

鉄道設備状態監視のための 無線センサネットワーク設計手法

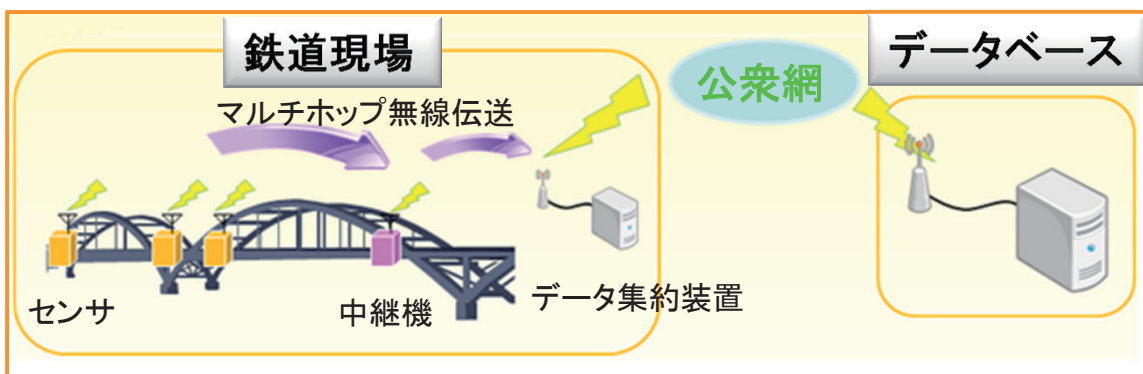
Designing Wireless Sensor Networks for Monitoring Railway Facilities

【概要】

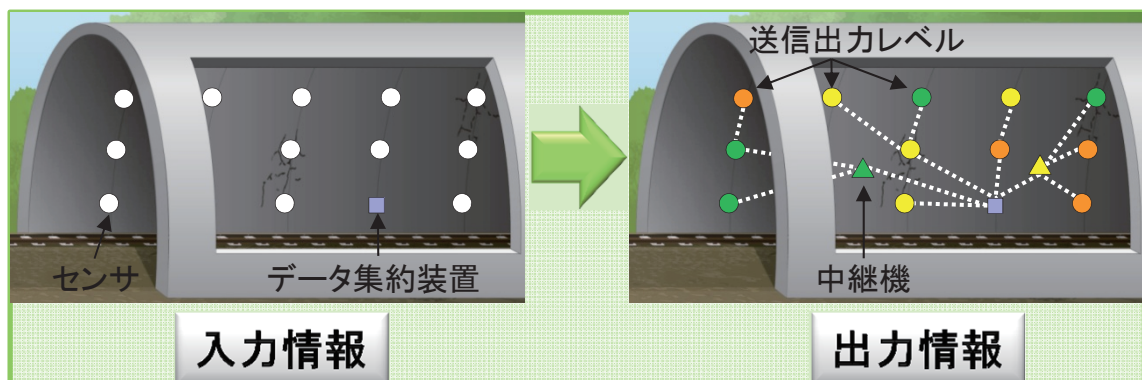
無線センサネットワークとは、センサを観測箇所に設置して、対象の観測データを無線で送信するネットワークシステムのことです。無線センサネットワークを用いることにより、鉄道設備の状態を監視することが可能となります。本手法は、設置運用費用を考慮して効率的な無線センサネットワークの設計を支援するために開発しました。

【特徴】

- ・無線センサネットワークの設計段階において、設置費用(センサ、中継機、データ集約装置の設置費用)と運用費用(電池購入費用、電池交換作業費用)の総和が最小となるように、中継機の設置数とそれらの設置場所、センサと中継機のデータ送信出力レベル、センサデータの伝送経路を同時に設計するための数理的なモデル解析法を活用
- ・様々な相反する条件を含む複雑な数理モデルを効率よく解くアルゴリズムを開発



無線センサネットワークを用いた鉄道設備状態監視



無線センサネットワーク設計手法の入出力イメージ

入力情報

- ・ センサ集合、データ集約装置配置
- ・ 中継機設置候補場所集合
- ・ 送信出力集合
- ・ 各送信出力の通信範囲
- ・ 電力パラメータ
(データ収集、送受信)
- ・ 費用パラメータ
(電池購入・交換、中継機設置)

定式化

$$(P) \quad \text{Min} \quad c_1 z + c_2 \sum_{i \in M} \left\{ \sum_{(i,j) \in A, k \in S} r^k x_{ji}^k + \sum_{(i,l) \in A, k \in S} r^k x_{il}^k + e_i \right\} + c_3 \sum_{i \in R} \sum_{l \in P} y_{il}$$
$$\text{s.t.} \quad \sum_{(i,j) \in A, k \in S} r^k x_{ji}^k + \sum_{(i,l) \in A, k \in S} r^k x_{il}^k + e_i \leq E_i z, \quad i \in M$$
$$\sum_{(i,j) \in A} x_{ji}^k - \sum_{(i,l) \in A} x_{il}^k = \begin{cases} 1, & i = k \\ 0, & i \neq k \end{cases}, \quad i \in M, k \in S$$
$$\sum_{(i,j) \in A} x_{ji}^k = 1, \quad k \in S$$
$$x_{ji}^k \leq y_{ij}, \quad (i,j) \in A, k \in S$$
$$\sum_{l \in P} y_{il} \leq 1, \quad i \in M$$
$$x_{ji}^k \in (0,1), \quad (i,j) \in A, k \in S$$
$$y_{il} \in (0,1), \quad i \in M, l \in P$$

出力情報

- ・ 中継機の設置数と設置場所
- ・ センサと中継機の送信出力レベル
- ・ センサデータの伝送経路
- ・ 総費用(初期設置費用、運用費用)

アルゴリズム

Procedure 2. Determination of a feasible solution

- S1. Select $i \in M$ arbitrarily. Here, if $B(i) = \phi$, then proceed to S4.
- S2. Determine the maximum TPL $l(i)$ in the $P(i)$.
- S3. Set $x_{il(i)}^k = 1, (i,j) \in B(i), k \in S(i,j)$ and $\bar{y}_{il(i)} = 1$.
- S4. Set $M := M \setminus \{i\}$. Here, if $M \neq \phi$, then go back to S1. If $M = \phi$, then proceed to S5.
- S5. Set all x_{ji}^k and \bar{y}_{ij} to any value that is not defined to be 0 and stop the iteration.

数理モデルを用いた無線センサネットワーク設計手法

【用途】

本手法により、低コストな無線センサネットワークを設計することができます。また、本手法では無線センサネットワークの総費用を評価することができることから、費用対効果の高い無線センサネットワークを提案することが可能となります。

【適用事例】

ロンドン地下鉄ジュビリー線に設置された無線センサネットワークに対して、本手法を適用しました。その結果、現状の無線センサネットワークと比較して約10%の費用低減が可能であることを確認しました。

特許出願中(対象構造物の状態監視のための無線センサネットワークの設置及び運用費用評価方法、特開2013-109431)

公益財団法人鉄道総合技術研究所
信号・情報技術研究部 ネットワーク・通信