

Построение совмещенной сети сотовой связи и самоорганизующейся сети с динамической структурой

Шевцов В.А.*, Бородин В.В., Крылов М.А.*****

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), МАИ, Волоколамское шоссе, 4, Москва, А-80, ГСП-3, 125993, Россия

**e-mail: vs@mai.ru*

***e-mail: doc_bor1@mail.ru*

****e-mail: krylov_ma@list.ru*

Аннотация

В настоящей статье рассматривается новый подход в решении задачи повышения предоставляемой скорости передачи. Актуальность нахождения нового метода решения данной задачи связана с дефицитом и ограниченностью частотного ресурса, высокой стоимостью строительства новых базовых станций сотовых систем связи. В качестве такого метода уменьшения нагрузки на сеть и сохранения высокого показателя скорости передачи данных, в условиях роста количества мобильных абонентов, предлагается интеграция сотовых сетей связи, самоорганизующейся сети с динамической структурой Ad hoc и Wi-Fi сетей. Рассмотрены вопросы построения совмещенных сетей Ad hoc и сотовой связи, построена их функциональная схема.

Ключевые слова: сети с динамической структурой Ad hoc, GSM, UMTS, LTE, Wi-Fi, интеграция систем связи, MANET.

Введение.

Задачей обеспечения высокоскоростного и повсеместного беспроводного доступа к мультимедийным и голосовым услугам занимаются многие разработчики и компании. Одним из крупнейших направлений в этой области является сотовая связь.

Перед операторами и разработчиками оборудования сотовой связи стоит широкий круг задач, требующих решения и постоянного улучшения. Эти задачи можно разделить на две условные группы: группа пользовательских задач и задачи операторов связи.

К пользовательским задачам относятся:

- предоставление голосовых услуг высокого качества;
- предоставление качественных услуг передачи данных;
- наличие большого выбора дополнительных услуг;
- повсеместное наличие связи для получения доступа ко всем вышеперечисленным услугам;
- обеспечение низкой стоимости тарифов.

Задачи операторов связи включают в себя и группу пользовательских задач, перечисленных выше, и ряд своих задач, к основным из которых относятся:

- обеспечение конкурентно-способных услуг связи;
- снижение себестоимости разворачиваемой сети связи;
- внедрение новых технологий и услуг;

- расширение зоны предоставления услуг связи.

Для решения вышеперечисленных задач, операторам связи необходимо постоянно искать новые технические и маркетинговые решения, переходить на новые стандарты связи, модернизировать или полностью заменять действующее оборудование.

Ограниченность частотного ресурса и необходимость увеличения скорости передачи данных приводит к тому, что новые стандарты связи используют все более высокую частоту вещания. Более высокая частота вещания приводит к уменьшению размеров сот (рис.1) [1].

Кроме того, помимо возрастающих требований на уровень предоставляемых услуг, с постоянным ростом численности населения на планете, и возрастает количество абонентов [2]. Значительный рост числа абонентов приводит к увеличению нагрузки на сеть в городах с высокой плотностью населения. Для уменьшения нагрузки на сеть и сохранения высокого показателя скорости передачи данных, предоставляемой абоненту, операторы вынуждены уменьшать радиус сот, тем самым увеличивая плотность застройки сети, что в свою очередь приводит к значительному росту себестоимости сети.

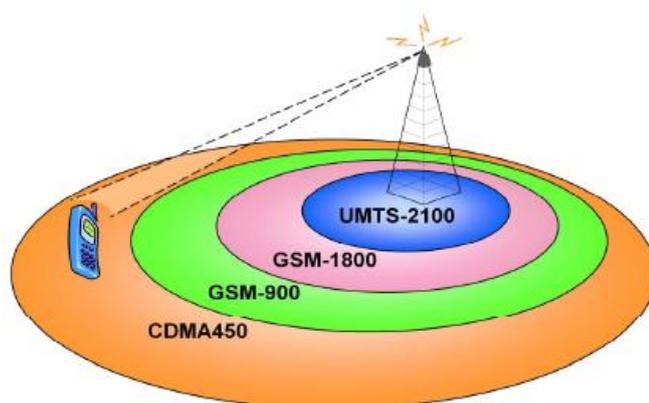


Рис.1 Зоны покрытия систем связи.

1. Структура самоорганизующейся сети.

Новым подходом к решению вышеописанных задач может являться интеграция сотовых сетей связи, самоорганизующейся сети с динамической структурой Ad hoc и Wi-Fi сетей (рис.2). Этот шаг позволит объединить функциональные возможности данных сетей для решения следующих задач:

1. Расширение зоны обслуживания.
2. Расширение функциональных возможностей.
3. Самоорганизация при изменениях нагрузки на сеть.
4. Обеспечение устойчивости, надежности.

При таком подходе Ad hoc сеть может выступать в двух разных аспектах. В случае применения как подсистемы интегрированной сети с помощью Ad hoc реализуются услуги для абонентов. Если же Ad hoc выступает в качестве опорной сети, то на нее возлагаются функции функции:

1. Формирование транспортной основы для организации межстанционных связей;
2. Динамическое распределение пропускной способности каналов связи;
3. Резервирование каналов связи;
4. Обеспечение связи в аварийных и чрезвычайных ситуациях.

Построение такой сети позволит эффективно и менее затратно решать такие вопросы, как: увеличение зоны обслуживания на границе соты, предоставление

связи внутри зданий, организация связи между базовыми станциями (БС) LTE без подключения в каждой точке к опорной сети (используя волоконно-оптические линии связи), организация связи при чрезвычайных ситуациях.

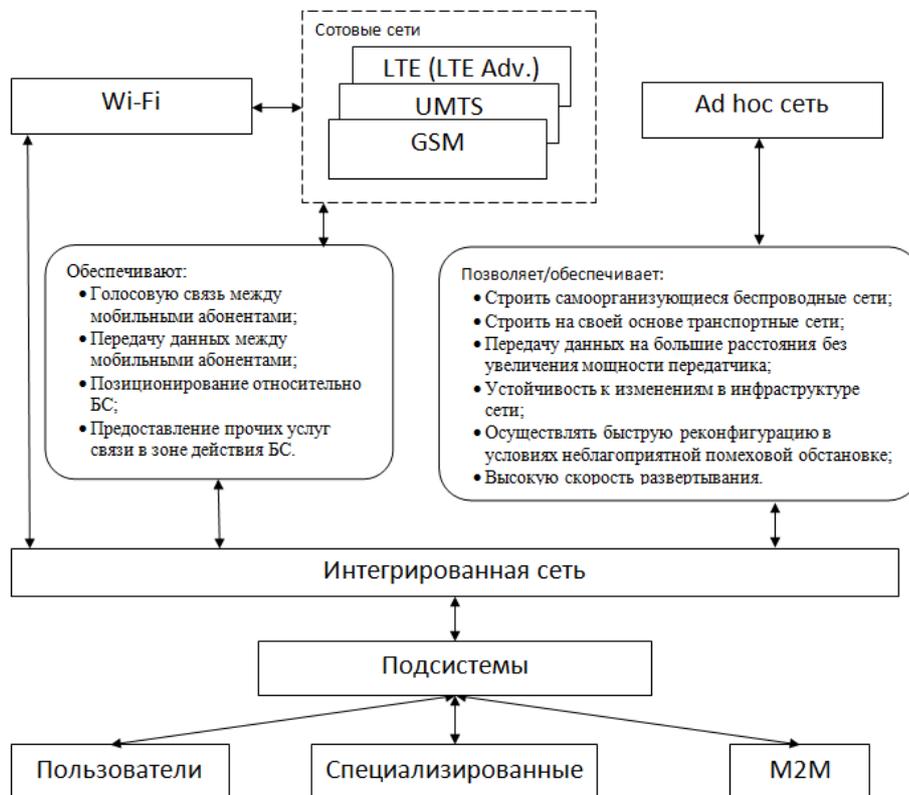


Рис.2 Блок-схема интегрированной сети

Кроме того, применение сети Ad hoc возможно при рассмотрении вопроса о построении единой сети управления авиационными и космическими средствами.

Пример функциональной схемы совмещенной сети на основании структуры сотовых сетей стандартов GSM, UMTS и LTE [3, 4, 5] приведен на рис.3.

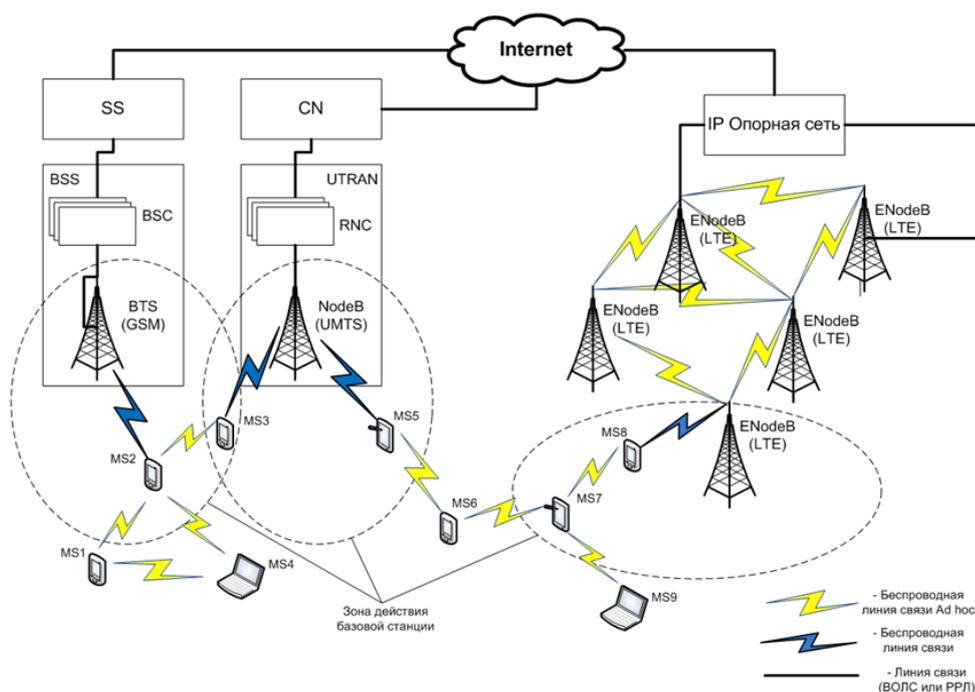


Рис.3 Функциональная схема совмещенных сетей Ad hoc и сотовой связи.

Как видно из рис.3, мобильная станция MS1, находящаяся за пределами зоны обслуживания базовых станций, может построить маршрут по беспроводной линии связи Ad hoc через мобильную станцию MS2 и получить доступ к услугам сети GSM. Кроме того, MS1 может задействовать несколько промежуточных точек, чтобы, например, получить доступ к сети UMTS. При большой плотности абонентов вариантов маршрута может быть множество, и, основываясь на радиоусловиях, пропускной способности каналов, времени задержки, мобильная станция может построить удовлетворяющий требованиям связи маршрут. Также на рис.3 видно, что данную технологию можно применять для связи нескольких базовых станций LTE между собой, что не требует подключения каждой из них к опорной IP сети.

2. MANET в самоорганизующихся сетях.

Исследование поставленной задачи проводится для развивающейся разновидности сети Ad hoc – Mobile Ad hoc Network (MANET). MANET является

беспроводной децентрализованной самоорганизующейся сетью, в которой все узлы могут быть мобильными и не иметь постоянных координат на местности.

Процесс организации передачи от узла отправителя к узлу получателю в MANET представляется рядом взаимосвязанных состояний мобильного узла, указанных на рис.4 [6].

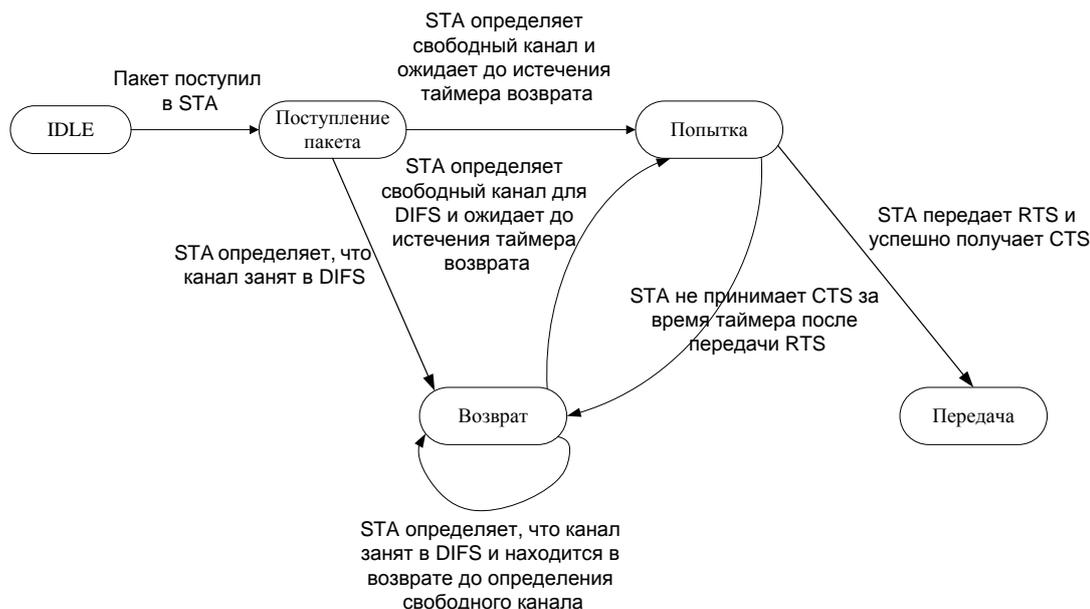


Рис. 4 Диаграмма состояний мобильного узла для стандарта MANET

В соответствии с приведенным на рис. 4 алгоритмом, при поступлении пакета запроса передачи RREQ, узел оценивает наличие свободных каналов для передачи по селективным межкадровым пространствам (англ. Discriminatory inter-frame space (DIFS)). В случае наличия свободного канала, узел переходит в состояние «Попытка» и запускает таймер перехода в состояние «Возврат». В состоянии «Попытка» реализуется механизм CSMA/CA, используемый в беспроводных сетях стандарта IEEE 802.11 для исключения коллизий кадров. В данном механизме узел, пытающийся осуществить передачу информации, посылает в сеть запрос на отправку (RTS-кадр) и ожидает получения разрешения на отправку (CTS-кадр). В

случае успешного получения от соседнего узла разрешения на отправку, промежуточный узел осуществляет передачу полезной информации, если же за время таймера возврата не происходит прием CTS-кадра, узел меняет состояние на «Возврат» и находится в данном состоянии до определения свободного канала на передачу.

Диаграмма состояний мобильного узла стандарта MANET приведена для ограничений QOS, где в качестве критериев выступают полоса пропускания и сквозная задержка. Отправитель сообщения передает в пакете RREQ минимально требуемую полосу пропускания и максимально допустимую сквозную задержку.

Процесс построения маршрута начинается с посылки пакета запроса RREQ мобильным узлом, инициирующим передачу. Первоначальный пакет RREQ содержит необходимую полосу пропускания (Δf_{des}) и максимально допустимую сквозную задержку. Любой узел сети, получающий такой запрос, оценивает параметры канала на соответствие требуемому качеству и, в случае удовлетворения QOS, транслирует пакет RREQ по сети дальше, изменив заголовок пакета, дописав туда накопившуюся задержку и свой идентификатор в сети. Предоставляемая полоса пропускания промежуточными узлами не дописывается в пакет RREQ, т.к. он будет отправлен дальше только в том случае, когда возможная к выделению полоса пропускания (Δf_{res}) промежуточного узла больше требуемой.

Перед транслированием пакета RREQ дальше в сеть, промежуточный узел должен гарантировать, что накопленная задержка ($Delay_{acc}$) меньше, чем максимально допустимая сквозная задержка ($Delay_{max}$).

В случае если промежуточный узел, обрабатывающий запрос передачи RREQ, является конечным узлом маршрута - получателем сообщения, то он транслирует обратно в сеть уже не RREQ, а ответное сообщение о построенном маршруте передачи RREP, в котором записаны все полученные характеристики построенного канала передачи и сам маршрут между мобильными узлами.

3. Алгоритм работы самоорганизующейся сети.

Основываясь на приведенных выше режимах работы мобильного узла для стандарта MANET и режимах работы мобильного узла в различных сотовых сетях связи, раскрытых во многих литературных источниках по беспроводной передаче пакетной информации, построим алгоритм работы мобильного абонента в совмещенной сети связи. Данный алгоритм должен учитывать иерархию выбора сети по приоритетам и производить оценку свободных ресурсов на осуществление обмена данных.

На рис. 5 изображен алгоритм работы для мобильного абонента в совмещенной сети, состоящей из трех основных сетей беспроводной передачи данных: на основе стандарта 802.11, сотовой сети и MANET. Как видно из алгоритма, мобильный абонент, выступающий инициатором передачи информации, производит поиск доступных сетей для осуществления передачи. Данный алгоритм обеспечивает иерархический выбор сети, в котором приоритет при организации передачи данных отдан беспроводным сетям передачи данных стандарта 802.11. Если мобильному абоненту удастся обнаружить такую сеть и процедуры

ассоциации и регистрации для нее выполняются успешно, то передача ведется исключительно по ней. В случае невозможности подключиться к сетям стандарта 802.11 по любой из причин, узел переводится в режим обнаружения зарегистрированной сотовой сети, где производятся процедуры обнаружения и регистрации в сети, а также проверка доступности каналов передачи трафика.

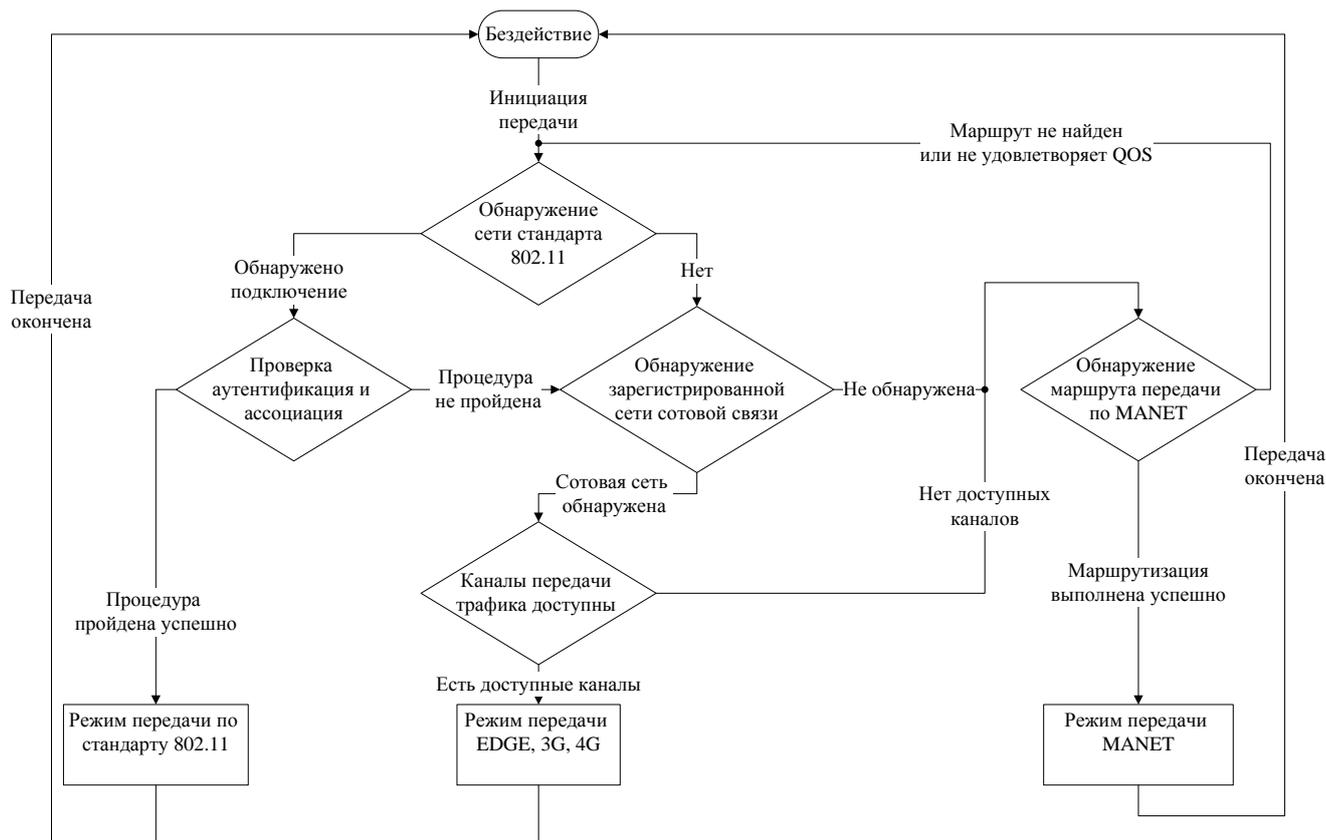


Рис.5 Алгоритм работы мобильного абонента в совмещенной сети связи

Процедура передачи по технологии MANET начинается в случае нахождения мобильного абонента вне зоны обслуживания сотовой сети или при отказе в передаче со стороны сети из-за отсутствия доступных каналов. В режиме MANET узел, инициирующий передачу данных, запускает процедуру маршрутизации. Здесь очень важно отметить, что передача будет вестись не только в случае нахождения маршрута от источника сообщения до получателя, но и требуется удовлетворение

необходимому качеству обслуживания QOS по всему каналу передачи. Функция проверки QOS ложится на алгоритм маршрутизации.

Процедуры поиска доступных сетей должны осуществляться до успешной передачи всей необходимой информации или до истечения заранее определенного таймера поиска.

4. Заключение

Данная статья посвящена новому подходу в решении задачи повышения предоставляемой скорости передачи в беспроводных сетях связи за счёт интеграции сотовых сетей связи и беспроводной децентрализованной сети связи стандарта MANET.

Проведен анализ существующей структуры сотовых сетей связи и сети MANET с точки зрения построения совмещенной сети связи с динамической структурой. На основе проведенного исследования работы мобильного абонента в сетях MANET, разработан алгоритм работы пользователей в совмещенных сетях связи. Данный алгоритм предусматривает удовлетворение необходимому качеству обслуживания QOS при построении маршрута, что является неотъемлемой частью всех пользовательских сетей связи.

Дальнейшие исследования будут посвящены написанию математического аппарата, описывающего функционирование совмещенной сети связи с динамической структурой, который позволит оценивать функционирование и проводить качественный анализ разрабатываемой системы.

Библиографический список

1. Громаков Ю.А. Родионов В.В. Настасин К.С. Способ повышения скорости передачи данных в сетях GSM на основе когнитивного радио // Электросвязь. 2012. № 1. С.21-25.
2. Аналитическая компания J'son & Partners Consulting. // URL: <http://www.json.ru/> (дата обращения: 27.01.2015).
3. Макаров С.Б., Певцов Н.В., Попов Е.А., Сиверс М.А. Телекоммуникационные технологии: введение в технологии GSM. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 256 с.
4. Кааранен Х., Ахтиайнен А. Сети UMTS. Архитектура, мобильность, сервисы. – М.: Техносфера, 2007. - 350 с.
5. Тихвинский В.О., Терентьев С.В., Юрчук А.Б. Сети мобильной связи LTE: технологии и архитектура. – М.: Эко-Трендз, 2010. - 284 с.
6. Surjeet, Arun Parkash, Rajeev Tripathi. QoS Bandwidth Estimation Scheme for Delay Sensitive Applications in MANETs. Communications and Network, 2013, 5, 1-8.