



Белорусский государственный
университет информатики и
радиоэлектроники



Белорусские облачные
технологии



Международный Союз
Электросвязи

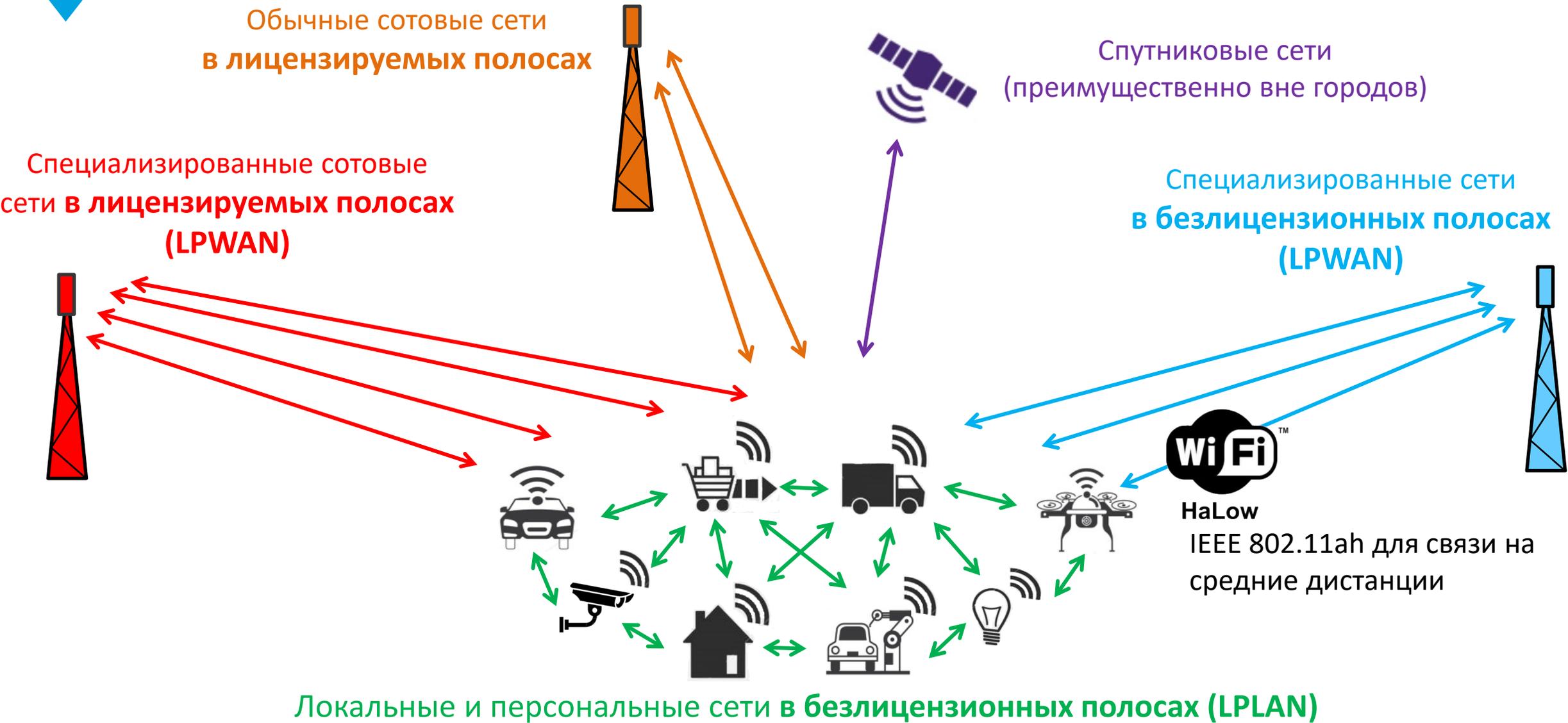
«Развитие LPWAN в безлицензионных и лицензируемых полосах»

Вадим Посакаухин, Эксперт Международного союза электросвязи,
Технический директор Ubiquitous Wireless LLP

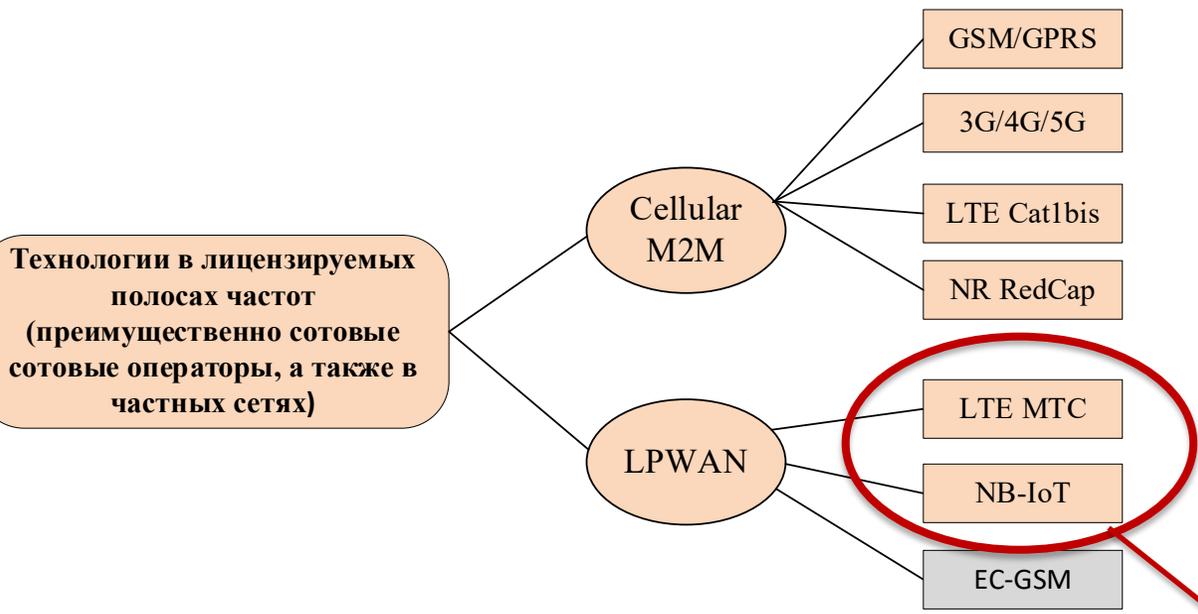
Содержание доклада

- Определение технологий LPWAN
- Технические особенности различных технологий LPWAN
- Вопросы регулирования сетей LPWAN

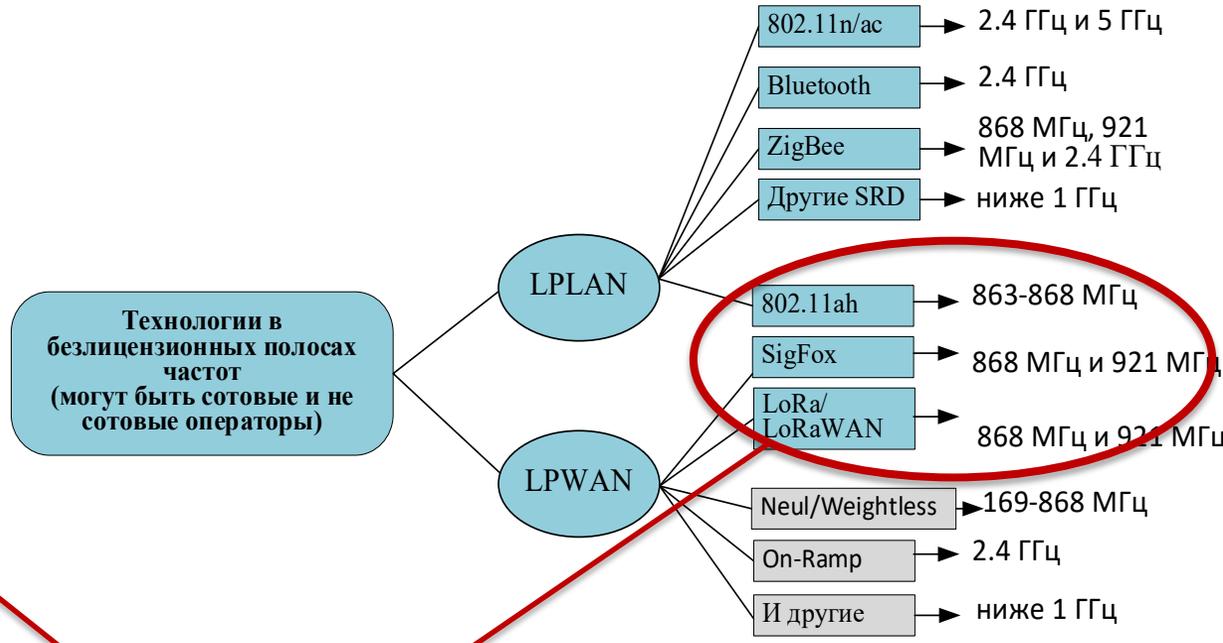
Беспроводные технологии при внедрении IoT



Сотовые радиотехнологии IoT



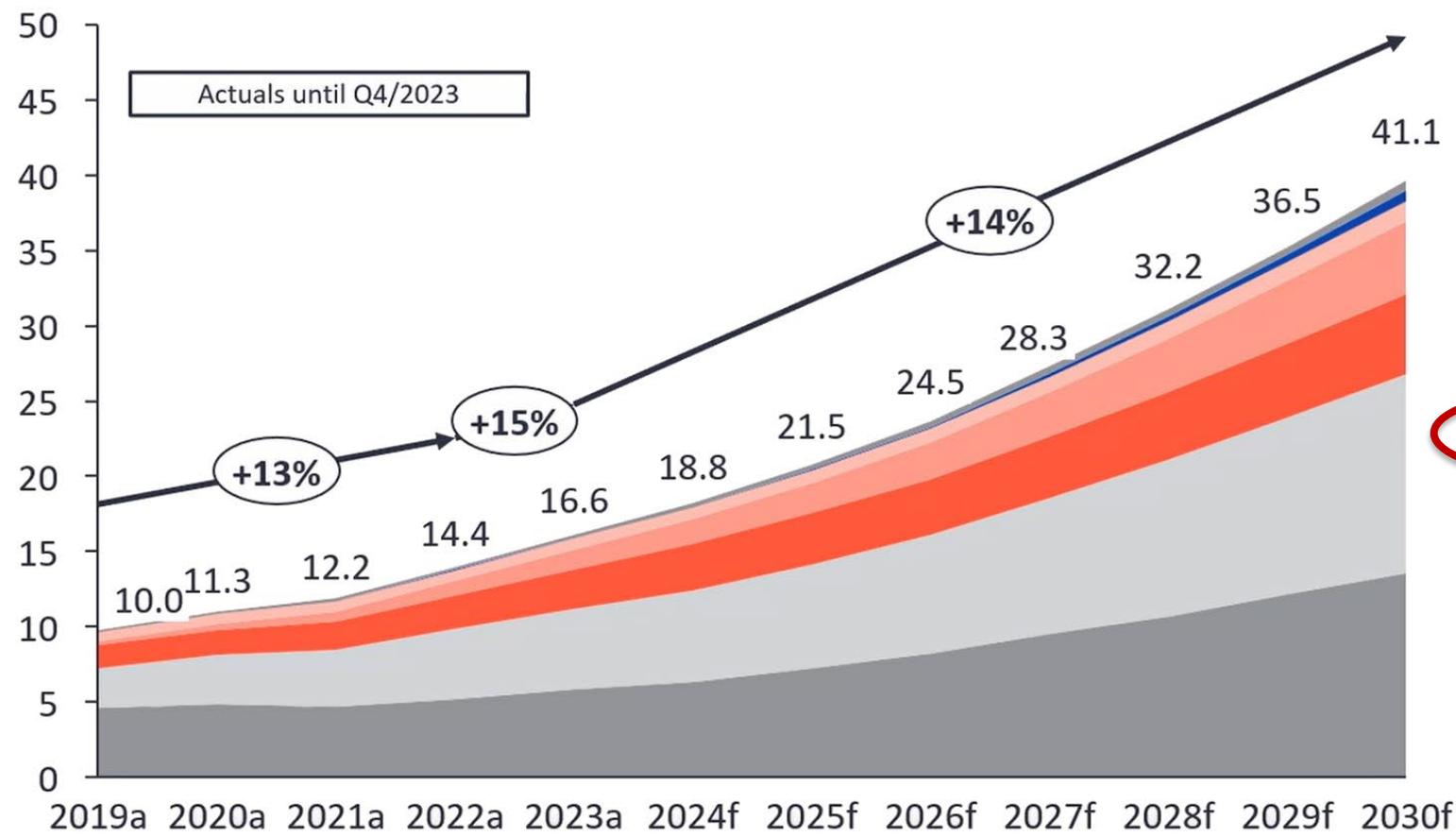
Радиотехнологии IoT в рамках устройств малого радиуса действия



LPWAN

Глобальные прогнозы по развитию различных технологий IoT

Number of global active IoT connections (installed base) in billions

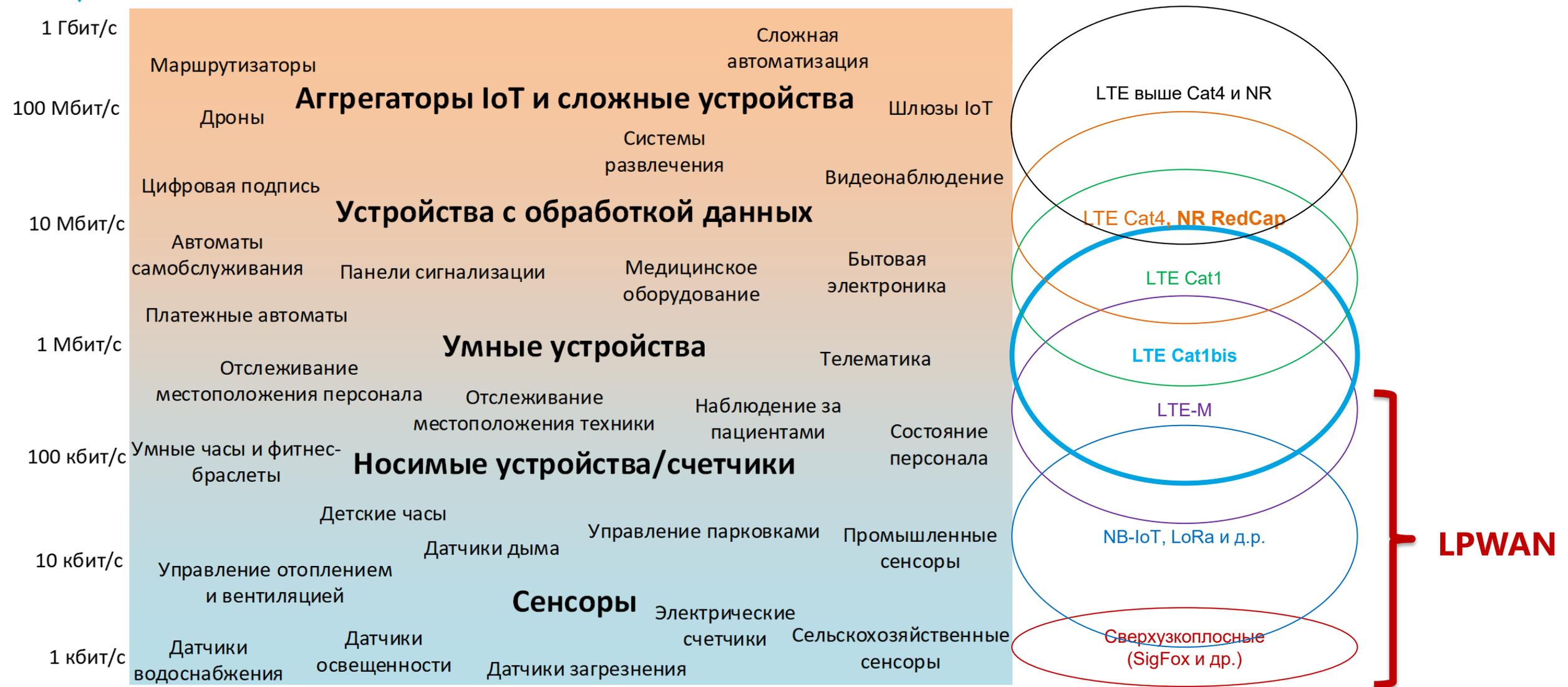


Connectivity type	CAGR 21–23	CAGR 23–30
Other	21%	17%
Wireless neighborhood area networks (WNAN)	15%	14%
Cellular 5G IoT	147%	62%
Wired IoT	4%	9%
LPWA	35%	21%
Cellular IoT (excl. 5G, LPWA)	21%	11%
Wireless local area networks (WLAN)	18%	14%
Wireless personal area networks (WPAN)	12%	13%

XX% = CAGR

Источник: IoT Analytics, Сентябрь 2024

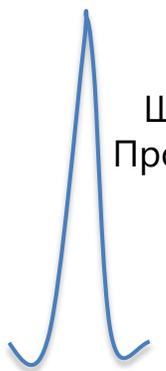
Многообразие беспроводных технологий и применений IoT



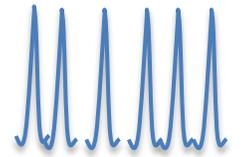
Содержание доклада

- Определение технологий LPWAN
- Технические особенности и вопросы регулирования сетей LPWAN

Очень простой интерфейс

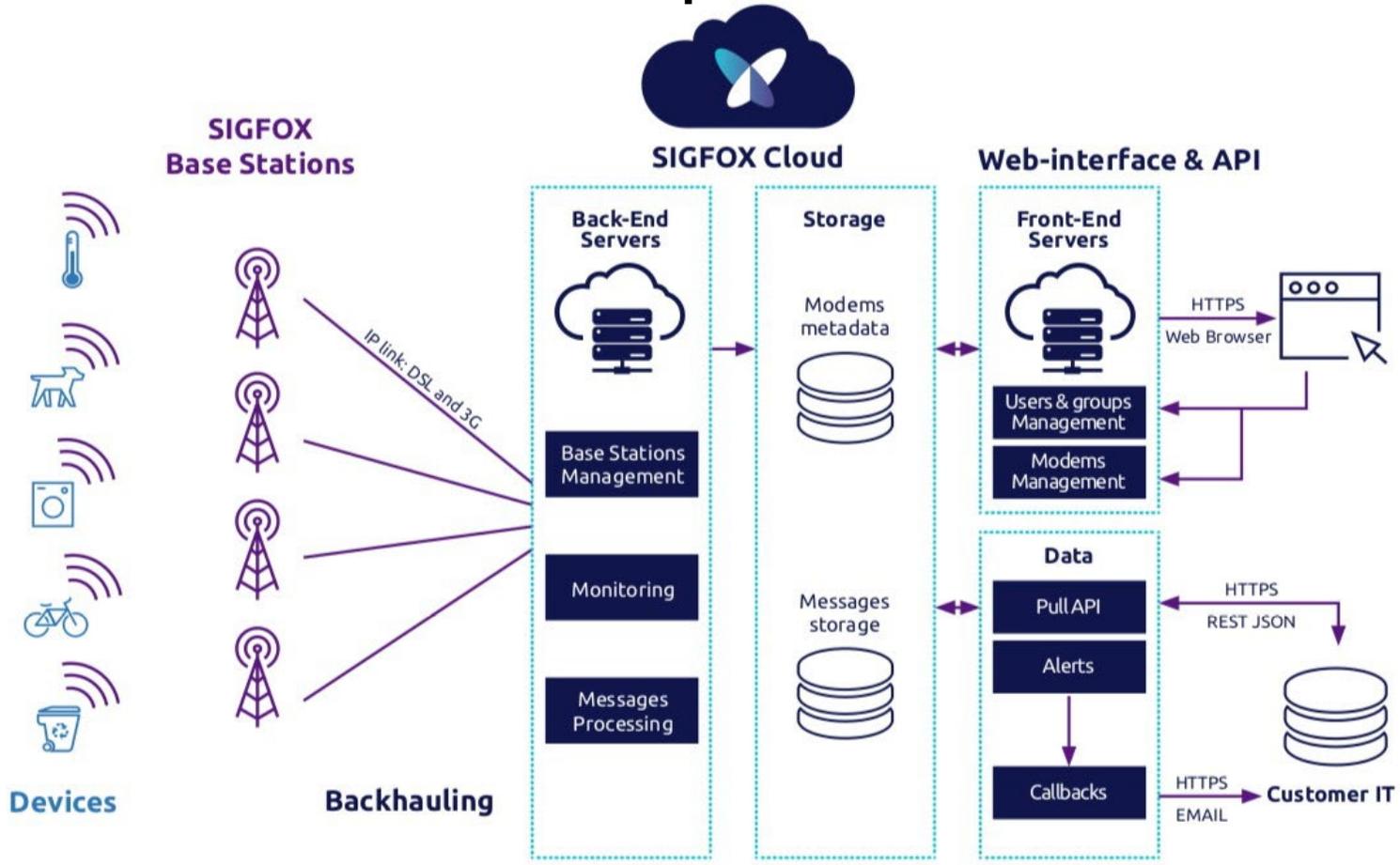


Ширина канала порядка 100 Гц
Простейшая фазовая манипуляция
Скорость порядка 100 бит/с

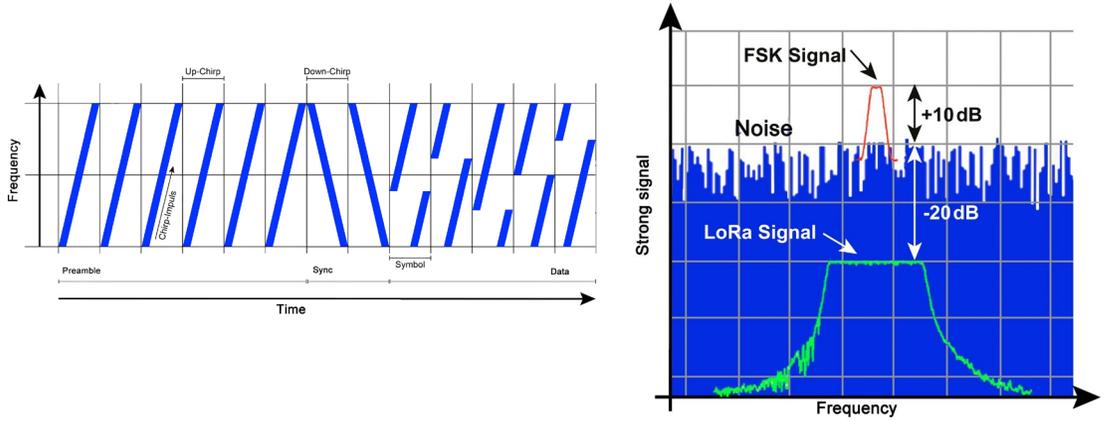


Отслеживание и компенсация дрейфа частоты разных терминалов на БС

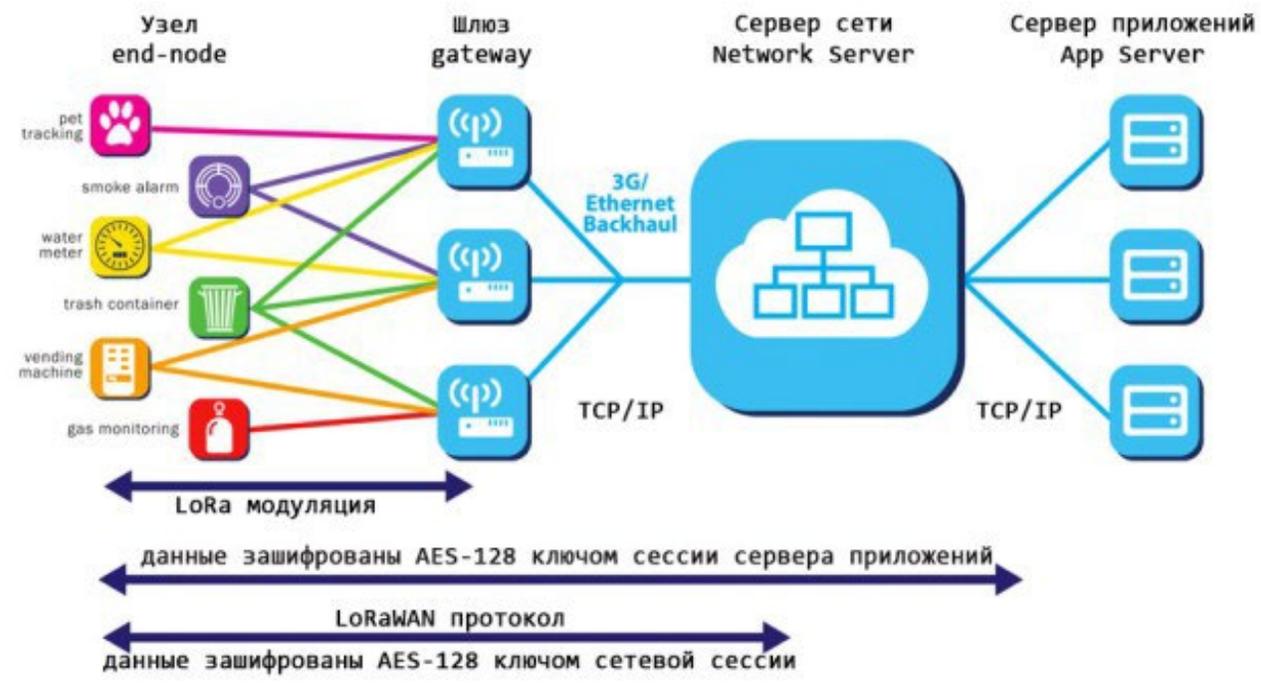
Архитектура с основной обработкой информации в облачной инфраструктуре вместе с сервисами IoT



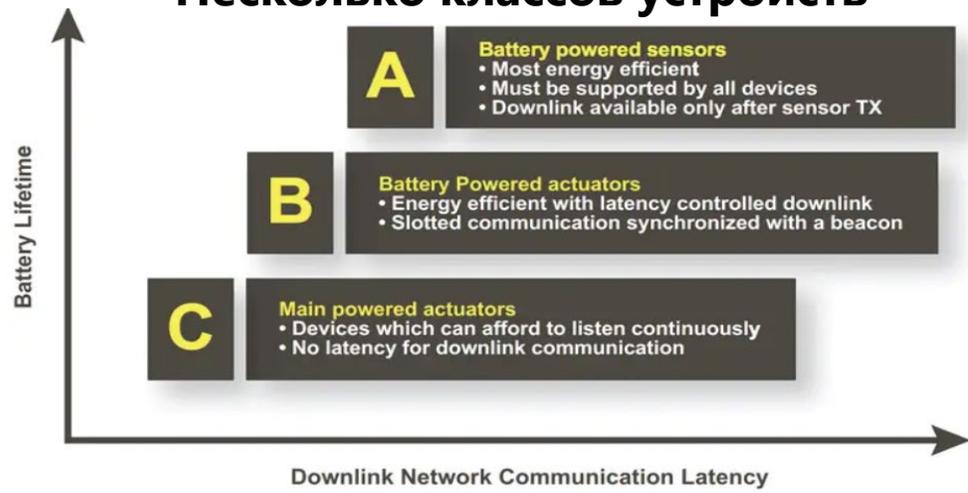
Помехоустойчивый (при малых скоростях) сигнал Chirp Spread Spectrum



Более гибкая сетевая архитектура с возможностью локальной обработки

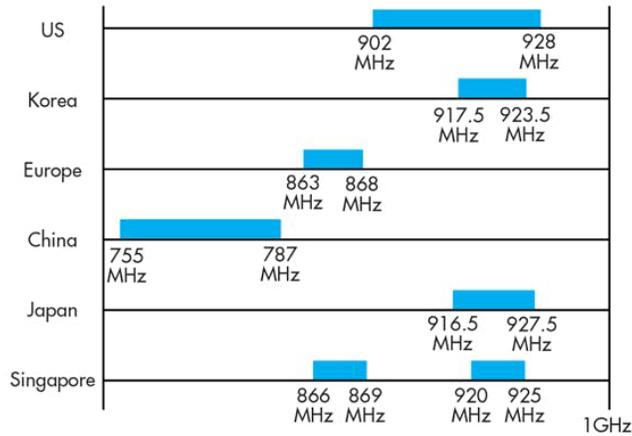


Несколько классов устройств

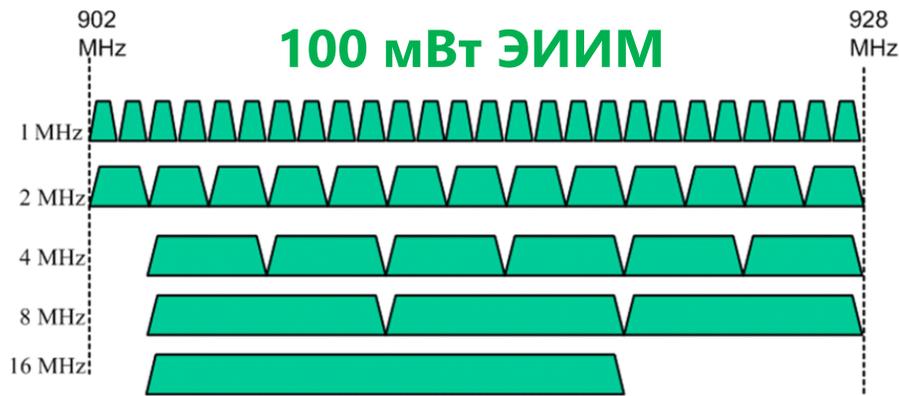


Wi-Fi HaLow (IEEE 802.11ah) в безлицензионных полосах радиочастот

Доступность спектра для Wi-Fi HaLow как определяющее условие использования



Доступные каналы и мощности в США

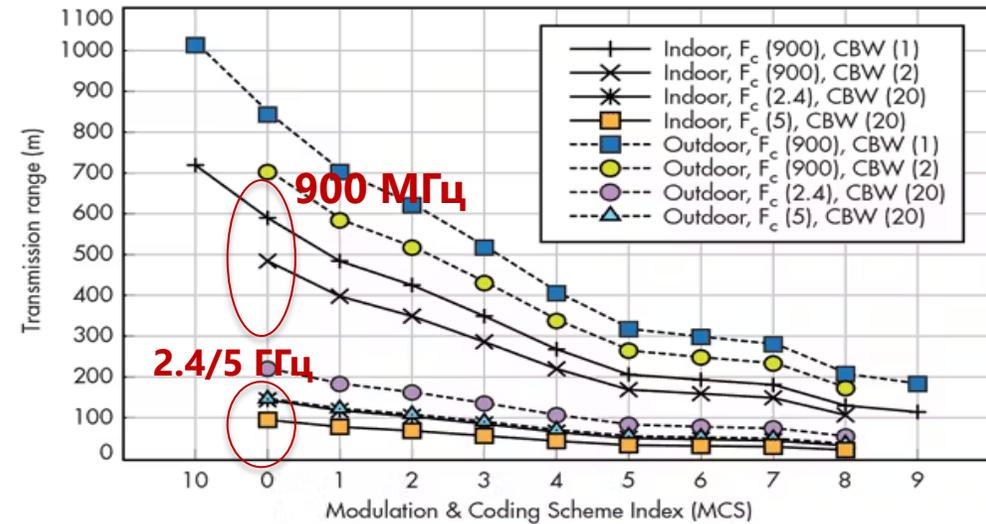


Достижимые скорости для 2 МГц канала

MCS Idx	Mod	R	N_bpscs	N_sd	N_sp	N_cbps	N_dbps	N_es	Data_rate (kbps)	
									8 μ s GI	4 μ s GI
0	BPSK	1/2	1	52	4	52	26	1	650.0	722.2
1	QPSK	1/2	2	52	4	104	52	1	1300.0	1444.4
2	QPSK	3/4	2	52	4	104	78	1	1950.0	2166.7
3	16-QAM	1/2	4	52	4	208	104	1	2600.0	2888.9
4	16-QAM	3/4	4	52	4	208	156	1	3900.0	4333.3
5	64-QAM	2/3	6	52	4	312	208	1	5200.0	5777.8
6	64-QAM	3/4	6	52	4	312	234	1	5850.0	6500.0
7	64-QAM	5/6	6	52	4	312	260	1	6500.0	7222.2
8	256-QAM	3/4	8	52	4	416	312	1	7800.0	8666.7

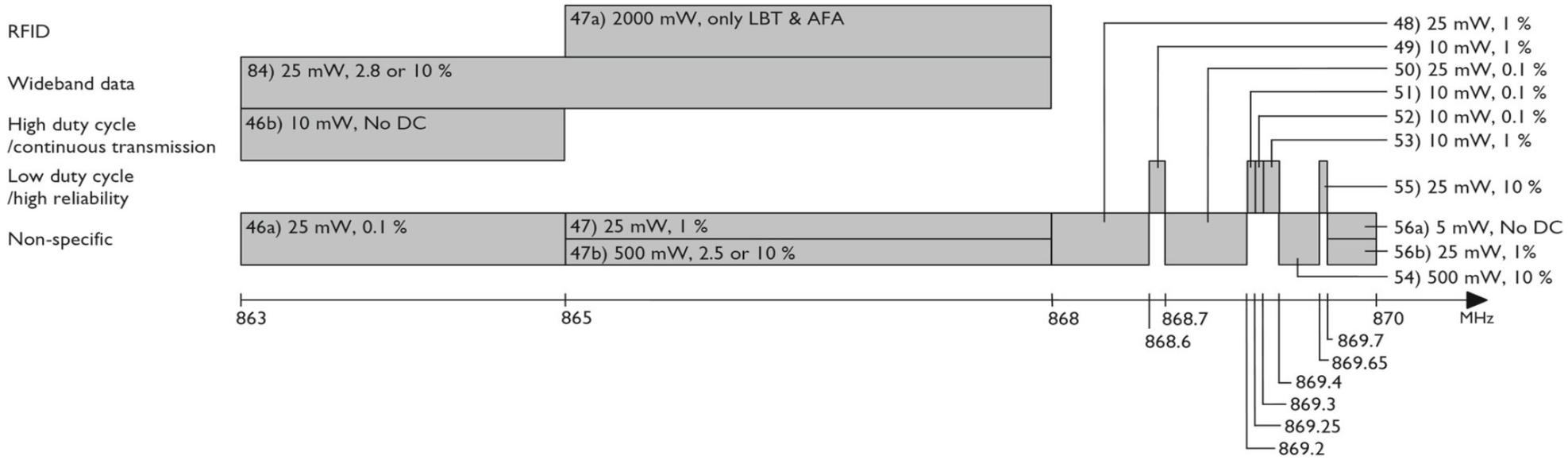


Моделирование дальности связи



Вопросы регулирования безлицензионных полос радиочастот в Европе

Запутанное регулирование SRD в полосе 863-870 МГц в Европе



Необходимость учитывать европейское регулирование в оборудовании для

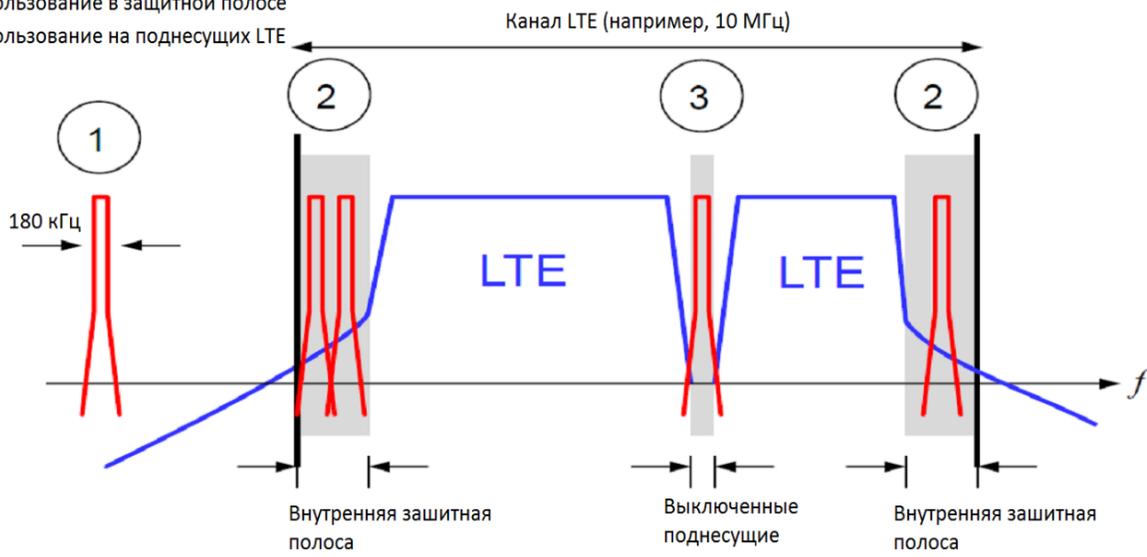
- ↑↓ Up- / Downlink
- ▬ Frequency specified in specification
- - - Possible but not explicitly specified in specification



Существуют страновые профили с измененными каналами под другую регуляторику

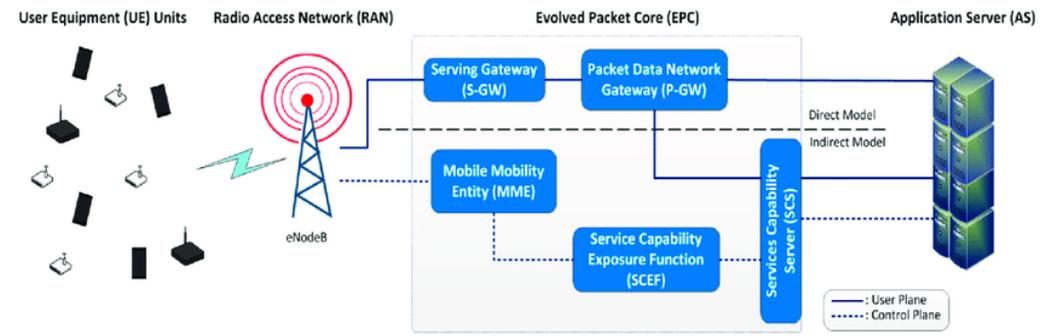
Варианты реализации технологии NB-IoT

- 1) Использование вне канала LTE
- 2) Использование в защитной полосе
- 3) Использование на поднесущих LTE

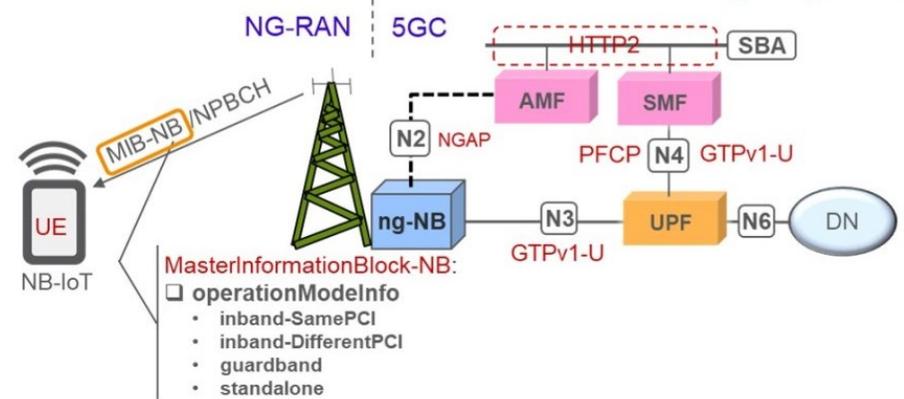


NB-IoT является упрощенным вариантом отдельной поднесущей OFDMA сигнала 180 кГц без поддержки ортогональности к соседним поднесущим

Переиспользование архитектуры 4G (но требуется программный апдейт)



Переиспользование архитектуры 5G



Решение EU 2018/637

25.4.2018 EN Official Journal of the European Union L 105/27

COMMISSION IMPLEMENTING DECISION (EU) 2018/637
of 20 April 2018
amending Decision 2009/766/EC on the harmonisation of the 900 MHz and 1 800 MHz frequency bands for terrestrial systems capable of providing pan-European electronic communications services in the Community as regards relevant technical conditions for the Internet of Things
(notified under document C(2018) 2261)
(Text with EEA relevance)

THE EUROPEAN COMMISSION,
Having regard to the Treaty on the Functioning of the European Union,
Having regard to Decision No 676/2002/EC of the European Parliament and of the Council of 7 March 2002 on a regulatory framework for radio spectrum policy in the European Community (Radio Spectrum Decision) ⁽¹⁾, and in particular Article 4(3) thereof,
Whereas:

- (1) The efficient use of the 900 MHz and 1 800 MHz bands has been reviewed by the Member States with a view to covering additional technologies while ensuring technical compatibility with the GSM system and other wireless broadband systems by appropriate means in accordance with Council Directive 87/372/EEC ⁽²⁾.
- (2) The Internet of Things (IoT) generally refers to the interconnection via the internet of devices embedded in everyday objects, which enable these objects to exchange data. Wireless IoT may also be realised through electronic communications services based on cellular technologies, which normally make use of licensed spectrum. Wireless IoT applications serve a wide range of industrial sectors such as energy or automotive and rely on spectrum availability.
- (3) In its Spectrum Roadmap for IoT ⁽³⁾, the Radio Spectrum Policy Group (RSPG) set up by Commission Decision 2002/622/EC ⁽⁴⁾, takes the view that frequency bands designated for electronic communications services (mobile networks) may be used for emerging IoT applications and services. Union-harmonised frequency bands used for the provision of terrestrial wireless broadband electronic communications services by mobile networks may therefore be an important resource for wireless IoT. The RSPG concluded that, in line with the principle of technology neutrality, the harmonised technical conditions for the use of these bands should take into account wireless IoT requirements.
- (4) On 14 July 2017, the Commission issued under Article 4(2) of the Radio Spectrum Decision a mandate to the European Conference of Postal and Telecommunications Administrations (CEPT), a mandate to review the harmonised technical conditions for use of the 900 MHz and 1 800 MHz bands for terrestrial wireless broadband electronic communications services to also allow their use by the Internet of Things. This mandate noted in particular that, in accordance with Report 266 of the CEPT's Electronic Communications Committee, there is no need to

Пример решения ГКРЧ в России

ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОМИССИЯ ПО РАДИОЧАСТОТАМ (ГКРЧ)

РЕШЕНИЕ

г. Москва

Об использовании полос радиочастот радиоэлектронными средствами стандарта LTE и последующих его модификаций в режиме NB-IoT (от 28 декабря 2017 года №17-44-06)

Государственная комиссия по радиочастотам заслушала сообщение Союза операторов мобильной связи LTE об использовании полос радиочастот радиоэлектронными средствами стандарта LTE и последующих его модификаций в режиме NB-IoT.

Учитывая полученные результаты и принимая во внимание необходимость скорейшего внедрения перспективных радиотехнологий для развития Интернета вещей,

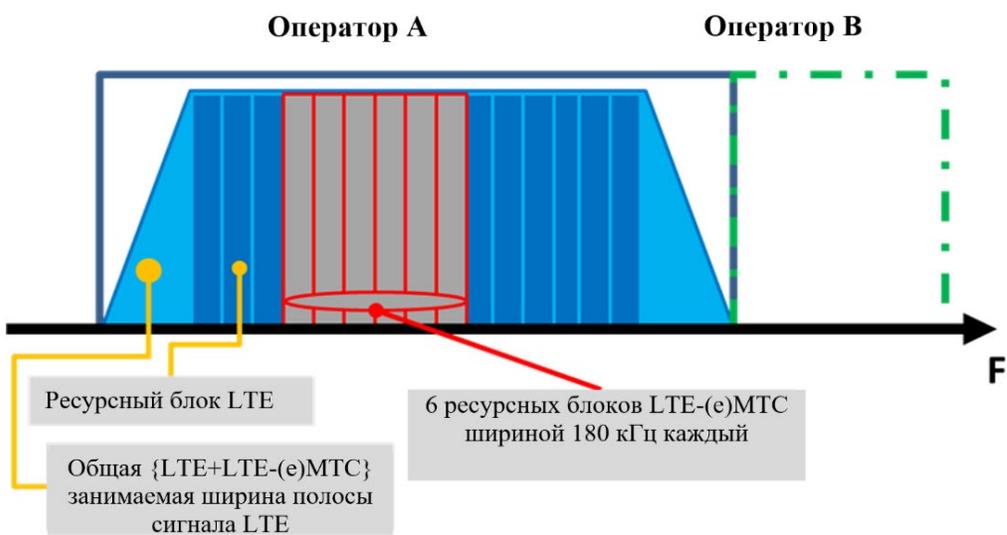
Государственная комиссия по радиочастотам РЕШИЛА:

1. Разрешить использование полос радиочастот 453-457,4 МГц и 463-467,4 МГц, 791-820 МГц, 832-862 МГц, 880-890 МГц, 890-915 МГц, 925-935 МГц, 935-960 МГц, 1710-1785 МГц, 1805-1880 МГц, 1920-1980 МГц, 2110-2170 МГц, 2500-2570 МГц и 2620-2690 МГц для применения РЭС стандарта LTE и последующих его модификаций в режиме NB-IoT (далее – РЭС в режиме NB-IoT) на территории Российской Федерации.
2. Утвердить основные технические характеристики РЭС в режиме NB-IoT, указанные в приложении к настоящему решению ГКРЧ.
3. Использование полос радиочастот в соответствии с пунктом 1 настоящего решения ГКРЧ должно осуществляться в рамках ранее выделенных полос радиочастот и полученных разрешений на использование радиочастот или радиочастотных каналов для РЭС стандарта GSM или РЭС стандарта LTE и последующих его модификаций без оформления отдельных решений ГКРЧ и без получения разрешений на

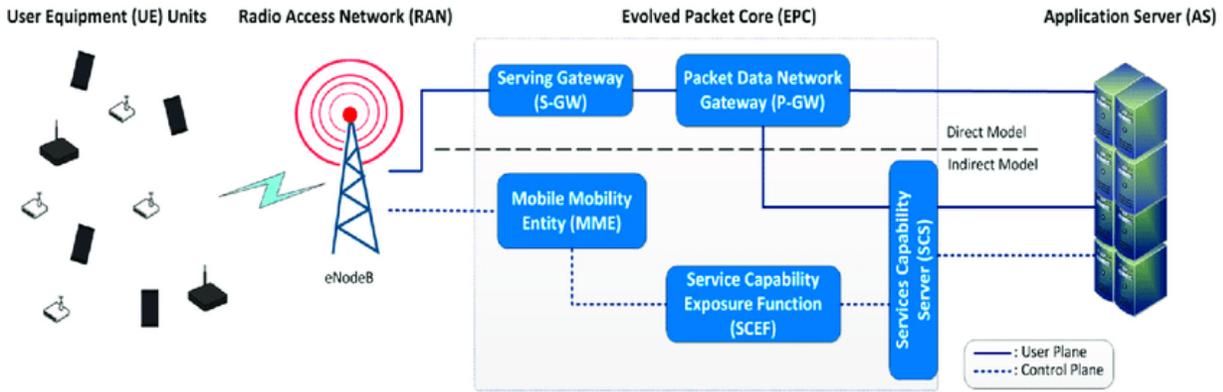
В основном регулируется режим размещения несущей NB-IoT в во внутренней защитной полосе канала LTE, т.к. это формально приводит к изменению ЭМО (решается на уровне стандартов)



Встраивание сигнала LTE-M в обычный сигнал LTE



Переиспользование архитектуры 4G (но требуется программный апдейт)

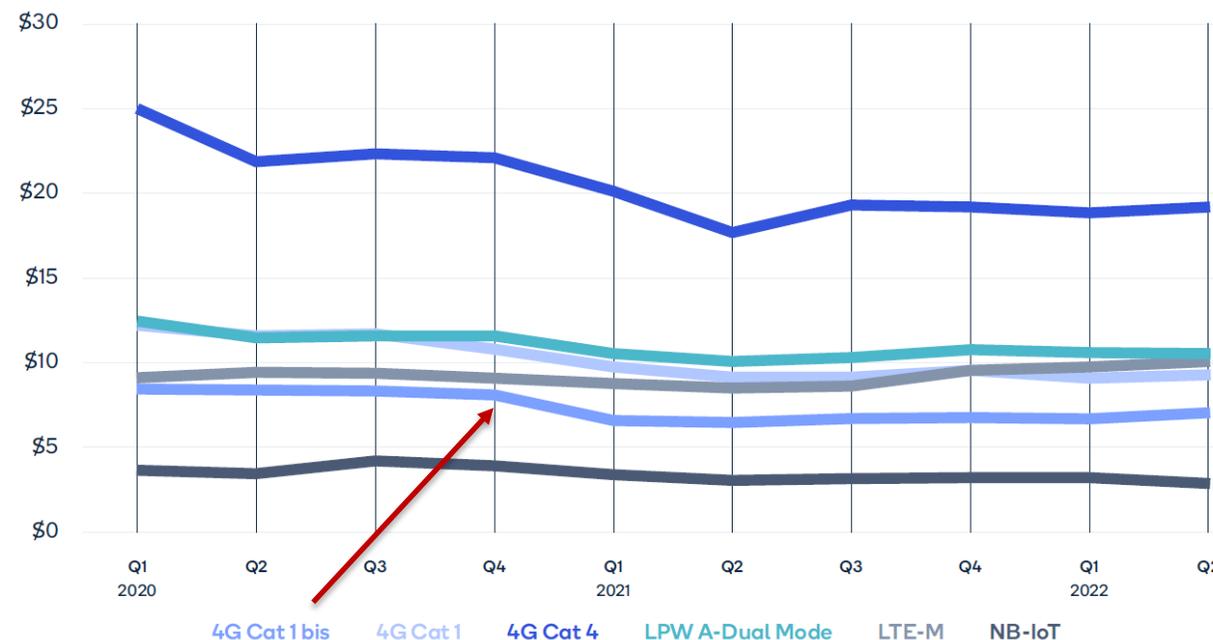


LTE-M, как правило, не регулируется сверх общей нормативно правовой базы для LTE

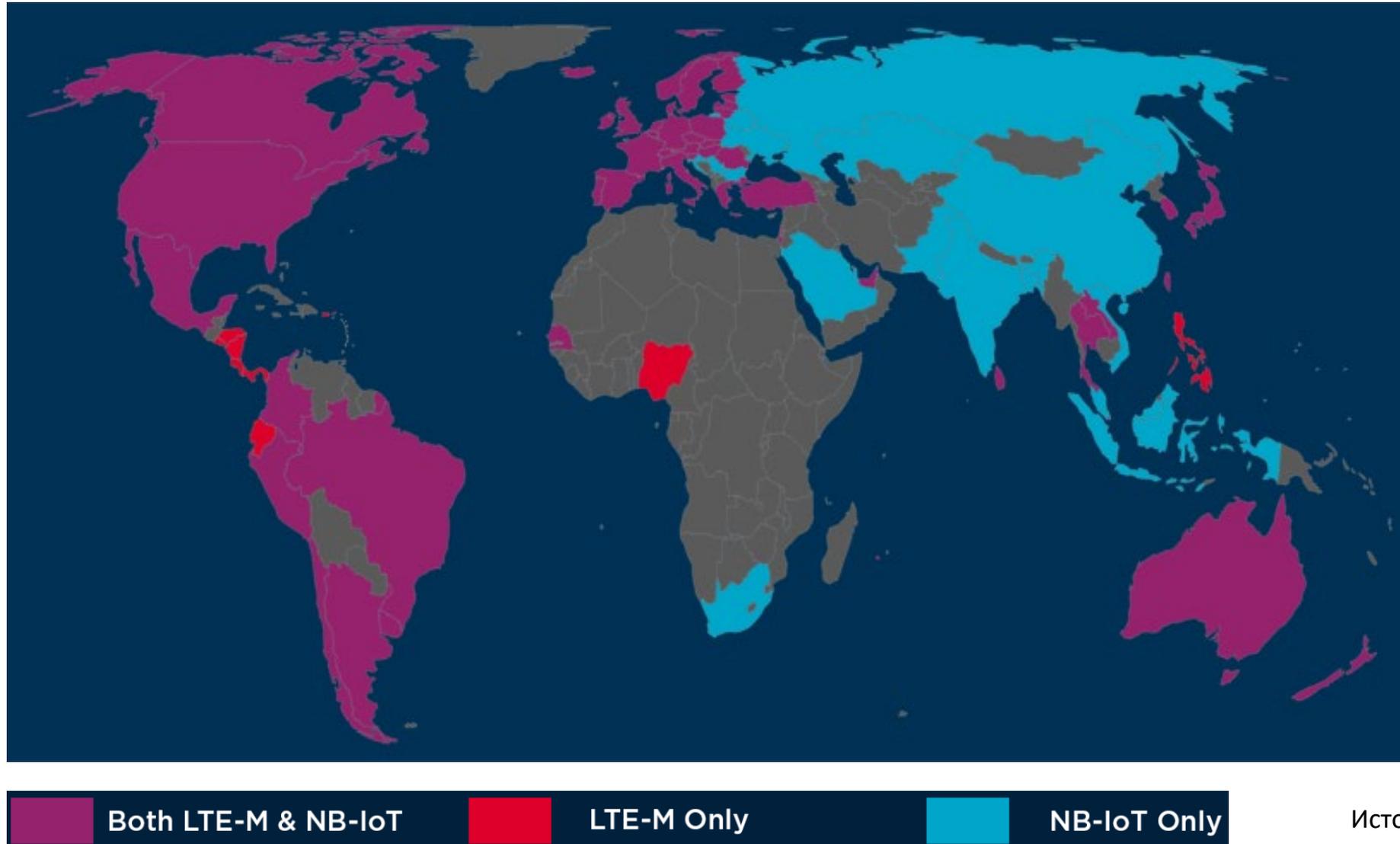
Сопоставление близких категорий устройств LTE

	LTE Cat 1	LTE Cat 1bis	LTE Cat-M1 (eMTC)
3GPP release	Rel-8	Rel-13	Rel-13
Bandwidth	Up to 20 MHz	Up to 20 MHz	1.4 MHz
Duplex mode	FD, TDD	FD, TDD	FD ² , HD, TDD
Download (DL) peak data rate	10 Mbps	10 Mbps	300 kbps
Upload (UL) peak data rate	5 Mbps	5 Mbps	375 kbps
Max Tx/Rx chain	1T/2R	1T/1R	1T/1R
Tx power	23 dBm	23 dBm	20/23 dBm
Range (MCL)	144 dB	141 dB	156 dB
Power save	eDRX, PSM	eDRX, PSM	eDRX, PSM
Voice	Supported	Supported	Supported

Сравнение стоимости модуля (2022)



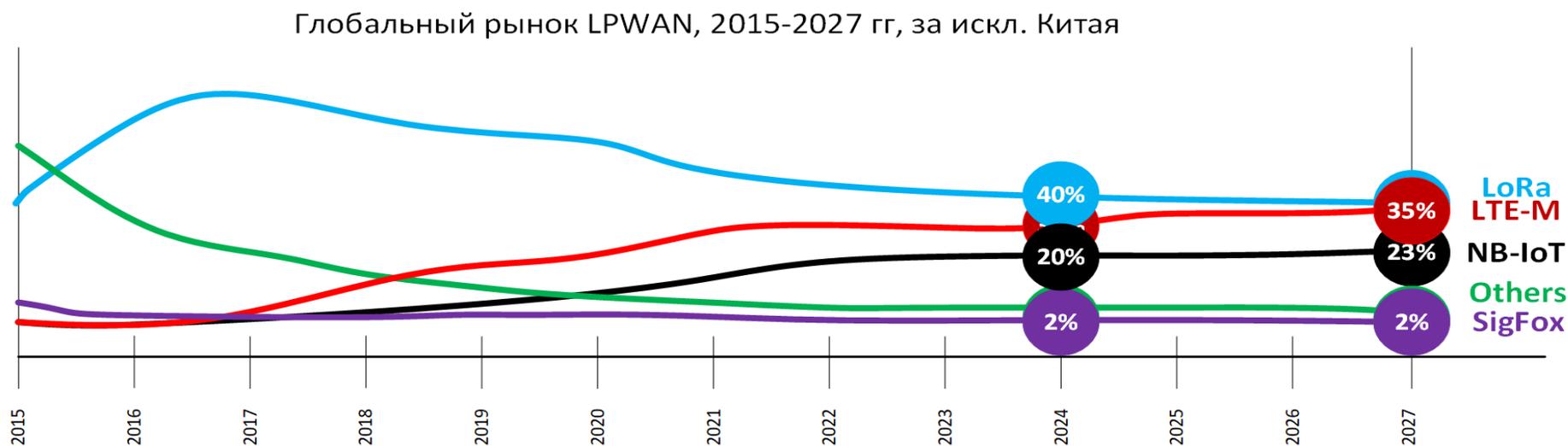
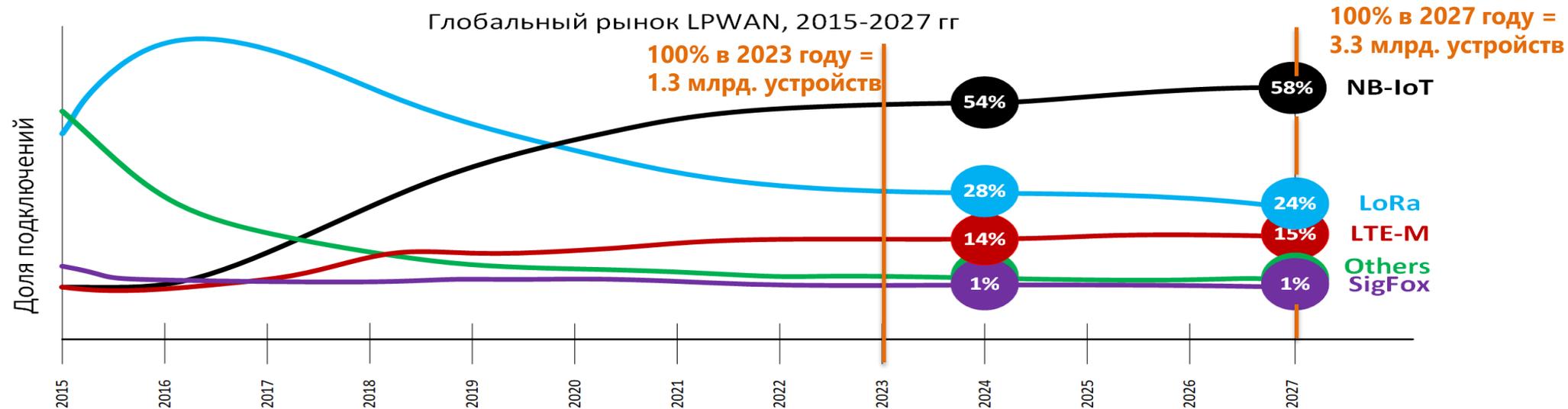
LTE Cat1bis не требует апгрейда сетевой инфраструктуры в отличие от (LTE-M и NB-IoT)



Сравнение технологий LPWAN

	Cat-1	eMTC	NB-IoT	LoRa	Sigfox
Specification	3GPP	3GPP	3GPP	Open	Private
Spectrum	Licensed	Licensed	Licensed	Unlicensed	Unlicensed
Channel BW	1.4MHz to 20MHz	1.4MHz	180KHz	7.8 to 500KHz	100Hz
System BW	1.4MHz to 20MHz	1.4MHz	180KHz	125KHz	200KHz
Peak Data Rate	UL: 5Mbps DL: 10Mbps	UL: 1Mbps DL: 800kbps	UL: 204.8kbps DL: 234.7kbps	180bps~37.5kbps	UL: 100bps DL: 600bps
Max. number of Messages per day	unlimited	unlimited	unlimited	50000(BTS)	140(Device) 50000(BTS)
Device Peak Tx Power	23dBm	23dBm	23dBm	14dBm	14dBm
MCL (Maximum Coupling Loss)	144dB	156dB	164dB	UL: 156dB DL: 168(SF12, BW7.8) 132(SF6, BW125)	UL: 156dB DL: 147dB
Device Power Consumption	Medium	Low-Medium	Low	Low-Medium	Low

Прогнозы рынка устройств на основе различных технологий LPWAN



БЛАГОДАРЮ ЗА ВНИМАНИЕ