

過酷なフィールドにおける環境データ計測システムの開発と運用

李家 康

北海道大学 大学院工学研究院 工学系技術センター技術部

1. はじめに

筆者は、北海道大学工学部情報エレクトロニクス学科の電気制御システムコースに派遣されており、その拠点として電力に関する研究室に居室を構えている。現在、当研究室では再生可能エネルギーに関する研究を盛んに行っており、その中で酪農家の牛舎で発生する家畜の糞尿を用いたバイオガス発電に着目している。

これらの研究に伴い、牛舎内環境データの収集が必要となる。これを効率的に実現するため、IoT デバイスを用いて各環境データを計測・記録し、全てのデータを一元管理するシステム構築を行った。

本発表では、システムの概要や構成、システム構築の際に得られた知見について報告する。

2. システムの概要

本システムは、2020年8月から運用を開始している。札幌市の隣の江別市にある酪農学園大学の牛舎を対象として、システムの構築を行った。

牛舎内上部に後述するセンサ+マイコン(ESP32)を設置し、各環境データを計測する。計測するデータは以下のとおりである。

- ・ 温湿度
- ・ CO2 濃度
- ・ 消費電力
- ・ メタンガス濃度

牛舎の隣にある建物にサーバを設置し、センサデータを取得したマイコンと無線で通信することによってデータをサーバに蓄積する。収集したデータはサーバに保存するとともに、研究室で管理している owncloud というオンラインストレージサービスを使用し、データの同期と関係者へのデータ共有を行っている。また、Slack を活用し、日々のデータ取得状況をレポートする機能や、データ取得に問題があればアラートを送出する機能も実装した。

3. 使用機器

本システムでは先に挙げた4種類のデータを収集しているが、紙面の都合上、センサに関してはCO2濃度・温湿度について解説する。

CO2センサは主に2種類使用しており、システム実装当初は下記のセンサを使用していた。



図1 SEN0159 (CO2センサ)

こちらはアナログセンサであり、A/D変換が必要となる。さらに、400ppmと1000ppmのときの電圧値を計測し、校正用(真値)のCO2センサを用いてキャリブレーションする必要がある。また、温湿度センサは搭載されていないため、温湿度センサも別で用意する必要があり、今回は下記のセンサを使用した。

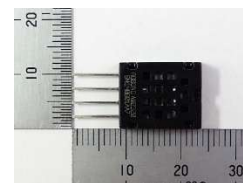


図2 AM2320 (温湿度センサ)

こちらはI2Cでの通信が可能で、センサデータ取得用のライブラリも用意されているので、比較的容易にセンサデータの取得が可能である。

これらを合わせればCO2濃度・温湿度計として利用できるのだが、前述のCO2センサが扱いにくく、別のセンサを検討することになった。

次に検討したのは下記のセンサである。



図3 SCD30 (温湿度+CO2 センサ)

こちらは AM2320 同様 I2C での通信が可能である。また、温湿度も同時に取得することも可能である。さらに、屋外の CO2 濃度を 400ppm とみなしキャリブレーションを行い、計測精度を向上させることもできる。これらのことから非常に扱いやすいセンサとなっており、現在はメインセンサとして利用している。

次にセンサデータを処理し、サーバへ送信するためのマイコンについて解説する。今回用いたマイコンは下記 Espressif 製の ESP32 である。

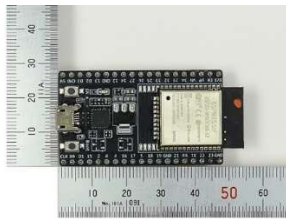


図4 ESP32

こちらは Arduino に準拠しており、ほぼ同等のコードで開発可能である。また、WiFi 及び Bluetooth での通信、A/D 変換が単独で可能となっており、本システムへの親和性が高いと考え、今回採用することとした。ただし、ピンがむき出しとなっているため、別途ユニバーサル基板などで配線を行う必要がある。

4. システムの構成

システムの構成について、まずはセンサと現地サーバ間の通信について解説する。牛舎の隣にある建物にあるサーバ室にサーバ(以下現地サーバ)とルータを設置し、LAN 環境を構築する。このネットワークに現地サーバ・センサを接続し、前述の ESP32 を用いて HTTP でセンサデータを現地サーバに送信している。センサデータの他に、センサ番号や ESP32 の IP・MAC アドレス、端末再起動や WiFi 再接続の

有無などの情報も同時に送信するようにしている。

データの送信間隔は 1 分ごととし、現地サーバ側では PHP を使用してデータを処理している。問題なくデータ取得ができれば 1 日に 1,440 個のデータが蓄積されることになるが、これらを日付が変わったタイミングで 1 つの csv ファイルに集約している。

次に owncloud サーバについて解説する。現地サーバ内のデータを同期し関係者へのデータ共有として利用しているのは前述のとおりだが、他にも以下の機能を実装した。

まずは現地サーバ内のスクリプトを同期し、リモートでスクリプトを書き換えられるようにした。これによりシステムに不具合があった際やパラメータの変更が必要になったときなど、現地に行かずとも設定の変更が可能となった。

また、毎日 1 分ごとに取得しているデータを raw データとして保存することとしており、本データの蓄積も行っている。これらの raw データは 1 日分全てを tar ファイルにまとめてサーバに蓄積している。

次に Slack の通知について解説する。本システムでは、Slack の API を用いて以下の機能を実装している。

- 日々のデータ取得状況のレポート送信
- データロスト時のアラート送出

レポート送信については、毎日 8:30 に前日のセンサ取得状況をまとめたテキストファイルを専用のチャンネルに送信するように設定している。当初は取得数を表示していたが、データ計測が安定するようになってからはロスト数を表示するようにした。1 日のロスト数と、1 時間ごとのロスト数の 2 種類を表示するようにしている。

データロスト時のアラート送出については、10 分に 1 回データ取得状況をチェックするようにし、10 分以上データ計測されていない場合は Slack にアラートを送出するように設定した。

5. 設置風景とケーシングについて

センサ群の設置場所が牛舎内であることから、相応の防塵対策が求められる。そのため、特にマイコン部分についてはケースなどで覆う必要があると考えた。そこで、研究室で使用している 3D プリンタを用いて以下のようなケースを作成した。

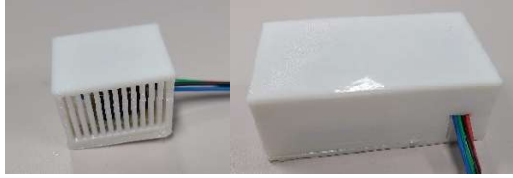
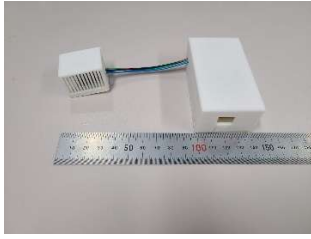


図5 温湿度センサのケーシング

センサ部分に関しては外気を取り入れることができるようにスリットを入れたが、マイコン部分に関しては電源とセンサとの通信ケーブル以外は完全に覆うようにした。これにより、粉塵などの悪影響を最小限に抑えることが可能となった。

また、実際に設置した様子は以下となる。



図6 設置風景

6. まとめ

本システムを利用することで、牛舎内というネットワーク設備が不十分な施設でも、IoT デバイスを用いて効率的に環境データを測定・記録することができた。その結果、24時間継続して自動的にデータ取得を行うことが可能となった。また、オンライン

ストレージサービスを利用し、データの蓄積・共有を行ったり、Slack を利用してデータ取得状況をモニタリングしたりする機能も搭載した。

今回開発したシステムは、今回用いたセンサとは別の様々な環境データのセンサにも応用できるため、牛舎のみならず温室などのフィールドにも活用できると考えている。

謝辞

本システム構築において、多くのご助言を賜りました北海道大学情報科学研究院原亮一准教授、現地での作業に伴い様々なサポートをいただきました酪農学園大学農食環境学群循環農学類石川志保准教授に感謝の意を表します。