В Wi-Fi «закончились» частоты. Решение - DFS

Введение

С выходом новых стандартов Wi-Fi, а также в связи со всеобщим распространением гаджетов, работающих в нелицензируемом диапазоне частот, пользователи все чаще обращают внимание на то, что качество Wi-Fi сетей ухудшается, несмотря на выходы новых "прорывных" спецификаций этого стандарта. Согласно статистике, во всем мире сегодня используется 6,4 миллиарда подключенных устройств. К 2020 году ожидается, что количество беспроводных устройств будет составлять в среднем 2.8 на одного человека. Но причина для создания так называемых "виртуальных пробок" в Wi-Fi сетях заключается не только в увеличивающемся количестве устройств, сами сети могут создавать проблемные ситуации в сети.

Кроме этого, ситуация усугубляется еще несколькими причинами. Во-первых, в каждом доме уже установлено большое количество беспроводных маршрутизаторов. Во-вторых, спрос на скорости передачи данных неуклонно растет, а это означает, что требуется увеличение полосы пропускания, и как следствие это ведет к тому, что каналов будет меньше, но с довольно широкими полосами. И третье, немаловажное – сотовые операторы "сбрасывают" трафик из мобильных сетей в Wi-Fi (Wi-Fi Offloading). К чему все это приведет? Можно провести аналогию с дорожным транспортом и представить, что все люди, которые ехали на поезде, внезапно начали передвигаться на личных автомобилях:

Вот так Wi-Fi стал жертвой собственного успеха, но давайте посмотрим, какие идеи есть у инженеров для того, чтобы улучшить сложившуюся ситуацию.

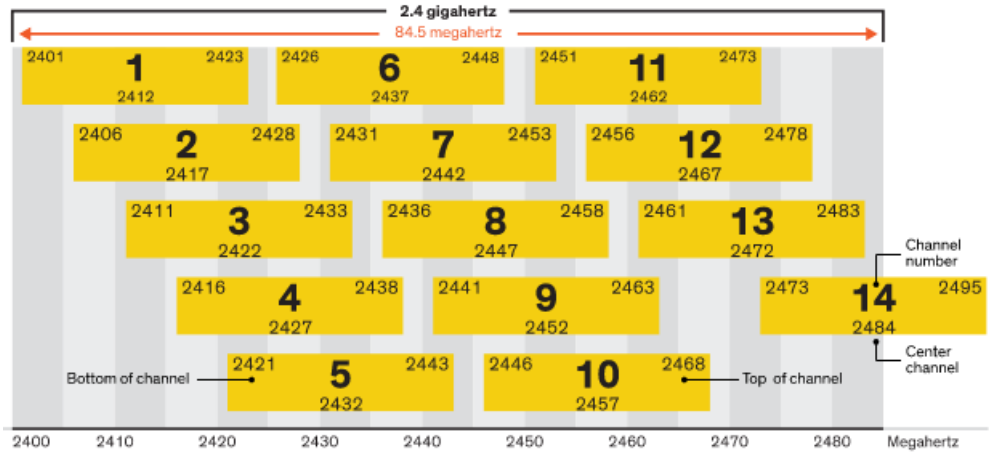
Ситуация в нелицензируемых диапазонах

Для использования технологией Wi-Fi пользователи должны соблюдать технические требования, предъявляемые частотными регуляторами, например, в виде ограничения мощности. Домашние Wi-Fi-сети в основном работают в диапазонах 2,4 и 5 ГГц. Считается, что диапазон 2,4 ГГц работает лучше всего: радиосигналы этого диапазона легко проникают сквозь стены, и сигналы обычно распространяются дальше по сравнению с 5-гигагерцовыми (при одинаковом уровне мощности).

В разных странах для использования разрешено различное количество каналов. Например, в Европе, как и в России, используется 13 каналов, а в Японии – 14, что позволяет им, кстати, использовать четыре неперекрывающихся канала, но об этом ниже. Информация по числу разрешенных каналов разных стран приведена на рисунке ниже.

Страна	Диапазон частот	Число каналов
Россия	**2.412 - 2.472 ГГц**	**13**
Европа (за исключением Франции и Испании)	2.412 - 2.472 ГГц	13
Франция и Испания	2.457 - 2.472 ГГц	4
США и Канада	2.412 - 2.462 ГГц	11
Япония	2.412 - 2.484 ГГц	14
Корея	2.412 - 2.472 ГГц	13
Чили	2.412 - 2.472 ГГц	13
Австралия	2.412 - 2.472 ГГц	13
Южная Африка	2.412 - 2.472 ГГц	13
Юго-Восточная Азия (включая Сингапур, Малайзию, Таиланд)	2.412 - 2.472 ГГц	13

В 2,4-гигагерцовой области радиочастот, выделенной для Wi-Fi, каждый канал может занимать ширину в 22 мегагерца, поэтому только некоторые из всех каналов могут использоваться одновременно, не мешая друг другу. Как правило, это 1, 6 и 11 каналы:



Поэтому, если вы видите в сети более трех маршрутизаторов с частотой 2,4 ГГц (а скорее всего это так, если вы не живете в сельской местности) то они однозначно создают друг другу помехи. Даже если вы не настраиваете работу своего оборудования целенаправленно на работу на неперекрывающихся каналах, то большая часть оборудования сама распределяется по спектру так, чтобы не мешать друг другу. Пример такого распределения устройств по спектру показан ниже (скрин из мобильной версии программы Wi-Fi Analuzer):

Если вы самостоятельно настраиваете работу устройства на другие доступные каналы (например, 4 или 9-й, как показано на рисунке), то есть большая вероятность еще больше ухудшить ситуацию, так как в этой случае ваше оборудование будет в равной степени получать помехи от оборудования на соседних каналах, так сказать "с двух сторон".

Сигналы в полосе 5 ГГц имеют более короткий диапазон распространения внутри помещений, но эта

полоса (диапазон от 5,80 до 5,825 ГГц) имеет 24 неперекрывающих канала шириной 20 МГц в США. На пять меньше в Европе и Японии. Это довольно большое количество дополнительных каналов для беспроводной связи должно было решить проблему их занятости оборудованием. Но примерно половина этих каналов выделяется для первичного использования метеорологическим и военным радаром. Поэтому большинство потребительских маршрутизаторов не используют эти полосы.

Таким образом, в любом диапазоне мы имеем определенное количество каналов, которые не мешают друг другу. Поскольку все больше и больше беспроводных устройств получают доступ к сети, взаимные помехи становится нормой. В сети Wi-Fi, когда возникает коллизия во время передачи данных, все устройства затихают, а затем пытаются повторить передачу снова через некоторое время. Количество времени, на которое они "затихают", определяется экспоненциально увеличивающейся временной задержкой (называемой отсрочкой). С увеличением количества коллизий, время ожидания увеличивается, и Wi-Fi становится все более медленным и менее надежным.

Во многих регионах (особенно в мегаполисах) перегруженность доступных каналов достигла такого уровня, что она в значительной степени сделала непригодную полосу 2,4 ГГц для передачи данных с высокой скоростью. Зарубежный опыт таков, что некоторые провайдеры широкополосных услуг (например, AT&T, British Telecom, Comcast и др.) больше не используют 2,4 ГГц для передачи видео или голоса. Почти все производители смартфонов, включая Apple, больше не рекомендуют использовать свои смартфоны на частоте 2,4 ГГц. Последний и самый быстрый вариант Wi-Fi, IEEE 802.11ac, обеспечивает работу только в диапазоне 5 ГГц, хотя большинство оборудования Wi-Fi поддерживает обе полосы (но в основном для поддержки старых мобильных устройств).

К чему привел "переезд" в 5-гигагерцовый диапазон

Переезд Wi-Fi-коммуникаций с частот 2,4 ГГц в 5 ГГц на какое-то время решил проблему с перегрузкой каналов, но от этого пострадал радиус действия сетей, поэтому многие потребители обратились к простым решениям для увеличения зоны охвата (например, к различным усилителям и ретрансляторам). Популярны стали и mesh-сети, которые стали использовать для получения равномерного Wi-Fi покрытия во всех частях здания.

Ретрансляторы в этом случае помещаются в пределы работы маршрутизатора, прослушивают все диапазоны, а затем переизлучают полученные сигналы на более высоком уровне мощности, иногда на другом канале. Но это привело к тому, что теперь появилось еще больше сигналов Wi-Fi, перекрывающихся в одном частотном диапазоне.

С появлением общедоступных "хот-спотов" (концепцию которых впервые разработал в 2005 году поставщик Wi-Fi в Испании Fon Wireless) ситуация несколько ухудшилась, так как с тех пор и они стали все более распространены во всем мире. Зарубежные интернет-провайдеры (например, AT&T, Comcast и Verizon в США) быстро развертывают споты, доступные любому из абонентов.

Ситуация усугубляется еще и тем, что мобильные операторы связи исчерпали большую часть своего эксклюзивного спектра и планируют в течение следующих трех лет переносить передачи мобильных данных на 60% в нелицензионный спектр, используемый Wi-Fi. Технология для этого решения называется LTE-Unlicensed (LTE-U). Она использует 4G LTE-базовые станции для отправки и приема

данных через те же 5-гигагерцовые частоты, что и Wi-Fi. Некоторые организации, такие как Cable Television Laboratories, Google и Microsoft, отмечают, что LTE-U будет в целом ухудшать работу Wi-Fi сетей. В США Verizon и T-Mobile начали пробные развертывания LTE-U, чтобы определить его влияние на Wi-Fi. Операторы в Европе и Азии также планируют подобные испытания.

Wi-Fi (IEEE 802.11ac) еще больше уменьшает количество доступных каналов

IEEE 802.11ac удовлетворяет растущую потребность пользователей в скорости, позволяющей передавать видео высокого качества. Эта спецификация Wi-Fi обеспечивает гигабитные скорости соединения. Но чтобы данные могли перемещаться с указанной скоростью, 802.11ac должен объединять каналы. В своей высокопроизводительной конфигурации IEEE 802.11ac Wave 3 он объединяет весь доступный спектр Wi-Fi в два канала шириной по 160 МГц. Это слияние означает, что только две пары устройств могут взаимодействовать на самом широком канале одновременно без взаимных помех. Поэтому, если один из ваших соседей использует один из этих двух каналов для просмотра фильмов, а другой сосед использует другой, вам ничего не останется как "втиснуться" в уже занятые каналы и создавать помехи. В результате сложившейся ситуации, внезапно, все те дополнительные преимущества, которые давал диапазон 5 ГГц по сравнению с 2,4 - исчезли.

В 2013 году британское национальное телекоммуникационное агентство Ofcom опубликовало исследование, в котором прогнозировалось, что к 2020 году сети Wi-Fi и мобильные интернет-сети могут стать критически перегруженными.

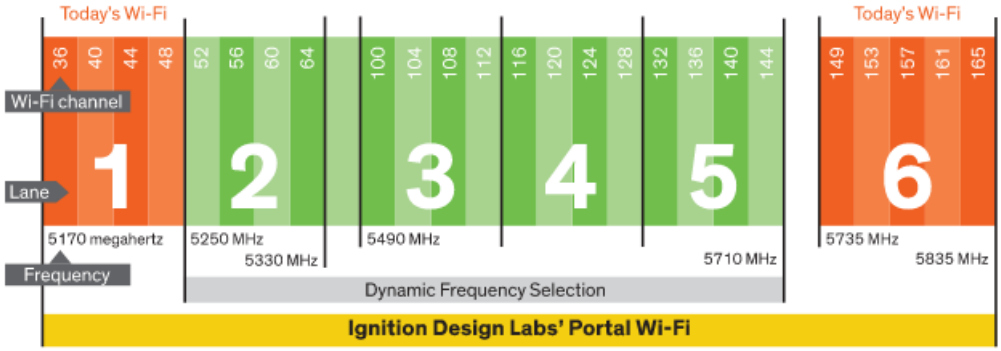
Таим образом, разработчики и производители маршрутизаторов, которые работали над улучшением скоростей передачи беспроводных данных в течение последних 15 лет, хорошо решили вопросы обеспечения высоких скоростей, но игнорировали эти вопросы. В частности, они не обратили внимание на тот факт, что распространение 802.11ac, способное предлагать более широкие, но меньшие каналы, значительно ухудшит проблему их перегруженности.

DFS - решение сложившейся ситуации

Выше мы упомянули, что первые каналы спектра 5-ГГц производители беспроводных маршрутизаторов Wi-Fi не используют в связи с тем, что эти частоты отведены для радаров и военных целей. Открытие этих частот для потребителей может иметь огромное значение и временно решит проблему перегруженности каналов.

Этот дополнительный спектр был доступен для Wi-Fi-трафика в 2007 году. Регуляторы поняли, что радары и прочие системы, под которые занят диапазон, не находятся повсюду, а многие не работают в режиме 24/7. Таким образом, индустрия Wi-Fi могла бы перевести Wi-Fi-связь на эти частоты, пока устройства, использующие эти каналы, реализуют механизм под названием Dynamic Frequency Selection (DFS – динамический выбор частоты), чтобы не мешать радиолокационным сигналам.

DFS действует примерно так: когда он видит радиолокационный сигнал в одном из этих защищенных каналов, он быстро переносит весь трафик Wi-Fi на другую полосу. Маршрутизатор с DFS должен прослушивать весь спектр не менее 60 секунд, прежде чем объявлять канал свободным для использования, а затем продолжить прослушивание, пока на канале будет использоваться трафик Wi-Fi. Если механизм обнаруживает радиолокационный импульс, передатчик Wi-Fi должен очистить канал и оставить его на полчаса. Диапазон, в котором будет работать алгоритм DFS показан на рисунке ниже:



Подавляющее большинство мобильных устройств, появившихся за последние три или четыре года, имеют радиопередающие модули, которые могут работать в этих полосах частот, а программное обеспечение для ответа на инструкции от так называемого "мастера DFS" дописать не составит особого труда. Так что, внедрение DFS не такая большая проблема.

Но реализация DFS-мастера в маршрутизаторе не является тривиальной для реализации. Радарные импульсы довольно трудно обнаружить, потому что они довольно быстрые (каждый импульс длится около половины микросекунды) и может присутствовать на очень низких уровнях мощности (от -62 до -64 дБмВт). В настоящее время технология DFS-мастер доступна в дорогих маршрутизаторах, которые обычно устанавливаются только крупными компаниями. Он переносится на некоторые более дешевые маршрутизаторы на уровне потребителя в Европе и Японии. Но и дорогие бизнес-версии, и более дешевые потребительские версии не так уж и умны: когда они обнаруживают радар, они быстро переносят трафик обратно на установленный по умолчанию канал в не-DFS-части диапазона 5 ГГц.

Не так давно был представлен пользовательский маршрутизатор с DFS под названием Portal, который включает в себя полнофункциональный радиосканер и центральный процессор, предназначенный для обнаружения радаров и управления каналами наряду со стандартным оборудованием маршрутизатора:

Согласно данным производителя Ignition Design Labs, маршрутизатор Portal обеспечивает доступ к радиоволнам на 300% больший, чем любой другой маршрутизатор. Это делает его идеальным решением для переполненных и зашумленных сред, страдающих от перегруженности из-за массы маршрутизаторов, конкурирующих за доступный диапазон.

Portal имеет два отдельных радиотракта, один из которых используется для обнаружения радиолокационных сигналов (DFS), а второй – для передачи данных в Wi-Fi-среде. Когда в канале обнаружен радиолокационный импульс, система переходит в открытую для всех часть спектра, не прерывая передачи данных. Благодаря двум отдельным радиотрактам, маршрутизатор может автоматически вернуться назад и перепроверить этот канал после 30-минутного требуемого периода ожидания, не закрывая текущие передачи.

Также Portal имеет отдельный CPU для работы с DFS, что позволяет свести к минимуму количество обнаружения ложных радиолокационных сигналов, и сокращает время, в течение которого Wi-Fi-трафик должен покинуть канал.

Заключение

До последнего времени в беспроводных сетях работали в основном над увеличением скорости передачи данных, и только недавно стали задумываться о доступном спектре, а точнее об "интеллектуальном" выборе каналов. Возможно, в будущем предложенная технология DFS будет собирать информацию не только о радарах, но и о любых видах помех, а также отправлять эту информацию на облачный сервер. Специалисты уже называют это сетевой самооптимизацией.

С помощью этой системы можно определить наилучшие каналы для использования Wi-Fi-

устройствами в разных местах. Допустим, мы знаем, что в 8 часов вечера канал 100 становится очень перегруженным, затем мы можем перенести трафик одного пользователя на канал 132, а трафик соседнего на 154-й. Такая координация может оказать большое положительное влияние на качество Wi-Fi-коммуникаций. Крайне важно получить такую всеобъемлющую интеллектуальную систему для управления ресурсами Wi-Fi в мире до того как Wi-Fi станет настолько ненадежным, что станет непригодным для использования.

В более долгосрочной перспективе будут разработаны технологии для переноса трафика на другие типы сетей связи, которые несовместимы с текущими спецификациями Wi-Fi. В настоящее время рассматривается несколько частот для возможного перераспределения спектра, включая 5.9, 4.9 и 3.5 ГГц. Но этот процесс перераспределения спектра может занять годы. И все эти диапазоны сейчас используются для промышленных и военных целей, поэтому, если эти диапазоны будут одобрены, они также потребуют использования технологии DFS.