

## FEATURES OF THE TECHNIQUE FOR CONSTRUCTION AND CALCULATION OF THE PARAMETERS OF THE ELECTRIC COMMUNICATION SYSTEM

**BOBKOV Egor Olegovich**

student

**BALASHOVA Ekaterina Andreevna**

student

Volga State University of Telecommunications and Informatics  
Samara, Russia

---

*Today, electrical communication systems have become widespread. Every day there are developments in this area and the relevance of the problem does not raise questions. A very important aspect in the construction of an electrical communication system is the calculation of its parameters.*

**Key words:** electrical communication system, quantization, sampling, modulation, demodulation, communication channel, quasi-white Gaussian noise.

---

## ПРОТОКОЛЫ РАЗВЕРТЫВАНИЯ С УЧЁТОМ ЗОНЫ ПОКРЫТИЯ В БЕСПРОВОДНЫХ СЕТЯХ

**БОБКОВ Егор Олегович**

студент

**БАЛАШОВА Екатерина Андреевна**

студент

ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики»  
г. Самара, Россия

---

*Проблема покрытия в беспроводных сенсорных сетях (WSN) может быть в общем случае определена как мера того, насколько эффективно сетевое поле контролируется его сенсорными узлами. Эта проблема привлекла большой интерес на протяжении многих лет, и в результате было предложено много протоколов покрытия. В этой статье мы рассмотрим протоколы развертывания с учетом зоны покрытия.*

**Ключевые слова:** Протоколы покрытия, протоколы развертывания, потребление энергии, модели зондирования, беспроводная сенсорная сеть (WSN).

---

Оптимальное развертывание датчиков с учетом зоны покрытия может быть определено как процесс определения оптимального расположения датчиков в сетевом поле таким образом, чтобы было удовлетворено требование покрытия приложения. Проблема дыры покрытия, которая относится к нахождению областей, не охваченных никаким датчиком, является подзадачей протоколов развертывания [8]. Мобильные датчики используются для решения такой зада-

чи путем адаптации их положения с целью заполнения чувствительных отверстий и в конечном итоге увеличения площади покрытия [7]. Задача развертывания датчика максимального покрытия (MCSDP) является примером задачи развертывания, которая направлена на поиск минимального числа датчиков для достижения максимального покрытия зоны наблюдения. Большинство проблем развертывания – это сложная задача со многими противоречивыми целями. Поэтому

централизованные эволюционные подходы часто используются для решения различных задач развертывания [1; 3;5].

Алгоритм развертывания на основе PSO, PSODA, предложен в [6] для решения детерминированной задачи развертывания для точечного покрытия в WSNs. В PSODA, MCSDP моделируется как ограниченная задача оптимизации, и основная цель алгоритма состоит в том, чтобы минимизировать количество датчиков при удовлетворении ограничений покрытия для всех целевых точек. ROI делится на небольшие ячейки, и центр каждой ячейки является потенциальным положением для датчика. PSODA содержит одну двоичную переменную решения 0/1 для каждой позиции в области сети, где значение 1 указывает на то, что датчик должен быть развернут в этой позиции, а 0 указывает на противоположное. Функция пригодности использует подход взвешенной суммы, который сочетает в себе две подцели: первая используется для минимизации количества развертываемых датчиков, а вторая — для минимизации неудовлетворенности ограничениями покрытия. PSODA предполагает, что датчики следуют высокочувствительной модели (Elfes sensing model), и все датчики статичны и однородны. Для решения проблемы преждевременной конвергенции традиционных PSO была принята модифицированная PSO, использующая новую процедуру обновления позиций для более быстрой конвергенции. Хотя PSODA была разработана в первую очередь для решения проблемы точечного покрытия, она может быть принята для приложений, требующих полного покрытия территории. Следует отметить, что протокол PSODA не учитывает связь между датчиками и БС.

Для решения задачи детерминированного развертывания в WSNs в работе [5] предложен ограниченный многоцелевой эволюционный подход на основе CPMEA. В отличие от PSODA, CPMEA рассматривает требование покрытия как цель, а не как ограничение. Кроме того, CPMEA стремится поддерживать полную связность между каждым сенсорным узлом и БС, моделируя требование связности в качестве ограничения. CPMEA использует концепцию доминирования для

формулировки целевых функций. Основная цель состоит в том, чтобы найти несколько оптимальных схем расположения датчиков, которые могут одновременно максимизировать охват и срок службы при сохранении полной связи между датчиками. Переменные решения в CPMEA представляют желаемые положения сенсорных узлов. Однако вместо того, чтобы генерировать совокупность случайных макетов без учета связности, начальная популяция генерируется в два этапа. Первый шаг состоит в генерации ряда случайных топологий деревьев, которые соединяют БС с узлами датчиков. Затем на втором этапе позиции сенсорных узлов генерируются случайным образом на основе позиции БС и древовидной структуры. CPMEA предполагает, что датчики следуют логической модели зондирования, и все датчики статичны и однородны.

Протокол развертывания на основе GA был предложен в работе [3] для обеспечения как охвата, так и связности данного набора целей. Цель протокола состоит в том, чтобы выбрать минимальное количество потенциальных позиций для датчиков таким образом, чтобы были выполнены два требования: покрытие и подключение. Целевая функция была определена как взвешенная сумма трех масштабируемых подцелей: минимизация количества развернутых сенсорных узлов, максимизация общего достигнутого покрытия и максимизация связности. Каждая особь в популяции имеет длину, равную числу потенциальных положений датчиков. Каждый ген может иметь значение либо 1, либо 0, чтобы указать, следует ли устанавливать датчик в этом месте или нет [3] предполагает, что дальность зондирования равна дальности связи, и все датчики следуют логической модели зондирования. Также предполагается, что все датчики статичны и однородны.

Другой подход к решению проблемы развертывания датчиков в WSNs заключается в нахождении оптимальной схемы развертывания. При таком подходе предполагается, что ROI делится на виртуальные сетки и каждый датчик развертывается в точках пересечения сетки. Форма сетки может быть квадратной, треугольной, шестиугольной и т. д. Целью протокола развертывания является

оценка структуры (формы сетки) и оптимального расстояния между датчиками. Например, авторы в работе [4] разработали протокол для решения проблемы поиска регулярного шаблона развертывания узлов, который использует минимальное количество датчиков для обеспечения  $k$ -покрытия и  $m$ -подключения. Основная идея предлагаемого протокола состоит в том, чтобы найти шаблон развертывания, удовлетворяющий трем условиям: Сетевая область покрыта  $k$ , сенсорные узлы соединены  $m$ , а количество развернутых датчиков сведено к минимуму. Основная цель этого протокола-оценить местоположение и оптимальное расстояние между сенсорами для трех различных моделей развертывания: треугольника, квадрата и шестиугольника. Затем протокол выбирает шаблон развертывания, который будет использоваться для развертывания минимального количества датчиков при соблюдении требований к покрытию и подключению. Протокол предполагает логическую модель зондирования, и все датчики статичны и однородны.

Другой подход к развертыванию с учетом покрытия заключается в развертывании и перемещении мобильных датчиков в соответствии с требованиями покрытия определенного приложения. MobiBar – это протокол такой конструкции, который предлагается для приложений барьерного покрытия. MobiBar – это протокол распределенного развертывания, который использует мобильные датчики для построения  $k$  различных полных барьеров и, следовательно, обеспечивает покрытие  $k$ -барьера. Цель протокола MobiBar состоит в том, чтобы достичь окончательного развертывания, которое обеспечивает максимально достижимое покрытие барьера путем изменения положения мобильных датчиков. Авторы MobiBar определили базовую линию как линию, параллельную границе области сети, к которой параллельно ей должны быть построены другие барьеры. Мобибар предполагает, что датчики, расположенные на соседних барьерах, способны взаимодействовать. Эти связанные барьеры называются компонентом связанного барьера. Каждый барьер в Мобибаре имеет приоритет, который уменьшается по мере

увеличения расстояния между базовой линией и барьером. Первоначально все датчики перемещаются к базовой линии, чтобы увеличить связность сети. Первый датчик, достигший базовой линии, выбирает себя в качестве лидера подключенного барьерного компонента. Затем этот лидер выбирает не более четырех соседних датчиков, каждый из которых перемещается в соседнее положение барьера. Приоритет отдается барьерам с более высокими приоритетами. В свою очередь, каждый из этих вновь перемещенных датчиков повторяет этот процесс не более чем с четырьмя соседними датчиками. Если перемещенный узел не смог найти достаточно соседних датчиков, чтобы попросить о перемещении, он продолжает выполнять ограниченный многопереходный поиск, пока не найдет один или несколько. Перемещенный датчик может переместиться только к барьеру с более высоким приоритетом, если он его обнаружит. Новые барьеры затем объединяются со старыми барьерами, перемещая датчики в новом барьере на свободные позиции старого барьера. В конце строится единый соединенный барьер. Все сенсорные узлы в Мобибаре мобильны, и он также предполагает булеву модель зондирования для зондирования, а также идеальную дисковую модель для связи.

В работе [2] был предложен протокол оптимизации покрытия на основе мобильного приемника (MS) и оценки стабильности канала связи (MSCOLER) для восстановления покрытия и предотвращения сбоев передачи в сети. MSCOLER работает в два этапа. На первом этапе MSCOLER использует сеточный имитационный «отжиг светлячка» (GFSA) для перемещения мобильных датчиков вблизи отверстий покрытия. Для этого область сети делится на сетки, и каждая ячейка в этой сетке должна контролироваться по крайней мере 1 датчиком. Задача покрытия моделируется как задача неконструированной оптимизации с целью максимизации коэффициента покрытия. Затем для решения этой задачи используется имитация «отжига светлячка» (FSA) путем нахождения оптимального расположения мобильных датчиков для восстановления отверстий покрытия. На втором этапе MSCOLER алгоритм маршрутиза-

ции оценки устойчивости канала связи (LSER) используется для поиска оптимальных релейных датчиков для передачи данных в БС. Оптимальные линии связи определяются путем минимизации трех показателей качества связи: ожидаемого времени передачи

(ETX), показателя уровня принимаемого сигнала (RSSI) и показателя качества связи (LQI). Авторы предполагают бинарную модель зондирования и модель энергопотребления первого порядка. Все датчики однородны, мобильны и знают свое местоположение.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Aznoli F. and Navimipour N.J. Deployment strategies in the wireless sensor networks: Systematic literature review, classification, and current trends. *Wireless Personal Communications*, pp. 1-28, 2016.
2. Dahiya S. and Singh P. Optimized mobile sink based grid coverage-aware sensor deployment and link quality based routing in wireless sensor networks. *AEU – International Journal of Electronics and Communications*, vol. 89, pp. 191-196, 2018.
3. Gupta S.K., Kuila P. and Jana P.K. Genetic algorithm approach for k-coverage and m-connected node placement in target based wireless sensor networks. *Computers and Electrical Engineering*, 2015.
4. Gupta H.P., Tyagi P.K., and Singh M.P. Regular node deployment for k-coverage in m-connected wireless networks. *IEEE Sensors Journal*, vol. 15, no. 12, pp. 7126-7134, Dec 2015.
5. Khalistan M. and Delavar M.R. Wireless sensors deployment optimization using a constrained pareto-based multi-objective evolutionary approach. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, vol. 53, pp. 126-139, 2016.
6. Senouci M.R., Bouguettouche D., Souilah F. and Mellouk A. Static wireless sensor networks deployment using an improved binary pso. *International Journal of Communication Systems*, vol. 29, no. 5, pp. 1026-1041, Mar. 2016.
7. Shi W. and Corriveau J.P. A comprehensive review of sensor relocation in IEEE/ACM International conference on Green Computing and Communications (GreenCom) and International conference on Physical and Social Computing (CPSCoM), Dec 2010, pp. 780-785.
8. Tsai C.-W., Tsai P.-W., Pan J.-S. and Chao H.-C. Metaheuristics for the deployment problem of wsn: A review. *Microprocessors and Microsystems*, vol. 39, no. 8, pp. 1305-1317, 2015.

## DEPLOYMENT PROTOCOLS BASED ON COVERAGE IN WIRELESS NETWORKS

**BOBKOV Egor Olegovich**

student

**BALASHOVA Ekaterina Andreevna**

student

Volga Region State University of Telecommunications and Informatics  
Samara, Russia

*The coverage problem in wireless sensor networks (WSNs) can be generally defined as a measure of how effectively a network field is controlled by its sensor nodes. This issue has attracted a lot of interest over the years and many coverage protocols have been proposed as a result. In this article, we will look at coverage protocols for deployment.*

**Key words:** coverage protocols, deployment protocols, power consumption, sensing models, wireless sensor network (WSN).