

УДК: 621.391

## **«Имитационное моделирование как средство разработки широкополосной системы связи для средств ПВО ближнего действия»**

Э.В.Федотова

### **Аннотация**

Применение системы связи в боевых условиях накладывает повышенные требования к скрытности и помехоустойчивости системы. Поэтому в разрабатываемой системе связи были использованы широкополосные сигналы, применявшиеся военными в радиолокации еще в годы второй мировой войны. Главное преимущество их применения в том, что они делают сложные сигналы похожими на случайный шум, поэтому и получили название шумоподобных сигналов.

Высокая стоимость изготовления аппаратуры связи делает актуальным на этапе проектирования и синтеза использование имитационных моделей.

Разработана и представлена имитационная модель, предназначенная для разработки и отладки алгоритмов формирования и функционирования широкополосной беспроводной системы связи, обладающей мобильностью. Алгоритмы, отрабатываемые на модели, реализованы в новой аппаратуре системы связи.

### **Ключевые слова**

имитационная модель; децентрализованная сеть; широкополосные сигналы; кластеризация; синхронизация.

### **Введение.**

Развитие высокоточного оружия (ВТО) и все более активное его применение в вооруженных конфликтах по всему миру, остро ставит проблему надежных и эффективных комплексов защиты от ВТО. Система передачи данных в таких комплексах также должна

отвечать самым строгим требованиям и соответствовать современному уровню развития науки и техники.

При разработке средств противовоздушной обороны (ПВО) ближнего действия особое внимание уделяется созданию перспективной системы связи реального времени (СС РВ), основанной на технологиях широкополосного радиодоступа. Необходимость такой разработки вызвана новыми функциями и свойствами комплексов ближнего действия [1], не осуществимыми с помощью имеющихся на сегодняшний день систем связи. Основными параметрами систем связи, требующими улучшения являются скорость передачи данных, помехоустойчивость сети и мобильность.

Основным назначением разрабатываемой системы связи является формирование беспроводной децентрализованной сети передачи данных. Такие децентрализованные беспроводные сети в зарубежной литературе получили название Ad Hoc Networks (Ad Hoc – в переводе с англ. – «специализированный»), что отражает нестандартную архитектуру сети. Мобильный вариант адаптивных сетей называют Mobile Ad Hoc Networks (MANET) [2]. Т.к. специфика применения разрабатываемой системы связи накладывает повышенные требования к скрытности, разведзащищенности и помехоустойчивости системы, при ее разработке были использованы методы расширения спектра [3]. Аппаратура СС РВ в составе такой системы автоматически подключает новых абонентов к сети при их появлении в зоне действия сети. Важным требованием является мобильность сети – вхождение в сеть и обмен информационными пакетами между абонентами должно осуществляться в движении на скорости порядка 60км/ч. Каждый элемент сети может выполнять функции ретранслятора и перенаправлять идущие через него транзитные данные. Аппаратура связи, таким образом, автоматически создает единое сетевое информационное пространство и единое временное поле, в котором все абоненты равноправны. Абонент может осуществлять обмен данными одновременно по шести независимым направлениям, в каждом из которых может в режиме временного разделения обслуживать до восьми абонентов. Одновременно в сеть может входить до 255 абонентов. Доступ абонентов к единой среде основан на кодовом разделении каналов. Время формирования сети с максимально возможным количеством абонентов не должно превышать 30 сек.

На практике современные мобильные децентрализованные сети и потенциальная область их применения являются гораздо более сложным объектом исследования, нежели традиционные централизованные сотовые сети. В отличие от централизованных сетей радиосвязи, для анализа и синтеза которых существуют как аналитические методы, так и средства имитационного моделирования, анализ распределенных MANET сетей в настоящее

время производится чаще путем анализа на основе компьютерного моделирования, средствами которого являются специализированные программы симуляторы (наиболее распространенными являются Qualnet и ns-2) [4]. Результаты, получаемые на основе такого анализа, носят частный характер в силу ограниченности симулятора существующими протоколами и встроенными моделями, которые могут не отвечать условиям работы синтезируемой сети. Выходом является либо разработка «своих» моделей на языке симулятора, либо разработка «своего» симулятора с нуля на языке высокого уровня, но и то, и другое, носит частный характер в силу конкретности решаемой задачи. Нами было отдано предпочтение разработке «своей» программы симулятора сети, отвечающей всем особенностям разрабатываемой аппаратуры связи.

Разрабатываемая имитационная модель позволяет исследовать требуемые характеристики информационного обмена между абонентами сети при различных топологических конфигурациях.

### **Описание модели**

Модель предназначена для выбора структуры основных алгоритмов и протоколов, обеспечивающих автоматическое вхождение нового абонента в сеть при появлении его в зоне действия сети и поддержание установленных каналов связи между абонентами в течение всей работы сети.

Для упрощения работы с большим количеством абонентов, вводятся кластеры (рис. 1). Кластер представляет собой группу абонентов, объединенных каналами связи, в которой выбирается одна головная (главная) станция кластера (ГСК), остальные назначаются ведомыми (подчиненными) станциями кластера (ВСК). Организация работы сети осуществляется головными станциями кластера. У каждой головной станции кластера может быть до 48 каналов связи с ведомыми станциями и ее основной задачей является динамическое управление временным разделением каналов между всеми абонентами своего кластера. Кластерная сетевая архитектура подразумевает, что любая станция может взять на себя роль головной станции кластера в любой момент времени, что обеспечивает устойчивость сети к изменениям топологии (движение, появление и исчезновение станций). В частности, именно свобода выбора каждого абонента на роль головной станции кластера, обеспечивает децентрализованность сети.

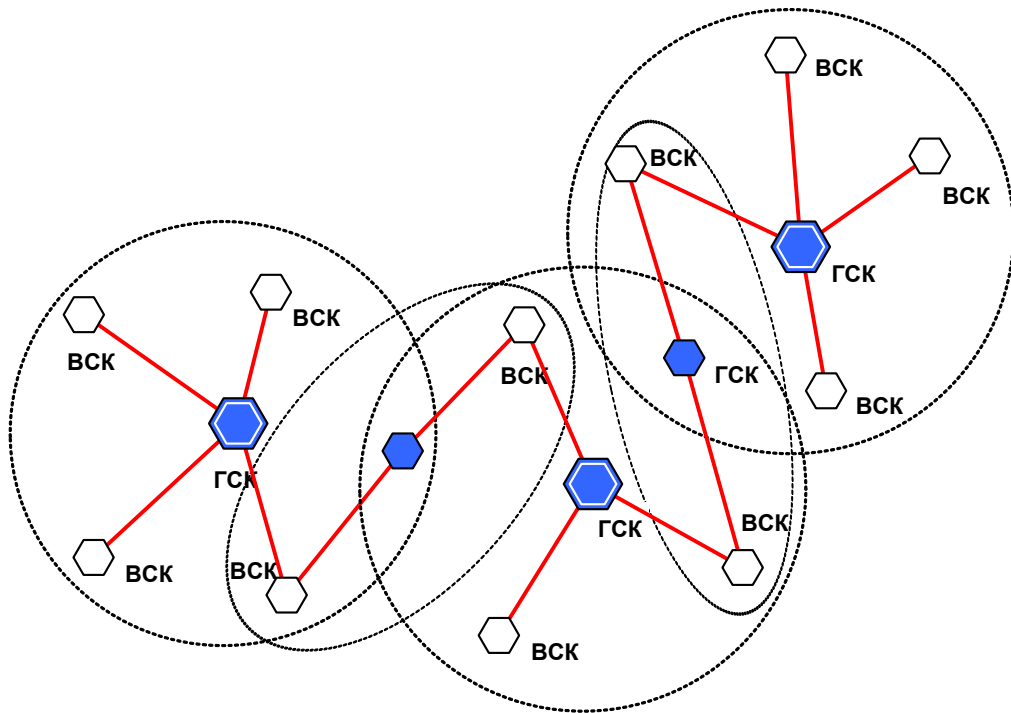


Рис.1 Кластерная архитектура сети.

Особенностью разрабатываемой сети является то, что вся сеть должна работать синхронно. Т.е. в момент, когда один абонент работает на передачу данных, то все присоединенные к нему абоненты во всех шести направлениях работают на прием, и наоборот. Сеть строится из чередующихся друг за другом передающих и принимающих абонентов. На рис.2а показан момент времени, когда 5 абонентов сети передают информационные пакеты, а все остальные абоненты принимают информацию. А на рис.2б показан следующий момент времени, когда только эти 5 абонентов работают на прием, а все остальные абоненты работают на передачу. Т.е. кадры приема и передачи данных у абонентов последовательно следуют друг за другом. В результате вся сеть работает синхронно.

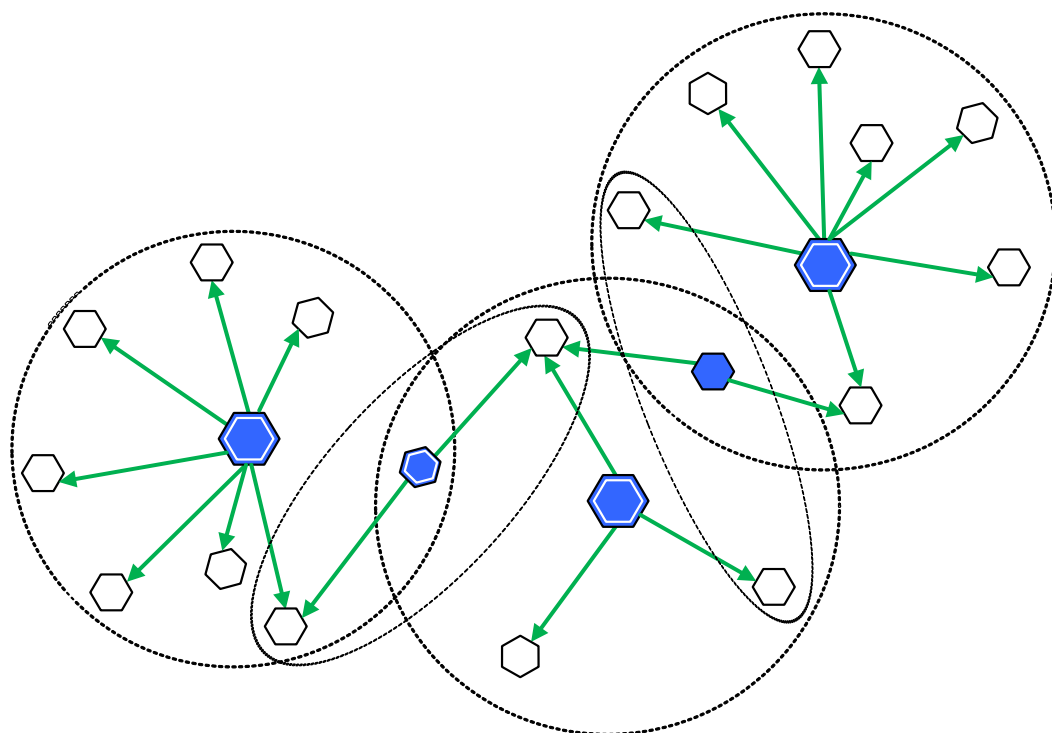


Рис. 2а Синхронная работа сети. Текущий кадр работы сети.  
 (Стрелка указывает направление передачи данных между абонентами).

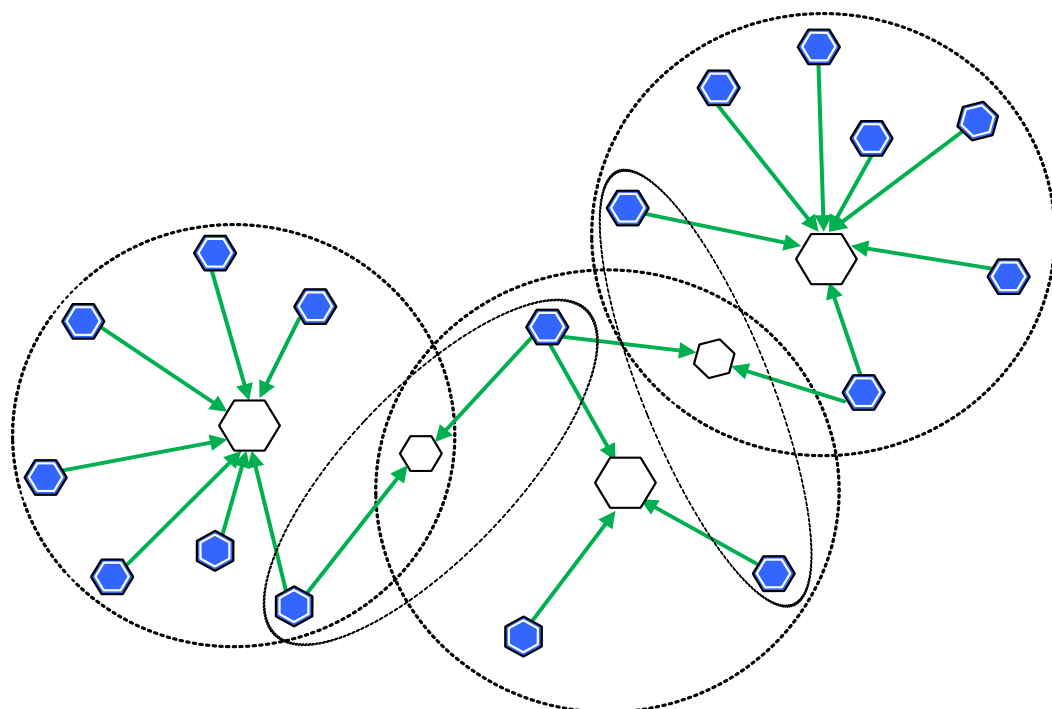


Рис. 2б Синхронная работа сети. Следующий кадр работы сети.  
 (Стрелка указывает направление передачи данных между абонентами).

Для децентрализованной сети маршрутизация является ключевым аспектом функционирования системы. Под маршрутизацией понимается процесс определения маршрута следования информации в сетях связи. Задача алгоритма маршрутизации

заключается в том, что базируясь на информации о топологии и состоянии сети, определить наилучший, с точки зрения заданных критериев, путь. Критерием, например, может быть пропускная способность канала, число пролетов между абонентами, надежность или загруженность канала. Алгоритм маршрутизации обеспечивает надежный обмен данными при изменении структуры сети в реальном масштабе времени. Т.е. при изменении месторасположения и количества абонентов, входящих в сеть, сохраняется эффективный и устойчивый к внешним воздействиям обмен данными [5].

Таким образом, функционирование сети обеспечивают следующие алгоритмы:

- алгоритм кластеризации сети;
- алгоритм синхронизации сети;
- алгоритм маршрутизации.

Данные алгоритмы обеспечивают:

- включение вновь прибывшего абонента в сеть;
- объединение нескольких подсетей в единую сеть.

Модель системы связи включает в себя программные модули, обеспечивающие имитацию функционирования элементов (блоков) системы связи и выполнения функций обработки информации и управления сетью.

Состав модели системы связи (рис. 3):

- модель базового блока (МББ);
- модель блока каналообразования (МБК);
- модель физического пространства (МФП).

Модель базового блока (МББ) позволяет отработать основные алгоритмы, участвующие в построении и поддержании функционирования сети: алгоритм синхронизации абонентов, алгоритм кластеризации сети, определить критерии выбора номера сектора абонента при одновременном приеме сигнала от соседнего абонента сразу двумя секторами (процедура хэндовера).

Модель блока каналообразования (МБК) имитирует сектор абонента. Каждый из шести секторов осуществляет сканирование пространства в секторе  $70^\circ$  по азимуту и  $30^\circ$  по углу места, обнаружение, установление соединения и обмен информацией с абонентами по отдельному частотному радиоканалу.

Модель физического пространства (МФП) имитирует среду распространения радиосигнала. МФП, учитывая основные условия распространения радиоволн в

пространстве, такие как замирание, переотражение, поглощение, рассеивание, просчитывает уровень входного сигнала сектора абонента.

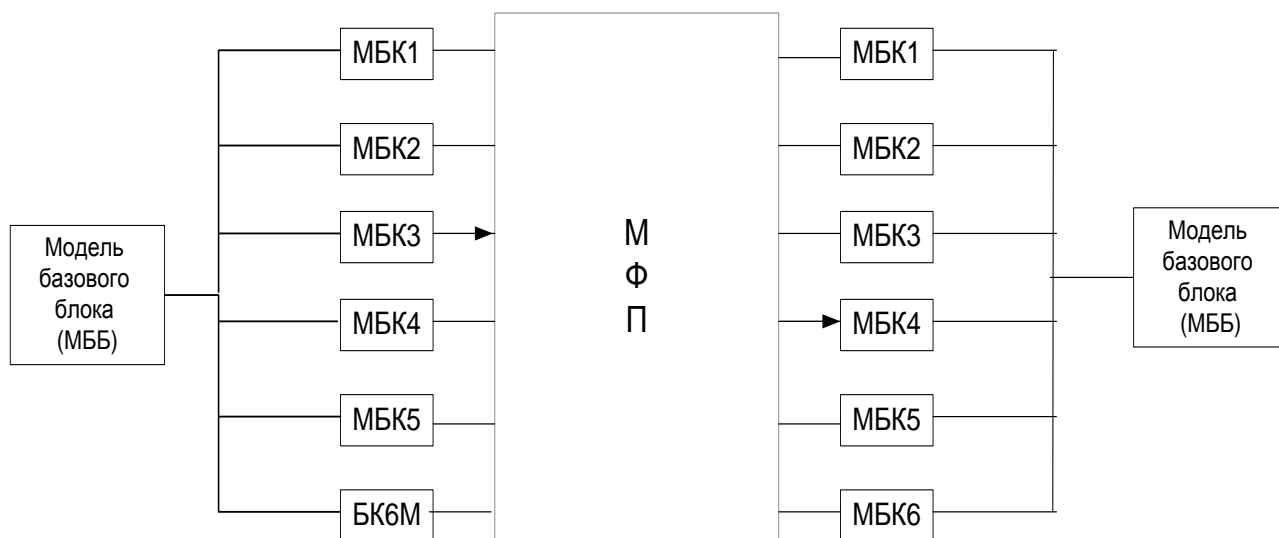


Рис. 3 Схема взаимодействия блоков модели системы связи.

Входными данными модели являются:

- массив уникальных идентификационных номеров всех абонентов;
- координаты всех абонентов, входящих в сеть;
- азимут каждого абонента (угол поворота абонента относительно направления на север);
- время включения абонента;
- время начала и окончания движения;
- траектории движения абонентов.

Результатами моделирования являются следующие показатели функционирования сети:

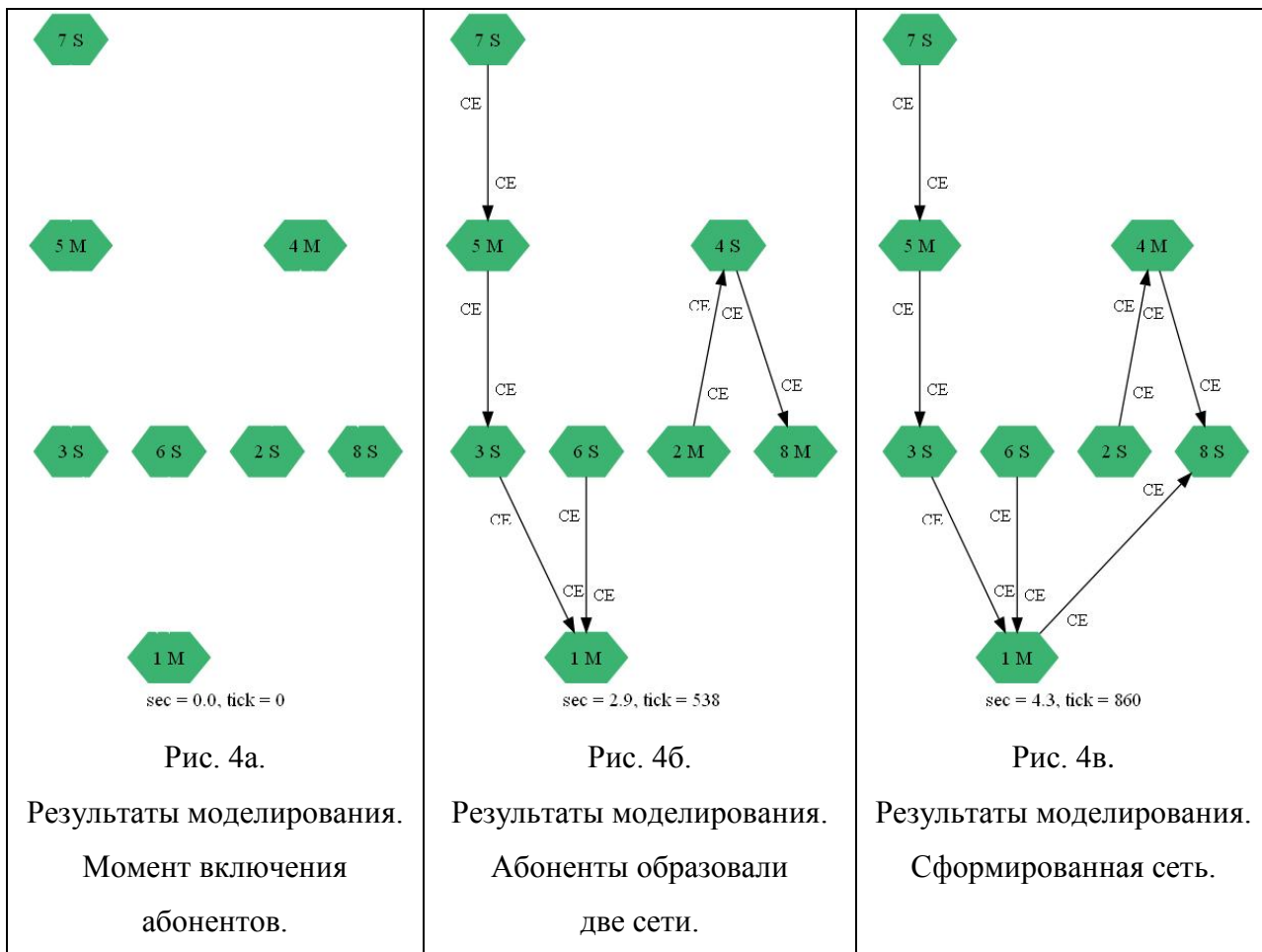
- длительность вхождения абонента в сеть;
- длительность перестройки сети при изменении топологии;
- длительность формирования сети;
- загрузка каналов абонента (суммарное время обработки пакетов, максимальная за период моделирования длина очереди пакетов в буферах ввода и вывода);
- усредненное время доведения пакетов информации на заданных направлениях обмена.

#### **Выводы.**

В процессе моделирования сохраняется и отображается каждый шаг процесса формирования сети (рис. 4). Анализ процесса формирования сети позволяет:

- отладить процесс установления и поддержания канала связи при движении абонентов;
- свести к минимально возможному значению время вхождения абонента в сеть;
- свести к минимально возможному значению время объединения двух и более сетей.

Анализ каждого шага построения сети позволяет улучшить показатели функционирования сети, описанные выше.



На имитационной модели были отработаны алгоритмы синхронизации и кластеризации на 50 абонентах (рис. 5). Для этого были рассмотрены различные траектории движения абонентов с различной первоначальной топологией сети. Для сети, включающей 50 абонентов, были получены следующие результаты: среднее время вхождения абонента в сеть = 2.7сек, среднее время формирования сети = 37.2сек, время объединения двух сетей = 7.1сек.

Ближайшими задачами является обработка вышеописанных алгоритмов на 255 абонентах и сокращение времени вхождения абонента в сеть и времени формирования сети.



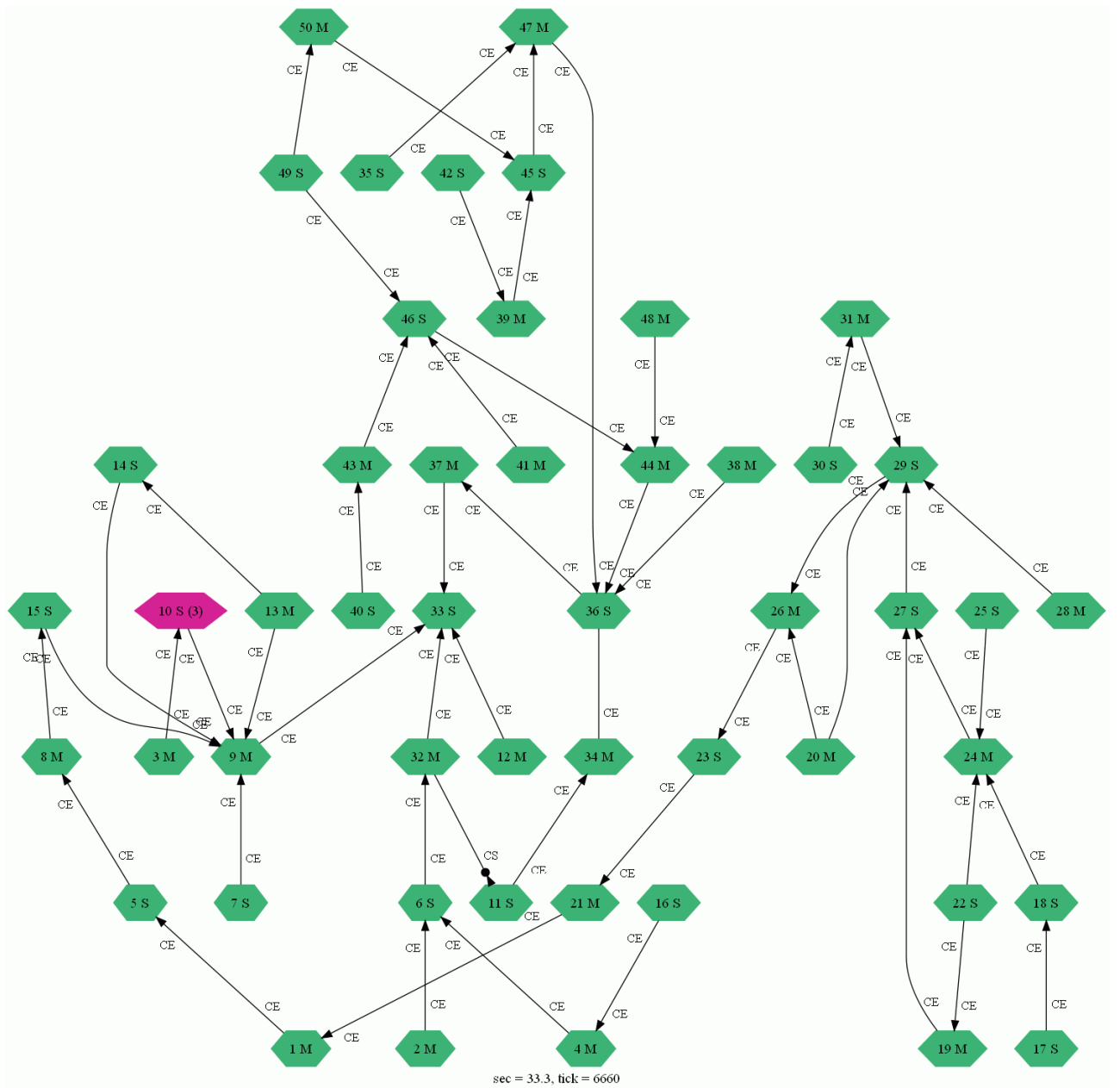


Рис. 5. Результаты моделирования: сформированная сеть из 50 абонентов.

Стрелка показывает направление синхронизации, М – ГСК, S – ВСК.

### **Библиографический список.**

1. ВКО №1 2010г. с. 8– 17.
2. Murthy C., Manoj B. Ad Hoc Wireless Networks: Architectures and Protocols. Prentice Hall: Upper Saddle River, NJ. 2004.
3. Скляр, Бернард. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. Изд.2-е, испр.: Пер. с англ. – М. : Издательский дом «Вильямс», 2003. – 1104с.
4. <http://www.networksimulation.ru/>
5. Миночкин А.И., Романюк В.А. Методология оперативного управления мобильными радиосетями // Зв'язок. 2005. № 2. С. 53 – 58.

### **Сведения об авторах.**

Федотова Элина Владимировна, ведущий инженер, ОАО «ГСКБ «Алмаз-Антей», тел.: +7 (499) 943-96-26, +7 (925) 051-91-75, e-mail: [elina.fed@mail.ru](mailto:elina.fed@mail.ru)