

環境電磁波ノイズ人感センサを用いた タイル型センサノードの開発と性能の評価

藤崎佑太[†] 大村廉[‡]

豊橋技術科学大学[†] 豊橋技術科学大学[‡]

1. はじめに

近年, Internet of Things(IoT)によって, 我々の生活を支援するサービスが注目されている. これらのサービスにおいて, 人の有無をトリガとするものは多く, 人の検出は IoT サービスを実現する上で重要な機能の 1 つである. また, 様々なモノに対してセンサを取り付ける際, センサノードの電力はバッテリーで賄われることが多くその低消費電力化が求められる.

これに対し我々は, 誘電体である人体がアンテナとして機能することを利用し, 無電源で人の検出を行うセンサを提案している[1]. この人感センサは, Cockcroft-Walton 回路(以後 CW 回路)で整流昇圧されたノイズがアンテナ付近での人の有無によって異なるレベルを示すことで人検出を行う. また, 我々は, この人感センサをタイルに組み込み, 人検出を行うセンサノードを提案している.

このタイル型センサノードは現在までに人の検出が可能であることは確認されているものの, 人検出時の反応時間や人検出後の反応消失時間など, その基礎性能についての評価は行われていない. そこで, 本研究ではタイル型センサノードの反応速度と反応消失速度の調査を行った. 人感センサの反応時間, 反応消失時間はセンサ回路の出力によって変化すると考えられるため, センサの動力源となるノイズ源との距離, およびセンサ回路の昇圧段数を変化させ測定を行った.

2. タイル型センサノードの構成

本研究で作成したタイル型センサノードの構成を図 1 に示す. 人検出用アンテナ, GND 用アンテナのサイズは[1]の研究結果より 30 cm×30 cmとした. また, アンテナ間の距離は 40 mm以上の距を置くことが推奨されるため木製の簀子により 40 mmの空間を確保した. 整流昇圧回路はこの 40 mmの空間内に設置した. [1]の研究より, CW 回路に用いたダイオードは 1SS321LF とし, コンデンサは 100pF(絶縁抵抗 100GΩ)のものを用いた.

CW 回路 CW 回路は昇圧段数を増加させることで

電圧増幅率を増加させることができる. [1]の研究では昇圧段数が 4 段のものを使用しているが, 本研究では昇圧段数が 10 段階のものを使用し, スイッチにより出力を各昇圧段数に切り替えて取り出せる回路を作成した.

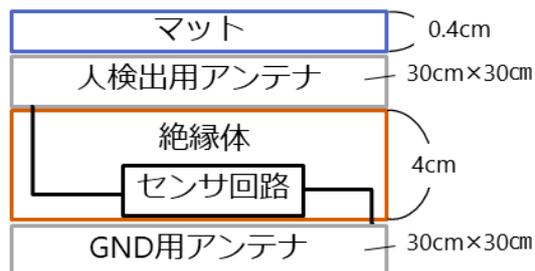


図 1 タイル型センサノードの構成

2.1 稼働時間

作成したタイル型センサノードを定格電圧 3V, 電池容量 210mAh のボタン電池で動作させた際の連続稼働時間を 3 パターンの稼働条件で計算し, 焦電センサを使用した場合と比較した. 比較に使用した焦電センサは, Panasonic 社 EKMC1601111, Pallax 社 555-28027, Nanyang Senba Optical and Electronic 社 SB412A である. 比較の結果を表 1 に示す. 稼働条件は, 以下の通りである.

- ・条件 1: 人を検出していない状態
- ・条件 2: 人を検出し続けている状態
- ・条件 3: 人を 10 秒毎に検出する状態(センサ反応時間は 5 秒とする)

この結果より, 焦電センサを使用した場合よりも, 電磁波ノイズによる人感センサを使用した場合の方が長いことがわかる.

将来的には, 電磁波ノイズを蓄電することによって無線モジュールを動作させることも考えられるが, 現状のボタン電池による動作でも 819 日(約 2 年)の稼働を可能としており省電力なセンサノードであると考えられる.

表 1 稼働時間の比較

	電磁波ノイズ人感センサ	EKMC1601111	555-28027	SB412A
条件 1	5806 日	51 日	66 日	406 日
条件 2	1702 日	32 日	2 日	—
条件 3	819 日	38 日	5 日	—

—:データの不足により計算不能

Development and Evaluation of Tile-style Sensor Node with Human Detection Sensor using Environmental Electric Noise
[†]Yuta Fujisaki, Toyohashi University of Technology
[‡]Ren Ohmura, Toyohashi University of Technology

3. 実験

3.1 人検出時の反応時間測定

まず、ノイズ源からの距離、およびセンサ回路の昇圧段数と反応時間の関係の調査を行った。ノイズ源としては床から 2.6m の天井に設置された蛍光灯を使用した。この蛍光灯の真下の床の位置を原点とし、距離 0m, 0.5m, 1m の地点計 3 か所のセンサノードを設置して測定を行った。

センサ回路として CW 回路の昇圧段数を 2, 4, 6, 8, 10 段と切り替えて使用した。反応時間は、センサノード内部に感圧センサ(ALPHA-MF02-N-221-A01)を設置し、感圧センサの反応時刻を基準として、本研究の人感センサが人を検出するまでの時間を反応時間と定義した。測定は各パラメータで 10 回計測し、平均値を求めた。

3.2 人検出後の反応消失速度測定

次に、ノイズ源からの距離、および、センサ回路の昇圧段数と反応消失時間の関係の調査を行った。実験条件は 3.1 節と同様とし、測定を行った。反応消失時間は、センサノード内部に感圧センサ(ALPHA-MF02-N-221-A01)を設置し、感圧センサの反応消失時刻を基準として本研究のセンサによって人が検出されなくなるまでの時間を反応消失時間と定義した。測定は各パラメータで 10 回計測し、平均値を求めた。

4. 結果

4.1 人検出時の反応時間測定の結果

反応時間について測定を行った結果を図 2 に示す。図 2 から各距離で反応時間が最も短くなる CW 回路の昇圧段数は 0m, および 0.5m の時に 4 段, 1m の時に 6 段となった。この時の反応時間は 0m 地点で 0.13 秒, 0.5m 地点で 0.29 秒, 1m 地点で 2.59 秒となった。ノイズ源との距離ごとに反応時間が最短の昇圧段数が異なっているため、CW 回路の昇圧段数を適切に設定することで反応速度の差を小さくすることができる。また、CW 回路の昇圧段数を高くしたとしても、反応時間の短縮にはならないことがわかった。

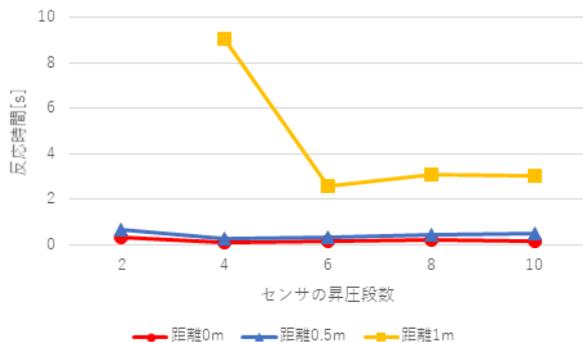


図 2 反応時間の測定結果

4.2 人検出後の反応消失速度測定の結果

反応消失時間について測定を行った結果を図 3 に示す。反応消失時間が最も短くなったのは蛍光灯真下から 0.5m 地点で CW 回路の昇圧段数が 2 段の時であり、4.91 秒であった。最も反応消失時間が長くなったのは、蛍光灯真下から 0m の地点で CW 回路の昇圧段数が 10 段の時であり、14.63 秒であった。また、いずれの距離においても CW 回路の昇圧段数が増加、および、ノイズ源との距離が近づくに伴い、反応消失時間が増加することがわかった。これはセンサの出力が閾値電圧を大きく超えているためであると考えられる。このため、ツェナーダイオードなどを用いて人感センサの出力を制限することによって、反応消失時間を短縮することができると考えられる。

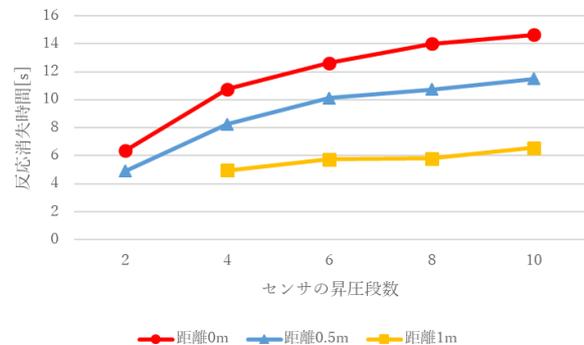


図 3 反応消失時間の測定結果

5. まとめ

本研究では、環境電磁波ノイズ人感センサを用いたタイル型センサノードの基礎性能の内、人検出時の反応時間、人検出後の反応消失時間を測定し評価を行った。タイル型センサノードは人がタイルに乗ることによる電磁波ノイズの変化により人の有無を検出している。そのため、蛍光灯をノイズ源とした際のノイズ源との距離と CW 回路の昇圧段数を変化させ測定を行い、評価を行った。

ノイズ源との距離毎に反応時間が最短となる CW 回路の昇圧段数が異なるためセンサノードの位置によって昇圧段数を適切に決定することでそれぞれ高速な反応を得られることがわかった。また、CW 回路の昇圧段数が増加、および、ノイズ源との距離が近づくにつれ、反応消失時間は増加することがわかった。

参考文献

- [1] Kazuki Ikeda, Ren Ohmura, Exploring Suitable Electrical Elements on Human Detection Sensor Using Electromagnetic Noise, The 2nd International Workshop on Mobile Ubiquitous Systems, Infrastructures, Communications and Applications(MUSICAL 2019), 2019