

Использование стандарта DVB-S2 в сетях VSAT операторов

А.Б. Кислицын, к.т.н. С.В. Пехтерев

31 марта 2009г.

Впервые о планах производителей начать использовать новый стандарт DVB-S2 в производимом ими оборудовании (спутниковые терминалы и оборудование для ХАБов Центров управления сетью) стало известно в 2006 году. Рынок VSAT в России в этот момент только-только вставал на ноги, даже самые успешные российские операторы только выходили на рубеж 1000 станций в сети, о дефиците сегмента говорили только самые прозорливые и осторожные, поэтому сказать, что новинка была встречена "на ура", нельзя.

Перед тем как начать рассказ о тех перспективах и изменениях, которые принес на рынок новый стандарт, остановимся более подробно на его описании.

DVB-S2 -- это новый стандарт EN 302 307, официально опубликованный в марте 2005 года. Новый стандарт дает возможность использования модуляции 8PSK, широкий выбор режимов коррекции ошибок FEC, предлагает набор турбо-кодов в тандеме BCH + LDPC. Стандарт позволяет практически вплотную (дельта только в 0.7 дБ) подойти к теоретическому порогу Шэннона и обеспечивает 20% крутизну спада огибающей спектра сигнала по Найквисту (сравните с 35% крутизны спада для DVB-S), что позволяет оператору размещать несущие ближе друг к другу, экономя арендуемую емкость. Дополнительно введена новая функция ACM, о которой подробнее расскажем позже.

Таблица 1. Сравнительные характеристики DVB-S и DVB-S2, приведенные к полосе транспондера 30 МГц (по данным Hughes Network System).

FEC	QPSK				8PSK	
	DVB-S		DVB-S2		DVB-S2	
	Пропускная способность на полосе 30 МГц (Мбит/с)	Отношение "сигнал/шум" (дБ)	Пропускная способность на полосе 30 МГц (Мбит/с)	Отношение "сигнал/шум" (дБ)	Пропускная способность на полосе 30 МГц (Мбит/с)	Отношение "сигнал/шум" (дБ)
1/2	23.04	4.9	24.85	1.2	-	-
3/5	-	-	29.85	1.84	44.78	3.15
2/3	30.72	5.4	33.21	2.05	49.81	3.79
3/4	34.56	5.9	37.35	2.47	56.03	4.59
4/5	-	-	39.85	2.84	-	-
5/6	38.40	6.4	41.54	3.16	62.31	5.59
7/8	40.32	6.9	-	-	-	-
8/9	-	-	44.35	3.9	66.52	6.67
9/10	-	-	44.90	4.07	67.35	6.87

Таким образом, видно, что при одном и том же запасе по энергетике (E_b/N_0 -- отношение "сигнал/шум" (дБ)) новый стандарт на одной и той же полосе позволяет передать до 60% больше информации (при использовании 8PSK). Это грандиозное достижение -- ведь результатом для Оператора будет практически эквивалентное снижение издержек на единицу передаваемой в сети информации. Если же проблем с пропускной способностью в сети у Оператора нет, можно пойти на уменьшение запасов по энергетике вплоть до 2 дБ и использовать меньшие антенны, маломощные передатчики или просто получить резкий рост доступности сети и меньшую зависимость от метеоусловий.

Учитывая нынешний дефицит спутниковой емкости, причем не только в России или СНГ, но также и на некоторых других глобальных рынках, новый стандарт становится практически спасителем отрасли VSAT. Здесь надо объяснить, что Операторы VSAT и особенно российские с точки зрения поиска сегмента находятся в значительно более сложных условиях, чем спутниковые Операторы, занимающиеся магистральными каналами связи или вещанием телерадиопрограмм. Причина здесь в следующем. Практически все Операторы начинают бизнес с одного единственного ХАБа и, соответственно, с одного определенного ИСЗ, на который нацелена антенна его телепорта. После того как Оператор VSAT сети установил первые сотни станций, он стал практически заложником данного ИСЗ и ситуации с его загрузкой. В отличие от магистрального Оператора, который, имея телепорт, допустим, на ИСЗ «Экспресс-АМ1» в 40 градусах в.д., для организации нового канала может выбирать между лучами (группами транспондеров) «широкой» и «узкой» европейской зоны, между транспондерами в разных поляризациях (горизонтальной и вертикальной) и т.д., VSAT-Оператор не имеет практически никакого выбора. Для расширения его прямого луча ему необходимо либо иметь свободный сегмент справа или слева от его рабочей частоты, либо надеяться на чудо -- что на однотипных по зоне освещения и поляризации транспондерах найдется большая, чем у него сейчас есть, свободная полоса частот. Для обратных каналов действуют не меньшие ограничения. Хотя их можно ставить и в более мелкие «дырки» на транспондере вплоть до 300..500 кГц, но, как правило, помимо жесткого ограничения поляризацией и зоной луча есть еще и предел, накладываемый шириной полосы захвата демодуляторов. (Например, в ХАБе HughesNet это 18 МГц.) Если выделенный вам новый частотный диапазон не попадает в ширину полосы захвата демодуляторов, обслуживающих уже имеющийся канал, надо покупать новую стойку демодуляторов, а это расходы, интегрально превышающие 100 000 долларов. В России есть еще собственные "чудеса", связанные с упрощенной процедурой регистрации, при которой только строго определенные частоты (до 2008 года не более 30%) попадали в диапазон, где для VSAT действовала данная процедура. В целом ситуацию можно сравнить с такой. Один покупатель ("магистральщик") спрашивает в мясном магазине: "У вас мясо есть?" А второй (VSAT-овец): "Нет ли у Вас корейки между 3 и 5 ребрышком 6-месячного ягненка с фермы Омахи из Новой Зеландии?"

В связи с этим шанс, предоставленный новым стандартом для VSAT-операторов, трудно переоценить. В таблице 2 показано, как повышается производительность (или КПД сети), то есть съём трафика с единицы полосы транспондера, при модуляциях и кодировании, в которых позволяет работать новый стандарт.

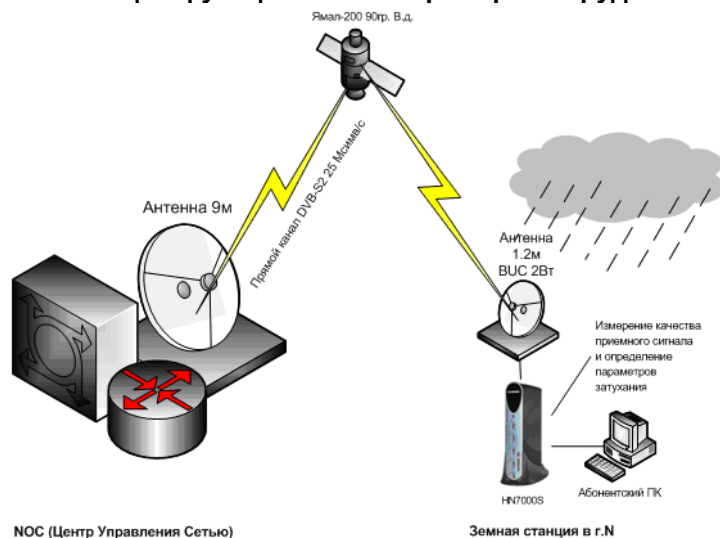
Таблица 2. Спектральная эффективность для различных видов модуляции и кодирования.

Вид модуляции	Спектральная эффективность (бит/Гц)
QPSK 1/2	0.988
QPSK 3/5	1.188
QPSK 2/3	1.322
QPSK 3/4	1.487
QPSK 4/5	1.587
QPSK 5/6	1.655
QPSK 8/9	1.766

QPSK 9/10	1.788
8PSK 3/5	1.780
8PSK 2/3	1.980
8PSK 3/4	2.228
8PSK 5/6	2.478
8PSK 8/9	2.646
8PSK 9/10	2.679

Однако указанным выше выигрышем в скоростных характеристиках и большем наборе возможных типов модуляции и кодирования дело не ограничилось. Практически одновременно производители VSAT оборудования предложили на рынок опцию ACM (Adaptive Coding and Modulation -- адаптивное кодирование и модуляция.) При ACM каждый отдельный кадр в пакете DVB-S2 кодируется собственными уникальными параметрами, динамично изменяющимися в соответствии с условиями приема на каждом спутниковом модеме. Применение этого режима возможно только при наличии обратного канала для контроля эффективности применяемых параметров передачи, то есть ни для спутникового телевидения, ни для одностороннего Интернета это неприменимо.

Рис. 1. Реализация функции ACM на примере оборудования HughesNet.



Рассмотрим работу ACM на примере оборудования HughesNet, которое позволяет очень быстро изменять формат модуляции при использовании новых свойств стандарта DVB-S2. Спутниковый модем HN7000S VSAT терминала непрерывно (то есть каждые несколько миллисекунд) определяет качество приема и параметры затухания для данной конкретной станции; далее данная информация по обратному каналу в качестве служебной передается на ХАБ, где анализируется. При достижении коэффициента затухания определенной величины, критичной для качества

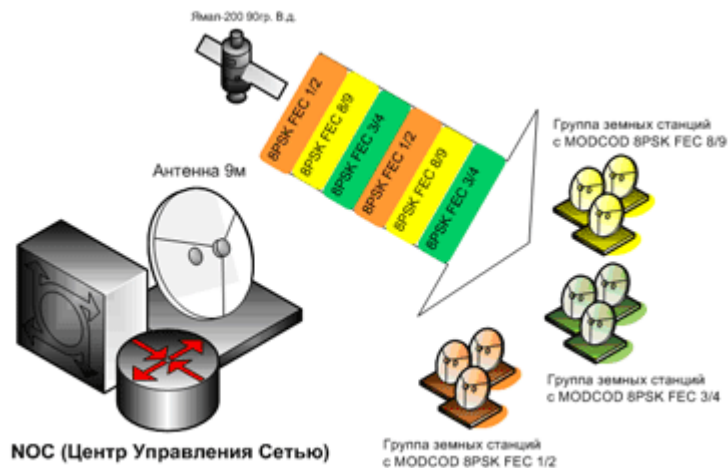
и надежности связи, ХАБ изменяет (уменьшает) в демодуляторе модуляцию и/или кодирование сигнала так, чтобы восстановить требуемый запас по энергетике. Комбинация нового шлюза-инкапсулятора и модулятора DVB-S2 разрешает принимать данные со сверхнизким BER на модемах земных станций и давать инструкции модулятору, какая модуляция и FEC используются в потоке данных.

Для оценки качества канала в зависимости от погоды -- или для подстройки канала под погодные условия -- используется параметр MODCOD -- комплексный системный параметр, учитывающий ЭИИМ ИСЗ, добротность антенны VSAT, размер антенны, зону покрытия ИСЗ а также погодные условия в месте приема сигнала прямого канала, ретранслируемого через ИСЗ. При вычислении используется стандартная расчетная модель для спутниковых каналов связи с заданным коэффициентом доступности и готовности VSAT. MODCOD определяет, какая модуляция и FEC будут использоваться при передаче информации на конкретный VSAT-терминал.

В режиме работы ACM параметр MODCOD изменяется динамически для каждого VSAT от одного кадра FEC к следующему, и его значение оказывается достаточно близким к идеальному,

возможному для сети VSAT в данном регионе (т.н. агрегированная эффективность полосы пропускания). Это же относится к максимально достижимому в данных условиях коэффициенту готовности VSAT (это расчетный коэффициент простоя данного VSAT в часах в отношении к годовой наработке в часах без учета плановых регламентных работ на сети или по данному VSAT. Определяется в процентах или абсолютном значении. Лучший коэффициент готовности равен 100% или 1 (единице). Типовой 0.987). Таким образом, спектральная эффективность сети оказывается близкой к идеальной, для модуляции 8PSK при высоких FEC, близкой к 3 бит/Гц.

Рис. 2. Реализация ACM для различных MODCOD.



В системе, реализованной Hughes, управляющий алгоритм ACM настолько быстр, что может поддерживать одновременно до 15 различных MODCOD в сети VSAT. Вся информация о назначенных MODCOD передается на VSAT на нижнем доступном MODCOD (например, QPSK, FEC 1/2) с наибольшим запасом по отношению «сигнал/шум» для уверенности в том, что все VSAT в сети примут данный управляющий сигнал. Информация пересылается только при изменении условий приема,

согласно структуре протокола ACM в составе пакета отсылается 8 байт сообщения и 8 байт подтверждения/изменения.

При возможности текущей обработки параметров сигнала и динамического изменения типа модуляции спутниковая связь может надежно работать с минимальной предельной полосой прямого канала, обеспечивая максимальную эффективность при наибольшей возможной скорости данных в прямом канале. Судить о реальной скорости прямого канала можно по наиболее часто встречающемуся MODCOD по статистике системы. Отсюда можно вывести и средневзвешенную скорость прямого канала в каждый, отдельно взятый интервал времени -- день, неделя, месяц, год.

Таким образом, ACM позволяет Оператору VSAT-сети забыть о возможности плохой погоды, дождей и ливнях. Сеть изначально настраивается на максимальную пропускную способность в данном регионе (режим "чистого неба" -- clear sky) . Так как дожди -- особенно сильные -- кратковременны, Оператор получает максимальную работоспособность сети в 80..90% всего времени. В целом, теоретические расчеты показывают, что при переходе от DVB-S к DVB-S2 с использованием ACM выигрыш оператора в коммерческом трафике составляет от 40 до 150%, в зависимости от размеров сети, географической разбросанности и дождевых регионов страны.

Резюмируя, перечислим очевидные выгоды от применения DVB-S2 и ACM в сети VSAT Оператора:

- Повышенная готовность VSAT и увеличенная географическая зона предоставления услуг.
- Способность поддерживать большее количество VSAT-терминалов в прямом канале, увеличивая эффективность статистического мультиплексирования в сети.
- Использование ресурса менее зависимо от точности расчета сети при ограниченном наборе параметров расчета и большем объеме предположений.
- Автоматическая адаптация к изменениям в географическом распределении VSAT и региональным погодным условиям в течение жизненного цикла сети.
- Неразрушающее сетью снижение скорости сервиса при ухудшении погодных условий.

При реализации нового стандарта DVB-S2 производители пошли двумя разными путями (см. таблицу). Первый путь заключается в выпуске своеобразного Upgrade Kit в виде новых демодуляторов с функцией ACM и новой версии ПО. Этим путем пошли «Хьюз» и «Виасат». Данный путь -- наиболее щадящий для кармана Оператора, стоимостью апгрейда (оборудование, ПО, работы) составит примерно 100..150 тысяч долларов США, если брать комплект с «горячим» резервированием. Второй путь -- это выпуск частично обновленной (iDirect) или полностью новой платформы (Gilat), здесь речь идет уже о суммах, на порядок больших, -- ведь надо приобретать, по сути, абсолютно новый NOC (или NMS) и новые VSAT-терминалы.

Таблица 3. Производители VSAT с DVB-S2, наиболее широко представленные в России.

Производитель	Hughes	iDirect	Gilat	ViaSat
Наличие решения DVB-S2	Есть	Есть	Есть	Есть
С какого года доступно	2006	2008	2008	2006
Как реализован DVB-S2	Модернизация существующей платформы (новый модулятор DVB-S2 ACM)	Новая платформа Evolution	Новая платформа SkyEdge II	Модернизация существующей платформы (новый модулятор DVB-S2 ACM)
Количество сетей с DVB-S2 в России	10	1	0	5
Количество VSAT, поставленных в РФ, поддерживающих DVB-S2	11000...13000	20	0	3000...3500

Переход на DVB-S2 в работающей сети Оператора возможен только в первом случае. Для этого необходимо, во-первых, дооснастить свой ХАБ новыми модуляторами, а во-вторых, заменить спутниковые модемы, не поддерживающие новый стандарт. У "Хьюза" новые модемы получили индекс S в конце (HN7000S) и выпускались с 2006 года. Безусловно, это также весьма затратная операция, но все-таки менее затратная, чем покупка нового ХАБа. Например, наша компания -- ЗАО "Сетьтелеком" -- пошла следующим путем. Для самого "старого" ХАБа под "Ямалом-200", где число «старых» (не поддерживающих DVB-S2) станций было более 1000, мы пошли на то, чтобы просто купить второй NOC и разделить сеть на "старую" на DVB-S и "новую" на DVB-S2. Сети независимы от друг друга и работают каждая на своих частотах. Для относительно "молодой" сети на "Экспресс-AM1", где количество "старых" модемов не превышало 40 единиц, мы пошли на принудительную замену оборудования -- либо Клиент приобретал новый модем по системе "трейд ин", либо переводил свою станцию на другой ХАБ (т.е. на "Ямал"). А для самого нового нашего ХАБа под ИСЗ "Экспресс-AM3" мы с самого начала ввели запрет на установку под ним оборудования, не поддерживающего стандарт DVB-S2. Внедрение нового стандарта было непростым, перевод работающей сети возможен только по ночам в выходные дни -- в небольшой период времени, предназначенный для плановых работ по обслуживанию сети. Не все получалось с первого раза, при этом, несмотря на поддержку производителя в режиме "онлайн" (за что ему отдельное большое спасибо) не каждая "закавыка" решалась тут же. Иногда разработчики брали недельный тайм аут на обдумывание и эксперименты. Однако переход был сделан, при этом без ощутимых проблем для Клиентов; зато они буквально на следующий день смогли почувствовать разницу в скорости скачивания файлов и серфинга в сети Интернет при работе в стандарте DVB-S2. «Хьюз» уже с 2006 года начал выпуск модемов с S2, при этом их стоимость не отличалась от "старых", которые были в один день просто сняты с производства. Сами "новые" модемы могли работать как с DVB-S, так и DVB-S2, поэтому ни для "Сетьтелекома", ни для клиентов вопроса выбора вообще не было, мы даже не делали акцента на это обстоятельство в рекламе наших услуг. Основное преимущество для Клиента -- более высокую надежность и устойчивость канала, обеспечивает ACM.

В заключение попробуем оценить, какое воздействие на рынок VSAT окажет появление нового стандарта. Очевидно, что в выигрыше будут новые компании -- те, кто выходят на рынок уже с новой платформой. Однако даже в начале 2008 года, когда о мировом экономическом кризисе не было и речи, на рынке было большое число Операторов, и новичкам там, в целом, было мало места.

Выходить сейчас на этот рынок можно, только имея "железобетонную" клиентскую базу, то есть это может быть некоммерческий Оператор, создаваемый под определенный проект. Что касается Операторов, уже работающих на рынке, то те, кто смог или сможет в ближайшем будущем перейти на DVB-S2, окажутся в существенном выигрыше. В период кризиса у Клиентов наметился очевидный тренд к уменьшению затрат на услуги связи. Соответственно, Операторы либо должны дать Клиенту больше сервиса за те же деньги, либо снизить цену трафика, иначе они могут потерять клиента. Те, кто работает на новом стандарте, будут иметь существенно больший запас прочности, но кроме этого, за счет ACM, гибко реагирующего на плохую погоду и более качественный сервис. Еще большим будет выигрыш Операторов на платформе DVB-S2 в момент окончания кризиса и начала подъема рынка -- большая пропускная способность их сетей позволит без дополнительных затрат набрать большую клиентскую базу.

[Оригинал статьи >>>](#)