

**ЦИФРОВОЕ ВЕЩАНИЕ: HD-РАДИО –
УЖЕ НЕОБХОДИМАЯ РЕАЛЬНОСТЬ**

КАРПИЙ А.С.

**DIGITAL BROADCASTING: HD RADIO –
ALREADY NECESSARY REALITY**

KARPY A. S.

ИСТОРИЯ И ФИЛОСОФИЯ

Наберите в строке поиска «цифровое вещание» и увидите результат: более тысячи сайтов посвящены этой теме сегодня. А слова «Digital Broadcasting» приводят поисковую машину в замешательство: почти 50 миллионов ссылок за несколько секунд дает крупнейшая поисковая система Google.

Цифровые технологии безостановочно и беспощадно идут на смену аналоговым. Иногда этот процесс протекает быстро, незаметно и естественно. Так получилось, например, с телевизионным вещанием с геостационарных спутников. Иногда столь же естественно неудачная технология скромно отходит в сторону, пример — спутниковое звуковое вещание DSR или наземное DAB. А сколько еще есть аббревиатур, в которых присутствуют буквы слов Digital Broadcasting или Digital Radio? Вот далеко не полный перечень: DVB-C/H/S/T, DMB-S/T, DRM и т.д. ...

Как и спутниковое вещание, распространение программ «по земле», по кабелю и через эфир должно стать и станет в соответствии с решением Правительства Украины полностью цифровым до 2015 года. Но оно, конечно же, станет таковым не в одночасье, а постепенно. В ходе этого процесса какие-то технологии найдут себе место в нашей жизни, другие, наверняка, окажутся на полке в музее или в учебнике истории.

Едва ли какой-то метод кодирования или модуляции сможет стать доминирующим, вытеснив всех остальных конкурентов. Полностью унифицировать вещание невозможно, точно также как невозможно вылечить все болезни одним лекарством: придется в разных условиях решать разные задачи, а для этого, как показывает многолетняя практика, требуются разные инструменты.

В частности, кабельная сеть может быть построена по принципу вещания, когда все пользователи получают возможность принимать все программы; можно направлять каждому абоненту свой поток данных и организовать обратный канал. Сегодня с помощью витой пары достаточно просто создать канал с пропускной способностью порядка 100 Мбит/с, оптоволокно позволяет увеличить скорость на пару порядков. В числе недостатков — довольно высокая стоимость услуги и привязка абонента к определенной точке пространства. Согласен, что по мере развития технологии и создания инфраструктуры цена упадет и кабельные системы доставки сигналов все больше и больше попадут в сектор массового спроса. Отсутствие мобильности — вот непреодолимое свойство этого метода и устранить его, к сожалению, невозможно!

Эфирный канал позволяет абоненту перемещаться в пространстве - и это самое важное обстоятельство! Недостаток «эфирных» систем напрямую связан с принципом действия — емкость эфира природно ограничена. В качестве понятного примера можно привести мобильную связь. Какие бы усилия ни прилагали операторы, природу не обмануть: количество абонентов, которые могут быть обслужены одновременно в одном месте, всегда ограничено. Аналогия применима ко всем системам, которые в качестве последней мили используют эфирный канал. Это означает, что возможность каждому «получить свое» в данном приложении ограничена. Делаем вывод: системы с эфирным каналом лучше и рациональней ис-

пользовать именно для вещания, то есть организации доступа любого количества абонентов к некоему общему ограниченному набору сервисов. Например, получившая на сегодняшний день широкое распространение система получения координат на местности GPS позволяет обслуживать какое угодно количество абонентов. Такими же свойствами обладает хорошо известное и уже привычное нам аналоговое теле- и радиовещание.

Вывод: для доставки сигналов нужно выбирать адекватную транспортную среду. Для индивидуального обслуживания хороши кабельные сети. Для систем массового общего обслуживания или пользования, к которым относится и телерадиовещание, в настоящее время более всего подходит эфирный канал.

КАРТА МЕСТНОСТИ

Нельзя рассматривать сценарии развития телерадиовещания в отрыве от сложившегося состояния и ситуации в индустрии. Если речь идет о радиовещании, то необходимо учесть многое: сложившееся за многие годы распределение радиочастотного спектра между пользователями и службами; технологические возможности обработки и передачи сигналов; конкурентную среду, а самое главное - человеческий фактор.

РЕСУРСЫ РАДИОЧАСТОТНОГО СПЕКТРА

Рачительный хозяин тщательно продумает все возможные последствия своих поступков. Аналогичное отношение к радиочастотному спектру проявляют и государственные органы, управляющие распределением эфира. Радиочастотный спектр сегодня разделен между пользователями. Относительно мирно уживаются в эфире телевизионное и радиовещание, связь, передача информации, навигация, специальные пользователи и множество других сервисов. Но любые технологии, которые несут изменения параметров излучаемого сигнала, способные привести к появлению помех для других пользователей эфира, недопустимы.

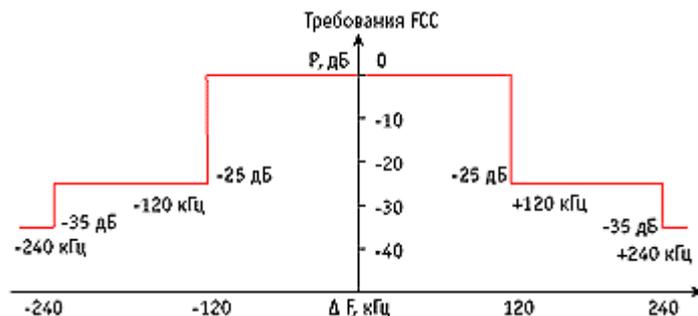


Рисунок 1 – Требования FCC (США) к спектру сигнала в стереофоническом ЧМ-вещании

Для массовых сервисов, к которым относится радиовещание, частотное планирование обычно осуществляется по принципу «до последнего посетителя». То есть радикальные перемены производятся после того, как сервис себя исчерпал. В этом контексте заманчиво выглядит возможность перейти на новую технологию, не изменяя параметров излучаемого аналогового сигнала, точнее — не выходя за рамки допусков. Международным Союзом Электросвязи (МСЭ) установлены требования к занимаемому спектру сигнала аналогового стереофонического радиовещания в диапазоне 87,5... 108 МГц: не более -25 дБ относительно немодулированной несущей при сдвиге 120...240 кГц и не более -35 дБ при сдвиге 240...600 кГц (рис.1.).

ПРИЕМНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Для массовых сервисов не очень хорошо, если переход на новую технологию требует полной замены парка оборудования. Гораздо проще проходят эволюционные решения, к которым можно отнести, например, переход от моно- к стереофоническому вещанию или от черно-белого к цветному телевидению. Сигнал стереофонического вещания можно прекрасно принимать на монофонический приемник. В этот же ряд можно поставить и появление RDS: владельцы новых радиоприемников пользуются дополнительной информацией, а владельцы обычных приемников не испытывают при этом никаких неудобств.

Привлекательно выглядят решения и технологии, обеспечивающее плавный переход от аналога к цифре и совместимость стандартов в переходный период. В этом случае, имеющиеся аналоговые приемники продолжают радовать своих владельцев, а обладатели новой цифровой аппаратуры получают новое качество звучания, новые сервисные функции и многие другие дополнительные возможности. По мере замены парка приемного оборудования (ожидаемый срок 7-10 лет) можно будет рассматривать вопрос и принимать решение об исключении аналоговой компоненты в излучаемом сигнале. Таким образом мы сможем получить увеличение с трех до как минимум восьми дополнительных цифровых каналов на месте каждой аналоговой несущей.

ПЕРЕДАЮЩЕЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Необходимость замены части передающего оборудования для перехода на цифру может несколько огорчить владельцев и менеджмент радиостанций, но здесь нет каких-либо нерешаемых проблем. Новая HD-радио технология обеспечивает появление трех дополнительных (HD1, HD2, HD3) цифровых каналов с полным сохранением аналогового (FM) вещания, что позволит радиовещателям получить новые доходы от новых программ с новыми рекламными «окнами», трансляцией платных программ (используя функцию условного доступа), новых сервисных возможностей и нового качества звука, которые в свою очередь получат радиослушатели. При этом очевидно, что первые HD-радио слушатели будут очень инновационными и состоятельными людьми. Это как раз тот сектор потребителей, которые имеют потенциальную возможность и могут приобретать рекламируемые товары и услуги.

Есть и другой путь. Можно найти инвестора (например трейдера приемного HD-радио оборудования), заинтересованного в развитии технологии, и покупку необходимого дополнительного оборудования возложить на него. А если у вещателя вообще нет желания вкладывать деньги или искать инвестора, то, очевидно, что Национальный Совет объявит конкурс на новые цифровые каналы со специальными условиями. После определения на конкурсе победителя на право вещания на двух новых цифровых каналах, компании, получившие лицензии, будут обязаны взять на себя лицензионные обязательства и обеспечить вещание одного цифрового канала для владельца лицензии аналоговой частоты.

ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ ФАКТОР

Переход на цифровую технологию имеет смысл только в том случае, если новый сервис будет для массового пользователя привлекательнее, чем имеющийся. Чем можно привлечь потребителя? Едва ли для массового радиослушателя будет значимым повышение качества звука или появление тыловых и центрального каналов при вещании Dolby digital 5:1... Но это отдельный вопрос, большой и важный, и, с Вашего разрешения, я оставлю его для другой статьи.

HD-РАДИО ОТ IBIQUITY DIGITAL CORPORATION И КОМПАНИИ «УКРСЕРВИС»

Итак, разумным для реализации видится подход, когда новая система вписывается в существующее распределение спектра и обеспечивает совместимость с существующими аналоговыми радиопередатчиками. Именно этими свойствами обладает HD-радио технология, запатентованная фирмой iBiquity Digital Corporation и имплементирующаяся в Украине технологической компанией «УкрСервис» совместно с Одесским государственным институтом радио и телевидения.

Система построена с использованием принципа IBOC (in-band on-channel), то есть цифровой и аналоговый сигналы передаются в общем частотном канале на месте «пустующих сейчас» защитных промежутков между радиостанциями.

На сайте http://www.ibiquity.com/hd_radio четко охарактеризовано основное преимущество стандарта: «Static-free, crystal-clear reception; FM sounds as sensational as CDs». То есть: звучание как CD, безупречный прием. Действительно, данная цифровая технология позволит навсегда устранить последствия потерь сигнала и шумы в эфире, а при сравнении качества звучания радиоприемника с компакт-диском получить едва различимый на слух результат. Конечно, чудес не бывает: пропускная способность цифрового гибридного канала невысока (порядка 150 кбит/с) и обеспечить при такой скорости качество звучания приемника, превосходящее качество звучания CD, весьма затруднительно.

Компания iBiquity Digital для решения достаточно сложной задачи качественного сжатия звукового потока изначально предполагала использовать (PAC) — Perceptual Audio Coder компании «Lucent technology». В настоящее время в HD-радио технологии используется еще более эффективный алгоритм сжатия: обеспечиваемое качество звука превосходит аналоговое качество радиоприема и обеспечивает достаточный уровень для организации массового сервиса.

Интересно отметить тот факт, что, действительно, с 2007 года началось практическое 5.1 Surround Sound радиовещание с использованием технологии HD-радио. Это технически реализовано в мире уже минимум на трех радиостанциях, осталось понять, есть ли потребность у слушателей в 5.1 Surround Sound передаче звука?! Время покажет и даст свой ответ...

Кроме звука, система HD-радио предполагает одновременную со звуком передачу дополнительной текстовой и полноцветной графической информации, как общедоступной, так и адресованной конкретным абонентам. В частности, во время звучания аудиоматериала может транслироваться текстовая информация о передаваемом в эфир фрагменте (название, автор, исполнитель, год создания, фото автора или исполнителя и так далее). Украинских радиослушателей-водителей, наверняка, заинтересует информация о дорожном движении и пробках на дорогах родного города.

Кстати сказать, автомобилестроители очень активно включились в поддержку и внедрение именно HD-радио цифровой технологии. В 2008 году 12 мировых автомобильных концернов предлагают HD-радио приемники уже как штатно установленную с завода опцию в более чем шестидесяти моделях различных общеизвестных марок: Dimler Chrysler, Opel, Volkswagen, Jaguar, Ford, Volvo, BMW, Land Rover, Audi, GM, Hyundai, Mercury, Lincoln, Skoda, Pontiac, Toyota, Lexus...

ОТ ИДЕИ К ПРАКТИКЕ

Предполагается организация в гибридном цифро-аналоговом режиме нескольких сервисов: основная программа (main program service — MPS), индивидуальные данные (personal data service — PDS), идентификация (station identification service — SIS) и дополнительный сервис (auxiliary application service — AAS).

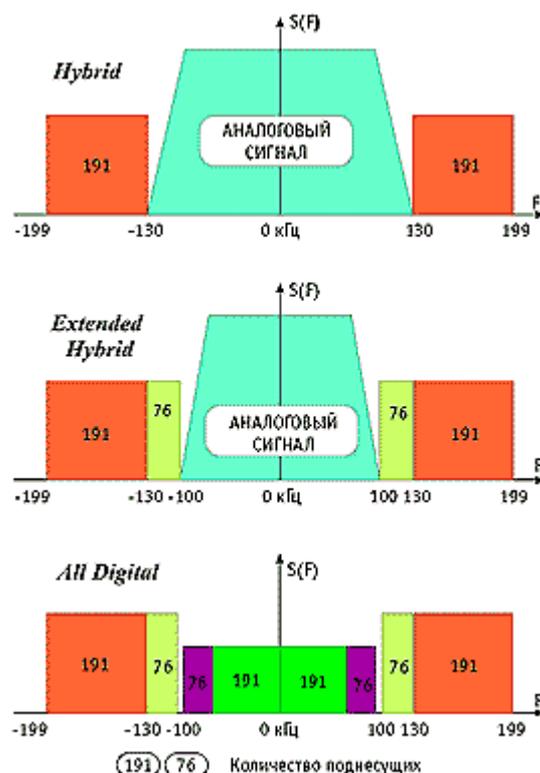


Рисунок 2 – Спектр сигнала HD-радио в режимах Hybrid, Extended Hybrid, All Digital

Разрешите все-таки немного остановиться на техническом аспекте HD-радио стандарта. Как уже отмечалось выше, цифровая информация передается в данной технологии на дополнительных несущих, размещаемых в условно свободном пространстве частотного канала, выделенного для FM-вещания (рис.2). В процессе эволюции стандарта предусматриваются три режима работы системы: Hybrid (гибридный), Extended Hybrid (гибридный расширенный) и All Digital (полностью цифровой).

Спектр сигнала в режиме Hybrid включает обычный аналоговый сигнал стереофонического FM-радиовещания, выше и ниже которого размещены поднесущие цифрового сигнала. Занимается полоса от -198,402 до -129,361 кГц и от 129,361 до 198,402 кГц относительно центральной частоты канала, то есть фактической частоты немодулированной несущей радиосигнала. Здесь размещены поднесущие с номерами от -546 до -356 и от 356 до 546.

Переход в режим Extended Hybrid осуществляется за счет небольшого «сужения» спектра аналогового сигнала путем ограничения девиации аналогового сигнала с ± 75 до ± 70 кГц. Дополнительные поднесущие цифрового сигнала в этом режиме расположены в интервале спектра от -101,744 до -129,361 кГц и от 101,744 до 129,361 кГц относительно центральной частоты радиоканала. Следует ожидать, что переход в режим Extended Hybrid подтолкнет пользователей к отказу от аналогового вещания и полному переходу на цифровую технологию, то есть в режим All Digital.

В режиме All Digital в эфир передаются поднесущие только цифрового вещания. Естественно, доступная скорость передачи данных в этом случае оказывается самой высокой, относительно предыдущих. Основные возможности и сервисы, обеспечиваемые HD-радио в разных режимах, сведены в табл. 1...3. Список основных сокращений и обозначений приведен в табл. 4.

Таблица 1. Сервисы в разных режимах

Режим	Основной сервис	Дополнительный сервис
Hybrid	MP1	Нет
Extended Hybrid	MP2... MP7	Нет
All Digital	MP5... MP7	MS1... MS4

Таблица 2. Скорость передачи в основных каналах

Сервис	Скорость передачи, кбит/с				Режим
	P1	P2	P3	PIDS	
MP1	25	74	0	1	Hybrid
MP2	25	74	12	1	Extended Hybrid
MP3	25	74	25	1	Extended Hybrid
MP4	25	74	50	1	Extended Hybrid
MP5	25	74	25	1	Extended Hybrid, All Digital
MP6	50	49	0	1	Extended Hybrid, All Digital
MP7	25	98	25	1	Extended Hybrid, All Digital

Таблица 3. Скорость передачи в дополнительных каналах

Сервис	Скорость передачи, кбит/с						Режим
	S1	S2	S3	S4	S5	SIDS	
MS1	0	0	0	98	6	1	All Digital
MS2	25	74	25	0	6	1	All Digital
MS3	50	49	0	0	6	1	All Digital
MS4	25	98	25	0	6	1	All Digital

Таблица 4. Сокращения и обозначения

Обозначение	Содержание	Перевод
P1...P3	Primary Logical Channels	Основные каналы
S1...S5	Secondary Logical Channels	Дополнительные каналы
MP1...MP7	Primary Service Modes	Основной сервис, варианты с 1 по 7
MS1...MS4	Secondary Service Modes	Дополнительный сервис, варианты с 1 по 4
PIDS	Primary IBOC Data Service Logical Channel	Основной канал данных
SIDS	Secondary IBOC Data Service Logical Channel	Дополнительный канал данных
IBOC	IBOC In-Band On-Channel	Передача данных в общем канале

ПЕРЕДАЮЩЕЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Спектр гибридного сигнала при использовании HD-радио технологии незначительно шире, чем спектр в обычном аналоговом использовании : 400 кГц против почти 300 (см. рис.2). Относительная ширина полосы составляет $0,4/88 = 0,0055$, то есть всего 0,5%, и, естественно, что все как приемные, так и передающие антенны беспрепятственно пропускают такой сигнал в эфир и примут его из эфира. Теоретически могут возникнуть трудности, например, только в том случае, когда на общую антенну работает несколько радиостанций, а мост сложения некорректно настроен.

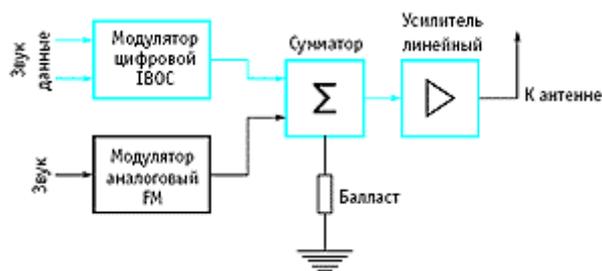


Рисунок 3 – Формирование сигнала HD-радио путем сложения на малой мощности

Сам цифро-аналоговый (гибридный) передатчик может быть реализован по схеме совместного усиления (рис.3). На выходе цифрового модулятора — сформированная сетка цифровых поднесущих, модулированных звуковым и сервисным потоком данных. Аналоговый модулятор формирует FM-сигнал стереофонического радиовещания. Обе эти составляющие объединяет сумматор. Полученный полный сигнал усиливается до указанной в лицензии вещателя мощности. Это самое простое решение для практической реализации, но в этом случае потребуется перевод аналогового усилителя мощности в более линейный (АБ) режим. Большинство современных и используемых сегодня в радиовещании усилителей работают в режиме без начального смещения (С) или с очень небольшим начальным током покоя выходных транзисторов. Доработка существующего усилительного оборудования совершенно незначительна и сводится только к увеличению тока смещения выходных транзисторов усилителя. Однако лучше, чтобы эту работу выполняли квалифицированные специалисты с приборами для контроля линейности усилительного оборудования и проверкой теплового режима выходного каскада после адаптации. Возможно, в некоторых случаях, необходимо будет заменить вентиляторы воздушного охлаждения на более производительные.

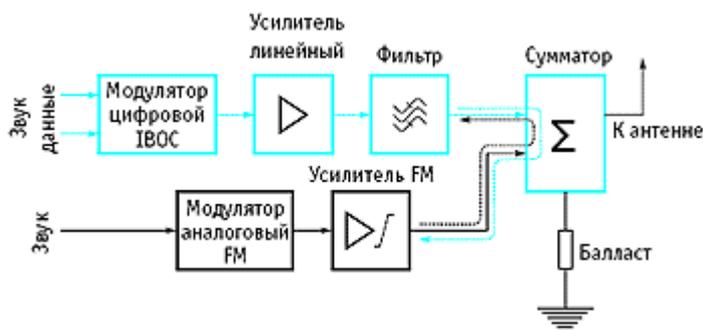


Рисунок 4 – Формирование сигнала HD-радио путем сложения на большой мощности

Для перехода в режим All Digital достаточно будет оставить в работе цифровой модулятор, предварительно перепрограммировав его в полностью цифровой режим и отключить аналоговый возбуждатель.

При раздельном усилении (рис.4) линейный усилитель нужен только в цифровом тракте. Усилитель FM-сигнала может работать с ограничением, чем достигается, в частности, высокий КПД и упрощается решение задачи отвода тепла. Исключить взаимное влияние аналогового и цифрового трактов непросто. Мост сложения должен обеспечивать хорошую развязку (минимально 30 дБ), то есть подавление сигналов, проникающих с выхода одного усилителя на выход другого. Эта ситуация показана пунктиром на рисунке. Сумматор оказывается не очень простым по конструкции, ситуация немного усложняется еще и тем, что складываются сигналы со значительными мощностями. Сразу успокою, при мощности аналога до 5 кВт, стоимость такого сумматора не превысит 3500 долларов США, так что и такой метод перехода можно считать достаточно рабочим вариантом.

Для передачи цифровой части радиосигнала также может использоваться отдельная антенна. Единственное отрицательное последствие, которое обнаруживается при беглом анализе данного решения, — различие условий приема цифрового и аналогового сигналов. В некоторых случаях сигналы от разных антенн могут иметь разную зону устойчивого приема радиосигнала в аналоге и в цифре.

Конкретное решение по инсталляции можно и нужно принимать только в конкретных условиях. Сегодня уже понятно, что нет никаких непреодолимых препятствий для внедрения HD-радио технологии в Украине. Понятно это стало не сразу, а после длительной работы, многих экспериментов и получения необходимых заключений о беспрепятственной возможности использования стандарта в Украине от компетентных органов - Одесского научно-исследовательского института радио и телевидения. Сегодня этот процесс уже вышел на финишную прямую.

Приятно отметить, по состоянию на начало 2008 года в мире уже насчитывалось около 10000 радиостанций, работающих в гибридном HD-радио формате, и их количество растет с каждым днем. По статистике каждый день в мире появляется новая HD-радио станция. Для массового старта цифрового радио в Украине остается только дожидаться, чтобы HD-радио технология была внесена в пункт 37 Плана использования радиочастотного ресурса Украины.

Литература:

- 1 <http://www.ukrservice.net>
- 2 <http://www.ehdra.org>
- 3 <http://www.hdradio.ua>
- 4 <http://www.hdradio.com>
- 5 <http://www.hdradio.ru>