

УДК 004.73

КУДР ЛАТИФ, аспирант,
СКОБЦОВ Ю.А., д.т.н., профессор (ДонНТУ)

Эволюционный метод маршрутизации беспроводных сенсорных сетей

Рассмотрены вопросы применения генетических алгоритмов для оптимизации протоколов маршрутизации в беспроводных сенсорных сетях.

Ключевые слова: беспроводные сенсорные сети (БСС), маршрутизация, протокол СТР, генетические алгоритмы.

Введение

Новейшие технологии беспроводной связи и прогресс в области производства микросхем позволили в течение последних нескольких лет перейти к практической разработке и внедрению нового класса распределенных коммуникационных систем — беспроводных сенсорных сетей (БСС).

Эффективность функционирования БСС во многом определяется выбором протоколов маршрутизации пакетов. Неправильный выбор протоколов маршрутизации приводит к неравномерной загруженности узлов задействованных в ретрансляции пакетов. Это в свою очередь приводит к быстрому расходованию заряда батарей этих узлов. При проектировании БСС необходимо стремиться к уменьшению и выравниванию загрузки узлов, что достигается во многом благодаря протоколу маршрутизации. Однако эта проблема, при наличии множества узлов БСС, является сложной научной задачей, которая до настоящего времени не получила окончательного решения.

Анализ предметной области

В настоящее время СТР является базовым протоколом для большинства сенсорных сетей, которые реализуются с использованием TinyOS. Беспроводные сенсорные сети под управление данного протокола образуют древовидную структуру, в которой шлюзы являются корнями, а сенсорные узлы - листьями [1-3]. Здесь для генерации маршрутов узлы используют градиент маршрутизации - ЕТХ. Корень имеет значение ЕТХ равное 0. Параметр ЕТХ узла рассчитывается как сумма ЕТХ его родительского узла и ЕТХ связи с ним. При выборе родительского узла предпочтение отдается тому, где значение ЕТХ меньше.

Несмотря на то, что СТР является базовым протоколом в технологии беспроводных сенсорных сетей, он имеет существенные недостатки. Один из таких недостатков - это то, что протокол не учитывает загруженность узлов при ретрансляции пакетов. Таким образом, в сети возникает постоянная перегрузка некоторых узлов, что приводит к их быстрому выходу из строя, тем самым уменьшая время функционирования сети.

Целью работы является повышение эффективности протокола маршрутизации БСС. Несмотря на то, что вопросам оптимизации протоколов маршрутизации в беспроводных сенсорных сетях посвящается множество работ зарубежных авторов [2, 3], задача является актуальной. Предлагается для оптимизации протокола маршрутизации СТР использовать эволюционный подход. Данный метод имеет преимущества, так как позволяет при выборе узла ретрансляции лучше учитывать загруженность узлов.

Модифицированный генетический алгоритм маршрутизации

Эволюционные вычисления [4] широко используются в САПР компьютерных систем и сетей, в частности для оптимизации протоколов маршрутизации [5-7]. Известно [4], что для решения некоторой задачи с помощью генетических алгоритмов (ГА) необходимо: 1) выбрать или разработать схему кодирования хромосомы - потенциального решения; 2) соответственно схеме разработать (или выбрать) генетические операторы кроссинговера и мутации; 3) для каждой особи определить фитнес-функцию, которая позволяет оценить качество решения. Кроме этого, необходимо задать параметры ГА, такие как мощность популяции, значения вероятностей кроссинговера и мутации и т.п. Далее приведено решение этих этапов для задачи маршрутизации БСС.

Схема кодирования хромосомы

В данном случае потенциальное решение (хромосома) можно представить массивом целым чисел, где каждый ген соответствует узлу схемы. Поэтому длина массива равна числу узлов в схеме. Например, для схемы рис. 1.a) на том же рис. 1.b) показано потенциальное решение - схема маршрутизации этой схемы.

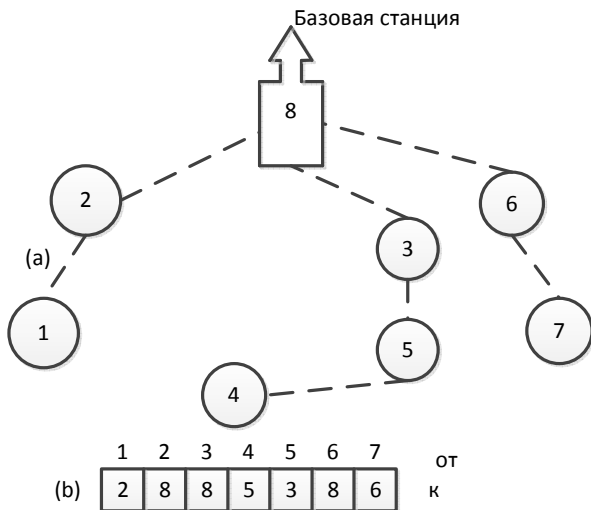


Рис. 1. Представление хромосомы для графа схемы

В этом примере значение гена в позиции 1 равно 2 указывает, что узел 1 передает информацию в узел 2. Аналогично, значение гена 8 в позиции 3, означает, что узел 3 передает в узел 8 (базовой станции).

Каждая хромосома представляет правильный маршрут. Таким образом, разработана маршрутизация на основе соответствующих положений узлов в сети. Базовая станция создает список N_i , $1 \leq i \leq n$, который содержит все ближайшие соседи маршрута j из i , такие, что связь $i \rightarrow j, \forall j \in N_i$ может быть использована для маршрутизации данных от узла i к основанию станции через узел j . Например, узел 1 рисунка 1, имеет $N_1 = \{2, 4\}$ (где $i = 1$), которые являются ближайшими соседями соседей узла 1.

Основываясь на этой информации, жадный подход используется для создания маршрутов для исходной популяции, путем случайного подбора соседнего узла $j \in N_i$ для каждого исходящего узла i . Очевидно, что при этом пространство поиска решений проблемы огромно. Если каждый узел имеет d ближайших действительных соседей, то число путей/маршрутов для схемы с n узлами определяется $O(d^n)$. Для того, чтобы выбрать оптимальный маршрут из большого количества возможных допустимых решений в пределах ограниченного количества времени, логично использовать генетический алгоритм.

Фитнесс-функция

При этом каждое потенциальное решение – особь популяции оценивается с помощью фитнес-функции, которая показывает качество. В данном случае фитнес-функцию логично определить на основе критериев, предложенных в [8]. Качество протокола маршрутизации в беспроводных сенсорных сетях должно учитывать следующие факторы. Во-первых – это среднее количество ретрансляций пакетов. Очевидно, что чем меньше количество ретрансляций, тем меньше расход энергии в целом по сети. Однако среднее не учитывает то, насколько сильно значения индивидуальных узлов могут отличаться от среднего значения для этих узлов. Поэтому критерий должен учитывать разброс, мерой которого может выступить, например дисперсия. В противном случае может оказаться так, что нагрузка на какой-нибудь отдельный узел может оказаться непредсказуемо высокой и этот узел откажет гораздо раньше, чем остальные узлы. Это может привести к потере связности сети и таким образом часть сети может оказаться неработоспособной. Поэтому мы предлагаем использовать наряду со средним значением, еще и меру разброса. В простейшем случае величину разброса значений загруженности индивидуальных узлов можно оценивать по дисперсии. Однако дисперсия не дает представление о перегруженных узлах. Отклонения в обе стороны от среднего значения трактуются одинаково. Однако в нашем случае необходимо стремиться к тому, что в сети не будет узлов, нагрузка на которые превышает среднее значение. Незагруженные узлы не должны учитываться критерием. Для того, чтобы иметь возможность анализировать дальнейшую работу модифицированного протокола СТР и сравнивать с работой стандартного протокола СТР введем параметр оценки качества распределения числа ретрансляций. В данном случае, подходящим параметром оценки качества распределения является среднеквадратичное отклонение от среднего числа ретрансляций. При оценке качества необходимые данные получаются из объектно-ориентированной модели БСС [9] с использованием соответствующего программного обеспечения [10].

Отбор родительских особей

При генерации новых особей (потенциальных решений) мы используем турнирный метод отбора родительских особей[4]. В этом случае все особи популяции разбиваются на подгруппы размера m с последующим выбором в каждой из них особи с лучшим значением фитнес-функции. Параметром этой процедуры является размер тура m , который принимает значения из диапазона $2 \leq m < N$. Используются два способа выбора: детерминированный и случайный. При

детерминированном способе выбор выполняется с вероятностью, равной 1. При случайном методе выбор осуществляется с вероятностью P_t меньше 1. Чаще всего популяция разбивается на подгруппы по 2-3 особи в каждой ($m=2,3$).

Кроссинговер

Оператор кроссинговера используется для построения новой особи – потомка родительских особей и направлен на улучшение качества решения, поскольку в качестве родителей выступают лучшие в некотором смысле особи. Практически любой оператор кроссинговера сводится к обмену генетического материала родителей. Это можно сделать по-разному. В данном случае используется 2-точечный оператор кроссинговера, где в каждом из родителей случайно выбираются 2 точки кроссинговера, которые выделяют фрагменты генов, которыми затем обмениваются родители. Рассмотрим, например, два родителя (4 2 3 1 5) и (5 1 3 2 4), для которых обмен генов производится в позициях 2 и 4. В результате этого кроссинговера производится два потомка (4 1 3 2 5) и (5 2 3 1 4). Повторяющиеся гены при этом удаляются. Кроссинговер выполняется с вероятностью кроссинговера P_c ($0 < P_c < 1$).

Мутация

Оператор мутации используется для поддержания разнообразия в популяции и во избежание попадания в локальный оптимум. Здесь операция мутации изменяет значение гена в случайно выбранной позиции на случайное число от 1 до N, с небольшой вероятностью P_m .

Выводы

Модифицирован метод оптимизации работы протокола СТР на основе генетического алгоритма, для которого определены проблемно-ориентированные генетические операторы кроссинговера и мутации. Выполнена программная реализация модифицированного алгоритма СТР путем интеграции новых функций, операций и переменных в уже существующий программный код протокола СТР. Проведена серия экспериментов по моделированию БСС различной сложности с помощью разработанного программного обеспечения. Полученные результаты показали достаточно высокую эффективность предложенного метода.

Литература

- Dargie W., Poellabauer C. Fundamentals of wireless sensor networks: theory and practice. — John Wiley and Sons, 2010. — 330 p.
- Hart J. K., Martinez K. Environmental Sensor Networks: A revolution in the earth system science? // Earth-Science Reviews. — 2006. — 78. — P. 177-191.
- Дорошенко А.Е., Жереб К.А., Шевченко Р.С. О моделировании сенсорных сетей средствами высокого уровня // Проблемы програмування. — 2006. — Т. 2-3.
- Скобцов Ю.А. Основы эволюционных вычислений. Донецк: ДонНТУ, 2008. — 326с.
- Marwa Sharawi, Imane Aly Saroit, Heshman El-Mandy, Eid Emary. Routing wireless sensor networks based on soft computing paradigm: survey//International journal on soft computing. Artificial intelligence and applications (IISCAI), vol.2, No.4, August 2013.
- Shiyuan Jin, Ming Zhou, Annie S. Wu/ Sensor Network Optimization Using a Genetic Algorithm// School of EECS University of Central Florida Orlando, FL 32816.
- Vinay Kumar Singh, Vidushi Sharma. Hybrid genetic algorithm based approach for energy efficient routing in wireless sensor nets//International journal of emerging technologies in computational and applied sciences (IJETCAS)P.408-413.
- Кудр Латиф. Критерий оптимальности протокола маршрутизации беспроводных сетей//Тезиси ІІ науково-технічної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених "Інформаційні управляючі системи та комп'ютерний моніторинг (ІУС КМ – 2011)".-2011: Донецьк. - С.230-233.
- Кудр Латиф. Разработка симулятора беспроводной сенсорной сети // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: «Обчислювальна техніка та автоматизація».-2013.- №2 (25).-С.120-127.
- Кудр Латиф. Разработка объектной модели беспроводной сенсорной сети// Проблемы інформаційних технологій, 2013.-№1 (013).- С.90-98.

Кудр Латиф, Скобцов Ю.О. Эволюционный метод маршрутизации бездротовых сенсорных сетей. Розглянуто питання застосування генетичних алгоритмів для оптимізації протоколів маршрутизації в бездротових сенсорних мережах.
Ключові слова: бездротові сенсорні мережі (БСС), маршрутизація, протокол СТР, генетичні алгоритми.

Kudr Latif, Skobtsov Y.A. Evolutionary routing method of wireless sensor networks. The genetic algorithms application to optimize the routing protocols in wireless sensor networks has been considered.

Key words: wireless sensor networks (WSN), routing, СТР protocol, genetic algorithms.

Рецензент д.т.н., профессор Чичикало Н.И. (Донецкий национальный технический университет)

Поступила 10.04.2014г.