

送信時間制限機能を有する特定小電力無線を用いた センサネットワークにおけるスループット向上のための 送信タイミング調整手法

藤田浩介^{†1} 中村玲^{†2} 西川龍之介^{†2} 塚田晃司^{†1}
和歌山大学システム工学部^{†1} 和歌山大学システム工学研究科^{†2}

1. はじめに

近年センサネットワークを用いた IoT 技術が様々な場面で活用されている。特に山間部や森林内といったインフラが十分に整っていない地域では省電力で長距離通信が可能な 920MHz 帯の無線を利用することがある。この 920MHz 帯の無線は長距離通信が可能であるが、一度に送信できるデータ量は非常に少ない。920MHz 帯の無線通信に LoRaWAN や Sigfox などが利用されているが、その中でも LoRaWAN は自身でゲートウェイを設置することができるためビジネス利用以外にも個人が私的に利用することができる。LoRaWAN の特徴として、基地局と各ノードが 1 対 1 で通信を行うスター型のトポロジーで構成されることが多いが、マルチホップを用いたネットワークも研究されている。しかしマルチホップ通信の場合だとシンクノードに近くなるほど転送するデータ量が増加するので、一度の送信で大きいデータの送信ができない LoRa などでは送信に要する時間が増大する。また、この無線通信帯は日本の標準規格である ARIB STD-T108[1]により 1 時間あたりのデータの送信時間が制限されている。

そこで、本研究では 1 時間あたりの送信時間内にできるかぎりデータの衝突を防ぎ、効率よくシンクノードにデータを収集することを実現する送信手法を提案する。

2. 関連研究

関連研究として圃場における 920MHz 帯電波伝搬特性について評価した研究がある[2]。この研究では圃場内の農作物が与える影響について距離減衰や RSSI 値を用いて評価を行っている。しかしこの研究では実環境が及ぼす影響について述べられているが、ネットワークの構築やノード間の送

信タイミングなどについては述べられていない。

また、LoRaWAN では基地局に対し各ノードが異なるチャンネルでデータを送信しても基地局はどのチャンネルのノードと通信することが可能である。この場合異なるチャンネル同士では衝突が発生しないので全体のスループットを向上させることができる。しかし、これは基地局とノードが 1 対 1 で通信しているスター型のトポロジーでは効果的であるが、後述する複数ノードが中継するマルチホップでの通信においてはあまり効果がないと考えられる。

また、LoRaWAN を用いたマルチホップ通信の性能評価をしている研究がある[3]。こちらの研究ではスター型トポロジーではなく LoRa を用いてマルチホップネットワークを構築し JPEG 静止画像の通信に成功しているが、この研究ではノードの配置が一直線上での議論はされているが、本研究では、複数のノードが二次元的に広く分布している状況の環境を想定しているので解決するには至らない。

3. 提案手法

本研究では山間部や森林内といった通信インフラが十分に整っていない環境にノードが二次元的に配置されている状況を想定する。あるノードのデータ送信のタイミングと隣接関係にある他のノードのデータ送信のタイミングが重なり衝突してしまう可能性が高くなるとノードはデータ送信を行うことが難しくなる。また、データがシンクノードに集まるにつれてデータの送信量が増え、送信時間が長くなってしまふ。そうなると他のノードの送信が制限されてしまふ。そこで、ネットワークを構築する際に末端のノードから上位ノードに自身の ID、次ホップのノードの ID、総データ量を伝えることで各ノードのデータ送信をするタイミングの調整を実現しようとする。

提案手法の流れは以下のとおりである。まずはじめに、各端末がブロードキャスト送信を行い、hop 数が最小のノードを選択することで最短経路の設定を行う。次に、設定された経路を用いて各ノード同士が送信タイミングを決定するために必

Transmission timing adjustment to improve throughput
in sensor networks using specific low power radio
with transmission time controller

†1 Kosuke Fujita, Koji Tsukada

†1 Faculty of Systems Engineering, Wakayama University

†2 Rei Nakamura, Ryunosuke Nishikawa

†2 Graduate School of Systems Engineering, Wakayama University

要な情報をやり取りする。そして、その情報をもとに各ノードが自身の送受信に必要な時間を算出する。最後に算出した送受信時間を利用して各ノードが最もデータを送信できるように送信タイミングを決定する。

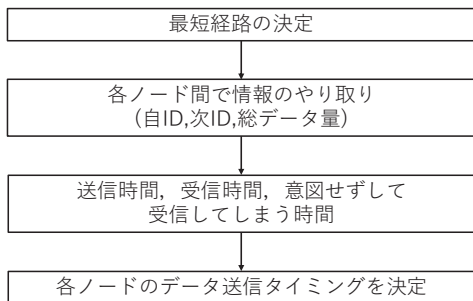


図1 提案手法の流れ

3.1 経路の設定

設定したシンクノードから経路設定用メッセージをブロードキャスト送信する。メッセージを受信したノードは受け取ったメッセージに自身の経路情報を追加しブロードキャスト送信する。この時追加する経路情報とは、自身の ID とシンクノードまでの自身の hop 数のことである。この動作を繰り返し、末端ノードがシンクノードへの最短経路を確定した時点で経路の設定を終える。

3.2 ノード間の情報のやり取り

各ノードは決定した経路情報をもとに自身と隣接関係にあるすべてのノードに自身の ID, 次 hop のノード ID, 自身が送信する総データ量の3つの情報を含むメッセージを送信する。メッセージを受け取ったノードはメッセージ内の次 hop ノード ID を参照し、それが自身の ID と一致していない場合は受信せずに終わる。自身の ID と一致している場合は受信したメッセージの総データ量に自身のデータ量を加算して同様にブロードキャスト送信する。下図では、シンクノードの ID を 0, データの送信量 0, 中間ノードの ID を 1, データの送信量を d_1 , 末端ノードの ID を 2, データの送信量を d_2 としている。

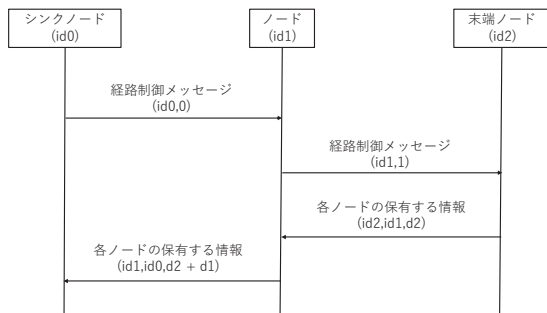


図2 各ノードのメッセージシーケンス図

3.3 送受信にかかる時間の算出

送受信にかかる時間は、自身が他の隣接ノードにデータを送信する時間、隣接ノードから送信されたデータを受信する時間、正しい送信元ではないノードからデータを受信させられている時間の3種類に分けて考えることができる。図3の場合では注目ノードの送受信にかかる時間は $t_1+t_2+t_3$ という風に計算することができる。

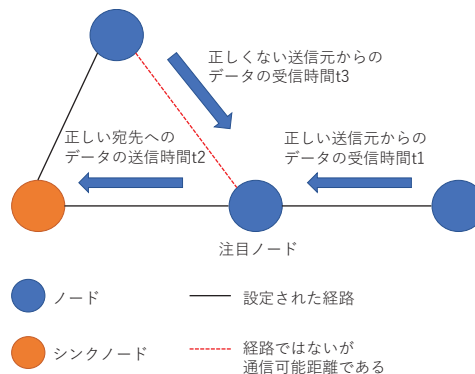


図3 各ノードの送受信時間の算出方法

3.4 送信タイミング調整方法

送信タイミングを調整する方法の1提案として、送信する総データ量の大きいノードから優先的に送信機会を多くする方法を提案する。この場合、特に何も考慮しなかった場合と比較してネットワーク全体のスループットが向上した。

4. まとめ

本研究では送信時間制限のある無線通信帯でのスループット向上のための送信タイミングを調整するプロトコルを提案した。今後も課題として、送信データの総量以外にもノード間の関係など考慮すべき点を考え、より効率よくデータの収集を行える方法を提案するとともに、実機による評価も行うようにする。

謝辞 本研究は、JSPS 科研費 19K11925 の助成を受けたものです。

参考文献

[1]電波産業会：920MHz 帯テレメータ用、テレコントロール用及びデータ伝送用無線線設備, ARIB STD-T108 1.2 版(2018)
 [2]森部ほか：圃場における無線センサネットワークのための 920MHz 帯電波伝搬特性評価, 農業情報研究, Vol.26, No.1, pp.1-10(2017)
 [3]松井進：LoRa を用いた無線マルチホップネットワークの性能評価, 電子情報通信学会, 信学技報, Vol.117, No.451, pp.309-314(2018)