

СЕТЬ PKT

Калеб Джеймс Делисл (cjd@cjdns.fr), Джесси Бергер (jesse@radicalstudios.com)

1 февраля 2021 года

Версия 1.0

<https://pkt.cash>

Реферат

Интернет – одно из самых влиятельных изобретений 20-го века. Однако во многих частях мира доступ в Интернет контролируется монополистами, которые имеют право блокировать этот доступ, влиять на общественное мнение и ограничивать свободу. В данной работе мы предлагаем новую сетевую модель, которая обеспечит основу для отделения работы инфраструктуры от предоставления интернет-услуг. Эта модель строится на проверенных концепциях работы автономных систем и пиринговых отношений и перемещает их на виртуальный домен поверх глобальной ячеистой сети. Для финансирования этой сети мы вводим блокчейн PKT, основанный на подтверждении работы с высокой пропускной способностью. Затем мы хотим предложить развернуть децентрализованный рынок пропускной способности, на котором поставщики интернет-услуг (ISP) арендуют ресурсы у операторов инфраструктуры, что, в свою очередь, способствует конкуренции на обоих доменах.

1. ВВЕДЕНИЕ

В основном Интернет состоит из ряда независимых организаций, которые арендуют пропускную способность через общую физическую инфраструктуру. Посредством добровольной ассоциации, эти организации вместе облегчают необработанный, непредвзятый транзит данных между любыми двумя пользователями сети [1]. Эта система доказала свою высокую эффективность, особенно в ядре Интернета, где высока конкуренция и широкодоступна двухточечная полоса пропускания. Однако во многих местах мира доступ в Интернет по-прежнему контролируется монополиями, которые владеют и управляют инфраструктурой. Чтобы смягчить монополистическую практику, многие страны принимают *местные законы о разукрупнении сетей*, требуя, чтобы монополистические телекоммуникационные компании делились доступом к своей инфраструктуре последней мили с конкурентами [2,3]. В то время как местные

законы о разукрупнении сетей улучшают качество обслуживания, они подвергались критике [4] за то, что препятствуют инвестициям в инфраструктуру, что, в свою очередь, ограничивает доступ.

Гражданские свободы разрушаются, когда монополии доступа в Интернет ограничивают доступ людей к информации [5]. Еще более коварным является эффект массовой слежки, направленный на поиск полного спектра доминирования над плохо определяемым “врагом”, который может охватить само общество [6,7]. В то время как национализированный интернет может обеспечить высококачественную недорогую услугу во времена политической стабильности, он создает централизацию контроля над свободой слова и прессой, которая во время политических потрясений может оказаться катастрофической.

Что необходимо, так это система, которая снижает барьер для людей, чтобы стать как *поставщиком инфраструктуры*, так и *поставщиком услуг* [8,9]. Мы предлагаем новую сетевую модель, в которой люди стимулируются предоставлять доступ в Интернет с минимальными техническими знаниями. Эти усилия коллективно децентрализуют интернет-инфраструктуру, снижают стоимость пропускной способности и стимулируют улучшение связи в сельских и городских районах по всему миру.

1.1. Структура данного документа

В этой статье мы представляем сетевую архитектуру PKT (Раздел 2). Затем мы описываем *sjdns* и интеграцию сервера маршрутов и свободного уровня (Раздел 3-5). Далее мы обрисовываем структуру блокчейна PKT и обсуждаем новый метод доказательства работы с высокой пропускной способностью, который стимулирует развертывание новой интернет-инфраструктуры (Раздел 6). Мы предлагаем подробное техническое описание оборудования предполагаемого устройства маршрутизации (Раздел 7) и рынок децентрализованной пропускной способности (Раздел 8). В заключение мы расскажем о децентрализованном рынке пропускной способности и технологиях, которые будут способствовать его появлению (Раздел 9).

2. СЕТЕВАЯ АРХИТЕКТУРА PKT

Сеть PKT предназначена для децентрализации доступа в Интернет по всему миру, позволяя любому человеку стать интернет-провайдером. Чтобы виртуализировать технические аспекты интернет-провайдера и децентрализовать роль оператора инфраструктуры в зависимости от местоположения, мы вводим понятия *Edge Point* и *Cloud ISP*. *Edge Point* – это устройство, которое управляется отдельным лицом, бизнесом или общественной группой, открытое для общественности и

обеспечивающее доступ к сети PKT. Cloud ISP – это гибрид между традиционным провайдером и провайдером VPN. Агрегат и брокер Cloud ISP арендуют полосу доступа Edge Point и выполняют административные роли по предоставлению интернет-услуг для своих клиентов. Cloud ISP системы сети PKT разработан на основе двух типов виртуальных активов, а именно: аренда *виртуального роутера* и аренда *полосы доступа*. Аренда виртуального роутера – это временное право на ресурсы внутри маршрутизирующего устройства на определенный период времени. Аренда полосы доступа состоит из минимальной гарантии полосы доступа на определенный период времени по каналу связи между двумя физическими маршрутизирующими устройствами. Аналогично традиционным сетевым моделям TCP/IP и Border Gateway Protocol (BGP) [1], сеть PKT упрощает взаимоотношения *поставщика, клиента и однорангового узла* между Cloud ISP. Эти отношения включаются через два ключевых компонента: 1) *приоритет пакета* и 2) *бит клиента*.

2.1. Приоритет пакета

В традиционных сетях провайдер обычно подключается к клиенту, используя медленное сетевое соединение, чтобы контролировать объем пропускной способности, которую может отправить клиент, что снижает перегрузку сети. Однако, это часто приводит к недостаточному использованию имеющихся сетевых ресурсов. Цель состоит в том, чтобы сеть PKT никогда не отказывала в передаче пакетов, пока пропускная способность сети простаивает, поэтому приоритет пакетов предназначен для максимизации передачи данных через доступную инфраструктуру.

Приоритезация пакетов достигается с помощью поля *приоритета* в заголовке пакета и настраиваемого параметра *max-priority-bandwidth*. С настраиваемой пропускной способностью с максимальным приоритетом Cloud ISP может настроить максимальное количество приоритетной пропускной способности (единицы приоритета, умноженные на килобайты), который может протекать через аренду *полосы доступа* каждую секунду. Если через аренду полосы доступа проходит больше приоритетного трафика, чем настроенный предел, устройство маршрутизации начинает динамически снижать приоритет этого трафика, тем самым защищая сеть Cloud ISP без ненужного сброса трафика. Приоритет пакетов помогает Cloud ISP выбирать, какие пакеты отбрасывать в случае перегрузки канала.

Настраиваемая максимальная приоритетная пропускная способность – это фактически доля пропускной способности в данной сети. Если сеть Cloud ISP становится перегруженной, и каждый из ее клиентов имеет одинаковую

пропускную способность с максимальным приоритетом, тогда каждый будет иметь равную долю переданных пакетов. Однако, если у одного клиента есть только 1/10 от максимального приоритета пропускной способности других, то они смогут передать только 1/10 от объема трафика. Поскольку приоритет мультипликативно уменьшается, относительный приоритет трафика каждого клиента сохраняется даже при переходе от одного Cloud ISP к другому.

2.2. Бит клиента

Сеть PKT предлагает возможность пиринга, которая улучшает способ обмена трафиком между сетевыми операторами TCP/IP. Традиционно, когда два сетевых оператора заключают пиринговое соглашение, они соглашаются напрямую обмениваться трафиком своего клиента, но они не будут передавать какой-либо другой трафик друг другу. Этот тип пирингового соглашения является взаимовыгодным и поэтому обычно не включает в себя никаких финансовых расчетов [1]. Однако, если одна сторона отправляет трафик с адресатами, которые не являются клиентами другой стороны, роутеры перенаправляют этот трафик своему вышестоящему поставщику. Отправка этого типа трафика одноранговому узлу использует платное соединение и равносильна краже. Сетевые операторы в Интернете TCP/IP обрабатывают эти пиринговые нарушения в каждом конкретном случае, потому что у них нет технологии, которая прямо предотвращает их. Сеть PKT улучшает эту функцию, включив однобитовое поле “клиент” в заголовок пакета вместе с двумя конфигурациями: 1) *clear-customer-bit* и 2) *deprioritize-non-customer*.

Любой входящий трафик при аренде полосы доступа с настраиваемым набором *clear-customer-bit* будет очищен от своего клиентского бита. Это используется для указания того, что рассматриваемая аренда полосы доступа соединяет сеть либо с одноранговым узлом, либо с провайдером. Настраиваемый *deprioritize-non-customer* влияет на исходящий трафик при аренде полосы доступа, поэтому если бит клиента не установлен, то приоритет пакета будет уменьшен не более чем до указанного значения. Аренда полосы доступа между двумя виртуальными роутерами, управляемыми одним и тем же Cloud ISP, не будет иметь ни одной из этих конфигураций.

3. CJDNS

Чтобы понять архитектуру сети PKT, мы должны сначала представить сетевую технологию с открытым исходным кодом, называемую *cjdns*.

Cjdns – это протокол маршрутизации сетки с открытым исходным кодом, предназначенный для создания децентрализованных сетчатых сетей, которые

легко настраиваются, но обладают надежными свойствами безопасности перед лицом соперничающих участников. Sjdns использует всегда включенное сквозное шифрование и криптографически генерируемую IPv6-адресацию. Поскольку каждый IPv6-адрес фактически является ключевым отпечатком пальца, весь трафик sjdns может быть зашифрован и аутентифицирован без необходимости использования PKI или других подобных центральных органов. IPv6-адреса находятся в уникальном локальном адресном пространстве fc00::/8 [10], которое достаточно велико, делая риск столкновения адресов незначительным.

Sjdns развертывает технологию под названием *compact source routing*. Вместо каждого пакета данных, содержащего IP-адрес его назначения, sjdns включает маршрут доставки. Более того, sjdns использует компактное представление этого маршрута примерно в размере IP-адреса. Заменяя «куда вы хотите пойти» на «как вы хотите туда попасть», sjdns оптимизирует способ доставки данных туда, куда они должны идти. Sjdns был разработан в 2011 году и активно работает в сети Hyperboria [11].

4. МАРШРУТНЫЙ СЕРВЕР

Для поддержки эффективной виртуализации маршрутизаторов принятие решений в процессе маршрутизации координируется *сервером маршрутизации*, принадлежащим Cloud ISP каждого конечного пользователя. Сервер маршрутов предоставляет предварительно вычисленные пути через сеть PKT с использованием компактной исходной маршрутизации sjdns. Поскольку решения о пересылке пакетов предопределены в sjdns, маршрутизирующие устройства не обязаны сохранять какое-либо значимое состояние для выполнения. Для того чтобы клиентские устройства могли узнать пути через сеть PKT, разрешение исходного маршрута запрашивается аналогично поиску DNS. Этот запрос выполняется к серверу маршрутов.

В сетевой модели PKT каждое устройство в сети взаимодействует с сервером маршрутов. Сервер маршрутов реализован в виде программного обеспечения, поэтому с течением времени новая технология разрешения маршрутов может быть улучшена. Если устройство не имеет известного сервера маршрутизации, оно запрашивает своего ближайшего соседа, аналогично тому, как DHCP используется для поиска DNS-серверов. Помимо выполнения запросов маршрута по мере необходимости, устройства в сети также отправляют периодические, подписанные, помеченные временем сообщения, содержащие идентификаторы (отпечатки ключей) всех устройств, непосредственно подключенных к ним, а также информацию о качестве связи и аренде полосы доступа. Поскольку эти сообщения подписаны, любой сервер маршрутизации, который получает одно из

них, может немедленно его проверить. Комбинация компактной маршрутизации от источника *sjdns* с сервером маршрутизации позволит Cloud ISP использовать программно-определяемые сети (*SDN*), что дает им значительную гибкость для управления своими сетями. Мы ожидаем, что Cloud ISP эволюционируют от поставщиков услуг виртуальной частной сети (*VPN*), благодаря чему они также могут начать предоставлять доступ в Интернет через локальные Edge Points.

5. БЕСПЛАТНЫЙ УРОВЕНЬ

Сеть PKT позволяет Cloud ISP строить сети с использованием аренды полосы доступа и аренды виртуальных роутеров, в результате чего ни один пакет никогда не отбрасывается, если физическая связь не насыщена. Кроме того, мы предлагаем, чтобы каждая физическая ссылка имела доступную *бесплатную аренду*, которая представляет собой фиксированную аренду полосы доступа без владения с гарантированной нулевой пропускной способностью. Кроме того, каждое устройство маршрутизации должно иметь виртуальный роутер не имеющий владельца, который всегда подключен к бесплатной аренде на каждом физическом канале. Это создает *свободный уровень*, который позволяет использовать пропускную способность бесплатно, если в противном случае инфраструктура будет простаивать.

Мы считаем, что неэтично и неэффективно тратить ресурсы, отказывая людям в доступе из-за того, что они не в состоянии платить. Бесплатный уровень поддерживает два ключевых сервиса: 1) позволяет Cloud ISP выполнять тесты пропускной способности, задержки и дрожания перед покупкой аренды полосы доступа, и 2) он защищает от случайной неправильной настройки. Если маршрутизирующее устройство неправильно сконфигурировано и в противном случае становится недоступным для его арендаторов, свободный уровень может быть доступен для доступа к бортовому компьютеру этого устройства. По сути, наличие свободного уровня изменяет режим отказа многих типов неисправностей с отказоустойчивого закрытого на отказоустойчивый открытый.

6. БЛОКЧЕЙН PKT

Сеть PKT использует блокчейн [12] для экономического стимулирования узлов к тому, чтобы они стали Edge Points и Cloud ISP. Основываясь на кодовой базе Биткойна, PKT заменяет алгоритм хеширования SHA-256 Биткойна на PacketCrypt – первый в истории метод доказательства работы высокой пропускной способности. PKT также вводит новый механизм под названием *Network Steward* для финансирования развития, включая интернет-инфраструктуру и сетевые технологии.

6.1. PKT Cash

Узлы поддерживают сеть, расширяя пропускную способность, процессорное время и выполняя шифрование для выпуска новых биткойн PKT в обращение, называемых *PKT Cash*. PKT Cash обеспечивает стимул для майнеров, для увеличения пропускной способности сети на границе. PKT Cash разработан для масштабируемости микротранзакций с временем блока в 1 минуту, что делает его в 10 раз быстрее, чем Биткойн, и чуть более 1 миллиарда атомных единиц на монету вместо 100 миллионов биткойнов. В течение 63 лет будет выпущено 6 миллиардов монет, и все они не будут иметь центрального эмитента. Награды за блок проходят периодическую *децимацию*, в результате чего распределение уменьшается на 10% каждые 100 дней. Каждая децимация обеспечивает плавное затухание выпуска.

6.2. PacketCrypt

Доказательство работы PacketCrypt позволяет заменить связь между майнерами вместо усилий процессора, что делает оптимальной стратегией майнинга интенсивной по пропускной способности [13]. Майнинг разделен на два отдельных этапа: *майнинг объявлений* и *блочный майнинг*. При майнинге объявлений затрачивается работа процессора, что приводит к созданию множества объявлений размером 1 КБ имеющих структуру, которая не может быть эффективно сжата. В блочном майнинге майнеры предварительно фиксируют корень хеш-дерева собранных ими объявлений, а затем выполняют алгоритм жесткого майнинга памяти на наборе собранных объявлений. Алгоритм блочного майнинга получает доступ к 4 случайным объявлениям за хеш-цикл, и когда блочный майнер находит успешный результат, то предоставляет объявления, к которым он обращался, а также ветви Меркла, связывающие их с их предварительным обязательством, таким образом статистически доказывая, что у них было то количество объявлений, которое они утверждают, что имели. Это не дает возможность блочному майнеру притворяться, что у него есть объявления, которых на самом деле нет. Объявления падают в цене до тех пор, пока не становятся непригодными для использования, поэтому блочные майнеры стимулируются платить майнерам объявлений за постоянную поставку свежих объявлений¹. Алгоритм майнинга объявлений использует случайные программы для предпочтения CPU по сравнению с GPU или ASIC-майнингом, что поощряет майнинг на простаивающих ресурсах, а не в централизованных фермах. Алгоритм блочного майнинга опирается только на жесткость памяти, что делает аппаратное обеспечение GPU хорошей мишенью для блочного майнинга. Оба алгоритма

¹ Майнинг объявлений предназначен для того, чтобы быть наиболее эффективным на процессоре. Блочные майнеры могут добывать свои собственные объявления, но им придется конкурировать с другими неиспользуемыми вычислительными ресурсами случайных майнеров объявлений..

используют операции шифрования, так что высокопроизводительное оборудование для майнинга также будет полезно для шифрования пакетов VPN.

Любая криптовалюта, выпущенная с помощью доказательства выполнения работы, по своей сути создает искусственный рыночный спрос на соответствующую работу. В чисто статическом экономическом анализе доказательство работы растрчивает ресурсы, которые в противном случае могли бы пойти на использование с пользой. Однако в реальной экономике мы видим, что спрос мотивирует предложение, что в конечном итоге приводит к снижению затрат. PacketCrypt предназначен для создания фонового спроса на пропускную способность, который по нашим прогнозам, приведет к увеличению инвестиций в сетевую инфраструктуру и снижению стоимости пропускной способности в будущем.

Результат майнинга с высокой пропускной способностью и совместной работы майнеров способствует *сетевому эффекту*, включая масштабирование децентрализованного сетевого подключения и шифрования с малой задержкой. Этот сетевой эффект полезен для cjdns, а также для поддержки товарных рынков, включая рынок децентрализованной полосы пропускания (Раздел 8).

6.3. Сетевой управляющий (Network Steward)

PKT внедряет в блокчейн-дизайн сетевого управляющего, который представляет собой адрес, получающий 20% денежных средств PKT от каждого нового блока. Сетевой управляющий существует с целью финансирования развития экосистемы PKT. Его можно изменить путем голосования на основе подтверждения ставки. Голосование осуществляется путем “маркировки” вывода транзакции дополнительными метаданными. Активные голоса – это те неизрасходованные транзакции, которые содержат такие метаданные, так что расходование выходных данных транзакции отменяет голосование. Метаданные каждого голосования могут содержать два адреса PKT, один голос *За* и один голос *Против*. Когда сумма голосов *Против* действующего Сетевого управляющего достигает более 50% от всех PKT, отчеканенных на сегодняшний день, правила консенсуса идентифицируют адрес PKT с наибольшим количеством голосов *За*, и этот адрес становится новым Сетевым управляющим.

Сетевой управляющий (Network Steward) – это система финансирования развития экосистемы PKT таким образом, чтобы проектные предложения не были несправедливо выгодны ни одному участнику (включая заявителя). Эта конкурентная исследовательская модель время от времени генерирует бюджетные заявки на проекты и оценивает проектные предложения друг против

друга на основе критериев Сетевого управляющего. Его политика поощряет все принятые проекты быть структурированными вокруг производства программного обеспечения с открытым исходным кодом, публичной документации и стимулирования роста инфраструктуры сети PKT. Все текущие финансируемые проекты, завершённые и отклонённые предложения находятся в открытом доступе в git-репозитории Network Steward [12]. Если Network Steward не размещает средства, хранящиеся на его адресе кошелька в течение 90 дней со дня создания PKT Cash, то монеты сжигаются². Таким образом, каждое проектное предложение должно быть оценено таким образом, чтобы ценность, которую должно генерировать любое данное проектное предложение, была более выгодной для сети PKT, чем сжигание монет.

7. МАРШРУТИЗИРУЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО

Масштабируемость сети PKT потребует разработки высокопроизводительного субдिवизируемого маршрутизирующего устройства. Эта аппаратная инновация будет направлять и поддерживать масштабируемость сети PKT. Чтобы определить основные требования к оптимизированной аппаратной реализации сети PKT, мы должны понять сложность реализации такого устройства в кремнии и изучить поток пакетов данных через устройство.

Пакет, поступающий в устройство маршрутизации, делает это через одно из его физических сетевых соединений. Входящий пакет помечается тегом, указывающим, к какой аренде полосы пропускания он принадлежит, а также приоритет пакета. Первая обработка, с которой сталкивается пакет, – это перераспределение приоритетов в соответствии с максимальной пропускной способностью приоритета. Для этого требуется измеритель полосы пропускания / приоритета, такой как фильтр IIR.

Устройство анализирует метку маршрута компактного источника, чтобы определить, на какую полосу пропускания должен быть отправлен пакет. Затем устройство обновляет метку маршрута компактного источника, чтобы показать, откуда пришел пакет, используя алгоритм переключения cjdns [11]. Cjdns требует доступ к небольшой индексной таблице для вычисления номера физического интерфейса и определения тега аренды полосы пропускания, который будет использоваться для отправки.

Как только путь маршрутизации определен, пакет войдет в схему коммутатора. Такие конструкции, как переключатель и закрывающие элементы, уже имеются в

² По состоянию на 23 января 2021 года сожжено 276,889,678,84 PKT

продаже [14, 15, 16]. Прежде чем пакет покинет устройство, будет решено, нужно ли его отбрасывать. Это должно быть достигнуто с помощью конструкции корзины токенов с 2-х уровневой иерархией, в которой первичный уровень основан на гарантированной полосе пропускания исходящей аренды полосы пропускания, а вторичный уровень основан на объявленном приоритете пакета. Это распространенная технология, используемая в простых коммутаторах Ethernet.

8. ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННЫЙ РЫНОК ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ

Когда маршрутизирующее устройство подключено к сети PKT, оно немедленно 1) начинает измерять и объявлять доступную пропускную способность и другие показатели на каждом из своих сетевых подключений, 2) создает маркер для представления пропускной способности каждого сетевого соединения, а также его виртуальных маршрутизаторов, и 3) начинает предлагать эти токены для продажи на децентрализованном рынке пропускной способности. Эти токены смогут покупаться и продаваться различными участниками, и любой, владеющий ими сможет использовать базовую пропускную способность и виртуальные маршрутизаторы, отправляя подписанные запросы конфигурации на маршрутизирующее устройство. Чтобы сделать это возможным, нам нужно построить децентрализованный рынок пропускной способности с почти нулевой стоимостью выпуска токенов и почти беспрепятственным обменом. Технология почти беспрепятственного обмена активами уже возможна с использованием атомарных свопов HTLC [17], и в настоящее время она используется проектом OpenDEX [18]. Чтобы обеспечить выпуск токенов с почти нулевой стоимостью, мы используем несколько различных решений.

8.1. TokenStrike

Токенизированная пропускная способность и ресурсы маршрутизатора обладают интересным свойством быть «настолько хорошим, насколько хорош их эмитент», в худшем случае эмитент может просто выключить устройство маршрутизации. Это свойство означает, что глобальная проверка таких транзакций с токенами не более безопасна, чем проверка эмитентом, если эмитент не может секретно нарушить протокол. Мы предлагаем новый стандарт токенов под названием TokenStrike [19], в котором каждый токен представлен с использованием приватной цепочки блоков, подписанной эмитентом, так что практически любая деятельность эмитента нарушающая правила может быть обнаружена и доказана. TokenStrike спроектирован так, чтобы быть совместимым с HTLC, поэтому любой токен на основе TokenStrike можно обменять на любые токены TokenStrike или другие активы Lightning Network.

8.2. Открытые транзакции (Open Transactions)

Еще одной перспективной технологией масштабируемых транзакций токенов является Open Transactions, которая использует пул нотариальных серверов для проверки транзакций монет или токенов и подписания их с помощью мультиподписи [20]. Мы ожидаем, что Open Transactions и проект TokenStrike предоставят решения для параллельной эмиссии токенов для децентрализованного рынка пропускной способности.

8.3. RGB – Цветные монеты

Наконец мы определили *цветные монеты*, как возможный способ представления пропускной способности и ресурсов маршрутизатора. Цветные монеты – это мельчайшие количества криптовалюты, которым эмитент токена может придать особое значение путем декларирования [21]. Цветные монеты полагаются на тот факт, что в блокчейнах без конфиденциальности монеты могут быть прослежены от одной стороны к другой, однако, как и токены на основе Ethereum, они требуют глобальной проверки для совершения транзакций. В настоящее время проект RGB [22] исследует технологию, позволяющую осуществлять транзакции цветных монет с помощью Lightning Network. В настоящее время мы не работаем над какой-либо технологией, использующей RGB, но мы отслеживаем ее как возможного 3-го кандидата.

В заключение мы уверены, что проблема выпуска токенов с почти нулевой стоимостью разрешима, и сеть PKT будет использовать эти технологии для децентрализованного рынка пропускной способности. Основываясь на работе, проделанной на HTLC, мы также уверены, что независимо от нашего выбора, токенизированная пропускная способность и ресурсы маршрутизатора смогут быть быстро обменены на активы на любом другом HTLC, поддерживающем блокчейн, включая, но, не ограничиваясь Биткойном, Litecoin и Ethereum. Мы предполагаем, что полностью децентрализованный рынок появится без какой-либо необходимости в централизованных хранителях или биржах, чтобы участники могли торговать токенизированной пропускной способностью, VPN и ресурсами маршрутизаторов.

9. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Мы представили сеть PKT и блокчейн PKT в качестве масштабирующих Интернет-решений, чтобы выйти за рамки основных центров обработки данных. Сеть PKT – это децентрализованная сеть, которая использует *sjdns* для сквозного шифрования и технологических решений, улучшающих маршрутизацию Интернета и эффективность передачи пакетов. Архитектура сети PKT стимулирует Edge Points и Cloud ISP управлять инфраструктурой на границе. Бесплатный уровень сети PKT гарантирует, что доступ в Интернет всегда доступен, когда ресурсы не используются. Мы кратко описали протокол PacketCrypt, который создает

искусственный спрос на пропускную способность и PKT Cash, что обеспечивает экономический стимул для людей управлять интернет-инфраструктурой на границе. Мы описали децентрализованный рынок пропускной способности, который будет использовать блокчейн-технологии для расчетов, предоставления аренды полосы доступа и распространения рынка. Наконец, мы представляем устройство маршрутизации для дальнейшей оптимизации продвижения высокоскоростной передачи данных, шифрования и повседневного использования, такой как VPN. Эти инновации укрепляют актуальность сети PKT для обеспечения того, чтобы доступ в Интернет, сеть и передача данных были недорогими, легкодоступными и децентрализованными.

Мы ожидаем, что интернет-инфраструктура будущего будет принадлежать и управляться многими мелкими операторами, причем физические лица составят самую большую группу, а микропредприятия будут на втором месте. Инновации в области спутникового доступа в Интернет, вероятно, окажут серьезное влияние на доступность Интернета во всем мире. Однако, некоторые каналы связи на короткие расстояния, такие как Wi-Fi соединение с домом ближайшего соседа, всегда будут более эффективными, чем спутниковая связь. Мы считаем, что для трансконтинентальной и межконтинентальной связи спутники могут стать наиболее эффективным решением, основанным на снижении стоимости инфраструктуры, но мы не можем исключить возможность того, что по мере развития технологий, наземные экранированные кабели достигнут гораздо более высокой пропускной способности, чем это возможно при свободной космической связи. Для нас очевидно, что децентрализованный рынок пропускной способности будет необходим для эволюции Интернета, и потребность в открытых протоколах и совместимости сети PKT будет расти.

ССЫЛКИ

- [1] Woodcock, B. and Adhikari V. (2014). *Survey of characteristics of internet carrier interconnection agreements*. Packet Clearing House.
<https://www.pch.net/resources/papers/peering-survey/PCH-Peering-Survey-2011.pdf>
- [2] de Bijl, P., & Peitz, M. (2005). Local loop unbundling in Europe: Experience, prospects and policy challenges. *SSRN Electronic Journal*.
<https://doi.org/10.2139/ssrn.690582>

- [3] Ford, G. S., & Spiwak, L. J. (2013). Lessons learned from the U.S. unbundling experience. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2378925>
- [4] Nardotto, M. (2016). Local loop unbundling in the UK does not affect broadband penetration - but it does lead to better service. *DIW Economic Bulletin*, 6(28), 311-317.
- [5] Goldsmith, J. L., & Wu, T. (2006). *Who controls the Internet? : Illusions of a borderless world*. Oxford University Press.
- [6] Munkholm, J. L. (2020). The pursuit of full spectrum dominance: The archives of the NSA. *Surveillance & Society*, 18(2), 244-256. <https://doi.org/10.24908/ss.v18i2.13266>
- [7] Shaw, I. G. R. (2016). *Predator empire: Drone warfare and full spectrum dominance*. University of Minnesota Press. <https://books.google.com/books?id=GilODwAAQBAJ>
- [8] Bourreau, M., & Doğan, P. (2004). Service-based vs. facility-based competition in local access networks. *Information Economics and Policy*, 16(2), 287-306. <https://doi.org/10.1016/j.infoecopol.2003.05.002>
- [9] Briglauer, W. (2014). The impact of regulation and competition on the adoption of fiber-based broadband services: Recent evidence from the European Union member states. *Journal of Regulatory Economics*, 46(1), 51–79.
- [10] Hinden, M. R., & Haberman B. (2005). Unique local IPv6 unicast addresses, RFC 4193, *RFC Editor*, <https://doi.org/10.17487/RFC4193>
- [11] *Cjdns project page*. <https://github.com/cjdelisle/cjdns>. 2020.
- [12] *Pktd project page*. <https://github.com/pkt-cash/pktd/>. 2020.
- [13] DeLisle, C. J., & Seesahai V. (2020, September 4). *PacketCrypt*. <https://pkt.cash/PacketCrypt-2020-09-04.pdf>
- [14] Ofori-Attah, E., & Agyeman, M. O. (2017, January 25). *A survey of low power NoC design techniques*. Proceedings of the 2nd International Workshop on Advanced Interconnect Solutions and Technologies for Emerging Computing Systems, Stockholm, Sweden. <https://doi.org/10.1145/3073763.3073767>
- [15] Sewell, K., Dreslinski, R. G., Manville, T., Satpathy, S., Pinckney, N., Blake, G., Cieslak, M., Das, R., Wenisch, T. F., Sylvester, D., Blaauw, D., & Mudge, T. (2012). Swizzle-switch networks for many-core systems. *IEEE Journal on Emerging and Selected Topics in Circuits and Systems*, 2(2), 278-294. <https://doi.org/10.1109/jetcas.2012.2193936>
- [16] Xia, Y., Hamdi, M., & Chao, H. J. (2016). A practical large-capacity three-stage buffered clos-network switch architecture. *IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems*, 27(2), 317-328. <https://doi.org/10.1109/tpds.2015.2408614>
- [17] Herlihy, M. (2018, July 23-27). *Atomic cross-chain swaps*. Proceedings of the 2018 ACM symposium on Principles of distributed computing, United Kingdom. [doi:10.1145/3212734.3212736](https://doi.org/10.1145/3212734.3212736)

- [18] *OpenDEX project page*. <https://opendex.network/>. 2020.
- [19] *TokenStrike project page*.
https://github.com/pkt-cash/ns-projects/blob/b0874ee/projects/2020_07_25_tokenstrike.md. 2020.
- [20] Odom, C. (2015). *Open-transactions: Secure contracts between untrusted parties*.
<http://www.opentransactions.org/open-transactions.pdf>
- [21] Rosenfeld, M. (2012, December 4). *Overview of colored coins*. Bitcoil.
<https://bitcoil.co.il/BitcoinX.pdf>
- [22] *RGB project page*. <https://rgb-org.github.io/>. 2020.