

## ウェアラブルセンサネットワーク向けプログラマブル近接通信回路

前田 凜空 (環境浸透型エレクトロニクス研究室)  
(指導教員 野田 聡人 准教授)

## 1. はじめに

近年、皮膚に貼り付けることのできるフレキシブルセンサを全身に分布させる研究が進められている [1]。スマートウォッチによる手首一点での計測に比べ、より多くの情報を取得することが可能となるが、分布したセンサ間の配線が課題となる。こうしたセンサへの給電を無配線で実現するために、衣服にフレキシブルなメアンダコイルを組み込む手法が提案されている [2]。これを近接通信 NFC (near-field communication) の 13.56MHz を動作周波数として実装することで複数センサへの近接給電は可能であるが (図 1)、NFC の通信プロトコルをそのまま利用することはできない。NFC はリーダにかざされたタグとの 1 対 1 の通信を前提としているからである。複数センサの通信を前提とした media access control (MAC) 層の実装が必要となる。市販の NFC トランスポンド IC ではプロトコルがハードウェア的に実装されており、ユーザによるプロトコル改変は不可能である。この問題意識のもと、本研究では、マイクロコントローラ (MCU) にソフトウェア的に MAC 層を実装可能なウェアラブルセンサ向け簡易ソフトウェア無線機を提案する。

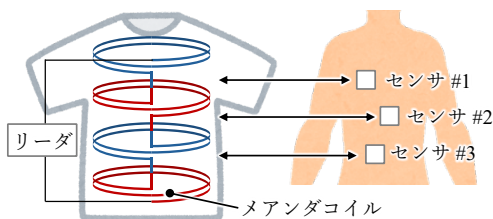


図 1: 提案するシステムの概要。メアンダコイルを介して、複数のタグがリーダから電力供給を受け、リーダとタグが双方向通信をする。

## 2. 提案する通信回路

提案する通信回路は、MCU のプログラムを書き換えることで、ソフトウェア的に 1 対多を前提とした MAC 層を実装可能である (図 2)。周波数と変調方式は NFC を物理層を参考にし、リーダからタグセンサへの通信に 13.56MHz の搬送波を、タグセンサからリーダへの通信に 1MHz の副搬送波を用いるものとした。変調方式は、搬送波を ASK (amplitude-shift keying) 変調、副搬送波を OOK (on-off-keying) 変調とした。ASK 変調の変調度は、通信中においてもタグに十分な電力を供給できるように、10% とした。

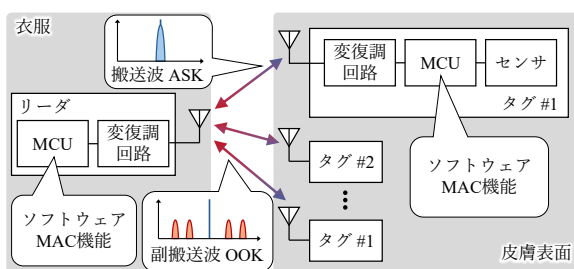


図 2: 提案する通信回路。MCU をベースとした簡易ソフトウェア無線機であり、MAC 層を自由に変更可能である。

## 3. 実装と通信実験

タグの通信回路は、全身に複数分布し電源を持たないため、低消費電力かつ小型であることが要求される。小型かつ低消費電力で動作する送受信回路は、2.4 GHz 帯のバックスキャット回路とその受信回路が提案されている [3]。この回路は、負荷インピーダンスを RF スイッチで切り替えて変調を行う回路で、周波数ミキサのための発振回路や、アンプなどが不要で省電力である。タグの送受信回路には、先行研究 [3] の送受信回路を 13.56 MHz 向けの設計として使用した。タグには計測を行うための 3 軸加速度センサを実装した。リーダの送受信回路は、市販の NFC リーダ IC の通信プロトコルなどの処理を迂回し、直接変復調回路の信号を入出力する機能を用いて実装した。これらの送受信回路を用いて、1 つのリーダと 3 つのタグを用いて、各タグの加速度を測定する通信実験を行った。実験結果を図 3 に示す。図 3 から、各タグが衝突することなく通信し、加速度データを取得できていることがわかる。通信速度は 16 kbps、タグの消費電力は 17 mW であった。

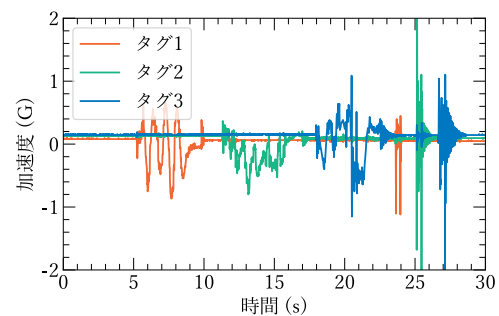


図 3: 通信実験で取得したタグの x 軸加速度。各タグの加速度が個別に取得できていることがわかる。

## 4. おわりに

本研究では、体表面に分布したフレキシブルセンサを想定した通信回路を提案し、実装を行った。既存の NFC では、ユーザが新たに MAC 層を実装することができないが、提案した簡易ソフトウェア無線機では、MAC 層を自由に実装可能である。実装した通信回路に対し、MAC 層をプログラムし、3 つのタグでの通信実験を行った。実験では、MAC 層を実装したことにより、衝突することなく通信できることが示された。本センサネットワークを用いることで、無配線でウェアラブルセンサを分布することのできる、センサシステムの実現が期待できる。

## 参考文献

- [1] A. Noda, "Wearable NFC Reader and Sensor Tag for Health Monitoring," IEEE BioCAS, 2019, pp. 1-4.
- [2] 高橋 亮, et al. "メアンダコイル++ : 継続的なウェアラブルコンピュータのための安全で効率的な衣類コイルによる無線給電", コンピュータ ソフトウェア, JSSST, 40 巻, 3 号, pp113-122, 2023.
- [3] A. Noda, "Backscatter communication on 2-D waveguides", IEICE ComEX, vol.11, no.2, pp.75-79, 2022.