



СТАНДАРТЫ И ПРОТОКОЛЫ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ В IoT

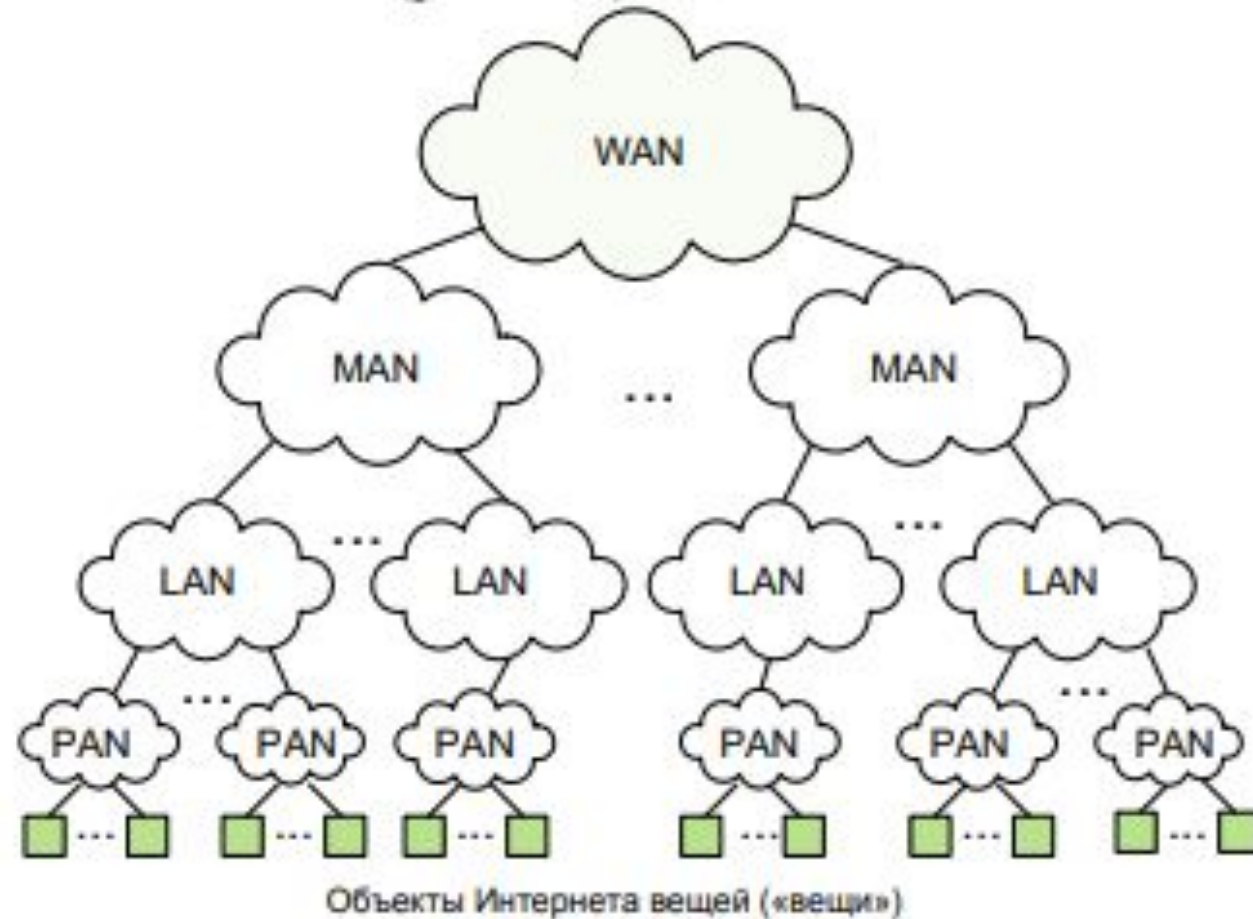


Рис. 5.1 – Иерархия сетевых технологий, используемых в IoT

Таблица 5.1 – Стандарты и протоколы IoT

Стандарт	Частота, МГц	Скорость, кбит/с	Уровни протокола						Шифрование
			P H Y	M A C	N W K	T R P	A P S	A C L	
IEEE 802.15.4	868/915/2400	20/40/250	+	+	-	-	-	+	+
ZigBee	2400	250	-	-	+	+	+	+	+
6LoWPAN	-	50-200	-	-	+	-	-	+	+
WirelessHART	2400	250	+	+	+	+	+	+	+
ISA100.11a	2400	250	+	+	+	+	+	+	+
Z-Wave	865/915/869	9,6/40	+	+	+	-	+	-	-
Bluetooth LE	2400	1000	+	+	+	+	+	+	+
DECT ULE	1880-1900	1000	+	+	+	-	-	+	+

Стандарт IEEE Std 802.15.4



Рис. 5.2 - Стек протоколов для стандарта IEEE Std 802.15.4

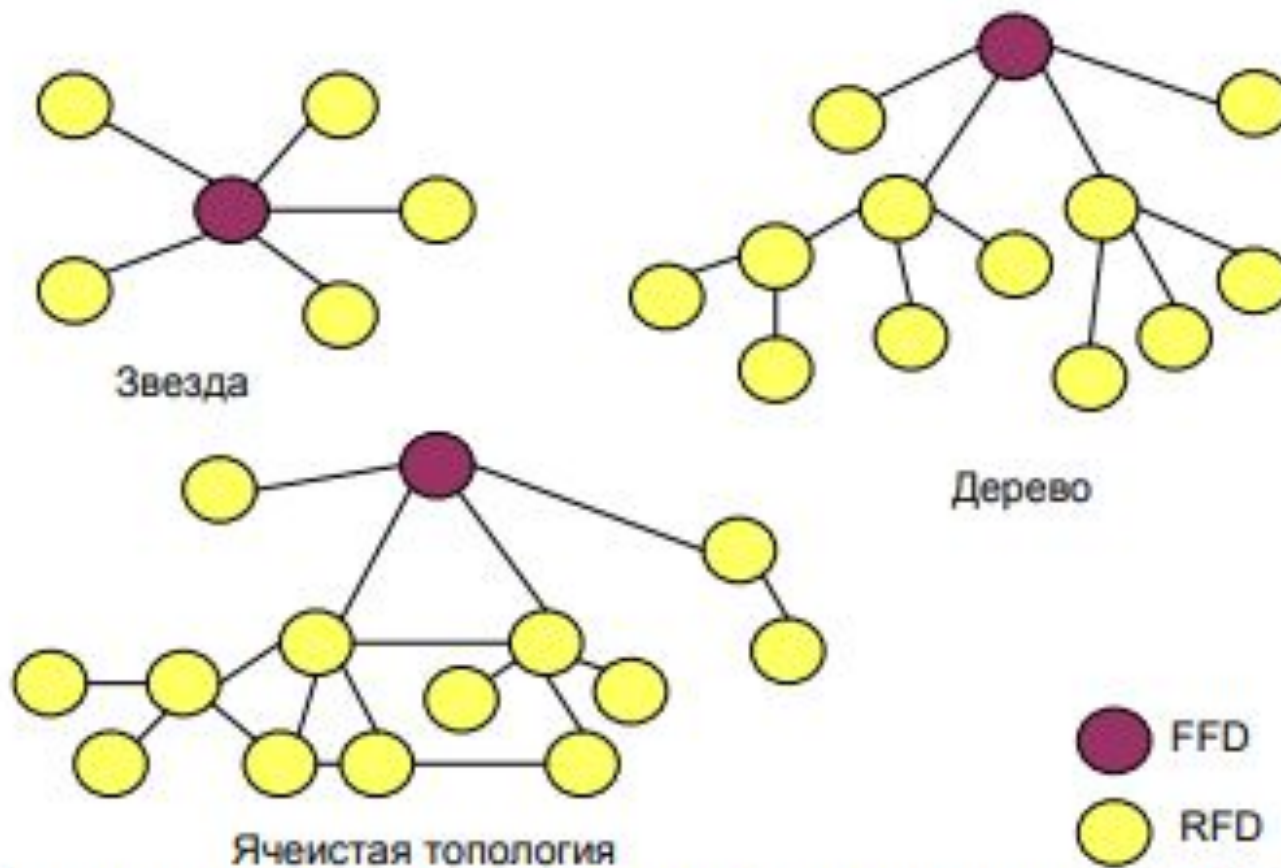


Рис.5.3 - Варианты топологии сетей стандарта IEEE Std 802.15.4

Стандарт ZigBee

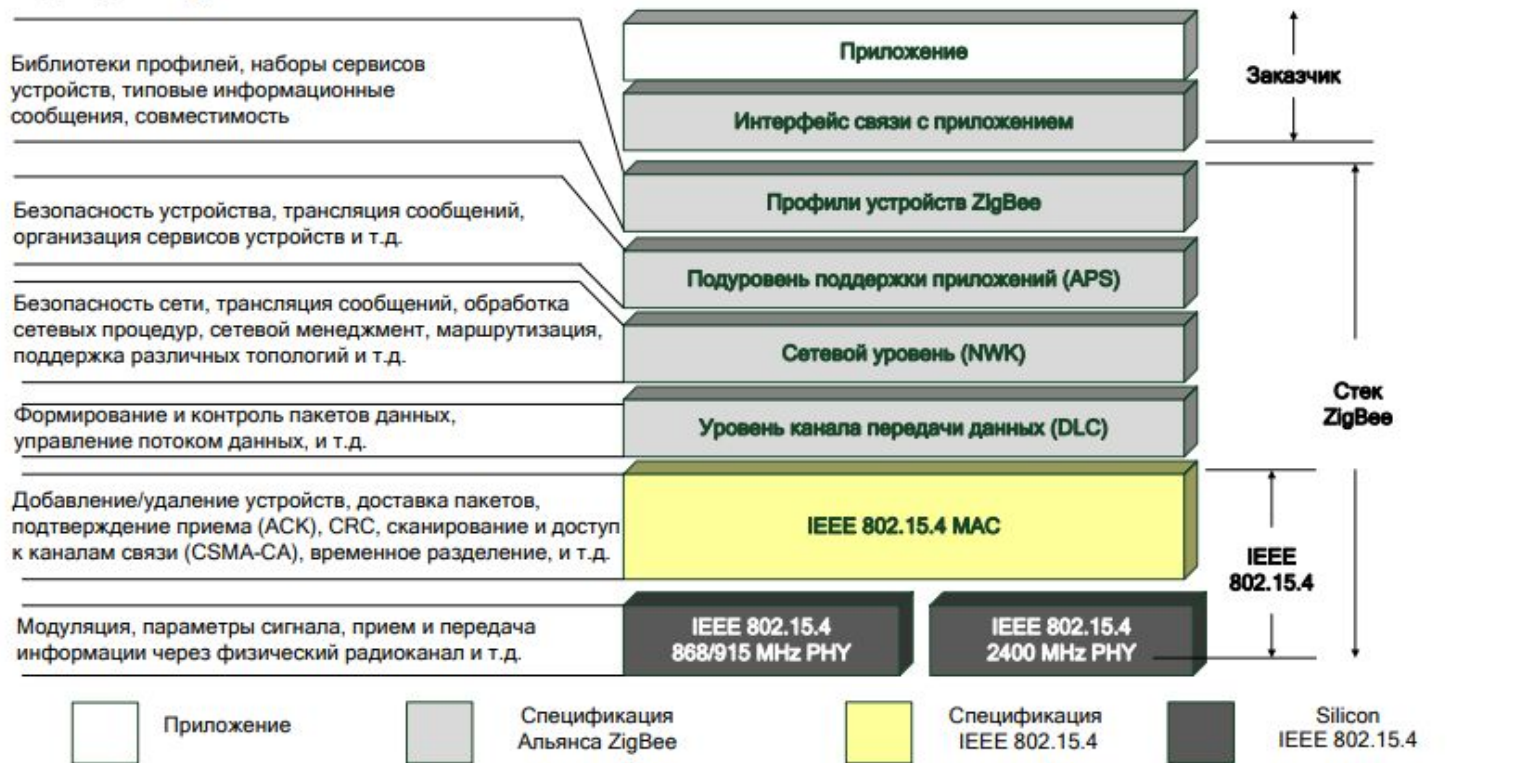


Рис. 5.4 - Конфигурация стеков протоколов 802.15.4 и ZigBee

Таблица 5.2 – Характеристики технологии ZigBee

Параметр	Значение
Частотный диапазон, МГц	868/915/2400
Битовая скорость, кбит/с	20/40/250
Тип модуляции сигнала	BPSK/BPSK/O-QPSK
Метод расширения спектра	DSSS
Чувствительность приемника, дБм	-92 или лучше для 868/915 МГц; -85 или лучше для 2400 МГц
Выходная мощность передатчика, дБм	-32...0
Размер данных пакета, байт	До 127
Адресация	16- и 64-бит MAC, 16-бит идентификатор сети
Типовые требования к реализации стека протоколов	45...128 кбайт ПЗУ; 2,7...12 кбайт ОЗУ

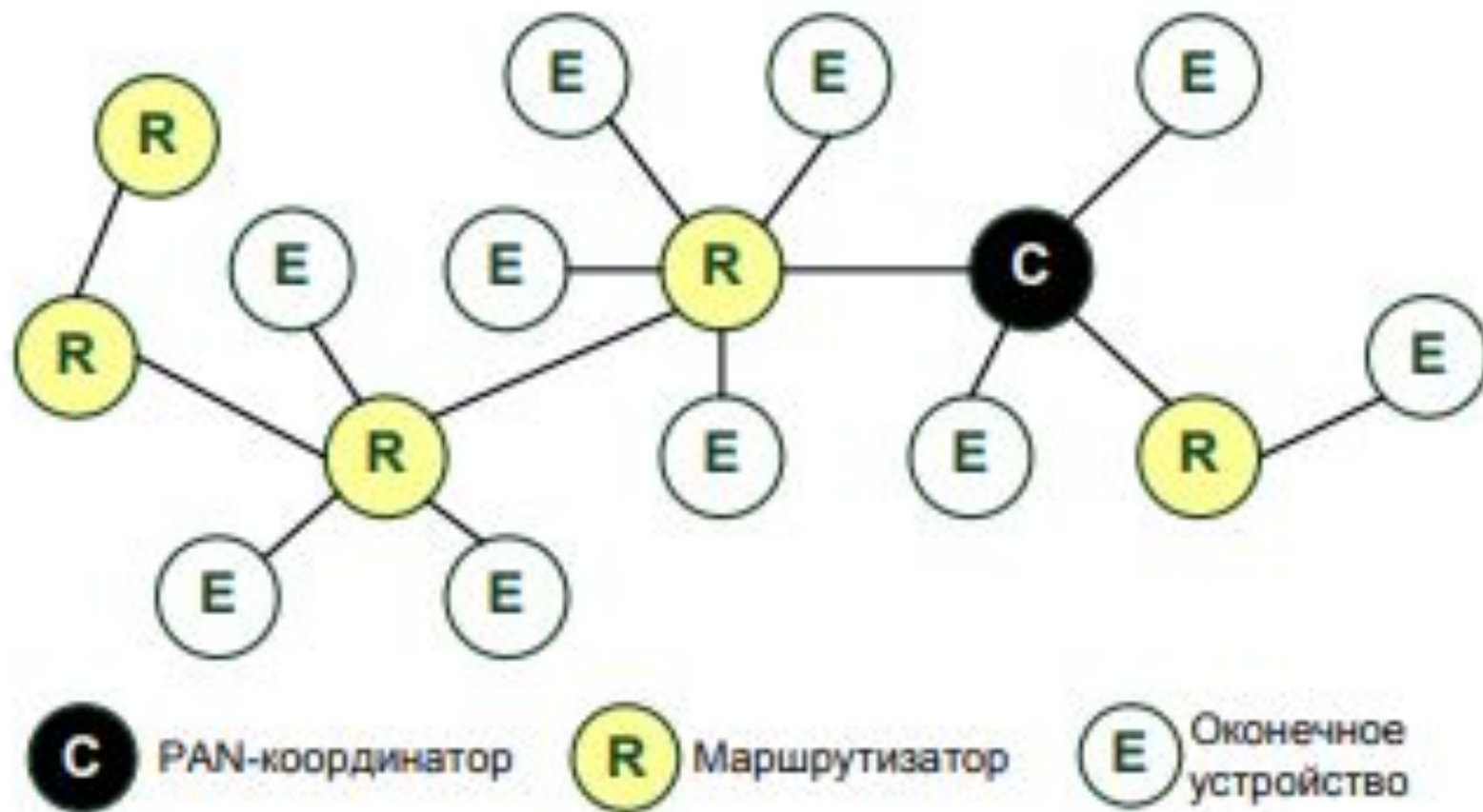


Рис. 5.5 - Типовая топология сети ZigBee

Стандарт 6LoWPAN

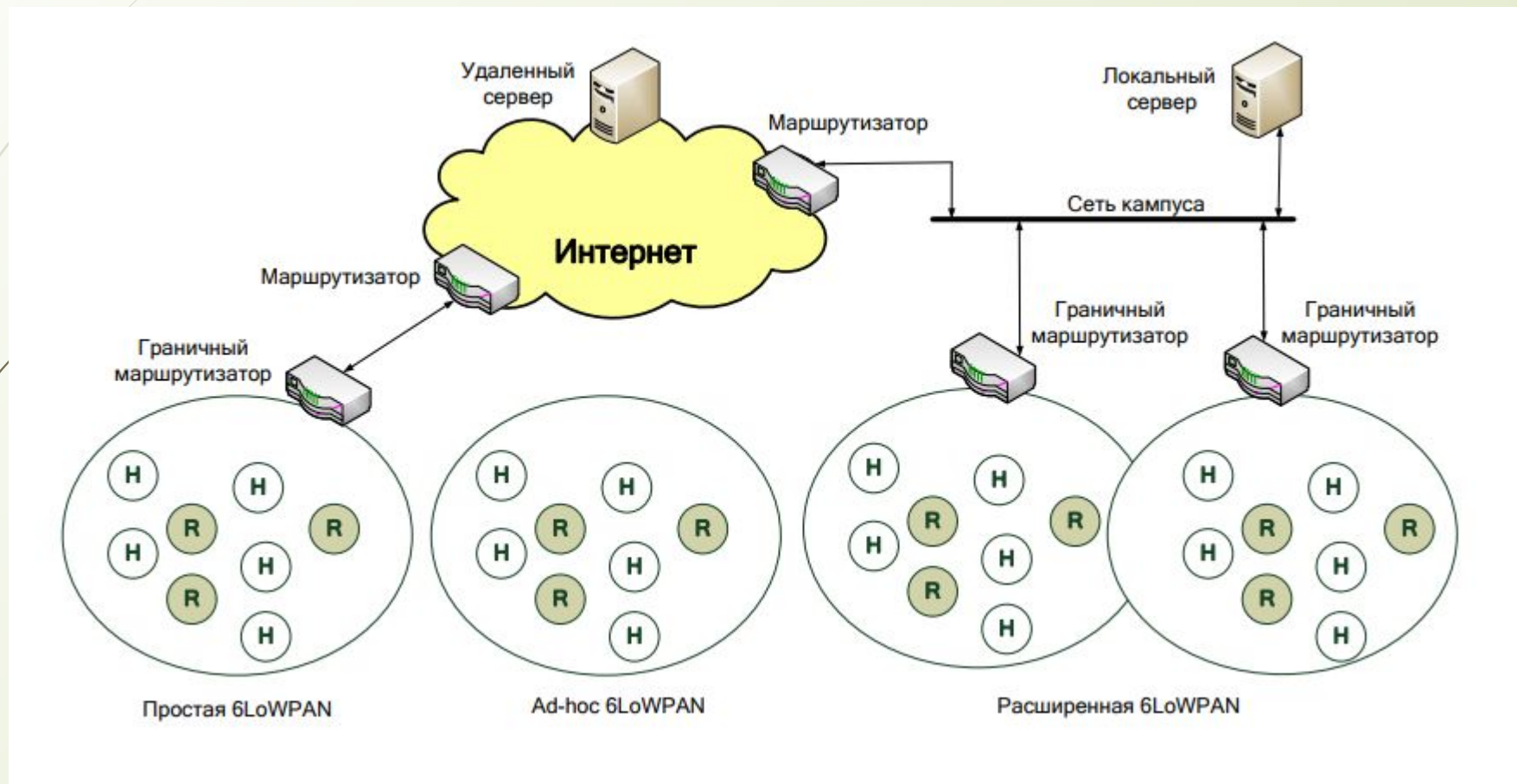


Рис. 5.6 - Типы сетей 6LoWPAN (R- маршрутизатор, H – хост)



Рис. 5.7 - Сравнение стеков протоколов TCP/IP, 6LoWPAN и ZigBee

Таблица 5.3 –Характеристики технологии 6LoWPAN

Параметр	Значение
Адресация	16- и 64-бит MAC, 128-бит адрес IPv6
Требования к реализации стека протоколов	~24 кбайт ПЗУ; ~3,6 кбайт ОЗУ



Проводной доступ (FSK/PSK/RS485) Беспроводной доступ 2.4 Гц

Рис. 5.8 - Сравнение стеков протоколов OSI, TCP/IP и HART

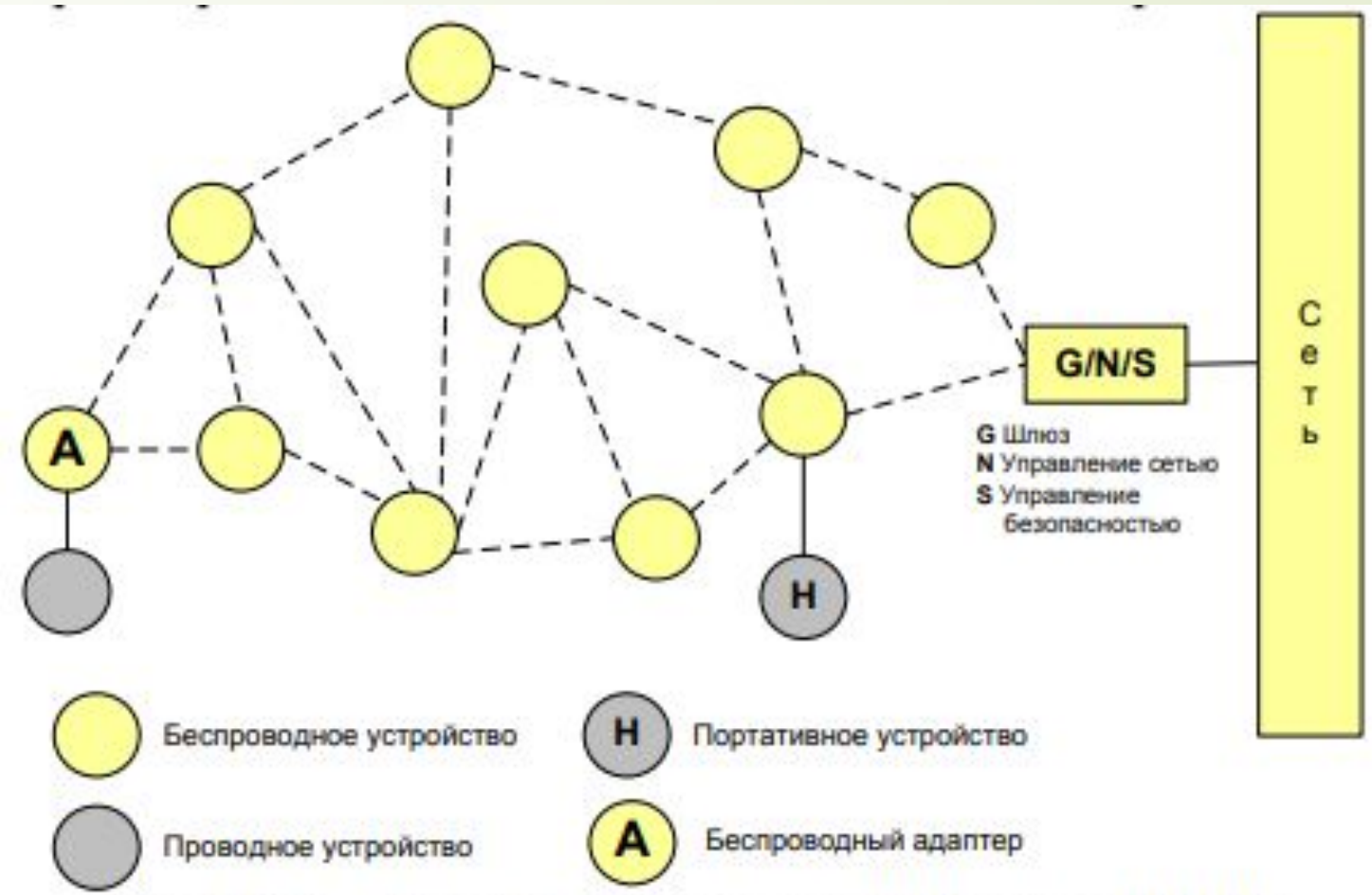


Рис. 5.9 – Архитектура сети WirelessHART



Рис. 5.10 - Сравнение стеков протоколов OSI, TCP/IP и ISA100.11a

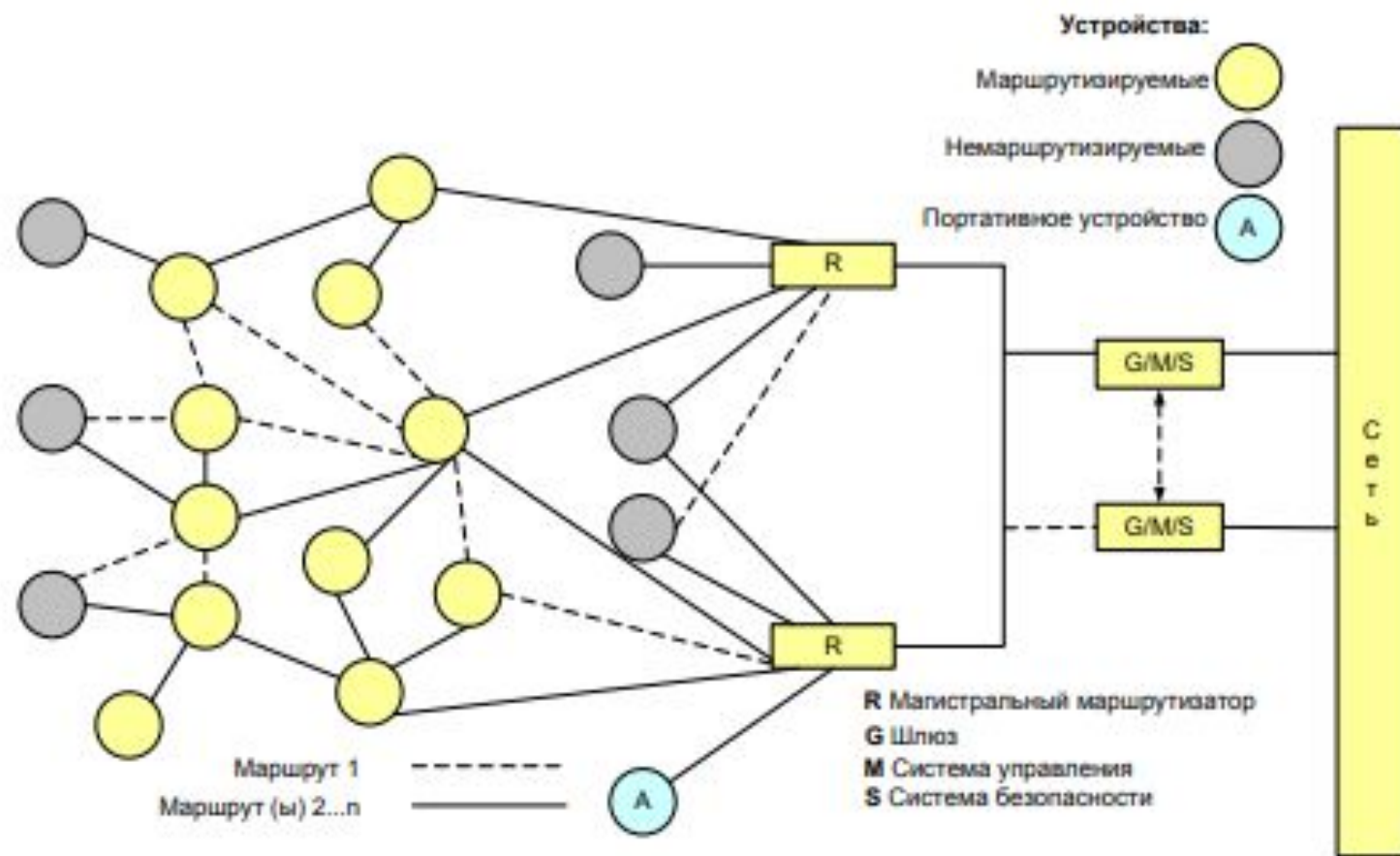


Рис. 5.11 - Архитектура беспроводной сети по стандарту SP100.11a

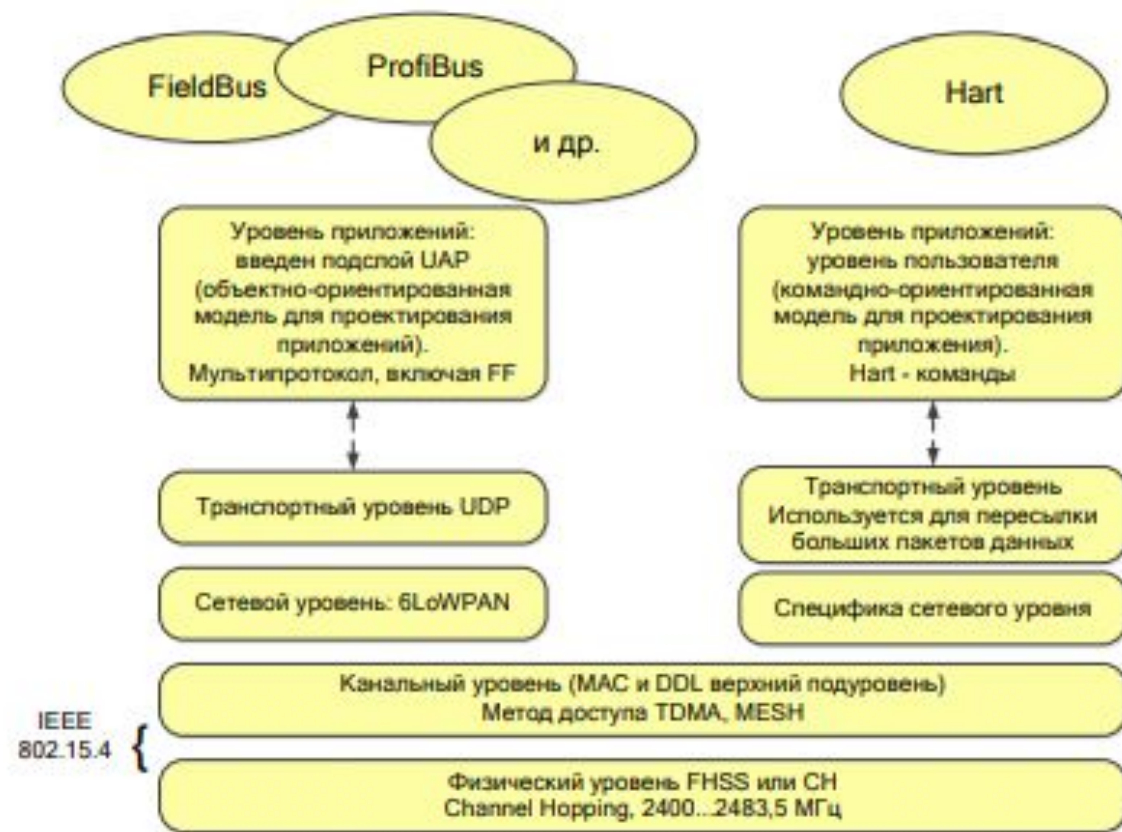


Рис. 5.12 – Сравнение стеков протоколов стандартов ISA 100.11a и WirelessHart

Таблица 5.4 - Основные отличия стандартов Wireless Hart и ISA100.11a

Стандарт Wireless Hart	Стандарт ISA100.11a
Управление осуществляется по командам протокола Hart	Универсальность управления независимо от протоколов полевых шин
Локальная беспроводная сеть, ячеистая (mesh) топология, полевые устройства с функцией маршрутизатора, топология «сеть», MAC-адресация	Множество локальных беспроводных сетей, полевые устройства с функцией маршрутизатора и с ограниченными возможностями, топология «ячеистая сеть» и «звезда», IP-адресация
Простая архитектура построения беспроводной сети, подключение к полевой шине через один шлюз	Масштабируемость в рамках предприятия и крупных производственных комплексов, подключение к полевой шине через магистральные шлюзы

Стандарт Z-Wave



Рис. 5.13 - Стек протокола Z-Wave

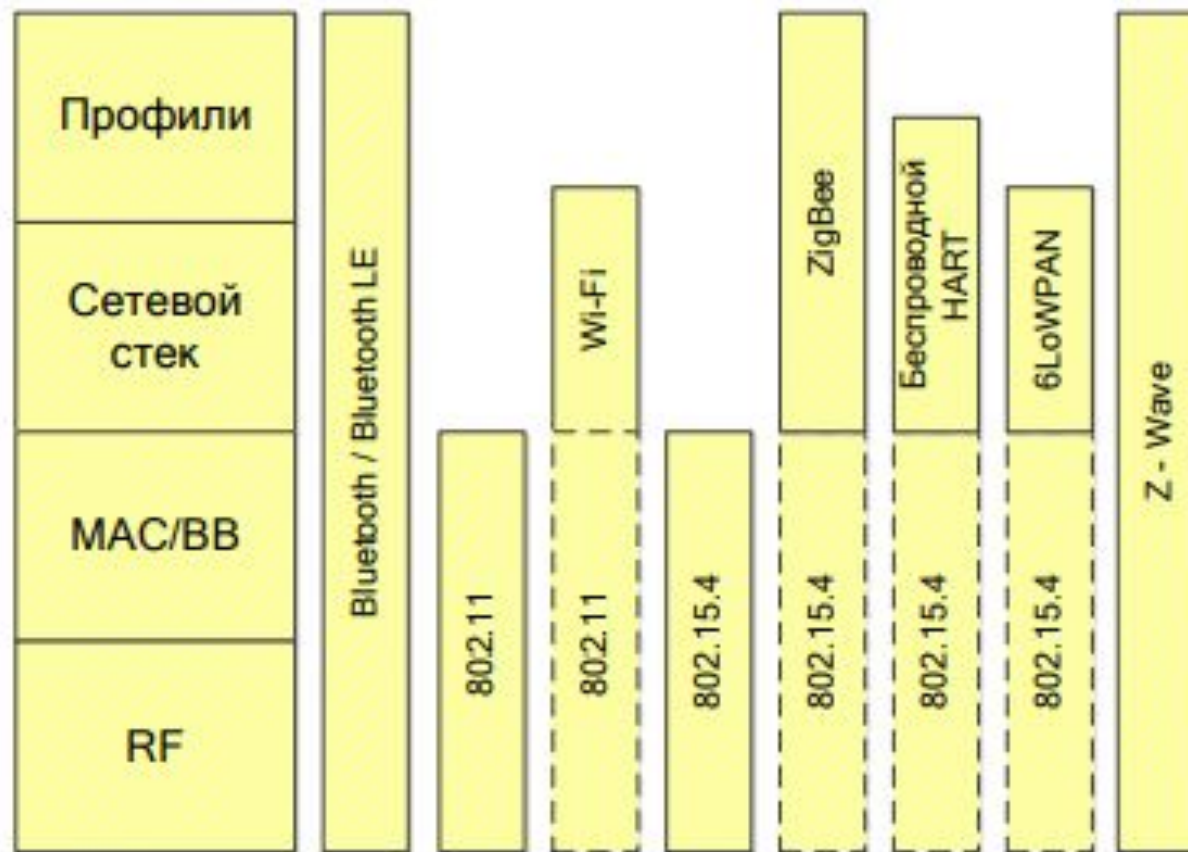


Рис. 5.14 – Сравнение стека протокола Z-Wave в с другими технологиями

Таблица 5.5 – Характеристики технологии Z-Wave

Параметр	Значение
Частотный диапазон, МГц	868/908, 2400
Битовая скорость, кбит/с	9.6/40, 200
Тип модуляции сигнала	BPSK
Чувствительность приемника, дБм	-101
Выходная мощность передатчика, дБм	-20...0
Размер данных пакета, байт	До 64
Адресация	32-бит - идентификатор дома; 8-бит - адрес узла
Типовые требования к реализации стека протоколов	32...64 кбайт ПЗУ; 2...16 кбайт ОЗУ

Стандарт Bluetooth Low Energy



Рис. 5.15 - Структура стека протоколов Bluetooth Low Energy

Таблица 5.6 – Характеристики технологий BLE и Bluetooth

Параметр	BLE	Bluetooth
Частотный диапазон, МГц	2400	2400
Битовая скорость, кбит/с	1000	<721 (v1.2), 3000(v2+EDR), <24000(v3+HS)
Тип модуляции сигнала	GFSK	GFSK(v1.2), GFSK/4- DQPSK/8DPSK (v2+EDR), 802.11 (v3+HS)
Метод расширения спектра	FHSS (ширина канала 2 МГц)	FHSS (ширина канала 1 МГц)
Чувствительность приемника, дБм	<-70 -87...93	-90
Выходная мощность передатчика, дБм	-20...10	20/4/0 (класс 1/2/3)
Размер данных пакета, байт	От 8 до 47	До 358
Адресация	48-бит открытый адрес Bluetooth или случайный	48-бит открытый адрес Bluetooth
	адрес	
Требования к реализации стека протоколов	~40 кбайт ПЗУ; ~2,5 кбайт ОЗУ	~100 кбайт ПЗУ; ~30 кбайт ОЗУ

Семейство стандартов IEEE 802.11

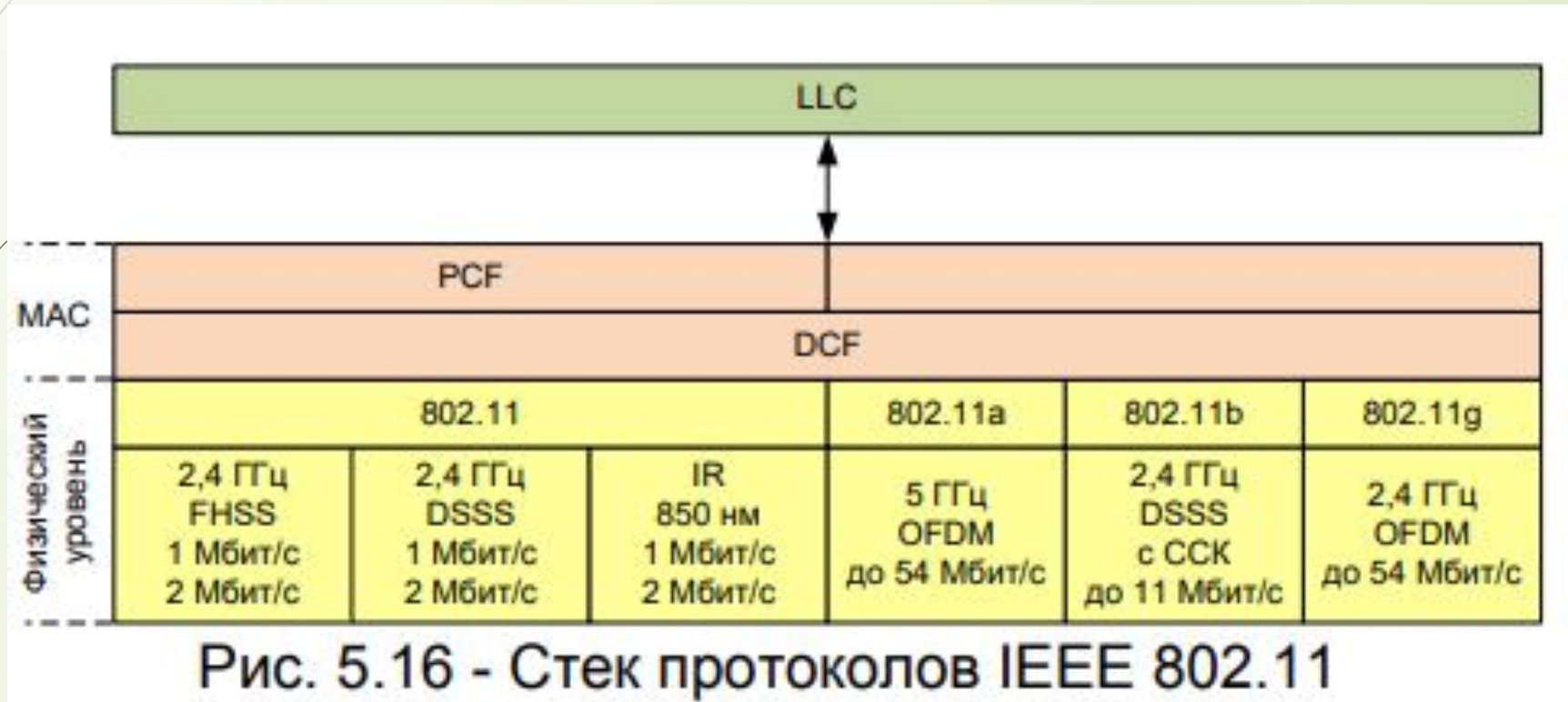


Табл. 5.7 - Характеристики стандартов IEEE 802.11

Стандарт IEEE	Диапазон, ГГц	Ширина канала, МГц	Вид модуляции	Антенная технология	Максимальная скорость передачи
801.11b	2,4	20	ССК	-	11 Мбит/с
801.11g	5	20	ССК, OFDM	-	54 Мбит/с
801.11a	2,4	20	OFDM	-	54 Мбит/с
801.11n	2,4; 5	20, 40	OFDM (до 64 QAM)	MIMO, MU-MIMO, до 4 потоков Beamforming	600 Мбит/с
801.11ac	5	40, 80, 160	OFDM (до 256 QAM)	MIMO, до 8 потоков Beamforming	6,93 Гбит/с
801.11ad	60	2160	SC/OFDM	Beamforming	6,76 Гбит/с

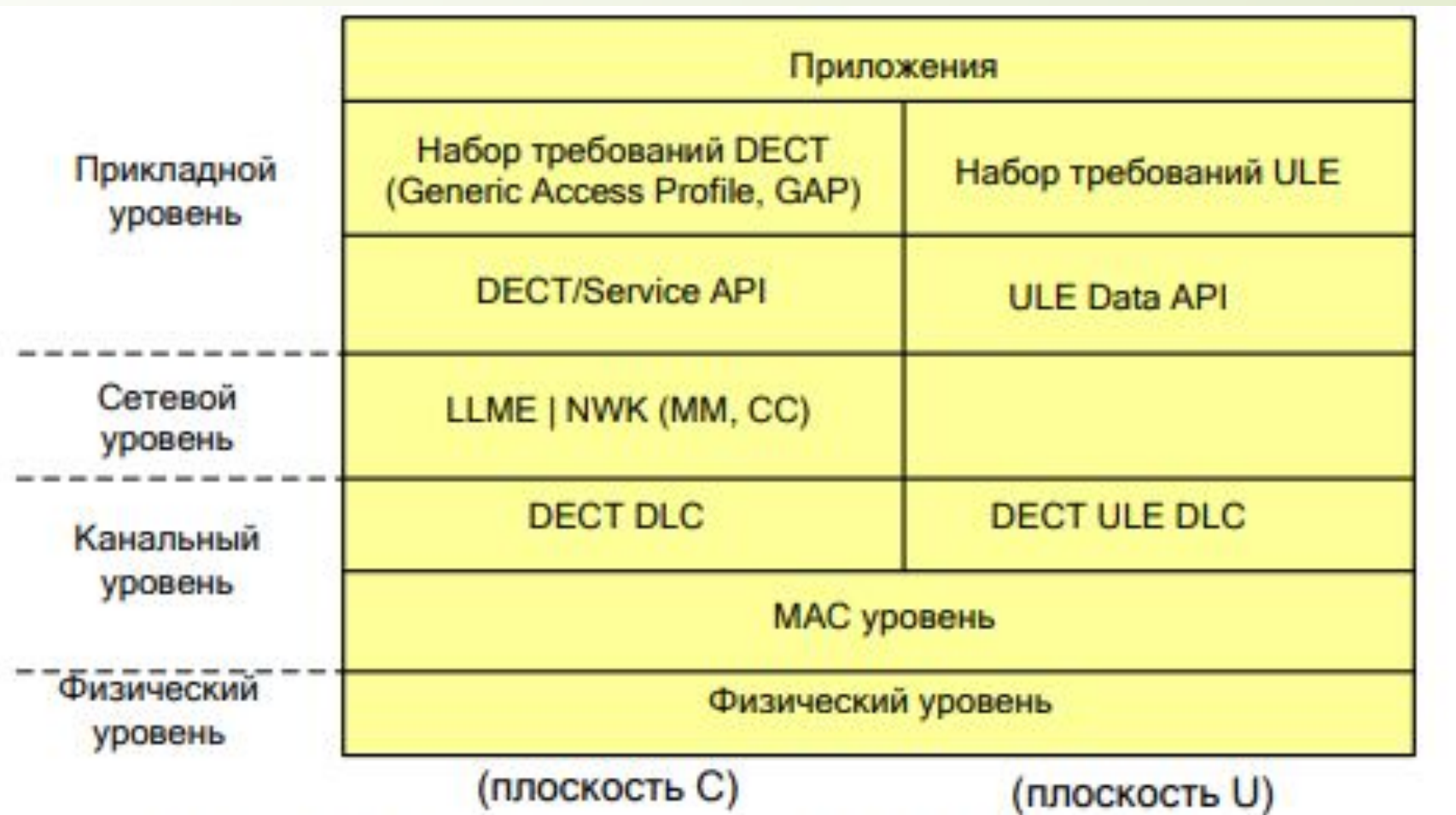


Рис. 5.17 – Стек протоколов DECT ULE

Протокол MQTT

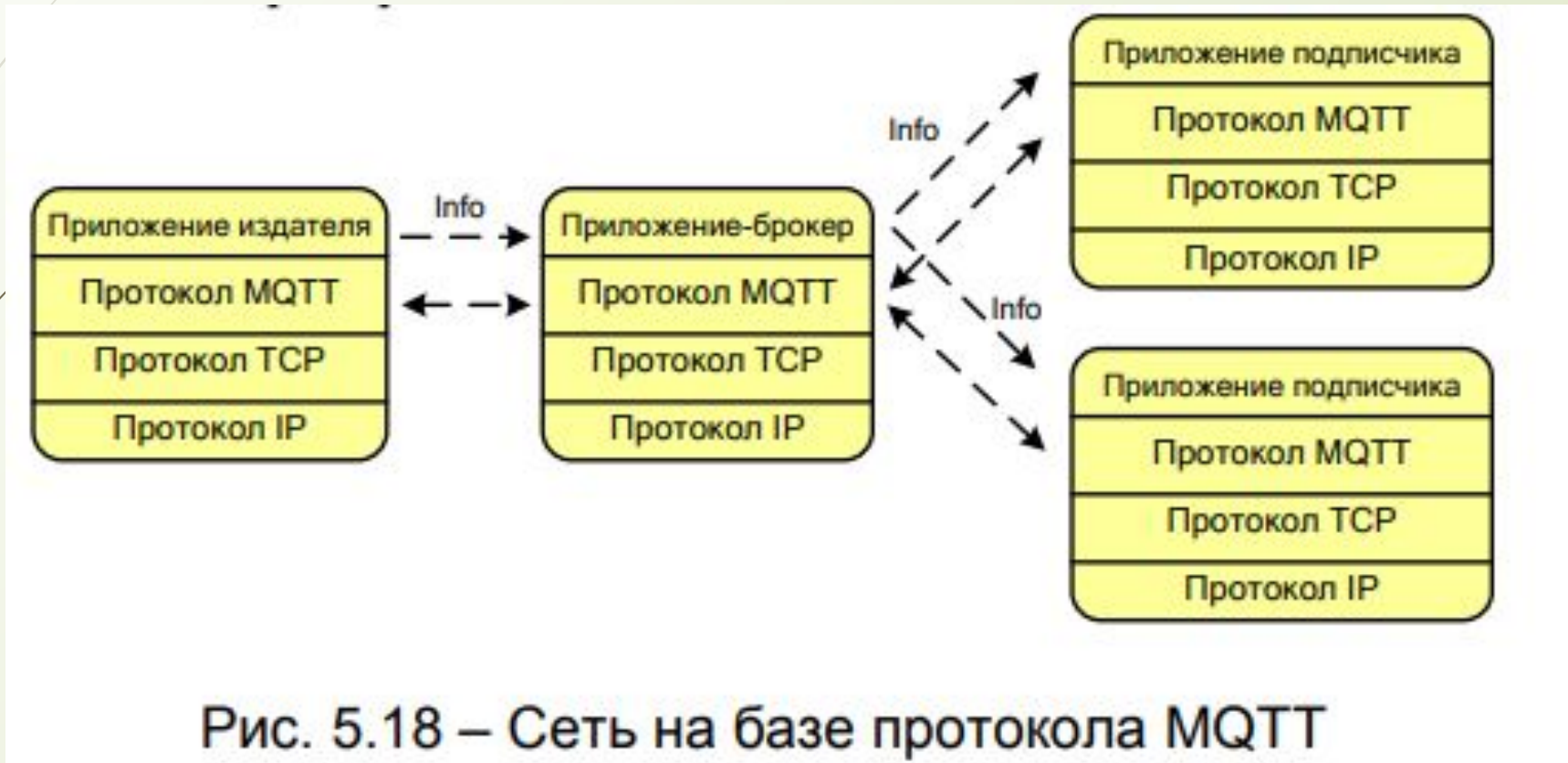


Таблица 5.8 - Сравнение характеристик протоколов HTTP и MQTT

Операция	Протокол		Экономия
	HTTP	MQTT	
Чтение одного блока данных с сервера	302 байт	69 байт	в 4 раза меньше
Запись одного блока данных на сервер	320 байт	47 байт	в 7 раз меньше
Чтение 100 блоков данных с сервера	12 600 байт	2445 байт	в 5 раз меньше
Запись 100 блоков данных на сервер	14 100 байт	2126 байт	в 7 раз меньше



Спасибо за внимание!