

The roll-out of **DTT** in France

— not just SD ... but HD and mobile TV services as well

Внимание!

- Данный перевод **НЕ** претендует на аутентичность и может содержать отдельные неточности.
- Оригинал этого документа находится по адресу: <http://www.ebu.ch>

Внедрение **DTT** во Франции

— не только услуги SD ... но и HD и мобильного ТВ

Aurélien Louis и Matthieu Roger
Conseil supérieur de l'audiovisuel (CSA)

Несмотря на довольно позднее внедрение услуг DTT во Франции по сравнению с некоторыми соседними странами, они уже широко принимаются зрителями благодаря давней традиции наземного телевизионного приема. Увеличивая число услуг и качество передачи, ландшафт цифрового телевидения сохраняет быстрый эволюционный темп.

В статье дается краткое описание текущей ситуации DTT во Франции и ее ближайшей эволюции: внедрение HDTV и мобильного ТВ. В отдаленной перспективе сети наземного вещания в итоге будут развиваться дальше на основании национальной схемы перераспределения частот, освободившихся в процессе перехода на цифру.

Цифровое наземное телевидение во Франции

Цифровому наземному телевидению во Франции скоро будет три года, с начала вещания первых услуг в 2005 г. Его внедрение сразу стало полезно для французских потребителей: больше каналов с лучшим качеством изображения, доступная цена (только стоимость приставки MPEG-2) и безотказная ежедневная работа.

Однако этот технологический прорыв готовился много лет. Первый тендер, организованный независимой французской организацией по регулированию вещания *Conseil supérieur de l'audiovisuel (CSA)*, состоялся в 2001 г. Затем последовали долгие годы международных дискуссий на техническом уровне, а также интенсивные нормативные и юридические размышления.

Необычная нормативная структура для основной платформы телевидения

Французская нормативная структура для DTT совершенно отличается от государств-членов Европейского союза и относится к французской "культурной исключительности".

С одной стороны, процедура выбора обращена к вещателю каждого ТВ канала, которому отведен ресурс, а не к платформе, мультиплексу или техническим операторам. Цель непосредственного выбора каждого вещателя DTT – сохранение политического, социального и культурного плюрализма французского аудиовизуального ландшафта.

С другой стороны, выбор достигается через «конкурс красоты» и ведет к отсутствию финансовых обязательств за использование спектра. Это направлено на поддержание высоких стандартов качества контента для выбранных каналов. В самом деле, выбор вещателей и бесплатное выделение спектра позволяют регулирующей организации быть более требовательной к вещательным обязательствам соискателей и их вкладу в производство европейских или французских программ.

С технической стороны, стандарты вещания и компрессии определены правительственными решениями. За планирование спектра отвечает CSA в партнерстве с *Agence Nationale des Fréquences (ANFr)*, французским агентством по управлению спектром, ответственным за координацию с соседними странами.

В 2007 г. наземное ТВ составляло 57% французского ТВ, и 18% из них было цифровым. Эти цифры показывают, что наземное ТВ – главная телевизионная платформа, что объясняет, почему регулирующая организация уделяет столько внимания разнообразию и качеству наземных программ.

Планирование и организация мультиплекса DTT

Во Франции, как и в большинстве европейских стран, планируются и координируются шесть цифровых мультиплексов в соответствии с соглашением Chester 97.

Выбор схемы вещательной модуляции означает, с одной стороны, компромисс между надежностью передачи и стоимостью инфраструктуры, а с другой стороны – необходимую скорость передачи данных. Во Франции принято решение максимизировать число каналов, сохраняя хорошее качество изображения. Эти соображения привели к выбору модуляции 64-QAM¹.

С учетом этой модуляции прогнозировалось, что 113 основных телепередатчиков будут обеспечивать охват DTT 85% населения.

Поскольку существует заинтересованность в расположении каналов, на *Рис. 1* показано нынешнее распределение услуг через мультиплексы.

Мультиплекс R1 специально разработан, чтобы дать возможность общественному вещателю France 3, который использует местные и региональные программы, передавать региональные различия.

Хотя такая ситуация предполагает дополнительные ограничения и, следовательно, более экстенсивное использование спектра, региональные варианты очень популярны и важны относительно роли цифрового телевидения как общественного средства связи.

Сначала мультиплекс R5 не передавал никаких услуг и был отведен для будущего или инновационного использования. Но как показано ниже, теперь он выделен для первых бесплатных услуг HD на наземной платформе.



Платные ТВ каналы

Рис. 1
Шесть текущих мультиплексов DTT во Франции

Дебаты по стандартам компрессии: MPEG-2 или MPEG-4

Ситуация во Франции также отличается тем, что мультиплексы используют стандарты компрессии и MPEG-2, и MPEG-4. Причина такого технологического выбора тоже кроется в социальной и политической ориентации.

¹ Для точности – обычно с FEC 2/3, охранным интервалом 1/32 и типом носителя 8k.

В 2004 г., с учетом последних разработок MPEG-4, были открыты публичные дебаты по поводу возможности внедрения DTT в MPEG-4 вместо MPEG-2.

MPEG-4 давал возможность получить выгоду от увеличения компрессии в будущем и считался первым шагом к HD. Однако в то время он был еще очень дорогой технологией без особого роста эффективности по сравнению с MPEG-2 на ближайшие два года. Самое главное, что тогда наличие мультистандартных терминалов (MPEG-4 SD и HD) было небезопасно, что делало возможность бесшовного перехода на HD нереальной.

С другой стороны, MPEG-2 был широко признан как доступная технология. Она была выбрана для большинства платформ DTT во всем мире, что привело к большой экономии за счет масштаба, особенно благодаря раннему внедрению технологии в соседних странах, например, Великобритании, на 7 лет раньше. Недостатком MPEG-2 была его зрелость: увеличения компрессии не ожидалось, в то время как технология MPEG-4 заявляла о способности к улучшению на 50%. Кроме того, это подразумевало замену приставок при переходе на HD.

После жаростных дебатов правительство сделало гибридный выбор: использовать MPEG-2 для бесплатных услуг, а MPEG-4 – для платных и HD.

Это беспрецедентное решение имело веское обоснование. Благодаря выбору MPEG-2 для услуг FTA была достигнута общедоступность этих услуг по ограниченной цене и ожидалось своевременное внедрение бесплатных услуг DTT. И оно состоялось: 31 марта 2005 г., когда приставки стоили около 100€ и, как планировалось, было готово к вещанию 18 бесплатных услуг DTT.

Выбор MPEG-4 для платного ТВ был призван упростить позднее внедрение новых услуг благодаря будущему увеличению компрессии, которое освободило бы спектр, используемый первыми платными услугами. В этом отношении решение было удачным. После внедрения в 2005 г. платного ТВ MPEG-4 компрессия увеличилась на 30%, позволив развитие наземного предложения HDTV во Франции.

Второй причиной этого выбора стал вопрос о HD терминалах MPEG-4: была надежда, что рынок платного ТВ может создать потребительскую базу, готовую к приему HD услуг, а также, что это поможет снизить стоимость технологии MPEG-4. Однако медленный старт рынка платного DTT во Франции (несколько сотен тысяч абонентов) ограничивал размер пользовательской базы MPEG-4. Тем не менее, эту базу значительно увеличило одновременное внедрение DTT-совместимых приставок ADSL с возможностью HD (с комбинацией DTT и IPTV).

Успех DTT: охват и подписка

В конце 2007 г. DTT было доступно 85% населения Франции со 113 главных передающих пунктов.

Внедрение DTT было прогрессивным и разделено на 6 этапов. Для регулирующей организации иметь дело с реорганизацией огромного спектра – и защитой сетей аналогового наземного вещания от интерференции в результате цифровой передачи – было большой проблемой. Задача состояла во внедрении шести новых национальных цифровых сетей в дополнение к существующим аналоговым² сетям. Чтобы справиться с такой нагрузкой, техническая и планирующая способность CSA были значительно увеличены.

Однако последний аудиовизуальный список, утвержденный голосованием 5 марта 2007 г., сейчас подразумевает, что вещатели должны расширить охват DTT как минимум до 95% населения для каждого «ныне существующего аналогового канала».

Чтобы выполнить это обязательство, CSA проложила путь к этому расширению в соответствии с детальными обязательствами для вещателей, чтобы предотвратить любые цифровые различия. Эти дополнительные обязательства направлены на выравнивание охватов каждого *департамента* (административного субрегиона во Франции), чтобы охват DTT в географически трудных регионах с малой плотностью населения был выровнен с регионами с легким охватом в крупных городских зонах.

Эти два обязательства, национальный и «окружной» охват, будут представлять важную рабочую нагрузку в смысле включения передатчиков. Согласовано, что для такого охвата потребуется более 1500 новых передатчиков.

² Три аналоговые наземные сети (TF1, France 2 и France 3) охватывают около 99% населения в полосах UHF, а еще две сети (France 5/Arte и M6) обслуживают около 85% населения, тоже в полосах UHF.

Наконец, для оставшихся 5% населения рекомендуется спутниковый охват. По французским законам должен быть введен в эксплуатацию спутниковый программный пакет, доступный без абонентской платы или аренды терминала. Сегодня такое предложение обеспечивает CanalSatellite с услугой TNTSat, которая передает 18 бесплатных услуг DTT.

Эти три расширения охвата, хоть и финансово трудные для вещателей и налагают нагрузку планирования, являются условием для успеха платформы DTT в будущем. Это будет способствовать принятию DTT и повысит потребность народа в новых услугах, например, HDTV.

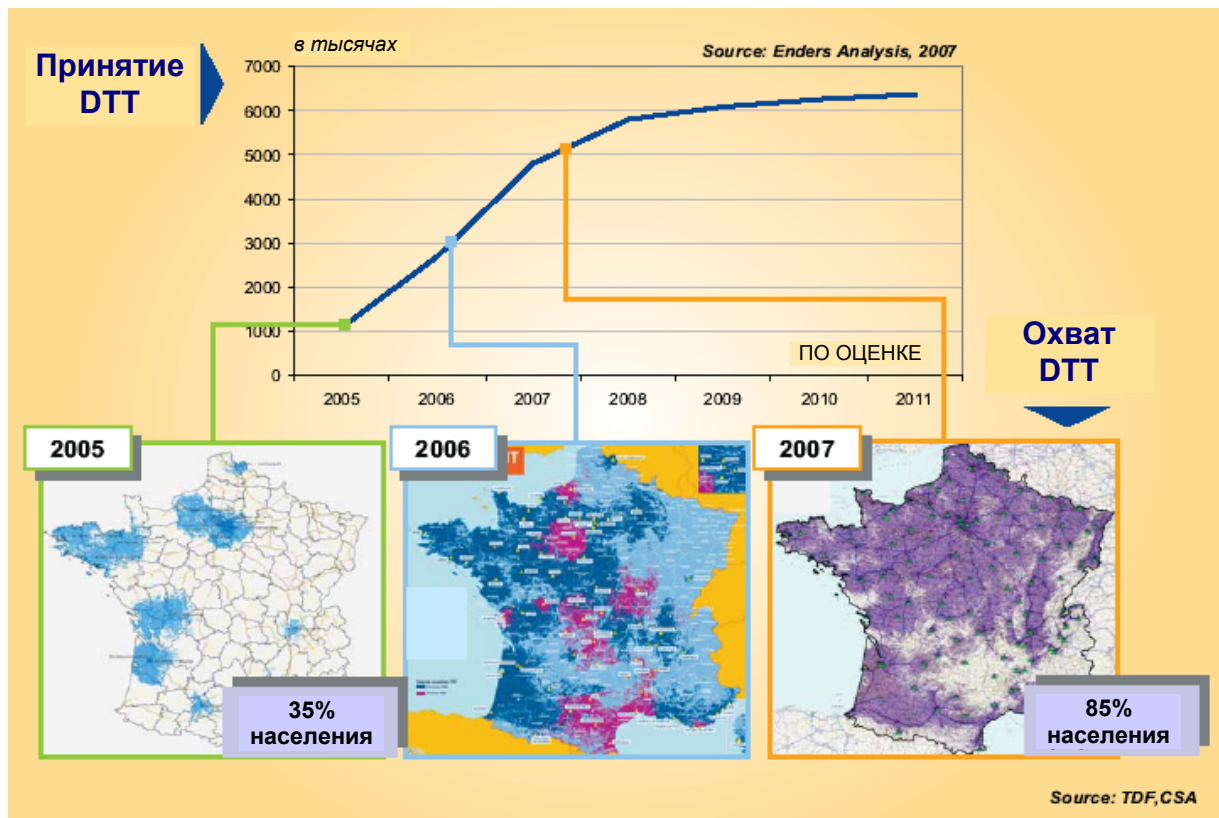


Рис. 2
Принятие DTT во Франции: 2005 – 2007

Большие ожидания от HD контента

Независимо от стоимости приемников и быстро растущего географического охвата, были два ключевых фактора принятия DTT публикой – это, конечно, улучшенное качество изображения и большее количество услуг. 18 бесплатных цифровых служб против 5 аналоговых, а также 11 платных против одной, дали импульс, который поддерживался четким и резким изображением, обеспечиваемым цифровой передачей. Нет было больше «снега» на экране и потрескивающего звука.

Успех DVD и CD против VHS и магнитной ленты параллельно привел к росту ожиданий от качества. Тем временем домашние кинотеатры, многоканальный звук, звуковые эффекты, видео игры и увеличение разрешения в персональных компьютерах содействовали потребности в лучшем качестве.

Поэтому HDTV является следующим шагом и часто считается будущим телевидения, так же как несколько десятков лет назад цветное изображение сменило черно-белое.

Нынешнее предложение HDTV на других носителях

Услуги HDTV уже предлагаются спутниковым, кабельным и ADSL (IPTV) телевидением. Некоторые из них бесплатные, но большинство – платные, часто объявленные как «опции» в программных пакетах, даже когда соответствующие услуги SD бесплатны. В частности, первые частные бесплатные французские

каналы, например, М6 или TF1, имеющие большую часть аудитории из наземного вещания (аналогового и цифрового), никогда не передаются бесплатно при одновременном вещании в HD.

Некоторые новые услуги, например, NRJ12 HD, входят в базовый программный пакет некоторых предложений «тройных услуг». Они похожи на бесплатные, т.к. дополнительной платы не требуется, но, тем не менее, требуют подписки у провайдера доступа в Интернет.

Кроме того, ADSL – в отличие от традиционных вещательных сетей – быстро сталкиваются с ограниченностью полосы пропускания, поэтому услуги HD свыше 5 Mbit/s, в случае, если они предлагаются, доступны лишь нескольким абонентам.

HDTV должно быть наземным

Учитывая широкое распространение наземного приема ТВ услуг во Франции, внедрение HDTV через DTT необходимо. Иначе это ограничит большинству людей возможность доступа к таким услугам. Кроме того, поскольку наземная платформа все еще возглавляет зрительский рынок рекламы, это, возможно, единственное место, где можно реализовать, а затем развивать бесплатное HDTV: Если обеспечивать HDTV каждому жителю Франции, оно должно быть наземным.

Но наземное вещание подразумевает некоторые ограничения. Дефицит спектра непреодолим, особенно если полосы, выделенные сегодня для телевизионных услуг, частично сократятся в будущем.

Поэтому совершенно необходимо занимать меньше места. Для этой цели вполне годится кодек MPEG-4 part 10 (также называемый H.264). Дальнейшая работа в DVB Forum, например, по поддержке масштабируемого видео кодека или по системе модуляции DVB-T2, также может помочь в сжатии. К сожалению, это может задержать широкое внедрение HDTV во Франции на несколько лет.

После того, как проблемы кодека и схемы модуляции будут решены, необходимо урегулировать проблему числа услуг на мультиплекс или полосы пропускания для услуг.

Благодаря отчету *Conseil général des technologies de l'information* (CGTI) – департамента Министерства финансов, ответственного за информационные технологии – а также в результате консультаций, прове-

Сокращения

64-QAM	64-state Quadrature Amplitude Modulation Квадратурная амплитудная модуляция с 64 состояниями	ETSI	European Telecommunication Standards Institute Европейский институт стандартов телекоммуникаций http://pda.etsi.org/pda/queryform.asp
AAC	Advanced Audio Coding Продвинутое аудио кодирование	FTA	Free-To-Air Открытый (бесплатный)
ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line Асимметричная цифровая абонентская линия	HD	High-Definition Высокая четкость
AVC	(MPEG-4) Advanced Video Coding (MPEG-4) Продвинутое видео кодирование	HE-AAC	High Efficiency AAC Высокоэффективное AAC
CAS	Conditional Access System Система условного доступа	IPDC	IP DataCasting IP вещание данных
CSA	<i>Conseil supérieur de l'audiovisuel</i> (Французская организация по регулированию вещания)	IPTV	Internet Protocol Television Телевидение по Интернет-протоколу
CGTI	<i>Conseil général des technologies de l'information</i> (Французский совет по информационной технологии)	MPEG	Moving Picture Experts Group Группа киноэкспертов http://www.chiariglione.org/mpeg/
DTT	Digital Terrestrial Television Цифровое наземное телевидение	OMA	Open Mobile Alliance Альянс открытых мобильных устройств http://www.openmobilealliance.org/
DVB	Digital Video Broadcasting Цифровое видео вещание http://www.dvb.org/	SD	Standard-Definition Стандартная четкость
DVB-H	DVB – Handheld DVB – Карманный	TNT	<i>Télévision Numérique Terrestre</i> (Цифровое наземное телевидение, DTT)
ESG	Electronic Service Guide Электронный справочник служб		

денных CSA в декабре 2006 г., считается вполне реальным вещание трех услуг HDTV в мультиплексе с совокупной скоростью передачи 24 Mbit/s с использованием статистического мультиплексирования (statmux).

Эксперименты с HDTV в Париже, Лионе и Марселе, позволившие испытать разные скорости потоков, были продолжены и в других городах. Эти испытания имели очень строгое ограничение – мог передаваться только «родной» HD контент (т.е. без конвертированных программ в HD). Как и ожидалось, отзывы зрителей, которые смогли посмотреть эти события в HD (чемпионат мира регби, *Tour de France*, концерты, сериалы и т.д.) были отличными. В то время в одном мультиплексе могли передаваться три услуги.

HDTV, но где и когда?

Один национальный мультиплекс, R5, был определен для передачи услуг HD. В июне 2007 г. CSA организовала «конкурс красоты» для выделения этого мультиплекса для двух услуг HD, а третья уже была зарезервирована правительством для общественного вещания. Из четырех кандидатов были выбраны M6 HD и TF1 HD – просто одновременная HD передача SD каналов. Сейчас идут переговоры по завершению обязательств по реальному внедрению до конца этого года. Сроки внедрения для расширенного охвата этой сети, которая, в конце концов, станет национальной, скоро будут установлены. CSA стремится быстро расширить охват как минимум до 85% населения.



Рис. 3
Освобождение места в мультиплексах для новых услуг HD

Параллельно с этим процессом, благодаря вышеупомянутому отчету CGTI, недавно был сделан вывод о достижимости дальнейшего увеличения компрессии в платных услугах SD MPEG-4. Это привело к решению *Conseil* об обеспечении достаточных ресурсов для двух новых услуг HD: платной службы, конвертированной из SD в HD, и новой службы. Последняя появится, когда освобожденное место консолидируется в единый мультиплекс, т.е. за счет перевода некоторых нынешних услуг в другие мультиплексы. Проводится новый «конкурс красоты» на конверсию платной службы.

Другая сторона вещания HD: прием

Не менее важно, что различные французские группы (HD Forum, Simavelec и другие партнеры) провели работу по расширению средств приема для HDTV, обновив стандарт IEC EN-62216-1 и подготовив испытательный стенд. Среди прочих тем, там были связанные аудио компоненты и сигналинг для одновременного вещания SD/HD услуг.

В тесном сотрудничестве с ними CSA, как владелец профиля сигналинга, позаботится о совместимости сигналов так, чтобы будущее, так же как и уже установленное HDTV-совместимое оборудование, работало эффективно.

На самом деле, более миллиона приемников различного типа уже могут принимать услуги HDTV. Большинство новейших приставок «тройных услуг» имеют цифровой тюнер и они совместимы с MPEG-4 HD. За последние два года в продаже были разные типы приставок, а прошлым летом покупателям были предложены первые интегрированные телевизоры. Кроме того, большинство приставок DTT pay-TV, продаваемых на территории Франции, также совместимы с HDTV.

Некоторые прогнозируемые трудности должны легко преодолеваться благодаря высокому уровню участия промышленности, вещателей и операторов сетей. Несмотря на отсутствие во Франции организаций типа DTG или Freeview для проверки соответствия приемников и содержания сигналинга (EPG и т.д.), как

в Великобритании, это выглядит очень важным коллективным шагом, направленным на высокий уровень услуг для передачи программ HDTV каждому.

И даже закон от 5 марта 2007 г. содействует стремительному внедрению приемников HDTV, т.к. обязывает с 1 декабря 2008 г., чтобы все телевизоры “HD Ready” включали детали, необходимые для поддержки приема HDTV в родном формате

Но если HDTV – крупный проект для DTT, то реализуются и другие проекты для продолжения улучшения общественного заказа.

Новые рубежи цифрового вещания

Если переход на цифру повысил качество для публики, особенно с внедрением HDTV, то частоты цифрового вещания могут дать населению гораздо больше: среди прочего, увеличение близости телевидения с развитием местного телевидения в гораздо большем масштабе, чем возможно в аналоге, и, конечно, потребление аудиовизуального контента в мобильных ситуациях с помощью карманных терминалов.

Билль от 5 марта 2007 г. решает эти новые проблемы и принуждает CSA двигаться вперед в этих сферах.

Развитие местного цифрового телевидения

По сравнению с ближайшими соседями во Франции нет развитого сектора местного вещания по наземным сетям. Например, в Испании более тысячи местных телевизионных станций, а во Франции всего 26. Поэтому добавление таких новых услуг находится в центре политики CSA, для поддержания высокого уровня медиа плюрализма и культурного разнообразия, облегчая доступ к этим услугам.

Поэтому переход на цифру – реальная возможность для улучшения ситуации. Действительно, разделение затрат на передачу открывает новое экономическое пространство для развития местного телевидения.

Что касается спектра, реорганизация мультиплексов произошла 13 сентября 2007 г. и освободила место в общественном мультиплексе DTT (обозначенного на иллюстрациях “R1”). Благодаря уникальному проектированию и частотной структуре, позволяющей вариации местных программ, этот мультиплекс особенно подходит для местного телевидения. При необходимости этот ресурс будет дополнен – в некоторых зонах, где приоритет отдан повышению доступности местных вариаций France 3 или других общественных служб – частотами, которые составят 8-й мультиплекс DTT.

В 2008 г. CSA выпустит по всей территории беспрецедентную волну тендеров на оцифровку местного вещания, что, надеемся, приведет к усилению местного аудиовизуального сектора.

Внедрение услуг DVB-H

В ноябре 2007 г. CSA также выпустила тендер на мобильные телевизионные услуги по технологии DVB-H. С этой инициативой Франция войдет в группу европейских стран – лидеров в этой области: Финляндия и Италия, и очень скоро – Германия, Швейцария, Австрия и Испания.

Как указано ниже, этот тендер – результат более чем годовой интенсивной работы главных сторонников мобильного телевидения во Франции и администрации. Эти усилия привели к быстрой реализации нормативного процесса, который постепенно устранил главные сомнения во внедрении мобильного ТВ: наличие спектра, структура для процедуры авторизации, технические стандарты.

Первый этап состоял в планировании спектра под контролем CSA. Эта работа привела к идентификации ряда частот, охватывающего около 80 главных городских зон во Франции, с охватом более 30% населения.

Этот новый мультиплекс, под названием M7, расширит свой охват после отключения аналога. При гарантированном наличии спектра для мобильного телевидения следующей серьезной проблемой стало определение нормативной структуры для мобильного ТВ. Билль от 5 марта 2007 г. дал возможность адаптировать существующие нормативы по цифровому телевидению для решения определенных вопросов конвергенции, созданных этим новым средством передачи.

Что касается стандартов, то после долгих консультаций Министерством промышленности и Министерством культуры был принят вариант MPEG-4 AVC, HE-AAC и DVB-H. Также был поддержан их «открытый подход» к условному доступу, состоявшему в применении одного алгоритма скремблирования (Ismaсgур) и продвижении simulсgурt (шифрования с поддержкой множества одновременных кодировок).

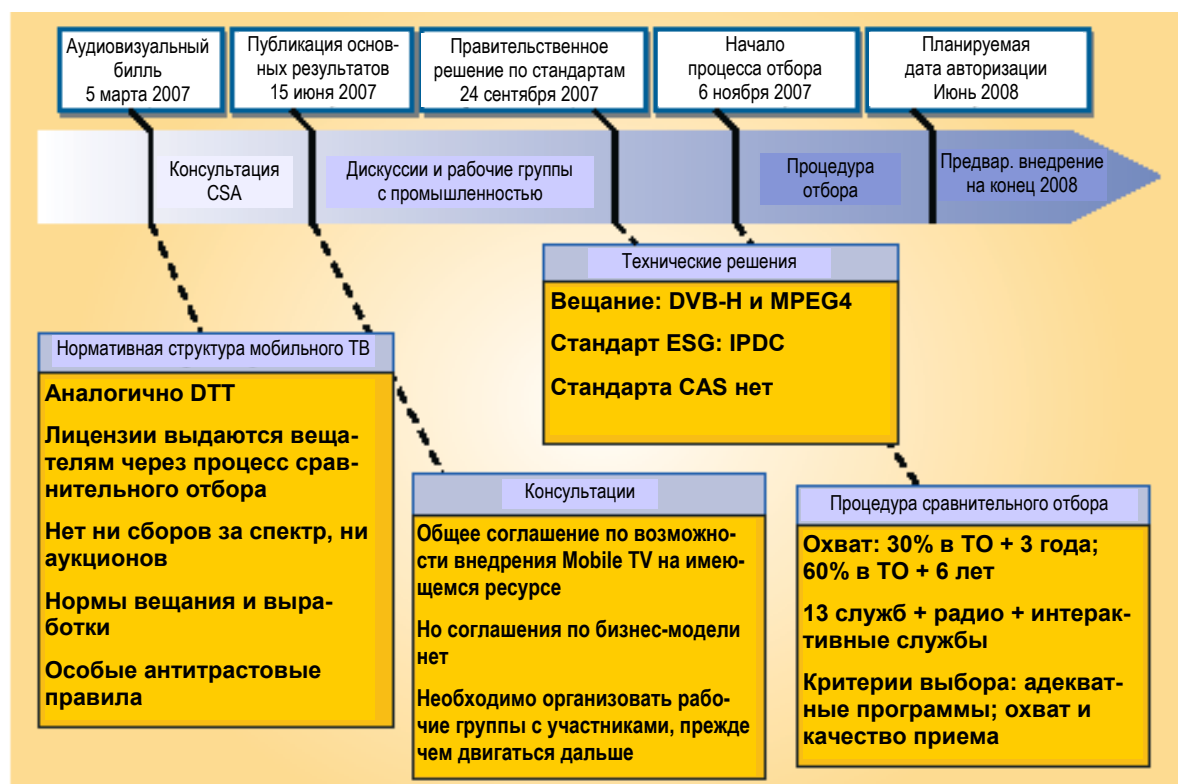


Рис. 4
Планирование услуг мобильного телевидения во Франции

Однако ранний выбор DVB-IPDC как стандарта ESG теперь становится проблематичным, с учетом эволюции в профиле смарт-карт OMA-BCAST, который появится в конце 2008 г., и его поддержки мобильными операторами. Поэтому может потребоваться эволюция технической структуры для внедрения мобильных услуг в лучших условиях.

CSA взяла на себя инициативу организовать технические рабочие группы с промышленностью для решения вопросов, на что нужно выпустить тендер. Важнейшими из них были:

- **Оценка уместных скоростей передачи битов для различных услуг.** Это был необходимый для CSA шаг для решения по числу услуг в мультиплексе. CSA решила выбрать мультиплекс DVBH – до 16 телевизионных служб, 4-9 радиослужб и 120 kbit/s в резерве для интерактивных служб;
- **Определение общей сферы компетенции по качеству охвата и минимально необходимого уровня сигнала.** Оценка масштаба соответствующей сетевой инфраструктуры направляла CSA в определении минимальных обязательств по охвату (30% населения в зоне внешнего приема в ближайшие три года и 60% через 6 лет);

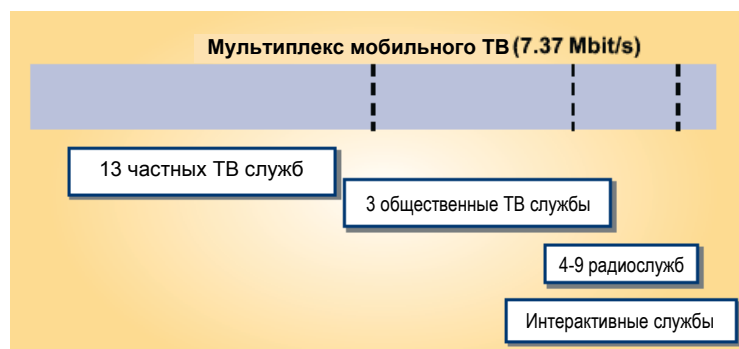


Рис. 5
Распределение мобильных услуг в одном мультиплексе

- **Оценка риска интерференции в существующих услугах из-за внедрения сетей DVB-H.** Этот пункт еще изучается с проведением во Франции различных полевых испытаний.

В CSA зарегистрировано 36 проектов, менее половины которых – просто параллельная передача. Результаты показывают активное участие новичков в аудиовизуальном бизнесе, например, операторов мобильных телефонов. Так, Orange представила два проекта.

Как и в 2007, в 2008 будет много проблем для регулятора в области мобильного ТВ. Помимо необходимой технической работы (планирования протоколов, профиля сигналинга и т.д.) надо будет решить новые вопросы. Несколько примеров: интерактивные службы, которые потребуют особых нормативов; расширение существующих нормативов по защите меньшинств от вредного контента...

В заключение

После запоздалого внедрения DTT в 2005 г. Франция быстро развивает узел новых цифровых телевизионных услуг. Притом, что на конец 2008 г. планируется до восьми служб HD DTT с компрессией MPEG-4, мобильное ТВ DVB-H плюс цифровое радио в T-DMB ... эволюция французского аудиовизуального ландшафта быстро движется вперед, при поддержке кабельной, спутниковой и быстро развивающейся платформы TV-over-ADSL (IPTV).

Цифровая революция для каждого также будет одной из главных проблем для регулирующей организации и правительства. Расширение охвата DTT до 95% населения планируется завершить до ноября 2011 г., и скоро CSA представит правительству отчет о том, как развивать DTT на заморских территориях Франции.

В какой-то момент все эти разработки потребуют увеличения спектра: поэтому отключение аналоговой телепередачи будет для CSA среди главных приоритетов в ближайшие годы.



Прежде чем поступить в технологическое подразделение CSA, **Aurélien Louis** работал в отделе медицинских решений Siemens в области ядерной томографии научным сотрудником по прикладной математике и статистике.

В CSA руководит проектом мобильного телевидения и европейской политики спектра в команде «развития и прогнозов». Окончил *Ecole Polytechnique* в Париже и имеет степень магистра по технологии информации и электросвязи в *Telecom ParisTech*. Является должностным лицом *corps des telecommunications*



Matthieu Roger – начальник отдела «развития и прогнозов» технологической дирекции *Conseil supérieur de l'audiovisuel* (CSA). Имеет степень магистра по электросвязи в *Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications* в Париже (*Telecom ParisTech*).

Последние 10 лет активно работал в областях вещания и телекоммуникаций и участвовал в различных проектах: продвижение DTT на ранней стадии; контроль выполнения стандартизации; руководство проектами по внедрению частных сетей; системы условного доступа; сигнализация DTT; политика спектра...