

Технология 5G

Офис технического директора ICANN

Алан Дуран (Alain Durand)

ОСТО-004

23 января 2020 г.



СОДЕРЖАНИЕ

1	ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ	3
2	ВВЕДЕНИЕ	4
3	ЗАДЕРЖКА: СОХРАНЯЕТ ЛИ DNS РАБОТОСПОСОБНОСТЬ В СРЕДЕ 5G С МАЛОЙ ЗАДЕРЖКОЙ?	4
3.1	Справочная информация	4
3.2	Рассмотрение вопроса	5
3.3	Позиция ICANN	6
4	НАРЕЗКА СЕТИ: СУЩЕСТВУЕТ ЛИ РИСК ФРАГМЕНТАЦИИ СИСТЕМЫ УНИКАЛЬНЫХ ИДЕНТИФИКАТОРОВ ИНТЕРНЕТА?	6
4.1	Справочная информация	6
4.2	Рассмотрение вопроса	7
4.3	Позиция ICANN	9
5	СОХРАНЯТ ЛИ ТЕЛЕФОННЫЕ НОМЕРА СВОЮ АКТУАЛЬНОСТЬ В МИРЕ 5G? ПРИВЕДЕТ ЛИ 5G К ПОЯВЛЕНИЮ НОВЫХ НАБОРОВ ИДЕНТИФИКАТОРОВ? БУДУТ ЛИ ЭТИ ИДЕНТИФИКАТОРЫ НАХОДИТЬСЯ В DNS?	9
5.1	Справочная информация	9
5.2	Рассмотрение вопроса	9
5.3	Позиция ICANN	10
6	ОПЕРАТИВНАЯ ГРУППА ITU-T «СЕТЬ-2030»	11
6.1	Справочная информация	11
6.2	Рассмотрение вопроса	11
6.3	Позиция ICANN	12
7	СУЩЕСТВУЕТ ЛИ ВОЗМОЖНОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ ПЕРИФЕРИЙНЫХ РЕШЕНИЙ 5G, НЕ ИСПОЛЬЗУЮЩИХ IP?	13
7.1	Справочная информация	13
7.2	Рассмотрение вопроса: можно ли развертывать в среде 5G решения без IP?	13
7.3	Рассмотрение вопроса: может ли IP работать на устройствах с ограниченными ресурсами?	14
7.4	Рассмотрение вопроса: как привлечь внимание чувствительные к задержке приложения в TCP/IP?	15
7.5	Позиция ICANN	15

Этот документ входит в состав серии документов ОСТО. Список документов серии см. здесь: <https://www.icann.org/resources/pages/octo-publications-2019-05-24-en>. Вопросы или предложения по любому из этих документов отправляйте на адрес octo@icann.org.

1 Основные положения

Мобильность интернета растет. Следующая волна подключенных к интернету устройств не будет ограничена компьютерами и смартфонами с реальным человеком перед экраном. Она будет включать межмашинную связь устройств интернета вещей (IoT). Учитывая эти две тенденции, внедрение 5G (технологии беспроводной связи пятого поколения для сотовых сетей) имеет особое значение для интернета в целом и ICANN в частности.

Основной вопрос, возникающий при внедрении 5G: сохраняет ли текущая модель интернета (известная как набор протоколов TCP/IP) свою актуальность в мире 5G? Этот вопрос для ICANN сводится к двум следующим вопросам:

- ⦿ Сохраняет ли DNS работоспособность в мире 5G, особенно с учетом чувствительных к задержкам приложений?
- ⦿ Является ли набор уникальных идентификаторов, работу которого ICANN помогает координировать, по-прежнему полезным, или 5G влечет необходимость создания другого набора идентификаторов?

За прошедшие годы был проведен ряд научных исследований, направленных на переосмысление принципов построения сетей для «будущего интернета». Что еще более важно, при любой попытке заменить TCP/IP, вероятно, следует учитывать, что для этого потребуется не одно десятилетие, а любые ожидаемые выгоды должны перевешивать сложности и стоимость такого перехода. Кроме того, ICANN отмечает, что IETF в рабочей группе blowrap и затем в рабочей группе blo уже проделала большую работу, чтобы IP функционировал в среде с ограниченными ресурсами, например на устройствах с аккумуляторным питанием или в сетях с очень низким энергопотреблением/полосой пропускания. Другие усилия IETF, предпринятые в том числе в рабочей группе по протоколу QUIC, направлены на развитие протоколов транспортного уровня, чтобы обеспечить, помимо прочего, потоковое мультиплексирование и установление соединения с малой задержкой.

По-видимому, отсутствует явная необходимость создания новой системы идентификаторов для использования 5G в классических пользовательских приложениях. Однако IoT — это область, где новые глобальные идентификаторы, особенно позволяющие лучше решать вопросы конфиденциальности, могли бы принести пользу. Такие идентификаторы можно реализовать непосредственно в самой DNS.

Задержка разрешения DNS и кэширование являются вопросами функционирования и оптимизации сети, а не архитектурной проблемой. ICANN дает следующие рекомендации в отношении сетей 5G:

- ⦿ Кэши DNS для чувствительных к задержке 5G-приложений должны находиться как можно локальнее и их необходимо настроить на интенсивную упреждающую выборку.
- ⦿ Распределенная система кэширования может помочь максимизировать эффективность всей системы разрешения DNS.
- ⦿ Возможно разработчики приложений IoT, стремящиеся свести к минимуму влияние задержки DNS, захотят изучить возможность адаптации своих приложений для запроса данных DNS задолго до установления соединения.

ICANN считает, что модель единого интернета на основе глобальной системы уникальных идентификаторов является наилучшим способом получить от интернета максимальную пользу. Существует риск того, что для реализации технологии сетевой нарезки 5G популярные платформы начнут использовать собственную частную систему идентификаторов. Если это произойдет, интернет раздробится и только «длинный хвост» малоизвестных приложений будет по-прежнему использовать глобальную систему уникальных идентификаторов.

2 Введение

В этом докладе мы рассмотрим 5G (технология беспроводной связи пятого поколения для сотовых сетей) с технической точки зрения, задавая вопросы: меняет ли 5G архитектуру и протоколы интернета, например TCP/IP, и каким именно образом? Какое воздействие будет оказано на систему уникальных идентификаторов, работу которой ICANN помогает координировать, в частности, на систему доменных имен (DNS)?

3 Задержка: сохраняет ли DNS работоспособность в среде 5G с малой задержкой?

3.1 Справочная информация

Рамки обсуждений, связанных с архитектурой систем сотовой связи, часто определяются паритетом между операторами и поставщиками. Операторы устанавливают большую часть требований, в то время как поставщики создают подходящую технологию, отвечающую этим требованиям. Операторы заинтересованы в привлечении на рынок новых участников в качестве потенциальных поставщиков, а существующие поставщики заинтересованы в сохранении (и увеличении) своей доли рынка. Каждое новое поколение технологий мобильной связи влечет за собой новую архитектуру (или развитие существующей архитектуры), обещая новые услуги и коммерческие возможности. Эти новые технологии рекламируются как возможность для новых участников (поставщиков, операторов или третьих лиц) создать дисбаланс на рынке.

Что касается 5G, действующие поставщики изначально стремились сохранить централизованную архитектуру, одновременно улучшив качество радиосвязи. Новые участники еще на этапе разработки концепции 5G стали продвигать архитектуру периферийных вычислений, содействуя созданию программно-определяемой сети (SDN) и виртуализации сетевых функций (NFV). (Периферийные вычисления — это модель, позволяющая уменьшить полосу пропускания и задержку за счет перемещения необходимых ресурсов ближе к системам, которые их запрашивают.) Подоплекой этих разногласий является обещание более низких капитальных затрат и возможности предлагать новые услуги, потенциально предоставляемые по заказу, которые можно ввести с меньшими расходами. В числе этих новых услуг можно было бы предложить сверхнадежную связь с малой задержкой (URLLC), то есть менее 5 мс или менее 10 мс, для робомобилей, технологию «автомобиль, подключенный ко всему» (V2X) и приложения дополненной (AR) и виртуальной (VR) реальности.

Такой шаг в направлении NFV был сделан в 2012 году, до появления 5G, когда Европейский институт телекоммуникационных стандартов (ETSI) создал Группу по разработке отраслевых спецификаций NFV (ISG). С тех пор технология NFV достигла некоторой зрелости, и старожилы рынка теперь также предлагают значительную часть своего портфеля продуктов в виде виртуализированных сетевых функций (VNF). Периферийные облачные сервисы, под разными определениями, пришли из сообщества операторов. Есть различные инициативы развития периферийных облачных вычислений как в сфере стандартизации, к примеру, периферийные вычисления с множественным доступом (MEC) ETSI, так и в сообществах разработчиков программ с открытым исходным кодом, где, в частности, организация Linux Foundation Edge Foundation (LF Edge)¹ предоставляет платформу для «создания открытой и функционально совместимой среды периферийных вычислений, не зависящей от аппаратного обеспечения, микросхем, облака или операционной системы».

Недавно новые поставщики опубликовали несколько статей^{2,3}, в которых продвигается идея, что традиционный DNS несовместим с приложениями 5G со сверхмалой задержкой, то есть с URLLC. Ключевым аргументом является то, что время прохождения сигнала до «регионального» дата-центра и обратно добавляет недопустимую дополнительную задержку. Эти поставщики предлагают следующее решение: размещать резолверы DNS на периферийных вычислительных платформах вместо централизации разрешения DNS в национальном или региональном дата-центре.

3.2 Рассмотрение вопроса

Радиосвязь 5G — всего лишь первое звено любого канала связи. Одна из целей 5G заключается в сокращении времени задержки при прохождении радиосигнала в обоих направлениях (RTT) до 5 мс или 10 мс. Затем данные транспортируются (передаются) от радиомачты в дата-центр. Если предположить, что региональный дата-центр находится на расстоянии 1000 км от периферийного объекта, подключенного по оптоволокну, RTT увеличится еще на 10 мс. Однако при этом необходимо учитывать время обработки DNS-запросов резолвером, и аналогичное время вычисления также потребуется добавить в случае периферийных резолверов. Если местом назначения соединения TCP или UDP после разрешения DNS является хост, расположенный за пределами ближайшей зоны периферийного дата-центра, этой дополнительной задержкой в 10 мс, возникающей только один раз при установлении соединения, вероятно, можно пренебречь. Однако, когда хост назначения находится внутри периферийного дата-центра (например, в каналах связи между VNF) или подключен к нему через 5G (например, беспилотные грузовые автомобили в шахте), эта задержка может быть значительной. В таких случаях размещение DNS-резолверов в периферийном дата-центре может оказаться целесообразной. Другой вариант — приложение выполняет предварительную выборку данных DNS на этапе загрузки, чтобы уменьшить задержку во время подключения. Это осуществимо в промышленной среде, где набор хостов назначения, к которым будет подключаться устройство, известен заранее. Для обычных подключений к интернету задержка DNS не является проблемой.

¹ См. <https://www.lfedge.org>

² См. <https://www.open-xchange.com/about-ox/ox-blog/article/dns-latency-in-a-5g-network/>

³ См. <https://www.infoblox.com/wp-content/uploads/infoblox-solution-note-infoblox-dns-for-5g.pdf>

Размещение DNS-резолверов общего назначения ближе к пользователям в периферийном дата-центре приведет к снижению процента попаданий кэша на DNS-резолвере. Такие последствия можно смягчить, установив распределенную систему кэширования, например иерархию региональных и национальных кэшей, или внедрив предварительную выборку записей DNS^{4,5}. Однако есть еще один вид воздействия мобильности 5G на кэширование DNS, который необходимо учитывать. Если мобильное устройство движется, его данные, возможно, придется время от времени перенаправлять в другой, более близкий периферийный дата-центр, чтобы сохранить задержку менее 10 мс. Это перенаправление может происходить через вызов DNS из приложения, поддерживающего мобильность. В таком случае ответ DNS будет вычисляться, исходя из нового географического положения мобильного устройства. Указанная разновидность распределения нагрузки на основе DNS применяется сегодня во многих сетях доставки контента (CDN) с той разницей, что мобильное устройство не должно кэшировать ответ. Это стандартная для DNS техническая практика, при которой время существования (TTL) некоторых записей DNS равно 0.

3.3 Позиция ICANN

Задержка разрешения DNS и кэширование являются вопросами функционирования и оптимизации сети, а не архитектурной проблемой. Поэтому ICANN считает, что DNS пригодна для использования в среде 5G с малой задержкой. ICANN дает следующие рекомендации:

- ⦿ Кэши DNS для чувствительных к задержке 5G-приложений должны находиться как можно локальнее и их необходимо настроить на интенсивную упреждающую выборку.
- ⦿ Распределенная система кэширования может помочь максимизировать эффективность всей системы разрешения DNS.
- ⦿ Возможно разработчики приложений IoT, стремящиеся свести к минимуму влияние задержки DNS, захотят изучить возможность адаптации своих приложений для запроса данных DNS задолго до установления соединения.

4 Нарезка сети: существует ли риск фрагментации системы уникальных идентификаторов интернета?

4.1 Справочная информация

5G способствует распространению концепции сетевой нарезки для абстрагирования сетевых ресурсов и функций. Это позволяет операторам связи создавать одну физическую сеть для очень разных вариантов использования: области применения с высокой пропускной способностью (например, потоковая передача данных), области

⁴ Пример предварительной выборки данных DNS представлен здесь: https://www.researchgate.net/publication/270571591_PREFETCHing_to_optimize_DNSSEC_deployment_over_large_Resolving_Platforms

⁵ Предварительная выборка уже реализована на многих резолверах.

применения с низкой пропускной способностью (например, подключение устройств интернета вещей (IoT)) с низкими требованиями к задержке, корпоративные экстрасети и т. д. Сетевая нарезка — новый термин для старой концепции. Начиная с 2G, сети мобильной связи имеют возможности, называемые «контексты протокола пакетных данных (PDP)/соединения сети пакетной передачи данных (PDN)», которые выбираются на основе имени точки доступа (APN). APN и их базовые инфраструктуры PDP/PDN используются для корпоративных клиентов, обеспечивая прямое подключение к их внутренним сетям. 5G идет дальше, позволяя устанавливать параметры качества обслуживания (QoS). Операторы могут выделить полосу пропускания на основе требований QoS клиента, чтобы предоставить сетевой слой, работающий поверх единой физической инфраструктуры. В настоящее время одним из основных вариантов использования сетевой нарезки является «Индустрия 4.0». Этот термин используется для описания сценариев, когда оператор может предложить фабрике или другому предприятию фактически «собственную сеть», выделив гарантированную полосу пропускания и, в частности, обеспечив детерминированную задержку. Эта функциональность позволит различным отраслям перейти от частной проводной инфраструктуры к более гибкой технологии беспроводной сети.

4.2 Рассмотрение вопроса

Технология 5G разработана в консорциуме 3GPP. В группе технических спецификаций «Сервисные и системные аспекты» рабочая группа 3GPP по архитектуре (SA2) определила экземпляры сетевого слоя (NSI), где каждый NSI содержит несколько экземпляров подсетей сетевого слоя (NSSI). В технической спецификации 3GPP «Архитектура систем 5G» (TS 23.501) определен идентификатор сетевого слоя (NSSAI), который помогает пользовательскому оборудованию (UE) выбрать сетевой слой и тип сервисного слоя (SST). Стандартизация сетевых слоев все еще находится на ранних этапах. Она завершена в том, что касается статически предоставляемых сетевых слоев, но необходимо проделать дополнительную работу, чтобы обеспечить возможность динамического предоставления сетевых слоев в рамках подхода SDN-типа.

Предоставление выделенной полосы пропускания для конкретной сети зависит от возможностей оператора. Это забирает ресурсы, доступные для общего пула. Оператор исходит из того понимания, что доходы, которые генерируются полосой, выделенной для целевых клиентов, с избытком компенсируют потерю дохода, вызванную соответствующим уменьшением полосы, доступной обычным клиентам. Как на самом деле будет реализована сетевая нарезка операторами сотовой связи и каким будет механизм ценообразования, пока неясно. Некоторые технические и коммерческие задачи напоминают предложения постоянной скорости передачи данных (CBR)/доступной скорости передачи данных (ABR)/переменной скорости передачи данных (VBR) в сетях ATM в конце 1990-х годов. Тогда операторы были заинтересованы в том, чтобы предлагать такие услуги QoS, но не хотели, чтобы их клиенты динамически предоставляли эти услуги, опасаясь чрезмерного выделения ресурсов сети.

Выходя за рамки «Индустрии 4.0», сетевую нарезку также можно использовать для разделения нескольких «сервисов/приложений». Существует возможность развертывания специализированных приложений в сочетании с сетевой нарезкой 5G и классическими технологиями виртуальной корпоративной сети (VPN)/виртуальной маршрутизации и переадресации (VRF) для создания больших экстрасетей, которые будут независимо от

обычного интернета подключать пользователей к популярным широко известным сервисам, таким как Facebook, Netflix, Amazon и другие. Это противоположность сегодняшней ситуации, когда пользователи могут получить доступ ко всем этим сервисам через единую сеть. Вместо этого пользовательское приложение получит доступ к слою «Facebook», слою «Netflix» или слою «Amazon» для улучшения качества обслуживания соответствующим сервисом. Это могло бы стать развитием нынешней модели, где указанные крупнейшие игроки уже развернули кэши CDN близко к своим подписчикам в сетях интернет-провайдеров (ISP). Сетевые слои, развернутые таким образом, будут предлагать подключение к выделенной сети с ограниченными параметрами QoS, то есть больше не будет подключений по «негарантированному каналу», мобильный телефон будет напрямую подключен к сетям крупнейших игроков. Другими словами, мобильный телефон больше не будет подключаться к Facebook, Netflix или Amazon через интернет, а станет частью соответствующих сетей.

Помимо аспектов такого развертывания, касающихся сетевого нейтралитета, размножение подобных слоев сети для каждого приложения явилось бы радикальным отходом от ключевой концепции интернета: одна сеть с множеством приложений. В такой модели было бы множество выделенных сетей, по одной на приложение. Слои могут использовать имена и адреса, поступающие из глобальной системы уникальных идентификаторов, которую ICANN помогает координировать, но это не является техническим требованием. По запросу владельца приложения такие слои могли бы быть развернуты с использованием выделенного набора идентификаторов, адресного пространства и пространства имен владельца. Подобный сценарий еще больше увеличил бы фрагментацию интернета.

Нет никаких признаков того, что этот сценарий запланирован в первоначальном или последующих планах развертывания 5G. Более того, операторы могут выбрать вариант развертывания сетевых слоев с использованием глобальных уникальных идентификаторов. Таким образом, риск фрагментации интернета, создаваемый нарезкой сети, в настоящее время представляется низким. Чтобы события развивались по описанному выше сценарию, контент-провайдеру, такому как Facebook, нужно было бы убедить операторов 5G, представляющих значительную долю клиентской базы Facebook, создать сетевой слой в соответствии с требованиями Facebook, а затем подключить этот слой к своей частной сети доставки контента. Надо полагать, что вероятность такого сценария определяется общим балансом сил между интернет-провайдерами и крупнейшими игроками. В конце 2000-х годов уже возникала похожая ситуация. Контент-провайдеры хотели развернуть механизмы кэширования глубоко внутри сетей ISP. Необходимо было зарезервировать выделенную полосу пропускания в сетях ISP для заполнения кэша напрямую от поставщиков контента. Вопрос был следующий: кто заплатит за эту полосу пропускания? Контент-провайдер, который получает выгоду от того, что подписчики ближе к его контенту, или ISP, который получает выгоду от того, что контент стал ближе к его абонентам? Сочетание уменьшения стоимости полосы пропускания при передаче данных на большие расстояния и увеличения мощности этих контент-провайдеров означает, что такие кэши теперь стали реальностью и обычно создаются глубоко внутри сетей ISP. Создание слоев частных сетей может быть просто возвратом к этой дискуссии.

4.3 Позиция ICANN

ICANN считает, что модель единого интернета на основе глобальной системы уникальных идентификаторов является наилучшим способом получить от интернета максимальную пользу. Существует риск того, что для реализации технологии сетевой нарезки популярные платформы начнут использовать собственную систему идентификаторов. Если это произойдет, интернет раздробится и только «длинный хвост» малоизвестных приложений будет по-прежнему использовать глобальную систему уникальных идентификаторов.

5 Сохранят ли телефонные номера свою актуальность в мире 5G? Приведет ли 5G к появлению новых наборов идентификаторов? Будут ли эти идентификаторы находиться в DNS?

5.1 Справочная информация

Опора на технологию передачи голоса по LTE (VoLTE) для базовых голосовых услуг в сочетании с нынешним доминирующим положением таких сервисов, как WhatsApp, Telegram, Facetime и другие, может свидетельствовать о том, что телефонные номера — пережиток прошлого.

Для связи IoT также могут потребоваться самые разные наборы идентификаторов, временных или постоянных, что связано с различными требованиями конфиденциальности и безопасности.

Вопрос в следующем: какие новые наборы идентификаторов, если таковые имеются, необходимы в 5G; будут ли эти идентификаторы основаны на DNS или нет; сохраняет ли свою актуальность IP (v4 или v6)?

5.2 Рассмотрение вопроса

Номера E.164⁶ используются в сотовых сетях только для идентификации устройств конечных пользователей. Для внутренних целей, начиная со второго поколения мобильной связи 2G, в сотовых сетях при маршрутизации вызовов используется другой идентификатор — международный идентификатор мобильного абонента (IMSI). Аналогичным образом, WhatsApp и другие похожие приложения для идентификации пользователя используют телефонный номер E.164, но для вызовов и передачи данных

⁶E.164 — рекомендация ИТУ-Т, определяющая международный план нумерации для всемирной коммутируемой телефонной сети общего пользования (PSTN).

используется IP. Таким образом, E.164 существует как идентификатор конечного пользователя. Enum⁷ не получил широкого распространения, кроме как для обеспечения переносимости телефонного номера.

Нет никаких мостов между различными системами мгновенного обмена сообщениями (IM) и платформами социальных сетей. Причина в том, что эти платформы конкурируют друг с другом и не видят никакой пользы в функциональной совместимости. Например, если пользователь WhatsApp захочет связаться с пользователем Telegram, по крайней мере одному из них придется зарегистрироваться в другой службе и загрузить соответствующее приложение. Поэтому универсальная система каталогов, которая вводила бы новый набор идентификаторов, сопоставленных с конкретной IM или платформой социальной сети, принесет мало пользы.

Сегодня производители устройств IoT, как правило, используют свои собственные системы для идентификации и адресации этих устройств. У производителей широкий выбор схем: серийный номер устройства, номер IMEI⁸, MAC-адрес, идентификатор DOA, или собственная уникальная разработка. Большинство этих идентификаторов привязаны к оборудованию и по существу являются постоянными. Такое постоянство может вызвать проблемы конфиденциальности, если есть возможность получения информации о том, кто является владельцем/пользователем устройства с постоянным идентификатором. Для решения этой проблемы может потребоваться новый набор временных идентификаторов, учитывающих аспекты конфиденциальности. Использование таких временных или постоянных идентификаторов, размещенных в DNS, было изучено офисом технического директора ICANN, а прототипы были разработаны и представлены на конференции ICANN в Абу-Даби в ноябре 2017 года, чтобы продемонстрировать возможность применения DNS для идентификаторов IoT.

Технология 5G, аналогично 4G и предыдущим поколениям, активно использует адреса IPv4, IPv6 и доменные имена. Преимущества внедрения любой новой системы идентификаторов должны перевешивать сложность и стоимость разработки и развертывания такой новой системы при сохранении функциональной совместимости с существующими доменными именами/IP-адресами.

5.3 Позиция ICANN

По-видимому, отсутствует явная необходимость создания новой системы идентификаторов для использования 5G в классических пользовательских приложениях. Однако IoT — это область, где новые глобальные идентификаторы, особенно позволяющие лучше решать вопросы конфиденциальности, могли бы принести пользу. Такие идентификаторы можно реализовать непосредственно в самой DNS.

⁷ Enum — набор протоколов для преобразования телефонного номера E.164 в URI с использованием DNS. Enum определен в документах <https://tools.ietf.org/html/rfc6116> и <https://tools.ietf.org/html/rfc6117>.

⁸ IMSI (Международный идентификатор мобильного абонента) представляет собой код, используемый оператором сотовой связи для идентификации SIM-карты в мобильной сети. IMEI (Международный идентификатор мобильного оборудования) — это международный «серийный номер» самого устройства.

6 Оперативная группа ITU-T «Сеть-2030»

6.1 Справочная информация

Хотя это не связано напрямую с 5G (пока), ITU-T приступил к осуществлению новой инициативы в Оперативной группе «Сеть-2030»⁹. Заявленная цель — определить новый сетевой протокол 3-го уровня (для замены IP). Официальный документ¹⁰ и технический отчет¹¹ были опубликованы в 2019 году. При этом отправным моментом было то, что TCP/IP не подходит для будущих приложений, таких как голографическая и межмашинная связь. По мнению группы «Сеть-2030», ключевым элементом является такой механизм контроля доступа, который позволит выйти за рамки негарантированных каналов и гарантировать величину задержки и джиттер. Необходим интерфейс программирования приложений (API), который позволит приложениям программировать сеть непосредственно перед началом связи, вместо измерения характеристик прохождения сигнала по сети и адаптации к ним. Другим конструктивным элементом является группирование коммуникационных потоков, чтобы при перегрузке они находились в одинаковых условиях. Еще один способ — позволить элементам сетевого уровня в случае перегрузки «усекать» некоторые потоки трафика.

Вместо стремления к универсальной сети деятельность группы «Сеть-2030» направлена на создание специализированных групп сетей для конкретных вертикалей. Нормальной ситуацией может стать подключение сетевого устройства к «нескольким» специализированным интернетам вместо одного.

Примечание: Группа «Сеть-2030» рассматривает инфраструктуру проводных линий с прицелом на беспроводные сети в архитектурах «Beyond 5G»/6G.

6.2 Рассмотрение вопроса

Утверждения, что TCP/IP не подходит для некоторых типов новых и перспективных приложений, не отличаются новизной. Фактически, они звучат всякий раз, когда появляются новые технологии доступа к сетям, такие как DSL, оптоволокно до дома (FTTH), 3G, 4G, 5G и т. д. Опыт усилий по улучшению транспортного протокола TCP показывает, что в результате большинства таких усилий в конечном итоге приходит понимание того, что TCP по-прежнему остается лучшим подходом. Тем не менее, когда-нибудь в будущем ситуация может измениться, вероятно, при организации каналов связи с космическими кораблями, планетами и другими удаленными объектами. Это не означает, что не нужен новый транспортный протокол помимо TCP; IETF активно занимается стандартизацией транспортного протокола QUIC¹², который обеспечивает, помимо прочего, мультиплексирование потоков и установление соединения с малой задержкой.

Дискуссии о том, необходимы (или нет) механизмы контроля за соединением,

⁹ См. <https://www.itu.int/en/ITU-T/focusgroups/net2030/Pages/default.aspx>

¹⁰ См. https://www.itu.int/en/ITU-T/focusgroups/net2030/Documents/White_Paper.pdf

¹¹ См. https://www.itu.int/en/ITU-T/focusgroups/net2030/Documents/Deliverable_NET2030.pdf

¹² См. <https://datatracker.ietf.org/doc/draft-ietf-quic-transport/>

гарантирующие QoS, ведутся с самых ранних этапов создания сетей. В последние несколько десятилетий эти вопросы решались просто «увеличением полосы пропускания», а не возвратом к модели сети, ориентированной на установление соединения, такой как устаревшая телефонная сеть, к которому призывает группа «Сеть-2030».

Для объединения потоков и создания нового API, позволяющего приложению лучше передавать требования к базовой сети, не нужен новый протокол уровня. IETF предприняла многочисленные усилия, направленные на это. Также уместно отметить, как в течение многих лет реализована адаптация полосы пропускания потока в сетях доставки видеоконтента с использованием ретрансляторов на уровне приложений.

Большая часть документов группы «Сеть-2030» посвящена межмашинным линиям связи, где время на передачу и подтверждение (RTT) должно составлять менее 10 мс или даже менее 1 мс. Как указано в техническом документе, опубликованном ITU-T FG2030, это требование ограничено скоростью света. RTT 10 мс — это примерно 1000 км, 1 мс — 100 км. Таким образом, здесь идет речь о локальных (или, в лучшем случае, региональных) сетях, где можно внедрить специализированные технологии и инженерные методы для удовлетворения конкретных требований без влияния на глобальный интернет.

Идее подключения устройств к «множеству» специализированных интернетов присущи некоторые из тех же потенциальных проблем, которые уже затрагивались в этом документе.

Следует отметить, что требования и сценарии использования, представленные в документах «Сеть-2030», рассмотрены не очень подробно и не закладывают прочную техническую основу для обоснования реальной необходимости нового набора сетевых протоколов. Как таковая, эта работа может считаться преждевременной и ближе к научной фантастике (например, что касается голографической связи), чем к насущным и актуальным сетевым проблемам. Следует также отметить, что эта оперативная группа не является представителем всей отрасли.

Оперативная группа «Сеть-2030» должна была закончить свою работу в ноябре 2019 года, но ей был предоставлен еще один год.

Необходимо помнить о том, насколько сложным был переход с IPv4 на IPv6. С момента первоначальной стандартизации IPv6 прошло уже более 20 лет, однако IPv6 все еще очень далек от повсеместного внедрения. При любой новой попытке заменить TCP/IP, вероятно, следует учитывать, что для этого потребуется не одно десятилетие.

6.3 Позиция ICANN

За прошедшие годы был проведен ряд научных исследований, направленных на переосмысление принципов построения сетей для «будущего интернета». Однако разработка и стандартизация протоколов сетевого и транспортного уровня, таких как стек протоколов TCP/IP, традиционно относится к сфере деятельности IETF, а не ITU-T. Что еще более важно, при любой попытке заменить TCP/IP, вероятно, следует учитывать, что для этого потребуется не одно десятилетие, а любые ожидаемые выгоды должны перевешивать сложности и стоимость такого перехода.

7 Существует ли возможность внедрения периферийных решений 5G, не использующих IP?

7.1 Справочная информация

Периферийные решения 5G без IP были предложены с целью устранения кажущейся задержки или предполагаемых ограничений в модели IP для поддержки сред с ограниченными ресурсами, например устройств с аккумуляторным питанием или сетей с очень низким энергопотреблением/полосой пропускания, а также для надлежащей поддержки приложений, чувствительных к задержке.

7.2 Рассмотрение вопроса: можно ли развертывать в среде 5G решения без IP?

К этому вопросу можно подойти по-разному:

Могут ли два устройства 5G, подключенных к одному периферийному узлу, обмениваться данными напрямую, используя решения без IP на уровне 3?

Да, уже сейчас. В релизе № 15 3GPP¹³ определен блок пакетных данных Ethernet (PDU), поэтому два подключенных указанным образом устройства могут либо напрямую обмениваться данными друг с другом на уровне L2 по Ethernet, либо реализовать любой протокол уровня 3 по своему выбору, не обязательно IP. Подобным устройствам пришлось бы использовать специализированный стек протоколов. Это возможно на вертикальном рынке, таком как межмашинная связь (M2M) в контексте Индустрии 4.0.

Могут ли два устройства 5G, подключенных к одному периферийному узлу, обмениваться данными напрямую, используя какие-либо новые расширения на уровне 2?

Вероятно, в ближайшем будущем. 3GPP рассматривает возможность определить профиль для поддержки расширений синхронизирующихся по времени сетей (TSN)¹⁴ к стандарту IEEE 802.1¹⁵ в релизе № 16¹⁶. Как и в предыдущем случае, устройствам пришлось бы использовать специализированный стек протоколов. Это возможно на вертикальном рынке, таком как межмашинная связь (M2M) в контексте Индустрии 4.0.

Может ли устройство 5G использовать технологию без IP для связи с сервером в периферийном дата-центре?

Да. Серверу пришлось бы использовать специализированный стек протоколов.

¹³ См. <https://www.3gpp.org/release-15>

¹⁴ См. <https://1.ieee802.org/tsn/>

¹⁵ См. <https://1.ieee802.org>

¹⁶ См. <https://www.3gpp.org/release-16>

Следует отметить, что вышеуказанные случаи на самом деле применимы только к частным каналам связи между устройствами, находящимися под одним (или связанным) административным контролем и расположенными относительно близко друг к другу географически. Когда два конечных узла находятся далеко друг от друга, любые предполагаемые преимущества замены IP в плане задержки исчезают из-за ограниченной скорости света. Если устанавливается связь между объектами, находящимися под разным административным контролем, сложность настройки технических соединений и налаживания деловых отношений между различными организациями усложнит такой сценарий.

7.3 Рассмотрение вопроса: может ли IP работать на устройствах с ограниченными ресурсами?

Инженерная проектная группа интернета (IETF) очень активно занимается вопросами обеспечения работоспособности IP в сетях с ограниченными ресурсами. В частности, рабочая группа 6lowpan¹⁷ и ее преемница — рабочая группа 6lo¹⁸ определили расширения, позволяющие применять IP на устройствах с ограниченными ресурсами, таких как устройства с аккумуляторным питанием или устройства, использующие радиосвязь с очень малой полосой пропускания.

Среди поддерживаемых технологий канального уровня можно упомянуть следующие: IEEE 802.15.4¹⁹ поддерживается в RFC4944²⁰, ITU-T G.9959²¹ (Zwave) поддерживается в RFC7428²², Bluetooth с низким энергопотреблением²³ (BLE) поддерживается в RFC7668²⁴, цифровая усовершенствованная беспроводная связь со сверхнизким энергопотреблением²⁵ (DECT-ULE) поддерживается в RFC8105²⁶, связь «ведущий-ведомый» с передачей маркера²⁷ (MS/TP) поддерживается в RFC8163²⁸, беспроводная связь ближнего радиуса действия²⁹ (NFC) поддерживается в draft-ietf-6lo-nfc³⁰, передача данных по электрическим сетям³¹ (PLC) поддерживается в draft-ietf-6lo-plc³². Применяются различные методы от сжатия заголовка

¹⁷ См. <https://datatracker.ietf.org/wg/6lowpan/about/>

¹⁸ См. <https://datatracker.ietf.org/wg/6lo/about/>

¹⁹ См. <http://www.ieee802.org/15/pub/TG4.html>

²⁰ См. <https://tools.ietf.org/html/rfc4944>

²¹ См. <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.9959>

²² См. <https://tools.ietf.org/html/rfc7428>

²³ См. <https://www.bluetooth.com/learn-about-bluetooth/bluetooth-technology/radio-versions/>

²⁴ См. <https://tools.ietf.org/html/rfc7668>

²⁵ См. <https://www.ulealliance.org>

²⁶ См. <https://tools.ietf.org/html/rfc8105>

²⁷ Стандарт ANSI 135-2016, BACNET, протокол передачи данных для автоматизации зданий и сетей управления

²⁸ См. <https://tools.ietf.org/html/rfc8163>

²⁹ См. <https://www.iso.org/standard/56692.html>

³⁰ См. <https://datatracker.ietf.org/doc/draft-ietf-6lo-nfc/>

³¹ См. <https://standards.ieee.org/standard/1901-2010.html>

³² См. <https://tools.ietf.org/html/draft-ietf-6lo-plc-01>

RFC3095³³, RFC6282³⁴, RFC7400³⁵, и фрагментации канального уровня с повторной сборкой через уровень адаптации RFC4944³⁶, до оптимизации протокола (например, оптимизация путем обнаружения соседних устройств IPv6, RFC6775³⁷, оптимизация маршрутизации в сетях с ограниченными ресурсами, RFC6550³⁸). Варианты использования IP в таких средах с ограниченными ресурсами описаны в документе IETF draft-ietf-6lo-use-cases³⁹.

7.4 Рассмотрение вопроса: как принять во внимание чувствительные к задержке приложения в TCP/IP?

Институт инженеров электротехники и электроники (IEEE) работает над расширениями для синхронизируемых по времени сетей (TSN)⁴⁰ к стандарту IEEE 802.1⁴¹. IETF в сотрудничестве с разработчиками IEEE 802.1 учредила рабочую группу по вопросам детерминированных сетей (DETNET). Этой рабочей группе поручено заниматься «детерминированными каналами передачи данных, которые работают через сегменты с мостами 2-го уровня и маршрутизаторами 3-го уровня, способными ограничить задержки, потери данных, изменение задержки пакетов (джиттер) и высокую надежность».

Еще одним направлением работы IETF в этой области является транспортный протокол QUIC⁴², который обеспечивает, помимо прочего, мультиплексирование потоков и установление соединения с малой задержкой.

7.5 Позиция ICANN

Конкретные вертикали, использующие частные сети 5G или сетевые слои общедоступных сетей 5G, являются лишь частным случаем фирменных сетей. В частных специализированных сетях можно свободно использовать определенные технологии без IP, не оказывая какого-либо влияния на глобальный интернет.

Кроме того, ICANN отмечает, что IETF в рабочей группе 6lowrap и затем в рабочей группе 6lo уже проделала большую работу, чтобы IP функционировал в среде с ограниченными ресурсами, например на устройствах с аккумуляторным питанием или в сетях с очень низким энергопотреблением/полосой пропускания, а также для поддержки чувствительных к задержке приложений в рабочей группе DETNET в сотрудничестве с рабочей группой IEEE по вопросам синхронизирующихся по времени сетей. Еще одним примером участия IETF в изучении среды, чувствительной к задержке, является транспортный протокол QUIC, который обеспечивает, помимо прочего, мультиплексирование потоков и установление соединения с малой задержкой.

³³ См. <https://tools.ietf.org/html/rfc3095>

³⁴ См. <https://tools.ietf.org/html/rfc6282>

³⁵ См. <https://tools.ietf.org/html/rfc7400>

³⁶ См. <https://tools.ietf.org/html/rfc4944>

³⁷ См. <https://tools.ietf.org/html/rfc6775>

³⁸ См. <https://tools.ietf.org/html/rfc6550>

³⁹ См. <https://datatracker.ietf.org/doc/draft-ietf-6lo-use-cases/>

⁴⁰ См. <https://1.ieee802.org/tsn/>

⁴¹ См. <https://1.ieee802.org>

⁴² См. <https://datatracker.ietf.org/doc/draft-ietf-quic-transport/>