

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Максимов Алексей Борисович

Должность: директор департамента по образовательной политике

Дата подписания: 12.10.2026 16:48:36

Уникальный идентификатор:

8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования**

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета

«Информационных технологий»



/ Д.Г. Демидов /

« 26 » февраль 2026 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Протоколы IoT**

Направление подготовки

09.03.01 Информатика и вычислительная техника

Профиль подготовки (образовательная программа)

«Информационные системы умных пространств»

Год начала обучения:

2026

Квалификация (степень) выпускника

Бакалавр

Форма обучения

Очная

Москва – 2026

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО и учебного плана Московского политехнического университета по направлению (специальности) 09.03.01 Информатики и вычислительная техника, по профилю подготовки Информационные системы умных пространств.

Разработчик(и):

к. ф.-м. н., доцент кафедры



/ Т.Т. Идиатуллин /

Согласовано:

Заведующий кафедрой
«СМАРТ-технологии»,
к.т.н., доцент



/ Е.В. Петрунина /

Содержание

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы
3. Структура и содержание дисциплины
 - 3.1 Виды учебной работы и трудоемкость
 - 3.2 Тематический план изучения дисциплины (по формам обучения)
 - 3.3 Содержание дисциплины
 - 3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий
 - 3.5 Тематика вопросов для самостоятельного изучения
4. Учебно-методическое и информационное обеспечение
 - 4.1 Нормативные документы и ГОСТы
 - 4.2. Основная литература
 - 4.3 Дополнительная литература
 - 4.4 Электронные образовательные ресурсы
 - 4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение
 - 4.6 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы
- 5 Материально-техническое обеспечение
- 6 Методические рекомендации
 - 6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения
 - 6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины
 - 6.3 Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья
- 7 Фонд оценочных средств
 - 7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения
 - 7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения
- Приложение 1
- Приложение 2

1 Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

К основным целям освоения дисциплины «Протоколы IoT» следует отнести:

- формирование у обучающихся системного представления об архитектуре систем Интернета вещей и о роли протоколов передачи данных в построении таких систем;
- ознакомление обучающихся с современными сетевыми, транспортными и прикладными протоколами Интернета вещей, принципами их работы и областями применения;
- формирование навыков выбора, настройки и практического применения протоколов IoT при разработке распределённых приложений умных пространств.

К основным задачам освоения дисциплины «Протоколы IoT» следует отнести:

- изучение эталонных моделей и многоуровневой архитектуры систем Интернета вещей, состава протокольных стеков;
- анализ состояния и тенденций развития беспроводных технологий передачи данных, в том числе технологий класса LPWAN и отечественных решений;
- изучение прикладных протоколов Интернета вещей (MQTT, CoAP, LwM2M, HTTP/REST, WebSocket, AMQP, OPC UA) и критериев их выбора;
- изучение механизмов обеспечения информационной безопасности при передаче данных в системах Интернета вещей;
- приобретение навыков развёртывания брокеров и серверов, настройки клиентских устройств, анализа сетевого трафика и отладки протокольного взаимодействия;
- приобретение навыков проектирования схем информационного обмена и интеграции разнородных устройств через шлюзы и облачные платформы.

Обучение по дисциплине «Протоколы IoT» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

Код и наименование компетенций	Индикаторы достижения компетенции
ПК-4. Способен разрабатывать программное обеспечение для интеллектуализации пространств	ИПК-4.1. Знает архитектуру систем интеллектуализации пространств, состав их компонентов, событийную модель взаимодействия устройств и сервисов. ИПК-4.2. Умеет проектировать и реализовывать сценарии взаимодействия устройств и пользователей, обеспечивая согласованное поведение системы умного пространства. ИПК-4.3. Владеет навыками разработки, отладки, тестирования и сопровождения комплекта сценариев умного пространства с учетом требований к надежности, безопасности и приватности.

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Протоколы IoT» относится к числу профессиональных учебных дисциплин (Б1.2) части, формируемой участниками образовательных отношений основной образовательной программы бакалавриата по направлению подготовки 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника», профиль «Информационные системы умных пространств».

Изучение дисциплины опирается на знания, умения и навыки, приобретенные в предшествующих дисциплинах: «Основы информационно-коммуникационных технологий», «Архитектура вычислительных систем», «Программирование», «Сети и телекоммуникации».

Дисциплина обеспечивает изучение дисциплин «Операционные системы микроконтроллеров», «Проектирование встраиваемых систем», «Технологии Интернета вещей», «Информационные системы умных пространств», а также выполнение курсовых работ и выпускной квалификационной работы.

3 Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, т.е. 108 академических часов, из них аудиторных — 36 часов, самостоятельная работа обучающихся — 72 часа. Форма промежуточной аттестации — экзамен в 3 семестре.

3.1 Виды учебной работы и трудоемкость

(по очной форме обучения)

№ п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестр 3
1	Аудиторные занятия	36	36
	В том числе:		
1.1	Лекции	18	18
1.2	Семинарские/практические занятия	18	18
1.3	Лабораторные занятия	—	—
2	Самостоятельная работа	72	72
3	Промежуточная аттестация	экзамен	экзамен
	Итого:	108	108

3.2 Тематический план изучения дисциплины

(по очной форме обучения)

№ п/п	Разделы/темы дисциплины	Всего, час.	Лекции	Практические занятия	Самостоятельная работа
1	Тема 1. Интернет вещей и протокольные стеки: основные понятия и архитектура	12	2	2	8
2	Тема 2. Физический и канальный уровни. Беспроводные технологии IoT и LPWAN	14	2	2	10
3	Тема 3. Сетевой уровень: IPv6, 6LoWPAN, RPL, Thread	12	2	2	8
4	Тема 4. Транспортный уровень и информационная безопасность обмена данными	12	2	2	8
5	Тема 5. Протокол MQTT	14	2	2	10
6	Тема 6. Протоколы CoAP и LwM2M	12	2	2	8
7	Тема 7. Веб- и промышленные протоколы:	20	4	4	12

№ п/п	Разделы/темы дисциплины	Всего, час.	Лекции	Практические занятия	Самостоятельная работа
	HTTP/REST, WebSocket, AMQP, OPC UA, Matter				
8	Тема 8. Шлюзы, интеграция и проектирование протокольного взаимодействия	12	2	2	8
	Итого	108	18	18	72

3.3 Содержание дисциплины

3.3.1 Содержание лекционных занятий (18 часов)

Тема 1. Интернет вещей и протокольные стеки: основные понятия и архитектура (2 ч)

Основные понятия и определения: Интернет вещей, промышленный Интернет вещей, киберфизическая система, умное пространство. Области применения и типовые сценарии. Эталонные архитектуры IoT: трёхуровневая и четырёхуровневая модели, референсная модель IoT-WF. Модель OSI и стек TCP/IP применительно к устройствам с ограниченными ресурсами. Классификация ограниченных устройств и каналов связи (RFC 7228). Состав протокольного стека Интернета вещей по уровням. Требования к протоколам IoT: энергоэффективность, компактность заголовков, устойчивость к потерям, масштабируемость, безопасность. Обзор рынка и тенденции стандартизации, в том числе отечественные решения.

Тема 2. Физический и канальный уровни. Беспроводные технологии IoT и LPWAN (2 ч)

Классификация технологий беспроводной передачи данных по дальности и энергопотреблению: WPAN, WLAN, LPWAN, сотовые сети. Стандарт IEEE 802.15.4: структура кадра, топологии, механизмы доступа к среде. Zigbee и Thread. Bluetooth Low Energy: роли устройств, рекламные пакеты, профиль GATT. Wi-Fi для устройств Интернета вещей, стандарт 802.11ah. Технологии LPWAN: LoRa и LoRaWAN (классы устройств, ADR, структура сети), Sigfox, NB-IoT и LTE-M. Проводные технологии: Ethernet, RS-485 и Modbus, CAN, интерфейсы датчиков. Критерии сравнения технологий: дальность, скорость, энергопотребление, стоимость, ёмкость сети.

Тема 3. Сетевой уровень: IPv6, 6LoWPAN, RPL, Thread (2 ч)

Протокол IPv6: структура адреса, типы адресов, формат заголовка, автоконфигурация SLAAC, протокол обнаружения соседей. Причины перехода к IPv6 в системах Интернета вещей. Адаптационный уровень 6LoWPAN: фрагментация и сборка пакетов, сжатие заголовков IPHC, механизмы обнаружения соседей для ограниченных сетей. Маршрутизация в сетях с потерями: протокол RPL, ориентированные ациклические графы, целевые функции и метрики. стек Thread: структура сети, роли узлов, коммиссионирование. Сетевая адресация, NAT и особенности подключения устройств к внешним сетям. Многоадресная и групповая рассылка в сетях Интернета вещей.

Тема 4. Транспортный уровень и информационная безопасность обмена данными (2 ч)

Транспортные протоколы TCP и UDP: сравнение, накладные расходы, поведение в сетях с потерями. Особенности использования TCP на ограниченных устройствах. Протокол QUIC и перспективы его применения. Угрозы и модель нарушителя в системах Интернета вещей. Криптографические примитивы и их реализация на устройствах с ограниченными ресурсами. Протоколы TLS и DTLS, режимы аутентификации, работа с сертификатами и с общими ключами (PSK). Протокол OSCORE как средство сквозной защиты сообщений. Управление ключами и идентификацией устройств, защищённая загрузка и обновление. Типовые уязвимости и меры защиты IoT-инфраструктуры.

Тема 5. Протокол MQTT (2 ч)

Модель «издатель — подписчик» и её отличия от модели «клиент — сервер». Архитектура MQTT: брокер, клиенты, темы (topics), шаблоны подписки. Формат управляющих пакетов, фиксированный и переменный заголовки. Уровни качества обслуживания QoS 0, 1, 2 и их применение. Сессии, механизм удержания сообщений (retained), завещание клиента (last will and testament), keep alive. Особенности версии MQTT 5.0: свойства, коды причин, темы-псевдонимы, обмен по схеме «запрос — ответ». Протокол MQTT-SN для сенсорных сетей. Безопасность MQTT: аутентификация, авторизация по темам, шифрование. Практика проектирования иерархии тем и форматов полезной нагрузки. Обзор брокеров: Mosquitto, EMQX, VerneMQ.

Тема 6. Протоколы CoAP и LwM2M (2 ч)

Протокол CoAP: назначение, соответствие архитектурному стилю REST, работа поверх UDP. Формат сообщений, типы сообщений (CON, NON,

ACK, RST), надёжность и повторные передачи. Методы, коды ответов, опции, форматы содержимого. Механизм наблюдения за ресурсами (Observe), блочная передача (Block-wise), обнаружение ресурсов и формат ссылок CoRE. Проксирование и трансляция CoAP в HTTP. Защита CoAP средствами DTLS и OSCORE. Стандарт OMA LwM2M: объектная модель, идентификаторы объектов и ресурсов, интерфейсы регистрации, управления устройством и передачи данных. Управление жизненным циклом устройства и обновление прошивки по воздуху.

Тема 7. Веб- и промышленные протоколы: HTTP/REST, WebSocket, AMQP, OPC UA, Matter (4 ч)

Протокол HTTP и архитектурный стиль REST: ресурсы, методы, коды состояния, идемпотентность. Проектирование REST API для устройств и платформ Интернета вещей, форматы представления данных JSON, CBOR, Protocol Buffers. Ограничения HTTP на устройствах с ограниченными ресурсами. Протокол WebSocket: установление соединения, кадры, применение для передачи телеметрии в реальном времени. Server-Sent Events. Протокол AMQP: модель обмена сообщениями, очереди, точки обмена, надёжная доставка. Сравнение AMQP и MQTT. Промышленные протоколы: Modbus TCP, OPC UA (информационная модель, службы, профили безопасности, PubSub), MQTT Sparkplug. Стандарт Matter и протокол Thread в системах умного дома. Протоколы обнаружения устройств: mDNS, DNS-SD, SSDP. Сравнительный анализ прикладных протоколов и критерии выбора.

Тема 8. Шлюзы, интеграция и проектирование протокольного взаимодействия (2 ч)

Роль шлюзов в системах Интернета вещей: агрегация, трансляция протоколов, локальная обработка данных. Пограничные и туманные вычисления. Архитектура платформ Интернета вещей и способы подключения устройств. Интеграция с брокерами сообщений и системами потоковой обработки данных. Форматы и семантика данных, единицы измерения, метаданные, стандарт SenML. Цифровые двойники и модели устройств. Оценка производительности протокольного взаимодействия: задержки, накладные расходы, энергопотребление на передачу. Методика выбора протокольного стека под требования проекта. Отладка и мониторинг: анализ трафика, журналирование, средства тестирования. Тенденции развития протоколов Интернета вещей.

3.3.2 Содержание практических занятий (18 часов)

Практическое занятие № 1. Архитектура систем Интернета вещей и анализ протокольных стеков (2 ч)

Разбор типовых архитектур систем Интернета вещей на примерах прикладных сценариев. Построение схемы информационных потоков для заданного объекта автоматизации. Определение состава протокольного стека по уровням модели OSI. Работа с анализатором сетевого трафика: захват и разбор пакетов, определение принадлежности к уровням стека.

Практическое занятие № 2. Сравнительный анализ беспроводных технологий передачи данных (2 ч)

Расчёт бюджета радиоканала и оценка дальности связи. Сравнение технологий BLE, Zigbee, Wi-Fi, LoRaWAN и NB-IoT по заданному набору критериев. Оценка энергопотребления оконечного устройства при различных периодах передачи. Обоснование выбора технологии для заданного сценария применения.

Практическое занятие № 3. Адресация IPv6 и сети 6LoWPAN (2 ч)

Расчёт и распределение адресного пространства IPv6. Изучение механизма сжатия заголовков в сетях 6LoWPAN и оценка выигрыша по объёму передаваемых данных. Моделирование маршрутизации по протоколу RPL и построение графа маршрутов. Анализ поведения сети при отказе узла.

Практическое занятие № 4. Защита передаваемых данных: TLS и DTLS (2 ч)

Выпуск и проверка сертификатов средствами утилиты командной строки. Настройка защищённого соединения с аутентификацией по сертификату и по общему ключу. Анализ процедуры установления соединения по перехваченному трафику. Оценка накладных расходов защищённого обмена по объёму данных и времени установления соединения.

Практическое занятие № 5. Обмен данными по протоколу MQTT (2 ч)

Развёртывание и конфигурирование брокера MQTT. Разработка клиентов-издателя и клиента-подписчика. Исследование уровней качества обслуживания QoS 0, 1 и 2 при потерях в канале. Применение удерживаемых сообщений и завешивания клиента. Проектирование иерархии тем и настройка правил авторизации.

Практическое занятие № 6. Взаимодействие по протоколам CoAP и LwM2M (2 ч)

Реализация сервера CoAP с набором ресурсов и клиента для доступа к ним. Применение механизма наблюдения за ресурсом и блочной передачи. Обнаружение ресурсов и разбор формата ссылок. Регистрация устройства на сервере LwM2M, чтение и запись ресурсов объектной модели.

Практическое занятие № 7. Веб- и промышленные протоколы в системах Интернета вещей (4 ч)

Разработка REST API для устройства и его тестирование. Сравнение объёма представления данных в форматах JSON и CBOR. Передача телеметрии через WebSocket и построение панели отображения данных в реальном времени. Настройка обмена по протоколу Modbus TCP и работа с сервером OPC UA. Сравнительный анализ протоколов по задержке и накладным расходам.

Практическое занятие № 8. Шлюз и интеграция разнородных устройств (2 ч)

Разработка шлюза, выполняющего трансляцию сообщений между протоколами. Подключение устройств к платформе Интернета вещей и настройка правил обработки данных. Организация хранения и визуализации телеметрии. Оформление проектного решения по выбору протокольного стека для заданного технического задания.

3.3.3 Содержание самостоятельной работы обучающихся (72 часа)

Самостоятельная работа обучающихся включает следующие виды деятельности:

- проработка конспектов лекций и изучение разделов дисциплины, вынесенных на самостоятельное изучение, по рекомендованной литературе и электронным образовательным ресурсам;
- изучение спецификаций и стандартов протоколов Интернета вещей, а также документов RFC, в том числе на английском языке;
- подготовка к выполнению и защите практических работ, оформление отчетов;
- выполнение индивидуальных домашних заданий по разработке клиентских и серверных приложений обмена данными;
- подготовка обзора (реферата) по одному из современных протоколов или стандартов Интернета вещей;
- выполнение расчётно-аналитических заданий по оценке накладных расходов и энергопотребления при передаче данных;

- подготовка к тестированию и к экзамену.

4 Учебно-методическое и информационное обеспечение

4.1 Нормативные документы и ГОСТы

1. Федеральный закон от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации».
2. Приказ Минобрнауки России от 19.09.2017 № 929 (ред. от 08.02.2021) «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования — бакалавриат по направлению подготовки 09.03.01 Информатика и вычислительная техника» (Зарегистрировано в Минюсте России 10 октября 2017 г. № 48489).
3. Академический учебный план. Направление подготовки: 09.03.01 Информатика и вычислительная техника. Профиль: Информационные системы умных пространств. Форма обучения: очная.
4. Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский политехнический университет» (утверждено приказом Московского Политеха от 01.12.2022 № 1375ОД).
5. ГОСТ Р 59026-2020. Информационные технологии. Интернет вещей. Термины и определения.
6. ГОСТ Р ИСО/МЭК 30141-2021. Интернет вещей. Эталонная архитектура.
7. ГОСТ Р 70036-2022. Информационные технологии. Интернет вещей. Протокол обмена для высокоскоростных сетей связи.
8. ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207-2010. Информационная технология. Системная и программная инженерия. Процессы жизненного цикла программных средств.

4.2 Основная литература

1. Олифер, В. Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы : учебник для вузов / В. Г. Олифер, Н. А. Олифер. — 6-е изд. — Санкт-Петербург : Питер, 2020. — 1008 с.
2. Таненбаум, Э. Компьютерные сети / Э. Таненбаум, Д. Уэзеролл. — 5-е изд. — Санкт-Петербург : Питер, 2019. — 960 с.

3. Росляков, А. В. Интернет вещей : учебное пособие / А. В. Росляков, С. В. Ваняшин, А. Ю. Гребешков. — Самара : ПГУТИ, 2015. — 200 с.
4. Гуров, В. В. Микропроцессорные системы : учебник / В. В. Гуров. — Москва : ИНФРА-М, 2018. — 336 с.

4.3 Дополнительная литература

1. Куроуз, Дж. Компьютерные сети. Нисходящий подход / Дж. Куроуз, К. Росс. — Москва : Эксмо, 2016. — 912 с.
2. Гельбух, С. С. Сети ЭВМ и телекоммуникации. Архитектура и организация : учебное пособие / С. С. Гельбух. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 208 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/118646>
3. Пятибратов, А. П. Вычислительные системы, сети и телекоммуникации : учебник / А. П. Пятибратов, Л. П. Гудыно, А. А. Кириченко. — Москва : КноРус, 2018. — 372 с.
4. Сомов, А. М. Спутниковые системы связи и сети Интернета вещей : учебное пособие / А. М. Сомов. — Москва : Горячая линия — Телеком, 2019. — 244 с.
5. Магда, Ю. С. Микроконтроллеры серии ARM7. Программирование на языке C : практическое пособие / Ю. С. Магда. — Москва : ДМК Пресс, 2010. — 232 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/1288>
6. Новожилов, О. П. Архитектура ЭВМ и систем : учебное пособие для вузов / О. П. Новожилов. — Москва : Юрайт, 2019. — 527 с.

4.4 Электронные образовательные ресурсы

1. Курс в ЛМС Московского политехнического университета. — <https://lms.mospolytech.ru/>
2. Спецификации протокола MQTT (OASIS). — <https://mqtt.org/>
3. Документы RFC организации IETF (RFC 7252 CoAP, RFC 4944 и 6282 6LoWPAN, RFC 6550 RPL, RFC 7228, RFC 8613 OSCORE). — <https://www.rfc-editor.org/>
4. Спецификации OMA SpecWorks LwM2M. — <https://www.openmobilealliance.org/>
5. Материалы альянса LoRa Alliance. — <https://lora-alliance.org/>
6. Материалы Connectivity Standards Alliance (Zigbee, Matter). — <https://csa-iot.org/>

7. Материалы OPC Foundation (OPC UA). — <https://opcfoundation.org/>
8. Документация брокера Eclipse Mosquitto и проектов Eclipse IoT. — <https://iot.eclipse.org/>
9. Электронно-библиотечная система «Лань». — <https://e.lanbook.com/>
10. Электронно-библиотечная система «Юрайт». — <https://urait.ru/>

4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

1. Операционная система Windows 10 (или выше) — Microsoft Open License.
2. Офисные приложения Microsoft Office 2016 (или выше) — Microsoft Open License.
3. Брокер сообщений Eclipse Mosquitto — свободно распространяемое ПО (лицензия EPL).
4. Клиентские утилиты MQTT Explorer, MQTT.fx — свободно распространяемое ПО.
5. Анализатор сетевого трафика Wireshark — свободно распространяемое ПО (лицензия GPL).
6. Библиотеки и инструменты CoAP: libcoap, Californium, Eclipse Leshan (LwM2M) — свободно распространяемое ПО.
7. Платформа Node-RED — свободно распространяемое ПО (лицензия Apache 2.0).
8. Среда разработки Visual Studio Code и платформа PlatformIO — свободно распространяемое ПО.
9. Язык программирования Python с библиотеками paho-mqtt, aiocoap — свободно распространяемое ПО.
10. Сетевой симулятор Cooja (Contiki-NG) и средства моделирования сетей — свободно распространяемое ПО.
11. Система контроля версий Git — свободно распространяемое ПО (лицензия GPL).

5 Материально-техническое обеспечение

Для проведения всех видов занятий необходимо презентационное оборудование (мультимедийный проектор, компьютер, экран) — 1 комплект.

Для проведения практических занятий необходимо наличие компьютерного класса, оборудованного современной вычислительной техникой из расчета одно рабочее место на одного обучающегося с доступом в сеть Интернет, а также следующего оборудования:

- отладочные модули с беспроводными интерфейсами Wi-Fi и Bluetooth Low Energy (ESP32 или аналогичные) — из расчета один комплект на одно рабочее место;
- модули LoRa/LoRaWAN и базовый шлюз LoRaWAN — не менее одного комплекта на учебную группу;
- модули стандарта IEEE 802.15.4 (Zigbee, Thread) — не менее одного комплекта на два рабочих места;
- наборы датчиков и исполнительных устройств с интерфейсами UART, SPI, I2C;
- одноплатные компьютеры для развёртывания шлюзов и брокеров сообщений — не менее одного на два рабочих места;
- сетевое оборудование (коммутаторы, точки доступа, маршрутизаторы) для организации учебной сети;
- серверное оборудование или виртуальная инфраструктура для развёртывания брокеров, серверов LwM2M и платформ Интернета вещей.

6 Методические рекомендации

6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения

При подготовке к занятиям следует предварительно проработать материал занятия, предусмотрев его подачу точно в отведенное для этого время занятия. Следует подготовить необходимые материалы — теоретические сведения, примеры конфигураций и программного кода, задания для практических занятий, а также заранее проверить работоспособность оборудования, сетевой инфраструктуры и инструментальных средств.

При проведении занятия следует контролировать подачу материала и решение заданий с учетом учебного времени, отведенного для занятия. Практические занятия целесообразно выстраивать по принципу постепенного усложнения: от анализа готового трафика к самостоятельной реализации клиент-серверного взаимодействия и далее к интеграции разнородных

устройств через шлюз, что позволяет обучающимся осознать причины многообразия протоколов Интернета вещей.

При проверке работ и отчетов следует учитывать не только правильность выполнения заданий, но и обоснованность выбора протокола и его параметров, корректность работы решения при потерях в канале связи, соблюдение требований информационной безопасности, а также правильность выполнения всех шагов работы.

6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Изучение дисциплины осуществляется в строгом соответствии с целевой установкой в тесной взаимосвязи с учебным планом. Основой теоретической подготовки обучающихся являются лекции.

В процессе самостоятельной работы обучающиеся закрепляют и углубляют знания, полученные во время аудиторных занятий, дорабатывают конспекты лекций, изучают спецификации протоколов и техническую документацию на применяемое оборудование, готовятся к защите практических работ и к экзамену, а также самостоятельно изучают отдельные темы учебной программы.

Особое внимание при подготовке следует уделять практической работе: разбору примеров обмена сообщениями, самостоятельному анализу сетевого трафика и исследованию поведения протоколов при изменении параметров качества обслуживания, периодичности передачи и условий работы канала связи.

7 Фонд оценочных средств

7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения

В процессе обучения используются следующие оценочные формы самостоятельной работы обучающихся, оценочные средства текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации:

- подготовка к решению прикладных задач;
- выполнение и защита практических работ, оформление отчетов;
- подготовка домашних работ и их защита;
- подготовка обзора (реферата) по современным протоколам Интернета вещей;
- тест;

- экзамен.

7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения

Показателем оценивания компетенций на различных этапах их формирования является достижение обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю).

ПК-4. Способен разрабатывать программное обеспечение для интеллектуализации пространств

Показатель	2	3	4	5
знать: архитектуру систем Интернета вещей, состав и назначение протоколов канального, сетевого, транспортного и прикладного уровней, механизмы обеспечения безопасности передачи данных	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие указанных знаний	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие указанных знаний, освещена основная, наиболее важная часть материала, допущена одна значительная ошибка или неточность	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие указанных знаний, допускаются 2—3 несущественные ошибки и неточности	Обучающийся демонстрирует полное соответствие указанных знаний, свободно оперирует материалом дисциплины
уметь: выбирать и настраивать протоколы обмена данными для решения прикладных задач Интернета вещей, разрабатывать клиентские и серверные приложения обмена, анализировать сетевой трафик	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет выполнять указанные действия	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие указанных умений, испытывает значительные затруднения при переносе умений на новые ситуации	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие указанных умений, допускает незначительные ошибки и неточности	Обучающийся демонстрирует полное соответствие указанных умений, уверенно применяет их в нестандартных ситуациях

Показатель	2	3	4	5
владеть: навыками развёртывания и настройки брокеров, серверов и шлюзов, методами отладки и тестирования протокольного взаимодействия, оценки его характеристик	Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет указанными навыками	Обучающийся владеет указанными навыками, но допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность навыков по ряду показателей	Обучающийся частично владеет указанными навыками, допускаются незначительные ошибки и затруднения при аналитических операциях	Обучающийся в полном объеме владеет указанными навыками, свободно оперирует приобретенными знаниями

Шкалы оценивания результатов промежуточной аттестации и их описание:

Форма промежуточной аттестации: экзамен.

Промежуточная аттестация обучающихся в форме экзамена проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине (модулю), при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине (модулю), методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) выставляется оценка «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно».

Шкала оценивания	Описание
отлично	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Обучающийся демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, свободно оперирует приобретенными знаниями, умениями и навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. Все практические работы выполнены и защищены. Присутствовал более чем на $\frac{3}{4}$ занятий по дисциплине.
хорошо	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Обучающийся демонстрирует неполное, но правильное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах

Шкала оценивания	Описание
	показателей, либо при этом были допущены 2—3 несущественные ошибки. Присутствовал более чем на $\frac{3}{4}$ занятий по дисциплине.
удовлетворительно	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Обучающийся демонстрирует соответствие знаний, в котором освещена основная, наиболее важная часть материала, но при этом допущена одна значительная ошибка или неточность. Присутствовал более чем на $\frac{1}{2}$ занятий по дисциплине.
неудовлетворительно	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Обучающийся демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

7.3 Оценочные средства

7.3.1 Список вопросов для экзамена

1. Интернет вещей: основные понятия, классификация, области применения.
2. Эталонные архитектуры систем Интернета вещей. Уровни архитектуры и их назначение.
3. Модель OSI и стек TCP/IP применительно к системам Интернета вещей.
4. Классификация ограниченных устройств и каналов связи. Требования к протоколам Интернета вещей.
5. Состав протокольного стека Интернета вещей. Критерии сравнения протоколов.
6. Тенденции стандартизации в области Интернета вещей. Отечественные стандарты и решения.
7. Классификация технологий беспроводной передачи данных по дальности и энергопотреблению.
8. Стандарт IEEE 802.15.4: структура кадра, топологии, доступ к среде.
9. Технология Zigbee: архитектура сети, роли устройств, профили.
10. Bluetooth Low Energy: роли устройств, рекламные пакеты, профиль GATT.

11. Применение технологий Wi-Fi в системах Интернета вещей. Стандарт IEEE 802.11ah.
12. Технология LoRa и сеть LoRaWAN: архитектура, классы устройств, адаптивная скорость передачи.
13. Технологии NB-IoT и LTE-M: принципы построения и области применения.
14. Проводные технологии передачи данных: Ethernet, RS-485 и Modbus, CAN.
15. Протокол IPv6: структура адреса, типы адресов, формат заголовка.
16. Автоконфигурация адресов и протокол обнаружения соседей в IPv6.
17. Адаптационный уровень 6LoWPAN: фрагментация пакетов и сжатие заголовков.
18. Протокол маршрутизации RPL: принципы построения графа, целевые функции и метрики.
19. Стек Thread: структура сети, роли узлов, комиссионирование устройств.
20. Многоадресная и групповая рассылка в сетях Интернета вещей.
21. Транспортные протоколы TCP и UDP: сравнение и особенности применения в Интернете вещей.
22. Протокол QUIC и перспективы его применения в системах Интернета вещей.
23. Угрозы информационной безопасности и модель нарушителя в системах Интернета вещей.
24. Криптографические примитивы на устройствах с ограниченными ресурсами.
25. Протокол TLS: назначение, процедура установления соединения, режимы аутентификации.
26. Протокол DTLS: особенности работы поверх UDP.
27. Протокол OSCORE: сквозная защита сообщений в сетях с проксированием.
28. Управление ключами и идентификацией устройств. Защищённая загрузка и обновление.
29. Модель «издатель — подписчик» и её отличия от модели «клиент — сервер».
30. Архитектура протокола MQTT: брокер, клиенты, темы, шаблоны подписки.

31. Формат управляющих пакетов MQTT. Структура заголовков.
32. Уровни качества обслуживания MQTT (QoS 0, 1, 2) и их применение.
33. Сессии, удерживаемые сообщения, завешание клиента и механизм keep alive в MQTT.
34. Особенности версии MQTT 5.0: свойства, коды причин, псевдонимы тем.
35. Протокол MQTT-SN: назначение и отличия от MQTT.
36. Безопасность MQTT: аутентификация, авторизация по темам, шифрование.
37. Проектирование иерархии тем и форматов полезной нагрузки в MQTT.
38. Протокол CoAP: назначение, соответствие стилю REST, работа поверх UDP.
39. Формат и типы сообщений CoAP. Обеспечение надёжности передачи.
40. Методы, коды ответов и опции протокола CoAP.
41. Механизм наблюдения за ресурсами (Observe) в CoAP.
42. Блочная передача (Block-wise) и обнаружение ресурсов в CoAP.
43. Проксирование и трансляция CoAP в HTTP.
44. Стандарт OMA LwM2M: объектная модель и идентификация ресурсов.
45. Интерфейсы LwM2M: регистрация, управление устройством, передача данных.
46. Обновление программного обеспечения устройств по воздуху (OTA).
47. Протокол HTTP и архитектурный стиль REST: ресурсы, методы, коды состояния.
48. Проектирование REST API для устройств и платформ Интернета вещей.
49. Форматы представления данных JSON, CBOR, Protocol Buffers: сравнение.
50. Протокол WebSocket: установление соединения, формат кадров, области применения.
51. Протокол AMQP: модель обмена сообщениями, очереди и точки обмена.
52. Сравнение протоколов AMQP и MQTT. Критерии выбора.
53. Протокол Modbus TCP: структура сообщений и область применения.
54. Стандарт OPC UA: информационная модель, службы, профили безопасности.
55. Механизм PubSub в OPC UA и спецификация MQTT Sparkplug.

56. Стандарт Matter: назначение, архитектура, взаимодействие с Thread.
57. Протоколы обнаружения устройств и служб: mDNS, DNS-SD, SSDP.
58. Шлюзы в системах Интернета вещей: функции, архитектура, трансляция протоколов.
59. Пограничные и туманные вычисления. Распределение обработки данных.
60. Архитектура платформ Интернета вещей и способы подключения устройств.
61. Семантика данных и метаданные. Формат SenML. Цифровые двойники.
62. Оценка производительности протокольного взаимодействия: задержки, накладные расходы, энергопотребление.
63. Методика выбора протокольного стека под требования проекта.
64. Отладка и мониторинг протокольного взаимодействия. Средства анализа трафика.
65. Тенденции и перспективы развития протоколов Интернета вещей.

7.3.2 Примерные темы индивидуальных заданий и обзоров

- Сравнительный анализ протоколов MQTT и CoAP для заданного класса устройств.
- Разработка схемы информационного обмена для системы мониторинга инженерных систем здания.
- Исследование влияния уровня качества обслуживания MQTT на задержку и объём трафика.
- Оценка энергопотребления оконечного устройства при передаче данных по различным технологиям.
- Реализация шлюза трансляции сообщений между протоколами Интернета вещей.
- Обзор технологий LPWAN и области их применения в Российской Федерации.
- Анализ уязвимостей протоколов Интернета вещей и мер противодействия.
- Применение стандарта Matter в системах умного дома.
- Применение протокола OPC UA в системах промышленного Интернета вещей.

- Применение протоколов Интернета вещей в системах умных пространств.