

EBU

OPERATING EUROVISION AND EURORADIO

TR 036

TV PROGRAMME ACCOMMODATION IN A DVB-T2 MULTIPLEX FOR (U)HDTV WITH HEVC VIDEO CODING

TECHNICAL REPORT

VERSION 1.0

Geneva
March 2016



OPERATING EUROVISION AND EURORADIO

TR 036

TV PROGRAMME ACCOMMODATION IN A DVB-T2 MULTIPLEX FOR (U)HDTV WITH HEVC VIDEO CODING

Внимание!

Данный перевод **НЕ** претендует на аутентичность
и может содержать отдельные неточности.
Оригинал документа на сайте <https://tech.ebu.ch>

РАЗМЕЩЕНИЕ ТВ ПРОГРАММ В МУЛЬТИПЛЕКСЕ DVB-T2 ДЛЯ (U)HDTV С ВИДЕО КОДИРОВАНИЕМ HEVC

ТЕХНИЧЕСКИЙ ОТЧЕТ ВЕРСИЯ 1.0

Женева
Март 2016

Пояснительная записка

Настоящий отчет анализирует количество ТВ программ, которое можно разместить в мультиплексе DVB-T2 при использовании видео кодирования HEVC*. Изучается несколько сценариев для форматов DTT для HDTV, а также UHDTV.

Мультиплекс DVB-T2 вместе с видео кодированием HEVC способен обеспечить удовлетворительное количество HD программ во всех изученных сценариях по сравнению с потенциалом предыдущих реализаций DVB-T/MPEG-2 или AVC, или DVB-T2/AVC. Он включает 4 – 11 HD программ для стационарного приема на крыше и 3 – 7 HD программ для портативного приема, в зависимости от намеченного охвата и сетевого сценария. Портативный прием может включать прием в планшетах или смартфонах при условии включения в них функции DVB-T2.

Ситуация с UHDTV требует дальнейшего научного тестирования, т.к. стандарты передачи еще не сформулированы. Однако на текущий момент, для UHD-1 Phase 1 и простейшего вещательного профиля UHD-1, можно оценить предел количества программ на мультиплекс.

Оптимистичная оценка для сценариев стационарного приема может дать мультиплекс объемом 2 – 4 программы UHD-1. Более осторожная оценка может снизить это количество до 1 программы на мультиплекс. Для портативного приема, даже только с оптимистичными предположениями, можно вместить 1 – 3 программы на мультиплекс.

UHD-1 Phase 2 пока не стандартизирован, и сейчас нельзя точно оценить последствия для битрейтов и количества программ, которое можно вместить в мультиплекс DVB-T2. Разрабатываются два профиля Phase 2, и результаты битрейтов для них пока неизвестны.

* В отчете рассматривается распространение программ HDTV и UHDTV на платформе цифрового наземного телевидения. Конtribusiция программ HDTV и UHDTV имеет более высокие требования к качеству, поэтому скорости передачи данных выше, чем упомянутые в данном отчете.

Содержание

Пояснительная записка	2
1. Введение	4
2. Оценка скорости передачи данных для HDTV 720p/50, 1080i/25 и 1080p/50 с кодированием HEVC ..	4
2.1 Принцип оценки 1	4
2.2 Принцип оценки 2	5
2.3 Сводка результатов принципов оценки 1 и 2	5
3. Оценка скорости передачи данных для 2160p/50 UHDTV с кодированием HEVC	5
3.1 Оценка верхнего предела скорости передачи данных	6
3.2 Оценка нижнего предела скорости передачи данных	6
3.2.1 Методология 1	6
3.2.2 Методология 2	6
3.2.3 Методология 3	6
3.2.4 Сводка результатов трех методологий	7
4. Количество программ на мультиплекс с кодированием HEVC для различных сценариев DTT	7
5. В заключение	8
6. Ссылки	9

РАЗМЕЩЕНИЕ ТВ ПРОГРАММ В МУЛЬТИПЛЕКСЕ DVB-T2 ДЛЯ (U)HDTV С ВИДЕО КОДИРОВАНИЕМ HEVC

<i>Комитет EBU</i>	<i>Первый выпуск</i>	<i>Переработка</i>	<i>Переиздание</i>
ТС	2016		

Ключевые слова: HDTV, UHD TV, DVB-T2, Видео кодирование HEVC, Сценарий распространения.

1. Введение

Настоящий отчет анализирует количество ТВ программ, которое можно разместить в мультиплексе DVB-T2 при использовании видео кодирования HEVC. Изучается несколько сценариев для ТВ форматов HD, а также UHD-1 (см. § 4).

Для обоих форматов, HDTV и UHD TV-1 Phase 1, различные подходы к оценке скоростей передачи данных с кодированием HEVC представлены в § 2 и § 3, соответственно.

В § 5 подытожены основные результаты отчета.

2. Оценка скоростей передачи данных для HDTV 720p/50, 1080i/25 и 1080p/50 с кодированием HEVC

Два принципа оценки скоростей передачи данных для HDTV 720p/50, 1080i/25 и 1080p/50 с кодированием HEVC проанализированы в § 2.1 и § 2.2. Оценки обоих подходов представлены в § 2.3.

2.1 Принцип оценки 1

В исследовании IRT [1] скорости передачи данных HEVC оценивались на базе текущего опыта и практики с MPEG-2 и H.264 (AVC). В оценках применялись следующие предположения:

- 6 Mbit/s на программу (видео компонент) для HD с H.264.
3 Mbit/s на программу (видео компонент) для статистически мультиплексированного SD с MPEG-2.
- Усиление статистического мультиплексирования для 4 (или более) программ – в среднем типично 20%.
- Усиление кодирования HEVC относительно H.264: 42% - 50%.
- Усиление кодирования H.264 относительно MPEG-2: 50%.
- Усиление кодирования HEVC относительно MPEG-2: 70%.

В Таблице 1 показаны результаты оценок скоростей передачи данных для формата HD 720p/50 с обычным качеством изображения IPTV, которое предполагается и для DTT. Даны цифры для постоянного битрейта (CBR), а также для переменного (VBR), режимы статистического мультиплексирования (statmux).

Таблица 1: Оценочный битрейт видео на программу для формата HD 720p/50

HD 720p/50, H.264 CBR	HD 720p/50, HEVC CBR	HD 720p/50, HEVC statmux (4 или более программ / пул)
6.0 Mbit/s	3.5 Mbit/s	2.8 Mbit/s

Для формата HD 1080p/50 ожидается увеличение скорости передачи данных максимум на 10%. Из лабораторного опыта [1] это увеличение можно считать незначительным и предположить для 1080p/50 скорость передачи данных, как для 720p/50, т.е., 3.0 – 3.3 Mbit/s и далее.

Для каждой программы максимум 800 kbit/s предполагается для аудио и связанных данных. Это ведет к общей скорости на программу, указанной в Таблице 2.

Таблица 2: Общий оценочный битрейт на программу для формата HD 1080p/50 (принцип оценки 1)

HD 1080p/50, HEVC CBR	HD 1080p/50, HEVC statmux (4 или более программ / пул)
4.3 Mbit/s	3.6 Mbit/s

2.2 Принцип оценки 2

Во втором подходе аспекты TDF [2] предполагают, что можно вместить 5 HD программ в формате 1080i/25 в мультиплекс DTT со скоростью 24.9 Mbit/s в режиме statmux¹. Для каждой программы 1 Mbit/s резервируется для компонентов звука и связанных данных; аудио компрессия основана на битрейтах AC3+. Это соответствует 5 Mbit/s на программу или 4 Mbit/s на видео компонент в статистическом режиме VBR. Этот подход предполагает усиление statmux 17.5% для 5 программ, что эквивалентно битрейту видео CBR 4.8 Mbit/s или 5.8 Mbit/s на программу².

Таблица 3: Общий оценочный битрейт на программу для формата HD 1080i/25 (например, мультиплекс DTT из 5 программ)

HD 1080i/25, H.264 CBR	HD 1080i/25, H.264 statmux (5 программ / пул)
5.8 Mbit/s	4.8 Mbit/s

Скорости передачи данных для 1080p HEVC оцениваются в два этапа. Во-первых, если предположить усиление кодирования на 42% по сравнению с H.264, получается 2.8 Mbit/s с HEVC для скорости передачи видеоданных CBR 1080i/25. Во-вторых, предполагается 20% увеличение для перехода с 1080i на 1080p³, что дает 3.35 Mbit/s для скорости передачи видеоданных CBR 1080p. Для данных, связанных с программой, опять предполагается 1 Mbit/s на программу, что дает общий битрейт, указанный в Таблице 4.

Таблица 4: Общий оценочный битрейт на программу для формата HD 1080p/50 (принцип оценки 2)

HD 1080p/50, HEVC CBR	HD 1080p/50, HEVC statmux (5 программ / пул)
4.4 Mbit/s	3.8 Mbit/s

2.3 Сводка результатов принципов оценки 1 и 2

Оба подхода к оценке скоростей передачи данных ведут к похожим результатам, как показано в Таблице 5.

Таблица 5: Диапазон оценочного битрейта на программу для формата HD 1080p/50

HD 1080p/50, HEVC CBR	HD 1080p/50, HEVC statmux
4.3 - 4.4 Mbit/s	3.6 - 3.8 Mbit/s

3. Оценка скорости передачи данных для 2160p/50 UHD TV с кодированием HEVC

В качестве опоры для UHD-1 TV был выбран режим 2160p/50 4k без опций HDR, HFR и Wide Colour Gamut (эквивалент UHD-1 Phase 1)⁴.

Необходимые скорости передачи данных для UHD-1 TV еще не изучены. В отчете ITU-R BT.2343 [3] изложены различные полевые испытания, проведенные в прошлом; сообщаются скорости от 17.5 до 40.2 Mbit/s.

В Рекомендации ITU-R BT.2073 [4] упоминаются скорости передачи от 30 до 40 Mbit/s, где эти цифры считаются верхним пределом для «достаточно высокого качества» и критичных последовательностей изображений. Значение 22.5 Mbit/s было использовано TDF в полевых испытаниях 4k в DVB-T2 в Париже [3].

Такие разные цифры показывают, что необходимо больше исследований для понимания уровня ухудшений, связанных с допустимостью. Это подчеркивается наблюдением, что в ITU-R Rec. BT.2073 упомянуты скорости 10 – 15 Mbit/s для 2k HDTV 1080p/50, а результаты в § 2 показывают, что для DTT достаточны битрейты около 4 Mbit/s.

¹ Это предположение станет реальностью во Франции с 5 апреля 2016 г., с общенациональным переходом с DVB-T/MPEG-2 на DVB-T/MPEG-4, вместе с сокращением мультиплексов с 8 до 6 и апгрейдом большинства текущих программ с SD на HD.

² Этот битрейт CBR достигается кодерами последнего поколения; прямое сравнение со значениями в Таблице 1 для 1-го принципа для 720p невозможно, т.к. эти значения основаны на кодерах предыдущего поколения.

³ Теоретически, при источнике с прогрессивной разверткой, битрейт, необходимый для данного уровня ухудшения в 1080p, должен быть равным или меньше битрейта для 1080i, т.к. чересстрочная развертка – более простая и менее эффективная форма компрессии по сравнению с той, что используется в системах цифровой компрессии, адаптивных к контенту. Фактические битрейты будут зависеть от дизайна кодера.

⁴ UHD TV Phase 2 будет включать HDR, HFR и Wide Colour Gamut.

Необходимо помнить, что при использовании передовых систем компрессии уровни ухудшений сильно зависят от контента, поэтому составляющие адекватного качества будут зависеть от типа контента, используемого в оценке.

Вследствие этого, в данный момент нельзя предположить уникальных скоростей передачи данных для 2160p/50 UHD TV с кодированием HEVC; следует использовать диапазон с верхним и нижним пределом, как будет сказано ниже.

3.1 Оценка верхнего предела скорости передачи данных

Значение около 22.5 Mbit/s было использовано TDF в полевых испытаниях 4k Phase 1 в DVB-T2 в Париже [3]. Это значение выбрано для оценки верхнего предела скорости передачи данных (см. Таблицу 8). В этом случае предполагается усиление statmux 8% для двух программ в мультиплексе; это максимальное число программ по 22.5 Mbit/s, которое можно вместить в мультиплекс DVB-T2.

3.2 Оценка нижнего предела скорости передачи данных

Для оценки нижнего предела в отчете рассматриваются три разные методологии.

3.2.1 Методология 1

Методология 1, на основе 1-го принципа и его предположений в §2.1, предлагает использовать для 1080p/50 скорости видеоданных, 4-кратные скоростям в Таблице 2; оценочные битрейты для программы UHD 2160p/50 даны в Таблице 6.

В этом случае предполагается усиление statmux 20% для 4 программ в мультиплексе, как в 1-м принципе; это максимальное число программ по 12.0 Mbit/s, которое можно вместить в мультиплекс DVB-T2.

Таблица 6: Нижний предел общего оценочного битрейта на программу для формата UHD 2160p/50 (Методология 1)

UHD 2160p/50, HEVC CBR	UHD 2160p/50, HEVC statmux (4 программы / пул)
14.8 Mbit/s	12.0 Mbit/s

3.2.2 Методология 2

Методология 2 [2] для нижнего предела начинается со скорости HD CBR 6 Mbit/s для H.264, согласно Таблице 1. Для видео программы 4k UHD требуется 24 Mbit/s (4 x 6 Mbit/s). По этой методологии для UHD-1 предполагается:

- усиление HEVC 60% [5]. Это значение кажется реалистичным через 5 – 10 лет с учетом будущего прогресса в технике дизайна кодера видео компрессии, и
- усиление statmux 12% для 3 программ на мультиплекс. Число программ на мультиплекс связано с планируемым режимом DVB-T2 во Франции, который будет ограничен битрейтом около 33 Mbit/s на мультиплекс.

Это дает цифры, указанные в Таблице 7 для нижнего предела. Предполагается 800 kbit/s для связанных с программой звука и данных (но может быть уменьшено до 666 kbit/s, если перед UHD TV Phase 2 будет внедрено Next Generation Audio).

Таблица 7: Нижний предел общего оценочного битрейта на программу для формата UHD 2160p/50 (Методология 2)

UHD 2160p/50, HEVC CBR	UHD 2160p/50, HEVC statmux (3 программы / пул)
10.4 Mbit/s	9.25 Mbit/s

3.2.3 Методология 3

Методология 3 для оценки битрейта UHD-1 TV CBR дает значения нижнего предела, аналогичные Методологии 2:

- Рассмотрим битрейт видео компонентов 3.4 Mbit/s для 1080p/50 (из Таблицы 4: 4.4 Mbit/s с 1 Mbit/s для связанных звука и данных).
- Предположим коэффициент масштабирования битрейта HD в UHD 2.8 в области компрессии HEVC [6].
- Это дает битрейт видео компонентов 9.6 Mbit/s.
- Добавим 800 kbit/s на связанные с программой звук и данные; результаты для нижнего предела получаются очень похожими на Таблицу 7.

3.2.4 Сводка результатов трех методологий

В Таблице 8 собраны результаты различных методологий.

Таблица 8: Верхний и нижний предел общих оценочных скоростей передачи данных на программу для формата UHD 2160p/50

	UHD 2160p/50, HEVC CBR	UHD 2160p/50, HEVC statmux
нижний предел	10.4 - 14.8 Mbit/s	9.25 - 12.0 Mbit/s
верхний предел	22.5 Mbit/s	20.7* Mbit/s
(* с усилением statmux 8% для двух программ в мультиплексе)		

Результаты трех методологий, используемых для нижнего предела скорости передачи данных, существенно отличаются и требуют дальнейшего изучения. На данный момент большее значение нижнего предела можно считать реалистичным для нынешней технологии видео компрессии в ближней и средней перспективе, а меньшее можно интерпретировать как конечное асимптотическое усиление HEVC через 5 - 10 лет, учитывая будущий прогресс в технике видео компрессии⁵.

4. Количество программ на мультиплекс с кодированием HEVC для различных сценариев DTT

В EBU Tech 3348 [7] описано несколько сценариев DTT на основе DVB-T2. С использованием этих же сценариев вычисляется количество HD и UHD программ, которое можно вместить в мультиплекс.

Для ясности использованы значения усиления статистического мультиплекса, указанные в [6]; они воспроизведены в Таблице 9. Для каждого числа программ на мультиплекс дано определенное значение. Они более детальны, чем показательные значения в § 2 и § 3. Следует учитывать, что эти цифры – средние значения, полученные из опыта, и в отдельных случаях могут слегка отличаться.

Таблица 9: Усиление статистического мультиплексирования как функция количества программ на мультиплекс (воспроизведено из [6])

Кол-во программ на мультиплекс	Усиление статистического мультиплексирования (%)
1	0
2	8
3	12
4	15
5	17.5
6	19
7	21
8	23
9	24
10	25

В Таблице 10 показаны результаты для сценариев стационарного приема, а в Таблице 11 – для портативного и мобильного.

Обратите внимание, что в обеих таблицах количество программ указано до первого десятичного знака, хотя на практике можно разместить только целое число программ.

Кроме того, результаты для 720p/50 предполагаются идентичными результатам для 1080p/50.

⁵ Однако группа MPEG/ITU-T скоро может приступить к разработке более продвинутой системы компрессии, чем HEVC, но пока рано говорить, будет ли она кандидатом для передачи UHD-1 Phase 2.

Таблица 10: Обзор сценариев реализации приема на крыше

Реализация	Стационарный прием на крыше MFN (UK mode)	Стационарный прием на крыше (максимальное расширение зоны охвата)	Стационарный прием на крыше Ограниченная зона SFN (План GE06)	Стационарный прием на крыше Большая зона SFN
Сценарий	1	2	3a	3b
Полоса частот	8 MHz	8 MHz	8 MHz	8 MHz
Режим FFT	32k	32k	32k	32k
Режим несущей	Расширенный	Расширенный	Расширенный	Расширенный
Рассеянный пилотный шаблон	PP7	PP2	PP4	PP2
Защитный интервал	1/128 (28 µs)	1/8 (448 µs)	1/16 (224 µs)	1/8 (448 µs)
Модуляция	256-QAM	16-QAM	256-QAM	256-QAM
Кодовая скорость	2/3	2/3	2/3	2/3
C/N	20.0 dB	11.6 dB	20.8 dB	21.2 dB
Скорость передачи данных	40.2 Mbit/s	16.7 Mbit/s	37.0 Mbit/s	33.4 Mbit/s
Кол-во программ HDTV 1080p/50 HEVC	11.4 - 11.7	4.3 - 4.4	10.4 - 10.8	9.5 - 9.7
Кол-во программ UHDTV 2160p/50 HEVC Нижний предел	2.9 - 4.5	1.1 - 1.6	2.7 - 4.2	2.4 - 3.6
Кол-во программ UHDTV 2160p/50 HEVC Верхний предел	1.8	0.7	1.6	1.5

Таблица 11: Обзор сценариев реализации портативного и мобильного приема

Реализация	портативный прием (макс. скорость данных)	портативный прием (макс. скорость данных, альтернатива)	портативный прием (макс. расширение зоны охвата)	портативный прием (оптимальное использование спектра)	портативный и мобильный прием (общее использование MUX разными службами)	
					высокая скорость	низкая скорость
Сценарий	4a	4b	5	6	8	
Полоса частот	8 MHz	8 MHz	8 MHz	8 MHz	8 MHz	
Режим FFT	16k	32k	16k	16k	8k	
Режим несущей	Расширенный	Расширенный	Расширенный	Расширенный	Расширенный	
Рассеянный пилотный шаблон	PP3	PP4	PP3	PP1	PP1	
Защитный интервал	1/8 (224 µs)	1/16 (224 µs)	1/8 (224 µs)	1/4 (448 µs)	1/4 (224 µs)	
Модуляция	64-QAM	64-QAM	16-QAM	64-QAM	64-QAM	16-QAM
Кодовая скорость	2/3	2/3	1/2	2/3	2/3	1/2
C/N	17.9 dB	17.9 dB	9.8 dB	18.3 dB	18.3 dB	10.2 dB
Скорость передачи данных	26.2 Mbit/s	27.7 Mbit/s	13.1 Mbit/s	22.6 Mbit/s	22.4 Mbit/s (max)	11.2 Mbit/s (max)
Кол-во программ HDTV 1080p/50 HEVC	7.1 - 7.3	7.5 - 7.8	3.3 - 3.4	6.0 - 6.2	6.0 - 6.2	2.7 - 2.8
Кол-во программ UHDTV 2160p/50 HEVC Нижний предел	1.8 - 2.7	1.9 - 3.0	0.9 - 1.3	1.5 - 2.4	1.5 - 2.3	0.8 - 1.1
Кол-во программ UHDTV 2160p/50 HEVC Верхний предел	1.2	1.2	0.6	1.0	1.0	0.5

5. В заключение

Обзор показывает, что мультиплекс DVB-T2 вместе с видео кодированием HEVC способен обеспечить удовлетворительное количество HD программ для всех описанных сценариев по сравнению с потенциалом прежних реализаций DVB-T/MPEG-2 или AVC. Он насчитывает 4 - 11 HD программ для стационарного приема на крыше и 3 - 7 HD программ для портативного приема в зависимости от намеченного охвата и сетевого сценария. Эти цифры можно считать достаточно стабильными оценками.

Ситуация с UHDTV требует дальнейшего научного тестирования, т.к. стандарты передачи еще не сформулированы. Однако на данный момент для UHD-1 Phase 1 и простейшего вещательного профиля UHD-1 количество программ на мультиплекс можно определить только в диапазоне.

Оптимистичная оценка для сценариев стационарного приема может дать объем мультимплекса 2 - 4 программы. Более сдержанная оценка может снизить это число до 1 программы на мультимплекс. Для портативного приема, даже только по оптимистичным оценкам, можно разместить 1 - 3 программы на мультимплекс.

В портативном и мобильном приеме вероятно, что с DTT нельзя достичь удовлетворительного обеспечения программ в нынешних условиях наличия спектра для вещания. С другой стороны, нужно оценить, целесообразна ли передача UHDTV для портативного и мобильного приема.

UHD-1 Phase 2 пока не стандартизирован, и сейчас нельзя точно оценить последствия для битрейтов и числа программ, которое можно разместить в мультимплексе DVB-T2. Разрабатываются два профиля Phase 2, и результаты битрейта для них пока неизвестны.

Будущая система UHDTV Phase 3 (8k), возможно, появится в следующем десятилетии, но передача такого формата потребует системы модуляции следующего поколения, выходящей за рамки DVB-T2.

6. Ссылки

- [1] IRT, Internal communication in EBU project team SMR-BNP, февраль 2015
- [2] TDF, Internal communication in EBU project team SMR-BNP, октябрь 2015
- [3] ITU-R, Rep. BT.2343-0, "Collection of field trials of UHDTV over DTT networks", Женева, 2015
- [4] ITU-R, Rec. BT.2073-0, "Use of the high efficiency video coding (HEVC) standard for UHDTV and HDTV broadcasting", Женева, 2015
- [5] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 N14420; "Report on HEVC compression performance verification testing", апрель 2014, Валенсия
- [6] ZetaCast, Technical Evolution of the DTT Platform; An independent report by ZetaCast, commissioned by Ofcom; январь 2012
- [7] EBU Tech 3348, v.4.1.1, "Frequency and network planning aspects of DVB-T2", октябрь 2014