

論文内容の要旨

博士論文題目 振動センサ及び低雑音回路と深層学習を用いた
家具上のタッチ検知

氏名 吉田 誠

(論文内容の要旨)

現実世界の情報を取得し活用する(IoT)の発展により様々なセンサから取得されたデータの活用方法が研究されている。機械学習や深層学習の発展により、単体のセンサからの信号だけではなく複数のセンサから得たそれぞれの信号の周波数成分や、振幅成分等の相対的な差(以下、センサ間相対情報)を学習する事で、例えば従来のセンサでは検出が難しい複雑な振動の伝播経路をもつ環境での物の移動や、偏りの変化等の検知や予測に期待が高まっている。一方、機械学習や深層学習における性能向上や高効率化等を考慮したセンサハードウェアの開発や設計は発展途上であり、学習に必要な本質的な特徴量を失うことなく、低ノイズでかつ効率的にセンシングできることに着目したハードウェア設計の取り組みは少ない。本博士論文では、複数のセンサ間相対情報の活用とセンシング対象の特徴を考察し、特徴量を効率的に取得できるセンサハードウェアの開発をテーマに研究を行った。具体的には様々なセンサのうち、振動センサに着目しユーザインターフェースへの活用を題材として、(1)複数の振動センサのセンサ間相関情報を用いて、従来の静電タッチセンサではセンシングが難しかった厚みのあるテーブル上のスワイプ操作を、深層学習を用いて検出する手法と、(2)テーブル上の操作による振動の特徴を考察したうえで、求められる低ノイズかつ広いダイナミックレンジに対応できる専用のハードウェアを開発した。一般的に静電タッチセンサは、センサと人の指との間の素材の厚みが増すと急激に感度が低下することが知られている。一方、振動波の厚み方向への減衰の影響は比較的穏やかで、振動センサを用いてタッチ検出ができれば厚みのある素材の使用やセンサ自体の隠ぺいが可能となり居住空間の美観やデザインを損なうことなく、生活空間に溶け込むインターフェースを提供でき、またモノを触ってその対象が反応するという自然なインタラクションを提供できる。本研究では、4つの振動センサと低ノイズで高いダイナミックレンジを確保した専用アンプの開発を行い4方向のテーブル上のスワイプ操作の検出を最大90%の精度で実現した。

(論文審査結果の要旨)

複数のセンサを使って、それぞれの信号の周波数成分や、振幅成分等の相対的な差を学習する事で、複雑な振動の伝播経路をもつ環境での物の移動等の検知や予測を行う手法が求められている。しかし、これを可能にする低ノイズかつ効率的なセンシングが可能なハードウェア設計の研究はほとんど存在しない。本研究では、複数のセンサ間の相対的な情報の活用とセンシング対象の特徴を考察し、特徴量を効率的に取得できるセンサハードウェアの開発とその応用技術の開発に取り組んだ。具体的には、(i)複数の振動センサのセンサ間相関情報を用いて、厚みのあるテーブル上のスワイプ操作を、深層学習を用いて検出する手法と、(ii) テーブル上の操作による振動の特徴を考慮可能な低ノイズかつ広いダイナミックレンジに対応できる専用のハードウェアを開発した。

本研究の学術的貢献は以下のとおりである。

- (1) 振動センサを用いて厚みのある素材においてタッチ検出ができることを示し、センサ自体を隠ぺいし居住空間の美観やデザインを損なうことなく、生活空間に溶け込むインターフェースを提供できることを示した。
- (2) 4つの振動センサと低ノイズで高いダイナミックレンジを確保した専用アンプの開発を行い、4方向のテーブル上のスワイプ操作の検出を最大90%の精度で実現した。

本論文は、複数センサモジュールからなる高感度・広帯域な振動センサシステムとタッチ操作を高精度に検出する深層学習機構を巧みに組み合わせることによって、これまでに無い、自然なインタラクションが可能な新しいタッチインターフェースを実現しており、本分野において十分な学術的新規性を有していることを確認した。以上より、本論文は、博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。