

UIT-T

SECTOR DE NORMALIZACIÓN
DE LAS TELECOMUNICACIONES
DE LA UIT

Y.3001

(05/2011)

SERIE Y: INFRAESTRUCTURA MUNDIAL DE LA
INFORMACIÓN, ASPECTOS DEL PROTOCOLO
INTERNET Y REDES DE LA PRÓXIMA GENERACIÓN

Redes de la próxima generación – Redes del futuro

Redes del futuro: objetivos y metas de diseño

Recomendación UIT-T Y.3001

RECOMENDACIONES UIT-T DE LA SERIE Y
**INFRAESTRUCTURA MUNDIAL DE LA INFORMACIÓN, ASPECTOS DEL PROTOCOLO INTERNET
Y REDES DE LA PRÓXIMA GENERACIÓN**

INFRAESTRUCTURA MUNDIAL DE LA INFORMACIÓN

Generalidades	Y.100–Y.199
Servicios, aplicaciones y programas intermedios	Y.200–Y.299
Aspectos de red	Y.300–Y.399
Interfaces y protocolos	Y.400–Y.499
Numeración, direccionamiento y denominación	Y.500–Y.599
Operaciones, administración y mantenimiento	Y.600–Y.699
Seguridad	Y.700–Y.799
Características	Y.800–Y.899

ASPECTOS DEL PROTOCOLO INTERNET

Generalidades	Y.1000–Y.1099
Servicios y aplicaciones	Y.1100–Y.1199
Arquitectura, acceso, capacidades de red y gestión de recursos	Y.1200–Y.1299
Transporte	Y.1300–Y.1399
Interfuncionamiento	Y.1400–Y.1499
Calidad de servicio y características de red	Y.1500–Y.1599
Señalización	Y.1600–Y.1699
Operaciones, administración y mantenimiento	Y.1700–Y.1799
Tasación	Y.1800–Y.1899
Televisión IP sobre redes de próxima generación	Y.1900–Y.1999

REDES DE LA PRÓXIMA GENERACIÓN

Marcos y modelos arquitecturales funcionales	Y.2000–Y.2099
Calidad de servicio y calidad de funcionamiento	Y.2100–Y.2199
Aspectos relativos a los servicios: capacidades y arquitectura de servicios	Y.2200–Y.2249
Aspectos relativos a los servicios: interoperabilidad de servicios y redes en las redes de la próxima generación	Y.2250–Y.2299
Numeración, denominación y direccionamiento	Y.2300–Y.2399
Gestión de red	Y.2400–Y.2499
Arquitecturas y protocolos de control de red	Y.2500–Y.2599
Redes basadas en paquetes	Y.2600–Y.2699
Seguridad	Y.2700–Y.2799
Movilidad generalizada	Y.2800–Y.2899
Entorno abierto con calidad de operador	Y.2900–Y.2999

REDES FUTURAS **Y.3000–Y.3499**

COMPUTACIÓN EN LA NUBE Y.3500–Y.3999

Para más información, véase la Lista de Recomendaciones del UIT-T.

Recomendación UIT-T Y.3001

Redes del futuro: objetivos y metas de diseño

Resumen

En la Recomendación UIT-T Y.3001 se describen los objetivos y las metas de diseño de las redes del futuro (FN, *future networks*). Con miras a diferenciar las FN de las redes existentes se han identificado cuatro tipos de objetivos: de servicio, de datos, medioambientales y socioeconómicos. A fin de lograr estos objetivos, se han identificado doce metas de diseño: diversidad de servicios, flexibilidad funcional, virtualización de los recursos, acceso a los datos, consumo energético, universalización de servicio, incentivos económicos, gestión de red, movilidad, optimización, identificación, fiabilidad y seguridad. En esta Recomendación se supone que el plazo para la implantación de las FN es aproximadamente entre 2015 y 2020. En el apéndice I se describen las tecnologías resultantes de la más reciente investigación que probablemente se utilizarán para lograr cada una de las metas de diseño.

Historia

Edición	Recomendación	Aprobación	Comisión de Estudio
1.0	ITU-T Y.3001	2011-05-20	13

PREFACIO

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) es el organismo especializado de las Naciones Unidas en el campo de las telecomunicaciones y de las tecnologías de la información y la comunicación. El Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT (UIT-T) es un órgano permanente de la UIT. Este órgano estudia los aspectos técnicos, de explotación y tarifarios y publica Recomendaciones sobre los mismos, con miras a la normalización de las telecomunicaciones en el plano mundial.

La Asamblea Mundial de Normalización de las Telecomunicaciones (AMNT), que se celebra cada cuatro años, establece los temas que han de estudiar las Comisiones de Estudio del UIT-T, que a su vez producen Recomendaciones sobre dichos temas.

La aprobación de Recomendaciones por los Miembros del UIT-T es el objeto del procedimiento establecido en la Resolución 1 de la AMNT.

En ciertos sectores de la tecnología de la información que corresponden a la esfera de competencia del UIT-T, se preparan las normas necesarias en colaboración con la ISO y la CEI.

NOTA

En esta Recomendación, la expresión "Administración" se utiliza para designar, en forma abreviada, tanto una administración de telecomunicaciones como una empresa de explotación reconocida de telecomunicaciones.

La observancia de esta Recomendación es voluntaria. Ahora bien, la Recomendación puede contener ciertas disposiciones obligatorias (para asegurar, por ejemplo, la aplicabilidad o la interoperabilidad), por lo que la observancia se consigue con el cumplimiento exacto y puntual de todas las disposiciones obligatorias. La obligatoriedad de un elemento preceptivo o requisito se expresa mediante las frases "tener que, haber de, hay que + infinitivo" o el verbo principal en tiempo futuro simple de mandato, en modo afirmativo o negativo. El hecho de que se utilice esta formulación no entraña que la observancia se imponga a ninguna de las partes.

PROPIEDAD INTELECTUAL

La UIT señala a la atención la posibilidad de que la utilización o aplicación de la presente Recomendación suponga el empleo de un derecho de propiedad intelectual reivindicado. La UIT no adopta ninguna posición en cuanto a la demostración, validez o aplicabilidad de los derechos de propiedad intelectual reivindicados, ya sea por los miembros de la UIT o por terceros ajenos al proceso de elaboración de Recomendaciones.

En la fecha de aprobación de la presente Recomendación, la UIT no ha recibido notificación de propiedad intelectual, protegida por patente, que puede ser necesaria para aplicar esta Recomendación. Sin embargo, debe señalarse a los usuarios que puede que esta información no se encuentre totalmente actualizada al respecto, por lo que se les insta encarecidamente a consultar la base de datos sobre patentes de la TSB en la dirección <http://www.itu.int/ITU-T/ipr/>.

© UIT 2012

Reservados todos los derechos. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse por ningún procedimiento sin previa autorización escrita por parte de la UIT.

ÍNDICE

	Página
1 Alcance	1
2 Referencias	1
3 Definiciones.....	2
3.1 Términos definidos en otras Recomendaciones	2
3.2 Términos definidos en esta Recomendación	2
4 Abreviaturas y acrónimos	2
5 Convenios	3
6 Introducción.....	3
7 Objetivos.....	4
7.1 Objetivos de servicio	4
7.2 Objetivos de datos	4
7.3 Objetivos medioambientales	4
7.4 Objetivos sociales y económicos.....	4
8 Metas de diseño	4
8.1 Diversidad de servicios.....	5
8.2 Flexibilidad funcional.....	5
8.3 Virtualización de recursos	6
8.4 Acceso a los datos	6
8.5 Consumo energético	7
8.6 Universalización del servicio	8
8.7 Incentivos económicos	8
8.8 Gestión de red.....	9
8.9 Movilidad	9
8.10 Optimización	10
8.11 Identificación.....	10
8.12 Fiabilidad y seguridad	10
9 Fecha objetivo y migración	11
Apéndice I – Tecnologías para alcanzar las metas de diseño	12
I.1 Virtualización de la red (virtualización de recursos).....	12
I.2 Interconexión de red orientada a datos/contenido (acceso a datos)	12
I.3 Ahorro de energía en las redes (consumo de energía).....	13
I.4 Gestión interna de red (gestión de red).....	14
I.5 Optimización de la red (optimización)	15
I.6 Redes móviles distribuidas (movilidad)	16
Bibliografía	18

Recomendación UIT-T Y.3001

Redes del futuro: Objetivos y metas de diseño

1 Alcance

En esta Recomendación se describen los objetivos y las metas de diseño para las redes del futuro (FN). El alcance de la presente Recomendación abarca:

- Temas fundamentales, a los que se prestó insuficiente atención al diseñar las redes existentes, que se recomiendan como objetivo de las redes del futuro (FN).
- Capacidades y características de alto nivel cuyo soporte por las redes del futuro (FN) se recomienda.
- Calendario fijado como objetivo para la implantación de las redes del futuro (FN).

El apéndice I contiene ideas y temas de investigación sobre las redes del futuro (FN) que se consideran importantes y pueden ser objeto de normalización del UIT-T en el futuro.

2 Referencias

Las siguientes Recomendaciones UIT-T y demás referencias contienen disposiciones que, por referencia a las mismas en este texto, constituyen disposiciones de esta Recomendación. En la fecha de publicación, las ediciones citadas estaban en vigor. Todas las Recomendaciones y demás referencias están sujetas a revisión, por lo que se alienta a los usuarios de esta Recomendación a que consideren la posibilidad de aplicar la edición más reciente de las Recomendaciones y demás referencias que se indican a continuación. Se publica periódicamente una lista de las Recomendaciones UIT-T vigentes. La referencia a un documento en el marco de esta Recomendación no confiere al mismo, como documento autónomo, el rango de Recomendación.

- [UIT-T F.851] Recomendación UIT-T F.851 (1995), *Telecomunicación personal universal – Descripción del servicio (conjunto de servicios 1)*.
- [UIT-T Y.2001] Recomendación UIT-T Y.2001 (2004), *Visión general de las redes de la próxima generación*.
- [UIT-T Y.2019] Recomendación UIT-T Y.2019 (2010), *Arquitectura funcional de entrega de contenido en las NGN*.
- [UIT-T Y.2091] Recomendación UIT-T Y.2091 (2008), *Términos y definiciones aplicables a las redes de la próxima generación*.
- [UIT-T Y.2205] Recomendación UIT-T Y.2205 (2011), *Redes de la próxima generación – Telecomunicaciones de emergencia – Consideraciones técnicas*.
- [UIT-T Y.2221] Recomendación UIT-T Y.2221 (2010), *Requisitos para el soporte de los servicios y aplicaciones de redes de sensores ubicuos en el entorno de las redes de próxima generación*.
- [UIT-T Y.2701] Recomendación UIT-T Y.2701 (2007), *Requisitos de seguridad para las redes de la próxima generación, versión 1*.

3 Definiciones

3.1 Términos definidos en otras Recomendaciones

En esta Recomendación se utiliza el siguiente término definido en otras Recomendaciones:

3.1.1 identificador [UIT-T Y.2091]: Un identificador es una serie de dígitos, caracteres y símbolos, o cualquier otro tipo de dato utilizado para identificar abonados, usuarios, elementos de red, funciones, entidades de red que proporcionan servicios/aplicaciones, u otras entidades (objetos físicos o lógicos).

3.2 Términos definidos en esta Recomendación

En la presente Recomendación se definen los siguientes términos:

3.2.1 red componente: Una única red homogénea que por sí misma no ofrece una infraestructura de telecomunicaciones global de extremo a extremo.

3.2.2 red del futuro (FN, *future network*): Red capaz de ofrecer servicios, capacidades e instalaciones difíciles de proporcionar con las tecnologías de red existentes. Una red del futuro es:

- a) una nueva red componente o una versión mejorada de una red componente existente, o
- b) un conjunto heterogéneo de nuevas redes componente, o de redes componente nuevas y existentes, que funcionan como una sola red.

NOTA 1 – El término "redes del futuro" (FN) se utiliza en plural para indicar que puede haber más de una red que entre en la definición de red del futuro.

NOTA 2 – Una red de tipo b) puede también incluir redes de tipo a).

NOTA 3 – La denominación asignada a la federación final podrá o no incluir el término "del futuro", en función de su naturaleza en relación con cualquier otra red precedente y sus semejanzas con ellas.

NOTA 4 – La utilización del adjetivo "difícil" no implica que no se puedan utilizar algunas de las tecnologías existentes en las redes del futuro.

NOTA 5 – En el contexto de la presente Recomendación, se aplica el adjetivo "nueva" aplicado a una red componente significa que la red componente puede ofrecer servicios, capacidades e instalaciones difíciles o imposibles de proporcionar con las tecnologías de red existentes.

3.2.3 universalización del servicio: Proceso cuyo objetivo es la prestación de servicios de telecomunicaciones a toda persona o grupo de personas, independientemente de su situación social, geográfica o económica.

4 Abreviaturas y acrónimos

En esta Recomendación se utilizan las siguientes abreviaturas y acrónimos:

CDN	Red de distribución de contenido (<i>content distribution network</i>)
ET	Telecomunicaciones de emergencia (<i>emergency telecommunications</i>)
FN	Red del futuro (<i>future network</i>)
TIC	Tecnologías de la información y la comunicación (<i>information and communication technology</i>)
IC	Circuito integrado (<i>integrated circuit</i>)
ID	Identificador (<i>identifier</i>)
IP	Protocolo Internet (<i>Internet protocol</i>)
OCDM	Multiplexión por división de código óptica (<i>optical code division multiplexing</i>)
P2P	Punto a punto (<i>peer-to-peer</i>)

QoE	Calidad percibida (<i>quality of experience</i>)
QoS	Calidad de servicio (<i>quality of service</i>)
SoA	Arquitectura orientada al servicio (<i>service-oriented architecture</i>)

5 Convenios

En la presente Recomendación se utiliza el verbo "recomendar" para indicar los principales puntos que se habrán de tener en cuenta a la hora de normalizar las redes del futuro. Quedan en estudio los requisitos concretos y su categorización ("obligatorio", "recomendado" u "optativo").

6 Introducción

Si bien algunos de los requisitos de las redes permanecen intactos, otros evolucionan y cambian, mientras que surgen nuevos, haciendo que las redes y su arquitectura evolucionen.

Para las redes del futuro seguirán siendo importantes los requisitos tradicionales, como el fomento de la competencia equitativa [UIT-T Y.2001], que reflejan los valores de la sociedad.

Al mismo tiempo, surgen nuevos requisitos. Numerosos proyectos de investigación proponen requisitos propios de la sociedad del futuro [b-NICT Vision] y [b-EC FI] y, aunque aún se carece de consenso, es evidente que la sostenibilidad y el medioambiente serán elementos de vital importancia a largo plazo. También están apareciendo nuevas esferas de aplicación, como el Internet de las Cosas, las redes inteligentes y la computación en nube. Asimismo, nuevas tecnologías de aplicación, como la tecnología óptica y de silicio avanzada, permiten el soporte de requisitos que solían considerarse irrealistas, como, por ejemplo, la reducción sustancial del costo de producción de equipos. Todos estos nuevos factores suponen nuevos requisitos para las redes.

La arquitectura básica de las redes públicas a gran escala, como las redes de telecomunicaciones, es difícil de modificar, dada la enormidad de recursos necesarios para construirlas, explotarlas y mantenerlas. Por consiguiente, la arquitectura se diseña muy cuidadosamente para que sea lo suficientemente flexible para satisfacer unos requisitos en constante evolución. Por ejemplo, el protocolo Internet (IP, *Internet protocol*) absorbe y oculta distintos protocolos y aplicaciones de capas subyacentes, y gracias a la sencillez de su direccionamiento y a otras características, ha logrado adaptarse a enormes cambios de escalabilidad, así como a factores tales como la calidad de servicio (QoS, *quality of service*) y la seguridad.

Sin embargo, no se sabe si las redes existentes podrán seguir ajustándose a estos cambios en el futuro. Tampoco se sabe si el mercado cada vez mayor de las nuevas aplicaciones podrá financiar la enorme inversión necesaria para cambiar las redes, si la nueva arquitectura presta la debida atención a la compatibilidad con versiones anteriores y a los costos de la migración. La comunidad investigadora está trabajando en diversas arquitecturas y tecnologías de apoyo, como la virtualización de la red [b-Anderson], [b-UIT-T FG-FN NWvirt], el ahorro de energía de las redes [b-UIT-T FG-FN Energy], y las redes centradas en el contenido [b-Jacobson].

Es, por consiguiente, razonable esperar que las nuevas arquitecturas de red y tecnologías de apoyo descritas en las últimas investigaciones puedan cumplir algunos de los requisitos y que sirvan de cimiento a las redes del futuro, cuyos primeros servicios e implantación por fases se considera llegarán aproximadamente entre 2015 y 2020. En la presente Recomendación, las redes basadas en esa nueva arquitectura se denominan "redes del futuro" (FN, *future networks*).

En esta Recomendación se describen los objetivos que pueden diferenciar las FN de las redes existentes, las metas de diseño que deberían satisfacer las FN, así como los plazos, fases de migración y tecnologías para lograr las metas de diseño.

7 Objetivos

Se recomienda que las FN cumplan los siguientes objetivos, que reflejan los nuevos requisitos que están surgiendo. Se trata de objetivos que no se consideran primarios o que no se cumplen en un grado suficientemente satisfactorio en las redes existentes. Estos objetivos son las características propuestas que diferencian claramente a las FN.

7.1 Objetivos de servicio

Se recomienda que las FN presten servicios cuyas funciones estén diseñadas para adaptarse a las necesidades de las aplicaciones y los usuarios. Se prevé que el número y la gama de servicios se incrementen drásticamente en el futuro. Se recomienda que las FN se ajusten a estos servicios sin que ello suponga un fuerte aumento de los costos operativos y de implantación, por ejemplo.

7.2 Objetivos de datos

Se recomienda que las FN dispongan de una arquitectura optimizada para tratar enormes cantidades de datos en un entorno distribuido; y se recomienda que permitan a los usuarios acceder a los datos deseados de manera segura, fácil, rápida y precisa, independientemente del lugar en que se encuentren. En el contexto de la presente Recomendación, el término "datos" no se limita a tipos específicos de datos, como el contenido de audio o vídeo, sino que se refiere a toda la información accesible a partir de la red.

7.3 Objetivos medioambientales

Se recomienda que las FN sean inocuas para el medioambiente. Se recomienda que el diseño de la arquitectura de las FN, y su consecuente aplicación y explotación, minimicen sus consecuencias medioambientales, como el consumo de materiales y energía, y reduzcan las emisiones de gases con efecto invernadero. Se recomienda, además, que las FN se diseñen e implanten de manera que puedan utilizarse para reducir las consecuencias medioambientales de otros sectores.

7.4 Objetivos sociales y económicos

Se recomienda que las FN tengan en consideración factores sociales y económicos a fin de reducir los obstáculos a la entrada en el ecosistema de red de los diversos actores implicados. Se recomienda que las FN tengan también en cuenta la necesidad de reducir el costo de su ciclo de vida para que sean sostenibles y mejorar su capacidad de implantación. Estos factores contribuirán a universalizar los servicios y permitir la existencia de una competencia adecuada, además de ser rentables para todos los actores.

8 Metas de diseño

Las metas de diseño son capacidades y características de alto nivel cuyo soporte en las FN se recomienda. Se recomienda que las FN soporten las siguientes metas de diseño a fin de lograr los objetivos indicados en la cláusula 7. Cabe señalar que algunas de estas metas de diseño pueden ser extremadamente difíciles de soportar en una FN concreta, y que no todas las metas se aplicarán a todas las FN. Queda en estudio el carácter obligatorio, recomendado u optativo del soporte de cada una de estas metas de diseño en una FN específica.

En la siguiente figura 1 se muestran las relaciones entre los cuatro objetivos descritos en la cláusula 7 y las 12 metas de diseño que se presentan en esta cláusula. Cabe señalar que algunas metas de diseño, como la gestión de red, la movilidad, la identificación, y la fiabilidad y la seguridad, pueden estar relacionadas con múltiples objetivos. En la figura 1 sólo se muestran las relaciones entre las metas de diseño y el objetivo más pertinente para cada una de ellas.

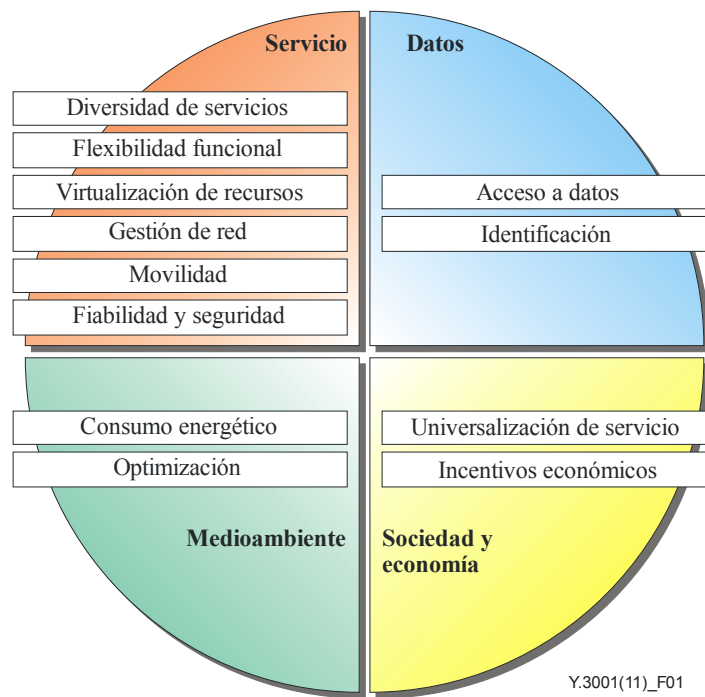


Figura 1 – Cuatro objetivos y doce metas de diseño para las redes del futuro

8.1 Diversidad de servicios

Se recomienda que las FN soporten servicios diversificados que se acomoden a una amplia variedad de características y comportamientos del tráfico. Se recomienda que las FN soporten un gran número y una amplia variedad de objetos de comunicación, como los sensores y los dispositivos terminales.

Motivo: En el futuro, los servicios se diversificarán gracias a la aparición de nuevos servicios y aplicaciones con características de tráfico (como la anchura de banda y la latencia), y comportamientos (como la seguridad, la fiabilidad y la movilidad), bastante distintos. Esto exige que las FN soporten servicios que las redes existentes no ofrecen con suficiente eficacia. Por ejemplo, las FN deberán soportar servicios que requieren sólo la transmisión ocasional de unos pocos bytes de datos, servicios que necesitan una anchura de banda del orden de Gbit/s, Terabit/s y superiores, o servicios que exigen que el retardo de extremo a extremo se acerque a la velocidad de la luz, así como servicios que permitan la transmisión intermitente de datos, lo que causa un muy amplio retardo.

Además, las FN tendrán que soportar un gran número y una amplia variedad de dispositivos terminales para lograr un entorno de comunicaciones global. Por un lado, en lo que respecta a las redes de sensores ubicuas, habrá un gran número de dispositivos conectados, como sensores y lectores de circuitos integrados (IC, *integrated circuit*), que comunicarán utilizando muy poca anchura de banda. Por otro lado, habrá en el otro extremo aplicaciones, como la videoconferencia de alta calidad y realismo. Aunque los dispositivos terminales no serán necesariamente muy numerosos, se necesitará una gran anchura de banda para soportarlas.

8.2 Flexibilidad funcional

Se recomienda que las FN ofrezcan flexibilidad funcional para soportar y sostener nuevos servicios derivados de la demanda de los usuarios. Se recomienda que las FN soporten la implantación de nuevos servicios que se adaptan a la velocidad de su rápido crecimiento y a la evolución de la demanda del usuario.

Motivo: Resulta extremadamente difícil predecir todas las demandas de los usuarios a largo plazo. Las redes actuales están diseñadas para ser versátiles gracias al soporte suficientemente eficaz de funciones básicas que se prevé estén incluidas en las demandas futuras. Sin embargo, el diseño de las redes existentes no siempre ofrece una flexibilidad suficiente, por ejemplo, cuando las funciones básicas no son óptimas para el soporte de algunos nuevos servicios, lo que exige cambios en esas mismas funciones. Cada vez que se añaden o modifican las funciones de una infraestructura de red ya implantada, se suele dificultar la implantación, que se ha de planificar cuidadosamente; en su defecto, esto puede repercutir negativamente en otros servicios que utilizan la misma infraestructura de red.

Por otra parte, se espera que las FN permitan la modificación dinámica de las funciones de red a fin de explotar diversos servicios de red con demandas específicas. Por ejemplo, habrá de ser posible la transcodificación de vídeo y/o la agregación de datos de sensores en la red (es decir, procesamiento dentro de la red). También deberá ser posible la introducción de nuevos protocolos para nuevos tipos de servicio en las FN. Los servicios deberán coexistir en una única infraestructura de red, sin interferir los unos con los otros, en particular cuando se añada o modifique una función de red para el soporte de un determinado servicio. Las FN también deberán acomodar servicios experimentales y de evaluación, así como permitir una suave transición de los servicios experimentales a los servicios activos a fin de reducir los obstáculos a la implantación de nuevos servicios.

8.3 Virtualización de recursos

Se recomienda que las FN soporten la virtualización de recursos asociada con las redes a fin de soportar la partición de recursos y que un solo recurso pueda compartirse entre múltiples recursos virtuales. Se recomienda que las FN soporten el aislamiento de cualquier recurso con respecto a los demás. Se recomienda que las FN soporten la abstracción, según la cual un determinado recurso virtual no necesariamente ha de corresponderse con sus características físicas.

Motivo: En las redes virtuales, la virtualización de los recursos permite a la red funcionar sin interferir con el funcionamiento de otras redes virtuales, al tiempo que todas ellas comparten los recursos de red. Dado que es posible la coexistencia de múltiples redes virtuales, distintas redes virtuales pueden utilizar diferentes tecnologías de red sin interferir unas con otras y permitir así una utilización más eficaz de los recursos físicos. La abstracción es una propiedad que permite la utilización de interfaces normalizadas para el acceso y la gestión de redes virtuales y recursos, y contribuye a soportar la actualización de las capacidades de las redes virtuales.

8.4 Acceso a los datos

Se recomienda que las FN se diseñen e implanten con miras al tratamiento óptimo y eficiente de ingentes cantidades de datos. Se recomienda que las FN dispongan de mecanismos para la rápida extracción de datos, independientemente de su ubicación.

Motivo: El principal objetivo de las redes telefónicas existentes es el de poner en contacto a dos o más abonados, permitiéndoles comunicar. Las redes IP se diseñaron para la transmisión de datos entre terminales específicos. En la actualidad, los usuarios buscan datos en las redes utilizando palabras clave, y acceden a ellos sin saber dónde se encuentran realmente. Desde el punto de vista del usuario, la principal utilización de las redes es como herramienta para acceder a los datos deseados. Habida cuenta de que el acceso a los datos seguirá siendo importante en el futuro, es fundamental que las FN ofrezcan a los usuarios los medios para acceder a los datos necesarios de manera fácil y sin pérdidas de tiempo, al tiempo que se proporcionan datos exactos y correctos.

La cantidad y las propiedades de los datos digitales en las redes varían. Los medios generados por los consumidores están creciendo de una manera exponencial: las redes sociales están creando enormes volúmenes de blogs instantáneos; las redes de sensores ubicuas [UIT-T Y.2221] están generando cantidades masivas de datos digitales por segundo; y algunas aplicaciones, denominadas "microblogs" facilitan una comunicación en tiempo casi real que comprende datos multimedia.

Estos datos se producen, almacenan y procesan en las redes de manera distribuida. En las actuales redes IP, los usuarios acceden a esos datos en la red a través de procedimientos convencionales, es decir, identificando la dirección y el número de puerto del anfitrión que ofrece los datos objetivo. Algunos datos contienen información confidencial o activos digitales, pero se carece de mecanismos de seguridad incorporados. Por consiguiente, en el futuro se necesitará una tecnología de interconexión de redes más simple, eficaz y segura para el tratamiento de volúmenes ingentes de datos.

Las características de tráfico de esas comunicaciones de datos también están cambiando. Las tendencias de tráfico en las FN dependerán en gran medida de la ubicación de los datos, más que de la distribución de los abonados. Gracias a la computación en nube, los recursos de tecnologías de la información y la comunicación (TIC), como la potencia de computación y los datos almacenados en centros de datos, están aumentando. En combinación con la proliferación de dispositivos móviles con insuficientes recursos de TIC, esta tendencia está haciendo que los datos dejen de procesarse en los terminales de usuario para hacerlo en los centros de datos. Los diseñadores de las FN, por ende, deberán prestar mucha atención a estos cambios, por ejemplo, la cada vez mayor importancia de las comunicaciones en los centros de datos, y el gran número de transacciones dentro de estos centros, y entre ellos, para responder a las peticiones de los usuarios.

8.5 Consumo energético

Se recomienda que las FN utilicen tecnologías a nivel de los dispositivos, los equipos y las redes para mejorar la eficiencia energética y satisfacer las demandas de los clientes con un tráfico mínimo. Se recomienda que las tecnologías a nivel de los dispositivos, equipos y redes de las FN no funcionen de manera independiente, sino que, antes bien, cooperen unas con otras con el fin de lograr una solución global para el ahorro energético de las redes.

Motivo: El ciclo de vida de un producto comprende fases como la producción de las materias primas, la fabricación, la utilización y el desecho, y todas estas fases han de tenerse en consideración a fin de reducir su impacto medioambiental. No obstante, suele ser el consumo energético en la fase de utilización el principal problema en el caso de los equipos que funcionan las 24 horas del día, como a menudo las redes. De los diversos tipos de consumo, el de energía eléctrica es normalmente el dominante. Por consiguiente, el ahorro energético desempeña un papel predominante a la hora de reducir la repercusión de las redes en el medio ambiente.

El ahorro energético también es importante para el funcionamiento de la red. La anchura de banda necesaria suele aumentar a medida que se añaden nuevos servicios y aplicaciones. Sin embargo, el consumo de energía, y el calor resultante, podrían pasar a representar una importante limitación física en el futuro, al mismo nivel que la capacidad de la fibra óptica o la frecuencia de funcionamiento de los dispositivos eléctricos. Estas cuestiones pueden llegar a suponer un importante obstáculo operativo y, en el peor de los casos, llegar a impedir la oferta de nuevos servicios y aplicaciones.

Tradicionalmente se ha logrado reducir el consumo energético al nivel de los dispositivos, es decir, gracias a la miniaturización de los semiconductores y a la integración de los dispositivos eléctricos. Sin embargo, ello plantea dificultades a causa del elevado consumo en reserva y de los límites físicos de la frecuencia operativa. Por ende, no sólo se puede optar por reducir el consumo de los dispositivos eléctricos y ópticos, sino que también será fundamental en el futuro hacerlo a escala de equipos y redes.

La conmutación en el dominio óptico utiliza menos energía que en el dominio electrónico, pero las cosas de paquetes no son fáciles de utilizar sin memoria electrónica. Del mismo modo, la conmutación de circuitos utiliza menos energía que la conmutación de paquetes sin conexión.

Los nodos de interconexión de redes como los conmutadores y los encaminadores deberán diseñarse teniendo en mente mecanismos de letargo inteligente, como ya se hace con los teléfonos celulares; el objetivo en este caso son los equipos. En cuanto a las redes, se habrá de estudiar el control del tráfico redactor de energía. Un ejemplo típico es la utilización de métodos de encaminamiento que reducen la cuantía del tráfico de cresta. Otro ejemplo pueden ser la selección y el filtrado, que reducen la cantidad de datos que se han de transmitir.

Los métodos de ahorro energético a nivel de los dispositivos, equipos y redes, destinados a mejorar la eficiencia energética y a reducir el tráfico no esencial, serán factores clave del ahorro energético de las FN.

8.6 Universalización del servicio

Se recomienda que las FN faciliten y aceleren la implantación de instalaciones en todo tipo de zonas, urbanas o rurales, en países desarrollados y en desarrollo, reduciendo el costo del ciclo de vida de la red y aplicando los principios de la red abierta.

Motivo: El entorno de red actual aún opone grandes obstáculos a los nuevos actores, sean fabricantes de equipos u operadores que ofrecen servicios. En este sentido, las FN deberán aumentar la universalización de los servicios de telecomunicaciones facilitando el desarrollo y la implantación de las redes y la prestación de servicios.

Para ello, las FN habrán de abogar por la apertura, gracias a normas globales y principios de diseño simples, a fin de reducir el costo del ciclo de vida de la red, en particular los costos derivados del desarrollo, la implantación, la explotación y la gestión, y así reducir la denominada brecha digital.

8.7 Incentivos económicos

Se recomienda que las FN se diseñen con miras a crear un entorno competitivo sostenible para superar las disputas entre los participantes en el ecosistema de las TIC/telecomunicaciones, como los usuarios, los distintos proveedores, los gobiernos y los titulares de derechos de propiedad intelectual, ofreciendo los adecuados incentivos económicos.

Motivo: Muchas tecnologías no han podido implantarse, florecer o sostenerse porque el arquitecto tomó decisiones inadecuadas o impropias en relación con los aspectos económicos o sociales intrínsecos (por ejemplo, disputas entre los participantes), o porque no se prestó atención a las necesarias condiciones (por ejemplo, tecnologías en competencia) o incentivos (por ejemplo, interfaz abierta). Estos fracasos en ocasiones se deben a que las tecnologías carecían de mecanismos para estimular una competencia equitativa.

Como ejemplo puede citarse la carencia de mecanismos de QoS en las primeras implantaciones de redes IP y que son necesarias para los servicios en tiempo real como la difusión de vídeo. La capa IP no ofrecía a su capa superior un medio para saber si se garantizaba la QoS de extremo a extremo. Las implementaciones de red IP iniciales también carecían de incentivos económicos adecuados para que los proveedores de red introdujeran esos mecanismos. Estas son algunas de las razones que han creado obstáculos para la introducción de mecanismos de garantía de la QoS y de servicios de difusión continua en las redes IP, aunque cuando los participantes en el ecosistema de las telecomunicaciones han intentado adaptar las redes o han pedido que otros creasen redes adaptadas para ofrecer nuevos servicios y compartir los beneficios.

Por consiguiente, se ha de prestar suficiente atención a los aspectos económicos y sociales, como los incentivos económicos en la fase de diseño y aplicación de requisitos, arquitecturas y protocolos en las FN a fin de proporcionar a los diversos participantes un entorno competitivo sostenible.

Están ganando importancia los medios para resolver los conflictos económicos, incluidas las disputas en el ciberespacio, que incluyen una recompensa económica por la contribución de cada participante [b-Clark]. Se considera que la utilización de las redes es un medio de producción de incentivos económicos en diversos campos a medida que Internet crece y aún diversas

funcionalidades sociales. Los distintos actores de Internet en ocasiones persiguen objetivos opuestos, lo que ya ha creado conflictos acerca de Internet y controversias en la reglamentación internacional y nacional.

8.8 Gestión de red

Se recomienda que las FN sean capaces de ofrecer, mantener y ejecutar un creciente número de servicios y entidades. En concreto, se recomienda que las FN puedan procesar ingentes cantidades de datos e informaciones de gestión de manera eficaz y luego transformar adecuadamente estos datos en información y conocimientos pertinentes para el operador.

Motivo: El número de servicios y entidades que la red ha de manejar está aumentando. La movilidad y la tecnología inalámbrica se han convertido en elementos esenciales de la red. Los requisitos de seguridad y privacidad deben adaptarse a las aplicaciones y reglamentos, que son cada vez más complicados. Además, la integración de la recopilación y el procesamiento de datos necesaria para el Internet de las Cosas, la red inteligente, la computación en nube, etc., está introduciendo equipos de red no tradicionales en las redes, lo que da pie a la proliferación de objetivos de gestión de red que complican aún más los criterios de evaluación. Por tanto, es fundamental que en las redes del futuro los operadores disfruten de soporte eficaz.

Un problema de las redes actuales es que, por motivos económicos, los sistemas operativos y de gestión se han diseñado específicamente para cada componente de red. Dado que la proliferación de funcionalidades de gestión desorganizadas y desordenadas aumenta la complejidad y los costos operativos, las FN deberán ofrecer un sistema operativo y de gestión enormemente eficiente gracias a interfaces de gestión más integradas.

Otro problema es que los actuales sistemas operativos y de gestión dependen en gran medida de la destreza de los operadores de red. Por consiguiente, un gran problema consiste en determinar cómo facilitar las tareas de gestión de red y transmitir el conocimiento de los operarios. En el proceso de gestión y operación de la red siempre habrá tareas que requieran la intervención humana, como la toma de importantes decisiones basándose en años de experiencia acumulada. Para realizar esas tareas es importante que todos los operadores, por noveles que sean, aun sin conocimientos especializados, puedan gestionar grandes y complejas redes fácilmente con la ayuda de la automatización. Al mismo tiempo, ha de ha de considerarse la transferencia eficaz de conocimientos teóricos y prácticos entre las generaciones.

8.9 Movilidad

Se recomienda que las FN ofrezcan la movilidad que facilitan las grandes redes de alta velocidad en un entorno donde un gran número de nodos pueden desplazarse dinámicamente entre redes heterogéneas. Se recomienda que las FN soporten los servicios móviles, independientemente de la capacidad de movilidad de los nodos.

Motivo: Las redes móviles están en constante evolución incorporando nuevas tecnologías. Por ende, se espera que las redes móviles del futuro comprendan diversas redes heterogéneas, de macro, micro, pico, incluso femtocélula, y diversos tipos de nodos equipados con diferentes tecnologías de acceso, porque una red de acceso único no puede dar cobertura ubicua ni garantizar continuamente la alta calidad de las comunicaciones de servicio para un gran número de nodos. Por otra parte, las redes móviles existentes, como las redes celulares, se han diseñado desde una perspectiva centralizada y las principales funcionalidades de señalización pertinentes para la movilidad se sitúan en el núcleo de la red. Sin embargo, este enfoque puede limitar la eficacia operativa, pues la señalización de todo el tráfico depende de sistemas centralizados, lo que causa problemas de escalabilidad y rendimiento. Desde este punto de vista, las redes del futuro deberán soportar una arquitectura altamente escalable para los nodos de acceso distribuidos, mecanismos para que los operadores gestionen las redes móviles distribuidas y un encaminamiento optimizado para los datos de aplicación y de señalización.

Así, una arquitectura de red móvil distribuida que facilite la implantación de nuevas tecnologías de acceso ubicando flexiblemente las funcionalidades de movilidad en el acceso, y una movilidad optimizada por el retroceso de corto alcance y las redes de alta velocidad, son claves para garantizar la movilidad en las redes del futuro.

Existen tecnologías que ofrecen servicios de movilidad, independientemente de la capacidad del nodo. Sin embargo, no resulta fácil prestar este servicio cuando el nodo tiene una capacidad limitada, como es el caso de los sensores. Por consiguiente, en el marco de las FN se debe estudiar la manera de ofrecer movilidad universal.

8.10 Optimización

Se recomienda las FN tengan una calidad de servicio suficiente optimizando la capacidad de los equipos de red en función de los requisitos del servicio y de la demanda del usuario. Se recomienda que las FN optimicen varios aspectos de la red teniendo en consideración las limitaciones físicas de los equipos de red.

Motivo: La expansión del acceso en banda ancha fomentará la aparición de diversos servicios con distintas características y ampliará aún más la variedad de requisitos que se habrán de cumplir entre cada servicio, como la anchura de banda, el retardo, etc. las redes existentes se han diseñado para cumplir el más alto número de requisitos de los servicios con un número máximo de usuarios, y la capacidad de transmisión de los equipos configurada para los servicios normalmente es excesiva para la mayoría de usuarios y servicios. De mantenerse este modelo mientras aumenta la demanda de los usuarios, los equipos de red se enfrentarán a limitaciones físicas diversas, como la capacidad de transmisión de la fibra óptica, la frecuencia operativa de los dispositivos eléctricos, etc.

Por este motivo, las FN deberán optimizar la capacidad de los equipos de red y optimizar asimismo la red teniendo en cuenta las limitaciones físicas de los equipos de red.

8.11 Identificación

Se recomienda que las FN presenten una nueva estructura de identificación que pueda soportar eficazmente la movilidad y el acceso a los datos con capacidad de escalabilidad.

Motivo: La movilidad y el acceso a los datos son metas de diseño de las FN. Ambas características necesitan de un mecanismo de identificación (y denominación) eficaz y escalable [UIT-T F.851] de un gran número de objetos (anfitriones y datos) de comunicación. Las actuales redes IP utilizan las direcciones IP para identificar a los anfitriones. Se trata en realidad de localizadores de anfitrión que dependen de puntos de aneji3n con la red. Cuando el anfitri3n se mueve, su identificador (ID) [UIT-T Y.2091] cambia, lo que causa que se pierda la comunicaci3n. Los tel3fonos celulares evitan este problema gestionando la movilidad en las capas inferiores, pero cuando la capa inferior no puede hacerse cargo, por ejemplo, por la heterogeneidad de las redes de acceso, el problema vuelve a surgir. Del mismo modo, no hay ID ampliamente utilizados que puedan emplearse para la identificaci3n de los datos. Por consiguiente, las FN habr3n de resolver estos problemas definiendo una nueva estructura de identificaci3n a fin de interconectar eficazmente a los anfitriones y los datos. Deber3 haber una correspondencia din3mica entre ID de datos y de usuarios, as3 como una correspondencia din3mica entre esos ID y los localizadores de anfitri3n.

8.12 Fiabilidad y seguridad

Se recomienda que las FN se diseñen, operen y desarrollen con fiabilidad y resistencia, considerando las situaciones problem3ticas. Se recomienda que las FN se diseñen para proteger la seguridad y la privacidad de los usuarios.

Motivo: Dado que las FN serán infraestructuras fundamentales para respaldar la actividad social humana, también habrán de soportar cualquier tipo de misión de los servicios esenciales, como la gestión inteligente del tráfico (por carretera, ferrocarril, aéreo, marítimo y espacial), las redes inteligentes, la ciberseguridad y las telecomunicaciones de emergencia (ET, *emergency telecommunications*) (UIT-T Y.2205) con integridad y fiabilidad. Los dispositivos de comunicación se utilizan para garantizar la seguridad de las personas y automatizar las actividades humanas (conducir, volar, control trabajo-residencia, inspección médica y supervisión, etc.). Este punto es especialmente importante en situación de catástrofe (catástrofes naturales como terremotos, maremotos, huracanes, conflictos militares o de otro tipo, grandes accidentes de tráfico, etc.). Ciertos servicios de intervención de emergencia (por ejemplo, de particular a autoridad) también podrían necesitar acceso prioritario para usuarios autorizados, trato prioritario para el tráfico de emergencia, identificación de los dispositivos de red, e identificación temporal y geográfica, así como otro tipo de información clave que podría mejorar significativamente la calidad de servicio.

Todos los usuarios han de poder confiar justificadamente en que las FN ofrecerán un nivel aceptable de servicio aún en presencia de fallos y problemas con respecto al funcionamiento ordinario. Esta capacidad de las FN se denomina resistencia y se caracteriza por dos elementos: la confianza (en qué grado se puede confiar en un sistema) y tolerancia a los problemas. La confianza puede ganarse con la garantía de que las FN cumplirán su función prevista respetando la dependencia y la seguridad. La confianza de un sistema se ve amenazada por un gran número de problemas, incluidos los fallos naturales (por ejemplo, envejecimiento del hardware), catástrofes masivas (naturales o provocadas por el hombre), ataques (reales o virtuales), configuraciones erróneas, aumento legítimo del tráfico y problemas medioambientales (en particular en las redes inalámbricas). La tolerancia a los problemas atañe al diseño y configuración de las FN, de modo que éstas puedan seguir prestando servicio en caso de problemas. Dentro de la tolerancia se incluyen la supervivencia, la tolerancia a las interrupciones y la tolerancia al tráfico, que encarnan la capacidad de un sistema para cumplir su misión de manera puntual en presencia de estos problemas.

Las FN se caracterizan por la virtualización y la movilidad, además de por la cantidad de datos y servicios. Asegurar una red con estas características necesitará un control de acceso multinivel (garantía de la identificación, autenticación y autorización del usuario), además de los requisitos de seguridad ya existentes, como [UIT-T Y.2701]. Se incluye aquí la protección de la identidad en línea y de la reputación, además de la capacidad otorgada a los usuarios de controlar las comunicaciones no solicitadas. Las FN deberán ofrecer un entorno en línea seguro para todos, en especial los niños, las personas discapacitadas y las minorías.

9 Fecha objetivo y migración

En esta Recomendación se entiende que las FN descritas iniciarán las primeras pruebas de servicio y empezarán a implantarse, cumpliendo los anteriores objetivos y metas de diseño, entre 2015 y 2020, aproximadamente. Esta estimación se basa en dos factores: en primer lugar, la situación de las tecnologías nuevas y existentes que se emplearán en la experimentación y desarrollo de las FN; en segundo lugar, que toda previsión sobre evolución que pueda darse con posterioridad es especulativa.

Al fijar la fecha objetivo no supone que una red cambiará en ese intervalo de tiempo, sino que se espera que evolucionen determinadas partes de la red. Podrán utilizarse estrategias de evolución y migración para adaptarse a las nuevas tecnologías de red que surjan en el futuro. Quedan en estudio esa evolución y sus posibles realizaciones prácticas.

Apéndice I

Tecnologías para alcanzar las metas de diseño

(Este apéndice no es parte integrante de la presente Recomendación.)

En el presente apéndice se describen algunas de las tecnologías fruto de investigaciones recientes. Es probable que estas tecnologías sirvan de base para las redes del futuro y desempeñen un papel importante en su desarrollo. En el título de cada cláusula se indica el nombre de la tecnología y la meta de diseño más relacionada con la misma, de acuerdo con el cuerpo principal de la presente Recomendación. Cabe observar que una misma tecnología puede servir para alcanzar varias metas de diseño. Por ejemplo, la virtualización de la red está profundamente relacionada no sólo con la virtualización de recursos, sino también con la diversidad de servicios, la flexibilidad funcional, la gestión de red, la fiabilidad y la seguridad. En el título de cada cláusula se muestra la meta de diseño más importante.

I.1 Virtualización de la red (virtualización de recursos)

Las redes del futuro deben proporcionar una gran variedad de aplicaciones, servicios y arquitecturas de red. En ese sentido, la virtualización de red constituye una tecnología esencial. La virtualización permite crear particiones lógicas aisladas de la red a partir de la infraestructura de red física compartida, de modo que pueden coexistir simultáneamente varias redes virtuales heterogéneas en la misma infraestructura. También permite combinar varios recursos de modo que aparezcan como uno solo. La definición detallada y el marco de la virtualización de red se describen en [b-ITU-T FG-FN NWvirt].

Los usuarios de particiones lógicas aisladas de la red pueden programar los elementos de red aprovechando que la programabilidad permite a los usuarios importar y reconfigurar dinámicamente las nuevas tecnologías en equipos virtualizados (por ejemplo en encaminadores/conmutadores) de la red. La virtualización de red también se permite a la federación de redes, de modo que múltiples infraestructuras de red pueden explotarse como si fuera una sola red, aun cuando estén dispersas geográficamente y gestionadas por diferentes proveedores. Para poder aprovechar las características de programabilidad y federación es preciso tolerar el movimiento dinámico de elementos lógicos, servicios, y capacidades de la red entre las particiones lógicas aisladas de la red. Dicho de otro modo, es posible suprimir un servicio o un elemento de una partición de red y volver a ofrecerlo en otra partición lógica aislada con el fin de proporcionar la continuidad del servicio o de la conexión a los usuarios u otros proveedores. De este modo, los usuarios u otros proveedores pueden localizar y acceder a dichos servicios y elementos distantes.

I.2 Interconexión de red orientada a datos/contenido (acceso a datos)

El formidable crecimiento de la red (*world wide web*) en Internet ha dado lugar a una inmensa distribución de contenido digital, ya sea texto, imágenes y datos de audio y vídeo. Gran parte del tráfico de Internet se debe a este contenido. Por consiguiente, se han propuesto diversos métodos de interconexión de red concebidos para la distribución de contenido, entre las que se cuentan las denominadas redes de distribución de contenido (RDC) [UIT-T Y.2019] y redes punto a punto (P2P) para compartición de contenido.

Por otra parte, se han propuesto nuevas técnicas especializadas en la gestión de contenido de datos desde la perspectiva de utilización de la red [b-CCNX], [b-Jacobson] y [b-NAMED DATA]. Se diferencian de las redes existentes en el ámbito del direccionamiento, el encaminamiento, los mecanismos de seguridad, etc. Si bien el mecanismo de encaminamiento en las redes actuales depende de la "ubicación" (dirección IP o nombre del dispositivo), el nuevo método de encaminamiento se basa en el nombre de los datos/contenido y dichos datos/contenido pueden almacenarse en diversas ubicaciones físicas con un mecanismo de almacenamiento caché en toda la

red. En cuanto a cuestiones de seguridad, se han formulado propuestas en las que todos los datos/contenido disponen de una firma de clave pública y pueden probar su autenticidad. Otra investigación gira en torno a la denominación y la resolución de nombres de datos en la red [b-Koponen]. Algunos métodos se basan en una implementación paralela utilizando las redes IP existentes, mientras que otras se basan en una implementación totalmente nueva partiendo de cero.

Existen un par de proyectos de investigación en los que se proponen un nuevo paradigma denominado "red de publicación/suscripción (pub/sub)" [b-Sarela] y [b-PSIRP]. Este tipo de red consiste en que el remitente de los datos "publica" lo que desean enviar y los receptores "se suscriben" a las publicaciones que desean recibir. Otras actividades de investigación tratan de crear nuevas arquitecturas de red basadas en el modelo de gestión de la información y la nueva información sobre contenidos/datos, véase [b-NETINF] y [b-Dannewitz].

I.3 Ahorro de energía en las redes (consumo de energía)

La reducción del consumo de energía es un asunto sumamente importante para alcanzar los objetivos ambientales y de funcionamiento de la red. Existen diversas tecnologías a nivel de dispositivo, de equipo y de red [b-Gupa]. Cada tecnología no debe funcionar de manera independiente, aunque esté en el mismo nivel o niveles diferentes, sino que deben cooperar entre sí para proporcionar una solución global que minimice el consumo total de energía.

Las tres esferas prometedoras en el ámbito del ahorro de energía en las redes son las siguientes:

– Renvío de tráfico con menos energía

Actualmente la transmisión de datos suele llevarse a cabo mediante dispositivos y equipos cuyo consumo de energía depende principalmente de la velocidad de transmisión. Las tecnologías de ahorro de energía permiten alcanzar la misma velocidad consumiendo menos energía gracias a dispositivos/equipos de baja potencia, la conmutación fotónica, los protocolos ligeros, etc. [b-Baliga2007], y por tanto reducen la energía consumida por bit transmitido.

– Control de los dispositivos/equipos en función de la dinámica de tráfico

Los sistemas o dispositivos de red actuales funcionan constantemente a toda velocidad y plena capacidad. En cambio, las redes con tecnologías de ahorro de energía controlarán el funcionamiento en función del tráfico, utilizando para ello métodos tales como el control del modo inactivo, la adaptación dinámica del voltaje y la técnica de control dinámico del reloj [b-Chabarek]. De este modo se reduce el consumo total de energía.

– Satisfacer las necesidades del cliente con un mínimo de tráfico

Actualmente las redes no suelen prestar atención al volumen total de tráfico que se requiere para atender las necesidades del cliente. Sin embargo, las redes con tecnologías de ahorro de energía permitirán satisfacer las necesidades con un mínimo de tráfico. Es decir, reducirán el tráfico innecesario o no válido, tales como los mensajes de mantenimiento de actividad o mensajes duplicados a usuarios recurriendo para ello a técnicas de multidifusión, filtrado, almacenamiento caché, redireccionamiento, etc. De este modo se reduce el tráfico y, por ende, el consumo total de energía.

Basándose en estas características, las tecnologías de ahorro de energía en las redes pueden reducir el consumo total de energía y servir de solución a los problemas medioambientales desde la perspectiva de la red. Si bien la instalación de un nuevo servicio aumenta el consumo en la red, las redes con tecnologías de ahorro de energía pueden paliar este aumento. Incluso es posible que el consumo global de energía se vea reducido con respecto al de las redes que no disponen de tecnologías de ahorro de energía.

I.4 Gestión interna de red (gestión de red)

Habida cuenta de las limitaciones que existen hoy en día en las operaciones de gestión de red, se ha desarrollado un nuevo método para la gestión descentralizada de red, denominado gestión interna [b-MANA] y [b-UniverSELF]. Este tipo de gestión se caracteriza por la descentralización, la auto-organización, la autonomía y la autoadministración. La idea es que, a diferencia de los métodos tradicionales, las tareas de gestión están integradas en la red y, de este modo, es la propia red la que controla la complejidad. La red del futuro, en cuanto sistema gestionado, ejecuta funciones de gestión por cuenta propia. A continuación se describen las características de la gestión interna en la redes del futuro.

En el futuro, las redes serán de gran escala y muy complejas para poder prestar diversos servicios con características diferentes – tales como anchura de banda y la calidad del servicio (QoS) – por lo que las tareas de gestión del servicio y de la infraestructura de red resultarán más difíciles y complicadas. En el pasado se propusieron varios métodos para normalizar el sistema de gestión de red basados en la definición de una interfaz común para el sistema operativo, por ejemplo el concepto de arquitectura orientada al servicio (SOA), pero no se han llevado a la práctica debido a problemas varios, tales como los costos. Estos problemas tenderán a agravarse en el futuro debido a la proliferación de diferentes sistemas de gestión a medida que aumente el número de servicios, por lo que resultará necesario disponer de tecnologías operativas y de gestión muy eficientes. Por otra parte, dado que hoy en día la gestión y la operación de la red dependen principalmente de la destreza del administrador de la red, facilitar las tareas de gestión de la red y transmitir los conocimientos de los operarios constituyen problemas considerables.

Para lograr estos objetivos existen dos posibles funciones.

La primera consiste en un sistema operativo y de gestión unificado desde la perspectiva de una gestión altamente eficiente, mientras que la otra consiste en una interfaz de control sofisticada y un sistema que integre los conocimientos teóricos y prácticos de los operarios permitiendo así la gestión y operación de la red por parte de operarios menos especializados.

A continuación se indican las posibles opciones para las redes del futuro que permiten lograr estos objetivos:

- a) Interfaz común para la gestión y operación [b-TMF NGOSS] y [b-Nishikawa]
Esta interfaz constituye una solución de gestión y operación muy eficiente para adaptar todos los sistemas de red que prestan servicios diferentes. A tal efecto, la tecnología de base de datos es la clave para efectuar la transición automática de los datos del sistema antiguo, que contienen la información de usuarios y la infraestructura, al nuevo sistema.
- b) Interfaz de control sofisticada y sistema que hereda los conocimientos teóricos y prácticos del operador [b-Kipler] y [b-Kubo].

Para que el control y la gestión de la red de los diferentes sistemas y servicios de red resulten más fáciles para los operarios que no tienen conocimientos especializados, los sistemas operativos de la red del futuro deben disponer de mecanismos de control y autoestabilización autónomos. La disponibilidad de interfaces de control sofisticadas y fáciles de utilizar también contribuirá a facilitar las tareas de gestión y operación de la red. Una posibilidad viable consiste en la "visualización" de los diversos estados de la red, como se indica a continuación:

- Visualización de la gestión del sistema (tecnología software)
La tecnología de visualización de la red sirve de ayuda al administrador del sistema y mejora su eficiencia gracias a que permite visualizar fácilmente el estado en que se encuentra la red. La tecnología de visualización incluye la supervisión de redes, la localización de averías y la automatización del sistema de red.

- Visualización de la gestión de infraestructura (tecnología hardware)

La tecnología de visualización basada en hardware también resulta eficiente para los ingenieros en el terreno. Consta de funciones de comprobación técnica de la fibra y del estado de las comunicaciones, de localización de averías y de identificación de fibras. Asimismo, también facilita la determinación del lugar en que se ha producido el fallo, especialmente para determinar si se ha producido en la red o en los dispositivos del usuario, lo que reduce los costos de mantenimiento.

I.5 Optimización de la red (optimización)

La aparición de nuevos servicios aumentará las necesidades de anchura de banda de muchos usuarios, mientras que otros quedarán satisfechos con la anchura de banda actual, lo que hará aún más diversas las necesidades de anchura de banda de los usuarios. Las redes actuales se han concebido para satisfacer las necesidades de los usuarios que requieren más anchura de banda, por lo que la capacidad de los equipos está sobredimensionada para muchos servicios. En el futuro, los equipos de red tendrán que lidiar con diversas limitaciones físicas, tales como la capacidad de la fibra óptica, la frecuencia de funcionamiento de los dispositivos ópticos y electrónicos, así como el consumo de energía. Por consiguiente, las redes del futuro deberán diseñarse para mejorar la eficacia y ofrecer a los usuarios las capacidades óptimas (es decir, no excesivas) que correspondan a sus necesidades.

Existen tres esferas prometedoras que podrían resolver los problemas mencionados, a saber, la optimización de dispositivos, la optimización de sistemas y la optimización de redes

- a) Optimización de dispositivos [b-Kimura]

Esta técnica consiste en optimizar la velocidad de funcionamiento. Está compuesta de una capa óptica, una capa eléctrica y una capa híbrida óptica/eléctrica, y proporciona la anchura de banda mínima necesaria para los servicios y aplicaciones.

- b) Optimización de sistemas [b-Gunaratne]

Si bien la encriptación de todos los datos en las redes es, en última instancia, la mejor solución contra las amenazas a la seguridad, actualmente los datos se encriptan de manera selectiva mediante funciones de capas superiores. Sin embargo, las capas superiores son demasiado lentas para encriptarlo todo. La optimización de los mecanismos de seguridad que consiste en concentrar las funciones de encriptación en las capas inferiores (técnica de procesamiento en la capa física, por ejemplo la tecnología de transmisión de multiplexión por división de código óptica (OCDM) y abandonar la encriptación en capas superiores, permitirá alcanzar un nivel muy alto de seguridad y al mismo tiempo reducir la latencia y aumentar eficiencia energética.

- c) Optimización de redes [b-Iiyama]

Esta forma de optimización permite resolver problemas tales como la limitación física de la capacidad de la fibra óptica y de la frecuencia de funcionamiento de los dispositivos eléctricos, gracias a la modificación de los flujos de tráfico propiamente dichos. Esta técnica también puede ofrecer una utilización más eficiente de los recursos de red, ya se trate de los equipos o de los trayectos de red.

- Optimización del trayecto

Las redes actuales, que transmiten servicios existentes como los de texto o voz, no pueden evolucionar a redes totalmente ópticas de alta velocidad, gran capacidad y latencia reducida de extremo a extremo, debido a problemas económicos, técnicos y de otra índole. La técnica de optimización del trayecto permite ofrecer el trayecto óptimo habida cuenta de las características del servicio y las condiciones de tráfico en la ruta de transmisión. También tiene la capacidad de sincronizar los datos enviados por diferentes trayectos, lo que permite enviar información constituida por múltiples datos

con características distintas utilizando trayectos diferentes. Si se emplea junto con la optimización de la velocidad de funcionamiento, se puede transmitir datos a velocidades bajas y muy altas utilizando una misma red, lo que facilita el funcionamiento simultáneo y mejora la eficacia.

- Optimización de la topología de red

Esta tecnología consiste en optimizar la capa superior de la topología de red (por ejemplo, la capa de paquetes) utilizando no solamente la información de la capa superior, como la distribución geográfica de la demanda de tráfico de los usuarios, sino también la información topológica de las redes subyacentes de capas inferiores (por ejemplo, la capa óptica).

- Optimización del punto de concentración

En las redes actuales todos los servicios se transmiten por la misma línea de acceso, con lo que el punto de acceso confluyen todos los servicios destinados a un usuario. La eficiencia del punto de concentración se ve disminuida, por cuanto cada servicio tiene características diferentes en lo que respecta a, por ejemplo, anchura de banda, latencia y usabilidad. La técnica de optimización del punto de concentración ofrece una alta eficiencia y flexibilidad, ya que permite optimizar dicho punto teniendo en cuenta, por ejemplo, la distancia de transmisión posible de cada servicio, con lo que se aprovechan plenamente las características de las tecnologías ópticas y de la transmisión larga distancia.

- Optimización de almacenamiento y caché

Uno de los desafíos que plantean las redes del futuro es la distribución de diferentes contenidos de manera eficiente y con mayor calidad de servicio a un costo reducido. La utilización de capacidades de almacenamiento y caché permite la distribución y el suministro de contenido lo más cerca posible de los usuarios, optimizando así la calidad de funcionamiento de la red y mejorando la calidad percibida (QoE) por el usuario.

- Optimización del cálculo

Las capacidades de cálculo que ofrece la red permiten a los usuarios (principalmente las empresas) lanzar y ejecutar tareas de cálculo (aplicaciones software, incluidas las de optimización). Las capacidades de cálculo distribuido dentro de la red permiten utilizar la red de manera más flexible y mejoran la calidad de funcionamiento de los servicios y las redes.

I.6 Redes móviles distribuidas (movilidad)

En las redes actuales, las principales funciones – tales como la gestión de la movilidad física, la autenticación y los servidores de aplicaciones – están instaladas en sistemas centralizados o en la red medular móvil, lo que causa problemas relativos a la escalabilidad, la calidad funcionamiento, el punto débil y el estrangulamiento.

Un método de acceso alternativo que está despertando mucho interés, sobre todo para instalaciones residenciales y de empresas, consiste en un nodo de acceso inalámbrico pequeño y portátil con distribución de funciones de red, incluidas las funciones de movilidad [b-Chiba]. En esta arquitectura distribuida, los eventos de movilidad y los trayectos de datos pueden gestionarse y situarse lo más próximo posible a los terminales para impedir problemas de escalabilidad y calidad de funcionamiento. Los problemas relativos al punto débil y al estrangulamiento también pueden aislarse, dado que en el extremo del nivel del nodo de acceso sólo se gestiona un número pequeño de terminales.

Así pues, es posible construir una red móvil muy eficiente y con gran escalabilidad mediante la ubicación flexible, en cualquier parte de la red y de manera distribuida, de funciones que tradicionalmente residían en la red medular móvil. Por consiguiente, a diferencia de las redes móviles actuales, la red móvil distribuida podrá:

- localizar y optimizar los trayectos de datos y de señalización;
- permitir al administrador de la red controlar el trayecto de datos y de señalización;
- localizar las entidades funcionales (por ejemplo, gestión de la movilidad) desde cualquier lugar de la red (tanto en las redes medulares móviles como en las redes acceso);
- proporcionar la función de detección (de dispositivos y recursos de red) de los dispositivos conectados tanto de manera centralizada como distribuida; y
- conectar dispositivos que no disponen de capacidad plena de movilidad y/o seguridad sin degradar dichas funciones.

Gracias a las funcionalidades mencionadas, las redes móviles distribuidas pueden ofrecer acceso constante y óptimo con servicios garantizados de extremo a extremo.

Bibliografía

- [b-UIT-T FG-FN Energy] Grupo Temático del UIT-T sobre Redes del futuro FG-FN-OD-74 (2010), *Panorama general del ahorro de energía en las redes*, diciembre.
- [b-ITU-T FG-FN NWvirt] Grupo Temático del UIT-T sobre Redes del futuro FG-FN-OD-73 (2010), *Marco para la virtualización de la red*, diciembre.
- [b-Anderson] Anderson, T., Peterson, L., Shenker, S., and Turner, J. (2005), *Overcoming the Internet impasse through virtualization*, Computer, IEEE Computer Society, Vol. 38, No. 4, pp. 34-41.
- [b-Baliga2007] Baliga, J., *et al.* (2007), *Photonic Switching and the Energy Bottleneck*, Proc. IEEE Photonics in Switching, agosto.
- [b-Bohl] Bohl, O., Manouchehri, S., and Winand, U. (2007), *Mobile information systems for the private everyday life*, *Mobile Information Systems*, diciembre.
- [b-CCNX] Project CCNx (Content-Centric Networking). <http://www.ccnx.org/>
- [b-Chabarek] Chabarek, J., *et al.* (2008), *Power Awareness in Network Design and Routing*, in Proc. IEEE INFOCOM'08, abril.
- [b-Chiba] Chiba, T., and Yokota H. (2009), *Efficient Route Optimization Methods for Femtocell-based All IP Networks*, WiMob'09, octubre.
- [b-Clark] Clark, D., Wroclawski, J., Sollins, K., and Braden, R. (2005), *Tussle in Cyberspace: Defining Tomorrow's Internet*, IEEE/ACM Transactions on Networking, Vol. 13, No. 3, junio.
- [b-Dannewitz] Dannewitz, C. (2009), *NetInf: An Information-Centric Design for the Future Internet*, in Proc. 3rd GI/ITG KuVS Workshop on The Future Internet, mayo.
- [b-EC FI] European Commission, Information Society and Media Directorate-General (2009), *Future Internet 2020: Visions of an Industry Expert Group*, mayo.
http://www.future-internet.eu/fileadmin/documents/reports/FI_Panel_Report_v3.1_Final.pdf
- [b-Gunaratne] Gunaratne, C. *et al.* (2008), *Reducing the energy consumption of Ethernet with adaptive link rate (ALR)*, IEEE Trans. Computers, Vol. 57, No. 4, pp. 448-461, abril.
- [b-Gupta] Gupta, M., and Singh, S. (2003), *Greening of the Internet*, Proc. ACM SIG-COMM'03, agosto.
- [b-HIP] IETF Host Identity Protocol (hipHIP) Working Group.
<http://datatracker.ietf.org/wg/hip/>
- [b-Iiyama] Iiyama, N., *et al.* (2010), *A Novel WDM-based Optical Access Network with High Energy Efficiency Using Elastic OLT*, in Proc. ONDM'2010, 2.2, febrero.
- [b-Jacobson] Jacobson, V., *et al.* (2009), *Networking Named Content*, CoNEXT 2009, Roma, diciembre.

- [b-Kafle] Kafle, V. P., and Inoue, M. (2010), *HIMALIS: Heterogeneous Inclusion and Mobility Adaption through Locator ID Separation in New Generation Network*, IEICE Transactions on Communications, Vol. E93-B No. 3, pp. 478-489, marzo.
- [b-Kimura] Kimura, H., *et al.* (2010), *A Dynamic Clock Operation Technique for Drastic Power Reduction in WDM-based Dynamic Optical Network Architecture*, in Proc. S07-3, World Telecommunication Congress (WTC).
- [b-Kipler] Kilper, D. C., *et al.* (2004), *Optical Performance Monitoring*, J. Lightwave Technol., Vol. 22, pp. 294-304.
- [b-Koponen] Koponen, T., Chawla, M., Chun, B., *et al.* (2007), *A data-oriented (and beyond) network architecture*, ACM SIGCOMM Computer Communication Review, Vol. 37, No. 4, pp. 181-192, octubre.
- [b-Kubo] Kubo, T., *et al.* (2010), *In-line monitoring technique with visible light form 1.3 μm -band SHG module for optical access systems*, Optics Express, Vol. 18, No. 3.
- [b-LISP] IETF Locator/ID Separation Protocol (lispLISP) Working Group. <http://datatracker.ietf.org/wg/lisp/>
- [b-MANA] Galis, A., *et al.* (2008), *Management and Service-aware Networking Architectures (MANA) for Future Internet – Position Paper: System Functions, Capabilities and Requirements*, University of Twente, diciembre.
- [b-NAMED DATA] Named Data Networking. <http://www.named-data.net/>
- [b-NETINF] Network of Information (NetInf). <http://www.netinf.org/>
- [b-NICT Vision] National Institute of Information and Communications Technology, Strategic Headquarters for New Generation Network R&D (2009), *Diversity & Inclusion: Networking the Future Vision and Technology Requirements for a New-generation Network*, febrero.
- [b-Nishikawa] Nishikawa, K., *et al.* (2009), *Scenario Editing Method for Automatic Client Manipulation System*, Asia-Pacific Network Operations and Management Symposium.
- [b-PSIRP] Publish-subscribe Internet Routing Paradigm (PSIRP). <http://www.psirp.org/>
- [b-Sarela] Särelä, M., Rinta-aho, T., and Tarkoma, S., *RTFM: Publish/Subscribe Internetworking Architecture*, ICT-Mobile Summit 2008 Conference Proceedings, Paul Cunningham and Miriam Cunningham (Eds), IIMC International Information Management Corporation.
- [b-TMF NGOSS] Tele Management Forum GB930, *The NGOSS approach to Business Solutions* (2005), Release 1.0.
- [b-UniverSELF] UniverSelf, realizing autonomies for Future Networks. <http://www.univerself-project.eu/>

SERIES DE RECOMENDACIONES DEL UIT-T

Serie A	Organización del trabajo del UIT-T
Serie D	Principios generales de tarificación
Serie E	Explotación general de la red, servicio telefónico, explotación del servicio y factores humanos
Serie F	Servicios de telecomunicación no telefónicos
Serie G	Sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales
Serie H	Sistemas audiovisuales y multimedia
Serie I	Red digital de servicios integrados
Serie J	Redes de cable y transmisión de programas radiofónicos y televisivos, y de otras señales multimedia
Serie K	Protección contra las interferencias
Serie L	Construcción, instalación y protección de los cables y otros elementos de planta exterior
Serie M	Gestión de las telecomunicaciones, incluida la RGT y el mantenimiento de redes
Serie N	Mantenimiento: circuitos internacionales para transmisiones radiofónicas y de televisión
Serie O	Especificaciones de los aparatos de medida
Serie P	Terminales y métodos de evaluación subjetivos y objetivos
Serie Q	Conmutación y señalización
Serie R	Transmisión telegráfica
Serie S	Equipos terminales para servicios de telegrafía
Serie T	Terminales para servicios de telemática
Serie U	Conmutación telegráfica
Serie V	Comunicación de datos por la red telefónica
Serie X	Redes de datos, comunicaciones de sistemas abiertos y seguridad
Serie Y	Infraestructura mundial de la información, aspectos del protocolo Internet y Redes de la próxima generación
Serie Z	Lenguajes y aspectos generales de soporte lógico para sistemas de telecomunicación