

無線ネットワークを用いた振動監視装置の開発

機械システム科 科 長 田 口 喜 祥

県内中小企業では、生産性を向上させるため、できるだけ少ない人員で多くの機械装置を長時間稼働させたいという要望がある。特に、CNC 工作機械の稼働率を上げることは、利益に直結するため工作機械の稼働状況を監視し、異常の早期検出が求められている。従来、機械装置の異常の検出は人間が目視や音響により判断していた。一方、近年 IoT (Internet of Things: もののインターネット) が話題となっており、この技術を応用することで、機械装置を常時遠隔地から監視することが可能となっている。そこで、本研究では、機械装置に後付けで簡便に取り付けできる無線式の電流および振動の監視モジュールを試作し、試作した監視モジュールで計測したデータを処理することで機械の異常を検出し、モバイル端末に通知を行う装置の開発を行うことを目的とする。

1. 緒 言

県内中小製造業では、生産性を向上させるために、少人数で多くの機械装置を休みなく長時間稼働させたいという要望がある。特に、CNC 工作機械を用いて機械加工を行っている企業では、工作機械の稼働率を上げることは利益に直結するため、工作機械の稼働状況を監視し、異常を早期に検出したいとの要望がある。従来、機械装置の異常は人間が目視により加工状態や製品の状況を観察し、機械装置から異音が発生していないか音により観察することにより行われていた。そのため、機械装置にセンサを取り付け電流や振動データを解析することで自動的に異常を検出する研究が行われてきていた [1]-[3]。

一方、近年 IoT (Internet of Things: もののインターネット) が話題となっており、センサやマイコンボードなど安価な製品が数多く発売されるようになり、インターネット回線を用いた機械装置の遠隔監視を容易に実現することが容易になってきた。そこで、本研究では、IoT 技術を応用し、機械装置に後付けで簡便に取り付けできる無線式の電流および振動の監視モジュールを試作し、試作した監視モジュールで計測したデータを処理することで機械の異常を検出し、モバイル端末に通知を行う装置を開発することを目的とする。

2. システム構成

開発する無線ネットワークを用いた振動監視装置のシステム構成を図 1 に示す。開発する装置は無線監視モジュール・解析モジュールから構成される。無線監視モジュールは、振動データや電流データを計測し、無線ネットワークを用いてデータを送信することができる。解析モジュールは、GPS から時刻同期信号を

み取り、無線監視モジュールに対して時刻同期信号を送信するとともに、無線監視モジュールからデータを収集し、収集したデータを解析することで機械装置の異常や稼働状況を検出する。

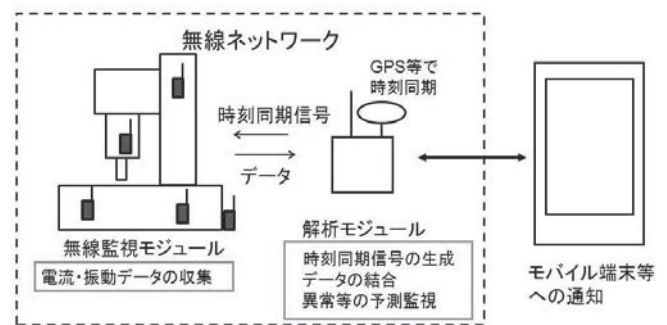


図 1 システム構成

平成 28 年度に試作した無線監視モジュールと解析モジュールについて以下に記す。

3. 無線監視モジュール

開発した無線監視モジュールを機械装置に複数取り付けを想定している。現在、データの収集に使用できる無線通信の規格としては Bluetooth、XBee、LoRa など様々の規格があるが、今回は接続が容易で汎用性が高く無線 LAN として最も多く使用されている WiFi を用いることとした。WiFi を用いて電流データや振動データを収集するためには、通常 WiFi モジュールの他に、振動センサのデータを読み込む AD 変換器を備えデータ処理の演算を行うマイコンが必要となる。この場合、WiFi モジュール、マイコン、センサ処理の回路が必要となり装置が複雑で高価になることが考えられる。そこで、今回は安価に入手可能で、

マイコンとしての利用も可能な中国 Espressif 社の WiFi 無線モジュール ESP-8266^{[4]-[6]} を用いることで、装置の小型軽量と低価格化を目指した。使用した WiFi 無線モジュールの写真を図 2 に示す。

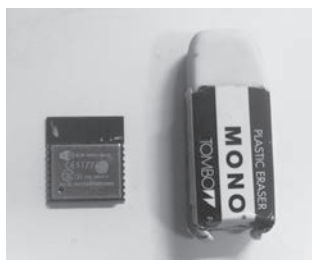


図 2 WiFi 無線モジュール (ESP-8266)

ESP-8266 は設定によりマイコンボードとして広く使用されている Arduino マイコンの統合開発環境でプログラム開発が可能となることが知られている^[6]。Arduino 統合開発環境を用いれば C 言語に近い Arduino 言語でプログラム開発が可能となるが、同期プログラムで遅れが発生する可能性がある。そこで、同期プログラムの一部をアセンブリ言語により記述することで、高速化を図った。なお、ESP-8266 はアメリカ Tensilica 社の Xtensa マイクロプロセッサで動作しているため、Xtensa アセンブリ言語^[7] を Arduino のインラインアセンブラにより記述し、試験を行った。1MHz の矩形波を入力信号とし、この矩形波の立ち上がりを検出し、デジタル IO に出力するプログラムを Arduino 言語とアセンブリ言語を併用したプログラムで比較した。オシロスコープ (Tektronix 製: TDS3014B) の機能により 1 秒間計測して算出した平均値と標準偏差を表 1 に示す。アセンブリ言語を使用することで遅れのばらつきを抑えることができることを確認した。

表 1 矩形波に対する応答遅れ

| | 平均 | 標準偏差 |
|------------|---------|---------|
| Arduino 言語 | 536nsec | 713nsec |
| アセンブリ言語 | 410nsec | 96nsec |

4. 解析モジュール

解析モジュールは、無線監視モジュールから送られてくる電流データ、振動データを収集すると共に解析を行う機能を有する。また併せて、計測の基準となる時刻同期信号を GPS から取得し、無線監視モジュールに送信する機能が求められる。解析モジュールは、

安価で入手可能で GPS とのデータ通信を行うための UART インターフェースおよび WiFi 通信モジュールを搭載している Raspberry Pi 3B マイコンボードを用いて試作を行った。基準となる時刻同期信号は 1 秒ごとに同期信号を出力する機能を搭載した GPS を用いて取得した。今回 GPS モジュールとして GYSFDMAXB (太陽誘電社製) を使用した。試作した解析モジュールの写真を図 3 に示す。

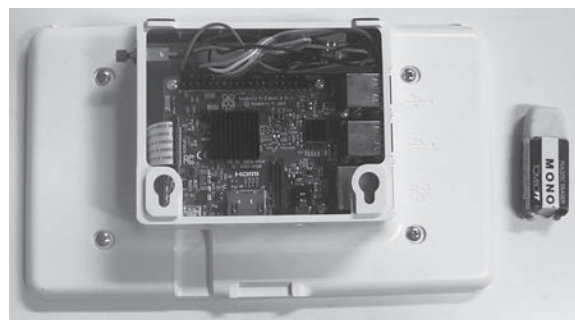


図 3 解析モジュール

5. 結 言

無線監視モジュールと解析モジュールの試作を行った。無線監視モジュールでアセンブリ言語を併用することで同期処理のばらつきの抑制を試みた。今後、複数の無線監視モジュールで収集したデータを解析モジュールで解析し、機械装置の稼働状況、不具合発生の予兆監視を行うプログラムをする予定である。

参考文献

- [1] 三笠, 陳山: 多変量解析による回転機械の状態判定基準値の決定法、SICE 産業論文集 Vol.5, No.12, pp83-89, 2006.
- [2] 大庭 他 4 名: 振動解析に基づく新幹線台車の状態監視、JSME 論文集 (C), 75 巻 757 号、pp93-101、2009-9.
- [3] 近藤 他 3 名: 振動のオクターブバンド分析を用いた車両用ディーゼル機関の異常通知手法、RTRI REPORT Vol.29, No.9, pp17-22, 2015.
- [4] 国野: ESP スタータ・キット × ブレッドボードで作る IoT 実験ボード、トランジスタ技術 2016 年 9 月号、pp 45-53、2016.
- [5] <https://github.com/esp8266/Arduino/>, Accessed 2016.
- [6] <https://www.switch-science.com/catalog/2500/>, Accessed 2016.
- [7] Xtensa Instruction Set Architecture (ISA) Reference Manual/, Accessed 2016.