

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Московский физико-технический институт
(национальный исследовательский университет)»**

УТВЕРЖДЕНО
Проректор по учебной работе

А.А. Воронов

	Рабочая программа дисциплины (модуля)
по дисциплине:	Основы технологии Wi-Fi
по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Радиотехника и компьютерные технологии Физтех-школа Радиотехники и Компьютерных Технологий кафедра проблем передачи информации и анализа данных
курс:	4
квалификация:	бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 7 (осенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 30 всего, в том числе:

лекции: 30 час.

семинары: 0 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 15 час.

Всего часов: 45, всего зач. ед.: 1

Программу составили:

А.И. Ляхов, д-р техн. наук, профессор

Е.М. Хоров, канд. техн. наук

Программа обсуждена на заседании кафедры проблем передачи информации и анализа данных 20.04.2020

Аннотация

Целью данной дисциплины является знакомство студентов с основами популярной технологии Wi-Fi, а также базовыми математическими методами оценки эффективности различных алгоритмов и протоколов сетей Wi-Fi. В процессе знакомства с основными алгоритмами и протоколами работы сетей Wi-Fi, студенты приходят к ответам на вопросы: зачем нужны те или иные алгоритмы и протоколы; как они работают; и почему они устроены именно так. В рамках дисциплины студенты изучают с базовые методы оценки производительности этих алгоритмов и протоколов, основанные на широком применении аппарата теории вероятностей.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

Знакомство студентов с основными популярной технологии Wi-Fi, а также базовыми математическими методами оценки эффективности различных алгоритмов и протоколов сетей Wi-Fi.

Задачи дисциплины

- познакомить студентов с основными алгоритмами и протоколами работы сетей Wi-Fi, ответить на вопросы: зачем нужны те или иные алгоритмы и протоколы; как они работают; и почему они устроены именно так;
- познакомить студентов с базовыми методами оценки производительности этих алгоритмов и протоколов;
- сформировать у студентов навык чтения спецификаций протоколов;
- оказывать консультацию студентам в проведении собственных теоретических и экспериментальных исследований телекоммуникационных сетей и систем.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1 Анализирует задачу, выделяя этапы ее решения, действия по решению задачи
	УК-1.2 Находит, критически анализирует и выбирает информацию, необходимую для решения поставленной задачи
	УК-1.3 Рассматривает различные варианты решения задачи, оценивает их преимущества и недостатки
	УК-1.4 Грамотно, логично, аргументированно формирует собственные суждения и оценки
	УК-1.5 Определяет и оценивает практические последствия возможных вариантов решения задачи
ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области физико-математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.1 Способен анализировать поставленную задачу, намечать пути ее решения
	ОПК-1.2 Способен строить математические модели, производить количественные расчеты и оценки
	ОПК-1.3 Способен определять границы применимости полученных результатов
ОПК-4 Способен осуществлять сбор и обработку научно-технической и (или) технологической информации для решения фундаментальных и прикладных задач	ОПК-4.1 Владеет методами научного поиска и интеллектуального анализа информации при решении задач профессиональной деятельности
	ОПК-4.4 Владеет навыками работы с компьютером и компьютерными сетями с целью получения, хранения и обработки научной (технической, технологической) информации
ПК-4 Способен критически оценивать применимость используемых методик и методов	ПК-4.1 Знает численные порядки величин, характерных для соответствующей профессиональной области
	ПК-4.3 Способен обосновать причинно-следственные отношения используемых понятий и моделей

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны знать:

- основные алгоритмы и протоколы, применяемые на канальном уровне беспроводных локальных сетей Wi-Fi;
- современные методы повышения производительности таких сетей.

уметь:

- ориентироваться во всем многообразии алгоритмов и протоколов, применяемых на канальном уровне беспроводных сетей Wi-Fi;
- проводить оценку эффективности различных алгоритмов и протоколов, применяемых на канальном уровне беспроводных сетей Wi-Fi;
- проводить сравнительный анализ различных методов передачи данных в сетях Wi-Fi.

владеть:

- навыком освоения большого объема информации;
- навыками постановки научно-исследовательских задач и аналитического моделирования процессов и явлений в области телекоммуникационных сетей и систем.

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Архитектура сетей Wi-Fi	4			2
2	Множественный доступ к каналу в сетях Wi-Fi. Моделирование случайного доступа в сетях Wi-Fi	8			4
3	Биконы и их функции в беспроводных сетях.	8			4
4	Методы исследования интерференции в беспроводных сетях	4			2
5	Обеспечение требуемого качества обслуживания в сетях Wi-Fi.	6			3
Итого часов		30			15
Подготовка к экзамену		0 час.			
Общая трудоёмкость		45 час., 1 зач.ед.			

4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 7 (Осенний)

1. Архитектура сетей Wi-Fi

Эволюция технологий беспроводной связи. Стандарты протоколов беспроводных сетей. Топология беспроводной сети. Виды управления в топологиях с центральным узлом и без центрального узла. Адресация. Самоорганизующиеся (ad hoc) и инфраструктурные (hot spot) сети. Прямые соединения (direct links) и ретрансляция (relay) в инфраструктурных сетях. Многошаговые сети (mesh and mobile ad hoc networks). Обзор деятельности комитета по стандартизации IEEE 802. Обзор стандартов и активных групп по стандартизации. Эволюция беспроводных сетей. Актуальные задачи. Текущая деятельность IEEE 802.11: новейшие активные группы и группы, ожидающие запуска.

2. Множественный доступ к каналу в сетях Wi-Fi. Моделирование случайного доступа в сетях Wi-Fi

Базовый метод доступа в сетях Wi-Fi. Виртуальное прослушивание канала. Механизм RTS/CTS. Политики повторных передач: с обратной связью (индивидуальная передача, блочная передача) и без обратной связи (метод безусловных повторных передач). Методы Stop-and-Wait, Go-Back-N, Selective repeat. Агрегирование как способ снизить накладные расходы. Агрегирование пакетов, кадров. TXOP. Повышение надежности передачи за счет фрагментации. Сигнально-кодовые конструкции. Выбор сигнально-кодовых конструкций для передачи. Методы доступа PCF, EDCA, HCCA.

Моделирование случайного доступа в сетях Wi-Fi. Математическая модель метода случайного доступа сети Wi-Fi. Оценка вероятности передачи станции в сети IEEE 802.11 с помощью цепи Маркова (модель Бьянки) и распределения числа попыток. Формулы расчета показателей производительности сети IEEE 802.11 с идеальным каналом при известной вероятности передачи (базовый метод доступа и механизм RTS/CTS). Учет вида распределения длин пакетов.

Оценка производительности локальных беспроводных сетей с протоколом IEEE 802.11 в условиях помех. Моделирование процесса переключения сигнально-кодовых конструкций (СКК) при передаче в беспроводном канале цепью Маркова. Оценка стационарных вероятностей передачи на каждой СКК и пропускной способности сети.

3. Биконы и их функции в беспроводных сетях.

Методы синхронизации в беспроводных сетях. Служебные каналы, биконы. Рассылка биконов в децентрализованных сетях, инфраструктурных сетях, многошаговых сетях, в сетях с направленными антеннами. Обнаружение активных сетей: активное и пассивное. Присоединение к сети. Детерминированный доступ в сетях Wi-Fi. Беспроводные сети с направленными антеннами. Моделирование протоколов беспроводных сетей, основанных на синхронизации станций. Энергосбережение в беспроводных сетях. Оценка производительности сетей Wi-Fi при использовании механизмов энергосбережения.

4. Методы исследования интерференции в беспроводных сетях

Протокольная модель интерференции прямых соединений в сетях с протоколом IEEE 802.11. Случаи интерференции. Эффект от использования разных межкадровых интервалов. Синхронная и асинхронная работа станций. Преодоление коллизий. Работа в отсутствие виртуального механизма контроля несущей. Физическая модель интерференции.

5. Обеспечение требуемого качества обслуживания в сетях Wi-Fi.

Модель сети IEEE 802.11 с централизованным управлением: режим PCF. Классификация трафика. Качество обслуживания (QoS) и методики его оценки. Методы поддержки QoS в сетях с централизованным и распределенным управлением. Моделирование схемы дифференцированного обслуживания (EDCA) в сетях IEEE 802.11. Расчет показателей производительности и оценка вероятностей коллизий для разных категорий доступа.

5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

6. Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Компьютерные сети [Текст] = Computer Networks / Э. Таненбаум, Д. Уэзеролл ; пер. с англ. А. Гребенькова, [учебник для вузов]. - СПб, Питер, 2015

Фонд литературы базовой кафедры (организации):

2. Bertsekas, D.P. and Gallager, R.G. Data Networks // Prentice-Hall, 1987. Edition 2, 1991. – 552 с.
3. Мизин И.А., Богатырев В.А., Кулешов А.П. Сети коммутации пакетов // М.: Радио и связь, 1986. – 408 с.

Дополнительная литература

Фонд литературы базовой кафедры (организации):

1. Lyakhov A., Yakimov M. Analytical Study of QoS Oriented Multicast in Wireless Networks // EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking. 2011. V. 11. Article ID 307507.
2. Ляхов А.И., Пустогаров И.А., Гудилев А.С. Проблема неравномерного распределения пропускной способности канала в сетях IEEE 802.11 // Информационные процессы, 2008. Т. 8. N 8. С. 149-167.
3. A. Lyakhov, I. Pustogarov and A. Gudilov. Direct links in IEEE 802.11: Analytical study of unfairness problem // Automation & Remote Control, 2008. Vol. 69. N 9. P. 1630-1645.
4. Dongxia Xu, Taka Sakurai, and Hai L. Vu. An access delay model for IEEE 802.11e EDCA // IEEE Transactions on Mobile Computing, 2009. Vol.8. P. 261-275.

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

<http://standards.ieee.org/about/get/>
<http://ieeexplore.ieee.org/xpl/standards.jsp>
<http://www.rle.mit.edu/rgallager/notes.htm>

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

На лекционных занятиях используются мультимедийные технологии, включая демонстрацию презентаций.

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Студент, изучающий дисциплину, должен, с одной стороны, овладеть общими понятийным аппаратом, а с другой стороны, должен научиться применять теоретические знания на практике. В результате изучения дисциплины студент должен знать основные понятия и утверждения теории массового обслуживания, теории случайных процессов, современные направления развития теории вероятностей.

Успешное освоение курса требует напряженной самостоятельной работы студента. В программе курса отведено минимально необходимое время для работы студента над темой. Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение и конспектирование рекомендованной литературы;
- проработку учебного материала (по конспектам занятий, учебной и научной литературе), подготовку ответов на вопросы, предназначенные для самостоятельного изучения, решение задач;
- подготовка к дифференцированному зачету.

Руководство и контроль за самостоятельной работой студента осуществляется в форме индивидуальных консультаций.

Важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов следует обращаться за консультациями к лектору.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Радиотехника и компьютерные технологии Физтех-школа Радиотехники и Компьютерных Технологий кафедра проблем передачи информации и анализа данных
курс:	4
квалификация:	бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 7 (осенний) - Дифференцированный зачет

Разработчики:

А.И. Ляхов, д-р техн. наук, профессор

Е.М. Хоров, канд. техн. наук

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1 Анализирует задачу, выделяя этапы ее решения, действия по решению задачи
	УК-1.2 Находит, критически анализирует и выбирает информацию, необходимую для решения поставленной задачи
	УК-1.3 Рассматривает различные варианты решения задачи, оценивает их преимущества и недостатки
	УК-1.4 Грамотно, логично, аргументированно формирует собственные суждения и оценки
	УК-1.5 Определяет и оценивает практические последствия возможных вариантов решения задачи
ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области физико-математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.1 Способен анализировать поставленную задачу, намечать пути ее решения
	ОПК-1.2 Способен строить математические модели, производить количественные расчеты и оценки
	ОПК-1.3 Способен определять границы применимости полученных результатов
ОПК-4 Способен осуществлять сбор и обработку научно-технической и (или) технологической информации для решения фундаментальных и прикладных задач	ОПК-4.1 Владеет методами научного поиска и интеллектуального анализа информации при решении задач профессиональной деятельности
	ОПК-4.4 Владеет навыками работы с компьютером и компьютерными сетями с целью получения, хранения и обработки научной (технической, технологической) информации
ПК-4 Способен критически оценивать применимость используемых методик и методов	ПК-4.1 Знает численные порядки величин, характерных для соответствующей профессиональной области
	ПК-4.3 Способен обосновать причинно-следственные отношения используемых понятий и моделей

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Основы технологии Wi-Fi» обучающийся должен:

знать:

- основные алгоритмы и протоколы, применяемые на канальном уровне беспроводных локальных сетей Wi-Fi;
- современные методы повышения производительности таких сетей.

уметь:

- ориентироваться во всем многообразии алгоритмов и протоколов, применяемых на канальном уровне беспроводных сетей Wi-Fi;
- проводить оценку эффективности различных алгоритмов и протоколов, применяемых на канальном уровне беспроводных сетей Wi-Fi;
- проводить сравнительный анализ различных методов передачи данных в сетях Wi-Fi.

владеть:

- навыком освоения большого объема информации;
- навыками постановки научно-исследовательских задач и аналитического моделирования процессов и явлений в области телекоммуникационных сетей и систем.

3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

С целью контроля освоения обучающимися учебного материала проводится устный опрос в начале занятия по теме прошлой лекции или в ходе занятия по изучаемой теме

4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Перечень контрольных вопросов к дифференцированному зачёту:

1. Топология беспроводной сети. Виды управления в топологиях с центральным узлом и без центрального узла. Адресация. Самоорганизующиеся (ad hoc) и инфраструктурные (hot spot) сети. Прямые соединения (direct links) и ретрансляция (relay) в инфраструктурных сетях. Многошаговые сети (mesh and mobile ad hoc networks).
2. Обзор деятельности комитета по стандартизации IEEE 802. Обзор стандартов и активных групп по стандартизации. Эволюция беспроводных сетей. Актуальные задачи. Текущая деятельность IEEE 802.11: новейшие активные группы и группы, ожидающие запуска.
3. Базовый метод доступа в сетях Wi-Fi. Виртуальное прослушивание канала. Механизм RTS/CTS.
4. Политики повторных передач: с обратной связью (индивидуальная передача, блочная передача) и без обратной связи (метод безусловных повторных передач). Методы Stop-and-Wait, Go-Back-N, Selective repeat.
5. Агрегирование как способ снизить накладные расходы. Агрегирование пакетов, кадров. TXOP, RD, TXOP Sharing.
6. Повышение надежности передачи за счет фрагментации.
7. Сигнально-кодовые конструкции. Выбор сигнально-кодовых конструкций для передачи.
8. Методы синхронизации в беспроводных сетях. Служебные каналы, биконы. Рассылка биконов в децентрализованных сетях, инфраструктурных сетях, многошаговых сетях, в сетях с направленными антеннами.
9. Обнаружение активных сетей: активное и пассивное. Присоединение к сети. Одновременное присоединение большого числа станций.
10. Энергосбережение в беспроводных сетях.
11. Детерминированный доступ в сетях Wi-Fi.
12. Оценка вероятности передачи станции в сети IEEE 802.11 с помощью цепи Маркова (модель Бьянки) и распределения числа попыток.
13. Оценка производительности локальных беспроводных сетей с протоколом IEEE 802.11 в условиях помех.
14. Оценка вероятностей коллизий для разных категорий доступа в сетях IEEE 802.11 с дифференцированным качеством обслуживания.
15. Расчет показателей производительности при известных вероятностях коллизий в сетях IEEE 802.11 с дифференцированным качеством обслуживания.
16. Модели сети IEEE 802.11 с централизованным управлением: режим PCF.
17. Аналитическое моделирование процесса переключения сигнально-кодовых конструкций (СКК) при передаче в беспроводной сети. Оценка стационарных вероятностей передачи на каждой СКК.
18. Аналитическое моделирование процесса переключения сигнально-кодовых конструкций (СКК) при передаче в беспроводной сети. Оценка и пропускной способности сети при известных стационарных вероятностях передачи на каждой СКК.
19. Модель присоединения множества станций к сети Wi-Fi.
20. Протокольная модель интерференции прямых соединений в сети 802.11. Случай: A передает B, C передает D; все в зоне устойчивого приема друг друга, кроме A и D, которые в зоне интерференции друг друга.
21. Протокольная модель интерференции прямых соединений в сети 802.11. Случай: A передает B, C передает D; все в зоне устойчивого приема друг друга, кроме A и D, которые не слышат друг друга.
22. Протокольная модель интерференции прямых соединений в сети 802.11. Случай: A передает B, C передает D; A и D не слышат друг друга, A и C и B и D в зоне интерференции друг друга; B и C в зоне устойчивого приема друг друга.
23. Протокольная модель интерференции прямых соединений в сети 802.11. Случай: A передает B, C передает D; A и D не слышат друг друга, A и C не слышат друг друга, B и D не слышат друг друга, B и C в зоне устойчивого приема друг друга.
24. Протокольная модель интерференции прямых соединений в сети 802.11. Случай: A передает B, C передает D; A и D не слышат друг друга, A и C не слышат друг друга, B и D не слышат друг друга, B и C в зоне интерференции друг друга.

Критерии оценивания

Оценка отлично (10) выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины, проявляющему интерес к данной предметной области, продемонстрировавшему умение уверенно и творчески применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично (9) выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично (8) выставляется студенту, показавшему систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, правильное обоснование принятых решений, с некоторыми недочетами.

Оценка хорошо (7) выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но недостаточно грамотно обосновывает полученные результаты.

Оценка хорошо (6) выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности.

Оценка хорошо (5) выставляется студенту, если он в основном знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач достаточно большое количество неточностей.

Оценка удовлетворительно (4) выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он освоил основные разделы учебной программы, необходимые для дальнейшего обучения, и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.

Оценка удовлетворительно (3) выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, допускающему ошибки в формулировках базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, слабо владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и с трудом применяет полученные знания даже в стандартной ситуации.

Оценка неудовлетворительно (2) выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных принципов и не умеет использовать полученные знания при решении типовых задач.

Оценка неудовлетворительно (1) выставляется студенту, который не знает основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубейшие ошибки в формулировках базовых понятий дисциплины и вообще не имеет навыков решения типовых практических задач.

5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Дифференцированный зачет проводится в устной форме.

При проведении дифференцированного зачета обучающемуся предоставляется 30 минут на подготовку. Опрос обучающегося по билету на дифференцированном зачете не должен превышать 40 мин.

Во время проведения дифференцированного зачета обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины, а также справочной литературой, вычислительной техникой и проч.