История и настоящее проекта сетей Terragraph от Facebook

Недавно NAG опубликовал очередную новость по проекту Terragraph от Facebook - запущен еще один локальный пилот сети 60 ГГц, теперь в Пуэрто-Рико. Наверняка, многим интересно: что вообще происходит с этим проектом, как развивается? Эта статья - авторская попытка проследить за Terragraph с момента его анонсирования в 2016 году и до марта 2020 года.



Пример общественных зон Wi-Fi на базе Terragraph. Источник: проект китайского оператора (название защищено NDA)

Вначале ремарка. Для всех, кто хоть что-то слышал про этот проект, не правда ли, удивительно, что корпорация с капитализацией в 600+ млрд. долларов уже четвертый год не может вывести Terragraph на уровень хотя бы коммерческого продукта?

Предположения таковы - Facebook замахнулась на монополизацию идеи, которая была давно известна по архитектуре первоначального интернета, а потому понятна рынку и без них, и при этом упустила темп, выбрав в проект не слишком активных технологических партнеров для производства базовых станций (сколь-нибудь массовое производство никто из них пока не наладил). Это, кстати, вторая мега-технологическая попытка Facebook после проекта Aquilla (2014-2016) с идеей раздачи интернета с гигантских дронов. Хотя тестовый дрон Aquilla довели до летной годности, сам проект свернули.

Что интересно, Facebook все-таки удалось брендировать под себя идею Terragraph, а вот захватить рынок - нет. Произошла "уберизация", - если так можно выразиться, термина Terragraph, который стал нарицательным для отрасли как синоним ячеистых сетей малой дальности на оборудовании 60 ГГц. По аналогии с сервисами такси, в разных странах независимые телеком-операторы стали строить аналогичные по концепции и даже более технологичные, чем в проектах Facebook, ячеистые сети 60 ГГц, называя их Terragraph-подобными (60 GHz Terragraph-like mesh networks).

Как проект Google Fiber похоронил идею FTTH

Вначале предисловие. Для того, чтобы понять, почему возник проект Terragraph, стоит взглянуть на ситуацию с потребностями рынка в сфере широкополосного доступа (ШПД). Для операторов в развитых с точки зрения интернета странах (и России среди них), рост абонентской базы среди домохозяйств и малого бизнеса как драйвера бизнеса, уже довольно давно как практически исчерпан. В этих условиях, одной из следующих возможностей рассматривается повышение скорости подключения с введением более дорогих тарифов.

В разных странах и даже в разных регионах одной страны это могут быть разные цифры. Например, для российских городов-миллионников речь идет о подключениях на скорости 200/500/1000 Мбит/с. Соответственно, встает задача развития сетей, способных обеспечить физическую основу (уровни L1, L2) для введения новых супер-тарифов ШПД.

Если всем понятна необходимость развивать сетевое хозяйство, следующий вопрос - на каких физических каналах развивать сети в масштабах города? Первой пришла идея дотянуть оптическое волокно в каждый дом или малый офис (FTTH, Fiber-to-the-home). Это было бы отличным вариантом по

надежности соединения, но концепция постройки FTTH является излишне затратной по капиталовложениям, а сама работа по массовой прокладке волокна на территории городской и пригородной застройки - растягивается на годы.



Брендированный автомобиль проекта Google Fiber. Источник: Google

В 2016 году про сложность, длительность и дороговизну внедрения FTTH стало ясно на общемировом уровне, когда в США был тихо свернут распиаренный и щедро финансируемый проект Google Fiber. Всего через год с момента запуска (2015), потренировавшись на внедрениях в Канзас-Сити, в Google осознали, что даже они со своими мега-ресурсами не смогут революционизировать укладку волокна так, чтобы это было быстро и дешево.

Как следствие, в Google решили вариант с раскопками максимально сократить, используя беспроводные подключения везде, где это возможно. В 2016 году в новостях о проекте было сказано, что Google купил оператора беспроводной связи Webpass для развертывания своей физической сети в 8 следующих городах проекта - Лос-Анджелесе, Сан-Диего, Сан-Хосе, Портленде, Фениксе, Чикаго, Джексонвилле и Тампе.

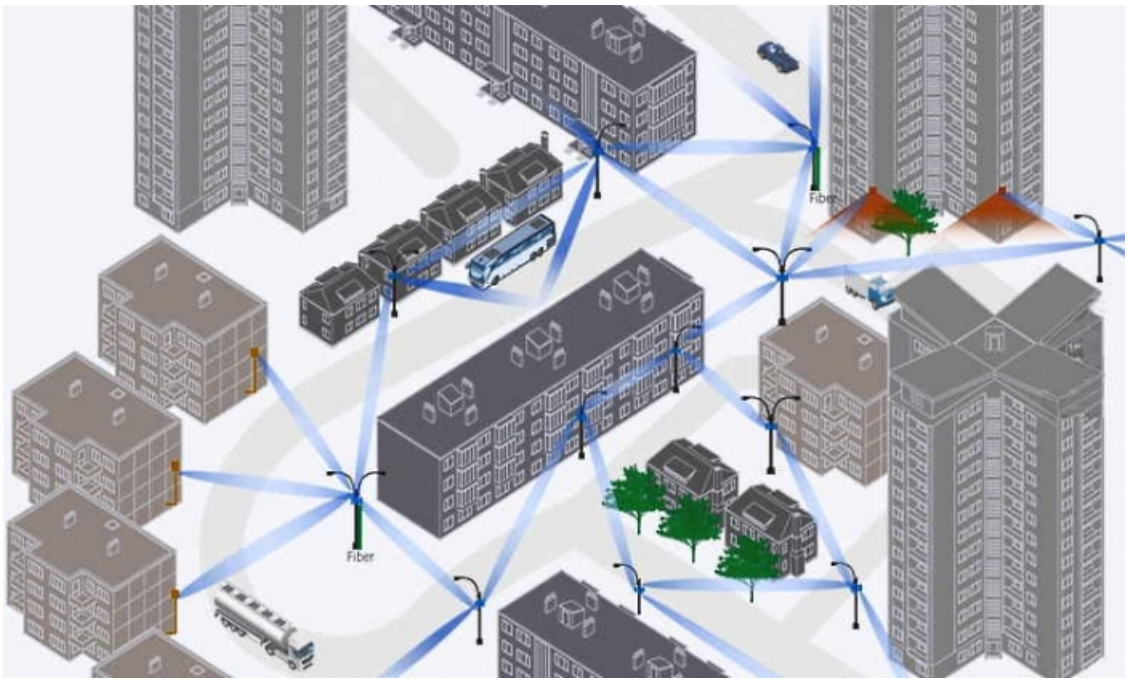
Очевидно, что вариантов "сэкономить" при прокладке волокна не так уж и много. Само волокно стоит копейки (или центы, что кому нравится). Основная доля расходов приходится на разнообразные "полевые работы", такие как вскрытие асфальта и выкапывание траншей, протяжку "воздушек", на аренду доступа к телекоммуникационным колодцам.

К примеру, в проекте FTTH для Сан-Франциско, обсуждаемом с 2017 года, речь шла о выделении средств в размере около 2 млрд долларов для города с населением 1 млн. человек, т.е. по 2 тыс. долларов за абонента. Стоимость работ по укладке оптики в траншею оценивали в 150 долларов за метр. На сегодняшний день, этот проект в Сан-Франциско так и не перешел в стадию масштабной реализации, а вместо FTTH стали внедрять беспроводные альтернативы, включая Terragraph.

Рынок ждал альтернативу FTTH

В 2016 году, практически одновременно с осознанием реалий в Google Fiber, компания Facebook выступила с концепцией "беспроводного волокна Terragraph" в виде ячеистых сетей малого радиуса действия на основе дешевых базовых станций 60 ГГц с емкостью канала 1 Гбит/с.

Идея Terragraph - в дешевом широкополосном подключении домохозяйств и малых офисов, особенно в районах малоэтажной застройки, а также как основы для покрытия городских общественных территорий зонами Wi-Fi и 5G.



Сеть Terragraph в городской застройке - пример концепта. Источник: Facebook

Архитектура сети Terragraph выглядит как ячеистая сеть, покрывающая территорию мелкими сотами с длиной пролетов в среднем от 50 до сотни метров. Базовые станции 60 ГГц монтируются на опорах освещения, стенах и крышах зданий и иных сооружениях, и объединяются в группы с автономным управлением и распределением трафика.

Как показал пример Terragraph-подобной сети в центре Лондона, построенной Cambridge Communication Systems (CCS), районы многоэтажной застройки, особенно в исторической части городов, могут выиграть от внедрения таких сетей за счет отказа от уродливых "воздушек" (оптических кабелей, протянутых с крыши на крышу) и их замены на гигабитные терминалы 60 ГГц WiGig.

Для подключения домовых сетей в Лондоне применяется архитектура типа FWA (Fixed Wireless Access), в которых "уличные" базовые станции 60 ГГц передают сигнал стационарным клиентским терминалам, расположенным снаружи здания (CPE, Customer Premises Equipment). Далее, с этого терминала уже делается разводка "витой парой" внутри здания. Отметим, что Cambridge Communication Systems никак не связана с Facebook, и это показательный пример независимой реализации Terragraph-подобной сети для общественных зон Wi-Fi и пилотных внедрений 5G.



Оборудование Terragraph-подобной сети в Лондоне. Источник: CCS

Теперь о том, что пошло не так у Facebook изначально (как это видится автору). В качестве оборудования узлов Terragraph планировались базовые станции с фазированной антенной решеткой,

которые имели бы круговое или секторное покрытие и в поле зрения каждой станции было бы 2-3 аналогичных устройства. Такие станции электронным сканированием находили бы ответные устройства, реализуя принцип самоорганизующейся и самовосстанавливающейся сети. При сбое коннекта в направлении какой-либо станции, запускалось бы повторное сканирование и переключение луча на соседние работоспособные станции. Однако в дальнейшем, в пилотных проектах Terragraph, от идеи сложных систем сканирования лучом отказались (по крайней мере, таких упоминаний больше нет), используя обычные радиолинки "точка-точка" (FWA).

В тех немногочисленных пилотах Terragraph, что прошли с 2018 года, используются станции WiGig, работающие в стандартах 802.11ad и 802.11ay с разделением радиочастот по времени TDD/TDMA. Радиолинки "точка-точка" соединяются друг с другом, образуя сеть уровня 3 (L3), которая может масштабироваться на больших географических территориях. Гибкость архитектуры обеспечивается программным обеспечением маршрутизации между конечными абонентами и точками обмена трафиком с магистральной сетью.



В 2019 году пилот Terragraph был запущен в Малайзии. Источник: YTL Communications

На 2020 год Facebook объявила, что кроме Пуэрто-Рико, намечены полевые испытания в Бразилии с операторами Claro и Vivo. Также планируются новые испытания в Афинах, где есть микроволновая исследовательская лаборатория Deutsche Telekom.

Партнеры не спешат с выпуском оборудования

Кроме пилотных инсталляций с операторами в разных странах, у Facebook есть партнерское направление с производителями оборудования.

К началу 2020 года ситуация у большинства партнеров Facebook была следующая:

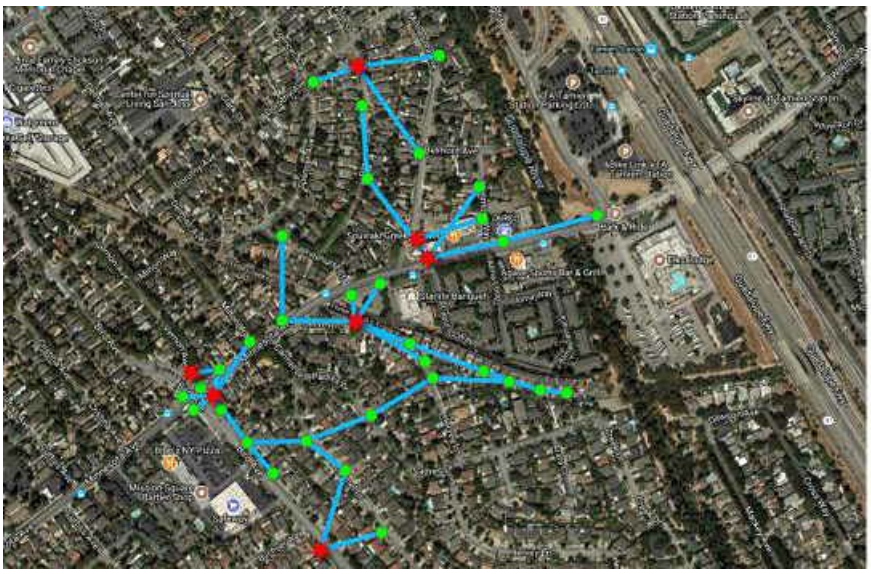
- Наиболее значимым фактом для рынка является анонс компании Siklu (ее продукция известна в России) о запуске линейки продуктов Siklu Terragraph в виде станций точка-многоточка 60 ГГц третьего поколения. Продукция анонсирована в ноябре 2019 года, но пока о коммерческих поставках сведений не найдено.
- О доступности оборудования Terragraph более года назад, в феврале 2019 года , сообщила Radwin, далее новостей от них тоже не было.
- Qualcomm объявила о семействе 60 ГГц Wi-Fi-сертифицированных чипсетов Terragraph, которые могут охватывать несколько вариантов использования, включая фиксированный беспроводной доступ FWA (про функцию сканирования лучом ничего не сообщается).

Два партнера, Nokia и Common Networks, тоже не слишком преуспели в сотрудничестве с Facebook. Роль Nokia - пассивна, никакой новой информации о Terragraph с 2018 года на сайте Nokia нет. Common Networks (стартап из Сан-Франциско) должен был заниматься тестовыми площадками Terragraph на территории США и некоторую активность они проявляют в пригороде Аламеды, но это не тянет даже на приличный пилот.

Оптические каналы, РРЛ и Terragraph

При работе над статьей, автора несколько разных людей предупреждали, что надо "аккуратнее" про оптические каналы, чтобы не задеть наш всеми уважаемый Ростелеком. А потому отдельная тема - как должны относиться к технологии Terragraph операторы-монополисты в сфере оптических кабельных сетей. Ведь Terragraph позиционируется как их антагонист, полностью беспроводная сеть, на порядок ускоряющая (в сравнении с FTTP/FTTH) сроки развертывания и снижающая расходы на подключение гигабитного интернета к потребителю.

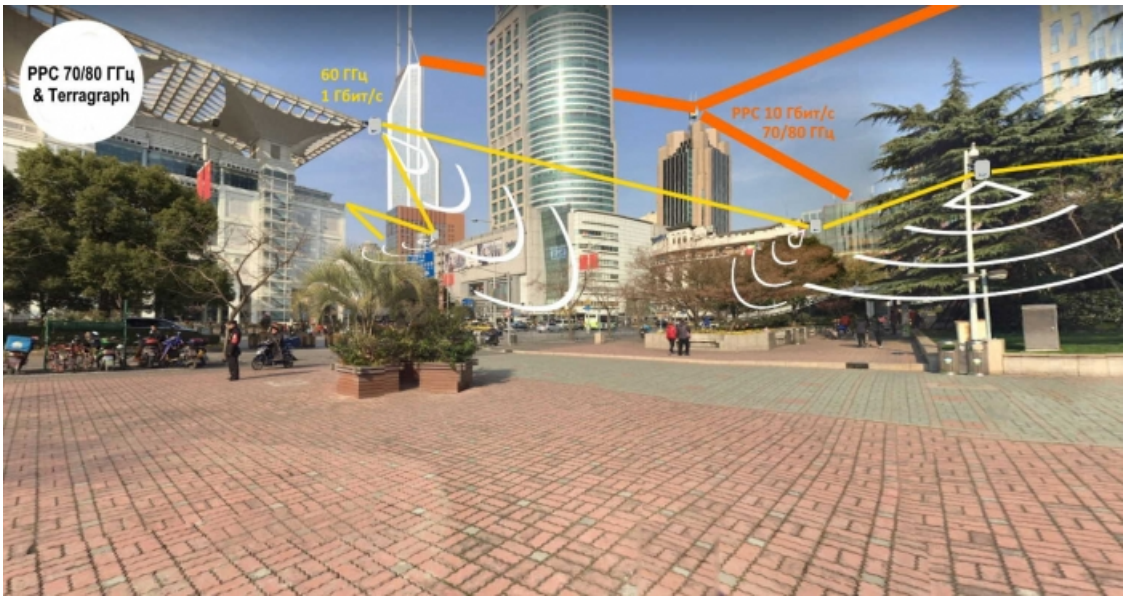
Так вот, после первых внедрений оказалось, что в структуре Terragraph-подобной сети должны быть многочисленные узлы подключения к оптическим каналам (или магистральным радиорелейным линиям). Эти узлы Facebook называет DN (Distribution node). Получается, что технология Terragraph не ущемляет бизнес классических операторов, владеющих оптическими каналами, а даже наоборот, дает им новые ниши для развития.



Фрагмент карты Сан-Хосе в проекте Terragraph-подобной сети AT&T, красные точки - подключения к оптике. Источник: AT&T

Так, американская AT&T, занимающая на рынке оптических линий связи в США доминирующее положение, близкое к тому как Ростелеком в России, взялась строить Terragraph-подобную сеть на 1500 базовых станций диапазона 60 ГГц как транспортную основу для 5G в Сан-Хосе, городе-миллионнике в Калифорнии. AT&T говорит об одном 5-гигабитном подключении к оптике на 10 базовых станций 60 ГГц (или 10 Гбит на 20 станций).

Не везде и не всегда строить оптические магистрали для снабжения трафиком DN-узлов Terragraph экономически целесообразно, особенно если для прокладки кабеля есть ландшафтные (река, горы, территория заповедника, и т.д.), техногенные или законодательные преграды (охранные зоны исторической застройки и т.п.). В таких условиях в дополнение к оптике можно монтировать поверх Terragraph другую, крупно-ячеистую беспроводную транспортную сеть на радиорелейных станциях (PPC) диапазона 70/80 ГГц. Длина пролетов в сети 70/80 ГГц в среднем
3-5 км, с отдельными плечами до 10-15 км (в Terragraph - пролеты до 100 м в среднем), с коммутаторами 1/10GE в узлах PPC для обслуживания расположенных вблизи станций 60 ГГц и кабельных домовых сетей.



Terragraph обеспечивает зоны Wi-Fi; сеть РРС 70/80 ГГц - подключение Terragraph к магистральным каналам.
Источник: китайский проект (название защищено NDA)

Сеть израдиорелейных линий связи (РРЛ) диапазона 70/80 ГГц емкостью 10GE (с агрегацией каналов такие РРЛ дают до 40 Гбит/с) с коммутаторами L3, может дополнять оптику крупного оператора (например, Ростелеком) в масштабах целого города, обладая свойствами самонастройки с балансировкой загрузки и оптимизации путей трафика. К примеру, о российском прочтении концепции ячеистой сети L3 диапазона 70/80 ГГц можно узнать на сайте российского производителя РРЛ, компании "ДОК".

Заключение: технология рабочая и перспективы есть

Ячеистые сети типа Terragraph - как в исполнении от Facebook, так и независимых операторов - показали набор преимуществ, что обещает дальнейшее развитие этой технологии:

- Топология ячеистой сети с соединениями каждого радио с несколькими другими радио обеспечивает резервирование путей для трафика (по принципу раннего Интернета).
- Мелкоячеистые соты 60 ГГц отлично подходят для трафика IoT, видеокамер систем безопасности Safe City, организации зон Wi-Fi в туристических зонах, парках, на остановках транспорта и т.п. общественных местах, а также как опорная сеть для развертывания 5G (см. пилоты в Сан-Хосе и Лондоне).
- О выпуске дешевых станций "точка-многоточка" и "точка-точка" 60 ГГц объявляет все большее число производителей (MicroTik, Cablefree, IgniteNet, CCS и др.), причем независимо от партнерства с Facebook.
- Терминалы сети 60 ГГц можно устанавливать на зданиях для последующей подачи гигабитного трафика к домовым сетям (вместо "воздушек").
- Доступность 99,99% может быть достигнута уже с помощью 3 радиолинков в каждой точке.
- Развертывание опорной радиосети 70/80 ГГц под запитку трафиком сети типа Terragraph 60 ГГц в городах-миллионниках может занять несколько кварталов, но не лет. В малых городах на 100-500 тыс. жителей проект Terragraph-подобной сети может быть выполнен еще быстрее.

Ждем от Facebook и других операторов дальнейшего развития проектов сетей Terragraph, а от читателей NAG - комментариев к статье.