

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

Радиофизический факультет

УТВЕРЖДАЮ:
Декан

А. Г. Коротаев

Рабочая программа дисциплины

Методы и алгоритмы демодуляции сигналов 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 2.2 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 демодуляции сигналов мобильной радиосвязи пятого поколения.

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 3 з.е., 108 часов, из которых:

-лекции: 32 ч.

-лабораторные работы: 32 ч.

в том числе практическая подготовка: 0 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

8. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Тема 1. Режим установления связи

Прием сигналов канала PBCH, прием сигналов канала PRACH, временная и частотная синхронизация в режиме установления связи.

Тема 2. Детектирование управляющей информации

Прием сигналов канала PDCCH, прием сигналов канала PUCCH разных форматов, частотная и временная синхронизация в режиме поддержания связи.

Тема 3. Детектирование данных

Прием сигналов канала PDSCH, прием сигналов канала PUSCH.

Тема 4. Процедура оценки радиоканала

Прием и анализ сигналов CSI-RS, прием и анализ сигналов SRS.

Тема 5. Искажения, вносимые в сигнал при его передаче и их исправление

Сигнал DMRS, оценка канала, методы и алгоритмы эквалайзирования в приемном тракте. Искажения, вносимые различными видами рассинхронизации приемо-передающих устройств, методы их оценки и устранения.

9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, проведения устных опросов, тестов по лекционному материалу, выполнения лабораторных работ 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, подготовке к лабораторным работам, оформлении отчетов по лабораторным работам.

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 2.2, ИПК 2.3, РООПК 3.2. Ответы на вопросы даются в развернутой форме.

Примерный перечень теоретических вопросов:

1. Методы обработки сигналов при детектировании PBCH.
2. Методы обработки сигналов при детектировании PRACH
3. Методы «слепого» детектирования канала PDCCH.
4. Прием сигналов PUCCH нулевого формата.
5. Прием сигналов PUCCH.
6. Методы детектирования сигналов канала PDSCH.
7. Методы детектирования сигналов канала PUSCH.
8. Использование сигнала CSI-RS для оценки состояния радиоканала.
9. Детектирование сигнала SRS.
10. Алгоритмы временной синхронизации в режиме установления связи.
11. Алгоритмы частотной синхронизации в режиме установления связи.
12. Эквалайзирование и оценка канала по сигналам DMRS.
13. Методы и алгоритмы оценки смещения частоты дискретизации.
14. Искажения, вносимые в сигнал различными видами рассинхронизации.
15. Алгоритмы временной синхронизации в режиме поддержания связи.
16. Алгоритмы частотной синхронизации в режиме поддержания связи
17. Коррекция малых смещений частоты дискретизации.

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
ПК-1 Способен производить анализ состояния научно-технической проблемы, технического задания, формулировать цель и задачи научного исследования в области профессиональной деятельности	РОПК-1.1 Формулирует проблему и определяет предметную область исследования	Не имеет представления о структуре нисходящего и восходящего каналов связи 5G NR	Имеет общее представление о структуре нисходящего и восходящего каналов связи 5G NR
ПК-2 Способен осуществлять построение математических моделей объектов исследования и выбор готового или разработку нового алгоритма решения задачи.	РОПК-2.2 Определяет алгоритм и набор параметров, с учётом которых должно быть проведено моделирование устройства или системы.	Не имеет представления о структуре радиокадра, частотно-временной сетке ресурсов	Имеет представление о структуре радиокадра, частотно-временной сетке ресурсов
		Не знает основных параметров каналов и сигналов и их назначения	Знает некоторые из основных параметров каналов и сигналов и их назначения
	РОПК-2.3 Проводит компьютерное моделирование устройства или системы	Не имеет представления о методах моделирования приемных устройств сигналов 5G NR	Имеет представления о методах моделирования приемных устройств сигналов 5G NR
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 системах программно-определяемого радио	Имеет представление о системах программно-определяемого радио
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 демодуляции сигналов 5G NR	Имеет представления об алгоритмах демодуляции сигналов 5G NR

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:

– Dahlman E, Parkvall S, Skold J 5G NR: The Next Generation Wireless Access Technology. — Academic Press, 2018. — 466 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 проведения лабораторных работ, 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