



# UETS

## (UNIVERSAL ETHERNET TELECOMMUNICATIONS SERVICE)

### La Convergencia de los Ordenadores con Internet, la Banda Ancha y la Red Telefónica en los estándares IEEE 802

La disminución constante de ingresos de la telefonía fija complica la supervivencia de las operadoras de telecomunicaciones, que ahora depende del despliegue de nuevos servicios. Esto es lo que actualmente se denomina el “**triple play**” (audio-datos-vídeo). Para ello son necesarias soluciones avanzadas, como la que aquí se proponen, pues el modelo basado en **software** de la red IP, que actualmente utiliza Internet, no es capaz de escalar con la rapidez que lo están haciendo las tecnologías de comunicaciones. El Servicio Universal de Telecomunicaciones Ethernet resuelve este problema de la única manera viable: realizar los procesos relacionados con las comunicaciones directamente en la electrónica, es decir, en **hardware**. Siguiendo la actual normativa IEEE 802 es posible ofrecer los servicios de Internet mediante hardware con los protocolos LLC/Ethernet, en lugar del software en que se basan los protocolos TCP/IP. Esto permite el desarrollo de una nueva generación de redes en la que, con las técnicas de Voz sobre Paquetes (VoP) y los sistemas de vídeo digital, se consigue la convergencia de Internet, la Red Telefónica y la Banda Ancha sobre una infraestructura de red única basada en Ethernet.



José Morales Barroso

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.

Desde el año 1970 se busca una solución a lo que la *Unión Internacional de Telecomunicaciones* denominó *Red Digital de Servicios Integrados*, evolución de la red telefónica a una infraestructura única para ofrecer servicios integrados de voz, datos y vídeo. Hoy en día se habla de la **Banda Ancha**, que emplea el sistema **ADSL** (Asymmetric Digital Subscriber Line) sobre los **pares telefónicos**, para dar acceso a la **Internet-TCP/IP** sobre conmutadores **ATM**. Esto implica tres tecnologías

de red diferentes: **circuitos puros** del teléfono, **circuitos virtuales** del ATM y **datagramas** del IP. Esta solución constituye un sistema no convergente, pues emplea múltiples tecnologías de red, siendo además asimétrico, lo que supone un inconveniente grave para una red de servicios integrados, pues la velocidad de una conexión entre dos terminales está limitada por la más baja.

El Comité IEEE 802.3 para la normalización de Ethernet aprobó en junio de 2004 la norma

**IEEE 802.3ah EFM** (*Media Access Control Parameters, Physical Layers and Management Parameters for Subscriber Access Networks*). Esta norma, en la que participé como miembro del comité de "Balloting Sponsors", es la base para el sistema que aquí se describe, pues aporta las especificaciones para establecer conexiones en modo simétrico con la central de telecomunicaciones a través de los pares telefónicos de cobre o de las fibras ópticas, dependiendo de cada caso particular. Con 1.250 millones de líneas telefónicas en el mundo [1], existe un enorme potencial para una solución capaz de ofrecer servicios integrados. Cuando sea necesario o exista disponibilidad, la norma 802.3ah EFM permite acceso sobre fibra óptica desde 100 Mbps hasta 1 Gbps.

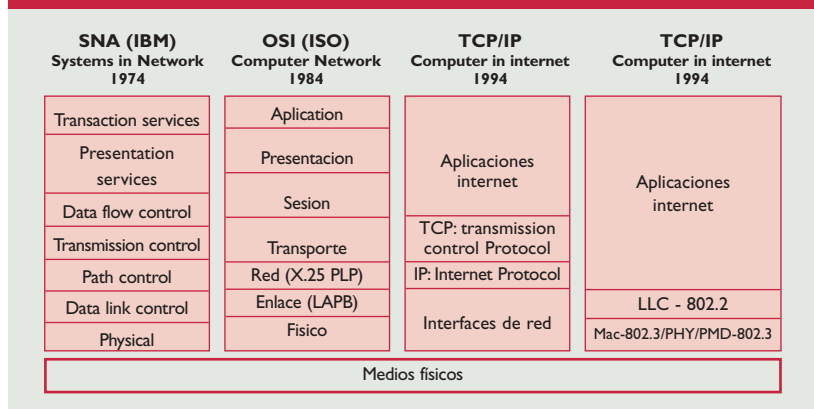
Hoy en día, todo el mundo parece de acuerdo en que la convergencia e integración de las redes es "todo IP", debido a que se asocia, incorrectamente, Internet con el TCP/IP. Sin embargo, esta tecnología, sobre la que se ha desarrollado Internet desde 1974 [2], ha llegado a su límite de prestaciones y no es capaz de crecer al ritmo que aumenta la velocidad de las redes. Esto se debe a que la velocidad de los procesadores se dobla, según la famosa "ley de Moore", cada 18 meses, mientras que la velocidad de las redes se duplica en un periodo inferior a un año. Ahora le toca el turno a Ethernet, una tecnología [3] que, paradójicamente, inventó Bob Metcalfe en el año 1973.

Esta solución, según el modo de funcionamiento que aquí se propone, aporta tres grandes ventajas:

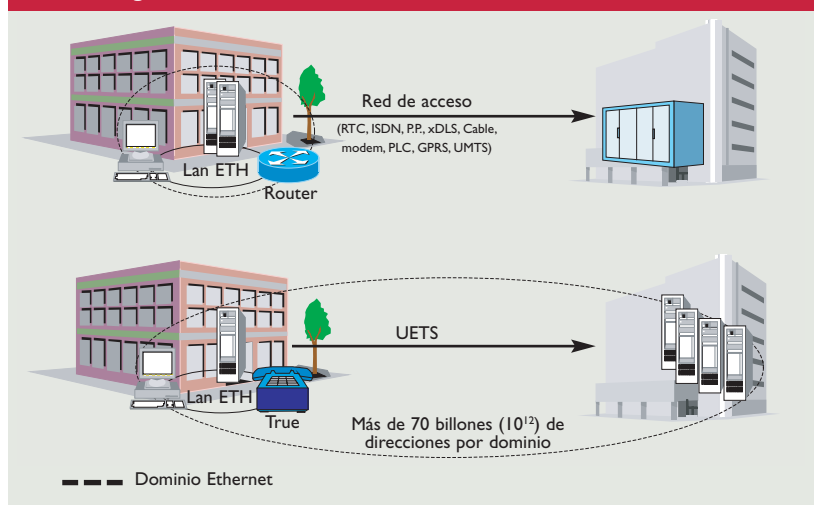
- **Seguridad:** los servicios de red son accesibles, al estar los dominios Ethernet e IP totalmente aislados, sin los riesgos de seguridad comunes al TCP/IP.
- **Velocidad:** las aplicaciones Internet utilizan la pila de protocolos software del TCP/IP, lo que limita la velocidad de los servidores a 750 Mbps. Empleando LLC/Ethernet se puede trabajar a 10 Gbps.
- **Escalabilidad:** la dirección MAC de seis octetos empleada en Ethernet, que permite crear una red de 246 (70.368.744.177.664) dispositivos en un sólo dominio, sirve directamente para realizar la conmutación, por lo que las redes física y lógica coinciden.
- Según se puede ver en la Figura 1, este modelo sigue la evolución natural de los ordenadores y las telecomunicaciones:

- 1970s: **Systems in Network** (SNA/IBM): Aplicaciones propietarias.
- 1980s: **Computer Networks** (X.25/CCITT): Aplicaciones propietarias.

**Figura 1. Convergencia de los ordenadores y las telecomunicaciones**



**Figura 2. Extensión del dominio Ethernet: de LAN a UETS**



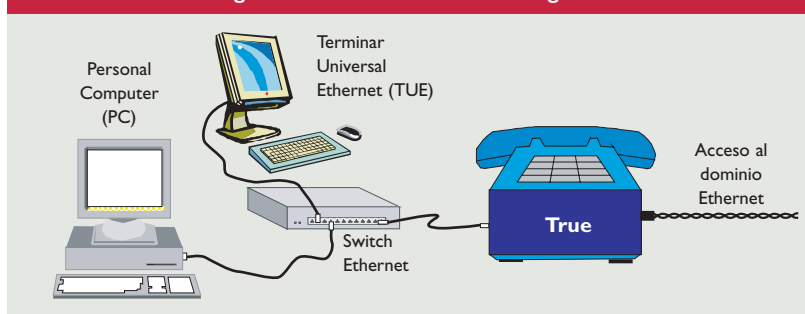
- 1990s: **Computers in Internet** (TCP/IP): Aplicaciones Internet (WWW).
- 2000s: **Computer on EtherNet** (UETS): Aplicaciones Internet (WWW).

### Descripción 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), que emplean como Arquitectura de Comunicaciones la doble pila TCP/IP – LLC/Ethernet.

- **Extensión del dominio Ethernet** del ámbito local definido por IEEE 802 a la red de los proveedores de servicios, como se describe en la Figura 2. De este modo, los profesionales del proveedor se encargarán de los aspectos técnicos del servicio, igual que hacen ahora los administradores de las redes locales en las empresas.
- **Un nuevo dispositivo de acceso**, el "TRUE" (Terminador de Red Universal Ethernet), del

Figura 3. TRUE con teléfono integrado



que se pueden ver dos posibles configuraciones en la Figura 3. Es un teléfono que funciona en modo paquetes y permite el acceso a la red de telecomunicaciones de los terminales de datos. Incluye las funcionalidades típicas de la telefonía clásica: llamada de emergencia y control de potencia.

- **Un nuevo concepto de terminal**, el "TUE" (Terminal Universal Ethernet) sobre el que se ejecutan las aplicaciones, que permite utilizar sin riesgos los recursos ofrecidos por los servidores de la red UETS: aplicaciones, datos, audio, vídeo, control, etc., realizar el control de congestión de la red en colaboración con las centrales UETS y acceder a Internet a través del dominio IP.

- **Un nuevo concepto de nodo de red**, la "CUE" (Central Universal Ethernet). Encargadas de la conexión al servicio y de encaminar las tramas Ethernet en el nivel físico basándose exclusivamente en su dirección MAC. Incluye además el control de congestión mediante la operación conjunta con los TUE. El mecanismo que emplea el conmutador hace imposible falsificar las direcciones MAC, así se eliminan los peligros de Internet dentro del dominio Ethernet (no así en el dominio IP).

- **Alimentación del TRUE a través de los pares desde la central CUE**, que garantiza el servicio con baterías en la central, solución clásica de la red telefónica para la llamada de emergencia, muy importante para las operadoras de telecomunicaciones.

- **Mecanismo de control de potencia para ahorro de energía**, que permite eliminar el consumo de electricidad innecesario, colaborando de este modo de forma decisiva en el uso racional de los recursos energéticos globales.

### Extensión del Dominio Ethernet

En la norma IEEE Std 802-2001 se define la red de área local (LAN) como "una red de ordenadores, situada en los locales del usuario, dentro de un área geográfica limitada". También

define la "802 LAN" como "una LAN consistente en un **dominio de acceso** que utiliza un protocolo MAC especificado en IEEE 802.3 e ISO/IEC 8802-3". De aquí se toma el concepto de "dominio Ethernet". Una idea clave del UETS es la extensión de la red local Ethernet de las instalaciones de edificios y campus hasta la operadora de telecomunicaciones. En el UETS se hace una clara distinción entre:

- El "**dominio Ethernet**", en el que se ofrece el servicio y aislado de otros entornos, en especial del dominio IP de Internet. Emplea los protocolos LLC/Ethernet.
- El "**dominio IP**", ofrece conectividad a través de la Internet privada o pública, empleando los protocolos de nivel de red IP y transporte TCP/UDP.
- Con esta solución los proveedores pueden ofrecer los servicios de red en el dominio Ethernet, en el dominio IP o por una combinación de ambos, aprovechando en este último caso todo el equipamiento actual y las aplicaciones del entorno Internet como complementarios a los servicios ofrecidos en el dominio exclusivo Ethernet.

### El Terminador de Red Universal Ethernet "TRUE"

Permite el acceso a la red UETS. Sus elementos principales corresponden a un teléfono Ethernet, que emplea técnicas de **Voz sobre Paquetes (VoP)**, pero sus características le hacen radicalmente distinto a todos los existentes en la actualidad.

Este dispositivo se puede conectar a través de los pares telefónicos del bucle de abonado, cumpliendo las **condiciones legales** para poder considerarse un verdadero servicio de telecomunicaciones. Garantiza el servicio de **llamada de emergencia** (112 en Europa ó 911 en Estados Unidos) por la alimentación desde la central, incluye los procedimientos necesarios para la gestión y el mantenimiento del enlace (OAM según IEEE 802.3ah) y controla la potencia del terminal para no consumir energía mas que cuando es imprescindible, a diferencia de los actuales dispositivos de red Ethernet, que consumen energía permanentemente.

Suponiendo que se utilizase el sistema propuesto para el acceso a las redes en banda ancha, y aplicando las previsiones más conservadoras de 200 millones de usuarios en todo el mundo el año 2010, el ahorro mínimo de energía obtenido gracias al sistema de control de potencia serían del orden de 14 TWh al año, equivalente a unos 1.400 millones de euros al año al precio actual de la energía eléctrica.

## El Terminal Universal Ethernet "TUE"

La idea de utilizar un terminal para acceder a los servidores de red no es nueva, realmente es un "retorno a los orígenes". Lo verdaderamente nuevo y revolucionario de esta idea es la arquitectura de comunicaciones del terminal con la doble pila de protocolos TCP/IP y LLC/Ethernet, según describe la Figura 4, que ofrece servicios en:

- En el dominio Ethernet con los protocolos IEEE 802.
- En el dominio IP con los protocolos TCP, UDP e IP.

Cada TUE es capaz de trabajar en la zona segura del dominio Ethernet y de utilizar sin riesgos los recursos ofrecidos por los servidores de la red UETS: aplicaciones, datos, audio, vídeo, control, etc.

La utilización de la pila de protocolos Ethernet en los servidores aporta grandes ventajas, pues elimina el cuello de botella producido por los protocolos basados en TCP e IP. Estos limitan actualmente la velocidad a 750 Mbps, mientras que con Ethernet ya existe la posibilidad de conectarse a la red a 10 Gbps. Así sería posible descargar los procesos de comunicaciones en dispositivos hardware del tipo "front-end".

## Ejecutando aplicaciones Internet: El Supervisor.

El modelo de Internet resuelve los conceptos de servicios de red y terminal universales con los protocolos IP y TCP para la interconexión y las aplicaciones, utilizando una presentación universal basada fundamentalmente en el modelo del navegador (Netscape, Opera, Internet Explorer, etc.) y en las especificaciones del W3C. Las aplicaciones, para comunicarse a través de Internet, establecen conexiones por la asociación de direcciones IP y puertos TCP/UDP de origen y destino. La información viaja en modo circuitos con TCP o en modo datagramas con UDP sobre los datagramas IP.

Las aplicaciones Internet comunes se pueden ejecutar sobre un módulo supervisor capaz de establecer comunicaciones:

- A través del dominio Ethernet mediante los conectores (sockets) MAC/802.
- A través del dominio IP mediante los conectores a TCP/UDP/IP.

Los dominios Ethernet e IP pueden coexistir sobre una misma infraestructura física, pues los terminales descritos tienen la capacidad de operar sobre cualquiera de ellos indistinta y simultáneamente, según describe la Figura 5.

Figura 4. Conectores (sockets) TCP/IP y LLC/ETH para aplicaciones Internet

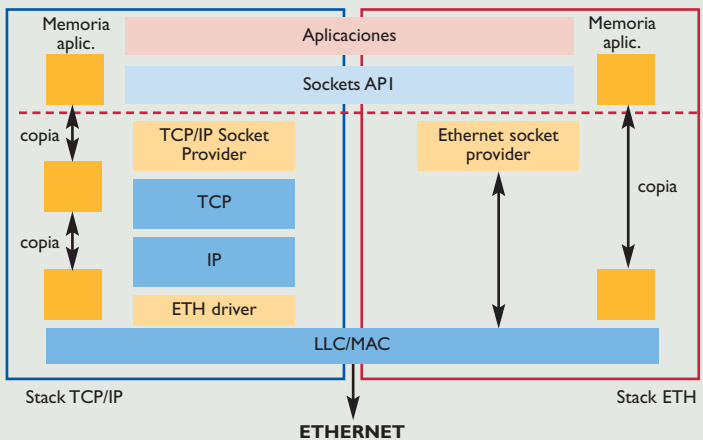
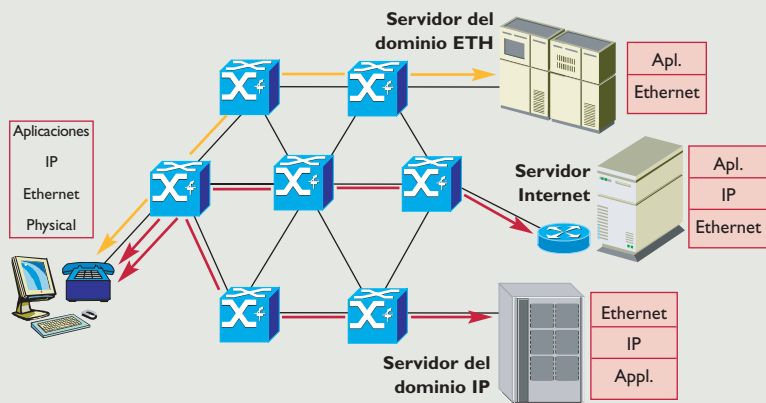


Figura 5. Acceso a los dominios ETH e IP



El arranque del terminal, al tener que iniciar solamente un programa de tamaño reducido, es prácticamente inmediato. En caso de problemas sólo hay que apagar y encender, pues el programa del navegador y el manejador de ficheros se encuentran en una memoria no volátil. Para el caso extremo de que se produjese un fallo irreparable en estos programas, el terminal puede realizar una carga inicial desde los servidores de aplicaciones del proveedor de servicios, que también es el encargado de instalar las actualizaciones correspondientes.

## La Central Universal Ethernet "CUE"

Este dispositivo es el encargado de conectar a los usuarios del servicio a través de cualquier medio físico, constituyendo el "dominio Ethernet". La central alimenta a los terminales conectados mediante cables de cobre y participa en el control de potencia para ahorro de ener-

Figura 6. ADSL vs. UETS

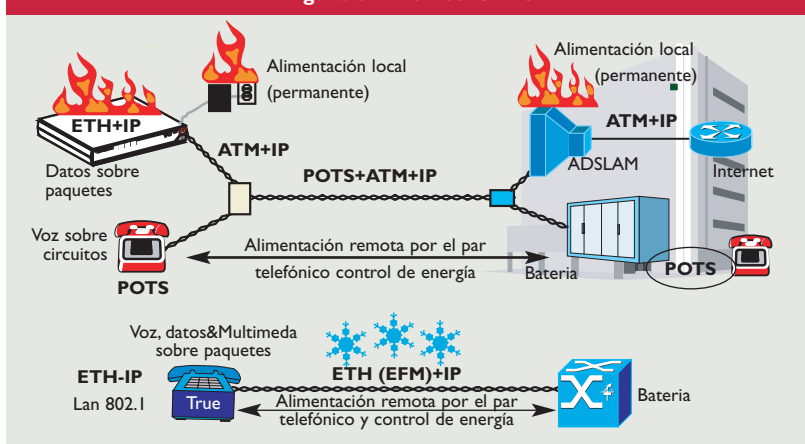


Figura 7. Protocolos UETS: Modelo de Referencia

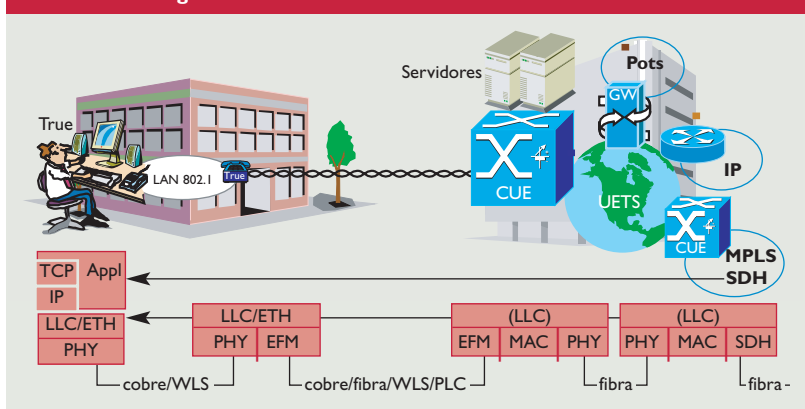
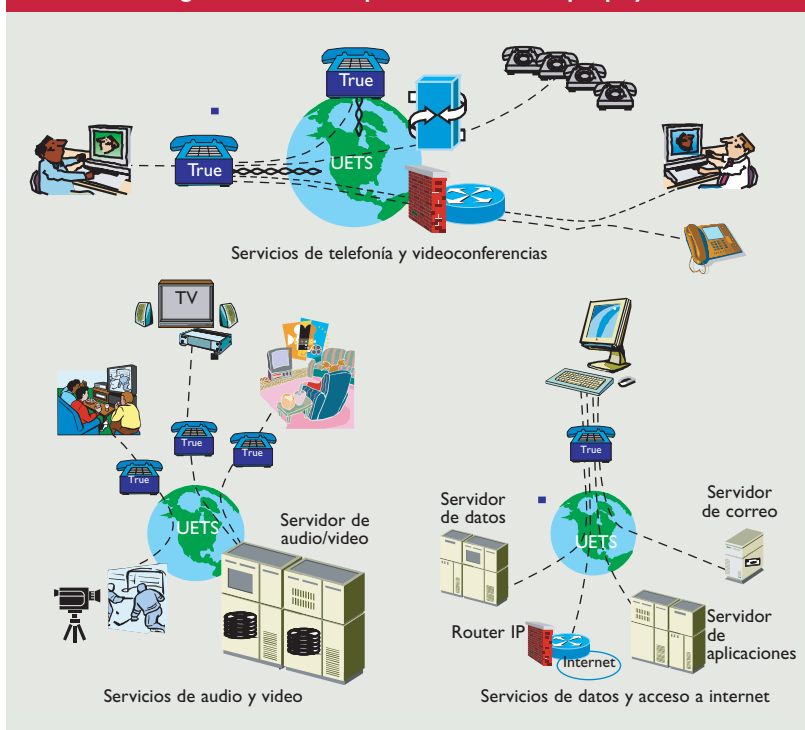


Figura 8. Diversos tipos de servicios "triple play"



gía en todos los tipos de conexiones, incluidas las de cobre, fibra óptica e inalámbricas. Para garantizar el servicio dispone de batería. En la Figura 6 se compara este sistema con el ADSL.

Al utilizar para el encaminamiento las direcciones MAC, el servicio ofrecido corresponde a una Red Privada Virtual de nivel 2. Al no poderse falsificar las direcciones MAC, cualquier ataque potencial sería inmediatamente identificado e interceptado por la central. La conmutación física y el mecanismo descrito permiten un alto grado de simplificación de los equipos, que realizan la conmutación por mecanismos puramente hardware, lo que redundará en un sensible abaratamiento, modularidad en el diseño, miniaturización y reducción de consumo. Por otra parte, el establecimiento de circuitos en las conexiones en el dominio Ethernet es inmediato y no requiere ningún procedimiento de señalización, se reducen las sobrecargas de protocolo al prescindir de TCP/IP, aumentando el ancho de banda disponible, y se facilita la descarga de los procesos de comunicaciones en procesadores especializados del tipo "front-end".

Las características diferenciales de este sistema respecto a las redes IP actuales son:

- La conmutación de tramas se realiza en el nivel físico, lo que permite alcanzar velocidades extraordinariamente altas y establecer comunicaciones seguras.

- 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 a través de toda la red física. La Figura 7 ilustra este Modelo de Referencia.

*"Cuando el Ancho de Banda no se ve, la congestión está encima".*

### Ejemplos de aplicación

A continuación se muestran algunos ejemplos de aplicación de esta tecnología, aunque las posibilidades que ofrece son ilimitadas.

### Servicios de Banda Ancha

El uso de los servicios de banda ancha implica en la actualidad el uso de ordenadores personales con sus sistemas operativos, excesivamente complejos para la mayoría de los usuarios, que no entienden su funcionamiento ni son capaces de mantenerlos correctamente. A esto se añade su rápida obsolescencia, que hace que la inversión en el equipo informático tenga un corto periodo de vida. Es innecesario

describir los severos problemas de seguridad debidos a virus y ataques de todo tipo que llegan a través de Internet, ante los que el usuario medio se siente impotente y que, antes o después, termina causándole problemas. Lo mismo ocurre con las dificultades que entraña la gestión de las copias de seguridad de la información almacenada en el ordenador.

El Terminal Universal que aquí se propone se minimizan los posibles ataques desde la red, pues no necesita un sistema operativo sofisticado y trabaja en el entorno protegido del dominio Ethernet. El proveedor de servicios, que controla totalmente su dominio de red, será también quien instale y mantenga los diferentes servidores: de aplicaciones, de datos, de correo electrónico, de nombres y direcciones, de audio, de vídeo, etc.

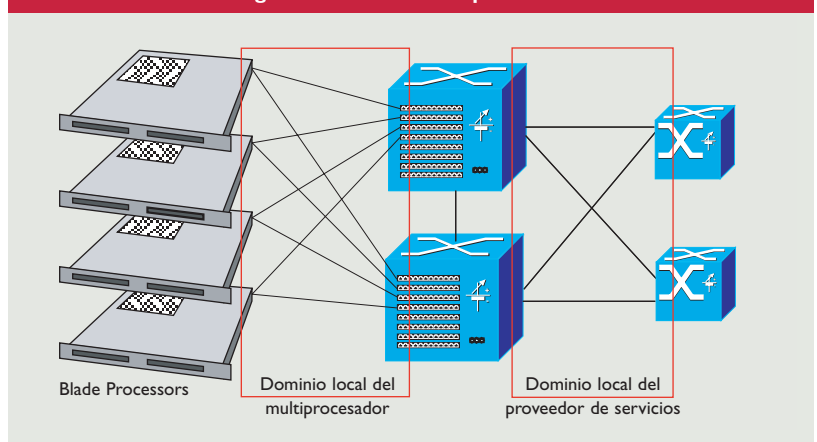
Con el sistema propuesto se resuelve el problema de las **licencias de software**: es el usuario quien paga por el servicio al proveedor; que abonará las licencias correspondientes. En el caso de **los derechos de audio y vídeo**, ocurre algo similar; puesto que los usuarios pagarán por el número de accesos a los contenidos. Con estos nuevos servicios, las operadoras de telecomunicaciones pueden compensar la pérdida de ingresos que vienen experimentando por la factura telefónica, debido en gran medida a la expansión en el uso de la voz sobre paquetes, y los usuarios podrán disfrutar de servicios mucho más económicos, sencillos de utilizar y de una gran riqueza de contenido, según se puede ver en la Figura 8.

Si el usuario final así lo desea, también podrá tener servidores en su instalación, quedando el tráfico de éstos restringido a su segmento de red, al estar conectado con el proveedor de servicios con el TRUE, capaz de filtrar el tráfico hacia la red de acceso.

### Servicios móviles e inalámbricos

El dominio Ethernet es el medio ideal para interconectar los puntos de acceso que dan conectividad a los terminales móviles del tipo GPRS o UMTS, como ya lo hacen en los inalámbricos basados en IEEE 802.11/Wi-Fi y en IEEE 802.16/WiMAX. Este tipo de encapsulado es muy adecuado para los sistemas de móviles en modo paquetes, pues se minimiza la sobrecarga de protocolos, se optimiza la eficiencia en las comunicaciones a través del medio inalámbrico y se reduce la complejidad de los terminales y de la red. En este sentido, el modelo UETS es óptimo para la 4ª generación de móviles. Esto, además, facilitaría en gran medida la convergencia Fijo-Móvil.

Figura 9. Sistema multiprocesador



### Sistemas multiprocesadores

El sistema puede ser utilizado para construir superordenadores o equipos avanzados de red, mediante múltiples procesadores en paralelo y sistemas de almacenamiento conectados a velocidades Gigabit a las centrales UETS. Estas ofrecen conectividad entre los procesadores con conmutación física de muy alta velocidad a través de los conectores directos a Ethernet. La combinación de ambas técnicas garantiza el ancho de banda necesario para las comunicaciones críticas, el control de congestión de la red de interconexión, así como la detección y corrección de errores. Para las comunicaciones inter procesos (IPC) se utiliza la pila de protocolos con los conectores a Ethernet, mientras que para la conexión se puede emplear Giga o 10 Giga ETH. Así, se pueden construir sistemas compuestos por miles de procesadores en paralelo con un coste mínimo. En la Figura 9 se describe esquemáticamente la construcción de un multiprocesador UETS.

### Aplicaciones para la Empresa

El Servicio Universal Ethernet es enormemente rentable para las redes de empresa, pudiendo ser utilizado por éstas de múltiples modos. Minimiza el coste por puesto de trabajo, aumenta el periodo de vida útil del terminal, al ser sólo una pantalla con teclado y ratón, centraliza la gestión y reduce los riesgos de seguridad, pues no existe un sistema operativo al que atacar y los programas del supervisor sólo pueden ser modificados por el proveedor de servicios. Las grandes empresas u organizaciones pueden instalar y gestionar internamente una red de este tipo con sus propios recursos, externalizando la parte que les resulte más rentable, mientras que las medianas y pequeñas pueden externalizar todo o parte del servicio a uno o va-

Figura 10. Red de empresa con dos locales

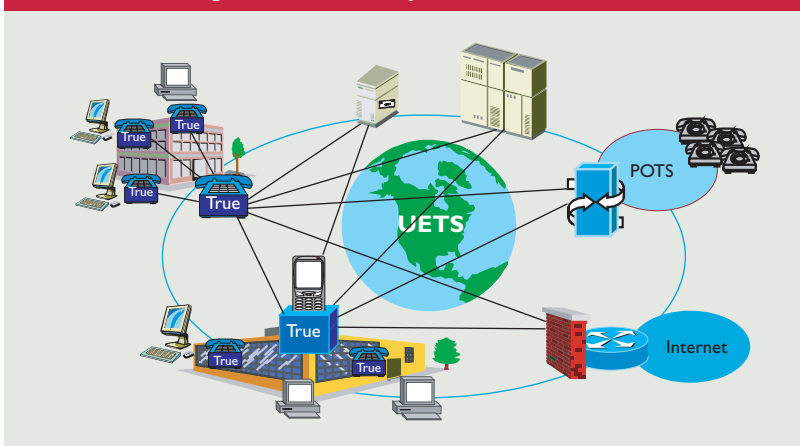
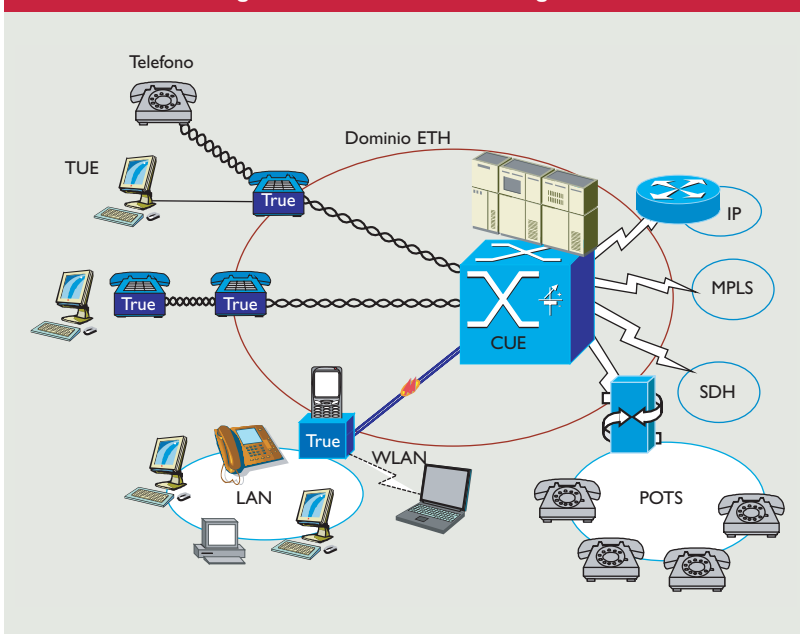


Figura 11. UETS: Conectividad global



rios proveedores. En la Figura 10 se ve un ejemplo sencillo de empresa con dos locales.

La posibilidad de conectarse directamente a través de operadoras de telecomunicaciones y a través de la red eléctrica con el PLC resuelve el problema del "back-up" para mantener el servicio en caso de fallo del enlace. Esto permite un elevado grado de conectividad y fiabilidad en el servicio.

La posibilidad de reutilizar los pares telefónicos tiene unas enormes ventajas para los usuarios, tanto residenciales como pequeñas y grandes empresas, que pueden disponer de una red integrada sustituyendo simplemente la centralita por una CUE y algunos teléfonos por TRUEs operando a 10 ó 100 Mbps, y a la vez mantener teléfonos analógicos en aquellos puntos que se considere conveniente.

## "INTHERNET": Hacia la nueva Internet de nivel 2

A diferencia de lo que ocurre con el IPv6, el sistema propuesto tiene la virtud de hacer innecesaria la migración de la actual Internet sobre IPv4, pues ambas pueden convivir indefinidamente y en armonía. Por lo tanto, no viene a sustituir a Internet, sino a complementarla, de donde surge la denominación INTHERNET. Podríamos decir que UETS e Internet constituyen el "complemento perfecto". Considerando que las direcciones MAC de Ethernet son de 6 octetos y las de IP de 4 octetos, si se instalara una red UETS de cobertura mundial, perfectamente factible gracias al mecanismo de conmutación física que emplean las centrales CUE, el dominio Ethernet así formado podría soportar más de 65.000 redes como la actual Internet. La Figura 11 describe gráficamente un entorno de este tipo.

Con este sistema, las compañías telefónicas podrían sustituir los teléfonos por TRUEs y las centrales por CUEs, dando a sus usuarios servicio simultáneo de voz, datos y vídeo con una infraestructura que, al estar basada en tecnología Ethernet, sería mucho más económica que las actuales centrales telefónicas. El usuario vería un teléfono normal, lo que evitaría el rechazo inicial, pero tendría la posibilidad de conectarse a la red de servicios avanzados simplemente utilizando Ethernet o por medios inalámbricos con Wi-Fi.

Al ser Ethernet, la tecnología UETS es compatible hacia atrás con los equipos, aplicaciones y dispositivos utilizados actualmente en las tecnologías de información y comunicaciones. Su despliegue se puede realizar de forma gradual, tanto en Redes Públicas como Privadas, desde entornos locales hasta redes de cobertura mundial. Lo ideal sería que este sistema se normalizase dentro del comité IEEE 802.3, lo que haría posible la generalización del servicio con un gran número de equipos y sistemas compatibles a escala global, redundando ello en beneficio de todos: usuarios, operadoras y fabricantes. ■

### Referencias

- [1] [http://www.telegeography.com/resources/statistics/telephony/intl\\_traffic\\_growth.html](http://www.telegeography.com/resources/statistics/telephony/intl_traffic_growth.html)
- [2] V.G. Cerf and R. E. Kahn, "A protocol for packet network interconnection," IEEE Transactions on Communications, vol. COM-22, May 1974, pp. 627-641.
- [3] Robert M. Metcalfe and David R. Boggs, Xerox Palo Alto Research Center, "Ethernet: Distributed Packet Switching for Local Computer Networks," Communications of the ACM, Vol. 19, No. 5, July 1976, pp. 395 - 404.