

**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:	Современные проблемы беспроводной связи
по направлению:	Инфокоммуникационные технологии и системы связи
профиль подготовки:	Телекоммуникационные сети и системы
	Физтех-школа Радиотехники и Компьютерных Технологий
	кафедра проблем передачи информации и анализа данных
курс:	1
квалификация:	магистр

Семестры, формы промежуточной аттестации:

1 (осенний) - Дифференцированный зачет

2 (весенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 60 всего, в том числе:

лекции: 0 час.

семинары: 60 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 30 час.

Всего часов: 90, всего зач. ед.: 2

Программу составили:

В.А. Логинов

М.В. Любогощев

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

Аннотация

При создании и внедрении новых перспективных технологий беспроводной связи исследователям и разработчикам сетевого оборудования приходится сталкиваться с различными научными задачами и проблемами. В рамках данного курса студенты смогут познакомиться с актуальными задачами, стоящими перед разработчиками современных беспроводных сетей, а также с перспективными направлениями их решения. Цель курса – расширить кругозор студентов и предоставить им возможность выбрать актуальную и интересную тематику для работы над выпускной квалификационной работой магистра.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

Освоение студентами основных проблем и задач, возникающих в современных сетях связи, а также передовых способов их решения.

Задачи дисциплины

- формирование у студентов углублённых знаний о современных сетях связи;
- развитие у студентов навыков выявления возможных проблем в современных сетях связи, а также развитие у студентов умения разбираться в тонкостях алгоритмов работы протоколов современных беспроводных сетей;
- оказание консультаций студентам в проведении собственных теоретических и экспериментальных исследований современных сетей беспроводной связи.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.2 Осуществляет поиск вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации
УК-4 Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия	УК-4.4 Способен использовать современные средства информационно-коммуникационных технологий для академического и профессионального взаимодействия
УК-6 Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	УК-6.1 Умеет решать задачи собственного личностного и профессионального развития, определять и реализовывать приоритеты совершенствования собственной деятельности
	УК-6.2 Оценивает свою деятельность, соотносит цели, способы и средства выполнения деятельности с её результатами
ОПК-1 Способен представлять современную научную картину мира, выявлять естественнонаучную сущность проблем своей профессиональной деятельности, определять пути их решения и оценивать эффективность сделанного выбора	ОПК-1.1 Знает и способен использовать в профессиональной деятельности фундаментальные и прикладные научные знания в области естественных наук
	ОПК-1.2 Способен обобщать и критически оценивать опыт и результаты научных исследований в области профессиональной деятельности
ОПК-2 Способен реализовывать новые принципы и методы исследования современных инфокоммуникационных систем и сетей различных типов передачи, распределения, обработки и хранения информации	ОПК-2.2 Владеет навыками реализации новых принципов и методов исследования в современных инфокоммуникационных системах и сетях

ОПК-3 Способен приобретать, обрабатывать и использовать новую информацию в своей предметной области, предлагать новые идеи и подходы к решению задач своей профессиональной деятельности	ОПК-3.1 Умеет использовать современные информационные и компьютерные технологии, средства коммуникаций при поиске научно-технической информации в своей профессиональной деятельности
--	---

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные алгоритмы и протоколы физического, канального и сетевого уровней современных сетей связи;
- основные проблемы, возникающие в современных сетях беспроводной связи, а также возможные пути их решения.

уметь:

- оценить актуальность поставленной научной задачи;
- анализировать алгоритмы, используемые в современных сетях беспроводной связи, находить возможные способы увеличения их производительности;
- применять полученные знания при исследованиях и разработке протоколов и лежащих в их основе алгоритмов для современных систем связи.

владеть:

- навыком освоения большого объема информации;
- навыком самостоятельного изучения новых стандартов цифровой беспроводной связи по их техническим описаниям и спецификациям;
- навыком поиска решений существующих проблем в литературе.

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	Совместное существование различных сетей в нелицензируемом диапазоне		6		3
2	Сверхнадежная передача данных с малыми задержками		6		3
3	Облачная архитектура построения сети		6		3
4	Неортогональный множественный доступ и новые формы сигнала		6		3
5	Многоантенные системы		6		3
6	Сети передачи данных для транспорта		6		3
7	Множественный доступ в сетях с высокой плотностью		6		3
8	Технологии передачи данных в миллиметровом и терагерцевом диапазонах		6		3
9	Передача данных с использованием БПЛА и низкоорбитальных спутников		6		3
10	Информационная безопасность на физическом уровне		6		3
Итого часов			60		30

Подготовка к экзамену	0 час.
Общая трудоёмкость	90 час., 2 зач.ед.

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

Семестр: 1 (Осенний)

1. Совместное существование различных сетей в нелицензируемом диапазоне

Сети Wi-Fi и LTE в нелицензируемом диапазоне 5 ГГц: основные сходства и различия. Методы доступа к среде в сетях LTE-LAA: CSAT, LBT. Проблема справедливого разделения частотных ресурсов. Дальнейшее развитие методов доступа к среде в сетях LTE: eLAA, feLAA. Открытые задачи.

2. Сверхнадежная передача данных с малыми задержками

Сверхнадежная передача данных с малыми задержками (URLLC, ultra-reliable low latency communication) и ее приложения: тактильный интернет, промышленная автоматизация. Перспективы развития URLLC на базе беспроводных сотовых сетей, возможности технологии New Radio в сотовых сетях пятого поколения, возникающие проблемы. Проблемы планирования ресурсов и увеличения емкости сети. Перспективы развития URLLC на базе сетей Wi-Fi: резервирование ресурсных блоков в OFDMA-передачах сетях стандарта IEEE 802.11ax/ba, использование вспомогательного радиоинтерфейса для резервирования среды в сетях Wi-Fi.

3. Облачная архитектура построения сети

Современный взгляд на архитектуру построения сетей беспроводной связи. SDN, NFV, Cloud-RAN. Сравнение популярных облачных архитектур построения сетей связи. Алгоритмы динамического управления архитектурой сети. Проблема планирования ресурсов.

4. Неортогональный множественный доступ и новые формы сигнала

Проблемы и ограничения существующих технологий ортогонального множественного доступа и ортогонального разделения сигналов. Неортогональный и полуортогональный множественный доступ: преимущества, особенности. Новые формы сигналов: преимущества, особенности.

5. Многоантенные системы

Необходимость внедрения многоантенных систем, их преимущества и технологические ограничения. Оценка канала. Планирование радиоресурсов. Распределенные антенные системы.

Семестр: 2 (Весенний)

6. Сети передачи данных для транспорта

Автономный транспорт, как новый тип клиентских устройств в беспроводных сетях передачи данных. Приложения и паттерны трафика, генерируемого транспортом. Требования к качеству обслуживания. Оценка и предсказание канала. Распределенный обмен информацией и централизованное управление движением.

7. Множественный доступ в сетях с высокой плотностью

Проблемы существующих методов доступа в сетях с высокой плотностью пользователей. Методы увеличения производительности в плотных сетях Wi-Fi: внедрение технологии OFDMA, адаптивный выбор мощности передачи, настройка порога детектирования сигнала. Плотные сети в сценариях Интернета Вещей (IoT, Internet of Things). Возможности технологий IEEE 802.11ah, LoRaWAN, Sigfox, NB-IoT. Открытые проблемы.

8. Технологии передачи данных в миллиметровом и терагерцевом диапазонах

Особенности работы в миллиметровом и терагерцевом диапазонах. Моделирование канала. Методы доступа к каналу. Методы обеспечения надежной доставки данных. Многошаговая передача в миллиметровом и терагерцевом диапазонах. Открытые задачи.

9. Передача данных с использованием БПЛА и низкоорбитальных спутников

Перспективы и возможные преимущества использования летательных аппаратов в качестве мобильных точек подключения к глобальной сети. Использование группировки ЛА в качестве опорной сети. Задачи выбора точки подключения, маршрутизации. Моделирование и оценка беспроводных каналов между ЛА и ЛА, между ЛА и землей.

10. Информационная безопасность на физическом уровне

Недостаточность обеспечения информационной безопасности на уровне данных. Методы обеспечения информационной безопасности на физическом уровне. Основные угрозы информационной безопасности на физическом уровне.

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

Учебная аудитория, оснащенная мультимедийным оборудованием (проектор или плазменная панель), доской.

6. Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

Фонд литературы базовой кафедры (организации):

2. Тихвинский В.О., Терентьев С.В., Юрчук А.Б. Сети мобильной связи LTE: технологии и архитектура. М.: Эко-Трендз, 2010. - 281 с. ISBN: 978-5-88405-094-5.

Дополнительная литература

Фонд литературы базовой кафедры (организации):

1. Erik Dahlman. 4G, LTE-Advanced Pro and The Road to 5G. 3rd Edition. 616 pp. ISBN 9780128046111.

2. Erik Dahlman Stefan Parkvall Johan Skold 5G NR: The Next Generation Wireless Access Technology. 466 pp. ISBN 9780128143247

3. Fei Hu Vehicle-to-Vehicle and Vehicle-to-Infrastructure Communications: A Technical Approach. 346 pp, ISBN 9781138706835

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

<https://ieeexplore.ieee.org>

<https://scholar.google.com>

<http://www.3gpp.org>

<http://www.etsi.org>

<http://mentor.ieee.org>

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

На 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 определения, понятия, алгоритмы и протоколы.

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 учебной и научной литературе), подготовку ответов на вопросы, предназначенные для самостоятельного изучения, решение задач;
- подготовка к дифференцированному зачёту.

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 преподавателю.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению:	Инфокоммуникационные технологии и системы связи
профиль подготовки:	Телекоммуникационные сети и системы Физтех-школа Радиотехники и Компьютерных Технологий кафедра проблем передачи информации и анализа данных
курс:	<u>1</u>
квалификация:	магистр

Семестры, формы промежуточной аттестации:

- 1 (осенний) - Дифференцированный зачет
- 2 (весенний) - Дифференцированный зачет

Разработчики:

В.А. Логинов
М.В. Любогощев

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.2 Осуществляет поиск вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации
УК-4 Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия	УК-4.4 Способен использовать современные средства информационно-коммуникационных технологий для академического и профессионального взаимодействия
УК-6 Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	УК-6.1 Умеет решать задачи собственного личностного и профессионального развития, определять и реализовывать приоритеты совершенствования собственной деятельности
	УК-6.2 Оценивает свою деятельность, соотносит цели, способы и средства выполнения деятельности с её результатами
ОПК-1 Способен представлять современную научную картину мира, выявлять естественнонаучную сущность проблем своей профессиональной деятельности, определять пути их решения и оценивать эффективность сделанного выбора	ОПК-1.1 Знает и способен использовать в профессиональной деятельности фундаментальные и прикладные научные знания в области естественных наук
	ОПК-1.2 Способен обобщать и критически оценивать опыт и результаты научных исследований в области профессиональной деятельности
ОПК-2 Способен реализовывать новые принципы и методы исследования современных инфокоммуникационных систем и сетей различных типов передачи, распределения, обработки и хранения информации	ОПК-2.2 Владеет навыками реализации новых принципов и методов исследования в современных инфокоммуникационных системах и сетях
ОПК-3 Способен приобретать, обрабатывать и использовать новую информацию в своей предметной области, предлагать новые идеи и подходы к решению задач своей профессиональной деятельности	ОПК-3.1 Умеет использовать современные информационные и компьютерные технологии, средства коммуникаций при поиске научно-технической информации в своей профессиональной деятельности

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Современные проблемы беспроводной связи» обучающийся должен:

знать:

- основные алгоритмы и протоколы физического, канального и сетевого уровней современных сетей связи;
- основные проблемы, возникающие в современных сетях беспроводной связи, а также возможные пути их решения.

уметь:

- оценить актуальность поставленной научной задачи;
- анализировать алгоритмы, используемые в современных сетях беспроводной связи, находить возможные способы увеличения их производительности;
- применять полученные знания при исследованиях и разработке протоколов и лежащих в их основе алгоритмов для современных систем связи.

владеть:

- навыком освоения большого объема информации;
- навыком самостоятельного изучения новых стандартов цифровой беспроводной связи по их техническим описаниям и спецификациям;
- навыком поиска решений существующих проблем в литературе.

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

В рамках курса студентам будут предоставлен доступ к научным работам, посвященным современным проблемам, возникающим при разработке современных технологий беспроводной связи. Студентам предлагается самостоятельно выбрать заинтересовавшие их работы из предоставленного списка и сделать по ним доклад на семинаре.

Критерии выставления оценки:

Удовлетворительно — студент выступил с докладом по одной работе, но не смог правильно ответить на возникающие вопросы;

Хорошо — студент выступил с докладом по одной работе, правильно ответил на вопросы по содержанию статьи;

Отлично — студент выступил с докладами по двум и более работам, правильно ответил на вопросы по их содержанию и деталям предложенных в работах решений

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

Перечень контрольных вопросов для сдачи дифференцированного зачета:

1. Сети Wi-Fi и LTE в нелицензируемом диапазоне 5 ГГц: основные сходства и различия. Методы доступа к среде в сетях LTE-LAA: CSAT, LBT.
2. Проблема справедливого разделения частотных ресурсов. Дальнейшее развитие методов доступа к среде в сетях LTE: eLAA, feLAA. Открытые задачи.
3. Сверхнадежная передача данных с малыми задержками (URLLC, ultra-reliable low latency communication) и ее приложения: тактильный интернет, промышленная автоматизация. Перспективы развития URLLC на базе беспроводных сотовых сетей, возможности технологии New Radio в сотовых сетях пятого поколения, возникающие проблемы.
4. Проблемы планирования ресурсов и увеличения емкости сети. Перспективы развития URLLC на базе сетей Wi-Fi: резервирование ресурсных блоков в OFDMA-передачах сетей стандарта IEEE 802.11ax/ba, использование вспомогательного радиоинтерфейса для резервирования среды в сетях Wi-Fi.
5. Современный взгляд на архитектуру построения сетей беспроводной связи. SDN, NFV, Cloud-RAN. Сравнение популярных облачных архитектур построения сетей связи.
6. Алгоритмы динамического управления архитектурой сети. Проблема планирования ресурсов.
7. Проблемы и ограничения существующих технологий ортогонального множественного доступа и ортогонального разделения сигналов.
8. Неортогональный и полуортогональный множественный доступ: преимущества, особенности.
9. Новые формы сигналов: преимущества, особенности.
10. Необходимость внедрения многоантенных систем, их преимущества и технологические ограничения. Оценка канала. Планирование радиоресурсов. Распределенные антенные системы.
11. Автономный транспорт, как новый тип клиентских устройств в беспроводных сетях передачи данных.
12. Приложения и паттерны трафика, генерируемого транспортом. Требования к качеству обслуживания.
13. Оценка и предсказание канала. Распределенный обмен информацией и централизованное управление движением.
14. Проблемы существующих методов доступа в сетях с высокой плотностью пользователей. Методы увеличения производительности в плотных сетях Wi-Fi: внедрение технологии OFDMA, адаптивный выбор мощности передачи, настройка порога детектирования сигнала.
15. Плотные сети в сценариях Интернета Вещей (IoT, Internet of Things). Возможности технологий IEEE 802.11ah, LoRaWAN, Sigfox, NB-IoT. Открытые проблемы.
16. Особенности работы в миллиметровом и терагерцевом диапазонах. Моделирование канала.
17. Методы доступа к каналу. Методы обеспечения надежной доставки данных. Многошаговая передача в миллиметровом и терагерцевом диапазонах. Открытые задачи.

18. Перспективы и возможные преимущества использования летательных аппаратов в качестве мобильных точек подключения к глобальной сети. Использование группировки ЛА в качестве опорной сети.
19. Задачи выбора точки подключения, маршрутизации. Моделирование и оценка беспроводных каналов между ЛА и ЛА, между ЛА и землей.
20. Недостаточность обеспечения информационной безопасности на уровне данных.
21. Методы обеспечения информационной безопасности на физическом уровне.
22. Основные угрозы информационной безопасности на физическом уровне.

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 зачёт проводится в устной форме.

При проведении устного дифференцированного зачёта обучающемуся предоставляется 30 минут на подготовку.

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