

# 3G 及び ZigBee を利用した クラウドセンサネットワークシステムの検討と試作

平谷拓也<sup>†1</sup> 鷹箸孝典<sup>†1</sup> 中沢実<sup>†1</sup> 大黒篤<sup>†2</sup>

クラウドセンサネットワークシステムにおいては、複数の無線センサノードにて広域な環境情報測定を行い、シンクノードでの情報の集約及びクラウドへの情報のアップロードを実現する必要がある。本研究では、広域なクラウドセンサネットワークシステムの実現を目的として、また、屋外環境での柔軟なシステム構築を行う上で農業分野を導入対象環境として、ZigBee による近距離通信と 3G による広域通信網を組み合わせたシステムの検討と試作を実施する。ここで、システムの通信手法及び無線ノードデバイス構成のプラットフォーム化を行い、導入対象環境に依存しない柔軟なシステム構築を実現する。

## Implementation of cloud sensor network system using 3G and ZigBee

TAKUYA HIRATANI<sup>†1</sup> KOUSUKE TAKANOHASHI<sup>†1</sup>  
MINORU NAKAZAWA<sup>†1</sup> ATSUSHI DAIKOKU<sup>†2</sup>

In the cloud sensor network system, it is necessary to perform the environmental data measured over a wide area in the wireless sensor nodes and aggregated of dates of the sink node to realize uploading as the big-data to the cloud. In this paper, it intends at realization of the wide area could sensor network system. In actual, the agricultural field is made into object environment when performing a flexible systems configuration. In implementing, the proto-type system which combined the short-distance communication by ZigBee and the wide area network by 3G are carried out. As the feature, by implementing the communication technique of a system and the platform of wireless node device composition the flexible systems configuration independent of the environment for introduction has been realized.

### 1. はじめに

近年、ICT を活用した様々なモニタリングや他のサービスへの展開がなされてきている。本研究で利用しているセンサネットワーク技術は、2011 年に発生した東日本大震災以降から放射能濃度などセンサ情報を計測し、その情報を集約し様々な問題点・改善策を導き出すための技術として、またこれを用いた研究開発が行われている。例えば、無線センサネットワークにおけるセンサノード移動手法の研究である[1]。しかし一方では、システム全体の機能・構成の複雑化、設置の手間などと多くの問題点が存在し、実用化にまで至っていないのが現状である。中でも設置に関しては、新たなネットワーク環境の構築を実現しなければならず、開発コストを含む多額の費用を費やし、また設置箇所の確保も必要となってしまう。そのことから、システムの採算が取れず、実用化に支障を与えている可能性がある。現在では、これらの問題点を解決し、手軽にかつ低コストで開発・試作可能なシステムが求められている。

一方、クラウド技術は、ビッグデータを扱うための仮想化技術を使用しており、またインターネットを介していつでも、どこからでも情報の閲覧・編集が可能な技術である。

現在では、スマートフォンの普及などにより、従来よりも簡単に情報閲覧・編集が可能となっている。この技術のメリットとして、リアルタイム情報の閲覧・入力や情報の一元管理を実現可能なことが挙げられる。しかし、どこからでも利用可能ではあるが、アカウント管理などのセキュリティ面に大きな課題を残している。

このような問題点を解決するため、広域なモニタリングシステムの実現と共に、開発・設置が容易なシステム構成を実現する。システムを実現するに当たり、クラウドセンサネットワーク(以下、CSN)に用いるデバイス・通信手法の検討を行う。本研究では、無線センサネットワークの実現に Wireless PAN(以下、WPAN)を、またクラウドとの通信に Wireless/WAN(以下、W/WAN)を利用し、広域な CSN の検討ならびに試作を行う。クラウドサービスに関しては、モニタリング機能の追加ならびに柔軟なセンサネットワーク構成への対応を目的とし検討及び試作を行う。本システムにより従来の導入段階での問題点を解決し、広域なモニタリングシステムの実現を可能とする。

### 2. 概要

#### 2.1 クラウドセンサネットワークの概要

CSN を実現するために、まずシステムのプラットフォーム化を行った(図 1)。プラットフォーム化を行うことで、基板となるセンサネットワークの構築が容易となり、クラウ

<sup>†1</sup> 金沢工業大学  
Kanazawa Institute of Technology  
<sup>†2</sup> (株)構造計画研究所  
Kozo Keikaku Engineering

ドとの連携の容易化ならびに複数分野でのシステムの応用が実現可能となる。主に、メイン基板として、マイコンボード(以下、マイコン)を利用し、その上にセンサ、WPAN通信モジュール、W/WAN通信モジュールを装備した構成とする。マイコンに装着されているセンサ情報に加え、対象箇所に複数配置した無線センサノードからセンサ情報を取得・処理後、W/WANにてクラウドへデータアップロードを行う。本研究では、センサネットワークでのシンクノードを親機、無線センサノードを子機とする。

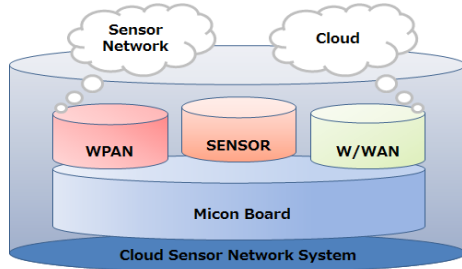


図1 システムのプラットフォーム

## 2.2 通信手法

LTEなど広帯域・低遅延通信の確立に伴い、従来よりも遥かに膨大な情報を扱うことが可能となった。また、LTEの他にも第二世代移动通信システム(通称2G)や、IEEE802.11bなどの通信規格が存在する。その中でも広域通信網での第三世代移动通信システム(以下、3G通信)の通信技術はLTEの導入後、キャリアなどでの通信技術としてではなく、誰もが容易に扱うことが可能となった。その代表とも言えるのが、Arduino用3Gシールド(以下、3Gシールド)である(図2左)。3Gシールドは、マイコン基板Arduinoに装着することが可能な3G通信モジュールのことであり、センサネットワークなどの実現や、遠隔操作の開発、試作が短期間に実現可能である。

次に、センサネットワークを構築する上で重要となるのがWPANである。代表的なものとして、ZigBeeやBluetooth、Wi-Fiである。その中でもZigBeeは、センサネットワークでの利用を主目的とした近距離無線通信規格であり、転送速度は低速ではあるが低消費電力通信の実現が可能な通信規格である[2]。また、ZigBeeに基づいた通信が可能なモジュールとしてXBeeが存在する(図2右)。このモジュールは、ネットワーク設定が容易であり、すぐにセンサネットワークの構築が可能である[3]。また、様々なネットワークの構成法があり、組み合わせにより広域なネットワーク構築が可能である。

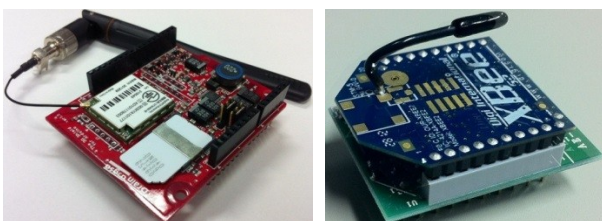


図2 Arduino用3GシールドとXBeeモジュール

## 3. 実装

### 3.1 検討・試作

従来のセンサネットワークは、屋外環境に限定すると、有線LAN/Wireless LANの敷設・設置といった物理的な作業を行わなければならない。運用までに更なるコスト、時間を費やすことになる。よって、これら問題点を解決するために、システム構成の簡潔化・設置の容易化が必要となる。またデバイス構成簡潔化のために、マイコンと直接組み合わせられる通信モジュールが必要であると考えた。

モニタリングシステムでは、センサにて計測したデータを、インターネットを介して数値的に表示するだけでなく、異常検出時の通知機能や遠隔機器制御などの従来と比べ更に高度な技術が求められてきている。これらの技術を実現するための考慮すべき点として、前述でのコスト・時間が関連する。機能に見合ったシステム構築には、それ相応のコストが発生し、開発・設置にも時間が掛かってしまう。そこで、本研究では誰もが容易に開発・試作可能なシステムを実現するため、3GシールドとZigBeeを用いてセンサネットワークの試作を行った。両通信技術は、マイコンと直接的な組み合わせが可能なモジュールを用いる。

### 3.2 導入環境

CSNは、農業分野でのハウス工場を対象とし、その環境に適したシステムの検討・試作を行った。以下、システムを構築する上での検討項目を示す。

- (1) 設置工事無しでシステム構築が可能
- (2) ハウス全体の環境情報の採取が可能
- (3) デバイス自体でのデータロギングが可能
- (4) 対象箇所の夜間撮影が可能
- (5) 屋外環境で急激な環境変化に対応が可能
- (6) 柔軟なセンサネットワーク構成への対応が可能

### 3.3 システム構成

本研究では、図3に示すシステム構成にて試作を行った。複数子機にて環境情報の採取を行い、親機にてその情報集約を行う。その際、親機にて子機情報、また親機での情報をデータベース化し、一定間隔ごとにデータベースの情報を3G回線にてクラウドへデータのアップロードを行う。最終的にクライアントアプリならびブラウザ上などのクライアントへ情報提供を行う。



図3 CSN構成図

### 3.4 温湿度・照度センサ

温湿度センサとして Aosong Electronics 製 DHT22[4]を、照度センサとして Spark Fun Electronics 製 TSL230-LF[5]を採用する。共に、専用ライブラリを用いることで容易にかつリアルタイムなセンサ値を採取可能なセンサである。

### 3.5 無線センサネットワークデバイス

本研究では、マイコンとして Arduino を採用し、親機に Arduino Mega Pro を、子機に Arduino Pro を用いて、その基板上に各種モジュールを搭載したデバイスを装備した。ここで、Arduino は Arduino プログラミング言語と Arduino IDE(統合開発環境)ソフトウェアからなるマイコン基板[6]のことであり、本研究で用いる 3G シールド及び XBee は全て Arduino にて利用可能な製品及びライブラリを用いた。

センサネットワークでは、親機 1 台に対し子機 2 台を用いてシステム構築を行った。広域なセンサネットワークの実現、低消費電力通信ならび容易にセンサ情報を取得が可能な ZigBee を、そして ZigBee 通信規格に基づいて通信可能な XBee モジュールを用いる。また、クラウドとの通信を実現するため 3G シールドを用いる。ここで対象のモニタリングは、センサを使って得られる時系列な数値情報や、人間が直接対象を見たときに得られる視覚情報の 2 種類の情報に分類することが出来る。そのことから、視覚情報と数値情報を組み合わせたシステム構成が必要であると考えた。クラウドと直接的な関係を持つ親機に対し、視覚情報のためのシリアル接続 JPEG カラーカメラを、数値情報のための micro SD モジュールと I2C 接続小型 LCD モジュールを装備した。JPEG カメラに関しては、赤外線センサをカメラ両脇に装備されているモジュールを採用し、夜間での対象箇所の撮影を可能とした。また、防塵・防水ケースにてデバイスをケース収納することにより、屋外環境での急激な環境変化に対応可能なデバイスを実現した。

- 親機の機能は以下の通りである。
    - (1) マイコンによる、センサ情報の採取・処理
    - (2) XBee による、子機センサ情報の取得
    - (3) 3G シールドによる、クラウドへのデータアップ
    - (4) JPEG カメラによる、対象箇所の撮影
    - (5) LCD による、データ表示
    - (6) Micro SD による、データロギング
  - 子機の機能は以下の通りである。
    - (1) マイコンによる、センサ情報の採取・処理
    - (2) XBee による、親機へのセンサ情報の送信
    - (3) XBee CTS フロー制御による、低消費電力稼働
    - (4) コミッションボタンによる、WPAN への参加
- 親機・子機、両デバイス及び構成を下図に示す。



図 4 無線センサネットワーク親機デバイス



図 5 親機デバイス構成

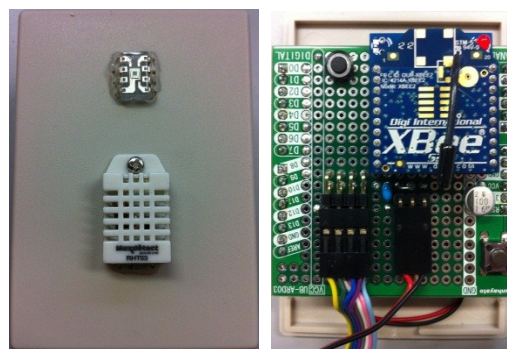


図 6 無線センサネットワーク子機デバイス

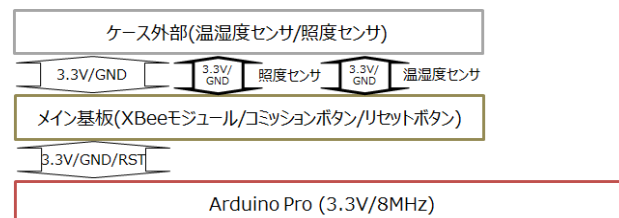


図 7 子機デバイス構成

### 3.6 クラウドサービス

本研究のクラウドサービスでは、構成や機能の複雑さを防ぐことを第一に考え、以下の機能を実現した。

- (1) アカウント管理
- (2) 対象場所監視画像表示
- (3) 農業日誌の追加・更新・削除
- (4) センサ毎のグラフ表示
- (5) CSV ファイルダウンロード
- (6) スマートフォンでの情報閲覧・更新

まず、構成の複雑さの解決方法であるが、上記した各機能に Application Programming Interface(以下、API)となるファイルを作成することにより、サーバサイドのファイル管理機能を簡易化した。クラウドサービスの構成を下図に示す。



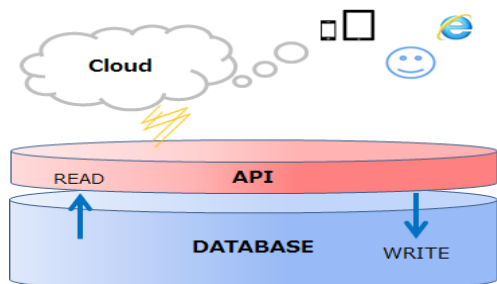


図 8 クラウドサービスの構成

次に機能の複雑さを解決する方法であるが、ユーザが直接フォーム等に入力するといったことは行わず、プルダウン形式を採用することで、ユーザに対する簡潔な機能提供を実現した。また、今回のクラウドサービスは、Basic 認証を用いた全てのブラウザで対応可能なサービスの実現、対象を農業分野にしていることから農業日誌の実現、データ収集場所に適したセンサ情報表示することによる柔軟なセンサネットワーク構成へ対応可能なサービスを実現、監視画像を表示することによる視覚的な情報を提供することの実現と、閲覧機能は最低限に設定している。また、CSV ファイルダウンロード機能を用いることで、詳細な情報の取得が可能となる。クラウドサービスのウェブブラウザ上の画面とスマートフォンアプリの画面を以下に示す。

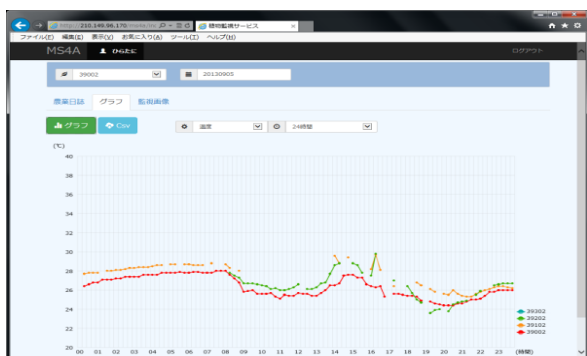


図 9 ブラウザ画面



図 10 スマートフォンアプリ

## 4. 今後の展開

CSN は、農業のみではなく医療・道路鉄道・教育といった多種多様な分野にて応用が可能なシステムである必要がある。各種分野には固有の問題点が存在し、適したシステム構築を実現するには十分な知識と技術が必要不可欠となる。本研究では、それらの構築を実現することを最終的な目標として実施してきた。その過程として、3G モジュールでのどこでも送受信が可能、ならび ZigBee での広域なセンサネットワークの実現が可能であることがわかった。その結果から、今後の展開としてあげられるものは、以下の通りである。

- M2M への展開
- センサネットワークの大規模化
- 集約したデータの分析処理

M2M への展開により、導入環境での温度・湿度管理の自動制御といった機器間コミュニケーションシステムの構築が可能となり、それに伴い膨大な情報収集のためのセンサネットワークの大規模化が必要不可欠となる。また、膨大なデータの分析処理技術も必要となる。これらを実現可能となれば、各分野が抱える問題をセンサネットワークにて解決することが期待でき、本研究での目的でもある広域なモニタリングシステムの構築が実現可能となる。

## 5. まとめ

本研究では、3G 通信を用いたクラウドとの連携と ZigBee を用いたセンサネットワークの構築を行い、クラウドセンサネットワークの検討と試作を行った。結果として、システム機能の複雑化の解消ならび、設置などのセンサネットワークの問題点の解決が可能なシステムを実現した。現在、システム運用試験を実施しており、並行してシステム評価を行っていく。今後、前章でも述べた実現すべき点を検討し、実用化を目指していく。

## 参考文献

- 1) 高橋, 桧垣, “無線センサネットワークにおける移動手法”, 情報処理学会 DPS 研究会, Vol.145, No.31(2010)
- 2) 桜井, 山本, “ZigBee と無線メッシュネットワークを組み合わせた広域エリアセンシング情報流通ネットワークの設計手法に関する研究”, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.109, No.228(2009)
- 3) Digi International K.K., “IEEE802.15.4 RF Modules”, <http://www.digi.com>
- 4) Aosong Electronics Inc., “Digital-output relative humidity & temperature sensor/module”, <http://www.adafruit.com/>
- 5) Texas Advanced Optoelectronics Solutions Inc., “TSL230R-LF PROGRAMMABLE LIGHT-TO-FREQUENCY CONVERTERS”, <https://www.sparkfun.com/>
- 6) Arduino, “Arduino-Homepage”, <http://www.arduino.cc/>