

Разработка модели предоставления услуг НТС

Б. О. Паньков¹, Д. С. Свечников², М. А. Маколкина³, А. И. Выборнова⁴

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича

¹i@m-pankov.ru, ²daniil2001sv@mail.ru, ³makolkina@list.ru, ⁴a.vybornova@spbgut.ru

Аннотация. Одной из наиболее важных целей текущего десятилетия является повсеместное внедрение новых, высокоперспективных услуг телекоммуникаций, к которым, безусловно, относится технология голографической коммуникации НТС с применением объемных копий человека, а также устройств формирования, передачи и воспроизведения трехмерных изображений. Однако сравнительно небольшая материально-техническая база в области голографии и существующие ограничения скорости экспорта, обработки и передачи облака точек накладывают жесткие требования к вычислительной мощности десктопных устройств, а также производительности коммуникационных компонентов, используемых при передаче голографического трафика. Вследствие этого необходимо уже сейчас сформировать список требований, предъявляемых в дальнейшем услугой НТС к сетям связи.

Ключевые слова: голография, трансляция голографических изображений, дополненная реальность, сети связи 2030, Kinect, НТС

I. ВВЕДЕНИЕ

Современный мир меняется с каждым днем, а вслед за ним стремительно развиваются и технологии, приводя к совершенно иным требованиям к существующим телекоммуникационным сетям [1]. Все чаще встает вопрос о необходимости многократного увеличения пропускной способности, снижении времени приемо-передачи, а также наращивании производительности телекоммуникационного оборудования в целях достижения приемлемых показателей качества обслуживания (Quality of Service) и восприятия (Quality of Experience) для новых услуг коммуникаций [2]. Однако каждая технология на начальном этапе никогда не сопровождается стандартизацией.

Одной из услуг, находящейся в состоянии концепта и требующей нормативные регламенты, является Связь Голографического Типа (НТС – Holographic Type Communication), предполагающая формирование трехмерной голографической модели с последующей передачей на удаленные воспроизводящие устройства [3].

В рамках получения представления о направлениях дальнейшего развития голографической коммуникации и выявлении минимальных требований к сетям связи, была сформирована модельная структура, состоящая из устройств воспроизведения трехмерных изображений (голографический вентилятор) и регистрации 3D объектов (Kinect v2), связанных между собой посредством локальной Wi-Fi сети.

II. ПРОЦЕСС ФОРМИРОВАНИЯ АНИМИРОВАННОЙ 3D-МОДЕЛИ

Для формирования 3D-моделей используется RGB-D (Red-Green-Blue-Depth) устройство от компании «Microsoft» Kinect v2 – сенсорный контроллер бесконтактного действия [4], который позволяет объединить пространственную карту глубины, полученную лазерной проекцией в инфракрасном диапазоне и последующей регистрацией отраженного света CMOS-сенсором, с информацией RGB от цветной VGA-камеры. Результатом выступает облако точек [5], содержащее в себе координаты x,y,z для каждого пикселя кадра с указанием интенсивности света и его направленности (рис. 1).

Далее полученные координаты заносятся в программное обеспечение «3D Scan» версии 2.0.47.0, в котором они сопоставляются, дополняются недостающими, рассчитанными математическими алгоритмами точками, и преобразуются в итоговую 3D-модель с возможными погрешностями и неточностями построения. В данном эксперименте ряд обязательных исправлений для дальнейшей корректной эксплуатации модели будет произведен в программе для работы с трехмерной компьютерной графикой с открытым исходным кодом, созданной Тоном Розендалем – Blender версии 3.3.1.

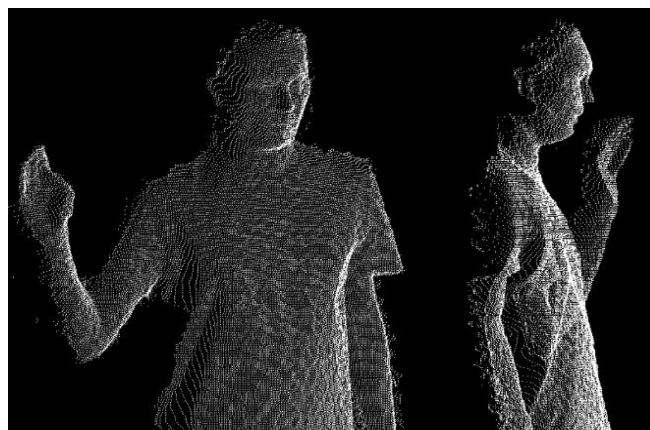


Рис. 1. Облако точек, полученное при сканировании 3D-объекта

Вследствие неидеальных условий съёмки (плохого освещения, разницы углов съёмки вследствие отсутствия штатива, непостоянной оси вращения объекта), 3D-модель требовала доработки, в частности: удаления лишних полигонов, сращивания соседних несоединённых точек, изменения поворота и позиции. Доработка производилась вручную, без вмешательства автоматизирующего ПО. После редактирования к

модели была добавлена костная структура (рис. 2), каждая кость из которой требовала частного перемещения на предполагаемое местонахождение, а также применён вес, чтобы при повороте любой кости, поворачивалась соответствующая ей часть 3D-модели.

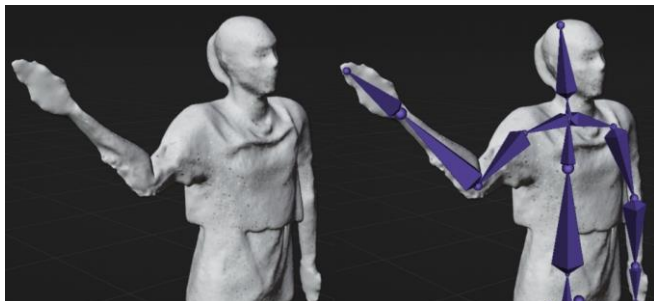


Рис. 2. Наложение костной структуры на 3D-модель

Для имитации движения необходимо добавить ключевые кадры в крайних положениях, указать их количество и частоту, характеризующие длительность анимации. На сцену в Blender необходимо добавить элементы освещения, исключающие темные участки, а также камеру, выставляющую область видимости границ кадра. После чего производится конечная настройка экспорта и отрисовка (render) модели, по окончании которой формируется видеофайл для дальнейшей отправки на голографический вентилятор.

III. АППАРАТНЫЙ ФУНКЦИОНАЛ ГОЛОГРАФИЧЕСКОГО ВЕНТИЛЯТОРА

Интеллектуальный голографический дисплей DseeLab-65X (рис. 3) представляет собой устройство отображения, в котором используется технология непрерывного просмотра (POV) со светодиодными лопастями высокой плотности, вращающимися со скоростью 750 об/мин и обеспечивающими проецирование трехмерных изображений разрешением 1024×1024 пикселя и углом обзора равным 160° [6].

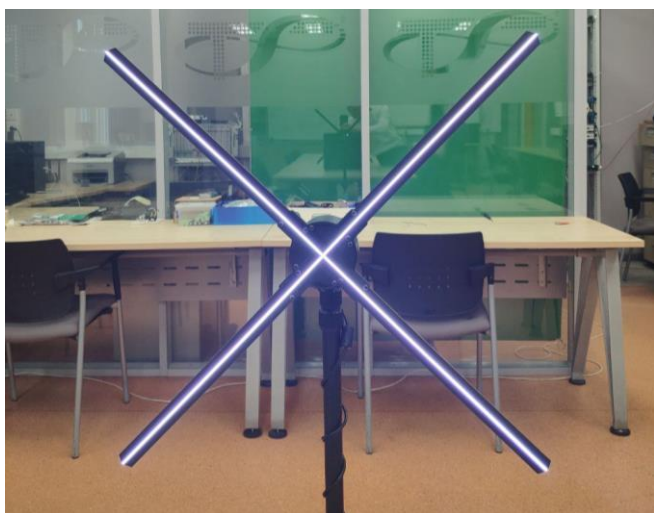


Рис. 3. Голографический вентилятор DseeLab-65X

К преимуществам данного устройства можно отнести низкое энергопотребление, портативность, приемлемые

четкость изображения и производительность. Голографический вентилятор поддерживает возможность управления с помощью пульта ДУ, приложений (APP) для iOS и Android, программного обеспечения для ПК и облачной платформы, а также позволяет воспроизводить различные форматы изображений и видеопотоков.

IV. ПРОЦЕСС ПОДКЛЮЧЕНИЕ ГОЛОГРАФИЧЕСКОГО ВЕНТИЛЯТОРА К ЛОКАЛЬНОЙ WI-FI СЕТИ

Голографический вентилятор поддерживает два основных режима подключения:

- **Локальный режим** – устройство раздает собственную Wi-Fi сеть.
- **Сетевой режим** – устройство подключается к заданной Wi-Fi сети.

При первоначальном включении вентилятора сетевой режим недоступен (светодиодный индикатор №2 на рис. 4 горит зеленым цветом).

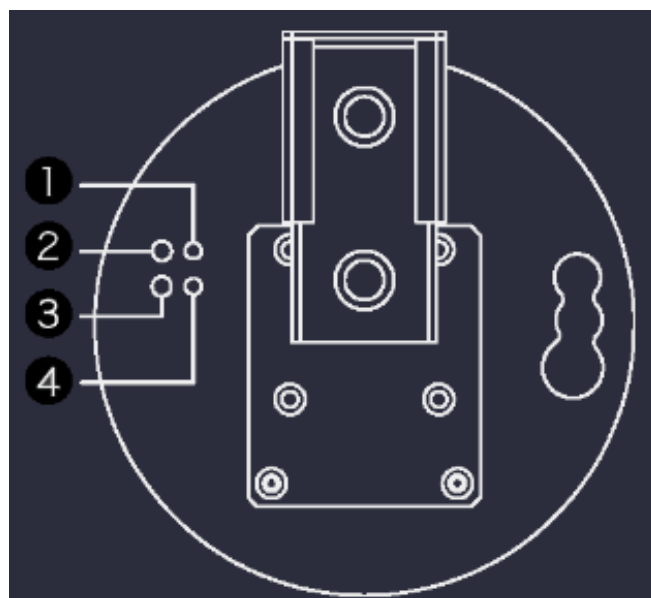


Рис. 4. Функциональные элементы задней крышки голографического устройства

Для его настройки было произведено подключение к одноименной Wi-Fi сети SSID: DseeLab_65X_50011240 с помощью смартфона с предустановленным приложением DseeLab_Pov. Затем осуществлен выбор способа подключения устройства: «Устройство в общем режиме» (Wi-Fi сеть голографического вентилятора присутствует в списке видимых смартфоном SSID) [7]. Вследствие произведенных действий, был получен доступ к настройке таких конфигурационных параметров вентилятора, как порядок воспроизведения плей-листа, яркость, скорость вращения лопастей, а также открыт доступ к персональной установке идентификатора и пароля для локальной Wi-Fi сети, к которой требуется подключить голографическое устройство.

Далее светодиодный индикатор AP/STA (элемент №2 на рис. 4) на задней крышке устройства сменил цвет с зеленого на синий, что свидетельствует об успешном подключении вентилятора к сети, сопровождающимся присвоением IP-адреса. На данном этапе голографическое устройство доступно с любого узла локальной сети, а управление, в рамках данного эксперимента, перенесено на десктопную версию приложения DSee.Lab 2.5.8 для упрощения последующих загрузок анимированных 3D моделей на вентилятор.

V. ПРОЦЕСС ПЕРЕДАЧИ ГОЛОГРАФИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПОСРЕДСТВОМ ТЕХНОЛОГИИ WI-FI

Затем, полученную ранее 3D-модель, необходимо загрузить в библиотеку (плей-лист) управляющего вентилятором приложения. Передача голографического объекта осуществляется посредством транспортного протокола с предварительной установкой соединения – TCP (Transmission Control Protocol) [8]. После того, как пользовательский ПК и голографическое устройство «договорятся» о начальном числе последовательности пакетов, а также о ряде других переменных, связанных с этим беспроводным соединением, начинается процесс обмена трафиком по Wi-Fi, представленный на рис. 5

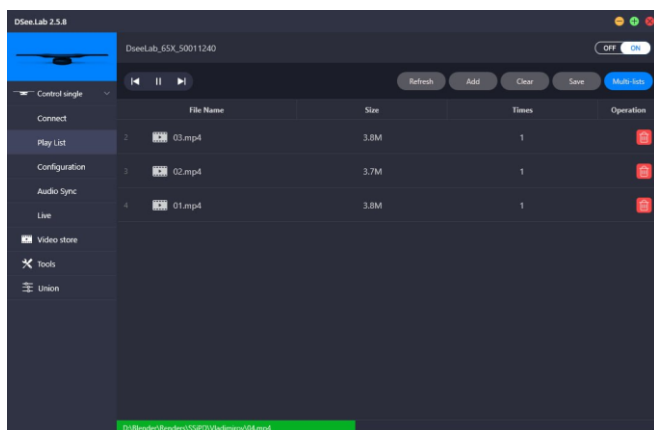


Рис. 5. Программный интерфейс десктопной версии приложения, управляющего голографическим устройством

Вследствие загрузки трафика с ПК, процесс сбора информации о сетевых взаимодействиях возможен функциональными средствами программы-анализатора Wireshark. По мере движения потоков данных по сети анализатор перехватывает каждый протокольный блок данных (PDU), после чего расшифровывает или анализирует его содержание согласно соответствующему документу RFC или другим спецификациям.

Существует несколько основных метрик, которые определяют производительность рассматриваемой сети и позволяют выявлять проблемы передачи голографического трафика с ПК, с которыми могут столкнуться конечные пользователи услуг НТС [9].

Самая первая метрика, с которой будет производиться анализ трафика – средняя пропускная способность (Average Throughput), т. е. объем данных, который может быть передан через канал в единицу

времени. Исходя из результатов измерений пропускной способности, приведенных на графике (рис. 6), получаем, что среднее значение пропускной способности составляет порядка 10,72 МБит/с.

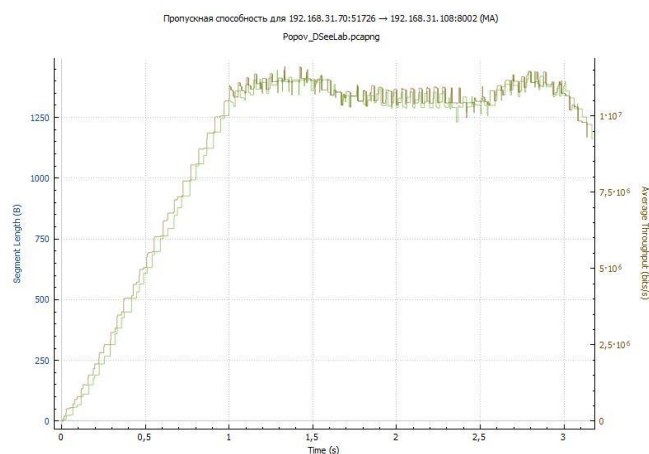


Рис. 6. Среднее значение пропускной способности канала связи Wi-Fi между ПК и голографическим вентилятором

Второй важнейшей метрикой при анализе трафика является показатель круговой задержки (RTT – Round Trip Time), который влияет на скорость отклика конечного устройства. RTT (рис. 7) также воздействует на степень комфортности пользователя при работе с услугами НТС [10], другими словами, на предотвращение расхождения движений пользователя перед регистрирующим сенсором и воспроизводимым изображением на голографическом дисплее.

В данном случае отправителем пакетов является персональный компьютер, используемый для постобработки трехмерной модели с IP-адресом – 192.168.31.70, а роль получателя выполняет голографический вентилятор с IP-адресом – 192.168.31.108.

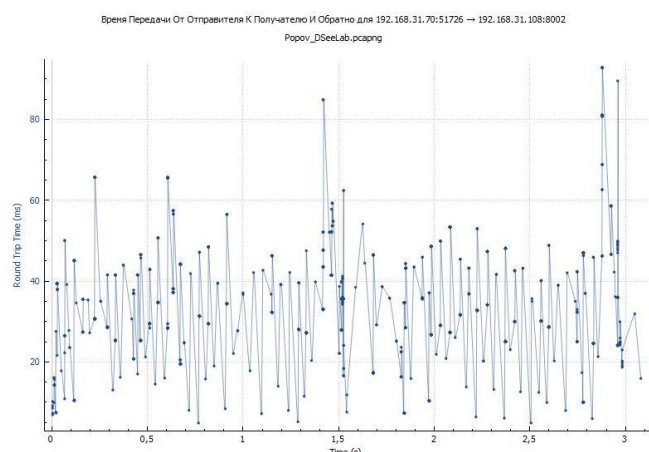


Рис. 7. Время приемо-передачи (RTT) от отправителя к получателю

Из графика видно, что среднее значение круговой задержки составляет порядка 34,65 мс.

На данном этапе процедура объективной оценки качества передачи трехмерного изображения закончена,

и следует перейти к субъективному анализу, который точнее отражает восприятие человека, чем объективный подход.

V. СУБЪЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ КАЧЕСТВА ВОСПРИЯТИЯ ГОЛОГРАФИЧЕСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ

Идея субъективного метода – получить оценку качества отображения 3D-модели непосредственно от пользователей услуги [11]. Визуальное качество – это характеристика переданного голографического объекта по сравнению с оригиналом. Оно зависит от: условий записи, способов кодирования/декодирования, оборудования, параметров сети. Особенно губительно влияют на качество передаваемого изображения потери пакетов.

Ниже на рис. 8 представлена 3D-модель, отображаемая на голографическом вентиляторе с рядом обязательных к конфигурированию настроек:

- скорость вращения лопастей в трех режимах;
- центровка изображения по осям X, Y;
- регулировка угла наклона кадра;
- яркость отображаемой модели.

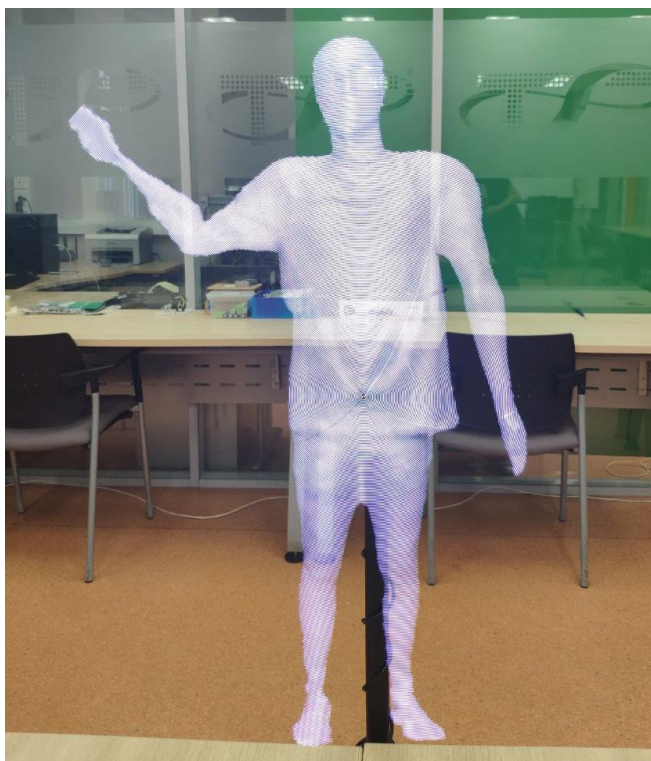


Рис. 8. Отображаемая на голографическом вентиляторе 3D-модель

В силу конструктивных особенностей устройства воспроизведения, а именно недостаточной плотности светодиодов на лопастях, наблюдается низкая детализация и размытость кадров. Ограничения вычислительных мощностей, в свою очередь, сказываются на возникновении задержек и артефактов синхронизации изображения. Также качество восприятия снижается вследствие присутствующего колебания лопастей и издаваемого ими звукового шума при вращении.

VI. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе разработки модели предоставления услуг голографической коммуникации НТС были получены минимальные сетевые требования к телекоммуникационным компонентам, а также выявлены недостатки доступных к покупке устройств регистрации 3D-объектов и слабые стороны воспроизводящего оборудования.

Исследование показало, что на качество восприятия голографического изображения наибольшее влияние оказывают такие параметры, как частота кадров, плотность размещения RGB светодиодов на лопастях вентилятора, а также рациональная компоновка аппаратных элементов с достижением предельной вычислительной способности в сравнительно небольшом корпусе с возможностью эффективного охлаждения.

Для повсеместного развертывания услуг голографической коммуникации необходимым условием является задействование сетей связи нового поколения [12], обладающих высокой пропускной способностью и выполняющих требования к минимальным задержкам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Кучерявый А.Е., Киричек Р.В., Маколкина М.А., Парамонов А.И., Дунайцев Р. А., Пирмагомедов Р.Я., Бородин А.С., Владыко А.Г., Мутханна А.С.А., Выборнова А.И., Владимиров С.С., Гришин И.В. Новые перспективы научных исследований в области сетей связи на 2021–2024 годы // Информационные технологии и телекоммуникации. 2020. Том 8. №3. С. 1–19. DOI 10.31854/2307-1303-2020-8-3-1-19.
- [2] Ramiro Nobre. The difference between QoE and QoS (and why it matters) [Электронный ресурс]. URL: <https://clck.ru/33ZKt3> (дата обращения: 09.02.23).
- [3] Clemm A. et al. Toward truly immersive holographic-type communication: Challenges and solutions // IEEE Communications Magazine. 2020. V. 58. No. 1. pp. 93–99.
- [4] Свечников Д.С., Выборнова А.И. Метод преобразования и потоковой передачи трехмерных изображений по сетям связи с низкой пропускной способностью // Информационные технологии и телекоммуникации. 2022. Том 10. № 3. С. 74–81. DOI 10.31854/2307-1303-2022-10-3-74-81.
- [5] Cao C., Preda M., Zaharia T. 3D point cloud compression: A survey // The 24th International Conference on 3D Web Technology. 2019. pp. 1-9.
- [6] Техническое руководство DseeLab_65X [Электронный ресурс] // DseeLab. URL: <https://clck.ru/33ZKff> (дата обращения: 11.02.23).
- [7] Голографические 3D-экраны [Электронный ресурс] // DseeLab. URL: <https://dseelab.ru/> (дата обращения: 10.02.23).
- [8] Основные методы анализа сетевого трафика [Электронный ресурс] // CyberLeninka. URL: <https://clck.ru/33ZKpj> (дата обращения: 13.02.23).
- [9] Паньков Б.О., Маколкина М.А. Исследование сетевых характеристик голографического трафика // Информационные технологии и телекоммуникации. 2022. Том 10. № 3. С. 20–31. DOI 10.31854/2307-1303-2022-10-3-20-31.
- [10] Clemm A. et al. Toward truly immersive holographic-type communication: Challenges and solutions // IEEE Communications Magazine. 2020. V. 58. No. 1. pp. 93–99.
- [11] Петров О. Оценка качества видео. Субъективная оценка качества видео [Электронный ресурс] // iXBT. URL: <https://www.ixbt.com/divideo/estimate1.shtml> (дата обращения: 15.02.23).
- [12] Kiran, Makhijani. Holographic Type Communication / Delivering the Promise of Future Media by 2030. 15 Oct 2019, Geneva. 24 p.