

Technical Report 005

Information Paper
on
HDTV Formats



EBU **TECHNICAL**

Your reference in media technology and innovation

Geneva
February 2010



EBU TECHNOLOGY AND DEVELOPMENT

Your reference in media technology and innovation

Technical Report 005

Information Paper on HDTV Formats

Внимание!

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

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

Информационный документ о форматах HDTV



Женева
Февраль 2010

Содержание

720p/50 и 1080i/25 – отличия	3
Самое главное – это воспринимаемое качество изображения!	4
Как работать с кино и документальными форматами HD?	5
Какие другие форматы HDTV существуют – и что принесет будущее?.....	5
Приложение 1: Обзор телевизионных стандартов	6
Приложение 2: Форматы с чересстрочными полями: исторические и недостаточно оптимальные ..	7
Приложение 3: ‘HD ready’, ‘HDTV ready’, ‘HDTV ready 1080p’ и что значит ‘Full HD’?.....	9

Данный технический отчет основан на документе Institute für Rundfunktechnik (IRT), Мюнхен, Германия, с их любезного разрешения.

Информационный документ по форматам HDTV

Ключевые слова: Формат HDTV, 720p/50, 1080i/25, 1080p/50

Телевидение высокой четкости (HDTV) для потребителей и профессионалов вызвало эмоциональные дискуссии о форматах изображения HDTV. В данном документе обсуждаются вопросы форматов HDTV с технической и объективной точки зрения.

В Tech 3299-2009 EBU определил 4 исходных формата HDTV, обозначенных как системы 1- 4. Два формата преимущественно используются для вещания / распространения. В этом документе рассматриваются система 1 – 720p/50 и система 2 – 1080i/25¹.

С первого взгляда потребитель может подумать, что большее число (1080 больше, чем 720) также означает лучшее воспринимаемое качество изображения. Однако оба формата проявили передачу хорошего качества HD изображения. Из-за определенных технических особенностей формат 720p/50 рекомендован Техническим комитетом EBU как оптимальное решение для текущего вещания HDTV (R112-2004). Важно отметить, что почти все дисплеи и приемники в Европе, поддерживающие ярлыки HD-Ready, HDTV, HD-ready 1080p или HDTV 1080p, совместимы с этими форматами HDTV (см. Приложение 3).

720p/50 и 1080i/25 – отличия

При первом впечатлении самым большим отличием между двумя форматами изображения кажется пространственное разрешение, т.е. число пикселей. Во многих публикациях использованы диаграммы как на **Рис. 1** для визуализации разницы в пикселях и продвижения одного формата над другим. В частности, такие диаграммы используются для продвижения формата 1080i/25 HDTV над форматом 720p/50, но это еще не вся история.

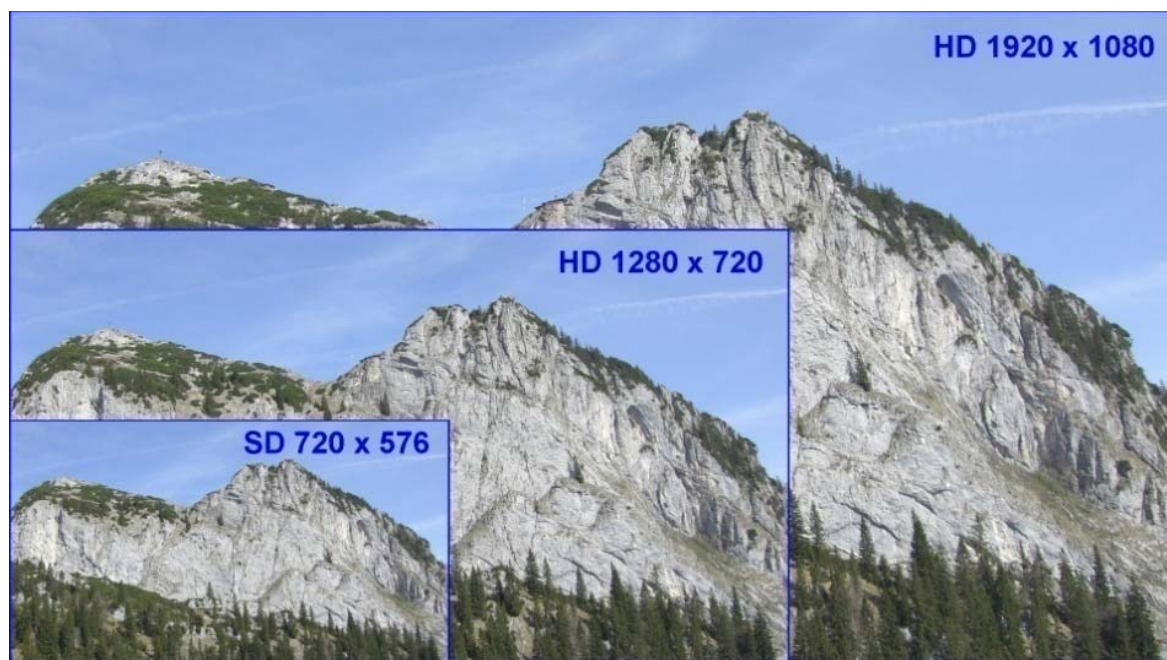


Рис. 1: Визуализация числового сравнения между ТВ форматом стандартной четкости и двумя форматами HDTV.

Изображение с меньшим числом пикселей показывает меньше деталей. Это ведет к предположению, что формат 1080i/25 с 1920 x 1080 пикселями даст лучшее качество изображения, чем формат 720p/50 с 1280 x 720 пикселями.

Поскольку это предположение действительно только для неподвижных изображений, оно не совсем корректно. См. также **Таблицу 1**, сравнение полезных битрейтов.

Единственный случай, когда такой тип диаграмм действителен – это захват и представление неподвижных изображений. Здесь игнорируется тот факт, что телевидение состоит из подвижных изображений и имеет целью принести реальность спортивных и других событий в дома зрителей. С форматом 1080i/25 передается 50 полей в секунду (полукадров, содержащих всего по 540 строк), а формат

¹ 720p/50: 50 полных кадров, каждый с 720 строками и 1280 пикселями в строке. 1080i/25: 25 полных кадров в секунду или 50 полукадров (известных как поля), где каждое поле имеет 540 строк и 1920 пикселей в строке. Обратите внимание, что некоторые передачи 1080i/25 используют горизонтальную субдискретизацию до 1440 пикселей в строке.

720p/50 содержит 50 полных кадров с 720 строками в секунду (поэтому он обозначается 720p/50). В результате 720p/50 дает вдвое больше полных кадров в секунду, чем формат 1080i/25. Формат 720p/50 обеспечивает детальную визуализацию движения и увеличивает воспринимаемую резкость подвижных сцен.

Передача полукадров (полей) в формате 1080i HDTV (i=чересстрочный) использует чересстрочную развертку, метод, разработанный для экономии частотной полосы в начале 1930-х гг. для телевидения стандартной четкости (см. Приложение 2).

Сегодня плоские дисплеи и проекторы отображают полные кадры, содержащие все строки, составляющие изображение (так называемое прогрессивное отображение). Такое отображение телевизионных изображений требует устранения чересстрочности таких форматов как 1080i/25 HDTV или 576i/25 SDTV в устройстве отображения (или приставке) до презентации в электронике дисплея.

Устранение чересстрочности описывает процесс, применяемый к цифровому изображению для вычисления (а в худшем случае – для приблизительного подсчета) полных кадров из смежных полей. В зависимости от качества процесса устранения чересстрочности и, в частности, от подвижных объектов или съемочной панорамы, может возникнуть потеря резкости и даже уменьшение конечного вертикального разрешения формата 1080i/25 ниже формата 720p/50. Такие эффекты называются артефактами движения.

Формат 720p/50 (p= прогрессивный, полнокадровый) использует временное разрешение 50 кадров в секунду (с 720 строками). Устранения чересстрочности не требуется, и артефактов движения, вызванных чересстрочной разверткой, не существует. Однако следует заметить, что бытовые дисплеи 1920 x 1080 пикселей требуют, чтобы вещательный HD сигнал 1280 x 720 пикселей масштабировался до разрешения дисплея 1920 x 1080 (аналогично масштабированию передач 1440 x 1080i/25 до разрешения дисплея).

Надо понимать, что большинство международных событий HDTV снимаются либо в 1080i/25, либо в 1080i/29.98 (для стран 60 Hz). Презентация 1080i/29.98 в странах 50 Hz потребует конверсии частоты кадров. Для контента, созданного в 1080i/25, вещателям 720p/50 потребуются устранение чересстрочности сигнала перед эмиссией (выдачей в эфир), а для контента 1080i/29.98 необходима конверсия частоты кадров и устранение чересстрочности.

Процесс устранения чересстрочности – не прозрачный. Конечное качество изображения в результате математического процесса зависит от алгоритмов и мощности обработки устройства, но некоторые артефакты движения неизбежны. Поэтому вещатель 720p/50 должен решить, какое использовать устройство устранения чересстрочности (EBU рекомендует устройства с компенсацией движения). Вещатели 1080i/25 должны принять, что их устранение чересстрочности производится в бытовом дисплее. Хотя старые бытовые дисплеи делали это не очень хорошо, современные дисплеи более высокого класса могут иметь вполне хорошие устройства устранения чересстрочности.

Наконец, следует уделить пристальное внимание установкам приемников HDTV по умолчанию, т.к. они не всегда автоматически представляют входящий HDTV формат на дисплее (например, вход приемника 720p/50, конвертированный в интерфейс дисплея 1080i/25, или наоборот). Полезно следовать правилам, данным в EBU Tech 3333, документе EBU с требованиями к приемникам HDTV (см. §4.5.3 Выходной формат).

Более объективное сравнение различных форматов HDTV обеспечивается сопоставлением скорости передачи пикселей фактической информации. Это показано в следующей таблице.

Таблица 1: Полезный битрейт различных вещательных форматов HDTV.

Вещательный формат HDTV (без компрессии)	Полезный битрейт (без компрессии)	Комментарий
1280 x 720p/50	0.53 Gbit/s	
1440 x 1080i/25	0.44 Gbit/s	Многие передачи 1080i/25 используют субдискретизацию строк для снижения битрейта
1920 x 1080i/25	0.59 Gbit/s	
1920 x 1080p/50	1.2 Gbit/s	Передач в 1080p/50 сегодня нет

Обратите внимание, что вышеуказанные битрейты вычислены для вещательных форматов (4:2:0, 8 бит), а не для их соответствующих производственных форматов (4:2:2, 10 бит).

Самое главное – это воспринимаемое качество изображения!

Международно признанные и стандартизированные тесты были проведены такими организациями как 'Institut für Rundfunktechnik' (IRT, в Мюнхене), Европейский вещательный союз (EBU, в Женеве) и раз-

личными вещателями. Квалифицированные и неквалифицированные зрители смотрели контент 720p/50 и 1080i/25 HDTV и давали субъективную оценку своих ощущений.

Из-за системы человеческого зрения и естественного разрешения человеческого глаза обычно необходимо сидеть ближе к дисплею для восприятия качества HDTV. Поэтому субъективные тесты проводились с HDTV дисплеями с диагональю 50 дюймов (разрешение 1920 x 1080 пикселей) на дистанции просмотра, эквивалентной трехкратной высоте изображения.

Тесты выявили, что при одинаковом битрейте распространения изображения в формате 720p/50 выше ценились зрителями, чем 1080i/25. С этими тестами связана Рекомендация EBU R124. Кроме того, тесты выявили, что изображения с прогрессивным источником более эффективны в цифровой компрессии (кодировании), чем с чересстрочным. Эти факторы можно использовать двумя способами:

- Обеспечить лучшее качество изображения с каналом 720p/50, используя тот же битрейт, что и предназначенный для распространения канала 1080i/25, или
- Обеспечить эквивалентное субъективное качество изображения, используя формат 720p/50 с битрейтом менее предназначенного для распространения формата 1080i/25.

Всеобъемлющие тесты показывают потенциал формата 720p/50.

Примечание: Полезно знать, что конечное HD качество у зрителя зависит от многих факторов в комплексной цепи производства и эмиссии. Поэтому решение вещателей использовать 720p/50 или 1080i/25 не будет единственной гарантией высококачественного HD контента в домашних условиях. Кроме того, дальнейшее развитие алгоритмов компрессии вещательных кодеров, возможно, позволит снизить битрейты эмиссии для обоих форматов, сохраняя качество HD.

Как работать с кино и документальными форматами HD?

Существует два дальнейших варианта HDTV. Формат 1080p/24 и System 3 – формат 1080p/25 HDTV стали мировыми HDTV стандартами де-факто для кино и документальных фильмов. Из-за низкой частоты кадров эти форматы не используются для спортивных передач или для любых программ с быстрым движением. Большинство дисков Blu-Ray (HDTV-приемник DVD) используют формат 1080p/24 «типа кино»².

Для распространения / эмиссии этих форматов вещатели используют метод прогрессивных сегментированных кадров (psf). Для распространения 1080i/25 один кадр 1080p/25 разбивается на поле 1 и поле 2 чересстрочного кадра. Для распространения 720p/50 вышеуказанных форматов применяется удвоение кадров (методами адаптации к движению).

Какие другие форматы HDTV существуют – и что принесет будущее?

Формат 1080p/50 HDTV уже обсуждается на будущее. Это даст сочетание лучших частей форматов 1080i/25 и 720p/50 HDTV. Там будет временное разрешение быстрого движения 50 прогрессивных кадров (из формата 720p/50) и увеличенное пространственное разрешение 1920 пикселей x 1080 строк (из формата 1080i/25) без недостатков чересстрочной развертки.

Сегодня лишь ограниченное количество производственного оборудование может генерировать контент 1080p/50, но производители планируют этот формат для быстрого развития продукции.

Для приема сигналов 1080p/50 зрителю нужно заменить существующую приставку 1080i/25 – 720p/50 HDTV, хотя нынешние дисплеи HD-Ready 1080p могут показывать материал 1080p/50 через интерфейсы HDMI. Любые идеи передачи 1080p/50 зрителям сегодня умозрительны, но можно планировать использование формата 1080p/50 для распространения контента 3D-TV.

² Для показа форматов 1080p/24 или 1080p/25 необходимы телеприемники с логотипом 'HD-Ready 1080p' ассоциации DigitalEurope. (см. Приложение 3).

Приложение 1: Обзор телевизионных стандартов

576i/25	Телевидение стандартной четкости (SDTV): Это пока самый распространенный сигнал, передаваемый зрителю. Имеет 576 активных строк в чересстрочной развертке и работает с частотой 25 кадров в секунду, состоящих из 50 полей (полукадров) в секунду.
1080i/25	Телевидение высокой четкости (HDTV) с 1080 строками в чересстрочной развертке, 25 кадров в секунду, состоящих из 50 полей (полукадров) в секунду.
720p/50	Телевидение высокой четкости (HDTV) с 720 строками в прогрессивной развертке, 50 кадров в секунду.
1080p/24	Телевидение высокой четкости (HDTV) с 1080 строками в прогрессивной развертке, 24 кадра в секунду. Это число кадров в секунду применяется в кино, и этот формат обычно используется в дисках Blu-Ray.

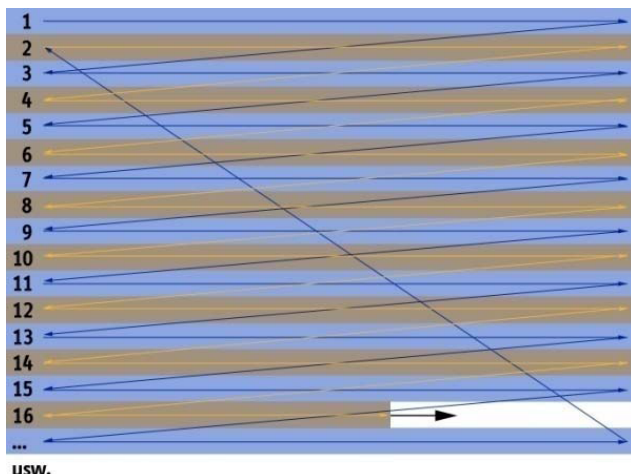
Номенклатура, используемая в EBU для обозначения форматов изображения:

Активные строки (576, 720 или 1080), затем **формат развертки** (*i* – чересстрочная, *p* – прогрессивная и *psf* – прогрессивные сегментированные кадры), затем **число полных кадров в секунду** (/24, /25, /50 и т.д.)

Примеры: 1080i/25, 1080p/50, 1080psf/25.

Приложение 2: Форматы с чересстрочными полями: исторические и недостаточно оптимальные

Чересстрочная развертка использует интегрирующую способность системы человеческого зрения к изменениям яркости. Если изменения яркости недостаточно быстрые (т.е. повтор полей или кадров), то человек обнаруживает мерцание. Эксперимент показал, что повторные кадры начинают восприниматься без мерцания при 16-18 изображениях в секунду (в зависимости от размера и яркости изображений), но восприятие движения без мерцания требует 50 кадров или 50 полей (полукадров) в секунду³. Кинофильмы обычно снимаются 24 кадров в секунду во избежание эффектов мерцания в кинотеатре, каждое изображение представляется (проецируется) дважды, что дает эффективную частоту повтора 48 кадров в секунду.



С чересстрочной разверткой каждый кадр делится на два поля.

Одно поле состоит из строк с нечетными номерами; а следующее – с четными.

Эта технология была разработана в 1930-е гг. для презентации в единственных на тот момент телеприемниках с электронно-лучевой трубкой (ЭЛТ) без мерцания и для преодоления ограниченной частотной полосы пропускания электронных технологий того времени.

Передача 50 кадров в секунду была технологически невозможна на этапе развития аналогового SDTV в 1920-30-х гг. Компромисс чересстрочной развертки обеспечивал быстрый повтор полей (50 полей в секунду), необходимый для устранения мерцания, и в то же время требовал лишь половины частотной полосы сигнала по сравнению с полной прогрессивной разверткой.

С чересстрочной разверткой изображения дискретизируются или развертываются строка за строкой; однако в каждой точке дискретизации развертывается лишь половина строк полнокадрового изображения. Первый полукадр (поле 1) состоит из нечетных строк, а в следующей точке дискретизации развертывается и передается второй полукадр (поле 2) с четными строками.

С этим методом подвижные объекты в сцене не будут в одном и том же месте в соседней паре строк, и два поля кадра будут содержать разные представления подвижных объектов. Это особенно заметно на вертикальных краях, которые движутся по горизонтали.

Телеприемники с ЭЛТ представляли изображения поле за полем и хорошо подходили для чересстрочной развертки. Современные плоские дисплеи состоят из матрицы элементов отображения (плазма, LCD или др.), которые излучают более или менее одновременно для представления всех деталей в кадре. Поэтому современные плоские дисплеи имеют прогрессивный характер. Чересстрочный сигнал SDTV (576i/25) или HDTV (1080i/25), состоящий из двух полей, должен конвертироваться в прогрессивные кадры для презентации на плоском дисплее. Этот так называемый процесс «устранения чересстрочности» никогда не бывает идеальным и обычно требует сложной обработки изображения. С подвижными объектами в сцене типичные артефакты чересстрочного изображения могут стать заметны в форме небольших пилообразных артефактов в вертикальных строках и границах объектов.



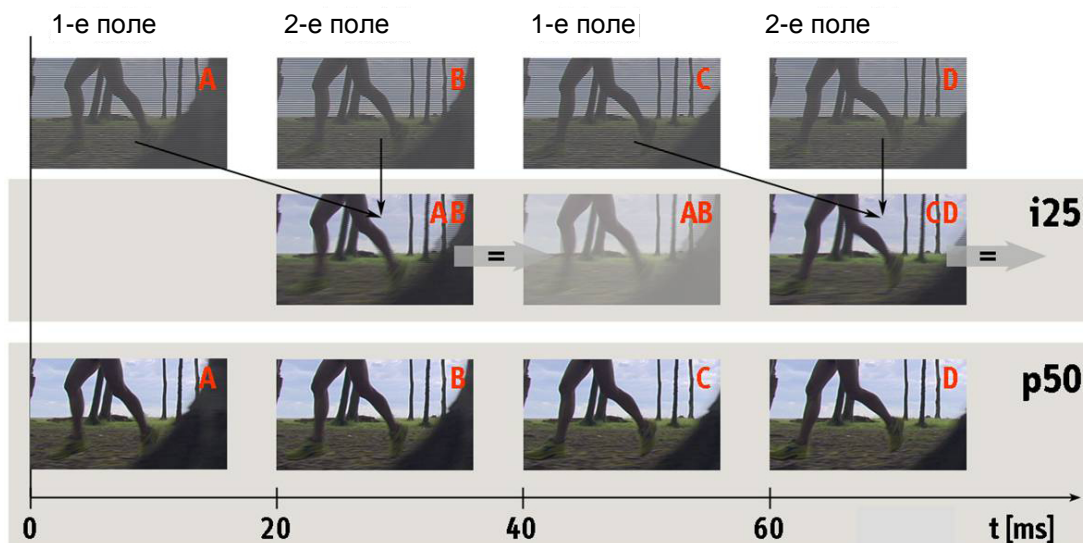
Во время презентации изображения, состоящего из двух (чересстрочных) полей, подвижные изображения выглядят размытыми.

Это становится заметно на стволе и листьях дерева на картинке слева, с чересстрочной разверткой.

На правой картинке – то же изображение с прогрессивной разверткой. Там видно гораздо больше деталей.

³ Примечание: это действительно для среднего центрального угла просмотра. Глаз может воспринимать гораздо больше эффектов мерцания к границам сетчатки (также в зависимости от яркости и размера).

Следующий рисунок – визуализация чересстрочной развертки (вверху), упрощенный алгоритм устранения чересстрочности (в середине) и прогрессивная развертка (внизу).



Буквы А-D означают разные фазы движения. Эти фазы легко заметны вокруг ног бегуна и в стволах деревьев.

С отдельными полукадрами (полями – верхние картинки) становятся заметны пилообразные артефакты, вызванные потерей каждой второй строки. В процесс устранения чересстрочности, необходимо в современных плоских дисплеях, первое поле с нечетными строками (А или С) и второе поле с четными строками (В или D) преобразуются в полный кадр (АВ или CD) и, в зависимости от технологии дисплея FPD, повторяются (прозрачное изображение АВ) во избежание восприятия мерцания. Вследствие того, что чересстрочные поля создаются из разных точек движения, могут стать заметны пилообразные артефакты.

С прогрессивной разверткой (например, p50) с 50 полными кадрами в секунду (нижний ряд картинок) каждая фаза движения состоит из полной информации и пилообразные артефакты отсутствуют. Представление движения намного лучше по сравнению с чересстрочной разверткой.

Приложение 3: 'HD ready', 'HDTV ready', 'HDTV ready 1080p' и что значит 'Full HD'?

Всего четыре логотипа официально определены ассоциацией DigitalEurope (бывшей EICTA, см. по ссылке <http://www.digitaleurope.org>). Эти логотипы ('HD ready', 'HDTV ready', 'HD Ready 1080p' и 'HDTV ready 1080p') поддерживаются техническими спецификациями.





Разные ярлыки 'Full HD' на рынке являются лишь маркетинговым изобретением различных поставщиков и не дают полномочной информации о характеристиках дисплея.

'HD ready' гарантирует (среди прочих технических деталей) разрешение дисплея минимум 720 строк в широкоэкранный формате 16:9, а 'HD ready 1080p' (среди прочих технических деталей) гарантирует разрешение дисплея 1080 строк в широкоэкранный формате 16:9.

Многие дисплеи 'HD ready' не преобразуют каждый входящий пиксель сигнала прямо на экран; а масштабируют входящий сигнал до разрешения экрана или даже растягивают развертку (например, на 1-5% больше разрешения дисплея, чтобы не показывать некоторые пиксели на границах изображения). С дисплеями 'HD ready 1080p' растягивание развертки можно отключить, но всегда нужно масштабирование для презентации сигналов 720p/50 и SDTV на весь экран.

К счастью, оказалось, что субъективное качество изображения менее подвержено влиянию масштабирования, чем устранения чересстрочности, например, сигнал 1080i/25 или SDTV для отображения на плоском дисплее 'HD ready 1080p'.

Потребителям важно понимать, что дисплеи с логотипом 'HD ready' или 'HDTV ready 1080p' и приемники с логотипом 'HDTV Ready' могут работать с сигналами 720p/50 и 1080i/25 (оба передаются в разных частях Европы).

	Логотип 'HD ready' гарантирует (среди прочего) формат изображения 16:9 и разрешение минимум 720 строк.
	Логотип 'HD ready 1080p' гарантирует (среди прочего) формат изображения 16:9 и разрешение минимум 1080 строк.
	Разработан для телеприемников – включая приставки и интегрированные цифровые телевизоры – которые могут принимать и декодировать HD (720p/50, 1080i/25) спутниковые, кабельные или наземные передачи.
	Разработан для дисплеев 'HD ready 1080p', которые также могут принимать и декодировать HD (720p/50, 1080i/25) спутниковые, кабельные или наземные передачи. Устройства отображения с логотипом 'HD TV 1080p' имеют разрешение экрана 1920 x 1080.