

# **Технологии реализующие широкополосный доступ**

**С. Салохиддинова, магистрантка (ТУИТ)**

*В статье рассматриваются технологии реализующие широкополосный доступ средствами проводной и беспроводной связи*

27 сентября 2019 года в газете "Хабар" № 39 (1409) была опубликована статья под названием "Внедрение широкополосных сетей в сельских районах - требование времени". В ней была изложена роль широкополосного доступа в различных хозяйствах Республики и, что " развитие высокоскоростных сетей будет способствовать привлечению граждан и предпринимателей из аграрных или труднодоступных областей к процессу развития национальной экономики и предоставит государству новые возможности для развития инфраструктуры ( транспортных сетей, образовательных и медицинских учреждений) в сельской местности".

В данной статье будут рассмотрены способы реализации широкополосного доступа (ШПД). Предварительно ознакомимся с результатами анализа термина "широкополосный доступ", проведённого профессором МТУСИ В.А. Нетес [1]. Он пишет, что слово "широкополосный" означает широкую полосу частот, т.е. полосу пропускания канала или линии связи. Однако пользователей ШПД больше интересует, с какой скоростью будет осуществляться передача данных. Конечно, при прочих равных условиях, чем шире полоса пропускания, тем выше скорости передачи. Поэтому более правильно говорить не о широкополосном, а о высокоскоростном доступе.

Несколько авторитетных международных организаций - МСЭ, Организация экономического сотрудничества и развития, ТМФорум - приняли одинаковую нижнюю границу скорости СИПД, равную 256 Кбит/с. МСЭ установила следующие категории скоростей ШПД: от 256 Кбит/с до 2 Мбит/с, от 2 до 10 Мбит/с и свыше 10 Мбит/с, причём в последнем случае могут выделяться три подкатегории: от 10 до 100 Мбит/с, от 100 Мбит/с до 1 Г бит/с и свыше 1 Г бит/с.

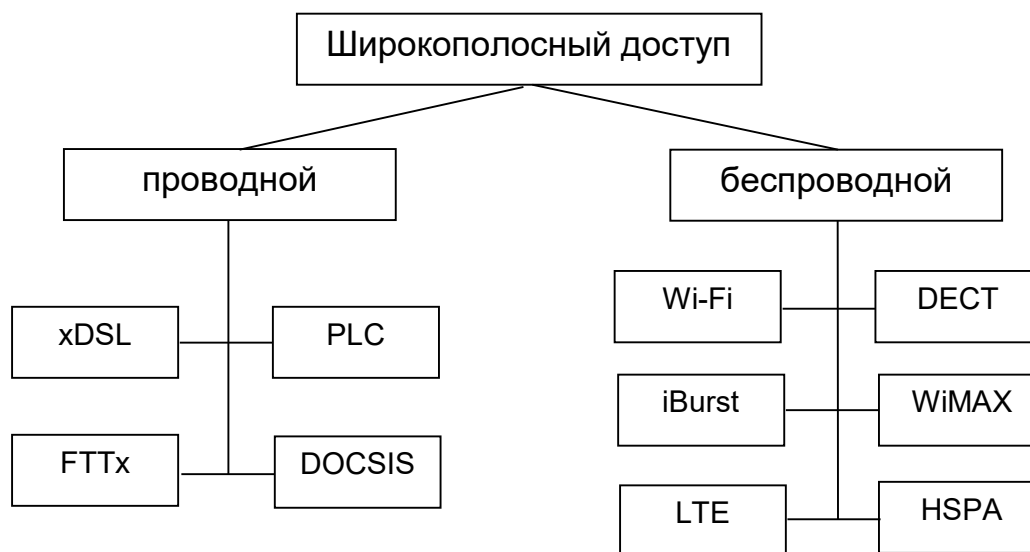
Второе слово рассматриваемого словосочетания "доступ" подразумевает некоторые пояснения, отвечающие на вопросы: куда, к чему? Чаще всего, говоря о ШПД, имеют в виду доступ в Интернет. Однако многие операторы связи строят сети ШПД для предоставления своим пользователям набора услуг Triple Play, включающего помимо этого ещё телефонию и телевидение.

В этих случаях сеть ШПД должна удовлетворять всем требованиям, которые предъявляются к сетям, используемым для оказания каждой из услуг. В частности, надёжность сети. ШПД должна обеспечивать выполнение соответствующих требований, предъявляемых к сети телефонной связи.

В соответствии с требованиями к организационно-техническому обеспечению устойчивого функционирования сети связи общего пользования, коэффициент готовности сети местной телефонной связи должен быть не менее 0,9999. Жёсткость этих требований обусловлена необходимостью для каждого оператора местной телефонной связи предоставить всем абонентам возможность круглосуточного вызова экстренных оперативных служб. Таким образом, речь идёт о выполнении операторами обязательств, направленных на обеспечение общественной безопасности, жизни и здоровья граждан.

В настоящее время [2] спектр технологий ШПД используют традиционные и нетрадиционные линии связи в различных средах распространения (медь, алюминий, эфир, оптоволокно). Высоким требованиям по широкополосности в большей степени отвечают спутниковые технологии на частотах дециметрового, сантиметрового и миллиметрового диапазонов либо оптические диапазоны на земле (ВОЛС, АОЛС и др.).

Таким образом, огромное число технологий, реализующих ШПД, можно разделить на проводные и беспроводные. Отличительный признак первых - доступ посредством соединительного провода (медного, алюминиевого, оптоволоконного), главное преимущество - воспроизводимость "частного ресурса. В беспроводных технологиях вместо "провода" - "эфир", поэтому их часто обозначают словом радиодоступ". К технологии радиосвязи относятся: сотовая телефония, пейджинг, абонентский радиодоступ и др. Классификация основных технологий ШПД на физическом уровне показана на рисунке



Одной из наиболее удачных технологий проводного ШПД [3], позволяющей использовать абонентские линии существующей телефонной сети, считается XDSL, где "X" обозначает начальный символ в названии конкретной технологии ШПД. Самая первая - HDSL, которая позволяла бы по двум витым парам передавать на расстояние до 6 км со скоростью более 2 Мбит/с без регенерации (при диаметре жил кабеля 0,5 мм).

Следующая технология ADSL позволяла передавать данные клиенту со скоростью 6 Мбит/с на расстояние до 6 км, скорость данных от абонента ограничивалась 64 Кбит/с.

В основе расчёта скоростного потенциала линии передачи лежит теорема К. Шеннона, согласно которой скорость в канале не может превышать значения:

$$V = W \times \log_2 \left( \frac{S}{N} + 1 \right) \quad (1)$$

где  $W$  - ширина используемой полосы частот (Гц),  $S$  - уровень сигнала, учитывающий затухание в линии (мВт),  $N$  - уровень шума (мВт).

Из теоремы К Шеннона следует известный результат для расчёта скорости в линии ADSL:

$$V = \frac{4000}{3} \times \sum_1 (SNR_i - 20), \quad (2)$$

где  $SNR_i$  - отношение сигнал/шум в  $i$ -м канале, числа 20 рекомендуемый запас помехозащищённости по стандарту G. 992. При фиксированной мощности передатчика  $SNR$  определяется затуханием сигнала в линии и уровнем шума.

Затем появилась технология VDSL, которая отличалась от других технологий DSL высокой скоростью. Основная область применения VDSL - доставка трафика от оптоволоконных окончаний до абонента внутри зданий.

Возможность использования инфраструктуры кабельного телевидения предоставляет технология передачи данных по коаксиальному кабелю DOCS / S. Она предусматривает передачу данных абоненту с максимальной скоростью до 42 Мбит/с (при ширине полосы пропускания 6 МГц).

"Революционной" по скорости доступа" является технология FTТх (Fiber to the x) - оптическое волокно до точки "x". Например, FTTH Fiber to the Home) - волокно до квартиры, обеспечивает наибольшую полосу пропускания, массовое обслуживание абонентов на расстоянии до 20 км от узла связи, скорость доступа для абонента до нескольких гигабит в секунду, что вполне приемлемо на ближайшую перспективу.

Разновидностью FTТх является технология пассивных оптических сетей (Passive Optical Network, PON). основанная на древовидной волоконно-кабельной архитектуре с пассивными оптическими разветвителями на узлах, она обеспечивает экономический способ ШПД. Основные преимущества PON - использование одного приёмно-передающего модуля для передачи информации от них; частотное разделение потоков (по длине волны: нисходящий поток 1550 нм, восходящий - 1310 нм).

Беспроводной широкополосный доступ (БШПД) обеспечивает доступ пользователей к мультисервисным сетям в любом месте. Кроме того, эта технология, в отличие от проводных технологий ШПД, может быть развёрнута

за короткий срок, требует значительно меньших капитальных затрат на построение и хорошо подходит для регионов, где внедрение проводных широкополосных сетей доступа экономически нецелесообразно или невозможно. Другие сферы применения БШПД: подключение удалённых узлов операторов связи, высокоскоростная передача данных для мобильных пользователей, создание резервных каналов, организация инфраструктуры при чрезвычайных ситуациях и для временного использования.

Одной из первых беспроводных технологий является Wi-Fi (Wireless Fidelity - беспроводная точность). Изначально её стандарт 802.11 был ориентирован на диапазон 2,400 - 2,4835 ГГц с шириной 83,5 МГц. Скорости передачи информации устанавливались на уровне 1 и 2 Мбит/с. Затем появляется дополнение к стандарту 802.11 - спецификация 802.11b, предусматривающая работу в диапазоне 2,4 ГГц только методом прямого расширения спектра со скоростями передачи информации до 5,5 -11 Мбит/с. Вскоре выходит спецификация 802.11a, ориентированная на работу в диапазоне 5 ГГц со скоростями передачи до 54 Мбит/с. А в 2003г. утверждена спецификация 802.11g (диапазон 2,4 ГГц, скорость передачи до 54 Мбит/с).

Следующая технология DECT (Digital Enhanced Cordless Telecommunications) - беспроводная связь на частотах 1880-1900 МГц. Стандарт был задуман для телефонии, однако благодаря своей технологичности (микросотовая архитектура) сразу стала использоваться для передачи данных. DECT относится к системам пакетной радиосвязи с частотно-временным разделением каналов.

Более успешной стала технология Wimax (Worldwide Interoperability for Microwave Access - всемирное взаимодействие сетей для беспроводного доступа в микроволновом диапазоне). Она разработана с целью предоставления универсальной беспроводной связи на большие расстояния для широкого спектра устройств - от рабочих станций и портативных компьютеров до мобильных телефонов. Таким образом, точка доступа могут быть не привязаны к положению на местности. Теоретически дальность связи Wimax может достигать 30 км. Линейку стандартов 802.16 (Wimax) относят к беспроводным сетям доступа операторского класса. Стандарт 802.16a был задуман как альтернатива технологиям DSL Ethernet и т.п. Эта спецификация является расширением базового стандарта 802.16 и предусматривает работу в диапазоне 2 - 11 ГГц.

Архитектура сетей Wimax не привязана к какой-либо определённой конфигурации, обладает высокой масштабируемостью. Она способна наращивать количество каналов и работать при различных методах формирования каналов в спектре 1,25 до 20 МГц, чтобы удовлетворить различные требования к использованию диапазона. Все это позволяет достичь выгодных экономических решений в конкретной географической зоне.

В таблице представлены скорости передачи, сеть использования и дальность действия основных стандартов IEEE 802.

**Таблица 1**

Технология; стандарт	Диапазон частот, ГГц	Скорость передачи данных, Мбит/с	Сеть использования	Дальность действия, км
Wi-Fi; 802.11g	5,0	54	WLAN	0,1
Bluetooth; 802.15.3	2,4	55	WPAN	0,1
WiMAX: 802.16d 802.16c	1,5-11 10-66	75	WMAN	6-10
WiMAX 802.16e	2,3-13,6	40	Mobile WMAN	1-5

Следующей мобильной технологией является LTE (Long Term Evolution). Она представляет собой стандарт, направленный для удовлетворения пользователей в скорости передачи данных, повышении эффективности и безопасности, снижении издержек, расширении спектра уже оказываемых услуг мультисервисных сетей, а также интеграции с существующими протоколами.

Скорость передачи данных по стандарту LTE теоритически достигает 326,4 Мбит/с на приём и 172,8 Мбит/с на передачу, в международном же стандарте прописано 173 Мбит/с на приём и 58 Мбит/с - вверх. Радиус воздействия LTE зависит от мощности это порядка 5 км, но при необходимости возможно 30 или даже 100 км (при увеличении высоты антенны).

Конкурентами мобильной технологии Wimax являются мобильные технологии 3G. Для соединения базовой станции с абонентской используется сверхвысококачественный диапазон радиоволн: от 1,5 до 11 ГГц. В идеальных условиях скорость обмена данными может достигать 70 Мбит/с. Между базовыми станциями устанавливаются соединения (прямой видимости), использующие диапазон частот от 10 до 66 ГГц, скорость обмена данными может достигать 140 Мбит/с.

Ещё одной конкурентной технологией Wimax явилась технология HSPA (High Speed Packet Access - высокоскоростная пакетная передача данных). У HSPA максимальная теоритическая скорость передачи данных от базовых станций до всех локальных абонентов) и около 5,8 Мбит/с от абонента.

Как видно из выше изложенного, эволюция технологий передачи данных в сотовых системах связи от стандарта NMT (1G ) к LTE (4G) привела к увеличению скорости передачи информации в 272 тыс.раз.

В последние годы интенсивно велась работа по созданию системы мобильной связи 5-го поколения - 5 G[4]. Необходимость этой системы

продиктована целым рядом факторов, главными из которых являются: лавинообразный рост трафика, дальнейшее развитие сетей связи, дополнительный трафик за счёт подключения устройств (M2M), большое разнообразие применений (сервисов) и требований. К основным техническим требованиям относятся:

- пиковая скорость передачи данных 10-50 Гбит/с.
- спектральная эффективность - 5x (по сравнению с LTE),
- потребляемый трафик абонента 500 Гбит/мес,
- количество абонентских устройств (106-107)/км (до 300 тыс. в соте).

В газете "Хабар" № 48, 29 ноября 2019 года было опубликовано сообщение, что компания UCELL установила первую 5G станцию в Tashkent CITY. Скорость подключения превышала 1 Гбит/с.

### **Использованная литература**

1. Нетес В.А. Что скрывается за словами "Широкополосный доступ"? // Вестник связи. - 2013. - №5. - с. 12-14

2. Аджемов С.С., Урядников Ю.Ф. Технологии широкополосного доступа: динамика и перспективы развития // Электросвязь. - 2011. - № 1. - с. 19-23.

3. Горохов В.М., Скаковский В.А., Сергеев Д.В., Столяров В.С. Расчёт скорости линии ADSL// Вестник связи. - 2008. - № 2. - с. 68-71.

4. Скрынников В. 5G: Облик будущих систем мобильной связи. Часть 1.// Технологии и средства связи. - 2014. - № 6. - с. 5G - G1.