



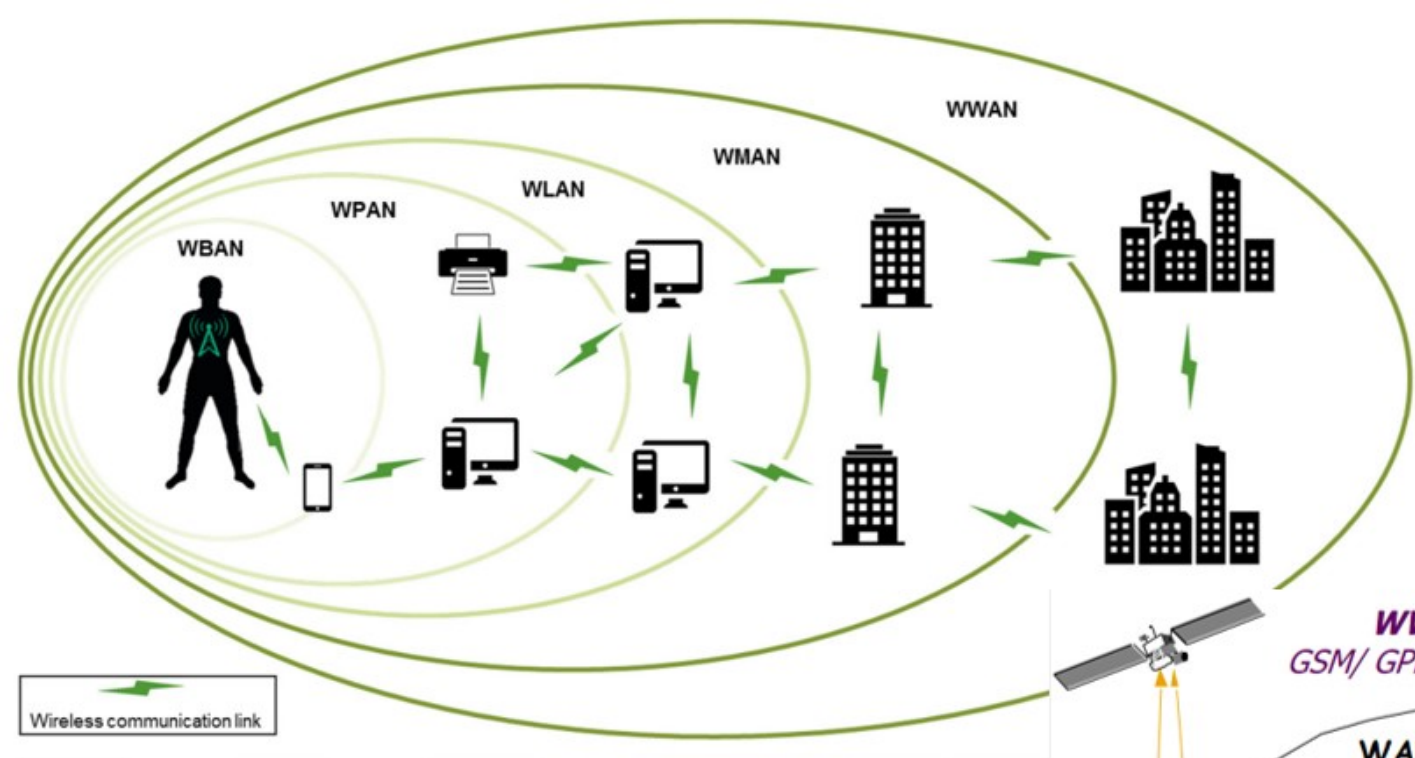
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники



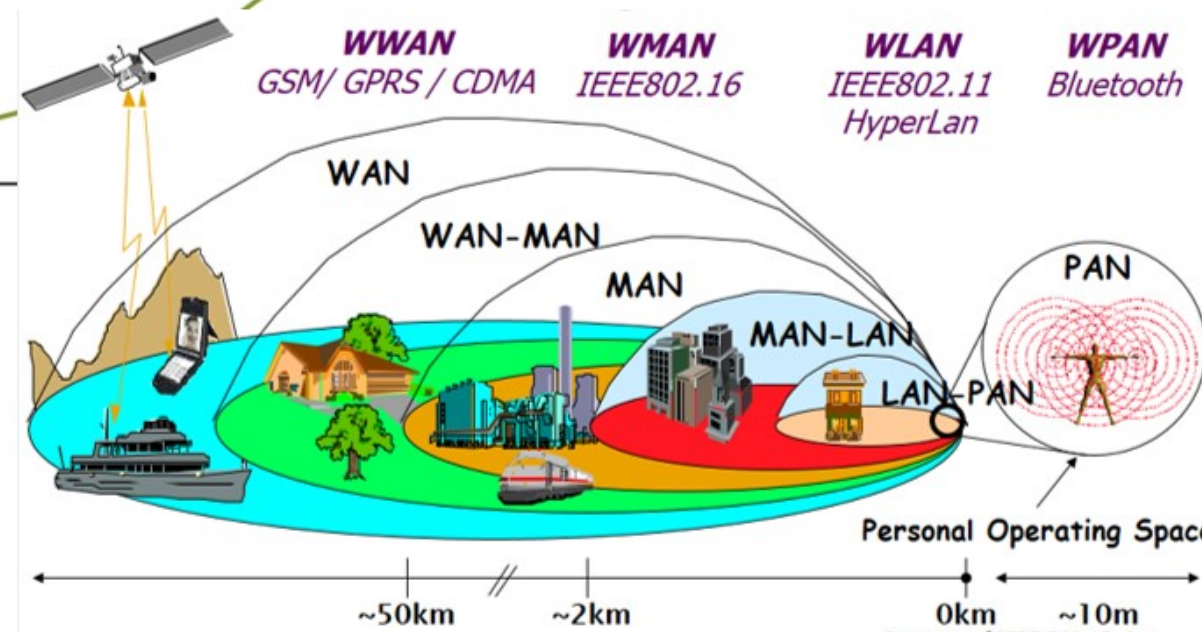
КЛАССИФИКАЦИЯ БЕСПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ

Доцент кафедры «Защита информации»,
к.т.н., доцент

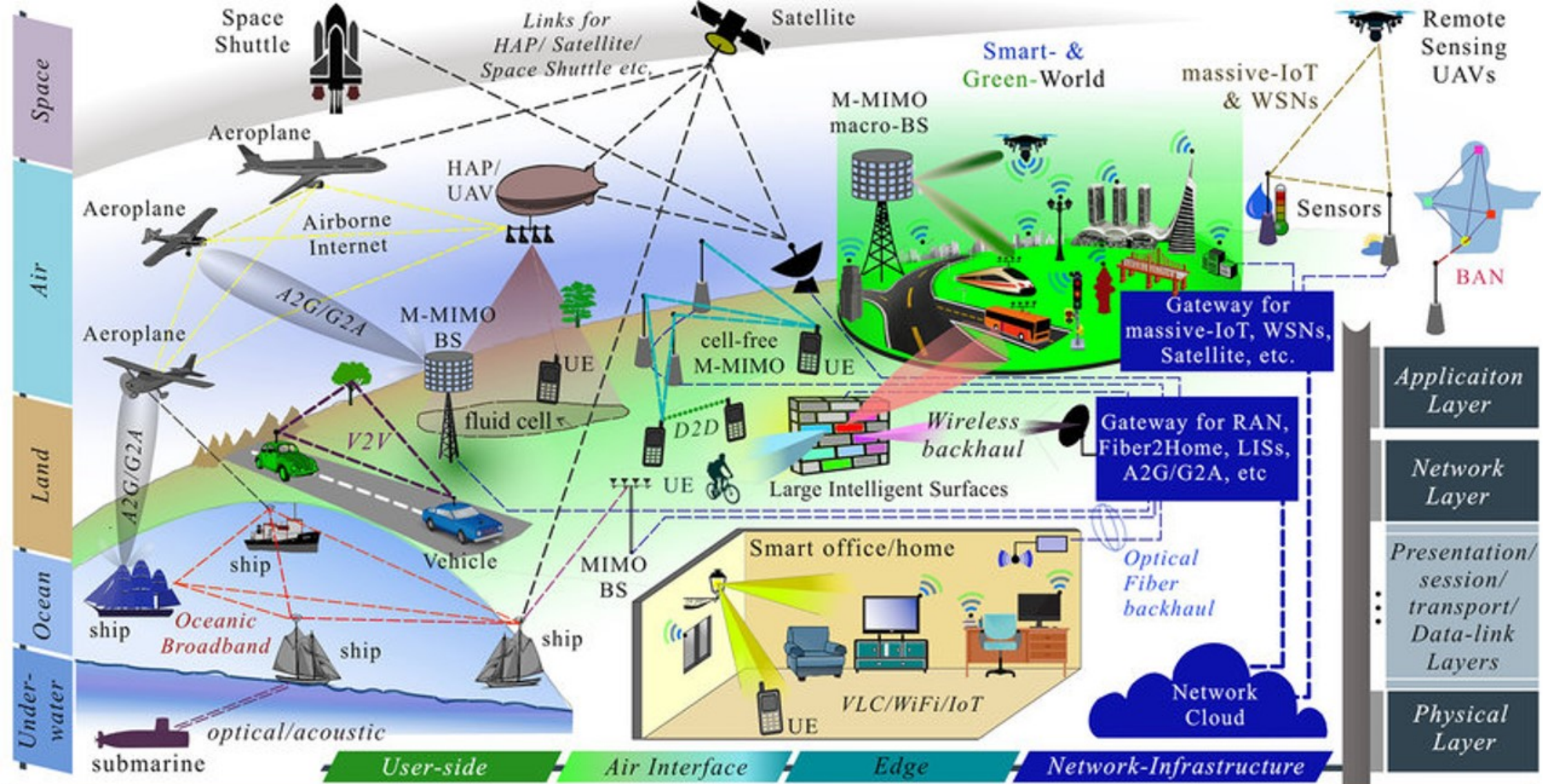
Белоусова Елена Сергеевна



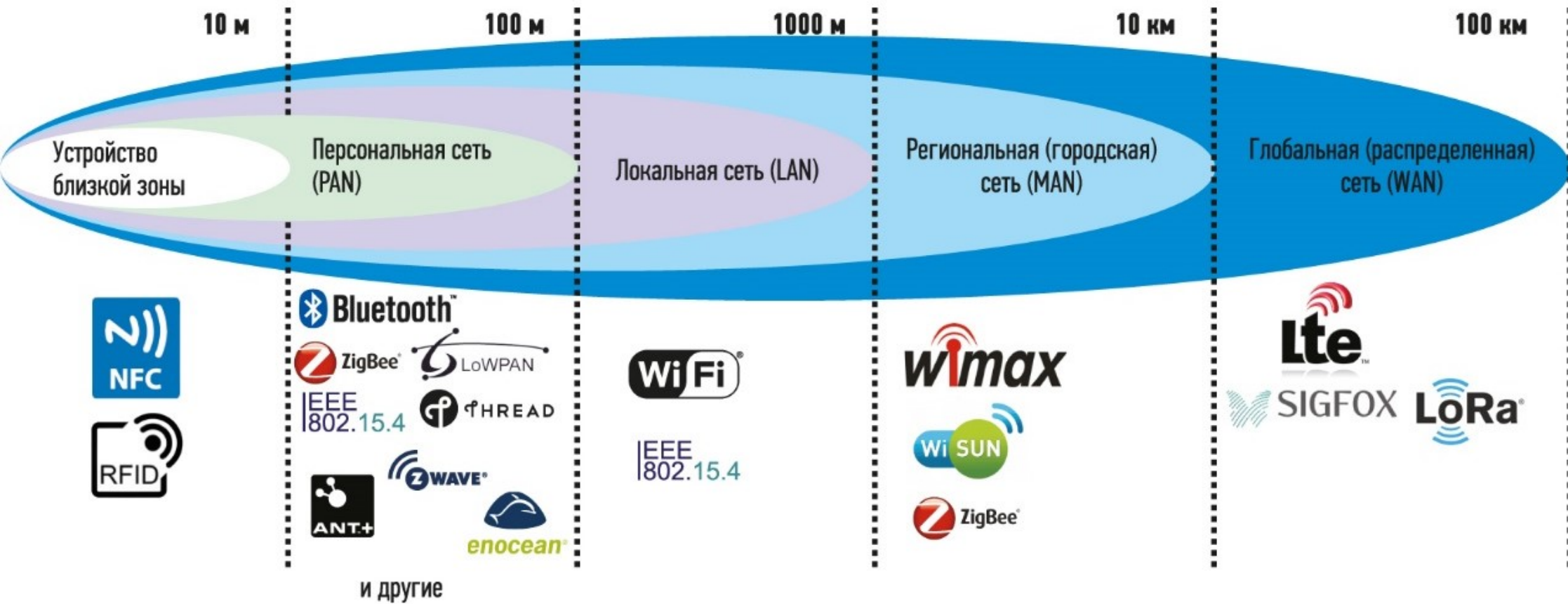
Wireless network range



Courtesy of IEEE 802.15, Jan. 2001

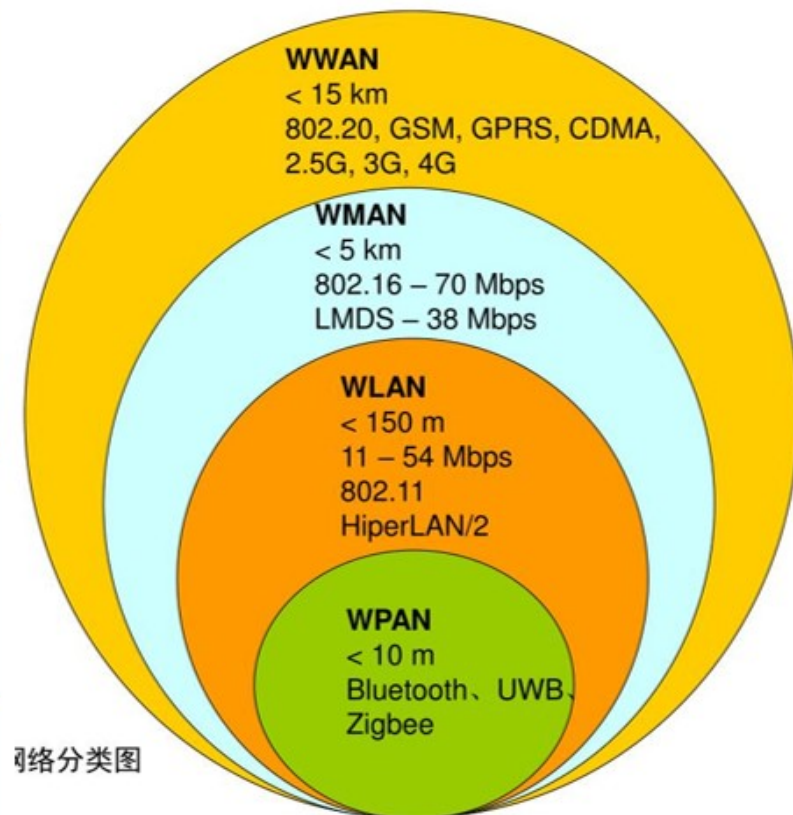


M-IoT, M-MIMO, tiny-cells, cell-free, fluid cells, mmWave, multiterahertz, VLC, SD fluid antennas, LISs, V2X, D2D, mMTC, MEC, NOMA, intelligent caching, energy harvesting, wireless backhaul, UAVs/satellites/airborne/underwater/oceanic, etc



Стандарты беспроводных сетей

Стандарт	Описание
IEEE 802.15	Bluetooth версии 1–5.3 Скорость до 24 Мбит/с. Частота 2,402—2,48 ГГц. Дальность до 100 м.
IEEE 802.11	Wi-Fi. Скорость до 20 Гбит/с. Частота 2,4, 5, 60 ГГц. Дальность до 300 м.
IEEE 802.16	WiMAX. Скорость до 40 Мбит/с. Частота 2,3-13,6 ГГц. Дальность до 5 км.
IEEE 802.20	MBWA Mobile Broadband Wireless Access Скорость до 80 Мбит/с. Частота 5, 10 и 20 МГц. Дальность до 25 км.

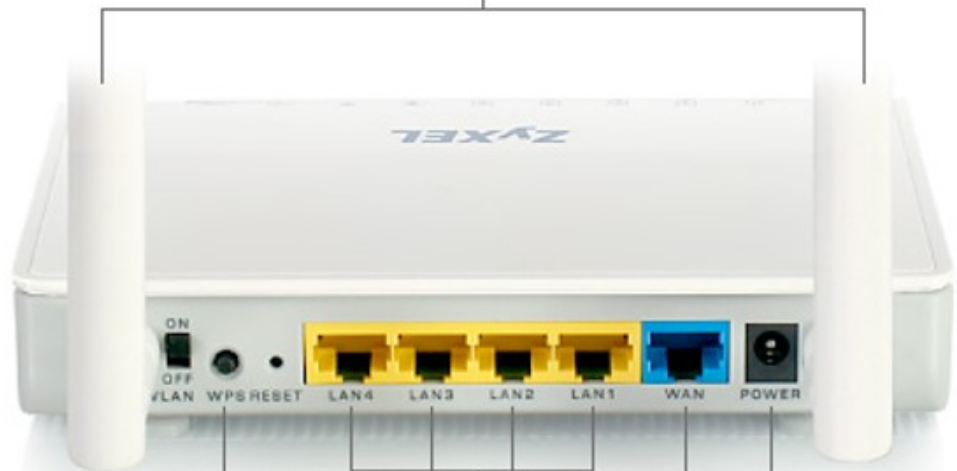


网络分类图

Устройства для организации беспроводной сети

- **беспроводные сетевые адаптеры**
 - **точка беспроводного доступа (AP)**
 - **Беспроводные маршрутизаторы**
- обеспечивают беспроводную связь для каждого сетевого узла
 - концентрирует беспроводные сигналы от пользователей и с помощью медного кабеля подключается сетевой инфраструктуре, например, к Ethernet.
 - сочетают функции маршрутизатора, коммутатора и точки доступа в одном устройстве

Беспроводная сеть Wi-Fi 802.11 b/g/n



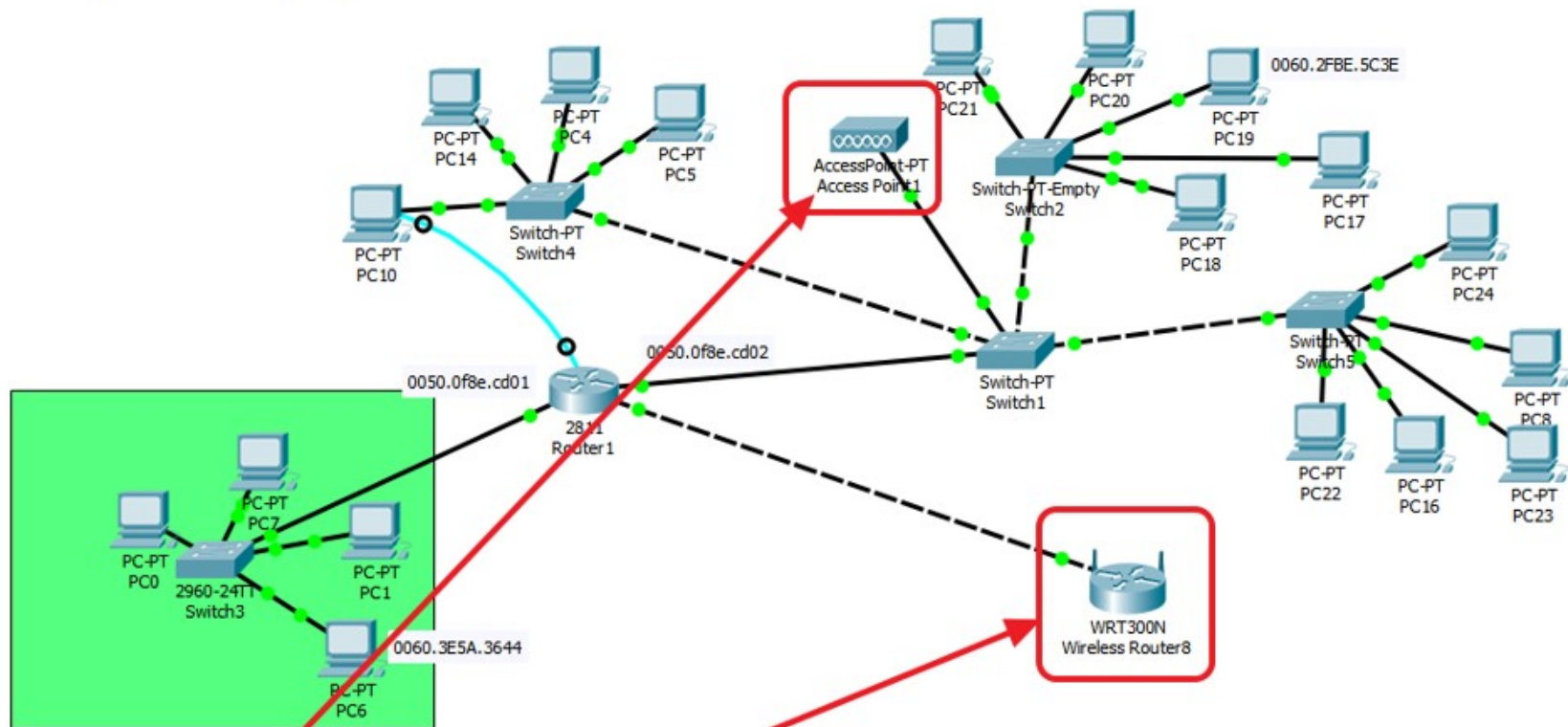
Быстрая настройка защиты сети Wi-Fi

Компьютеры, ресивер IPTV, сетевые устройства 10/100 Мбит/с

Электропитание



Пример модели локальной сети



Аутентификация в беспроводных сетях

	WEP	WPA	WPA2
Название	Wired Equivalent Privacy	Wi-Fi Protected Access	
Алгоритм шифрования	RC4	RC4, TKIP	AES
Генерация ключа	Статическая	Динамическая	Динамическая
Распределение ключей	Статическое	Динамическое	Динамическое
Аутентификация	PSK 64-бит	PSK 128, 256 бит	AES-PSK 256 бит

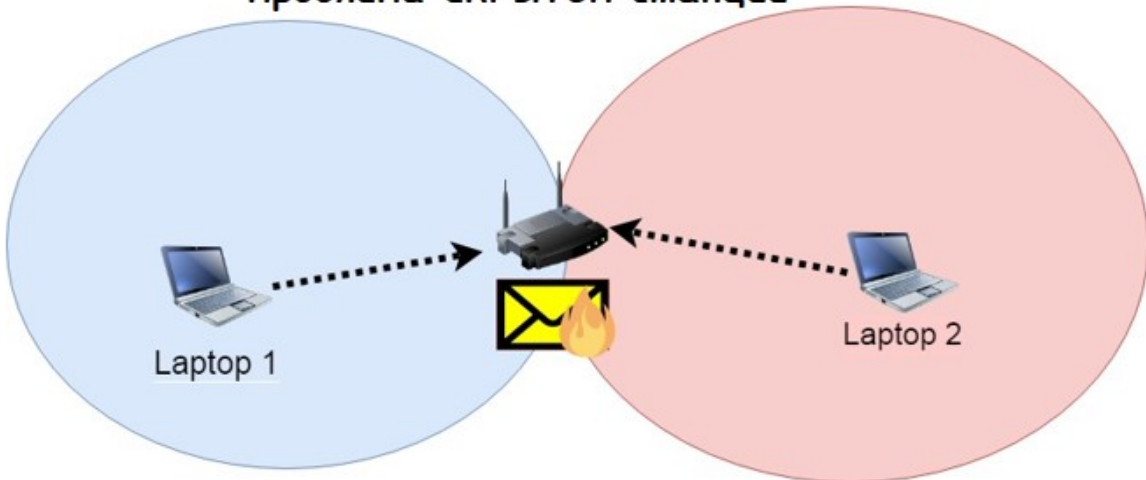
Идентификаторы сетей Wi-Fi

BSSID	SSID
Basic Service Set Identifier	Service Set Identifier
Идентификатор базового набора сервисов	Идентификатор беспроводной сети
Содержит MAC-адрес точки доступа (маршрутизатора)	Уникальное имя сети, которое содержится в каждом циркулирующем внутри сети пакете.
Размер 48 бит	Размер 32 символа

Стандарты WLAN

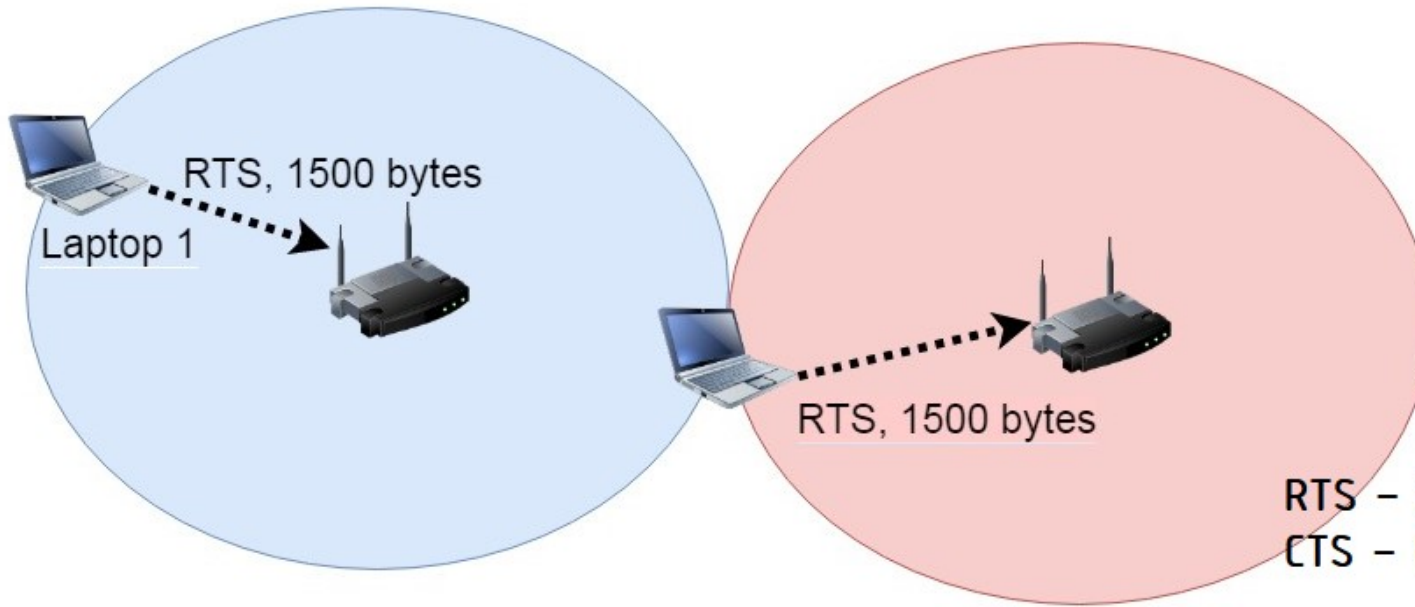
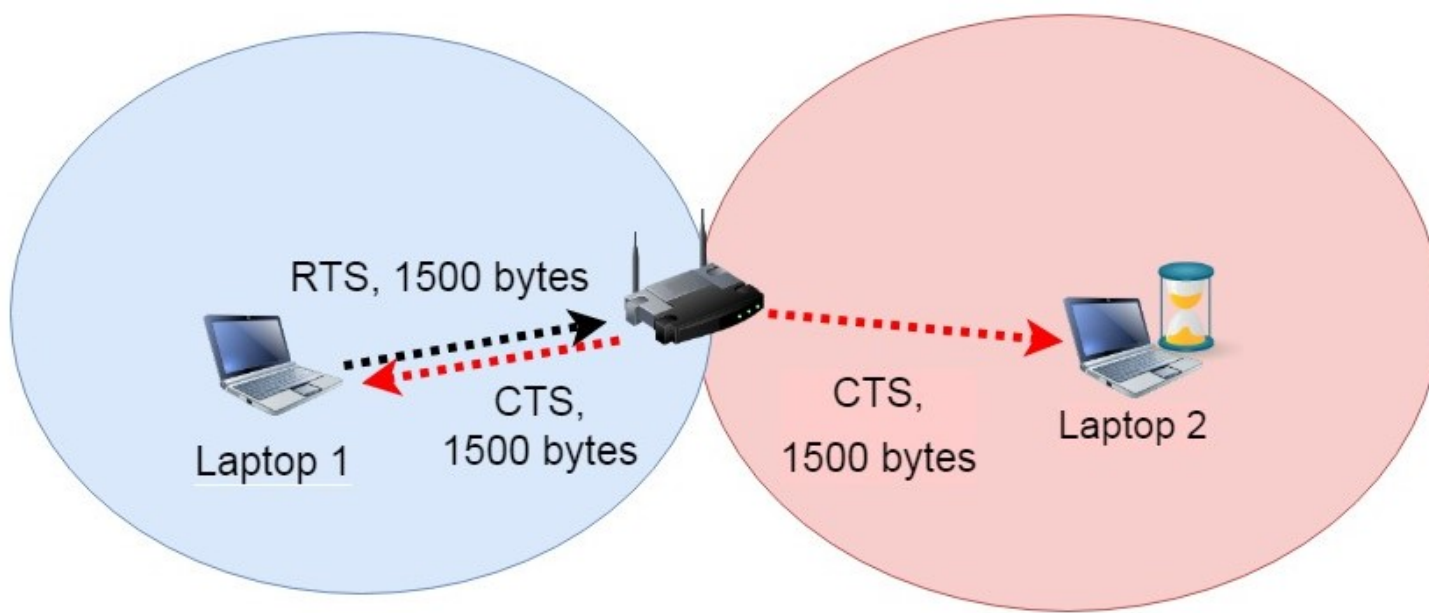
Стандарт IEEE 802.11 – технология беспроводных локальных сетей (WLAN), которая чаще всего называется Wi-Fi, использует недетерминированную систему с множественным доступом с контролем несущей (CSMA/CA) или протокол MACA (Multiple Access With Collision Avoidance).

Проблема СКРЫТОЙ станции



Проблема ЗАСВЕЧЕННОЙ станции

Протокол MACA

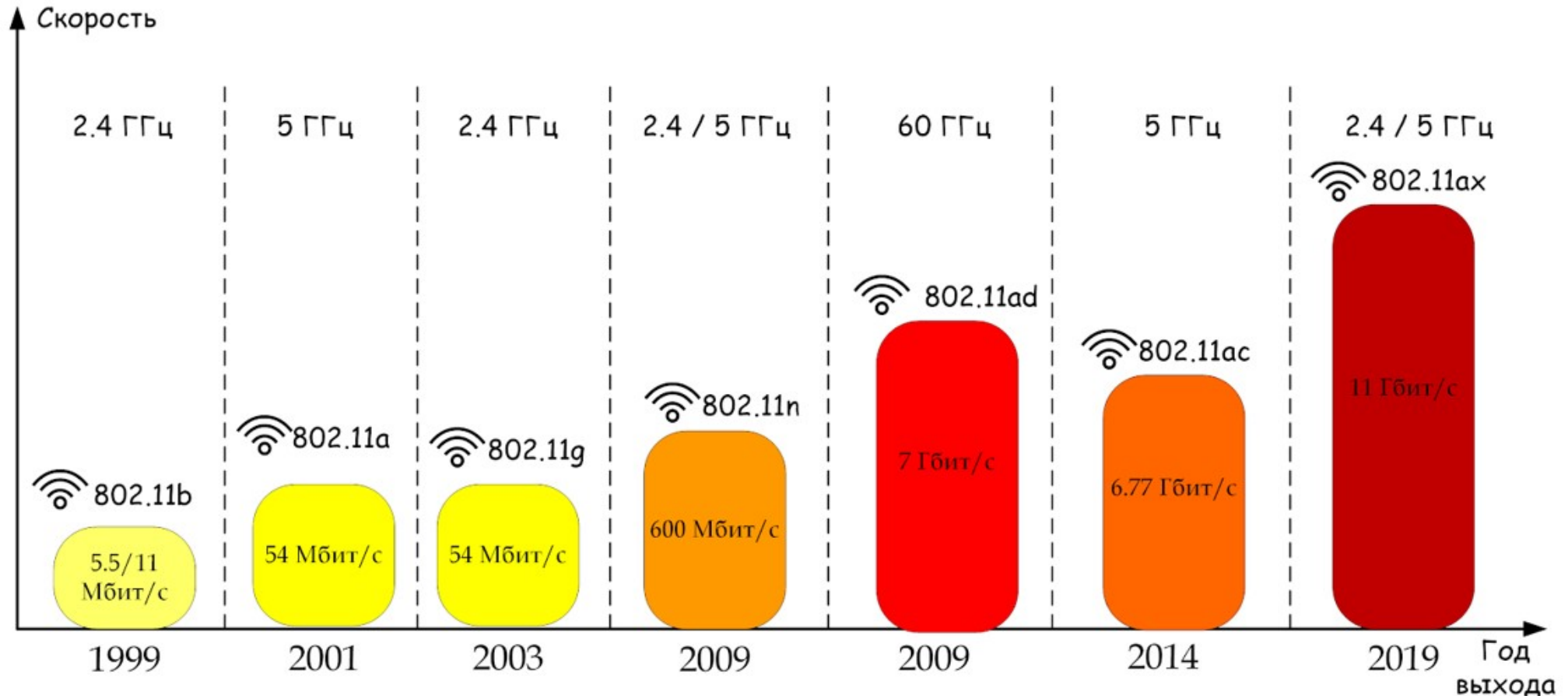


RTS - Request To Send
CTS - Clear To Send




Стандарты WLAN

Стандарт	Год	Частотный диапазон	Скорость передачи	Дальность действия
802.11	1997	2,4 ГГц	2 Мбит/с	-
802.11a (WiFi 2)	1999	5 ГГц	54 Мбит/с	50 м
802.11b (WiFi 1)	1999	2,4 ГГц	11 Мбит/с	100 м
802.11g (WiFi 3)	2003	2,4 ГГц	54 Мбит/с	100 м
802.11n	2009	2,4 и 5 ГГц	600 Мбит/с	70 м
802.11ac (WiFi 4)	2014	5 ГГц	до 1,3 Гбит/с	300 м
802.11ax (WiFi 5)	2019	2,4 и 5 ГГц	до 11 Гбит/с	300 м
802.11ay	2019	60 ГГц	до 20 Гбит/с	500 м
802.11az	???	60 ГГц	???	???
IEEE 802.11be (WiFi 6)	???	2,4, 5 и 6 ГГц	до 30 Гбит/с	???

Эволюция спецификаций Wi-Fi



Обозначение Wi-Fi

		
Wi-Fi 4	Wi-Fi 5	Wi-Fi 6
802.11n	802.11ac	802.11ax

Отличия заголовков Ethernet и Wi-Fi

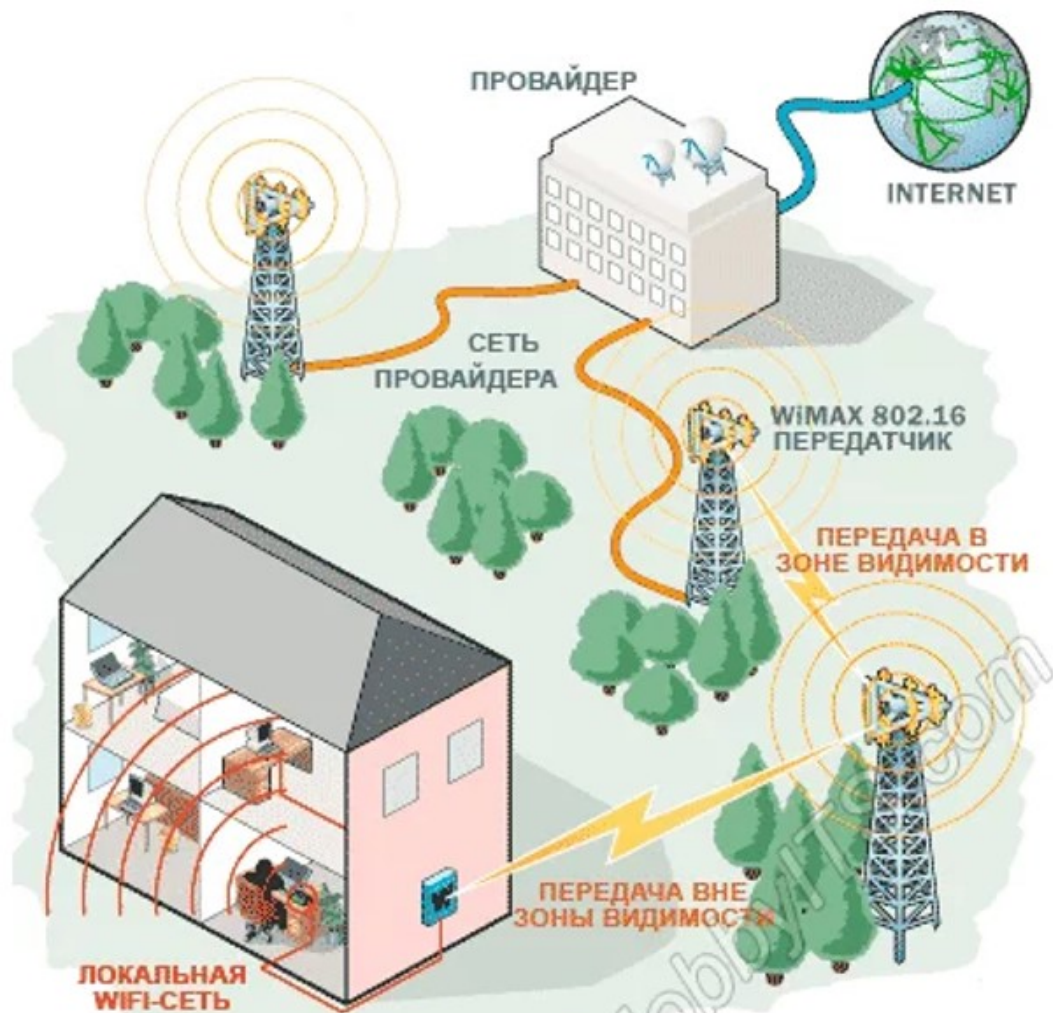
	Ethernet	Wi-Fi
Преамбула и начала разделителя кадры	Есть	Нет
Поле правление кадром (Frame Control)	Нет	Версия протокола, тип кадра (передача данных, контроль, управление), флаг фрагментации и др.
Поле продолжительность (Duration)	Нет	Время для приема следующего кадра
Поля MAC-адресов	Destination address, Source address	Destination address, Source address, Receiver address, Transmitter address
Номер последовательности (Sequence Control)	Нет	Подполя для номера последовательности и номера фрагмента
Максимальный размер поля данных	1500 байт	2304 байт

Другие беспроводные стандарты

Стандарт	Год	Тип сети	Частотный диапазон	Скорость передачи	Дальность действия
802.15.1 (Bluetooth v1.1)	2002	WPAN	2,4 ГГц	до 0,7 Мбит/с	10 м
802.15.3 (Bluetooth v2.0)	2005	WPAN	2,4 ГГц	до 3 Мбит/с	100 м
802.11 (Bluetooth v3.0)	2009	WPAN	2,4 ГГц	до 24 Мбит/с	100 м
802.15.4 (ZigBee)	2002	WPAN	2,4 ГГц	до 480 Мбит/с	100 м
802.11ad (WiGig)	2009	WPAN	2, 4, 5 и 60 ГГц	До 7 Гбит/с	10 м
802.16d (WiMAX)	2005	WMAN	1,5-11 ГГц	до 75 Мбит/с	10 км

Технология WiMAX

WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) – технология дальнего действия, покрывающая большие пространства, которая состоит из базовых и абонентских станций, а также оборудования, связывающего базовые станции между собой, с поставщиком сервисов и с Интернетом.

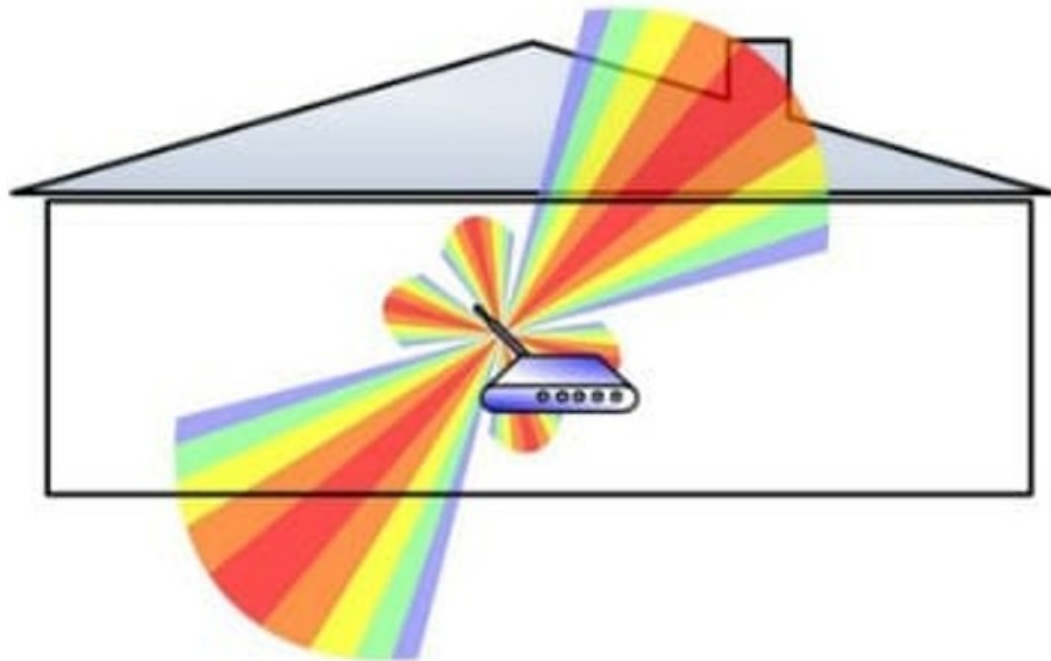


Планирование WLAN

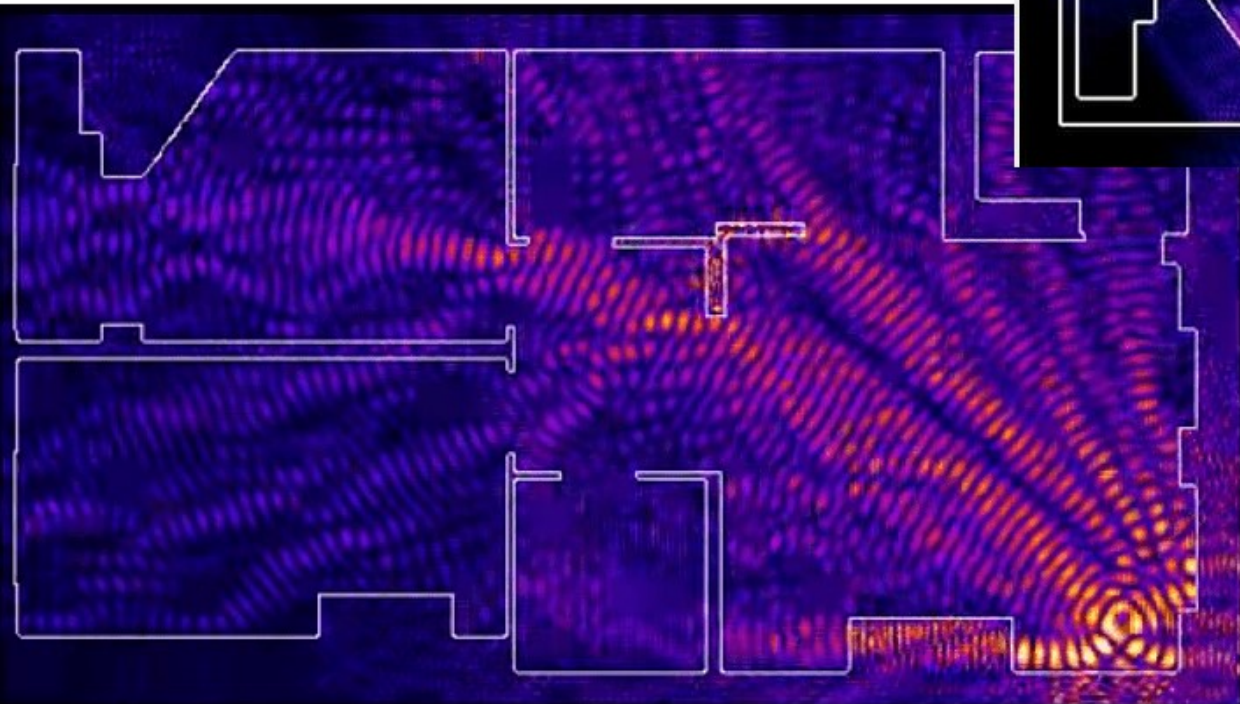
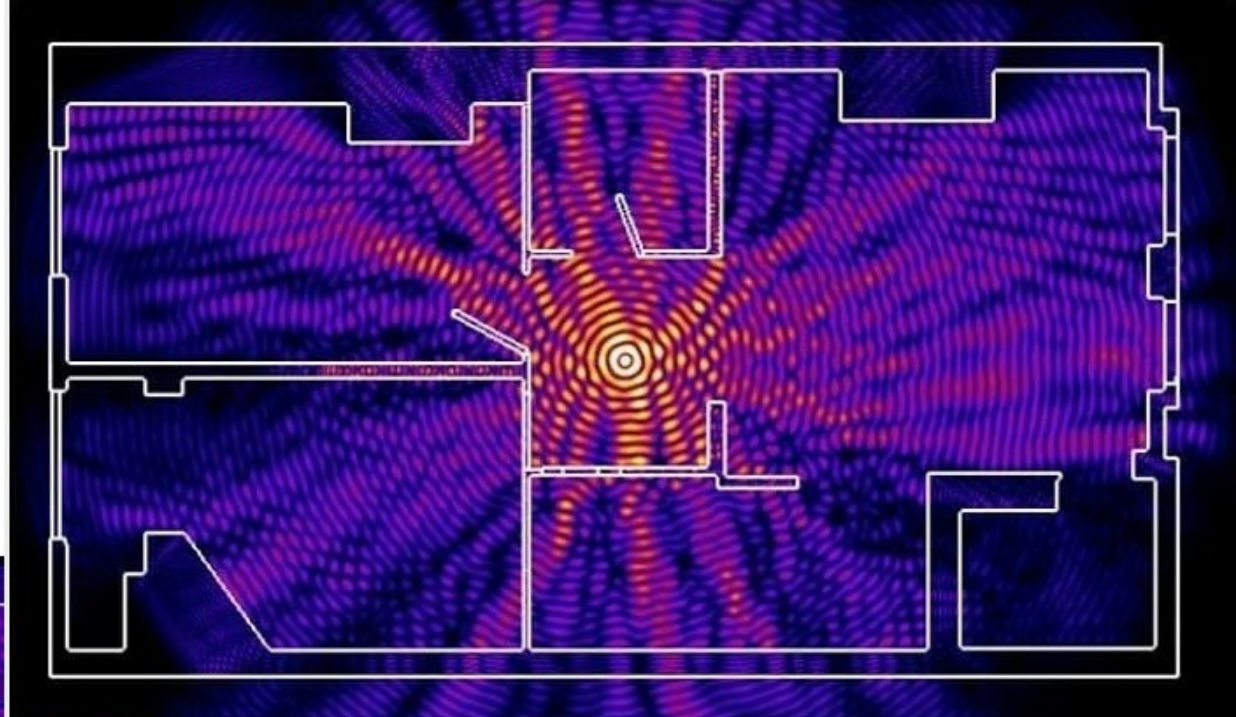
- Размещение точки доступа
- Анализ помех и препятствий
- Выбор диапазона частот
- Выбор каналов

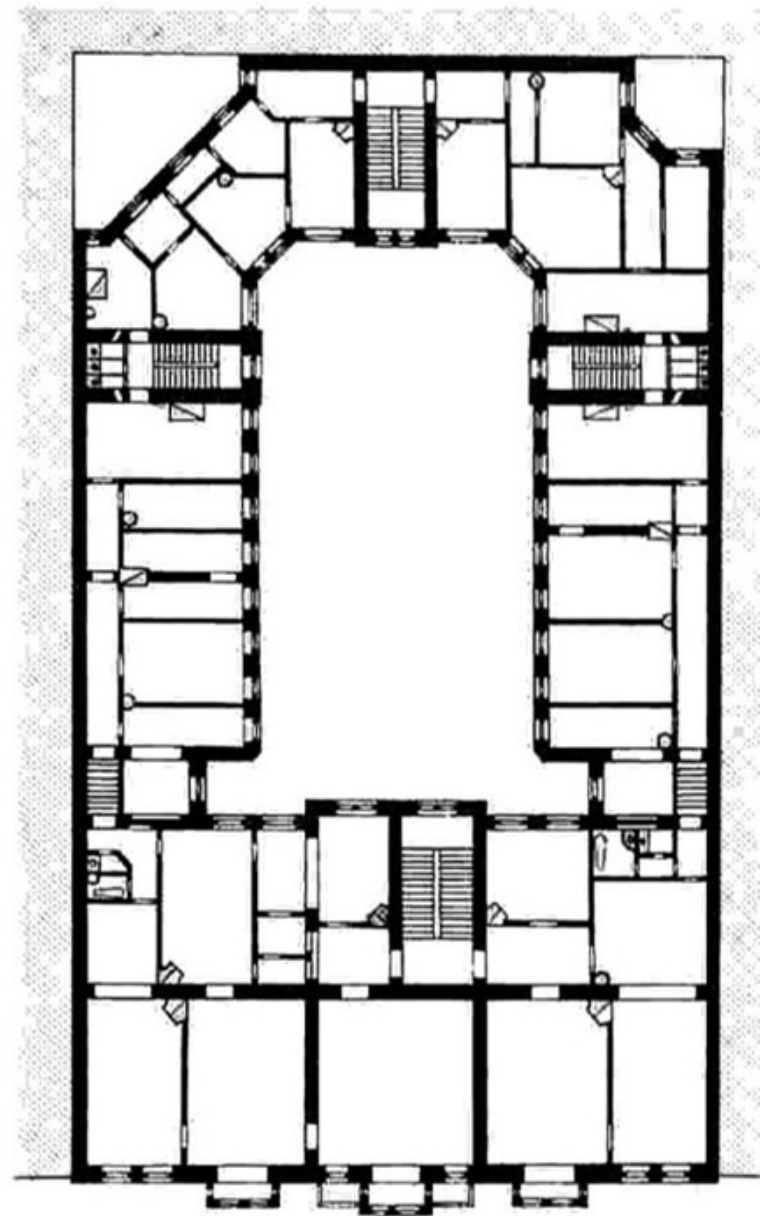
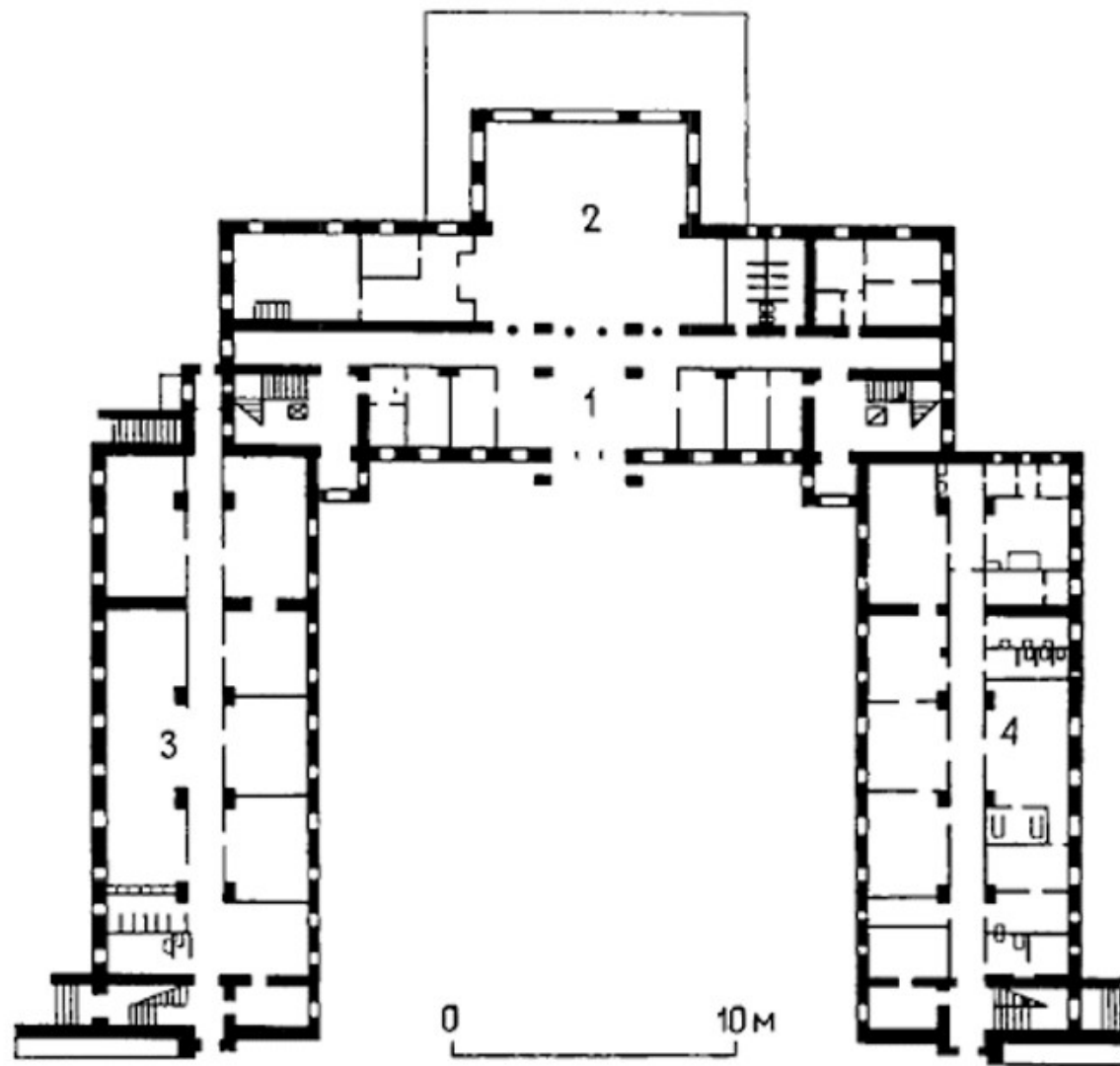


Размещение точки доступа

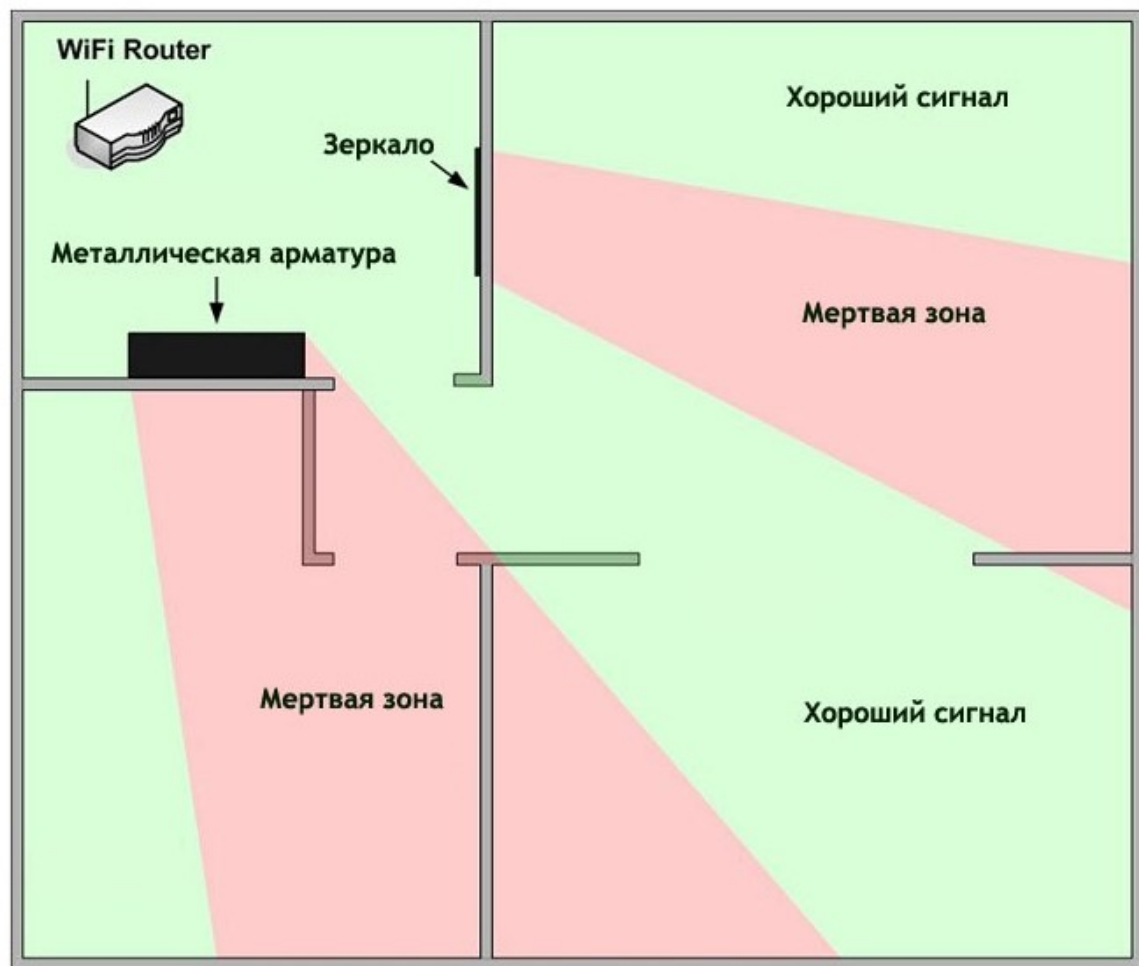


Размещение точки доступа

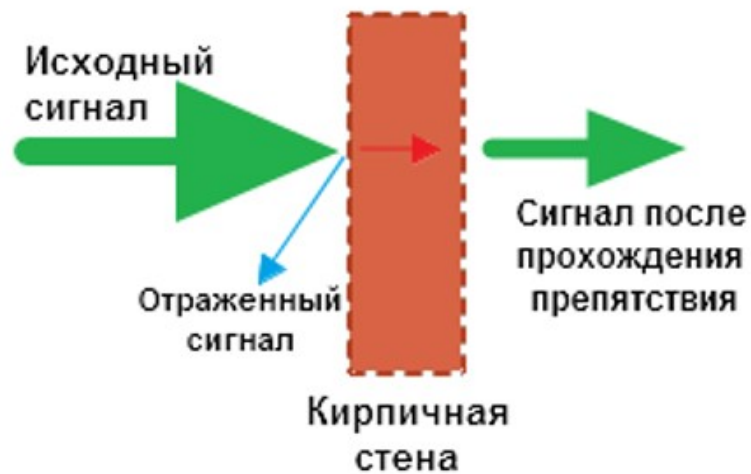




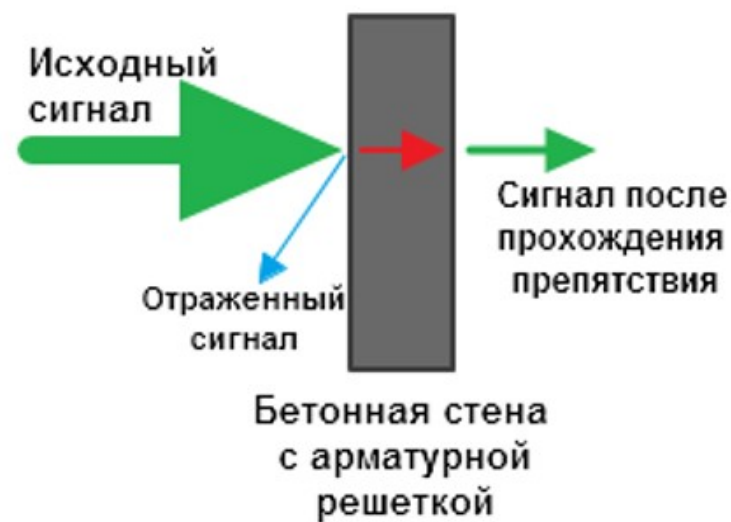
Анализ помех и препятствий



Малое ослабление сигнала



Значительное ослабление сигнала



Анализ помех и препятствий

Препятствие	Дополнительные потери, дБ	Эффективное расстояние
Открытое пространство	0	100%
Окно без тонировки	3	70%
Окно с тонировкой (металлизированное покрытие)	5-8	50%
Деревянная стена	10	30%
Межкомнатная стена (15,2 см)	15-20	15%
несущая стена (30,5 см)	20-25	10%
Бетонный пол/потолок	15-25	10-15%
Монолитное железобетонное перекрытие	20-25	10%

Выбор диапазона частот

	2,4 ГГц	5 ГГц
Площадь покрытия	Больше	Меньше
Пропускная способность	Меньше	Больше
Влияние помех	Больше	Меньше
Количество каналов	Меньше	Больше
Загруженность частотного диапазона	Больше	Меньше
Стандарты	802.11b, 802.11g, 802.11n, 802.11ax	802.11n, 802.11ac, 802.11ax

Выбор диапазона частот

Диапазон 2.4 ГГц

20 МГц

40 МГц

Диапазон 5 ГГц

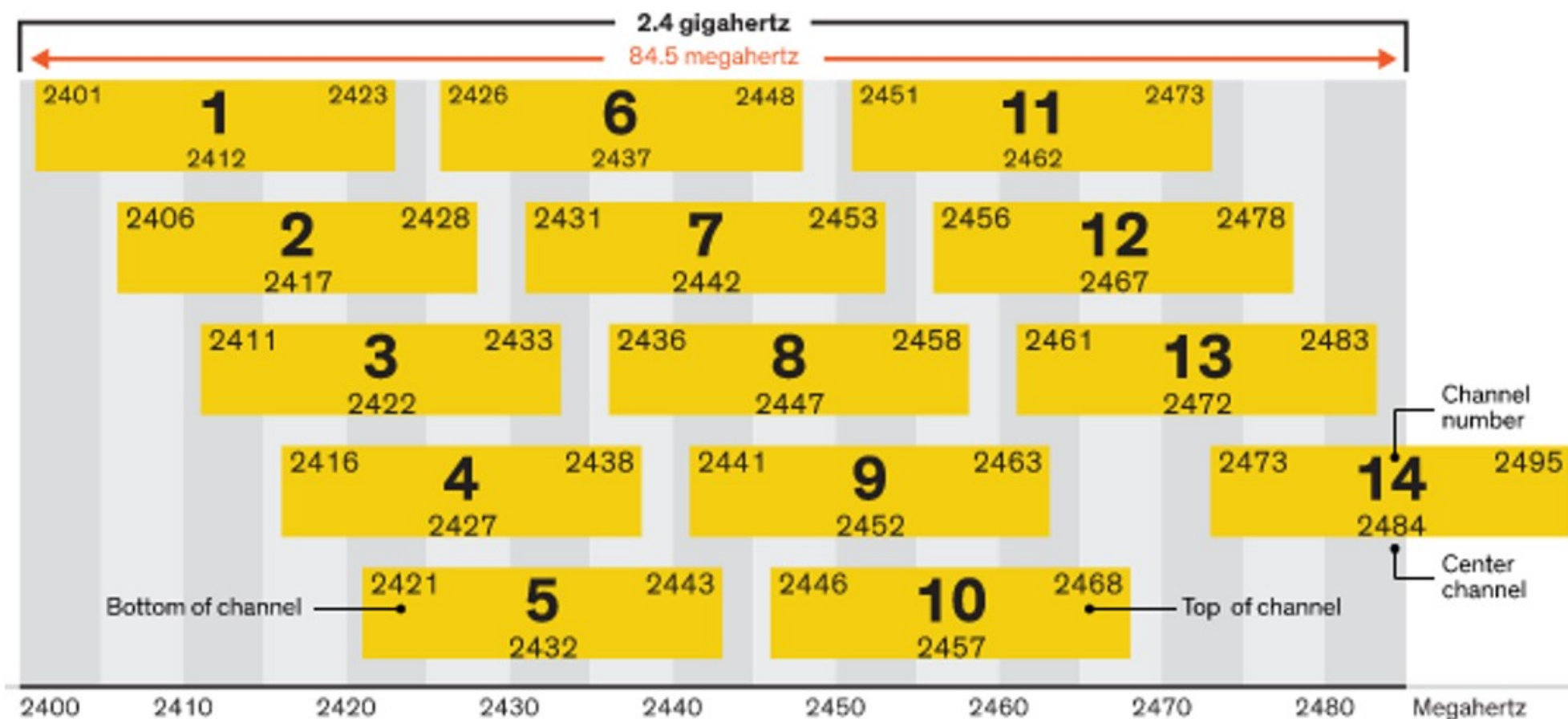
20 МГц

40 МГц

80 МГц

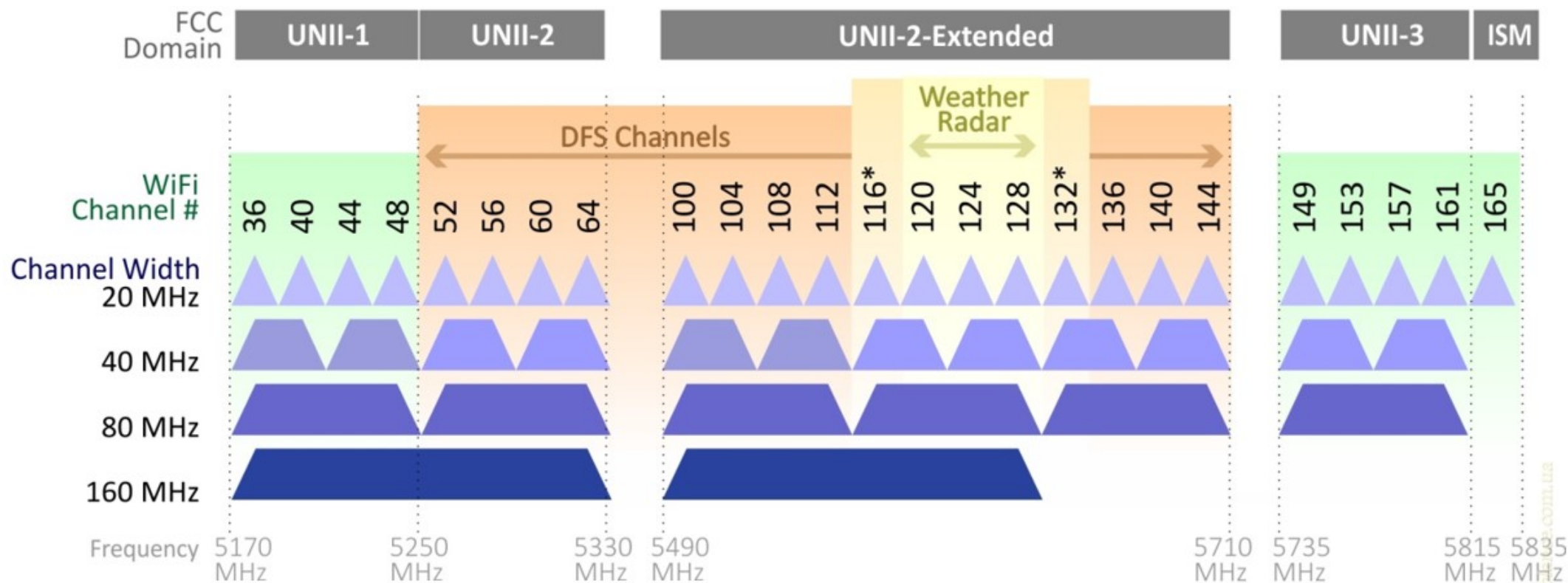
160 МГц

Частотные полосы и каналы WiFi 2,4 ГГц



Частотные полосы и каналы WiFi в 5 ГГц

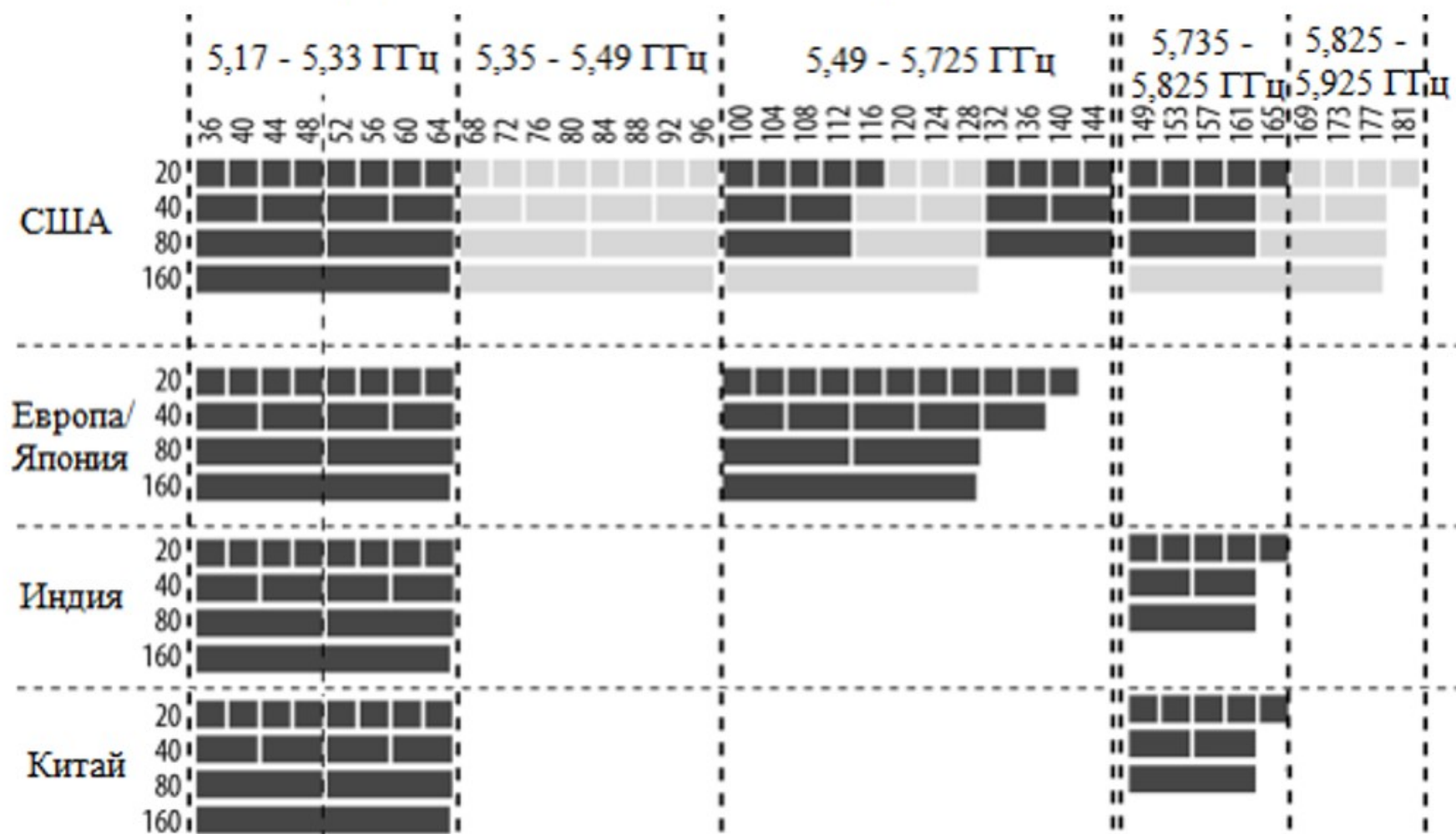
802.11ac Channel Allocation (N America)



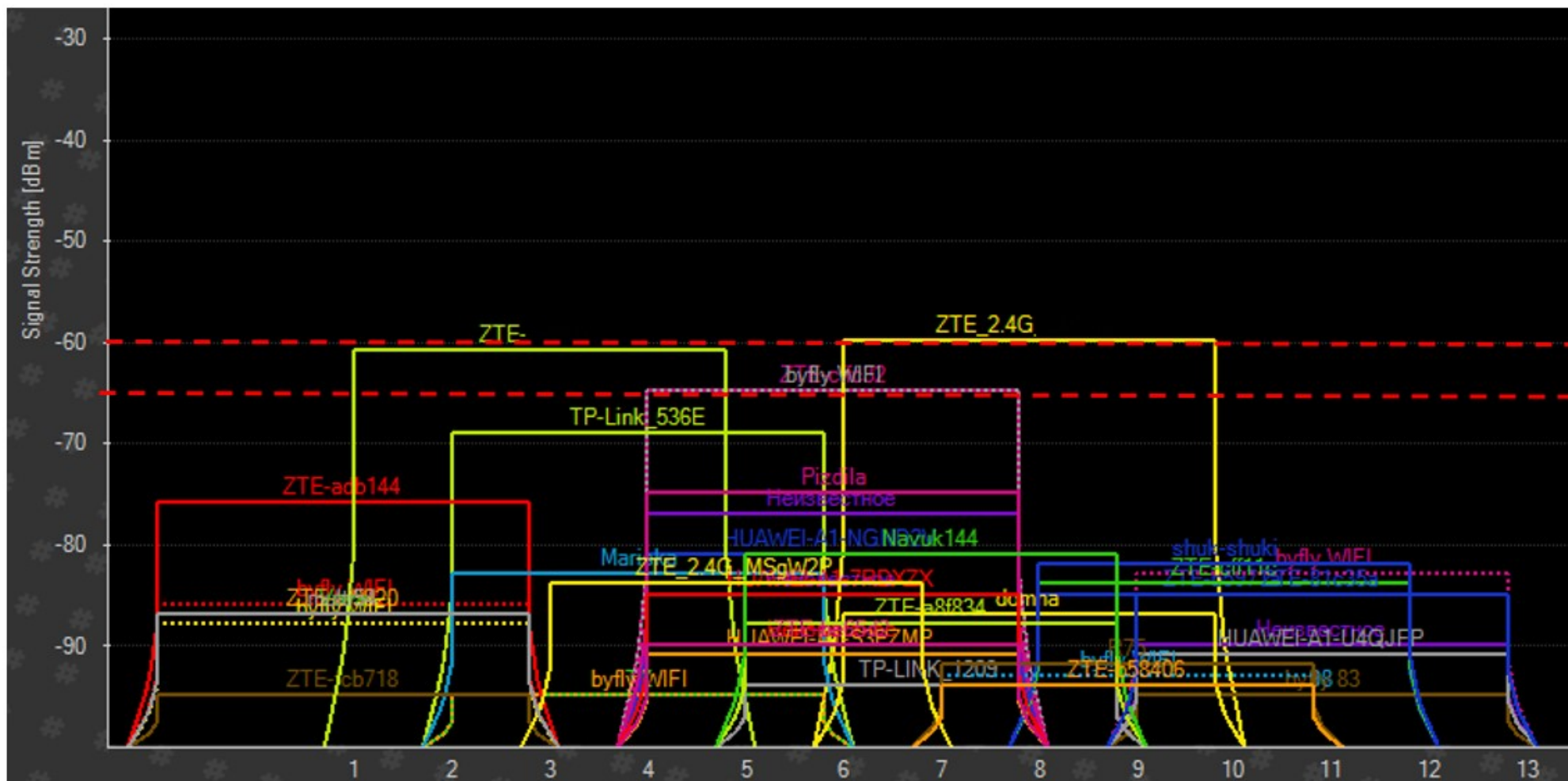
UNII – Unlicensed National Information Infrastructure

ISM – Industrial, Scientific and Medical

Частотный диапазон 5 ГГц



Анализ диапазона частот



Анализ диапазона частот

