

ОСОБЕННОСТИ ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ WTTX В СЕТЯХ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ

Давлетова Холисахон Рахимджановна

Ташкентский университет информационных технологий имени Мухаммада аль-Хорезми,
E-mail: holisa23459@mail.ru

KEYWORDS

WTTx - wireless to the x,
FWA - fixed wireless
access, LTE - long-term
evolution, Worldwide
Interoperability for
Microwave Access -
WiMAX, multiple - Input
Multiple - Output - MIMO

ABSTRACT

В данной статье приведен анализ архитектуры технологии WTTx (Wireless to the x), особенности развития и внедрения на сетях телекоммуникации. Технология WTTx является важным направлением развития современных беспроводных технологий, обеспечивая высокоскоростной доступ к сети широкополосного Интернета для конечных пользователей. Показан подробный анализ основных принципов построения архитектуры WTTx, особенности технологии, а также проведена оценка её эффективности и потенциала для применения в современных телекоммуникационных сетях.

Введение. С развитием технологий и увеличением объема передаваемой информации возрастает важность обеспечения эффективной и надежной передачи данных. Все больше людей используют телекоммуникационные сети для работы, обучения, развлечений и других целей, что подчеркивает необходимость постоянного совершенствования инфраструктуры и технологий связи. В контексте развития технологий передачи данных особое внимание привлекают беспроводные технологии, позволяющие обеспечить широкополосный доступ к сети Интернет и другим сетевым ресурсам без необходимости физического подключения к сетевой инфраструктуре [1].

Основная часть. Одним из таких направлений развития беспроводных технологий является WTTx (Wireless To The x) – технология беспроводной передачи данных, обеспечивающая высокоскоростной доступ к Интернету и другим сетевым услугам на основе фиксированного доступа. Использование фиксированного беспроводного доступа по технологии WTTx позволяет также развернуть доступ к широкополосному Интернету там, где создание сетей на основе оптоволоконного кабеля является неэффективной или сложно выполнимой задачей. Благодаря данной

технологии у жителей в сельских районах и в отдалённых поселениях появится возможность получить качественный доступ к Интернету.

Технология WTTx находит применение в следующих сферах: Домашний широкополосный Интернет на основе фиксированного беспроводного доступа (FWA – Fixed Wireless Access) – предоставляет высокоскоростной Интернет-доступ для хозяйств в районах, где традиционные проводные технологии недоступны или недостаточно развиты. Это особенно актуально для сельских и отдаленных местностей. Малый и средний бизнес – небольшие компании могут использовать WTTx для организации Интернет-доступа и внутренних сетей, что позволяет снизить затраты на инфраструктуру и быстро подключиться к сети. Развитие технологий Интернет-вещей (IoT) – WTTx поддерживает различные IoT-устройства и приложения, тем самым может быть задействована в таких проектах как умный дом, умный город и системы мониторинга. Быстрое развертывание связи при чрезвычайных ситуациях. В случае стихийных бедствий и других непредвиденных обстоятельств, WTTx может использоваться для быстрого восстановления связи и предоставления необходимых коммуникационных услуг для спасательных операций.

Методы исследования. Технология WTTx включает в себя несколько подходов, основанных на стандартах беспроводной связи, таких как LTE (Long-Term Evolution, стандарт беспроводной высокоскоростной передачи данных для мобильных телефонов и других устройств, работающих с данными), WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access, телекоммуникационная технология, разработанная для обеспечения универсальной беспроводной связи на больших расстояниях для широкого спектра устройств), а также некоторые специализированные решения, разработанные отдельными производителями оборудования.

LTE (Long-Term Evolution) – стандарт мобильной передачи данных, впервые появившийся в 2009 году. Аббревиатура расшифровывается как «долговременная эволюция». Такое название символизировало шаг вперед, ведь LTE – это логическое продолжение стандартов третьего поколения 3G и предшествующих ему 2G и 1G. Среди характеристик данного стандарта можно отметить: максимальная заявленная скорость приема – 100-150 Мбит/с. На практике эти цифры ниже – 25-40 Мбит/с. Все зависит от оператора, наличия усиливающих антенн, близости базовых станций и др.; задержка в передаче трафика не более 5 мс, что удобно при скачивании объемного контента; функционирует на любых частотах, поэтому мобильный Интернет более стабилен, реже тормозит и «вылетает» [2].

4G – это четвертое поколение беспроводной связи. Стандарт означает передачу данных на сверхвысокой скорости. Он был утвержден в 2008 году Международным союзом электросвязи, и следующие несколько лет велась работа по его повсеместному внедрению. Основное отличие от третьего поколения – передача данных полностью основывается на IP-адресах, то есть используются пакетные протоколы. В процессе доставки такие данные менее подвержены шифрованию, этим объясняется высокая скорость Интернета. Характеристики технологии: пиковая скорость для стационарных устройств 1 Гбит/с, для находящихся в движении (например, в машине или поезде) – 100 Мбит/с; высокая скорость

отдачи информации – 50-60 Мбит/с; меньше обрывов сети. Для БС и вышек 4G не являются серьезными препятствиями рельеф местности, плотные застройки, многоэтажные сооружения.

Заявленная скорость позволяет за считанные секунды загружать видео в HD-качестве, играть в многопользовательские игры, мгновенно скачивать или отправлять большие объемы информации, совершать видеозвонки и присоединяться к видеоконференциям. Чем ближе вышка 4G, тем более впечатляющей будет скорость работы. Если вы удалены от ближайшей базовой станции (находитесь за пределами города, на даче), можно воспользоваться усилителями 4G сигнала. Ими могут быть уличная антенна, репитер и комнатная антенна.

Обычно LTE идет в связке с 4G – операторы сотовой связи и производители гаджетов объединяют их под единой маркировкой. Поэтому среднестатистический абонент не знает, в чем отличие двух понятий и думает, что это одно и то же.

LTE – это скорее доработанный формат 3G, промежуточное звено между третьим и четвертым поколениями сетей. Он не соответствует требованиям 4G и стал только началом развития беспроводного высокоскоростного Интернета. Принципы работы стандартов похожи, но между ними есть разница в скоростях. Итак, в отличие от LTE у 4G следующие преимущества: скорость соединения в десятки раз выше; одновременная работа в Интернете и передача голосовых данных; более стабильная связь; поддержка сети предыдущих поколений – покинув зону покрытия, вы не окажетесь без связи, а автоматически подключитесь к 3G или ниже (в LTE-девайсе сигнал же просто исчезнет).

Worldwide Interoperability for Microwave Access (WiMAX) - стандартная технология беспроводной связи для обеспечения высокоскоростного широкополосного подключения на большие расстояния для внутренних и коммерческих целей. Он работает по принципу метода модуляции ортогонального частотного разделения OFDM.

Это технология беспроводного мобильного доступа 4-го поколения.

Результаты. Принцип работы WiMAX аналогичен принципу Wi-Fi. Компьютер или ноутбук, оснащенные WiMAX, будут получать данные от передающей станции, используя зашифрованные ключи данных. Система WiMAX состоит из вышки (базовой станции) и приемника WiMAX. Базовая станция может обеспечить покрытие большой площади, в то время как приемник WiMAX может быть ноутбуком или PCMCIA картой, который принимает сигналы от БС. Станция на вышке может быть подключена непосредственно к Интернету с использованием высокоскоростной полосы пропускания, проводного соединения или другой базовой станции с WiMAX.

Охват сельского населения. Многие могут предположить, что беспроводной широкополосный доступ предназначен главным образом для сельских районов или развивающихся стран. Но статистика показывает, что регион, лидирующий по поставкам пользовательского оборудования, это не Африка или Латинская Америка, а Европа [3].

Благодаря тому, что пять операторов создают конкурентную среду широкополосной мобильной связи и фиксированную широкополосную связь, нежизнеспособную с точки зрения как стоимости, так и окупаемости, оператор Dialog определил технологию 4G FWA компании Huawei, как лучший способ использовать свои существующие сети, частотные ресурсы и зоны покрытия для предоставления широкополосной связи для дома и бизнеса.

Начав развертывание в 2013 году, Dialog увеличил проникновение широкополосной связи для домашних хозяйств до 26%, выведя 800,000 человек из цифрового вакуума и обеспечив прогресс во многих областях, включая дистанционное обучение, медицинскую диагностику, образование женщин и мероприятия по борьбе с изменением климата. Данная технология также поддерживает мобильные денежные услуги eZCash компании Dialog,

позволяющая расширить доступ к финансовым услугам, выступая важным инструментом борьбы с бедностью.



Рис 1. Карта зоны покрытия территории с помощью технологии WTTX

Решение Huawei WTTX обладает преимуществами в скорости развертывания, что обусловлено его модульной архитектурой и оптимизированными процессами установки. Это позволяет операторам сократить время настройки инфраструктуры.

Одним из ключевых преимуществ WTTX является снижение операционных издержек благодаря эффективному использованию ресурсов и оптимизированным процессам обслуживания.

Технология WTTX предоставляет возможность агрегации операторов и поддерживает четыре центра сертификации операторов, что способствует повышению пропускной способности сети и обеспечению высокого уровня пользовательского опыта. Решение WTTX обеспечивает поддержку технологии Multiple-Input Multiple-Output (MIMO) в формате 4 x 4, создавая высокую скорость передачи данных и удовлетворяя запросы на различные типы услуг, включая видео, голосовое обслуживание и корпоративные VPN-сервисы. Синергетическая модель MV+WTTX обеспечивает гибкое распределение пропускной способности сети между мобильными и фиксированными пользователями в зависимости от времени суток, что позволяет оптимизировать использование ресурсов. WTTX демонстрирует снижение стоимости передачи данных на 30% по сравнению с традиционными решениями, такими как WBB

(Wireless Broadband), обеспечивая экономическую эффективность операторам связи [4].

Планирование производственных мощностей. Пропускная способность сетей WTTx планируется исходя из требований к пропускной способности действующей сети и будущего развития сервиса. Надлежащий поэтапный план развертывания разрабатывается с учетом ресурсов спектра операторов, состояния оборудования и роста объема услуг, чтобы обеспечить устойчивый рост базы пользователей, услуг и доходов операторов.



Рис 2. Процесс планирования пропускной способности сетей WTTx

Обсуждение результатов.

Планирование пропускной способности для сетей WTTx выполняется в рамках итеративного процесса. Для удовлетворения растущего спроса на услуги составляется надлежащий план пропускной способности, основанный на прогнозах развития пользователей и сервисов в обозримом будущем, основанных на тенденциях развития пользователей и сервисов и стратегиях развития операторов.



Рис 3. Методология планирования производственных мощностей

Во время разработки сервиса выполняется регулярный мониторинг пропускной способности, чтобы периодически корректировать план пропускной способности, гарантируя, что пропускная способность сети соответствует растущему спросу на услуги [5].

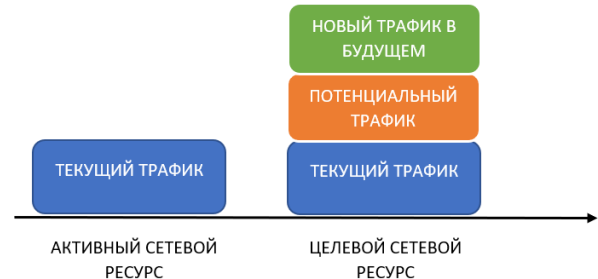


Рис 4. Планирование пропускной способности для целевых сетей WTTx и оперативных сетевых ресурсов

Планирование пропускной способности на основе прогнозирования: пропускная способность сети, как правило, планируется в соответствии с требованиями целевых сетей в обозримом будущем на основе прогнозирования будущего развития пользователей и услуг, а также для решения проблем перегрузки, возникающих в действующей сети. Таким образом, при планировании пропускной способности необходимо учитывать текущие и будущие потребности в обслуживании. Использование потенциала трафика для увеличения объема обслуживания: после реализации плана пропускной способности можно раскрыть потенциал пользователей и служб действующей сети, а также поэтапно увеличивать пропускную способность сети в соответствии с требованиями будущего роста базы пользователей и услуг.

Расширение производственных мощностей.

Если удовлетворенность пользователей ниже указанного процента, необходимо увеличить пропускную способность сети. Стимулирование расширения пропускной способности в соответствии с определенным процентом удовлетворенных пользователей в определенных сценариях является одним из ключевых этапов увеличения мощностей.

Рычаг для достижения баланса и цель планирования пропускной способности – это

увеличить доход оператора за счет увеличения пропускной способности, предоставив пользователю услуги, которые повлияют на его удовлетворённость для достижения желаемой отметки между инвестициями и доходами [6].

Лучший стандарт для расширения пропускной способности – это методология, которая обеспечивает производительность сети и удобство для пользователей, а также способствует росту сервиса при минимальных инвестициях и максимальном доходе операторов.

Стандарт расширения пропускной способности, основанный на опыте пользователя, разработан с использованием метода планирования Erl-B для голосовых услуг в соответствии с формулой распределения вероятности Пуассона. Стандарт расширения пропускной способности, основанный на опыте пользователя, заключается в следующем: Пользователи получают доступ к сетям для получения услуг случайным образом и независимо друг от друга с равной вероятностью. Вероятность того, что k пользователей будут выполнять услуги одновременно, соответствует распределению Пуассона:

$$P(k) = \frac{\lambda^k}{k!} e^{-\lambda}, k = 0, 1, \dots \quad (1)$$

где: k - количество событий, λ - математическое ожидание случайной величины (среднее количество событий за фиксированный промежуток времени), $k!$ - обозначает факториал числа $e = 2,718281828$ - основание натурального логарифма.

Скорость передачи данных по полностью загруженной ячейке составляет Y (Мбит/с). Скорость взаимодействия с пользователем снижается по мере увеличения количества подключений.

Чтобы скорость взаимодействия с пользователем была не ниже X Мбит/с, количество абонентского оборудования, передающих данные, должно быть меньше Z , что равно Y , деленному на X .

Чтобы гарантировать, что удовлетворенность пользователей превышает 90% [$P(k \leq Z) \geq 90\%$], использовать необходимо пороговое значение среднего числа абонентского оборудования, передающих данные λ , рассчитанное по формуле Пуассоновского распределения, в качестве порога увеличения пропускной способности [7].

$$P(k \leq Z) = P(k = 0) + P(k = 1) + \dots + P(k = Z) = \sum_{k=0}^Z \frac{\lambda^k}{k!} e^{-\lambda} \geq 90\% \quad (2)$$

Стандартные модели обслуживания представлены на основе 10 лучших сетей LTE TDD WTTx в мире. Характеристики следующие: Скорость передачи данных в полностью загруженной ячейке составляет от 15 Мбит/с до 40 Мбит/с. Гарантируемая пользователем скорость составляет от 2 Мбит/с до 8 Мбит/с. Самый низкий уровень удовлетворенности пользователей, соответствующий требованиям, составляет 90%. Коэффициент использования абонентского оборудования составляет 15% (для услуг передачи данных WTTx). Полоса пропускания спектра обычной одиночной несущей составляет 20 МГц. Среднее количество абонентского оборудования в режиме RRC_CONNECTED используется в качестве порога увеличения пропускной способности.

Radio Resource Control (RRC) – протокол управления радиоресурсами используется в UMTS, LTE и 5G в эфирном интерфейсе. Это протокол третьего уровня, используемый между абонентским оборудованием и Базовой станцией. Протокол указан как 3GPP в TS 25.331 для UMTS, TS 36.331 для LTE и TS 38.331 для нового радио 5G. Сообщения RRC передаются по RRC-протоколу. В таблице 1 приведены пороговые значения увеличения пропускной способности, рассчитанные для предыдущих моделей обслуживания. Пороговое значение среднего количества абонентского оборудования в режиме RRC_CONNECTED в таблице 1 основано на скорости передачи данных ячейки с полной нагрузкой и гарантированной пользователем скорости [8].

Таблица 1

Порог увеличения пропускной способности (среднее количество подключенных устройств в режиме RRC_CONNECTED) для стандартных моделей обслуживания

Расширение производственных мощностей		Скорость передачи данных при полной нагрузке ячейки					
		1	2	2	3	3	40
Гарантированная ставка пользователя	2	3	4	5	7	8	10
		6	7	8	4	5	3
	3	2	2	3	4	5	63
		1	6	6	7	2	
	5	1	1	2	2	3	36
		2	6	1	6	1	
	8	4	7	1	1	1	21
				2	4	6	

Например, если скорость передачи данных в ячейке с полной нагрузкой составляет 30 Мбит/с, а гарантированная пользователем скорость составляет 3 Мбит/с, порог увеличения пропускной способности (порог среднего количества подключенных устройств в режиме RRC_CONNECTED) равен 47.

Заключение. Основываясь на анализе архитектуры технологии WTTx и её пропускной способности, можно сделать вывод о том, что данная технология демонстрирует значительное преимущество в сравнении с традиционными проводными сетями, особенно в условиях высокой плотности пользователей и разнообразных топографических препятствий. Мировая практика показывает, что WTTx успешно справляется с задачей повышения цифровой включённости, особенно в развивающихся странах. Опыт Узбекистана подтверждает, что целенаправленное внедрение WTTx может

значительно улучшить телекоммуникационную инфраструктуру и способствовать социально-экономическому развитию регионов.

Список использованной литературы

1. Запуск компанией Beeline Uzbekistan фиксированного беспроводного доступа к Интернету по технологии WTTx в Узбекистане.
<https://www.gazeta.uz/ru/2023/09/25/beeline/>
2. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: Юбилейное издание. СПб.: Питер, 2021.
3. Коваленко И.Н. Компьютерные сети: Конспекты лекций для студентов специальности 090205 Прикладная информатика (по отраслям) профессиональных образовательных учреждений. Ростов н/Д, 2016.
4. Дибров, М. В. Компьютерные сети и телекоммуникации. Маршрутизация в ip-сетях в 2 ч. Часть 1: учебник и практикум для СПО / М. В. Дибров. М.: Издательство Юрайт, 2019. 333 с.
5. Huawei представила перспективы широкополосной связи в Азиатско-Тихоокеанском регион.
<http://www.contentreview.com/articles/37827/>
6. Российский след Huawei.
<https://www.crn.ru/numbers/reg-numbers/detail.php?ID=91776>
7. История Huawei: как китайский бренд меняет индустрию телекоммуникационных технологий.
<https://vc.ru/p/huawei-strory>
8. Перспективы развития мировой отрасли телекоммуникаций – пресс-релиз.
<http://www.procontent.ru/release/2672.html>