

Концентратор работает на физическом (первом) уровне сетевой модели OSI, ретранслируя входящий сигнал с одного из портов в сигнал на все остальные (подключённые) порты. Таким образом, несмотря на возможность реализации на многопортовых хабах физической топологии «звезда» (несколько сегментов сети подключены проводами к хабу), логически сеть продолжает работать в режиме с общей средой (топология «общая шина»), свойственном Ethernet: пропускная способность сети разделена между всеми устройствами, а передача ведется в режиме полудуплекса. Коллизии (то есть попытка двух и более устройств начать передачу одновременно) обрабатываются аналогично сети Ethernet на других носителях — устройства самостоятельно прекращают передачу и возобновляют попытку через случайный промежуток времени, говоря современным языком, концентратор объединяет устройства в одном домене коллизий.

Сетевой концентратор также обеспечивает бесперебойную работу сети при отключении устройства от одного из портов или повреждении кабеля, в отличие, например, от сети на коаксиальном кабеле, которая в таком случае прекращает работу целиком.

Коммутатор (он же Ethernet Switch или просто «свитч») — это отдельный узел, служащий для объединения нескольких устройств в локальную сеть. В отличие от маршрутизатора, подключение производится исключительно по кабелю, то есть, устройство не обеспечивает развертывание беспроводной сети.

#### **Следующие маршрутизаторы доступны в Packet Tracer:**

1) Cisco 1841. Маршрутизатор с интегрированными сервисами (Integrated Service Router, ISR) имеет два порта Fast Ethernet и два свободных слота для подключения интегральных карт для высокоскоростного

#### **WAN-соединения.**

2) Cisco 1941. Эта модель подобна предыдущей с той лишь разницей, что функционирует под управлением 15 версии Cisco IOS. Также имеет два Gigabit Ethernet порта.

3) Cisco 2620XM. Этот мультисервисный маршрутизатор имеет один Fast Ethernet порт, два слота для установки WAN интерфейсных карт и слот для AIM.

4) Cisco 2621XM. Данный маршрутизатор подобен предыдущему, за исключением наличия двух портов Fast Ethernet.

5) Cisco 2811. Маршрутизатор с интегрированными сервисами имеет два порта Fast Ethernet, четыре WIC слота и два AIM слота.

6) Cisco 2901. Этот маршрутизатор имеет два Gigabit Ethernet порта, четыре WIC слота и два слота для установки DSP.

7) Cisco 2911. Данный маршрутизатор имеет три порта Gigabit Ethernet, а в остальном повторяет характеристики предыдущего устройства. Функционирует под управлением 15 версии Cisco IOS.

8) Genetic Router-PT. Маршрутизатор с настройкой под пользователя. Имеет 10 слотов и несколько специальных модулей, названия которых начинаются с букв PT.

### **Коммутаторы**

Коммутатор (ранее называемые многопортовый мост) соединяет более чем одно оконечное устройство в сеть. Каждый порт коммутатора является коллизийным доменом.

**Следующие коммутаторы доступны в Packet Tracer:**

1) Cisco 2950-24. Управляемый коммутатор с поддержкой 24 портов Fast Ethernet.

2) Cisco 2950T-24. Этот коммутатор принадлежит к семейству интеллектуальных коммутаторов Catalyst 2950 и имеет 24 порта Fast Ethernet и два Gigabit Ethernet с поддержкой модулей GBIC (Gigabit Interface Converter).

2) Cisco 2960-24TT. Еще один 24-портовый коммутатор. В отличие от предыдущей модели имеет порты Gigabit Ethernet с поддержкой модулей SFP (Small Form-factor Pluggable). Однако это отличие существенно для реальных коммутаторов и не оказывает никакого влияния при работе в Packet Tracer.

3) Cisco 3560-24PS. В отличие от других коммутаторов данное устройство является коммутатором 3 уровня и в дополнение к штатной функции коммутации способно осуществлять маршрутизацию. Две последние буквы PS означают поддержку питания по Ethernet PoE (Power over Ethernet), что используется для питания IP-телефонов без отдельного блока питания.

4) Bridge PT. Это устройство используется для сегментации сетей и имеет только два порта (потому и называется мостом; если бы портов было больше, тогда более приемлемое название было бы коммутатор).

5) Generic Switch PT. Данное устройство существует только в Packet Tracer и представляет собой коммутатор с настройкой под пользователя. Имеет 10 слотов и несколько специализированных модулей.

Точно также как рассмотренный ранее Genetic Router-PT, коммутатор) Generic Switch PT может быть выключен, что необходимо для смены модулей. Все остальные коммутаторы имеют фиксированную структуру и не предполагают кастомизации. Потому не имеют нужды в выключении питания.

### **Другие устройства**

Как можно убедиться, Packet Tracer поддерживает не только коммутаторы и маршрутизаторы, но и другие устройства. Эти устройства настройки и работают как есть.

1) Hub PT. Построение сетей на основе концентраторов является достоянием истории. Однако с помощью этого устройства становится возможным познакомиться с широкополосным штормом и коллизиями. Имеет 10 слотов для.

2) Repeater. Используется для повышения уровня и восстановления формы электрического сигнала. Имеет два слота.

3) Coaxial Splitter PT. Предназначено для раздвоения коаксиального подключения. Имеет три порта для подключения коаксиального кабеля и не может быть кастомизировано.

## **Медный интерфейс Ethernet**

Представляет собой стандартные LAN-интерфейсы, к которому подключается медная витая пара с разъемом RJ-45. Название таких интерфейсов основано на указании скорости: Ethernet (10 Мбит/с),

FastEthernet (100 Мбит/с), GigabitEthernet (1000 Мбит/с). Соответственно в названиях модулей имеется сокращенное упоминание об скорости интерфейса: E, FE, GE, CFE или CGE. Модули с обозначением SW предназначены для маршрутизаторов и обеспечивают функции коммутации.

- 1) HWIC-4ESW – 4 коммутируемых Ethernet-порта;
- 2) WIC-1ENET – одиночный Ethernet-порт;
- 3) NM-1E – одиночный Ethernet-порт;
- 4) NM-1FE-TX – одиночный Fast Ethernet-порт;
- 5) NM-4E – 4 Ethernet-порта;
- 6) NM-ESW-161 – 16 коммутируемых Ethernet-порта;
- 7) PT-ROUTER-NM-1CE, PT-ROUTER-NM-1CFE, PT-ROUTER-NM-1CGE – пользовательские модули Packet Tracer.

## **Оптический модуль Ethernet**

Данный вид модулей схож с предыдущим, за исключением использования оптического кабеля вместо медного. Эти модули можно определить по присутствующей букве F.

- 1) NM-1FE-FX – одиночный Ethernet-порт для оптической среды передачи;
- 2) PT-ROUTER-NM-1FFE, PT-ROUTER-NM-1FGE – пользовательские модули Packet Tracer.

## **Последовательный интерфейс**

В названиях этих модулей присутствует буква T или пара символов

A/S. Модули с буквой T являются синхронными, а модули с символами A/S – асинхронными. Различия в их работе проявляется в мире реального оборудования, в Packet Tracer между ними нет разницы.

- 1) WIC-1T, WIC-2T – одиночный или вдвоенный синхронный последовательный порт;
- 2) NM-4A/S, NM-8A/S – четыре или восемь последовательных асинхронно-синхронных портов;
- 3) PT-ROUTER-NM-1S, PT-ROUTER-NM-1SS – пользовательские модули Packet Tracer.

## **Модемный интерфейс**

Данный вид модулей имеет RJ-11 интерфейс для подключения телефонных кабелей. Такие модули можно идентифицировать по буквам

AM, присутствующих в названии после цифры, указывающей количество портов.

- 1) WIC-1AM – сдвоенный RJ-11 порт для подключения телефона и модема;
- 2) WIC-2AM, WIC-8AM – два или восемь RJ-11 портов;
- 3) PT-ROUTER-NM-1AM – – пользовательский модуль Packet Tracer.

### **Модули с поддержкой WIC-модулей**

Сетевые модули WIC не занимают слот целиком, для их поддержки используются модули (WICs within Network Modules(NM)), имеющие в своем составе дополнительные слоты для поддержки модулей малого размера. Такие модули можно опознать по букве W, присутствующей в конце названия.

- 1) NM-1E2W, NM-1FE2W – один Ethernet/ два Fast Ethernet порта с поддержкой двух WIC-слотов;
- 2) NM-2E2W, NM-2FE2W – два Ethernet/ Fast Ethernet порта с поддержкой двух WIC-слотов;
- 3) NM-2W – не имеет портов, предназначен для поддержки двух WIC-слотов.

### **Заглушки**

Packet Tracer обеспечивает заглушку (крышку) для пустых слотов.

Заглушка не несет никакой функциональной нагрузки и служит для более приятного вида устройства при просмотре физического вида устройства.

- 1) NM-Cover – крышка для сетевого модуля;
- 2) WIC-Cover – заглушка для WIC-слота.

### **Дополнительный модуль HWIC-8A**

Модуль HWIC-8A появился в шестой версии Packet Tracer и поддерживает 8 асинхронных EIA-232 подключения к консольному порту. Маршрутизатор, использующий данный модуль, может работать как сервер доступа

**Имитация WAN (WAN Emulation)** для просмотра доступных устройств в окне выбора конкретного типа устройства.

1) Cloud-PT. Это устройство выглядит как облако, но имеет конфигурационное окно больше похожее на маршрутизатор с несколькими слотами. Для облачного устройства доступны следующие модули.

а) NM-1AM – служит для подключения модемов с RJ-11 интерфейсом с использованием телефонного кабеля. При работе с интерфейсом командной строки этот модуль имеет имя ModemN, где N – номер порта.

б) NM-1CE, NM-1CFE, NM-1CGE – все эти модули служат для Ethernet, Fast Ethernet и Gigabit Ethernet интерфейсов соответственно. Через них сетевые устройства подключаются к телефонному или кабельному модему. За исключение скорости, все три модуля выполняют схожие функции.

в) NM-1FFE, NM-1FGE – Данные интерфейсы обеспечивают Fast Ethernet и Gigabit Ethernet интерфейсы с волоконно-оптической средой передачи. Функционально обеспечивают аналогичные функции как и предыдущие модули.

г) NM-1CX – Имеет коаксиальный интерфейс для подключения к кабельному модему.

д) NM-1S – Последовательный порт поддерживает интерфейс с поддержкой Frame Relay. На вкладки Настройка (Config) доступны функции по созданию Frame Relay соединения.

2) DSL-Modem-PT – Модем с Ethernet и RJ-11 интерфейсами. Ethernet-интерфейс может выбран с Ethernet, Fast Ethernet или Gigabit Ethernet модулями. Не имеет каких-либо конфигурационных опций.

3) Cable-Modem-PT – Этот модем схож с предыдущим, за исключением поддержки коаксиального порта.

Витая пара — это форма проводки, в которой пары проводов (прямой и обратный проводники одной цепи) скручены вместе для подавления электромагнитных помех (ЭМП) от других пар проводов и от внешних источников. Этот тип кабеля используется для домашних и корпоративных сетей Ethernet. Витая пара используется в коротких коммутационных шнурах и в более длинных кабелях в структурированных кабельных системах.

Кабели витой пары бывают двух типов: экранированные и неэкранированные.

Сетевой кабель витая пара существует в нескольких вариантах исполнения. Друг от друга они отличаются по нескольким критериям:

- форме поперечного сечения – существуют круглые и плоские кабели;
- количеству жил – кабель может быть одножильным и многожильным;
- способу экранирования и защиты от электромагнитных помех;
- цвету оболочки и особенностям использования.

Каждый из этих пунктов заслуживает отдельного внимания.

Например, форма сечения определяет место использования. Наибольшее распространение получил круглый универсальный провод.

FTP кабель 6 категории Плоский провод предназначен для скрытого монтажа под обоями или ковролином, однако плоский провод в большей степени подвержен помехам.

Одножильные провода состоят из монолитной проводников, толщиной 0,3-0,6 мм. Монолитные провода отличаются повышенной хрупкостью, поэтому прокладывать их рекомендуется только внутри межкомнатных перегородок.

Многожильный кабель состоит из пучков тончайших жил, он более прочный, поэтому используется для подвижных соединений. Негативной стороной многожильного кабеля считается высокий коэффициент затухания, поэтому длина такого кабеля не должна превышать 100 метров.

Кабель может быть экранированный (FTP) или неэкранированный (UTP). Существует несколько разновидностей экранированного кабеля:

- U/FTP – экранирование каждой скрутки провода индивидуальной оболочкой из фольги;
- FTP (F/UTP) – провод имеет одну общую оболочку из фольги;
- S/FTP (SF/UTP) – фольгированный кабель с дополнительным экраном из оплетки;
- SF/FTP – имеет фольгированный экран каждой скрутки и вспомогательный слой из оплетки и фольги.

Выбрать кабель можно по цвету наружной ПВХ-оболочки. Серый кабель предназначен для монтажа внутри помещений, а черный рассчитан для наружной установки. Для использования на пожароопасных объектах используется кабель с оранжевой оболочкой.

Помимо этих критериев, существует еще такой параметр, как категория кабеля, от которой зависит пропускная способность изделия. На данный момент существует 7 категорий, но совсем скоро появится и восьмая. Характеристики 7 категории наиболее высокие. Такой тип изолированного провода рассчитан для построения сетей интернет со скоростью и передачи данных 10 Гбит/с.

Эта характеристика указывает на рабочую частоту и скорость передачи сигнала. Сразу скажем, что модели 1, 2 и 4 категорий уже не используются. Поэтому в таблице мы рассмотрим только кабели тех категорий, которые выпускаются на рынок.

### Категории витой пары

Категория	Пропускная способность (Гбит/сек)	Рабочая частота (мегагерц)
Cat 3	0,1	16
Cat 5	0,1 — с двумя парами; 1 — с четырьмя парами	100
Cat 5e	1	125
Cat 6	10	250
Cat 6A	10	500
Cat 7	10	600-700
Cat 7A	40-100	1000-1200

Как видно, самые быстрые модели — 7A, однако и стоят такие кабели недешево. Отметим, что показателя в 100 Гбит/сек можно добиться при условии, что кабель короткий — до 50 метров. Также важно сказать, что модели третьей категории — это всегда неэкранированная витая пара (об экранировании поговорим в следующем разделе). Модели кат.3 используются только для телефонных линий, для интернета же они не подходят. Также упомянем, что наибольшей популярностью пользуется витая пара категорий 5e и 6.

### Наличие экранирования и его тип

Чтобы радиочастотные помехи не задевали сигнал, используются кабели с защитным экраном. Получается, что экранированный витой кабель — правильное решение, если он будет проложен рядом с трансформаторами, различными электроприборами и прочими источниками электромагнитного излучения. В обратной ситуации подойдет неэкранированная модель. Она имеет маркировку UTP.

Что касается защищенных от помех кабелей, то они маркируются по-разному. Все зависит от типа экрана:

- FTP — фольгированный экран, который является общим для всех пар.
- SFTP — есть общее внешнее экранирование из фольги, а также по экрану для каждой пары.
- STP — есть отдельный для каждой пары экран, а вот внешняя защита реализована в виде стальной оплетки.
- U/STP — своя защита есть у каждой пары, но дополнительного общего экрана нет.
- SF/UTP — кабели с двумя наружными экранами, выполненными из фольги и в виде медной сетки. Также они характеризуются дренажным проводом, который расположен между защитными элементами.

Технические параметры моделей можно увидеть в таблице.

### Характеристики витого кабеля



CAT	Тип экранирования	Проводник в диаметре (мм)	Калибр (AWG)	Значение сопротивления (Ом)	Площадь поперечного сечения (мм <sup>2</sup> )
5e	UTP F/UTP	0,511	24	0,82	
6 и 6A	UTP	0,574	23	1,03	
6A	F/UTP	0,574	23	1,03	
7 и 7A	F/FTP	0,574	23	1,03	
7 и 7A	S/FTP	0,574	23	1,03	

Волоконно-оптический кабель состоит из центральной стеклянной жилы, окруженной несколькими слоями защитного материала. Внешняя изолирующая оболочка изготовлена из тефлона или ПВХ для предотвращения помех. Это дорого, но такой кабель имеет более высокую пропускную способность и может передавать данные на большие расстояния. Существует два основных типа волоконно-оптических кабелей: многомодовое волокно меньшей дальности и одномодовое волокно большой дальности.

По принципу распространения оптического сигнала различают два вида волокна:

- одномодовое;
- многомодовое.

#### Одномодовый кабель

Световод, который пропускает один луч света (его называют модой), имеет сердечник диаметром менее 10 мкм. В кабелях с небольшим сечением на распространение сигнала мало влияет модовая дисперсия (рассеяние), величина которой прямо пропорциональна диаметру сердечника. Низкая дисперсия помогает передавать данные на значительные расстояния без затухания сигнала. Соответственно, не требуется большое количество ретрансляторов. Пропускная способность таких кабелей превышает 10 Гбит/с.

Одномодовые кабели по типу волокна подразделяют на два класса.

1. Кабели с одномодовым оптическим волокном, соответствующее рекомендации ITU-T G.652.D / G.657.A — волокно с малыми изгибными потерями, т.е. волокно с пониженной чувствительностью к изгибам.
2. Кабели с одномодовым оптическим волокном с ненулевой смещенной дисперсией, соответствующее рекомендации ITU-T G.655. Предназначены для магистральных волоконно-оптических систем передачи данных со спектральным DWDM уплотнением, работающих в C- и L-диапазонах.

### Многомодовый волоконно-оптический кабель

Такой кабель позволяет пропускать сквозь себя несколько лучей, которые распространяются по независимым друг от друга путям. В этом случае необходимо применять сердечники большего диаметра, что приводит к значительному возрастанию модовой дисперсии.

Результат более интенсивного рассеяния света внутри кабеля — ускоренное затухание сигнала, что существенно снижает протяженность линии передачи данных. Когда сигнал необходимо передавать на значительные расстояния, появляется потребность в дополнительных ретрансляторах.

В свою очередь, многомодовые кабели по классу оптоволокна подразделяются следующим образом:

Тип волокна	Полоса пропускания, МГц/км		Расстояние передачи, м		
	850 нм	1300 нм	1GBase-SR	10GBase-SR	40GBase-SR4 / 10GBase-SR10
<b>62,5/125 OM1</b>	более 160	более 500	275	—	—
<b>50/125 OM2</b>	более 500	более 500	600	83	—
<b>50/125 OM3</b>	более 1500	более 500	1000	300	140

Тип волокна	Полоса пропускания, МГц/км		Расстояние передачи, м		
	850 нм	1300 нм	1GBase-SR	10GBase-SR	40GBase-SR4 / 10GBase-SR10
<b>50/125 OM4</b>	более 3500	более 500	1100	550	170

Wi-Fi — технология беспроводной локальной сети с устройствами на основе стандартов IEEE 802.11. Логотип Wi-Fi является торговой маркой Wi-Fi Alliance. Под аббревиатурой Wi-Fi (от английского словосочетания Wireless Fidelity[2], которое можно дословно перевести как «беспроводная связь») в настоящее время развивается целое семейство стандартов передачи цифровых потоков данных по радиоканалам. Основными диапазонами Wi-Fi считаются 2,4 ГГц (2412—2472 МГц), 5 ГГц (5160-5825 МГц) и 6 ГГц (5955-7115 МГц). Сигнал Wi-Fi может передаваться на километры даже при низкой мощности передачи, но для приема Wi-Fi-сигнала с обычного Wi-Fi-маршрутизатора на большом расстоянии нужна антенна с высоким коэффициентом усиления (например, параболическая антенна или WiFi-Пушка).

#### Преимущества Wi-Fi

- Позволяет развернуть сеть без прокладки кабеля, что может уменьшить стоимость развёртывания и/или расширения сети. Места, где нельзя проложить кабель, например, вне помещений и в зданиях, имеющих историческую ценность, могут обслуживаться беспроводными сетями.
- Позволяет иметь доступ к сети мобильным устройствам.
- Устройства Wi-Fi широко распространены на рынке. Гарантируется совместимость оборудования благодаря обязательной сертификации оборудования с логотипом Wi-Fi.
- Мобильность. Вы больше не привязаны к одному месту и можете пользоваться интернетом в комфортной для вас обстановке.
- В пределах зоны Wi-Fi в интернет могут выходить несколько пользователей с разных устройств.
- Излучение от устройств Wi-Fi в момент передачи данных на порядок (в 10 раз) меньше, чем у сотового телефона[18].

#### Недостатки Wi-Fi

- В диапазоне 2,4 ГГц работает множество устройств, таких как устройства, поддерживающие Bluetooth, и др., и даже микроволновые печи, что ухудшает электромагнитную совместимость.

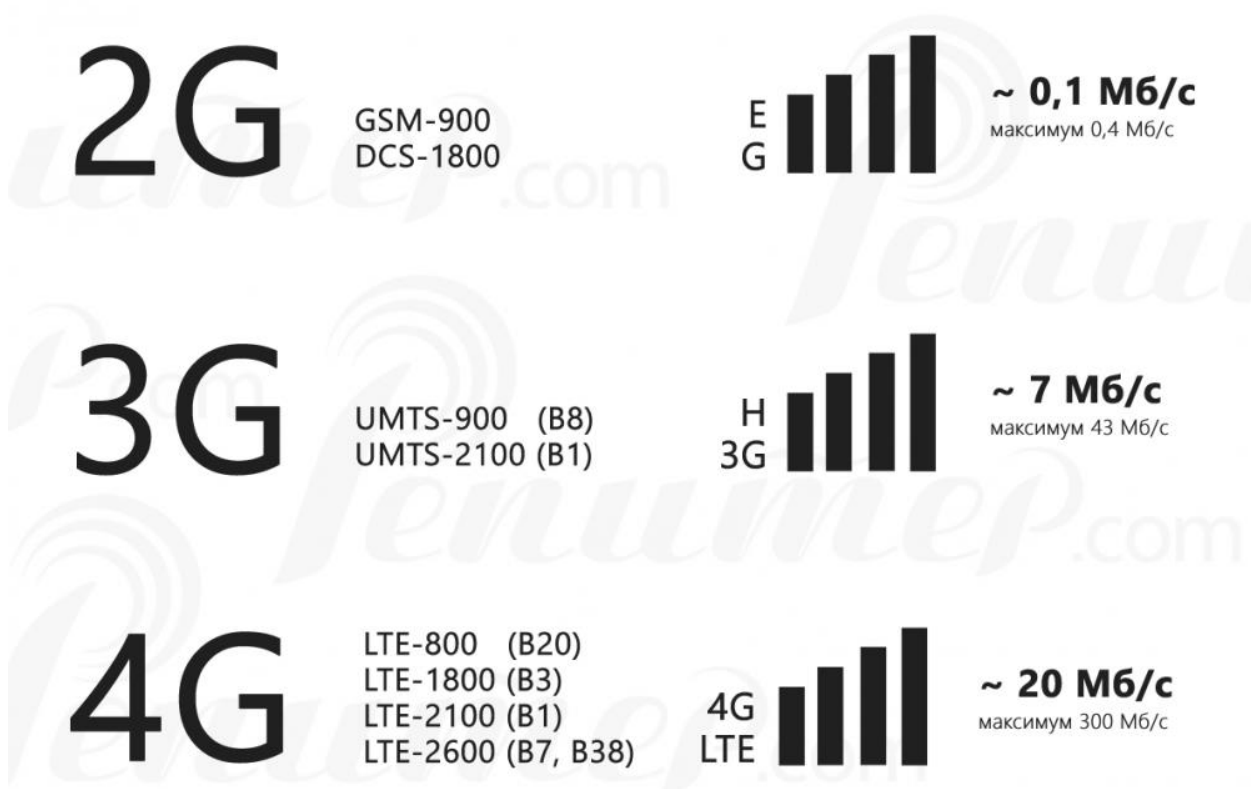
- Производителями оборудования указывается скорость на L1 (OSI), в результате чего создаётся иллюзия, что производитель оборудования завышает скорость, но на самом деле в Wi-Fi весьма высоки служебные «накладные расходы». Получается, что скорость передачи данных на L2 (OSI) в сети Wi-Fi всегда ниже заявленной скорости на L1 (OSI). Реальная скорость зависит от доли служебного трафика, которая зависит уже от наличия между устройствами физических преград (мебель, стены), наличия помех от других беспроводных устройств или электронной аппаратуры, расположения устройств относительно друг друга и т. п.[19]
- Частотный диапазон и эксплуатационные ограничения в различных странах не одинаковы. Во многих европейских странах разрешены два дополнительных канала, которые запрещены в США; В Японии есть ещё один канал в верхней части диапазона, а другие страны, например Испания, запрещают использование низкочастотных каналов. Более того, некоторые страны, например Россия, Белоруссия и Италия, требуют регистрации всех сетей Wi-Fi, работающих вне помещений, или требуют регистрации Wi-Fi-оператора[20].
- Как было упомянуто выше — в России точки беспроводного доступа, а также адаптеры Wi-Fi с ЭИИМ, превышающей 100 мВт (20 дБм), подлежат обязательной регистрации[21].
- Стандарт шифрования WEP может быть относительно легко взломан даже при правильной конфигурации (из-за слабой стойкости алгоритма). Новые устройства поддерживают более совершенные протоколы шифрования данных WPA и WPA2. Принятие стандарта IEEE 802.11i (WPA2) в июне 2004 года сделало возможным применение более безопасной схемы связи, которая доступна в новом оборудовании. Обе схемы требуют более стойкий пароль, чем те, которые обычно назначаются пользователями. Многие организации используют дополнительное шифрование (например VPN) для защиты от вторжения. На данный момент основным методом взлома WPA2 является подбор пароля и активные атаки KRACK, поэтому рекомендуется использовать сложные цифро-буквенные пароли для того, чтобы максимально усложнить задачу подбора пароля.
- В режиме точка-точка (Ad-hoc) стандарт предписывает лишь реализовать скорость 11 Мбит/сек (802.11b)[22]. Шифрование WPA(2) недоступно, только легковзламываемый WEP.

Вот примерные значения соответствия силы сигнала Wi-Fi и его качества:

- Отличные показатели: от -35 до -50 дБм
- Хорошие показатели: от -50 до -65 дБм
- Удовлетворительные показатели: от -65 до -75 дБм
- Плохие показатели: от -75 до -85 дБм
- Неприемлемые значения: от -85 до -100 дБм

Сотовая связь, сеть подвижной связи — один из видов мобильной радиосвязи, в основе которого лежит сотовая сеть. Ключевая особенность заключается в том, что общая зона покрытия делится на ячейки (соты), определяющиеся зонами покрытия отдельных базовых станций (БС). Соты частично перекрываются и вместе образуют сеть. На идеальной (ровной и без застройки) поверхности зона покрытия одной БС представляет собой круг, поэтому составленная из них сеть имеет вид шестиугольных ячеек (сот).

Сеть составляют разнесённые в пространстве приёмопередатчики, работающие в одном и том же частотном диапазоне, и коммутирующее оборудование, позволяющее определять текущее местоположение подвижных абонентов и обеспечивать непрерывность связи при перемещении абонента из зоны действия одного приёмопередатчика в зону действия другого.



Стандарты сотовой связи - это общепринятые обозначения различных технологий, которые используются в сфере предоставления услуг мобильной связи.

В России, на данный момент, существует три типа стандартов сотовой связи - 2G, 3G, 4G.

Буква G расшифровывается как «Generation» (англ. «Поколение»).

## 2G

Включает в себя диапазоны:

- GSM-900
- DCS-1800.

- Разработан в 90-х годах прошлого столетия.
- Максимальная скорость передачи данных - 0,4 Мб/с
- Основное предназначение - поддержка голосовых вызовов для устаревших телефонов и интернета для промышленных модемов.
- GSM900 используется в основном в отдаленных районах. Также, данный диапазон проникает в сложные помещения (цоколи, подвалы, паркинги и т.п.).
- GSM1800 используется в городе для поддержки кнопочных телефонов, терминалов оплаты, банкоматов и т.п.

### 3G

Включает в себя диапазоны:

- UMTS-900
- UMTS-2100.

- Диапазон UMTS-900 используется крайне редко, в основном на ЮЗ московской области.
- Максимальная скорость передачи данных - 42 Мб/с.
- В большинстве населенных пунктов голосовая связь происходит именно в 3G диапазоне.

### 4G

Включает в себя диапазоны:

- LTE-800
- LTE-900
- LTE-1800
- LTE-2100
- LTE-2300
- LTE-2600

- Самые популярные диапазоны LTE-1800 и LTE-2600.
- Максимальная скорость передачи данных - 300 Мб/с.
- Используется, в основном, для высокоскоростной передачи данных.
- Возможна агрегация диапазонов, то есть параллельная связь с 2 и более LTE диапазонами.
- Возможность голосовой связи через 4G сети только развивается.

Все первые системы сотовой связи были аналоговыми. К ним относятся:

- AMPS (Advanced Mobile Phone Service — усовершенствованная служба мобильной связи, диапазон 800 МГц) — широко использовался в США, Канаде, Центральной и Южной Америке, Австралии; известен также как «североамериканский стандарт»; был наиболее распространённым стандартом в мире, обслуживавшим почти половину всех абонентов сотовой связи (вместе с цифровой модификацией D-AMPS, речь о которой впереди); использовался в России в качестве регионального стандарта (в основном — в варианте D-AMPS), где он также являлся наиболее распространённым. На данный момент морально устарел. 18 апреля 2008 года прекратила свою работу двустандартная сеть AMPS/CDMA-800 Fora Communications (принадлежала Теле2) в Санкт-Петербурге — последняя крупная сеть стандарта AMPS.
- TACS (Total Access Communications System — общедоступная система связи, диапазон 900 МГц) — используется в Англии, Италии, Испании, Австрии, Ирландии, с модификациями ETACS (Англия) и JTACS/NTACS (Япония); это второй по распространённости стандарт среди аналоговых; ещё недавно, в 1995 г., он занимал и общее второе место в мире по величине абонентской базы, но в 1997 г. оттеснён на четвёртое место более быстро развивающимися цифровыми стандартами;
- NMT-450 и NMT 900 (Nordic Mobile Telephone — мобильный телефон северных стран, диапазоны 450 и 900 МГц соответственно) — используется в Скандинавии и во многих других странах; известен также как «скандинавский стандарт»; третий по распространённости среди аналоговых стандартов мира. Стандарт NMT 450 является одним из двух стандартов сотовой связи, принятых в России в качестве федеральных (второй — цифровой стандарт GSM 900);
- C-450 (диапазон 450 МГц) — используется в Германии и Португалии;
- RTMS (Radio Telephone Mobile System — мобильная радиотелефонная система, диапазон 450 МГц) — используется в Италии;
- Radiocom 2000 (диапазоны 170, 200, 400 МГц) — используется во Франции;
- NTT (Nippon Telephone and Telegraph system — японская система телефона и телеграфа, диапазон 800...900 МГц — в трех вариантах) — используется в Японии.

Во всех аналоговых стандартах применяются частотная модуляция для передачи речи и частотная модуляция для передачи информации управления (или сигнализации — signaling). Этим так же была обусловлена интерференция сигнала. Как правило, подвижная станция первого поколения имела высокую мощность (3-5 Вт). Для передачи информации различных каналов используются различные участки спектра частот — применяется метод множественного доступа с частотным разделением каналов (Frequency Division Multiple Access — FDMA), с полосами каналов в различных стандартах от 12,5 до 30 кГц. С этим непосредственно связан основной недостаток аналоговых систем — относительно низкая ёмкость, являющаяся прямым следствием недостаточно рационального использования выделенной полосы частот при частотном разделении каналов. Этот недостаток стал очевиден уже к середине 80-х годов, в самом начале широкого распространения сотовой связи в ведущих странах, и сразу же значительные силы были направлены на поиск более совершенных технических решений. В результате этих усилий и поисков появились цифровые сотовые системы второго поколения. Переход

к цифровым системам сотовой связи стимулировался также широким внедрением цифровой техники в связь в целом и в значительной степени был обеспечен разработкой низкоскоростных методов кодирования и появлением сверхминиатюрных интегральных схем для цифровой обработки сигналов.

## 2G

В США аналоговый стандарт AMPS получил столь широкое распространение, что прямая замена его цифровым оказалась практически невозможной. Выход был найден в разработке двухрежимной аналого-цифровой системы, позволяющей совмещать работу аналоговой и цифровой систем в одном и том же диапазоне. Работа над соответствующим стандартом была начата в 1988 г. и закончена в 1992 г.; стандарт получил наименование D-AMPS, или IS-54 (IS — сокращение от Interim Standard, то есть «промежуточный стандарт»). Его практическое использование началось в 1993 г. В Европе ситуация осложнялась наличием множества несовместимых аналоговых систем («лоскутное одеяло»). Здесь выходом оказалась разработка единого общеевропейского стандарта GSM (GSM 900 — диапазон 900 МГц). Соответствующая работа была начата в 1982 г., к 1987 г. были определены все основные характеристики системы, а в 1988 г. приняты основные документы стандарта. Практическое применение стандарта началось с 1991 г. Ещё один вариант цифрового стандарта, по техническим характеристикам схожий с D-AMPS, был разработан в Японии в 1993 г.; первоначально он назывался JDC, а с 1994 г. — PDC (Personal Digital Cellular — буквально «персональная цифровая сотовая связь»).

Но на этом развитие цифровых систем сотовой связи не остановилось.

Стандарт D-AMPS дополнительно усовершенствовался за счёт введения нового типа каналов управления. Дело в том, что цифровая версия IS-54 сохранила структуру каналов управления аналогового AMPS, что ограничивало возможности системы. Новые чисто цифровые каналы управления введены в версии IS-136, которая была разработана в 1994 г. и начала применяться в 1996 г. При этом была сохранена совместимость с AMPS и IS-54, но повышена ёмкость канала управления и заметно расширены функциональные возможности системы. Стандарт GSM, продолжая совершенствоваться технически (последовательно вводимые фазы 1, 2 и 2+), в 1989 г. пошёл на освоение нового частотного диапазона 1800 МГц. Это направление известно под названием системы персональной связи. Отличие последней от исходной системы GSM 900 не столько техническое, сколько маркетинговое при технической поддержке: более широкая рабочая полоса частот в сочетании с меньшими размерами ячеек (сот) позволяет строить сотовые сети значительно большей ёмкости, и именно расчёт на массовую систему мобильной связи с относительно компактными, лёгкими, удобными и недорогими абонентскими терминалами был заложен в основу этой системы. Соответствующий стандарт (в виде дополнений к исходному стандарту GSM 900) был разработан в Европе в 1990—1991 гг. Система получила название DCS 1800 (Digital Cellular System — цифровая система сотовой связи; первоначально использовалось также наименование PCN — Personal Communications Network, что в буквальном переводе означает «сеть персональной связи») и начала использоваться с 1993 г. В 1996 г. было принято решение именовать её GSM 1800. В США диапазон 1800 МГц оказался занят другими пользователями, но была найдена возможность выделить полосу частот в диапазоне 1900 МГц, которая получила в Америке название диапазона систем персональной связи (PCS — Personal Communications Systems), в отличие от диапазона 800 МГц, за которым сохранено название сотового



(cellular). Освоение диапазона 1900 МГц началось с конца 1995 г.; работа в этом диапазоне предусмотрена стандартом D-AMPS (версия IS-136, но аналогового AMPS в диапазоне 1900 МГц уже нет), и разработана соответствующая версия стандарта GSM («американский» GSM 1900 — стандарт IS-661).

## 2.5G

- GPRS (англ. General Packet Radio Service — пакетная радиосвязь общего пользования) — надстройка над технологией мобильной связи GSM, осуществляющая пакетную передачу данных. GPRS позволяет пользователю мобильного телефона производить обмен данными с другими устройствами в сети GSM и с внешними сетями, в том числе Интернет. GPRS предполагает тарификацию по объёму переданной/полученной информации, а не времени.
- EDGE (англ. Enhanced Data rates for GSM Evolution) - дальнейшее развитие GPRS, отличающееся только способом кодирования данных, что позволяет за один таймслот передавать больший объем данных. EDGE иногда называют 2.75G.
- XRTT (One Times Radio Transmission Technology) — 2.5G мобильная технология передачи цифровых данных основанная на CDMA-технологии. Использует принцип передачи с коммутацией пакетов. Теоретически возможная скорость передачи 144 Кбит/сек, но на практике реальная скорость менее 40-60 Кбит/сек. XRTT использует лицензируемый радиочастотный диапазон и, подобно другим мобильным технологиям, широко распространена.

## 3G

Все перечисленные выше цифровые системы второго поколения основаны на методе множественного доступа с временным разделением каналов (Time Division Multiple Access — TDMA). Принципиальное отличие сетей 3G заключается в использовании технологии множественного доступа с кодовым разделением каналов (Code Division Multiple Access — CDMA).

Первый стандарт 3G был разработан в 1992—1993 гг. в США и назывался IS-95 (диапазон 800 МГц). Он начал применяться с 1995—1996 гг. в Гонконге, США, Южной Корее, причём в Южной Корее — наиболее широко, а в США начала использоваться и версия этого стандарта для диапазона 1900 МГц. Направление персональной связи нашло своё преломление и в Японии, где в 1991—1992 гг. была разработана и с 1995 гг. начала широко использоваться система PHS диапазона 1800 МГц (Personal Handy-phone System — буквально «система персонального ручного телефона»).

В то же время был разработан стандарт UMTS, получивший наибольшее распространение в странах Европы и СНГ. Основой этого стандарта стала технология W-CDMA, являющаяся одним из вариантов CDMA. Стандарт UMTS разработан для совместной работы с GSM - для доступа к обеим сетям используется SIM-карта. Таким образом, в зависимости от поддержки телефоном сетей UMTS, а также в случае нахождения в зоне покрытия этой сети, связь может обеспечиваться либо посредством GSM, либо посредством CDMA.

### 3.5G

HSPA (High Speed Packet Access — высокоскоростная пакетная передача данных) — технология, являющаяся дальнейшим развитием стандарта UMTS, который относится к 3G. HSPA основан на стандартах HSDPA, который регламентирует передачу данных от базовой станции к абоненту и HSUPA, регламентирующий передачу от абонента к базовой станции.

### 4G

Технологии, претендующие на роль 4G (и очень часто упоминаемые в прессе в качестве 4G):

- LTE
- TD-LTE
- Mobile WiMAX
- UMB
- HSPA+

В настоящее время запущены сети WiMAX и LTE. Первую в мире сеть LTE в Стокгольме и Осло запустил альянс TeliaSonera/Ericsson — расчётное значение максимальной скорости передачи данных к абоненту составляет 382 Mbps и 86 Mbps — от абонента. Насчёт UMB планы внедрения не известны, так как ни один оператор (в мировом масштабе) не заключил контракт на его тестирование. Стоит отметить, что стандарт WiMAX не все относят к 4G, так как он не интегрирован с сетями предыдущих поколений таких как 3G и 2G, а также из-за того, что в сети WiMAX сами операторы не предоставляют традиционные услуги связи, такие как голосовые звонки и SMS, хотя пользование ими возможно при использовании различных VoIP сервисов. ИМТ разрешил сетям HSPA+ называться 4G, т. к. они обеспечивают соответствующие скорости.

### 5G

«Основной задачей для сетей пятого поколения станет расширение спектра используемых частот и увеличение ёмкости сетей. Ожидается, что новая технология решит над которой работают все операторы в мире, — повысит эффективность сетевой инфраструктуры», — заявили в Huawei.

### 6G

После развертывания сетей сотовой связи 5 поколения 5G усилился интерес ученых и инженеров к разработке оборудования следующего поколения сотовой связи. Специалисты сходятся во мнении, что в нем получают дальнейшее развитие подходы, недостаточно полно реализованные в предыдущем поколении, основанные на применении искусственного интеллекта, квантовых коммуникаций, что позволит достичь скорости передачи данных от сотен Гбит/с до 1 Тбит/с.