

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

УТВЕРЖДЕНО

**ИО директора физтех-школы
радиотехники и компьютерных
технологий**

Д.А. Гаврилов

| | |
|----------------------------|--|
| | Рабочая программа дисциплины (модуля) |
| по дисциплине: | Современные системы цифровой беспроводной связи |
| по направлению: | Прикладные математика и физика |
| профиль подготовки: | Радиотехника и компьютерные технологии Физтех-школа Радиотехники и Компьютерных Технологий кафедра инфокоммуникационных систем и сетей |
| курс: | 4 |
| квалификация: | бакалавр |

Семестр, формы промежуточной аттестации: 8 (весенний) - 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 составил: Л.В. Кузьмин, д-р физ.-мат. наук, доцент, доцент

Программа обсуждена на заседании кафедры инфокоммуникационных систем и сетей 15.02.2022

Аннотация

Цель курса ознакомить студентов с базовыми понятиями и концепциями беспроводных цифровых радиосистем передачи информации. В предлагаемом курсе студенты будут ознакомлены с тем, как связаны между собой такие направления как кодирование, помехоустойчивость при беспроводной передаче информации, статистическая радиофизика. В рамках курса студенты познакомятся с современными технологиями беспроводной передачи информации и современными трендами в развитии беспроводных систем связи.

Изучение дисциплины позволит студентам овладеть необходимыми компетенциями и знаниями по современным подходам к беспроводной передаче информации.

Курс проводится в формате лекционных занятий и выполнения самостоятельных работ с дополнительной литературой.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

Целью освоения дисциплины является формирование у студентов системы знаний в области беспроводной передачи информации.

Задачи дисциплины

- формирование базовых знаний в области беспроводной передачи информации;
- ознакомление студентов основными методами и концепциями беспроводной передачи данных;
- ознакомление студентов с современными трендами и технологиями в области беспроводной передачи информации.

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 понятия используемые в области беспроводной передачи информации;
- ☐ типы беспроводных каналов, через которые реализуется беспроводная передача данных;
- ☐ способы модуляции, применяемые для беспроводной передачи;
- ☐ критерии, характеризующие качество работы беспроводных систем.

уметь:

- ☐ эффективно использовать на практике теоретические компоненты науки: понятия, суждения, умозаключения, законы;
- ☐ понимать принципы работы современных беспроводных систем передачи данных;
- ☐ работать на современном экспериментальном оборудовании.

владеть:

- ☐ навыками самостоятельной работы в лаборатории на современном экспериментальном оборудовании;
- ☐ математическими методами описания процессов беспроводной передачи данных.

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 | Структура цифровой беспроводной системы связи. | 2 | | | 1 |
| 2 | Узкополосные сигналы. Способы модуляции. | 2 | | | 1 |
| 3 | Элементы теории сигналов, теоретические методы оценки пропускной способности радиоканала. | 2 | | | 1 |
| 4 | Бюджет канала связи. | 2 | | | 1 |
| 5 | Методы приёма сигналов | 4 | | | 2 |
| 6 | Метод расширения спектра (DSSS) | 4 | | | 2 |
| 7 | Сверхширокополосные сигналы, технологии сверхширокополосной связи. | 2 | | | 1 |
| 8 | Технология Bluetooth, Сенсорные сети, технология ZigBee | 2 | | | 1 |
| 9 | Технология Wi-Fi, Технология Wi-MAX, стандарт 802.16, Цифровое телевидение | 4 | | | 2 |
| 10 | Принципы построения MAC уровня. | 2 | | | 1 |
| 11 | Маршрутизация пакетов в мобильных беспроводных сетях | 2 | | | 1 |
| 12 | Современные тренды в беспроводной связи, MIMO системы, голографическое радио | 2 | | | 1 |
| 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: 8 (Весенний)

1. Структура цифровой беспроводной системы связи.

Модель OSI назначение уровней, особенности физического уровня. Примеры воплощения модели OSI в различных системах цифровой радиосвязи.

2. Узкополосные сигналы. Способы модуляции.

Информационный символ. Цифровые методы модуляции: BPSK, QPSK, 4/.../256QAM. OFDM: назначение, принцип действия, модуляция/демодуляция, реализация, примеры применения

3. Элементы теории сигналов, теоретические методы оценки пропускной способности радиоканала.

Теоретические методы сопоставления характеристик сигнального уровня приёмопередающих систем, вероятность ошибки на бит, отношение энергии на бит к спектральной плотности шума.

4. Бюджет канала связи.

Расчёт бюджета канала в свободном пространстве. Учет эффектов распространения радиосигнала в помещениях.

5. Методы приёма сигналов

Теоретические и практические схемы приёма, когерентный и некогерентный прием. Эффективность различных методов приема.

6. Метод расширения спектра (DSSS)

Назначение, принцип действия, модуляция/демодуляция, примеры применения.

7. Сверхширокополосные сигналы, технологии сверхширокополосной связи.

Определение сверхширокополосности, виды сверхширокополосных сигналов. Причины и особенности применения сверхширокополосных сигналов. Технологии сверхширокополосной связи. Wireless USB, сверхширокополосные беспроводные сенсорные сети, системы малого радиуса действия для передачи мультимедийной информации.

8. Технология Bluetooth, Сенсорные сети, технология ZigBee

История и мотивация возникновения технологии Bluetooth. Физический и канальный уровень. Физический и канальный уровни стандартов 802.15.4 и 802.15.4a, 802.15.6.

9. Технология Wi-Fi, Технология Wi-MAX, стандарт 802.16, Цифровое телевидение

Структура стандарта: 802.11 (b, a, g, n, основные различия. Физический уровень: диапазон, методы модуляции, скорости. MAC-уровень: основные кадры; разрешение коллизий. Технология Wi-MAX, стандарт 802.16. Общие принципы: диапазоны, скорости, режимы (SC, OFDM, OFDMA). MAC-уровень: подуровни, сервисные потоки, пакеты, разрешение коллизий, кадры. Физический уровень: диапазон, методы модуляции, скорости, основные этап обработки сигнала, множественный доступ. Стандарты цифрового телевидения в мире. Цифровое телевидение стандарта DVB-T. Основные параметры.

10. Принципы построения MAC уровня.

Механизмы доступа к среде, проблема скрытой и открытой точки, понятие суперфрейма, архитектура сетей связи.

11. Маршрутизация пакетов в мобильных беспроводных сетях

Принципы маршрутизации. Активные и проактивные методы. Примеры

12. Современные тренды в беспроводной связи, MIMO системы, голографическое радио

Поиск путей увеличения плотности размещения абонентов, увеличения агрегированной скорости передачи данных, увеличения скорости передачи на физическом уровне. Развитие massive-MIMO систем (трехмерные антенные решетки), разработка подходов к голографическому радио – формирование направленности в передаче информации не только по направлению, но и по глубине. применение современных информационных технологий для передачи данных и их обработки.

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

Учебная аудитория, оснащенная компьютером и мультимедийным оборудованием (проектор, звуковая система).

6. Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Современные технологии беспроводной связи [Текст], [монография]/И. В. Шахнович, -М., Техносфера, 2006
2. Цифровая связь : Теоретические основы и практическое применение [Текст] : [учеб. пособие для вузов] / Б. Скляр ; пер. с англ. Е. Г. Грозы [и др.] ; под ред. А. В. Назаренко .— 2-е изд., испр. — М. : Вильямс, 2004 .— 1104 с.
3. Ипатов В. «Широкополосные системы и кодовое разделение сигналов. Принципы и приложения», Москва: Техносфера. 2007 г.

Дополнительная литература

1. Электронные системы связи [Текст]/У. Томаси , -М., Техносфера, 2007
3. Безопасность беспроводных сетей [Текст] / С. В. Гордейчик, В. В. Дубровин .— М. : Горячая линия - Телеком, 2008 .— 288 с.
4. Беспроводные линии связи и сети [Текст] = Wireless Communications and Networking / В. Столлингс; пер. с англ. А. В.Высоцкого [и др.] .— М. : Вильямс, 2003 .— 640 с.
5. Основы построения беспроводных локальных сетей стандарта 802.11 [Текст] : практ. руководство по изучению, разработке и использованию беспроводных ЛВС стандарта 802.11 / П. Рошан, Дж. Лиэри ; пер. с англ. и ред. В. С. Гусева .— М. : Вильямс, 2004 .— 304 с.

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

https://www.studmed.ru/shahnovich-iv-sovremennye-tehnologii-besprovodnoy-svyazi_1937f6698bc.html

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

Мультимедийные технологии. MS PowerPoint, демонстрация презентаций.

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

Студент, изучающий дисциплину, должен с одной стороны, овладеть общим понятийным аппаратом, а с другой стороны, должен научиться применять теоретические знания на практике. В результате изучения дисциплины студент должен знать основные определения, понятия.

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

- чтение и конспектирование рекомендованной литературы;
- проработку учебного материала (по конспектам лекций, учебной и научной литературе);
- подготовку к дифференцированному зачету.

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

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

| | |
|--|--|
| по направлению: | Прикладные математика и физика |
| профиль подготовки: | Радиотехника и компьютерные технологии Физтех-школа Радиотехники и Компьютерных Технологий кафедра инфокоммуникационных систем и сетей |
| курс: | 4 |
| квалификация: | бакалавр |
| Семестр, формы промежуточной аттестации: 8 (весенний) - Дифференцированный зачет | |
| Разработчик: | Л.В. Кузьмин, д-р физ.-мат. наук, доцент, доцент |

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 «Современные системы цифровой беспроводной связи» обучающийся должен:

знать:

- ☐ основные понятия используемые в области беспроводной передачи информации;
- ☐ типы беспроводных каналов, через которые реализуется беспроводная передача данных;
- ☐ способы модуляции, применяемые для беспроводной передачи;
- ☐ критерии, характеризующие качество работы беспроводных систем.

уметь:

- ☐ эффективно использовать на практике теоретические компоненты науки: понятия, суждения, умозаключения, законы;
- ☐ понимать принципы работы современных беспроводных систем передачи данных;
- ☐ работать на современном экспериментальном оборудовании.

владеть:

- ☐ навыками самостоятельной работы в лаборатории на современном экспериментальном оборудовании;
- ☐ математическими методами описания процессов беспроводной передачи данных.

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 прошлого семинара или в конце занятия по пройденной теме.

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

Перечень контрольных вопросов для сдачи дифференцированного зачёта:

1. Модель OSI. Назначение уровней, Особенности физического уровня беспроводных систем. Примеры воплощения модели OSI в различных системах цифровой радиосвязи.
2. Информационный символ. Цифровые методы модуляции: BPSK, QPSK, 4/.../256QAM. OFDM: назначение, принцип действия, модуляция/демодуляция, реализация, примеры применения
3. Методы оценки пропускной способности физического уровня беспроводных приёмопередающих систем, вероятность ошибки на бит, отношение энергии на бит к спектральной плотности шума.
4. Расчёт бюджета канала в свободном пространстве. Учет эффектов распространения радиосигнала в помещениях.
5. Теоретические и практические схемы приёма, когерентный и некогерентный прием. Эффективность различных методов приема.
6. Назначение, принцип действия, модуляция/демодуляция, примеры применения.
7. Определение сверхширокополосности, виды сверхширокополосных сигналов. Причины и особенности применения сверхширокополосных сигналов
8. Механизмы доступа к среде, проблема скрытой и открытой точки, понятие суперфрейма, архитектура сетей связи.
9. История и мотивация возникновения технологии Bluetooth. Физический и канальный уровень.
10. Структура стандарта: 802.11 (b, a, g, n, основные различия. Физический уровень: диапазон, методы модуляции, скорости. MAC-уровень: основные кадры; разрешение коллизий.
11. Физический и канальный уровни стандартов 802.15.4 и 802.15.4a, 802.15.6.
12. Стандарты цифрового телевидения в мире. Цифровое телевидение стандарта DVB-T. Основные параметры.
13. Технология Wi-MAX, стандарт 802.16. Общие принципы: диапазоны, скорости, режимы (SC, OFDM, OFDMA). MAC-уровень: подуровни, сервисные потоки, пакеты, разрешение коллизий, кадры. Физический уровень: диапазон, методы модуляции, скорости, основные этап обработки сигнала, множественный доступ
14. Технологии сверхширокополосной связи. Wireless USB, сверхширокополосные беспроводные сенсорные сети, системы малого радиуса действия для передачи мультимедийной информации.
15. Принципы маршрутизации. Активные и проактивные методы. Примеры.

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 зачета обучающемуся предоставляется не менее 60 минут на подготовку. Опрос обучающегося на устном зачете не должен превышать двух астрономических часов.

Во время проведения дифференцированного зачета обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины.