



МЕТОД ПРЕОБРАЗОВАНИЯ И ПОТОКОВОЙ ПЕРЕДАЧИ ТРЕХМЕРНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ПО СЕТЯМ СВЯЗИ С НИЗКОЙ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТЬЮ

Д. С. Свечников, А. И. Выборнова*

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций
им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
Санкт-Петербург, 193232, Российская Федерация

* Адрес для переписки: a.vybornova@spbgut.ru

Аннотация—В статье описывается подход к потоковой передаче по сетям связи трехмерных изображений человека, позволяющий значительно уменьшить требования к полосе пропускания сети за счет передачи не самого изображения, а данных о движении контрольных точек. **Предметом исследования** являются трехмерные движущиеся изображения человека. **Методы исследования:** преобразование трехмерных объектов в набор данных о движении их контрольных точек. **Основные результаты работы:** система из трех приложений, позволяющая записывать данные об объекте, преобразовывать в координаты ключевых точек, передавать по сетям связи и воспроизводить в виде движений трехмерного объекта в приложении дополненной реальности. **Практическая значимость работы** состоит в возможности использования разработанного приложения для потоковой передачи данных о движущихся трехмерных объектах по сетям с низкой пропускной способностью. Приложение может использоваться в дистанционном образовании или других областях.

Ключевые слова—дополненная реальность, трехмерные изображения, потоковое видео, Kinect, Unity, Android, ARCore, КСР.

Информация о статье

УДК 004.773

Язык статьи – русский.

Поступила в редакцию 07.12.2022, принята к печати 20.12.2022.

Для цитирования: 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.



METHOD FOR 3D IMAGES TRANSFORMATION AND STREAMING OVER LOW BANDWIDTH COMMUNICATION NETWORKS

D. Svechnikov, A. Vybornova *

The Bonch-Bruевич Saint-Petersburg State University of Telecommunications,
St. Petersburg, 193232, Russian Federation

*Corresponding author: a.vybornova@spbgut.ru

Abstract—The article describes an approach to streaming 3D human images over communication networks allowing to significantly reduce network bandwidth requirements by transmitting not the image itself, but data on the movement of control points. **The subject of the study** is 3D moving images of a person data on the movement of their control points. **The main results of the work:** a system of three applications that allows to record data about object movements, convert it into coordinates of key points, transfer it over communication networks and play it in the form of movements of a 3D object in an augmented reality application. **The practical significance of the work** lies in the possibility of using the developed applications for streaming moving 3D objects over low bandwidth networks. The application can be used in remote education or other areas.

Keywords—augmented reality, 3D images, video streaming, Kinect, Unity, Android, ARCore, KCP.

Article info

Article in Russia.

Received 07.12.2022, accepted 20.12.2022.

For citation: Svechnikov D., Vybornova A.: Method for 3D Images Transformation and Streaming over Low Bandwidth Communication Networks // Telecom IT. 2022. Vol. 10. Iss. 3. pp. 74–81. DOI 10.31854/2307-1303-2022-10-3-74-81.



Введение

В реалиях современного мира существует острая необходимость получать информацию дистанционно. Различные виды трафика – голосовой трафик, видеотрафик, данные, в том числе микроконтроллеров, и прочее – имеют разные параметры: объем передаваемой информации, требования к задержкам и полосе пропускания и т. д. Идет своеобразная «гонка» между запросами людей и компаний к получаемому контенту и услугам и развитием сетевого оборудования для их предоставления.

Совсем недавно студенты и учащиеся средней школы по всему миру не могли очно получать знания в учебных заведениях. Веб-дизайнеры, тестировщики, программисты, аналитики, маркетологи и представители многих других профессий были вынуждены работать из дома. Компании были вынуждены перебрасывать вычислительные мощности на сервисы для проведения онлайн конференций: «Zoom», «Google Meet» и прочие. Перечисленные решения предоставляют быстрый доступ к видеоканалу между отправителем и получателем. Подобный видео трафик занимает немалую часть сети интернет, сильно нагружая всё сетевое оборудование, через которое проходит.

Другим аспектом развития приложений для дистанционной работы, образования и т. д. является дистанционная передача трехмерных изображений, что позволяет изучать движения человека более подробно со всех ракурсов, а также открывает новые возможности иммерсивных коммуникаций [1, 2]. Передача данных о трехмерных объектах в исходном виде, например, в формате потокового видео с массива камер требует значительной пропускной способности, поэтому важным становится использование технологий преобразования получаемых об объекте данных в другие форматы [2, 3].

Приложения, о которых пойдёт речь в этой статье, создавались для снижения нагрузки на сеть при помощи отказа от «тяжелого» видеотрафика, вместо которого будет использоваться трафик передачи данных. Видео, полученное с камеры, будет конвертироваться в набор чисел (координат) на локальной машине отправителя и передаваться по сети с минимальными требованиями, после получения этих данных конечным клиентом, будет происходить обратное преобразование числовых значений в 3D модель и её отображение на экране. Данное решение позволит не только передавать трехмерное изображение вместо обычного двухмерного видео, но и снизит нагрузку трафика реального времени и позволит использовать более «легкий» трафик передачи данных.

Система, созданная для успешной передачи данных от отправителя к получателю, состоит из трех приложений (рис. 1):

- Windows-приложение (клиент-отправитель).
- Серверное приложение.
- Android-приложение (клиент-получатель).

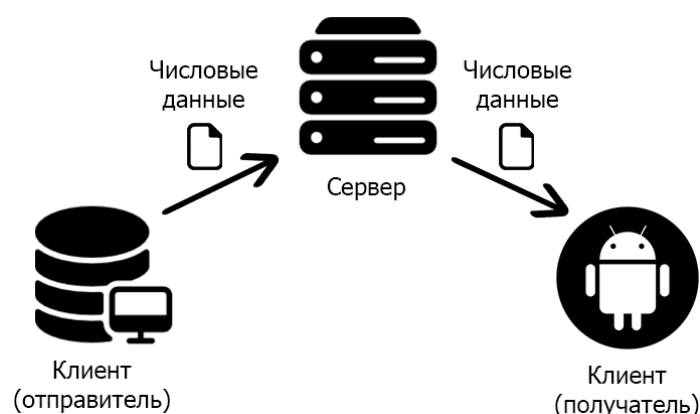


Рис. 1. Упрощённая сетевая архитектура

Технологии, использованные при разработке, позволяют Windows-приложению выступать одновременно клиентом и сервером, однако было принято решение реализовать сервер на отдельной вычислительной машине с выделенным IP-адресом. Подобное решение обеспечит безопасность данных пользователей и удобство подключения к публичному адресу, который не будет меняться.

1 Сбор данных

Сбор данных происходит в приложении на стороне отправителя. Для корректной работы приложения необходимы:

- Операционная система Windows.
- Доступ к сети интернет.
- Подключенный сенсорный контроллер Kinect.

Под сбором данных подразумевается считывание контрольных точек тела человека с помощью устройства Kinect и их дальнейшая обработка при помощи платформы Unity.

Kinect – сенсорный контроллер бесконтактного действия. Состоит из двух сенсоров глубины, цветной видеокамеры и микрофонной решетки. Программное обеспечение осуществляет полное 3-х мерное распознавание движений тела, мимики лица и голоса¹.

Датчик глубины состоит из инфракрасного проектора, объединенного с монохромной КМОП-матрицей, что позволяет датчику Kinect получать трёхмерное изображение при любом естественном освещении.

После успешного подключения к серверу и захвата камерой человеческого силуэта, в приложении появится модель, которая будет полностью повторять движения человека на стороне клиента-отправителя. Такой подход не только позволяет быстрее разрабатывать и тестировать приложение, но и даст возможность пользователю видеть корректно ли считываются контрольные точки (рис. 2) или же он вышел за пределы обзора камеры и сбор данных прервался.

¹ Технологии бесконтактного управления компьютером. URL: <https://clck.ru/32q5it> (дата обращения: 04.11.2022).

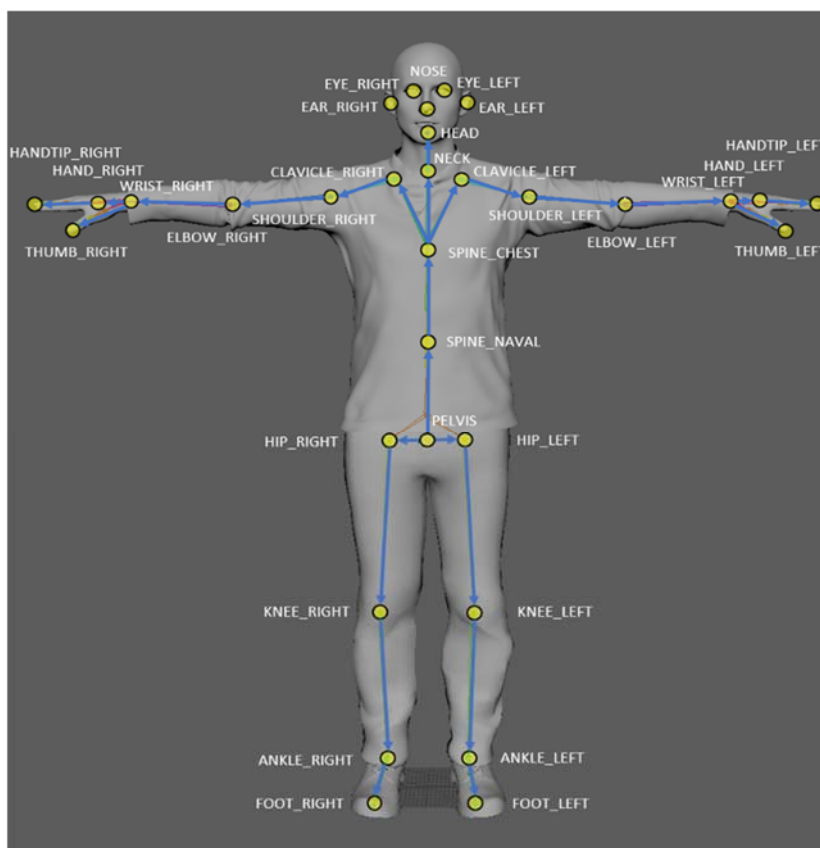


Рис. 2. Атлас контрольных точек на теле человека

Приложение постоянно передает информацию о последнем положении человека на сервер. Если клиент-отправитель выйдет из кадра, модель на экране пропадет, но обмен данными о её последнем местоположении с сервером продолжится.

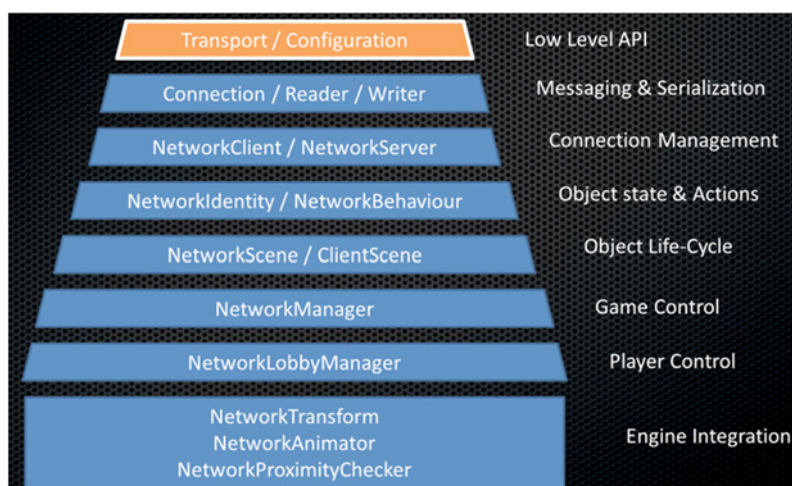
2 Передача данных

Передача данных происходит с **Windows приложения** через **Сервер** на **Android приложение**.

Для организации сети была использована технология Mirror, специально разработанной для работы с Unity.

Mirror — это система для создания многопользовательских возможностей на платформе Unity. Она реализована поверх транспортного уровня и выполняет множество общих задач, необходимых для организации многопользовательских приложений. Mirror является авторитарной системой сервера, это позволяет одному из участников быть клиентом и сервером одновременно, поэтому выделенный серверный процесс не требуется. Однако в рассматриваемом приложении реализована система клиент-сервер-клиент с сервером на отдельной машине (рис. 3)².

² Документация Mirror. URL: <https://mirror-networking.gitbook.io/docs> (дата обращения: 07.11.2022).

Рис. 3. Функциональные уровни Mirror³

Для передачи данных используется сетевой протокол KCP.

KCP — это быстрый и надежный протокол, который позволяет достичь снижение средней задержки на 30–40 % и уменьшение максимальной задержки в три раза за счет потери полосы пропускания на 10–20 % по сравнению с TCP. Он реализован с использованием линейного алгоритма и не отвечает за отправку и получение базового протокола (такого как UDP), требуя от пользователей определения режима передачи для базового пакета данных и предоставления его KCP протоколу в виде функции обратного вызова (рис. 4). Внешние параметры, такие как время, нужно передавать извне, без каких-либо внутренних системных вызовов, что позволяет KCP протоколу сосредоточиться только на выполнении своих непосредственных задач⁴.

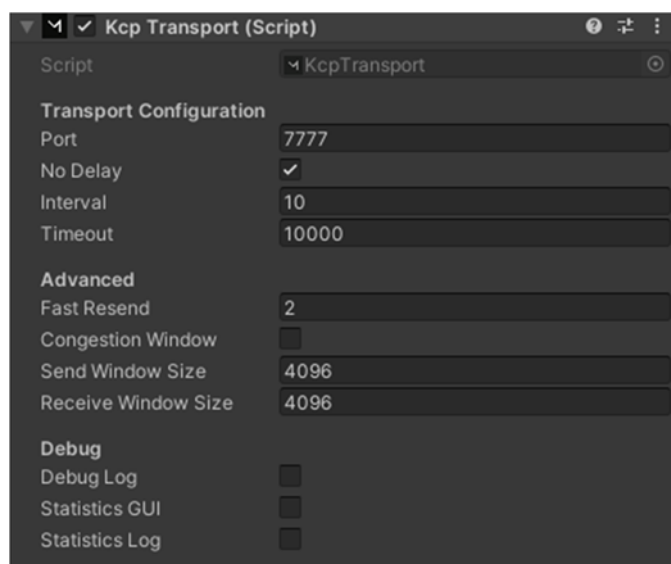


Рис. 4. Гибкая настройка протокола

Сетевой компонент в приложении клиента позволяет отправлять запросы на сервер. Первым идет запрос на создание комнаты, к которой подключается клиент-отправитель с ПК, а клиент-получатель со смартфона. Важно отметить, что в комнате может находиться только один источник данных (*Windows*-приложение) и сколько угодно получателей (*Android*-приложения). Данная комната располагается на сервере, что позволяет всем клиентам подключаться и отклю-

³ Документация Mirror. URL: <https://mirror-networking.gitbook.io/docs> (дата обращения: 07.11.2022).

⁴ Описание KCP протокола. URL: <https://clck.ru/32q5oW> (дата обращения: 08.11.2022).



чатся в любое время без возникновения ошибок. На сервере создается контейнер, в который Windows-приложение сможет заносить данные о координатах контрольных точек и из которого Android-приложение сможет получать эти координаты.

Передача координат тела клиента-отправителя, а не его непосредственной модели позволяет снять лишнюю нагрузку с сети и гибко настраивать отображаемую модель.

3 Визуализация на смартфоне

Визуализация контрольных точек происходит в Android приложении и реализована с помощью ARCore SDK.

ARCore – это платформа Google для создания дополненной реальности. Используя различные API, ARCore позволяет телефону получать данные о реальном мире и взаимодействовать с ними. Некоторые из API-интерфейсов доступны для Android и iOS, чтобы обеспечить совместное использование дополненной реальности (в данной работе используется только Android составляющая)⁵.

ARCore использует три ключевые возможности для интеграции виртуального контента с реальным миром, видимым через камеру телефона:

- Отслеживание своего положения в реальном мире.
- Сбор данных об окружающей среде.
- Оценка освещенности.

Технология отслеживания движения ARCore использует камеру телефона для определения контрольных точек, называемых функциями, и отслеживает, как они перемещаются с течением времени. Комбинируя движение точек и показания инерциальных датчиков телефона, ARCore определяет, как положение, так и ориентацию телефона при его перемещении в пространстве⁶.

Данные ARCore о реальном мире позволяют размещать объекты, аннотации или другую информацию таким образом, чтобы они легко интегрировались с реальным миром. Пользователь может перемещаться и рассматривать созданные объекты под любым углом, и, если он покинет комнату, объект не исчезнет, а будет стоять на своём месте.

Android приложение подключается к серверу по IP и, пользуясь камерой телефона, начинает сканировать плоскости вокруг пользователя. Через короткое время приложение распознает плоскость и начинает отрисовывать на ней круг для размещения объектов. При нажатии на экран появится модель с сетевым компонентом, который моментально начнет считывать данные с сервера и изменять положение модели в пространстве в соответствии с полученными данными.

⁵ Документация ARCore. URL: <https://developers.google.com/ar/develop> (дата обращения: 15.11.2022).

⁶ Как далеко продвинулась ARCore. URL: <https://russianblogs.com/article/89641480790/> (дата обращения: 16.11.2022).



Заключение

В статье описана система, осуществляющая синхронизацию контрольных точек тела человека и координат соответствующих точек у модели на экране телефона. Система состоит из трех частей: Windows-приложение, Серверное приложение, Android-приложение.

Подобные системы могут быть использованы для организации взаимодействия людей, требующего присутствия двух и более человек: учитель и ученики, корпоративные совещания, встречи и т. д., и позволяют значительно снизить требования к полосе пропускания сети за счет передачи не самого изображения или трехмерной модели, а только данных движения объекта.

К способам дальнейшего развития системы можно отнести перенос приложения принимающей стороны (в данный момент *Android*-приложение) на очки виртуальной реальности, что позволит отказаться от необходимости держать телефон в руках, расширение функциональности приложений-клиентов, добавление различных 3D моделей. Кроме того, важной задачей является реализация аналогичных методов для объектов, отличных от человека, что потребует разработки новых, более универсальных систем контрольных точек.

Научное исследование выполнено в ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича» в рамках мегагранта Минобрнауки по соглашению № 075-15-2022-1137.

Литература

1. Clemm A. et al. Toward truly immersive holographic-type communication: Challenges and solutions // IEEE Communications Magazine. 2020. V. 58. No. 1. pp. 93–99.
2. Выборнова А. И. Иммерсивные технологии в телекоммуникациях: обзор и перспективы // Информационные технологии и телекоммуникации. 2021. Т. 9. № 3. С. 1–10. DOI 10.31854/2307-1303-2021-2-9-3-1-10.
3. Cao C., Preda M., Zaharia T. 3D point cloud compression: A survey // The 24th International Conference on 3D Web Technology. 2019. pp. 1-9.

References

1. Clemm A. et al. Toward truly immersive holographic-type communication: Challenges and solutions // IEEE Communications Magazine. 2020. V. 58. No. 1. pp. 93–99.
2. Vybornova A. Immersive Telecommunications: a Survey and Future Development // Telecom IT. 2021. Vol. 9. Iss. 3. pp. 1–10. DOI 10.31854/2307-1303-2021-9-3-1-10.
3. Cao C., Preda M., Zaharia T. 3D point cloud compression: A survey // The 24th International Conference on 3D Web Technology. 2019. pp. 1-9.

Выборнова Анастасия Игоревна

кандидат технических наук, доцент кафедры Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, a.vybornova@spbsut.ru

Vybornova Anastasia I.

Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunications, a.vybornova@spbsut.ru

Свечников Даниил С.

студент Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, daniil2001sv@mail.ru

Svechnikov Daniil S.

student, The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunications, daniil2001sv@mail.ru