

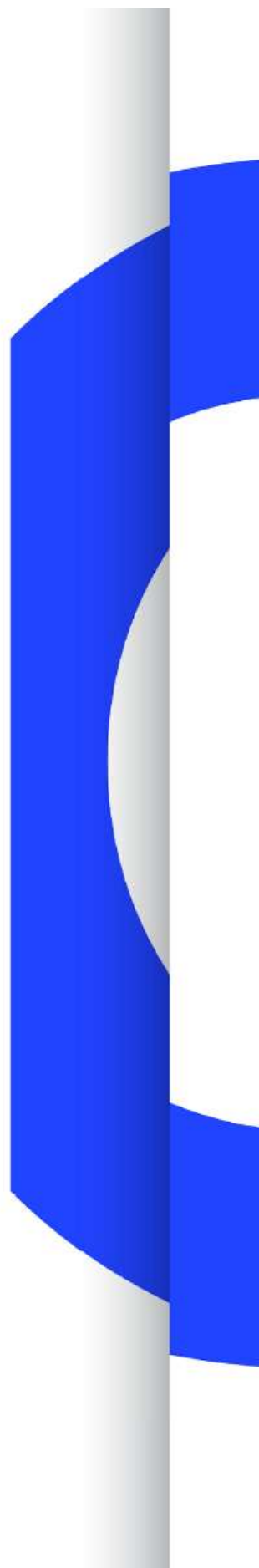
EBU

OPERATING EUROVISION AND EURORADIO

TECH 3357

CASE STUDIES ON THE IMPLEMENTATION OF DRM+ IN BAND II

Geneva
January 2013



EBU

OPERATING EUROVISION AND EURORADIO

TECH 3357

CASE STUDIES ON THE IMPLEMENTATION OF DRM+ IN BAND II

Внимание!

Данный перевод **НЕ** претендует на аутентичность
и может содержать отдельные неточности.

Оригинал документа на сайте <https://tech.ebu.ch>

ПРАКТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РЕАЛИЗАЦИИ DRM+ В BAND II

Женева
Январь 2013

Содержание

1. Введение.....	4
2. Критерии планирования и методы, примененные в исследованиях	5
3. Замена передатчика FM на DRM+.....	5
3.1 Методология.....	5
3.2 Испытание в Эдинбурге.....	6
3.3 Результаты	6
4. Поиск чередующихся частот в Band II для новых передач DRM+	7
4.1 Методология.....	7
4.2 Результаты.....	7
5. В заключение	7
6. Возможная дальнейшая работа и исследования	8
7. Ссылки.....	8
Приложение А: Параметры планирования и предположения по DRM+ в Band II для использования в планировании	
A1. Введение	
A2. Общие предположения планирования	
A3. Обзор рабочих процедур для планирования	
A4. Предположения по параметрам планирования для DRM+	
A4.1 Общая часть	
A4.2 Критерии защиты	
A4.2.1 Защитные коэффициенты	
A4.2.2 Максимальные уровни мешающего сигнала	
A4.3 Режимы DRM+	
A4.4 Критерии охвата и другие необходимые параметры планирования DRM+	
A5. Ссылки	
Приложение В: Планирование замены высокоомощного передатчика FM на передатчик DRM+ (Швеция)	
B1. Резюме	
B2. Введение	
B3. Входные данные и процедура	
B4. Результаты расчетов	
B4.1 Зона охвата FM	
B4.2 Замена передатчика FM на передатчик DRM+	
B4.3 Диаграмма направленности антенн передатчика DRM+	
B4.4 Охват передатчика DRM+	
B4.4.1 Зона мобильного приема DRM+	
B4.4.2 Зона портативного комнатного приема	
B4.4.2 Зона портативного комнатного карманного приема	
B4.5 Дальнейший анализ	
Приложение С: Планирование DRM+ в Band II (Германия) – Часть 1	
Приложение D: Планирование DRM+ в Band II (Германия) – Часть 2	
Приложение E: Планирование DRM+ в Band II (Германия) – Часть 3	
E1. Введение	
E2. Анализ часть 1: низкая используемая напряженность поля	
E3. Анализ часть 2: высокая используемая напряженность поля	
E3.1 Анализ совместимости	
E3.2 Расчет достижимой зоны обслуживания DRM+	
E3.3 Анализ эффектов перекрестной модуляции	
E4. В заключение	

Приложение F: Ухудшение приема FM вещания сигналами In-Band OFDM

- F1. Введение
- F2. Лабораторные измерения
- F3. Интерпретация и выводы

Дополнение к Приложению F: Кубическая нелинейность и ухудшение FM приема внутрисполосным сигналом COFDM

- Резюме
- FA1. Комплексная огибающая
- FA2. Характеристика модели
- FA3. Модель сигнала помехи
- FA4. Желаемый сигнал
- FA5. Перекрестная модуляция

Приложение G: Результаты полевых испытаний DRM+ высокой мощности в Великобритании

- Краткий обзор
- G1. Место и среда испытаний
- G3. Передающее оборудование
- G4. Приемочные испытания
- G5. Приемное оборудование
- G6. Прогнозируемый охват
- G7. Маршруты испытаний и метод анализа
- G8. Результаты
 - G8.1 Общие результаты по 4-QAM, коэффициент 1/3
 - G8.2 Общие результаты по 16-QAM, коэффициент 1/2
 - G8.3 Детальные результаты сравнения охвата 4-QAM и 16-QAM
 - G8.3.1 Эдинбург
 - G8.3.2 Запад Эдинбурга и аэропорт
 - G8.3.3 Данди
 - G8.3.4 Фолкерк – Стирлинг
 - G8.3.5 Норт-Бервик
- G9. В заключение 8
- G10. Ссылки

Практический анализ реализации DRM+ в Band II

Комитет EBU	Первый выпуск	Переработка	Переиздание
ТС	2013		

Ключевые слова: Digital Radio Mondiale, DRM+, Цифровое радиовещание, Band II.

1. Введение

DRM+ - система цифрового аудиовещания, разработанная из исходной системы DRM с расширением рабочего частотного диапазона радиополосами выше 30 MHz. В частности, расширение позволяет реализацию DRM в полосе FM, т.к. специально предусмотрено для совместимости с передачами FM. Фактически, оно вмещается в маски спектра FM. Система стандартизирована в ETSI ES 201 980 V3.2.1 [1], а параметры и критерии планирования определены в Рекомендации ITU-R BS.1660-6 [2].

DRM+ предлагает следующие преимущества:

- Лучшая защита от интерференции, которая будет эффективна в среде сплошного DRM+
- Позволяет передачу множества аудиопрограмм в одном FM канале.
- Обеспечивает широкий диапазон мультимедийных и информационных услуг
- Имеет возможность передачи высококачественного звука со скоростью до 186 kbit/s (AAC)
- Повышенный бюджет мощности по сравнению с FM, позволяющий меньшую мощность передатчиков для эквивалентного охвата
- Возможность SFN, позволяющая эффективное использование спектра

В группе SM-EDP EBU была проведена работа по планированию, где рассматривались некоторые аспекты системы DRM+ и ее реализации. Эти компьютерные исследования изучали потенциал внедрения новых передач DRM+ в Band II путем оценки вероятной зоны охвата новых трансляций и их влияния на существующие службы FM. Поскольку FM сейчас широко использует Band II, любые новые передачи DRM+ должны соответствовать частотному плану GE84 FM [3], который учитывался в исследованиях.

Параметры и критерии для проведения исследований DRM+ приведены в **Приложении А**, «*Параметры планирования и предположения по DRM+ в Band II для использования в работе EBU по планированию*». В приложении изложены рабочие процедуры для исследований реализации DRM+ в Band II и параметры планирования, например, защитные коэффициенты и максимальные уровни сигнала помехи.

Новая служба DRM+ может внедряться в существующей среде FM двумя основными способами:

a) Замена существующей FM передачи на DRM+

Этот первый вариант подразумевает конверсию существующего FM передатчика в DRM+. При этом может потребоваться изменение характеристик передачи DRM+ для сохранения совместимости с другими услугами в сети, в частности, с FM. Поскольку DRM+ более устойчива к интерференции и может адекватно приниматься на более низком уровне, чем FM, может быть также желательно сократить мощность передачи службы DRM+, если нужно дублировать зону охвата FM.

В этом отношении было проведено три разработки по планированию, одна для Швеции (Стокгольм) [**Приложение В**] и две для Германии (Франкфурт) [**Приложения D и E**]. Кроме того, в Великобритании (Эдинбург) [**Приложение G**] состоялись полевые испытания, проводившиеся согласно данному сценарию.

b) Добавление новой передачи DRM+ на новой частоте

Этот вариант – внедрение новой передачи DRM+ в существующую среду FM, что потребует новой частоты. Для этого можно использовать существующий передающий пункт с новой частотой или можно создать новый пункт в совершенно новом месте. По этому варианту было проведено одно исследование, на примере Франкфурта, Германия [**Приложение С**].

Кроме вышеупомянутых исследований, было задокументировано ухудшение вещательного приема FM сигналами in-Band OFDM [**Приложение F**] через эффект перекрестной модуляции.

Методология и результаты исследований приведены ниже; подробная информация об исследованиях приведена в **Приложениях А – G**.

2. Критерии планирования и методы, примененные в исследованиях

Общие параметры планирования DRM+, применяемые в исследованиях EBU, соответствуют Рекомендации ITU-R BS.1660-6 [2]. При внедрении DRM+ в существующую среду FM важно идентифицировать предположения и параметры планирования, подходящие для обеих систем. В **Приложении А** детализированы рабочие процедуры и установлены критерии и параметры (например, защитные коэффициенты и максимальные уровни сигнала помехи), принятые в работе по планированию.

Процедуры планирования в исследованиях соответствуют Соглашению GE84 [3] и ITU-R BS 412-9 [4], соответственно. Однако в контексте DRM+ некоторые процедуры и параметры нужно адаптировать к DRM+. При необходимости, например, для защитных коэффициентов для FM при интерференции от DRM+, была использована соответствующая рекомендация.

Анализ совместимости – Процедура

Необходимо проверить совместимость новой передачи DRM+ с существующими службами FM. По соглашению GE84, внедрение новой услуги не должно повышать используемую напряженность поля более чем на 0.5 dB.

Анализ совместимости проводился на основе защитных коэффициентов FM при интерференции от DRM+, указанных в Таблице 1 (воспроизведено из Таблицы 56 в [2], а также в Таблицах A2 и B3):

Таблица 1: Защитные коэффициенты FM при интерференции DRM+ для анализа совместимости

Частотный сдвиг	[kHz]	0	±100	±200	±300	±400	±500	±1000
PR	[dB]	49	30	3	-8	-11	-13	-21

Расчет зоны охвата

На следующем этапе был вычислен достижимый охват нового передатчика DRM+. Это было сделано для нескольких характерных режимов DRM+ (например, 4-QAM 1/3 или 16-QAM 1/2) и для различных режимов приема (например, мобильного, портативного комнатного и портативного комнатного карманного приема). Важно иметь представление о достижимой зоне охвата для службы DRM+, особенно, если заменяется FM передатчик; тогда требуется сравнение с прежним охватом FM.

Эффект перекрестной модуляции

DRM+ вводит другой потенциальный источник интерференции FM приема, которого нет в сетях с одним FM. Эта новая интерференция называется эффектом перекрестной модуляции и описана в **Приложении F**. Результат этого эффекта зависит исключительно от уровня сигнала помехи, поэтому его воздействие остается – независимо от уровня нужного сигнала. Поэтому традиционные защитные коэффициенты недостаточны для учета этого эффекта, т.к. необходимо учитывать абсолютный уровень сигнала помехи DRM+, а не традиционное соотношение между нужным и мешающим сигналами. Из этого следует, что повышение желаемого уровня не убирает интерференцию, как это бывает обычно.

Как показывают измерения, результат эффекта перекрестной модуляции актуален для частотного сдвига между желаемым передатчиком FM и мешающим передатчиком DRM+ с 200 kHz на 4 MHz. Если сдвиг между определенной передачей FM и сигналом DRM+ попадает в этот диапазон, уровень мешающего сигнала DRM+ в зоне обслуживания FM должен быть ниже соответствующих уровней, установленных в Таблице 2 (из **Приложения А**). Если соответствующий уровень превышен, служба FM будет ухудшаться перекрестной модуляцией.

Таблица 2: Максимальные уровни мешающего сигнала

Частотный сдвиг	[MHz]	0.2 - 1	2	3	4
Максимальный уровень мешающего сигнала	[dBm]	-31	-24	-16	-9

3. Замена передатчика FM на DRM+

Было проведено несколько исследований в отношении данного вопроса: три компьютерных исследования, включенных в **Приложения В, D и E**, и полевое испытание в **Приложении G**.

3.1 Методология

Методология трех компьютерных исследований более или менее идентична. Во-первых, проверялась сопоставимость нового передатчика DRM+ с существующими службами FM. На основании этих результатов эффективная излучаемая мощность и диаграммы направленности антенн нового передатчика DRM+ менялись до тех пор, пока не было достигнуто соответствия.

Следующим шагом был расчет достижимой зоны обслуживания DRM+. После этого был оценен результат эффекта перекрестной модуляции на существующую службу FM для двух из трех исследований.

3.2 Испытание в Эдинбурге

Помимо компьютерных исследований, в Эдинбурге было проведено полевое испытание DRM+ (**Приложение G**). В нем сигнал DRM+ передавался с установленной, интенсивно используемой станции, размещавшей много служб, в том числе: цифровое телевидение, FM радио, DAB и ряд вспомогательных мобильных коммуникаций. Частота передачи в испытании была 107.0 MHz, где перестало передаваться FM, т.е. передача DRM+ заменила сигнал FM. Частотная полоса испытания образовала часть раstra национального FM канала, в котором служба FM из Дарриса на частоте 106.8 MHz была единственным смежным каналом с большой мощностью.

В испытании использовалась существующая инфраструктура, требующая комбинирования службы DRM+ в ту же систему антенн, что и другие операционные службы FM. Система антенн имела смешанную поляризацию и была номинально всенаправленной на высоте 182 м над уровнем моря. ERP сигнала DRM+ был установлен на 1 kW, а первичная служба FM работала на 10 kW ERP.

Были сделаны прогнозы для служб DRM+ и первичной FM, чтобы их можно было сравнить, и проведены измерения зоны охвата для мобильного приема DRM+ в режимах 4-QAM и 16-QAM.

3.3 Результаты

Исследования показали, что конверсия передатчика FM в DRM+ возможна при условии, что мощность новой передачи DRM+ уменьшается и/или диаграмма направленности антенн ограничивается для защиты существующих услуг. В некоторых случаях необходимо ограничить передачу DRM+ в эквивалентной службе FM на 20 dB в определенных направлениях. Такое обременительное требование возникает в некоторых случаях из-за больших различий в защитных коэффициентах с разным разном частот; например, при разном 400 kHz защитный коэффициент FM от FM будет -20 dB, а защитный коэффициент при интерференции FM от DRM+ будет -11 dB. При большем разном частот эта разница еще больше. Поскольку характеристики передатчика DRM+ конфигурируются на основе совместимости с существующей средой FM, службы FM не подвержены интерференции от нового передатчика DRM+ выше 0.5 dB по соглашению GE84.

Один очевидный фактор, влияющий на совместимость нового передатчика DRM+, это неблагоприятная ситуация в имеющейся среде FM. В сети FM, характеризующейся слабой используемой напряженностью поля, передача DRM+ обычно потребует больших ограничений для совместимости с FM. И наоборот, намного меньшие ограничения потребуются для передатчиков DRM+, работающих в сети FM с высокой напряженностью поля. Следовательно, конверсия в DRM+ менее критична в среде FM, характеризующейся высокой напряженностью поля (т.е. в среде с высокой интерференцией), чем в среде FM с низкой напряженностью поля (т.е. с низкой интерференцией).

Несмотря на эти обременительные требования защиты, прогнозы охвата DRM+ показали, что возможен хороший мобильный, портативный комнатный и портативный комнатный карманный прием. Хотя мощность передатчика DRM+ может уменьшиться по сравнению с передатчиком FM, охват будет как минимум сопоставим со стационарным FM приемом.

Полевые испытания в Великобритании показали, что можно комбинировать службу DRM+ в существующую систему антенн с текущими службами FM в эфире без неблагоприятного влияния на существующие услуги.

Измерения, проведенные в испытании, подтвердили, что в густонаселенных городских зонах типа Эдинбурга достижим очень хороший охват DRM+, особенно с жестким режимом 4-QAM. Охват оказался удовлетворительным и в сельской местности, где наблюдались лишь случайные ухудшения из-за экранирования рельефа местности; в этих местах аналогично ухудшалось и FM. Сравнения прогнозируемого и измеренного охвата показали очень высокую корреляцию.

Необходимо также учитывать еще один важный эффект для совместимости со средой FM: воздействие перекрестной модуляции на службу FM. Этот эффект, в сущности, не зависит от настоящего уровня используемой напряженности поля. Интенсивность эффекта перекрестной модуляции зависит в основном от уровня сигнала нового передатчика DRM+ и частотного сдвига между службами DRM+ и FM. Если новый передатчик DRM+ производит напряженность поля выше уровней, установленных в Таблице 2, в зоне охвата FM, то служба FM может подвергаться действию перекрестной модуляции. Эта ситуация часто встречается в плотно занятом спектре FM. Компьютерные исследования показали, что перекрестная модуляция может влиять на значительные части существующих зон обслуживания FM в радиусе передатчика DRM+.

В испытании DRM+ в Эдинбурге (**Приложение F**), хотя принимаемый уровень мощности сигнала DRM+ по прогнозам вызывал в некоторых зонах перекрестную модуляцию, о таких эффектах не сообщалось. Однако, поскольку испытание в Эдинбурге было практически «реальным» опытом, где сигнал DRM+ передавался в существующей сети FM, было невозможно провести детальные измерения эффекта перекрестной модуляции для установления его присутствия и величины, если бы он существовал. Учитывая это ограничение, этот эффект активно разыскивался, и в результате никаких заметных ухудшений услуг FM в этой зоне не обнаружилось. Этот опыт показывает, что на практике эффект перекрестной модуляции может быть не настолько неприемлем, насколько предсказывают лабораторные тесты.

4. Поиск чередующихся частот в Band II для новых передач DRM+

Было проведено одно исследование, касающееся внедрения передатчика DRM+ в среду FM как дополнительной частоты из существующего передающего пункта (**Приложение C**).

4.1 Методология

Методология компьютерного исследования была следующей:

Прежде всего, был проведен поиск частот для нахождения оптимальной частоты для выбранного передающего пункта. Для этой цели решающим фактором была минимальная используемая напряженность поля.

Затем была проверена совместимость нового передатчика DRM+ с существующими службами FM. На основании этих результатов была определена диаграмма направленности антенн нового передатчика DRM+.

После этого был произведен расчет достижимой зоны обслуживания DRM+.

Наконец, было проанализировано влияние эффекта перекрестной модуляции на существующую службу FM.

4.2 Результаты

В исследованном примере новый передатчик DRM+ был маломощной станцией с эффективностью излучаемой мощностью 20 dBW. Для этой станции реализация в существующей среде FM оказалась возможной, при условии, что диаграмма направленности антенн DRM+ была ограничена. Для проанализированного передатчика требуются ограничения до 17 dB. Поскольку характеристики передатчика DRM+ конфигурируются на основе совместимости со средой FM, службы FM не будут затронуты интерференцией от нового передатчика DRM+.

Расчет зон охвата DRM+ показал, что мобильный, портативный комнатный и карманный комнатный прием возможен и приблизительно в одинаковом размере. Это обусловлено тем, что зоны обслуживания в основном ограничены интерференцией в полностью занятой среде FM. По сравнению с зонами охвата эквивалентного передатчика FM (идентичные характеристики мощности и передатчика), охват DRM+ лучше.

Как было сказано выше, среда FM не затрагивается интерференцией от нового передатчика DRM+. Однако остается одна проблема; чувствительность FM тюнеров к перекрестной модуляции. Если новый передатчик DRM+ расположен внутри или около зоны охвата передатчика FM, максимальные уровни мешающего сигнала в Таблице 2 могут быть превышены, и FM приемники могут пострадать от перекрестной модуляции. Эта ситуация часто наблюдается в полностью занятом FM спектре. Изученный пример четко показал, что значительная часть существующей зоны обслуживания FM в радиусе передатчика DRM+ может подвергаться действию перекрестной модуляции.

Если передающий пункт DRM+ расположен в редконаселенном районе, например, на горе или в поле, этот эффект может оказывать ограниченное влияние на охват FM.

5. В заключение

Компьютерные исследования показали, что можно заменить один передатчик FM станцией DRM+ или ввести новый маломощный передатчик DRM+ в среду FM без увеличения напряженности поля существующих служб FM. В отношении анализа совместимости конверсия в DRM+ менее критична в среде FM, характеризующейся высокой напряженностью поля (т.е. с высокой интерференцией), чем в среде FM с низкой напряженностью поля (т.е. с низкой интерференцией).

Исследования также показали, что в практических примерах конверсия передачи FM в DRM+ возможна. Однако для этого могут потребоваться значительные ограничения мощности для защиты существующих служб FM. Из-за высокой устойчивости DRM+ это не подразумевает уменьшения зоны охвата DRM+ по сравнению с охватом исходного передатчика FM.

В полевых испытаниях в Великобритании был достигнут отличный охвата DRM+ с хорошим качеством звука в большинстве протестированных зон. Охват менее мощного передатчика DRM+ также был подтвержден для дублирования охвата FM.

Тем не менее, теоретические исследования предполагают, что службы FM могут подвергаться действию перекрестной модуляции от нового передатчика DRM+. Интенсивность эффекта перекрестной модуляции в основном зависит от уровня сигнала DRM+ и разнеса частот между службами DRM+ и FM. Однако в испытаниях DRM+ в Эдинбурге ни о каких эффектах перекрестной модуляции не сообщалось. Опыт предполагает что на практике эффект перекрестной модуляции может быть не столь неприемлемым, как показывают лабораторные тесты.

6. Возможная дальнейшая работа и исследования

Исследование внедрения дополнительного передатчика DRM+ в среду FM было проведено только для одного примера и может быть не показательным для других случаев. Поэтому полезны дальнейшие исследования в этом отношении. Кроме того, не было исследований в отношении передающих пунктов DRM+ в совершенно новом месте. Это может быть интересно, т.к. можно разместить передатчик DRM+ в редконаселенном или удаленном районе, где эффект перекрестной модуляции не действует.

7. Ссылки

Необходимы дальнейшие исследования в отношении эффекта перекрестной модуляции; в частности, подтверждение эффекта в практических полевых испытаниях.

- [1] **ETSI ES 201 980 V3.2.1** Digital Radio Mondiale (DRM); System Specification , ETSI, 06/2012
- [2] **Rec. ITU-R BS.1660-6** Technical basis for planning of terrestrial digital sound broadcasting in the VHF band, ITU R, 08/2012
- [3] **GE84** Final Acts of the Regional Administrative Conference for the Planning of VHF Sound Broadcasting, Geneva, 1984
- [4] **Rec. ITU-R BS. 412-9** Planning standards for terrestrial FM sound broadcasting at VHF, ITU-R, 12/1998

G9. В заключение

DRM+ была обширно протестирована в Великобритании в достоверной реальной среде. Частота и система антенн прежде использовались коммерческой станцией FM. Большой ряд измерений был проведен за расширенный период и с обширной географией с калиброванной приемной системой, и данные были проанализированы.

Испытание показало, что DRM+ способна к отличному охвату в хорошем качестве с меньшими уровнями мощности по сравнению с FM и, как и ожидалось, 4-QAM более устойчив, чем 16-QAM. Городской охват был лучше FM, особенно в более жестком режиме 4-QAM, т.к. несмотря на некоторые выпадения, общее субъективное впечатление было лучше, чем от FM с шумами, щелчками и дефектами. Метод декодирования звука включает алгоритмы скрытия ошибок с затуханием до тишины при обнаружении ошибок аудиокадров и появления звука после спада коэффициента ошибок. В сельской местности охват также был отличным, хотя экранирующий рельеф вызывал некоторый сбой в звуке, хотя это было сопоставимо с FM из передатчиков в том же месте.