

受動型 IoT デバイス網を用いたヒト・モノの状況認識技術の創出

Context Recognition of Humans and Objects by Distributed Zero-Energy IoT Devices

課題番号：19H05665

東野 輝夫 (HIGASHINO Teruo)

大阪大学・大学院情報科学研究科・教授



研究の概要

本研究では、環境に存在する電波を利用して起電・通信が可能な WiFi や RFID ベースのバックスキャッター通信技術と 3D プリンタを用いた電子回路設計技術を併用して、ヒトやモノの状況認識に適用可能なバッテリーレスの受動型 IoT センシングデバイスを作製し、それらの受動型 IoT デバイス網を用いた状況認識システムの設計開発支援環境を開発する。

研究分野：情報ネットワーク

キーワード：IoT、状況認識技術、センシング、エネルギーハーベスト、無線通信

1. 研究開始当初の背景

近年 IoT や無線通信、AI・ビッグデータを活用した「超スマート社会」の実現を目指した様々な研究開発が進められている。IoT の活用には、バッテリーレスでメンテナンスフリーな IoT デバイス（以下、「受動型 IoT デバイス」と呼ぶ）の普及が重要である。一般に IoT デバイスにおけるセンシング、計算、通信の処理の中で通信に要する電力が非常に高く（センシングは数十 μW オーダ、無線通信は数 mW ～数百 mW オーダの電力を消費する）、IoT デバイスのインターネット接続のキーとなる技術は超低消費電力の通信方式の普及である。近年、数 Mbps で数十メートルの距離で送受信可能な Wi-Fi ベースのバックスキャッター通信技術（十 μW 程度の消費電力）や数メートルの距離からデータの送受信が可能な RFID 通信技術が開発されつつある。また、環境発電で得られた電力のみを用いたセンシング素子や、人の行動把握のための低消費電力センシング技術も考案されてきている。しかし、バックスキャッター通信をベースにした既存センシング技術の多くが、対象地点における人の存在や移動の有無など比較的単純な状況認識技術に留まっている。

2. 研究の目的

本研究では、受動型 IoT デバイス網でのアプリケーション層と物理層のクロスレイヤーの知識を活用したり、複数の受動型 IoT デバイスを用いた機械学習機構を構築したりすることにより、ヒトやモノの高度な状況認識技術を創出することを目指す。また、WiFi

や RFID ベースのバックスキャッター通信技術と 3D プリンタを用いた電子回路設計技術を併用して、ヒトやモノの状況認識に適用可能なバッテリーレスの受動型 IoT センシングデバイス（人感センサ、加速度センサ、カメラ、温度計など）をカスタムメイドで作製し、実用目的に適用可能なヒトやモノの状況認識技術を創出・実証するとともに、それらの受動型 IoT デバイス網を用いた状況認識システムの設計開発支援環境を開発することを目指す（図1）。

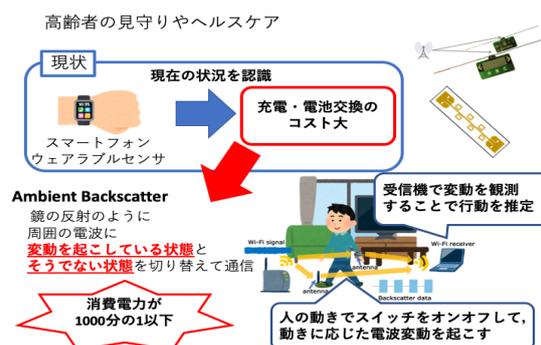


図1 ヒト・モノの状況認識のイメージ図

3. 研究の方法

バックスキャッター通信は、既存の WiFi などの搬送波に対して、バックスキャッターデバイス上で搬送波を周波数 $4f$ で反射・吸収させ変調をかけることで、0/1 のビットを送る無線通信方式である（図2）。本研究ではそのためのバックスキャッターデバイスを開発すると共に、バックスキャ

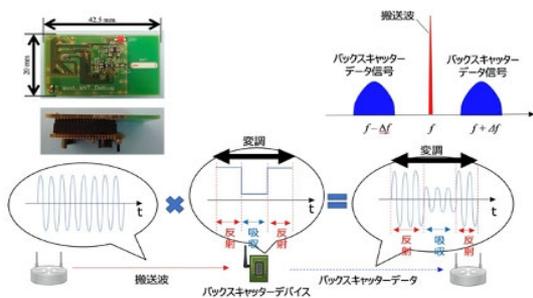


図2 バックスキャッター通信

ッター通信で得られた情報を既存 IEEE 802.11 互換フレームとして送受信可能なソフトウェア無線機（通常の WiFi とバックスキャッター通信を仲介する無線アクセスポイント）を開発した。このソフトウェア無線機では、MAC 層に既存の通信プロトコルとバックスキャッター通信が共存可能なプロトコル・スタックを開発することで、バックスキャッター通信で得られた情報を既存の IEEE 802.11 互換フレームとして送受信できるようにしている。さらに、2本のアンテナで同じ信号を受信することで位相差が取得可能になり、バックスキャッターデバイスの相対的な動きがリアルタイムに分かるようになってきている。また、通信パケット全体の生信号を取得することができるため、位相を用いた高精度な測距が実現可能である。従って、開発したソフトウェア無線機を対象領域に複数設置し、バックスキャッターデバイスまでの距離を推定することで、デバイスの位置を高精度に判定できるようになった。各バックスキャッターデバイスにおいて、異なる周波数 Δf で反射・吸収状態を切り替え、デバイス固有の周波数シフトを発生させたり、符号化により ID そのものを発信させたりすることで、複数のバックスキャッターデバイスが共存する環境でも、それらのバックスキャッターデバイスの ID が分かるようになり、対象領域に複数のバックスキャッターデバイスが存在する場合のデバイスの区別が可能になると共に、比較的高精度に各デバイスの位置推定ができるようになった（誤差 1m 程度）。今後、高精度な時刻同期などの工夫によりさらなる精度向上の余地がある。さらに、ドアの開閉やスリッパの歩行での足圧の変化、着座の圧力変化、温度変化による抵抗値の変化などを検知可能なバックスキャッターデバイスを開発した。

4. これまでの成果

本提案研究のコンセプトや将来ビジョンについて、IEEE の分散システムに関する国際会議 IEEE ICDCS 2019 でビジョン論文として発表している [1]。ヒトやモノの状況把握技術の創出に関しては、コロナ禍で実際にヒト

を介した電波伝搬状況などのデータ収集が難しくなったが、文献 [2, 3] でバックスキャッター通信等を用いたヒトやモノの状況認識技術の発表を行い、文献 [4] で無線センシングに関するサーベイ論文を招待論文として執筆している。また、今回のコロナ禍への対応として、3密回避やプライバシーを考慮した発熱者の秘匿検知などのセンシングの仕組みを考案し、IEEE の Internet of Things Magazine 誌の COVID-19 特集号で発表した [5]。

5. 今後の計画

今後は、ヒトやモノの状況認識に適用可能な (i) 高齢者の見守り、(ii) スポーツ選手の活動把握、(iii) 移動軌跡推定、(iv) 人間関係把握のためのソシオグラム構築、(v) 風力変動把握、(vi) 空調管理、などに活用可能な状況認識技術を創出するとともに、三密回避や発熱者の発見などコロナ禍でのニューノーマルな生活環境の構築に活用可能な様々な状況認識システムを構築できるよう、受動型 IoT デバイス網を用いた状況認識システムの設計開発支援環境を開発することを考えている。

6. これまでの発表論文等

- [1] T. Higashino, A. Uchiyama, S. Saruwatari, H. Yamaguchi and T. Watanabe: “Context Recognition of Humans and Objects by Distributed Zero-Energy IoT Devices”, *Proc. of 39th IEEE Int. Conf. on Distributed Computing Systems (ICDCS 2019)*, pp.1787-1796, 2019.
- [2] M. Ougida, H. Yamaguchi and T. Higashino: “Trajectory-Assisted Robust RFID-tagged Object Tracking and Recognition in Room Environment”, *Proc. of 23rd ACM Int. Conf. on Modeling, Analysis and Simulation of Wireless and Mobile Systems (ACM MSWiM 2020)*, pp.11-15, 2020.
- [3] Y. Nakagawa, T. Maeda, A. Uchiyama and T. Higashino: “Design and Evaluation of a Frequency Shift Backscatter Tag for Context Recognition”, *Proc. of 22nd Int. Conf. on Distributed Computing and Networking (ICDCN2021)*, pp.157-162, 2021.
- [4] A. Uchiyama, S. Saruwatari, T. Maekawa, K. Ohara and T. Higashino: “Context Recognition by Wireless Sensing: A Comprehensive Survey”, *Journal of Information Processing*, Vol.62, No.1, pp.1-12, 2021.
- [5] T. Amano, H. Yamaguchi and T. Higashino: “Connected AR for Combating COVID-19”, *IEEE Internet of Things Magazine*, Vol.3, No.3, pp.46-51, 2020.

7. ホームページ等

<http://www-higashi.ist.osaka-u.ac.jp/kiban/S-2019/>