

ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ для перспективных систем видеоконференцсвязи

Ю. Колобков, директор по производству ООО "НТЦ ПРОТЕЙ",
Н. Куликов, руководитель проектного офиса ООО "НТЦ ПРОТЕЙ" / kulikov@protei.ru,
М. Филиппенко, директор по разработке ПО ООО "ПРОТЕЙ СТ"

УДК 621.397.7, DOI: 10.22184/2070-8963.2021.93.1.60.67

Анализируются инновационные решения для создания перспективных систем видеоконференцсвязи, которые предоставляют пользователям широкий спектр услуг с высокими показателями качества обслуживания. Применение этих решений требует пересмотра ряда традиционных принципов выбора архитектуры аппаратно-программных средств, используемых для проведения видеоконференций. В частности, обсуждается возможность перехода к децентрализованной архитектуре построения аппаратно-программных средств и управления их ресурсами для повышения качества оказываемых услуг. Приводится пример реализации предлагаемых решений.

ТРИ АСПЕКТА РАЗВИТИЯ СИСТЕМ ВИДЕОКОНФЕРЕНЦСВЯЗИ

Услуги видеоконференцсвязи (ВКС) востребованы различными группами пользователей. Спрос на данный вид услуг будет повышаться по мере роста популярности удаленных рабочих мест. Поэтому актуальными остаются задачи совершенствования принципов, прямо или косвенно связанных с организацией видеоконференций и созданием следующего поколения аппаратно-программных средств с новыми функциональными возможностями.

Среди перспективных идей по развитию видеоконференцсвязи особый интерес вызывают решения, которые можно рассматривать в качестве инновационных. Как и в предыдущих публикациях сотрудников нашей компании, под инновациями понимается "внедренное новшество, обеспечивающее качественный рост эффективности процессов или продукции, востребованное рынком" [1, 2]. С этой точки зрения уместно рассмотреть три аспекта развития систем видеоконференцсвязи.

Первый аспект эволюции аппаратно-программных средств заключается в разумной децентрализации

функций управления доступными ресурсами. Такая возможность основана на использовании подхода, известного в англоязычной технической литературе по аббревиатуре SFU (Selective Forwarding Unit). При этом меняются требования к производительности сервера MCU (Multipoint Control Unit), предназначенного для организации конференции с несколькими участниками. Эти вопросы рассматриваются в разделе "Децентрализация функций управления доступными ресурсами" данной статьи.

Второй аспект развития систем видеоконференцсвязи – применение специализированных аппаратно-программных средств, обеспечивающих повышение качества предоставления услуг. В частности, рассматривается модуль маршрутизации видеопотоков, названный авторами разработки [3] ядром распределенной сети ВКС (РВКС). Принципы применения этого оборудования и анализ ожидаемого эффекта составляют предмет раздела "Повышение качества услуг" настоящей статьи.

Третий аспект модернизации видеоконференцсвязи касается примера реализации

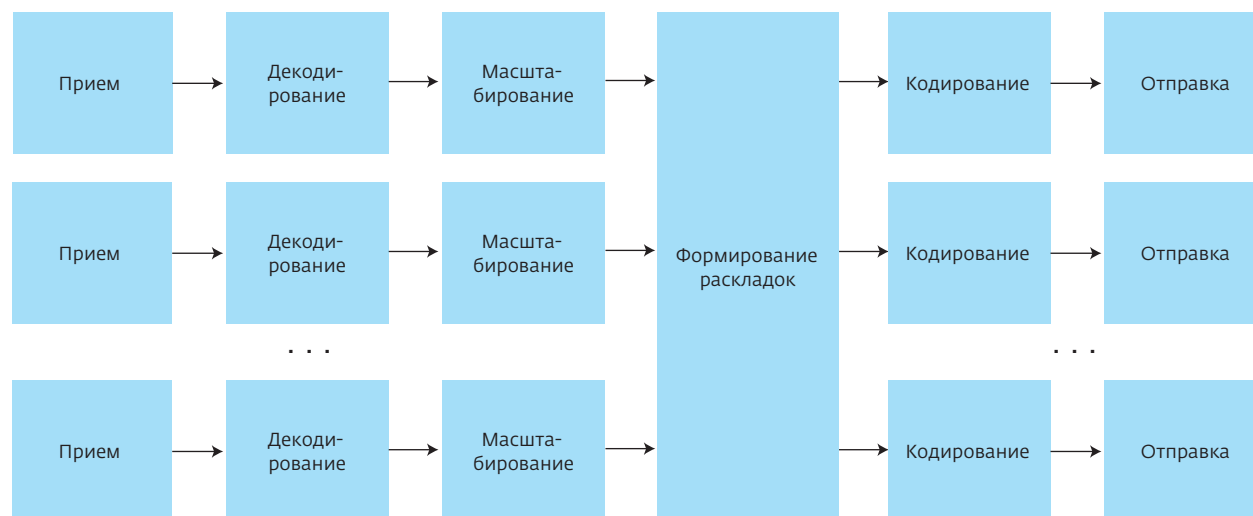


Рис.1. Процесс обработки данных в MCU

инновационных решений и совместного использования аппаратно-программных средств ВКС с другими видами телекоммуникационного оборудования. Такой подход обеспечит синергетический эффект [4], который может быть достигнут также благодаря применению технологий искусственного интеллекта [5] и инновационных системных решений [2, 6]. Этим вопросам посвящен раздел "Инновационные решения для ВКС".

Завершается статья разделом "Направления дальнейших разработок". В нем изложены соображения относительно практической реализации предложений, которые обсуждаются в трех предыдущих разделах.

ДЕЦЕНТРАЛИЗАЦИЯ ФУНКЦИЙ УПРАВЛЕНИЯ ДОСТУПНЫМИ РЕСУРСАМИ

Многосторонняя видеоконференцсвязь традиционно была дорогостоящей услугой, которая применялась только в корпоративных сетях связи. Это было обусловлено прежде всего сложностью и высокой стоимостью центрального элемента классической ВКС – модуля микширования медиапоток в MCU [7]. Данный элемент сети ВКС реализует наиболее важные функции обработки медиапоток, получаемых им от каждого терминала. Модуль MCU обеспечивает микширование голоса, прием видеопотоков от каждого терминала и формирование в сторону терминалов персональных видеопотоков с индивидуальными

раскладками (распределением получаемых изображений на экране).

Данная архитектура существенно снижает загруженность каналов передачи данных, повышает управляемость сети связи и позволяет обеспечивать должный уровень услуг. Вместе с тем центральный модуль MCU должен включать в себя высокопроизводительные аппаратные ресурсы для решения поставленных задач. Процесс обработки данных в MCU можно представить при помощи схемы, показанной на рис.1.

В классической архитектуре организации ВКС терминалы выполняют кодирование одного видеопотока для передачи в MCU и декодирование одного видеопотока, поступающего из MCU. В свою очередь MCU обеспечивает прием и декодирование множества видеопотоков, перегруппировку изображений согласно требуемым раскладкам, кодирование новых раскладок и отправку их участникам. Число активных участников ВКС, количество пассивных наблюдателей, а также запрашиваемое качество обрабатываемых видеосигналов – основные атрибуты, определяющие величину загрузки ресурсов MCU.

Многие компании столкнулись с проблемой перегрузки своих систем MCU, обусловленной как ростом числа абонентов, желающих осуществить видеозвоны, так и повышением требований к качеству видеоизображения. Часть абонентских терминалов поддерживает разрешение не

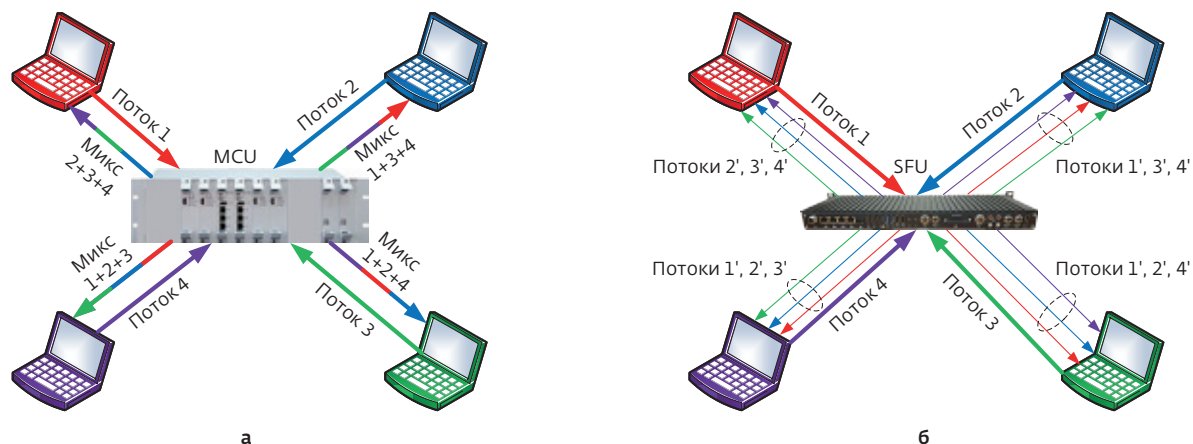


Рис.2. Варианты построения сети ВКС: а – центральный модуль MCU, б – центральный модуль с функциями SFU

только Full HD (Full High Definition – разрешение 1920×1080 пикселей) с частотой кадров не менее 24 в секунду, но и 4K (разрешение 4096×2160 пикселей) со скоростью до 60 кадров в секунду. Запрос на обработку большого числа потоков с высоким разрешением приводит к необходимости наращивать мощность MCU, что является сложной и дорогостоящей задачей.

Альтернатива данному подходу – изменение принципа организации ВКС путем использования архитектуры распределенной сети ВКС. В рамках данной архитектуры задачи между центральным модулем сети и терминалами перераспределяются. В этом случае важная функция центрального модуля РВКС – селективная маршрутизация SFU. Различия подходов к организации видеоконференцсвязи отражены на рис.2.

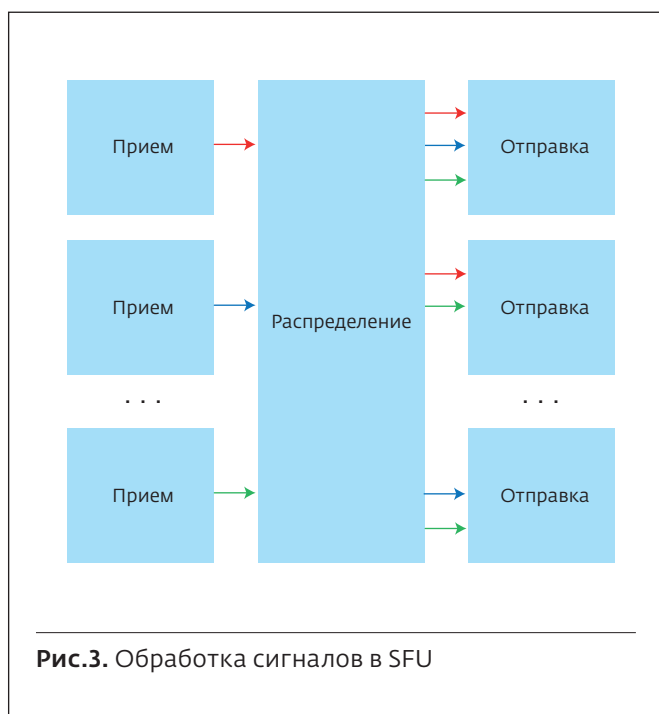
В отличие от модуля MCU, который самостоятельно формирует персональные медиапотоки для передачи на терминалы (рис.2а), функция SFU в составе центрального модуля РВКС сводится к пересылке пакетов RTP, при необходимости модификации их заголовков, но без перекодирования видео [8]. Поскольку кодировать или декодировать медиаданные не требуется, производительность данного вида устройств существенно повышается. Для более эффективного использования полосы пропускания SFU не пересылает все поступающие на него пакеты, а согласно алгоритму выборочной отправки определяет, какие потоки необходимо направлять каждому оконечному терминалу, что проиллюстрировано на рис.3.

При внедрении предложенного подхода аппаратно-программные средства ВКС можно рассматривать как аналог распределенной вычислительной системы, где центральный модуль РВКС выполняет функции координатора, распределяющего вычислительные функции между множеством модулей. При этом вычислительные мощности системы увеличиваются по мере расширения сети.

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ УСЛУГ

Задачи центрального модуля РВКС не ограничены функциональностью SFU. При взаимодействии с этим универсальным мультиплексором медиапотоков участники ВКС могут публиковать медиаданные, находить информацию об имеющихся медиаданных, подписываться на них и получать их. Для этого у центрального модуля РВКС есть универсальный внутренний интерфейс, который обеспечивает взаимодействие с внешним окружением через различные протоколы сопряжения. В качестве внешнего окружения может выступать любое оборудование, поддерживающее данную функциональность – возможность забирать и/или публиковать медиапотоки. Таким образом, к конференции можно подключить фактически любое оборудование:

- сторонние терминалы, поддерживающие сигнализацию SIP/H.323;
- камеры RTSP/MJPEG/USB;
- выносные микрофоны или динамики;
- модули захвата экрана и контроллеры видеостен.

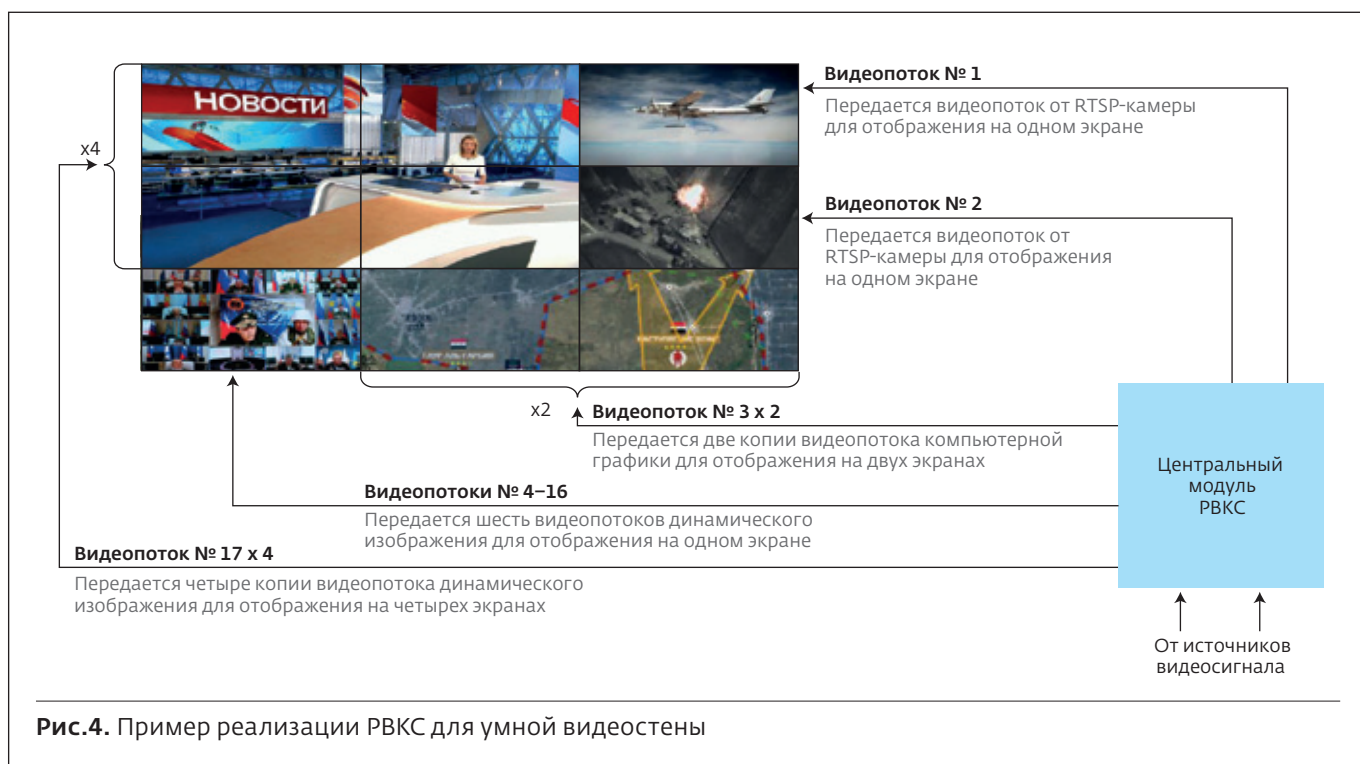


Один из возможных сценариев использования распределенной ВКС – умная видеостена, в которой синхронное управление всеми экранами обеспечивает центральный модуль РВКС. Такой сценарий показан на рис.4. В этом случае в рамках единой инфраструктуры распределенной ВКС,

помимо центрального модуля, представлены различные клиенты, в частности, источники контента (камеры, компьютеры и т.д.) и модули, отображающие видеоконтент на экранах. При этом все клиенты взаимодействуют с центральным модулем РВКС, который определяет, какие видеопотоки необходимо транслировать между клиентами. При необходимости клиент может отображать заданную область получаемого видеопотока либо самостоятельно формировать раскладку, состоящую из нескольких видеопотоков.

Как видно из рис.4, видеопотоки № 1 и 2 передаются в единственном экземпляре, каждый на свой экран – для отображения динамического контента, поступающего с RTSP-камер. Видеопоток № 3 дублируется на два экрана, каждый из которых отображает заданный фрагмент. По тому же принципу осуществляется передача потока № 17, копии которого доставляются на четыре экрана, каждый обеспечивает отображение своей части видеопотока. При этом 13 видеопотоков № 4-16 с различным разрешением передаются одновременно на экран, который их объединяет в одну раскладку.

- Таким образом, на терминалы переносятся следующие задачи:
- декодирование нескольких потоков, поскольку центральный модуль делегирует пользовательским терминалам задачу формирования общей картинки



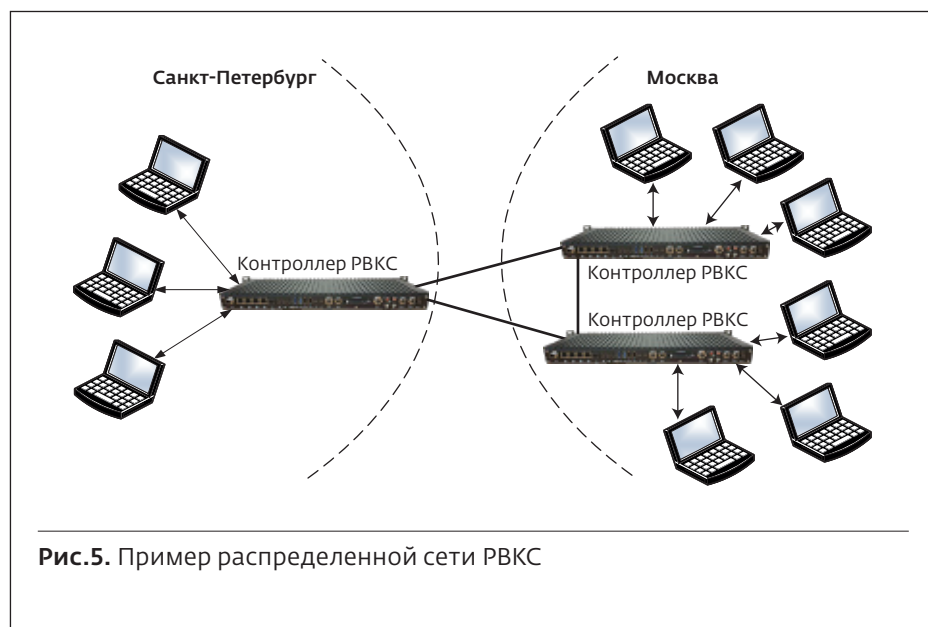


Рис.5. Пример распределенной сети РВКС

или обеспечивает ее формирование только для части абонентов;

- кодирование нескольких потоков, то есть вместо передачи одного потока на сервер терминал транслирует сразу несколько видеопотоков с различными характеристиками разрешения и скорости обмена данными.

Все это позволяет избежать концентрации на единственной дорогостоящей платформе сложных и ресурсоемких задач по централизованной обработке видео, обеспечить возможность обслуживания большего числа абонентов с более высоким качеством. При реализации данной архитектуры повышается удобство управления конференцией при помощи терминалов. Каждый участник может самостоятельно определять способ отображения собеседников на экране, устанавливать собственные требования к качеству исходя из возможностей своего терминала и с учетом характеристик канала передачи данных. В зависимости от особенностей терминала центральный модуль РВКС может обеспечивать только доставку запрашиваемой части медиапотоков до терминала; в этом случае функции декодирования и отрисовки раскладки выносятся на уровень терминала. В то же время может быть реализована гибридная схема, когда центральный модуль РВКС выступает в роли MCU, самостоятельно формируя раскладку, а при переключении на индивидуальный видеопоток, например для вывода изображения крупным планом, такой поток направляется напрямую.

Таким образом, можно утверждать, что производительность всей РВКС ограничивается пропускной способностью каналов, которыми модули распределенной

сети ВКС подключаются к сети передачи данных.

ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ для ВКС

Логическим продолжением системных и технических решений, представленных в двух предыдущих разделах статьи, является создание распределенной сети ВКС, показанной на рис.5.

Подобный кластер, состоящий из множества контроллеров РВКС, позволяет решить важные задачи, среди которых можно выделить:

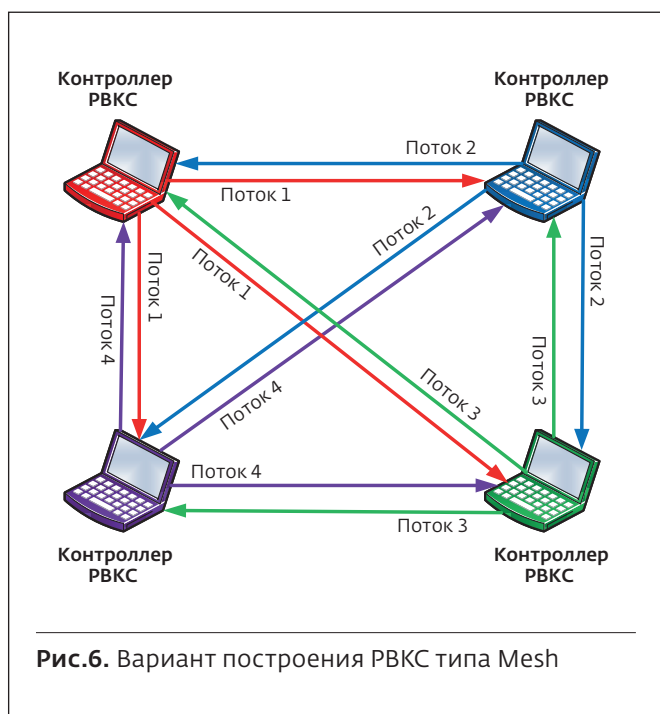
- повышение надежности системы (включая географическое резервирование модулей);
- оптимизацию загрузки каналов передачи данных

путем автоматического определения наилучшего контроллера с точки зрения географического расположения клиента;

- повышение качества предоставляемых абонентам услуг;
- улучшение общей управляемости сетевым оборудованием.

При развертывании кластера пользователь не обязан знать, с каким именно физическим модулем осуществляется взаимодействие. Более того, терминальные устройства могут переключаться между различными контроллерами РВКС в зависимости от множества меняющихся факторов, включая точки подключения других терминалов, участвующих в видеоконференции, загруженность каналов связи, конкретного контроллера и т.д. В этом смысле РВКС можно рассматривать как облачный сервис.

Задачи по обработке видеопотоков могут распределяться в разных пропорциях между контроллерами, работающими в составе ядра РВКС, и подключенными абонентскими терминалами. Более того, поскольку программное обеспечение контроллеров РВКС, образующее единый кластер, не привязано к конкретному аппаратному обеспечению, то в ряде случаев оно может задействовать для своей работы пользовательские терминалы. Однако объем задач, выполняемых терминалами, зависит от различных факторов: имеющихся вычислительных ресурсов, доступной полосы пропускания, конфигурации активной конференции, особенностей работы встречающихся участников видеоконференции.



Можно организовать распределенную сеть ВКС, где программное обеспечение контроллеров РВКС для выполнения своих функций будет задействовать

только аппаратные ресурсы клиентских терминалов. Такой вариант построения сети ВКС, где реализовано соединение каждого с каждым, в англоязычной литературе получил название Mesh [9] и схематично представлен на рис.6.

Однако необходимо отметить, что рассмотрение стопроцентной Mesh-архитектуры представляет исключительно теоретический интерес и на практике малоприменимо, поскольку ряд технических ограничений усложняет ее использование. Среди подобных ограничений можно выделить следующие:

- невозможность использования низкопроизводительных мобильных устройств при соединении большого числа терминалов;
- чрезмерная загруженность каналов связи, а также необходимость обеспечить связь каждого терминала с каждым;
- сложность интеграции с внешними системами, такими как сети VoIP, системы записи конференций, платформы видеостриминга и т. п.

На практике следует говорить о гибридной схеме организации РВКС, представленной на рис.7, где задачи контроллеров РВКС распределены как между аппаратными ресурсами ядра сети, так и терминальными модулями.

XIII Международная конференция



Космические аппараты
и спутниковая связь на всех орбитах:
восстановление рынка после COVID-19,
встраивание в экосистемы 5G,
IoT и цифровой экономики

Конференция SATELLITE RUSSIA & CIS – это единственное в России независимое мероприятие по темам спутниковой связи и вещания, а также производства ракетно-космической техники и пусковых услуг.

8–9 апреля 2021

отель «Хилтон Гарден Инн Москва Красносельская»,
Москва, Верхняя Красносельская ул., д. 11а, стр. 4

www.comnews-conferences.ru/Satellite2021

Организатор:



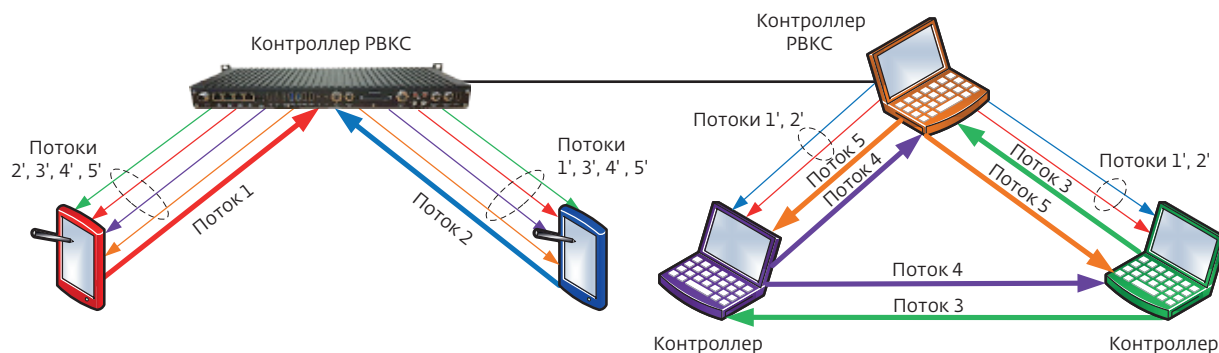


Рис.7. Гибридная схема организации РВКС

Взаимодействие контроллеров РВКС между собой в составе кластера оптимизирует использование как доступной пропускной способности сети передачи данных, так и доступных вычислительных ресурсов. При этом конкретные контроллеры РВКС, работающие в ядре сети, с учетом конкретной аппаратной платформы могут представлять собой пограничные шлюзы с различными свойствами. С одной стороны, может функционировать внутренняя сеть на базе высокоскоростной локальной вычислительной сети, с низкой вероятностью потерь передаваемых IP-пакетов, без необходимости шифрования передаваемых данных. А с другой – можно организовать доступ со стороны мобильных терминалов, работающих в рамках открытой, незащищенной сети с использованием низкоскоростных каналов с высокой вероятностью потерь. В этом случае пограничный контроллер РВКС обеспечивает в сторону мобильных терминалов дополнительные механизмы борьбы с потерями [10] – прямую коррекцию ошибок FEC (Forward Error Correction), запрос потерянных пакетов, адаптивную скорость обмена данными (при повышении уровня потерь IP-пакетов запрашивается снижение скорости и, как следствие, качества изображения). При этом абонентские терминалы в рамках локальной сети не поддерживают данные технологии, повышая свою производительность.

Реализация инновационных решений в оборудовании РВКС базируется преимущественно на создании РВКС и на глубокой адаптации используемого программного обеспечения. Целесообразность применения различных инновационных решений в значительной мере определяется сферой

деятельности компаний, использующих оборудование ВКС, а также выбранными бизнес-процессами [11].

НАПРАВЛЕНИЯ ДАЛЬНЕЙШИХ РАЗРАБОТОК

Соображения, изложенные в трех предыдущих разделах статьи, позволяют сформулировать актуальные направления дальнейших исследований в рассматриваемой области. По мнению авторов статьи, следует выделить ряд актуальных задач.

Первая задача заключается в дальнейшем развитии идеи распределенной сети ВКС и разработке архитектуры, включающей в себя совокупность модулей, взаимодействующих между собой с целью оптимального распределения заданий по обработке передаваемых данных, повышению качества предоставляемых услуг и устойчивости функционирования системы в целом. Для этого предполагается использовать как инженерные инновационные решения, так и новые научные результаты, полученные в рамках теоретических исследований, посвященных обработке сигналов, телетрафика и повышению надежности.

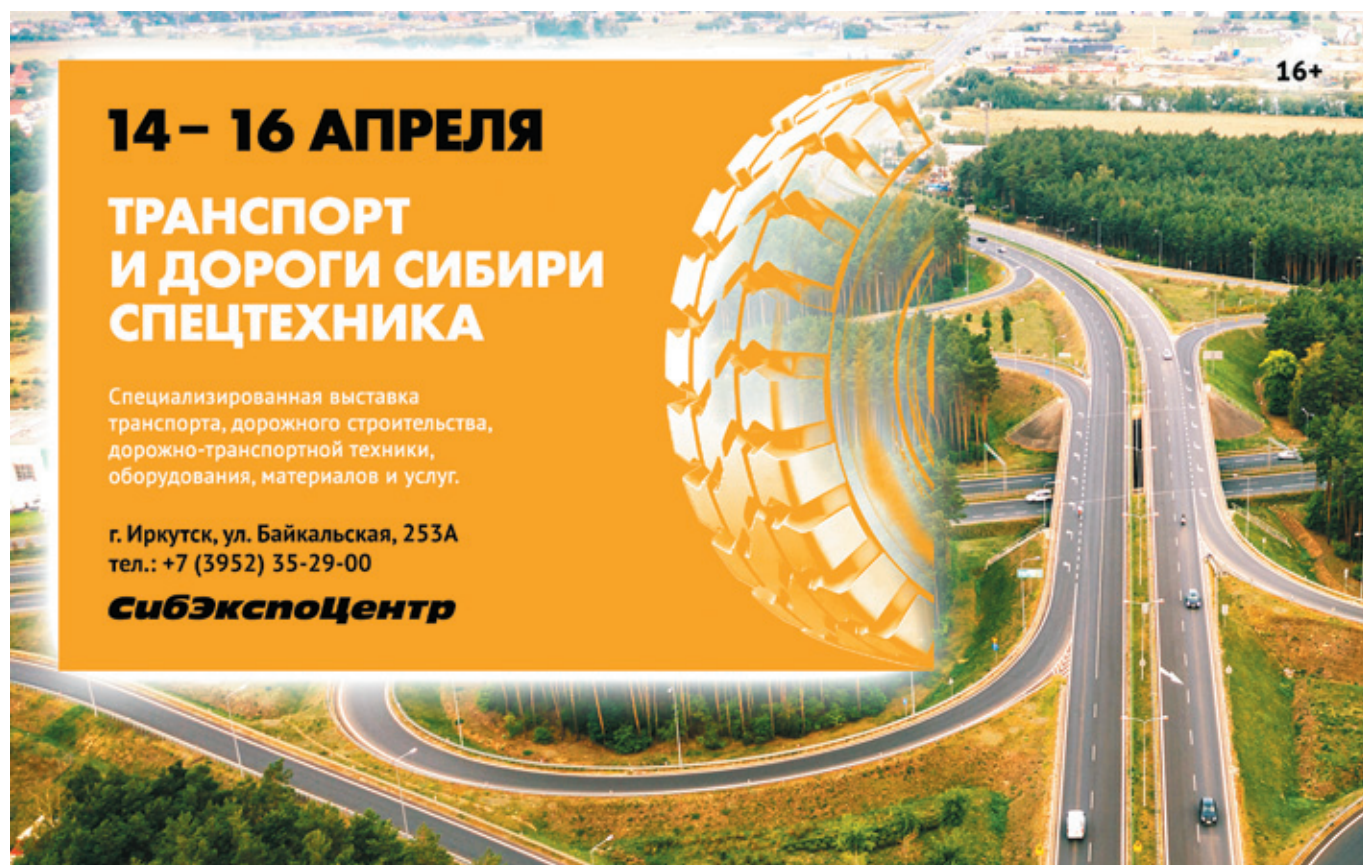
Вторая задача состоит в оценке производительности различных аппаратных решений в настоящее время и на перспективу. Результаты подобных оценок позволяют определить приемлемость разработанного оборудования для построения распределенных сетей ВКС, а также сформулировать перспективные требования к создаваемым аппаратно-программным модулям и каналам передачи данных для оказания услуг требуемого качества.

Третья задача, частично связанная с предыдущей, заключается в разработке адекватной модели предложенной архитектуры РВКС. Подобную модель уместно реализовать на основе концепции

dispar [12] в виде "цифрового двойника", который позволит детально изучать основные процессы, характерные для РВКС. Еще одно преимущество "цифрового двойника" – возможность получения разработчиком аппаратно-программных средств объективной информации о проблемах, возникающих в процессе использования РВКС. Доступ к такой информации способствует не только оперативному устранению проблем, но и их предупреждению благодаря формированию достоверных прогностических оценок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пинчук А.В., Соколов Н.А. Опыт формирования инновационных решений при разработке телекоммуникационного оборудования // Вестник связи. 2017. № 2. С. 3–8.
2. Куликов Н.А., Пинчук А.В., Соколов Н.А. Особенности разработки инновационных решений на длительную перспективу // ПЕРВАЯ МИЛЯ. 2019. № 5. С. 48–53.
3. <https://protei.ru> – электронный ресурс (дата обращения – 27 апреля 2020 года).
4. Абдокова Л.З. Синергетический эффект как результат эффективного управления // Фундаментальные исследования. 2016. № 10. С. 581–584.
5. Стюарт Р., Норвиг П. Искусственный интеллект. Современный подход. М.: Вильямс, 2016. 1408 с.
6. Efimov V.V., Sokolov N.A. The Public Communication Network Development as the Process of Complex System Evolution // Proceedings of the FRUCT'18 Saint-Petersburg, Russia. 2016. P. 449–455.
7. Jansen B.A. Performance Analysis of WebRTC-based Video Conferencing. – Master of Science Thesis, 2016. 78 p.
8. Westerlund M., Wenger S. RTP Topologies. – IETF Internet Draft, 2015. 46 p.
9. Wu W. et al. CoolConferencing: Enabling Robust Peer-to-Peer Multi-Party Video Conferencing // IEEE Access. 2017. No. 5. P. 25474–25486.
10. Holmer S., Shemer M., Paniconi M. Handling packet loss in WebRTC // IEEE International Conference on Image Processing, Melbourne, VIC. 2013, September. P. 1860–1864.
11. Шенталер Ф., Фоссен Г., Обервайс А., Карле Т. Бизнес-процессы. Языки моделирования, методы, инструменты. М.: Альпина Паблишер, 2019. 264 с.
12. <https://diasparbusiness.com/cis-ru/what-is-diaspar/> – электронный ресурс (дата обращения – 6 мая 2020 года).



14 – 16 АПРЕЛЯ

**ТРАНСПОРТ
И ДОРОГИ СИБИРИ
СПЕЦТЕХНИКА**

Специализированная выставка
транспорта, дорожного строительства,
дорожно-транспортной техники,
оборудования, материалов и услуг.

г. Иркутск, ул. Байкальская, 253А
тел.: +7 (3952) 35-29-00

СибЭкспоЦентр

16+