



КОМПЛЕКС ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ
И ИМУЩЕСТВЕННО-ЗЕМЕЛЬНЫХ ОТНОШЕНИЙ
ПРАВИТЕЛЬСТВА МОСКВЫ



ДЕПАРТАМЕНТ ИНВЕСТИЦИОННОЙ
И ПРОМЫШЛЕННОЙ ПОЛИТИКИ
ГОРОДА МОСКВЫ

АПР

АГЕНТСТВО
ПРОМЫШЛЕННОГО
РАЗВИТИЯ МОСКВЫ

ТЕХНОЛОГИИ СВЯЗИ ПЯТОГО ПОКОЛЕНИЯ 5G

Москва | 2020 год

СОДЕРЖАНИЕ

Основные термины и определения.....	4-5	Общественная безопасность.....	48
Введение.....	6-7	Культура и досуг.....	51
История.....	8-9	Городское хозяйство.....	53
ОБЗОР ТЕХНОЛОГИИ 5G.		ПРИМЕРЫ ВНЕДРЕНИЯ И/ИЛИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ	
ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ.....	10-18	ТЕХНОЛОГИИ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ.....	58-61
СОСТАВ (СТРУКТУРА) ТЕХНОЛОГИИ		КООПЕРАЦИОННЫЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ	
И КЛАССИФИКАЦИЯ.....	20-23	ЦЕПОЧКИ.....	62-63
ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ ТЕХНОЛОГИИ.....	24-25	ОСНОВНЫЕ ПОСТАВЩИКИ И ПРОИЗВОДИТЕЛИ.....	64-69
ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИИ.		ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	70-71
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ТРЕНДЫ.....	26	 	
 		ПЕРЕЧЕНЬ ИСТОЧНИКОВ ИНФОРМАЦИИ.....	72-73
ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ.....	27-56		
Сельское хозяйство.....	29		
Промышленность.....	30		
Здравоохранение.....	33		
Добыча полезных ископаемых.....	34		
Водоснабжение и электроэнергетика.....	37		
Строительство.....	40		
Торговля.....	43		
Транспортировка и хранение.....	45		



ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

3GPP

(3rd Generation Partnership Project) альянс из семи организаций, разрабатывающих стандарты телекоммуникаций

4G

Четвертое поколение мобильной связи

5G

Пятое поколение мобильной связи

AGV-роботы

(Automatic guided vehicle) автоматически управляемая тележка

AMR

(Adaptive Multi Rate) адаптивное кодирование с переменной скоростью

AR/VR

(Augmented reality/ virtual reality) дополненная реальность/виртуальная реальность

Bluetooth

Открытый стандарт беспроводной связи с низким энергопотреблением, обеспечивающий передачу данных и звука между совместимыми устройствами

Blu-ray

Формат оптического носителя, используемый для записи с повышенной плотностью хранения цифровых данных, включая видео высокой чёткости

Cloud RAN

Виртуализованная сеть радиодоступа на основе облака, которая координирует работу базовых станций

COTS

(Commercial Off The Shelf) стандартное коммерческое оборудование — сервер, коммутатор, система хранения данных

DAS

(Distributed Antenna System) распределенная антенная система

DDoS

(Distributed Denial of Service) перегрузка информационной системы избыточным числом запросов, блокирующая обработку обращений

D-RAN

(Distributed RAN) распределённая архитектура сети мобильного доступа

DVD

(Digital Video Disc) оптический носитель информации, выполненный в форме диска, для хранения различной информации в цифровом виде

DWDM-платформа

(Dense Wavelength-Division Multiplexing) современная технология передачи большого числа оптических каналов по одному волокну, которая лежит в основе нового поколения сетевых технологий

eMBB

(Extreme Mobile Broadband) сверхширокополосная мобильная связь

Fog Cloud

Туманные вычисления (обработка данных на конечных устройствах сети — компьютерах, мобильных устройствах, датчиках, смарт-узлах, а не в облаке)

GaN

Транзисторы на основе нитрида галлия

gNodeB

Базовая станция стандарта 5G

GPS

(Global Positioning System) спутниковая система навигации

HD

(High-definition) разрешение 1280×720 пикселей

IETF

(Internet Engineering Task Force) открытое международное сообщество проектировщиков, учёных, сетевых операторов и провайдеров

IGV

(Intelligent Guided Vehicle) транспортное средство, управляемое искусственным интеллектом

IMDA

(Infocomm Media Development Authority) государственное агентство, которое регулирует отрасль информационно-коммуникационных технологий и медиа

IMT-Advanced

(International Mobile Telecommunications-Advanced) спецификация МСЭ-Р для сетей 4G

IoT

(Internet of Things) интернет «вещей»

ITU-R

Подразделение ООН, занимающееся коммуникационными технологиями

LSA

Технология использования дополнительных полос радиочастотного диапазона

LTE

(Long Term Evolution) мобильная технология связи четвертого поколения

M2M

(Machine-to-Machine) передача данных непосредственно между устройствами

Massive MIMO

(Massive Multiple-Input-Multiple-Output) система мультисканальной независимой обработки переотраженных декоррелированных сигналов

MEC

(multi-access edge computing) периферийные вычисления мульти-сервисного доступа

mMTC

(Massive Machine Type Communication) возможность подключения большого числа устройств (датчики, счетчики и т.д.)

mmWave

Беспроводная технология в нелицензируемых диапазонах 60 и 70/80 ГГц

MU-MIMO

(Multi User MIMO) метод пространственного кодирования сигнала, использующий систему с множеством каналов передачи и приема данных

Network Slicing

Разделение физической архитектуры 5G на множество виртуальных сетей или слоёв

NFV

(Network Function Virtualization) технология виртуализации сетевых функций

NGMN

(Next Generation Mobile Networks) альянс мобильных сетей

NSA

(Non-standalone) неавтономный стандарт (переходная инфраструктура с использованием нового железа 5G на платформе 4G)

Open RAN

(Open Radio Access Network) семейство открытых стандартов, позволяющих операторам связи перейти от традиционных вендоров к широкому кругу производителей оборудования

RAT

(Radio Access Technology) технология радиодоступа

SDN

(Software Defined Network) программно-конфигурируемые сети

SFC

(Service Function Chaining) технология сцепки функций сервисов

uRLLC

(Ultra Reliable Low Latency Communications) – ультранадежная связь с низкой задержкой передачи данных

V2X

(Vehicle-to-Everything) – передача данных с низкой задержкой между движущимися беспилотными транспортными средствами и облачными дата-центрами для удалённого управления и обслуживания

VM

(virtual machines) виртуальные машины

VNF

(Virtual Network Functions) виртуализация сетевых функций

WAN

(Wide Area Network) глобальная компьютерная сеть

Wi-Fi

Технология беспроводной локальной сети с устройствами на основе стандартов IEEE 802.11

АО

Акционерное общество

Ботнет

Компьютерная сеть, которая состоит из десятков, сотен тысяч и миллионов машин-хостов, заражённых программами-ботами, автоматически выполняют те или иные действия в интересах владельца или управляющего такой сетью

БПЛА

Беспилотный летательный аппарат

ИКТ

Информационно коммуникационные технологии

МИС

Монолитные интегральные схемы

НИИ

Научно-исследовательский институт

НПП

Научно-производственное предприятие

НПФ

Научно-производственная фирма

ООН

Организация Объединённых Наций

ООО

Общество с ограниченной ответственностью

ПАО

Публичное акционерное общество

СВЧ

Сверхвысокие частоты

ФГУП

Федеральное государственное унитарное предприятие

ШПД

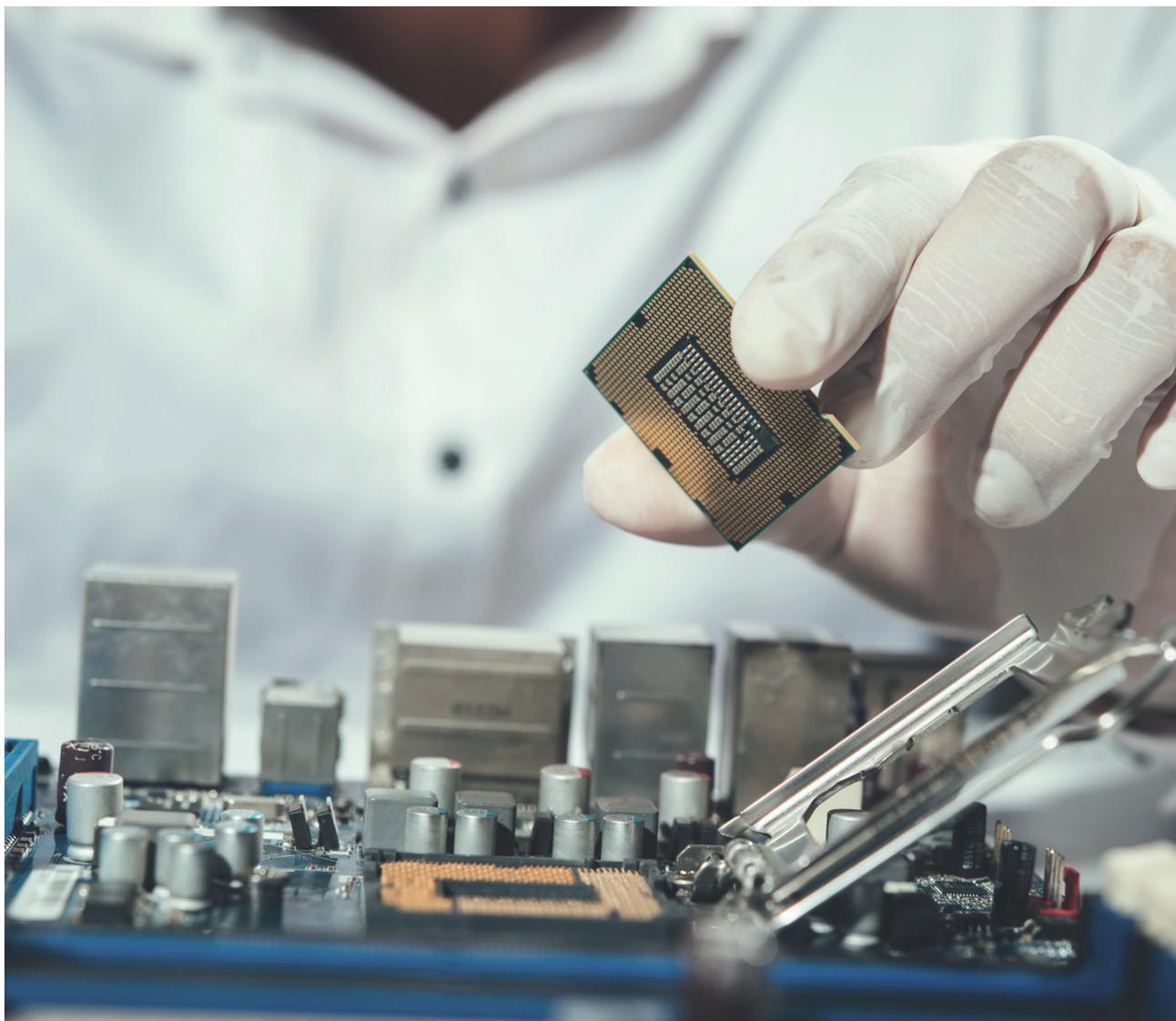
Широкополосный доступ

ВВЕДЕНИЕ

Сегодня телекоммуникационная отрасль в России и во всем мире стоит на пороге внедрения нового, пятого поколения мобильной связи. Подобно предыдущим поколениям, 5G даст толчок развитию не только телекоммуникационной, но и другим отраслям экономики. Ожидаемые технологические инновации стандарта пятого поколения приведут к росту пропускной способности сетей мобильных операторов и скорости передачи данных, а также к появлению новых сценариев использования мобильной связи и развитию инновационных цифровых услуг. Это будет способствовать экономическому развитию за счет увеличения производительности, автоматизации и внедрения новых технологий в различных сферах экономики и деятельности человека.

Технические характеристики и спецификации стандарта находятся в процессе разработки. Хотя стандарт полностью не сформирован, но определены следующие особенности технологий пятого поколения:

- максимальная скорость передачи данных до 20 Гбит/с;
- сверхнизкая задержка передачи данных (latency) менее 1 мс;
- поддержка большого количества абонентских устройств до 1 млн на 1 кв. км;
- расширенная поддержка специализированных ИКТ (информационно коммуникационные технологии) сервисов.
- задействование нового радиочастотного диапазона, включая миллиметровые волны. [1]





5G

ИСТОРИЯ

За последние 40 лет сменилось четыре поколения мобильных технологий, каждое из которых очень сильно повлияло на весь телекоммуникационный рынок (появились новые услуги связи, виды оборудования и бизнес модели). Развитие мобильной связи обернулось настоящей технологической революцией, которая позволила передавать данные с крайне низкой задержкой сигнала (до 2 мс в последних версиях стандартов LTE), огромной скоростью (до 3-6 Гбит/с), а также поддерживать продвинутые сервисы беспроводных коммуникаций. Пятое поколение связи обещает дальнейший рост параметров связи: задержку сигнала до 1 мс, эффективность использования радиочастотного диапазона на 30 – 50 % выше, чем в самых современных версиях стандарта четвертого поколения, использование еще более широких радиочастотных каналов и возможность оказания новых услуг, требующих поддержки огромного количества мобильных устройств на ограниченной территории (mMTC – Massive Machine Type Communication – массовые машинные коммуникации) и высокочувствительных к качеству связи (uRLLC – Ultra Reliable Low Latency Communications – ультранадежная связь с низкой задержкой передачи данных).

Развитие основных технологий и их параметров от 1G до 5G представлено на рис.1 [1]

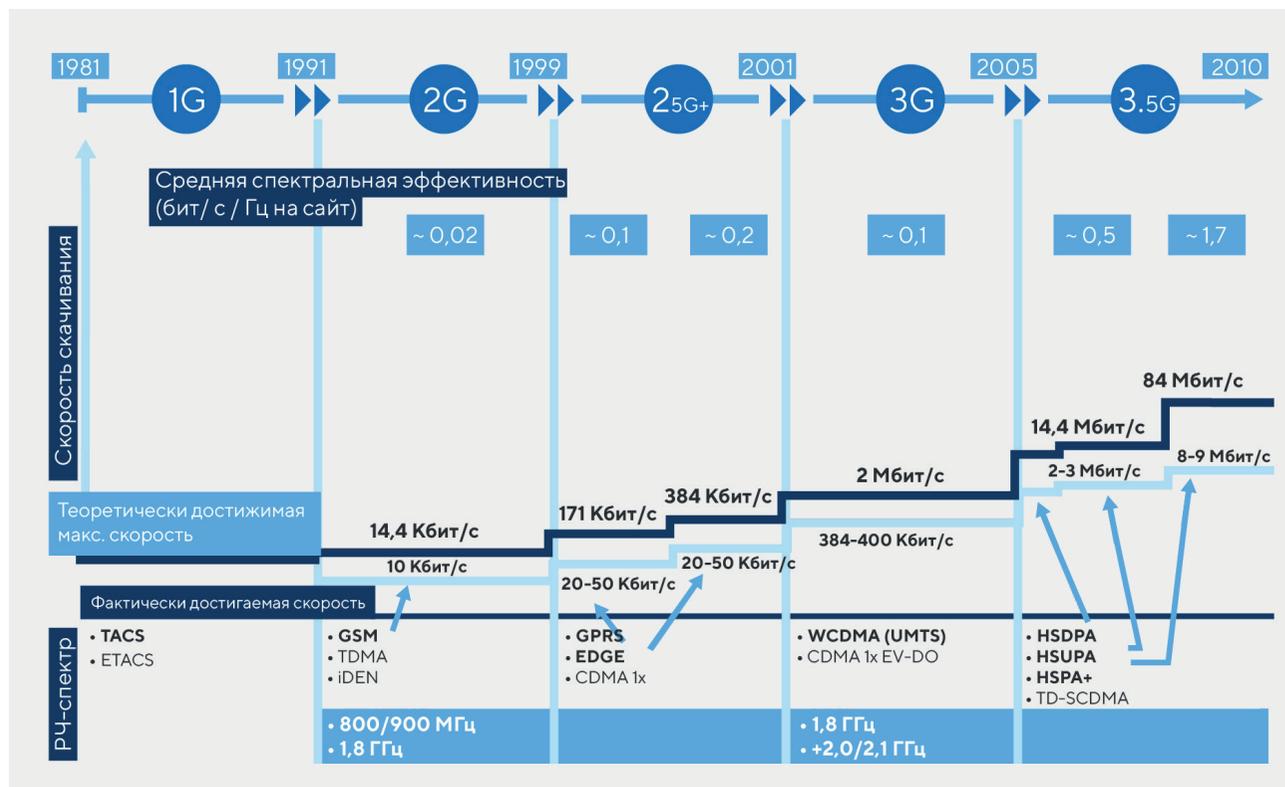
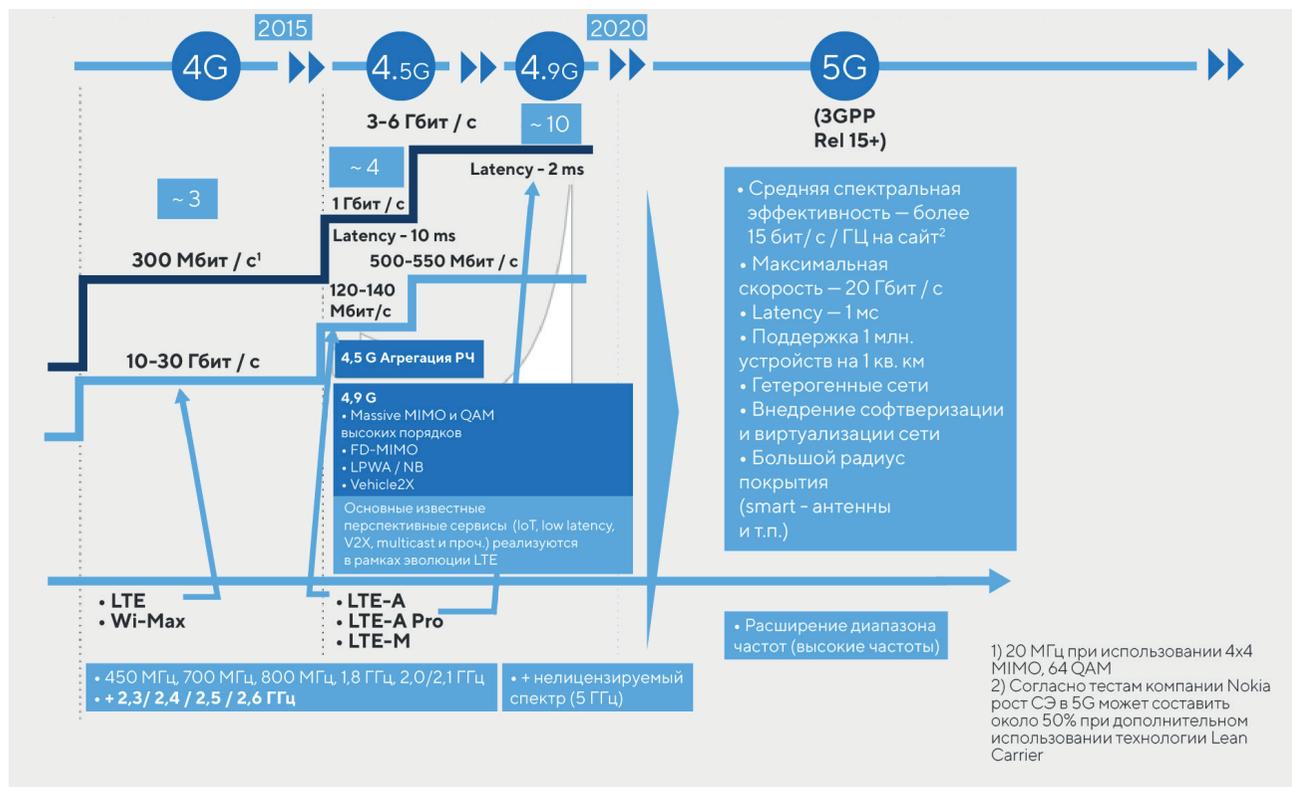


Рисунок 1 – Развитие основных технологий и их параметров от 1G до 5G



ОБЗОР ТЕХНОЛОГИИ 5G. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ

Основной принцип работы и отличие сетей пятого поколения от четвёртого заключается в более высокой несущей частоте, то есть периоде колебания радиоволны. Чем выше несущая частота, тем быстрее передаются по ней данные в единицу времени. Это позволяет увеличивать ширину канала передачи данных. Чем шире канал передачи данных, тем больший пакет, состоящий из битов, можно передать за один период колебания волны.

В сетях пятого поколения многие функции реализованы не на уровне физической инфраструктуры, а программным способом.

Ключевым аспектом технологии является продуктовый подход. Частотные диапазоны, конструктивные особенности станций и программные компоненты будут адаптироваться к потребностям различных категорий потребителей — от пользователей устройств до промышленных предприятий и городской инфраструктуры.

В рамках подготовки к развёртыванию сетей пятого поколения разрабатывается единый глобальный стандарт, разработку которого ведут международные организации:

1. 3GPP

Основанный для стандартизации технологии 3G консорциум, стал одной из ведущих организаций отрасли, объединив международные регуляторы и корпоративных игроков для совместной разработки стандартов беспроводной связи.

2. ITU-R

Подразделение ООН, занимающееся коммуникационными технологиями. Оно контролирует процесс стандартизации технологий радиосвязи, осуществляет управление международным радиочастотным диапазоном.

3. IETF (Internet Engineering Task Force)

Разрабатывает решения модернизации IP-протокола для поддержки виртуализации сетевых функций NFV (Network Function Virtualization). Разработала технологию сцепки функций сервисов SFC (Service Function Chaining), которая комбинирует виртуализированные компоненты архитектуры 5G, например, базовые станции, шлюзы услуг и пакетов данных в едином маршруте. Это позволяет динамическое создание и сцепку виртуальных сетевых функций VNF (Virtual Network Functions).

4. 5GPPP (5G Infrastructure Public Private Partnership).

Разрабатывает требования к сетям 5G. Например, увеличение ёмкости сети в 1 000 раз, снижение энергопотребления пользовательских устройств на 90%, существенное сокращение времени создания новых сервисов и услуг, полное и безопасное сетевое покрытие и с пренебрежимо малой задержкой передачи данных.

5. NGMN (Next Generation Mobile Networks) Alliance.

Альянс мобильных сетей следующего поколения занимается стандартизацией полного спектра решений 5G. В альянс входит руководство ведущих американских операторов: AT&T, U.S. Cellular и Verizon.

Работа над сетями пятого поколения началась в 2015 году, когда ITU-R сформулировал стандарт IMT-2020, содержащий ключевые требования к технологии нового поколения.

Параметры	4G	5G
Пиковая скорость загрузки	1 Гбит/с	20 Гбит/с
Скорость загрузки для пользователей	10 Мбит/с	100 Мбит/с
Задержка	10 мс	4 мс (1 мс для URLLC)
Максимальная скорость перемещения без потери сигнала	350 км/ч	500 км/ч
Плотность подключения	100 тыс. устройств/кв.км	1 млн устройств/кв.км
Трафик на единицу площади	0,1 Мбит/с/кв.м	10 Мбит/с/кв.м

Таблица 1 – Ключевые требования к технологии нового поколения

3GPP разрабатывает технологии радиодоступа (radio access technology) нового поколения – 5G New Radio или 5G NR.

Разработка 5G NR велась с нуля с учётом требований к сетям 5G и с применением технологий, которые будут доступны к моменту полномасштабного развёртывания сетей 5G. Таким образом, в 5G NR используются новейшие технологии модуляции, образования форм волн (waveforms) и технологий радиодоступа RAT (Radio Access Technology), которые, в том числе, будут обеспечивать высокую скорость передачи данных и удлинение срока службы батарей пользовательских устройств 5G.



Рисунок 2 – Основные требования стандарта 3GPP

Переход в диапазон более высоких частот не связан напрямую с увеличением скорости. Сети 5G будут использовать также частоты 700 МГц и выше — вплоть до 70 ГГц.

Сразу после запуска сетей пятого поколения не стоит ожидать высоких скоростей передачи данных, пока не будет развернута инфраструктура в диапазоне миллиметровых волн (mmWave) — наиболее коротких, быстро гаснущих, но обеспечивающих скорости в несколько гигабит в секунду.

Основная причина перехода в новые диапазоны — нехватка частот в диапазоне ниже 6 ГГц. Чтобы предоставить операторам свободные частоты и более широкие полосы, в рамках которых можно передавать больше данных, разрабатывается новое поколение мобильной связи.

Учитывая нерешённые вопросы с частотами в «низких» диапазонах, первые сети

5G NR в России будут появляться в миллиметровом диапазоне точно: в местах активного потребления данных и спроса на новые цифровые услуги. В первую очередь это деловые и производственные кластеры, центры городов, объекты транспортной инфраструктуры.

В рамках 5G NR выделяется два диапазона:

1. Frequency Range 1

FR1 включает традиционные частоты, так называемый диапазон sub-6 GHz, то есть ниже 6 ГГц. Часть диапазонов предыдущих поколений будут переданы под нужды 5G благодаря рефармингу¹ частот. Более совершенные технологии кодирования позволят новому поколению связи быть на 30% эффективнее, чем LTE, в том же диапазоне частот.

2. Frequency Range 2

FR2 — принципиально новые частоты миллиметрового диапазона. Они стартуют с отметки в 24 ГГц, поднимаясь до ~50 ГГц и выше в зависимости от страны и оператора. Эти частоты имеют малую дальность распространения и проникающую способность. Их функционирование обеспечат не традиционные базовые станции, а Small cells — многочисленные малые соты.

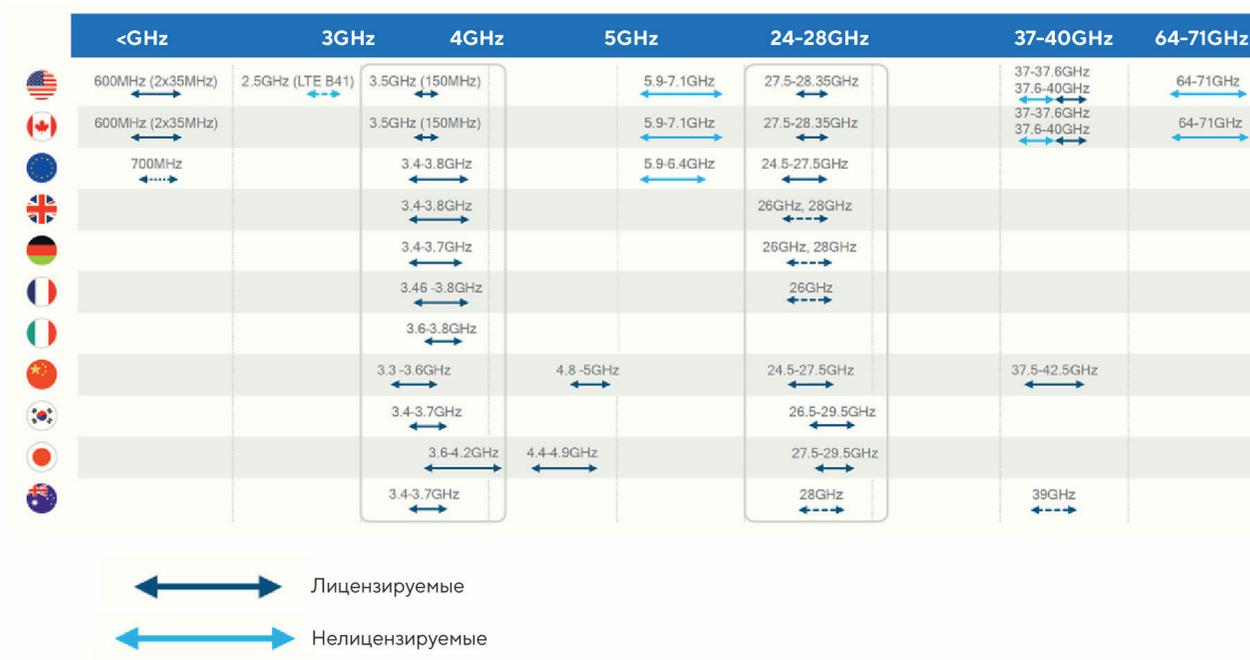
FR1 неоднороден в различных регионах мира. В Европе и США планируется использовать диапазон 3,4–3,8 ГГц, и наиболее серьёзные разработчики технологий ориентируются именно на него. Япония и Китай планируют использовать

4,4–4,99 ГГц. Россия из-за нехватки частот в «западном» диапазоне планирует задействовать тот же диа-

пазон, что и азиатские соседи.

Ширина полосы определяет объём передаваемых данных. Чем она шире, тем больше информации можно с её помощью доставить. На данный момент наиболее распространённой практикой является выделение полос в 5, 10, 20 МГц, объединяемых вместе до каналов в 100 МГц. Когда диапазоны sub-6 GHz массово переориентируются на 5G, в них будет возможно расширение полос и до 160 МГц, а в миллиметровом диапазоне речь пойдёт о каналах в 300, 400 и вплоть до 800 МГц для фиксированного доступа.

¹ Рефарминг частот — явление не уникальное для 5G, но также примечательное. Дело в том, что каждое последующее поколение мобильной связи отличается от предыдущих не просто сменой диапазона, но и новыми технологиями кодирования. При этом сохраняется возможность работы на базе инфраструктуры предыдущего поколения. То есть станции, задействованные ранее для LTE или, к примеру, для GSM, продолжают функционировать на тех же частотах, но теперь будут передавать данные на основе технологий 5G. Рефарминг позволит сэкономить на инфраструктуре, обеспечив оптимальное покрытие для сетей нового поколения. Начальный этап их запуска на существующем оборудовании, обслуживающем сети 4G — это фаза NSA (Non-standalone). Позднее по мере подготовки необходимой инфраструктуры мы сможем воспользоваться SA (Standalone) сетями 5G, поддерживающими полный спектр преимуществ нового поколения.



По данным НИИ Радио (НИИР) и Союза ЛТЕ-операторов, выделение частот 5G для России будет определяться назначением частотных диапазонов.

Рисунок 3 – Распределение низкочастотного диапазона 5G в различных странах и регионах мира

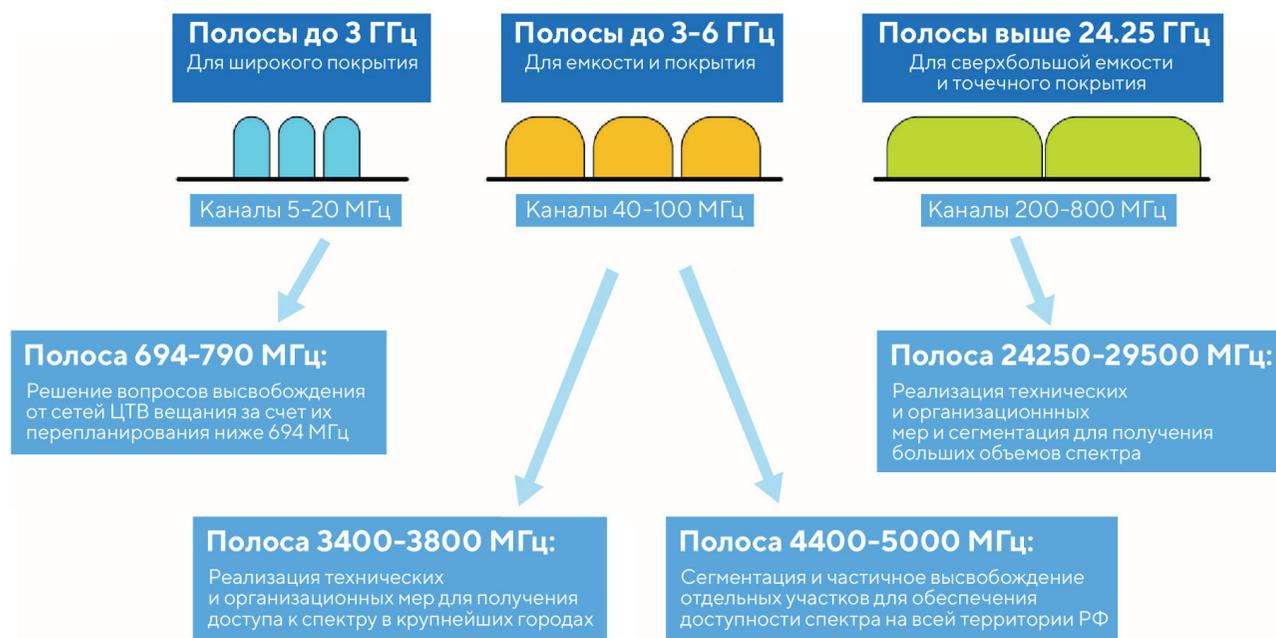


Рисунок 4 – Выделение новых частот для 5G в России

Сети 5G ассоциируются со сверхскоростным интернетом, AR/VR, умным домом, беспилотным транспортом. Но главный заказчик нового поколения связи – корпоративный сектор. Самый стремительный рост объема передаваемых данных и количества устройств показывает сегмент интернета вещей, в том числе промышленного.

Существует три базовых сценария использования мобильной связи 5G:

1. Улучшенная мобильная широкополосная связь (англ. enhanced mobile broadband, eMBB). Привычный пользовательский интернет, но более быстрый и качественный. Скорость внутри помещений может достигать 1 Гбит/с, а на улице – до 300 Мбит/с. Предельные скорости станут возможны на этапе установки наиболее совершенных антенн, работающих в миллиметровом диапазоне (mmWave). Они удачно впишутся в ландшафт благодаря своим незначительным размерам – например, на столбах, деревьях, стенах зданий.
2. Сверхнадёжные коммуникации с низкой задержкой (URLLC). Коммуникации, в которых важна не столько скорость, сколько низкая задержка. Это актуально для автономного транспорта, которому в критической ситуации для принятия решения может понадобиться менее миллисекунды. В настоящее время идёт дискуссия о замене подобными технологиями спутниковой навигации.

3. Массовые межмашинные коммуникации (англ. massive machine type communication, mMTC).

Межмашинные коммуникации или M2M, а также IoT — отдельный сегмент потребителей связи 5G. Он характеризуется подключением большого числа устройств, чаще всего промышленных, с низким энергопотреблением, для которых основным требованием является стабильность и надёжность подключения. Это, в частности, измерительные устройства, датчики, сенсоры, объекты инфраструктуры умного города.

Для каждого из слоёв подходит определённый диапазон частот и инфраструктура:

1. Радиоволны в диапазоне низких частот, до 1 ГГц, благодаря своей проникающей способности хорошо работают в закрытых помещениях. Они обеспечат работу систем IoT, умных домов, M2M. Также частота 700 МГц может использоваться для обеспечения связью удалённых населённых пунктов.

2. Средний диапазон или mid-band frequencies (1–6 ГГц) сочетает в себе оптимальную ёмкость и покрытие для первичного внедрения eMBB, а далее — URLLC и mMTC.

3. Миллиметровые волны (>24 ГГц) реализуют всю полноту возможностей 5G. Приоритетная сфера применения — высоконагруженные зоны трафика (хот-споты), массовые скопления пользователей.

3GPP разрабатывает протокол Release 16, который дополнит перечень, указанный выше, новыми сценариями:

1. V2X (Vehicle-to-Everything) — передача данных с низкой задержкой между движущимися беспилотными транспортными средствами и облачными дата-центрами для удалённого управления и обслуживания.

2. Satellite access — спутниковый доступ.

Для сетей пятого поколения будет использоваться инфраструктура, сетей 4G и более ранних поколений. Но за счёт расширенных каналов передачи данных скорость 5G NR будет на 25–50% превосходить показатели LTE.

Для развёртывания standalone сетей будут установлены новые типы станций и передающих устройств. Так как речь идёт о более коротких волнах, которые менее устойчивы к помехам и препятствиям, порождаемым окружающей средой, радиус покрытия каждой базовой станции будет снижаться. В связи с этим потребуются более плотная инфраструктура, состоящая из так называемых Small cells — малых сот. Это более экономичные станции с низким энергопотреблением, мощность которых колеблется от 2 до 10 Ватт. Они обеспечат массовое покрытие в высокочастотном диапазоне и гигабитные скорости.

Сами по себе антенны миллиметрового диапазона выдают быстро затухающий сигнал, имеющий ограниченную направленность — всего 4 градуса. Но, отражаясь от аналогичных антенн на протяжении своего пути, сигнал может сохранять силу и менять направление, достигая пользователя.



Рисунок 5 – Решение small cells (слева), по сравнению с обычной базовой станцией Macro BTS в сети предыдущих поколений

Для обеспечения стабильной работы малых сот в зданиях, где конструкции не позволяют сигналу свободно распространяться, применяется технология Distributed Antenna System (DAS). Базовая станция займёт своё место в техническом блоке, и, будучи соединённой посредством проводной связи с антеннами, сможет передавать сигнал в каждое помещение.

В радиосвязи существует понятие Beamforming – формирование луча. Это процесс направления и концентрации сигнала с определёнными параметрами в определённом направлении. В рамках 5G одним из практических решений для этого станет технология Massive MIMO (Multiple-In Multiple-Out). Она поможет избежать избыточной повсеместной установки микросот.

Эта технология только в последние годы перешла от концепции к реализации и позволяет реализовать преимущества 5G. Beamforming даёт возможность направлять луч радиоволн от базовой станции на определённые устройства, как движущиеся, так и неподвижные, без влияния на другие лучи, направленные на те же устройства.

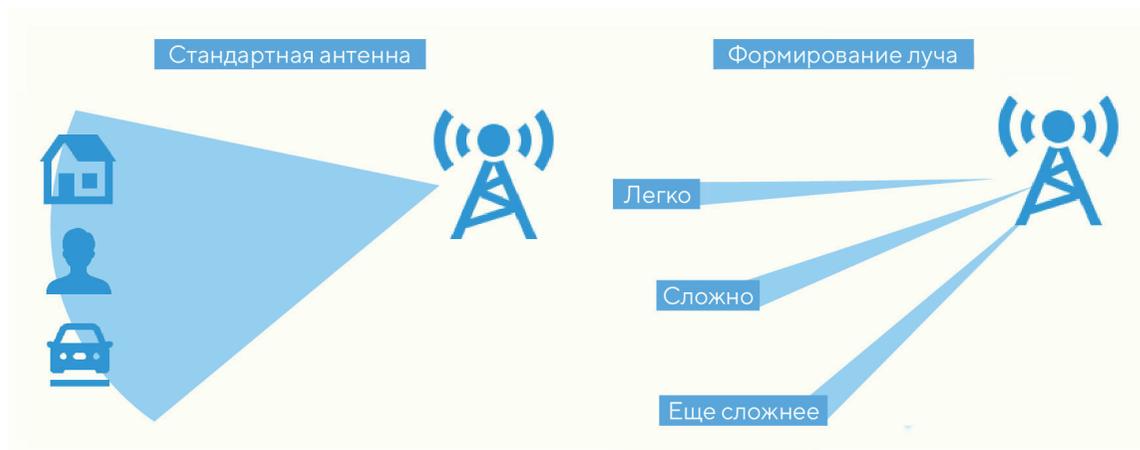


Рисунок 6 – Формирование лучей Beamforming

Под Massive MIMO понимаются станции, состоящие из большого массива антенн, которые смогут более адресно направлять сигнал и обслуживать одновременно нескольких пользователей, избегая помех и потери качества сигнала.

MIMO — Метод пространственного кодирования сигнала, позволяющий увеличить полосу пропускания канала, который уже применялся в Wi-Fi и 4G, в 5G был значительно усовершенствован, в частности, в многопользовательском режиме MU-MIMO (Multi-User- MIMO) в базовых станциях 5G gNodeB (gNB), антенны которых состоят из матрицы излучающих элементов. Это даёт возможность усиливать уровень сигнала для конкретного пользователя, в то же время минимизируя влияние данного сигнала на других пользователей.

Технологии совместного использования диапазона частот (Spectrum sharing). Многие диапазоны радиочастот, соответствующим образом распределённые, часто не используются эффективно. Для решения этой задачи были разработаны технологии Spectrum sharing.

Унифицированное межчастотное взаимодействие (Unified design across frequencies). Поскольку в 5G NR добавлено множество новых частотных диапазонов, важно обеспечить интерфейс взаимодействия при переходе канала с одной частоты на другую при хенд-овере между базовыми станциями. [2, 3]





СОСТАВ (СТРУКТУРА) ТЕХНОЛОГИИ И КЛАССИФИКАЦИЯ

СОСТАВ ТЕХНОЛОГИИ

АРХИТЕКТУРА ОПОРНОЙ СЕТИ (CORE NETWORK) 5G

Особенность архитектуры сети 5G состоит в том, что традиционное понятие «архитектура сети», основанной на аппаратных решениях, в сети 5G теряет актуальность.

Поэтому 5G чаще называют не сетью, а системой, или «платформой», под которой имеется в виду платформа программная, а не аппаратная. Если сети 1/2/3/4G строились на базе аппаратных решений (оборудования), то платформа 5G строится на базе программных решений, в частности, программно-конфигурируемых сетей SDN (Software Defined Network), а также виртуализации сетевых функций NFV.

Одним из ключевых прорывов сетей пятого поколения является виртуализация. SDN/ Программно-конфигурируемая сеть) и NFV/ Виртуализация сетевых функций) позволят реализовать целые классы функций не на физическом оборудовании, а на программном уровне.

Важную роль в виртуализации играет облачная архитектура – C-RAN (Cloud/Centralized RAN). Облачные платформы возьмут на себя функции, которые ранее выполняло оборудование базовых станций, что сильно оптимизирует инфраструктуру и отразится на затратах операторов.

Облачная платформа требует меньших расходов энергии на поддержание работоспособности и охлаждение, нежели базовые станции. C-RAN имеет информацию о местонахождении всех пользователей и может оптимально распределять ограниченные сетевые ресурсы между ними.

Функции 5G реализуются в виртуальных программных функциях VNF, которые работают в инфраструктуре NFV. Различие между этими похожими по звучанию понятиями состоит в том, что VNF – это функция, а NFV – это технология. В свою очередь, NFV реализуется в физической инфраструктуре дата-центров (data center, DC, центр обработки данных, ЦОД), на базе стандартного коммерческого оборудования COTS (Commercial Off The Shelf). Оборудование COTS включает лишь три вида стандартных, относительно недорогих устройств – сервер (вычислительное устройство), коммутатор (сетевое устройство) и система хранения данных (устройство хранения).



Рисунок 7 – Переход к виртуальной платформе SDN/NFV в 5G

Таким образом, оборудование традиционных сетей мобильной связи заменяется на программные сущности, работающие в дата-центрах на стандартных серверах и виртуальных машинах VM (virtual machines). Для реализации программных функций, кроме виртуальных машин, также будут использоваться программные контейнеры (containers), а также программная архитектура микросервисов (microservice). Распределённая архитектура сети мобильного доступа D-RAN (Distributed RAN) в сетях 4G постепенно эволюционирует к централизованной архитектуре C-RAN.

В архитектуре 5G функции опорной сети реализуются в центральном облаке Central Cloud (Cloud RAN), на виртуальных машинах VM.

Важную роль в развитии сетей 5G будут играть также граничное облако (Edge Cloud), в частности, технология MEC, а также «туманное облако» (Fog Cloud).

Виртуализация сети на базе NFV/SDN необходима также для очень полезной функции 5G: логической сетевой нарезки (Network Slicing). Это нарезка сетевых ресурсов под разные типы трафика, причем для каждого слайса (буквально – куска сети) может использоваться своя технология передачи данных. Благодаря гибкости подхода можно удовлетворить самые разные и даже противоречивые требования пользователей разных типов. Для передачи веб-данных подходит LTE – его необходимо доработать, повысить скорость.

Технология Network Slicing позволяет на базе единого объёма (пула) сетевых ресурсов производить логическое разделение сетей для различных типов услуг 5G, которым требуются различные технологии радиодоступа RAT, с различными характеристиками сред передачи данных.

Это даёт возможность многократного использования однажды созданной программно-аппаратной инфраструктуры, а также гибкое переназначение её наличных ресурсов. Кроме того, такой подход позволяет снизить не только капитальные затраты на строительство сети, но и операционные затраты на её обслуживание.

Для передачи данных с маленькой задержкой будет использоваться специальный слайс, который называется ultra-reliable low latency communication. Он позволяет передавать данные с крайне низкой задержкой. Если в LTE минимальная длительность передачи одна миллисекунда, то здесь минимальная длительность передачи будет длиться доли миллисекунды, а надёжность будет высокой, до 99,999%.

Отдельный слайс в рамках 5G отведен IoT. Он позволяет передавать данные большому числу устройств с низким энергопотреблением.

Кроме того, будет слайс для высокоскоростной передачи данных в миллиметровом диапазоне, то есть в диапазоне частот от 30 до 300 ГГц. Например, в привычном диапазоне 2–5 ГГц ширина используемого частотного канала, в котором передаются данные, относительно небольшая и составляет единицы, реже – десятки МГц. В диапазоне 40–70 ГГц ширина используемого частотного канала существенно больше и составляет сотни и тысячи МГц. Таким образом, миллиметровый диапазон – это практически «эквивалент бесконечности» для операторов (в смысле объема доступных канальных ресурсов). Проблема заключается в том, что приходится передавать данные только устройствам, которые находятся в прямой зоне видимости, иначе качество сигнала резко падает.

В некотором смысле 5G станет «слоеным пирогом», совмещающим различные технологии, использование каждой из которых будет определяться в зависимости от требований конкретного пользователя. [2, 3]

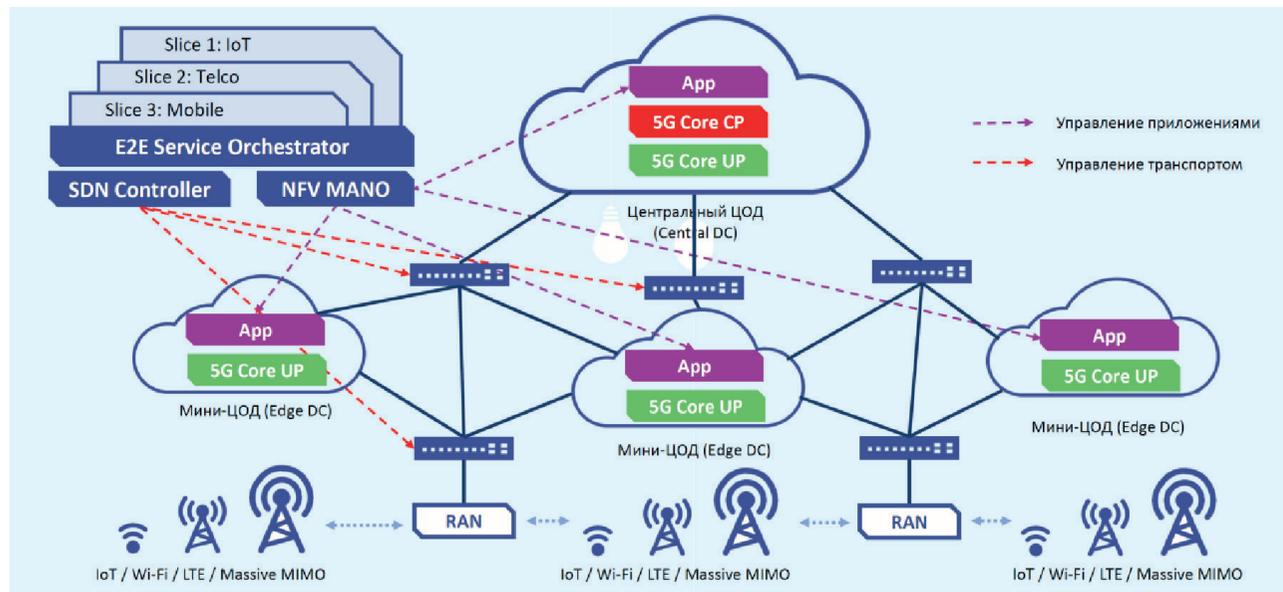


Рисунок 8 – Общая архитектура сети 5G

ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ ТЕХНОЛОГИИ.

ПРЕИМУЩЕСТВА ТЕХНОЛОГИИ

Платформа сети 5G предоставляет для операторов значительные преимущества, выражающиеся прежде всего, в расширении функциональных возможностях и характеристик сети (performance) и повышении удовлетворённости пользователей (User Experience). На рисунке 9 показаны основные параметры сети IMT2020 (5G), по сравнению с показателями IMT-Advanced (4G), которые позволяют этого достичь.

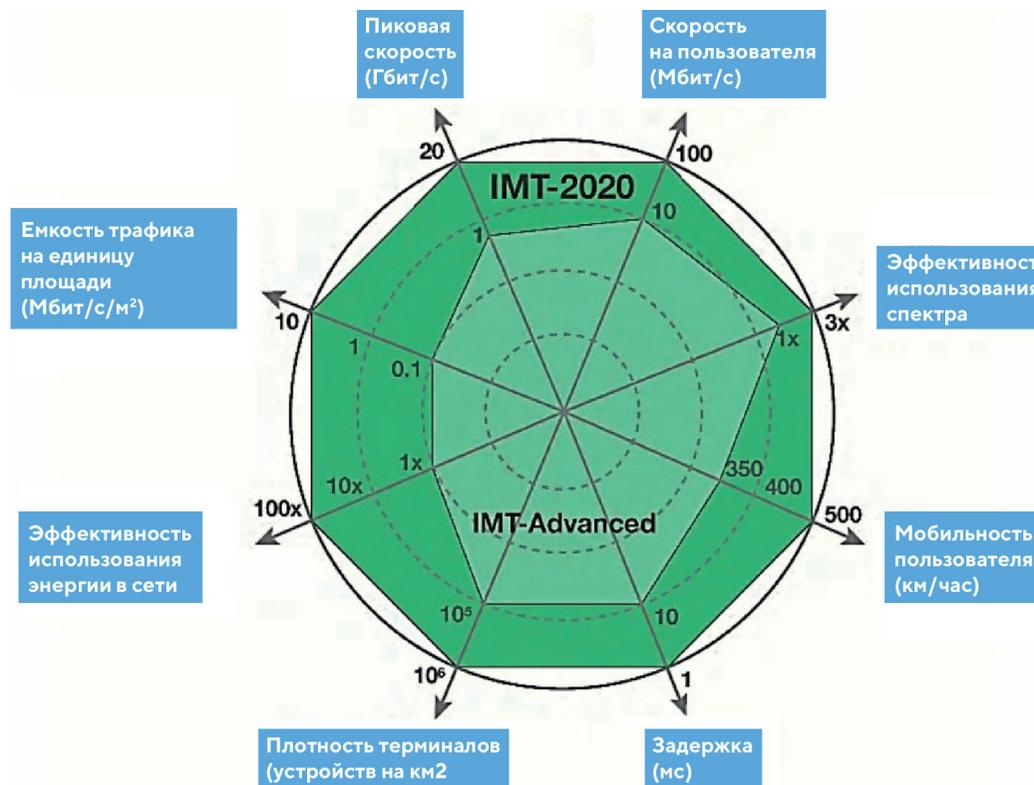


Рисунок 9 – Практические преимущества 5G

Пиковая скорость: сеть 5G обеспечивает в 20 раз большую скорость по сравнению с 4G, то есть, около 20 Гбит/с.

Скорость на пользователя (средняя) при этом может достигать 100 Мбит/с и более.

Эффективность использования диапазона частот, количество информации, которую можно передать на единицу частотного диапазона, в сети 5G будет в 3 раза выше, чем в 4G.

Мобильность пользователя, скорость, с которой может перемещаться пользователь с терминалом 5G по площади покрытия сети без потери хендовера между базовыми станциями, в сети 5G достигает 500 км/час, что даёт возможность пользоваться услугами 5G в скоростных поездах.

Задержка в сети 5G снижается до 1 мс и менее, в то время как в сети 4G можно достичь минимум 10-миллисекундной задержки. Это позволяет использовать технологию 5G для критичных коммуникаций и видеонаблюдения, услуг тактильного интернета, AR/VR и пр.

Плотность терминалов в сети 5G повышается на порядок и может достигать нескольких миллионов устройств на 1 кв. км, то есть, на 1 квадратном метре поверхности могут располагаться несколько десятков или даже сотен миниатюрных устройств (например, сенсоров IoT).

Энергоэффективность сети 5G на порядок лучше, чем в сети предыдущего поколения.

Ёмкость трафика на единицу площади, то есть скорость передачи данных квадратный метр площади покрытия сети, в 5G на два порядка выше, чем в сети 4G. [5]

Недостатки технологии

- развитие IoT неизбежно влечет рост ботнет сетей, и последующее увеличение масштабов DDoS атак;
- увеличение полосы пропускания повлечет объемные DDoS атаки, в том числе нацеленные на саму полосу;
- создание 5G сетей потребует активного внедрения IPv6, что несет свои риски – в первую очередь увеличение сетевой видимости устройств;
- IoT-технологии являются носителями персональной информации (например, частота пульса пользователя), и как правило, слабо защищены. [6]
- технология 5G будет дорогостоящей;
- необходимость новых стандартов, мощных микропроцессоров и программного обеспечения. [9]

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИИ

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ТРЕНДЫ

1. Использование широкого диапазона радиочастот: низких (<1 ГГц), средних 1-6 ГГц) и высоких диапазонов (>20 ГГц);
2. Новые высокоэффективные технологии передачи радиосигнала на основе Massive MIMO, значительно увеличивающие эффективность использования радиочастотного диапазона, пропускную способность сетей и скорость передачи данных, а также эффективный радиус передачи радиосигнала;
3. Развитие технологий мобильной сети, позволяющих существенно оптимизировать капитальные вложения и стоимость владения сетью: мультистандартное телекоммуникационное оборудование, централизация сети радиодоступа, виртуализация и софтверизация сети и новые высокоэффективные радиорелейные технологии для организации транспортной сети;
4. Эволюционное развитие 5G на базе мультистандартных сетей 4G / 5G.

Использование низких и средних диапазонов радиочастот в особенности <1 ГГц и 1 -3,6 ГГц) позволит телеком операторам развивать сети с необходимым охватом на базе уже построенной инфраструктуры существующих мобильных сетей (работают в диапазоне частот <1 ГГц и 1 - 2,6 ГГц). Такие сети 5G и экономика их строительства будут аналогичны уже существующим технологиям. Высокие диапазоны радиочастот (>20 ГГц), скорее всего, будут задействованы точно для обеспечения очень высокой пропускной способ-

ности и отраслевых ИКТ сервисов на ограниченных участках территории с высоким потреблением трафика, внутри зданий и на территории производственных объектов.

Технологии пятого поколения формируют основу более эффективного разворачивания сетей. При сопоставимых условиях 5G с использованием технологии Massive MIMO активных антенн с формированием диаграммы направленности сигнала имеет значительно больший радиус передачи сигнала.

Например:

- это дополнительное использование технологии разделения uplink и downlink каналов расширяет покрытие оборудования радиодоступа 3,5 ГГц 5G до уровня базовой станции LTE, работающей в 1800 МГц, при условии использования в качестве uplink канала LTE 1800 МГц.

Это позволит в значительной мере использовать уже имеющуюся инфраструктуру сетей радиодоступа мобильных операторов связи, предусматривающих работу на таких частотах, как 2,1 ГГц (3G) и 2,6 ГГц (4G), и сэкономить на строительстве, существенно снижая требуемое число новых площадок и базовых станций по сравнению с тем, что ожидают многие аналитики.

Технологии пятого поколения обеспечат беспрецедентный рост пропускной способности сетей. Благодаря более совершенным методам модуляции сигнала, Massive MIMO, рефармингу частот 2G и ис-

пользованию приобретенных операторами радиочастотных ресурсов, пропускная способность сетей 4G по сравнению с первоначально предусмотренной (2 600 МГц FDD, 2x10 QAM64 MIMO 2x2) может вырасти в 9 - 18 раз.

Дополнительное внедрение 5G с применением радиочастотного диапазона 700 МГц (полоса 20 МГц) и 3,5 ГГц (полоса 60 МГц) позволяет увеличить емкость существующих сот оператора в 50 - 60 раз. [1]

ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ

Перечень отраслей с наибольшим потенциалом эффективности внедрения 5G:

- сельское хозяйство;
- промышленность;
- здравоохранение;
- добыча полезных ископаемых;
- водоснабжение и электроэнергетика;
- строительство;
- торговля;
- транспортировка и хранение;
- общественная безопасность;
- культура и досуг;
- городское хозяйство.

На рисунке 10 представлена матрица востребованности платформенных решений в различных отраслях.

Задачи платформенных сервисов \ Вид экономической деятельности	Вид экономической деятельности										
	Сельское хозяйство	Промышленность	Здравоохранение	Добыча полезных ископаемых	Водоснабжение электроэнергетика	Строительство	Торговля	Транспортировка хранение	Общественная безопасность	Культура и досуг	Городское хозяйство
Сбор, накопление и обработка данных с датчиков и управление в некритических системах	Высокая	Средняя	Средняя	Средняя	Средняя	Средняя	Средняя	Средняя	Средняя	Средняя	Средняя
Передача и хранение высококачественных видеопотоков, системы видеоаналитики	Средняя	Средняя	Средняя	Средняя	Средняя	Средняя	Средняя	Средняя	Средняя	Средняя	Средняя
Управление сервисами виртуальной и дополненной реальностей	Средняя	Средняя	Средняя	Средняя	Средняя	Средняя	Средняя	Средняя	Средняя	Средняя	Средняя
Дистанционное ручное управление техникой и манипуляторами	Средняя	Средняя	Средняя	Средняя	Средняя	Средняя	Средняя	Средняя	Средняя	Средняя	Средняя
Автоматизированное управление в режиме реального времени, цифровые «двойники»	Средняя	Средняя	Средняя	Средняя	Средняя	Средняя	Средняя	Средняя	Средняя	Средняя	Средняя
Роботизация и автономное управление беспилотной техникой	Средняя	Средняя	Средняя	Средняя	Средняя	Средняя	Средняя	Средняя	Средняя	Средняя	Средняя
Управление низколетящими беспилотными летательными аппаратами	Средняя	Средняя	Средняя	Средняя	Средняя	Средняя	Средняя	Средняя	Средняя	Средняя	Средняя
Обеспечение функционирования подключенного и беспилотного автотранспорта	Средняя	Средняя	Средняя	Средняя	Средняя	Средняя	Средняя	Средняя	Средняя	Средняя	Средняя
Обеспечение облачных вычислений и функционирования «тонких клиентов»	Средняя	Средняя	Средняя	Средняя	Средняя	Средняя	Средняя	Средняя	Средняя	Средняя	Средняя
Управление частными виртуальными сетями	Средняя	Средняя	Средняя	Средняя	Средняя	Средняя	Средняя	Средняя	Средняя	Средняя	Средняя

Высокая актуальность

Средняя актуальность

Низкая актуальность

Рисунок 10 – Матрица востребованности платформенных сервисов для решения задач различных видов экономической деятельности (на основе экспертных оценок)

На рисунке 11 представлены перспективные сценарии использования в различных отраслях. [7]

<p>Сельское хозяйство</p> <ul style="list-style-type: none"> • Умное поле • Умная ферма 	<p>Промышленность</p> <ul style="list-style-type: none"> • Умная фабрика • AR для проведения производственных и ремонтных работ • Производственные датчики и предиктивный ремонт 	<p>Здравоохранение</p> <ul style="list-style-type: none"> • Дистанционный мониторинг и диагностика • Системы AR для проведения операций
<p>Полезные ископаемые</p> <ul style="list-style-type: none"> • Автоматизация и оптимизация карьерной работы • Автоматизация, роботизация и безопасность шахт 	<p>Водоснабжение, энергетика</p> <ul style="list-style-type: none"> • Системы распределения энергоресурсов Smart Grid • Сбор и учет данных по энергопотреблению и потреблению воды • Использование дронов для контроля состояния линий электропередач 	<p>Здравоохранение</p> <ul style="list-style-type: none"> • Дистанционный мониторинг и диагностика • Системы AR для проведения операций
<p>Торговля</p> <ul style="list-style-type: none"> • Умный магазин • AR/VR для представления товаров • Умные торговые автоматы 	<p>Транспортировка, хранение</p> <ul style="list-style-type: none"> • Умный склад • Отслеживание перемещения грузов • Умный порт • Умный аэропорт 	<p>Общественная безопасность</p> <ul style="list-style-type: none"> • Мобильные быстроразворачиваемые системы наблюдения и носимые камеры • Дроны для наблюдения за общественным порядком • Мониторинг окружающей среды и оповещение о ЧС
<p>Культура и досуг</p> <ul style="list-style-type: none"> • Облачный гейминг • Путеводители и туристические сервисы на основе AR • Умные стадионы и трансляция мероприятий 	<p>Городское хозяйство</p> <ul style="list-style-type: none"> • Управление автомобильным трафиком и безопасностью дорожного движения • Беспилотная и дистанционно управляемая городская техника • Управление освещением, средой в зданиях и допуском на объекты городской инфраструктуры • Медиапанели и системы обратной связи 	

Рисунок 11 – Перспективные сценарии использования в различных отраслях

СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

Умное поле

В основе создания умных полей лежит подход точного земледелия — применение систем контроля и мониторинга состояния почв, культур и окружающей среды, обеспечивающих стабильное производство с/х продукции растениеводства с заданными параметрами.

Сценарий отраслевого развития и цифровой трансформации включает:

- мониторинг перемещений и режимов работы техники, оптимизацию маршрутов;
- автопилотирование техники;
- прогнозирование поломок полевой техники и перерабатываемого оборудования;
- динамическую адаптацию параметров техники при посеве и внесении удобрений в соответствии с этапами вегетации, погодными условиями и типами почвы;
- дистанционное определение качества собранного урожая;
- мониторинг условий хранения, выявление процессов, приводящих к порче;
- контроль движения продукции на этапах сбора, хранения и обработки;
- мониторинг загруженности персонала;
- мониторинг наличия ресурсов на объектах: воды, освещения, тепла, удобрений;
- прогнозирование потребности в исходном сырье: удобрений, семян;
- мониторинг состояния почв

(влажность, температура) и погодных условий;

- прогнозирование заболеваний растений;
- наблюдение для предотвращения хищений при уборке, транспортировке, хранении.



Рисунок 12 — Точное (прецизионное) земледелие

Пример реализации:

Облачная система контроля и учета производства в сельском хозяйстве компании «Агросигнал Трейд» (Россия) содержит интерактивную карту полей и ведет историю полевых работ. С ее помощью агротехники формируют технологические карты, производят расчет выработки, контролируют движение готовой продукции по всей цепочке сельхозпроизводства, ведут онлайн-мониторинг транспорта. Для ряда агропромышленных компаний «Агросигнал Трейд» оснащает технику датчиками спутникового слежения, выводя ее реальные маршруты на планшеты руководителей.

Проекты компании «Агросигнал Трейд» охватили уже более 200 хозяйств и более 5 млн га угодий. По данным ФРИИ, инвестиции в проект составили около 100 млн рублей. 5G с радиointерфейсами LTE-M и NB-IoT значительно расширит покрытие территорий на селе, соответственно усилив возможности цифровой трансформации.

Умная ферма

В основе умной фермы также лежит создание системы контроля и мониторинга на базе цифровых датчиков и сенсоров, обработка данных с которых с помощью машинной аналитики позволяет в режиме онлайн видеть и прогнозировать состояние животных. ИКТ на базе сетевых платформ и здесь позволяют существенно повысить эффективность производства и уровень качества продукции: мяса, молока, шерсти.

Отраслевой сценарий развития включает параллельные процессы:

- мониторинг кормления, доения и выпаса;
- определение координат животных, сигнализацию о нарушении зон пребывания;
- наблюдение за животными, сигнализацию об инцидентах (убой, хищение);
- мониторинг здоровья животных, вызов ветеринара для осмотра, вакцинации;
- прогнозирование потребностей в корме;
- контроль движения животноводческой продукции;
- контроль сохранности готовой продукции

при производстве и транспортировке;

- мониторинг и контроль расходования воды, электроэнергии, тепла на объектах;
- мониторинг условий хранения, выявление факторов, приводящих к порче.

Пример реализации:

Сетевая система «Умный помощник фермера» (The Intelligent Dairy Farmer's Assistant, IDA) компании Connecterra (Нидерланды) реализует передачу данных датчиков на животных системе искусственного интеллекта (ИИ); построение модели поведения каждой особи, точное определение, как и в какое время здоровое животное ест, пьет, испражняется, ходит/лежит, спит; распознает первые признаки болезни животного, автоматически строит прогнозы периодов спада его продуктивности, готовности к размножению. Общие инвестиции в развитие IDA составили 5,9 млн евро.



Рисунок 13 – Пример размещения датчиков компании Connecterra на коровах

ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

- AR/VR для производственных и ремонтных работ
- Один из способов повышения производительности труда при совершении сложных, критически важных операций – применение технологий виртуальной дополненной реальности.

Так, например, камеры, размещаемые на AR-очках, передают изображение облачному сервису, который распознает технику и с помощью той же гарнитуры накладывает необходимое изображение на физический объект, если требуется – со всеми чертежами, инструкциями и справками. Это позволяет, не отвлекаясь на ручной поиск и сравнение изображений в технической документации, сразу совершать следующий шаг сборки и оценивать корректность ее выполнения. AR-изображение может быть анимированным, показывающим правильный способ сборки и будущую работу агрегата в движении. Вкупе со встроенными датчиками, тоже действующими через 5G, специалист получает оценку работоспособности техники и механизмов в режиме реального времени с натурной визуализацией.

AR-/VR-технологии применяются также при обучении персонала работе с новыми производственными процессами. Они исключают необходимость физических стендов и отвлечение производственных мощностей, позволяют дополнительно снизить затраты, исключить ряд операций, трату материала и брак на старте нового производства.

Пример реализации:

Вендор 5G компания Ericsson (Швеция) отработывает использование AR-/VR решений для промышленности на собственных фабриках. В частности, для монтажа дискретных элементов, который пока не удалось роботизировать, и для выходного контроля монтажа. Использование специальных прозрачных планшетов между платой и работником позволяет без AR-очков визуализировать правильный порядок размещения.

Для ускорения безошибочной сборки компания Boeing (США) использует AR/VR в помощь укладчикам кабелей внутри фюзеляжей строящихся авиалайнеров. Укладка с отображением наложенных 3D-изображений всех конструктивных элементов и приборов в районе проводки ускоряет работу и исключает ошибки монтажа.

Компания Atheer (США) разработала AR-платформу для помощи в сборке и ремонте сложных машин и механизмов. Решение визуализует инструкции и руководства для сборки, организует дистанционное консультирование экспертов в ходе работы с отображением подсказок. Изображение процесса с носимой камеры сборщика передается удаленным мастерам, направляющим советы и инфографику на его AR-гарнитуру.

Точно так же действует платформа RemoteVU компании GetVu (США), созданная для дистанционного консультирования технических специалистов на местах при проведении сложного ремонта и сборочных операций.



Рисунок 14 — Использование дополненной реальности для проверки микросхем на заводе Ericsson

Производственные датчики и предиктивный ремонт

Промышленное оборудование, особенно для массовых производств, содержит большое количество элементов, в том числе движущихся нагруженных узлов, довольно быстро изнашивается и часто ломается. Поэтому на предприятиях все чаще используют датчики и сенсоры для контроля состояния оборудования для проведения актуального профилактического осмотра и обслуживания.

Проводные сети передачи данных имеют множество ограничений по размещению датчиков и ремонтно-пригодности. Среди них — сложное и разнообразное

пространственное расположение датчиков, значительное время развертывания и реконфигурирования, меньшая достижимая плотность датчиков, износ проводов на движущихся элементах конструкций.

Широкое внедрение 5G существенно упростит и улучшит сбор данных с работающего оборудования. С ними легко реализовать заданные уровни надежности соединений с высокой плотностью датчиков, малыми задержками, высокой скоростью передачи.

Большой объем точных данных, получаемых в режиме реального времени, позволяет создавать цифровые двойники и прогнозные алгоритмы состояния оборудования, предиктивных ремонтов, формировать эффективные гибкие программы техобслуживания.

По различным оценкам, предиктивные ремонты повышают производительность предприятий на 5–20%.

Пример реализации:

Завод отопительной техники Bosch в Вустере (Великобритания) стал экспериментальной площадкой отработки применения 5G в промышленности. На основе данных с огромного числа датчиков, установленных на производственном оборудовании, в режиме реального времени формируются модели предиктивного ремонта. Уже на начальном этапе тестов удалось заметно сократить простои оборудования. Bosch планирует распространить опыт на свои предприятия в Великобритании и других странах.



Рисунок 15 — Использование цифрового контроля на заводе Bosch в Вустере

Компания Ansys (США) представила новую программу для создания цифровых двойников Ansys Twin Builder. Получая готовые блоки алгоритмов из широкой библиотеки моделей, Twin Builder создает цифровые двойники самого разного оборудования. Основное их применение — предиктивный ремонт. Работу цифрового двойника Ansys интегрирует с различными платформами промышленного интернета вещей, наполняя их показаниями датчиков в режиме реального времени, визуализируя процессы и предоставляя рекомендации по срокам и характеру ремонта.

Умная фабрика

Цифровая автоматизация и роботизация по всей производственной цепочке ведут к созданию заводов с минимальным участием человека. Создание умных фабрик или трансформация прежних на новой ИКТ-базе — отдельный сервис класса платформенных

решений. Ключевые элементы для достижения максимального уровня автоматизации — использование роботов и аналитики на базе цифровых двойников.

В зависимости от типа производства состав и ход трансформации различны, но в общем виде включают:

- развертывание сети датчиков и сенсоров, систем видеомониторинга и аналитики на производственных линиях и в складских помещениях для отслеживания работы оборудования, перемещения материалов и готовой продукции;
- создание цифровых моделей и алгоритмов моделирования работы всей цепочки производства, визуализация моделей и алгоритмов, в том числе с использованием AR/VR;
- создание алгоритмов автоматического управления процессами и параметрами настройки оборудования для повышения производительности, эффективности и исключения поломок;
- создание системы автоматизированных тележек, погрузчиков и манипуляторов для перемещения материалов, и готовой продукции;
- применение промышленных роботов на конвейерах;
- использование автоматических алгоритмов для сбора информации с датчиков, оценка качества выпускаемой продукции с помощью видео аналитики.

Оставшийся ручной труд дополняют AR-/VR-сервисы. При этом для четкой бесперебойной работы производств критически важна общая связанность и синхронизация всех систем до миллисекунд. 5G объединяет разнородные сервисы универсальными широкими радиоканалами, единой облачной инфраструктурой и средой синхронизации, поэтому постепенно вытеснит низкоскоростные и нестандартизованные решения.

Пример реализации:

Оператор 5G NTT DoCoMo (Япония) и вендор Nokia (Финляндия) работают над созданием умной фабрики медоборудования Omron. Все оборудование и помещения фабрики оснащены датчиками, подключенными и управляемыми по 5G. Полная автоматизация основных производственных процессов и единая среда 5G позволяют быстро переконфигурировать все производственные площадки под новые типы операций. Материалы и готовую продукцию Omron перемещают на тележках, также управляемых по радиоканалу 5G. Большинство производственных операций выполняется роботизированным оборудованием, управляемым из облачной инфраструктуры 5G. Правильность и качество всех операций контролирует система умного видеонаблюдения на базе 5G.

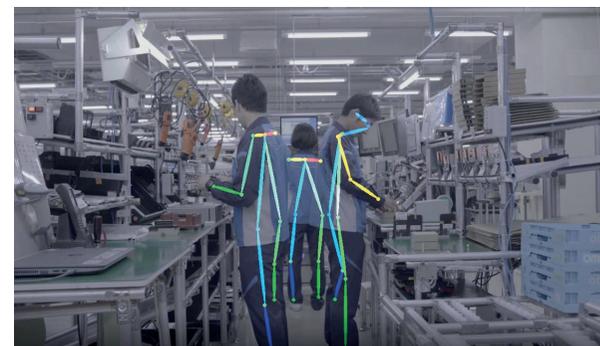


Рисунок 16 — Отслеживание действий работников на фабрике Omron с использованием сетей 5G

Производитель электротехники Schneider Electric (Франция) в результате глубокой модернизации производства устройств контроля электронагрузок в городе Лексингтон (США) запустил свою первую умную фабрику. SE создал собственную платформу автоматизации EcoStruxure, которая включает модули AR-помощи техникам по ремонту, умного учета ресурсов и электричества, полностью электронного документооборота.

EcoStruxure централизованно собирает показания датчиков о разнородных процессах на производстве, передавая данные в систему управления и визуализации, которая позволяет отслеживать работу предприятия по его цифровой модели.

Интегратор умных фабрик Fideltronik (Польша) предоставляет технологическую платформу для создания умного производства. Платформа включает роботов, управляемых искусственным интеллектом на основе массового сбора и анализа данных; систему контроля качества продукции, также с элементами искусственного интеллекта. Fideltronik интегрирует и адаптирует свою систему к конкретному производственному процессу, обеспечивая плавный переход к умному производству.

Облачный сервис автоматизации Bright Machines (США) реализует идею полностью реконфигурируемой фабрики или конвейера с созданием цифровой модели производственного цикла, использования робо-манипуляторов и беспилотной техники. Решение Bright Machines обещает быструю перестройку, настройку и самодиагностику оборудования в зависимости от производственной задачи, обеспечивает контроль исправности оборудования и качества продукции.

ЗДРАВООХРАНЕНИЕ

Основа цифровизации здравоохранения — медицинские информационные системы (МИС) с быстрым и легким доступом всем врачебным данным о пациенте, всей массе связанной медицинской информации и оборудованию, позволяющие диагностировать болезнь, консультировать и обслуживать больного удаленно. Такие системы помогают выполнять значительную часть клинической работы дистанционно,

обрабатывать данные интернет-диагностики, вести электронный медицинский контроль пациента, использовать агрегированные данные для профилактики и предупреждения заболеваний, быстро и эффективно реагировать в экстренных ситуациях.

5G предоставляют еще больше возможностей для здравоохранения: массовое распространение носимых медустройств, онлайн-диагностика, множество удаленных процедур и манипуляций, даже дистанционная хирургия. Внедрение 5G уменьшает расход медицинских и врачебных ресурсов, одновременно повышая доступность и качество помощи пациентам в медучреждениях и вне их стен.

Дистанционный мониторинг и диагностика

Клиническое и амбулаторное медобслуживание становятся радикально доступнее и эффективнее с применением специальных, в том числе носимых, устройств сбора и передачи биологических и медицинских показателей с датчиков на пациентах, а также с интеллектуальным машинным анализом этих данных в диагностике и оценке лечения.

Основные решаемые задачи:

- мониторинг температуры тела, пульса, кровяного давления, активности головного мозга, анализ видеoinформации от пациентов;
- беспроводную передачу полученных данных в ЦОД для сбора и хранения;
- анализ биометрических данных;

- прогнозирование опасных состояний;
- оповещение об экстренных ситуациях (тревожные кнопки, датчики падения);
- напоминания о времени принятия конкретных медикаментов;
- мониторинг запаса необходимых медикаментов.

Пример реализации:

Облачная платформа компании OneCare Inc. (США) собирает и накапливает данные о здоровье с любых дистанционно подключаемых устройств для диагностирования и предоставления лечащим врачам, дистанционного мониторинга здоровья и экстренной медпомощи.

В 2019 году компания начала предоставлять услуги мониторинга с помощью специальных часов, снабженных набором датчиков, постоянно подключенных к облаку по интерфейсам NB-IoT и LTE-M. Это позволило значительно упростить мониторинг, расширить зону сбора данных, обеспечить максимальный комфорт наблюдаемым. К началу 2024 года OneCare планирует охватить облачным мониторингом до 5 млн человек.

Точно так же облачная платформа Mediguard (Польша) включает сервис для медицинских учреждений и мобильное приложение для пациентов с подключением по Bluetooth большого набора медицинских устройств и нательных датчиков различных поставщиков для круглосуточного дистанционного мониторинга работы сердечно-сосудистой системы, легких,

уровня сахара в крови, температуры и давления.

AR/VR для диагностики и операций

В режиме реального времени машинный анализ данных и UHD-изображений от удаленного пациента строит модель, с которой врач работает по сети через подключенную AR-/VR-гарнитуру. Сравнение цифровой модели конкретного больного с многочисленными оцифрованными образами и информацией из мощной облачной МИС упрощает диагностику, позволяет определять будущие нарушения здоровья, изучить их причины, предложить способы профилактики и лечения, помочь осуществить их дистанционно.

Важное значение имеет применение AR-инструментария в хирургических операциях. Часто важна максимальная скорость завершения вмешательства, манипуляции осложнены трудностью различения тканей и органов. Образы дополненной реальности обеспечивают визуальное акцентирование больных тканей, оперативные рекомендации и онлайн-оценку действий, значительно уменьшают риск врачебных ошибок и ускоряют работу хирурга. Реальное и VR-изображение, 3D-модели транслируются другим врачам для получения консультаций.

Стандартизованные и гибкие решения для AR-/VR-операции с малыми задержками сигнала и огромным объемом UHD-видеопотоков сегодня возможны лишь в 5G, которая к тому же обеспечивает жесткую синхронизацию отображения данных в AR-/VR-гарнитурах удаленно оперирующих медиков.

Единая облачная инфраструктура 5G незаменима для быстрого создания и воспроизведения цифровых моделей по данным пациента.

Пример реализации:

Компания Medivis (США), созданная хирургами, рентгенологами и инженерами, разрабатывает AR-платформу для подготовки и проведения хирургических операций на основе традиционных диагностических систем и искусственного интеллекта. Для получения сервиса по 5G оператор Verizon переносит платформу в свою облачную инфраструктуру. На тех же принципах компания SentiAR (США) создает платформу для проецирования на AR-очки высококачественных 3D-изображений внутренних органов при проведении операций: они проецируются на мониторы над операционным столом в режиме реального времени, обеспечивая детальную визуализацию во время операции. Проект развивается совместно с Microsoft.

Программное AR-решение медицинской фирмы Proprio (США) также служит наилучшей подготовке операций: работа с AR в ней транслируется сразу нескольким квалифицированным врачам для онлайн-консультаций при их проведении.

ДОБЫЧА ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Добывающая промышленность играет большую роль в экономике любой страны и повсюду связана с огромными трудо- и энергозатратами. Все больше предприятий, разрабатывая месторождения и залежи,

внедряют автоматизированные системы управления: обрабатывают и анализируют информацию в режиме реального времени, дают быстрый доступ ко всем имеющимся сведениям, позволяя экстренно принимать верные решения и повышать эффективность освоения месторождений.

Внедрение систем удаленного пилотирования и автоматизированной техники, сетей сенсоров, датчиков и контроллеров позволяет вести разработку практически без персонала в месте проведения работ.

В геологоразведке используют автоматизированные средства получения информации, применяют системы дистанционного аэрозондирования Земли, оцифровку рельефов с высокой степенью точности и детализации. Все вместе это позволяет формировать единую информационную базу месторождений, создавать их цифровые двойники, массово использовать данные при строительстве и эксплуатации добывающей инфраструктуры.

Цифровизация добывающей промышленности предполагает создание единой ИКТ-инфраструктуры, объединяющей средства автоматизированной добычи полезных ископаемых, системы контроля, дистанционного управления и мониторинга состояния транспортных средств и спецоборудования, системы автономного пилотирования, аналитических систем оптимизации грузопотоков, учета выработки добывающего ресурса, работы техники и персонала, систем обеспечения безопасности и охраны труда.

5G открыли новые возможности объединения технологических систем в единую ИКТ-среду, позволив применять средства контроля с высокими скоростями и малыми задержками при передаче данных, позволиликратно увеличить число датчиков и сенсоров на добывающих производствах. На основе огромного объема данных, поступающих от различных систем мониторинга, контроля и управления, в единой информационной среде, открылась возможность построения интеллектуальных предиктивных моделей работы объекта с предсказанием угроз, расхода ресурсов, прогнозирования выработки. Цифровые модели месторождений позволили вести оптимизационные мероприятия с гарантированным положительным эффектом в производительности и безопасности.

Основные решаемые задачи:

- рост производительности труда;
- снижение потребления ГСМ и энергопотребления;
- повышение уровня контроля положения, загруженности и активности оборудования, транспорта и персонала;
- снижение эксплуатационных расходов на обслуживание крупной техники;
- общая оптимизация бизнес-процессов;
- повышение сохранности имущества;
- усиление контроля объемов добычи особо дорогих природных ископаемых;
- снижение аварийности, повышение уровня безопасности труда.

- Автоматизация и оптимизация карьерной добычи

Приход ИКТ в карьеры позволил автоматизировать и оптимизировать многие процессы, например, при добыче нерудных ископаемых (песок, глина, известняк), производстве щебня и бетона. Установка датчиков и сенсоров в местах добычи, на транспорте, в местах хранения, сбор и анализ информации в единой системе для начала обеспечил их точный автоматический учет и разграничение доступа. Это особенно важно в добыче благородных металлов и драгоценных камней. Строгие международные и российские правила отчетности требуют тщательного их измерения и документирования, контроля перевозок и хранения, использования специальной аппаратуры для проверки качества.

Сценарии цифровой трансформации добывающей отрасли предполагают объединение в единое информационное пространство разнородных систем. В целом трансформация предусматривает:

- организацию систем безопасности и охраны с умным видеонаблюдением и специализированными датчиками, систем контроля доступа на объекты, документооборота, предотвращающих хищения и др.;
- мониторинг состояния тяжелой карьерной техники и грузового транспорта: их положения, пройденного километража, уровня топлива, давления в шинах, загрузки, наработку моточасов, данных бортовых систем;
- мониторинг местоположения работников, состояния

их здоровья с помощью датчиков и сенсоров, вмонтированных в экипировку;

- дистанционное управление карьерной техникой и грузовым автотранспортом по беспроводному каналу связи с потоковым видео;
- автономное движение грузового транспорта, интегрированное в единую интеллектуальную систему с контролем наполненности кузова или вагона;
- контроль доступа персонала на участки проведения работ (например, взрывных) с видекамерами и системы распознавания, сигнализации и аварийной остановки работ.

Пример реализации:

Добывающая компания Baogang Group, оператор China Mobile и стартап Tage Idriver развернули 5G на территории карьера Баян-Обо (Китай) для демонстрации возможности беспилотной работы карьерных грузовиков на основе комбинации лидаров, радаров, радиоинтерфейсов C-V2X и облачной обработки данных управления. ИКТ-системы на объекте обеспечивают перемещение, точную парковку, обход техникой препятствий в двух режимах движения: удаленно пилотируемом и полностью беспилотном. В результате трансформации увеличились скорость и эффективность работы, сокращены затраты на ГСМ и зарплату. Добывающий концерн Boliden в партнерстве с вендором Ericsson опробовали 4G и 5G в автоматизации крупнейшего в Европе карьера медной руды Айттик (Швеция). Ключевым нововведением стала автоматизи-

зация и дистанционное управление спецтехникой и грузовиками. Автоматизированы также ряд операций бурения, создана умная система мониторинга карьера, снижена потребность в персонале.



Рисунок 17 — Автономный самосвал

Автоматизация, роботизация и безопасность шахт

Угольная промышленность активно внедряет автоматизированные системы контроля и управления: конвейерными линиями; канатно-кресельной дорогой; шахтной стволовой сигнализацией; водоотливными установками; средствами наблюдения, оповещения и поиска персонала; вентиляторами главного проветривания; азорогазового контроля; диспетчеризацией электроснабжения шахты.

Внедрение 5G позволило объединить и нарастить разнородные автоматические системы в единую информационную среду со значительными возможностями оперативного реагирования, конфигурирования, анализа и разработки моделей процессов для предиктивной аналитики.

Цифровая трансформация шахт предусматривает внедрение:

- системы безопасности с установкой датчиков и сенсоров (влажности, концентрации газов, пылевых отложений, электропитания, температуры, геофизических и сейсмических данных — с обработкой данных в едином центре, дистанционно управляющем вентиляционными, газоотсасывающими, дегазационными установками;
- системы стационарного видеонаблюдения, в том числе инфракрасного, тепловизионного — в точках проходческих забоев, в выработках с ленточными конвейерами и мобильного — на вагонетках, клетях и электровозах;

- дистанционного управления и автоматической беспилотной работы систем шахтного оборудования с размещением различных датчиков, систем пассивной безопасности и видеокамер на подвижных составах с интеграцией в единую интеллектуальную систему управления шахтным транспортом;
- сенсорных систем на угольных комбайнах, поставляющих данные о текущих размерах и прочности угольного пласта, наличии твердых включений и других параметров для автоматической настройки режимов работы комбайна (наклон резцов, вектор перемещения по забою) в режиме реального времени;
- системы контроля и позиционирования техники и шахтеров, отслеживающей опасные участки и нахождение там людей;
- систем весового контроля на погрузчиках, ленточных конвейерах, рельсовых дорогах и лифтах для соблюдения режимов загрузки оборудования и измерения объемов выработки;
- системы сбора данных о залегании угольных пластов, текущих геологических и геотехнических процессов для 3D-моделирования и проектирования развития шахты.



Рисунок 18 — Беспилотный экскаватор Volvo CE, работающий в шахте по сети 5G

Пример реализации

Горнодобытчик Boliden, сотовый оператор Telia и вендор Ericsson развернули подземную сеть 5G на шахте Канкберг (Швеция) для отработки полной автоматизации добычи. Цель — перейти к дистанционному управлению, а затем к беспилотной технике, полностью сохранив контроль над всеми процессами без привлечения персонала на шахту. Управление с поверхности исключит простой техники при смене вахт и обеспечит полную безопасность людей. Автоматический режим позволит включать системы вентиляции и освещения лишь локально, экономя затраты на электроэнергию.

Горнодобывающая Yangquan Coal Industry Group с вендором Huawei и оператором сотовой связи China Mobile развернули тестовую 5G в одной из угольных шахт в районе города Шаньси (Китай). Партнеры так-

же обрабатывают сценарии автоматизации, безопасности и мониторинга процессов добычи, исследуют возможность полной автономности шахт, чтобы исключить спуск персонала и упразднить дорогие системы вентиляции.

Компания Rio Tinto максимально автоматизировала железорудные шахты Пилбара (Австралия) на базе существующих технологий, внедрив беспилотные грузовики, буровые установки, погрузчики и беспилотную железную дорогу для транспортировки руды. Rio Tinto уже разработала план развития системы, ее упрощения и тиражирования с переходом к 5G.

ВОДОСНАБЖЕНИЕ И ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

Автоматизированные системы учета воды в системе централизованного водоснабжения помогают экономить время и деньги конечных потребителей, оперативно выявлять и устранять утечки в водоводах.

Умные счетчики автоматически передают показания в информационные системы для расчетов, делая процесс начислений платы за коммунальные услуги прозрачным, сводя потери к минимуму. Автоматический сбор и обработка показаний исключает ошибки или намеренные искажения данных о потребленных ресурсах, поставщик получает значительный выигрыш.

Одна из основных задач энергетических комплексов во всем мире разработка новых, цифровых подходов к модернизации и инновационному развитию, для повышения надежности и качества электроснабжения. Подходы, основанные на автоматическом сборе и об-

работке данных, открыли возможность активного взаимодействия между генераторами и потребителями энергии, интеллектуального управления потреблением, массового внедрения экологически безопасных энерготехнологий. Они получили общее название концепции Smart Grid (умные сети, умное энергораспределение).

Основные решаемые задачи:

- оптимизация расходов конечных потребителей воды и электричества за счет автоматизированных систем передачи показаний приборов учета;
- минимизация ущерба от утечек в системе водоснабжения и несанкционированных подключений к электросети;
- самоконтроль и предоставление отчетов о любом участнике энергосети, доступность полной информации о произведенной и переданной электроэнергии с расчетом эффективности, потерь и экономической выгоды;
- повышение надежности сети, обеспечивающей незаметное для потребителя переключение его на другой источник при отказе текущего;
- повышение производительности сети в целом за счет уменьшения потерь в линиях передачи, оптимального распределения нагрузки, определения для крупных потребителей наиболее эффективных маршрутов подключения;
- повышение энергетической эффективности экономики страны в целом.

Сбор и учет данных энергопотребления и потребления воды

Перспективный отраслевой сценарий развития предполагает повсеместное планомерное внедрение умных счетчиков — приборов учета со средствами передачи данных по сетям для мониторинга и расчетов за коммунальные услуги. Основной эффект достигается не от установки счетчиков как таковых, а за счет сбора и обработки данных в облачных платформах. Их интеллектуальные алгоритмы ведут расчеты с потребителями, выявляют пиратские подключения к электросетям, оперативно обнаруживают утечки воды, автоматически организуют процессы оптимизации сетей в системном масштабе.

5G предоставляют радиointерфейсы, облачную инфраструктуру и приложения для построения интеллектуальных систем сбора и учета данных энергопотребления и потребления воды. В ближайшие несколько лет большинство подключений умных счетчиков придется на IoT-интерфейсы мобильной связи LTE-M и NB-IoT.

Пример реализации:

Стартап Freestyle Technology (Австралия) стал лидером рынка интеллектуального учета воды в Южной Корее. Интеллектуальные счетчики воды и обнаружения утечек, а также платформа управления ими, разработанная Freestyle Technology, развернуты в 24 тыс. домов в Гочане. Сумма этого контракта — 4 млн долл. Затем география проекта расширилась городами Пхо-

хан, Кимдже и Пучхон. Платформа Freestyle Technology размещена в облаке оператора Korea Telecom, позволяя пользователю видеть информацию онлайн на мобильных устройствах, а водоканалу — выставлять счета, предупреждать муниципалитет о любых отключениях и инцидентах в подаче воды. Так, например, если пожилой житель не пользовался водой в течение нескольких дней, система направляет тревожное уведомление в муниципалитет.

Сотовый оператор «МегаФон» (Россия) завершил масштабное внедрение сетей

NB-IoT и предложил облачный сервис «Умное ЖКХ» широкому кругу организаций. Комплексное решение объединяет автоматизированную систему сбора и передачи данных с приборов коммунального учета, веб-приложение для пользователей, большую библиотеку драйверов для различных моделей цифровых приборов учета, широкие возможности интеграции с внешними системами. «Умное ЖКХ» позволяет вести учет и контроль потребления электричества, тепла, воды и газа. К системе можно подключить также все пожарно-охранные датчики, датчики протечки, движения, вскрытия. При использовании определенных моделей счетчиков решение «МегаФона» позволяет дистанционно программировать приборы учета и управлять ими. К одной БС своей сети NB-IoT оператора подключает до 80 тыс. IoT-устройств.

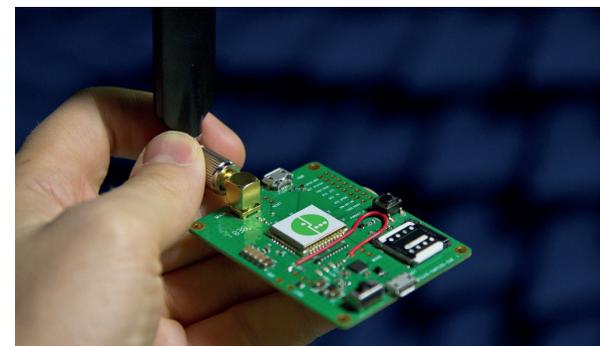


Рисунок 19 — Пример модуля NB-IoT для

Умное распределение энергоресурсов Smart Grid

Smart Grid — концепция и технология радикальной модернизации сетей электроснабжения, которая позволяет автоматически повышать эффективность, надежность, экономическую выгоду, устойчивость производства и распределения электроэнергии с использованием сбора и интеллектуальной обработки информации о генерации и энергопотреблении средствами новейших ИКТ на базе 5G.

Решения Smart Grid распространяются на пять ключевых областей: измерительные приборы и устройства; усовершенствованные методы управления; усовершенствованные технологии и компоненты электрической сети; интегрированные интерфейсы и методы поддержки принятия решений, технологии управления спросом на энергию, распределенные системы мониторинга и контроля, системы текущего контроля генерации, автоматические системы измерения теку-

щих процессов, новые методы планирования и проектирования развития энергосистем; интегрированные средства коммуникации.

Работа по концепции Smart Grid существенно повышает эффективность и точность автоматизированной информационно-измерительной системы коммерческого учета электроэнергии (АИИС КУЭ). Платформа автоматизации торговли электроэнергией АИИС КУЭ — иерархическая система, объединяющая все аппаратные и программные средства дистанционного сбора, хранения и обработки данных об энергетических потоках в электросетях и выполняющая функции контроля режимов работы электрооборудования. На основе собранной информации система формирует также ряд отчетов для построения прогнозов потребления и расчетов стоимостных показателей.

Главное препятствие эволюции АИИС КУЭ в направлении Smart Grid — сложность и дороговизна выделенной ИКТ-инфраструктуры для всей распределенной энергосистемы страны. Реализация Smart Grid на основе 5G позволит обеспечить эффективную модернизацию АИИС КУЭ за счет простого подключения новых источников генерации, более точных и повсеместных счетчиков потребления энергии.

5G без значительных дополнительных инвестиций в информационную инфраструктуру обеспечит меньшую задержку и передачу всех данных о генерации и распределении электроэнергии, временную синхронизацию в сети энергоснабжения.



Рисунок 20 — Работа интеллектуальной системы управления электроснабжением

Пример реализации

Шведский производитель оборудования и систем для электроэнергетики ABB с вендором Nokia (Финляндия) провели тесты 5G, в том числе технологии Network Slicing, для умного распределения нагрузки в электросетях. Партнеры проверяли гарантии приема-передачи данных с минимальной задержкой для измерений и переключения подстанций для балансировки энергопотребления в режиме реального времени.

Тесты доказали выполнение 5G требуемых Smart Grid показателей надежности и задержки.

Компания Peninsula Light Company (США) выбрала оператора Verizon для модернизации системы распределения электроэнергии в штате Вашингтон на основе сотовой связи, включающей интеллектуальные счетчики и платформу анализа данных. Verizon

заменит аналоговые счетчики на цифровые, подключенные по NB-IoT в 33 домах и предприятиях. Решение Verizon Grid Wide класса PaaS (platform as a service) позволило коммунальным службам удаленно настраивать, контролировать и управлять конечным энергопотреблением, увеличить точность счетов и управления отключением. Verizon планирует внедрить продвинутые системы управления поставками электроэнергии на основе 5G, реализовав максимум возможностей распределения нагрузки.

Блокчейн-платформа управления электроснабжением Edison, разработанная под патронажем венчурного фонда Digital Horizon (Россия), включает умные приборы учета, передающие показания в информационно-вычислительный комплекс поставщика услуг и управляющей организации. Данные поступают на платформу Edison, где становятся доступны всем системам и сервисам участников расчетов.

На основании этих данных потребителю выставляется счет, который можно оплатить в личном кабинете — через мобильное приложение или веб-интерфейс. При этом платежи мгновенно расщепляются по условиям смарт-контрактов и поступают на соответствующие счета компаний — участниц системы, о чем в тот же момент появляется запись в их личных кабинетах на платформе. При накоплении задолженности смарт-контракт платформы Edison позволяет автоматически отключить потребителя от электроэнергии

или другого ресурса в течение нескольких минут, и включать подачу электроэнергии при погашении задолженности. В декабре 2019 года платформа Edison внедрена на сети крупнейшей сетевой энергокомпании АО «Янтарьэнерго» на территории Калининградской области.

Дроны для контроля состояния ЛЭП

Значительное расширение емкости беспроводных каналов в 5G позволяет создавать системы сверхдальнего продолжительного мониторинга, дистанционного зондирования и трансляции видеоданных в режиме реального времени на основе БПЛА.

Воздушный мониторинг линий электропередачи с БПЛА позволяет эффективно оценивать техническое состояние проводов и изоляторов, воздействие на них природных факторов, определять дефекты и отклонения проводов и изоляции от норм, обследовать прилегающие территории, обнаруживать несанкционированную деятельность, появление транспортных средств в охранных зонах. Данные с HD-видеокамер и тепловизоров БПЛА передаются онлайн круглосуточно.

5G минимизирует время отклика и обеспечит управление БПЛА в реальном времени практически без задержек, при этом владелец беспилотника может находиться за сотни километров от устройства. Использование 5G вместо систем управления прямой видимости позволяет обеспечить готовность использования БПЛА без физического развертывания управляющей

станции в районе полета. Это особенно важно для оперативного устранения аварий и при обнаружения несанкционированного доступа в районе городов с 5G. Оснащение БПЛА

5G-модулями позволяет объединять беспилотники в сети синхронной работы, значительно повышая надежность их работы и безопасность полетов, а также упрощая согласования вылетов.

Пример реализации

Муниципалитет Тяньцзиня в Северном Китае завершил первую в стране проверку состояния ЛЭП с использованием беспилотных летательных аппаратов и 5G. В проверке задействовали БПЛА, оснащенные камерой высокой четкости, подключенные по 5G. Аппарат пролетел 6 км в районе Биньхай и передал в онлайн-режиме видеозаписи ЛЭП инженерам, которые выявили признаки нарушения. Сверхнизкая задержка в 5G обеспечила высокую точность проверки и безопасность полета дрона.

Комплексное БПЛА-решение группы «Геоскан» (Россия) реализует аэрофотосъемку, аэромагнитную съемку, включая фотограмметрическую обработку данных и визуализацию. Решение дает точные высокодетальные фотопланы местности, модели рельефа и 3D-модели поверхности, опор и проводов ЛЭП. «Геоскан» анализирует данные с использованием ГИС «Спутник ЛЭП» для оценки длины и профилей пролетов, расстояний от проводов до угрожающих объектов, на-

пример, крон деревьев, подозрительные предметы и активность в пределах охранных зон и другое.



Рисунок 21 — Распознавание и создание цифровой модели ЛЭП на основе фотосъемки с дрона

СТРОИТЕЛЬСТВО

Эволюция технологий передачи, анализа и обработки больших объемов данных предлагает все больше возможностей в строительстве. В первую очередь новое появляется в автоматизации и оптимизации собственно возведения зданий и сооружений, но инновации охватывают также их проектирование, разработку и согласование инвестиционного проекта, ввод в эксплуатацию систем жизнеобеспечения, прокладку дорожных трасс, экономичный демонтаж ветхих строений.

Переход к 5G, облачным решениям и платформам позволяет существенно расширить масштабы цифровизации строительных процессов: кратно увеличить количество датчиков и сенсоров, упрощает их раз-

мещение на строительной площадке, строительной технике, включает в единую систему все средства контроля и наблюдения, открывает новые возможности автоматизации, роботизации и оптимизации стройки. 5G обеспечивает недостижимые ранее прозрачность, контроль ресурсов и работ, точное соответствие проектной документации, гибкость изменений технологий и конструкций в ходе строительства.

Основные решаемые задачи:

- повышение производительности труда;
- уменьшение потребления энергии и ГСМ строительной техникой;
- повышение контроля расходования стройматериалов;
- повышение контроля положения, загруженности, активности техники и персонала;
- повышение контроля соответствия проектной и сметной документации;
- повышение безопасности строительных работ.

Дистанционное управление строительной техникой

Удаленное управление техникой на стройплощадке с применением портативных видеокамер, датчиков и сенсоров в системе видеонаблюдения и передачи видеоданных по 5G на стройплощадке включает:

- организацию высокоскоростной частной виртуальной сети 5G для передачи данных между устройствами, единого физического или виртуального центра управления;

- применение спецтехники с встроенным видеонаблюдением, системами активной безопасности, датчиками и сенсорами, отслеживающими ее состояние, загруженность, объем ГСМ, положение на площадке, безопасность персонала;
- наблюдение оператором по двустороннему беспроводному каналу с доставкой полной информации об объекте потоковым видео с камер наблюдения;
- автономную работу техники при выполнении большого объема однотипных операций с частичным контролем и переводом в режим удаленного ручного управления в нештатных ситуациях или при сложных манипуляциях;
- автономное перемещение всей техники в локальной интеллектуальной транспортной системе по автоматически определяемым оптимальным маршрутам.

Пример реализации:

Hyundai Engineering & Construction с 5G оператором КТ (Южная Корея) применяют 5G для автоматизации строительства. На двух площадках партнеры проводят испытания автономных строительных роботов, применения 5G для управления и повышения производительности.

Сотовый оператор и технологический гигант NTT DoCoMo (Япония) продемонстрировал собственную платформу дистанционного управления строительной техникой на 5G: четыре камеры на удаленно управляемом экскаваторе и камера общего обзора передавали видео на монитор пилота в кабину дистан-

ционного управления, находящуюся в 60 км от места строительства, с минимальной задержкой. Текущие задания считывались с цифрового двойника объекта, который создавался онлайн на основании реальных показаний датчиков с площадки.



Рисунок 22 — Рабочее место для дистанционного управления экскаватором по сети 5G компании

AR/VR в строительстве

Объединение видеоданных о строительстве со стационарных камер на площадке, портативных камер на БПЛА и очках дополненной реальности в единой виртуальной сети 5G помогают персоналу и менеджменту проще, полнее и быстрее получать все необходимые сведения для принятия решений, сопоставлять текущие результаты с проектной документацией.

Соответствующий сценарий цифрового развития включает:

- высокоскоростную частную виртуальную сеть 5G на площадке;

- облачную инфраструктуру 5G для создания и обработки 3D-модели объекта;
- управление видеонаблюдением от AR-оборудования; построение AR в режиме реального времени на основе видео, полученного с портативных камер на очках и БПЛА, стационарных систем, 3D-моделей объектов;
- 3D-модель будущего объекта для топографических работ в начале строительства;
- 3D-модель объекта на всех этапах для контроля соответствия документации.

Технологии дополненной реальности работают в комбинации с дистанционным управлением техникой, координации коммуникаций при сборке сложных конструкций, для визуализации качества, в том числе при отделочных работах.



Рисунок 23 – Проекция на AR-гарнитуру будущего размещения труб в подпотолочном пространстве с использованием решения компании Trimble

Пример реализации:

Компания Trimble (США) поставляет портативную систему дополненной реальности, отображающую в видеопотоке с местности 3D-модели планируемых объектов и ландшафтов: строительных конструкций, дорожной инфраструктуры, зон жилой застройки и инженерных коммуникаций. Для удобства восприятия система меняет прозрачность виртуальной застройки, отображает отдельные инженерные слои и объекты. Для передачи данных Trimble использует 4G, планируемый переход к 5G повысит натурность изображений и уменьшит задержку их передачи.

Точно так же продукт XYZ Reality (Великобритания) – платформа моделирования сооружений с 3D-визуализацией зданий и отдельных внутренних систем – проецирует их на AR-гарнитуры для повышения производительности строительства и качества сложных монтажных работ.

Умное строительство

Применение массы датчиков, сенсоров, систем видеонаблюдения, мониторинга процессов строительства, происходящего практически автоматически на основе цифровых моделей объектов и процессов, призвано значительно повысить их технологический уровень, скорость и безопасность, обеспечить полный контроль расходования ресурсов.

Необходимые составляющие:

- высокоскоростная виртуальная сеть 5G для передачи данных на площадке;
- мониторинг положения персонала и строительной техники;
- мониторинг всех строительных работ;
- мониторинг окружающей среды, сигнализация о превышении допустимых показателей шума, запыленности, других видов загрязнения;
- предиктивное прогнозирование нештатных ситуаций на объекте;
- предиктивное прогнозирование расхода стройматериалов, автоматизированное обеспечение своевременной их доставки, исключающее простои;
- контроль перемещения техники на площадке, автоматизированная прокладка оптимальных маршрутов;
- контроль наработки моточасов и расходования ГСМ;
- снижение уровня хищений стройматериалов и ресурсов.

Переход к 5G решает две задачи, невозможные для предыдущих поколений связи: резко снизив задержку сигнала, позволяет проводить мониторинг онлайн; интегрировав облачный ЦОД в ядро сети – обходиться без физических серверов на площадках.

Пример реализации:

Компания CAD.42 с оператором 5G Orange (Франция) предлагает программную систему управления строительством. В его основе – повсеместное размещение

следающих датчиков для создания цифровых моделей объектов, анализа и управления процессами. CAD.42 автоматически определяет опасные для персонала ситуации и тут же предупреждает рабочих звуковыми и визуальными сигналами с носимых устройств. Система контролирует расход материалов, износ техники и риски ее неправильного использования. Точно так же облачный сервис ToolSense (Австрия) обеспечивает контроль и управление всем строительным процессом и безопасностью на площадке с подключением датчиков на технике и экипировке персонала. Платформа поддерживает создание цифровых двойников для текущего управления, предиктивного ремонта и оптимального использования ресурсов.

ТОРГОВЛЯ

С развитием 5G возможности цифровой торговли значительно расширяются.

В ретейле давно востребованы и активно применяются трекинг товаров, интерактивное взаимодействие с покупателями, интернет-маркетинг, машинная аналитика покупок и автоматическое управление ассортиментом и запасами товаров на складе, мобильные платежи, другие цифровые сервисы. С подключенными к сети камерами, датчиками, сенсорами и метками в залах, на складах и транспорте интеллектуальные машинные алгоритмы отслеживают, например, количество и вид востребованного товара. Анализ данных со смартфонов покупателей позволяет исследовать их потребительский опыт, прогнозировать поведение,

оптимизировать торговое пространство и ассортимент, информировать каждого клиента о новых, интересных ему поступлениях, акциях и скидках, привлекательных именно для него.

Сервисы дополненной реальности AR/VR помогают покупателю принимать решения о покупке, виртуально быстро меняя модель товара; продавцу – ориентироваться на складе, подсвечивая товары, оперативно собираемые в заказ.

С развитием таких сервисов появились умные зеркала в примерочных с наглядными подсказками – что из ассортимента может составить комплект выбранному предмету, виртуально продемонстрировать иной его размер и цветовую гамму.

5G обеспечивает ускоренное внедрение новых методов торговли, например, с видеоаналитикой, которая следит за качеством товара на полках, выявляет причины недостатка ходового товара, контролирует и прогнозирует образование очередей, стимулирует персонал правильно реагировать на инциденты, повышать уровень сервиса, быстрее исправлять недочеты. Тотальное проникновение и скорость в сочетании с мгновенной аналитикой данных в 5G создают в торговом зале, на любой торговой площадке единую устойчивую среду самоисполняемых процессов, в которой дефицит и отсутствие сервиса технически невозможны.

Внедрение 5G позволяет впервые роботизировать торговлю полностью, автоматизация поиска и достав-

ки некоторых товаров – самая ближайшая перспектива. Торговцы уже предлагают роботов-ассистентов в помощь покупателям, используют их в поиске и погрузке на складах, применяют дроны для доставки.

5G сильно упрощают взаимодействие торговых сетей и разработчиков отраслевых приложений благодаря переходу к платформенным облачным сервисам, гарантирует полную защиту умных торговых решений от мошенников и хакеров.

Основные решаемые задачи:

- повышение качества обслуживания покупателей;
- оптимизация всех торговых процессов и пространств;
- максимальный контроль ассортимента;
- избавление от очередей в примерочные и на кассы;
- снижение уровня некорректных действий и ошибок персонала;
- повышение лояльности покупателей персонализацией предложений;
- снижение затрат на персонал, информирование, электроэнергию и другие ресурсы.

AR/VR для натурального представления товаров

Технологии дополненной и виртуальной реальности уже используются в продажах товаров для дома, одежды и автомобилей. С AR/VR покупатель получает более подробную информацию о товаре: не отходя от зеркала, видит, как выглядит модель в разных цветах, комплектациях и размерах, в различных интерьерах.

Простой способ реализации AR-/VR-приложения в 5G – быстрое предоставление данных обо всем ассортименте. Достаточно направить камеру смартфона на этикетку – на экране появляется полная информация: цена, материал, характеристики, размеры, цвета, похожие модели, доступные в магазине.

Пример реализации:

Один из продуктов фирмы NexTouch (Россия) – виртуальные примерочные для ретейла: большие интерактивные экраны с встроенной AR-/VR-технологией накладывают изображение одежды на отражение фигуры человека в зеркале, давая реалистичную, четкую и яркую картину примерки.

Умный магазин

Концепция умного магазина предполагает автоматизацию на базе 5G розничных торговых площадок с интеграцией комплекса технологий, в частности, автоматического отслеживания перемещения и остатков товаров для минимизации участия персонала и одновременно достижения нового уровня комфорта покупателей.

Датчики на полках и видеоаналитика в умном магазине усилены быстрой автоматической укладкой товаров в виртуальную корзину покупателя, которого автоматически идентифицируют на кассе распознаванием черт лица. Консультирование в зале ретейлеры реализуют различными подходами. Например, когда покупатель выбирает товар, на медиапанелях напротив его глаз

появляются характеристики товара и возможные варианты предложения. Для консультаций используют также умные и даже говорящие зеркала в торговых помещениях. Автоматический учет выбранных товаров и распознавание лиц дают практически мгновенное обслуживание без очередей на кассе самообслуживания. Интеллектуальные приложения видеомониторинга в торговле используют также для обеспечения безопасности и исключения воровства.

Накапливаемые в облаке 5G реальные данные от всех систем умного магазина позволяют проводить онлайн-анализ и делать точные выводы: насколько удобно покупателям торговое пространство, как его можно оптимизировать, каким спросом пользуется каждый товар и как лучше организовать консультирование покупателей.

Пример реализации:

Облачный сервис отслеживания состава полок и витрин Intelligence Retail (Россия) на базе распознавания фото- и видеоизображений позволяет розничным сетям полностью автоматизировать процесс аудита выкладки.

Эта система компьютерного зрения работает по SaaS-модели из мобильного приложения и со стационарной камеры. В режиме реального времени сервис измеряет показатели выкладки товаров в местах продаж, долю полки, наличие продуктов конкурентов, соответствие стандартам размещения. Клиенты

Intelligence Retail – крупные розничные сети, бренды Danone, Carlsberg, Red Bull.



Рисунок 24 – Иллюстрация работы приложения по визуальному распознаванию заполненности полок

Умные торговые автоматы

Круглосуточная работа, только безналичная оплата, отсутствие персонала, повышенная прибыльность точки – большое преимущество торговых автоматов, они быстро завоевывают популярность в России. Новейшие типы автоматов привлекают покупателей сенсорными экранами высокой четкости, удобством общения голосом и жестами. Подключение к сетям сотовой связи обеспечивают удаленный мониторинг и управление этими устройствами. Именно подключение к сети позволила автоматической торговле выйти далеко за пределы просто реализации товара. Подключение к 5G определяет ряд новых трендов развития умных торговых машин.

Торговые автоматы взаимодействуют со смартфона-

ми покупателей в режиме реального времени, повышая удобство выбора, уровень информирования и релевантность рекламы на основе сбора и анализа предпочтений конкретных людей. Посредством дружественных приложений и социальных сетей владельцы автоматов взаимодействуют с покупателями, сообщают о новых поставках любимых товаров, выгодных предложениях и акциях.

Благодаря легкости подключения и высокой скорости передачи данных 5G облегчает распознавание покупателей: встроенный датчик в автомате срабатывает при приближении пользователя, умная камера отличает постоянных покупателей и формулирует для них персональное предложение на основе истории покупок. Распознавание лиц предотвращает продажу ряда товаров несовершеннолетним.

Дистанционный онлайн-мониторинг торговой машины позволяет легко проводить инвентаризацию, анализировать запасы и управлять ими, быстро наполнять автомат ходовыми товарами. Датчики следят за условиями хранения продуктов, позволяют автоматически оптимизировать энергопотребление.

Пример реализации:

Компания Smart Vending Machines (Австралия) выпускает умные торговые точки с встроенными медиапанелями. Они показывают таргетированную рекламу содержимого, отвечают на вопросы и принимают указания покупателя. Машинная аналитика предоставляет сведения для автоматического учета содержимого,

умные камеры идентифицируют клиента, приветствуют постоянных покупателей, предлагают различные виды бесконтактной оплаты: с карты, смартфона, из интернет-сервисов.



Рисунок 25 — Пример системы автоматической продажи в виде павильона с использованием видеоаналитики компании Smart Vending Machines

ТРАНСПОРТИРОВКА И ХРАНЕНИЕ

Транспортировка товаров, пассажирские перевозки, хранение большого разнообразия грузов — важная часть экономики с многочисленными процессами связи и взаимодействия производственных цепочек товаров и услуг, производителей с торговыми сетями, магазинов с покупателями.

Сеть 5G организует единое пространство контроля состояния и движения грузов, что делает их незаменимыми для цифровизации отрасли в целом.

Для каждого сегмента требуются собственные оригинальные логистические сценарии использования 5G.

Так, в море, в воздухе и на железных дорогах 5G работает благодаря возимым базовым станциям, объединенным по спутниковым каналам связи.

Основные решаемые задачи:

- сквозной контроль положения и состояния грузов на всем пути;
- оптимизация работы систем транспортировки и складского хозяйства;
- снижение стоимости содержания складов и систем транспортировки;
- увеличение скорости доставки грузов;
- сокращение затрат на персонал и связанные издержки;
- повышение уровня безопасности транспортировки и хранения.

Умный склад

Концентрация населения в городах — урбанизация жизни людей, развитие дистанционной интернет-торговли резко увеличили объемы пересылаемых и хранящихся товаров, площади складов, мощности всей инфраструктуры оперативной доставки товаров повышенного спроса. С ростом и усложнением складского хозяйства остроактуальной стала его оптимизация и миграция к умному складу — технологическому комплексу, позволяющему производителям, торговцам и операторам максимально эффективно, быстро и в автоматическом режиме решать любые задачи логистики.

Процессы и объекты автоматизации здесь неразрывно связаны с логистическим инструментарием.

Для эффективного управления складскими процессами, оптимизации процедур приемки, размещения, хранения, обработки и отгрузки товаров на хранилищах разного типа широкое распространение получили системы WMS (Warehouse Management Systems). Получая и оперативно обрабатывая данные от различных подключенных технологических блоков, WMS управляют работой складской техники и персонала, контролируют перемещение грузов и погрузочной техники, планируют задания с учетом текущей обстановки. Но реализация сложных WMS на базе технологий беспроводной связи предыдущих поколений не обеспечивает требуемого уровня автоматизации.

Распространение 5G сильно упрощает построение и работу WMS, повышает их эффективность. 5G позволяет подключить и отслеживать практически неограниченное число палет с товарами на складе, обеспечить точную локализацию, навигацию и синхронизацию автоматизированных подъемников и тележек, главное — поддерживает полную полную роботизацию техники и гибкость любых процессов на основе мощной облачной вычислительной инфраструктуры и высокоскоростных каналов связи.

5G кардинально расширяет возможности видеоаналитики для распознавания мелких товаров и грузов, позволяя внедрить их полностью автономную обработку. 5G реализует массу дополнительных функций, например, определение свободных мест/ворот раз-

грузки/погрузки для автоматического указания робопогрузчикам лучших маршрутов.

Пример реализации:

Одна из крупнейших площадок интернет-торговли в Китае — JD.com — приступила к эксплуатации умного логистического парка в окрестностях Пекина. На базе 5G на всех складах компании внедрен мониторинг всех палет и товаров в режиме реального времени. Система автоматически отслеживает перемещения и выдает сигналы о некорректной транспортировке. Автоматический диспетчер направляет грузовики к самым близким свободным воротам, отслеживает правильную загрузку палет.

Сеть супермаркетов Ocado (Великобритания), предлагающая доставку заказов на дом, ввела в эксплуатацию умный роботизированный склад формирования продуктовых заказов. Склад Ocado — огромная территория, разделенная на секции-клетки системой рельсов, по которым движется множество минироботов с корзинами. Загрузку конкретных товаров в корзины, просканировав их штрихкоды, производят роботы-манипуляторы.

Система централизованно управляется из облачной платформы на базе LTE-сети (4G), которую по плану в ближайшие годы заменят на 5G.



Рисунок 26 — Внутри роботизированного склада компании Ocado

Отслеживание перемещения грузов

Комплексный цифровой контроль движения грузового автотранспорта — в России уже повсеместно распространенная практика. Внедрение 5G вносит принципиально новое качество — отслеживание конкретных контейнеров, палет и экземпляров товара с установкой в них датчиков с автономными источниками питания по радиointерфейсам LTE-M и NB-IoT. Датчики, встроенные в палеты или в отдельные заказанные товары, определяют их местоположение и условия транспортировки даже вне ИКТ-системы мониторинга. На любую посылку, груз, товар благодаря 5G можно устанавливать индивидуальные сенсоры для контроля влажности, температуры, целостности упаковки от производства до потребителя.

Это особенно важно при транспортировке скоропортящихся продуктов и лекарственных препаратов.

5G значительно повышает точность мониторинга, а значит, возможности оптимизации маршрута доставки, ускорения погрузки и разгрузки без простоя транспорта. 5G открывают возможность доставки грузов беспилотными летательными аппаратами и автомобилями. По прогнозам, большее распространение сначала получают БПЛА, управляемые по 5G. Доставку на короткие расстояния будут производить автономные тележки, движущиеся по самокатным и пешеходным дорожкам.

Пример реализации:

Оператор AT&T (США) предоставляет сервис комплексного отслеживания транспорта, доставки и разгрузки товаров с управлением по 4G и 5G. Он включает мониторинг движения грузов, условий их перевозки, контроль состояния транспорта и расхода топлива, связь водителей с диспетчерами, групповую связь, контроль доставки и разгрузки, удаленный видеомониторинг.



Рисунок 27 – Транспортные контейнеры с трекерами LTE-M оператора AT&T

Умный порт

Рост глобального товарооборота требует увеличения пропускной способности портов. В условиях крайне ограниченного прибрежного пространства, дороговизны времени пребывания судна в порту ИКТ, ускоряющие загрузку/разгрузку и все портовые техпроцессы, играют тут ключевую роль. Концепция «Умный порт» предполагает автоматизированную оптимизацию логистики, в пределе – полную автоматизацию всех портовых процессов, максимальную их энергоэффективность и экологичность.

Современные крупные порты требуют четкой слаженной работы многих сложных технологических систем: навигационных, транспортных, погрузочных, складских, систем мониторинга и коммуникаций. 5G делают возможными их объединение и синхронизацию на единой сетевой основе, дают полную картину

перемещения судов и техники, наличия свободных причальных мест и мест складирования, готовности к приему/отправке грузов любых транспортных систем в режиме реального времени на базе точных и актуальных цифровых моделей портовых процессов.

5G позволяет мгновенно связать датчики на всех контейнерах на борту любого корабля и на портовых хранилищах, автоматически организовать быструю и точную передачу грузов с оптимальной дистанционной логистикой и немедленным уведомлением владельцев судна и грузов. С установкой датчиков и камер на экипировке персонала легко отслеживать перемещение людей, техники и грузов, быстро перестраивать работу, предвидеть опасные ситуации.

Пример реализации:

Порт Циндао (Китай) совместно с производителем портовой техники Shanghai Zhenhua Heavy Industries Co. Ltd, вендором Ericsson и оператором China Unicom развернули опытный проект автоматизации порта на базе 5G. Там ведется дистанционное управление кранами, работают беспилотные транспортировщики и отслеживаются все перемещения контейнеров в режиме реального времени на основе видеоаналитики с HD-видеокамер. Тесты показали снижение затрат на портовый персонал до 70%.



Рисунок 28 — Беспилотные грузовики в сети 5G на территории порта Циндао

Умный аэропорт

Авиaperевозки — самый скоростной и наиболее затратный вид транспортных услуг, так как включает дорогостоящие эксплуатацию и обслуживание авиалайнеров, их взлетов и посадок, сложные регламенты организации движения грузов, пассажиров и багажа, пограничный и таможенный контроль, многоуровневые системы безопасности, создание и обслуживание инфраструктуры аэропорта. Минимизация времени обслуживания, повышение качества и безопасности, снижение издержек на обслуживание в любой из операций — важнейшая задача на авиатранспорте.

Преимущество использования сетей 5G в авиaperевозках — широта их охвата, универсальность, легкость объединения многих разнородных сложных систем. Умный аэропорт автоматизирует работу всех служб управления наземным и воздушным транспортом,

обеспечивая диспетчеризацию, мониторинг и контроль движения воздушных судов и спецтехники в режиме онлайн, роботизированную погрузку/разгрузку, спектр сервисов для пассажиров — киоски самообслуживания, электронную регистрацию, навигационные маяки на личном багаже. Для повышения комфорта и безопасности в аэропортах с 5G просто организовать повсеместное видеонаблюдение и автоматический анализ видеопотоков, распознавание личности, выявление оставленного багажа.

Пример реализации:

В новом и крупнейшем аэропорту Пекина Daxing (Китай) вендор Huawei внедрил систему автоматизации на базе 5G, которую эксплуатирует оператор China Unicom. 5G объединяет аэродром, массу терминальных устройств в зонах регистрации и ожидания с сетевым ЦОД, интегрируя и согласуя операции в различных частях аэропорта.

На базе технологии виртуальных сетей в единой архитектуре 5G организованы выделенные слои для различных сегментов автоматизации аэропорта: производства, управления вылетами, безопасности, интегрированных и внешних сетей услуг аэропорта. Благодаря виртуальной изоляции всех подсетей обеспечена их полная информационная безопасность.



Рисунок 29 — Использование распознавания лиц пассажиров и AR-гарнитур в аэропорту Daxing

ОБЩЕСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Безопасность жизни, здоровья и имущества граждан, предупреждение и предотвращение нарушений общественного порядка в повседневной жизни, в ходе массовых общественных мероприятий, локальных и массовых беспорядков, при стихийных и техногенных бедствиях, контроль и готовность к отражению террористических актов в новом цифровом мире невозможны без применения самых современных ИКТ-систем и решений.

Поэтому цифровая трансформация сферы обеспечения правопорядка и общественной безопасности заключается в организации повсеместной круглосуточной работы экстренных служб на базе автоматических систем мониторинга общественной обстановки и окружающей среды, инцидентов, прогнозирования поведения групп людей на основе цифровых моде-

лей и алгоритмов, автоматического анализа больших данных умного видеонаблюдения, всех устройств контроля безопасности, работе с использованием быстро разворачиваемых сетей передачи и анализа данных в ходе устранения нештатных и чрезвычайных ситуаций. Узкополосные, в том числе цифровые, сети профессиональной мобильной радиосвязи, представлявшие на предыдущих этапах технологического развития один из главных ИКТ-инструментов в работе силовых и экстренных служб, не могут обеспечить реализацию вышеописанных сервисов. Для полноценной реализации цифрового госуправления в области общественной безопасности необходимо использовать возможности 5G. Помимо новых выдающихся возможностей для оперативной работы с угрозами, 5G обеспечивает высочайший уровень информационной безопасности.

Основные решаемые задачи:

- повышение общего уровня общественной безопасности;
- прогнозирование возникновения нештатных и чрезвычайных ситуаций (ЧС);
- информирование населения в нештатных и чрезвычайных ситуациях;
- минимизация негативных последствий ЧС.

Мобильные и быстро разворачиваемые системы видеонаблюдения

В местах локализации чрезвычайной ситуации, обще-

ственного мероприятия или беспорядков в интересах силовых и экстренных служб применение умных систем видеонаблюдения с подключенными портативными и мобильными видеокамерами на базе быстро разворачиваемой частной виртуальной 5G показало высокую эффективность.

Для их организации требуются:

- сетевые системы и регламенты быстрого выделения сегмента публичной 5G-сети в виде виртуально изолированной высокоскоростной частной сети спецслужб для передачи данных в местах локализации ЧС или местах массового скопления;
- портативное спецоборудование с встроенными видеокамерами, в том числе для обеспечения работы систем распознавания лиц и дополненной реальности;
- мониторинг перемещения каждого сотрудника и единицы техники на территории мероприятий;
- передача видеоданных реального времени, данных о местоположении, физическом состоянии сотрудника и спецтехники в ходе мероприятий в ситуационный центр;
- обеспечение сотрудников дополнительной информацией об окружающих объектах и обстановке трансляцией изображений на очки/шлемы дополненной реальности, особенно в условиях ограниченной видимости.

Пример реализации:

Компания Qwake Tech Inc (США) разработала систему видеомониторинга с дополненной реальностью для пожарных. Первая версия продукта C-Thru ведет съемку и проецирует силуэты людей и предметов на очки дополненной реальности в шлеме пожарного, одновременно картинка поступает на пост управления пожаротушением. В следующей версии продукта разработчик вместе с оператором 5G Verizon реализует облачное распознавание изображения и построение AR/VR-маршрутов для работы ночью и в условиях сильной задымленности.



Рисунок 30 – Система AR для помощи ориентации пожарных внутри помещений компании Qwake

БПЛА на службе общественного порядка

Системы видеонаблюдения с БПЛА, в частности, с дронов, над местами массового скопления людей при проведении массовых мероприятий, локальных и массовых беспорядках теперь широко применяются по

всему миру.

Для их продуктивной и эффективной работы нужны:

- быстро разворачиваемая высокоскоростная частная виртуальная 5G;
- 360° камеры HD-видеонаблюдения;
- сбор текущих данных о количестве людей, загруженности городских объектов;
- прогнозный анализ загруженности городских объектов, на основе текущих данных;
- распознавание лиц для выявления опасных или разыскиваемых элементов;
- сбор и анализ данных о перемещении и поведении людей и групп в массовом скоплении для прогнозирования провокаций, противоправных действий, вероятности массовых беспорядков;
- мониторинг местоположения, перемещения и действий сотрудников спецслужб;
- информирование граждан о затруднениях прохода или проезда, об оптимальных маршрутах на основе текущих и прогнозируемых данных;
- система информирования граждан об опасности, предпринимаемых мерах, возможных перекрытиях улиц и остановке транспорта.

Пример реализации:

Компания Kiana Analytics (США) с 5G оператором Verizon разрабатывает системы анализа поведения граждан в людных местах и на больших площадях для служб общественной безопасности, эксплуатацион-

ных организаций и владельцев сооружений. Техника помогает принимать верные решения при планировании и проведении крупных мероприятий, быстро реагировать в ЧС. Решения Kiana Analytics позволяют с помощью беспроводной связи и камер видеонаблюдения на дронах идентифицировать людей, следить за их перемещением в реальном времени. Варианты решения Kiana Analytics предлагает для обеспечения общественной безопасности в аэропортах, выставочных центрах, гипермаркетах, студенческих кампусах, крупных парках и развлекательных центрах, а также интегрирует их в системы умных городов.

Мониторинг и оповещение о ЧС

Применение датчиков и сенсоров, аналитических систем контроля и мониторинга параметров состояния окружающей среды, экологических параметров, сбор и аналитика данных систем безопасности позволяют предвидеть и предотвращать негативные последствия природных катаклизмов и техногенных катастроф.

Для построения современных систем безопасности в чрезвычайных ситуациях требуются:

- установка на объектах цифровых датчиков мониторинга состояния окружающей среды — температурных, влажности, сейсмических, уровня шума, анализаторов химического и радиоактивного загрязнения воздуха, воды и почвы;
- сбор и анализ данных, прогнозирование критического изменения параметров; контроль и оперативная

реакция на резкие изменения показаний, оперативное оповещение спецслужб и населения на территории возможной ЧС.

Для подключения датчиков и сенсоров используют 5G-радиоинтерфейсы LTE-M и NB-IoT, облачная инфраструктура в ядре 5G обеспечивает сбор, хранение и обработку данных. Цифровые модели состояния среды и объектов на основе онлайн-обработки данных с датчиков позволяют ясно и отчетливо видеть риски ЧС в конкретных районах мониторинга, прогнозировать катастрофические изменения и быстро реагировать на них.

Пример реализации:

Компания Arbor Technology (Тайвань) предоставляет комплексное решение мониторинга окружающей среды, включающее датчики с радиоинтерфейсом NB-IoT и облачную платформу с алгоритмами обнаружения аномалий и нарушений на основе онлайн-данных. Сервис доступен в том числе в приложении на смартфоне. Платформа проводит мониторинг температуры, качества воздуха, шума, вибраций, сейсмической активности, подвижек грунта, целостности зданий.

Сервис экологического мониторинга в 2019 году представил сотовый провайдер «МегаФон» (Россия). Платформа оператора обрабатывает данные о выбросах с предприятий, анализирует информацию мно-

гочисленных датчиков и передает ее в оперативный центр мониторинга. Проект пилотируется в 12 российских городах с неблагоприятной экологической обстановкой, среди них — Магнитогорск, Норильск, Челябинск, Череповец.



Рисунок 31 — Пример размещения датчиков вибрации на основе NB-IoT для контроля целостности моста компании Arbor Technology

Базовые станции на дронах

Применение базовых станций (БС) на борту БПЛА для организации высокоскоростных локальных сетей передачи данных актуально во многих отраслях.

В результате природных бедствий и техногенных катастроф коммуникационная инфраструктура бывает полностью утрачена или повреждена настолько, что ее использование в интересах даже специальных и экстренных служб невозможно. Землетрясения и наводнения причиняют значительный ущерб транспортным магистралям, исключая возможности до-

ставки необходимого оборудования связи в место локализации ЧС автомобильным или железнодорожным транспортом. Сеть высокоскоростной передачи данных в подобных экстренных случаях теперь можно быстро развернуть на основе БС, размещенных на дронах, удаленно или автоматически пилотируемых над территорией.

Использование дронов для организации сети передачи данных в ЧС имеет массу преимуществ, поскольку они работают на расстоянии прямой видимости абонентов, что повышает скорость передачи данных, емкость сети и надежность соединения.

Еще одно применение БС на борту БПЛА — оперативная организация временной дополнительной емкости сети в ходе массовых мероприятий. БС на борту БПЛА может служить сегментом существующей сети и отдельной локальной сетью передачи данных в интересах исключительно служб общественной безопасности, не создавая лишнюю нагрузку на перегруженную общедоступную сеть.

Пример реализации:

Оператор КТ (Южная Корея) разрабатывает специальный БПЛА для развертывания сегментов 5G в интересах экстренных служб. В Южной Корее спецслужбы уже перешли к использованию 4G и планируют переход к 5G. БПЛА будет служить БС в сети связи и командным центром для другой беспилотной техники, участвующей в операциях.



Рисунок 32 — Дрон с базовой станцией 5G оператора КТ

Культура и досуг

Цифровые технологии делают развлекательные сервисы в сфере культуры, досуга и туризма гораздо более доступными для миллионов людей. Широкое распространение 4G показало, что интертеймент наиболее восприимчив к внедрению новых сетевых цифровых сервисов, быстро приводит к смене и закреплению новых способов потребления развлекательного контента. 5G и новые аудиовизуальные технологии на их базе обещают бурное развитие этого тренда.

Поиск интересных культурных мероприятий, способов проведения досуга, развлекательных и образовательных программ в большинстве случаев люди уже ведут с использованием интернет-сервисов. Следующий шаг — расширение возможностей предоставления сервисов культуры и досуга на базе платформенных решений 5G.

В России быстро идет создание единого электронного пространства знаний на основе оцифрованных книжных, архивных, музейных фондов. Масса платных и бесплатных культурных и образовательных сервисов уже доступна в интернете. Дополнение и развитие их высококачественными AR/VR-образами позволит радикально повысить качество дистанционного потребления.

Для развития виртуальных туров по музеям и историческим местам в России ведется разработка удобного, понятного, интересного всем удаленным интернет-пользователям AR/VR-формата представления. Именно 5G обеспечит переход к высококачественному 360° видео, AR/VR-окружению и полному эффекту присутствия всех, в том числе мобильных, пользователей.

Основные решаемые задачи:

- доступность качественных, в том числе российских, легальных медиапродуктов;
- повышение доступности облачных медиапродуктов и развлекательных сервисов;
- расширение аудитории, предпочитающей цифровой формат контента;
- развитие новых направлений внутреннего и внешнего туризма;
- развитие материально-технической базы учреждений культуры;
- внедрение умных систем учета и анализа посещений и продаж билетов.

Облачный гейминг

В индустрии интертеймента компьютерные развлечения растут быстрее других, охватывая людей любых возрастов и социальных групп, в первую очередь с распространением мобильных игровых платформ. Основное препятствие росту гейминга, появлению новых продвинутых мобильных игр, в том числе в AR-/VR-окружении, — дороговизна конечных устройств, будь то флагманские смартфоны, игровые консоли или мощные игровые компьютеры.



Рисунок 33 — Возможность запуска десктопных игр на смартфоне на основе облачного сервиса компании LiquidSky

Примеры реализации

С масштабным запуском 5G технологический гигант Tencent (Китай) в партнерстве с вендорами Huawei и Qualcomm запускает собственную платформу для облачного гейминга в 5G. Параллельно в ожидании открытия конкурирующей платформы Alibaba Group

операторы 5G China Unicom и China Mobile работают над собственной облачной инфраструктурой гейминга. По данным ряда аналитических агентств, уже в 2023 году в Китае будет 600 млн пользователей облачного гейминга.

Первый и самый крупный сервис российского облачного гейминга Playkey обеспечивает работу игр на маломощных компьютерах с использованием каналов пропускной способностью от 10 Мбит/с. Облачную игровую платформу используют игроки из 15 стран.

Путеводители и туристические сервисы с AR/VR

В интернете работает множество приложений, объединяющих электронные карты с сервисами бронирования, заказа туров, путеводителями.

Большинство сервисов служат планированию путешествий. Технологии дополненной и виртуальной реальности (AR/VR), создавая реалистичные образы любых объектов, позволяют получать ценную информацию о новых местах и окружающих достопримечательностях легко, наглядно, быстро — прямо на месте. С AR-/VR-приложениями туристы чувствуют себя комфортнее за рубежом, легко получая расписания и географию маршрутов транспорта, информацию о тарифах и спецпредложениях местных заведений, актуальных маршрутах в реальном времени. В сочетании с системами машинного перевода они позволяют людям легко преодолевать языковой барьер в общении, читать на незнакомом языке, наводя камеру на текст.

Пример реализации:

Первым музеем Китая, экспонаты которого полностью переведены в AR/VR-объекты, стал городской музей города Хубэй. Проект реализовали совместно вендор Huawei и оператор China Mobile, организовавший покрытие музея 5G и подключение к облачной платформе для работы AR/VR-экспозиции. Каждый объект хубэйского паноптикума теперь можно рассмотреть на смартфоне в полном историческом интерактивном AR/VR-окружении. В умном голографическом зеркале музея благодаря 5G посетители примеряют костюмы разных эпох. Опыт провинциального музея переносят теперь в одну из главных достопримечательностей Китая — Запретный город.

Умные стадионы и трансляции

Прогресс видеообработки, рост пропускной способности каналов связи, доступности телевизоров 4K/8K с большой диагональю, VR-шлемов для 360° видео существенно повысили качество трансляций спортивных и других зрелищных мероприятий, обеспечили эффект присутствия вне стадионов и концертных залов. Пока такие трансляции возможны лишь по проводным и спутниковым каналам, но с приходом 5G станут доступны и по сотовым сетям.

Концепция «Умный стадион» предполагает передачу всего медиаконтента состязаний или шоу на 5G-смартфоны посетителей в удобном приложении с минимальной задержкой. Доставка HD-видеокартинки на гаджеты болельщиков идет по скоростной част-

ной сети 5G, специально выделенной для стадиона. Интеграция 5G с локальными ЦОД на стадионе или рядом с ним позволяет обрабатывать видеопотоки и упаковывать их в формат приложения прямо на месте. Это исключает задержку и рассогласование времени с происходящими событиями, минимизирует потребность в дополнительных широких транспортных каналах связи.

Пример реализации:

Интегратор КРОК (Россия) разработал, смонтировал и настроил ИКТ-инфраструктуру стадиона ФК «Краснодар» в Краснодаре. В проекте достигнуто 100%-ное покрытие стадиона высокоскоростным High Density (HD) Wi-Fi. Это дало возможность одновременно подключить к интернету 12,5 тыс. зрителей. Установлена 1 тыс. камер охранного видеонаблюдения для контроля чаши стадиона, внутренних помещений и прилегающей территории, которые можно использовать для распознавания лиц. Системы IP-TV и технология централизованного управления сетью экранов Digital Signage транслируют матчи и рекламные сообщения на 300 цифровых экранах стадиона. Мобильное приложение футбольного клуба показывает лучшие моменты матчей онлайн, позволяет комментировать игру, видеть состав и расстановку игроков, участвовать в конкурсах, получать новости и специальные оповещения.

ГОРОДСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

Цифровая трансформация городского хозяйства по концепции «Умный город» предполагает внедрение комплекса технических решений и организационных мероприятий для быстрого достижения нового уровня качества городских услуг и управления ресурсами, создания устойчивых благоприятных условий для жизни и работы в мегаполисе, повышение его конкурентоспособности. Концепция базируется на ключевых принципах: ориентация на потребности человека; технологичность городской инфраструктуры; повышение качества управления городскими ресурсами; комфортная и безопасная среда; экономическая эффективность.

Комплекс мероприятий создания умного города требует развернутой инфраструктуры датчиков, видеомониторинга, контроля и безопасности транспортных потоков, интерактивного взаимодействия с жителями. Самый эффективный и рентабельный способ создания и поддержания

ИКТ-инфраструктуры, решения огромного и разнородного круга задач — развертывание в городах 5G. Перевод городских сервисов в облачную сетевую инфраструктуру, гибкость и мощность каналов 5G позволяют городским властям сосредоточиться на разработке и отладке прикладных приложений без крупных начальных инвестиций в инфраструктуру.

Управление автомобильным трафиком и безопасность дорожного движения

Безопасность дорожного движения в умном городе повышается внедрением интеллектуальной самонастраивающейся транспортной системы с постоянным автоматическим мониторингом всей дорожной инфраструктуры и управлением всем трафиком общественного и личного транспорта.

Работа в целом основана на сборе и обработке данных, которые происходят во взаимодействии ряда автоматических систем.

Интеллектуальная транспортная система (ИТС) города обеспечивает анализ маршрутов движения всего транспорта, оценку уровня загруженности участков транспортной сети для оптимизации движения. Сбор данных о загруженности дорог и видеоаналитика в полном объеме могут быть реализованы только на базе 5G.

Например, в системе автоматического регулирования транспортного потока при повышении/понижении загруженности проезжей части «Умный светофор» взаимодействие светофоров с транспортными средствами и пешеходами обеспечивает специальный радиointерфейс C-V2X сетей 5G.

Автомобили, оснащенные системами автономного вождения и/или активной безопасности, призваны сократить число жертв ДТП, устранив часть аварий, связанных с человеческим фактором. Ключевым компонентом решения выступает 5G-радиointерфейс C-V2X для связи между автомобилями и для оповеще-

ний от дорожной инфраструктуры.

Система управления парковочным пространством, которая помогает быстро находить парковочные места, сокращая потребление топлива и выбросы в режиме реального времени, онлайн предоставляет информацию о наличии мест на общественных стоянках и парковках, информирует о времени их работы и условиях оплаты.

Объединение всех этих элементов на базе радиointерфейсов 5G создаст единое информационное пространство взаимодействия властей, автовладельцев и пешеходов, максимально эффективно подключая все городские ресурсы и инфраструктуру.

Пример реализации:

Китайские власти с оператором China Mobile и вендором Huawei реализуют самый масштабный проект создания городской ИТС на базе 5G в городе Уси (Китай). В ближайшие несколько лет проект должен стать полигоном для выработки перспективных моделей управления городским трафиком по радиointерфейсу C-V2X для расширения на другие города и автотрассы. Система базируется на 5G, полностью покрывающими 170 км² города, включает 400 перекрестков, оборудованных интеллектуальными датчиками и светофорами, управляемыми с общей облачной платформы.



Рисунок 34 – Передача времени переключения от умного светофора на автомобиль с использованием C-V2X

Беспилотная и дистанционно управляемая городская техника

Автономная работа коммунальной, дорожной, любой специальной техники с интеграцией в интеллектуальную транспортную систему города основана на сборе и онлайн-обработке данных о реальных дорожных процессах для автоматического оптимального безаварийного управления. Беспилотная городская техника актуальна при выполнении большого объема однотипных операций под операторским контролем для экстренного перевода в режим удаленного ручного управления в нестандартных ситуациях.

Дистанционное управление городской техникой осуществляется по двустороннему беспроводному радиоканалу связи между оператором и механизмами управления на базе текущей информации о работе с встроенных камер видеонаблюдения. Стационарные

системы умного видеомониторинга определяют объем работ, например, по уборке и вывозу.

Дистанционный мониторинг заполнения общественных мусорных баков с радиодатчиков — один из способов улучшить сбор, вывоз и утилизацию отходов. Использование подключенных к 5G хозяйственных объектов и беспилотной уборочной техники повысит точность постановки задач, улучшит и ускорит рабочее взаимодействие коммунальных служб в целом.

Для реализации этого сценария нужны:

- специальная техника с встроенными системами интеграции, видеонаблюдения, активной безопасности, датчиками технического состояния и безопасности;
- системы передачи данных и HD-видеопотоков для управления по 5G;
- интеграция спецтехники в ИТС города.

Пример реализации:

В декабре 2019 года беспилотный уборщик снега на базе робота RT-1000 производства компании Left Hand Robotics (США) впервые применили для очистки от снега 7-километрового пешеходного маршрута вокруг водохранилища Беар Крик в Канаде. Техника Left Hand Robotics универсальна, робота можно использовать для уборки снега, обработки дорог и тротуаров песком и химреагентами, подметания улиц, покоса травы.

Машина работает на газе, использует GPS, радары и камеры кругового обзора. Следуя запрограммирован-

ном маршрутом, она избегает столкновений с препятствиями.



Рисунок 35 — Передача времени переключения от умного светофора на автомобиль с использованием C-V2X

Освещение, климатика, допуск на инфраструктурные объекты

Системы, управляющие сетями наружного освещения, контролируют их состояние, организуют учет электроэнергии и диагностику оборудования, оптимизируя энергопотребление на основе реальных данных с датчиков в единой среде передачи.

Управляемые источники освещения оптимизированы и адаптированы для включения/выключения в любом районе города, способствуют общему повышению энергоэффективности. Дистанционно и автоматически управляемое освещение также повышает уровень безопасности в городе: любой сбой в работе электрохозяйства, недостаточно освещенный участок улицы будут немедленно отслежены, локализованы, подвер-

жены быстрому осмотру и ремонту. Данные мониторинга о реальном потреблении энергии в месте освещения поступают в интеллектуальную систему управления и служат для корректировки затрат энергоресурсов. Для оптимизации расхода энергии в системе управления освещением установлены датчики освещенности, которые минимизируют расходование электроэнергии в светлое время суток. Для подключения и объединения датчиков системы управления освещением используют сети 5G. Кроме того, 5G предоставляет облачную инфраструктуру автоматизации систем освещения.

Управление освещением может быть расширено и включено в общую систему управления зданиями с интегрированной автоматизацией, удаленным управлением, умными приборами, приложениями и сервисами.

Те же задачи выполняются на базе инфраструктуры 5G без построения выделенной муниципальной системы. Это позволяет сократить издержки, упростить масштабирование на другие районы и города.

5G позволяет обеспечить в единой среде управления:

- мониторинг и регулирование качества и влажности воздуха, температурных режимов, освещения и уровня шума;
- управление системами вентиляции, отопления и кондиционирования, водо- и энергоснабжения, кана-

лизации и противопожарной безопасности, ИКТ-инфраструктурой, мониторинг их исправности, диспетчеризацию лифтового хозяйства, систем контроля и управления доступом в здание и на прилегающие территории с распознаванием лиц и номеров автомобилей;

- отправку информации о нештатных ситуациях в аварийно-диспетчерские пункты управляющих организаций, специальные службы.

Пример реализации:

Облачная автоматизированная система управления наружным освещением (АСУНО) «Гелиос» (Россия) с применением системы «Гелиос» Института высоких технологий БелГУ развернута в 26 субъектах РФ.

Ее внедрение сократило энергопотребление и зависимость от сторонних поставок энергоресурсов, обеспечило гибкость режимов освещения, дистанционный контроль, планирование и анализ энергопотребления, повысило уровень диспетчеризации в едином ситуационном центре, позволило прогнозировать траты на энергопотребление.

Медиапанели и системы обратной связи с жителями

Современные ИКТ-сервисы публичного информирования и обратной связи с гражданами часто одновременно предоставляют электронные госуслуги и поддерживают инструменты гражданской активности. Интерактивные медиапанели стимулируют людей к личному участию в развитии городов (краудсорсинг,

электронные голосования для принятия общественных решений, актуальное информирование).

Размещение медиапанелей повсюду в городе, трансляция с их помощью уникального, яркого и важного для людей контента, тем более организация интерактивной связи, требуют гибкости и мощных вычислительных ресурсов, а значит, использования 5G и облачных сервисов на основе «тонких» клиентов, которые легко создавать в ЦОД, интегрированных в ядро 5G.

Примеры реализации:

В 2019 году департамент новой городской механики мэрии Бостона подключил цифровую медиаплатформу Soofa Signs (США) к интерактивным экранам. Они позволяют горожанам оставлять отзывы и пожелания к работе городских властей, читать и просматривать местные новости, создают имидж умного города для приезжих.

Компания SpinetiX (Швейцария) предоставила интерактивные экраны, включая виджеты для создания контента и медиаплееры для системы городских медиапанелей в Дубае. На них для граждан транслируются информация и реклама мероприятий и услуг, например, о развлекательных мероприятиях, ближайших стоянках вело- и каршеринга, о движении общественного транспорта. Медиапанели на интерактивных киосках еженедельно проводят опросы, выясняя мнение и получая предложения людей об улучшении

городской жизни, отображают их результаты и решения, принятые властями. [7]



Рисунок 36 — Городские медиа-панели компании Soofa

Good Morning!

 50°F

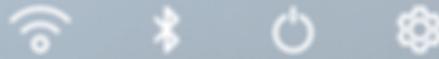
Song
Artist



Mostly cloudy

Your schedule

- 6 AM — Morning Walk
- 8 AM — Board Meeting
- 10 AM — Work
- 12 PM — Lunch with Family
- 2 PM — Work
- 5 PM — Dinner



ПРИМЕРЫ ВНЕДРЕНИЯ И/ИЛИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Технология 5G в промышленности открывает новые возможности использования беспроводной сети — от оптимизации производственных процессов до повышения безопасности и качества производства. Благодаря связи пятого поколения стало возможным максимально использовать возможности интернета вещей (IoT), цифровых двойников, беспилотных транспортных средств и облачных технологий.

1. Тестирование и демонстрация автоматизации производства автоконцерна

В 2018 году Audi и Ericsson объявили о планах по внедрению технологии 5G в автомобилестроение. В феврале 2020 года стало известно о расширении сотрудничества компаний и о начале тестирования возможностей сверхнадежной межмашинной связи с низкими задержками (URLLC) для автоматизации процессов в производственной лаборатории Audi в Германии.

В рамках одной из демонстраций была создана роботизированная ячейка сборки подушек безопасности, которая работает сегодня на фабриках Audi, но с поддержкой 5G.

Рука робота собирала подушку безопасности автомобиля, в то время как лазерная завеса защищала открытую сторону роботизированного участка.

Благодаря сверхнизкой задержке и надежности 5G URLLC робот мгновенно останавливался, если работник фабрики проник на участок работ.

Внедрение 5G URLLC повысит гибкость процесса

производства и сборки автомобилей, одновременно увеличивая безопасность для персонала.



Рисунок 37 — Роботизированная ячейка сборки подушек безопасности

2. Применение 5G на заводе по производству синтетических волокон

Совместно с China Mobile Jiaxing Branch, ZTE представил Xinfengming Group (крупнейшему производителю полиэфирных нитей в Китае) комплексное цифровое решение для производства синтетического волокна, используя преимущества большой пропускной способности, низкой задержки и возможность подключения неограниченного количества устройств интернета вещей к сети.

В цехе была проведена комплексная цифровая модернизация и внедрены следующие решения:

- Управление беспилотными тележками
- Сеть 5G применяется для дистанционного управле-

ния беспилотными тележками IGV (Intelligent Guided Vehicle), которые используются для перемещения произведенной на заводе продукции. По сравнению с Wi-Fi, подключение по 5G дает меньшие задержки (менее 10 миллисекунд) и сокращает число случаев потери сигнала.

- Мобильное видеонаблюдение

Система видеонаблюдения завода включает HD-камеры, установленные на мобильных IGV-тележках. В режиме реального времени данные с них загружаются в центр обработки видео через сеть 5G для периферийных вычислений мультисервисного доступа (multi-access edge computing, MEC). Такое решение позволяет гибко использовать видеоданные на предприятии, предотвращая их утечку.

- Обнаружение дефектных химических волокон

Для обнаружения дефектных синтетических волокон на производстве используются роботы, оснащенные камерами высокого разрешения 8K. Полученные данные направляются для обработки и классификации алгоритмом искусственного интеллекта. Благодаря 5G удалось внедрить процесс обнаружения дефектов непосредственно во время работы станков на высокой скорости, за счет чего повысилось качество продукции.

Технология 5G помогла Xinfengming Group значительно оптимизировать управление производством, повысить его эффективность и качество продукции.

3. Применение 5G-ready сети на одном из крупнейших заводов компрессоров в мире

Atlas Copco Airpower, ведущий мировой производитель компрессоров, вакуумных решений, генераторов, насосов, электроинструментов и сборочных систем, сотрудничает с Ericsson и Orange Belgium, чтобы обеспечить интеллектуальное производство с использованием 4G и 5G.

Завод Atlas Copco Airpower в бельгийском городе Вилрийк является одним из крупнейших в мире с самым современным производством как переносных, так и стационарных компрессоров. На заводе проектируются, разрабатываются и производятся компрессоры для распространения по всему миру.

Располагая площадью 20 тыс. м² на объекте Airpower, Ericsson Dedicated Networks обеспечивает безопасное и надежное беспроводное подключение для поддержки и улучшения удаленного управления и повышения производительности производства.

Благодаря стабильному подключению автономные AGV-роботы перемещаются посредством беспроводной связи по всему заводу. Сеть также позволяет подключать к ней портативные и стационарные инструменты и оборудование.

4. Применение 5G на заводе по производству базовых станций

В марте 2020 года был запущен первый умный завод компании Ericsson в США, который производит базовые станции 5G. Собственное 5G-оборудование ком-

пании используется на фабрике для автоматизации складских помещений и логистики, для автоматизированной сборки, упаковки и обработки продукции, а также для работы автоматически управляемых тележек.

Первым продуктом, выпущенным на заводе, стала базовая станция Street Macro с поддержкой миллиметрового диапазона волн. Планируется также производство усовершенствованных антенных систем, которые предназначены для увеличения пропускной способности сети и расширения зоны покрытия, в том числе в сельской местности, а также 5G-радиостанций для городских условий.

5. Тестирование применения 5G в производстве строительной техники

В мае 2019 года телеком-компания ZTE в сотрудничестве с другими операторами запустила коммерческую сеть 5G и системы мобильных периферийных вычислений для ведущего китайского производителя машинного оборудования SANY Group. Таким образом на производстве была обеспечена среда для пилотных проектов с видеонаблюдением высокой четкости, панорамными прямыми VR-трансляциями, сбором данных, управлением автоматическими тележками (AGV) и беспилотной спецтехникой.

Совместный пилот продемонстрировал, как 5G можно применять для значительного повышения эффективности производства. В ближайшем будущем новые бизнес-модели интеллектуального производства бу-

дут дополнительно изучены для содействия трансформации отрасли.



Рисунок 38 — Применение 5G в производстве строительной техники

6. Испытания применения 5G для Индустрии 4.0

В мае 2020 года IBM, Infocomm Media Development Authority (IMDA), M1 Limited (M1) и Samsung объявили о первом в Сингапуре испытании 5G для Индустрии 4.0.

В рамках сотрудничества будут протестированы сценарии использования решений с поддержкой 5G для производства, при этом основное внимание будет уделено трем областям:

- автоматизированному визуальному контролю с использованием искусственного интеллекта для распознавания изображений и видеоаналитики;
- улучшенному мониторингу оборудования и профилактическому техобслуживанию с использованием искусственного интеллекта;

• сборке и отладке с использованием дополненной реальности для повышения производительности и качества.

Успешные примеры применения 5G в сфере Индустрии 4.0, реализованные в рамках данного пилота, будут продемонстрированы производственным предприятиям и смогут быть применены в производстве, контроле качества и тестировании в широком спектре отраслей промышленности.

7. Тестирование технологий 5G на металлургическом заводе

В июле 2019 года Xiangtan Iron & Steel, крупнейшее государственное предприятие и пионер металлургической промышленности провинции Хунань, совместно с China Mobile Hunan Branch и Huawei запустили проект Hunan Xiangtan Smart 5G Steel Plant.

В рамках проекта были опробованы четыре сценария использования 5G для передачи HD-видео:

- централизованное дистанционное управление мостовыми кранами в режиме реального времени с использованием восьмиканального HD-видеопотока;
- беспилотный кран в шлаковом отсеке, оснащенный 11 камерами и другими датчиками;
- дистанционно управляемый роботизированный манипулятор в зоне сталеплавильного производства;
- HD-видеонаблюдение во взрывоопасных зонах.

Пилотирование показало возможность увеличить эффективность операторов завода на 20%. HD-видеонаблюдение позволит держать операторов на рас-

стоянии от высоких температур и опасных зон. Ожидается, что переход от стационарного подключения к беспроводному доступу может повысить эффективность завода более чем на 50%.

8. Демонстрация возможностей цифрового двойника энергетической инфраструктуры

Для привлечения внимания жителей и бизнеса к новой энергетической инфраструктуре шотландского архипелага Оркнейского острова, создан ее цифровой двойник с доступом по 5G. Проект анонсирован в апреле 2020 года университетом Хериот-Ватта (HWU) при поддержке Scotland 5G Centre.

В рамках проекта будет создана трехмерная модель архипелага Оркни, которая отражает различные компоненты энергетической системы острова (точки зарядки электромобилей, бытовые аккумуляторы, турбины и генераторы энергии).

Ожидается, что демонстрация проекта будет доступна жителям в течение трех месяцев. Ключевая цель проекта — дать возможность жителям узнать о преимуществах и возможностях новой энергетической системы острова. Проект также демонстрирует возможности 5G в создании интеллектуальных энергетических систем.

9. Разработка автоматически управляемых тележек для промышленности с применением периферийных вычислений по 5G

Huawei в партнерстве с China Telecom и Sany Heavy

Industry разработали проект автоматически управляемой тележки (automatic guided vehicle, AGV) на базе 5G и периферийных вычислений мультисервисного доступа (MEC).

Предложенный подход переносит обработку данных через сеть 5G на платформу мобильных периферийных вычислений. В сочетании с технологией V2X MEC-платформа повышает эффективность планирования производства, позволяет реализовывать различные сценарии автоматизации в промышленности и стимулирует дальнейший переход от AGV к интеллектуальным многофункциональным автономным мобильным роботам (autonomous mobile robots, AMR), которые способны сами избегать препятствия, самостоятельно принимать решения и совершать действия.

С мая 2019 года интеллектуальная облачная система управления тележками проходила тестирование и с сентября 2019 года внедрена на заводе Sany в г. Нанькоу. Одновременно выделенное 5G-соединение было установлено между заводом и фабрикой, расположенной в Хуйлунгуане, для дистанционного мониторинга за тележками в режиме реального времени.

10. Демонстрация возможностей 5G при управлении беспилотным трактором

Финский оператор мобильной связи Elisa представил новое решение с поддержкой 5G, разработанное в сотрудничестве с местными компаниями — дистанционно управляемый трактор.

На демонстрационной площадке в Хельсинки была представлена система управления трактором на большом отдалении от объекта. Во время тестирования беспилотный трактор находился примерно в 150 км от водителя-оператора.

Благодаря высокой скорости и низкой задержке передачи данных через 5G, а также применению 4K-камеры с углом обзора в 360° оператор трактора мог дистанционно им управлять. При этом оператор имел в режиме реального времени и сверхвысокого разрешения полный обзор происходящего вокруг транспортного средства. Использование сети пятого поколения компании Elisa обеспечивало высокий уровень безопасности данного решения.

11. Демонстрация беспроводного управления коллаборативными роботами

Корпорация, специализирующаяся на электротехнике, энергетическом машиностроении и информационных технологиях ABB, Ericsson и швейцарский оператор связи Swisscom впервые продемонстрировали, как с помощью технологий связи пятого поколения можно управлять коллаборативными роботами на большом расстоянии в режиме реального времени.

В Конгресс-центре Давоса (Швейцария) коллаборативный робот YuMi, созданный ABB, написал сообщение в «песочнице», которое одновременно воспроизвел второй робот YuMi на расстоянии 1,5 км от этого места. Синхронность этих действий была достигнута благодаря сети 5G компании Swisscom на базе теле-

коммуникационной технологии Ericsson. За роботами можно было наблюдать в реальном времени на видеоскренах, установленных на обеих площадках.

12. Применение 5G на заводе по производству тяжелых грузовых автомобилей

МТС и Ericsson при поддержке правительства Республики Татарстан развернули первую в России промышленную 5G-зону частной сети LTE на заводе «КАМАЗ» в г. Набережные Челны, крупнейшем производителе тяжелых грузовых автомобилей в России.

Частная беспроводная сеть, предназначенная для решения технологических задач, объединяет различные элементы производственной экосистемы предприятия в закрытый контур, что обеспечивает повышенную безопасность и надежность. Частная сеть одновременно поддерживает технологии 5G и LTE.

В рамках первого этапа на сети развернуты системы видеонаблюдения и групповой связи, защищенный доступ к локальным информационным ресурсам и VR/AR-решение для удаленного обучения персонала.

Ожидается, что технологии 5G и LTE будут способствовать оптимизации производства на предприятии и повышению его конкурентоспособности.

13. Применение 5G для управления беспилотными карьерными самосвалами

Возможности сети 5G в составе российского роботизированного комплекса грузоперевозок с мая 2020 года тестируются оператором Билайн. Это первый

подобный проект в России. Пилот реализуется на базе 130-тонных карьерных самосвалов БЕЛАЗ-7513R, работающих под управлением информационной системы компании ВИСТ (группа «Цифра»). Для проведения испытаний (на территории угольного разреза «Черногорский») оператор развернул фрагмент сети беспроводной связи 5G протяженностью 1,5 км, покрывающей маршрут следования самосвалов-роботов. Покрытие было обеспечено двумя распределенными двухсекторными базовыми станциями стандарта 5G (gNodeB), которые работают в неавтономном режиме (non-standalone). Используемая ширина канала – 100 МГц.

В рамках тестов применения технологии 5G видеопотоки с камер высокого разрешения, которые установлены по периметру самосвалов, поступают в центр обработки информации для управления техникой в режиме реального времени.

Применение технологии 5G позволило обеспечить высокие скорости передачи информации и максимально минимизировать задержки, что существенно увеличило точность движения и повысило безопасность управления карьерными самосвалами по сравнению с ранее применявшимся беспроводными сетями. [4]

КООПЕРАЦИОННЫЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ЦЕПОЧКИ

Наименование технологии /продукта	Производитель технологии/продукта	Производитель технологии/продукта	Примечание
Базовые станции	АО "НПП "Исток" им. Шокина"	Операторы связи	
Модуль 5G средней и большой зоны обслуживания	АО «НПФ «Микран»	Операторы связи	
Модуль 5G средней и большой зоны обслуживания	АО «НПФ «Микран»	Операторы связи	
Цифровое платформенное решение, обеспечивающее серийное создание и развертывание линейки базовых станций пятого поколения в парадигме Open RAN	Сколковский институт науки и технологий (Сколтех)	Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации (Минкомсвязь России)	Выпуском оборудования займется "Элтекс"
	ООО «Элтекс»		
	«Радио Гигабит»		
	Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР)		
Лабораторные сегменты сети, реализующие технологию сетей 5G	«Концерн «Автоматика, Предприятия радиоэлектронного кластера Госкорпорации Ростех	Операторы связи	
DWDM-платформа «Волга»	«Т8»	Операторы связи	
Транзистор ПП9137А	Концерн «Созвездие»	Операторы связи, производители БПЛА	
Когнитивная система беспроводного доступа LSA	«МегаФон», Nokia и Научно-исследовательский институт радио (ФГУП НИИР)	Операторы связи	Решение LSA состоит из двух основных компонентов: <ul style="list-style-type: none"> • Геолокационная база данных LSA, Контроллер LSA, расположенный в сети оператора и позволяющий управлять каналами и базовыми станциями LTE • Решение позволит мобильному оператору улучшить покрытие и повысить качество мобильного Интернета для абонентов как внутри зданий, так и на открытой местности.
WAN (LTE, 5G)	ПАО «Ростелеком»; ПАО «Мегафон»; НИИ «Масштаб»	Операторы связи	



ОСНОВНЫЕ ПОСТАВЩИКИ И ПРОИЗВОДИТЕЛИ

МИРОВЫЕ ПРОИЗВОДИТЕЛИ (ТОП-10)

Крупнейшие международные вендоры 5G предоставляют end-to-end решения. [10]

Крупнейшие международные вендоры 5G предоставляют end-to-end решения. Вендоры второго эшелона обладают заделами по отдельным доменам.

End-to-End решения **1** + **2** + **3**

~40% от всех патентов в области 5G/IMT-2020 в мире

>50% рынка телеком оборудования в РФ



NOKIA



ZTE

SAMSUNG

NEC

1 Оборудование и ПО базовых станций



2 Оборудование и ПО транспортной сети



3 Оборудование и ПО опорной сети и ЦОДов



Рисунок 39 – Крупнейшие международные вендоры 5G

Поставщики электронных компонентов:

Qualcomm



Qualcomm – крупнейшая американская компания по разработке и исследованию беспроводных средств связи (GPS, WiFi, Bluetooth, 3G/4G).

Компания уже начала производство и выпуск 5G-чипов. Компания проводит испытания различных систем пятого поколения – как для корпораций, так и для обычных пользователей, которая называется Project Pentari. Qualcomm разрабатывает системы, которые будут использоваться внутри и вне помещений – на стадионах, в аэропортах и т.п., где есть 5G-покрытие. Интересы компании простираются также в бытовую и рабочую сферу (речь идет о разных видах связи для офисов и домов), виртуальную реальность, IoT и другие сферы.

Huawei



Китайская компания разработала собственную 5G платформу, которая называется Balong. Она разделена на три разных решения, каждое из которых предназначено для разных целей. В частности, Balong 5000 мультирежимный 5G модемный чип, выполненный по 7 нм технологии.

MediaTek Inc.



Компания MediaTek является крупнейшим тайваньским проектировщиком микроэлектронных чипов для беспроводной связи и цифровых мультимедиа устройств. Компания разрабатывает системы на кристалле для связи, HDTV, цифрового телевидения, DVD, GPS, Blu-ray. Компания представила 5G модем, который получил название Helio M70. В начале 2020 года этот модем будет встроен в ARM-платформы Cortex-A77 и Mali-G77.

Unisoc | Skyworks | Qorvo



Qualcomm UNISOC™

Эти три компании — относительно недавние игроки на рынке сетевого оборудования. Кроме того, они поставляют компоненты для 5G-решений своих партнеров, в числе которых Samsung, Intel, MediaTek.

Относительно недавно Unisoc все же представила собственный 5G модем, который получил название IVY510, плюс 5G-платформу MAKALU.

Skyworks, Qorvo не предлагают 5G чипы, вместо этого они поставляют на рынок элементы для чипов и платформ других компаний. От их поставок зависит производство 5G-микросхем, платформ и оборудования других компаний.

Поставщики сетевого оборудования:

Nokia

Финский производитель телекоммуникационного оборудования. поставщик сетевого оборудования, которое необходимо операторам связи для разворачивания 5G инфраструктуры.

Ericsson



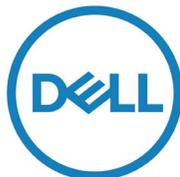
Шведская компания, производитель телекоммуникационного оборудования. Поставляет 5G-решения для таких для четырех крупнейших операторов связи США, а также для Vodafone UK, Swisscom, Telenor в Европе, KT и SK Telecom в Южной Кореи, SoftBank в Японии, Telstra в Австралии.

Samsung



Транснациональная компания по производству электроники, полупроводников, телекоммуникационного оборудования, чипов памяти, жидкокристаллических дисплеев, мобильных телефонов и мониторов. Предоставляет 5G базовые станции таким операторам Южной Кореи, как SK Telecom, KT и LG Uplus.

Cisco, ZTE, Dell, Hewlett Packard Enterprise, Lenovo



Эти крупные компании хотя и имеют меньшее влияние на рынке сетевого 5G-оборудования, но являются крупными производителями сетевого оборудования и мобильных устройств.

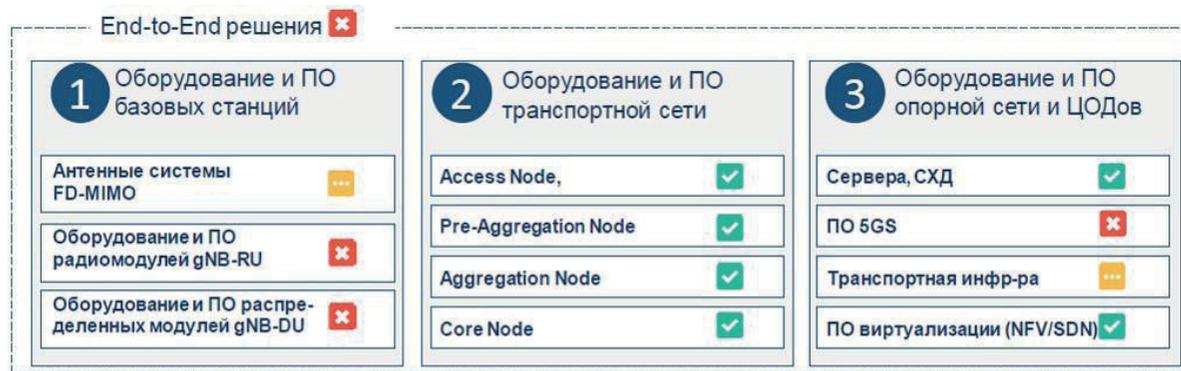
Zyxel



Крупная международная компания со штаб-квартирой на Тайване, известный производитель сетевого оборудования для среднего и малого бизнеса, промышленных предприятий и дома. В начале 2020 года Тайваньская компания представит сразу три устройства 5G. Это карманный 5G роутер NR2101, домашний NR5101 и уличный NR7101. Устройства будут построены на чипсете Qualcomm SDX55.

Российские производители

Заделы отечественных производителей в 5G/IMT-2020 имеют различную степень проработанности. [10]



Обозначения:

- имеются существенные заделы
- имеются некоторые заделы
- заделы отсутствуют

Источник: НИИТС, Сколтех

Рисунок 40 – Заделы отечественных производителей в 5G/IMT-2020

АО «РТИ»



Акционерное общество
«Дубненский машиностроительный завод»
имени Н.П. Федорова»

Адрес: 127083, Москва, ул. 8 марта, 10/1

Тел.: +7 (495) 788-00-07

E-mail: inbox@aorti.ru

Научно-производственный концерн с компетенциями в области разработки, производства и поставки радиолокационных, информационных, комплексных систем автоматизированного управления и ситуационных центров, средств связи, электронных приборов и микро- и наноэлектроники. В настоящее время РТИ производит оборудование для сетей четвертого поколения.

Научно-исследовательский институт электронной техники (НИИЭТ)



Адрес: 394033, г. Воронеж ул. Старых Большевиков, д.5
Тел.: +7(473) 226-20-35

E-mail: info@niiet.ru

АО «НИИЭТ» специализируется на разработке и производстве сложных изделий микроэлектроники специального и гражданского назначения: микроконтроллеров, микропроцессов, цифро-аналоговых и аналого-цифровых преобразователей, интерфейсных интегральных микросхем, СВЧ-транзисторов и модулей усиления мощности СВЧ – диапазона. Предприятие разработало транзистор ПП9137А. Прибор предназначен для создания новой системы связи 5G, квадракоптеров и «входящего» в линейку СВЧ GaN транзисторов.

ПАО «Ростелеком»



Адрес: 115172, Российская Федерация, Москва,
ул. Гончарная, д. 30, стр 1.

Тел.: +7 (499) 999-82-83

E-mail: rostelecom@rt.ru

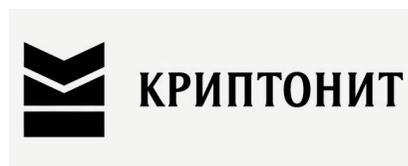
ПАО «Ростелеком» — крупнейший в России провайдер цифровых услуг и решений, который присутствует во всех сегментах рынка и охватывает миллионы домохозяйств, государственных и частных организаций.

«Ростелеком» занимает лидирующие позиции на рынке услуг высокоскоростного доступа в интернет и платного телевидения. Услугами ШПД пользуется свыше 13,0 млн абонентов, платного ТВ — 10,2 млн, из них свыше 5,4 млн. подключено к услуге «Интерактивное ТВ».

«Ростелеком» является лидером рынка телекоммуникационных услуг для органов государственной власти России и корпоративных пользователей всех уровней.

Компания — признанный технологический лидер в инновационных решениях в области электронного правительства, кибербезопасности, дата-центров и облачных вычислений, здравоохранения, образования, жилищно-коммунальных услуг.

НПК «Криптонит»



Научно-производственная компания «Криптонит» является совместным проектом с Госкорпорацией «Ростех». В НПК работают несколько лабораторий по ключевым направлениям: криптография, большие данные и статистика, информационная безопасность, телекоммуникации и спецтехника. НПК «Криптонит» является участником архитектурного совета, созданного «Ростелекомом» и «Ростехом» по развитию 5G в России.

Адрес: Москва, Шлюзовая набережная,
4 (БЦ «Россо Рива»)

Тел.: +7 (499) 455 04 13

E-mail: corporate@kryptonite.ru

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

5G предоставляет новые возможности по созданию цифровых ИКТ услуг и, безусловно, составит основу развития цифровой экономики. В то же время, развивая мобильные сети новых поколений в следующем десятилетии, операторы неизбежно столкнутся с такими вызовами, как продолжающийся рост трафика (по нашим оценкам, в 12-21 раз в следующие 10 лет), необходимость задействовать новые высокие радиочастотные диапазоны и повышать характеристики услуг связи в условиях серьезной конкуренции и низких темпов роста доходов отрасли. [1]

Ключевой проблемой развития технологии 5G в России является проблема с частотами. Эта проблема связана с неготовностью государства проводить аукционы по распределению частотных диапазонов. Российским операторам необходимо около 600 МГц в диапазоне 3.4–3.8 ГГц. На сегодняшний день данный диапазон занят наземными терминалами спутниковой связи VSAT, в доступе находится лишь несколько десятков МГц. В Москве и Санкт-Петербурге свободных частот практически нет.

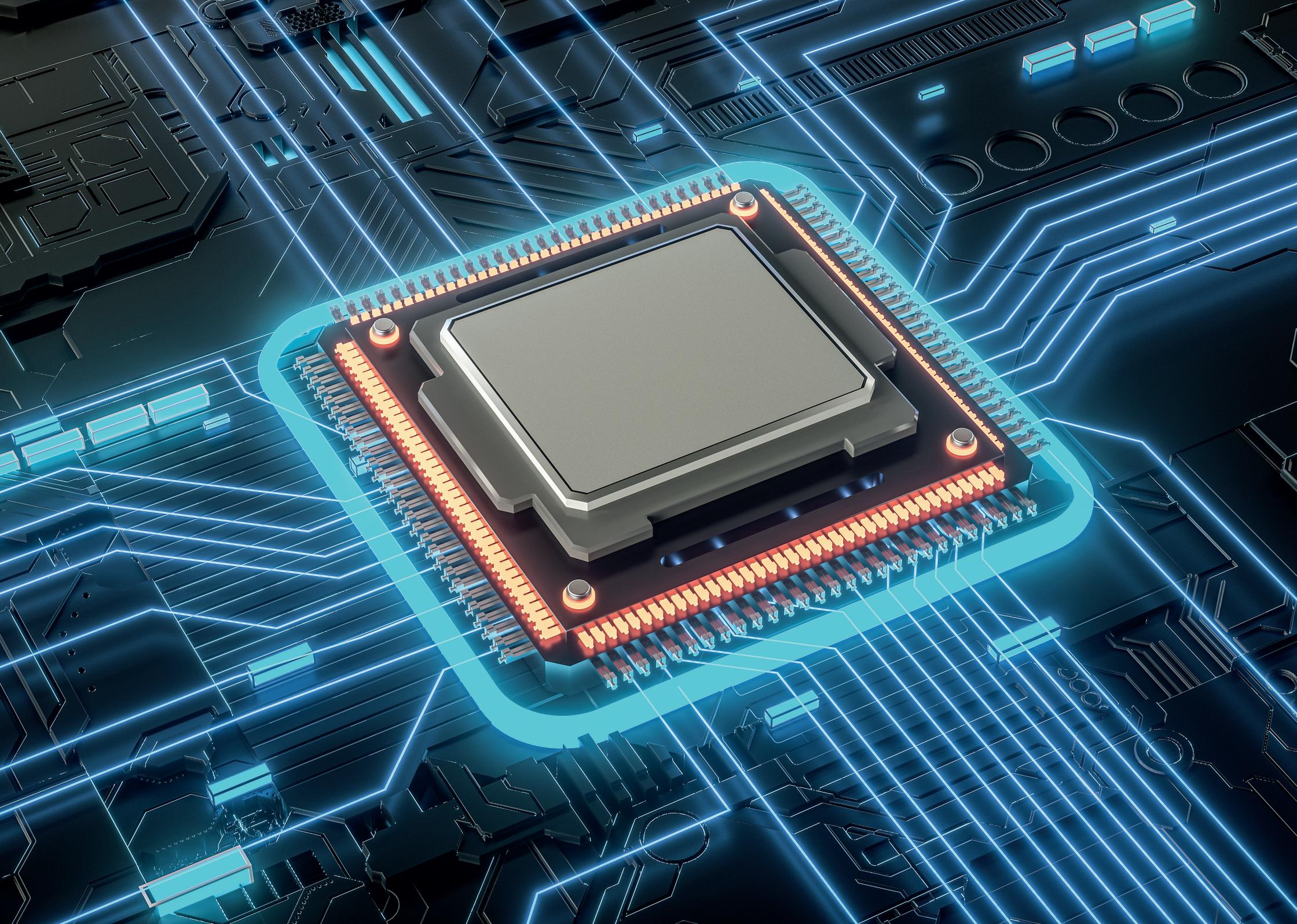
Проблемы развития технологии 5G связаны с тем, что в стране нет собственной современной микроэлектроники, массового производства решений инфраструктуры – базовых станций 5G, решений ядра сети. Сейчас ещё сложно говорить о сроках внедрения и реализации сетей пятого поколения. Отсутствие единого стандарта и неразрешённая проблема с частотами – всё это задачи, поставленные перед их разработчиками. [9]





ПЕРЕЧЕНЬ ИСТОЧНИКОВ ИНФОРМАЦИИ

1. <https://www.pwc.ru/ru/assets/5g-research-short-vers.pdf>
2. <https://rb.ru/longread/what-is-5G/#rec142918336>
3. [https://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:5G_\(%D0%BF%D1%8F%D1%82%D0%BE%D0%B5_%D0%BF%D0%BE%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5_%D0%BC%D0%BE%D0%B1%D0%B8%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%BE%D0%B9_%D1-%81%D0%B2%D1%8F%D0%B7%D0%B8\)](https://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:5G_(%D0%BF%D1%8F%D1%82%D0%BE%D0%B5_%D0%BF%D0%BE%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5_%D0%BC%D0%BE%D0%B1%D0%B8%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%BE%D0%B9_%D1-%81%D0%B2%D1%8F%D0%B7%D0%B8))
4. <https://ict.moscow/research/novye-praktiki-primeneniia-tehnologii-5g-v-mire/>
5. [https://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:5G_\(%D0%BF%D1%8F%D1%82%D0%BE%D0%B5_%D0%BF%D0%BE%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5_%D0%BC%D0%BE%D0%B1%D0%B8%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%BE%D0%B9_%D1-%81%D0%B2%D1%8F%D0%B7%D0%B8\)](https://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:5G_(%D0%BF%D1%8F%D1%82%D0%BE%D0%B5_%D0%BF%D0%BE%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5_%D0%BC%D0%BE%D0%B1%D0%B8%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%BE%D0%B9_%D1-%81%D0%B2%D1%8F%D0%B7%D0%B8))
6. https://club.cnews.ru/blogs/entry/tehnologii_5g_plyusy_i_minusy
7. <https://ict.moscow/research/mirovye-tendentsii-stsenarii-razvitiia-i-ispolzovaniia-tehnologii-5g-v-otrasliakh-ekonomiki/>
8. <https://www.pwc.ru/ru/publications/5g-in-russia.html>
9. <https://science-pedagogy.ru/pdf/2019/3-2/1950.pdf>
10. <http://1234g.ru/5g/5g-v-rossii>





КОМПЛЕКС ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ
И ИМУЩЕСТВЕННО-ЗЕМЕЛЬНЫХ ОТНОШЕНИЙ
ПРАВИТЕЛЬСТВА МОСКВЫ



ДЕПАРТАМЕНТ ИНВЕСТИЦИОННОЙ
И ПРОМЫШЛЕННОЙ ПОЛИТИКИ
ГОРОДА МОСКВЫ

АПР

АГЕНТСТВО
ПРОМЫШЛЕННОГО
РАЗВИТИЯ МОСКВЫ

Государственное бюджетное учреждение города Москвы
«Агентство промышленного развития города Москвы» (ГБУ «АПР»)



123995, г. Москва, ул. 1905 года, д. 7, стр. 1



8 (495) 909-30-69



apr@develop.mos.ru



apr.moscow