

МИЭМ НИУ ВШЭ для отрасли телекоммуникаций

С.Л.Портной, д.т.н., проф. Московского института электроники
и математики им. А.Н.Тихонова НИУ ВШЭ / sportnoy@hse.ru,

И.В.Назаров, к.т.н., доцент МИЭМ НИУ ВШЭ, академический руководитель образовательной
программы "Инфокоммуникационные технологии и системы связи" / inazarov@hse.ru,

С.Е.Никитин, ассистент МИЭМ НИУ ВШЭ / snikitin@hse.ru

УДК 578.016, DOI: 10.22184/2070-8963.2023.109.1.16.20



Представлен вновь разработанный в МИЭМ НИУ ВШЭ учебный трек "Информационно-телекоммуникационные технологии", обучение по которому позволит готовить в этом вузе кадры для разработки и производства сложного телекоммуникационного оборудования, а также работы в крупнейших операторских компаниях по эксплуатации и проектированию сложных сетей мобильной и фиксированной связи.

ГЛОБАЛЬНЫЕ ТРЕНДЫ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ В МИРЕ И РОССИИ

Развитие технологий в 20 веке принесло множество открытий, которые кардинально изменили жизнь человечества. Одним из ведущих трендов совершенствования технологий всегда было развития телекоммуникаций. Трудно найти другую отрасль техники, которая настолько соединила в себе большинство технологических открытий. Комфортная жизнь человека невозможна сегодня без пользования сотовым телефоном, интернетом, современными средствами телевизионного и радиовещания.

Важно отметить, что скорость развития технологий непрерывно увеличивается, стремительно развиваются новые стандарты. Если в середине прошлого века на переход от одного стандарта до другого в каком-либо сегменте рынка проходили десятилетия, то в конце столетия уже пять-семь лет, а в наши дни телекоммуникационные стандарты обновляются каждые три-четыре года. Это очень влияет и на процесс обучения и переподготовки научно-технических кадров. Современные студенты регулярно сталкиваются с ситуацией, когда телекоммуникационный стандарт успевает претерпеть существенные изменения за время их обучения в вузе, а тем более к моменту получения диплома.

Таким образом, сегодня стало очень важно, чтобы процесс обучения инженеров был построен на опережение – мы должны готовить студентов к работе с еще невнедренными стандартами. Вузам, готовящим инженеров для отрасли, необходимо непрерывно и тщательно отслеживать основные телекоммуникационные технологические тренды и стандарты. Отметим только некоторые из них.

Активное внедрение Интернета вещей (IoT)

Стремительное развитие интернета и мобильной связи в конце прошлого и в первом десятилетии нынешнего века привело к насыщению рынка ставшими привычными технологиями и к появлению новых. Интернет вещей – одна из важнейших из них.

Рынок продиктовал вовлечение в глобальную Сеть не только людей, но и массу окружающих их устройств, число которых на порядки превышает количество абонентов традиционных мобильных сетей, даже если пользователями их станут все жители Земли.

Оказалось, что существовавшие стандарты сетей мобильной связи не подходят к ситуации лавинообразного роста абонентов с небольшим объемом информации на каждого. Потребовались новые алгоритмы множественного доступа

и принципиально новые информационные системы. Стали развиваться параллельно два направления: сети Интернета вещей в безлицензионных диапазонах (беспроводные технологии LoRa-WAN и др.) и Интернет вещей на частотах, выделенных национальными регуляторами сотовым операторам (стандарт NB-IoT и др.). Одновременно стремительно стали развиваться приложения индустриального интернета в самых различных отраслях – высокотехнологичное производство, транспортная логистика, обслуживание городской инфраструктуры, сельское хозяйство, медицина и т.д. Это явилось вторым драйвером развития Интернета вещей. Кроме транспортной среды Интернета вещей стремительно развиваются сами платформы, интегрируемые в среду обслуживания, разработка и производство разнообразных сенсоров и датчиков. Все вместе это создает экосистему IoT.

Развитие мобильной связи 5G/IMT-2020 и приближение эпохи 6G

Развитие мобильной связи по своей природе диктует необходимость поступательного роста скорости доступа для каждого абонента, минимизации задержки передачи сигналов, появления новых сервисов и, как следствие, изменения архитектуры самой сети. Для целей мобильной общедоступной связи стали осваиваться новые полосы частот в районе 3–6 ГГц и даже в так называемом миллиметровом диапазоне (30–300 ГГц). Беспроводные технологии отвоевывают все большую долю у проводной связи, например практически полностью занимая нишу абонентского доступа. Увеличиваются возможности связи с подвижными абонентами, достигая скоростей 500–600 км/ч. Существенно растет и плотность абонентов на квадратный километр, достигая многих сотен тысяч.

Непрерывность развития стандартов способствует плавному перетеканию стандарта 5G в 6G/IMT-2030, в сетях которого будет обеспечена еще более высокая скорость и глобальное покрытие территории планеты спутниковой и наземной связью, для чего будут задействованы еще более высокие диапазоны частот и произойдет реальный переход в миллиметровый диапазон.

Необходимо отметить, что внедрение новых поколений мобильной связи не умаляет важности стабильного и зрелого четвертого поколения (4G/LTE), сети которого продолжают активно использоваться во всем мире. В нынешних условиях это особенно справедливо для нашей страны. Убедительным подтверждением сохранения важной роли 4G является наблюдаемое сегодня все более широкое

распространение частных сетей мобильной связи 4-го поколения (известных как private LTE, или pLTE) для различных промышленных приложений.

Глобальное развитие сетей Wi-Fi

С момента появления стандарта беспроводных локальных сетей (WLAN) IEEE 802.11 в течение двух десятилетий он претерпел кардинальные изменения, такие как освоение новых теоретико-информационных технологий (модуляция OFDM, антенных систем MIMO и т.д.), "выход на улицу", работа с подвижными абонентами, освоение более высоких диапазонов частот, включая 60 ГГц, существенно более высокие стандарты информационной безопасности. Несмотря на бытующее мнение, что с приходом мобильных сетей пятого поколения сети Wi-Fi начнут отмирать, практика уже показывает, что это не так. Частотный голод и опережающий рост объемов передаваемой информации, новых сервисов и контента диктуют развитие обеих технологий практически без конкуренции друг другу.

Освоение диапазона E-Band радиорелейными системами связи

При внедрении технологий мобильной связи еще 4-го поколения оказалось, что существенной проблемой является необходимость в быстро разворачиваемых высокоскоростных транспортных решениях для подключения базовых станций к ядру сети. Оптоволоконные линии не всегда подходят с точки зрения объема необходимых строительных работ, а классические радиорелейные линии не обеспечивают достаточной скорости передачи. В то же время, с переходом к новым поколениям мобильной связи число базовых станций лавинообразно увеличивается.

Стало ясно, что надо уходить на более высокие частоты. В то же время технологические достижения обеспечили возможности построения приемопередающей аппаратуры и цифровых процессоров для миллиметровых диапазонов частот 70–80 ГГц (так называемый E-Band), где имеется "окно прозрачности" для распространения радиосигнала. Это привело к быстрому появлению на рынке радиорелейного оборудования для данного диапазона. Регуляторы многих стран, включая Россию, по рекомендации международных стандартизирующих организаций обеспечили безлицензионное использование E-Band. Если на начальном этапе радиорелейные линии обеспечивали передачу со скоростью 1–2 Гбит/с на расстояние несколько километров, то сегодня коммерчески доступны радиорелейные системы со скоростями 20 Гбит/с и более.

Бурное развитие спутниковой связи

Именно Советский Союз стоял у истоков и был мировым лидером в космической связи. За относительно небольшое время развития технологии спутниковой связи прошли этапы от эллиптических спутников до космических аппаратов на геостационарных и более сложных орбитах, от больших земных станций до малых (VSAT) и очень малых. В настоящее время часть спутникового функционала уже реализована в современных сотовых телефонах, а на пороге глобальное объединение наземной мобильной и спутниковой связи в сетях шестого поколения.

Цифровая трансформация телеком-компаний

Активно идущий сегодня во многих отраслях процесс цифровой трансформации бизнеса особенно ярко проявляет себя в сфере телекоммуникаций. Он позволяет существенно повысить уровень компетенций операторов связи в сфере информационных технологий и обеспечить на основе высокого потенциала сетей пятого поколения предложение рынку новой функции – интеграции вычислений и хранения информации. Сбор, хранение и передача гигантских объемов данных становятся ключевыми на рынке телекоммуникационных операторских услуг.

Технологический суверенитет – вызов текущего момента

Введение многочисленных санкций и ограничений в 2022 году привело к уходу с телекоммуникационного рынка России многих ведущих мировых производителей оборудования и программного обеспечения. Стала невозможной и процедура локализации иностранного оборудования и кооперации с компаниями из недружественных стран (и не только их).

Это приводит к необходимости создания отечественного телекоммуникационного оборудования с прохождением всех циклов разработки, включая идеологию и архитектуру построения системы связи, разработку элементной базы, изготовление печатных плат, корпусов, термобоксов, монтаж печатных плат и т.д. В связи с этим стали возникать новые российские технологические компании и быстро набирать обороты старые, претендующие на роль поставщиков самого современного телекоммуникационного оборудования. В этой связи на российском телекоммуникационном рынке наряду с постоянно существующим спросом на специалистов по проектированию и техническому обслуживанию сетей связи резко растет спрос на кадры для разработки и производства сложного телекоммуникационного оборудования.



СТРУКТУРА ОБУЧЕНИЯ ИНЖЕНЕРОВ ДЛЯ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ В МИЭМ ДО НАСТОЯЩЕГО МОМЕНТА

В настоящее время в Московском институте электроники и математики (МИЭМ) им. А.Н.Тихонова (входит в состав Национального исследовательского университета "Высшая школа экономики") в рамках департамента электронной инженерии, созданного в 2015 году, реализуется образовательная программа бакалавриата "Инфокоммуникационные технологии и системы связи" (ИТСС). Целью данной программы является подготовка высококачественных специалистов в области инфокоммуникационных систем и технологий, способных обеспечить разработку и создание устройств широкой номенклатуры, удовлетворяющих потребностям современного рынка телекоммуникаций.

Ориентация подготовки бакалавров на востребованные рынком и развивающиеся наиболее быстрыми темпами мобильную связь, Интернет вещей и спутниковые инфокоммуникационные технологии позволяет обеспечить реализацию потенциальных профессиональных, деловых и творческих возможностей студентов и гарантированное трудоустройство выпускников

на ближайшие несколько лет и более долгосрочную перспективу.

При обучении студенты образовательной программы ИТСС первые два года получают достаточно сильное физико-математическое образование (что является традиционным конкурентным преимуществом нашего вуза), изучают информатику и языки программирования C/C++ и Python, а также ряд дисциплин, которые будут необходимы для успешного освоения специальных треков, например "Общая теория связи", "Электроника" и др.

Необходимо подчеркнуть, что уже несколько лет в МИЭМ активно и успешно применяется проектная модель обучения, предполагающая обязательное участие студентов второго и третьего курсов в проектах, предлагаемых, в том числе, внешними заказчиками из промышленности. Проект, в отличие от традиционной курсовой работы, предполагает получение конечного продукта – это должна быть система/предмет, востребованная какой-то целевой аудиторией для решения актуальной задачи. Результат любой разработки обязательно должен быть отчуждаемым от команды и повторяемым.

Над проектами студенты в нашем вузе работают обычно в команде из нескольких человек, выполняя общий круг практических задач. Это помогает им как сформировать профессиональные навыки, так и лучше подготовиться к работе в реальной бизнес-среде.

Для обеспечения проектного обучения в МИЭМ создана современная инфраструктура, включающая цифровую среду для эффективного управления проектами и мастерскую инноваций с набором разнообразного оборудования для реализации инженерных проектов. Также всегда возможно продолжение работы над успешными проектами и на четвертом курсе с целью выхода с ними на защиту выпускной квалификационной работы бакалавра.

На третьем и четвертом курсах студенты ИТСС получают возможность выбрать один из четырех треков (направлений), и, помимо общих для всех дисциплин, таких как "Схемотехника телекоммуникационных устройств", "Цифровая обработка сигналов", "Цифровые системы передачи и приема информации", "Беспроводные коммуникационные системы", "Методы машинного обучения" и др., начинают изучать один из вариативных блоков специальных дисциплин, что предполагает получение студентами углубленных знаний в определенной, относительно узкой области.

До текущего учебного года в рамках программы ИТСС было предусмотрено три трека: "Инфокоммуникационные технологии и киберфизические системы", "Электроника инфокоммуникационных технологий и систем связи", "Квантовые инфокоммуникационные технологии". Начиная со следующего учебного года наши студенты получают возможность выбрать новый трек "Информационно-телекоммуникационные технологии".

Новый трек для подготовки инженеров телекоммуникаций

Трек "Информационно-телекоммуникационные технологии" предполагает обучение вопросам проектирования, производства и обслуживания самых современных телекоммуникационных систем. Студентам будут предложены такие дисциплины, как "Теория информации и кодирования", "Принципы стандартизации телекоммуникационных систем", "Основы Интернета вещей", "Проектирование мобильных сетей", "Проектирование сетей Wi-Fi", "Информационная безопасность и защита инфокоммуникационных систем" и др.

Следует отметить, что очень важна последовательность этапов. Ключевую роль играет второй, который является мостиком между первым и третьим этапами. На втором этапе изучаются теоретические основы построения любой телекоммуникационной системы и базовые стандарты систем связи. Знания первых позволяют в дальнейшем – на третьем этапе – при изучении конкретных систем вычленять в любой телекоммуникационной системе основные теоретико-информационные узлы (кодеки, модемы и др.), которые определяют эффективность каждой системы. Информация о стандартизации позволит быстро ознакомить студентов с базовыми телекоммуникационными трендами, чтобы на третьем этапе изучать их более глубоко.

Также следует отметить, что в НИУ ВШЭ имеется возможность оперативно менять вариативные дисциплины. Это позволяет руководству образовательной программы гибко реагировать на вызовы сегодняшнего дня в зависимости от текущих потребностей, состояния рынка, интереса работодателей и других обстоятельств.

Еще одна важная новация. Уже в сентябре 2023 года мы предложим студентам бакалавриата третьего курса, желающим стать телекоммуникационными инженерами, выбор учиться не в течение еще двух, а трех лет. Выпускники получают два диплома: бакалавра и инженера. Одновременно будет вестись подготовительная работа с тем, чтобы открыть с 2024 года в МИЭМ набор на специалитет по телекоммуникациям с пятилетним сроком обучения.

Один из авторов данной статьи – профессор С.Л.Портной – назначен научным руководителем рассматриваемого трека. Достигнуты договоренности о чтении специализированных дисциплин ведущими учеными-связистами, имеющими большой практический опыт работы в лучших компаниях телекоммуникационной отрасли ("Ростелеком", МТС, "ВымпелКом", "Антарес", "Максима Телеком", "ТрансТелеКом", ООО "СПЕКТР" и др.). Есть надежда, что приглашенные из отрасли связи преподаватели обеспечат наряду с серьезной теоретической подготовкой, что является стандартом МИЭМ, глубокую связь с практикой и производством.

Такой же подход намечен и в проектной работе студентов. Достигнуты договоренности или ведутся переговоры практически со всеми упомянутыми компаниями о проведении совместных проектов по системе МИЭМ и о предоставлении лабораторной базы предприятий для практической работы студентов. ■

VIII Международная конференция

АРКТИКА-2023

Арктика: устойчивое развитие

2–3 марта 2023, г. Москва

Стань участником

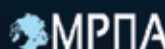
Специализированная выставка | Спонсорство

Официальная поддержка:



Тел. +7 (495) 662-97-49 (многоканальный)

Организаторы:



Электронная почта: arctic@s-kon.ru

www.arctic.s-kon.ru