

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО СВЯЗИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций  
им. проф. М. А. Бонч-Бруевича»**

**УТВЕРЖДАЮ**

Первый проректор - проректор по учебной работе



**ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ПРОГРАММА  
ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ  
«Сети связи 5-го поколения (5G)»**

Санкт-Петербург  
2018 г.

Настоящая дополнительная профессиональная программа повышения квалификации разработана на основе Федерального закона Российской Федерации от 29 декабря 2012 г. № 273\_ФЗ «Об образовании в Российской Федерации», приказа Министерства образования и науки Российской Федерации от 1 июля 2013 г. № 499 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по дополнительным профессиональным программам», а также Положением о повышении квалификации профессорско-преподавательского состава СПбГУТ.

Составитель:

Кандидат технических наук

/М.А.С. Мутханна/

(подпись)

ОБСУЖДЕНО

на заседании кафедры 21.02.2018 г., протокол № 05

Заведующий кафедрой ССиПД

/А.Е. Кучерявый/

(подпись)

ОДОБРЕНО

Декан факультета ИКСС

/Л.Б. Бузюков/

(подпись)

СОГЛАСОВАНО

Директор ИНО

/К.С. Черкасов/

(подпись)

Начальник учебно-методического управления

/В.И. Аверченков/

(подпись)

## **1. Цель реализации программы**

Целью реализации программы является изучение основ построения и функционирования сетей 5-го поколения (5G). В рамках курса рассматривается различные технологии в мобильных сетях пятого поколения, такие как взаимодействия устройства-устройства (D2D), технология X-Ethernet и ее использование в условиях необходимости передачи чувствительного к задержкам трафика, преимущества архитектуры SDN для сетей пятого поколения, а также обзор основных протоколов управления доступом к среде передачи, маршрутизации и транспортного уровня для повышения профессионального уровня в рамках имеющейся квалификации преподавателя и приобретения следующих компетенций:

- способность исследовать свойства и параметры сетевого трафика в современных гетерогенных сетях связи;
- способность к расширению сферы эффективного применения инфокоммуникационных технологий во всех областях деятельности в условиях информационного общества;
- обладать способностью к выявлению тенденций в развитии инфокоммуникационных технологий и методов.

В рамках курса будет рассматриваться сети 4G (частично), сети 5G (IMT-2020), системы позиционирования пятого поколения, Концепция Интернета Вещей предполагает триллионную клиентскую базу сетей связи общего пользования. Последнее приводит к появлению так называемых гетерогенных зон обслуживания. В этих зонах одновременно сосуществуют сети сотовой подвижной связи, всепроникающие сенсорные сети, сети M2M, сети автомобильного транспорта и т.д.

## **2. Требования к результатам обучения**

В результате освоения программы слушатель должен приобрести следующие знания и умения, необходимые для качественного изменения компетенций, указанных в п.1:

### **слушатель должен знать:**

- принципы построения сетей 5G, основные протоколы управления доступом к среде передачи, маршрутизации и транспортного уровня, использующиеся в этих сетях;
- архитектуру и методы построения сетей 5G(IMT-2020), и возможности их моделирования в современных симуляторах.

### **слушатель должен уметь:**

- создавать адекватные модели, осуществлять выбор входных параметров и анализ выходных данных с целью получения оценки вероятностно-временных характеристик процессов в данных сетях;
- осуществлять моделирование процессов и объектов на базе стандартных пакетов

автоматизированного проектирования и исследований;

- осуществлять постановку и проведение экспериментов по заданной методике и анализ результатов.

### 3. Содержание программы

Категория слушателей – преподаватели ВУЗа с наличием и без ученой степени  
(указывается уровень образования, область профессиональной деятельности)

Срок обучения – 72 часа.

Форма обучения – без отрыва от работы  
(с отрывом от работы, без отрыва от работы и т.д.)

#### **Учебный план программы повышения квалификации**

#### **«Сети связи 5-го поколения (5G)»**

№ п/ п	Наименование модулей	Всего, час.	В том числе	
			Занятия лекционн ого типа	Формы аттеста ции
1	Основы сетей 5G	22	22	отчет
2	Интеграция Интернет вещей в сетях пятого поколения	46	46	отчет
Итоговая аттестация		Зачет (4 часа)		

№ п/п	Наименование разделов и тем	Всего, час.	В том числе	
			лекции	практ. и лаб. ран.
1	2	3	4	5
1	<b>Основы сетей 5G</b>	<b>22</b>	<b>8</b>	-
1.1	Введение. История развития сетевых технологий, переход к 5G.	6	6	-
1.2	Облачные вычисления в сотовых сетях. Граничные облачные вычисления в сетях пятого поколения.	8	8	-
1.3.	Взаимодействия устройство - устройство D2D коммуникации.	8	8	-
2	<b>Интеграция Интернет Вещей в сетях пятого поколения</b>	<b>46</b>	<b>28</b>	<b>18</b>
2.1	Устройство коммутатора/маршрутизатора в сетях пятого поколения.	10	6	4
2.2	Концепция NFV.	10	6	4
2.3	Протокол OpenFlow 1.0.	10	6	4
2.4	Контроллеры и Оркестраторы SDN. Системы моделирования и эмулирования SDN сетей. Система эмулирования сетей	10	6	4

	SDN/NFV — MININET.			
2.5	Тренды развития стандартизации в области инфокоммуникаций. Анализ рынка (компании-производители) в области разработки SDN/NFV. Проблемы и задачи перед разработчиками и стандартизирующими органами в области сетей IMT-2020.	6	4	2

### *Календарный учебный график*

**Учебная программа  
повышения квалификации  
«Сети связи пятого поколения»  
Модуль 1. Основы сетей 5G (22 часа)**

**Тема 1.1** Введение. История развития сетевых технологий, переход к 5G. **(6 часов).**

Рассматривается история развития сетей связи и предпосылки для возникновения сетей пятого поколения. Определяются причины появления SDN. Анализ рекомендаций ITU-T в области IMT-2020. Концепция SDN. Примеры контроллеров SDN, сравнение их архитектур производительности.

**Тема 1.2** Облачные вычисления в сотовых сетях. Границные облачные вычисления в сетях пятого поколения. **(8 часов).**

**Тема 1.3** Взаимодействия устройство - устройство D2D коммуникации. **(8 часов).**

**Модуль 2. Интеграция Интернет Вещей в сетях пятого поколения (46 часов)**

**Тема 2.1** Устройство коммутатора/маршрутизатора в сетях пятого поколения. **(10 часов).**

Рассматривается архитектура обычного коммутатора, отличие от OpenFlow-коммутатора и SDN-коммутатора по архитектуре. Память TCAM. Структура контроллера (общая схема). Схема ODL контроллера.

**Тема 2.2** Концепция NFV. **(10 часов).**

Интеграция концепций NFV и SDN, синергетический эффект. Архитектура мультисервисной платформы SDN/NFV. Архитектура SDN/NFV/MEC

**Тема 2.3** Протокол OpenFlow 1.0. **(10 часов).**

История развития протокола OpenFlow и OpenFlow 1.0. Типы сообщений. Модель взаимодействия switch-controler. Подключение коммутатора к контроллеру. Модель взаимодействия в простой и SDN сети при запуске ICMP Echo Request. Flow Table 0.1. Форматы сообщений (общий вид). Форматы сообщений: Echo request/ Echo response, Vendor Experimenter, Feature Req./ Feature Res., GetConfigReq, ResSetConfig, PacketIN, Flow Removed, OF\_Port\_Status. Сценарии взаимодействия. OpenFlow Pipelining, Flow Table 1.0 / 1.3. Протокол MPLS и сервис DiffServ. OpenFlow Group Table, OpenFlow Meter Table — новые инструменты управления потоками.

**Тема 2.4** Контроллеры и Оркестраторы SDN. Системы моделирования и эмулирования SDN сетей. Система эмулирования сетей SDN/NFV — MININET. (10 часов).

Интерфейсы SDN. Протоколы интерфейсов (рассказать про ряд протоколов, которые реализованы на южном интерфейсе. Также рассказать про типы API, которые реализованы на северном интерфейсе контроллера и подробно про REST API). Разработка приложения, работающего по REST интерфейсу с контроллером сети SDN. Модель разработки программного обеспечения MVC.

**Тема 2.5** Тренды развития стандартизации в области инфокоммуникаций. Анализ рынка (компании-производители) в области разработки SDN/NFV. Проблемы и задачи перед разработчиками и стандартизирующими органами в области сетей IMT-2020. (6 часов).

#### Перечень лабораторных занятий

Номер темы	Наименование практического занятия
2.1	Разработка скрипта на Python для работы с сетью через северный интерфейс REST контроллера сети SDN (Получить данные о подключенных коммутаторах и топологии, сделать анализ полученных данных и отобразить в виде таблицы или структурированного списка). Часть 1. (4 часа)
2.2	Разработка скрипта на Python для работы с сетью через северный интерфейс REST контроллера сети SDN (Получить данные о подключенных коммутаторах и топологии, сделать анализ полученных данных и отобразить в виде таблицы или структурированного списка). Часть 2. (4 часа)
2.3	Эмулирование SDN в MININET через CLI-оболочку (Снять дамп с южного интерфейса. Снять дамп ping h1 h2, Снять дамп при работе утилиты iperf3) и разработка простого скрипта на python с подключением к реальному SDN контроллеру. Провести анализ дампов, сделать выводы. (4 часа)
2.4	Разработка скрипта на Python для работы с сетью через северный интерфейс контроллера сети SDN. (Получить данные о подключенных коммутаторах и их статистики и отобразить в виде таблицы или структурированного списка). Часть 1. (4 часа)
2.5	Разработка скрипта на Python для работы с сетью через северный интерфейс контроллера сети SDN. (Получить данные о подключенных коммутаторах и их статистики и отобразить в виде таблицы или структурированного списка). Часть 2. (2 часа)

#### **4. Организационно-педагогические условия**

4.1. Формы и режим занятий:

Аудиторная;

Групповая;

Индивидуальная;

Самостоятельная работа

4.2. Форма обучения очная

4.3. Срок освоения 72 часа

4.4. Применяемые средства обучения

4.5. Материально-техническое обеспечение реализации программы

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий	Вид занятий	Наименование оборудования, программного обеспечения
1	2	3
Аудитория	лекции	компьютер, мультимедийный проектор, экран, доска
Лаборатория Интернета Вещей	Лаб. работы и практ. занятия	открытое программное обеспечение

#### **4.6. Учебно-методическое обеспечение программы**

Модули 1 и 2:

а) основная литература:

- Кучерявыи А.Е. Самоорганизующиеся сети: учебное пособие / А.Е. Кучерявыи, Е.А. Кучерявыи, А.В. Прокопьев. – СПб.: Любавич, 2011 – 309 с.
- Гольдштейн Б.С. Сети связи: учебник для ВУЗов / Б.С. Гольдштейн, Н.А. Соколов, Г.Г. Яновский. - СПб.: БХВ-Петербург, 2010, - 400 с.
- Охорзин В.М. Циклические коды: практикум / В.М. Охорзин – СПб.: СПбГУТ, 2010 – 58 с.

б) дополнительная литература:

- Кучерявыи, А. Е. Выбор головного узла кластера в однородной беспроводной сенсорной сети/А. Е. Кучерявыи, А. Салим // Электросвязь. - 2009. - № 8. – С. 32-36
- Кучерявыи, А. Е. Самоорганизующиеся сети и новые услуги/А. Е. Кучерявыи // Электросвязь. – 2009. - № 1. – С. 19-23.

3. Молчанов, Д. А. Приложения беспроводных сенсорных сетей/ Д. А. Молчанов, Е. А. Кучерявый // Электросвязь. – 2006. - № 6. – С. 20-22.
4. Гольдштейн Б.С. Сети пост-NGN / Б.С. Гольдштейн, А.Е. Кучерявый. – СПб.: БХВ-Петербург, 2013. – 160 с.

## **5. Оценка качества освоения программы**

Оценка качества освоения программы осуществляется аттестационной комиссией в виде дифференцированного зачета в письменной форме на основе пятибалльной системы оценок по основным разделам программы.

## **6. Составители программы**

Мутханна А.С.А., канд.техн.наук, доцент ( модули 1 и 2)