

障害物（雪やマンホール内）を通過する LoRa 無線によるモニタリングシステム開発

関西大学 正会員○大西 有三
i システムリサーチ(iSRC) 正会員 西川 啓一
アーステック東洋 正会員 中井 卓巳
明光電子 古賀 安博

1. 目的

我が国は脆弱な地質環境にあることから、重大な自然災害に頻繁に見舞われ、さらに近年インフラの経年劣化にさらされている。最も効果的な対抗手段は、モノの状況を詳細に（多くの箇所でリアルタイムに）計測することである。このため、小型の低価格かつ高性能無線データ伝送システムを開発し、実際のインフラ施設に多数のセンサーを設置、データを取得してどこでも必要なところに配信できるシステムが求められている。

現状の無線の場合には、山岳・森林地帯の多い我が国の地形、あるいは、雪の多い地域や込み入った都市部（マンホール内など）を想定した、通信障害耐性のリアルタイム通信の必要性という観点からは、問題を有している。障害耐性という面から見たリアルタイム通信のもう一つのポイントは、現場適用性（スケーラビリティ）に問題がある。現場の地形や状態により対応した基準点の設置、管理が必要であり、必要な精度が得られない場合は、新たな基準点を追加して設置していくことも可能でなければならない。しかし、現在のデータ収集の主流は中央サーバにデータを集め、ユーザにキャストする中央集中型であり、こういった現場に求められるスケーラビリティには対応しがたい。こうした現状を考慮すると、発想を変えて計測現場の数 km 範囲においては、Wi-SUN や LoRa といった免許不要な無線システムを利用し、現地親局（SOI ボックス）にデータ収集し、現地親局（SOI ボックス）からは携帯電話、あるいは Wi-Fi を利用してインターネットを利用することは機動的である。この時、これらの通信手段にインタフェースとルールを加えることにより、国内いずれの計測箇所からもリアルタイムにデータを収集できる機器が開発可能である。

インフラモニタリングの高度化に対応するため、本研究では LoRa という障害物があっても安定して長距離データ伝送できると言われている無線システムを利用し、実際に深さ 1.5m 程度の雪の中に機器を埋めて、また通常の鉄板で上部を覆われたマンホール内に設置して通信実験を行った結果について報告する。

2. システム概要

斜面などの土木構造物の危険予知をする場合、多点でのリアルタイム計測が要求される。これを実現するために、IoT 技術を用いた各種センサーが開発されているが、全てのセンサーに携帯電話網を利用した通信機能を設けることは運用費用の点より実際的ではない。そこで、計測地点に近い拠点（親機）には携帯通信機能を付与し、そこから多点の計測点にはそれぞれローカル無線機で通信を行うことが試みられている。

本研究では、省電力動作を行うための計測データ送受信プロトコルと電源管理手法および回路開発を行った。親機から管理事務所や管理者スマートフォン等の必要な箇所への配信は、リアルタイム P2P 型の補正情報通信プロトコルである SOI (Serial Over IP) を用いる。この SOI とその技術を簡便に利用可能な通信キット(SOI ボックス・SOI SDK)を開発した。これは、Wi-Fi 機能とシリアル・インタフェースで構成されるルータボックスであり、SOI が組み込まれている。これにより、接続された各種計測器は、パソコンやスマホがあれば何処からでもデータ収集やコントロールが可能となり、様々な条件下のインフラモニタリングに



図-1 斜面モニタリングシステム概念図

キーワード インフラモニタリング, IoT, LoRa, SOI, 多点計測, 無線データ通信

連絡先 〒564-8680 大阪府吹田市山手町 3-3-3 5 環境都市工学部都市システム TEL 06-6368-0837

有効に活用できる(図-1)。ただし、ローカル無線は従来多くの場合見通しで 1km 程度、樹木等が無線機の間に
ある場合は数 100m 程度の通信距離である。また、災害時の主要因である大雨時にはさらに通信距離が短くなり、
確実なリアルタイムのデータ収集のためには余裕をもってより近い距離での設置となっている。一方、
LoRa (Long Range) と言われる無線は、Low Power, Wide Area (LPWA) の中の一種の規格で、国内でも利用
できる。この LoRa では最大で見通し 20km(カタログ値)とも言われている。

今回は障害物内データ電送の確認のため実際に無線機を雪に埋めて、またマンホール内からの通信実験を
行った結果を報告する。

3. 長距離 雪中実験

LoRa 無線機をセンサーモジュール子機および親機に組み込む改造を行った(図 2)。雪中実験は北海道小樽
市において実施した。親機と子機は 1.56km (直線距離) 離れて設置した(図 3a)。両地点間には小高い岡が
あり、見通しがきかない。この 2 地点に親機と子機を設置した。雪の積もった箇所には深さ 100cm 程度に穴を
掘り、底に子機アンテナを埋め(図 3c)、埋め戻しを行いさらに上に雪を 2m 程度まで積み増した(図 3d)。親
機のアンテナは地上 1.5m 程度に設置し、この状態で通信状況を確認した。その結果、データ受信率は 100%
であり、受信レベルも -123~-126dBm と受信可能レベル -150dBm に対して、まだ余裕のある数値を示した。



図-2 LoRa 実験機材 (a)子機 (b)親機

(c) (d) 雪中実験

4. マンホール内と外とのデータ電送実験

兵庫県西宮市にあるマンホール 2 箇所を用い、内部に送信ユニット、外部に受信機器を設置して、送受信状態をモニターした。マン
ホールから受信ポイントまでは約 100m である。蓋をする前後で受信レベルは、-79dBm から-95dBm と 16dBm の変化であり、データ受信
率は 100%であった。ふたを閉めたマンホール
内からもデータが転送できることは、地震液状化時のマンホ
ールの挙動もモニターできる可能性があることになる。



図-3 マンホール埋設前後の様子

5. まとめ

当該無線機は -150dBm まで受信可能(規格)であるため、今回の雪中での距離 1.5km 程度ではまだ
余裕を持って通信ができる状態であると考えられる。また、マンホールからの通信距離は 1km 程度は十分見
込めることが確認され、この機器の性能が認識された。今回開発された SOI を用いた比較的安価なデータ通
信機器は、MEMS センサー基盤に、伸縮計データ及び地下水位計データ、温度データなど多くのセンサーを
統合して、計測・配信し、統合的な運用が可能であり、インフラモニタリングに威力を発揮すると期待できる。
今後は猛吹雪の状態、豪雨の状態での変化など様々な気象変化に対しての挙動や木々の多い深い山間部での
通信可能状態を調査して性能を確認する予定である。