V-094

IoT 機器（衛星）を利用した低コストな現地観測情報収集システムに関する実証試験

和歌山大学　○秋山演亮、山口耕司
国土交通省大規模土砂災害対策技術センター吉村元吾、菅原寛明、田中健貴

１．成果の概要

ICT/IoT 技術の進歩は防災 / 減災の分野でも今後、多くの成果を達成すると考えられている。しかしそのためには、防災や減災の現場において、各地の施工業者等が簡便かつ安価に使える端末が必要不可欠である。また都市部から離れた土砂災害や洪水の発生源となる多くの場所においては、Wi-Fi や携帯電波によりインターネット網に繋がることは困難で有り、ICT/IoT 化の推進の妨げとなっている。

そこで本研究ではこれらの問題に対応するために、下記の様な成果を達成した。

① 現場における小型 IoT 機器の運用

Wi-Fi に加え LoRa を使った地上センサネットワークの基板システムを開発、実証試験を行った。これにより直達距離 1～2km の通信を実現し、中継機の利用により更なる長距離通信の可能性を示すことが出来た。またセンサを除く通信システムの価格を 1～2 万円と廉価に抑えることが出来た。

② 衛星やバルーンを用いた回線試験

山間部等において、衛星を使った省電力通信装置の検証実験を行った。低軌道周回衛星に加え、静止衛星を使った通信にも成功した。年間を通じた機器運用を行うことにより、耐候性や設置方法に関するノウハウを蓄積することが出来た。

２．現場における小型 IoT 機器の運用

電力源に欠く災害現場において、実利用可能な地上センサおよび送信機に関する開発を実施した。既に市街地等での利用を目的として開発されている地上センサ・送信機を利用し、太陽電池と二次電池を利用した器機開発を実施した。

紀伊山中において、数年前の台風により発生した日本最大規模の自然ダムを有する栗平地区において、IoT 機器を適切に配置し、太陽電池のみで稼働する有効な地上センサネットワークを設置。年間を通じた運用試験を行った。これにより、耐水性や耐候性に関して試験的な運用を実施した。

同現場では、すでに静止衛星を使ったセンサ情報転送システムが作動していたが、衛星との通信には大電力が必要である。そのため再度の土砂災害により同現場に通じる道路が流された時には、毎日ヘリコプターを用いた空輸により、発電

図 1　RoLa-wan を用いたセンサ用子機

機燃料を空輸するなどが必要となり、膨大なコストが発生していた。

この問題に対応するために、一昨年度は開発済みの小型・省電力の通信端末を利用し、まずは Wi-Fi や 920MHz 帯等を利用した地上センサネットワークを現場に構築。各機器の耐候性を確認すると同時に、小面積の太陽電池パネルにより連続動作が出来るかを確認し１年近くにわたり動作させることに成功した。しかし Wi-Fi では通信距離が 100m 程度と短く、1km 四方もある栗平のような現場では地上のセンサネットワークも中継機を必要であった。そこで本研究では新たな通信方法として LoRa-wan（図 1）を利用し長距離通信実験を行った。

LoRa-wan は 920MHz 帯を使った新しい通信システムである。本研究では既存の LoRa-wan ゲートウェイを利用し、を使った新しい通信ネットワークを構築し、直達距離で 1～2km にもおよぶ通信実験に成功した。

また従来のシステムでは、センサ用子機から集められたデータはインターネットを介してクラウド上のサーバに集約されていた。しかし災害時には、周辺のローカルネットワークは稼働していても、インターネット回線からは切断されてしまい、クラウド上のサーバにデータが送れない / 閲覧出来ない等の問題点が発生していた。そこで本実証試験ではローカルネットワーク上にエッジサーバを設置することで、この問題を解決した。エッジサーバには RoLa-wan モジュールとほぼ同じわずか 65mm×31mm サイズの Raspberry Pi Zero を利用する事で、センサ用子機のサイズに納める事が出来た。センサ

によって集められたデータはエッジサーバに送られると同時に、クラウドサーバにも送信される。これにより、災害時にインターネットと切断しクラウドサーバとの通信が不可能になっても、ローカルネットワークさえ生きていれば現地で必要な情報が収集出来る様になった。

３．衛星を用いた回線試験

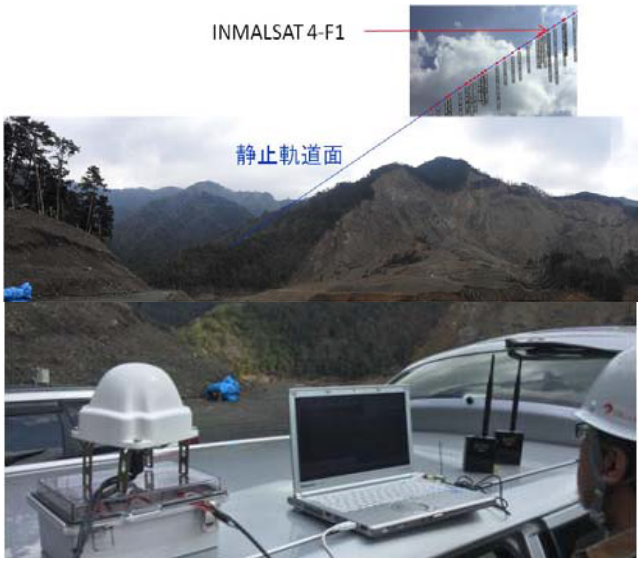

図 3　栗平における静止衛星位置と通信システム

山間部での通信インフラのイニシャルコスト・ランニングコストの低減を目指し、衛星の利用実証を行った。従来のシステムでは、地球から遠く離れた静止軌道（地球からの距離約 36,000km）上に位置する通信衛星に対して、大出力で広帯域の通信を実施していた。そのため、送信機には大電力が必要であり、大型の発電機を設置・運営する必要があった。このようなケースでは毎日の給油作業が必要不可欠であり、ランニングコストを高める一因ともなっていた。そこで本研究では低軌道（地球からの距離数百 km）を周回する衛星を利用する事で通信距離を低減し、30cm 角サイズの太陽電池＋自動車用の 12V バッテリのみを使った連続運用に成功した。(図-2)

一方、近年では海外諸国でも IoT に関する関心が高い。そのため静止衛星ではあるが IoT への利用を念頭に置き、衛星側に巨大なアンテナを利用する事で地上側からは低出力で通信が可能なシステムの構築が進んでいる。また低軌道衛星を使った本研究での連続実証試験でも、衛星位置が変わることで通信のための補足等が出来ない事も一つの原因と考えられるトラブルで、データ転送に欠損が生じることがあった。そこで本研究でも大アンテナを有する静止衛星を利用し、低軌道衛星の場合と同様の電力構成で通信が可能か、確認試験を行い良好な通信環境が得られることを実証することが出来た。

４．まとめ

本研究で実証された衛星通信網、および IoT 端末を使う事で、従来の遠隔計測機とくらべると 1/10～1/100 程度のコストで計測端末を構築、通信ネットワークを確立することが出来た。またエッジサーバも併せて利用する事で、極めて抗たん性の高い低コストなシステムを構築する事が可能である。今後、多くの現場で利用される事が期待される。

図 2　RoLa-wan を使った水位計と傾斜計

紀伊山地には土砂災害を起こす可能性の在る場所も多く、また支流に 1 つだけせっちしても結局、センサが稼働しているかどうかの確認に人手を介するなど、多くの点で問題があった。今回安価なセンサ用機器（センサ部分を除き 1 台 2 万円以下を予定）を開発することで、今後、多くのセンサを設置する可能性が開けてきた。本研究でも試験的に河川の水位計や崩落が予測される地域での傾斜計の設置を行った（図-3)。今後、省庁や地元行政とも協力しながら、数多くのセンサ用子機の設置を進め,運用上の問題点を明らかにすると同時に装置の更なる価格低下を進めたい。

また RoLa-wan による通信距離は 1～2km と長距離ではあるが、実用を考えると更なる長距離通信が望ましい。そこで 1km おきに受信したデータを再送信するリピータを設置することで、地上ネットワークだけでも通信距離を伸ばす方法を検証したい。実際の現地での測定では機器のチェックを 1 ヶ月おきには行うため、子機やリピータのバッテリも 1 ヶ月おきに交換する事が可能である。今後は運用性も考えた電力量の調整も実施する予定である。