

身体の物理的接触を拡張するウェアラブルデバイス（第2報）： 2接点方式による高信頼性通信の実装

蜂須 拓^{†1} 鈴木 健嗣^{†1}

概要：我々はこれまでに人体通信技術を用いて複数人の皮膚上に装着されたデバイスの信号電極間で電流を流し、人と人の物理的接触を計量するブレスレット型ウェアラブルデバイスを開発してきた。本稿では、信号電極だけでなく基準電極を人体に接触させる2接点方式を実装することで通信の安定化および計量の高精度化を試みる。

Wearable Device Augmenting Human-Human Touch Interaction II: High-Reliability Communication by Two Point Contacting Electrodes

TAKU HACHISU^{†1} KENJI SUZUKI^{†1}

Abstract: We have developed bracelet type wearable devices, which measure human-human physical touch using intra-body networks technology. To achieve high-reliability communication and accurate measurement, this paper reports that implementation of two point contacting electrodes, which contact not only the signal, but also ground electrodes to the body.

1. はじめに

人々の身体接触は最も基本的なコミュニケーション手段であり、自閉症スペクトラム障害児（以後、自閉症児）への介入にも用いられている¹⁾²⁾。また、その頻度の計測は介入方法の評価指標としても用いられている。これに対し、本研究では物理的な身体接触を計量、および顕在化し身体接触を促すブレスレット型ウェアラブルデバイスを開発してきた³⁾⁴⁾。本デバイスの開発にあたって: 1) 容易に装着可能であること; 2) 接触の相手を識別でき、開始時刻および時間等、身体接触を物理量で計測可能であること; 3) 複数人が同時に使用可能であること; 4) 実時間で身体接触を顕在化可能であること、が設計要請として挙げられる。

本稿では、まずこれまでに我々が人体通信技術を基に開発したデバイスの実装について述べる。次に、本デバイスの課題である通信の低信頼性による不安定な計量について述べ、信頼性を向上させる手法（2接点方式）について述べる。そして、2接点方式にもとづいて改変したデバイスの実装について報告する。最後に、今後の展望として、自閉症児発達支援のための物理刺激伝搬ゲームの概要について述べる。

2. 人体通信

2.1 前報までの実装

本デバイスは人体を伝送路として通信を行う人体通信技術⁵⁾を応用したものである。手首にデバイスを装着した二人のユーザが身体接触することでデバイス間の人体に交

調された電流が流れることを利用して通信を行う（電流方式）。

本デバイスの通信仕様の概要を図1に示す。図中aでは身体接触前の状態で、双方のデバイスはランダムな時間間隔で送信を試みる。図中bでは接触中で伝送路は確立されているが、通信衝突が発生したために通信が失敗した状態である。図中cでは通信に成功している。接触検知が完了するまでに送受信される通信開始パケットはヘッダ2byte、デバイスID1byteおよび巡回冗長検査2byteの計5byteで構成する。

パケットデータはマイクロコントローラの Universal Asynchronous Receiver Transmitter (UART) 出力から約10MHzの搬送波で振幅偏移変調し、図2aの電極iから送信する。電極iiに入った信号はバンドパスフィルタ(BPF)、

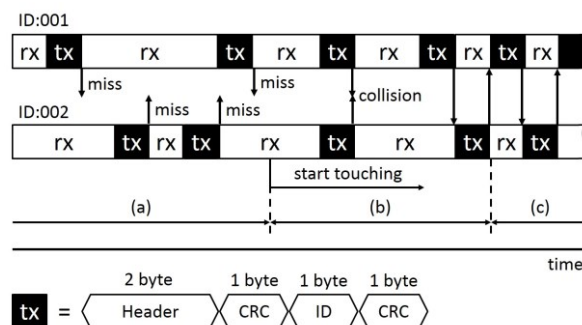


図1 通信仕様の概要

Figure 1 An illustration of our communication protocol

^{†1} 筑波大学
University of Tsukuba

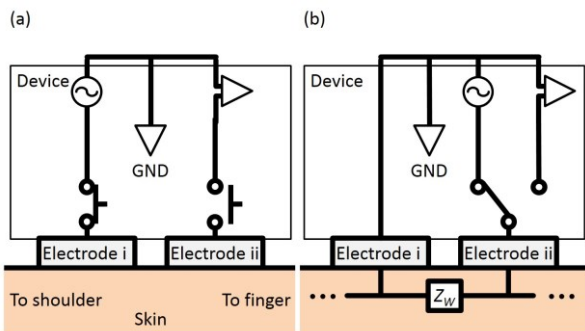


図 2 接触電極方式: a) 1 接点方式; b) 2 接点方式
 Figure 2 Style of contact electrode: a) one-point contacting;
 and b) two-point contacting.

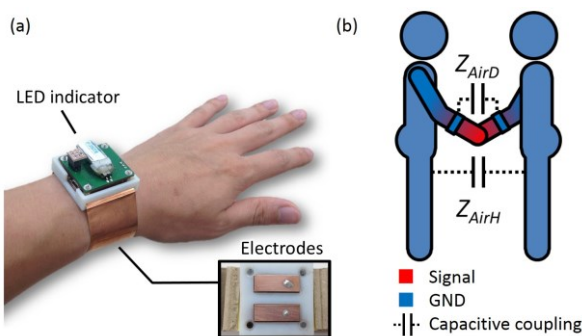


図 3 2 接点方式: a) 装着した際の様子と電極; b) 信号電極, 基準電極および静電結合の概念図.
 Figure 3 Two point contacting electrodes: a) the device worn on the wrist with two electrodes attached on the skin;
 and b) illustration of signal electrode, ground (GND) electrode and capacitive coupling.



図 4 握手の検知 (LED による報知)
 Figure 4 Detecting shake hands represented by LED indicators

中間周波数アンプ内蔵 IC (IF AMP) およびコンパレータを通過し, 元のデータに復調される。

通常電流を流すには最低信号線と基準線の 2 つの導線が必要である。一方で, 人体は通常抵抗とコンデンサからなる 1 本の導線とみなされる。前報を含む電流方式では, しばしば信号線を人体で, 基準電極を空气中で静電結合させ

ることで通信を行う。そのため, 基準電極同士が正対する位置からずれたり, 距離が離れたりすることで静電結合力が低下し, 通信が困難になる。

2.2 2 接点方式

土井らは人体を信号線としてだけでなく基準線としても利用する 2 接点方式を考案した。ブレスレット型デバイスにおいて, 2 接点方式では指側と肩側に信号, 基準電極をそれぞれ接触させる (図 2b)。電極間の人体 (手首) のインピーダンス (図中 Z_w) が十分に大きいので, 信号電極から指先までの人体部分と基準電極から足元までの人体部分を電気的に分離でき, 人体を 2 本の導線として機能させることが可能になる。これにより胴体や足といった人体の大部分が基準電極として機能するため, 基準電極間の静電結合力が向上する。

3. 実装

前報で開発したデバイスを基に, 2 接点方式の実装を行った。送信信号には UART 信号 (115.2kbps) を振幅偏移変調 (11MHz, 3.3Vpp) したものをを用いた。復調回路において, BPF には SFSCE10M7WF03 (村田製作所), IF AMP には NJM2549 (新日本無線) をそれぞれ用いた。図 2b に実装した 2 接点方式の概念図を示す。肩側の電極 i は常に基準電極に接続し, 電極 ii はアナログスイッチ (Texas Instruments, TS5A23157) に接続され, 送受信が切り替わる。

本デバイスを装着した際の様子を図 3a に示す。2 接点方式によって図 3b に示すようにデバイスの基準電極間の静電結合 (Z_{AirD}) に加え, 人体の大部分を基準電極間での静電結合 (Z_{AirH}) によって効率よくデバイス間で電流を流せるようになる。

図 4 に握手を検知した際の様子を示す (身体接触の検知を LED によって報知)。握手はデバイス同士が比較的離れており, かつデバイスの基準電極が正対しないため前報では検知が困難であったが, 本実装により安定して検知ができるようになった。本デバイスはこれまでに 50 組以上に対してデモンストレーションを行っており, いずれの組においても握手が検知可能であったことから, 前報よりも高精度に接触計量が可能になったといえる。

4. 物理刺激伝搬ゲーム

本章では本デバイスの身体接触計量機能を用いた物理刺激伝搬ゲームの概要について述べる。本稿では簡単のため伝搬する物理刺激として光を用いて説明する。

図 5a に示すように, 時刻 i ではユーザ A のデバイスが発光している。時刻 ii でユーザ A とユーザ B は身体接触を開始すると両デバイスはそれを検知する。時刻 ii-iv に示すように, 所定の時間身体接触を継続すると光がユーザ A からユーザ B に推移する。時刻 v で身体接触を終了すると, ユーザ A のデバイスは消灯, ユーザ B のデバイスは発光し

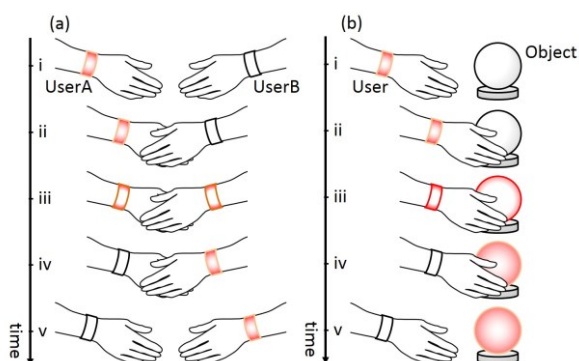


図 5 物理刺激伝搬ゲーム: a) 人一人間での伝搬; b) 人-オブジェクト間での伝搬.

Figure 5 Passing physical stimulus: a) passing from human to object; and b) passing from human to object.

ており、次の身体接触検知まで待機する。同様の物理刺激の伝搬を図 5b に示すようにユーザから本デバイスと同様の人体通信モジュールを搭載したオブジェクトへ、またその逆も適用することが可能である。

以上より、人から人、人からオブジェクト、あるいはオブジェクトから人への接触による物理刺激の伝搬というインタラクションが実現する。さらに本デバイスは自身のデバイス ID 以外の情報、例えばそれまでの合計伝搬回数や伝搬に参加したデバイス ID も送信することが可能である。これらをもとに発光の強さや色を変化させるといった実装も可能である。

我々は本ゲームの実装によってユーザが自身のデバイスのみでなく、接触相手のデバイスや他の組の接触へ注意を向けるようになることを期待している。本効果は他者への

関心が低く、他者とのコミュニケーションが困難である自閉症児の発達支援に利用可能であると考えられる。

5. おわりに

本稿では、信号電極だけでなく基準電極を人体に接触させる 2 接点方式を実装について述べた。これにより人体通信の信頼性が向上し、握手等の身体接触の安定した検知が可能となった。また、本デバイスの応用例として物理刺激伝搬ゲームの概要を述べた。今後は本ゲームを実装し、介入現場に導入して期待した効果が得られるか検証を行う。

謝辞 本研究は、科学技術振興機構(JST)戦略的創造研究推進事業(CREST)「ソーシャル・イメージング: 創造的活動促進と社会性形成支援」課題の支援により実施した。

参考文献

- 1) Field, T.: Infants' Need for Touch, Human Development, Vol 45, No. 2, pp. 100-103 (2002).
- 2) Pardew, E. M. and Bunse, C.: Enhancing Interaction through Positive Touch. Young Exceptional Children, Vol. 8, No. 2, pp. 21-29 (2005).
- 3) Iida, K. and Suzuki, K.: A Enhanced Touch: A Wearable Device for Social Playware, ACM Advances in Computer Entertainment 2011, 83 (2011).
- 4) 蜂須拓, 鈴木健嗣: 身体の物理的接触を拡張するウェアラブルデバイス: 接触検知高速化の検討, 第 20 回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, pp. 40-43 (2015).
- 5) Zimmerman, T. G.: Personal Area Networks (PAN): Near-Field Intra-Body Communication, Master's Thesis of the Massachusetts Institute of Technology (1995).
- 6) 土井謙之, 西村久: 人体を伝送線路とする高信頼性通信方式, 松下電工技報, Vol. 53, No. 3, pp. 72-76 (2005).