

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Радиофизический факультет

УТВЕРЖДАЮ:
Декан

А. Г. Коротаев

Рабочая программа дисциплины

MIMO системы в 5G NR
по направлению подготовки

03.04.03 Радиофизика, 12.04.03, Фотоника и оптоинформатика

Направленность (профиль) подготовки :
Цифровые технологии фотоники и радиофизики

Форма обучения
Очная

Квалификация
Инженер-исследователь

Год приема
2025

СОГЛАСОВАНО:
Руководитель ОП
А.П. Коханенко

Председатель УМК
А.П. Коханенко

Томск – 2025

1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-3 Способен применять современные информационные технологии, использовать компьютерные сети и программные продукты для решения задач профессиональной деятельности

ПК-1 Способен производить анализ состояния научно-технической проблемы, технического задания, формулировать цель и задачи научного исследования в области профессиональной деятельности.

ПК-2 Способен осуществлять построение математических моделей объектов исследования и выбор готового или разработку нового алгоритма решения задачи.

ПК-3 Способен использовать современное оборудование для решения профессиональных задач.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

РООПК-3.2 Предлагает новые идеи и подходы к решению научно-исследовательских и прикладных задач с использованием информационных систем и технологий

РОПК 1.1 Формулирует проблему и определяет предметную область исследования;

РОПК 2.1 Формулирует постановку задачи, определяет параметры и функции разрабатываемой системы;

РОПК 2.2 Определяет алгоритм и набор параметров, с учётом которых должно быть проведено моделирование устройства или системы;

РОПК 2.3 Проводит компьютерное моделирование устройства или системы

РОПК 3.1 Понимает принципы действия устройств и систем, предназначенных для решения профессиональных задач.

2. Задачи освоения дисциплины

– Освоить методы и алгоритмы обработки сигналов в MIMO-системах в 5G NR.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к Блоку 1 «Дисциплины (модули)».

Дисциплина относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений.

4. Семестр(ы) освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине

Третий семестр, зачет

5. Входные требования для освоения дисциплины

Для успешного освоения дисциплины требуются компетенции, сформированные в ходе освоения образовательных программ предшествующего уровня образования.

6. Язык реализации

Русский

7. Объем дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 з.е., 72 часа, из которых:

-лекции: 32 ч.

в том числе практическая подготовка: 0 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

8. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Тема 1. Однопользовательские SISO системы связи

Взаимосвязь между скоростью передачи, мощностью и шириной полосы частот. AWGN канал. Канал с частотно-селективными замираниями. Использование пилотных сигналов. Оценка канала. Использование оценки состояния канала.

Тема 2. Однопользовательские MIMO системы связи

Определение пропускной способности MIMO системы. Пространственно-временное кодирование. Пространственно-временное блочное кодирование.

Тема 3. Детектирование сигналов в MIMO системах с пространственным мультиплексированием

Линейное детектирование. Детектор максимального правдоподобия. OSIC-детектирование. Сферическое декодирование.

Тема 4. Использование оценки радиоканала на передающей стороне

Предкодирование в передающем тракте. Технология выбора набора антенн.

Тема 5. Многопользовательские MIMO системы

Математическая модель многопользовательской MIMO системы. Пропускная способность. Методы предкодирования для вещательных каналов.

9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, проведения устных опросов, тестов по лекционному материалу и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр. Самостоятельная работа студентов состоит в изучении теоретического материала, выполнении тестов с возможностью работы над ошибками.

10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

Зачет в третьем семестре проводится в письменной форме по билетам. Билет содержит один теоретический вопрос. Продолжительность зачета 1,5 часа.

Вопросы проверяют РОПК 1.1; РОПК 2.1; РОПК 2.2; РОПК 2.3; РОПК 3.1, РООПК 3.2. Ответы на вопросы даются в развернутой форме.

Примерный перечень теоретических вопросов:

1. Однопользовательские SISO системы. Пропускная способность канала.
2. Модели радиоканалов.
3. Однопользовательские SISO системы. Оценка канала.
4. Однопользовательские SISO системы. Использование оценки канала.
5. Пропускная способность однопользовательской MIMO системы.
6. Пространственно-временное кодирование.
7. Пространственно-временное блочное кодирование.
8. Линейный детектор для MIMO-системы с пространственным мультиплексированием.
9. Детектор максимального правдоподобия для MIMO-системы с пространственным мультиплексированием.
10. OSIC детектор для MIMO-системы с пространственным мультиплексированием.
11. Сферический детектор для MIMO-системы с пространственным мультиплексированием.
12. Предкодирование в передающем тракте.
13. Технология выбора набора антенн.

14. Математическая модель многопользовательской ММО системы.
15. Пропускная способность многопользовательской ММО системы.
16. Методы предкодирования для вещательных каналов.

Студент, не аттестованный в контрольной точке, не допускается к сдаче зачета.
Результаты зачета определяются оценками «зачтено», «не зачтено».

Компетенция	Индикатор компетенции	Критерии оценивания результатов обучения	
		Не зачтено	Зачтено
ОПК-3 Способен применять современные информационные технологии, использовать компьютерные сети и программные продукты для решения задач профессиональной деятельности	РООПК-3.2 Предлагает новые идеи и подходы к решению научно-исследовательских и прикладных задач с использованием информационных систем и технологий	Не имеет представления об алгоритмах моделирования ММО-систем	Имеет представления об алгоритмах моделирования ММО-систем
ПК-1 Способен производить анализ состояния научно-технической проблемы, задавая, формулировать цель и задачи научного исследования в области профессиональной деятельности	РОПК-1.1 Формулирует проблему и определяет предметную область исследования	Не имеет представления об обработке сигналов в ММО системах	Имеет общее представление об обработке сигналов в ММО системах
ПК-2 Способен осуществлять построение математических моделей объектов исследования и выбор готового или разработку нового алгоритма решения задачи.	РОПК 2.1 Формулирует постановку задачи, определяет параметры и функции разрабатываемой системы	Не имеет представления о математической модели многопользовательской ММО системы	Имеет представления о математической модели многопользовательской ММО системы
	РОПК-2.2 Определяет алгоритм и набор параметров, с учётом которых должно быть проведено моделирование устройства или системы.	Не владеет современными методами изучения, анализа информации в области радиофизики.	Владеет современными методами изучения, анализа информации в области радиофизики.
		Не обладает базовыми знаниями, необходимыми для определения параметров и функций разрабатываемого устройства радиофизики.	Обладает всеми базовыми знаниями, необходимыми для определения параметров и функций разрабатываемого устройства радиофизики.
	ИПК РОПК.3 Проводит компьютерное моделирование устройства или системы	Не владеет современными теоретическими моделями и не имеет представление об экспериментальном оборудовании для реализации ММО систем.	Владеет современными теоретическими моделями и имеет представление об экспериментальном оборудовании для реализации ММО систем.

ПК-3 Способен использовать современное оборудование для решения профессиональных задач.	РОПК 3.1 Понимает принципы действия устройств и систем, предназначенных для решения профессиональных задач.	Не имеет представления о многоканальных системах программно-определяемого радио.	Имеет полное представления о многоканальных системах программно-определяемого радио.
---	---	---	---

11. Учебно-методическое обеспечение

а) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

б) Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.

12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

а) основная литература:

– Cho Y. S., Kim J., Yang W. Y., Kang C. G. MIMO-OFDM wireless communications with MatLab. — John Wiley & Sons (Asia). 2010. — 458 p.

б) дополнительная литература:

– 3GPP TS 38.211. “Physical channels and modulation” Ver. 15.0.0, release 15, 2018.
– 3GPP TS 38.213. “Physical layer procedures for control” Ver. 15.0.0, release 15, 2019.

в) ресурсы сети Интернет:

– открытые онлайн-курсы
– Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU: <https://www.elibrary.ru/>
– Электронный ресурс American Institute of Physics <https://www.scitation.org/>
– Электронный ресурс American Physical Society <https://journals.aps.org/>
– Электронный ресурс ScienceDirect: <https://www.sciencedirect.com/>
– Электронный ресурс SpringerLink: <https://link.springer.com/>
– Электронный ресурс SPIE Digital Library: <https://www.spiedigitallibrary.org/>

13. Перечень информационных технологий

а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

– Mathworks MatLab;
– публично доступные облачные технологии (Google Docs, Яндекс диск и т.п.).

б) информационные справочные системы:

– Электронный каталог Научной библиотеки ТГУ –
<http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system>
– Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ –
<http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>
– ЭБС Лань – <http://e.lanbook.com/>
– ЭБС Консультант студента – <http://www.studentlibrary.ru/>
– ЭБС ZNANIUM.com – <https://znanium.com/>
– ЭБС IPRbooks – <http://www.iprbookshop.ru/>

14. Материально-техническое обеспечение

Аудитории для проведения занятий лекционного типа.

Аудитории для индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенная компьютерной техникой.

Помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой и доступом к сети Интернет, в электронную информационно-образовательную среду и к информационным справочным системам.

15. Информация о разработчиках

Пономарев Олег Геннадьевич, кандидат физико-математических наук, Томский государственный университет, доцент