

УДК 004.7:[621.391+621.395/.396]  
ББК 32.882/884:32.973.202  
Р75

Рецензенты:

**В. А. Нетес** — профессор Московского технического университета связи и информатики, д. т. н.;

**Н. А. Соколов** — директор по науке ООО «Протей СпецТехника», д. т. н., с. н. с.

**Росляков А. В.**

Р75 СЕТЬ 2030: архитектура, технологии, услуги. — М.: ООО «ИКЦ «Колос-с», 2022. — 278 с.  
ISBN 978-5-00129-251-7

В книге рассмотрены базовые принципы и архитектура фиксированных сетей связи будущего, новые сетевые технологии, на базе которых они будут строиться, а также новые сетевые услуги и приложения, которые будут доступны в течение следующих десяти лет и в дальнейшей перспективе. Книга написана на основе рабочих материалов целевой группы МСЭ-T FG NET 2030, которая в период 2018—2020 гг. провела исследование под названием Сеть 2030 (Network 2030) по определению перспектив развития фиксированных сетей связи к 2030 году и в дальнейшем.

Книга рассчитана на широкий круг читателей, интересующихся перспективами развития инфокоммуникационной отрасли: руководителей и специалистов компаний связи, работников государственных органов управления отраслью связи, научных сотрудников, преподавателей и студентов.

УДК 004.7:[621.391+621.395/.396]  
ББК 32.882/884:32.973.202

ISBN 978-5-00129-251-7

© Росляков А. В., 2022  
© ООО «ИКЦ «Колос-с», 2022

# СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие.....	3
Введение.....	5
<b>Глава 1. Общие положения концепции «Сеть 2030».....</b>	<b>7</b>
1.1. Эволюция сетей и сетевых технологий.....	7
1.2. Исследование МСЭ-Т «Сеть 2030».....	12
1.3. Новые коммуникации и сетевые приложения.....	14
1.3.1. Эволюция сетевых возможностей и услуг.....	14
1.3.2. Голографические коммуникации.....	15
1.3.3. Мультисенсорные коммуникации.....	18
1.3.4. Приложения, критичные к задержкам.....	20
1.3.5. Коммуникации при чрезвычайных ситуациях.....	22
1.4. Направления развития сетевых технологий.....	23
1.5. Недостатки современных фиксированных сетей.....	24
1.6. Базовые принципы Сети 2030.....	28
1.7. Сосуществование гетерогенных сетевых инфраструктур.....	30
1.8. Поддержка новых рыночных вертикалей.....	31
1.9. Сеть 2030 и Интернет.....	33
1.10. Сеть 2030 и сети 5G/6G.....	34
<b>Глава 2. Архитектура и технологии Сети 2030.....</b>	<b>35</b>
2.1. Архитектурные принципы Сети 2030.....	35
2.1.1. Характеристики и возможности Сети 2030.....	35
2.1.2. Простота.....	36
2.1.3. Встроенная программируемость.....	37
2.1.4. Обратная совместимость.....	38
2.1.5. Гетерогенность.....	39
2.1.6. Сетевые срезы.....	39
2.1.7. Однозначное наименование.....	40
2.1.8. Внутренняя анонимность и безопасность.....	40
2.1.9. Устойчивость.....	41
2.1.10. Сетевой детерминизм.....	42
2.2. Архитектура Сети 2030.....	42
2.2.1. Общее видение архитектуры.....	42
2.2.2. Субъекты Сети 2030.....	44
2.2.3. Характеристики архитектуры Сети 2030.....	45
2.2.4. Интерфейсы в Сети 2030.....	46
2.2.5. Соединения и конечные точки соединений.....	50

2.2.6. Архитектура системы управления Сетью 2030.....	52
2.3. Сети доступа/граничные сети.....	59
2.3.1. Требования к сетям доступа/граничным сетям .....	59
2.3.2. Компоненты сети доступа/граничной сети .....	60
2.3.3. Архитектура сети доступа/граничной сети .....	63
2.3.4. Граничные вычисления и аналитика.....	67
2.3.5. МЕС и сеть доступа .....	69
2.3.6. Протоколы и интерфейсы.....	70
2.3.7. Услуги обмена сообщениями .....	72
2.3.8. Альтернативная многоадресная рассылка.....	73
2.3.9. Справедливое распределение ресурсов .....	74
2.3.10. Организация потока.....	75
2.3.11. Эффективная интеграция с транспортной сетью.....	76
2.3.12. Детерминированность граничной сети.....	76
2.3.13. Сверхнадежные коммуникации.....	77
2.3.14. Взаимодействие оборудования пользователя с МЕС.....	77
2.3.15. Объединение и сотрудничество МЕС .....	80
2.4. Космические сети .....	86
2.4.1. Общие сведения .....	86
2.4.2. Компоненты будущей интегрированной наземно- космической сети.....	87
2.4.3. Сценарии использования спутников LEO в качестве магистральной сети.....	88
2.4.4. Использование спутников LEO в качестве сети доступа.....	90
2.4.5. Варианты адресации и маршрутизации в космической сети .....	91
2.4.6. Проблемы реализации возможностей космической сети .....	96
2.4.7. Проблемы управления космической сетью.....	99
2.5. Маршрутизация и адресация в Сети 2030.....	100
2.5.1. Требования к маршрутизации в Сети 2030.....	100
2.5.2. Сетевой уровень интерфейсов UNI и NNI.....	106
2.5.3. Мобильность.....	108
2.5.4. Безопасность и отказоустойчивость маршрутизации ....	109
2.5.5. Новые протоколы маршрутизации.....	111
2.6. Безопасность, конфиденциальность и надежность в Сети 2030.....	115
2.6.1. Термины и определения .....	115
2.6.2. Цели безопасной междоменной сетевой инфраструктуры.....	116
2.6.3. Требования и проблемы.....	117
2.7. Качество обслуживания QoS в Сети 2030 .....	119
2.7.1. Общие подходы к QoS в Сети 2030 .....	119
2.7.2. Новое качество сетевых услуг .....	121
2.7.3. QoS и сети мобильной связи 5G/B5G .....	126

2.8. Пересылка пачек в Сети 2030 .....	127
2.8.1. Общие принципы пачечной пересылки .....	127
2.8.2. Архитектура пачечной пересылки .....	133
2.8.3. Реализация пересылки пачек в сети.....	136
2.8.4. Пересылка пачек из хоста.....	140
2.8.5. Управление потоками трафика при пересылке пачек .....	141
2.9. Архитектура сетевых срезов.....	142
2.9.1. Общие принципы сетевых срезов.....	142
2.9.2. Характеристики сетевых срезов.....	144
2.9.3. Ключевые показатели эффективности сетевых срезов.....	145
2.9.4. Срезы в Сети 2030 .....	146
2.10. Управление Сетью 2030 .....	149
2.10.1. Новые подходы к управлению сетью .....	149
2.10.2. Обеспечение QoS за счет повышения отказоустойчивости .....	150
2.10.3. Управление разнообразными ресурсами.....	155
2.10.4. Плоскость знаний и автономное эксплуатационное управление.....	156
2.10.5. Архитектура сетевого управления на основе намерений .....	158
2.10.6. Роль AI/ML в управлении сетью и оркестровке услуг .....	163
2.11. Квантовые вычисления и их влияние на Сеть 2030 .....	165
<b>Глава 3. Услуги и приложения Сети 2030 .....</b>	<b>167</b>
3.1. Общие принципы реализации услуг в Сети 2030.....	167
3.1.1. Необходимость в будущих сетевых услугах.....	167
3.1.2. Недостатки существующих сетевых механизмов для реализации услуг Сети 2030.....	170
3.1.3. Классификация услуг Сети 2030 .....	174
3.2. Базовые услуги Сети 2030.....	178
3.2.1. Своевременность доставки данных в Сети 2030.....	178
3.2.2. Услуги in-time и on-time .....	180
3.2.3. Услуги скоординированной доставки .....	185
3.2.4. Услуги качественных коммуникаций .....	191
3.3. Составные услуги и приложения Сети 2030.....	200
3.3.1. Голографические коммуникации (HTC) .....	200
3.3.2. Тактильный Интернет для удаленной работы (TIRO) ...	208
3.3.3. Интеллектуальная операционная сеть (ION).....	214
3.3.4. Конвергенция сетей и вычислений (NCC) .....	217
3.3.5. Цифровые двойники (DT) .....	219
3.3.6. Интегрированная наземно-космическая сеть (STIN) ....	222
3.3.7. Индустриальный Интернет вещей IoT с облачными технологиями.....	224
3.3.8. Приложения больших научных данных (HSD).....	226

3.3.9. Пересылка пачек данных с учетом приложений (ABF) .	229
3.3.10. Услуги в зоне аварийно-спасательных операций (EDR).....	232
3.3.11. Социальный Интернет вещей (SIoT) .....	236
3.3.12. Связанный и совместный искусственный интеллект (CSAI) .....	241
3.4. Сводная оценка требований к Сети 2030 различных услуг и приложений.....	246
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	250
ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ .....	255
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ .....	258
ЛИТЕРАТУРА .....	270