

(ОЗНАКОМИТЕЛЬНЫЙ ФРАГМЕНТ)

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УДК 004.7:004.942+519.179.2-(043)

АДУЦКЕВИЧ
Иван Анатольевич

**АНАЛИЗ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ БЕСПРОВОДНЫХ
ОДНОРАНГОВЫХ СЕТЕЙ С ЯЧЕЙСТОЙ ТОПОЛОГИЕЙ**

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

по специальности
05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации»

Минск 2012

Работа выполнена в Белорусском государственном университете.

Научный руководитель

– **Садов Василий Сергеевич**,
кандидат технических наук, доцент, доцент
кафедры интеллектуальных систем
факультета радиопизики и компьютерных
технологий Белорусского государственного
университета.

Официальные оппоненты:

Демиденко Олег Михайлович,
доктор технических наук, профессор,
проректор по научной работе УО
«Гомельский государственный университет
имени Франциска Скорины»;

Родченко Вадим Григорьевич,
кандидат технических наук, доцент,
заведующий кафедрой программного
обеспечения интеллектуальных и
компьютерных систем УО «Гродненский
государственный университет имени Янки
Купалы».

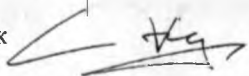
Оппонирующая организация – Государственное учреждение "Научно-исследовательский институт Вооруженных Сил Республики Беларусь".

Защита состоится 14 декабря 2012 г. в 12.00 часов на заседании совета по защите диссертаций Д 02.01.14 при Белорусском государственном университете по адресу: 220030, г. Минск, ул. Ленинградская, 8 (корпус юридического факультета), ауд. 407; телефон ученого секретаря 209-57-09.

С диссертацией можно ознакомиться в Фундаментальной библиотеке Белорусского государственного университета.

Автореферат разослан «13» ноября 2012 г.

Ученый секретарь
совета по защите диссертаций
доктор физико-математических наук



В. А. Саечников

ВВЕДЕНИЕ

Мобильные беспроводные одноранговые сети представляют собой автономную систему, которая состоит из мобильных узлов, связанных друг с другом без статической инфраструктуры (например, базовых станций). Они используются в ситуации, когда необходимо организовать сеть между вычислительными устройствами в условиях отсутствия либо нежелательности использования инфраструктуры, обеспечивающей сетевое взаимодействие. Эти сети получают все большее распространение в последние годы и в военных сценариях, благодаря своим очевидным преимуществам в условиях ограниченных ресурсов, таких как разведка и боевые операции. Данные сети характеризуются ячеистой топологией и многоскачковой передачей данных.

Несмотря на видимые преимущества и потенциальные возможности беспроводных одноранговых сетей, они еще далеки от использования в повседневной жизни. На сегодняшний день разработано большое количество различных реализаций беспроводных одноранговых сетей, однако все они оптимизированы для решения отдельных прикладных задач и для оценки производительности той или иной сети необходимо разрабатывать методики, позволяющие оценить функционирование сети в целом.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Связь работы с крупными научными программами и темами

Тема диссертационной работы утверждена на заседании Учёного Совета факультета радиофизики и компьютерных технологий Белорусского государственного университета 19 июня 2012 г. (протокол № 12).

Работа посвящена анализу производительности беспроводных одноранговых сетей с мобильными узлами, что соответствует техническим наукам и специальности 05.13.01 – системный анализ, управление и обработка информации.

Диссертационная работа проводилась в рамках:

– ГКПНИ «Научные основы информационных технологий и систем» на 2006 – 2010 годы (ИНФОТЕХ-14). Задание - «Разработка устойчивых к внешним атакам алгоритмов повышения пропускной способности стеганографических каналов передачи данных», № гос. рег. 20061227;

– ГПНИ «Информатика и космос», подпрограмма «Информатика», задание - «Разработка методов и алгоритмов обработки хранения и скрытной передачи данных с использованием хаотических процессов» на 2011-2013 годы, № гос. рег. 20115016.

Цели и задачи исследования

Целью диссертационных исследований является разработка обобщенного подхода к моделированию мобильных беспроводных одноранговых сетей с ячеистой топологией и оценки их производительности.

Задачи исследования:

1. Сравнение базовых характеристик различных моделей беспроводных одноранговых сетей.
2. Оценка влияния способов организации доступа к общей среде передачи данных на пропускную способность беспроводных одноранговых сетей с ячеистой топологией.
3. Разработка имитационной модели функционирования узла беспроводной одноранговой сети с ячеистой топологией для передачи потоков неоднородных сообщений.
4. Разработка методики оценки производительности беспроводных одноранговых сетей, инвариантной по отношению к выбранной модели сети.

На момент формулирования цели и постановки задач диссертационной работы большой практический интерес с точки зрения развития беспроводных сетевых технологий представляли новые методики анализа мобильных беспроводных одноранговых сетей с ячеистой топологией, которые могли бы дать оценку производительности сети в целом. Таким образом, **объектом исследований** являются беспроводные одноранговые сети с ячеистой топологией; **предметом исследований** – параметры производительности беспроводных одноранговых сетей.

Положения, выносимые на защиту

1. По результатам сравнения различных моделей беспроводных одноранговых сетей предложено выразить параметры производительности сети через среднее значение количества связей узла (среднюю степень узла), что позволило использовать более простые случайные графы вместо сложного в реализации случайного логнормального геометрического графа, снизив в 3-5 раз вычислительную нагрузку при анализе сетей с большим количеством узлов.
2. Установлено, что доля активных узлов для различных классов MAC-протоколов и пропускная способность сети для собственного трафика узла в реальных беспроводных одноранговых сетях с равномерно распределенными по всей зоне обслуживания сети узлами ограничены сверху и снизу соответственно значениями этих параметров, полученными для моделей случайного графа Эрдеша-Реньи и случайного геометрического графа с затуханием.
3. Алгоритм имитационного моделирования узла сети комбинацией систем массового обслуживания (СМО) требований случайного объема при

использовании общей памяти. Алгоритм позволяет анализировать мультисервисные сети, характерными особенностями которых являются отдельные очереди, дисциплины обслуживания и обслуживаемые устройства для различных типов трафика. Общая память для комбинаций СМО обеспечивает динамическое перераспределение ресурсов узла между обслуживаемыми устройствами, при этом вероятность потери требования на каждой СМО уменьшается для всех выбранных конфигураций по сравнению с изолированной работой СМО с теми же параметрами.

4. Методика оценки производительности беспроводных одноранговых сетей с ячеистой топологией, включающая определение диапазона допустимых значений пропускной способности сети для собственного трафика узла по заданным характеристикам его приемопередающего устройства и условиям функционирования сети, и оценку вероятности потерь и задержки передачи данных с помощью имитационного моделирования.

Личный вклад соискателя

Соискателем выполнены все изложенные в диссертации исследования. Постановка задач и обсуждение результатов проводились совместно с научным руководителем и сотрудниками кафедры интеллектуальных систем Белорусского государственного университета. Соавторы опубликованных работ принимали участие в проведении отдельных экспериментов и обсуждении промежуточных и конечных результатов. Обработка, интерпретация данных, а также выводы сделаны автором самостоятельно.

Апробация результатов диссертации

Основные результаты диссертационной работы докладывались на следующих научных конференциях:

- X международной летней школе-семинаре аспирантов, магистров и студентов (Браслав, 2006);
- I международной научно-практической конференции «Технические науки – основа современной инновационной системы» (Йошкар-Ола, 2012);
- VII международной научно-практической конференции «Математическое и имитационное моделирование систем. МОДС «2012» (Чернигов-Жукин, 2012);
- XVII Международной научно-технической конференции «Современные средства связи» (Минск, 2012).

Результаты исследований внедрены в учебный процесс на факультете радиофизики и компьютерных технологий Белорусского государственного университета, а так же используются в проектах компании ООО «Леверекс

Интернешнл», являющейся резидентом Парка высоких технологий Республики Беларусь, что подтверждено соответствующими актами.

Опубликованность результатов диссертации

Основные результаты диссертации опубликованы в 8 научных работах, в том числе в 5 статьях в научных журналах в соответствии с п.18 Положения о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий в Республике Беларусь (общим объемом 2,2 авторского листа), а также в 3 статьях в сборниках материалов научных конференций.

Структура и объем диссертации

Диссертация состоит из оглавления, введения, общей характеристики работы, 4 глав, заключения, библиографического списка, 3 приложений. Полный объем диссертации составляет 130 страниц, включая 73 рисунка на 30 страницах и 3 приложения на 31 странице. Библиографический список включает 52 наименования (включая собственные публикации соискателя).

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ

В первой главе проведено сравнение существующих моделей мобильных беспроводных одноранговых сетей с ячеистой топологией и определены основные параметры производительности, которые были исследованы в диссертации. Моделирование беспроводной одноранговой сети проводилось в виде графа, где множество вершин графа состоит из узлов сети, а множество ребер – каналы передачи данных (соединения).

Беспроводные одноранговые сети исследовались в предположении, что канал передачи данных между узлами одинаков в обоих направлениях, а шумовые характеристики среды незначительны. Если сигнал, переданный одним узлом сети, принят другим узлом и уровень сигнала на приемнике превышает минимально необходимый порог мощности, полагается, что связь между узлами установлена.

Наибольшее распространение получили следующие модели: случайный граф Эрдеша-Реньи, граф двумерной целочисленной решетки, масштабно-инвариантный граф, случайный геометрический граф.

Узлы в беспроводных одноранговых сетях передают данные, создаваемые в процессе работы устройств, подключенных к узлу (например, микрофон, различные датчики, видеочамера и т.д.), а также данные принятые от соседних узлов для ретрансляции. Исходя из этого общее количество информации, передаваемое узлом, зависит от среднего расстояние между узлами, другими

словами от среднего количества ретрансляций сообщения (скачков) между исходным узлом и узлом назначения.

Процесс функционирования устройств, подключенных к узлу, принято моделировать с использованием простейшего потока событий. Полагая, что все узлы сети идентичны (к ним подключены одни и те же устройства, генерирующие трафик), средние значения генерируемого собственного трафика для каждого узла за фиксированный промежуток времени считают одинаковыми. Для простейшего потока событий интенсивность потока λ – это среднее число событий, происходящих в единицу времени. Если $E[h]$ – среднее расстояние между узлами в сети, то в среднем между любыми двумя узлами находится $E[h] - 1$ узлов ретрансляторов. В сети с равномерно распределенными по всей зоне обслуживания узлами справедливо предположение, что любой узел в сети может быть ретранслятором трафика для любого другого узла в сети с вероятностью $(E[h] - 1)/(N - 1)$, а ожидаемый поток событий будет равен $\lambda(E[h] - 1)/(N - 1)$. Принимая во внимание свойство суммы простейших потоков, интенсивность потока ретранслируемого трафика составляет $\lambda(E[h] - 1)$. Очевидно, что суммарный трафик передаваемый узлом состоит из суммы собственного и ретранслируемого:

$$\Lambda = \lambda + \lambda(E[h] - 1) = \lambda E[h]. \quad (1)$$

Учитывая свойство простейшего потока, можно перегруппировать суммарный поток требований по типу трафика. Таким образом, очевидным способом перераспределения пропускной способности сети является управление раздельными очередями пакетов.

Анализ публикаций, относящихся к моделям геометрических и абстрактных беспроводных одноранговых сетей, позволил сделать следующие выводы.

– Для моделирования топологии сети используются различные случайные графы. Наиболее точной моделью беспроводных одноранговых сетей является модель случайного логнормального геометрического графа. Однако использование данной модели не всегда оправдано ввиду сложности реализации, а результаты, полученные с помощью абстрактных моделей, не всегда можно сравнить с геометрическими. Поэтому существует необходимость выработки принципов расчета характеристик сети, инвариантного к выбранной модели.

– Разработанные специализированные протоколы организации совместного доступа к общей среде передачи данных в беспроводных сетях оптимизированы для решения конкретных прикладных задач, поэтому для оценки их влияния на пропускную способность сети в каждом случае требуется

2. Разработанный программный комплекс оценки производительности беспроводных одноранговых сетей с ячеистой топологией внедрен в учебный процесс на факультете радиофизики и компьютерных технологий Белорусского государственного университета, а так же используется в проектах компании ООО «Леверекс Интернешнл», являющейся резидентом Парка высоких технологий Республики Беларусь.

3. Дальнейшие исследования, нацеленные на усовершенствование алгоритма имитационной модели комбинаций СМО с общей памятью, целесообразно проводить в направлении увеличения количества моделей используемых в комбинации, что позволит расширить возможности для оптимизации проектируемых систем.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в журналах и сборниках

1. Адуцкевич, И.А. Анализ протоколов динамической маршрутизации в беспроводных ячеистых сетях / И.А. Адуцкевич, В.С. Садов // Инженер. вестн. – 2006. – № 1/2. – С. 117–124.

2. Адуцкевич, И.А. Система с ограниченной памятью и абсолютным приоритетом / И.А. Адуцкевич, О.М. Тихоненко // Электроника-инфо. – 2009. – № 4. – С. 50–54.

3. Адуцкевич, И.А. Влияние MAC протокола на пропускную способность беспроводной одноранговой сети с ячеистой топологией / И.А. Адуцкевич // Электроника-инфо. – 2012. – № 3. – С. 66–69.

4. Адуцкевич, И.А. Моделирование характеристик беспроводных информационных одноранговых сетей как комбинаций система массового обслуживания с общей памятью / И.А. Адуцкевич, В.С. Садов // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. С, Фундаментальные науки. – 2012. – № 4. – С. 21–26.

5. Адуцкевич, И.А. Анализ производительности беспроводных одноранговых сетей с ячеистой топологией / И.А. Адуцкевич // Наука и воен. безопасность. – 2012. – № 3. – С. 47–51.

Статьи в сборниках международных научных конференций

6. Адуцкевич, И.А. Доля активных узлов в различных моделях беспроводных одноранговых сетей / И.А. Адуцкевич // Технические науки – основа современной инновационной системы : материалы I междунар. науч.-

практ. конф., Йошкар-Ола, 25 апр. 2012 г. : в 2 ч. / Приволж. науч.-исслед. центр ; отв. за вып. А.В. Бурков. – Йошкар-Ола, 2012. – Ч. 2. – С. 139–140.

7. Адуцкевич, И.А. Методика оценки функционирования беспроводных одноранговых сетей с ячеистой топологией / И.А. Адуцкевич // Математическое и имитационное моделирование систем. МОДС – 2012 : тез. докл. VII междунар. науч.-практ. конф., Чернигов – Жукин, 25–28 июня 2012 г. / Нац. акад. наук Украины [и др.] ; редкол.: В.В. Казимир [и др.]. – Чернигов, 2012. – С. 226–230.

8. Адуцкевич, И.А. Способ оценки пропускной способности мобильных беспроводных одноранговых сетей инвариантный по отношению к выбранной модели сети / И.А. Адуцкевич // Современные средства связи : сб. материалов XVII междунар. науч.-техн. конф., Минск, 16–18 окт. 2012 г. / Высш. гос. колледж связи [и др.] ; редкол.: А.О. Зеневич [и др.]. – Минск, 2012. – С. 60–61.

РЭЗІЮМЭ

Адуцкевіч Іван Анатольевіч

АНАЛІЗ ПРАДУКЦЫЙНАСЦІ БЕСПРАВАДНЫХ АДНАРАНГАВЫХ СЕТАК З ЯЧЭІСТАЙ ТАПАЛОГІЯЙ

Ключавыя словы: бесправадная сетка, аднарангавая сетка, ячэістая тапалогія, сістэма масавага абслугоўвання, імітацыйнае мадэляванне, прапускная здольнасць, выпадковы граф.

Мэта працы: распрацоўка абагульненага падыходу да мадэлявання мабільных бесправадных аднарангавых сетак з ячэістай тапалогіяй і ацэнкі іх прадукцыйнасці

Метады даследавання: У дысертацыйнай працы выкарыстаны тэорыя масавага абслугоўвання, тэорыя графаў, метады імітацыйнага мадэлявання, а таксама сучасныя метадыкі і сродкі распрацоўкі праграмнага забеспячэння.

Атрыманы новыя вынікі: 1) падыход да ацэнкі прадукцыйнасці бесправадных аднарангавых сетак з ячэістай тапалогіяй, які дазваляе, для выпадку раўнамерна размеркаваных па ўсёй зоне абслугоўвання сеткі вузлоў, вызначыць дыяпазон дапушчальных значэнняў прапускной здольнасці сеткі для ўласнага трафіку вузла ў розных умовах функцыянавання; 2) алгарытм імітацыйнага мадэлявання камбінацый сістэм масавага абслугоўвання патрабаванняў выпадковага аб'ёму для апрацоўкі мультысэрвіснага трафіку з агульнай дынамічнай памяццю.

Вынікі ўкаранены на ТАА «Леверекс Інтэрнэшнл», у навучальным працэсе кафедры інтэлектуальных сістэм БДУ і могуць прымяняцца пры ацэнцы мэтазгоднасці выкарыстання бесправадных аднарангавыя сетак з ячэістай тапалогіяй пры зададзеных характарыстыках вузлоў і ўмовах функцыянавання сеткі.

РЕЗЮМЕ

Адудкевич Иван Анатольевич

АНАЛИЗ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ БЕСПРОВОДНЫХ ОДНОРАНГОВЫХ СЕТЕЙ С ЯЧЕЙСТОЙ ТОПОЛОГИЕЙ

Ключевые слова: беспроводная сеть, одноранговая сеть, ячеистая топология, система массового обслуживания, имитационное моделирование, пропускная способность, случайный граф.

Цель работы: разработка обобщенного подхода к моделированию мобильных беспроводных одноранговых сетей с ячеистой топологией и оценки их производительности.

Методы исследования: В диссертационной работе использованы теория массового обслуживания, теория графов, методы имитационного моделирования, а также современные методы и средства разработки программного обеспечения.

Получены новые результаты: 1) выражение параметров производительности сети через среднее значение количества связей узла, позволяющее, для случая равномерно распределенных по всей зоне обслуживания сети узлов, определить диапазон допустимых значений пропускной способности сети для собственного трафика узла в различных условиях функционирования; 2) алгоритм имитационного моделирования комбинаций систем массового обслуживания требований случайного объема для обработки мультисервисного трафика с общей динамической памятью.

Результаты внедрены на ООО «Леверекс Интернешнл», в учебный процесс кафедры интеллектуальных систем БГУ и могут применяться при оценке целесообразности использования беспроводных одноранговых сетей с ячеистой топологией при заданных характеристиках приемопередающих устройств и условиях функционирования сети.

SUMMARY

Adutskevich Ivan

PERFORMANCE ANALYSIS OF WIRELESS AD-HOC MESH NETWORKS

Keywords: wireless, ad-hoc, mesh, queuing system, simulation, network capacity, random graph.

The aim of the research is to develop a generalized approach to the modeling of mobile wireless ad hoc networks and to evaluate their performance.

Methods: This thesis used queuing theory, graph theory, simulation methods and modern software development tools.

New results: 1) approach to the evaluation of the performance of wireless ad hoc networks, for the case of uniformly distributed nodes over the network range. With this approach you can determine the acceptable range of network capacity for node's own traffic in various operating conditions, and 2) algorithm of the simulation of combinations of queuing systems which is used for the processing of multiservice traffic with the common dynamic memory.

Results have been applied at "LeverX International", in the educational process of Intelligent Systems Department of the Belarusian State University and can be used in assessing whether the utilization of the wireless ad-hoc network with the defined transceivers and network conditions makes sense.

