

АНАЛИЗ ИНТЕРНЕТА БУДУЩЕГО-ТАКТИЛЬНОГО ИНТЕРНЕТА

Алевтина Александровна Мурадова

ТУИТ имени Мухаммада аль-Хорезми, PhD, доцент кафедры

«Телекоммуникационный инжиниринг»

Email: a.muradova1982@inbox.ru

***Аннотация:** В статье представлены результаты анализа интернета будущего-тактильного интернета. Показаны основные технические характеристики тактильного интернета, используемого оборудования. Приведена структура тактильного интернета. Дано описание каждого оборудования.*

***Ключевые слова:** тактильный интернет, чувствительность, органы чувств, сети 5G и 6G, робототехника, электроника, виртуальная реальность, дополненная реальность, искусственный интеллект.*

***Abstract:** The article presents the results of an analysis of the Internet of the future - the tactile Internet. The main technical characteristics of the tactile Internet and the equipment used are shown. The structure of the tactile Internet is given. A description of each equipment is given.*

***Keywords:** tactile Internet, sensitivity, sense organs, 5G and 6G networks, robotics, electronics, virtual reality, augmented reality, artificial intelligence.*

***Annotatsiya:** Maqolada kelajak interneti - taktil Internet tahlili natijalari keltirilgan. Taktil Internetning asosiy texnik tavsiflari va foydalaniladigan uskunalari ko'rsatilgan. Taktil Internetning tuzilishi berilgan. Har bir uskunaning tavsifi berilgan.*

Kalit soʻzlar: taktil Internet, sezgirlik, sezgi organlari, 5G va 6G tarmoqlari, robototexnika, elektronika, virtual haqiqat, kengaytirilgan haqiqat, sunʼiy intellekt.

ВВЕДЕНИЕ

Тактильный интернет (Tactile Internet) - передача тактильных ощущений, прикосновений на любые расстояния с минимальной, практически не ощутимой задержкой. Новое качество таких услуг может обеспечить мобильная сеть пятого поколения 5G. Тактильный интернет способен передавать не только информацию, но и ощущения: прикосновение, перемещение, действие. Например, с его помощью можно учить рисовать, играть на музыкальных инструментах, делать удалённые хирургические операции т.е., всё, что требует навыков «мелкой моторики». Термин «тактильный интернет» был предложен в Дрезденском техническом университете. Тактильный интернет является следующей ступенью развития Интернета вещей [1-3], предполагающей передачу не только звуковых и видео данных, но и эквивалент человеческих прикосновений. Соответственно реализация данной идеи требует построения новых сетей, обеспечивающих подключение гораздо большего количества устройств и минимальные задержки. Такой сетью является сеть 5G. Реализация тактильного интернета включает в себя приложения из различных областей: робототехника, электроника, виртуальная реальность, дополненная реальность, искусственный интеллект и др. Характеристики сети: нулевые задержки - задержки менее 1 мс; надёжность - для выполнения критических задач (например, удаленная операция) недопустимы потери в сети, отказ оборудования и т.д.; высокая скорость передачи данных - более 10 Гбит/с; высокая плотность сети - поддержка подключения более 100 устройств на 1 кв.м.

ЛИТЕРАТУРА И МЕТОДОЛОГИЯ

Для воспроизведения ощущений предполагается наличие каких-либо устройств, находящихся в контакте с получателем, например, одежда (футболки, джемпера, брюки), аксессуары (перчатки), обувь, головные уборы, экзоскелеты или специальные устройства, представляемые собой тактильные дисплеи с крошечными приводами, которые приводят в движение подвижные элементы (иглы, штырьки). В электронной торговле - возможность потрогать и возможно примерить одежду или любой другой товар перед покупкой. Возможность потрогать древние экспонаты в музеях и на выставках, находящиеся в специальных контейнерах для защиты от внешнего микроклимата. Передача прикосновений (например, удары, выстрелы, столкновения и т.д.) в видеоиграх или просмотре фильмов. В области здравоохранения - это возможность удаленно проводить операции, осмотр пациентов, возможность прикоснуться к больным находящимся в реанимации или младенцам в инкубаторе. В промышленности - удаленное обслуживание оборудования, например, ремонт нестандартного устройства или машины. Дистанционное образование (например, обучение игре на музыкальных инструментах или живописи) [4].

В мобильных сетях шестого поколения (6G) должно произойти улучшение характеристик в 10–100 раз по сравнению с сетями 5G. В частности, станет возможным голографическое присутствие, которое позволит удаленным пользователям присутствовать в визуализированном пространстве. Как следствие, появится тактильный интернет. Такой информацией 3 октября 2023 года с TAdviser поделились в пресс-службе со ссылкой на слова специалистов Научно-технического центра. Ученые работают над созданием искусственного прикосновения путем внедрения датчиков в мягкие роботизированные структуры и наиболее чувствительных сенсорных датчиков. В это время датчики уже умеют воспроизводить силу и характер касания, различают различные материалы: металл, дерево, текстиль и т.д.

Уже созданы «тактильные кодеки», по аналогии со звуковыми и видеокодеками. Здесь возникает одна проблема: нужно передавать не только действие, но и противодействие предмета, на который действие направлено, причем очень быстро, в пределах тысячных долей секунды. И именно сеть 5G с её невероятным, по сравнению с сетями 4G, все ещё имеющими заметную задержку, быстродействием способна обеспечить такую мгновенную реакцию, однако, лишь в довольно ограниченных пространственных пределах. Даже свет, самое быстрое, что есть в природе, способен за 1 мс преодолеть лишь 50 км.

Как же, например, квалифицированный хирург из одного города будет делать удалённую операцию для пациента в другом городе? Задержка сигнала в этом случае может составить несколько десятков и даже сотен миллисекунд. Дело в том, что все наши действия, движения весьма и весьма похожи, и склонны к многократному повторению, что объясняется ограничениями анатомии тела человека. Поэтому, можно создать программно-аппаратные «предсказательные движки» (Predictive engine), которые по начальному положению руки и едва начавшемуся движению вычисляют, каким будет дальнейшее движение, и примерно в какой точке оно завершится. Кроме того, можно передавать не все пространственные координаты руки или инструмента, а только лишь их изменения. Все это значительно повышает быстроту передачи действия и реакции [5]. Здесь видно, зачем нужна плотно распределённая сетевая ткань (fabric) в 5G, которая обеспечивает не только сетевые, но и вычислительные ресурсы по всему пространству сети.

Тактильный интернет делят на: Ведущий домен - человек-оператор и интерфейс в роли которого экзоскелет, тактильная перчатка. В случае взаимодействия между собой пользователей в костюмах телеприсутствия оба домена (ведущий домен, ведомый домен) являются ведущими доменами. Ведомый домен - управляемый робот (аватар) или его аналог (аватар виртуальной среды) в виртуальной среде. Сетевой домен - интернет-сайт связывающий Ведущий, Ведомый домены. Бессерверная обратная связь

обеспечивает минимальную задержку обратной связи. Тактильный интернет в полнофункциональной форме - сетевой домен соединяет интернетом костюм телеприсутствия (костюм виртуальной реальности) с аватаром-андроидом (аватаром виртуальной реальности) [6].

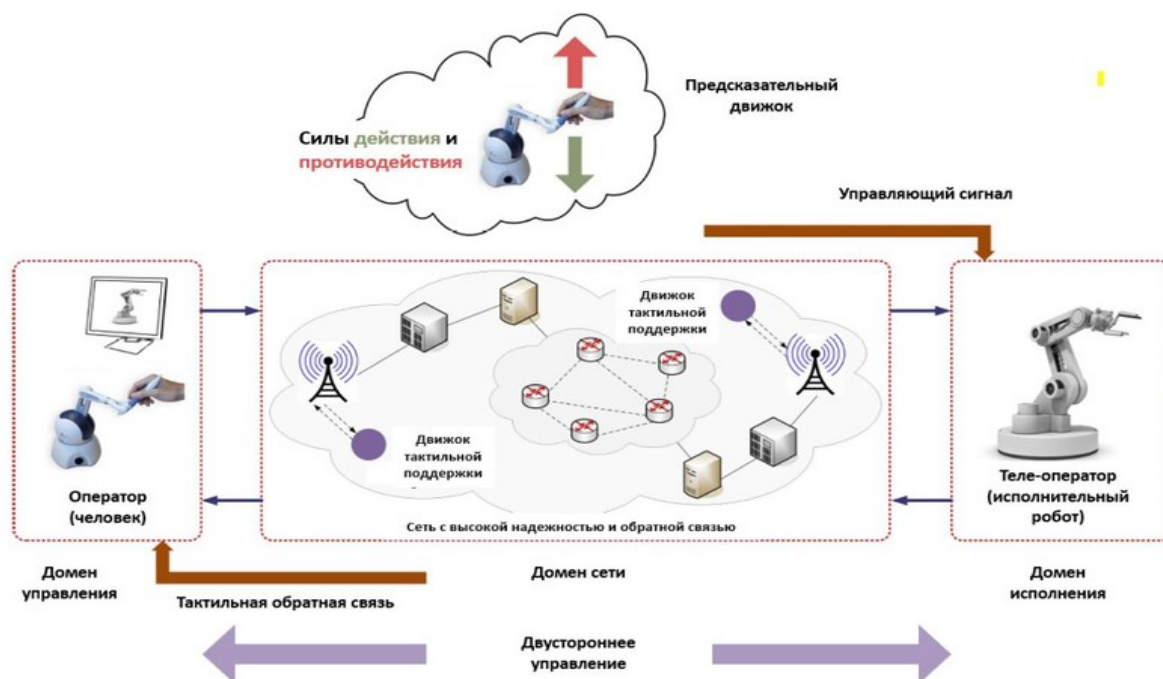


Рис.1. Структура тактильного интернета

РЕЗУЛЬТАТЫ

При использовании в Тактильном интернете костюмов виртуальной реальности с аватарами виртуальной реальности возможно одновременное участие миллиардов интернет-пользователей в роли аватаров Метавселенной в общей для них всех интернет-игре типа Звездные войны. Подобные сценарии развития Тактильного интернета приведут к тому, что оборот денег Метавселенных от собственников (Facebook, Microsoft, Epic Game, Pokemon Go, Google) сетевых доменов Тактильного интернета в разы превысит оборот денег реальной (нецифровой) мировой экономики. Тактильный интернет Метавселенной создаст новые отрасли, профессии, рынки, сферы услуг, навыки.

Идет стандартизация протокола Тактильного интернета, чтобы пользователь смог, не меняя интерфейс Тактильного интернета, переходить с

одной Мета вселенной в другую с своей виртуальной частной собственностью. Предполагается объединение протокола Тактильного интернета с Интернетом Вещей. Функциональность протоколов Тактильного интернета пока сильно ограничена из-за отсутствия коммерческого образца костюма виртуальной реальности с силовой (силомоментной) обратной связью [7-9].

Протокол Тактильного интернета прогнозом движений оператора на приемной (ведомый домен) стороне уменьшит задержку тактильной обратной связи. Чем больше тактильное разрешение матриц тактильных пикселей и число их пикселей, тем больше допустимая задержка тактильной обратной связи. Тактильный интернет включает в себя тактильную обратную связь, силовую (силомоментную) обратную связь, канал звука, канал стереокамер. Тактильный интернет позволит, не выходя из дома при покупке одежды примерить её на своё тело, потрогать руками товар в цифровом супермаркете [10].

Тактильная обратная связь передает по цифровой линии связи сканируемое с каждой точки поверхности аватара через экзоскелетный интерфейс на аналогичный участок кожи человека действие: силы (давления) на кожу человека. Уровни силы (давления) передает на кожу человека матрица пропорциональных датчиков силы (давления) - тактильная матрица давления. Температуры на кожу человека. Температуру на кожу человека передает матрица датчиков температуры - тактильная матрица температуры. Теплового потока на кожу человека. Тепловой поток на кожу человека передает матрица датчиков теплового потока - тактильная матрица теплового потока. Действие на кожу человека тактильной матрицы теплового потока отличается от действия на кожу человека тактильной матрицы температуры тем, что позволяет человеку на ощупь отличить теплопроводный материал (металл, вода) от нетеплопроводного материала (дерево). Металл не меняет своей температуры после контакта с кожей, тогда как, например дерево после контакта с кожей быстро нагревается. По скорости нагрева кожи, по цифре теплового потока и

его знаку (направление потока) мозг человека различает металл от пластмассы, пластмассу от дерева. Тактильная матрица датчиков температуры может заменить тактильную матрицу теплового потока при температурах заметно ниже температуры тела человека. При температурах близких к температуре тела человека или выше её, без измерения теплового потока на ощупь материалы не различимы без тактильной матрицы теплового потока. Средой Тактильного интернета будет мобильная связь 5G и 6G.

ОБСУЖДЕНИЕ

Тактильный Интернет - потенциальная развивающаяся технология, которая сыграет решающую роль в улучшении взаимодействия органов чувств человека с машинами. Он позволит передавать ощущения прикосновения на расстоянии. Ожидается, что тактильный Интернет станет новым подходом в общении между человеком и машиной путем перехода от доставки контента к доставке набора чувств. Основным приложением, поддерживаемым этой системой, будет тактильная связь в реальном времени на базе сотовой сети 5G и 6G. Это будет революция в области информационных и коммуникационных технологий с широким применением во многих областях. Построение Тактильной Интернет-системы можно рассматривать как ведущую и ведомую части, соединенные через огромную инфраструктуру оптоволоконных кабелей и сетевых элементов. Построение Тактильной Интернет-системы можно рассматривать как ведущую и ведомую части, соединенные через огромную инфраструктуру оптоволоконных кабелей и сетевых элементов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Тактильная интернет-система требует высокой доступности и надежности, а также сверхмалой задержки. Это накладывает большие ограничения на компоненты системы с точки зрения контекста, контента и мобильности, поскольку взаимодействие с высокой точностью при передаче ощущений

прикосновения из одного места в другое возможно только в том случае, если задержка связи между пользователями и виртуальной реальности не превышает миллисекунды (сквозная задержка должна быть меньше времени реакции человека). В течение этой миллисекунды движения пользователей должны быть переданы на сервер виртуальной реальности, где происходит физическое моделирование, а результат вернется к пользователям в виде обновлений статуса объекта и тактильной обратной связи. С этой точки зрения даже проводной связи может быть недостаточно для удаленных пользователей. Чтобы человек мог дотронуться до чего-то или кого-то удаленно с помощью Тактильного Интернета, пользователь должен надеть высокочувствительную перчатку, взять стилус или другое тактильное устройство, которое может передать ощущение прикосновения пользователю. С другой стороны, исполнительное устройство, такое как роботизированный аватар, имитирует движения человека-оператора и формирует обратную связь касания с помощью тактильных датчиков.

Тактильная связь и сенсорные приложения однозначно будут в основе технологии 6G и «индустрии 5.0», которые основаны на технологиях следующего поколения, направленных на улучшение взаимодействия и сотрудничества между человечеством и машинами. Для достижения этой цели новая технология использует глубокое обучение, обеспечивающее повышение надежности и сокращение времени ожидания для оптимизации связи.

Все человеческие чувства могут взаимодействовать с машинами, и потенциал технологий в этом отношении растет. Тактильный Интернет обеспечит не только визуальную обратную связь, но и тактильное взаимодействие с техническими системами, поддерживающими аудиовизуальное взаимодействие, а также с роботизированными системами, которыми можно управлять с незаметной задержкой по времени. Тактильный Интернет откроет возможности для непредвиденного разнообразия новых приложений. Это даст людям и машинам возможность сотрудничать со своим

окружением, благодаря чему пользователи могут быть мобильными. Тактильный Интернет превратится в главную движущую силу экономики и станет платформой для управления и мониторинга реальных и виртуальных объектов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мурадова, А.А. (2023). Надежность и безопасность интернет вещей, *Multidisciplinary Scientific Journal SCHOLAR*, Vol.1,27, 109-117.
2. Мурадова, А.А. (2023). Вызовы и будущие тенденции надежного интернет вещей. *Multidisciplinary Scientific Journal SCHOLAR*, Vol.1,29, 55–65.
3. Мурадова, А.А. (2023). Базовые шаги защиты интернета вещей. *Multidisciplinary Scientific Journal SCHOLAR*, Vol.1,31, 71-76.
4. Muradova, A.A. (2023). Blockchain to improve the internet of things. "International Conference on Research in Humanities, Applied Sciences and Education". Dubai, U.A.E. November 30-th.
5. Тихвинский, В.О. (2015). Возможности технологии 5G для создания сетей широкополосного беспроводного доступа в малых и средних населенных пунктах. *Региональный семинар «Оптимальные решения по обеспечению широкополосного доступа в малых и средних населенных пунктах»* г. Москва, Российская Федерация.
6. Довгаль, В.А. (2018). Интернет Вещей: концепция, приложения и задачи. *Ежеквартальный рецензируемый, реферируемый научный журнал «Вестник АГУ»*. №1 (216).
7. Боккарди, Ф., Лозано, А., Марцетта, Т., & Поповски, П. (2016). Пять прорывных технологий 5G. *Беспроводные технологии*. №4.
8. Кузнецов, К.А., Мутханна, А.С. А., & Кучерявый, А.Е. (2019). Тактильный Интернет и его приложения. *Информационные технологии и телекоммуникации*. Том 7. № 2.
9. Полевич, С.С., & Симонина О.А. (2020). Алгоритмы выделения канального ресурса в гетерогенной сети радиодоступа нового поколения. *Труды учебных заведений связи*. Т. 6. № 3.
10. Тихвинский, В. О., & Бочечка, Г. С. (2014). Перспективы сетей 5G и требования к качеству их обслуживания. *«Электросвязь»*. № 11.