

変電所設備保全用無線センサネットワークの管理方法の提案と基礎評価

キーワード：設備保全, 無線センサネットワーク, ネットワーク管理, 障害管理, ZigBee/IEEE 802.15.4

報告書番号：R13011

背景

設備保全のためには、センサを活用した状態監視が有効である。センサのデータ収集に、無線センサネットワークを利用することにより簡易に通信経路を構築できると期待される。しかし、電気所等においては、センサノード（以下、ノード）の不具合、工事などによる伝搬路の遮蔽、電波の干渉によりデータの異常や欠落といったデータ収集障害が生じる恐れがある。このため障害対応には障害箇所（伝搬路、ノード）を切り分けることが重要である。

目的

無線センサネットワークのデータ収集の障害管理技術を調査し、障害箇所の切り分けに関連する課題を抽出する。また、抽出した課題を解決する方法を提案し、フィールド実験により基礎評価を行う。

主な成果

1. 障害管理技術の調査と障害箇所の切り分けに関連する課題の抽出

無線センサネットワークの障害管理技術を調査した（表1）。その結果、データ収集障害のうちデータ異常時の切り分けの方法については、既存の方法が適用できる。一方、データ欠落については、伝搬路障害とノード障害を切り分ける方法は提案されていない。

2. データ欠落時の障害箇所切り分け方法の提案

伝搬路障害の場合、データが欠落しているノード周辺の伝搬路にも、障害物の反射等による影響が発生する。このことを利用して、周辺ノード間の電波状態を収集・分析し、障害箇所の切り分けを行う方法を提案した（図1）。保全箇所では、全ての近隣ノード間の電波状態の変化の有無を確認し、その変化の有無から障害箇所が伝搬路かノードかを切り分ける。

3. 変電所における伝搬路障害の検出評価

ある変電所内において図2に示すようにノードを7箇所に配置し、ノード間に障害物を設置して、電波状態の変化を計測した。この計測において、2ノード間を結ぶ全伝搬路数に対して、電波状態が変化した伝搬路の割合を求めた結果、14%以上であった（表2）。今回の計測実験結果から、複数ノードがある場合の伝搬路障害の検出率を計算すると、表3のようになる。通常は、各ノード周辺には通信経路の冗長化のため複数ノードを配置することから、提案方法による障害箇所の切り分けの可能性が確認できた。

表1 無線センサネットワークの障害管理技術の調査結果

障害	方法	特徴
データ異常	同種のセンサから読み取ったデータのうち、一つのセンサからのデータが特異な値を示している場合に、そのセンサノードが障害であると判断する。	保全箇所所でデータを分析することによりデータ異常を検出できる様々な方法が提案されている。
	あるセンサから読み取ったデータが、他のセンサから読み取ったデータと物理法則に基づき推定した値と異なる場合に、そのセンサノードが障害であると判断する。	
	センサから読み取ったデータが、履歴から現在値を推定したデータと異なる場合に、そのセンサノードに障害があると判断する。	
データ欠落	複数のデータ収集経路を重ね合わせることで、共通してデータ欠落が発生している区間を切り分ける。	データが間欠的に欠落するような障害に利用する方法である。伝搬路障害やノードの停止により、通信が途絶して完全にデータが欠落する場合は切り分けできない。
	あるノードからのデータが欠落した際に当該ノードの死活情報を、当該ノードの近隣ノードに問い合わせることで、間接的に障害箇所となるノードを切り分ける。	通信を利用するため、ノードの通信途絶を引き起こす伝搬路障害が発生する場合は切り分けできない。

調査対象：2000年以降のIEEEやACMの論文誌など

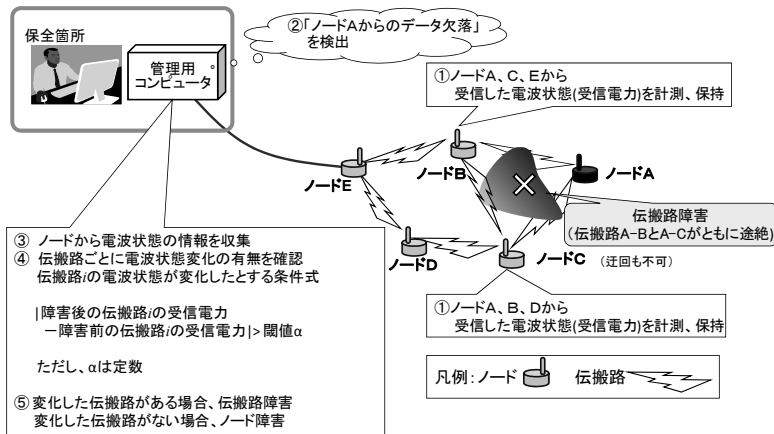


図1 データ欠落時の障害箇所切り分け方法

表2 2ノード間を結ぶ全伝搬路数に対して電波状態が変化した伝搬路数の割合

ノードと障害物の距離[m]	0	2	4	6
ケース A	26%	20%	21%	14%
ケース B	22%	17%	16%	18%

※ケースA：図2上において、地点①と地点④の間で、地点①から0、2、4、6mの位置に障害物を配置した場合
ケースB：地点②と地点④の間で、地点②から0、2、4、6mの位置に障害物を配置した場合

表3 模擬障害物の周辺に複数ノードがある場合の伝搬路障害の検出率の計算結果 (表2の最小値14%を用いて計算)

ノード数	2	3	4	5	6	7
検出率 [%]	14	36	60	78	90	96

検出率の計算式： $1 - (1 - P)^Q$
ただし、 $Q = {}_n C_2$

P：2ノード間を結ぶ全伝搬路数に対して電波状態が変化した伝搬路数の割合[%]、
n：模擬障害物の周辺にあるノードの数

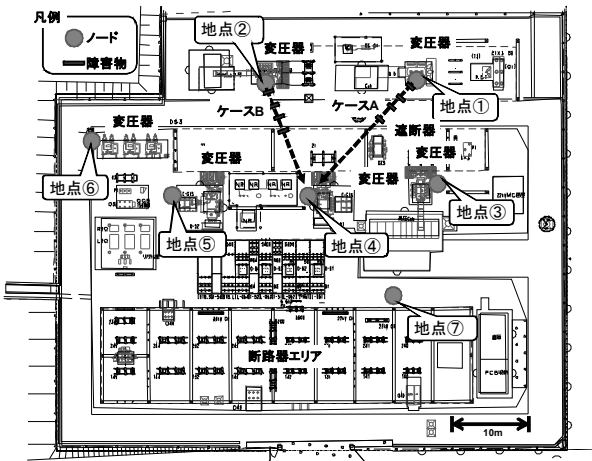


図2 変電所におけるノードと模擬障害物の配置

関連研究報告書	「設備保全フィールドセンサネットワークの構成概念と技術課題」R08009 (2009.7)
研究担当者	遊佐 博幸 (システム技術研究所 通信システム領域)
問い合わせ先	電力中央研究所 システム技術研究所 研究管理担当スタッフ Tel. 03-3480-2111(代) E-mail: serl-rr-ml@criepi.denken.or.jp

報告書の本冊(PDF版)は電中研ホームページ <http://criepi.denken.or.jp/> よりダウンロード可能です。

[非売品・無断転載を禁じる] ©2014 CRIEPI 平成26年5月発行