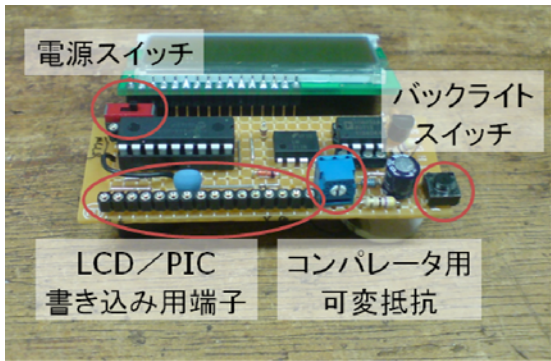
## 4. 研究成果

(1) 試作機を改良し、通信実験を行った。製作した試作機の一例を図1に示す。ワンチップマイコンには汎用性の高いPICマイコン(PIC16F84A)を用いた。ボタン電池で駆動させるために省電力化を考慮し、送信信号の搬送波には電源電圧をスイッチングすることにより得られるインパルス状波形を用い、信号の有無をデジタル信号の1, 0に当てはめた。超音波振動子にはジルコン酸チタン酸鉛系磁器(Pb(Zr, Ti)O<sub>3</sub>, 通称PZT, 共振周波数1MHz, 直径20mm, 厚さ2mm)を用いた。本機を2台用い実験を行ったところ、通信速度250 kbps程度での通信に成功した。通信範囲としては指先を送信部とした場合、一人の人間の中で皮膚が露出している部分であればどこでも受信可能であった

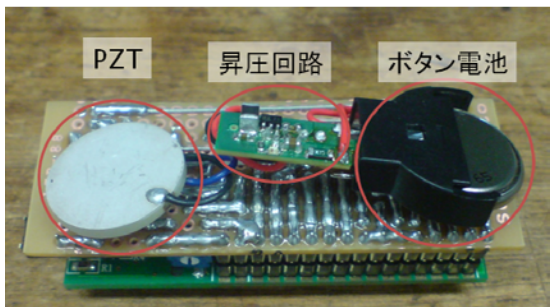
(2) 多重化通信の準備として、インピーダンスアナライザを用いて振動子の周波数特性を測定した。利用可能な搬送波周波数を発見し、多重化による通信の可能性を見出した。



(a) 試作機の外観



(b) 内部基盤



(c) 裏面

図1 ウェアラブルシステム試作機

(3) 振動子の周波数特性を基に、多重化による通信実験を行った。実験には多重化信号の生成・解析を容易にするためにパソコンベースの模擬システムとするため、Windows 搭載のパソコンと発振器・計測器統合制御ソフトウェア“LabVIEW”によりシステムを構成した。8,16bit 文字情報やテキスト情報を用いて多重化通信実験を尾此方ところ、信号の生成および復調に成功した。実験時のパソコン画面の様子を図2に示す。なお、本実験で用いたソフトウェアはリアルタイム処理が不可能であるため、実験結果を元に通信速度を試算したところ、最大約1.3Mbpsとなった。

(4) これまでのシステムにおいて、送信信号に超音波の他に微弱な電界が混在していたことを受け、両者を併用したハイブリッド

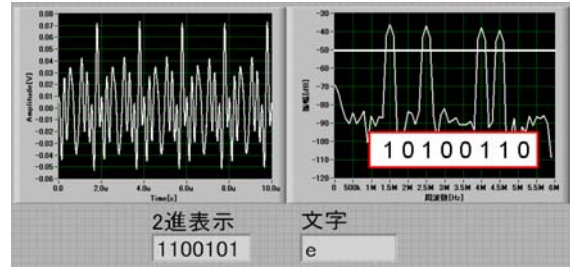
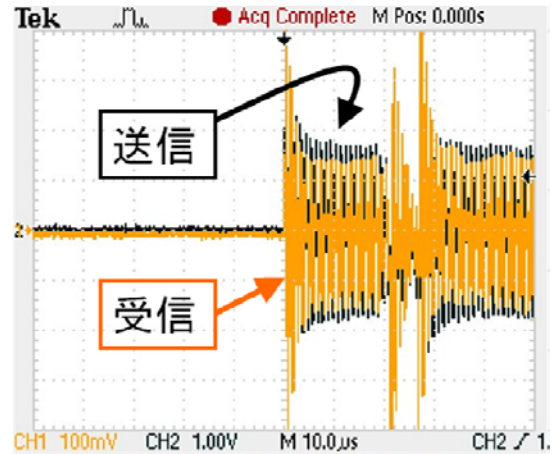
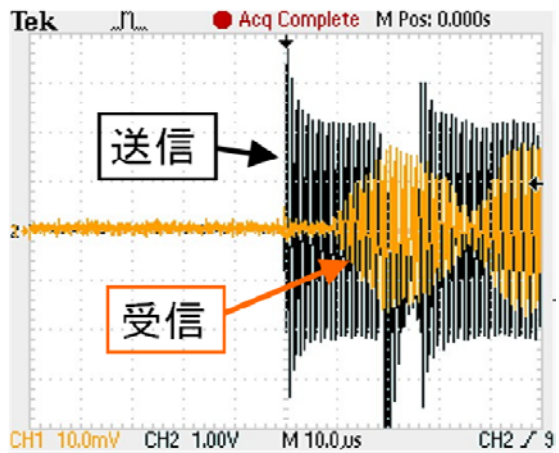


図2 多重化通信実験時のパソコン画面 (LabVIEW使用, 半角文字”e”通信時)



(a) 電界通信時



(b) 超音波通信時

図3 電界・超音波通信の違い

システムへの拡張を検討した。まずは、両者を個々に用いる場合についてその発生条件について調査した。その結果、超音波については共振周波数を印加し、送受信間を一直線上にした場合に通信に成功し、それ以外の場合はほぼ電界通信であることが明らかになった。この結果より、入力波形を切り替えることで一つの超音波振動子から出力されるエネルギーを切り替えることに成功した。超音波、電界通信時の波形の一例を図3に示す。超音波通信の場合は送受信間に遅れが生じ

ることが特徴である。なお、超音波発生には正弦波が必要であることから、試作機にマイコンで制御可能な信号生成ICを追加した。これらの結果を受け、超音波・電界ハイブリッドシステムへの拡張の初期段階としてLABVIEWを用いた模擬システムを構築し通信実験を行った。その結果、両者を同時出力させる変調波を用い、生体を介して信号を分離して受信することに成功した。本手法は2種類のエネルギー媒体を一つのデバイスで送受信可能なことから、従来手法と比較してセキュリティ及びユーザビリティを向上させたシステムへの適用が期待される。今後は、平成22年度より本テーマについて新たに採択された同研究費により研究を更に進める。

#### 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2件)

- ① Shin-nosuke SUZUKI, Manabu ISHIHARA, Yukio KOBAYASHI, Tamotsu KATANE, Osami SAITO and Kazuto KOBAYASHI, Fundamental development of the ultrasonic information transmission system for wearable devices, 査読有, Vol.48, No. 7, 2009, 07GF05-1 - 07GF05-5
- ② 鈴木真ノ介, 石原学, 片根保, 齊藤制海, 小林和人, ウェアラブルワンチップマイコンを用いたウェアラブルデバイス用超音波通信システム～生体を伝送路とした超音波通信のアプリケーション～, 超音波テクノ(日刊工業出版), 査読有, Vol.21, No. 1, 2009, 79-83

〔学会発表〕(計12件)

- ① 鈴木真ノ介, 石原学, 小林幸夫, 岡田長也, 小林和人, 電界と超音波を用いたハイブリッド生体通信システムの基礎開発, 電子情報通信学会2010年総合大会, 2010年3月18日, 仙台・東北大学川内キャンパス
- ② 亀山龍平, 鈴木真ノ介, ヒューマンエリアネットワークにおけるアプリケーションの基礎開発, 第15回高専シンポジウム, 2010年1月23日, 福島・いわき市文化センター
- ③ 山口勝也, 鈴木真ノ介, ウェアラブルデバイス用超音波通信システムの再検討, 第15回高専シンポジウム, 2010年1月23日, 福島・いわき市文化センター

- ④ Shin-nosuke Suzuki, Manabu Ishihara, Yukio Kobayashi, Nagaya Okada and Kazuto Kobayashi, Reconsidering of the Communication Method for a Wearable Device using Ultrasonic Waves, USE2009 The 30th Symposium on ULTRASONIC ELECTRONICS, 2009年11月18日, 京都・同志社大学, 今出川キャンパス寒梅館
- ⑤ 鈴木真ノ介, 海老澤真士, 石原学, 小林和人, 多重伝送方式による超音波通信に関する基礎検討, 電子情報通信学会2009年総合大会, 2009年3月20日, 愛媛大学
- ⑥ 鈴木拓也, 鈴木真ノ介, ウェアラブルデバイス用超音波通信システムの開発, 平成20年度電気学会東京支部栃木支所研究発表会, 2009年2月26日, 宇都宮大学工学部
- ⑦ 上野智視, 海老澤真士, 鈴木真ノ介, 多重化信号を用いた超音波通信に関する研究, 平成20年度電気学会東京支部栃木支所研究発表会, 2009年2月26日, 宇都宮大学工学部
- ⑧ Shin-nosuke Suzuki, Manabu Ishihara, Yukio Kobayashi, Tamotsu Katane, Osami Saito and Kazuto Kobayashi, Development of the Ultrasonic information transmission system using one-chip microcomputer for wearable devices, USE2008 The 29th Symposium on ULTRASONIC ELECTRONICS, 2008年11月11日, 仙台シルバーセンター
- ⑨ 鈴木真ノ介, 石原学, 小林幸夫, 片根保, 齊藤制海, 小林和人, ウェアラブルデバイス用超音波通信システム～生体を伝送路とした超音波通信アプリケーション～, 日本音響学会2008年秋季研究発表会, 2008年9月11日, 九州大学大橋キャンパス
- ⑩ 鈴木史教, 鈴木真ノ介, ウェアラブルデバイス用超音波通信システムにおけるプロトタイプ製作, 平成19年度電気学会東京支部栃木支所研究発表会, 2008年2月29日, 宇都宮大学工学部
- ⑪ 渡邊公司, 鈴木真ノ介, 生体を伝送路とした超音波通信に関する研究～信号の多重化と応用例の検討～, 平成19年度電気学会東京支部栃木支所研究発表会, 2008年2月29日, 宇都宮大学工学部

- ⑫ Shin-nosuke Suzuki, Manabu Ishihara, Tamotsu Katane, Osami Saito and Kazuto Kobayashi, Fundamental Development of the Ultrasonic Information Transmitter using One-Chip Microcomputer for a Wearable Device, USE2007 The 28th Symposium on ULTRASONIC ELECTRONICS, 2007年11月14日, つくば国際会議場

[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]

ホームページ等  
なし

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

鈴木 真ノ介 (Shin-nosuke Suzuki)  
小山工業高等専門学校・電気情報工学科・  
講師  
研究者番号：10369936

### (2) 研究分担者

なし

### (3) 連携研究者

なし