

RingRing : LoRa を活用した林業現場の緊急通報システム RingRing: A LoRa-enabled Emergency Report System for Forestry Workers

河口 大輝[†] 永山 大輔[†] 越塚 登[†]
Masaki Kawaguchi Daisuke Nagayama Noboru Koshizuka

1. はじめに

現在、数 km 以上の遠距離を省電力で通信可能な LoRa, Sigfox などの LPWA (Low Power Wide Area) 技術が注目されている。主に IoT デバイスやセンサなどあまり帯域が必要としない用途で、電力消費を抑えて広いエリアを管理することができるものと期待されている。

こうした技術は、その通信特性や、免許不要の周波数帯で利用できることなどから、山林中など携帯電話のカバーエリア外からの緊急通報にも有効であると考えられる。特に林業においては、伐倒した木の滑落、土砂崩れ、落石など多くの危険が存在し、作業員の安全の確保が喫緊の課題である。加えて、林業作業では安全の観点から離散して作業しており、他の作業員の状況を把握しづらいため、救護が遅れることもある。しかし、林業の現場には LTE などのモバイルネットワークが利用できないエリアも多く、ICT 技術を用いた解決が難しかった。

山林中での緊急対応に LoRa を用いる事例として、以下のような事例が挙げられる。プラムシステム有限会社のキツツキ・ハンマー[1][2]は、作業員のヘルメットに取り付けた加速度センサにより異常を検知し、LoRa など各種無線を通じて他の作業員のヘルメットに取り付けられた装置に通信を行い、打撃音として通知を行う。また、博報堂アイ・スタジオの TREK TRACK[3]は、LoRaWAN を用いてゲレンデや登山道などに通信環境を確保し、リアルタイムの位置情報確認や緊急時の通報を行う。

本研究では、高知県香美森林組合からのヒアリング等をもとに、作業員が携帯するスマートフォンで異常を検知した後、LoRa と LTE を介して事務所に自動通知し、他の作業員との連携により緊急対応を行うためのシステム「RingRing」を開発する。

2. 予備実験

2.1 概要

LoRa 変調による無線通信は、障害物が少ない環境においては 10km 程度の距離での通信が可能であるとされているが、水分の多い木が生い茂る山林中でのどの程度伝搬するのかはこれまで検証されていない。そこで山林中における LoRa 変調無線通信の到達可能性を検証するため、山林中での信号強度測定実験を行う。

2.2 手法

山林中の特定の地点に LoRa の受信デバイスを設置し、送信デバイスを携帯して車で山林中を移動した。20 秒ごとに位置情報データを送信し、受信デバイスで受信信号強度 (RSSI) とともに記録した (拡散率 12, 帯域幅 125kHz)。また、実験中に送信デバイス側で信号強度を確認しながら

[†] 東京大学 The University of Tokyo

移動するために、受信デバイスは位置情報データを受信する都度送信デバイスに RSSI を返送するようにした。

2.3 結果

図 1 は受信デバイスで記録された RSSI を地形図上にプロットしたものである。樹木密度の高い環境でも、1km 程度の距離では問題なく通信が可能であった。一方で山の尾根など、送信デバイスと受信デバイスの間に岩や土の障害物がある場合には通信が難しいことが示された。

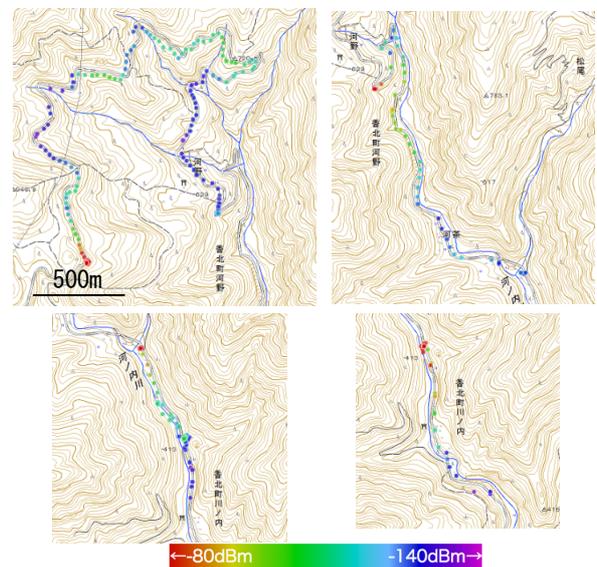


図 1 測定結果 (Google Maps API により、国土地理院の電子地形図タイル上に受信データをプロットして作成)

3. RingRing

3.1 概要

前項の予備実験を経て山林中での通信可能性が示されたため、LTE と LoRa を経由した通信網の上に、緊急通報のためのシステム「RingRing」を開発した。図 2 は RingRing の概要を示しており、作業員が携帯するスマートフォン用「作業員用スマートフォンアプリケーション」、作業員に近い位置に配置される「LoRa-BLE ゲートウェイ」、山林中で LTE が接続できるエリアに配置される「LoRa-LTE ゲートウェイ」、山麓の事務所で使用する「事務所用 Web アプリケーション」の 4 つで構成される。

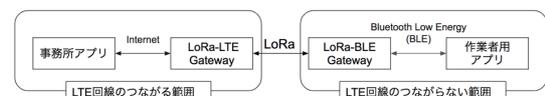


図 2 RingRing の構成

本システムでは以下のようなフローで、緊急アラート機能を実現する。

1. 作業員用アプリによる異常検知

2. 作業用アプリが自動で事務所アプリに異常報告し、同時に自動音声で事務所の電話に発信して通知
3. 事務所から、近くで作業する別の作業員の作業用アプリへ、異常検知した位置情報と共に確認依頼を送信
4. 確認依頼を受けた作業員が、異常検知した場所へ向かい、状況を確認、場合によっては通報
 2. のアラート、3. の確認依頼送信、4. の通報において、2つのゲートウェイを用い BLE, LoRa, LTE を経由して通信を行う。

3.2 実装

3.2.1 作業員用スマートフォンアプリケーション

Android スマートフォン上で動作するアプリとして実装した。起動後、BLE Central として自動的に LoRa-BLE ゲートウェイに接続し、通信を行う。平常時は、1 分ごとに位置情報を送信する。異常検知には加速度センサを用い、加速度の大きさが閾値内の状態で10秒経過すると警告音が鳴り始め、さらに 10 秒同じ状態が継続すると、GPS で取得した位置情報とともに事務所への報告を行う。また、事務所側からのメッセージの表示、事務所への通報（救護要請の送信）を行う事ができる。



図 3 作業員用アプリケーション

3.2.2 事務所用 Web アプリケーション

事務所で作業者の状態を確認するためのアプリケーションとして、図 4 中に示す 3 つの機能を実装した。LoRa-LTE ゲートウェイとの間で、Amazon Web Service のクラウドサーバ上に設置した Pub-Sub 型のブローカを介して通信を行う。地図には Google Maps API を用いて、作業員の位置をプロットする。

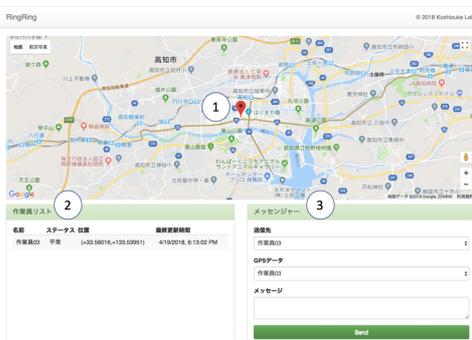


図 4 事務所員用 Web アプリケーション

- (1) 作業中の作業員の場所をリアルタイムで地図上に表示
- (2) (1)の作業員のステータスを表示
- (3) 作業員に対し、別の作業員の場所とメッセージを送信

3.2.3 LoRa-BLE ゲートウェイ

LoRa-BLE ゲートウェイは、EASEL 社製 LoRa モジュール ES920LR と Raspberry Pi Zero W を組み合わせたデバイス

上に実装した。BLE Peripheral として動作し、スマートフォンから接続を行う。LoRa-BLE GW Service として送信用 Characteristic (Read) と受信用 Characteristic (Notify) を持ち、送信用 Characteristic に書き込まれたデータを LoRa で LoRa-LTE ゲートウェイに送信し、LoRa からデータを受け取ると受信用 Characteristic の値を更新して作業員用アプリケーションに通知する。

3.2.4 LoRa-LTE ゲートウェイ

LoRa-LTE ゲートウェイは、ES920LR, Raspberry Pi Zero W, LTE モジュールからなるデバイス上に実装した。事務所アプリからブローカにデータが書き込まれると、LoRa を使用して LoRa-BLE GW に向けてそのデータを送信する。また、LoRa-BLE GW から送られたデータを、LTE を使用してブローカへ書き込む。

3.3 現地でのデモおよびその結果

高知県香美市の林業現場において、RingRing のデモンストレーションを行った。山林中の LTE の通信が可能な地点に LoRa-LTE ゲートウェイを設置し、LoRa および LTE を通じて作業員と事務員とが通信できることを確認した。

その後、高知県、香美森林組合の方々との意見交換を行った。実用にあたって考慮すべき点として、各デバイスの電池寿命や大きさ、通信可能範囲などが挙げられた。また、GPS の精度や信頼性次第では、伐木時の他作業員との距離の確認にも利用できるのではないかと意見があった。

4. 課題と今後の展望

本システムにより、山林中と事務所とを LoRa により接続し、緊急対応を行う仕組みを構築できた。この実装は試作段階であり、実用化に向けいくつかの課題が考えられる。

1 つは通信可能範囲である。1km 程度の通信距離は、作業範囲全域をカバーできるものではない。このため、LoRa-LTE ゲートウェイの設置場所の工夫や、中継機を用いたマルチホップによる通信が必要であり、マルチホップ通信の実装、実験を行っている。

また、作業員の負担とならないよう小型軽量で携帯しやすく、かつ電池寿命を抑えたデバイスの設計が必要である。異常検知に関しても、今回は加速度による単純な判定を用いたが、手法次第ではより詳細な状況を取得できる。

なお、緊急対応以外にも、現場と事務所の間で通信が可能となることにより、生産管理や労務管理など様々な応用の可能性が考えられる。

謝辞

実際の林業現場にて実験環境をご提供頂き、実験にあたってご協力・ご助言を頂いた高知県、香美森林組合の皆様へ感謝の意を表す。また、デバイスをご提供頂いた東京大学の中尾彰宏教授に深謝する。

参考文献

- [1] 松本 敬吾, “ [技術展示] 920M 帯 LoRa 変調を利用した山林作業緊急伝達装置のデモ”, 信学技報, vol. 117, no. 456 (2018).
- [2] プラムシステム有限会社, “キッツキ・ハンマー”, <http://www.plum-syst.com/>.
- [3] 博報堂アイ・スタジオ, “TREK TRACK”, <https://trektrack.jp/company/>.