

P-HCNM を用いたイベント駆動型センサーに対する一検討

An Investigation into Event-Driven Sensors Based on P-HCNM

○大田圭祐¹, 佐々木芳樹²*Keisuke Ohta¹, Yoshiaki Sasaki²

Abstract : In Japan, where earthquakes occur frequently, abnormal detection and precursor monitoring systems have been actively developed. Conventional monitoring devices operate continuously, consuming several to several tens of watts depending on the installation site. To address this issue, spiking neural networks emulating the brain's low power consumption and high processing capability offer potential advantages. Owing to their event-driven nature, which produces output only when the firing threshold is exceeded, significant reductions in average power consumption can be expected. In this paper, as a preliminary step toward precursor monitoring applications, we propose an event-driven sensor based on the P-HCNM with chaotic oscillation. We also present experimental verification of whether the firing waveform of P-HCNM can be transmitted and received through an antenna.

1. まえがき

近年, 日本では全国的に異常気象や地震などによる被害が多く発生しており, その前兆を事前に検知するための監視が活発に実施されている[1]. 異常を事前に感知するためには, 複数種類のセンサーを広い範囲に設置し連続監視を続ける必要があるが, 多数かつ広範囲のセンサーを実現するための電力供給やデータ処理が困難である. この問題に対し, センサーを搭載したニューラルネットワークを無線伝送で実現することを提案する. この方法は, 生体の脳と同様のスパイクニューロンを用いることで発火しきい値を超えるまで出力しないイベント駆動特性による大幅な平均消費電力削減が期待できる[2]. また, ニューラルネットワークによる同時処理により, 多数のセンサーをインターネット回線を占有することなく処理することが可能であることが期待できる.

本稿では, 先に提案したカオス発振を有するパルス形ハードウェアカオスニューロンモデル(以下, P-HCNM)[3]を用い, 前兆監視機器の実装に向けた前段階として, センサとして, 入力により発火動作を誘発できるかの確認用として, 実験の容易なコンデンサマイク(ECM)を使用した入力によりイベント駆動で動作する P-HCNM センサーを提案する. さらに, P-HCNM の発火波形がアンテナを介して送受信可能であるかを実測により検証したので報告する.

2. 本論

Figure 1 に, 今回提案する ECM により発火する, P-HCNM 送信回路の構成を示し, それぞれの部分の動作を説明する. 本回路の動作はまず, 従来の P-HCNM

を ECM の出力により発火動作を誘発し, その発火波形をアンテナから送信する回路構成である. 平常時は P-HCNM の PMOS 部(P1)が OFF となっているため, 動作せず P-HCNM が動作しない. しかし, ECM の出力が NMOS(N1)のゲートに加わることにによりスイッチ回路が動作し PMOS の ON/OFF が切り替わる. これにより P-HCNM が動作する. その発火波形をアンテナより後段の受信部に送信する構成としている.

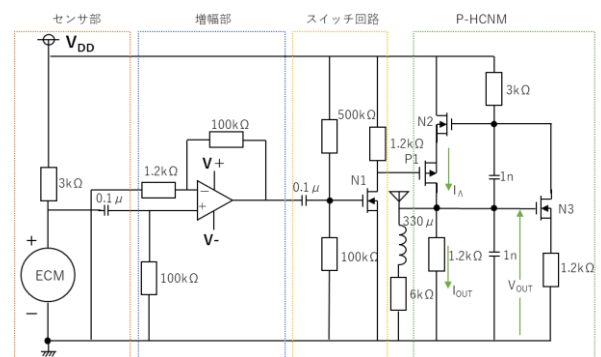


Figure 1.提案する送信部回路図

Figure 2 に, 今回提案する受信部と後段の P-HCNM 回路の構成を示す.

本回路の動作はまず, アンテナにより受信した電圧を後段の HPF を通すことでノイズ成分を除去する. その後, アンテナの信号を増幅し, その出力により NMOS(N4)の ON/OFF を切り替える. NMOS(N4)が ON になることで, カレントミラーが動作し, PMOS(P2)の電流が PMOS(P3)に写され, 後段の P-HCNM の出力部に入る. これにより, 出力部の抵抗に流れる電流が増加し, P-HCNM の発火閾値を超えることにより, 後段が発火する構成となっている. 後段の P-HCNM は,

Figure 3 のグラフの特性より、アンテナからの受信がないと電圧が Low から High に遷移しないため、P-HCNM が発火することができない。しかし、アンテナが信号を受け取ると N4 の NMOS が ON となり、カレントミラー回路により写された電流が流れる。この電流は、P-HCNM の出力部に流れるため、これにより V_{out} の電圧が High にシフトし、後段の P-HCNM が発火する構成となっている。そのため、P-HCNM は、ECM からの信号がない限り、発火せず V_{out} は 0V となる。なお、今回 V_{DD} は 4.6V、 $V+$ は 4.6V、 $V-$ は -4.6V とした。

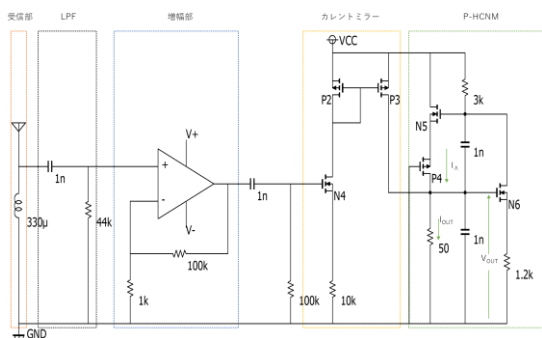


Figure 2.提案する受信部回路図

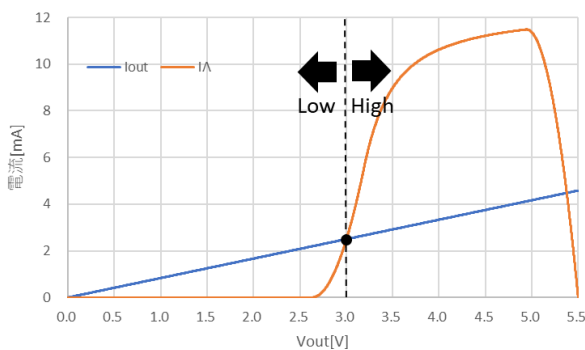


Figure 3.P-HCNM の電圧_電流特性

Figure 4. に送信側アンテナの出力波形および受信側アンテナで観測された受信波形を示す。なお、測定環境は、アンテナ間距離は 0m, Figure の横軸は時間[s], 縦軸は電圧[V]を表す。主軸はアンテナ送信部の電圧[V], 第二軸はアンテナ受信部の電圧[V]に対応している。両者を比較すると、同一周期のパルス波形が確認され、周期性および周波数成分において一致していることが確認された。このことから、P-HCNM の発火波形がアンテナを介して送受信可能であることが示唆される。もっとも、本実験で得られた受信波形は、送信波形と完全に一致するものではなく、振幅や波形形状に Figure 4. から差異が認められる。これらは、アンテナ間の結合効率、伝送路における損失、周囲環境に

よる雑音、あるいは測定系の分解能などの要因が考えられ、特定は困難である。そのため、本研究では「同一周期性の確認」、「周波数成分の確認」に基づき送受信の成立を主張するにとどまり、波形の完全一致については更なる検証が必要である。したがって、本研究では周期性の一致、周波数成分の一致ををもって送受信の成立を主張する。

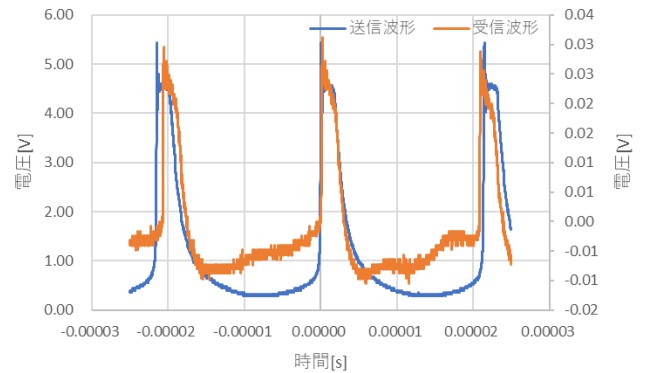


Figure 4.アンテナ送受信波形

3. まとめ

今回、前兆監視機器の実装に向けた前段階として、入力によりイベント駆動で動作する P-HCNM センサを提案する。さらに、P-HCNM の発火波形がアンテナを介して送受信可能であるかを実測により検証し、その結果を報告した。その結果、送信部波形と受信部波形に周期性の一致、周波数成分の一致が確認でき、このことから、送受信が成立することを明らかにした。

今後は、アンテナ間距離をどれほど離して通信が可能であるかの検証、受信された P-HCNM の発火波形による、後段 P-HCNM の発火制御、アンテナの通信品質の向上、P-HCNM を複数用いた通信などの検討を行う予定である。

4. 参考文献

- [1] Fujinawa, Y, and Noda, Y, 「Progress of Applied Seismo-Electromagnetism」, Open Journal of Earthquake Research, Vol.9, No.1, 2020 年, pp.3-5
- [2] 関根好文, 佐伯勝敏, 「カオス発振可能なパルス形ハードウェアニューロンモデルの CMOS 実装とその応用」, 日本神経回路学会誌, Vol. 15 No. 1, 2008 年, pp.28-30
- [3] 佐々木芳樹, 佐伯勝敏, 関根好文, 「低容量化パルス形カオスニューロンモデル」, 電気学会論文誌 C(電子・情報・システム部門誌), Vol.136 No.10, pp.1424-1428