

# Система виртуального присутствия на базе SDN и ее применение в телемедицине

А.Ю. Вологжанин  
Факультет информатики и робототехники  
Уфимский государственный авиационный  
технический университет  
Уфа, Россия  
e-mail: v.alexey94@yandex.ru

А.Р. Билялов  
Лечебный факультет  
Башкирский государственный  
медицинский университет  
Уфа, Россия  
e-mail: azat.bilyalov@gmail.com

А.С. Ковтуненко  
Факультет информатики и робототехники  
Уфимский государственный авиационный технический университет  
Уфа, Россия  
e-mail: askovtunenko@ugatu.su

## *Аннотация*<sup>1</sup>

В статье рассмотрена проблема организации системы виртуального присутствия в телемедицине. Обозначены основные лимитирующие факторы. Для реализации системы виртуального присутствия предлагается использовать программно-конфигурируемые сети (SDN) – новейшую концепцию организации корпоративных сетей, позволяющую повысить эффективность использования сетевых ресурсов прикладными программами. Разработана архитектура программно-аппаратного комплекса виртуального присутствия.

## 1. Введение

Телемедицина – одно из наиболее перспективных современных междисциплинарных направлений развития прикладной науки и технологии. Оно включает в себя множество аспектов от создания и совершенствования прецизионных механизмов, создания высокоточных математических моделей, алгоритмов и программ управления роботизированными комплексами, до организации высокоэффективной телекоммуникационной инфраструктуры для обеспечения надёжности каналов связи.

Основными функциональными элементами телемедицинских комплексов являются:

---

Труды Шестой всероссийской научной конференции "Информационные технологии интеллектуальной поддержки принятия решений", 28-31 мая, Уфа-Ставрополь, Россия, 2018

Средства удаленного консультирования, диагностики и обучения, которые включают в себя:

- Системы удаленного консультирования
- Системы удаленного управления диагностической и лечебной аппаратурой
- Системы инструктажа
- Системы дистанционного обучения

Средства удаленного мониторинга жизненных функций (биорадиотелеметрические системы), которые включают в себя:

- Системы внутрибольничного мониторинга
- Системы внебольничного мониторинга
- Системы домашней телемедицины
- Системы биорадиотелеметрии
- Тактико-телеметрические системы

Телемедицина использует технологию виртуального присутствия для обеспечения медицинской помощи дистанционно. Этот метод оказания медицинской помощи может улучшать исходы у пациентов, повышать доступность медицинской помощи и снижать затраты. Важно понимать, какое влияние оказывает дистанционная помощь посредством телемедицины на пациентов, специалистов здравоохранения и организацию оказания помощи.

Телеприсутствие в данный момент единственная телемедицинская процедура, которая обеспечивает полномасштабное взаимодействие между этапами и уровнями медико-санитарной помощи, позволяет решить кадровые проблемы. Обеспечить доступность

<sup>1</sup>Всероссийская научная конференция "Информационные технологии интеллектуальной поддержки принятия решений", Уфа-Ставрополь, Россия, 2018

специализированной и квалифицированной помощи в полном объеме, в нужное время и в нужном месте.

В статье предлагается архитектура программно-аппаратного комплекса виртуального присутствия, в основе которой лежит передача панорамного видео по специальным сетевым каналам, реализованным с использованием технологий программно-конфигурируемых сетей (SDN). Данная технология позволяет организовывать передачу потоковых данных с малой задержкой в том числе и через глобальные сети.

## **2. Особенности технического оснащения телемедицинских комплексов и постановка задачи**

Существуют технические проблемы, которые препятствуют широкому и быстрому внедрению телемедицины:

- слишком быстрое развитие телекоммуникационных и информационных технологий
- сложная и громоздкая техническая инфраструктура
- многообразие телемедицинских технологий

Приближение специализированной помощи к отдаленным территориям является основной задачей для телеконсилиумов и телеконсультаций, которые могут осуществляться через современные компьютерные сети. По данным врачей, при использовании телемедицины в подавляющем большинстве случаев отпадает необходимость транспортирования больного в центральный госпиталь.

Проведение телеконсультаций пациентов и персонала, обмен информацией о больных между различными учреждениями, дистанционное фиксирование физиологических параметров, контроль за проведением операций в реальном времени — все эти возможности дает внедрение информационных технологий в медицину. Это выводит информатизацию здравоохранения на новый уровень развития, положительно сказываясь на всех аспектах его деятельности.

Внедрение информационных технологий в сферу здравоохранения позволяет улучшить качество обслуживания, заметно ускорить работу персонала и снизить затраты на обслуживание для пациентов.

Информационные технологии в медицине и здравоохранении помогают решить следующие задачи:

- вести учет пациентов клиник;
- наблюдать дистанционно за их состоянием;
- сохранять и передавать результаты диагностических обследований;

- контролировать правильность назначенного лечения;
- проводить удаленное обучение;
- давать консультации малоопытным сотрудникам.

Информационные технологии в медицине дают возможность проводить качественное наблюдение за состоянием пациентов. Ведение электронных медицинских карт позволяет сократить время сотрудников клиник, потраченное на оформление различных бланков. Вся информация о пациенте представлена в одном документе, доступном медицинскому персоналу учреждения. Все данные об обследованиях и результаты процедур также вводятся непосредственно в электронную медицинскую карту. Это дает возможность другим специалистам оценить качество назначенного лечения, обнаружить неточности диагностики.

Применение информационных технологий в медицине позволяет врачам проводить онлайн-консультации в любое удобное время. При этом повышается доступность медицинских услуг. Люди могут получить квалифицированную помощь от опытных врачей удаленно. Это особенно необходимо людям:

- проживающим в географически удаленных районах
- с ограниченными физическими возможностями
- попавшим в чрезвычайную ситуацию
- которые находятся в замкнутом пространстве

Таким образом, пациентам или докторам не нужно преодолевать большие расстояния, чтобы получить консультацию. Врач может с помощью современных информационных технологий оценить состояние пациента, провести его осмотр и ознакомиться со всеми результатами его обследований.

Такие консультации необходимы не только пациентам с физиологическими проблемами. Беседы также позволяют людям, которые нуждаются в психиатрической или психологической помощи. Аудиовизуальное общение позволяет наладить контакт врачу с пациентом и оказать ему необходимую поддержку.

Возможности современных информационных технологий в здравоохранении позволяют оказать положительное влияние на все аспекты медицинского обслуживания. Применение информационных технологий в медицинском образовании также позволяет [1]:

- проводить дистанционное обучение
- налаживать связи с коллегами для обмена опытом
- получать новейшую информацию в области здравоохранения

Активно применяются информационные технологии в медицине в сфере образования. Удаленные семинары позволяют студентам вузов и медучилищ получать необходимые знания. Такие технологии дают возможность молодым специалистам побывать на лекциях именитых докторов, получить новые знания и опыт.

Использование глобальной сети в медицине позволяет совершать обмен научными документами и информацией, ее ускоренный поиск с доступом через телекоммуникационные сети, проведение видеоконференций, заочных дискуссий и совещаний, электронного голосования. Обеспечивать оперативное применение специальных знаний и опыта в целях поддержания международного сообщества в состоянии постоянной готовности к угрозе вспышек болезней и принятию соответствующих ответных мер.

Для обеспечения эффекта виртуального присутствия в телемедицине необходимо, чтобы пользователь получал те же ощущения, как если бы находился в другом месте. Также пользователь может иметь возможность воздействовать на удаленное место. В этом случае перемещения, действия, голос пользователя должны быть считаны, переданы и воспроизведены в удаленной локации.

Для эффективного применения технологии виртуального присутствия необходимо иметь высокоскоростные каналы передачи данных, способные обеспечить многоканальную передачу видео в HD качестве.

Таким образом, решение задачи построения программно-аппаратной системы виртуального присутствия заключается в совместном решении следующих задач:

- Разработка архитектуры системы формирования и передачи, панорамных видеопотоков, их обработки и воспроизведения на устройстве виртуальной реальности
- Проектирования архитектуры телекоммуникационной сети, обеспечивающей эффективную передачу видеопотоков
- Разработку быстросчётных алгоритмов формирования эргономичного панорамного изображения
- Реализация разработанных алгоритмов и архитектур, оценка их эффективности

### 3. Концепция программно-конфигурируемых сетей

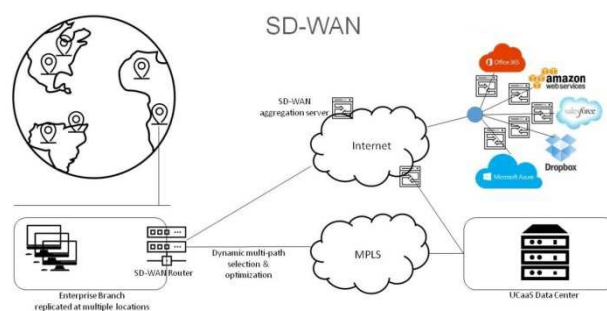
Для обеспечения надёжного канала связи с персональным устройством виртуальной реальности предполагается использование технологии программно-конфигурируемых сетей на основе протокола OpenFlow.

OpenFlow – протокол управления процессом обработки данных, передающихся по сети передачи данных маршрутизаторами и коммутаторами, реализующий технологию программно-конфигурируемой сети.

Протокол используется для управления сетевыми коммутаторами и маршрутизаторами с центрального устройства — контроллера сети. Это управление заменяет или дополняет работающую на коммутаторе встроенную программу, осуществляющую построение маршрута, создание карты коммутации. Контроллер используется для управления таблицами потоков коммутаторов, на основании которых принимается решение о передаче принятого пакета на конкретный порт коммутатора. Таким образом в сети формируются прямые сетевые соединения с минимальными задержками передачи данных и необходимыми параметрами.

Использование программно-конфигурируемых сетей на базе протокола OpenFlow позволяет повысить эргономичность устройства за счёт снижения задержек в передаче видеопотоков и управляющей информации.

Основная концепция повышения эффективности использования сетевых ресурсов представлена на рис.1



**Рис.1 Повышение эффективности использования сетевых ресурсов**

Для упрощения управления и работы WAN путем отвязки сетевого оборудования от его механизма управления будет использоваться технология SD-WAN.

Ключевым применением SD-WAN является создание высокопроизводительной WAN-сети с использованием недорогого и коммерчески доступного интернет-доступа, что позволяет заменять более дорогие частные технологии подключения к глобальной сети, такие как MPLS [2].

Современные приложения, такие как VoIP-вызов, видеоконференции, потоковые медиа и виртуализированные приложения и настольные компьютеры, требуют низкой задержки. Требования к пропускной способности также увеличиваются, особенно для приложений с видео высокой четкости. Это может быть дорогостоящим и трудным для

расширения возможностей WAN, с соответствующими трудностями, связанными с управлением сетью и устранением неполадок.

Продукты SD-WAN предназначены для решения этих сетевых проблем. Увеличивая или даже заменяя традиционные отраслевые маршрутизаторы устройства виртуализации, которые могут управлять политиками на уровне приложений и предлагать сетевое оверлей, менее дорогие интернет-соединения потребительского класса могут действовать скорее как выделенная схема. Это упрощает процесс настройки для персонала отрасли.

#### 4. Архитектура программно-аппаратного комплекса виртуального присутствия

Разрабатываемая система виртуального присутствия включает в себя следующие элементы:

*На стороне врача-оператора:*

- персональное устройство виртуальной реальности (шлем)
- персональный компьютер с предустановленным разработанным программным обеспечением
- канал связи

*На стороне проводимой операции или процедуры:*

- сервер с предустановленным разработанным программным обеспечением
- разработанное устройство стереоскопической панорамной видеофиксации

В основе устройства стереоскопической панорамной видеофиксации на начальном этапе разработки предполагается использовать две стандартные панорамные камеры, а также программное обеспечение по обработке видеопотоков с формированием единого панорамного стереоскопического видеосигнала. Разработанное серверное приложение формирует сетевой сервис, доступный для подключения по защищённому каналу, включающий в себя передачу видеопотоков, а также двустороннюю передачу телеметрии роботизированных приводов и сигналов управления.

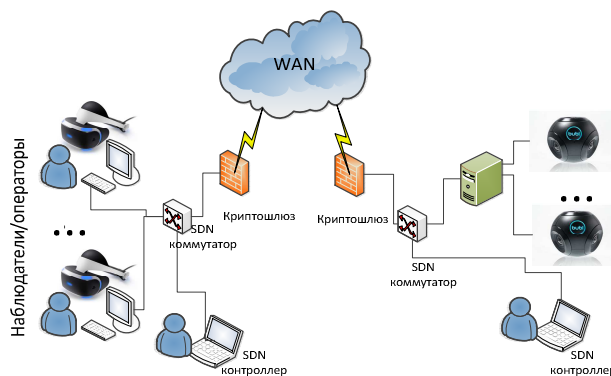
Для обеспечения надёжного канала связи с персональным устройством виртуальной реальности предполагается использование технологии программно-конфигурируемых сетей на основе протокола OpenFlow.

Архитектура программно-аппаратного комплекса виртуального присутствия представлена на Рис.2

Функции программного обеспечения клиентской части разрабатываемой системы:

- Получает с сервера видеопоток
- Получает биометрические показатели пациента

- Объединяет видеопоток с дополнительной



**Рис. 2. Архитектура программно-аппаратного комплекса виртуального присутствия**

- вспомогательной информацией
- Формирует изображение для VR-шлема
- Получает информацию с устройств ввода и контроллеров оператора
- Передаёт команды управления на сервер по защищённому каналу

Функции программного обеспечения серверной части разрабатываемой системы.

- Получает с устройства видеозахвата видеопотоки.
- Получает биометрические показатели пациента и телеметрию автоматических устройств по цифровым интерфейсам.
- Получает управляющие команды от оператора.
- Осуществляет предобработку видеопотоков
- Осуществляет формирование панорамных видеопотоков
- На основе команд оператора формирует управляющие воздействия для автоматических исполнительных устройств.
- Предоставляет сетевой сервис для передачи панорамных видеопотоков.
- Предоставляет сетевой сервис по передаче потоковых данных телеметрии и биометрии .

Функции аппаратного обеспечения разрабатываемой системы.

- Шлем виртуальной реальности – выполняет функции устройства вывода стереоскопического изображения, а также ввода текущего положения головы.
- Рабочая станция оператора – формирует стереоскопическое изображение для шлема виртуальной реальности на основе получаемых с удалённого сервера потоков видеoinформации,

биометрии и телеметрии исполнительных устройств. Формирует управляющие потоки данных для удалённых исполнительных устройств.

- SDN-коммутатор и SDN-контроллер – обеспечивают функционирование программно-конфигурируемой сети на основе протокола управления OpenFlow.
- Криптошлюз – обеспечивает безопасную передачу данных между удалёнными узлами системы через глобальную сеть
- Сервер видеофиксации – осуществляет захват видео с устройств панорамной стереоскопической видеофиксации и обеспечивает предобработку, сжатие и вещание видеопотоков, а также вспомогательной биометрической и телеметрической информации. Управляет исполнительными устройствами, обеспечивает обратную связь с оператором, обрабатывает управляющие воздействия.
- Устройство панорамной видеофиксации – осуществляет формирование первичных видеопотоков и передачу их по цифровому интерфейсу серверу видеофиксации.

Рабочее место врача-оператора в рамках разрабатываемой системы предполагается оснастить персональным компьютером, подключенным к коммуникационной сети, а также персональным устройством виртуальной реальности. Программное обеспечение рабочего места реализует клиентскую часть разработанного распределенного программного комплекса, которая подключается к серверу по защищённому каналу, получает все необходимые обрабатывает потоковые данные и на их основе формирует стереоскопическое изображение для устройства виртуальной реальности. Полученное изображение может включать в себя дополнительную служебную информацию, такую, например, как время, прошедшее с начала операции, биометрические показатели пациента.

Поскольку шифрование видеопотока на криптошлюзе может ощутимо снижать скорость передачи, что может повлечь за собой увеличение задержки и

снижение качества изображения до недопустимого уровня. В этом случае без существенного ущерба безопасности можно осуществлять шифрование только биометрических данных. В этом случае предлагается передавать биометрию независимо от видеопотоков с использованием платформы распределенного сбора и обработки потоковых данных ABSynth [3].

## 5. Заключение

В статье предложена архитектура программно-аппаратного комплекса виртуального присутствия на основе технологий SDN, включающая в себя следующие программные компоненты.

- Сервер видеофиксации, позволяющий формировать панорамный стереоскопический видеопоток.
- SDN-контроллер, осуществляющий управление сетевым оборудованием комплекса.
- Криптошлюз, обеспечивающий защищённое соединение через глобальную сеть.
- Рабочее место оператора, оснащённое шлемом виртуальной реальности.

## Список используемых источников

1. Павлов В. Н., Цыглин А. А., Рахматуллина И. Р., Викторов В. В., Пупыкина К. А. Медицинский университет XXI века: единство традиций и инноваций // Высшее образование сегодня. 2018. №4. С. 40 – 50.
2. Vladyko, A., Muthanna, A., Kirichek, R.: Comprehensive SDN Testing Based on Model Network. In: Galinina, O., Balandin, S., Koucheryavy, Y. (eds.) Internet of Things, Smart Spaces, and Next Generation. LNCS, vol. 9870, pp. 539-549. Springer International Publishing (2016).
3. Ковтуненко А.С. Многоагентные технологии для организации распределенного сбора, хранения и обработки больших объемов телеметрической информации // Большие данные в авиации. Материалы I Всероссийского научно-технического семинара. 2015. С. 23-24.