

## ПРИМЕНЕНИЕ СТОХАСТИЧЕСКИХ БИОНИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ В БЕСПРОВОДНЫХ САМООРГАНИЗУЮЩИХСЯ AD HOC СЕТЯХ

### APPLICATION OF STOCHASTIC BIONIC ALGORITHMS IN WIRELESS SELF ORGANIZING AD HOC NETWORKS

*S. Savinov*

*Summary.* Purpose: wireless self-organizing Ad Hoc networks are actively used in their various implementation options (MANET, VANET, WSN) and the need for their rapid integration into current systems comes to the fore, so the adaptation of new algorithms for such networks is a promising direction. The aim of the work is to integrate the bee colony algorithm into the deployment system of wireless self-organizing Ad Hoc and further interaction of network elements using this algorithm. Methods: the solution of the problem of deployment and functioning of wireless self-organizing Ad Hoc networks is based on the use of one of the types of swarm intelligence algorithms — the bee colony algorithm, which is actively used in solving optimization problems. Novelty: the novelty of the presented approach is the integration of the swarm intelligence algorithm (the bee colony algorithm) in the Ad Hoc network. Results: using a stochastic bionic algorithm will change the approach to deploying wireless self-organizing Ad Hoc networks. Practical relevance: the presented approach to the deployment and interaction of nodes of wireless self-organizing Ad Hoc networks will improve the performance of such network infrastructures by using a new approach to drawing up a structure map and a routing map.

*Keywords:* wireless self-organizing networks, stochastic bionic algorithms, swarm intelligence, bee colony algorithm.

**Савинов Сергей Владимирович**

Аспирант, ФГБОУ ВО «Владимирский  
государственный университет имени Александра  
Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
conf-mail@bk.ru

*Аннотация.* Постановка задачи: беспроводные самоорганизующиеся Ad Hoc сети активно используются в своих различных вариантах реализации (MANET, VANET, WSN) и необходимость их быстрой интеграции в текущие системы выходит на первые места, исходя из этого адаптация новых алгоритмов работы таких сетей является перспективным направлением. Целью работы: является интеграция алгоритма пчелиной колонии в систему развертывания беспроводных самоорганизующихся Ad Hoc и дальнейшее взаимодействие сетевых элементов по средствам данного алгоритма. Используемые методы: решение задачи развертывания и функционирования беспроводных самоорганизующихся Ad Hoc сетей основано на применении одного из вида алгоритмов роевого интеллекта — алгоритма пчелиной колонии, который активно используется при решении оптимизационных задач. Новизна: элементами новизны представленного подхода является интеграция алгоритма роевого интеллекта (алгоритм пчелиной колонии) в Ad Hoc сети. Результат: использование стохастического бионического алгоритма позволит изменить подход к развертыванию беспроводных самоорганизующихся Ad Hoc сетей. Практическая значимость: представленный подход к развертыванию и взаимодействию узлов беспроводных самоорганизующихся Ad Hoc сетей позволит повысить производительность таких сетевых инфраструктур за счет использования нового подхода к составлению карты структуры и карты маршрутизации.

*Ключевые слова:* беспроводные самоорганизующиеся сети, стохастические бионические алгоритмы, роевой интеллект, алгоритм пчелиной колонии.

**О**беспечение оперативного развертывания высокоскоростных телекоммуникационных сетей для объектов, динамически изменяющих свое местоположение, является основополагающим фактором при организации сетевого взаимодействия между такими объектами (узлами) сети в сложных условиях, таких как организации массовых культурных мероприятий, специализированных военных операций, чрезвычайных происшествий в сложных природных или техногенных условиях. Организовать телекоммуникационную сеть для данных условий можно с использованием беспроводных динамических (самоорганизующихся) Ad Hoc сетей, которые позволяют произвести корректировку своей структуры, ввиду изменения расстояния между основными узлами, выступающих в роли абонентов данной структуры.

Беспроводная сеть типа «Ad Hoc» не имеет ярко выраженной устоявшейся структуры, сетевые абоненты

могут в любой момент подключиться к сформированной сети или покинуть телекоммуникацию, в случае если отсутствует дальнейшая необходимость в соединении с другими узлами (абонентами). Ключевой особенностью данного типа организации телекоммуникационной сети является то, что в процессе работы каждый абонентский узел будет выполнять роль передачи данных, адресованных другим абонентам в сети, с использованием сформированной структуры взаимодействия абонентов в сети, т.е. наблюдается отсутствие централизованного устройства в виде маршрутизатора, как при использовании проводных сетях телекоммуникаций или точки доступа в беспроводных сетях телекоммуникаций.

Ad Hoc сеть делится на два больших класса: MANET (mobile ad hoc network — беспроводные децентрализованные самоорганизующиеся сети) и WSN (wireless sensor network — беспроводная сенсорная (датчиковая) сеть). Основными узлами WSN — сети являются различ-

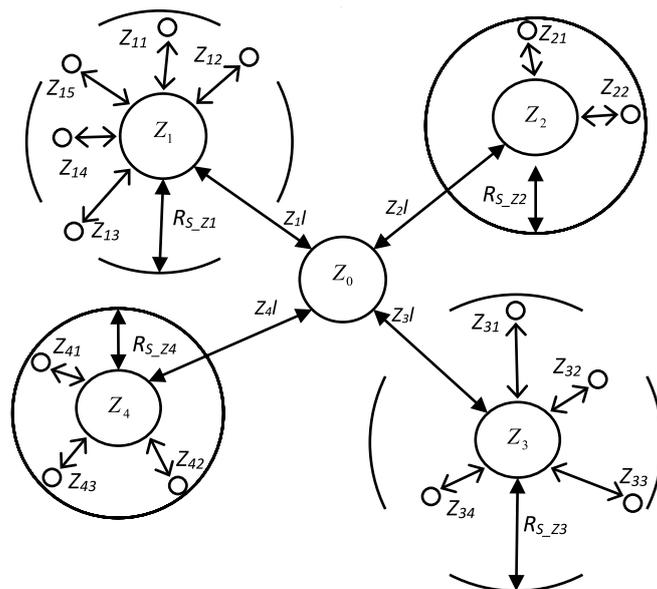


Рис. 1. граф алгоритма роевого интеллекта.

ного рода датчики, собирающую необходимую информацию и передающие ее по организованному каналу, по средствам ретрансляции между узлами сети, к вычислительному узлу, обрабатывающему все поступившие данные и формируя необходимые последующие решения по возможным операциям [1]. В отличие от WSN сетей, MANET сети формируют свою структуру активными сетевыми (абонентскими) устройствами, которые не только являются источниками каких-либо данных, а участвуют в обеспечении маршрутизации сети. В свою очередь MANET сети включают в себя несколько подвидов сетей в зависимости от необходимого функционального назначения узлов сети и способов организации.

Основной проблемой при использовании Ad Hoc сетей является обеспечение оптимальной структуры обмена данными между динамически изменяющимися элементами сети, т.к. имеется необходимость в постоянном поддержании функционирования сети и управления потоками данных между узлами сети, которые активно изменяют свое местоположение и объем принимаемой/передаваемой информационной нагрузки на сетевую инфраструктуру. Одним из решений данной проблемы является использование в качестве алгоритма для обеспечения маршрутизации стохастических бионических алгоритмов. Рассмотрим подробнее процесс интеграции данного вида алгоритмов в беспроводные самоорганизующиеся Ad Hoc сети.

Стохастические бионические алгоритмы, являющиеся одним из видов полиномиальных эвристических алгоритмов, активно используются в случае необходимости поиска наиболее оптимальной структуры вза-

имодействия какого-либо процесса. Алгоритм пчелиной колонии (пчелиного роя), который был предложен Д. Карабогом, входит в множество алгоритмов роевого интеллекта, которые используются именно для решения вопроса поиска оптимальной структуры в системах не имеющих централизованного узла управления и при этом изменяющимся во времени числом узлов в сети.

Рассмотрим особенности алгоритма роевого интеллекта, а именно алгоритм пчелиной колонии. Рассматриваемый алгоритм основывается на анализе поведения пчел в процессе поиска и сбора цветочного нектара. В процессе сбора нектара пчелиной рой постоянно анализирует текущую обстановку и вносит необходимые коррективы в процесс сбор, а именно определяется оптимальное направление поиска, необходимое количество пчел для сбора нектара и для разведки новых месторасположений нектара. На основе этого поведения пчел формируется математическая модель взаимодействия.

Алгоритм пчелиной колонии включает в себя два основных этапа: поиска и взаимодействия. На первом этапе используется лишь часть пчел — пчелы разведчики, которые формируют и вылетают в произвольном направлении от местонахождения улья для поиска возможных источников нектара с максимальной концентрацией на единицу площади. Пчелы разведчики исследуют все возможное пространство вокруг своего места обитания. После обнаружения таких источников пчелы-разведчики возвращаются и передают данные о месторасположении нектара основным рабочим пчелам, которые называются пчелы-фуражиры, а после от-

правляются на дальнейшие поиски нектара. Пчелы-разведчики постоянно производят вылеты и контролируют текущее состояние запасов нектара на обнаруженных источниках.

После получения информации от пчел разведчиков происходит анализ и выбор наиболее перспективного направления сбора нектара, т.к. возможно источников будет множество, но выбирается тот, что сможет обеспечить максимальное количество нектара. После определения данного направления пчелы-фуражиры производят сбор нектара, но т.к. запасы источника ограничены пчелы разведчики продолжают постоянно анализировать запасы источника и в случае необходимости сообщают об необходимости изменения количества рабочих пчел на локациях, где количество нектара сократилось и необходимость перенаправления их на источники с большим количеством нектара. Анализируя данное поведение можно сформировать алгоритм, основанный на поведении пчелиной колонии. Непосредственно сам алгоритм следует разделить в соответствии с описанием метода на 1 этапов: инициализации начальных элементов, поиск наилучшего результата работы алгоритма, осуществление поиска кратчайшего пути ветви графа. Граф алгоритма роевого интеллекта представлен на рисунке 1.

В процессе инициализации начальных элементов производится вычисление признаков для определения ключевых точек пространства с наилучшими значениями целевой функции, также может реализовываться метод случайного перебора возможных значений, который систематизируются и учитываются в центральной части  $Z_0$  в виде  $Z_i = random(G(Z_0))$ .

После выявления перспективных областей, в них определяются направления перемещения элементов в соответствии с направлением ветвей, таким образом, после очередной итерации процесса формируется скорректированные значения  $f(Z_i)$ . Производя обработку данных в течение времени осуществления всех технологических операций  $j$  формируется более эффективная выборка из возможных  $Z$  решений из всей совокупности ключевых точек  $Z_{i,j}$ :

$$S_Z = \sum_{i=1}^N \left( \sum_{j=1}^q f(Z_{i,j}) \right).$$

На итоговом этапе из полученной совокупности возможных решений осуществляется выбор решения с более высокой степенью эффективности, а решения с низкой эффективностью игнорируются, а если они ранее использовались, то исключаются из возможных направлений.

При применении алгоритма пчелиной колонии на беспроводные самоорганизующиеся сети получается следующая последовательность действий для организации и функционирования сети. На начальном этапе выполняется поиск возможных узлов для конфигурирования структуры сети. Как и в случае с пчелиной колонии имеется два направления: отправка на поиск и анализ полученного результата, который заключается в возможности добавления нового узла или выполнения запроса на операции поиска следующего узла сети. Полученная информация содержит в себе данные о месторасположении и если имеется, то информацию о ближайших узлах сети, если был ранее произведен обмен с данными узлами, т.к. после нахождения ранее не включенного узла в сеть производится поиск ближайших к нему элементов телекоммуникационной сети. После осуществления поисков и формирования каналов между абонентскими узлами сети первый этап считается завершенным.

В системе имеются все необходимые узлы сети с присвоенными уникальными идентификаторами. После формирования структуры начинается сетевое взаимодействие между узлами сети, и формировании карты загрузки узлов, где возникает необходимость в повышенном уровне производительности организуются каналы с максимально возможной пропускной способностью, а если узел не активно использует сетевой информационный обмен, то снижается пропускная способность канала данных до данного узла сети, что позволяет эффективно использовать имеющиеся ресурсы обнаруженных сетевых устройств. Если происходит исключение сетевого узла из структуры сети, то данные об нем удаляются из таблицы маршрутизации, также удаление данных происходит в случае если длина пути до узла сети не является минимальной, т.е. маршрутизация данных может обеспечиваться более коротким путем. Взаимодействие между узлами сети обеспечивается передачей потока данных от соседних узлов, анализируя карту со связями между узлами, из которой выбирается путь с минимальной возможной длительностью передачи данных, а в случае если текущий канал передачи данных загружен, то допускается использование и пути не с минимальной длительностью передачи данных, но обеспечивающий равномерную сетевую загрузку сети.

Таким образом можно сделать вывод о том, что поиск наиболее оптимальной структуры в беспроводных самоорганизующихся Ad hoc сетях с помощью алгоритма роевого интеллекта, а именно алгоритма пчелиной колонии является самым быстрым и функциональным решением для подобной ситуации, одновременно обеспечивая переконфигурирование структуры ввиду динамики изменения абонентов в сети и максимальное быстроедействие при обмене приемо-передающими пакетами данных в созданной телекоммуникационной сети.

ЛИТЕРАТУРА

1. А.А. Бахтин, А. В. Смирнов, О. П. Тимофеева Свойства и характеристики Ad Hoc сетей, учебное пособие, Москва 2012.
2. Курейчик В.М., Кажаров А. А. Использование роевого интеллекта в решении NP-трудных задач // Известия ЮФУ Технические Науки. 2011. Вып. 7, № 120. С. 30–36.
3. Курейчик В.В., Запорожец Д. Ю. Роевой алгоритм в задачах оптимизации // Известия ЮФУ Технические Науки. 2010. Вып. 7, № 108. С. 28–32.
4. Broch J., Maltz D. A., Johnson D. B. Maximum battery life routing to support ubiquitous mobile computing in wireless ad hoc networks // Parallel Architectures, Algorithms, and Networks, 1999. (I-SPAN'99) Proceedings. Fourth International Symposium on. IEEE, 1999. P. 370–375.
5. Sivanandam, S. N. Introduction to Genetic Algorithms /S.N. Sivanandam, S. N. Deepa // Springer Berlin Heidelberg, -2010, -442p.
6. Козлецов, А.П., Современные способы организации обмена данными с системами управления/ Козлецов А. П., Решетников, И.С // Информационные технологии в проектировании и производстве, -№ 2, — 2010, — С. 17–23.
7. Кореньюшкин, А. Генетические алгоритмы / А. Кореньюшкин // Программист. № 2. — 2003. С. 74–80.
8. Курейчик В. В., Жиленков М. А. Пчелиный алгоритм для решения оптимизационных задач с явно выраженной целевой функцией // Информатика, вычислительная техника и инженерное образование. 2015. Вып. 1, № 21. С. 1–8.
9. Qazi S. et al. An Architecture for Real Time Monitoring Aerial Adhoc Network // IEEE International Conference on Frontiers of Information Technology. 2015. P. 154–159.

© Савинов Сергей Владимирович ( conf-mail@bk.ru ).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых