

## 論文の内容の要旨

論文題目     スマートフォンセンシングの  
適用領域拡大に関する研究

氏    名     高木   雅

情報技術の進歩は社会の有り様を大きく変化させてきた。今や情報通信産業は我が国で最大の市場規模を持つ産業分野であり、その生産額は年間 100 兆円に迫る勢いである。とりわけ、携帯電話網を含めたスマートフォンの進化は、先進国・発展途上国を問わず世界中の人々のライフスタイルに直接的な影響を与えてきた。演算能力の向上や携帯電話網の高速大容量化もさることながら、多彩な機能を取り込み利用シーンを広げたことが、スマートフォンの地位を確固たるものとした。今日のスマートフォンは、通話や SMS、E メール、Web ブラウザといった携帯電話機の基本機能に加えて、デジタルカメラ、音楽プレーヤー、携帯ゲーム機、非接触 IC 決済カード、生体認証装置としての機能を併せ持つ。このように多彩な機能を手のひらサイズに凝縮したスマートフォンは、まさに情報通信技術の結晶である。

スマートフォンに搭載された多彩かつ高性能なセンサデバイスに着目し、低コストかつ高品質なセンシングを実現するため、多くの研究が行われてきた。とりわけ、ユーザの協力を得て日常生活の中でセンシングを行う「参加型センシング」の概念は画期的であり、商用サービスにも影響を与えた。身近な例では、Google マップに表示される道路や店舗の混雑情報は、数多の Android スマートフォンから収集したユーザの位置情報の統計データに基くものである。一方で、参加型センシングには、ユーザの行動範囲によってセンシン

可能な場所や時間が限定される、パケット通信量やスマートフォンの消費電力の増加のためユーザに敬遠されやすい、といった問題点もあった。

近年になって、電子回路の製造コストが低下し、MVNO が携帯電話回線を非常に安価で提供するようになったことで、大量のセンサノードをインターネットに直結し、クラウド上にセンサデータを集積することが現実的なコストで可能となった。しかし、多くの電子回路にはレアメタルや有害物質が含まれるため、廃棄時にも資源回収と環境汚染対策のための社会的コストが発生する。それゆえ、環境負荷の観点からは、いたずらに機器を増やすより汎用的な機器を繰り返し利用することが望ましい。他方で、スマートフォンは回線契約と一体化した販売形態ゆえに製品寿命に比して買い替えサイクルが短い、購入から 2 年が経過してもセンサノードとしては依然として高性能である。従って、中古スマートフォンをセンサノードとして活用できれば、廃棄物の削減という観点では一石二鳥である。しかしながら、スマートフォンは多機能ゆえに消費電力を抑えることが難しく、従来、電池駆動で長期間のセンシング活動を行うことは難しいとされてきた。

これらの背景を踏まえて、本論文では中古スマートフォンを活用した環境に優しいセンシング活動を実現するため、以下の 3 つの技術レイヤで提案を行う。

## 1. ハードウェア

まず、中古スマートフォンに「第二の人生」を与え、センサノードとして活用するための技術として、遠隔操作でのスマートフォンの電源投入を実現する USB ドングル型デバイスを提案する。ここでは、精密農業などの用途で必ずしも常時のセンシングが必要でないことに着目し、スマートフォンを間欠動作させることで商用電源のない環境でも長期間のセンシングを可能にする。この手法では、電源オフ状態の Android 端末の USB 端子に所定の電圧を印加すると電源状態管理ソフトウェアが起動することに着目し、マイクロ波無線給電技術を用いて必要な電力を供給する。これにより、家電のリモコンのような遠隔操作でのスマートフォンの電源投入を可能とし、待機電力をゼロに抑えて数ヶ月単位での電池駆動を実現する。

## 2. OS・プラットフォーム

次に、Android 端末を間欠動作させる際の時間的・エネルギー的なオーバーヘッドを削減するため、Android デバイスに搭載された Linux カーネルを活用してセンシングを行う手法を提案する。本手法では、温度センサやタッチパネルの静電容量センサだけでなく、Bluetooth や USB 通信をサポートし、センサノード等の外部機器との連携も可能とした。また、本手法を適用した場合でも Android OS の機能は完全に温存でき、必要に応じて Linux カーネルと Android OS を選択的に起動できる。

### 3. アプリケーション

さらに、音に着目したセンシング技術のアプリケーションを2つ紹介する。

1つ目は、交通事故から歩行者を守るための接近車両検知技術である。ここでは、走行時の高い静粛性ゆえに事故が多発している電気自動車およびハイブリッド車に焦点を当て、走行用モータが発するスイッチング雑音を機械学習で検出することで、環境雑音や車種の違いにロバストな車両検知を実現する。

2つ目は、マルチコプタの積載重量を飛行音から推定する技術である。マルチコプタは、急速に低価格化が進み幅広い用途での活躍が期待されるが、我々の生活空間を縦横無尽に飛び回るため、周囲の人と衝突する危険性がある。そこで、ロータの回転に起因する飛行音から機械学習で積載重量を推定し、積載重量が多く危険性の高いマルチコプタを選択的に検知する。

いずれの手法も、インフラとして一切特別な設備を必要とせず、ユーザが所持するスマートフォンだけで処理が完結するため、ユーザが自衛のために今すぐ利用できる点が特徴的である。ただし、これらのセンシング技術は少なからずスマートフォンの消費電力を増加させるため、センシング専用の中古スマートフォンとユーザの手元のスマートフォンで役割分担を行うことが望ましい。

なお本論文では、現時点で普及台数が最も多く低価格化が進んだスマートデバイスの代表として「スマートフォン」という言葉を用いるが、本論文で提案する技術は、将来スマートフォンに替わる新たなスマートデバイスが登場した場合にも応用が可能と考えられる。