

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	鉄道土木構造物における状態情報収集システム設計に関する研究
Title(English)	
著者(和文)	羽田明生
Author(English)	Akio Hada
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第9333号, 授与年月日:2013年9月25日, 学位の種別:課程博士, 審査員:廣瀬 壮一,樋口 洋一郎,三上 貴正,早川 朋久,佐々木 栄一
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9333号, Conferred date:2013/9/25, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	要約
Type(English)	Outline

学位論文概要

●論文題目：鉄道土木構造物における状態情報収集システムの設計に関する研究

●氏名：羽田 明生

●論文概要：

無線センサネットワーク（WSN: Wireless Sensor Network）を用いた状態情報収集システムは、各種土木構造物の高齢化に伴い、それらの経年劣化や耐力低下を継続的に観察するためのシステムとして注目されており、鉄道土木構造物の状態情報収集においても WSN の更なる活用が期待されている。本研究においては、このような状況の中で WSN に着目し、鉄道土木構造物の状態情報をそれにより効果的に収集するための3つのシステムを、すなわち「WSN を用いた状態情報収集システム」、「定期検査周期を考慮した状態情報収集システム」、「劣通信環境における状態情報収集システム」を取り上げている。ここで、最初の「WSN を用いた状態情報収集システム」は、ネットワーク内の電池交換作業を電力枯渇電池が発生する度に随時実施するシステムであるのに対して、2つ目の「定期検査周期を考慮した状態情報収集システム」は、それを定期検査に併せて実施するシステムである。また、これら2つのシステムがゲートウェイから中央の管理サーバまでの伝送に一般の通信インフラを利用できる場合のシステムであるのに対して、3つ目の「劣通信環境における状態情報収集システム」は、それを利用できない劣悪な通信環境におけるシステムである。

これら3つのシステムにより、鉄道土木構造物の劣化傾向や土圧変化などを継続的にモニタリングすることができる。しかし、地震や台風などの自然災害が発生すると、それらには送信ケーブルの断線、中継基地局の倒壊、データ蓄積機器の損壊などの危険性が存在する。このため、鉄道土木構造物の保守管理においては、上記3つのシステムに加えて、自然災害による影響を受けにくい空中からの被災情報収集システムの開発が、特にラジコン飛行機やラジコンヘリを活用した「災害時における被災情報収集システム」の開発が必要であることを指摘している。

本研究は、これら4つの情報収集システムを系統的に設計するための方法を開発し、その有用性を数値実験により検証したものである。各システムの数理的な設計方法が提示されており、それに基づいて鉄道土木構造物の状態情報収集システムや被災情報収集システムを系統的に設計できることが示されている。以下では、各情報収集システムに関する研究の成果を概説する。

「WSN による状態情報収集システム」に関する研究では、最初にリレーの設置数とその設置場所、各センサと各リレーにおける送信出力水準（TPL: Transmission Power Level）、各センサで収集した状態情報の伝送ルートを、WSN の設置費用と運用費用の総和が最小となるように、同時に計画する問題を提起している。次いで、その問題を数理計画問題に定式化したあと、ラグランジアン・ヒューリスティック法に基づくその問題の近似最適解法を提案している。そして、鉄道土木構造物の保守管理における WSN の実例を用いた数値実験を実施し、提案法によれば実際規模の問題例でも比較的短時間に WSN の設計案が求まることを確認している。

「定期検査周期を考慮した状態情報収集システム」に関する研究では、最初に、電力枯渇電池が発生する度に現場で電池交換作業を行うものとする多額の費用が発生することから、多くの場合、電池交換作業は定期検査に併せて実施するのが实际的であり、それにより WSN の長期にわたる継続的な運用を大きく効率化できることを指摘している。次いで、電池交換作業は定期検査に併せて実施するという条件の下で、総費用が最小となるように WSN を設計するための数理モデルを提案し、その有用性をロンドン地下鉄に設置された WSN の実例を用いた数値実験により検証している。その結果、提案した数理モデルを用いて TPL の調整、リレーの複数設置、ゲートウェイの複数設置、センシングデータの伝送ルートを同時に計画すると、実際規模の WSN でも、電池交換作業は定期検査に併せて実施するという条件の下で、総費用が最小となるように設計できることを確認している。

「劣通信環境における状態情報収集システム」に関する研究では、鉄道土木構造物の中には一般の通信手段を利用できない劣悪な通信環境下に設置されているものも数多く存在することから、各センサで収集した状態情報をゲートウェイに付置したストレージに一定期間蓄積しておき、後日それを回収する蓄積搬送型の WSN に着目している。そして、それをネットワーク寿命が最長となるように設計する問題を数理計画問題に定式化したあと、メタヒューリスティック法に基づくその問題の解法アルゴリズムを提案している。次いで、鉄道トンネルの保守管理における実例を交えた数値実験を実施し、センサ数が

160 以内の問題例であれば、多くの場合、提案法により相対誤差 0.05 以下の設計案が計算時間 300 秒以内で求まることを確認している。

「災害時における被災情報収集システム」に関する研究では、災害発生時に通信インフラに依存することなく安定的に鉄道現場の被災情報を収集するためのシステムとして、ラジコン飛行機を活用した被災情報収集システムを取り上げている。そして、このシステムの設計においては、平常時に各ラジコン飛行機を配置しておく保守区を決定する問題と、災害発生時に各ラジコン飛行機の飛行経路を被災情報収集時間が最小となるように決定する問題が発生することを指摘している。次いで、前者の問題に対する解法アルゴリズム提示したあと、それを組み込んだ後者の問題の解法アルゴリズムを提案し、その有用性を実際の鉄道線区を対象とした数値実験により検証している。その結果、被災情報収集箇所が 336 以下の問題であれば、提案法により 20 秒以下で各ラジコン飛行機の飛行経路が決定できることを確認している。

以上