

Tecnología 5G

Oficina del Director de Tecnologías de la ICANN

Alain Durand
OCTO-004
23/01/2020



ÍNDICE

1 RESUMEN EJECUTIVO	3
2 INTRODUCCIÓN	4
3 LATENCIA: ¿ES EL DNS VIABLE EN UN ENTORNO DE BAJA LATENCIA DE 5G?	4
3.1 Información de referencia	4
3.2 Debate	5
3.3 Posición de la ICANN	6
4 SEGMENTACIÓN DE LA RED: ¿EXISTE EL RIESGO DE FRAGMENTACIÓN DEL SISTEMA DE IDENTIFICADORES ÚNICOS DE INTERNET?	6
4.1 Información de referencia	6
4.2 Debate	7
4.3 Posición de la ICANN	8
5 ¿SEGUIRÁN SIENDO RELEVANTES LOS NÚMEROS DE TELÉFONO CON 5G? ¿LA TECNOLOGÍA 5G DARÁ LUGAR A LA INTRODUCCIÓN DE NUEVOS CONJUNTOS DE IDENTIFICADORES? ¿ESTARÁN ESOS IDENTIFICADORES EN EL DNS?	9
5.1 Información de referencia	9
5.2 Debate	9
5.3 Posición de la ICANN	10
6 GRUPO TEMÁTICO DEL UIT-T SOBRE TECNOLOGÍAS DE RED 2030	10
6.1 Información de referencia	10
6.2 Debate	11
6.3 Posición de la ICANN	12
7 ¿HAY OPORTUNIDADES PARA SOLUCIONES QUE NO ESTÉN BASADAS EN IP EN LA PERIFERIA EN 5G?	12
7.1 Información de referencia	12
7.2 Debate: ¿Las soluciones no basadas en IP pueden desplegarse en 5G?	13
7.3 Debate: ¿Puede el IP funcionar en dispositivos limitados?	13
7.4 Debate: ¿Cómo tener en cuenta las aplicaciones sensibles a la latencia en TCP/IP?	14
7.5 Posición de la ICANN	15

El presente documento forma parte de la serie de documentos de la OCTO. Consulte <https://www.icann.org/resources/pages/octo-publications-2019-05-24-en> para obtener una lista de los documentos de la serie. Si tiene preguntas o sugerencias sobre cualquiera de estos documentos, escríbanos a octo@icann.org.

1 Resumen Ejecutivo

Internet es cada vez más móvil. La próxima oleada de dispositivos conectados a Internet no se limitará a computadoras o teléfonos inteligentes con un ser humano real frente a la pantalla. Incluirá la comunicación de máquina a máquina con los dispositivos de Internet de las cosas (IoT). Teniendo en cuenta esas dos tendencias, la introducción de la tecnología 5G (la tecnología inalámbrica de quinta generación para redes celulares) resulta de especial importancia para Internet en general y para la ICANN en particular.

La pregunta fundamental que se hace con la introducción de 5G se reduce a: ¿sigue siendo relevante el modelo actual de Internet (conocido como el conjunto de protocolos TCP/IP) en un mundo de 5G? Esta pregunta para la ICANN se traduce en las dos siguientes preguntas:

- ⦿ ¿Sigue siendo operativo el DNS en un mundo de 5G, especialmente considerando las aplicaciones sensibles a la latencia?
- ⦿ ¿Sigue siendo útil el conjunto de identificadores únicos que la ICANN ayuda a coordinar, o 5G trae consigo la necesidad de un conjunto diferente de identificadores?

A lo largo de los años, ha habido una serie de proyectos de investigación académica destinados a redefinir la red para una "Internet del futuro". Lo que es más importante, cualquier nuevo intento de reemplazar el TCP/IP probablemente debería considerar plazos de décadas y cualquier supuesto beneficio tendría que superar las complejidades y el costo de dicha transición. Además, la ICANN señala que el IETF ya ha realizado una amplia labor para lograr que el IP funcione en entornos limitados, como los dispositivos que funcionan con baterías o las redes de muy baja potencia y muy bajo ancho de banda en los grupos de trabajo 6lowpan y el sucesor 6lo. Otros esfuerzos del IETF, como los que se realizaron en el grupo de trabajo QUIC, desarrollan los protocolos de la capa de transporte para proporcionar, entre otras cosas, la multiplexación de flujos y el establecimiento de conexiones de baja latencia.

No parece haber una clara necesidad de un nuevo sistema de identificadores para las aplicaciones clásicas orientadas al usuario que utilizan 5G. Sin embargo, la IoT es un dominio que podría beneficiarse de nuevos identificadores globales, especialmente algunos que podrían manejar mejor la privacidad. Dichos identificadores pueden implementarse directamente dentro del DNS.

El almacenamiento en caché y la latencia de resolución del DNS son una preocupación de la operación/optimización de la red, no una cuestión de arquitectura. La ICANN tiene las siguientes recomendaciones para las redes 5G:

- ⦿ Las cachés del DNS para aplicaciones 5G sensibles a la latencia deben ser lo más locales posible y tener configurada una captura previa agresiva.
- ⦿ Un sistema de caché distribuido podría ayudar a maximizar la eficiencia del sistema de resolución del DNS en general.
- ⦿ Los desarrolladores de aplicaciones de IoT que buscan minimizar el efecto de la latencia del DNS pueden querer investigar la adaptación de sus aplicaciones para consultar datos del DNS mucho antes del establecimiento de la conexión.

La ICANN cree que el modelo de una Internet única, basada en un sistema global de identificadores únicos, es la mejor manera de maximizar los beneficios que puede aportar

Internet. Existe el riesgo de que las plataformas más populares puedan evolucionar para aprovechar la Segmentación de la red 5G utilizando su propio sistema de identificadores privado. Si eso ocurriera, Internet se fracturaría y solo la larga cola de las aplicaciones menos conocidas seguiría utilizando el sistema mundial de identificadores únicos de Internet.

2 Introducción

Este memorando analizará la 5G (la tecnología inalámbrica de quinta generación para redes celulares) desde una perspectiva técnica y planteará las siguientes preguntas: ¿qué cambia 5G, si es que cambia algo, en la arquitectura de Internet y los protocolos como TCP/IP? ¿Cuál sería el impacto en el sistema de identificadores únicos que la ICANN ayuda a coordinar, en particular el Sistema de Nombres de Dominio (DNS)?

3 Latencia: ¿Es el DNS viable en un entorno de baja latencia de 5G?

3.1 Información de referencia

Los debates relacionados con las arquitecturas móviles se han enmarcado frecuentemente en un equilibrio entre operadores y proveedores. Los operadores manejan gran parte de los requisitos, mientras que los proveedores crean la tecnología adecuada para cumplir con esos requisitos. Los operadores están interesados en atraer a nuevos participantes como proveedores potenciales en el mercado y los proveedores existentes están interesados en mantener (y aumentar) su cuota de mercado. Cada nueva generación de tecnología de comunicaciones móviles trae una nueva arquitectura (o evolución de la arquitectura existente) con la promesa de nuevos servicios y oportunidades de negocio. Estas nuevas tecnologías se promocionan como una vía para que nuevos participantes (proveedores, operadores o terceros) perturben el mercado.

En 5G, los proveedores actuales han presionado inicialmente para mantener una arquitectura centralizada y, al mismo tiempo, mejorar la unidad de radio. Los nuevos participantes han presionado, desde la conceptualización de 5G, por una arquitectura de computación periférica y promueven las Redes Definidas por Software (SDN) y la Virtualización de Funciones de Red (NFV). (La computación periférica, o *Edge computing*, es un diseño para disminuir el ancho de banda y la demora al acercar los recursos necesarios a los sistemas que los solicitan). El trasfondo de esta controversia es la promesa de un menor gasto de capital y la posibilidad de ofrecer nuevos servicios, potencialmente entregados a la carta, que podrían presentarse a un costo reducido. Entre esos servicios nuevos estaría la posibilidad de ofrecer Comunicaciones de baja latencia ultraconfiables (URLLC), es decir, de menos de 5 ms o menos de 10 ms, para automóviles de conducción autónoma, Vehículo a todo (V2X) y aplicaciones de Realidad Aumentada (RA) o Realidad Virtual (RV).

Esta movida hacia la NFV comenzó en 2012, antes de la 5G, cuando el Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones (ETSI) creó el Grupo de Especificación Industrial (ISG) para NFV. La tecnología NFV ha madurado un poco desde entonces y los titulares ofrecen ahora también una gran parte de su cartera de productos como Funciones de redes virtualizadas (VNF). Las nubes periféricas, bajo diversas definiciones, provienen de la comunidad de

operadores. Ha habido diferentes iniciativas de nubes periféricas tanto en la estandarización, por ejemplo, la Computación periférica de acceso múltiple (MEC) del ETSI, como en las comunidades de código abierto donde, por ejemplo, la Linux Foundation Edge Foundation (LF Edge)¹ proporciona un ámbito para "establecer un marco abierto e interoperable para la computación periférica independiente del hardware, silicio, nube o sistema operativo".

Algunos de los nuevos proveedores han publicado recientemente una serie de artículos^{2,3} que promueven la idea de que el DNS tradicional no es compatible con las aplicaciones de extra baja latencia 5G, es decir, URLLC. El argumento clave es que el tiempo de ida y vuelta a un centro de datos "regional" agrega una latencia extra inaceptable. La solución que esos proveedores promueven es poner resolutores del DNS en las plataformas de computación periférica en lugar de centralizar la resolución del DNS en un centro de datos nacional o regional.

3.2 Debate

El enlace de radio 5G es solo el primer tramo de cualquier comunicación. Uno de los objetivos de 5G es reducir la latencia de radio a menos de 5 ms o 10 ms de tiempo de ida y vuelta (RTT). La comunicación entonces se transporta (red de retorno) desde una torre de radio a un centro de datos. En el supuesto de que un centro regional de datos se encuentre a 1000 km de distancia de una instalación periférica, conectada por fibra, se agregaría un RTT adicional de 10 ms. Sin embargo, para ello habría que tener en cuenta el tiempo que el resolutor tardará en procesar las consultas del DNS y también habría que agregar un tiempo de cálculo similar a los resolutores periféricos. Si el destino de la conexión TCP o UDP tras la resolución del DNS es un host situado fuera de la proximidad del centro de datos periférico, este retraso adicional de 10 ms, que solo ocurre una vez en el establecimiento de la conexión, probablemente sería insignificante. Sin embargo, si el host de destino se encuentra dentro del centro de datos periférico (por ejemplo, comunicaciones inter-VNF) o conectado a través de 5G (por ejemplo, camiones de conducción autónoma en una mina), este retraso puede ser significativo. En dichos casos, alojar los resolutores del DNS en el centro de datos periférico podría tener sentido. Otra opción es que la aplicación realice una captura previa de los datos del DNS en el momento del arranque para reducir cualquier retraso en el momento de la conexión. Esto es factible en un entorno industrial en el que se conoce de antemano el conjunto de destinos a los que se conectará un dispositivo. Para las conexiones regulares a Internet, la latencia del DNS no parece ser un problema.

Colocar resolutores del DNS de propósito general más cerca de los usuarios en un centro de datos periférico tendría el efecto de reducir la tasa de aciertos en la caché del resolutor del DNS. Este impacto podría mitigarse mediante la instalación de un sistema de almacenamiento en caché distribuido, como una jerarquía de cachés regionales y nacionales o el despliegue de una forma de captura previa de registros del DNS^{4,5}. Sin embargo, hay otro efecto de la movilidad 5G en el almacenamiento en caché del DNS que se debe tener en cuenta. Si un

¹ Véase <https://www.lfedge.org>

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

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

⁴ Un ejemplo de captura previa del DNS se puede consultar en https://www.researchgate.net/publication/270571591_PREFETCHing_to_optimize_DNSSEC_deployment_over_large_Resolving_Platforms

⁵ La captura previa ya se ha aplicado en muchas implementaciones de resolución.

dispositivo móvil está en movimiento, podría necesitar ser redirigido de vez en cuando a un centro de datos periférico diferente y más cercano para mantener una latencia inferior a 10 ms. Esta redirección podría tener lugar a través de una llamada al DNS realizada por una aplicación de movilidad. En dicho caso, la respuesta del DNS se calculará a partir de la nueva posición geográfica del dispositivo móvil. Se trata de una variación del equilibrio de carga basado en el DNS que practican muchas Redes de entrega de contenido (CDN) en la actualidad, con la diferencia de que la respuesta no debe ser almacenada en la memoria caché del dispositivo móvil. Esta es la práctica estándar de ingeniería del DNS, donde el tiempo de vida útil (TTL) de ciertos registros del DNS se establece en 0.

3.3 Posición de la ICANN

El almacenamiento en caché y la latencia de resolución del DNS son una preocupación de la operación/optimización de la red, no una cuestión de arquitectura. Por lo tanto, la ICANN cree que el DNS es viable en un entorno 5G de baja latencia. La ICANN tiene las siguientes recomendaciones:

- ⦿ Las cachés del DNS para aplicaciones 5G sensibles a la latencia deben ser lo más locales posible y tener configurada una captura previa agresiva.
- ⦿ Un sistema de caché distribuido podría ayudar a maximizar la eficiencia del sistema de resolución del DNS en general.
- ⦿ Los desarrolladores de aplicaciones de IoT que buscan minimizar el efecto de la latencia del DNS pueden querer investigar la adaptación de sus aplicaciones para consultar datos del DNS mucho antes del establecimiento de la conexión.

4 Segmentación de la red: ¿Existe el riesgo de fragmentación del sistema de identificadores únicos de Internet?

4.1 Información de referencia

La tecnología 5G promueve el concepto de Segmentación de la red para abstraer recursos y funciones de la red. Permite a los operadores crear una única red física que puede representar casos de uso muy diferentes: aplicaciones de mucho ancho de banda (por ejemplo, transmisiones), aplicaciones de poco ancho de banda (por ejemplo, conexión de dispositivos de Internet de las cosas [IoT]) con requisitos de baja latencia, extranets empresariales, etc. La Segmentación de la red (o Network Slicing) es un nuevo término para un concepto antiguo. A partir del sistema 2G, las redes móviles han tenido capacidades denominadas "Conexiones de Contextos de Protocolo de Paquete de Datos (PDP)/Red de Paquete de Datos (PDN)" que se seleccionan en base a un Nombre de Punto de Acceso (APN). Las APN y sus infraestructuras subyacentes de PDP/PDN se han utilizado para que los clientes empresariales proporcionen conectividad directa a sus redes internas. 5G va más allá y permite establecer parámetros de Calidad de Servidor (QoS). Los operadores serían capaces de apartar el ancho de banda en función de los requisitos de QoS del cliente para proporcionar un segmento de la red que se ejecute sobre una única infraestructura física. En la actualidad, uno de los principales casos de uso de Segmentación de la red es la "industria 4.0", término que se utiliza para describir los

escenarios en los que un operador puede ofrecer prácticamente una "red propia" para una fábrica u otra industria en la que tiene un ancho de banda garantizado y, especialmente, una latencia determinista. Esta funcionalidad permitiría a las diversas industrias pasar de una infraestructura cableada de propiedad exclusiva a una tecnología de red inalámbrica más flexible.

4.2 Debate

5G se define en 3GPP. El Grupo de Trabajo de Arquitectura, Aspecto del Sistema y Servicio de 3GPP (SA2) ha definido las Instancias de segmentación de la red (NSI), en las que cada NSI contiene varias Instancias de Subred de la segmentación de la red (NSSI). La Especificación técnica (TS) de la Arquitectura del sistema 3GPP para sistemas 5G (TS 23.501) define la Información de asistencia para la selección del segmento de red (NSSAI), que se utiliza para ayudar al Equipo del usuario (UE) en la selección del segmento de red y el Tipo de segmento de servicio (SST). Esta estandarización de las segmentaciones de la red está todavía en sus primeras fases. Está preparada para los segmentos de red suministrados estáticamente, pero se necesita realizar más trabajo para permitir segmentos de red suministrados dinámicamente en un enfoque de tipo SDN.

El suministro de ancho de banda dedicado para una red específica no es neutral para el operador. Le quita recursos disponibles para la reserva común. Se basa en la noción de que los ingresos generados por el espectro reservado para los clientes seleccionados compensarán con creces la pérdida de ingresos que genera la correspondiente disminución del espectro disponible para clientes genéricos. Todavía no está claro cómo se aplicará realmente la Segmentación de la red y cómo los operadores celulares fijarán los precios. Algunos de los desafíos técnicos y comerciales recuerdan a las ofertas de Tasa de bits constante (CBR)/Tasa de bits disponible (ABR)/Tasa de bits variable (VBR) en las redes de cajeros automáticos a fines de la década de 1990. Los operadores de entonces estaban interesados en ofrecer dichos servicios de QoS, pero se mostraron reacios a dejar que sus clientes los suministraran dinámicamente por temor a un exceso de suministro de la red.

Más allá de la "industria 4.0", la "Segmentación de la red" también podría utilizarse para diferenciar múltiples "servicios/aplicaciones". Existe la posibilidad de que se despliegue una combinación de aplicaciones especializadas, más la segmentación de la red 5G y las tecnologías clásicas de Red privada virtual (VPN)/Enrutamiento y reenvío virtual (VRF), para crear grandes extranets que conecten a los usuarios, independientemente de la Internet común, a servicios populares muy conocidos como Facebook, Netflix y Amazon, entre otros. Esto es lo contrario a lo que sucede hoy en día, donde los usuarios pueden acceder a todos estos servicios a través de una sola red. En su lugar, una aplicación de usuario tendría acceso al segmento de "Facebook", al segmento de "Netflix" o al segmento de "Amazon" para obtener un mejor servicio al acceder a estos servicios. Esto podría ser una evolución del modelo actual, en el que esos servicios de libre transmisión (OTT) ya despliegan cachés de CDN cerca de los consumidores de contenido en las redes de Proveedores de Servicios de Internet (ISP). Los segmentos de red desplegados de esta manera ofrecerían una red dedicada que se conectaría con parámetros de QoS limitados, es decir, ya no se trata de una conectividad de "mejor esfuerzo", sino de un terminal conectado directamente a la red del reproductor. En otras palabras, el teléfono ya no se conectaría a Facebook, Netflix o Amazon a través de Internet, sino que formaría parte de esas redes respectivas.

Además de los aspectos de neutralidad de la red de dicho despliegue, la multiplicación de dichos segmentos de red por aplicación sería un cambio radical de un concepto clave de Internet: una red con múltiples aplicaciones. En ese modelo, habría múltiples redes dedicadas, una por cada aplicación. Los segmentos podrían utilizar nombres y direcciones provenientes del sistema de identificadores únicos a nivel global que la ICANN ayuda a coordinar, pero esto no es un requisito técnico. A solicitud del propietario de la aplicación, dichos segmentos podrían desplegarse utilizando el conjunto de identificadores, el espacio de direcciones y el espacio de nombres dedicados del propietario. Este escenario aumentaría aún más la fragmentación de Internet.

No hay indicios de que este escenario esté previsto en los planes iniciales o posteriores de implementación de 5G. Además, los operadores pueden optar por implementar segmentos de la red utilizando identificadores únicos mundiales. Por lo tanto, el riesgo que genera la Segmentación de la red sobre la fragmentación de Internet parece bajo en este momento. Para que ocurra el escenario descrito anteriormente, un proveedor de contenido como Facebook tendría que convencer a los operadores de 5G que representan un porcentaje significativo de la base de clientes de Facebook de crear un segmento de la red según los requisitos de Facebook y luego conectar esa porción a su red privada de entrega de contenido. La probabilidad de dicho escenario probablemente dependa del equilibrio general de poder entre los ISP y los actores principales. A fines de la década de 2000, existía una situación similar. Los proveedores de contenido querían desplegar motores de caché en lo profundo de las redes de los ISP. El ancho de banda dedicado en los ISP tenía que ser reservado para alimentar la caché directamente de los proveedores de contenido. La pregunta era: ¿quién paga por ese ancho de banda? ¿El proveedor de contenido que se beneficia de tener a los consumidores más cerca de su contenido, o el ISP que se beneficia del contenido más cercano a sus consumidores? La combinación de la disminución en el costo del ancho de banda de larga distancia y el aumento del poder de esos proveedores de contenido implica que dichas cachés son ahora una realidad, y se despliegan comúnmente en lo profundo de las redes de los ISP. La creación de segmentos de redes privadas podría ser simplemente una repetición de ese debate.

4.3 Posición de la ICANN

La ICANN cree que el modelo de una Internet única, basada en un sistema global de identificadores únicos, es la mejor manera de maximizar los beneficios que puede aportar Internet. Existe el riesgo de que las plataformas más populares puedan evolucionar para aprovechar la Segmentación de la red y que utilicen su propio sistema de identificadores. Si eso ocurriera, Internet se fracturaría y solo la larga cola de las aplicaciones menos conocidas seguiría utilizando el sistema mundial de identificadores únicos de Internet.

5 ¿Seguirán siendo relevantes los números de teléfono con 5G? ¿La tecnología 5G dará lugar a la introducción de nuevos conjuntos de identificadores? ¿Estarán esos identificadores en el DNS?

5.1 Información de referencia

La dependencia de Voz sobre LTE (VoLTE) para el servicio básico de voz, junto con los roles ahora dominantes de servicios como WhatsApp, Telegram y Facetime, entre otros, podrían sugerir que los números de teléfono son una reliquia del pasado.

Las comunicaciones de IoT también pueden requerir conjuntos de identificadores muy diferentes, ya sea efímeros o persistentes, asociados con diversos requisitos de privacidad y seguridad.

La pregunta es: en 5G, ¿qué conjuntos de identificadores nuevos se requieren, si es que corresponde; se basarían esos identificadores en el DNS o no; y sigue siendo relevante el IP(v4 o v6)?

5.2 Debate

Los números E.164⁶ se utilizan en las redes celulares únicamente para identificar los dispositivos de usuarios finales. De forma interna, desde el sistema 2G, las redes celulares han utilizado otro identificador, el código denominado Identidad Internacional de Abonado Móvil (IMSI), para enrutar las llamadas. Del mismo modo, WhatsApp y otras aplicaciones similares utilizan un número de teléfono E.164 para identificar a un usuario, pero utilizan la IP para mover datos y realizar llamadas. Por lo tanto, el E.164 sigue siendo la identidad del usuario final.

Enum⁷ no se ha desplegado mucho fuera de la portabilidad de los números telefónicos.

No existen puentes entre los diversos sistemas de mensajería instantánea (IM) y las plataformas de redes sociales. La razón es que esas plataformas compiten entre sí y no ven ningún valor en la interoperabilidad. Por ejemplo, si un usuario de WhatsApp quisiera comunicarse con un usuario de Telegram, al menos uno de ellos tendría que registrarse en el otro servicio y descargar la aplicación apropiada. Por ello, un sistema de directorio genérico

⁶ E.164 es una recomendación del UIT-T que define un plan de numeración internacional para la Red Telefónica Pública Conmutada (RTPC) mundial.

⁷ Enum es una correlación de un número de teléfono E.164 en un URI a través del DNS. Enum se define en <https://tools.ietf.org/html/rfc6116> y <https://tools.ietf.org/html/rfc6117>.

que introdujera un nuevo conjunto de identificadores que se asignara a una plataforma específica de mensajería instantánea o de redes sociales sería de poca utilidad.

Hoy en día, los fabricantes de dispositivos de IoT generalmente utilizan sus propios sistemas de propiedad exclusiva para identificar y dirigirse a esos dispositivos. Los fabricantes tienen muchos esquemas para elegir: el número de serie del dispositivo, el número IMEI⁸, una dirección MAC, un identificador de DOA, o algo totalmente propietario. La mayoría de esos identificadores están vinculados al hardware y son esencialmente persistentes. Esta persistencia puede causar problemas de privacidad si se puede obtener la asignación del identificador persistente al propietario/usuario del dispositivo. Para responder a esta preocupación, podría requerirse un nuevo conjunto de identificadores efímeros que respeten la privacidad. El uso de dichos identificadores efímeros o persistentes alojados en el DNS ha sido objeto de estudio de la Oficina del Director de Tecnologías de la ICANN, y se han desarrollado prototipos que se han presentado en la reunión de la ICANN en Abu Dabi en noviembre de 2017 para demostrar la viabilidad del uso del DNS para identificadores de la IoT.

5G, al igual que 4G y las iteraciones anteriores, aprovecha en gran medida las direcciones IPv4, IPv6 y los nombres de dominio. Los beneficios de la introducción de cualquier sistema nuevo de identificadores tendrían que superar las complejidades y los costos de desarrollo e implementación de ese nuevo sistema, y mantener al mismo tiempo la interoperabilidad con los nombres de dominio/direcciones IP existentes.

5.3 Posición de la ICANN

No parece haber una clara necesidad de un nuevo sistema de identificadores para las aplicaciones clásicas orientadas al usuario que utilizan 5G. Sin embargo, la IoT es un dominio que podría beneficiarse de nuevos identificadores globales, especialmente algunos que podrían manejar mejor la privacidad. Dichos identificadores pueden implementarse directamente dentro del DNS.

6 Grupo Temático del UIT-T sobre Tecnologías de Red 2030

6.1 Información de referencia

Aunque no está directamente vinculado a 5G (todavía), el UIT-T ha iniciado un nuevo esfuerzo en el Grupo Temático "Tecnologías de Red 2030" (GT NET-2030)⁹. El objetivo declarado es definir un nuevo protocolo de red de Capa 3 (un reemplazo para IP). En 2019, un libro blanco¹⁰ y un informe técnico¹¹ fueron publicados, con un punto de partida que indicaba que el TCP/IP no es adecuado para aplicaciones futuras como las comunicaciones holográficas y las

⁸ El IMSI (Identidad Internacional de Abonado Móvil) es un código que utiliza el operador celular para identificar la tarjeta SIM en la red móvil. El IMEI (Identidad Internacional de Equipo Móvil) es un "número de serie" internacional para el propio dispositivo.

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

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

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

comunicaciones de máquina a máquina. Un elemento clave que destacó Tecnologías de Red 2030 es un mecanismo de control de acceso para ir más allá del mejor esfuerzo y garantizar la demora y la fluctuación. Se necesita una Interfaz de Programación de Aplicaciones (API) para que las aplicaciones puedan programar la red directamente antes de iniciar una comunicación, en lugar de medir las características de propagación de la red y adaptarse a ella. Otro elemento de diseño es agrupar los flujos de comunicación para que puedan compartir el mismo destino en caso de congestión. Otro es permitir que los elementos de la capa de red "bajen de nivel" algunos flujos de tráfico en caso de congestión.

En lugar de centrarse en una red ubicua, esta iniciativa de Tecnologías de Red 2030 tiene como objetivo crear conjuntos de redes a medida para verticales específicos. Una situación normal para un dispositivo de red podría ser el estar conectado a "múltiples" Internet especializadas, en lugar de una sola.

Nota: Tecnologías de Red 2030 apunta a la infraestructura de líneas alámbricas con miras a las redes inalámbricas en las arquitecturas "Más allá de 5G"/6G.

6.2 Debate

Las afirmaciones que señalan que el TCP/IP no es adecuado para algunos tipos de aplicaciones nuevas y emergentes no son una novedad. De hecho, resurgen cada vez que aparece una nueva tecnología de red de acceso, como DSL, Fibra hasta el hogar (FTTH), 3G, 4G, 5G, etc. El historial de los esfuerzos por mejorar el protocolo de transporte TCP muestra que la mayoría de los esfuerzos finalmente comprenden que el TCP sigue siendo el mejor enfoque. Sin embargo, puede haber un futuro en el que esto ya no sea así, posiblemente cuando se gestionen las conexiones con naves espaciales, planetas y otros objetos lejanos. Esto no significa que no haya necesidad de un nuevo protocolo de transporte que no sea el TCP; el IETF está muy avanzado en su esfuerzo por estandarizar el protocolo de transporte QUIC¹² que proporciona, entre otras cosas, la multiplexación de flujos y el establecimiento de conexiones de baja latencia.

Los debates sobre la necesidad (o no) de mecanismos de control de admisión para garantizar la QoS se han sucedido desde el comienzo de las redes. En las últimas décadas, la respuesta a esas preguntas ha sido simplemente "más ancho de banda", en lugar de volver a un modelo de red orientado a la conexión, como la red de telefonía heredada, como recomienda el grupo Tecnologías de Red 2030.

Agrupar los flujos y proporcionar una nueva API para permitir que una aplicación comunique mejor los requisitos a la red subyacente no requiere un nuevo protocolo de capa. Se han iniciado muchas iniciativas en ese sentido en el IETF. También cabe señalar cómo se ha implementado la adaptación del ancho de banda de transferencia en las redes de entrega de contenido de video durante muchos años, utilizando relés de capa de aplicación.

Gran parte del enfoque de los documentos del grupo temático Tecnologías de Red 2030 son las comunicaciones de máquina a máquina que requieren un tiempo de ida y vuelta (RTT) inferior a 10 ms o incluso inferior a 1 ms. Como señala el documento técnico publicado por el GT NET-2030 del UIT-T, este requisito está limitado por la velocidad de la luz. Un RTT de 10 ms es aproximadamente 1000 km, 1 ms es 100 km. Por lo tanto, aquí estamos hablando de

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

redes de área local (o en el mejor de los casos regional) en las que se podrían desplegar tecnologías y prácticas de ingeniería especializadas para abordar los requisitos específicos sin afectar la Internet global.

La idea de dispositivos conectados a "múltiples" Internet especializadas comparte algunas de las mismas cuestiones potenciales que se mencionan anteriormente en el presente documento.

Cabe señalar que los requisitos y los casos de uso presentados en Tecnologías de Red 2030 no son muy detallados y no establecen una base técnica muy sólida para fundamentar la necesidad de un nuevo conjunto de protocolos de red. Por lo tanto, este trabajo podría considerarse prematuro y más cercano a la ciencia ficción (por ejemplo, las comunicaciones holográficas) que algo basado en cuestiones de redes actuales y reales. Cabe señalar también que este grupo temático no parece ser representativo de un muestreo de toda la industria.

Se suponía que el Grupo Temático Tecnologías de Red 2030 terminaría su trabajo en noviembre de 2019, pero se le concedió una prórroga de un año.

Un aspecto a tener en cuenta es lo difícil que ha sido la transición de IPv4 a IPv6. Hace más de 20 años que el IPv6 fue estandarizado por primera vez y está todavía muy lejos de implementarse de forma universal. Cualquier nuevo intento de reemplazar el TCP/IP debería considerar plazos de décadas.

6.3 Posición de la ICANN

A lo largo de los años, ha habido una serie de proyectos de investigación académica destinados a redefinir la red para una "Internet del futuro". Sin embargo, el desarrollo y la estandarización de los protocolos de la capa de red y transporte, como el conjunto de protocolos TCP/IP, se ha adaptado tradicionalmente al ámbito del IETF, no del UIT-T. Lo que es más importante, cualquier nuevo intento de reemplazar el TCP/IP probablemente debería considerar plazos de décadas y cualquier supuesto beneficio tendría que superar las complejidades y el costo de dicha transición.

7 ¿Hay oportunidades para soluciones que no estén basadas en IP en la periferia en 5G?

7.1 Información de referencia

Se han propuesto soluciones no basadas en IP en la periferia de 5G para hacer frente a la latencia percibida o a las supuestas limitaciones del modelo IP para admitir entornos limitados como los dispositivos que funcionan con baterías o las redes de baja energía/bajo ancho de banda, o para admitir adecuadamente las aplicaciones sensibles a la latencia.

7.2 Debate: ¿Las soluciones no basadas en IP pueden desplegarse en 5G?

Esta pregunta se puede desglosar de diferentes maneras:

¿Pueden dos dispositivos 5G, conectados al mismo borde, comunicarse directamente, posiblemente usando soluciones no basadas en IP en la capa 3?

Sí, hoy. La versión 15¹³ de 3GPP ha definido una Unidad de Datos del Protocolo (PDU) Ethernet, de modo que dos dispositivos conectados de esta manera podrían comunicarse entre sí directamente en L2 a través de Ethernet o implementar cualquier protocolo de capa 3 de su elección, no necesariamente IP. Dichos dispositivos tendrían que implementar una pila de protocolos especializados. Esto es posible en un mercado vertical como el de las comunicaciones Máquina a Máquina (M2M) en un contexto de Industria 4.0.

¿Pueden dos dispositivos 5G, conectados al mismo borde, comunicarse directamente, posiblemente usando algunas extensiones nuevas de la capa 2?

Posiblemente, en un futuro próximo. 3GPP está buscando definir un perfil para admitir las extensiones de Redes Sensibles al Tiempo (TSN)¹⁴ para el estándar IEEE 802.1¹⁵ en la versión 16¹⁶ de 3GPP. Como en el caso anterior, los dispositivos tendrían que implementar una pila de protocolos especializados. Esto es posible en un mercado vertical como el de las comunicaciones Máquina a Máquina (M2M) en un contexto de Industria 4.0.

¿Puede un dispositivo 5G utilizar tecnología no basada en IP para comunicarse con un servidor dentro del centro de datos periférico?

Sí. El servidor tendría que implementar una pila de protocolos especializados.

Cabe señalar que los casos anteriores solo se aplican realmente a las comunicaciones privadas entre dispositivos bajo el mismo control administrativo (o relacionado), y relativamente cercanos geográficamente. Si los dos extremos están alejados, cualquier beneficio de latencia percibido al sustituir IP desaparece debido a la limitación de la velocidad de la luz. Si en la comunicación intervienen entidades sometidas a diferentes controles administrativos, las complejidades de establecer las conexiones técnicas y las relaciones comerciales adecuadas entre las diferentes entidades dificultarían dicho escenario.

7.3 Debate: ¿Puede el IP funcionar en dispositivos limitados?

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

¹⁴ Véase <https://1.ieee802.org/tsn/>

¹⁵ Véase <https://1.ieee802.org>

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

El Grupo de Trabajo en Ingeniería de Internet (IETF) ha sido muy activo en lograr que el IP funcione en redes limitadas. En particular, el grupo de trabajo 6lowpan¹⁷ y su sucesor 6lo¹⁸ han definido extensiones para habilitar el IP en dispositivos con recursos limitados, como los que funcionan con baterías o los que utilizan radio de muy bajo ancho de banda.

Entre las tecnologías de capa de enlace admitidas, podemos mencionar las siguientes: IEEE 802.15.4¹⁹ admitida en RFC4944²⁰, Recomendación G.9959 del UIT-T²¹ (Zwave) admitida en RFC7428²², Bluetooth de baja energía²³ (BLE) admitida en RFC7668²⁴, Telecomunicaciones inalámbricas mejoradas digitales/Energía ultrabaja²⁵ (DECT-ULE) admitida en RFC8105²⁶, Maestro-esclavo/paso de testigo²⁷ (MS/TP) admitida en RFC8163²⁸, Comunicaciones de campo cercano²⁹ (NFC) admitida en draft-ietf-6lo-nfc³⁰, Comunicación por línea eléctrica³¹ (PLC) admitida en draft-ietf-6lo-plc³². Se aplican diversas técnicas, que van desde la compresión de encabezados RFC3095³³, RFC6282³⁴, RFC7400³⁵, fragmentación de capa de enlace y reensamblaje a través de una capa de adaptación RFC4944³⁶, optimización de protocolos (por ejemplo, optimización de descubrimiento de vecinos de IPv6 RFC6775³⁷, optimización de enrutamiento en redes limitadas, RFC6550³⁸). Los casos de uso que describen IP en esos entornos limitados se describen en el documento del IETF draft-ietf-6lo-use-cases³⁹.

7.4 Debate: ¿Cómo tener en cuenta las aplicaciones sensibles a la latencia en TCP/IP?

El Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) está definiendo las extensiones de Redes Sensibles al Tiempo (TSN)⁴⁰ para el estándar IEEE 802.1⁴¹. El IETF, en colaboración

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

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

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

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

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

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

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

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

²⁵ Véase <https://www.ulealliance.org>

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

²⁷ Norma ANSI 135-2016, BACNET, un protocolo de comunicación de datos para la creación de redes de automatización y control

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

⁴⁰ Véase <https://1.ieee802.org/tsn/>

⁴¹ Véase <https://1.ieee802.org>

con el IEEE 802.1, ha constituido el grupo de trabajo sobre Redes Deterministas (DETNET). La misión de este grupo de trabajo es trabajar en "rutas de datos deterministas que operen sobre segmentos en puente de la Capa 2 y segmentos enrutados de la Capa 3, en los que dicha ruta puede proporcionar límites en cuanto a la latencia, la pérdida y la variación del retardo de paquetes (fluctuación), y un alto nivel de confiabilidad".

Otra perspectiva del trabajo del IETF en ese dominio es el protocolo de transporte QUIC⁴² que proporciona, entre otras cosas, la multiplexación de flujos y el establecimiento de conexiones de baja latencia.

7.5 Posición de la ICANN

Las verticales específicas que utilizan redes 5G privadas o segmentos de redes 5G públicas son solo un caso especial de las redes propietarias. Dentro de las redes privadas y propietarias, las personas tienen la libertad de aprovechar tecnologías específicas no basadas en IP sin afectar la Internet global.

La ICANN señala que el IETF ya ha realizado una amplia labor para lograr que el IP funcione en entornos limitados, como los dispositivos que funcionan con baterías o las redes de muy baja potencia y muy bajo ancho de banda en los grupos de trabajo 6lowpan y el sucesor 6lo, y para admitir aplicaciones sensibles a la latencia en el grupo de trabajo sobre Redes Deterministas (DETNET) en colaboración con el grupo sobre Redes Sensibles al Tiempo del IEEE. Otro ejemplo de la participación del IETF en el entorno sensible a la latencia es el protocolo de transporte QUIC que proporciona, entre otras cosas, la multiplexación de flujos y el establecimiento de conexiones de baja latencia.

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