

# Миллиард за «потрогать»



**Александр ГОЛЫШКО,**  
к. т. н., ведущий аналитик  
АО «НПО РусБИТех»

Сейчас мы можем общаться только с помощью аудио и видео, но мы не можем касаться объектов и перемещать их. Однако это станет возможным благодаря объединению периферийных вычислений, робототехники, ИИ, дополненной реальности и коммуникаций 6G. Интернет следующего поколения сделает коллективными навыки точно так же, как интернет сделал коллективной информацию.

Иначе говоря, наш «исполнин духа», а точнее, его представители из индустрии мобильной связи, решили в очередной раз подтолкнуть планетарную эволюцию с помощью новых технологий, создавая параллельную реальность для человека, соединив все существующее каналами связи. Собственно, и человека уже скоро можно будет определять

Представители индустрии мобильной связи, ведущие разработки шестого поколения последней, утверждают, что сети 6G сотрут границы между цифровым и физическим мирами, а также с их человеческим восприятием. И это станет могучим толчком к пробуждению сверхчувственных переживаний, если кому-то, как всегда, чего-то не хватает. Попутно человечество войдет в эпоху Интернета всего (Internet of Everything, IoE), когда все существующее – от мизерного датчика какой-либо физической величины или нейроимпланта до целого завода и от робота-андроида до исполина духа и вершины эволюции – будет непрерывно коммуницировать друг с другом, причем не без участия искусственного интеллекта (ИИ), так или иначе присутствующего во всех участниках указанного процесса.

как робота биологического типа, являющегося венцом исторической, вернее, технологической эволюции. Да и вместо этого человеко-робота можно будет использовать его виртуальную голографическую модель, которой можно запросто пожать руку благодаря установлению тактильных связей для имитации прикосновения посредством сети 6G. В общем, сети 6G предназначены отнюдь не только для перемещения контента.

Чтобы построить беспроводную сенсорную сеть для дистанционной сенсорной передачи, ученые разработали электронную кожу считывания/воспроизведения тактильных ощущений. Благодаря встроенному массиву беспроводных тактильных датчиков и тактильной обратной связи в электронной коже ощущение прикосновения может быть синхронизировано и передано непосредственно с одного устройства на другое.

Ожидается, что в XXI веке настоящий рост производства «Индустрии 4.0» начнется тогда, когда сперва в средствах связи (как же без этого), а затем в здравоохранении и образовании услуги будут трансформированы в такие изделия, которые ввиду того, что к ним перешли функции, прежде выполняемые людьми, можно назвать объектами. Объект, машина, инструмент, оборудование – здесь трудно подобрать слово, которое точно передавало бы смысл нового индустриального общества. Благодаря компьютеру все больше и больше объектов будущего приобретет способность двигаться, разговаривать, работать. Тогда они будут больше похожи на машины и инструменты. Все эти объекты превратятся в продолжение органов чувств человека, функций его организма.

Казалось бы, вторгаясь в жизнь человечества, указанные объекты несут целую вселенную товаров, которые, на первый взгляд,

находятся в полном беспорядке и не связаны друг с другом. Но на самом деле они объединены одним направляющим принципом – так или иначе все они созданы для манипуляции информацией – образами, формами, звуками, прикосновениями. Причем делают это на громадных скоростях, трансформируют услуги, оказываемые вам другими людьми, в предметы, одновременно полезные и портативные, производимые в ходе индустриального процесса.

Прогнозы на 2020-е гг. говорили нам, что будут созданы и найдут практическое применение многие сервисы, основанные на киберфизическом слиянии, а в 2030-х возникнет потребность в еще более совершенных системах такого рода. Передача и обработка – фактически в отсутствие задержек – значительного объема информации между цифровым и физическим пространствами позволят организовать более тесное сопряжение этих областей. Так что в конечном итоге киберпространство и физическая реальность сольются в единую среду без каких бы то ни было «зазоров».

Для человека интерфейсами киберфизического слияния станут носимые гаджеты или размещаемые внутри тела высокотехнологичные микроустройства на манер нейроимплантов (намедни они уже заработали). Люди станут взаимодействовать не через киберпространство (как совокупность каналов передачи данных) с объектами реального мира, а с самим киберпространством. То есть со средой, органично интегрирующей полностью адекватные действительности цифровые двойники этих объектов: транспортных систем, строительного оборудования, станков, камер видеонаблюдения, различных датчиков. Такое взаимодействие будет обеспечивать безопасность, решать социальные проблемы и поддерживать благополучную жизнь людей.

Детали на данный момент не имеют значения: понятно,

что, если такого рода слияние цифрового и реального миров действительно сможет быть реализовано, по силе притягательности и практической выгоде оно окажется сопоставимым с самим появлением мобильной связи, освободившим человека от привязки к стационарному телефону (а позже и компьютеру) как к средству коммуникации. Достаточно только представить, какими станут VR-игры, онлайн-совещания или концерты с эффектом присутствия, спортивные состязания, приложения для знакомств и пр. с дополнениями тактильных ощущений. Причем многое будет впервые, и новые ощущения надо еще придумать.

---

## Киберпространство и физическая реальность сольются в единую среду без каких бы то ни было «зазоров».

---

Следует подчеркнуть, что принцип киберфизического слияния подразумевает действительно неразрывную связь между реальным объектом и его цифровым двойником. В наши дни эта связь опосредована: вследствие того, что каналы обмена данными не всегда достаточно широки, а задержки при распространении сигнала значительны, невозможно облепить, если можно так выразиться, некий объект (и тем более сложную многосоставную систему) таким количеством датчиков и актуаторов, чтобы его цифровая копия в любой момент времени оказывалась абсолютно адекватной его реальному состоянию. В сетях 6G предстоит сделать это невозможное возможным.

Стандарты 6G разрабатываются с расчетом на то, чтобы сделать эту сказку былью. Удастся ли воплотить столь амбициозную задачу в реальности – всего-то через семь лет – покажет время

и, конечно, успех разработки такой экономической модели предоставления мобильных сервисов шестого поколения, которая сделает для операторов мобильной связи максимально выгодным внедрение соответствующих сетей. Ясно, однако, что если все перечисленное получится реализовать, мир вокруг нас перестанет быть прежним – по крайней мере, мир в пределах зон покрытия 6G.

Вы спросите: кому нужна, к примеру, передача тактильных ощущений? На сей счет существует много предположений и даже вероятных бизнес-моделей. Прежде всего, с помощью сетей 6G создается «голографическое общество высокой точности»,

в котором голографическое присутствие позволит удаленным пользователям существовать в визуализированном пространстве. Например, это могут быть технические специалисты, осуществляющие удаленный ремонт и устранение неисправностей, врачи, выполняющие удаленные операции, или лекторы, проводящие дистанционное обучение. Потенциально все они могут извлечь выгоду из воспроизведения голографического изображения.

Как предсказывают футурологи, в скором времени мнение человека перестанет быть важным, потому что многое будут решать машины, вооруженные ИИ. В определенный момент, получив приглашение на сеанс видеоконференцсвязи, вы не сможете отличить реальных собеседников от их виртуальных копий, которым можно будет без труда пожать руки даже во время какой-нибудь эпидемии. Впрочем,

в корпоративных коммуникациях самое важное – отнюдь не прикосновения, поэтому они могут восприниматься как лишние затраты.

Различные сенсорные ощущения, создаваемые специализированными исполнительными устройствами, могут быть объединены с голограммами, реализуя тактильный функционал сети 6G. Например, использование голограмм в качестве средства коммуникации в мобильных устройствах совместно с функцией распознавания эмоций позволит контролировать психическое здоровье абонентов и будет способствовать социальному общению. Применительно к другим аспектам здоровья тактильные возможности сети 6G можно было бы использовать

и размещена в интернете виртуальная личность женского пола, на которую подписались сотни тысяч людей, они проявляли интерес и верили в реальность. Он/она будут внешне прекрасны, строить с вами увлекательный диалог, отвечать всем взглядам об идеале мира и личности. Можно также создать даже улучшенного самого себя, чтобы всегда иметь возможность поговорить с умным человеком. Хотите побеседовать с кем-нибудь повыше – вплоть до руководителей государств? Нейросеть также предоставит такую возможность, проанализировав огромные массивы информации о запросах населения и сгенерировав комплект идей для их удовлетворения.

представителя цифрового класса с его оригинальными (и во многом дистанционными) анализами и пропустив результат сравнения через цифровую платформу с искусственным интеллектом, можно быстрее поставить диагноз и вылечить или немного подкорректировать состояние его физического хозяина.

Владелец социальной сети Meta (считается в РФ экстремистской организацией) Марк Цукерберг позиционировал ее как виртуальную метавселенную, куда со временем перейдут миллионы пользователей со всего мира. Зачем им это? К примеру, реальный мир и населяющие его люди превратятся в нечто ужасное (что, собственно, и можно наблюдать в целом ряде стран), куда, мол, не захочется возвращаться. Ну а в метавселенной все хорошо, Meta в настоящее время является лидером на рынке виртуальной реальности, а продажи ее гарнитур Quest занимают подавляющую часть рынка США, согласно данным исследовательской компании Circana. Несмотря на то, что объем реализации гарнитур виртуальной реальности и очков дополненной реальности в США упал в 2023 г. почти на 40% по сравнению с 2022 г., Meta надеется, что гарнитура Quest 3 вдохновит разработчиков на создание привлекательных приложений и игр, использующих так называемую функцию сквозного доступа устройства, что позволит создавать впечатления дополненной реальности, сочетая цифровую графику с реальным опытом. Как нельзя кстати будет и передача тактильных ощущений от сетей 6G, поверх которых придут обитателям метавселенной и все остальные обещанные цифровые удовольствия.

Вот уже первый пациент с имплантом от Neuralink смог силой мысли управлять компьютерной мышью и полностью восстановился после операции. Об этом заявил основатель стартапа Илон Маск, который отметил, что пациент перемещал курсор мыши по экрану, просто думая об этом.

## Различные сенсорные ощущения могут быть объединены с голограммами, реализуя тактильный функционал сети 6G.

не только при дистанционной постановке диагноза, но теоретически даже при проведении хирургических операций. Вряд ли это будет целесообразным при удалении зубов, но речь о более серьезных операциях с дистанционным и притом непосредственным участием авторитетного хирурга. Основной проблемой, которую необходимо будет решить применительно к хирургии, – QoS в части скорости передачи данных и, главное, задержки. Чисто коммуникационные проблемы с сетевым каналом связи могут стать фатальными для пациента.

Что касается частной жизни, то знакомства в чате приобретут качественные изменения. А вмешательство ИИ в процедуру подбора партнера кардинально изменит сам процесс. Нейросеть создаст его прекрасным и удивительным. Уже была создана

Вот в Китае все больше девушек «заводят отношения» с виртуальными мужчинами с помощью чат-бота с ИИ. Так они создают парней своей мечты и проводят с ними все больше времени. Ожидается, что вскоре данный тренд наберет силу во многих регионах мира. Без сомнения, дополнение данной сферы отношений голографией и тактильными способностями произойдет автоматически при первом же появлении такой технологической возможности.

Дальнейшие мечты творцов цифрового мира после создания цифровых двойников всего сущего – полностью оцифровать человека, создав его аватар и переместив в базу данных о нем абсолютно все, включая геном. Разумеется, это будет сделано с благими целями и во имя всего прогрессивного человечества. Например, сравнив аватар типичного

Напомним, что в конце января компания Илона Маска Neuralink впервые в мире вживила имплант Telepathy в человеческий мозг. Разработчики утверждают, что он поможет человеку силой мысли, телепатически, управлять телефоном или компьютером. Остается добавить, что теперь силой мысли можно прикоснуться к собеседнику, и он это почувствует.

Однажды старший вице-президент компании Intel Раджа Кодури в своем блоге на сайте компании написал, что именно метавселенная, этакая цифровая среда, сотканная из виртуальной и дополненной реальностей (VR/AR), неотличимых от обычной, станет следующим шагом после интернета. Правда, создание виртуальной и дополненной реальности одновременно для миллиардов людей потребует существенно большей мощности, чем есть сегодня. Зато теперь появилось место, куда, наконец-то, можно переселить всю эту уставшую и разуверившуюся молодежь. Ведь она не перестала быть цифровой и не вышла из интернета. В метавселенной люди смогут взаимодействовать и общаться так же, как в обычной реальности, но только в цифровом виде. Им будет чем заняться в метавселенной. И времени хватит. К тому же кое-кто уже давно предсказывал формирующемуся цифровому классу обретение в компьютерной среде цифрового бессмертия. Уже сегодня компьютерная анимация в фильмах и видеоиграх почти неотличима от реальных видеоматериалов, а технологии виртуальной VR/AR стремительно развиваются. Пандемия коронавирусной инфекции только ускорила развитие подобных технологий. Почему бы немного не доработать их до полного, так сказать, соответствия реальности. Соответствующий антураж для той реальности создать тоже будет кому.

Чтобы поместить человека в полностью виртуальную среду, нужно создать его убедительные цифровые образы с реалистичной одеждой, волосами, оттенками



кожи, осанкой и реалистичными прикосновениями – все это должно отображаться в реальном времени и постоянно синхронизироваться с множеством датчиков, следящих за объектами реального мира. Причем это будет нужно не для двух людей, а для сотен миллионов пользователей одновременно. Как минимум существующих вычислительных мощностей, сетевой инфраструктуры и средств для хранения данных попросту недостаточно, чтобы все это реализовать. Будут нужны вычислительные возможности на несколько порядков более мощные – в 1000 раз по сравнению с текущим уровнем.

«Мы верим, что мечта о предоставлении вычислительной мощности в один петафлопс (10<sup>15</sup> операций в секунду) и одного петабайта (1 млн Гб) данных в миллисекунду каждому человеку на планете вполне достижима», – оптимистично закончил свои размышления Раджа Кодури. По сути, один из топ-менеджеров Intel говорит о создании подобия «матрицы» в реальном мире и сетует при этом, что пока это, к сожалению, невозможно. Важно понимать, что он не просто делится личным мнением, он говорит о направлении развития такой крупной ИТ-компании, как Intel. Тем самым прогнозируется будущее для всего

человечества, поскольку вслед за Intel и Meta пойдут и остальные творцы «цифрового мира». И сделают всем нам «красиво», направив на реализацию всей этой «красоты» гигантские (если не сказать фантастические) вычислительные мощности, которые еще предстоит создать за деньги, которые только предстоит всем нам заработать. В остальном все хорошо...

Исследования беспроводных систем 6G в настоящее время находятся в центре внимания большого количества публикаций в журналах и конференциях, основных докладов и панельных дискуссий на ведущих конференциях/семинарах, а также рабочих групп органов по стандартизации, в частности, Международного союза электросвязи. Для подавляющего большинства подобных исследований объем работ варьируется от характеристики потенциальных вариантов использования 6G и определения их требований до анализа возможных решений, например, для физического стека взаимодействия открытых систем (OSI).

В международных профильных организациях, включая Международный союз электросвязи (МСЭ), продолжается обсуждение новых вариантов использования тактильного интернета, которое



классифицируется по пяти кластерам: «Здравоохранение 4.0», «Промышленность 4.0», «Интеллектуальное автомобилестроение» и «Сравнительное вождение и телеоперации». Важно понять соответствующие критические технические требования к QoS и QoE, где QoE (Quality of Experience) – программный компонент, предназначенный для сбора и анализа статистических данных, по которым оценивается качество предоставляемых услуг с точки зрения абонента, его восприятия от пользования услугами оператора связи. При этом подробно обсуждаются основные проблемы тактильного интернета, включая непосредственно тактильные, а также интеллектуальные, коммуникационные и вычислительные, которые необходимо решить

редизайн или значительное сокращение транспортной архитектуры как основного источника задержки для чувствительных ко времени приложений. Это резко контрастирует с существующими иерархическими сетевыми архитектурами, которые не подходят для реализации многих ожидаемых услуг 6G. Сегодня известны три примера архитектурных инноваций 6G.

Сети 6G будут сосредоточены в основном на границе сети. Каким бы мощным ни было центральное облако и большие ЦОД, а информация преимущественно будет обрабатываться на границе сети (Edge Computing). Так что тренд граничных вычислений будет определяющим в том, как полностью раскрыть потенциал 6G хотя бы в части передачи тактильного взаимодействия.

можно будет не только посмотреть со всех сторон, но и потрогать и переместить объект в виртуальном пространстве. Однако 6G – это еще не телепортация, для реализации которой человечество пока слабовато в понимании физической основы мира.

Что касается голограмм, то скорости для их передачи необходимы очень высокие (по крайней мере, на сегодняшний день). Помимо стандартных свойств видео, таких как цвет, глубина, разрешение и частота кадров, голографические изображения потребуют передачи с нескольких точек обзора, чтобы учесть изменение наклона, углов и положений наблюдателя относительно голограммы. В качестве чисто технического откровения приведем такой пример: если человеческое тело нанесено на карту размерами 10×10 см, то человеку ростом 190 см для функционирования его голограммы может потребоваться скорость передачи 4,32 Тбит/с. Разумеется, это не только значительно больше, чем могут предоставить современные сети 5G, но даже значительно больше, чем вообще мы можем себе представить. Остается добавить, что данный ресурс нужно будет еще и оплатить.

С выходом 6G, ориентированным на терагерцовые частоты, возникнут проблемы при создании нового оборудования. Для более «быстрых» устройств потребуются более совершенные полупроводниковые технологии, а также эффективные технологии энергопотребления. Впрочем, есть ощущение, что все это однажды появится, вопрос времени. Важно другое – как мы этим воспользуемся. Вряд ли все это только для того, чтобы потрогать что-нибудь, вложив в разработку многие миллиарды инвестиций.

Кстати, а почему бы ИИ сразу не сгенерировать кастомизированные тактильные ощущения на приемной стороне в рамках генерации каких-нибудь виртуальных псевдотактильных ощущений? Во всяком случае, это еще одна тема для размышления. ■

## Будут нужны вычислительные возможности на несколько порядков более мощные – в 1000 раз по сравнению с текущим уровнем.

для предоставления услуг тактильных ощущений.

Изложенному выше отведено много места для понимания, для чего будут нужны сети мобильной связи очередного поколения, а не для новых радиочастот, новых модуляций и новых архитектур, потому что очевидно, какие огромные ресурсы и усилия разработчиков для этого понадобятся.

В целом экосистема 6G будет иметь широкий диапазон частотных диапазонов – от менее 6 ГГц до 1 ТГц. Разумеется, сегодня существуют физические ограничения, которые необходимо преодолеть для реализации рабочих систем в указанных диапазонах. В настоящее время обсуждаются фундаментальные изменения, которые потребуются в базовых сетях будущего, такие как

Сети 6G будут более открытыми, их открытая архитектура будет способна эффективно, по требованию, менять модули в радиосети (и даже другие вышестоящие уровни, например, транспортный) так, как это нужно для наиболее эффективного предоставления услуги.

Сеть 6G будет более «расширенной» (shared), т. е. доступ к ее сервисам, услугам, приложениям будет более свободным, а инфраструктура, как и спектр беспроводных сетей доступа 6G, динамически «нарезаться», чтобы облегчить формирование приложения из нескольких модулей и снизить стоимость развертывания и обслуживания инфраструктуры.

Разумеется, мы ждем воплощения 3D-визуализации, которая была обыграна в фантастических фильмах. Причем эту картинку