

АНАЛИЗ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ МОБИЛЬНЫХ БЕСПРОВОДНЫХ САМООРГАНИЗУЮЩИХСЯ СЕТЕЙ СВЯЗИ

В.В. ШАБОЛТИЕВ

*Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»
пр-т Независимости, 220, г. Минск, 220057, Республика Беларусь
enliven001@mail.ru*

В докладе представлены подходы к моделированию мобильной беспроводной самоорганизующейся сети связи, отражены взаимосвязи между различными составляющими ее математической модели.

Ключевые слова: протокол автоконфигурации, мобильная беспроводная самоорганизующаяся сеть, одноранговая сеть, сетевая топология, кластеризация.

При создании и адаптации существующих протоколов автоконфигурации и маршрутизации к особенностям функционирования мобильных беспроводных самоорганизующихся сетей (МБСС), получивших широкое распространение в гражданской и военной сферах, выбор и обоснование математической модели мобильной беспроводной сети является ключевым этапом.

Мобильная беспроводная самоорганизующаяся сеть в общем случае представляет собой одноранговую сеть, состоящую из однотипных узлов, взаимодействующих между собой по беспроводным каналам связи. Большой популярностью пользуется представление МБСС в виде графа $G = (V, E)$, как частный случай – в евклидовом пространстве. Множество V отражает совокупность узлов сети, а множество E содержит совокупность ребер между двумя любыми узлами сети, связь между которыми может быть установлена напрямую (без посредников или ретрансляций). Согласно [1], данный подход обладает значительной гибкостью и позволяет строить модели разного уровня сложности при необходимости учета особенностей различных уровней сети, включая физический и уровень доступа, учитывая те же коммуникационные возможности сети.

Сетевая топология МБСС может быстро и непредсказуемо изменяться вследствие изменения количества узлов, взаимного перемещения узлов, ограниченной и изменяющейся протяженности каналов связи, относительно низкой помехоустойчивости каналов связи и других факторов. Поэтому важной задачей является определение подходящей топологии, на основе которой будут применимы высокоуровневые протоколы. Степень пригодности топологии оценивается по нескольким критериям, включая связность, энергетическую эффективность и мобильность.

Среди моделей связности одной из наиболее простых является граф окружностей единичного радиуса. В ней не учитывается наличие помех и препятствий, качество связи между узлами, что делает ее непригодной для построения алгоритмов управления топологией при многоскачковых связях. Расширение возможностей графа единичных окружностей по моделированию вероятностных связей между соседними узлами (частично учитывается наличие препятствий) присуще графу квазиединичных окружностей [1]. Следующей относительно простой моделью МБСС может служить неориентированный граф. Случайное расположение двухсторонних связей и невозможность использования геометрических свойств сети сильно ограничивают ее применение при моделировании реальных сетей, так как требуют построения более сложных алгоритмов.

Поведение гетерогенной мобильной беспроводной сети, узлы которой имеют различную дальность передачи, может быть учтено при помощи ориентированного графа. Взвешенный граф позволяет моделировать сети, в состав которых входят узлы, отличающиеся по своим вычислительным и коммуникационным возможностям, устанавливающие между собой каналы связи с различной пропускной способностью. Весом могут обладать вершины (узлы) и ребра (линии связи). Взвешенный граф может быть как ориентированным, так и неориентированным.

При разработке графовой модели реальной сети необходимо учитывать тот факт, что связность узлов в беспроводной сети, то есть наличие ребра между двумя вершинами графа, в большой мере определяется характером распространения радиоволн и интерференцией сигналов. В общем случае модели, описывающие с высокой точностью распространение радиоволн, являются очень сложными и строятся для конкретной области пространства. Обычно для анализа функционирования сети применяют упрощенные модели, учитывающие, например, только зависимость уровня сигнала от расстояния или использующие только ограниченное число лучей (обычно два) при многолучевом распространении радиоволн. Модели интерференции обычно накладываются на модели связности или рассматриваются параллельно.

Важен правильный выбор топологии для разрабатываемых алгоритмов высокого уровня. На рис. 1 приведены основные модели управления топологией [1].

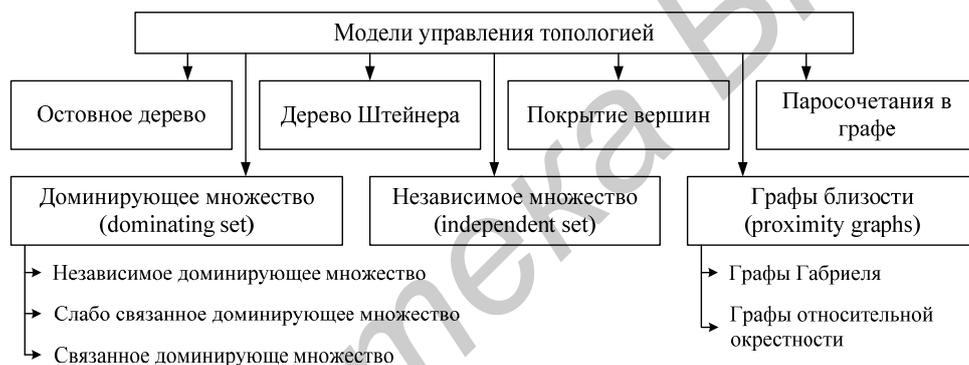


Рис. 1. Модели управления топологией

Взаимное перемещение узлов накладывает дополнительные требования к разрабатываемым протоколам МБСС, поэтому его необходимо учитывать при разработке общей модели сети. Выделяют три основные модели движения узлов в МБСС [1]: модель случайного пункта назначения, модели случайного направления, модель Гаусса – Маркова.

Проведенный обзор показал, что основой для анализа и синтеза протоколов автоконфигурации и маршрутизации МБСС военного назначения, использующих идею кластеризации сети, являются математические модели управления топологией. Наиболее подходящими являются модели доминирующего множества. Алгоритм формирования кластеров должен исполняться распределенно всеми узлами сети. Наложение модели доминирующего множества на модель связности, принимающую во внимание геометрические свойства сети (геометрический случайный граф с логнормальной радиомоделью и протокольной моделью интерференции), позволит с достаточной степенью точности отразить физические свойства реальной сети. В качестве модели движения достаточно будет использовать модель случайного пункта назначения.

Список литературы

1. Erciyas K. et al. // Book Chapter. 2010. P. 134–168.