# Как разгоняли G.fast: становление технологии

Бурный рост трафика в сетях передачи данных, который мы наблюдаем не первый год, подстегнул активное развитие операторской инфраструктуры. И если молодые компании строили свои сети с нуля, выбирая оптику, то более зрелые пытались использовать по максимуму существующие линии. Последним было важно при отсутствии капитальных вложений получить сети, сравнимые с оптикой. По этой причине несколько лет назад под крылом Международного союза электросвязи началась работа над созданием стандарта G.fast, который позволил в итоге передавать данные по телефонным проводам на скоростях свыше 1 Гбит/с.

# Предпосылки появления G.fast

У истоков создания G.fast стояли крупнейшие ADSL-операторы Северной Америки и Западной Европы. Участники рынка пытались найти способ расширения ёмкости сетей для пропуска всё возрастающего трафика. Существовавшие ADSL и VDSL сети достигли своего технологического потолка. Появление IPTV, OTT-сервисов и рост видеоконтента только усугубляли это положение.

Технология G.fast – это возможность модернизации существующих медных коммуникаций без капитальных затрат на создание новой инфраструктуры при подключении услуг связи в многоквартирных домах и коттеджных поселках. Кроме того, G.fast позволяет оператору расширять зону охвата гигабитным доступом на объекты, которые не могут быть экономически или технически реализованы традиционным оптоволоконным путем.




Фактически G.fast позволяет превратить DSL-сети во вполне конкурентные по сравнению с оптическими. Прирост скорости до теоретического предела в 1 гигабит в секунду означает, что пользователи такого интернета смогут смотреть потоковое видео в разрешении Ultra HD одновременно на нескольких устройствах и даже выше без вынужденного ожидания загрузки контента.

С 2012 года под эгидой Международного союза электросвязи (ITU-T) и Broadband Forum (BBF) начались исследовательские работы. Самое активное участие в работах принимали операторы и крупнейшие производители телекоммуникационного оборудования.

В разработке стандарта участвовало несколько рабочих групп. Рабочая группа Q4 исследовательской комиссии Study Group 15 ITU-T (Q4/15) занималась аспектами приёмопередатчиков. Broadband Forum работал по архитектурным аспектам, а рабочая группа Европейского института телекоммуникационных стандартов ETSI TM6 - по вопросам так называемого "обратного питания" Reverse powering. К исследованиям привлекались производители оборудования: Calix, Alcatel-Lucent и Huawei.

Опытные зоны G.fast были развёрнуты на сетях операторов Deutsche Telekom в Германии, British Telecom в Великобритании, Orange во Франции. При этом лидером по внедрению G.fast в действующих коммерческих сетях операторов является компания Calix. Например, самым крупным на сегодняшний день в США внедрением технологии G.Fast является инсталляция Calix в CenturyLink.

# Спецификации G.fast

В конце 2014 года были представлены первые спецификации стандарта G.fast - G.9700 и G.9701 "Fast access to subscriber terminals (FAST) - Power spectral density specification" – "Быстрый доступ к пользовательским терминалам - спецификации плотности спектральной мощности".

Стандарт определил методы минимизации интерференции оборудования с широковещательными сигналами, подобными FM-радио. Фактически, G.fast предлагает решение проблемы "последней

мили" на существующих телефонных линиях связи с минимумом затрат.




Стоит отметить, что G.fast соотносится с концепцией построения сетей fibre-to-the distribution-point (FTTdp), которая подразумевает подвод оптоволоконных кабелей до конечной точки распространения - медных линий. Иными словами, G.fast реализует в себе возможности подключения широкого Uplink по оптоволокну и конечных пользовательских узлов по существующим телефонным линиям.

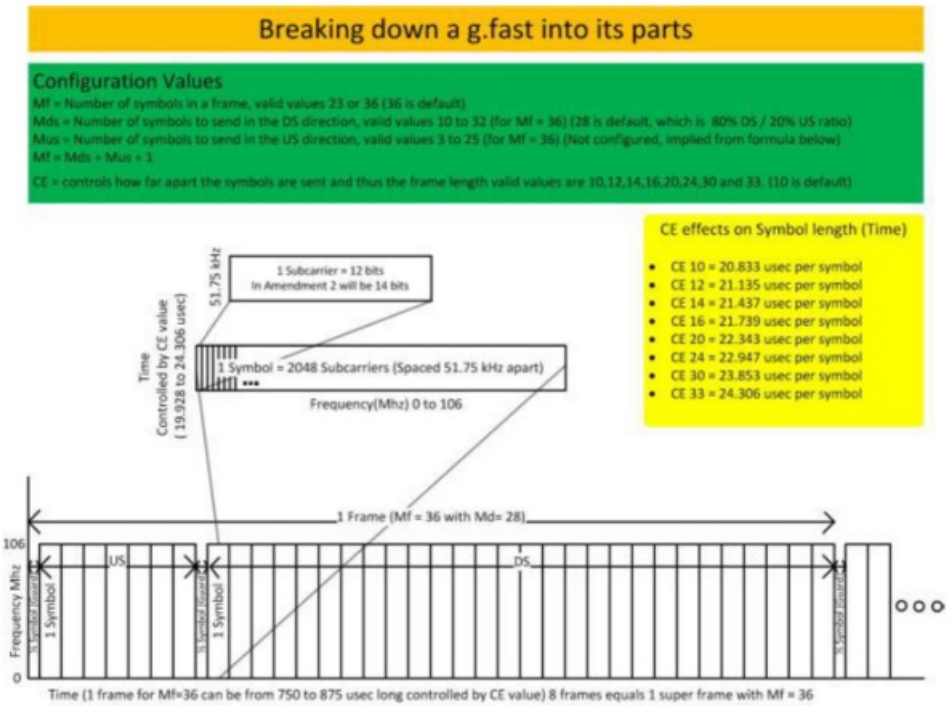
При этом для медных линий характерны интерференционные помехи. Уровень помех увеличивается с ростом длины отвода, а скорость передачи данных падает. Поскольку длина отвода в операторских сетях обычно не превышает 400 м, суммарное влияние медной линии из-за повышения затухания и уровня помех не превышает 9 дБ, что приводит к снижению скорости передачи на величину до 6 Мбит/с для ADSL2+ и до 20 Мбит/с для VDSL2. Для борьбы с помехами используется технология Vectoring, которую можно сравнить с работой системы шумоподавления в наушниках.

Для использования "векторинга" необходимо учитывать количество кабелей в общей разводке. Чем больше кабелей, тем выше общий уровень помех. Для анализа в этом случае используется внешний процессор, который высчитывает показатели сигнал-шум и на основании данных настраивает работу "векторинга". В G.fast анализ происходит автоматически.

В G.fast интегрированы новые алгоритмы кодирования информации, а также используются технологии устранения интерференционных помех в передаче сигнала и постоянно работающий Vectoring, который позволяет передавать данные без потери скорости на расстоянии до 400 м. Ранее технологии подавления помех были доступны только на избранных моделях оборудования DSL, для G.fast это своеобразный стандарт.

Скорость передачи данных в G.fast зависит от сопротивления медной линии, которое, в свою очередь, зависит от длины, сечения и физических свойств кабеля.

Стандарт G.fast ожидает принятие как минимум двух новых поправок. Одна из них позволит повысить мощность передачи с 4 дБ до 8 дБ, вторая - повысит информационную плотность на поднесущей (с 12 бит до 14 бит). Третья поправка принесёт расширение спектра работы G.fast со 106 МГц до 212 МГц, тем самым частота увеличится в два раза.




Используемая полоса частот – от 0 до 106 МГц (в отличие от VDSL2, где практически используемая полоса составляет 17 МГц).

Используемые параметры DMT модуляции: число поднесущих 2048, полоса 51,75 кГц на каждую поднесущую, информационная плотность передачи от 0 до 12 бит/поднесущая.

Дуплексная передача с временным разделением Time Division Duplex (TDD) позволяет варьировать коэффициентом асимметрии DS/US (Downstream/Upstream), поддерживать состояния с низкой мощностью питания, согласовывать пропускную способность с потреблением мощности питания.

Стоит также отметить, что в стандарте, принятом ITU, заложено несколько статических коэффициентов. Например, 80/20, 50/50, 90/10. Это распределение полосы "вниз" и "наверх". В настоящее время существуют реализации, которые поддерживают режим работы с динамическим выбором коэффициентов асимметрии. Примером этого являются решения компании Calix.

Оборудование вендора позволяет получить преимущества перед оборудованием прочих разработчиков в виде динамического изменения коэффициентов DS/US в зависимости от превалирования трафика. В случае загрузки данных из интернета автоматически расширяется downstream, а в случае передачи данных в облако - upstream. Этот вариант позволяет оператору давать виртуальную суммарную пропускную способность в 1 Гбит/с, которая в зависимости от нагрузки делится на входящий и исходящий трафик в автоматическом режиме.

| | G.fast | xDSL |
|---|---|---|
| frequency | 2.2 Mhz-106Mhz (up 212Mhz allow in standard) | 2.2-17Mhz (35Mhz with 35b) |
| transmission | TDD | FDD |
| bits per bin | 0..12 (14 in A2) | 0..15 |
| spacing of bins | 51.75 kHz (12X xDSL) | 4.3125 kHz |
| number of bins (subcarriers) | 2048 (profile 106a) | 4096 (17a) |
| transmit power | 4dBm (8dBm in A2 for longer loops) | 14.5dBm |
| transmission per second | up to 48,000 symbols per second | |

Стоит заметить, что G.fast является не только стандартом улучшающим физику передачи данных, он включает в себя значительный блок управления. Так, в спецификациях G.fast прописаны алгоритмы управления конечными устройствами SDN, их взаимодействия друг с другом через виртуальные контроллеры PMA и PMAA (Persistent Management Agent и Persistent Management Agent Aggregation).

Ярким примером внедрения названных подходов является операционная система AXOS от компании Calix, которая использует протоколы NETCONF и YANG для управления конечным оборудованием. Операционная система развивается совместно с консорциумом ONOS (Open Network Operating System) и OpenDaylight, занимающихся разработками SDN-контроллеров.

Среди решений вендора есть виртуальная платформа управления абонентскими устройствами Calix Consumer Connect, которая из облака позволяет управлять коммутаторами и SDN-котроллерами.

## Распространение G.fast в мире

DSL-операторы в разных странах мира не без интереса следят за развитием спецификаций G.fast и ждут появления конечного оборудования. Но пока предложений немного, а реально функционирующего на сетях и того меньше.

В настоящее время лидером по разработкам спецификаций G.fast, производству конечного оборудования, программного обеспечения и клиентскому опыту является компания Calix. По состоянию на лето 2016 года количество тестирований перевалило за две сотни, а количество инсталляций Calix G.Fast на коммерческих сетях операторов - за несколько десятков.

В частности, на оборудовании Calix успешно функционируют коммерческие сети G.fast нескольких крупных операторов в США. Например, на платформе AXOS E5-16F/E3-16F работают сети оператора Windstream. Решение позволило существенным образом повысить скорость передачи данных по медным линиям связи. Это почувствовали рядовые абоненты оператора.

В июле 2016 года компания Calix осуществила пилотный запуск технологии G.fast на участке сети крупнейшего телекоммуникационного оператора в Казахстане. На медной линии протяженностью 250 метров была достигнута максимальная скорость доступа в Интернет равная 500 Мбит/с.

Параллельно с этим Calix занимается тестированием спецификаций G.fast второго поколения. До конца года компания планирует представить модели MDU на 48 абонентских G.fast портов с расширенным функционалом питания (питания от абонентских устройств), а также с увеличенной мощностью линии, позволяющей подключать абонентов на расстоянии до 1 км.

Таким образом, используя стандарт G.fast операторы получают возможность продлить жизнь медной инфраструктуры, предоставив окологигабитные скорости по существующим линиям. Оборудование G.fast легко интегрируется в любую архитектуру и позволяет провайдерам перейти на предоставление гигабитных сервисов, телевидения сверхвысокой четкости, а также Wi-Fi нового поколения.

## Перспективы

О перспективах G.fast заявляют представители многих крупных телекоммуникационных компаний Европы. По прогнозам аналитиков, соединения Global G.fast достигнет 29 миллионов к 2021 году, что составит порядка 3% от мирового фиксированного рынка широкополосного доступа. В Западной Европе этот показатель должен составить 11%.

О заинтересованности в широком использовании технологии уже заявляют крупные западные телекоммуникационные компании, среди которых Deutsche Telekom, Telekom Austria, Swisscom и Proximus, а также британская компания NBN.