

BLE ビーコンを用いた重機接近警告システムの開発

飛島建設 正会員 ○木村 圭佑 飛島建設 正会員 松田 浩朗
 飛島建設 正会員 筒井 隆規 マック 正会員 宮原 宏史
 マック 野口 幸一 エム・シー・エス 河西 哲夫

1. はじめに

トンネル工事現場は、閉空間で長細い構造のため人や重機の位置把握が困難である。また、急速施工のため重機の大型化が進み、坑内は重機が輻輳するなど安全面のリスクが高い。その対策として、Wi-Fi や IC タグを利用した作業員の位置管理システムや、重機接近警告システムが開発されている¹⁾。これらは独立したシステムとして存在し、使用する機器が増えて管理が煩雑になるので、両者の機能を有したシステムが求められる。

近年、BLE(Bluetooth Low Energy)を用いた技術が急速に発展している。BLE の特長として、省電力、低コストであることが挙げられる。筆者らは BLE に着目し、BLE ビーコンを用いた位置管理システムを開発している。本研究は、BLE ビーコンによる位置管理システムを応用し、重機接近警告機能も搭載したシステムを開発することを目的としている。本報では開発したシステムを用いた現場での適用結果を示す。

2. BLE 位置管理システム概要

本システムで送信機として使用する BLE ビーコン (図 1 参照) は、それぞれユニークな ID を持っている。この ID を利用し、BLE ビーコンと所有者を紐付けることが可能である。BLE ビーコンが発信する電波を、坑内に設置した Raspberry Pi 使用の受信機 (図 2 参照) が検知すると、所持している作業員が坑内にいるとみなし、坑口に設置されたモニタ上に表示される (図 3 参照)。また、受信機を坑内に複数設置することで、最も強い電波強度の受信機の近傍にいるとみなし、作業員のいる区域を把握することができる。

3. 重機接近警告システム概要

本システムでは、位置管理システムと同じ BLE ビーコンと受信機を使用する。重機への接近を警告するシステムに必要な性能は、危険範囲内に人が接近した際に、迅速かつ漏れがなく反応することと、受信機で得られた電波強度からおおよその距離を推定することである。したがって、本システムにおいて解決すべき課題は、①人体の向きによる電波強度への影響の排除、②大型重機に使用した際の電波死角排除、③距離測位精度および応答性の確保、の 3 点と考えた。これらの 3 つの課題を解決する方法を以下で述べる。

①人体の向きと受信電波強度分布の一例を図 4 に示す。人体の向きによって電波が減衰し、受信電波強度が大きく変わることがわかる。そのため、作業員がどの方向を向いていても同等の電波強度が得られる位置に BLE ビーコンを取り付けるか、複数個使用するという案が考えられる。検討の結果、1 個の BLE ビーコンでは人体の向きによる影響を排除することが困難であると判断し、複数個使用して対応することにした。



図 1 送信機

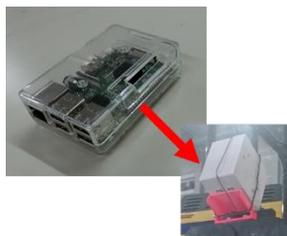


図 2 受信機



図 3 位置管理システム

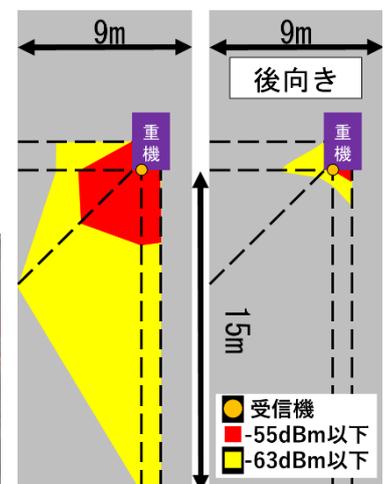


図 4 受信電波強度の違い

キーワード Bluetooth Low Energy, BLE, 重機接近警告, 位置管理

連絡先 〒270-0222 千葉県野田市木間ヶ瀬 5472 飛島建設(株)技術研究所 TEL 04-7198-7572

②重機自身により電波を反射・減衰し、かつ使用重機が大きくなるにつれ、その影響が大きくなると考えられる。そこで死角をなくし期待する電波強度を得るために、受信機を複数台使用し、それぞれが連携できるようなシステムとした。

③これまでに筆者らは受信電波強度に大きなばらつきが生じるものの、1秒間に受信した最大値を採用することで安定した電波強度が得られることを示している²⁾。この結果より、BLE ビーコンは最小出力間隔(0.1秒)で電波を発する設定にし、移動最大値を採用することで、即応性を確保しつつ、精度の高い電波強度を得ることとした。

4. 現場への適用とその結果

開発したシステムを、実際のトンネル工事現場で適用した。重機への受信機の設置位置を図5に示す。本システムでは重機の死角を排除するために、前方と左右に1箇所ずつ、後方2箇所の計5箇所に受信機を取り付けた。重機に機器を設置した様子を図6に示す。運転席にモニタとブザー付警告灯からなる警報装置を設置している。また、BLE ビーコンは、人体の向きによる影響が少なくなるように、両肩部に設置するようにした。さらに、作業員の負担軽減のために、安全

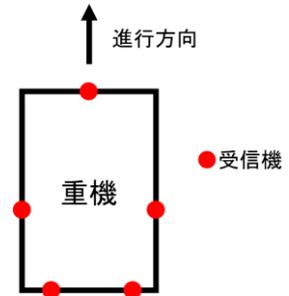


図5 受信機設置位置

チョッキ両肩に設けられたポケットに入れて運用することとした(図7参照)。このようにすることで、重機の大きさ、人の向きによらず、危険範囲内に接近した際に、迅速かつ漏れがなく警報することが可能となり、既往の技術と同等の機能を有するシステムであることが確認できた。

運転席モニタ画面を図8に示す。複数の受信機を連携させることで、作業員氏名と重機からの推定距離、その方向を表示できるようにした。また、重機の周囲とは別に運転席上部に受信機を設置した。これは運転者自身を警告対象から除外するキャンセルラとして使用する。そのため、重機の運転者が変わった際も設定を変更することなく、警告装置が運用できるようになり、より業務の省力化に繋がるシステムとなった。



図6 重機接近警告システム



図7 安全チョッキ

図8 運転席モニタ画面

5. おわりに

本報では、トンネル工事を対象とした、BLE ビーコンによる位置管理システムの紹介と、それを応用

した、重機接近警告システムの開発とその現場適用結果について示した。重機接近警告システムについては、既往のシステムと同等以上の機能を有したものが開発できた。2つのシステムを一体化することで、管理面での省力化が図られ、業務の効率化に繋がると言える。今後、使用する受信機数を最適化するなど、システムの低コスト化について検討を進める予定である。

参考文献

- 1) 駒坂翼, 宮本多佳, 中田真弥: 道路建設業における人と機械の協調安全技術の開発, 建設機械施工, Vol.70, No.2, pp.34-39, 2018.
- 2) 木村圭佑, 松田浩朗, 宮原宏史, 野村拓夢: BLEによる距離推定技術に関する基礎的研究, 土木学会第73回年次学術講演会, CS9-030, pp.59-60, 2018.