



THE VIRTUAL REALITY SOCIETY OF JAPAN

身体の物理的接触を拡張するウェアラブルデバイス (第 14 報) : 導電布製電極の配置に対する電流伝送機能の基礎評価

Wearable Device Augmenting Human-Human Touch Interaction XIV:
Fundamental Evaluation of Electric Current Transmission Function
for Arrangement of Conductive Fabric Electrodes

森理樹¹⁾, 蜂須拓¹⁾

Yoshiki MORI, and Taku HACHISU

1) 筑波大学 (〒 305-8573 茨城県つくば市天王台 1-1-1, mori,hachisu@ah.iit.tsukuba.ac.jp)

概要: 本研究では, 子供の日常的な身体接触を計測するために, 人体通信技術を利用したブレスレット型デバイスによる身体接触の計測手法において, 電極に導電布を利用することで装着性と電流伝送機能を向上することを目的とする. これを実現するために, 前報では導電布を利用してリストバンド部に電極を実装することで接触部に硬い素材がなく, 電極面積および電極間距離を大きく取る配置により電流伝送機能の向上を試みた. 本稿では電極配置が電流伝送機能に及ぼす効果を検証するため, 電極面積および電極間距離をそれぞれ 5 水準, 計 25 水準の電極設計を含む電流伝送機能を評価するための実験システムの基礎検討について報告する.

キーワード: 身体接触計測, 人体通信, 導電布, ウェアラブルデバイス

1. はじめに

握手やハイタッチ等の皮膚同士の接触 (身体接触) は子供の健全な心身の発達を示す指標となりうる重要な社会的行動である [1]. 一般的には日常的な身体接触は目視や経験に基づいた主観的で定性的な把握に留まっており, 精度および正確性に課題があった.

我々はこれまでに身体接触を計測するブレスレット型デバイスの設計・開発を行ってきた [2, 3, 4, 5]. 本デバイスは電流方式の人体通信技術を用い, 複数名のデバイス装着者の手指が接触したときのみデバイス間で通信可能となる (手指間で電流が流れる) ことを利用して接触を検知する. 本デバイスは複数名の手指間で電流を流すために 2 つの金属電極 (信号電極とグランド電極) を皮膚に接触する必要がある [6, 7], これが装着性を損なう原因となり長時間の使用の妨げとなっていた (図 1A). また, 通信品質を向上させるために電極面積と電極間距離を拡大することで電流伝送機能を向上可能であることが示されている [5] が, 電極を筐体の背面 (手首への接触面) に実装するため電極の配置には制約があった.

本研究では, 人体通信技術を用いた身体接触の計測が可能なブレスレット型デバイスの装着性と電流伝送機能を向上することを目的とする. 前報 [8] では, 導電布を利用してリストバンド部に電極を実装することで装着性を改善し (図 1B), さらに電極配置の自由度向上 (電極面積と電極間距離の拡大) により電流伝送機能の向上を試みた. 本稿で

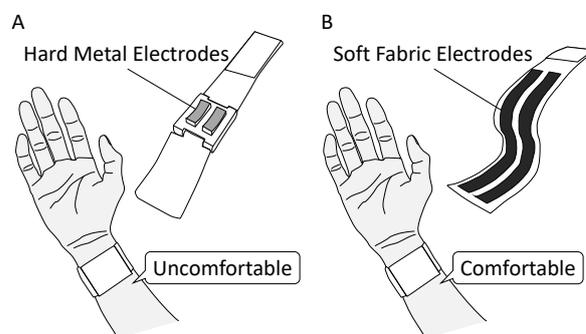


図 1: 人体通信を利用した装着型身体接触計測デバイス: A) 従来の硬い金属電極を筐体背面に有するデバイス [5] (長時間装着に不向き); B) 本実験で評価するリストバンド部に導電布製電極を有するデバイス

は, 電極面積と電極間距離が電流伝送機能に及ぼす効果を検証するための実験システムの設計の基礎検討について報告する.

2. 実験システム

図 2A に示すように, 本システムを送信機, 受信機, およびホストコンピュータより構成する. 複数種類のリストバンドの電流伝送機能を評価するため, 送信機および受信機は制御基板を含む筐体部とリストバンド部により構成し, リストバンド部を簡易に取り換えられるよう設計する.

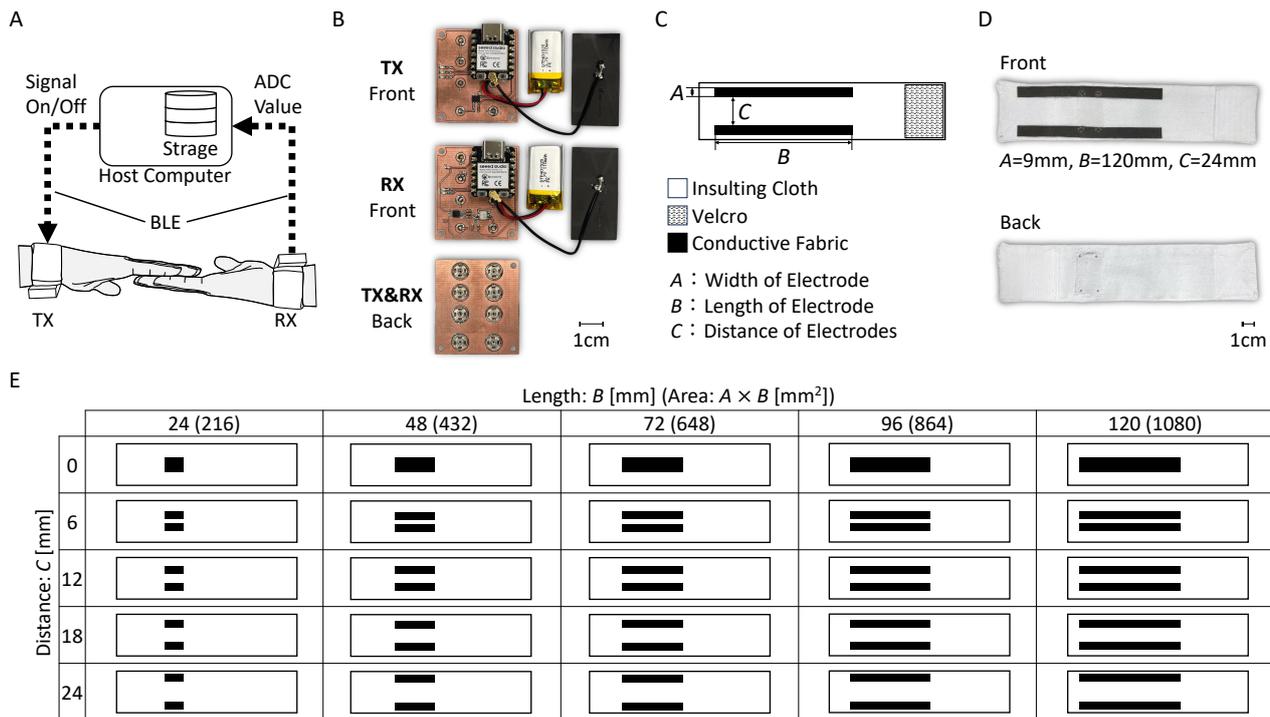


図 2: 実験システム: A) システム構成; B) 送受信機制御基板; C) 電極配置; D) リストバンド; E) 評価用リストバンドの電極配置

2.1 送信機

図 2B に示すように送信機の制御基板 (35 × 40 mm²) の表面にマイクロコントローラ (XIAO ESP32C3, Seeed Studio), 発振子 (DSC8001CL2, Microchip Technology), リチウムイオンポリマ二次電池 (DTP401525, DATA POWER TECHNOLOGY, 3.7 V, 110 mAh), および Bluetooth Low Energy (BLE) 用のアンテナを, 裏面にリストバンド接続用のスナップボタンを実装した. 電極間距離の水準の増加に対応するため, 前報 [8] からスナップボタンの数と配置を変更している.

送信機は BLE 通信を介したホストコンピュータからの指令によって電圧 3.3 V_{PP}, 周波数 10.7 MHz の矩形波を出力および停止する.

2.2 受信機

図 2B に示すように受信機の制御基板 (35 × 40 mm²) の表面にマイクロコントローラ (XIAO ESP32C3, Seeed Studio), バンドパスフィルタ (SFECF10M7FA00-R0, Murata Manufacturing), 中間周波数アンプ (NJM2549, New Japan Radio), リチウムイオンポリマ二次電池 (DTP401525, DATA POWER TECHNOLOGY, 3.7 V, 110 mAh), および BLE 用のアンテナ実装した. 裏面は送信機と同様である.

受信機は入力された電圧の受信信号強度を取得し, BLE 通信を介してホストコンピュータに送信する.

2.3 リストバンド

図 2D に示すように絶縁布とベロクロを用いて作成したリストバンドの皮膚接触面に導電布 (COM-14110, SparkFun

Electronics, 表面抵抗率: 8~105 Ω/sq) を使用した電極を実装した. 図 2C に電極の構成を示す. 本実験では, 電極の幅 A を 9 mm で固定し, 電極の長さ B (面積 $A \times B$) を 5 水準 (24 mm (216 mm²), 48 mm (432 mm²), 72 mm (648 mm²), 96 mm (864 mm²), 120 mm (1,080 mm²)), 電極間距離 C を 5 水準 (0 mm, 6 mm, 12 mm, 18 mm, 24 mm), 計 25 種類のリストバンドを作成した (図 2E).

2.4 ホストコンピュータ

ホストコンピュータには, Bluetooth 通信の機能を有するノートパソコン (IdealPad Flex 5 14ITL05, Lenovo) を使用する. 送信機に対しては信号の出力・停止を切り替える指令を送る. 受信機からは受信信号強度を受け取り, ストレージに保存する.

3. おわりに

本研究の目的はプレスレット型デバイスによる人体通信技術を利用した身体接触の計測において, 電極に導電布を利用することで装着性と電流伝送機能を向上することである. これを実現するために, 導電布を利用してリストバンド部に電極を実装することで装着性の改善と, 電極配置の自由度向上により電流伝送機能の向上を試みた. 本稿では電極配置が電流伝送機能に及ぼす効果を検証するため, 電極面積および電極間距離をそれぞれ 5 水準, 計 25 水準の電極設計を含む電流伝送機能を評価するための実験システムの基礎検討について報告した. 今後は実験参加者を募り, 本実験システムを用いて電極面積および電極間距離が電流伝送機能に及ぼす効果を検証する実験を実施する.

参考文献

- [1] T. Field: “Preschoolers in america are touched less and are more aggressive than preschoolers in france”, *Early Child Development and Care*, **151**, 1, pp. 11–17 (1999).
- [2] K. Suzuki, T. Hachisu and K. Iida: “Enhancedtouch: A smart bracelet for enhancing human-human physical touch”, *Conference on Human Factors in Computing Systems - Proceedings*, pp. 1282–1293 (2016).
- [3] T. Hachisu, B. Bourreau and K. Suzuki: “Enhanced-touchx: Smart bracelets for augmenting interpersonal touch interactions”, *Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI '19, New York, NY, USA, Association for Computing Machinery*, p. 1–12 (2019).
- [4] T. Hachisu and K. Suzuki: “Representing interpersonal touch directions by tactile apparent motion using smart bracelets”, *IEEE Transactions on Haptics*, **12**, 3, pp. 327–338 (2019).
- [5] T. Hachisu and K. Suzuki: “Interpersonal touch sensing devices using inter-body area network”, *IEEE Sensors Journal*, **21**, 24, pp. 28001–28008 (2021).
- [6] 土井謙之, 西村篤久: “人体を伝送路とする高信頼性通信方式 (特集 パーソナルフィット技術)”, *松下電工技報*, **53**, 3, pp. 72–76 (2005).
- [7] K. Doi, M. Hashimoto, M. Koyama, Y. Suzuki and T. Nishimura: “Data transmission system using a human body as a signal transmission path”, *U.S. Patent 6864780* (Mar. 8, 2005).
- [8] 森理樹, 蜂須拓: “身体の物理的接触を拡張するウェアラブルデバイス (第 12 報); 電流伝送機能を有する布製リストバンドの評価システムの設計”, *電気学会研究会資料. PI= The papers of Technical Meeting on Perception Information*, *IEE Japan, / 知覚情報研究会 [編]*, 第 2023 巻電気学会, pp. 9–12 (2023).