

УДК 004.738.2.

КВАНТОВАЯ ТЕЛЕПОРТАЦИЯ КАК СПОСОБ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ

Морковкин Е.А.

Хакасский технический институт – филиал ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет» (Республика Хакасия, г. Абакан, ул. Щетинкина, 27), e-mail: khti@khakassia.ru

Квантовая теория допускает существование феномена квантовой телепортации. Рассмотрены отличия в понятиях телепортация и квантовая телепортация. В данной работе изучены исторические аспекты возникновения квантовой теории передачи информации и проблемы ее реализации, приведены сведения о проведенных успешных экспериментах по квантовой телепортации. Квантовая телепортация - это процесс переноса, особенностью которого является разрушение квантового состояния в одной пространственно-временной точке и появление абсолютно такого же состояния в другой точке пространства-времени. Так получается связанное состояние системы, состоящей из подсистем, разнесенных в пространстве. Представлены преимущества и недостатки этого нового перспективного метода передачи и обработки данных. В качестве основных практических применений явления квантовой телепортации в информационных и коммуникационных технологиях можно назвать направление обеспечения защиты компьютерной информации. В результате изучения литературы и интернет-источников убедительно доказано, что квантовая криптография является одной из междисциплинарных, и наиболее быстро растущих, областей применения квантовой физики, теории вероятности, и математической статистики, комбинаторики, методов математического и имитационного моделирования, хотя и не гарантирует абсолютной надежности.

Ключевые слова: квантовая телепортация, квантовая механика, защита информации, квантовая информатика, передача данных.

QUANTUM TELEPORTATION AS THE MEANS OF CONVEYING INFORMATION

Morkovkin E.A

Khakas Technical Institute – the Branch of SFU (Abakan, Shchetinkina st., 27), e-mail: khti@khakassia.ru

Quantum theory allows for the existence of the phenomenon of quantum teleportation. Quantum teleportation - this transfer process, a feature of which is to destroy the quantum state in one space-time point and the appearance of the other. Thus, you can get a bound state of a system consisting of subsystems, far distant. In this paper, a detailed study of the historical aspects of occurrence of the quantum theory of information transmission and problems of its implementation, given comprehensive information about the conducted successful experiments on quantum teleportation. Presents the advantages and disadvantages of this new promising method of data transmission. As the main practical applications of the phenomenon of quantum teleportation in information technology, can be called the direction of protection of computer information. As a result of studying more than a dozen sources convincingly demonstrated that quantum cryptography is one of the fastest growing application areas of quantum physics, because although it does not guarantee the reliability of the absolute, but provides mandatory notification attempt to intercept messages.

TheKeyWords: quantum teleportation, quantum mechanics, the protection of information, quantum computing, data transmission.

Квантовая телепортация – одно из особо увлекательных и феноменальных проявлений квантовой природы, пробуждающее в последние годы большую заинтересованность профессионалов и широкой публики. Слово телепортация заимствовано из научной

фантастики, но обширно применяется и в современной научной литературе.

Телепортация, как способность перемещения материальных объектов, и живых и не живых, – это явление, которое может изменить направление развития цивилизации. Телепортация изменила бы принципы и правила ведения войн. Система транспорта (автомобили и дороги, корабли и морские пути, самолеты и авиалинии, поезда и железнодорожные пути) и многочисленные отрасли экономики и промышленности с ними связанные устарели бы; мы могли бы просто телепортироваться из дома на работу и мгновенно перемещать грузы и товары в нужное место. Переезд или перелет в отпуск перестал бы быть проблемой – мы легко телепортировались бы прямо к месту отдыха, телепортация изменила бы все.

Самые ранние упоминания о возможности такого рода перемещений обнаружены в религиозных текстах, например, место о деяниях апостолов Нового Завета предполагает, телепортацию Филиппа из Газы в Азот [2].

Термин «телепортация» введен в 1931 г. американским писателем Чарльзом Фортом с целью отображения необычных исчезновений и возникновений, паранормальных явлений, которые, согласно его взгляду, имели что-то общее [2].

Телепортация – это результат быстрого перемещения вещи или тела на любую дистанцию, когда они исчезают в исходном месте и возникают в конечном. Хотя были открыты несколько видов телепортации (пси-телепортация, гротовые норы, дырочная телепортация), всемирное признание получила только квантовая телепортация [2].

Почему телепортация в этом смысле невозможна?

Прежде всего, потому, что процесс обработки данных и их расшифровки занимает неизмеримо большее время, чем тысячные доли секунды, в которые сохраняется связь между точкой сборки и точкой разборки даже в лучших экспериментах. По этой причине вероятность того, что копия будет подобна оригиналу, подает до слишком рискованных величин. Кроме того, совершенно неясно, как поведут себя структуры, связанные с сознанием. Малейшее колебание температуры или влажности может привести к непредсказуемым изменениям в психике. Вопросов больше, чем при клонировании. Не нарушаются ли при телепортации связи в организме? Не потечет ли, скажем, кровь в обратном направлении и не будем ли мы вставать, когда захочется сесть? Сохраняться ли врожденные рефлексмы, которые гарантируют биологическую устойчивость *homo sapiens*? [3].

Материальный объект при перемещении в пространстве связан с изменением его состояния, энергии, а любые изменения происходят только здесь и только сейчас, в

определенный момент времени. В прошлом данных изменений уже нет, а в будущем еще нет. Перенос изменений (процессов) во времени и пространстве принципиально невозможен. А существование материального объекта без процессов тоже невозможно.

В рамках классической механики, теории Ньютона телепортация абсолютно невозможна. Объекты не приходят в движение, без воздействия силы; объекты не исчезают внезапно и не появляются заново в другом месте [1]. Законы Ньютона, без граничных условий, принимались 250 лет, и физическая картина мира была дополнена в 1925 г., когда Вернер Гейзенберг, Эрвин Шрёдингер (создатель знаменитого волнового уравнения, названного его именем) и их коллеги разработали квантовую теорию. Анализируя странные свойства атомов, физики обнаружили, что электрон проявляет себя как волна и в кажущейся хаотичности своего движения внутри атома может совершать квантовые переходы, изменяя состояние атома.

В отличие от телепортации, как гипотетического процесса, квантовая телепортация имеет под собой теоретическую основу. Квантовую телепортацию не следует путать с телепортацией, как с переносом в пространстве объектов и людей из фантастических кинофильмов. Квантовая телепортация – передача квантового состояния на расстояние при помощи разъединённой в пространстве сцепленной (запутанной) пары и классического канала связи, при которой состояние разрушается в точке отправления при проведении измерения, после чего воссоздаётся в точке приёма [4]. В случае квантовой телепортации на расстояние передается не объект, а сведения о его квантовом состоянии. Вся проблема в том, что все без исключения квантовые объекты (фотоны, простые частицы), а совместно с ними и атомы одного вида считаются совершенно одинаковыми. По этой причине, в случае, если частица в пункте приема обретает квантовое состояние, схожее атому в пункте передачи, то это равнозначно формированию копии атома в пункте приема. В случае, если бы была вероятность перенесения квантового состояния абсолютно всех атомов объекта, в таком случае в участке приема появилась бы его безупречная копия. С целью передачи данных возможно телепортировать кубиты – наименьшие элементы для хранения информации в квантовом компьютере [5].

Квантовый компьютер — вычислительное устройство, которое использует явления квантовой суперпозиции и квантовой запутанности для передачи и обработки данных. Полноценный универсальный квантовый компьютер является пока гипотетическим устройством, сама возможность построения которого связана с серьёзным развитием квантовой теории в области многих частиц и сложных экспериментов; разработки в данной области связаны с новейшими открытиями и достижениями современной физики [6].

Чтобы понимать, как работает новый процессор, необходимо иметь знания принципов квантовой механики. Математические раскладки и вывод формул использует методы высшей математики. Для понимания процесса достаточно ознакомиться с тремя отличительными особенностями квантовой механики: Состояние или положение частицы определяется с какой-либо долей вероятности. Если частица может иметь несколько состояний, то она и находится сразу во всех возможных состояниях. Это принцип суперпозиции. Процесс измерения состояния частицы приводит к исчезновению суперпозиции. Характерно, что полученное измерением знание о состоянии частицы отличается от реального состояния частицы до проведения замеров [7].

Главный элемент квантового компьютера – кубит, объект, который способен находиться сразу в двух состояниях одновременно. Причем при измерении этого кубита будет с некоторой вероятностью выпасть одно из состояний. Например, в 25 процентах случаев – «ноль», в 75 процентах случаев – «единица». В кубитах на основе сверхпроводящих колец суперпозиция достигается тем, что ток одновременно движется и по, и против часовой стрелки. В устройствах на основе холодных атомов кубиты находятся сразу в двух различных электронных состояниях. Запутанность кубитов определяется тем, ведут ли они себя как единая система, или же могут разбиваться на отдельные независимые состояния [8].

Проявление квантовой телепортации — передачи квантовых данных на расстояние от одного носителя другому — ранее отмечалось в практике в случае двух фотонов, фотонов и группы атомов, а кроме того двух атомов, посредником между которыми работал третий. Но ни один из предложенных методов никак не подходил для фактического применения [9].

Более реальной и свободно реализуемой на данном фоне смотрится модель, предложенная экспертами из Университета Мэриленда (США) в 2008 г. Под руководством Кристофера Монро научным работникам удалось реализовать перемещение квантовой информации среди двух заряженных частиц (ионами иттербия), размещенными в метре друг от друга, при этом коэффициент надежности доставки превысил 90%. Каждую из них разместили в вакуум и удерживали на месте с помощью электрического поля. Потом с помощью сверхбыстрого лазерного импульса их вынудили одновременно излучить фотоны, благодаря взаимодействию которых частицы вступили в состояние так именуемой квантовой запутанности, и «атом В приобрел свойства атома А, невзирая на то, что они были в разных камерах на расстоянии одного метра друг от друга»[9].

В 2012 г. ученые-физики из Венского университета и Австрийской академии наук благополучно реализовали квантовую телепортацию на рекордную дистанцию в 143

километров — между двумя островами Канарского архипелага — Ла Пальма-де-Мальорка и Тенерифе. Предшествующий рекорд был установлен за несколько месяцев до этого китайскими учеными, выполнившими телепортацию квантового состояния на 97 километров. Эксперты убеждены в том, что данные опыты дадут возможность сформировать в будущем сеть спутниковой квантовой связи [9].

За последние годы российские ученые и их коллеги из зарубежных стран создали десятки систем квантовой связи, узлы которых могут обмениваться данными на довольно больших расстояниях — около 200-300 километров. Все попытки расширить эти сети до международного и межконтинентального уровня столкнулись с непреодолимыми трудностями, связанными с тем, что свет поглощается при движении по оптоволокну [10].

Физики из Китая и Австрии провели при помощи первого квантового спутника связи "Мо-Цзы" первую межконтинентальную "телепортацию" частиц и сеанс конференцсвязи, защищенной на квантовом уровне. За год после запуска "Мо-Цзы" мы смогли реализовать три главных шага на пути создания "квантового интернета". Нам удалось передать квантовые ключи со спутника на Землю на дистанции в 1200 километров, связать две разные точки на поверхности планеты на аналогичном расстоянии, а также провести первые опыты по орбитальной квантовой телепортации. Благодаря этому мы в 20 раз улучшили качество связи по сравнению с оптоволоконными системами", — заявили китайские ученые [10].

Для этого эксперимента китайские ученые объединили спутниковые каналы квантовой связи с уже имеющейся наземной квантовой сетью, соединяющей Пекин, Шанхай и несколько других китайских городов. Аналогичная сеть была построена между Веной и городом Грац, где находятся станции космической квантовой связи. Эти сети и "Мо-Цзы" помогли физикам установить связь между Пекином и Веной [10]. Вероятно будущие открытия ученых в области квантовой передачи информации, будут основаны на дальнейшей оптической связи, сопряженной с полупроводниковыми узлами для передачи и обработки информации.

Теоретические разработки в области квантовых вычислений используют для решения поставленных задач методы:

- теорию информации, теорию сложности алгоритмов,
- математические методы, в частности теорию вероятности и математическую статистику, комбинаторный анализ, дискретную математику,
- методы математического и имитационного моделирования;
- методы теоретической физики;

– экспериментальные методы в области волновой и квантовой оптики.

Теоретические результаты достигнуты в квантовой криптографии, имеющие серьезное прикладное значение в области инфокоммуникационных технологий. На рынке высоких технологий уже реализованы технические устройства, реализующие протоколы квантовой криптографии (квантового распределения ключа) в реальных коммуникациях.

Например, 21 апреля 2004 года в Австралии осуществлена первая коммерческая транзакция с применением квантовой криптографии. Профессор Антон Кажлингер (Anton Cajlinger) из Венского Университета перевел три тысячи евро полученных от мэра из ратуши в ближайшее отделение банка по оптоволокну с кодом, упакованным в квантовое состояние фотона. Это наиболее защищенный из всех возможных способов передачи информации [11].

В квантовой криптографии, как и в криптографии в общем смысле стоят задачи разработки алгоритмов обработки информации, обеспечивающих уменьшение утечки информации, т. е. «средней взаимной информации между отправителем и получателем сообщения, которая доступна подслушивающему» [12, 13].

Цифровые подписи являются уязвимыми для атак с помощью квантовых компьютеров, то же самое, хотя и в меньшей степени, относится к криптографическим хеш-функциям. Российские разработчики, Е.О. Киктенко, Н.О. Пожар, М.Н. Ануфриев, А.С. Трушечкин, Р.Ю. Юнусов, Ю.В. Курочкин, А.И. Львовский, А.К. Федоров, предложили возможное решение данной проблемы и экспериментально реализовали квантовобезопасную платформу, которая использует распределение квантовых ключей по городской волоконной сети для защищенной аутентификации [14]. Эти результаты касаются актуальных вопросов реализуемости квантовозащищенных систем для использования коммерческими и государственными информационно-коммуникационными системами.

Так, например, в системе высшего образования с учетом развития информационно-коммуникационных систем изменилась образовательная среда и в случае раскрытия данных становятся уязвимыми данные всех участников процесса, и преподавателей и студентов [15]. Комплексные решения по обеспечению информационной безопасности с учетом онлайн-угроз и методов социальной инженерии становятся насущной необходимостью [16].

«Технологический прогресс невозможно удержать и тем более остановить» [17]. Впечатляющий прорыв в области квантовых вычислений имеет большое значение и перспективы и связан с теоретической физикой, техникой оптического эксперимента, математическими методами позволяющими рассматривать свет как носитель информации, и атомы как удобные ячейки для её хранения и обработки. При этом надежность систем квантовой криптографии определяется основополагающим принципом квантовой механики:

всякое измерение, выполненное над квантовой системой, меняет ее состояние и тем самым обнаруживается.

Литература

1. Физика невозможного: Телепортация, // Интересные факты: ежедн. интернет-изд., URL: <https://realfacts.ru/index.php?newsid=3321> (дата обращения 15.04.18).
2. Телепортация // Википедия, свободная энциклопедия, 26 февраля 2018 —URL: <http://ru.bywiki.com/?oldid=91186261> (дата обращения 15.04.18).
3. Никонов В., Трость Д. Телепортация: мифы и реальность // yugzone.ru интернет-издание. URL: <http://www.yugzone.ru/articles/68> (дата обращения: 30.04.2018).
4. Квантовая телепортация // Википедия, свободная энциклопедия. 21 февраля 2018. URL: <http://ru.wikipedia.org/?oldid=91070442> (дата обращения 15.04.18).
5. Понятов А. Квантовая передача информации станет надежнее // Наука и жизнь 2014, №7. с. 109.
6. Квантовый компьютер // Википедия. свободная энциклопедия 30.04.2018. URL: <https://ru.wikipedia.org/?oldid=92385509> (дата обращения: 30.04.2018).
7. Владимир Анатольевич Квантовые компьютеры - что это такое? Принцип работы и фото квантового компьютера // syl.ru: ежедн. интернет-изд.: 12.06.2015. URL: https://www.syl.ru/article/189279/new_kvantovyie-kompyuteryi---chto-eto-takoe-printsip-raboty-i-foto-kvantovogo-kompyutera (дата обращения 15.05.18).
8. Владимир Королёв Пятьдесят кубитов и еще один // N+1, интернет-издание 18.07.17. URL: <https://nplus1.ru/material/2017/07/18/51-qubit-text> (дата обращения: 30.04.2018).
9. Квантовая телепортация, // Новый мир, Природа невидимого: ежедн. интернет-изд., URL: <http://nowimir.ru/DATA/070806.htm> (дата обращения 15.04.18).
10. Китайские физики провели первую межконтинентальную "телепортацию" // РИА новости, РИА наука: ежедн. интернет-изд. 29.09.2017, URL: <https://ria.ru/science/20170929/1505833267.html> (дата обращения 15.04.18).
11. Никонов В., Трость Д. Телепортация: мифы и реальность // yugzone.ru интернет-издание. URL: <http://www.yugzone.ru/articles/68> (дата обращения: 30.04.2018).
12. Кронберг Д. А. Криптографическая стойкость систем квантовой криптографии с фазово-временным кодированием: дис.... канд. физ.-мат. наук : 01.01.05 / Кронберг, Дмитрий Анатольевич. Москва, 2010. 208 с.

13. Курицын, К. А. Разработка и исследование интерактивного алгоритма обработки информации для протоколов квантовой криптографии : дис.... канд. тех. наук : 05.13.01 / Курицын, Константин Александрович. – Санкт-Петербург, 2007. 160 с.

14. Cornell University Library. Quantum-secured blockchain /E.O. Kiktenko,N.O. Pozhar, M.N. Anufriev, A.S. Trushechkin, R.R. Yunusov, Y.V. Kurochkin, A.I. Lvovsky, A.K. Fedorov. (Submitted on 25 May 2017 ([v1](#)), last revised 26 May 2017 (this version, v2)). URL: <https://arxiv.org/abs/1705.09258> (дата обращения 29.04.18).

15. Янченко И.В. СМЕШАННОЕ ОБУЧЕНИЕ В ВУЗЕ: ОТ ТЕОРИИ К ПРАКТИКЕ // Современные проблемы науки и образования. – 2016. – № 5.; URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=25417> (дата обращения: 20.05.2018).

16. Шумский И.Н. Социальная инженерия как искусство взлома человека // Международный студенческий научный вестник. 2018. № 1.;URL: <http://www.eduherald.ru/ru/article/view?id=18039> (дата обращения: 30.04.2018).

17. Янченко И.В. Информационный и технологический вызовы образованию как точки роста / Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2016. № 2-5. С. 8–10.