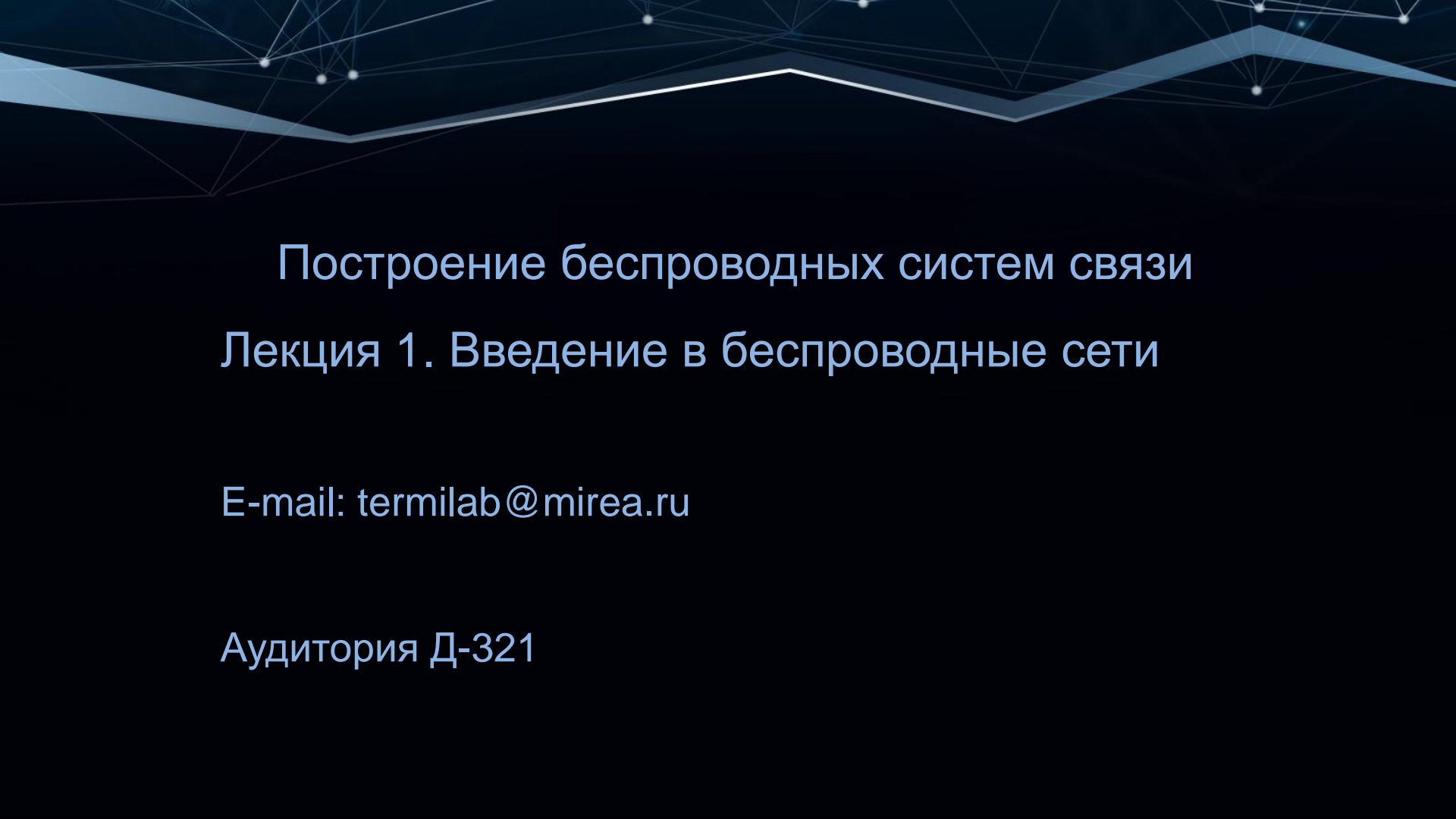




МИРЭА – Российский технологический университет
Институт радиотехнических и телекоммуникационных систем
Кафедра телекоммуникаций



Построение беспроводных систем связи

Лекция 1. Введение в беспроводные сети

E-mail: termilab@mirea.ru

Аудитория Д-321

Введение в беспроводные сети

Технологии беспроводных сетей

Стандарты беспроводных ЛВС

Компоненты беспроводных ЛВС



Беспроводные сети

Технологии беспроводных сетей

Частотный диапазон для передачи данных



10 MHz - 300 THz

подавляющее большинство технологий беспроводной передачи данных используют частотный диапазон 10 MHz – 300 THz

Длина волны излучения в диапазоне ~ 1 мкм – 30 м

Короткие волны
VHF - UHF
30 м – 10 см

Микроволны
MW
10 см – 0,1 мм

ИК излучение
IR
0,1 мм – 1 мкм

Радиоволны

Диапазон	Описание
3-30 KHz	VLF – Very Low Frequency, Surface Waves – коммуникации на расстояния свыше 100 км
30- 300 KHz	LF – Low Frequency, Ground Waves – Связь на дальние расстояния свыше 100 км. Широковещание (радиостанции)
300 – 3000 KHz	MF – Medium Frequency, Ground Waves – Широковещание (радиостанции)
3 – 30 MHz	HF – High Frequency, Sky Waves – Широковещание (радиостанции)

Радиоволны

Диапазон	Описание
30-300 MHz	VHF – Very High Frequency, Space Waves – мобильная связь, ТВ-широковещание (10 – 50 км)
300- 3000 MHz	UHF – Ultra High Frequency, Space Waves – мобильная связь, ТВ-широковещание, point-to-point links, беспроводные ЛВС
3 – 30 GHz	SHF – Super High Frequency, Space Waves – 5G связь, point-to-point links, беспроводные ЛВС, спутниковая связь
30 GHz и выше	EHF – Extra High Frequency, Space Waves – спутниковая связь (между спутниками)

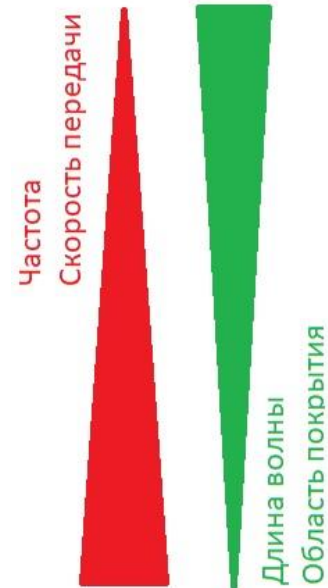
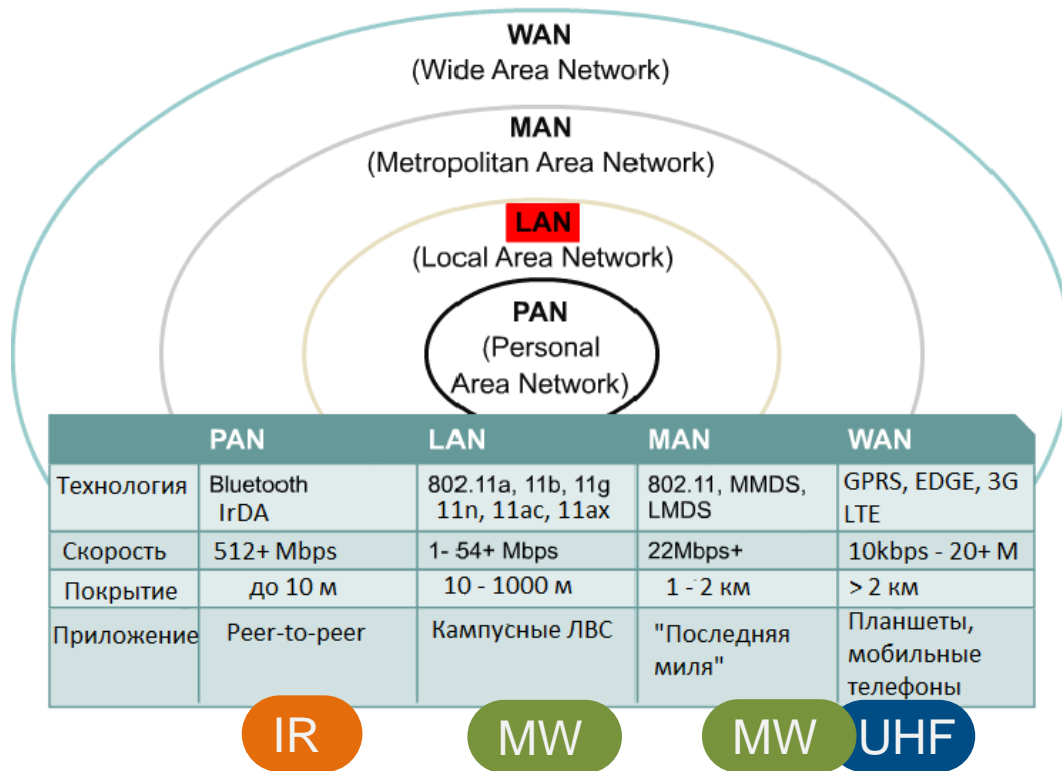
Беспроводные технологии. Параметры

Параметр	Описание
Частота <i>Frequency</i>	Низкочастотные (Low, Hz) – Высокочастотные (High, Hz)
Мощность излучения <i>Power level</i>	Маломощные (Low, менее 1mW) – Мощные (High, более 100 W)
Полоса <i>Bandwidth</i>	Узкополосные (Narrowband) – Широкополосные (Wideband)
Расстояние передачи <i>Signal Range</i>	Short (менее 100 ft – 30 м) – Long (100 км и более)
Покрывтие <i>Coverage</i>	Local area – Wide area

Беспроводные технологии. Параметры

Параметр	Описание
Тип сигнала <i>Signal Type</i>	Цифровой (Digital) – Аналоговый (Analog)
Полоса пропускания <i>Data Rates</i>	Low (Kbps, менее 1Mbps) – High (10 Mbps и более)
Приложения <i>Applications</i>	Стационарные (Fixed) – Мобильные (Mobile)
<i>Signal / Path</i>	Прямой (Direct) – Отраженный (Reflective)
Стоимость <i>Cost</i>	Inexpensive (менее 50 USD) – Expensive

Технологии и области покрытия

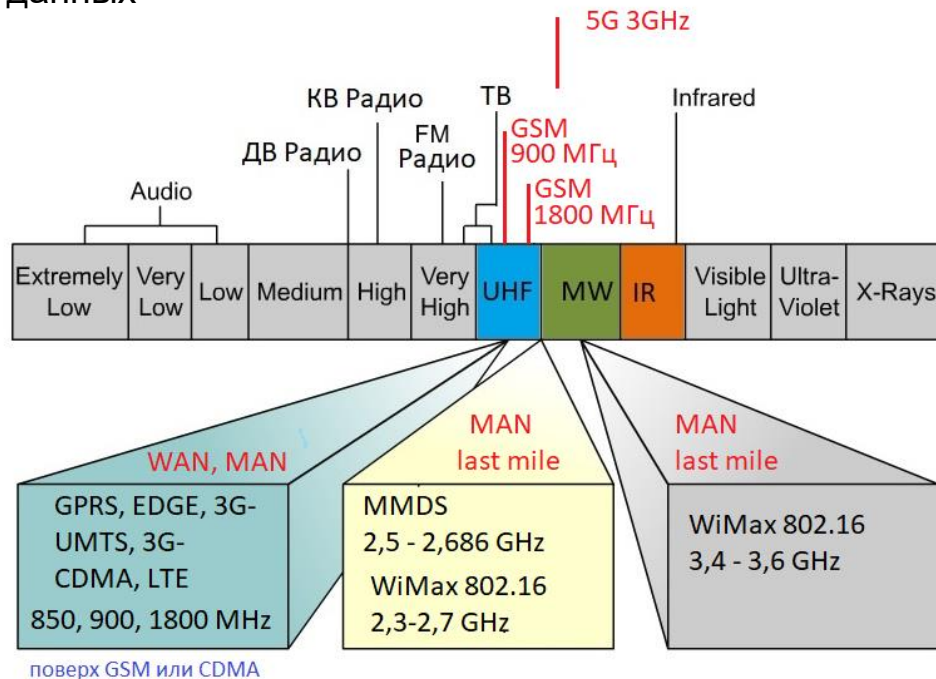


Общая закономерность – чем больше область покрытия тем ниже скорость передачи данных

Беспроводные технологии WAN

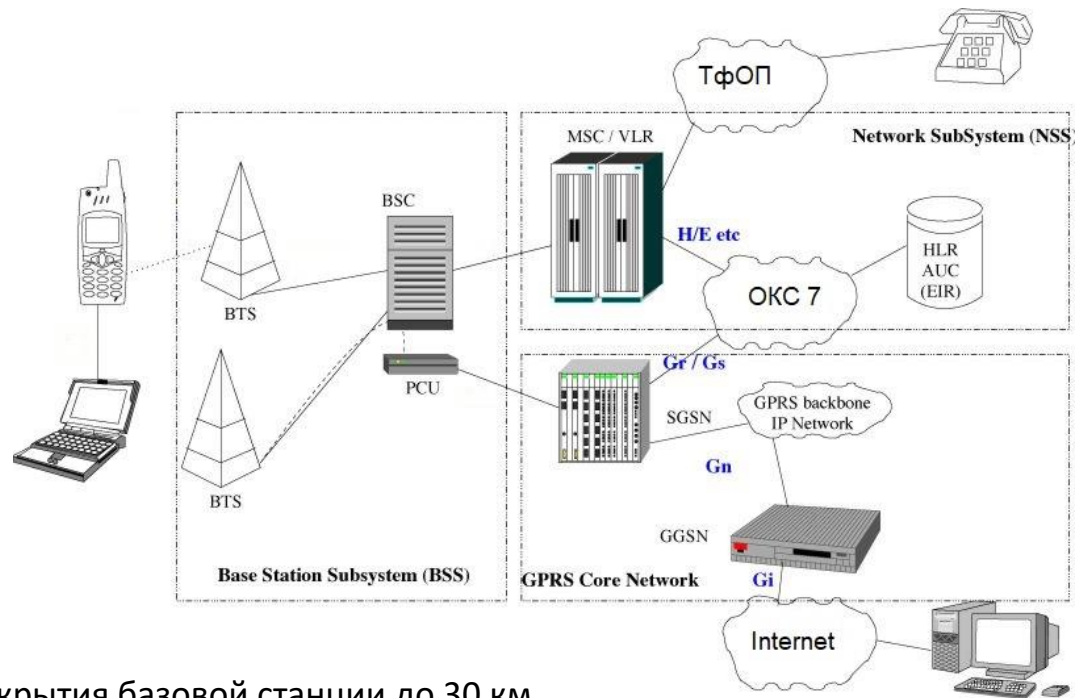
Наземные сети сотовой связи широко используются в качестве WAN и MAN каналов

Технологии GSM и CDMA позволяют организовать как голосовую связь, так и передачу данных



Технологии WAN. Мобильная связь

Архитектура сети мобильной связи стандарта GSM схожа с сетями фиксированной телефонной сети. Для обеспечения сервисов пакетной передачи существует расширение опорной сети, известное как базовая сеть GPRS (GPRS Core Network). Это позволяет мобильным телефонам получать доступ к таким сервисам, как WAP, MMS, передача видео, доступ к сети Интернет.



Область покрытия базовой станции до 30 км

Технологии WAN. Мобильная связь

<p>1 поколение</p> <p><i>D-AMPS – Digital Advanced Mobile Phone System</i></p>	<p>1990 г. – Усовершенствование стандарта мобильной связи AMPS (на основе аналоговых сигналов). Диапазон от 400 до 890 МГц. Применяется частотное разделение абонентов по каналам 30 КГц в пределах соты (один абонент – один канал). До 48 Kbps</p>
<p>2 поколение</p> <p><i>GPRS – General Packet Radio Service</i></p> <p><i>EDGE (EGPRS) - Enhanced Data rates for GSM Evolution</i></p>	<p>2000 г. GPRS - надстройка над технологией мобильной связи GSM, осуществляющая пакетную передачу данных. GPRS позволяет пользователю сети сотовой связи производить обмен данными с другими устройствами в сети GSM и с внешними сетями, в том числе Интернет. До 85 (115) Kbps.</p> <p>2003 г. EDGE – цифровая технология беспроводной передачи данных для мобильной связи, которая функционирует как надстройка над 2G и 2.5G (GPRS)-сетями. По сравнению с GPRS используются другие способы модуляции сигналов. EDGE в сети GSM был впервые представлен в 2003 году в Северной Америке. До 474 Kbps.</p>

Технологии WAN. Мобильная связь

3 поколение

*WCDMA / UMTS -
Universal Mobile
Telecommunications
System*

*CDMA-2000 - Code
Division Multiple Access*

3G (third generation — третье поколение), технологии мобильной связи 3 поколения — набор услуг, который объединяет как высокоскоростной мобильный доступ с услугами сети Интернет, так и технологию радиосвязи, которая создаёт канал передачи данных. Под этим термином чаще всего подразумевается технология UMTS с надстройкой HSPA (High Speed Packet data Access, используется в сетях GSM). До 384 Kbps для мобильного трафика и до 2 Mbps для стационарных инсталляций.

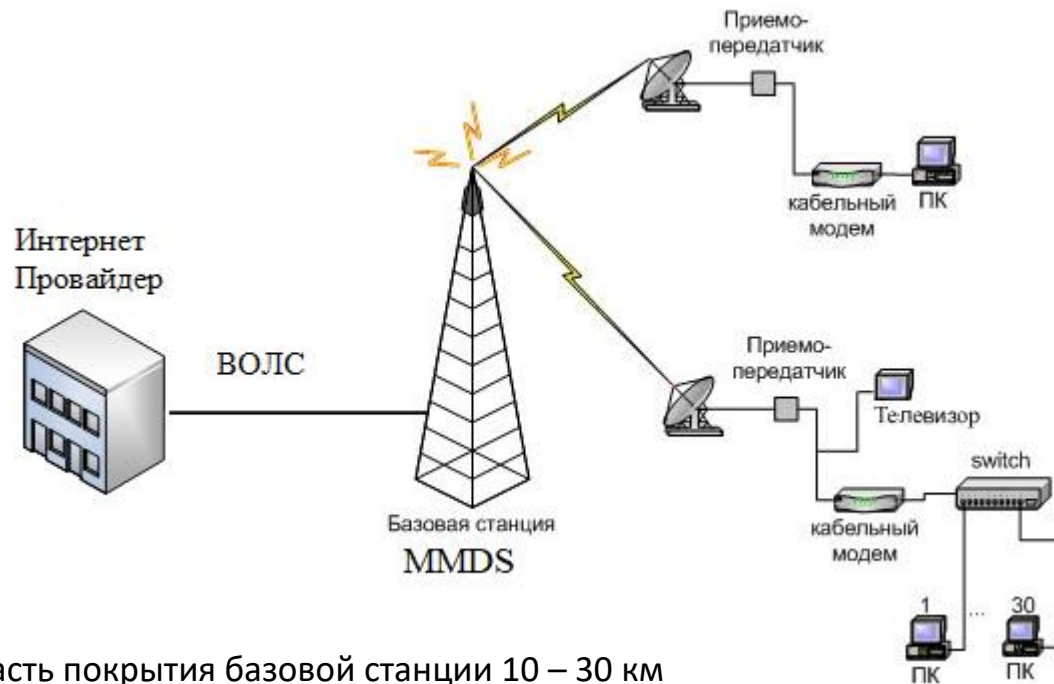
4 поколение

*LTE—
Long Term Evolution*

2000 г. LTE (англ. Long-Term Evolution, букв. — «долговременное развитие», часто обозначается как 4G LTE) — стандарт беспроводной высокоскоростной передачи данных для мобильных телефонов и других терминалов, работающих с данными. Он основан на сетевых технологиях GSM/EDGE и UMTS/HSPA, увеличивая пропускную способность и скорость за счёт использования другого радиоинтерфейса вместе с улучшением ядра сети. От 20-100 Mbps и выше

Технологии MAN (Последняя миля)

MMDS (Multichannel Multipoint Distribution System) - Многоканальная Многоточечная Распределительная система – система наземного телевидения, аналог кабельного телевидения



Область покрытия базовой станции 10 – 30 км

Технологии MAN (Последняя миля)

MMDS (Multichannel Multipoint Distribution System)

1990-е. Многоканальная Многоточечная Распределительная система –MMDS (Multichannel Multipoint Distribution System) – система наземного телевидения, аналог кабельного телевидения, но без кабеля, сходная со спутниковой телевещательной системой – только спутник-ретранслятор в этом случае как бы находится на земле.

LMDS (Local Multipoint Distribution System)

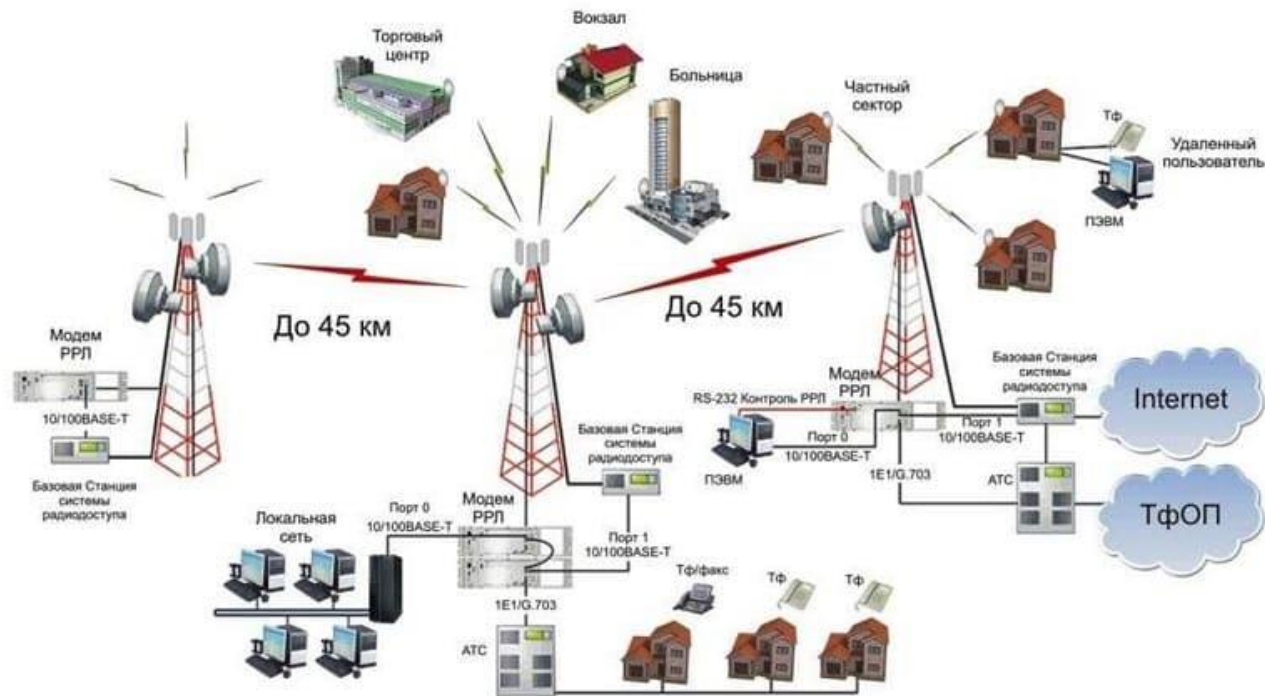
Диапазон 2,5 – 2,686 GHz, 24 канала шириной 8 MHz стандарт SECAM, или 31 канал шириной 6,5 MHz PAL. В случае передачи данных система достраивается до двунаправленной (с 1998 года).

Сигнал обратного канала размещается в полосе частот MDS (2,15-2,16 ГГц), WCS (2,30-2,35 ГГц) или внутри самого диапазона MMDS (2,5-2,686 ГГц)

До 45 Mbps в канале

Технологии MAN (Последняя миля)

WiMax (IEEE 802.16d фиксированный и 802.16e мобильный).



Область покрытия базовой станции 40 км

Технологии MAN (Последняя миля)

WiMAX 802.16 Worldwide Interoperability for Microwave Access

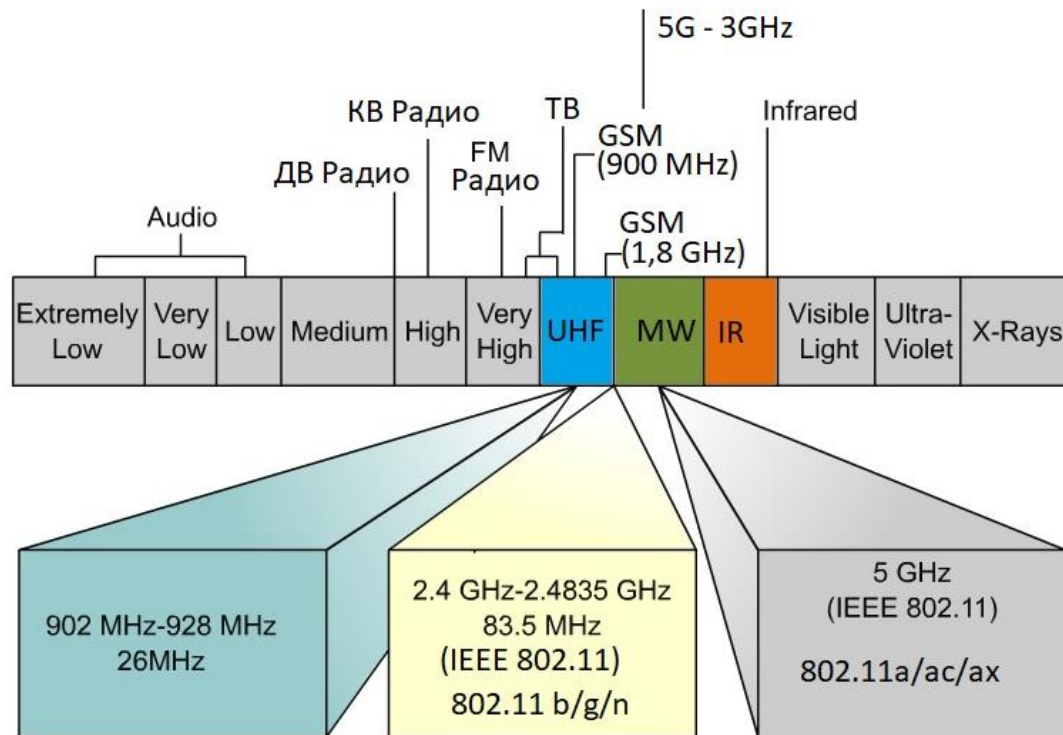
2004-2005. WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) — технология, разработанная с целью предоставления универсальной беспроводной связи на больших расстояниях для широкого спектра устройств (от рабочих станций и портативных компьютеров до мобильных телефонов). Основана на стандарте IEEE 802.16, который также называют Wireless MAN

Диапазоны 2,3—2,5; 2,5—2,7; 3,4—3,8 GHz. Для взаимодействия между базовыми станциями используется 11 GHz

Скорость передачи данных до 75 Mbps в 802.16d (фиксированный) и до 40 Mbps в 802.16e (мобильный)

Беспроводные технологии LAN

Данный курс посвящен изучению беспроводных технологий, применяемых в локальных вычислительных сетях (Wireless LAN) стандарта IEEE 802.11



Wi-Fi IEEE 802.11

Частота и длина волны

Длина волны излучения оказывает влияние на размеры и конструкцию антенн для приема и передачи сигналов

$$f = \frac{c}{\lambda}$$

Где

f – частота излучения,

λ – длина волны излучения

c – скорость распространения волн в среде
(скорость света)

802.11b/g/n
2,4 GHz

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{2,4 \cdot 10^9} = 0,125 \text{ м}$$

802.11a/ac/ax
5 GHz

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{5 \cdot 10^9} = 0,06 \text{ м}$$





Беспроводные сети

Стандарты беспроводных ЛВС

Беспроводные технологии LAN

1998 г. – принятие стандарта IEEE 802.11

Скорость	860 Kbps	1 to 2 Mbps				11 Mbps	54 Mbps		
Тип	Proprietary					Standards-Based			
Частота	900 MHz		2.4 GHz					5 GHz	
				IEEE 802.11 разработка			802.11 принят	802.11a,b принят	802.11g разработка
	1986	1988	1990	1992	1994	1996	1998	2000	2002

Изначально стандарты для беспроводных ЛВС (Wireless LAN, WLAN) разрабатывались для применения в трех не лицензируемых диапазонах ISM (Industry, Science, Medicine).

433.075—434.750 МГц

868.7—869.2 МГц

868.0—868.2 МГц

2400.0—2483.5 МГц

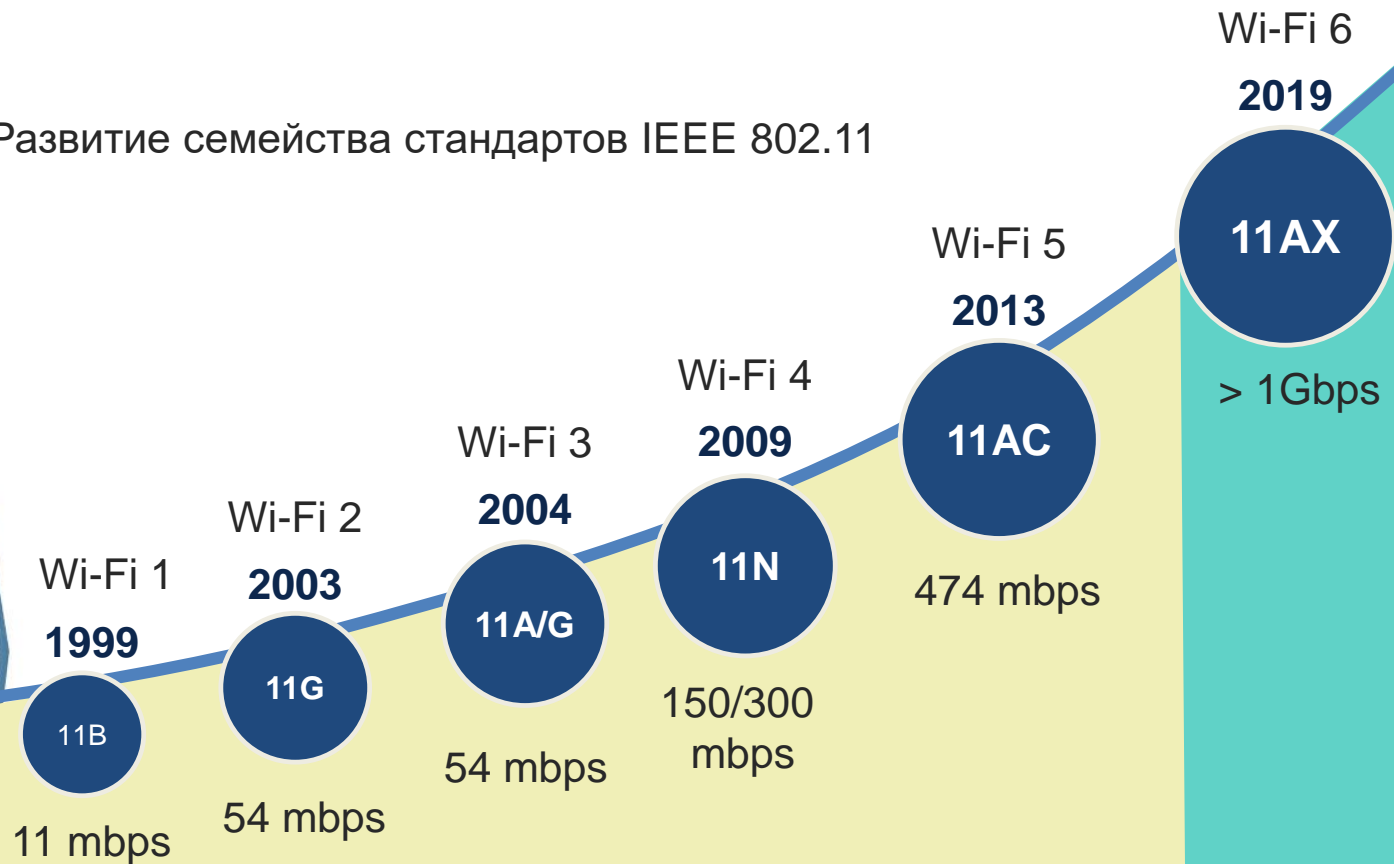
5180.0—5320.0 МГц

5180.0—5320.0 МГц



Эволюция беспроводных LAN

Развитие семейства стандартов IEEE 802.11



Эволюция беспроводных LAN

Автономный
доступ



1999

2011



Управление
контроллерами

Механизмы
управления
Средой
(RRM)



2014



Мобильный
мониторинг
API интерфейсы

Управление
приложениями



2016



Сервисы
локации

Гибкое
управление
Радио-
интерфейсами



2018



802.11ax
Высокая
Плотность
клиентов

2020

Основные характеристики WLAN

Эффективность передачи данных / скорость Wi-Fi сети

количество информации, передаваемое в эфире в единицу времени

Сколько бит передается в одном радио-символе ?

Способы кодирования и модуляции

Количество пространственных потоков (Spatial Streams)

Возможность использования разных антенн и передатчиков для разных клиентов

Полоса пропускания канала

Количество частот, которые мы можем модулировать в единицу времени

Overhead (накладные расходы) протокола

Служебные фреймы Preamble/Ack/CTS/RTS и т.п.

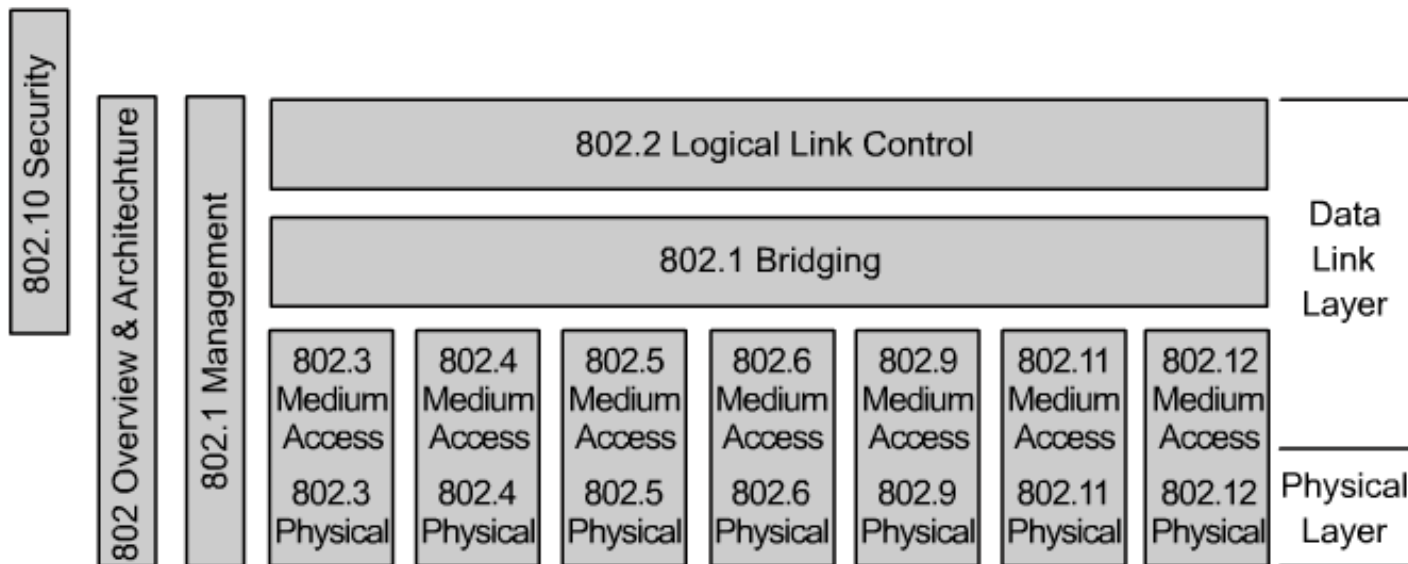
Семейство стандартов IEEE 802

IEEE LAN/MAN Standards

- 802.0 Sponsor Executive Committee (SEC)
- 802.1 High Level Interface (HILI)
- 802.2 Logical Link Control (LLC)
- 802.3 CSMA/CD (Ethernet)
- 802.4 Token Bus
- 802.5 Token Ring
- 802.6 Metropolitan Area Network (MAN)
- 802.7 BroadBand Technical Advisory Group (BBTAG)
- 802.8 Fiber Optics Technical Advisory Group (FOTAG)
- 802.9 Integrated Services LAN (ISLAN)
- 802.10 Standard for Interoperable LAN Security (SILS)
- 802.11 Wireless LAN (WLAN)
 - 802.11a, 802.11b, 802.11e, 802.11g, 802.11i, 802.11n, 802.11ac/ax
- 802.12 Demand Priority
- 802.14 Cable-TV Based Broadband Communication Network
- 802.15 Wireless Personal Area Network (WPAN)
- 802.16 Broadband Wireless Access (BBWA)
- 802.17 RPRSG Resilient Packet Ring Group (RPRSG)

Стандарты IEEE 802 прежде всего разрабатываются для physical layer (1) и data link layer (2) модели OSI

Структура семейства IEEE 802

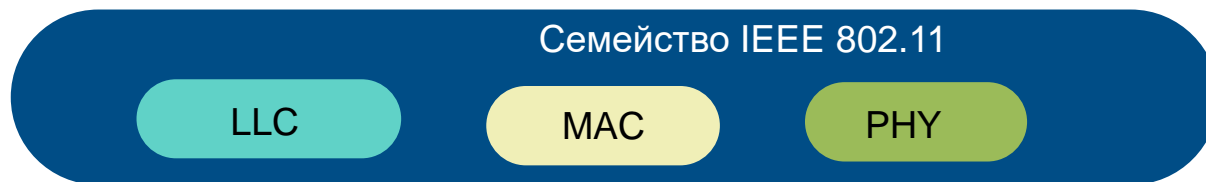


Подуровень 802.2 Logical Link Control (LLC) – отдельный стандарт

Стандарты Physical Layer (PHY) и Media-Access Control (MAC) – подуровня Data Link layer отдельный раздел (разные для разных сред передачи)

Стандарт 802.1 Bridging является частью стандарта 802.1 HIL (High Level Interface), обеспечивает связь между MAC подуровнем и LLC подуровнем

Структура семейства IEEE 802.11



IEEE 802.11 Standard for WLAN MAC and PHY Specifications

Data Link Layer	802.2 LLC – Logical Link Control
	802.11 MAC – Media Access Control
Physical Layer	Частотные диапазоны. Мощность. Техники модуляции и кодирования FHSS (802.11), DSSS (802.11b), OFDM (802.11a,g,n,ac,ax)

LLC Sublayer – верхний уровень в иерархии стандартов IEEE 802

Основная задача LLC – обмен MAC Service Data Units (MSDUs) между точками присутствия LLC-сервиса между пользователями, использующими 802-based MAC протоколы

LLC не зависит от топологии, среды передачи данных (это описывается подуровнями PHY и MAC)

Network Layer взаимодействует с MAC-подуровнем через LLC-подуровень

Модуляция сигнала в сетях 802.11

802.11 FHSS (1998г)	Псевдослучайная перестройка рабочей частоты (FHSS, frequency-hopping spread spectrum) - метод передачи информации по радио, особенность которого заключается в частой смене несущей частоты. Частота меняется в соответствии с псевдослучайной последовательностью чисел, известной как отправителю, так и получателю. Метод повышает помехозащищённость канала связи.
802.11b DSSS (1999г)	Метод прямой последовательности для расширения спектра (DSSS -. direct sequence spread spectrum) — широкополосная модуляция с прямым расширением спектра, метод формирования широкополосного радиосигнала, при котором исходная последовательность битов преобразуется в псевдослучайную последовательность, используемую для модуляции несущей. Используется в сетях стандарта IEEE 802.11 и CDMA
802.11a OFDM (1999г)	OFDM (Orthogonal frequency-division multiplexing мультиплексирование с ортогональным частотным разделением каналов), цифровая схема модуляции, которая использует большое количество близко расположенных ортогональных поднесущих. Каждая поднесущая модулируется по обычной схеме модуляции (например, квадратурная амплитудная модуляция)

Структура семейства IEEE 802.11

802.11 a	Разработка PHY для 5 GHz диапазона
802.11 b	Разработка High Rate PHY для диапазона 2,4 GHz
802.11 c	Описание Bridge Operation с 802.11 MAC (spanning tree)
802.11 d	Определение требований к PHY для 802.11 operation в разных региональных Wi-Fi доменах (странах)
802.11 e	Расширение 802.11 MAC для QoS

Структура семейства IEEE 802.11

802.11 f	Разработка рекомендуемых правил для IAPP (Inter-Access Point Protocol) для мультивендорного использования
802.11 g	Разработка High Speed PHY для диапазона 2,4 GHz
802.11 h	Расширение 802.11 PHY – Dynamic Frequency Selection / Transmit Power Control
802.11 i	Расширение 802.11 MAC – security и authentication механизмы
802.11 j	Расширение 802.11 для дополнительной селекции каналов в диапазоне 5 GHz в Японии

Структура семейства IEEE 802.11

802.11k	Radio Resource Management в беспроводных сетях
802.11n	Усовершенствование стандарта 802.11 g, включена поддержка MIMO (multiple-in – multiple-out), реализована способность одновременного приема/передачи нескольких потоков данных через несколько антенн, вместо одной
802.11ac	Усовершенствование стандарта 802.11a в диапазоне 5 GHz
802.11ax	Развитие стандарта 802.11ac, High-Efficiency Wireless (в диапазоне 2,4 GHz обратно совместим с 802.11n)

Стандартизирующие организации

IEEE – Institute of Electrical and Electronics Engineers



Институт инженеров электротехники и электроники. Международная некоммерческая организация. Штаб-квартира в США

ANSI – American national standards institute



Американский национальный институт стандартов. Член организаций ISO и IEC

Wi-Fi Alliance (Wireless Fidelity Alliance, WECA
Wireless Ethernet Compatibility Alliance)



Тестирование совместимости WLAN - продуктов

Стандартизирующие организации

ISO – International Organization for Standardization



Международная организация по стандартизации

IETF – Internet Engineering Task Force



Некоммерческая организация, Инженерный Совет Internet

ITU – International Telecommunication Union



Международный союз электросвязи

Стандартизирующие организации

ГКРЧ - Государственная комиссия по радиочастотам

Межведомственный координационный орган, действующий при Министерстве цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации.

ГКРЧ обладает всей полнотой полномочий в области регулирования радиочастотного спектра в РФ



Аналоги В США – FCC, в Европе - ETSI



www.fcc.gov
www.etsi.org



Беспроводные сети

Компоненты беспроводных ЛВС

Компоненты беспроводных сетей 802.11

Беспроводные точки доступа (Access Points, AP)

Cisco Aironet - первое поколение

- 1200 Series (802.11a and 802.11b)
- 1100 Series (802.11b)



Cisco Aironet - второе поколение

- 1130 Series (802.11a, 802.11g)
- 1242 Series (802.11a, 802.11g)



Cisco Aironet - третье поколение

- 2800 Series 802.11n, 802.11ac
- 3800 Series 802.11n, 802.11ac



Cisco Aironet - четвертое поколение

- 9100 Series 802.11ax



Компоненты беспроводных сетей 802.11

Access Points (AP) – беспроводные точки доступа. Выпускаются с поддержкой диапазона 2,4 GHz (стандарты 802.11 b/g/n), либо с поддержкой диапазонов 2,4 GHz и 5 GHz (стандарты 802.11 a/n/ac/ax)

Точки доступа имеют различные management и security features

Точка доступа – суть беспроводной коммутатор

Каждая точка доступа имеет FLASH ROM, на котором хранится firmware и файлы конфигурации

Точка доступа может выступать как усилитель (repeater)

Компоненты беспроводных сетей 802.11

Бриджи

Bridge Unit



Accessories

- Low Loss Cable
- Antenna Mounts
- Lightning Arrestor



Antenna

- 2.4 GHz
- 5 GHz Antennas

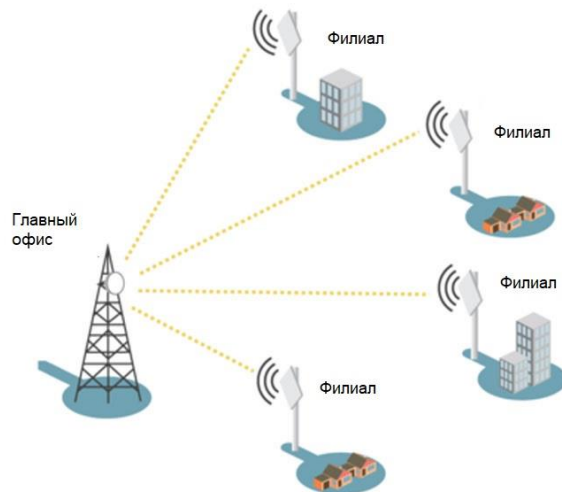


Компоненты беспроводных сетей 802.11

Bridges – беспроводные мосты. Обладают расширенным функционалом точек доступа. Выпускаются с поддержкой диапазона 2,4 GHz (стандарты 802.11 b/g/n), либо с поддержкой диапазонов 2,4 GHz и 5 GHz (стандарты 802.11 a/n/ac)

Беспроводные мосты используются в outdoor-инсталляциях при построении фиксированных point-to-point или point-to-multipoint каналов связи

Мосты используют модифицированную версию протоколов 802.11 и могут быть не совместимы с другим беспроводным оборудованием



Компоненты беспроводных сетей 802.11

Клиентское оборудование

Беспроводные интерфейсные карты

- 350 Series (802.11b)
- 5 GHz client adapter (802.11a)
- Workgroup bridge (802.11b)



Беспроводные телефоны 802.11

- Wireless IP Phone





Благодарю за внимание!

Кафедра телекоммуникаций
Кампус на проспекте Вернадского 78
Аудитории: Д-321, Б-216-б
Телефон: +7 (495) 987-47-17
E-mail: termilab@mirea.ru