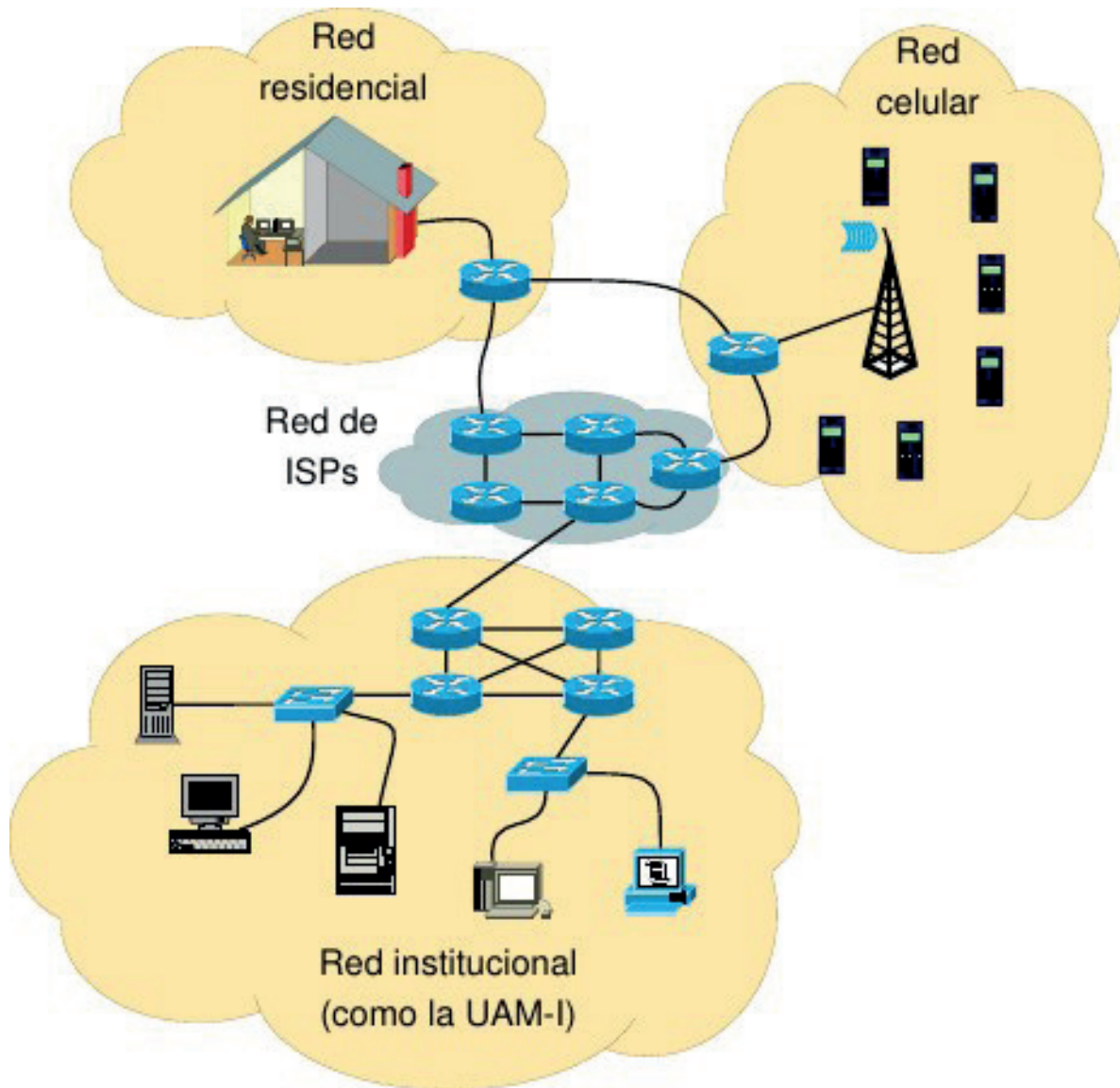


Internet y las comunicaciones: líneas de investigación de vanguardia en la UAM-I



Dr. Víctor Manuel Ramos Ramos
Dra. R. Carolina Medina Ramírez
Ing. Mauricio López-Villaseñor
Departamento de Ingeniería Eléctrica,
Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa

Resumen

En este trabajo, presentamos las líneas de investigación del Área de Redes y Telecomunicaciones. En particular, se describen los temas generales que delimitan la investigación de los profesores que forman parte de esta área. Esto ha tenido una importante incidencia en la formación tanto de estudiantes de licenciatura como de posgrado en los últimos 16 años.

1. Introducción

A 40 años de la creación del Departamento de Ingeniería Eléctrica (DIE) de la UAM-Iztapalapa, notables profesores han pasado por su plantilla. A lo largo de este tiempo, junto con la Universidad, hemos evolucionado en todos los aspectos de la vida académica. Los departamentos en la UAM, se organizan en áreas de investigación. El Área de Redes y Telecomunicaciones (RyT) ha pasado por varias etapas durante la existencia del departamento de Ingeniería Eléctrica (IE). Su etapa contemporánea, comienza oficialmente el miércoles 7 de junio de 2006, en donde el Consejo Académico aprueba su creación en la Sesión 272.

Las Redes de Computadoras forman parte de nuestra vida cotidiana. De hecho, RyT se crea en el inicio de una era que marca el comienzo del uso verdaderamente masivo de Internet en el planeta. En el Área de RyT, investigamos diversos aspectos de Internet y de las Telecomunicaciones con el propósito de diseñar mecanismos novedosos que contribuyan al desarrollo del estado del arte actual en la materia. Nuestra área es parte del Departamento de IE, junto con otras cuatro áreas de investigación, que son Computación y Sistemas, Optimización e Inteligencia Artificial, Procesamiento Digital de Señales Biomédicas, e Ingeniería Biomédica. En las áreas de los departamentos de la UAM se

realiza primordialmente una de las actividades sustantivas de la institución, la cual es la investigación. A su vez, los profesores impartimos docencia y realizamos la difusión de la cultura. Las Divisiones académicas están encargadas de gestionar la docencia y, las Unidades la difusión. Por su organización departamental, la UAM se distingue de otras instituciones de educación superior. Esto permite, entre otras cosas, que las actividades docentes se vean ampliamente reforzadas por la investigación que realizamos.

En este número del 40° aniversario del DIE, presentamos el estatus actual del Área de Redes y Telecomunicaciones. Para ello, describimos primeramente las líneas generales de investigación en las que trabajamos. Entonces, mostraremos cómo hacemos incidir dichas líneas tanto en las licenciaturas como en el posgrado que apoyamos. Por otro lado, listamos a los profesores que forman parte de RyT e indicamos las licenciaturas y posgrados en los que participan.

2. Las redes y las telecomunicaciones

Cuando se crea el Área de Redes y Telecomunicaciones, se hace pensando en *Redes de Computadoras* y en *Telecomunicaciones*. Hoy día, resulta normal usar una computadora que esté conectada a Internet; de hecho, lo contrario sería casi inimaginable. Esto es debido al enorme impacto que Internet ha tenido en nuestra vida cotidiana. A la par, el desarrollo de las comunicaciones en las últimas dos décadas ha sido sin precedentes. Hemos visto pasar en los medios de comunicación y en la propaganda los términos *Comunicaciones 3G*, *4G* y, recientemente *5G*. Entonces, abajo presentamos brevemente los temas que nos apasionan en el Área de RyT, sobre los cuales realizamos investigación e impartimos docencia.

2.1 Historia contemporánea de Internet

El primer gran tema sobre el que trabajamos en RyT son las Redes. Como mencionamos arriba, hoy en día es imposible imaginar el uso de una computadora sin que esta acceda a Internet, mucho más aún una red de computadoras. Una red de computadoras está compuesta de un conjunto de dispositivos y software, conectados entre sí por medio de enlaces de comunicación. Dispositivos tales como computadoras, laptops, teléfonos inteligentes, enrutadores, cortafuegos, entre muchos otros. Los enlaces de comunicación son el canal sobre el cual se hace pasar la información; dichos canales pueden ser de diversa naturaleza, tal como un cable telefónico, cables Ethernet, fibra óptica, así como el aire para transmitir y recibir ondas de radio.

Por otro lado, Internet es una infraestructura planetaria que ha evolucionado vertiginosamente en este siglo. Todo comienza con el trabajo magistral de Leonard Kleinrock en la década de los 60's del siglo pasado [Kleinrock]. En ese entonces, las comunicaciones telefónicas y la televisión eran los medios más usados por las personas. En esos dos tipos de comunicaciones, los recursos son dedicados. Esto quiere decir que, si Alicia levanta su teléfono, marca el número de Alberto y se establece una llamada telefónica, la empresa de telecomunicaciones les "presta" un enlace directo entre ellos dos durante todo el tiempo que se mantenga dicha llamada: ningún otro usuario más puede usar el enlace durante ese tiempo. Kleinrock descubre en su tesis de doctorado que las comunicaciones con recursos compartidos son una excelente alternativa para transmisión de datos, como la realizada con las computadoras. A este tipo de comunicaciones, se le conoce como *conmutación de paquetes*.

El 29 de octubre de 1969, el Prof. Leonard Kleinrock y su estudiante Charlie Kline transmitieron el primer mensaje entre la computadora de Kleinrock, una Sigma 7 y un conmutador. Esto era parte del proyecto Arpanet, la red precursora de Internet. Este hecho, marcó el nacimiento de Internet. Su desarrollo continuó a través de los años, siendo mayormente una red limitada a las universidades en Estados Unidos y a algunas otras en el mundo. No fue sino hasta 1988, que Van Jacobson y Michael Karels mejoraron el protocolo TCP del sistema operativo 4.3BSD agregando siete funciones [Jacobson]. El protocolo TCP transporta más del 80% del tráfico en Internet [TCP], de manera que las mejoras que aportaron Jacobson y Karels a TCP están al origen del uso masivo de la *red de redes* en su primera etapa, la cual va de 1988 a 2004. Una de las características principales de Internet es que, redes de distintas tecnologías pueden interconectarse, ya que comparten la misma arquitectura. La Figura 1 muestra un esquema general de Internet.

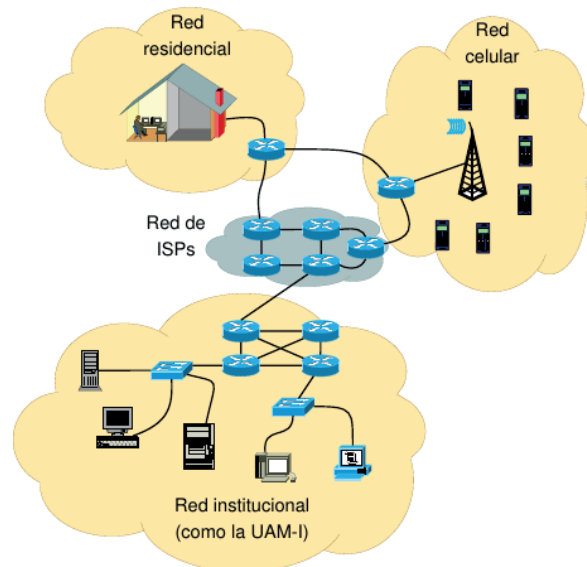


Figura 1. Visión general de Internet. Las siglas ISP se refieren a proveedor de servicios de Internet (Internet Service Provider)

A inicios de este siglo, el ancho de banda de Internet escaseaba, notablemente por el advenimiento del uso de las redes inalámbricas, con el estándar IEEE 802.11, conocido como WiFi, así como por el surgimiento de aplicaciones multimedia. Es entonces cuando, a raíz de un escalamiento exponencial global del ancho de banda de los enlaces del núcleo de Internet y de su borde, los cuellos de botella comienzan a reducirse. En 2004, las velocidades de acceso a Internet de 512 kb/s a 1 Mb/s en zonas residenciales eran lo cotidiano. A raíz del aumento exponencial del ancho de banda y de los avances en las comunicaciones, velocidades de más de 10 Mb/s comenzaron a ser la cota mínima para accesos residenciales. La segunda etapa del crecimiento de Internet comienza en este año con el surgimiento de Facebook. Un año después, surge YouTube. Entonces, el escalamiento de la magnitud del ancho de banda de Internet trae consigo el nacimiento de una gran gama de aplicaciones, las cuales usamos hoy en día.

En el Área de Redes y Telecomunicaciones, realizamos investigación sobre numerosos aspectos que inciden en la arquitectura de Internet, la cual yace sobre el Modelo TCP/IP. Trabajamos sobre temas relacionados con el Web semántico, las redes inalámbricas, redes inalámbricas ad hoc, redes de sensores inalámbricos, redes inalámbricas en malla, análisis de desempeño de TCP, resolución de colisiones en redes de radiofrecuencia, redes inalámbricas definidas por software, redes vehiculares ad hoc (VANETs), redes complejas, y transmisión adaptativa de vídeo, entre otros.

2.2 Evolución de las técnicas de comunicaciones

El otro gran eje principal sobre los que trabajamos tiene que ver con las telecomuni-

caciones. En 1948, Claude Shannon define por primera vez una noción matemática para cuantificar la información [Shannon]. En su trabajo, Shannon demuestra que la información puede enviarse de manera confiable cuando es transmitida sobre canales de comunicación imperfectos, tales como líneas telefónicas o señales de radio. Las contribuciones de Shannon son de la mayor importancia, de manera que a él se le reconoce como el padre de las comunicaciones.

Gracias al trabajo de Shannon, las comunicaciones han evolucionado de manera sorprendente en los últimos 70 años. Actualmente, el tipo de mecanismos en las comunicaciones que acapara los mayores esfuerzos es la técnica de acceso múltiple por división de frecuencias ortogonales (OFDMA, *Orthogonal Frequency Division Multiple Access*). Otras técnicas que dominaron las comunicaciones previas a OFDMA son WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access) y UMTS (Universal Mobile Telecommunications System).

WCDMA se utilizó para comunicaciones celulares de tercera generación (3G). Igualmente, UMTS se utilizó para la misma generación de comunicaciones. Por otro lado, OFDMA optimiza el acceso de dispositivos móviles dividiendo una señal en subcanales. Esta técnica es el origen de la evolución de las comunicaciones en este siglo, desde las redes inalámbricas de área local, como son las basadas en WiFi, hasta las redes celulares, que han pasado por la tercera, cuarta y quinta generación, actualmente.

En el Área de Redes y Telecomunicaciones, realizamos investigación sobre diversos aspectos relacionados con las comunicaciones. Desde técnicas de detección de espectro (*spectrum sensing*) y análisis de



Figura 2. Profesores del Área de Redes y Telecomunicaciones e invitados, enero 2010.

desempeño de sistemas OFDM, hasta redes de radio cognitivo.

3. Integrantes del Área de Redes y Telecomunicaciones

El área está formada por trece profesores investigadores. La conformación actual es la siguiente:

Dr. César Jalpa Villanueva
 Dr. Miguel López Guerrero
 Ing. Mauricio López Villaseñor
 Dr. Ricardo Marcelín Jiménez
 Dra. Reyna Carolina Medina Ramírez
 Dr. Michael Pascoe Chalke
 Dr. Alfonso Prieto Guerrero
 Dr. Víctor Manuel Ramos Ramos
 Dr. Enrique Rodríguez de la Colina

Dr. Miguel Ángel Ruiz Sánchez
 Ing. Miguel Ángel Gutiérrez Galindo
 Dr. Leonardo Palacios Luengas*
 Dr. Luis Alberto Vásquez Toledo*
 Dr. Fausto Casco Sánchez **

* Profesores que se encuentran en procesos de incorporación definitiva en su contratación laboral.

** Profesor jubilado el 12 de septiembre de 2016.

Los profesores que conforman el área realizaron estudios de posgrado en diversas instituciones, nacionales e internacionales, tales como la UAM, el Cinvestav, Universidad de Ottawa, Universidad de Cambridge, UNAM, Universidad de



Figura 3. Profesores del Área de Redes y Telecomunicaciones, comida en honor del Dr. Fausto Casco Sánchez septiembre 2016.

Niza–Sophia Antipolis, Universidad de Toulouse. Varios tienen el nivel de SNI I, así como el Reconocimiento de Perfil Deseable de la SEP. Finalmente, las Licenciaturas en Ingeniería Electrónica y en Computación, así como el Posgrado en Ciencias y Tecnologías de la Información, a nivel maestría y doctorado, son atendidos por profesores de nuestra área, del área de Computación y Sistemas, así como del área de Optimización e Inteligencia Artificial. En las Figuras 2 y 3, podemos apreciar a la mayor parte de los profesores que conformamos el área de RyT, así como a la asistente Elizabeth Campos Santillán a quien agradecemos su valioso apoyo durante estos 16 años que lleva el área de RyT.

Referencias

[Kleinrock] *Message Delay in Communication Nets with Storage*. Leonard Kleinrock, Massachusetts Institute of Technology, Tesis de Doctorado, 1963.

[Jacobson] *Congestion Avoidance and Control*. Van Jacobson and Michael Karels, Proceedings of the ACM Sigcomm, 1988.

[TCP] National Laboratory for Applied Network Research, <http://www.nlanr.net/>, Accedido por última vez en noviembre de 2022

[Shannon] *A Mathematical Theory of Communication*. Claude E. Shannon, The Bell System Technical Journal, vol. 27, núm. 3, julio de 1948