

# Система вещания в формате 4K/8K UHDTV Super Hi-Vision

Олег Березин (председатель российской секции SMPTE) по материалам SMPTE-2019

На прошедшей осенью 2019 года в Лос-Анджелесе (США) ежегодной технической конференции SMPTE основными темами были: применение искусственного интеллекта (AI) в технологиях видеосжатия и в post-production; вопросы яркости, громкости, HDR, WCG и HFR; форматы видеосжатия MPEG-5 EVS и JPEG XS; хранение данных в цепочках искусственных ДНК; надежность и безопасность протокола точного времени PTP; внедрение стандартов ST 2110 Professional Media over IP. Но, пожалуй, наиболее пристальное внимание привлекла серия докладов специалистов лаборатории научных и технологических исследований и технической дирекции японской вещательной корпорации NHK (NHK Science & Technology Research Laboratories; Engineering Administration Department) посвященная развертыванию первой в мире спутниковой системы вещания в формате 4K/8K UHDTV.

Система телевидения Super Hi-Vision, которую корпорация NHK разрабатывает с 1995 года, представляет собой экосистему производства, обработки, хранения, передачи, приема и отображения телевизионного сигнала, обладающего следующими характеристиками: пространственное разрешение 8K (7680×4320), HDR, WCG (Rec. 2020), глубина цвета 12 бит, кадровая развертка – 120/60 (120/1,001; 60/1,1001) кадр/с, многоканальный звук 22.2.

Опыт NHK интересен в первую очередь тем, что для развертывания системы Super Hi-Vision корпорация не только разработала видеокамеры, системы обработки и передачи видеосигнала, системы записи и хранения, но и фактически, ввиду отсутствия на момент начала работ в области 8K международных стандартов UHDTV, сформировала национальный набор стандартов ARIB, который уже широко применяется не только в производстве, но и в вещании 4K/8K в Японии. В настоящее время национальные стандарты ARIB UHDTV имплементируются в рекомендации Международного союза электросвязи ITU-R.

Один из докладов NHK на конференции SMPTE-2019 был посвящен подробностям некоторых принципиально новых решений, использованных в 8K-видеокамерах NHK. Так, базовая камера, используемая сегодня для съемки в формате UHDTV 8K, обеспечивает запись сигнала 8K60p, разрешение 4000 твл, отношение сигнал/шум 55 дБ, чувствительность 2000 лк при диафрагме f/8. Рекордер камеры способен записывать 10-разрядный сигнал YCbCr 4:2:2 с внутрикадровой компрессией на основе кода Grass Valley HQX со степенью сжатия 7:1. Ка-



мера выполняет обработку 8K-видео и одновременную грубую запись в формате HDTV. Интерфейс 8K-камеры: 4×12G-SDI.

Достаточно подробно докладчики остановились на особенностях применяемого 1,7" сенсора 8K 35 CMOS, в котором вместо традиционного кремниевого фотодиода (тип BSI) используется тонкая органическая пленка для фотозлектронного преобразования в светопринимающей части сенсора (тип OPF). Увеличение пространственного разрешения сенсоров ведет к уменьшению физических размеров пикселей. Например, для 8K-сенсора Super 35 мм размер пикселя равен всего 3 мкм, а для 1,25" 8K-сенсора шаг пикселей составляет всего 2,1 мкм. Но уменьшение размера пикселя ведет к снижению светочувствительности матрицы и росту отношения сигнал/шум. Применение органической пленки в качестве фотозлектронного преобразователя позволяет разместить плавающую диффузию, которая используется для считывания заряда, не рядом в ограниченном пространстве с кремниевым фотодиодом, а непосредственно под органической пленкой. А значит, во-первых, увеличить размеры плавающей считывающей диффузии и, соответственно, уровень насыщения заряда, а во-вторых, за счет значительного уменьшения «толщины пирога» увеличить телесный угол преобразуемого светового потока, падающего на пиксель. В результате сенсоры с органической пленкой стали эффективным решением для обеспечения как высокого пространственного разрешения матрицы, так и более широкого динамического диапазона по сравнению с традиционными решениями на основе кремниевых фотодиодов.

Еще один доклад NHK был посвящен анализу практического опыта и экспериментам

с новой камерой, оснащенной тремя 1,25" CMOS-матрицами. В стандартном режиме камера обеспечивает съемку 8K-изображения со скоростью 240 кадр/с.

Эти камеры тестировались во время чемпионата мира по футболу 2018 года в России и на пяти национальных спортивных чемпионатах Японии по разным видам спорта. Режим съемки со скоростью 240 кадр/с позволил получить замедленные повторы при воспроизведении записанного материала со скоростью 60 кадр/с.

Однако на практике выяснилось, что некоторые виды спорта требуют более высоких скоростей съемки для обеспечения эффективного режима Slow Motion. Чтобы исследовать это, камера была модифицирована для съемки с удвоенной скоростью – 480 кадр/с. Это потребовало внесения изменений в электрическую схему камерного канала, а именно исключения из цепи блоков двойной коррелированной выборки, предназначенных для уменьшения в сигнале теплового шума сенсора путем вычитания из видеосигнала компоненты теплового шума, который содержится и в опорном сигнале сброса, очищающем область диффузии после считывания сигнала, и поручить работу по вычитанию сигнала теплового шума напрямую аналоговыми преобразователям – АЦП.

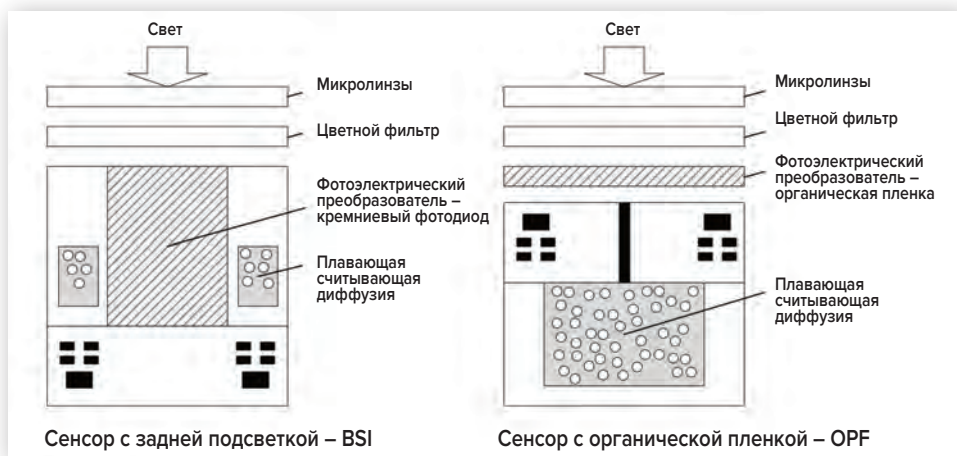
На самом деле, фактически такая камера представляет собой multifunctionalную систему, модифицируемую путем перепрограммирования ПЛИС – программируемых логических интегральных схем (англ. field-programmable gate array – FPGA), отвечающих за работу АЦП и обработку видеосигнала от сенсора. В камере применяются три блока АЦП, работающие в различных режимах и выполняющие порой различные



# Главный онлайн-ресурс индустрии **facebook + NATEXPO**



По состоянию на  
17 февраля 2020 г. в группе состоят **2270** участников



Структура сенсоров типа BSI (слева) и OPF

функции. Первый АЦП, как правило, отвечает за снижение уровня случайных шумов (random noise reduction) путем применения технологии мультिवыборки (multi-sampling technique) и формирование первых 6 бит оцифрованного сигнала. Остаточное напряжение сигнала первый АЦП передает следующему блоку АЦП, который отвечает за формирование средних 6 бит, а затем третий АЦП формирует младшие 6 бит.

Комбинация режимов работы первого АЦП позволяет реализовать различные функции камеры. Например, в режиме 480 кадр/с первый АЦП работает в режиме подавителя теплового шума, второй АЦП формирует 6 старших бит сигнала, а третий АЦП — 4 младших бита сигнала. Затем 10-битный сигнал, чтобы получить возможность обработки видеосигнала в той же полосе пропускания, что и в режиме 240 кадр/с (16 бит на канал, GBR 4:4:4), компрессируется путем переноса разрядов в 8-битный сигнал, при этом сигналы R и B понижаются с 8К до 4К для обеспечения режима 480 кадр/с (GBR 4:2:2).

Тесты, проведенные для режима 480 кадр/с, продемонстрировали приемлемые результаты, но, естественно, с ухудшенными по сравнению с режимом 240 кадр/с характеристиками, — отношение сигнал/шум снизилось до 30 дБ, чувствительность 2000 лк достигается лишь при диафрагме  $f/2.2$ , а разрешение упало до 3000 твл.

Опыт использования первого поколения 8К-камер с одной 1,7" матрицей потребовал разработки нового поколения 8К-камер, имеющих более чем вдвое меньшую массу, — 21 кг против 50 кг. Но как уже отмечалось выше, использование вместо 1,7" сенсоров новых 8К-сенсоров меньшего размера (1,25") привело к снижению отношения сигнал/шум на 7 дБ. Для компенсации такой деградации качества в новой мультимедийной 8К-камере был протестирован режим подавления случайных шумов (random noise reduction) за счет применения технологии мультिवыборки (multi-sampling technique), обеспечивший улучшение отношения сигнал/шум на 4 дБ.

Также в докладах NHK уделялось внимание такой проблеме, как возникновение мерцаний света с частотой около 20 Гц в режиме съемки 120 кадр/с при использовании осветительных приборов, работающих на частоте 100 Гц при частоте электросети 50 Гц. Для автора оказалось открытием, что в одной стране — Японии, в разных регионах используется разная частота электросети: на востоке страны (Токио) — 50 Гц, а в западной части (Осака) — 60 Гц. Для подавления мерцаний света мультимедийная 8К-камера позволяет применить весьма необычный режим, основанный на сочетании малой (1/600 с) и большой (1/150 с) экспозиции. Комбинация трех последовательных изображений, полученных за время малой, большой и снова малой экспозиции позволяет сформировать кадр с экспозицией 1/100 с и тем самым минимизировать мерцание света в кадре. Этот принцип, основанный на изменении режима работы мультимедийной 8К-камеры, по сути, аналогичен съемке со скоростью 60 кадр/с с режимом обтюратора 1/100 с.

В новой 8К-камере применены и два новых интерфейса, предложенных NHK. Первый, названный U-SDI (Ultra High Definition Signal/Data Interface), содержит 24 многомодовых оптических линии, что обеспечивает передачу сигнала 8К, 120 кадр/с, RGB, 4:4:4. Причем по конструкции новый разъем U-SDI схож с классическим BNC-разъемом. Второй интерфейс — четырехжильный камерный кабель 4-core Camera Cable, содержащий 4 одномодовых оптических линии и 4 медных жилы с разъемами стандартной конструкции, применяемой для HD-разъемов гибридного оптического кабеля. Камерный интерфейс обеспечивает передачу данных между камерой и камерным каналом (блоком управления камерой — CCU) со скоростью до 112 Гбит/с на каждую из четырех оптических линий, так что суммарная скорость передачи данных от камеры к камерному каналу может достигать 448 Гбит/с. Обратный служебный сигнал от камерного канала к камере составляет до 40 Гбит/с и передается по тем же оптическим каналам в дуплексном режиме.

Регулярное вещание в формате UHD TV 8К впервые в мире было запущено на территории Японии 1 декабря 2018 года. Запуск регулярного вещания в формате 8К предшествовала огромная подготовительная работа, так как для трансляции 8К-сигнала требуются каналы со значительно большей полосой пропускания по сравнению с каналами традиционных телевизионных 2К-систем. Для реализации возможностей телевизионного 8К-вещания была разработана система передачи сигнала на основе новой схемы модуляции 16APSK, а для мультиплексирования сигналов использован протокол MMT, имеющий высокую совместимость как с IP-протоколами, так и с кодом компрессии HEVC.

Чтобы обеспечить необходимые полосы пропускания для вещания 4К/8К была применена левая круговая поляризация LHCP в дополнение к правой круговой поляризации RHCP, традиционно используемой в телерадиовещании Японии.

А для обеспечения передачи сигнала не только с правой, но и с левой круговой поляризацией от приемной антенны к ресиверу используется диапазон промежуточных полос 2,1...3,2 ГГц для левой круговой поляризации совместно с диапазоном 1,0...3,2 ГГц для правой круговой поляризации. Расширение диапазона частот промежуточных полос и обеспечение возможности приема сигналов с обоими направлениями круговой поляризации потребовало разработки новых спутниковых приемников абонентов и различных аксессуаров — переходников, F-коннекторов, бустеров, сплиттеров.

Внедрение новой схемы модуляции 16APSK и левой круговой поляризации потребовало запуска 30 сентября 2017 года вещательного спутника BSAT-4a, поддерживающего режимы работы левой и правой круговой поляризации и оснащенного новыми системами усиления класса 200 Вт на основе ламп бегущей волны (Traveling Wave Tube Amplifier).

При развертывании системы спутникового вещания в формате 8К особое внимание было уделено практическим вопросам монтажа систем как в частных, так и во многоквартирных домах, апартаментах и офисах. Для минимизации затрат на замену традиционных коаксиальных кабелей для новых систем предложили использовать существующие классические оптоволоконные линии, применяемые сегодня в зданиях для сетей Интернет.

Фактически сейчас период тестов завершен. Разработчики системы, специалисты телерадиовещания и, конечно, зрители, с нетерпением ждут старта летних Олимпийских игр в Токио 2020 года, для трансляции которых впервые уже в рабочем режиме будет осуществляться вещание в формате UHD TV 8К на территории Японии и Южной Кореи.



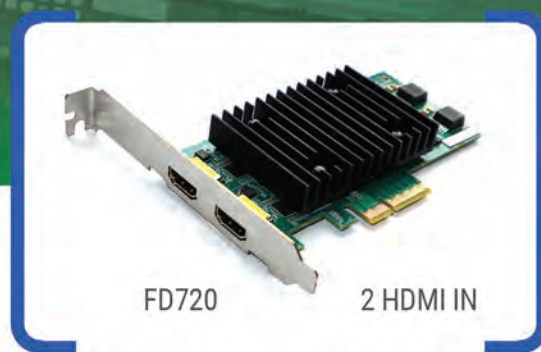
SOFTLAB-NSK

www.softlab.tv

# ПРОСТО СДЕЛАЙ СВОЁ ТВ С FORWARD!



## РЕШЕНИЯ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ ТЕЛЕВИЗИОННОГО ВЕЩАНИЯ



FD720

2 HDMI IN



**Форвард  
ТА**

"Телеканал в коробке"  
для аналогового и SDI сигналов



**Форвард  
Плагины**

Дополнительные опции,  
расширяющие функционал продуктов



**Форвард  
Спортивные титры**

Система для графического  
оформления прямых трансляций  
спортивных соревнований



**Форвард  
Сплэйсер**

Врезка рекламы в транспортный  
поток без перекодирования  
(по стандарту SCTE-35)



**Форвард  
Рефери**

Многоканальная система  
"видеогол" для спортивного  
судьи видеоповторов



**Форвард  
ТС**

"Телеканал в коробке"  
для современного цифрового ТВ



**Форвард  
Голкипер**

Система для многоканальной записи  
и замедленного воспроизведения  
телевизионных повторов в прямом  
эфире



**ТВ-студия  
AllMix**

Программная мини ТВ-студия  
(продвинутый видеомикшер)



**3D-студия  
Фокус**

Линейка бюджетных виртуальных  
студий трехмерной графики

**NABSHOW-2020**

19-22 апреля, Лас-Вегас, США  
Наш стенд **SL8530, hall 7**