

# 作業車の稼働状況を観測する ZigBee ネットワークシステム

小林 樹矢 山本 寛 山崎 克之  
長岡技術科学大学

## 1. はじめに

位置情報を測定することで、工場等で使用されている作業車(例:フォークリフト)の稼働状況を観測することが可能となる。しかし、GPS を利用したシステムでは、屋内環境において位置を取得することが困難である。一方、近年センサネットワークの構築に利用されている省電力無線技術 ZigBee は、屋内外に関わらず距離の近い端末間でリンクを確立しネットワークポロジを構成できる。本稿では、ZigBee 端末を取り付けた作業車のネットワークポロジ構造を収集・解析することで、作業車の稼働状況を推定する手法を提案する。

## 2. システム概要

ZigBeeを利用することで、作業車は図1のようなメッシュ状のネットワークポロジを構築できる。提案システムはこのトポロジの情報を収集・解析することによって、作業車間のホップ数などから相互的な位置関係を推定する。また、隣接した端末間の電波強度(RSSI)を取得することで、実世界での距離関係を推定することも可能となる。提案システムは、この作業車間の位置関係に関する情報が正常時から大きく変化したことを検知すると、観察対象が普段とは異なる行動をとり、稼働に異常があったと判断できる。

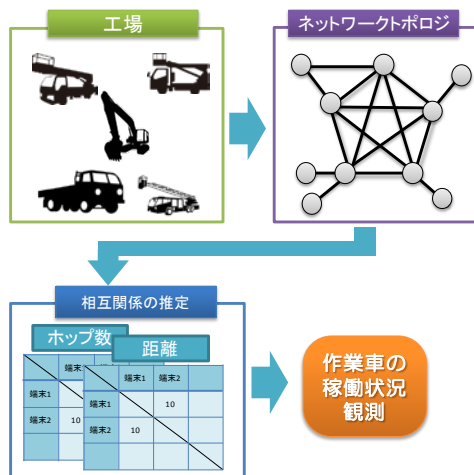


図1. 稼働状況観測システム 構成例

提案システムでは、ZigBee 端末として Digi 社の Programmable XBee-Pro ZB を採用する。このモジュールは、ZigBee 通信チップに加え、Freescale 社の 8bit マイクロプロセッサが内蔵されている。そのため、他のマイコン(例:Arduino)を用意せずともシステムの構築が可能となる。

## 4. ZigBee の探索機能を活用したトポロジの推定

ZigBee ネットワークポロジを把握するには、端末の隣接関係を特定する必要がある。ZigBee の標準的な機能であるノード探索を利用することで、各端末は ZigBee ネットワークに接続している周辺端末のアドレスを取得することができる(図 2:左)。しかしながら、探索結果にはホップを介して接続する端末からの応答も含まれるため、ノード探索機能だけでは隣接する端末は特定できない。一方、隣接する端末間でメッセージを送信した場合、応答を受信するまでの時間が 30ms 程度となることが分かっている。このため、ノード探索機能により発見された端末に対してメッセージを送信し、応答時間を測定することで隣接端末を推定できる(図 2:右)。

以上のオペレーションを全てのノードで行うことで、ノードの接続関係(ネットワークポロジ)を推定する。さらに、RSSI によって、ノード間の実距離を推定する。

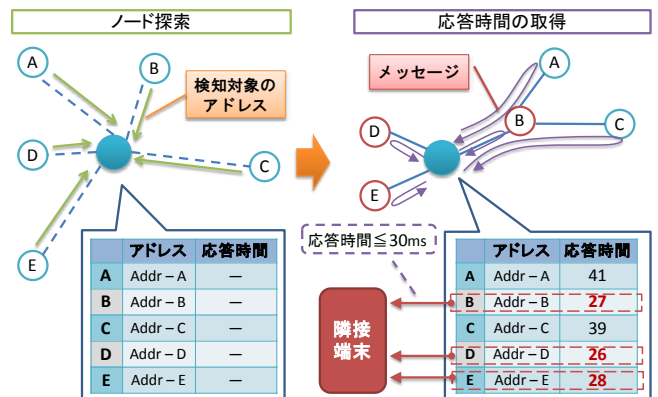


図2. 隣接端末の推定方法

## 5. まとめと今後の課題

本研究では、ZigBee センサネットワークのトポロジ情報を用いて、端末間の位置関係を推定する手法について検討を行った。今後は、システムを作業車にとりつけて実際にトポロジ情報を収集して解析することで、トポロジの情報に基づく異常動作の検知手法を検討する。本研究の一部は科研費助成事業(25730055)の支援を受けて実施した。

### 参考文献

[1] 青木智資, 森野博章, “ ZigBee ノードの受信信号強度を利用した屋内での人の活動範囲検出法 ”, 信学技報, MoMu2009-39, Nov.2009