

氏名	趙 茜
学位の種類	博士(応用情報科学)
学位記番号	
学位授与年月日	平成 28 年 3 月 22 日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当(課程博士)
論文題目	Methods for Extending Lifetime in Wireless Sensor Networks
論文審査委員	(主査)教授 中本 幸一 (副査)教授 西村 治彦 (副査)教授 力宗 幸男

学位論文の要旨

This doctoral thesis addresses several issues related to the foremost concerned problem in wireless sensor networks (WSNs): the restricted battery energy. In order to extend the lifetime of wireless sensor network systems, this thesis investigates how to reduce the energy consumption from the main energy consumer in wireless sensor networks: energy consumed in sensors, tasks that manipulate sensors and wireless communications.

Nowadays, wireless sensor nodes are becoming more and more common in various settings and require a long battery life for a better maintainability. However, since most sensor nodes are powered by batteries, energy efficiency is a critical problem affecting our ability to successfully and efficiently maintain WSNs.

In many cases, it is extremely difficult or impossible to maintain sensor nodes, for example, when they are deployed in tunnels, oceans, volcanoes, or other dangerous and/or difficult-to-reach places. Moreover, the increasing complexity of WSN systems leads to an increased energy consumption. Due to these reasons, sensor nodes should be able to run on batteries for prolonged periods of time without the need for replacement. Reducing energy consumption in such systems is urgent for further improvement of the WSN systems.

In WSNs, electric power is primarily consumed by wireless communication, sensors in a node, and CPUs where tasks that are used to control sensors. In this doctoral thesis, we investigate problems that cause short battery life in WSNs from two perspectives, and give appropriate methods to solve those problems.

First, from the perspective of the execution forms of sensors in a sensor node, we note that simultaneous sensor activation generates high peak power consumption. Therefore,

battery voltage drops quickly, and sensors stop working even though some useful charge remains in the battery. Moreover, tasks should have capability to activate or deactivate sensors due to sensors' execution form in an energy efficient manner. Second, from the perspective of wireless communication, communication distances must be considered in minimizing energy consumption. Another problem is the energy hole problem, which is known to cause non-uniform energy drains in many communication topologies, results in premature termination of entire networks. Moreover, since some sensor nodes in a WSN may be unreliable, it must be tolerant to faults. The goal of this doctoral thesis, therefore, is to describe novel algorithms for separately solving these problems in order to extend the lifetime of WSNs. In order to verify the effectiveness of the proposed algorithms, we conduct simulations to evaluate the battery life extension by utilizing these algorithms, and the simulation results showed the algorithms' superiority.

論文審査の結果の要旨

近年、センサーを具備したセンサーノードが注目を浴びている。しかし、センサーノードは電池駆動であり、稼働時間が限定されている。本研究では、こうしたセンサーノードから構成されるセンサーネットワークを長時間に渡って利用するためのアルゴリズムを提案、評価している。

内容は大きく2部に分かれる。第1部では、企業との共同研究で発見された、センサーノードの電池が残っているにもかかわらずノードが稼働しなくなるという問題をとりあげている。これはノードにおいてセンサーを同時時利用した際のピーク電力増大に伴う電池の稼働時間減少の問題である。この問題を避けるために、センサー利用時のデッドラインを守りつつ、センサーの同時実行を避けるという問題に定式化し、3つのセンサースケジューリングアルゴリズムを提案し、シミュレーション評価を行った。その結果、提案アルゴリズムが従来経験的に行っていた手法に比べて3倍近い時間センサーノードの電池を利用できることを示した。第2部ではセンサーネットワークをネットワークとして長期間利用するためのルーティングアルゴリズムの研究を述べている。センサーネットワークにおいてセンサーが取得したデータを中継点まで同じルーティングで利用するといくつかのノードが集中的に利用され電池を消費し尽くす問題が発生する。これをエネルギーホール問題と定義し、これが発生しないようなルーティングアルゴリズムを提案し、シミュレーション評価を行った。アイデアはセンサーネットワーク内で平均的に電池が消費されるようにルーティングを変更するというものである。評価結果はセンサーネットワーク内で停止するノードの個数が例えば1%になるまでの時間が従来手法に比べて3倍から6倍延長できることを示した。次に、ネットワーク内でノードが故障した場合にも対処できるように当該アルゴリズムを発展させた。これは通信の代替経路を維持しなければならない状況でエネルギーホール問題の発生を避けるという問題に定式化し、これを解決するアルゴリズムを提案している。

本博士論文では、2章から5章までを上記センサースケジューリングアルゴリズムに関する研究を述べ、6章から10章までをセンサーネットワークにおけるエネルギーホール問題に関する研究を述べている。

センサーネットワークの利用場面はIoTの時代を迎えて今後も広がると考えられ、その長期間利用のための手法はその利用場面を広げる有効な技術の一つである。本研究は現実にある問題を定式化し、これを解決するもので、社会や産業での進展に貢献することが大であり、本博士論文の実用面での価値も大きいといえる。以上を総合して本審査委員会は、本論文が博士（応用情報科学）の学位授与に値するものと全員一致で判定した。