

動的なリンク確認処理によりリンク故障箇所を特定可能な 故障検知プロトコルの提案

中村 玲[†] 西川 龍之介[†] 塚田 晃司[†]

和歌山大学システム工学部[†]

1 はじめに

近年、センサの利用は山間部や森林内などにおける気象データの収集や、自然災害への対策など様々な場面で広がっている。また、センサネットワークの研究において、データの回収方法や、故障耐性の向上などの仕組みについては数多くの手法が確立されている。しかし、故障可能性のあるリンクやノードを検出し、通信障害を早期に、高精度で特定可能にするような予防的機能に関してはあまり注目されていない。

そこで、本研究では観測データの回収を目的として構築されたセンサネットワークにおいてデータを1か所に集める際に、故障の前兆、例えばデータ通信速度や電波強度の悪化などが観測された場合に、定期的に送信されていたノード間リンクの確認 packets (以下リンク確認 packets) を故障の前兆とされる値 (以下リンク情報値) の悪化が解消されるまで連続で送信し、リンクの故障の発生を監視するプロトコルを導入する。さらにこのリンク情報値の悪化が確認されたリンクに関連したノードを全ノードに通知し、故障前の予防的な修復作業の実行を可能にする。

2 関連研究

先行研究として、無線センサネットワークにおける故障の種類を判別を行う手法がある[1]。この研究により故障の原因が何であるかを判別可能である。しかし、こちらは故障前の対処方法については述べられていない。

また、センサネットワーク内の一部のノードが故障した際に迂回路を形成し、可能な限りのデータを回収し、孤立ノード群が生じた場合はその中で状況確認を行うセンサネットワークの提案をする手法がある[2]。こちらはセンサネットワークにおける故障の検知を可能にしているが、リンクの確認を一定時間ごとにしか行わないため、故障の検知が大幅に遅れる可能性がある。また、故障可能性の有無を事前検査するといった処理については述べられていないため、故障前の対処ができないといった問題点がある。

そこで、本研究では故障前に前兆を検知し、

故障に対する予防的措置を可能にするようなプロトコルを提案する。

3 提案プロトコル

本研究では、山間部や森林内等の通信インフラが十分に整備されておらず、センサの設置や修理などは作業者が行う状況を想定する。また、センサネットワークの密度が疎になるように設置されているものとする。データの回収は設定されたシンクノードに集めてから回収元で受け取るという形で行っているものとし、そのセンサネットワーク内において、あらゆる送受信の際にリンク情報値を監視するものとする。あるノード間のリンク情報値が悪化した場合、リンク確認 packets の送信頻度を高め、そのリンクに関連したノードを全ノードに通知し、故障前の対処を可能にし、またリンク接続の確認頻度を高めることで、故障検知までの時間を短縮、検知率の向上を本研究の目的とする。

3.1 経路情報収集の動作

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していく。送信先ノードが設定済みのノードのみの場合は、自身を末端ノードと設定する。また、一定時間ごとに経路がシンクに繋がっているかを確認するリンク確認 packets 送信し、この packets が末端までたどり着けば、経路情報を末端ノードからシンクへ送っていく。これらの経路情報収集動作は文献[2]を参考としている。

3.2 ネットワークの状態の遷移

構築ネットワークには正常、故障の前兆検知、故障検知の3つの状態が存在する。正常時には一定時間ごとに送信されるリンク確認 packets やセンサデータなどの送受信時にリンク情報値を確認する。この時、あるリンク間のリンク情報値が予め設定された閾値を下回っていた場合には、これを故障の前兆の検知とし、以後故障の前兆検知状態の動作を行う。さらにリンク確認 packets と後述するリンク確認 packets 再送要請メッセージの送信時、データ回収時にはタイマを設置しておき、送信先からの返答が一定時間なかった場合には、これを故障検知とし、以後故障検知状態の動作を行う。

Proposal of failure detection protocol which enables to specify locations of link failure by dynamic confirmation process.

[†]Rei Nakamura, Ryunosuke Nishikawa, Koji Tsukada

[†]Faculty of Systems Engineering, Wakayama University

3.3 故障の前兆検知後の動作

図1のシーケンス図において、ノードAがノードBとのリンク間に故障の前兆が存在することが、データ(図1①)受信時のリンク情報値から判断された場合、Aは自身を故障の前兆検知状態に設定し、自身と送信元のノード番号を格納したメッセージ(図1②, 以下前兆検知メッセージ)を発生時刻と共に全ノードにブロードキャスト送信し、故障の可能性のあるノードを通知する。またリンク確認パケット再送要請メッセージ(図1③, 以下再送要請メッセージ)をシンクに向けて送信する。一方で、③がシンクに到達すると、シンクはリンク確認パケット(図1④)の送信を開始する。④は経路情報収集時の動作と同様に送信され、末端ノードまで到達すると経路情報(図1⑤)をシンクへと送信する。これを繰り返すことで、A、B間リンクの故障の監視を継続的に可能になる。

一方で、この処理の中で、A、B間リンクにおいて、リンク情報値が閾値を上回り、故障の前兆がなくなった場合には、故障の可能性が解消されたというメッセージ(図1⑥⑦, 以下解除メッセージ)を発生時刻と共に全ノードにブロードキャスト送信し、A、Bの故障の前兆検知状態を解除する。

上述の動作により、故障の前兆が検知されたノード、それが解除されたノードが全ノードに通知される。これにより、シンクだけでなく、センサネットワークを構築しているどのノードの情報を見ても故障可能性のある、あるいはその可能性があったノードを判断できる。



図1 故障の前兆検知後のシーケンス図

3.4 故障検知時の動作

図2のシーケンス図において、ノードFからノードEへの送信時、Eからの返答が一定時間なければ故障が発生したと判断し、自身を故障検知ノードに設定し、状況確認と別経路の探索を開始する。FはIに故障ノード番号を格納した故障

検知メッセージ(図2①)を送信し、Iは経路情報(図2②)をFに送信し、FはIに送り返す。これにより孤立ノード郡に含まれているいずれかのノードの情報から孤立ノード郡における使用可能な経路が判断可能である。シンクにつながっているノード郡はシンクへと故障検知メッセージ(図2③)を送信し、シンクはそのメッセージから状況を判断する。その後、シンクに繋がるネットワーク郡では正常時の動作を再開する。故障検知時の動作は研究[2]を参考としている。

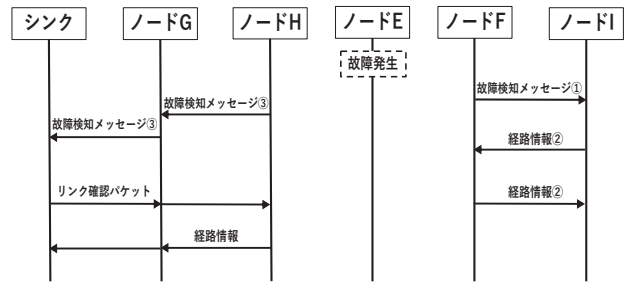


図2 故障検知時のシーケンス図

4 結果と考察

シミュレーションにより、提案した機能を導入していないネットワークと比較し、故障検知までの時間短縮と故障検知率の向上が実現できた。しかし、LPWAのような低ビットレートネットワークにおいては、閾値の設定によっては送信パケット数が膨大になり、データが送信しきれない状況が発生した。また、データの送信総量はノード数により変化するので、ノード数が変わるごとに閾値を手動で設定する必要がある。

今後の課題として、パケットの送信量を動的に抑える仕組みや閾値を自動で設定する機能、優先的に送信すべきデータの順番付けをする仕組みを追加する必要があると考えられる。

5 まとめ

本研究では、センサネットワークのリンクに故障の可能性が見られた際に、その箇所の通知と監視を行い、故障前の措置や故障箇所の早期発見が可能となるようなプロトコルを提案した。今後は実機、実環境下で評価を行う。

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] ABU RAIHAN: Failure: Detection in Wireless Sensor Networks A Sequence-Based Dynamic Approach, ACM TOSN, Volume 10, Issue 2, pp.35-64(2014).
- [2] 鈴木ほか: 停止故障発生時および通信不通時の原因箇所特定可能なセンサネットワークの提案, 第80回全国大会講演論文集, 1号, pp.129-130(2018).