

# Comparison between 4:2:2P and 4:2:0 – for 525- and 625-line pictures

L. Cheveau

Head of Transmission Technologies, EBU

A. Caruso

CBC

## Внимание!

- Оригинал этой статьи находится на сайте по адресу:  
[http://www.ebu.ch/trev\\_home.html](http://www.ebu.ch/trev_home.html)
- Данный перевод **НЕ** является официальной версией статьи и может содержать отдельные неточности.

## Сравнение между 4:2:2P и 4:2:0

– для изображений с 525- и с 625 строками

**Эта статья сообщает о результатах испытаний 4:2:2P и 4:2:0 кодеков, выполненных EBU и CBC с использованием недавно ставшего доступным Анализатора Качество Изображения Tektronix. CBC был ответственен за испытания в системах с 525 строками, а EBU - за испытания в системах с 625-строками.**

### 1. Введение

Переходу EBU-сети *Eurovision* на цифру в августе 1998 [1] предшествовали обширные испытания, выполненные для различных скоростей передачи данных и схемах кодирования. По рабочим причинам, две скорости передачи данных - 24 Мбит/с и 8 Мбит/с - были выбраны для использования в сети. Кроме того, технические люди рекомендовали, чтобы 4:2:2 кодеки использовались только на скорости передачи данных 24 Мбит/с, а (4:2:0) MP@ML кодеки должно использоваться на 8 Мбит/с.

Однако, в процессе реального использования MPEG оборудования после августа 1998, инженерам *Eurovision* очень скоро стало очевидным, что и с 8 Мбит/с качество изображения было лучше с 4:2:2 кодированием, чем с MP@ML кодированием. Технический Отдел EBU пробовал найти некоторые ясные доказательства, при которых 4:2:0 могло бы превосходить



Перевод ДТР ВГТРК

4:2:2, но был не способен найти любую последовательность изображений, чтобы доказать это. Напротив, стало очевидно, что 4:2:2 был всегда лучше, и было принято решение по использованию 4:2:2 систематически для всех обменов *Eurovision*

В это же самое времени CBC также обращался со своей цифровой сетью, используя две различных скорости передачи данных, т.е. 8-10 Мбит/с для распределения и 18-20 Мбит/с для сбора. Вопрос 4:2:0 или 4:2:2 был поднят и CBC, и EBU совместными их усилиями, чтобы организовать некоторые испытания. Первые субъективные испытания были выполнены CBC, с 525-строчным материалом. Результаты были представлены на IBC 98 в Амстердаме и также в Техническом Обзоре EBU [2].

Вывод был тот же: 4:2:2 всегда лучше, чем 4:2:0, даже при очень низких скоростях передачи (т.е. 2 или 3 Мбит/с), где предел - скорее возможности оборудование кодирования, чем качество изображений. С тех пор, дополнительные измерения были сделаны авторами, используя

анализатор качества изображений, разработанный Tektronix. Испытания CBC были сделаны на трех различных кодерах и результаты подтверждали, что не имелось никакой точки перехода где, для данной скорости передачи данных, 4:2:0 становится лучше, чем 4:2:2.

Подобные испытания были сделаны Техническим Отделом EBU, используя дополнительную тестовую последовательность для 625-строк и различную структуру GoP.

Результаты EBU слегка различались и говорят о том, что, для систем с 625 строками, может иметься точка перехода в 4 или 5 Мбит/с, но обсуждение здесь показывает, что может быть необходимо дополнительное доказательство существования такой точки перехода.

## 2. Субъективная оценка CBC изображений с 525 строками

Субъективная оценка материала, использованного CBC, была подготовлена в NDS лабораториях, Southampton (UK), в начале ноября 1997. NDS обеспечил необходимое оборудование и разработку помощи, чтобы установить две параллельных MPEG-2 системы. Испытания были выполнены с участием опытного технического персонала от CBC, EBU и NDS.

Законченное описание установки и результатов оценки было широко сообщено на IBC 98 [3] и также было издано в EBU Техническом Обзоре [2].

Всего было произведено восемь видеолент (формат Digital Betacam), и включающих все 48 комбинаций из следующих параметров:

- ⇒ 4:2:2 P@ML и 4:2:0 MP@ML (Main Profile at 4:2:0);
- ⇒ один и два цикла кодирования/декодирования;
- ⇒ композитный (525-NTSC) и компонентный (SDI, SMPTE 259 M) интерфейсы;
- ⇒ переменные скорости передачи данных, уменьшающихся с 15 Мбит/с: (15, 12, 10, 8, 6 и 4).

Во время подготовки испытаний еще была общая вера, что точка перехода будет около 10 Мбит/с и записи были ограничены 4 Мбит/с.



Перевод ДТР ВГТРК

Исходный материал, используемый для всех испытаний, составлял полную продолжительность 10 минут. Он состоял из 25 выборок большого разнообразия сцен с 525 строками, включая спорт, фильм, сцены, создаваемые компьютером и рекомендованный EBU тестовый материал.

Субъективная оценка лент была выполнена позднее (в начале 1998) в Канаде, с использованием метода сравнения с двойным стимулом, описанного в ITU-R Рекомендации BT.500.

Оценка была ограничена сравнением между изображениями с 4:2:2 и 4:2:0 кодеков. Результаты для каждого профиля и тестируемой скорости передачи данных были усреднены по числу участвующих людей на сеансе просмотра, и были сведены в 24 таблицы, по одной для каждой конфигурации и тестируемой скорости передачи данных.

Наиболее важные заключения этого исследования были:

После (а) одного цикла сжатия/восстановления как для интерфейса SDI, так и для композитного NTSC, и (б) после двух циклов сжатия /восстановления только с интерфейсом SDI — видео, которое было закодировано, используя 4:2:2, P@ML, осталось в итоге “То же самое”, что было закодировано с использованием (4:2:0) MP@ML. Несколько последовательностей, закодированных с использованием 4:2:2 P@ML, как считали, в среднем были “Слегка лучше” чем определяемые MP@ML.

Это было установлено для всех тестируемых скоростей передачи данных.

- ⇒ Однако, после двух циклов сжатия/восстановления с композитным интерфейсом NTSC, видео, кодированное с использованием 4:2:2, P@ML, осталось в среднем “Слегка лучше”, чем определяемое MP@ML, для всех тестируемых скоростей передачи данных.
- ⇒ При скоростях передачи данных 6 Мбит/с и ниже, артефакты видео наблюдались на некоторых последовательностях программы. Однако, эти артефакты одинаково наблюдались на обоих профилях.

В заключение, было заявлено, что последовательности, кодированные и декодированные с использованием 4:2:2 P@ML никогда не были оценены “Слегка хуже”, в сравнении с MP@ML для всех тестируемых скоростей передачи данных. Это ясно указывает на то, что “точка перехода”, где 4:2:0 лучше, чем 4:2:2, не существует, и меньше всего свыше 4 Мбит/с для изображений с 525 строками.

### 3. Испытания с использованием оборудования Tektronix PQA

#### 3.1. Сигналы с 525 строками

После интенсивной субъективной оценки лент CBC в Монреале, CBC имел возможность использовать новый Анализатор качества изображений Tektronix PQA 200. Это оборудование делает сравнение двух коротких последовательностей, поэлементно, и выдает число, называемое значением PQR, которое, как предполагается, измеряет деградацию между оригиналом и протестированной последовательностью. Для этого, Tektronix использовал частный алгоритм, который все еще обсуждается в органах стандартизации.



Перевод ДТР ВГТРК

Результаты, полученные от оборудования Tektronix, выражены в PQR единицах.

Согласно производителю, значение PQR<sup>1</sup> может свободно интерпретироваться следующим образом:

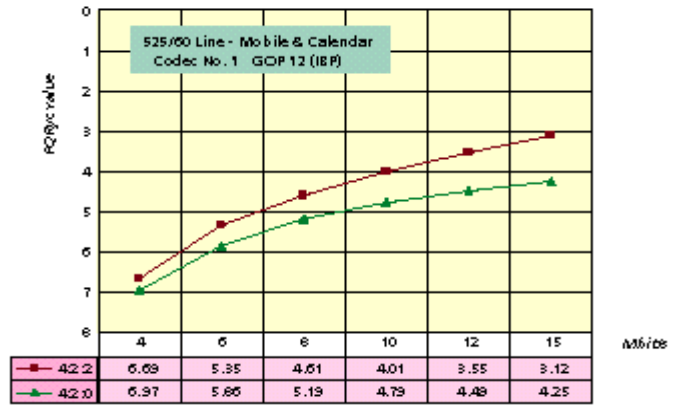
- ⇒ рейтинг PQR = 1 указывает на ухудшения, которые имеют маленькое влияние на восприятие;
- ⇒ рейтинг PQR = 3 указывает на ухудшения, которые являются почти всегда наблюдаемыми, но не сильными;
- ⇒ рейтинг PQR = 10 указывает на ухудшения, которые являются ясно наблюдаемыми.

Для PQR<sub>y</sub> (y = яркость), измерения сделаны только на яркостной компоненте видеосигнала, чтобы обеспечить более быстрый анализ видео тестируемой последовательности. Измерение различия в яркостных компонентах в большей части случаев обеспечивает хорошее основание для сравнения различий в изображениях.

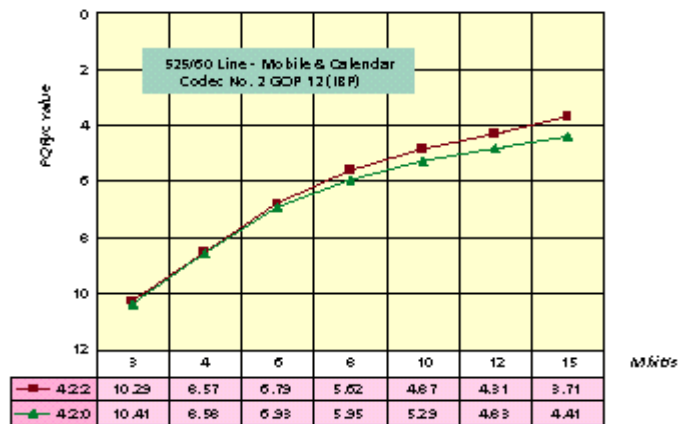
Измерения для PQR<sub>yc</sub> (яркость и цветность) - подобные измерения яркости, описанным выше - были сделаны как для яркостной, так и для цветовой компоненты видеосигнала. Различия в цветности имеют маленькое влияние на PQR сцены, а измерение требует большего времени, чем только яркостные измерения. Однако, они обеспечивают средства обнаружения ошибок в цветовом канале.

1. Извлечение из справочника пользователя PQA 200 Picture Quality Analysis System.

(a)



(b)



(c)

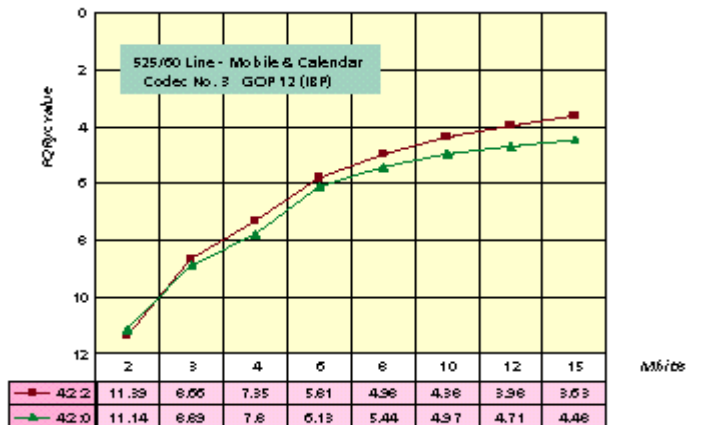


Figure 1 Test results on three different codecs.



Перевод ДТР ВГТРК

Для этого ряда испытаний, мы имеем курс, выбранный, чтобы использовать PQRus индикатор.

Ряд испытаний был организован с использованием последовательности *Mobile and Calendar* (в ее версии для 525 строк), которая содержалась на CD-ROM (Mobile+), сопровождавшем оборудование Tek-tronix.

Испытания были проделаны с тремя кодеками, предоставленными тремя различными изготовителями. Результаты воспроизведены на рис. 1 для каждого из тестируемых кодеков.

Здесь может быть замечено, что хотя три кодека имеют различные характеристики большинство замечательных результатов - это 4:2:2 результаты всегда лучше, чем 4:2:0 выше 2 или 3 Мбит/с.

## Abbreviations

### 4:2:2 P@ML

(MPEG-2) 4:2:2 Profile at Main Level

**CBC** Canadian Broadcasting Corporation

**IBC** International Broadcasting Convention

**GoP** Group of pictures

**ITU-R** International Telecommunication Union, Radiocommunication Sector

**ITU-T** International Telecommunication Union,

Telecommunication Standardization Sector

**MP@ML** (MPEG-2) Main Profile at Main Level

**MPEG** (ISO/IEC) Moving Picture Experts Group

**NTSC** National Television System Committee (USA)

**PAL** Phase alternation line

**SDI** Serial digital interface

**SMPTE** Society of Motion Picture and Television Engineers (USA)



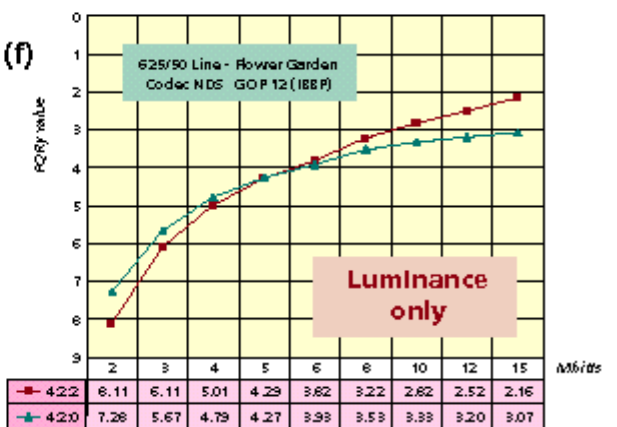
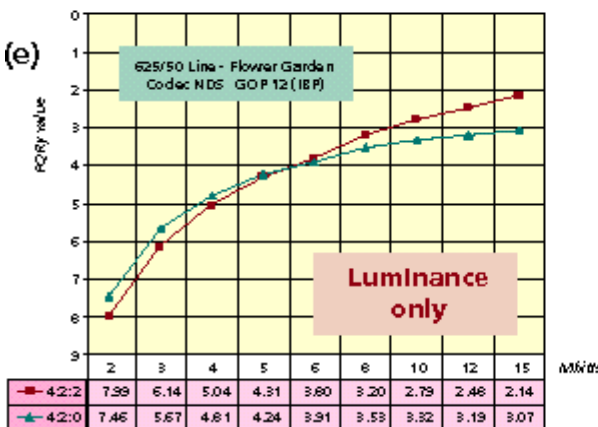
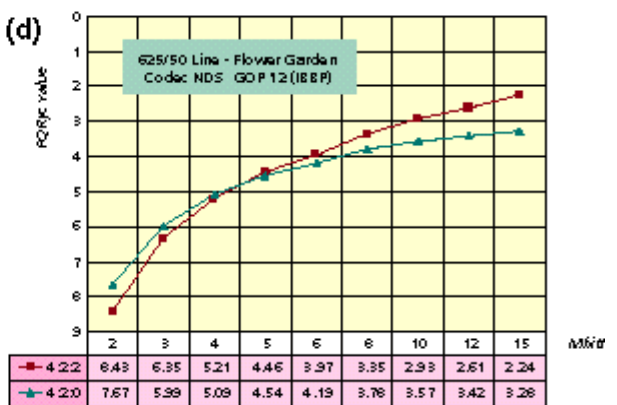
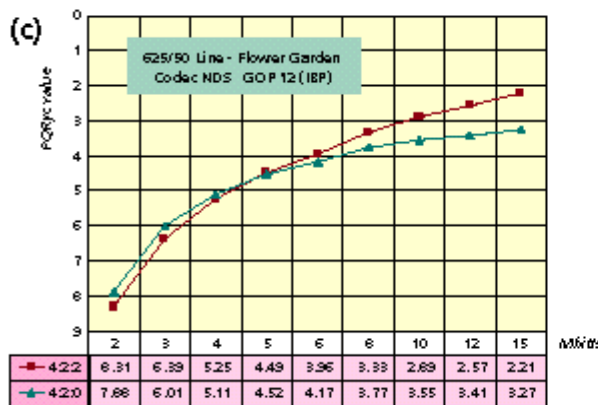
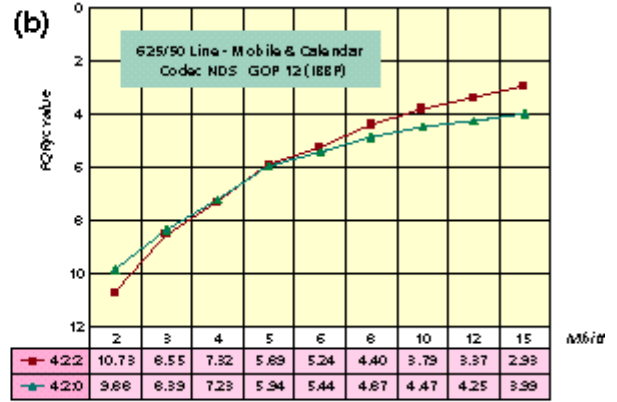
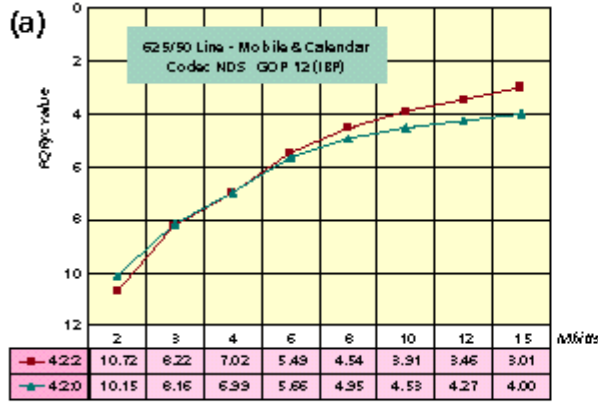


Figure 2  
Codec test results for 625-line pictures, using the Tektronix PQA analyzer.

(Рис. 2 Результаты испытаний кодека для изображений с 625 строками с использованием анализатора Tektronix PQA)



### **3.2. Сигналы с 625 строками**

В начале 1998, EBU был способен использовать систему, сопоставимую с Tektronix PQA, чтобы делать подобные измерения на изображениях с 625 строками. Чтобы иметь возможность сравнить эти измерения с результатами CBC, подобный сигнал был сначала проанализирован: Mobile +, с GoP из 12 и структурой IBP. Это показано на *Fig. 2(a)*.

Только одна пара устройств кодирования/декодирования была доступна в течение этих испытаний, поэтому EBU решил анализировать другие конфигурации (структуры IBBP и IBP). *Fig. 2(b)* дает анализ "Mobile +" для структуры IBBP.

EBU также решил использовать вторую рекомендуемую последовательность "Flower Garden", для ряда измерений. *Figs. 2(c) and 2(d)* дают анализ "Flower Garden" для тех же самых двух структур GoP.

Наконец, мы имели возможность сравнить значения PQRy (только яркость) с PQRyc. Это было сделано только для "Flower Garden" и показано на *Figs. 2(e) и 2(f)*.

### **3.3. Предварительные заключения**

#### **3.3.1. Величина перехода**

Кажется, что не имеется никакого значения величины перехода для систем с 525 строками или, если она существует, то имеет значение более низкое, чем 2 Мбит/с.

Для систем с 625 строками, величина перехода - приблизительно 4 Мбит/с.

Эта разность режима между 525-and-625-line системы будет обсуждена в *Section 4*.

#### **3.3.2. Интерпретация значения PQR**

Использование системы Tektronix PQA имело огромное значение в создании всех этих испытаний. Стандартные субъективные оценки согласно правилам ITU-R были бы слишком продолжительны при исполнении этих видов испытаний. Однако, недостаток при использовании Tektronix оборудования - то, как мы интерпретируем значение PQR. Это также обсуждено в *Section 4*. Мы просто обращаем внимание на то, что значения PQRy имеют систематически на 0.2 единицы хуже, чем значения PQRyc, как показано на *Fig. 2*.

#### **3.3.3. Влияния GoP**

Хотя это не было предметом изучения, кажется, что структуры GoP (IBBP или IBP) не имеют соизмеримого влияния на результаты испытаний.





Луис Шево (Louis Cheveau) получил квалификацию Инженер Физики в Льежском университете, Бельгия, в 1967, а в 1974 получил степень доктора физики в Университете Монреаля, Канада. В том же году он перешел в Технический Центр EBU в Брюсселе в качестве руководителя вычислительного отдела и, первоначально, работал в области наземного телевизионного вещания. В 1977г. акцент его работы сместился к спутниковому вещанию.

В 1984 Доктор Шево был откомандирован на два года в CBC, Канада. Там, он работал в области международного сотрудничества с акцентом на спутниковое вещание и на проблемы HDTV. В 1986г. он возвратился Технический Центр EBU, на сей раз для работы по трансляциям Евровидения. Начиная с 1989г., он возглавлял направление Технологии трансляции в составе Технического департамента EBU в Женеве.

Энтони Карузо (Anthony Caruso) получил степень по телекоммуникационной технике в Университете Буэнос-Айреса в 1972 и вошел в группу развития PUE Telecommunications Argentina, как технический помощник. Он был переведен в PUE Telecommunications Canada в 1975г., где он продолжил свои занятия в качестве аспиранта. Он затем перешел в технический отдел Канадской Радиовещательной корпорации в 1981.



Г. Карузо - профессиональный инженер, с канадской лицензией, является теперь Старшим Инженером группы в департаменте технологий доставки CBC. Он заинтересовался исследованием новых цифровых технологий, которые применяются в сетях связи CBC для сбора, распределения и передачи. Он представляет CBC в этих вопросах в нескольких международных технических комитетах.

Самое современное достижение Энтони Карузо состояло в планировании и развертывании первой системы MPEG-2 4:2:2 Profile, которая использовалась для спутниковой и наземной передачи с Зимних Олимпийских Игр (Nagano 98, Япония). В настоящее время он отвечает за перевод на цифру наземных и спутниковых сетей связи CBC.

## 4. Технический анализ

В этом разделе, мы попробуем проанализировать причины, которые могли бы наиболее объяснить непосредственные результаты этих испытаний:

- ⇒ различия в свойствах между системами 525-строк и 625-строк.
- ⇒ очень низкое значение скорости передачи данных в точке перехода качества (для 4:2:2 и 4:2:0 кодирования).

### 4.1. Анализ результатов

Все сравнения здесь базируются на *Mobile and Calendar*, с GoP = 12, IBP структурой и с NDS кодеком в 15, 10 и 6 Мбит/с.





Первое наблюдение состоит в том, что PQRyc разность ("VAR") между 4:2:2 и 4:2:0 для 625/50 систем меньшая, чем разность для системы 525/60, следующим образом:

**a) 525/60 system, Mobile & Calendar, GoP = IBP, N = 12**

15 Mbits/s VAR: 1.13

10 Mbits/s VAR: 0.78

6 Mbits/s VAR: 0.51

**b) 625/50 system, Mobile & Calendar, GOP = IBP, N = 12**

15 Mbits/s VAR: 0.99

10 Mbits/s VAR: 0.62

6 Mbits/s VAR: 0.17

Причины, которые могли бы объяснять эти результаты, должны быть связаны с тем фактом, что PQRyc рейтинг для 4:2:0 в системе с 625 строками обеспечивает более высокое качество, чем 4:2:0 в системе с 525 строками (подобно PAL в сравнении с NTSC системой).

С другой стороны, вариации PQRyc между 525- & 625-line системами для профиля 4:2:2 являются меньшими, чем вариации между 525- & 625-line системы для профиля 4:2:0, следующим образом:

⇒ 525/60 4:2:2@15 Mbits/s  
PQRyc = 3.12  
625/50 4:2:2@15 Mbits/s  
PQRyc = 3.01, **VAR = 0.11**

⇒ 525/60 4:2:2@10 Mbits/s  
PQRyc = 4.01  
625/50 4:2:2@10 Mbits/s  
PQRyc = 3.91, **VAR = 0.10**

⇒ 525/60 4:2:2@6 Mbits/s  
PQRyc = 5.35  
625/50 4:2:2@6 Mbits/s  
PQRyc = 5.49, **VAR = - 0.14**

Измерения PQRyc для 4:2:0 на том же самом кодеке, с теми же самыми параметрами имеют большую разность между 625/50 и 525/60, следующим образом:

⇒ 525/60 4:2:0@15 Mbits/s  
PQRyc = 4.25  
625/50 4:2:0@15 Mbits/s  
PQRyc = 4.00, **VAR = 0.25**



Перевод ДТР ВГТРК

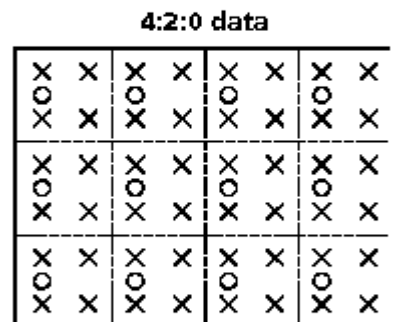
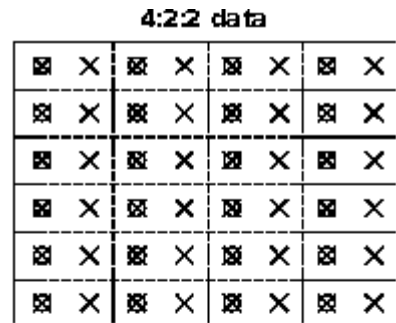
⇒ 525/60 4:2:0@10 Mbits/s  
 PQRyc = 4.79  
 625/50 4:2:0@10 Mbits/s  
 PQRyc = 4.53, **VAR = 0.26**

⇒ 525/60 4:2:0@6 Mbits/s  
 PQRyc = 5.86  
 625/50 4:2:0@6 Mbits/s  
 PQRyc = 5.66, **VAR = 0.20**

Это можно объяснить наличием перехода между 4:2:2 и 4:2:0 для системы 625/50. Профиль 4:2:0 обеспечивает низкую величину PQRyc (более высокое качество) для системы с 625 строками, чем для системы с 525 строками. Это эквивалентно напору кривой 4:2:0 вверх и относительно ближе к кривой профиля 4:2:2, которая остается почти неизменной.

Другим фактором может быть то, что PQA 200 связывает субъективное рассматривание с "объективным результатом". Если эмпирический процесс, который связывал субъективную оценку качества с объективным числом, был основан на системе 525/60, тогда он не может выдавать точно то же самое для системы 625/50. Другими словами, Tektronix должен возможно использовать два различных алгоритма (один для системы с 525 строками и другой для системы с 625 строками), чтобы связать субъективные оценки с объективными результатами.

С практической точки зрения, разность в числах PQRyc между профилями 4:2:2 и 4:2:0 для системы с 625 строками ниже 5 Mbits/s очень мала (меньше чем 0.3 пункта) и почти незначительна, субъективно говоря.



X Represents luminance samples  
 ○ Represents chrominance samples

Figure 3  
 Positioning of chrominance and luminance samples in 4:2:2 and 4:2:0.

Рисунок 3  
 Расположение выборок цветности и яркости в 4:2:2 и 4:2:0.

- X Представляет выборки яркости
- Представляет выборки цветности

Поэтому, пока корреляция между PQR числами и ITU-R градуировкой качества изображения не установлена, будет трудно определить минимальную, существенную PQR градацию различий. По нашему мнению, эта разность не может быть меньше, чем кое-что между 0.5 и 1.



## 4.2. Точка перехода

Значение точки перехода (2 Мбит/с для систем с 525 строками и около 4 Мбит/с для систем с 625 строками) - удивительно меньше, чем ожидалось. Была общая вера в то, что эта точка должна быть где-нибудь между 10 и 15 Мбит/с. Небольшая разность режима между 525- и 625-строчными системами реально не существенна, и мы нуждаемся в более всеобщем объяснении этого эффекта. Чтобы понять основную разницу между 4:2:0 и 4:2:2, мы должны обратиться к техническим требованиям MPEG-2, где мы можем найти описание расположение выборок цветности и яркости (см. рис. 3, который взят из ITU-T Рекомендации H.262).

При тщательном просмотре обоих представлений обнаруживается, что в 4:2:0 формате, выборки яркости и цветности не расположены компанией (не сорасположены-прим. ред.), в противоположность 4:2:2 формату.

Главная причина несорасположенности выборок состоит в требовании MPEG обрабатывать подобным способом выборки цветности в кадре, независимо от того, представлен ли кадр как единый кадр изображения или как два поля изображения (чередующиеся).

Это, в некотором смысле, означает, что в среде 4:2:2 - которая присутствовала в наших испытаниях, так как мы использовали интерфейс SDI (SMPTE 259 M) - должна была произойти двойная интерполяция: один раз в кодере, чтобы создать не расположенный компанией отсчет и второй раз в декодере, чтобы восстановить расположенный компанией отсчет.

Деградация, вызванная этой интерполяцией, очевидно, была зафиксирована Tektronix PQA 200, который анализирует изображение, пиксель пикселем.

## Заключения

Хотя требуется еще некоторая работа, мы уже можем вывести некоторые определенные заключения:

- ⇒ Если мы можем доверять результатам, полученным с помощью системы Tektronix PQA, то для того, чтобы достичь того же самого качества изображения в 4:2:0 формате, которое показывает формат 4:2:2 при 8 Мбит/с, – Вы должны использовать 4:2:0 кодеки при скоростях передачи данных 9, 10 или даже 11 Мбит/с в системах с 525 строками, и в 10 Мбит/с в системах с 625 строками.

Таким образом, работа в формате 4:2:0 на 25 % более дорогостоящая, чем в формате 4:2:2.

- ⇒ точка перехода (то есть скорость передачи данных, в которой 4:2:0 система становится лучше, чем 4:2:2) не существует для систем с 525 строками (или она расположена ниже, чем 2-3 Мбит/с).
- ⇒ Для систем с 625 строками, точка перехода, кажется, около 4-5 Мбит/с.

Этот результат, однако, нуждается в разъяснении, чтобы гарантировать, что это не было из-за измерения Оборудование, используемое для испытаний.

- ⇒ Необходимы дополнительные испытания с использованием субъективных методов оценки стандарта ITU-R.



## Библиография

- [1] L. Cheveau: **Switching to digital**  
EBU Technical Review No. 276, Summer 1998.
- [2] A. Caruso, L. Cheveau and B. Flowers: **MPEG-2 4:2:2 Profile – its use for contribution/ collection and primary distribution**  
EBU Technical Review No. 276, Summer 1998.
- [3] A. Caruso, L. Cheveau and B. Flowers: **The use of MPEG-2 4:2:2 profile for contribution and primary distribution**  
IBC 98, Amsterdam.

