

## **MODELS AND METHODS FOR IMPROVING ENERGY EFFICIENCY OF RECONFIGURABLE SENSOR NETWORKS**

*L.Voskov, S.Efremov*

Moscow State Institute of Electronics and Mathematics  
National Research University "Higher School of Economics", Russia

In this paper we propose models, methods and algorithms for increasing lifetime of dynamically reconfigurable wireless sensor networks with a mobile sink and autonomous power supplies. A new definition and assessment model of a network lifetime in case of dynamic reconfiguration are given. We propose a new method for dynamic reconfiguration aimed at finding an optimal path of the sink as well as a control algorithm for the case of changing external conditions. Simulation results show impact of different network parameters on its lifetime.

## **МОДЕЛИ И МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ДИНАМИЧЕСКИ РЕКОНФИГУРИРУЕМЫХ СЕНСОРНЫХ СЕТЕЙ**

*Л.Восков, С.Ефремов*

Московский институт электроники и математики национального  
исследовательского университета «Высшая школа экономики», Россия  
[lvoskov@hse.ru](mailto:lvoskov@hse.ru), [sefremov@hse.ru](mailto:sefremov@hse.ru)

В работе предлагаются модели, методы и алгоритмы, позволяющие увеличить время жизни динамически реконфигурируемых беспроводных сенсорных сетей с мобильным стоком и автономными источниками питания. Даётся новое определение и модель оценки времени жизни сети при динамической реконфигурации. Предлагается метод динамической реконфигурации, оптимизирующий движение стока, и алгоритм управления стоком при изменяющихся внешних условиях. Приводятся результаты имитационного моделирования времени жизни сети от параметров ее функционирования.

### **1. Введение**

Последние достижения в области микроэлектроники позволили создать дешевые миниатюрные микроконтроллеры с датчиками (сенсорами), способные объединяться в беспроводную сенсорную сеть (БСС), собирать данные с датчиков и работать от батарей до нескольких лет. БСС нашли широкое применение в системах мониторинга в промышленности, системах безопасности, охраны окружающей среды, в медицине. Ключевым показателем практического применения БСС является увеличение времени ее автономной работы за счет устранения дисбаланса энергопотребления узлов сети. Одним из новых перспективных методов устранения энергетического

дисбаланса является динамическая реконфигурация (топологии) сети и использование в качестве ресурса мобильности узлов сети.

Обзор литературы показал, что серьезным препятствием для проведения дальнейших исследований является отсутствие математических моделей, методов и алгоритмов динамически реконфигурируемой сенсорной сети. В связи с этим задача исследования и разработки комплексной модели, позволяющей, во первых, оценивать время жизни автономных сетей, конфигурации которых меняются с течением времени, и во вторых, оптимизировать их работу по критерию максимизации времени жизни, является актуальной [1,5,6].

## 2. Модели, методы и алгоритмы

Ниже мы даем определение времени жизни сенсорных сетей, рассматриваем модель сенсорной сети, позволяющей оценивать время ее жизни, метод решения задачи планирования движения стока, алгоритм управления движением стока при изменении внешних условий и результаты имитационного моделирования.

Время жизни сенсорной сети. В настоящее время не существует единого показателя времени жизни самовосстанавливающейся сети, каковой является БСС. Предлагается и обосновывается использование в качестве такого показателя интервала времени, когда сеть способна к самовосстановлению [1,2].

Модель сенсорной сети. Разработанная модель позволяет оценивать время ее жизни при динамической реконфигурации. В отличие от существующих, модель позволяет описывать последовательность перемещения стока между узлами и динамически возникающие топологии сети. Приводится методика расчета ключевых параметров модели [1,2,3].

Метод решения задачи планирования движения стока. При постоянных условиях функционирования сети ее топология не меняется. В этом случае, решается задача определения оптимизация маршрута движения стока по критерию максимизации времени жизни сети для определенного набора топологий. Задача сводится к задаче частично целочисленного линейного программирования и решается общими методами, позволяющими получить оптимальное решение задач небольшой размерности. Для решения практических задач большой размерности разработан приближенный метод, учитывающий специфику задачи [3,4].

Алгоритм управления движения стоком. При часто меняющихся условиях функционирования сети невозможно заранее собрать всю необходимую информацию для решения задачи планирования движения стока. Для этого случая предлагается использовать эвристический алгоритм динамического управления мобильным стоком. Эвристический алгоритм использует информацию только о текущем времени жизни соседних позиций и направляет сток в ту из них, которая бы обеспечивала наибольшее время жизни БСС. Мы назвали этот алгоритм GML (Greedy Maximal Lifetime).

**Результаты имитационного моделирования.** Проведенное с помощью разработанного комплекса программ имитационное моделирование показало, что предлагаемые модели, методы и алгоритмы динамической реконфигурации сенсорной сети, дают возможность увеличить время жизни сети минимум на 50% за счет балансировки потребляемой энергии между всеми ее узлами [4].

### **3. Заключение**

Применение БСС является перспективным направлением в области систем сбора данных, а исследуемые в работе вопросы актуальны. Ключевым показателем сенсорных сетей по-прежнему остается время их автономной работы от батарей, а предложенное в работе определение времени жизни сети дает возможность учитывать свойство самовосстановляемости БСС. Разработанная модель сенсорной сети позволяет оценивать время ее жизни и абстрагироваться от конкретных особенностей ее реализации. Разработанные методы и алгоритмы дают возможность максимизировать время жизни сети, как в стационарных, так и в изменяющихся условиях ее функционирования. Имитационное моделирование подтвердило эффективность предложенных моделей, методов алгоритмов и программ, позволяющих увеличить время жизни сети минимум на 50%.

## **ЛИТЕРАТУРА**

1. Ефремов С.Г., Восков Л.С. К вопросу о времени автономной работы сенсорных сетей // Качество, Инновации, Образование. 2012. Т. 7. С. 61–67.
2. Ефремов С.Г., Восков Л.С. Задача увеличения времени автономной работы беспроводных сенсорных сетей в системах сбора данных и способ ее решения // Датчики и системы. 2013. № 4 (167). С. 2–6.
3. Ефремов С.Г., Восков Л.С. Использование мобильных стоков для энергетической балансировки сенсорных сетей // Научные труды (Вестник МАТИ). 2012. № 19 (91). С. 220–230.
4. Ефремов С.Г. Задача планирования движения мобильного стока в беспроводных сетях сбора данных и метод ее решения // Научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых специалистов МИЭМ НИУ ВШЭ. Тезисы докладов. М.: МИЭМ НИУ ВШЭ, 2013. С. 91–92.
5. Ефремов С.Г. Применение энергетической балансировки в беспроводных сенсорных сетях // Научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых специалистов МИЭМ, посвященная 50-летию МИЭМ. Тезисы докладов. М.: МИЭМ, 2012. С. 78–79.
6. Ефремов С.Г. Управляемая мобильность в беспроводных сенсорных сетях // Тезисы докладов научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых специалистов МИЭМ 2011. М.: МИЭМ, 2011. С. 172–173.