

EBU

OPERATING EUROVISION AND EURORADIO

TECHNICAL REVIEW

LivEIP: a practical exploration

Внимание!

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

LivEIP: практическое исследование

07 июня 2016

Willem Vermost (EBU), Felix Poulin (EBU), Michel De Wolf (DWESAM),
Wouter De Cuyper (VRT), Karel De Bondt (VRT)

Предисловие

Главная задача EBU Technical Review – критический обзор новых технологий или разработок в медиа производстве или распространении. Все Technical Review рецензируются 1 (или более) техническими экспертами в EBU или извне и менеджером технических изданий EBU. Ответственность за мнения, выраженные в данной статье, лежит исключительно на авторе(ах).

Для доступа к полному собранию наших Technical Review перейдите по ссылке:
<https://tech.ebu.ch/publications>

Если вы хотите передать тему для EBU Technical Review, просьба обращаться по адресу:
tech@ebu.ch

Резюме

Последние несколько лет мы видим изменения в способе потребления медиа. Мы видим новые способы охвата аудитории, а также множество устройств, выходящих на рынок. Интернет и растущая (мобильная) широкополосная связь изменили ожидания потребителей, которые хотят, чтобы контент был доступен в любое время, в любом месте и в любом устройстве.

Феноменальный успех интернет-технологии в последние годы ведет вещателей к принятию новых методов работы. Почти каждая часть производственной цепи вещания перешла на IT- и IP-инфраструктуру. Сегодня лишь одна часть производственной цепи основана на специальных сетях на базе SDI: это производство прямого эфира.

Проект LiveIP – прагматическое исследование возможностей, которые дает сегодняшняя IP технология вещания для производства прямого эфира.

На основании опыта проекта LiveIP документ пытается рассмотреть, в четырех отдельных главах, следующие вопросы: почему вещатель должен перейти на IP и IT в производстве прямого эфира? Какова возможная техническая реализация? Какие операционные изменения это принесет? Возможно ли это с низкими затратами?

Дорожная карта к развитой производственной среде прямого эфира на базе IP, включая распределенные рабочие процессы и виртуализацию услуг, является эволюционной. Технология пока не обеспечивает все прогнозируемые возможности, и нужно решить еще много вопросов, но она определенно развивается в правильном направлении. И при нынешнем состоянии технологии вещатели уже могут начать переход и создавать ноу-хау, которое будет критично для успеха в дальней перспективе.

LiveIP: практическое исследование

1. Введение

Последние несколько лет мы видим изменения в способе потребления медиа. Мы видим новые способы охвата аудитории, а также множество устройств, выходящих на рынок. Интернет и растущая (мобильная) широкополосная связь изменили ожидания потребителей, которые хотят, чтобы контент был доступен в любое время, в любом месте и в любом устройстве.

Феноменальный успех интернет-технологии в последние годы ведет вещателей к принятию новых методов работы. Почти каждая часть производственной цепи вещания перешла на IT- и IP-инфраструктуру. Сегодня лишь одна часть производственной цепи основана на специальных сетях на базе SDI: это производство прямого эфира.

Проект LiveIP – решающий эксперимент, насколько индустрия уже продвинулась в будущее, основанное на открытых стандартах для производства прямого эфира.

Это Technical Review сфокусировано на исследовании, которое было обеспечено путем создания и эксплуатации производственной студии прямого эфира с новейшим IP-оборудованием в VRT и с доступными взаимодействующими открытыми стандартами. LiveIP – результат сотрудничества между бельгийским национальным вещателем VRT, Европейским вещательным союзом (EBU) и группой партнеров по новаторской технологии вещания, включая Axon, D&MS, DWESAM, EVS, Genelec, Grass Valley, Lawo, Neve, Neve, Tektronix и Trilogy.

Нынешней бизнес-трансформации производственных студий было бы трудно достичь с помощью сегодняшней хорошо известной технологии на базе SDI, т.к. она недостаточно гибкая для адаптации к быстрым непрерывным изменениям в индустрии. Хотя IP часто рекламируется как технология, поддерживающая эту трансформацию, в индустрии остается много вопросов о ее готовности к производству прямого эфира, например, может ли она в своем нынешнем состоянии дать профессиональному эфиру трансформацию, наблюдаемую в других областях, например, телекоме или даже в постпроизводстве? Следует ли вещателям начинать перевод мощностей на IP или подождать?

Проект LiveIP пытается дать ответы на эти вопросы, изучая различные проблемы и оценивая возможные решения. В частности, данное Technical Review описывает текущее состояние взаимодействия между продуктами разных поставщиков, а также преимущества использования IP для приложений прямого эфира.

2. Подход Sandbox

2.1 Совместная инновация

Проект LiveIP начался в VRT Sandbox¹, программе акселератора технологии. Главная задача VRT Sandbox – установить партнерство для краткосрочных пилотных проектов с соответствующими новаторами. Новая медиа технология создается и тестируется в реалистичном контексте – в VRT, в ее помещениях для телевизионного, радио и цифрового производства и распространения. Проекты создаются на короткие этапы с четко определенными задачами. Этот подход привел скорее к практическим результатам, нежели к теории.

2.2. Зрелость взаимодействия

Переход на IP видео транспорт и IT архитектуры – фундаментальное изменение в нашей отрасли. Он дает больше гибкости и модульности, но добавляет и сложности. Эта технология также является новой для пользователей и для многих поставщиков.

При этом мы обнаружили, что у пользователей есть основное желание: они хотят тот же уровень взаимодействия, что и с SDI, который дает им свободу создания систем из компонентов, лучших в своем классе.

Следовательно, есть реальная выгода в объединении пионеров технологии на территории вещателя для соединения их аппаратуры и программного обеспечения для решения реального варианта применения – пока технология еще развивается. В этой «тихой гавани» инженеры могут пересекать границы компаний и совместно работать над взаимодействием продуктов, не обремененные коммерческими проблемами. Кроме того, результаты этого проекта передаются в международную стандартизацию технологии, например, через EBU, VSF, SMPTE, AMWA, AIMS и JT-NM.

¹ <http://sandbox.vrt.be/>

2.3 Итеративный процесс

Проект LiveIP включал много этапов, построенных вокруг типичных рабочих процессов.



Рис. 1 – График проекта LiveIP

2.3.1 Этап 1: Разработка базовой студии с одной камерой² для установления взаимодействия, необходимого для производства контента в IP среде. Три места (студия, информационный центр и аппаратная [см. 4.1, Архитектурный план]) соединялись и соединяются всего тремя волоконными кабелями. Система была хорошо принята рабочей бригадой VRT.

2.3.2 Этап 2: Система была расширена до 4 камер с новыми компонентами для воспроизведения полнофункциональной студии. VRT симулировала производство многокамерного ток-шоу.

2.3.3 Этап 2 бис: Аппаратная соединена с удаленной студией в концертном зале Vozar, расположенной в центре Брюсселя (в 5 км от производственного центра VRT). Запись фортепианного концерта прямо на ленту производилась удаленно.³

2.3.4 Этап 3: Сеть была масштабирована для размещения всех источников и дополнительных экранов в декорациях. В марте 2016 г. состоялась непрерывная прямая потоковая передача программы на 90 минут через интернет.⁴

2.3.5 Этап 4: На момент написания документа готовится установка для ежедневного производства в течение летних месяцев.

2.3.6 Следующие этапы: Есть потенциал для дальнейшего развития системы до новых стандартов по мере их реализации в продуктах технологических партнеров.

2.4 Связь и обмен

Вкладывая новую технологию в реальную установку, проект LiveIP дает возможность оценить состояние современной технологии, а также изучить возможности новых рабочих процессов, собирая отзывы пользователей. Эта ценная и беспристрастная информация, полученная из первого опыта, обменивается с сообществом общественных СМИ (PSM) и с индустрией для ускорения получения ноу-хау в этой области.

3. Трансформация бизнеса

VRT имеет производственное оборудование прямого эфира, максимально устойчивое с современной технологией SDI; однако в будущем оно должно стать гораздо более гибким, масштабируемым и коллективно используемым.

Кроме того, VRT планирует переход на новые мощности, которые должны войти в эксплуатацию около 2020 г. Для VRT это новая возможность включить новые функции в обновленную инфраструктуру. Уроки, полученные в ходе проекта LiveIP, обеспечат поддержку для решений о типах технологии, которые будут использоваться в новом оборудовании.

² Запись с зеленым хромакеем (<https://youtu.be/MMLq3BSOZJo>)

³ Вариант применения удаленного производства (https://youtu.be/_A4nWM2dLsc)

⁴ LiveIP Live Debate (<https://youtu.be/7cx4ZMcc3gY>)

3.1 Делать больше, тратить меньше

Постоянный вопрос производства большего объема контента с меньшими затратами (например, ресурсами) для вещателей не новый. «Меньше» может означать сокращение персонала, а также бюджета или времени. Однако сокращение ресурсов имеет предел, а давление на производство большего объема контента растет. Необходимо найти новые методы для повышения эффективности производства. А главное, нужны новые технологические решения для автоматизации процессов и обеспечения новых и лучших рабочих процессов.

3.2 Развитие производства контента

Продюсеры и режиссеры всегда хотят найти лучшие способы изложения своих сюжетов. Они хотят первыми использовать новаторские технологии, чтобы передавать свои сюжеты оригинально и привлекательно. Это означает использовать больше прямых источников, записанный материал, картинки, музыку, текст и все виды обогащенных данных. То, что имеется сейчас на «профессионально-потребительском» рынке (например, экшн-камеры, дроны и т.д.), устанавливает планку для профессиональных медиа компаний, и от этого зависит успех их передач.

3.3 Цифровой сдвиг

Цифровой сдвиг четко влияет на аудиторию. Она может потреблять больше медиа в любое время, в любом месте и в любом устройстве, что побуждает медиа организации принять новые форматы и переконструировать свой контент для разных выходов. Это должно быть автоматизировано и управляться данными, а эти свойства характерны для IT технологии.

3.4 Новые бизнес-модели

Когда несколько лет назад в постпроизводстве произошел цифровой сдвиг, выгода оказалась больше, чем просто сокращение расходов, запланированное изначально. Нелинейный монтаж дал совершенно новый метод компоновки изображений. Это проложило путь к новым креативным возможностям с использованием готовых коммерческих продуктов. На медиа рынке появились новые участники, разработавшие чисто программные инструменты для профессионального видео производства. Входной уровень в постпроизводство снизился до такой степени, что в нем может участвовать огромное количество оборудования, способствуя конкуренции и творчеству.

Если цифровой сдвиг в производстве прямого эфира будет иметь влияние, сопоставимое с постпроизводством, можно представить перемены в медиа организациях и их влияние на конкурентный ландшафт.

Хотя это трудно прогнозировать, мы знаем, что в результате следующего появятся коммерческие возможности:

- 1) Возможность использования производственной инфраструктуры в качестве услуг с системой оплаты по мере пользования или на основе подписки (модель операционных расходов) вместо владения оборудованием (модель капиталовложений). Это даст возможность ограничить инвестиции минимальным объемом ресурсов, необходимым на ежедневное основе, и масштабирования до облака в случае пикового потребления.
- 2) Потенциальное повышение прозрачности цен с подходом «оплаты по мере производства».
- 3) Специальные аппаратные средства позволяют программные приложения, работающие в стандартной IT инфраструктуре.
- 4) Возможность коллективного использования инфраструктуры и, следовательно, более экономичное использование инвестиций.
- 5) Возможность получать прямые отзывы от аудитории прямо в производственную цепь с использованием сквозной IP связи.
- 6) Возможность сопровождать прямой сигнал любыми возможными данными, например, телеметрией реального времени или метаданными, автоматически извлеченными из сцены. Это приведет к улучшенным или совершенно новым форматам.
- 7) Производство на базе объектов, позволяющее делать персонализированный и адаптивный контент благодаря интенсивной обработке данных в IT, где метаданные можно объединить в одном потоке с медиа.
- 8) Возможность предложения функций производства прямого эфира как услуги собственной инфраструктуры.

4. Техническая реализация

4.1 Архитектурный план

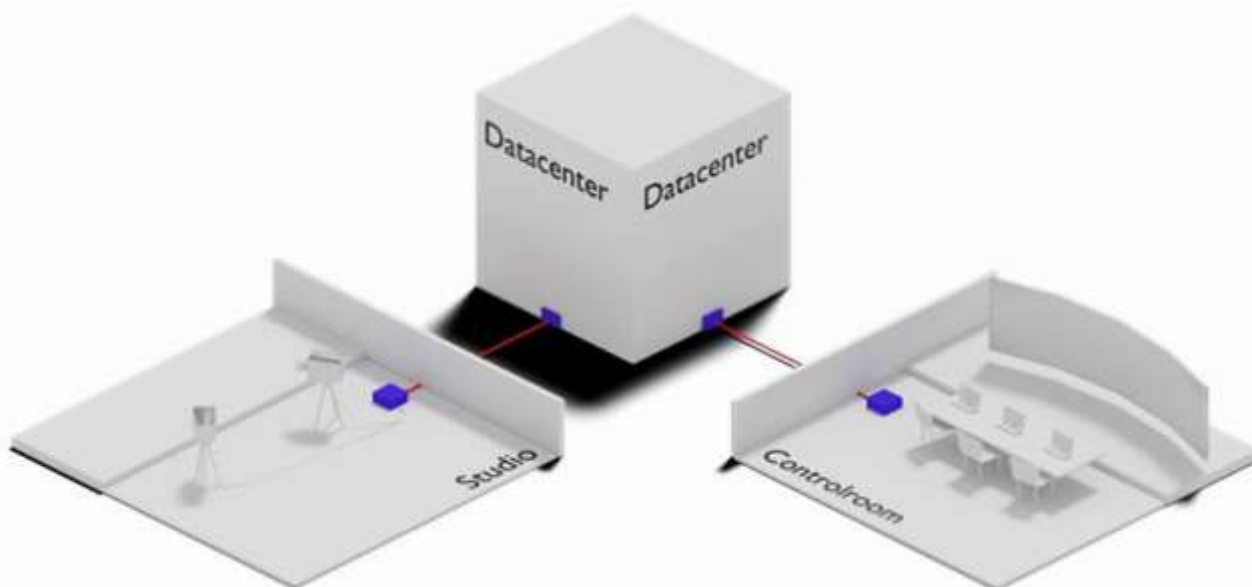


Рис. 2 – Три помещения (архитектурный план)

Первоначальной мечтой проекта LiveIP было получить систему, распределенную в трех типичных местах производственной студии: аппаратной, информационном центре и студии. Эти три места соединяются лишь несколькими волоконно-оптическими кабелями, передающими управляемую сетевую связь.

4.1.1 Открытые стандарты

Одним из архитектурных условий проекта Live IP было использование открытых стандартов. Продукты, используемые в проекте, должны быть готовы к выходу на рынок или, по крайней мере, близки к этому. Таким образом, в начале проекта в апреле 2015 г. было решено взять самые поддерживаемые открытые стандарты на рынке.

Причиной использования открытых стандартов была гарантия не привязывания к поставщику, защищая таким образом инвестиции, сделанные во время проекта, и имея возможность выбора продукта с наиболее подходящими характеристиками для данного варианта применения.

4.1.2 Удаленный, коллективный и автоматизированный

При такой оптимизированной связи расстояние между студией, информационным центром и аппаратной больше не ограничивается длиной и числом кабелей SDI.

Следовательно, в едином производственном центре можно соединить различные студии и аппаратные с информационным центром. Кроме того, с такой установкой можно получить удаленное производство, просто расширив сетевое соединение до внестудийного места съемки.

Поскольку серверное оборудование расположено в информационном центре, ресурсы централизованы и объединены в пул. Это значит, что они могут совместно использоваться в разных студиях и аппаратных и распределяться в соответствии с неотложными потребностями производства. Таким образом, можно гораздо лучше оптимизировать инвестиции, чем с нынешней студией на базе SDI, которая должна проектироваться под худший сценарий.

В конце концов, чтобы сохранить операции простыми и достичь желаемой гибкости, не требуя поддержки специалиста по сетям каждый раз, когда для производства требуются ресурсы, необходим высокий уровень автоматизации управления сетью и устройствами.

На практике, хотя и не было всех технологий для полной реализации этого архитектурного плана, удаленные, коллективные и автоматизированные принципы⁵ помогли направлять системный дизайн, а также провайдером технологии на каждом этапе проекта.

⁵ LiveIP RSA concept: Remote, Shared & Automated (<https://youtu.be/U0-NLeYjmSE>)

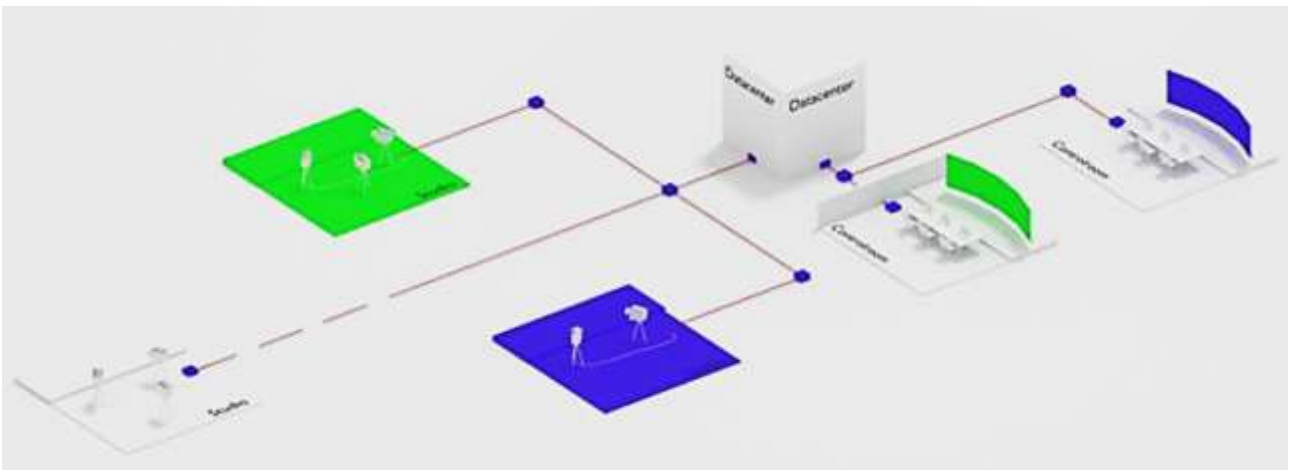


Рис. 3 – Удаленный, коллективный и автоматизированный

4.2 Диаграмма системы

Блок-схема (Рис. 4) дает высокоуровневое представление основных компонентов системы в проекте LiveIP, этап 3.

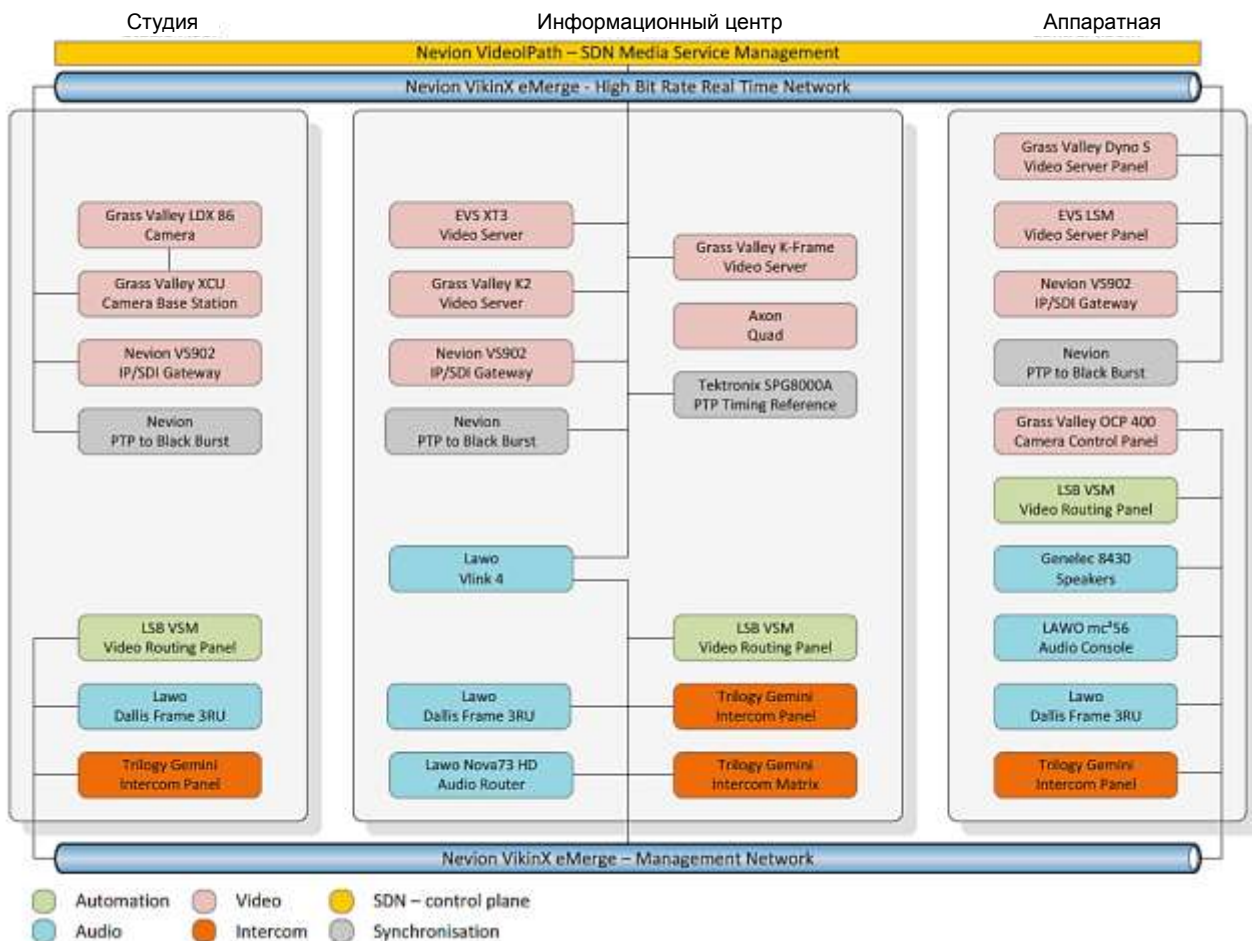


Рис. 4 – Высокоуровневая диаграмма системы

4.3 Архитектура сети

Сеть LiveIP была сконструирована как две отдельные сети. Одна IP сеть была предназначена для сигнала реального времени с высоким битрейтом, например, видео, аудио и синхронизации. Другая IP сеть использовалась для управления устройствами.

Сеть реального времени основана на программно определяемой сети (SDN), а административная сеть была построена как стандартная IP сеть.

4.4 Сеть реального времени с высоким битрейтом

4.4.1 Программно определяемая сеть: Сетевое решение в этом проекте использует подход Software Defined Network (SDN). По определению, SDN отделяет плоскость управления от плоскости данных. Плоскость данных остается на индивидуальных коммутаторах, а плоскость управления (решения маршрутизации) переходит в отдельный центральный контроллер.

На рынке медиа сетей реального времени есть несколько вариантов SDN. Вследствие требования использовать открытые стандарты было решено развернуть технологию с OpenFlow 1.3.

Однако не каждый поставщик коммутаторов, поддерживающий OpenFlow 1.3, реализовал тот набор характеристик, который нужен в этой реализации. Поэтому может быть безопаснее использовать коммутаторы, протестированные и утвержденные поставщиком SDN, однако это может ограничить выбор коммутаторов.

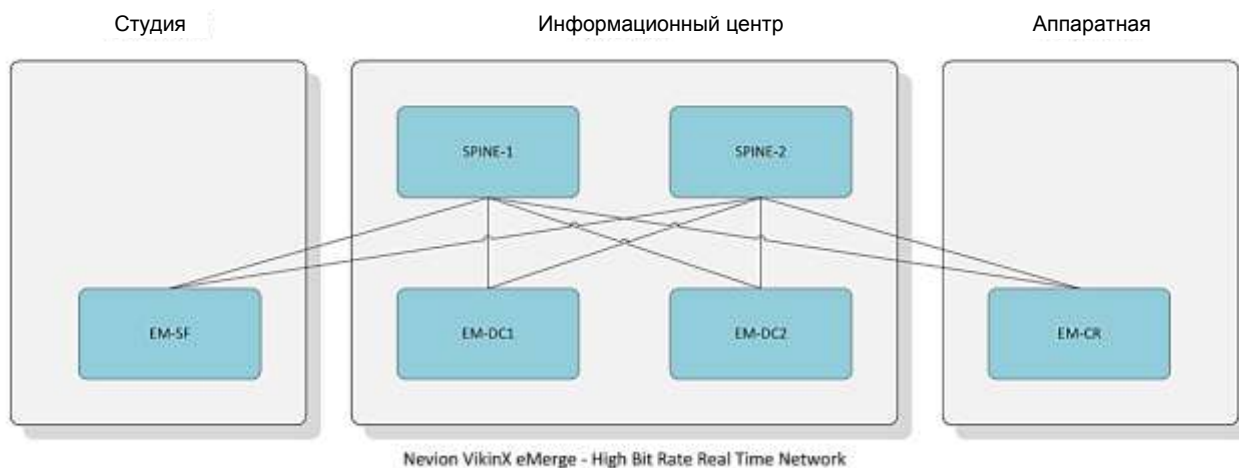


Рис. 5 – Сеть реального времени с высоким битрейтом

4.4.2 Маршрутизация потоков: В установке LiveIP и источники, и адресаты использовали постоянные адреса многоадресной передачи, другими словами, источник (например, камера) всегда «вещает» свой поток по определенному адресу, а адресат всегда «слушает» по определенному адресу.

4.4.3 Быстрое переключение: Связь между источником и адресатом осуществляется путем проверки, чтобы трансляция сетевых адресов (NAT) коммутационной фабрики была сконфигурирована так, чтобы адрес источника транслировался в адрес адресата. На уровне сети переключение между источниками производится путем быстрой реконфигурации NAT.

Главное преимущество этого подхода («разрыв перед замыканием», как называет это Nevion) – по сравнению с методом переключения адресатов – в том, что не нужно передавать оба источника в адресат и дважды использовать полосу пропускания. А самое главное, переключение на фабрике означает, что не нужны драйверы для каждого устройства-адресата, как в «переключении адресатов».

4.4.4 Чистая коммутация: Поскольку IP сеть не зависит от контента, коммутация может происходить в любой точке видеокadra. Следовательно, для чистой коммутации не нужно «чистить» поток, чтобы первый и второй источники переключались в нужных точках своих потоков (например, вверху кадра) перед использованием устройством-адресатом. В проекте LiveIP это производится пограничными медиа шлюзами.

Этот метод был выбран потому, что скорость операции создает в большинстве случаев «достаточно чистое» впечатление для рабочей бригады (например, для операторов предварительного просмотра). Однако некоторые операции, например, идущие «в эфире», могут требовать опции «идеально чистой» коммутации, как в «переключении адресатов» - которая также поддерживается оборудованием наряду с коммутацией IGMP. Тем не менее, с установкой проекта LiveIP это не вызвало проблем, т.к. «эфирный» сигнал был реализован только видеомикшером.

Наконец, для поддержки взаимодействия разных поставщиков этот метод «разрыва перед замыканием» выиграет от стандартизации.

4.4.5 Spine-Leaf: На третьем этапе проекта, когда потребовалось больше полосы пропускания, сеть реального времени была масштабирована с помощью архитектуры spine-leaf.

В такой топологии серия листовых коммутаторов образует уровень доступа. Эти коммутаторы полностью сцеплены с серией корневых коммутаторов. Эта топология, построенная с коммутаторами без блокировки и с малой задержкой, минимизирует объем буферов для передачи, время ожидания и вероятность узких мест между коммутаторами уровня доступа. Эта архитектура используется в информационных центрах, где может масштабироваться.

4.5 Административная сеть

Параллельно с сетью реального времени с высоким битрейтом была построена отдельная сеть. Через нее осуществлялось управление всеми подключенными устройствами, включая SDN-управление сетью реального времени с высоким битрейтом.

Эта простая сеть с коммутацией 2уровня использовалась для управления и контроля сети SDN, и по ней также шла большая часть аудио сущности.

На первых трех этапах проекта аудио потоки RAVENNA передавались по административной сети, т.к. не поддерживались в сети SDN. На следующих этапах были добавлены аудио потоки AES67 [см. ссылку 1], которые передавались по сети реального времени с высоким битрейтом.

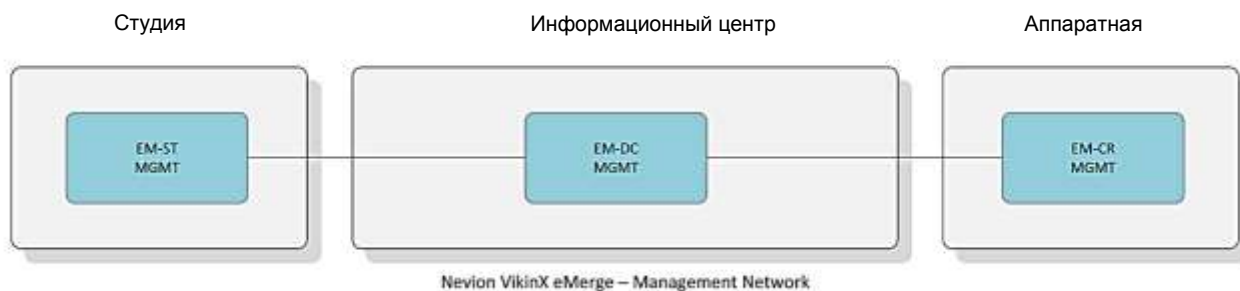


Рис. 6 – Административная сеть

4.6 Защитные механизмы

4.6.1 Прямая коррекция ошибок

Прямая коррекция ошибок (FEC) – метод коррекции ошибок в передаче данных по ненадежным или зашумленным каналам связи.

SMPTE ST 2022-5 [см. ссылку 3] FEC в этой установке не использовалась. Так было решено потому, что сеть была предназначена для неблокирующих операций и полностью управляема, поэтому потери пакетов не ожидалось. Еще одна причина не использования FEC – во избежание дополнительной задержки, нежелательной для прямых операций.

Для подтверждения гипотезы во время работы системы не было замечено никаких артефактов. Необходимы более тщательные тесты для проверки точного количества пакетных ошибок в данной конфигурации. В будущем может быть интересно определить, какой минимальный объем FEC может сделать систему устойчивой к случайным ошибкам на уровне допустимой задержки и перегрузки полосы.

4.6.2 Бесшовная защитная коммутация

Бесшовная защитная коммутация SMPTE ST 2022-7 в IP дейтаграммах SMPTE ST 2022 [см. ссылку 5] описывает метод передачи двух совпадающих потоков пакетов из источника в адресат по разным трактам с автоматическим переключением приемника на вторичный поток, когда первичный деградирует.

В проекте было выполнено очень ограниченное тестирование резервного соединения между коммутаторами путем удаления первичного канала без визуального прерывания сигнала. Необходимо больше тестов для подтверждения применимости этой технологии в качестве универсального защитного механизма.

4.7 Синхронизация

Как и в традиционной студии на базе SDI, студия SDI по IP требует точной синхронизации конечных устройств, по частоте и фазе, для возможности чистой коммутации и во избежание дополнительной задержки при использовании временных буферов для выравнивания сигналов.

IEEE 1588-2008 [см. ссылку 8] или Precision Time Protocol (PTP) – признанный способ достаточно точного распределения во времени по сети.

Во время проекта оборудование звука и связи использовало опорный тактовый сигнал PTP. Однако видео устройства пока не поддерживали PTP и синхронизировались традиционным Black Burst (BB). На 3-м этапе проекта была добавлена карта для получения BB из PTP и синхронизации слов, распределенной по тем помещениям, как показано на Рис. 7. На 4-м этапе задача состояла в том, чтобы все IP шлюзы видео синхронизировались прямо через PTP.

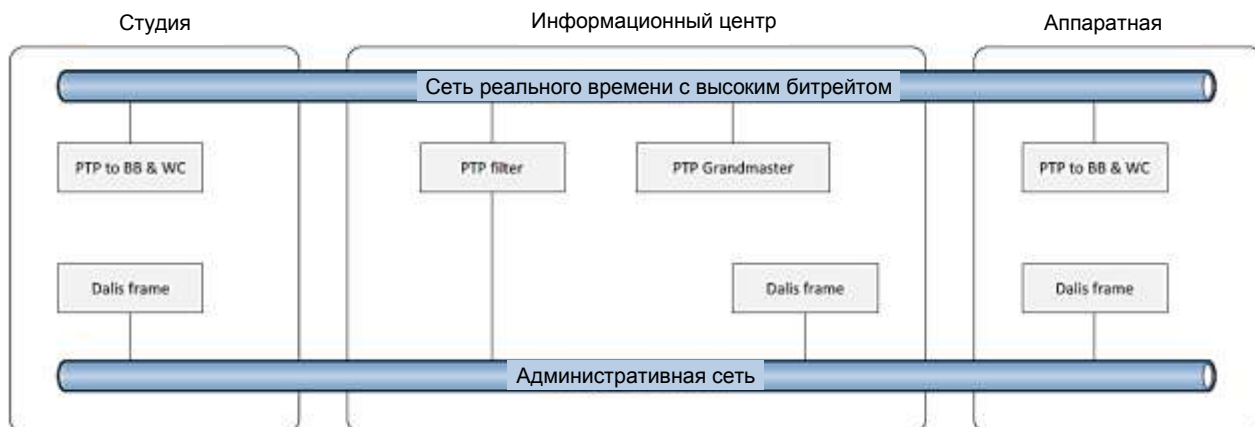


Рис. 7 – Распределение синхронизации

Коммутаторы в сети реального времени поддерживают PTP. Они работают в прозрачной операции PTP E2E и будут компенсировать собственную задержку при передаче пакетов с синхронизацией PTP.

Коммутаторы в административной сети поддерживают прозрачность PTP без компенсации своей задержки при передаче пакетов PTP.

PTP включает несколько параметров, а они ограничены профилями, специфичными для определенных приложений. В этом проекте два профиля PTP используются разными устройствами. *SMPTЕ Profile for Use of IEEE-1588 Precision Time Protocol in Professional Broadcast Applications* согласно SMPTЕ ST 2059-2:2015 [см. ссылку 7] и профиль, описанный в AES67-2015 [см. ссылку 1] для профессиональных аудио приложений.

Как показано в Таблице 1, некоторые атрибуты имеют разные значения по умолчанию и разные допустимые диапазоны в зависимости от профиля.

Таблица 1 – Сравнение профилей PTP

Атрибуты	Профиль AES67-2015	Профиль SMPTЕ ST 2059-2:2015
defaultDS.domainNumber	значение по умолчанию: 0 конфигурируемый диапазон: с 0 по 255	значение по умолчанию: 127 конфигурируемый диапазон: с 0 по 127
portDS.logSyncInterval	значение по умолчанию: -3. конфигурируемый диапазон: с -4 по +1.	значение по умолчанию: -3 конфигурируемый диапазон: с -7 по -1
portDS.logAnnounceInterval	значение по умолчанию: 1 конфигурируемый диапазон: с 0 по 4.	значение по умолчанию: -2 конфигурируемый диапазон: с -3 по +1
portDS.logMinDelayReqInterval	значение по умолчанию: 0. конфигурируемый диапазон: с -3 по 5 или с portDS.logSyncInterval по portDS.logSyncInterval +5, смотря что более ограничительно.	значение по умолчанию: portDS.logSyncInterval конфигурируемый диапазон: с portDS.logSyncInterval по portDS.logSyncInterval+5
portDS.announceReceptTimeout	значение по умолчанию: 3 конфигурируемый диапазон: с 2 по 10	значение по умолчанию: 3 конфигурируемый диапазон: с 2 по 10

Для возможности использования одного тактового сигнала для аудио и видео устройств нужен новый набор значений по умолчанию в рамках общего конфигурируемого диапазона.

Таблица 2 – Перехлест профилей PTP

Атрибуты	Значение	Общий диапазон
defaultDS.domainNumber	значение по умолчанию: 0	конфигурируемый диапазон: с 0 по 127
portDS.logSyncInterval	значение по умолчанию: -3	конфигурируемый диапазон: с -4 по -1.
portDS.logAnnounceInterval	значение по умолчанию: 1	конфигурируемый диапазон: с 0 по 1.
portDS.logMinDelayReqInterval	значение по умолчанию: portDS.logSyncInterval	конфигурируемый диапазон: с -4 по +4 с portDS.logSyncInterval по portDS.logSyncInterval+5
portDS.announceReceptTimeout	значение по умолчанию: 3	конфигурируемый диапазон: 2 to 10

Вопрос множества профилей PTP совместно изучается SMPTE и AES. Опубликован отчет AES [см. ссылку 2], и планируются тесты на совместимость для подтверждения этих рекомендаций.

4.8 Световой сигнал на камерах

Virtual Studio Manager (VSM) используется в установке LiveIP как система автоматизации. Световой сигнал на камерах управляется VSM.

4.9 Видео

Система использует SMPTE ST 2022-6 [см. ссылку 4] для транспорта несжатого видео (SDI по IP). Этот стандарт был предназначен для аудио / видео приложений реального времени, например, контрибуции, первичного распределения и цифрового кинотеатра. Он определяет, что вся полезная нагрузка сигнала последовательного цифрового интерфейса (SDI), включая пространства служебных данных VANC и HANC, передающих аудио и данные, например, тайм-код и скрытые субтитры, упакована в один поток для ограниченного числа форматов до full HD (3G-SDI). В этой установке пространственное и временное разрешение видео установлено на 1080i/25 (1.5 Gbit/s).

4.10 Аудио

Как и во многих телевизионных студиях на базе SDI, звук из LiveIP передается отдельно от видео. Для транспорта звука используется комбинация AES67 [см. ссылку 1] и RAVENNA. Звуковое оборудование установлено на использование частоты дискретизации 48 kHz и битовой глубины 24 бит.

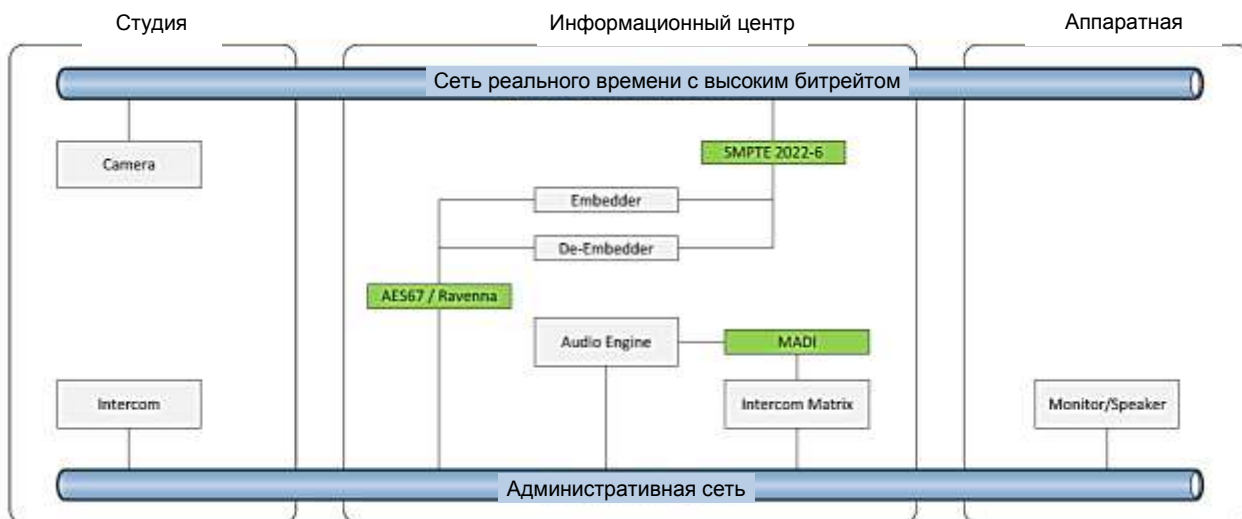


Рис. 8 – Звук между двумя сетями

Звук идет по отдельной VLAN в административной сети. На /Рис. 8 показано, как интерком соединяется с камерой.

Если и камера, и матрица интеркома поддерживают AES67, система упростится, как показано на Рис. 9.

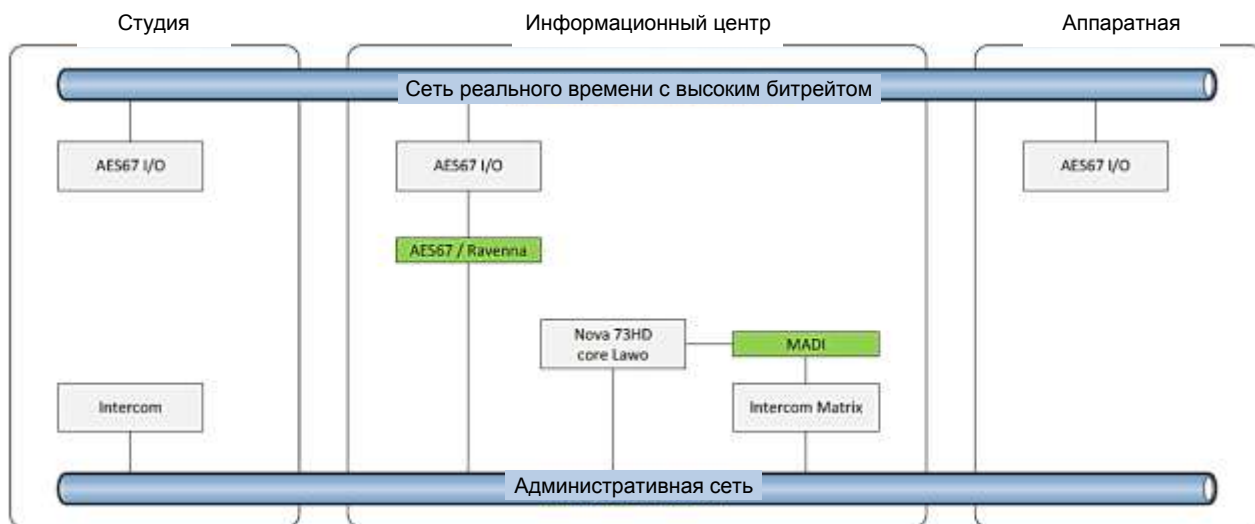


Рис. 9 – Схему звука можно упростить

4.11 Прогресс в сторону «все - IP»

В начале проекта LiveIP еще не было всех компонентов для поддержки выбранных стандартов. Поэтому требовался ряд шлюзов для конвертации между стандартами. Кроме того, в начале требовался мост немодулированного сигнала для вставки и удаления звука в потоках 2022-6. К 3-му этапу шлюзовое оборудование могло выполнять операции вставки изнутри, уменьшив необходимость лишних соединений SDI. Как видно на следующей схеме, за время проекта поставщикам удалось приблизить свое оборудование к целевым 100% потоков с использованием IP.

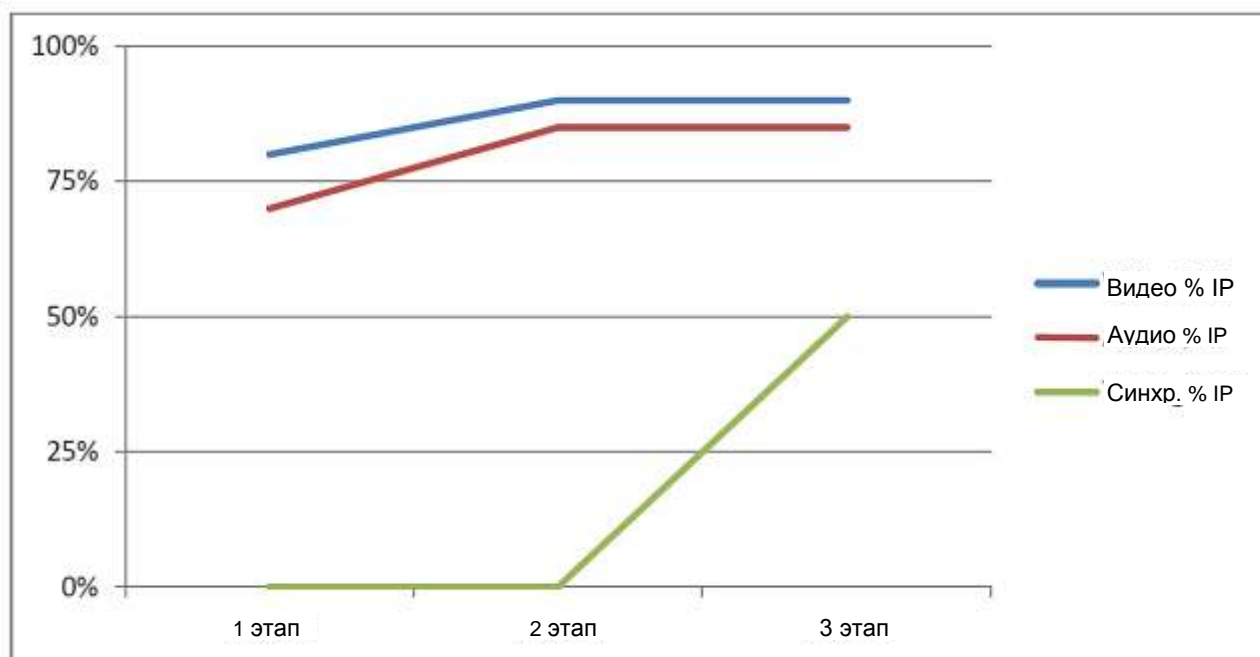


Рис. 10 – Прогресс в сторону «все- IP»

4.12 Технические выводы

При создании, конфигурировании и эксплуатации студии LiveIP было получено много уроков. Уменьшение проводки между разными местами – явное преимущество.

Главные технические результаты:

- 1) RTP: нужен общий профиль для аудио и видео устройств для использования одного общего тактового сигнала.
- 2) RTP: RTP-поддержка видео оборудования пока не общедоступна.

- 3) FEC: не было в данной установке, но это не вызвало заметных проблем.
- 4) Сегодня все еще нужно небольшое количество шлюзов. Однако этого не будет, когда все оборудование будет поддерживать IP.
- 5) Во время установки и конфигурации оборудования нелегко идентифицировать или обнаружить проблемы или ошибки конфигурации. Нужно использовать программные инструменты для измерения происходящего в сети. Это требует глубокого знания системы.
- 6) Потребуется контролируемое автоматическое обнаружение нового оборудования для получения гибкости и простоты установки в динамичной среде, например, для внестудийного телепроизводства и в крупномасштабных установках.
- 7) Если AES67 поддерживается большим количеством устройств (например, камерой, интеркомом и т.д.), установка упростится за счет удаления лишних шлюзов.

5. Операционные изменения

5.1 Упрощение удаленного производства

Многие вещатели уже применяют некоторое время удаленные производственные процессы. Удаленные процессы имеют много преимуществ, таких как:

- 1) Снижение размера и стоимости установки (например, без ПТС).
- 2) Сокращение времени на установку в месте съемки.
- 3) Сокращение времени перевозки, неудобств и расходов за счет уменьшения персонала в поездке.
- 4) Упрощение доступа смены производственной бригады (которая остается в производственном центре) к регулярным ресурсам – архивам, художникам-графикам и даже к ресторану компании.
- 5) Возможность для бригады работать над несколькими программами, оставаясь в одном производственном центре.

Теперь, с упрощением связи за счет сетей Ethernet и IP на оптоволокне, удаленное производство стало простым как никогда.

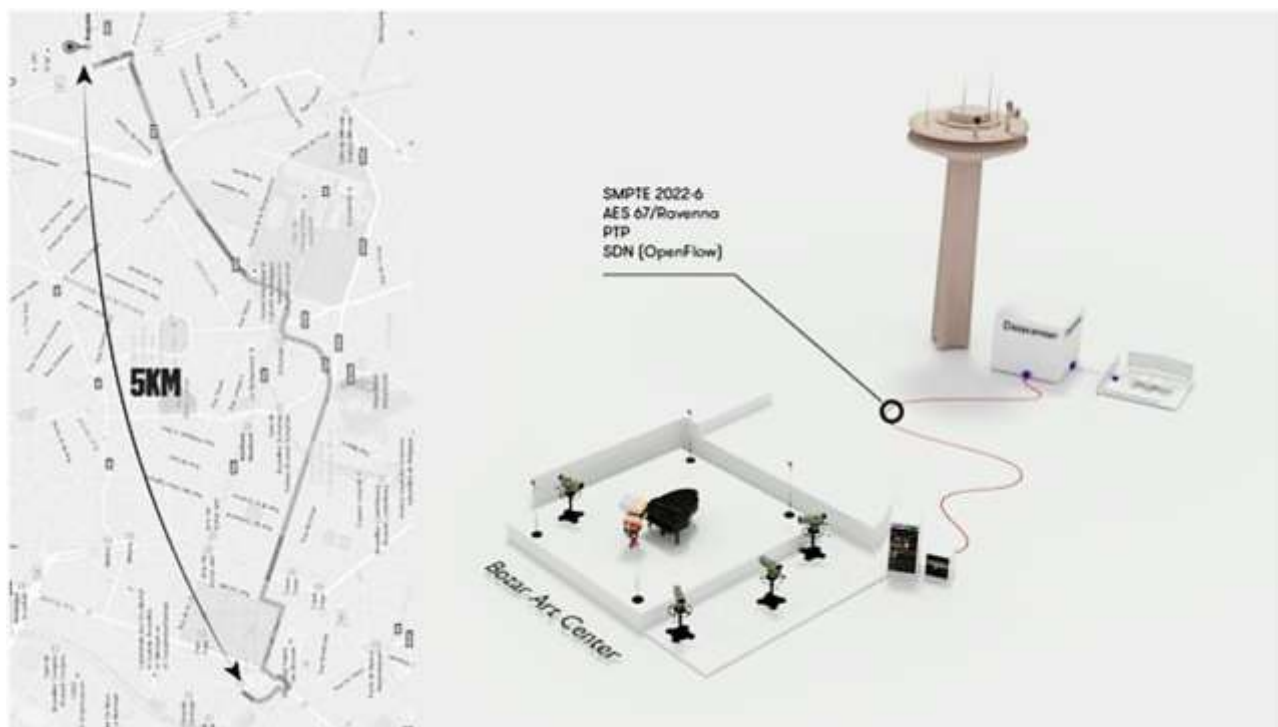


Рис. 11 – Удаленное производство

Демонстрация этого была темой 2-го этапа проекта, когда установка LiveIP использовалась для производства фортепианного концерта, происходившего в концертном зале за 5 км от производственного центра VRT, где находится аппаратная. При использовании одного канала из темного оптоволокна, уже установленного между этими местами, и мультиплексировании сетей Ethernet с помощью CWDM, можно прозрачно расширить соединение между студийным оборудованием и информационным центром без заметной задержки для операторов, создавая такое впечатление, что оба места находятся рядом. Как только оборудование подключится к оптоволокну, установка удаленного производства го-

това к работе. Тесты и конфигурация производятся предварительно в производственном центре. В результате вся установка в месте съемки заняла всего 30 минут!

5.2 Сдвиг в наборе навыков

Перемены в технологии и рабочих процессах требуют другого набора навыков и изменения в организации работы во всех сферах производства: операций, технической поддержки и проектирования.

5.2.1 Операционные бригады

Оборудование, использованное в проекте, обеспечило плавный переход для операционной бригады. Студия LiveIP может эксплуатироваться как классическая студия, с идентичными панелями и средствами управления. Поэтому бригаде не требовалось специальное обучение перед началом использования системы LiveIP.

Однако, когда развитие технологии приведет к более программным пользовательским интерфейсам, это изменит способ распределения функций. Это может привести к более гибкой организации работы, когда людям придется адаптироваться к изменению и смешиванию ролей в соответствии с нуждами производства.

В испытании «удаленного производства» оказалось, что поскольку бригада разделена между двумя местами, необходимо уделять особое внимание коммуникации для компенсации ограниченной видимости между членами бригады – даже с камерами телеприсутствия, специально установленными для решения проблемы видимости. В связи с этим необходимо уделить внимание созданию и сохранению доверия между членами группы, чтобы получить хорошие результаты при географическом распределении рабочих мест.

5.2.2 Техническая поддержка

Нынешнее поколение IP-оборудования, использованное в проекте, до сих пор имеет много старой технологии (например, Black Burst и несколько каналов SDI), однако реальное новшество заключалось в том, что в основе системы была IP сеть на базе стандартов. Это значит, что в производственной бригаде нужны люди с передовыми навыками управления сетями, а также с более традиционными инженерными навыками (включая понимание бизнес-требований). Поскольку такое сочетание специальных знаний редко можно найти в одном лице, нужны междисциплинарные группы. Однако все роли в группе поддержки должны понимать уровни архитектуры для общения на одном языке.

Нынешняя технология требует значительной ручной конфигурации сети и устройств. По мере развития технологии ожидается более автоматизированное управление сетями, которое поможет бригаде поддерживать больше более крупных систем на базе IP.

Еще одно наблюдение проекта – необходимость инструментов и методов для быстрого анализа и решения инцидентов и проблем.

Однако использование технологии SDN дает больше видимости отдельных трактов сигнала, чем в традиционной IP сети с автоматической маршрутизацией. Можно получить из системы детальную информацию о точном сетевом тракте, который используется каждым потоком.

Еще одно принципиальное архитектурное отличие IP – маршрутизация, распределенная по многим узлам (коммутаторам) вместо центральной точки (перекрестного маршрутизатора). В данный момент для определения проблем нужно основательное понимание архитектуры и технологии.

5.2.3 Проектирование и реализация систем

Нынешнее состояние технологии, используемой в LiveIP опять-таки требует гибридного набора навыков проектирования вещательных систем с сетевой архитектурой для соединений.

На данном этапе система состоит главным образом из специальных устройств, соединенных IP транспортом. В будущем планируется использовать больше программных приложений в стандартной ИТ аппаратуре, а интеграторы и разработчики программного обеспечения, для интерфейсного и серверного уровней, должны объединить усилия с проектными бригадами, пока программное ноу-хау не станет более общепринятым.

Руководство проекта также должно ознакомиться с передовой практикой ИТ, например, формализованным процессом ITIL и динамичными методами.

6. Финансовая перспектива

Первая попытка уточнения финансового влияния этого цифрового сдвига – рассмотреть инвестиции во все необходимое оборудование. Все ли оно более или менее дорого? Позволит ли IP делать больше с меньшими затратами?

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ: Читатель должен очень внимательно интерпретировать эти значения. Оборудование, использованное в данной установке, может отличаться от любого другого. В данном случае используется оборудование высшего класса, даже если это не нужно вследствие меньшего масштаба или требуемых характеристик. Следовательно, представленный здесь анализ нельзя обобщать и следует проводить заново для каждого индивидуального проекта.

6.1 Методология

Партнер по системной интеграции проекта, D&MS, получил задание составить спецификацию (BOM), необходимую для создания студии LiveIP в версии 2 этапа. Для сравнения они также разработали и подготовили BOM для классической студии на базе технологии SDI и с компонентами, эквивалентными компонентам 2 этапа.

Каждого поставщика-партнера попросили заполнить прайс-листы на свою продукцию в регионе Бенилюкса. Эти результаты были собраны в одну таблицу для окончательного анализа.

6.2 Сравнение

Для получения значимых данных более чем из 500 элементов в списке эти элементы были классифицированы по 7 категориям:

- 1) **Конструирование и установка:** включает стоимость проектирования решения, время на постройку, кабели и проводку системы.
- 2) **Сеть:** включает IP коммутаторы, SDN или SDI матрицу.
- 3) **Аудио:** включает все аудио оборудование. В обоих случаях для звуковой части использовалось оборудование на базе IP.
- 4) **Общее оборудование:** включает камерную головку, объективы, интерком, мониторинг, пульты и т.д.
- 5) **Гибридное оборудование:** включает систему камер, multiviewer, устройства записи и воспроизведения, блок синхронизации и блок видеомикшера.
- 6) **Шлюзы:** включает все оборудование, необходимое для преобразования сигнала из IP в SDI или наоборот, т.к. не везде есть IP соединение (например, видеомониторы, multiviewer и т.д.).
- 7) **Интеграционное обеспечение:** включает все, что необходимо для конвертации из одного формата в другой. В системе «все-IP» это все должно исчезнуть.

В Таблице 3 показано сравнение с самым дешевым решением. BOM системы на базе IP на 6.8% дороже классической установки на базе SDI.

Таблица 3 – Установки на базе IP по сравнению с SDI (бюджет, потраченный в каждой категории)

Категория	На базе IP	На базе SDI
Конструирование и установка	3.0%	5.5%
Сеть	7.1%	4.9%
Аудио	9.5%	9.5%
Общее оборудование	43.8%	44.3%
Гибридное оборудование	39.7%	33.8%
Шлюзы	3.7%	0.0%
Интеграционное обеспечение	0.00%	2.0%
Итого	106.8%	100.00%

В Таблице 4 продемонстрирован сдвиг расходов между различными категориями в каждом подходе.

Таблица 4 – Сдвиг расходов по категориям
(бюджет, потраченный в категориях во время установки)

Категория	На базе IP	На базе SDI
Конструирование и установка	2.8%	5.5%
Сеть	6.6%	4.9%
Аудио	8.9%	9.5%
Общее оборудование	41.0%	44.3%
Гибридное оборудование	37.2%	33.8%
Шлюзы	3.4%	0.0%
Интеграционное обеспечение	0.0%	2.0%
Итого	100.0%	100.00%

Например:

- 1) Конструирование и установка:
 - Значительное снижение затрат на 45% в конструировании и установке системы на базе IP по сравнению с системой SDI. Если рассматривать детальный уровень проводки, разъемов и времени на установку, то затраты снижаются на 66% по сравнению с системой SDI.
 - Техническое проектирование и реализация на одном уровне. Вследствие того, что IP является новым, интегратор планирует дополнительное время на реализацию проекта.
 - Составляет 2.8% BOM на базе IP
 - Составляет 5.4% BOM на базе SDI
- 2) Сеть:
 - Медиа сеть реального времени с большой полосой пропускания, включая виртуальную сеть, потребляет 6.6% BOM на базе IP. Это дает возможность расширить «матрицу» и разместить ее часть в других местах.
 - Матрица SDI занимает 4.9%.
- 3) Аудио:
 - Поскольку звук в обеих конфигурациях на базе IP, разницы нет.
- 4) Общее оборудование:
 - Есть компоненты, которые остаются одинаковыми: например, камерные головки, объективы, режиссерские пульта и т.д.
- 5) Гибридное оборудование и оборудование на базе SDI:
 - Система камер, устройства записи и воспроизведения и видеомикшер являются гибридными в установке на базе IP. Это значит, что они имеют интерфейсы и SDI, и IP. В будущем эти расходы будут делиться между разными производствами. Эти системы составляют 37.2% BOM на базе IP.
 - BOM на базе SDI составляет 33.8% этих систем.
- 6) Шлюзы:
 - Есть несколько шлюзов, необходимых для конвертации IP сигнала в сигналы SDI, т.к. multiviewer и видеомониторы не имеют IP.
 - Нужен шлюз для введения звука в потоки SMPTE ST 2022-6 (Lawo V-Link4).
 - Эти компоненты дорогие и составляют 3.4% инвестиций на базе IP, но могут исчезнуть по мере появления продуктов с IP.
 - Это сравнение показывает отсутствие необходимости шлюзов IP-SDI в установке на базе SDI. Однако, поскольку граничное оборудование скоро будет иметь IP интерфейсы как стандарт, понадобятся шлюзы SDI-IP.
- 7) Интеграционное обеспечение
 - Интеграционное обеспечение исчезнет в среде на базе IP.

7. Будущая работа

7.1 Новые рабочие процессы

Поскольку эта система касается соединения существующего студийного оборудования посредством IP для транспорта медиа, сигналов синхронизации и управления, рабочий процесс (по опыту бригады) повторил типичную студию прямого эфира на базе SDI. Это большое преимущество для пользователей.

В будущем, поскольку в центре системы находится IP сеть, будет интересно попробовать новые возможности, например, увеличение географического разброса бригады, производство на базе объектов и смешанные прямые, почти прямые и непрямые рабочие процессы.

7.2 Следующая эволюция стандартов

Этот проект начался весной 2015 г., и дизайн системы был основан на технологии, доступной на тот момент и переданной поставщиками для рабочих реализаций в ходе проекта.

Между тем, отрасль активно развивает новые стандарты и открытые спецификации, которые позволяют реализацию архитектурного плана RSA в ближней и средней перспективе.

Экспертная группа EBU по будущим сетевым системам (FNS) ведет дорожную карту прогнозируемой эволюции технологий⁶, благодаря опыту LiveIP и результатам международной стандартизации.

Следующие этапы развития:

- 1) обеспечение транспорта отдельных потоков сущности и поддержка форматов UHD (например, VSF TR-03 стандартизируется как SMPTE ST 2110).
- 2) обеспечение автоматического обнаружения устройств и потоков (например, AMWA NMOS).

Это позволит новые рабочие процессы и более крупные системы за счет снижения необходимости ручной конфигурации.

Проект LiveIP изучает возможность апгрейда компонентов системы для использования новых стандартов по мере их появления.

7.3 Измерения

Подход проекта LiveIP был «сделать и опробовать», что привело к весьма позитивному и быстрому обучению VRT, технологических партнеров и сообщества EBU.

Пока был проведен минимальный объем измерений для подсчета оценок, полученных от пользователей. Теперь, когда установка работает, есть возможность определить такие параметры как задержка, прозрачность видео и аудио, коэффициент битовых ошибок, поведение деградации в случае потери пакетов и т.д. Для этого нужно изучить новые процедуры и необходимо новое измерительное оборудование .

7.4 Кибербезопасность

Поскольку проект LiveIP работает в изолированной контролируемой сети, где требуется, чтобы контроллер SDN открывал маршрут для любого потока данных, риск безопасности ограничен подобно системе на базе SDI. Понятно, что как только система соединится с Интернетом для повышения интерактивности аудитории или доступа к удаленному контенту, безопасность придется усилить.

EBU опубликовал Рекомендацию для производителей видео оборудования с минимальным набором передовой практики относительно безопасности⁷.

8 Официальное уведомление

Авторы хотят поблагодарить всех сотрудников из групп VRT, VRT Sandbox и EBU за веру и поддержку этого проекта, начиная с его замысла. Также благодарим партнерские компании, Axon, D&MS, EVS, Genelec, Grass Valley, Lawo, Neveon, Tektronix и Trilogy, предоставившие оборудование и вложившие немало усилий в научно-исследовательскую работу и коммуникации.

И особая благодарность Olivier Suard (Neveon) за рецензирование документа.

9 Ссылки

- [1] AES67-2015 AES standard for audio applications of networks - High-performance streaming audio-over-IP interoperability
- [2] AES-r16-2016 AES project report - PTP parameters for AES67 and SMPTE ST 2059-2 interoperability

⁶ Сайт EBU Technology & Innovation: (<https://tech.ebu.ch/live-ip>)

⁷ <https://tech.ebu.ch/publications/r143>

- [3] SMPTE ST 2022-5:2013 Forward Error Correction for Transport of High Bit Rate Media Signals over IP Networks
- [4] SMPTE ST 2022-6:2012 Transport of High Bit Rate Media Signals over IP Networks (HBRMT)
- [5] SMPTE ST 2022-7:2013 Seamless Protection Switching of SMPTE ST 2022 IP Datagrams
- [6] SMPTE ST 2059-1:2015 Generation and Alignment of Interface Signals to the SMPTE Epoch
- [7] SMPTE ST 2059-2:2015 SMPTE Profile for Use of IEEE-1588 Precision Time Protocol in Professional Broadcast Applications
- [8] IEEE 1588-2008 Standard for a Precision Clock Synchronization Protocol for Networked Measurement and Control Systems

10 Биографии авторов



Willem Vermost (EBU)

Willem пришел в EBU Technology & Innovation в качестве архитектора Network IP Media Technology в 2016 г. Он получил диплом магистра по электротехнике и магистра прикладных компьютерных наук. До этого Willem имел 16 лет опыта в бельгийской компании VRT в разных ролях. Он всегда стремился объединить вещание и IT технологию наилучшим способом и во многих проектах. Willem является членом SMPTE и AES.



Felix Poulin (EBU)

Felix – предметный руководитель сетевого медиа производства EBU Technology & Innovation. Получил диплом по электротехнике в Политехническом институте Монреаля с выпускным рефератом в MIT. Начал работу со звукооператора в Cirque du Soleil и других международных компаниях. До EBU также работал в CBC/Radio-Canada консультантом по новым технологиям вещания. Felix является сопредседателем совместной группы EBU/SMPTE/VSF/AMWA по сетевым медиа и координирует ежегодный Network Technology Seminar, а также стратегическую программу по будущим сетям. Также сотрудничает с VRT Sandbox, проектом LiveIP, AMWA Network Media Incubator и некоторыми комитетами стандартов SMPTE.



Wouter De Cuyper (VRT)

Wouter провел последние 14 лет в бельгийской компании VRT, где занимал разные технологические должности и получил высокий уровень опыта в различных медиа темах, включая телевизионные, радио и цифровые продукты. Построил большую часть системы видео производства на базе файлов и участвовал в цифровом сдвиге в распространении и производстве в VRT. В настоящее время Wouter работает технологическим архитектором, ответственным за реализацию новейшего медиа оборудования в новом здании VRT, запланированного на 2020 г.



Karel De Bondt (VRT)

Сейчас работает руководителем проекта в департаменте технологии и операций VRT, Karel De Bondt участвует в программе акселератора технологий VRT Sandbox. Кроме того, руководит проектами, включающими технологию, операции и производство контента. Обычно это включает внедрение новых рабочих процессов и реализацию новых технологических инфраструктур. Karel также работал бизнес-аналитиком и менеджером деловых отношений в VRT.



Michel De Wolf (DWESAB)

Michel De Wolf в 1982 г. получил диплом инженера гражданской электроники в Левенском университете. В 1987г. основал DWESAB engineering, небольшую рентабельную компанию, работающую в Бенилюксе в области автомеханических, промышленных систем управления и вещательных решений. В 2008 г. EVS Broadcast Equipment приобрела эту компанию, включая персонал. Она превратилась в EVS Brussels Development Center, где разрабатываются в основном студийные и архивные приложения. В конце 2012 г. Michel был назначен СТО в EVS. В середине 2014 г. ушел из EVS, чтобы заняться новой деятельностью в DWESAM.

Опубликовано European Broadcasting Union, Женева, Швейцария
ISSN: 1609-1469

Главный редактор: Simon Fell
Ответственный редактор: Shannon Frame
E-mail: frame@ebu.ch

Ответственность за мнения, выраженные в данной статье, лежит исключительно на авторе(ах).