

# TUTORIAL

## ▶ UETS: La Red de Nivel 2 de Nueva Generación

José Morales Barroso

**C**El Servicio Universal de Telecomunicaciones Ethernet, UETS, tiene un conjunto de características propias, que lo diferencian radicalmente de todos los sistemas empleados hasta ahora, convirtiéndole en una plataforma multiservicio de nueva generación, diseñada específicamente para permitir la convergencia de la voz, los datos, el vídeo de alta definición y los sistemas inalámbricos fijos y móviles, en una sola red basada en Ethernet.

Hoy en día, todo el mundo está de acuerdo en que el futuro de las redes es todo IP, sin embargo, debemos preguntarnos si el futuro no pudiese ser todo Ethernet. Por otra parte, la tecnología hace posible la evolución de las redes de ordenadores al Ordenador en Red. Es muy difícil romper con las ideas preestablecidas, sobre todo si se llevan muchos años siguiendo las doctrinas al uso, pero para progresar se deben ver las cosas de otra manera, desde otra perspectiva, para lo que es necesario librarse de condicionantes y prejuicios.

La base fundamental del Servicio Universal de Telecomunicaciones Ethernet UETS es una idea sencilla: siguiendo la actual normativa IEEE 802 es posible ofrecer los mismos servicios a nivel 2 (enlace) que los que ofrece el TCP/IP a nivel 4 (transporte), con la diferencia de que en el primer caso el sistema puede ser hardware y en el segundo está basado en software. No es necesario reescribir las aplicaciones Internet-TCP/IP para adaptarlas al nuevo sistema, pues este las soporta sin cambios: sólo son necesarios los conectores (sockets) a Ethernet, lo que es trivial. En combinación con las técnicas de Voz sobre Paquetes (VoP), es posible integrar la Red Telefónica, la Banda Ancha e Internet sobre una única infraestructura basada en Ethernet. Esto

aporta tres grandes ventajas: velocidad, escalabilidad y seguridad.

- **Velocidad:** Los servidores pueden soportar muy altas velocidades al realizarse los procesos de red 802/Ethernet en hardware, en lugar del software de TCP/IP.
- **Escalabilidad:** Se usa directamente la dirección MAC local para la conmutación, por lo que la red física y lógica coinciden: no hay routing ni existen tablas de conmutación. Esto permite, en un solo dominio, hasta 70.368.744.177.664 direcciones.
- **Seguridad:** La clave de la seguridad se encuentra en la Central Universal (CUE.) Los servicios de red son accesibles sin los severos riesgos de seguridad comunes al TCP/IP, al estar los dominios Ethernet e IP totalmente aislados.

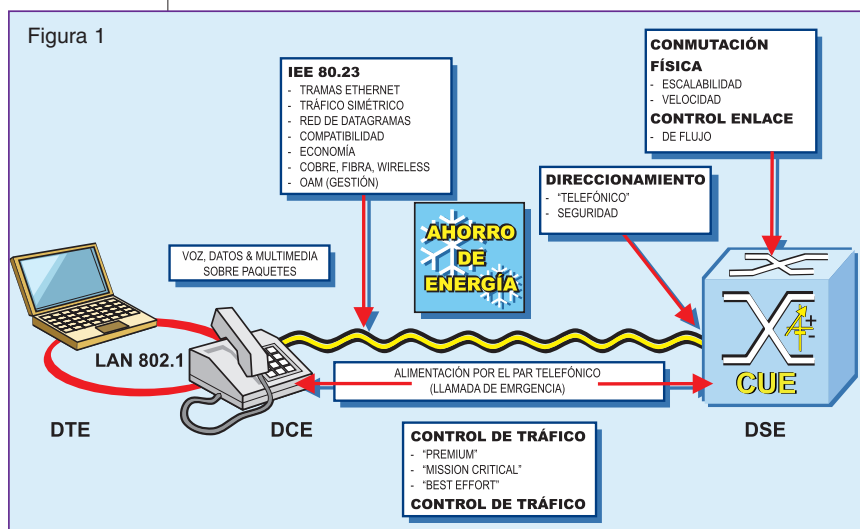
La actual INTERNET de IPv4, con sus cuatro octetos, tiene 4.294.967.296 posibles direcciones que, junto con los 1.250 millones de teléfonos de la red telefónica fija, y 3.000 millones de móviles, ocuparían una mínima parte de un solo dominio INETHERNET-UETS.

El protocolo IPv6 tiene muchas más direcciones, pero sigue siendo un nivel de red, por lo que no resuelve la limitación de prestaciones y además implica migración desde IPv4, lo que no es necesario con UETS, al estar basado en Ethernet.

### ARQUITECTURA DEL SISTEMA

Los principales elementos y características del sistema UETS se pueden describir como un conjunto de elementos físicos (TUE, TRUE, CUE) y lógicos (las aplicaciones Internet), con una Arquitectura de Comunicaciones basada en la doble pila TCP/IP - Ethernet/802. La Figura 1 describe gráficamente los elementos de red del Servicio basado en UETS con sus funciones y características más relevantes.

Si tomamos como referencia la evolución de las redes de circuitos virtuales, cuando el protocolo X.25, de nivel 3, hizo imposible técnicamente aumentar la velocidad de las con-



# TUTORIAL

xiones de red, se pasó a conmutar en el nivel 2 con Frame Relay, y posteriormente en el nivel físico con ATM. En el caso de Internet, sería elemental adaptar las aplicaciones para que en lugar del protocolo IP utilicen directamente el encapsulado MAC 802.3, con sus 6 octetos de direcciones. Mientras que los datagramas IP tienen que progresarse por procedimientos de routing, las tramas MAC 802.3 utilizan procedimientos de bridging IEEE 802.1, muy maduros y probados en el ámbito de las redes locales, a los que se añade el nuevo mecanismo de conmutación física de la central UETS, imprescindible para poder ofrecer los servicios avanzados de red que aquí se plantean.

Este sistema realiza la conmutación de tramas en el nivel físico, lo que le permite alcanzar velocidades extraordinariamente altas, en el rango Terabit. El servicio ofrecido utiliza para conmutar las direcciones físicas de los nodos de red, lo que supone a una Red Privada Virtual de nivel 2 en modo multipunto a multipunto, con capacidad para un número de terminales varios órdenes de magnitud superior a la actual Internet. Al no poder falsificarse las direcciones, cualquier ataque potencial es inmediatamente identificado e interceptado por la central.

Otra característica diferencial respecto a las redes IP es que las funciones de control de flujo, de congestión y la detección y corrección de errores se realizan en cooperación entre los terminales (TUE) y las centrales (CUE) mediante procedimientos de nivel de enlace, permitiendo garantizar el ancho de banda y el retardo que requieran las aplicaciones.

## DESCRIPCIÓN DEL SERVICIO

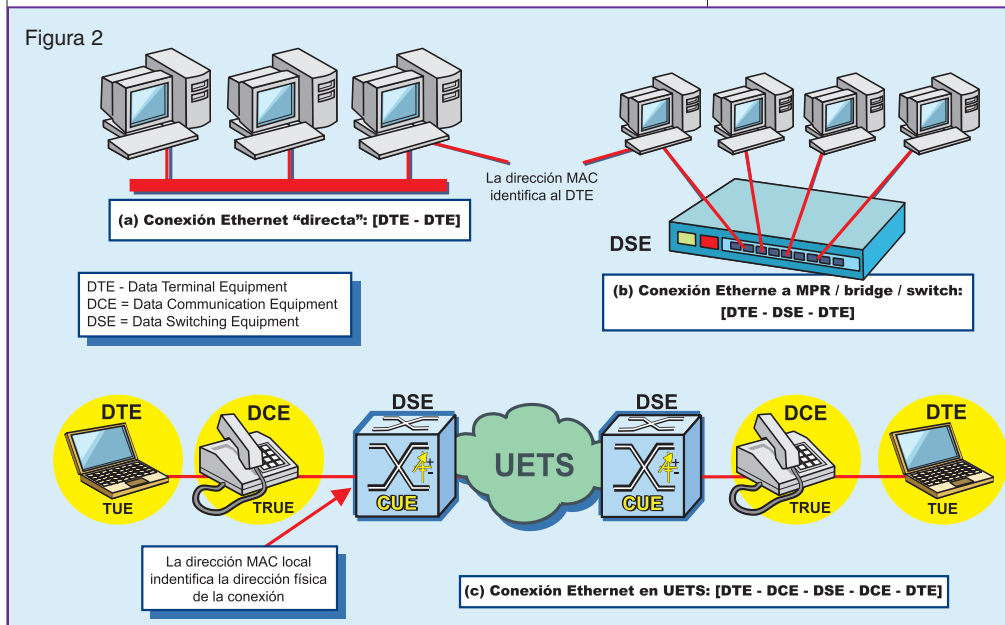
En UETS se utiliza como nodo de red la Central para el servicio Universal de telecomunicaciones Ethernet (CUE), en la que el direccionamiento y encaminamiento de las tramas emplea direcciones MAC locales, es decir, con el bit U/L puesto a uno, que permite distinguir en cada dominio Ethernet más de 70 billones de conexiones distintas en el modo unicast (bit I/G = 0) y otras tantas en multicast (bit I/G = 1.) Al coincidir en este caso las direcciones lógicas y físicas de red, la dirección de destino lleva ya la información para el encaminamiento, siendo innecesaria la resolución de direcciones, las técnicas de bridging (IEEE 802.1), routing (IETF) o señalización (ITU) y sus tablas adicionales. En UETS pueden utilizarse, de forma complementaria, las técnicas de VLAN que permiten distinguir 4.096 usuarios por cada una de las conexiones posibles. Los usuarios se conectan a la red mediante el Terminal Universal Ethernet (TUE) que, dentro del dominio Ethernet de UETS, transporta los datos con el protocolo IEEE 802.2/LLC, ofreciendo así los servicios de red en el nivel de enlace, en lugar del nivel de transporte empleado en la arquitectu-



tura TCP/IP clásica. Esto es lo que hace posible el control de flujo y congestión de red en colaboración con los nodos de red CUEs. El Terminador de Red Universal Ethernet TRUE, facilita el acceso a la red y recibe alimentación de potencia desde la central en las conexiones a través de pares para garantizar el servicio de llamada de emergencia. Todo el sistema en su conjunto está pensado para que sea posible soportar, de manera sencilla, el control de potencia para ahorro de energía. En los dominios Ethernet clásicos, la dirección MAC identifica el terminal. Los terminales (DTE) se comunican entre sí directamente (DTE-DTE) cuando están conectados por un medio compartido, como el cable coaxial de 10BASE5 Y 10BASE2 y los repetidores multipuerta (MPR 10BASE-T o 100BASE-T), o a través de un equipo de red (DTE-DSE-DTE) con puentes o conmutadores de nivel 2 (BRIDGES 802.1.) En los sistemas 802.1, es necesario que el nodo de red establezca la asociación entre la dirección física de red y la dirección MAC del terminal conectado a ella mediante la correspondiente tabla de conmutación. Ver (a) y (b) en la Figura 1.

En el dominio Ethernet, de UETS cambia totalmente el modo de funcionamiento, pues en él, los terminales (DTE/TUE) se conectan a través del dispositivo de acceso (DCE/TRUE) a los nodos de conmutación (DSE/CUE), al modo de las redes clásicas de telecomunicaciones: de ahí la denominación de Servicio Universal de Telecomunicaciones. Su principal novedad es que utiliza las direcciones MAC locales, que sirven directamente para la conmutación, identificando la dirección

# TUTORIAL



física del nodo de red (no la del terminal) según se describe en (c) en la Figura 2. Por ello no son necesarias tablas de ningún tipo, pues la propia dirección lleva la información de encañamiento.

Este modo de operación, totalmente novedoso en el entorno Ethernet, constituye la base de la convergencia de las redes de telecomunicaciones y las redes de área local, con el acceso DTE (TUE) - DCE (TRUE) - DSE (CUE) y la extensión del dominio Ethernet a la red de la operadora.

La utilización de los protocolos IEEE 802.2 LLC en el dominio Ethernet permite identificar los servicios mediante la combinación de las direcciones MAC 802.3 y los campos LLC para aplicar mecanismos de control de congestión basados en tres niveles de prioridades; la utilización de direcciones MAC locales para identificar el equipo en el ámbito del dominio Ethernet; la aplicación de técnicas de control de flujo basadas en los mecanismos del protocolo LLC, al que se incorporan los procedimientos empleados en el control de congestión del TCP y se añaden opciones del protocolo HDLC, al que pertenece el LLC, como el rechazo selectivo de tramas y el empleo de las direcciones MAC gestionadas localmente, que son la base fundamental de la operación de los conmutadores (CUE) de gama alta.

## ESTADO DE LA TÉCNICA

Los equipos actuales utilizan la arquitectura clásica con dispositivos basados en BRIDGES IEEE 802.1 o routers IP y sus correspondientes tablas de encañamiento, con servicios basados en VLANs. Son típicas las redes compuestas de conmutadores de nivel 2 y routers IP como equipos de usuario, conectados a conmutadores en el core que emplean la técnica

Q-in-Q, normalizada por el comité IEEE 802.1. En este sistema no se utilizan las direcciones MAC locales para conmutación ni el protocolo LLC para control de flujo y congestión, que son las características distintivas del sistema UETS. También es muy frecuente la utilización de protocolos spanning tree con VLANs (IEEE 802.1), con lo que el número de usuarios en la extensión del dominio Ethernet de nivel 2 al proveedor de servicios está limitado a 4.096, claramente insuficiente. Por esa razón, y con objeto de mejorar la escalabilidad de la red, se conectan múltiples dominios de nivel 2 a través de un core de nivel 3 con IP o MPLS. En ambos

aparecen graves problemas de escalabilidad cuando se quiere ofrecer servicio a un gran número de usuarios.

El sistema UETS extiende el dominio Ethernet a la red del proveedor de servicios de manera que, gracias a la utilización de las direcciones MAC locales, se amplían a más de 70 billones de direcciones de red.

Adicionalmente, las aplicaciones en el dominio Ethernet utilizan los protocolos IEEE 802.2 LLC, identificándose los servicios mediante la combinación de direcciones MAC y campos del protocolo LLC.

En las aplicaciones corporativas son típicos los servicios basados en Ethernet que proporcionan conexiones punto a punto en los que es necesaria la resolución de direcciones para el tráfico de nivel 2 entre redes de nivel 2 dispares. Este sistema es aplicable a redes IP sobre VLAN, con técnica de túneles en la red del proveedor de servicios para extender la Internet IP. Como ya se ha descrito, el sistema UETS proporciona comunicaciones multipunto a multipunto mediante la utilización de las direcciones MAC locales, que identifican directamente la dirección física, haciendo innecesaria su resolución. Esto permite la extensión de los servicios de red, en modo multipunto a multipunto, de a red local a la infraestructura de las operadoras y los proveedores de servicio en el dominio Ethernet.



José Morales Barroso (jmb@ieee.org)

es ingeniero Electromecánico del ICAI (1975) y doctor Ingeniero industrial por la UPCO (1989). Socio-Director de L&M Data Communications. Miembro de la Academia de Ciencias de Nueva York y del IEEE, donde participa en el Comité LAN MAN P802.3 para la Normalización de Ethernet.

**EL LIBRO**

**LA RED INTELIGENTE:  
AHORRO ENERGÉTICO Y TELECOMUNICACIONES**  
CONVERGENCIA DE LAS REDES TELEMÁTICAS CON LA  
RED ELÉCTRICA Y DESARROLLO SOSTENIBLE



Puede descargarse gratuitamente en:

<http://www.LMdata.es/uets/mma/ethf-mma-ebook.pdf>