

# 複数の通信方式を利用する 森林内無線センサネットワークのための制御方式の提案

和田 祐輔<sup>†</sup> 笠谷 昇平<sup>‡</sup> 岸田 隆祐<sup>†</sup> 塚田 晃司<sup>†</sup>

和歌山大学システム工学部<sup>†</sup>

和歌山大学大学院システム工学研究科<sup>‡</sup>

## 1 はじめに

近年、センサが安価になったことにより、様々な分野・場所でセンサが用いられている。森林内無線センサネットワークもその一つである。

森林内では通信環境が不安定でかつ、安定した電力供給が行えないため省電力で安定したネットワークを構築する必要がある。既存の手法では、単一の通信方式で、それぞれのセンサ端末が互いに中継しあってシンクノードまでデータを伝えてくる手法が一般的である。単一の通信方式であると、それが XBees などの低速な通信方式の場合、画像など容量の大きいデータは送信できない可能性が有る。逆に WiFi などの高速な通信方式の場合、消費電力が大きくなってしまふ。本稿では、作業のために山に入る車を利用してセンサデータを収集する。車がセンサ付近を通過する限られた時間にデータの収集を行うため、データの容量や種類に応じて、低速だが低消費電力の方式、高速だが高消費電力な方式を動的に切り替える手法を提案する。この際、端末のバッテリーの残容量も考慮する。これによりデータ収集の手間を省き、センサ端末の長寿命化、センサデータ回収率の向上を目指す。

## 2 関連研究

無線を含む複数のネットワークインターフェースを組み合わせる無線センサネットワークの性能を向上させる研究[1]では、IEEE802.15.4 と PLC（電力線通信）を組み合わせ、通信品質を向上させる手法を提案している。

[2]では、山間部における広域センサネットワークの構築に関して、波長が長く、山間部において利用した場合電波の到達距離において優位と考えられている 950MHz 帯と、一般的な周波数帯である 2.4GHz 帯を比較し、950MHz 帯の有用性を示している。

[3]では、複数の周波数帯を効率的に利用するために、周波数帯によって、特性や利用状況が異なることに着目し、周波数帯の利用状況を考慮した通信方式を提案している。周波数帯ごとに宛先までの遅延時間を求め、遅延時間の小さい周波数帯を優先して通信する。しかし、この手法では森林内など通信環境の悪い条件が考慮されていない。

[4]では、無線センサネットワークにおいて、ノードに複数の周波数帯の無線通信モジュールを接続し、電波環境に応じて使用する周波数帯を動的に切り替えるためのプロトコルを提案している。この手法では事前に測定した消費電力を元に周波数毎のリンク間通信コストを設定しておき、経路構築の際、基地局がすべての周波数でブロードキャストする。受信したノードは最も通信コストの小さな経路を送信周波数として選択する。しかし、この手法ではセンサデータの容量や種類が考慮されていない。

## 3 提案手法

本研究では車側、シンクノード側それぞれに WiFi と XBees、2 種類の無線通信モジュールを設置し、シンクノードに蓄積したセンサデータの種類や容量によって動的に通信方式を切り替える手法を提案する。想定環境としては森林内に設置されたシンクノードの前を作業車両が通過する間にセンサデータを回収する。全体の構成図を図 1 に示す。

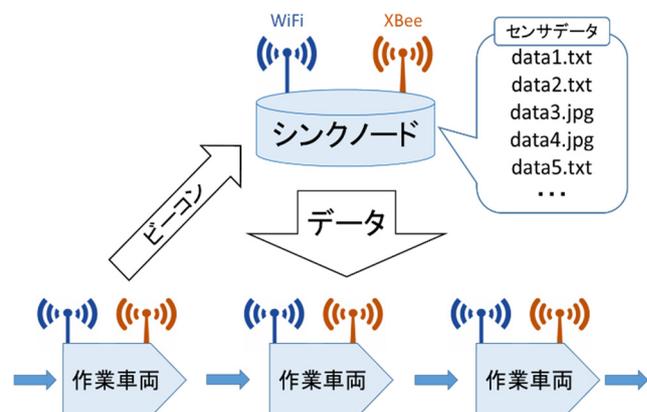


図1 全体構成図

A Connection Control Protocol for Forest area wireless networking using multiple wireless links

<sup>†</sup> Yusuke Wada, Ryusuke Kishida and Koji Tsukada  
Faculty of Systems Engineering, Wakayama University

<sup>‡</sup>Shouhei Kasaya

Graduate School of Systems Engineering, Wakayama University

提案に先立ち、それぞれの通信方式で見通し可能な直線道路で通信可能距離と電波強度に関する予備実験を行った。その結果をグラフ化したものを図2に示す。

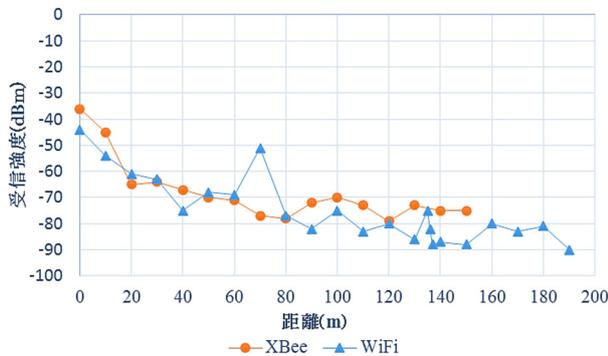


図2 通信可能距離と電波強度

図2より、WiFiでは最大約180m、XBeeでは最大約150mの通信を行えているが、電波の受信強度が-80dBm以下であると安定した通信が行えないといわれている。また森林内では木々等の影響で通信環境が不安定となるため、安定した通信が行えるのは約70m(直径140m)であると考えられる。時間に換算すると約17秒である(30km/h走行の場合)。これより、提案システムでは、極限られた通信時間でデータの送受信を行う必要がある。そのため、提案システムでは処理負荷の小さい通信設計である必要である。そこで、小型無線端末間におけるデータ送受信の処理手順としては、通信可能な端末の検知、蓄積データの参照、データの配信といったシンプルな設計を行った。これにより、無線端末の処理時間を短縮化できるため、より多くのデータを配信することが期待できる。

### 3.1 データ送受信

本研究のプロトタイプシステムにおけるデータの送受信では、UDPのソケット通信を用いて行う。通信設計としては、有限オートマトンを用いて段階的に通信確立やデータ配信などの動作を行うように設計した。その状態遷移図を図3に示す。

プロトタイプシステムでは、自身の端末がシンクノードであると判定した場合、シンクノードに蓄積したセンサデータを参照し通信方式を切り替えるかどうかの判定を行う(状態4)。通信方式切り替えの判定条件は、(i)画像の有無、(ii)蓄積したデータの総容量とする。条件(i)では、シンクノードに画像データが存在した場合、通信方式をWiFiに切り替える。画像データの平均サイズは約1MBであり、XBeeでは通信速度が低速なため、17秒以内にデータを送り送ることができないと考えられる。また、画像データが存

在しなかった場合でも条件(ii)で、蓄積されたデータの総容量が閾値(1MB)を超える場合は通信方式をWiFiに切り替える。この際、消費電力はXBeeより大きくなってしまいがデータ送受信が確実にできることを優先する。なお、上記以外の通信はすべてXBeeで行うことで消費電力を抑え、かつ、端末のバッテリーの残容量が閾値以下になった場合は、WiFiに切り替えないようにすることで、端末の長寿命化を図る。

また、一度送信し、受信が確認できたデータは再送信しないように設計することで、無駄な通信を行わないようにした。

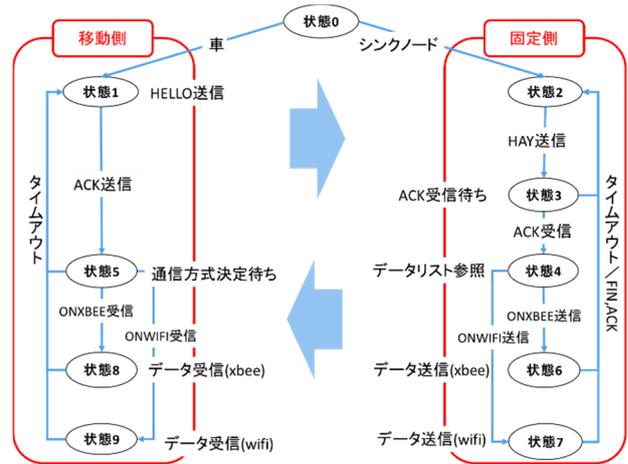


図3 状態遷移図

## 4 まとめ

本稿では、複数の通信方式を利用する森林内無線センサネットワークの制御方式の提案を行った。

今後の課題としては、Armadillo-WLANにXBeeの無線モジュールを接続した機器を用いて実装を行い、単一周波数での場合と、データ収集率や消費電力の観点から実機実験により機能評価を行う。

## 謝辞

本研究は、JSPS 科研費 15K00127 の助成を受けたものです。

## 参考文献

- [1] 遊佐直樹ほか：PLC/RF 相互補完通信における環境変化に追従可能な DODAG ルーティングメトリクスの研究, 情報処理学会論文誌(CDS) vol.1, no.3, pp.77-86, 2013
- [2] 山間部に置ける広域センサネットワークの構築に関する調査検討会：山間部における広域センサネットワークの構築に関する調査検討会:報告書, 総務省東北総合通信局, 2009
- [3] 平沼成彬ほか：複数周波数を利用する無線センサネットワークの経路制御, 信学技報 IEICE Technical Report ASN2014-107(2015-01)
- [4] 玉置健太ほか：アドホックネットワークにける複数周波数帯を利用する通信方式について, 信学技報 IEICE Technical Report AN2011-51(2011-10)