



La Era de la Conectividad, una nueva forma de comunicarnos

En la actual Era de la Conectividad, nuestras formas de comunicarnos experimentan una transformación sin precedentes, derribando barreras geográficas y acercando a individuos de todo el mundo. En este escenario, tecnologías emergentes como 5G, 6G, la computación cuántica y el Internet de las Cosas (IoT) lideran una revolución que promete mayor velocidad, capacidad y eficiencia en las comunicaciones.

El despliegue de la tecnología 5G ya es una realidad en nuestro país, marcando un hito al ofrecer velocidades de transmisión de datos más rápidas que sus predecesoras. Esta evolución no solo se traduce en conectividad más confiable y de baja latencia, sino que también facilita el uso de aplicaciones exigentes en términos de ancho de banda, como realidad virtual y aumentada, video en alta definición e IoT. 5G se erige como un pilar fundamental para avances tecnológicos como la automatización industrial, vehículos autónomos y telemedicina. A su vez, 6G se presenta como la siguiente generación, prometiendo una conectividad aún más rápida y capacidades revolucionarias.

En este campo, **Carmen Guerrero**, investigadora del grupo **Network Technologies** de la UC3M, destaca el liderazgo en proyectos europeos para diseñar y desplegar redes 5G, brindando a investigadores la infraestructura necesaria para realizar experimentos y desarrollar nuevos algoritmos y protocolos. Ahora, el grupo se enfoca en la automatización y orquestación de las redes software, con el objetivo de simplificar la gestión y despliegue de servicios en estas redes. La investigadora subraya que están trabajando en la estandarización de 6G, enfrentándose a la complejidad de la orquestación y automatización de recursos en esta nueva infraestructura. Además, están explorando la implementación de 5G y 6G en entornos no terrestres, aprovechando la infraestructura de satélites existentes. Un aspecto clave es la integración de inteligencia artificial para optimizar el despliegue y los servicios en red, así como la investigación en redes que permitan una inteligencia artificial distribuida.

En ese sentido, un proyecto destacado en el que están involucrados es la creación de la infraestructura de investigación ESFRI-SLICES para científicos dedicados a redes de comunicaciones. Esta iniciativa, en colaboración con consorcios europeos, busca construir un laboratorio de experimentación distribuido a nivel europeo. Guerrero destaca la ambición del proyecto, que permitiría a los investigadores a nivel internacional probar y desarrollar sus experimentos en un entorno científico más robusto y especializado.

“5G ha introducido la computación en el borde (*Edge Computing*), convirtiendo la red en un supercomputador distribuido en tiempo real. 6G introducirá inteligencia artificial, *sensing* y almacenamiento masivo de datos, con lo que se convertirá en un supercerebro capaz de contestar a cualquiera de nuestras preguntas, y proporcionar un inmenso rango de servicios extremadamente



personalizados”, explica a su vez **Arturo Azcorra**, colíder del grupo **Network Technologies** de la UC3M. El proyecto ESFRI-SLICES, en el que tiene un papel muy destacado, construirá una infraestructura de investigación paneuropea para la experimentación de los distintos avances científicos que harán de 6G una realidad."

No en vano, la Era de la Conectividad ha propiciado una nueva forma de comunicarnos, generando una sociedad progresivamente alfabetizada digitalmente. Aunque las tecnologías como 5G, 6G, computación cuántica e IoT han abierto puertas a nuevas posibilidades, es crucial abordar desafíos relacionados con la privacidad, la seguridad y la brecha digital. Este continuo avance promete un futuro cada vez más conectado, donde la interacción entre personas y tecnología seguirá evolucionando y transformando nuestras vidas.

Daniel Segovia, investigador del grupo de **Radiofrecuencia, Electromagnetismo, Microondas y Antenas (GREMA)**, añade una visión más inmediata a los retos pendientes en materia de infraestructuras: “En la era digital y de conectividad completa en la que estamos inmersos, la necesidad de tecnologías hardware habilitadoras es imprescindible. Esto ha sido así en la actual implantación de 5G y deberá seguir siéndolo en el futuro 6G. En este sentido, la necesidad de mejorar y hacer sostenibles los transmisores y receptores inalámbricos es más que una obligación. Así, el paso de 5G a 6G va a requerir un trabajo conjunto en: aumento de las bandas de frecuencias de trabajo (lo que requiere del uso de antenas de mayor ancho de banda con integración de los sistemas de transmisión y recepción), subida de las frecuencias de trabajo a bandas todavía no utilizadas como pueden ser las ondas milimétricas y submilimétricas; integración en módulos compactos de antenas , transmisores y receptores, etc. Este último punto supone la integración en chips semiconductores tanto de la antena como del transceptor. Tecnologías fotónicas (en lo que a calidad de portadoras se refiere), de nitruro de galio (GaN, en lo que a incremento de potencia se refiere) y de Silicio-Germanio (SiGe en lo que a nivel de integración se refiere) son imprescindibles, así como su integración conjunta y empaquetado para la mejora en lo que a conectividad completa se refiere”.

Sin olvidarnos de la fibra óptica y el WiFi

Carmen Vázquez, colíder del grupo **Displays y Aplicaciones Fotónicas** de la UC3M, destaca la importancia de las fibras ópticas en el ámbito de las comunicaciones y conectividad, resaltando la aplicación actual de estos cables para monitorizar fenómenos como la actividad sísmica en el fondo del mar. En su investigación, se enfoca en aplicar estas fibras tanto en el campo de las comunicaciones como en la instrumentación, específicamente en el contexto emergente de 5G y 6G. Su objetivo es desarrollar una infraestructura que permita alimentar parcialmente los nodos de antenas remotas en estas nuevas configuraciones, buscando reducir el consumo de energía en los nodos y considerando la necesidad de desplegar un gran número de ellos para cubrir áreas extensas.

En palabras de Vázquez, "la idea es utilizar las fibras para aprovechar su gran ancho de banda, no solo para transmitir señales, sino también para integrar la alimentación". Esto implica la posibilidad



de apagar y encender nodos según sea necesario, contribuyendo a una mayor eficiencia energética en el despliegue de estas tecnologías. Además, destaca la aplicación de las fibras en el entorno de la Industria 4.0 (y ahora 5.0), mejorando las prestaciones en el ámbito manufacturero. En el contexto de la fabricación aditiva, Vázquez señala que las características únicas de las fibras ópticas permiten monitorizar parámetros en entornos extremos. Esto se traduce en la capacidad de integrar datos en la red y, mediante inteligencia artificial, evaluar la calidad del mecanizado de piezas, identificando aquellas que deben desecharse y las útiles.

Si la fibra óptica sigue siendo esencial, también lo es la comunicación WiFi que todos conocemos. Al menos así lo cree **Pedro Martínez Busto**, responsable del Desarrollo de Negocio para el Sur de Europa en **Aruba Network**, la empresa de redes y comunicaciones integrada en la multinacional **Hewlett Packard Enterprise** (HPE). De acuerdo a este experto, “lo que ha ocurrido en los últimos años es la transición de los modelos tradicionales de conectividad de las organizaciones, donde todas las personas accedían desde las dependencias de la compañía a sus centros de datos corporativos, hacia otro modelo más híbrido, con usuarios que pueden estar en cualquier ubicación y donde las aplicaciones pueden estar hospedadas en un hiperescalar fuera de su perímetro”. En su opinión, la clave con este paso no está tan solo en proveer la conexión mucho más extendida que ello requiere, sino de hacerlo de forma segura y con una experiencia de usuario óptima.

Dentro de estos entornos, afirma Martínez, las redes WiFi siguen siendo la opción prevalente, con el actual estándar WiFi 6 y la utilización de la banda de 6GHz para la versión WiFi 6E como joyas de la corona. Aunque este mundo está también en constante evolución: “A mediados de este año empezaremos a ver dispositivos certificados con WiFi 7, quizás más en el ámbito residencial al principio, pero que también llegarán a las empresas, complementando las redes 5G privadas que están dentro del paraguas de control de las organizaciones en sectores como la industria y que proporcionan esa conexión en tiempo real y cobertura que no se puede obtener con la actual WiFi”.

Pasos hacia el Internet de las Cosas

El Internet de las Cosas, por otro lado, ha configurado una red de objetos físicos interconectados que recopilan y comparten datos. Desde sensores hasta electrodomésticos inteligentes, estos dispositivos se comunican entre sí y con los usuarios a través de Internet, transformando la interacción con el entorno. A medida que el IoT se expande, nuestras ciudades, hogares y lugares de trabajo se vuelven más conectados, generando una avalancha de datos que ofrece oportunidades para mejorar la calidad de vida en diversos aspectos.

Borja Genovés, investigador "Marie Curie" del grupo de **Comunicaciones** en la UC3M, se enfoca en el Internet de las cosas (IoT) con el objetivo de abordar el creciente número de dispositivos IoT que dependen de baterías. Genovés destaca la problemática ambiental asociada con el uso y desecho de baterías. Su investigación se centra en la tecnología LiFi, transmitiendo información a través de la luz



y utilizando celdas solares en dispositivos IoT para capturar energía y reducir la dependencia de baterías. La visión a largo plazo es lograr que los dispositivos IoT funcionen sin batería.

El Grupo de Comunicaciones también investiga la tecnología masiva MIMO, aprovechando múltiples antenas para formar haces y controlar interferencias en redes heterogéneas. Genovés destaca la importancia de la flexibilidad en las redes para adaptarse a las demandas variables de los usuarios. Además, exploran inteligencia artificial y aprendizaje automático para facilitar el diseño de redes más flexibles y adaptativas. Por último, el grupo también investiga sobre las comunicaciones vehiculares 6G, donde las condiciones son exigentes por su rápido y continuo cambio.

Por otro lado, **Mercedes Caridad**, colíder del grupo **Análisis de Contenido de Recursos para la Organización y Políticas de Información hacia la Sociedad del Conocimiento (ACROPOLIS)**, destaca el interés en archivos televisivos y la reutilización de imágenes, centrando su trabajo en la digitalización y acceso rápido a la información. Utilizando inteligencia artificial, el grupo busca mejorar la eficiencia en el acceso y recuperación de datos de archivos audiovisuales. También brindan asesoramiento, como en el Instituto de Estudios Fiscales, para mejorar el acceso y la visibilidad de la información almacenada en bibliotecas. Caridad destaca el trabajo en políticas públicas de información y gestión de contenidos, con un enfoque constante en facilitar el acceso y la reutilización de información científica y no científica. Actualmente, colaboran con la Biblioteca Nacional utilizando herramientas de inteligencia artificial para mejorar el acceso y la catalogación de información.

En la misma línea se encuentra **José Antonio Moreiro**, profesor emérito del Dpto. de **Biblioteconomía y Documentación**, y actualmente enfocado en proyectos más afines a sus intereses, involucrado en dos iniciativas distintas. La primera se centra en las competencias de los profesionales de la información en la gestión de datos, específicamente en equipos multidisciplinares. A través de un análisis de contenido de anuncios de empleo a nivel global, provenientes de plataformas como LinkedIn, Glassdoor Jobs y la American Library Association, busca identificar oportunidades para que estos profesionales trabajen en equipos internacionales, analizando datos y organizándolos mediante taxonomías. Este proyecto está orientado hacia el ámbito empresarial y se desarrolla con un equipo internacional, con una previsión de conclusión el próximo año.

Por otro lado, Moreiro está involucrado en un proyecto más personal y apasionante, financiado por la institución brasileña NPQ. Se centra en el análisis de bancos de imágenes relacionadas con el Patrimonio Cultural Inmaterial del Estado de Bahía en Brasil. El objetivo es evaluar cómo se están divulgando las características distintivas de este Estado, conocido por reflejar fuertemente la huella africana en Brasil. Realizan un análisis pasivo a través de redes sociales y folksonomías, etiquetando fotografías que representen el patrimonio cultural inmaterial, como celebraciones, conocimientos, lugares simbólicos, rituales, música, danza, teatro, festividades populares, religiosas y gastronomía.

El análisis activo implica la participación directa, donde Moreiro y estudiantes de la Universidad Federal de Bahía visitan estos lugares, capturan fotografías y las comparten en plataformas con una indexación dirigida. El objetivo es hacer que estas imágenes sean accesibles para quienes deseen



explorar y estudiar el patrimonio cultural intangible de Bahía, influyendo positivamente en la preservación y comprensión de estas tradiciones antes de que desaparezcan con el tiempo.

También en la parcela más social de esta Era de la Conectividad encontramos a **José Carlos Castillo**, investigador del **Robotics Lab** de la UC3M, colíder del proyecto "SoRoGAP - Robots sociales para reducir la brecha digital". Su enfoque está en la robótica social, específicamente en robots diseñados para interactuar de manera natural con las personas, alejándose de aplicaciones como aspiradoras automáticas o vehículos inteligentes. Desde 2015, se han centrado en abordar problemas asociados al envejecimiento de la población.

El equipo del Robotics Lab comenzó trabajando en proyectos de estimulación cognitiva, colaborando con terapeutas para comprender cómo un robot podría complementar sus habilidades. Estos robots actúan como herramientas en entornos como centros de día, donde el terapeuta los programa para realizar ejercicios de estimulación cognitiva de manera dinámica, reaccionando al entorno y a las acciones del usuario.

Más recientemente, han dirigido su atención a problemas de soledad y brecha digital en la población mayor, exacerbados por la pandemia. Los robots actúan como tutores, ayudando a las personas mayores a realizar tareas como transacciones bancarias o utilizar aplicaciones médicas. El proyecto ha implicado una colaboración estrecha con expertos, psicólogos, terapeutas ocupacionales y asociaciones como la Fundación Alzheimer España y ASISPA.

El grupo desarrolla sus propios robots, incluyendo modelos de sobremesa para interacción individual, robots móviles que ofrecen estimulación cognitiva y asistencia, y robots abrazables para aquellos con problemas cognitivos más avanzados. La inteligencia artificial juega un papel clave en áreas como detección del entorno y toma de decisiones sobre la mejor manera de comunicarse con el usuario.

El objetivo a largo plazo del proyecto es tener un robot asistiendo a las personas las 24 horas del día en sus hogares, brindando tranquilidad a los familiares al saber que la persona está siendo atendida y monitorizada de manera continua.

Gonzalo Gil, es otro buen exponente de los avances en el IoT, en este caso en el ámbito comercial. Cofundador y CTO de **Plantae Garden**, startup incubada en el Parque Científico y Tecnológico de la UC3M, está especializado en hacer dispositivos conectados para la agricultura y en el acompañamiento al agricultor o técnico de campo en todo el proceso, asistido con la información obtenida por sus herramientas del IoT. "A través de una serie de dispositivos que hemos desarrollado internamente, al igual que los protocolos de comunicación propios, podemos obtener una visión completa de lo que está sucediendo bajo la tierra, también de información meteorológica", detalla. Explica que por el momento están utilizando la tecnología LoRa para establecer las conexiones internas entre sus equipos en el campo y un Gateway que lleva esos datos a la nube para poder ser explotadas y contribuir a la tan necesaria "digitalización del campo".



Desde el espacio a la Tierra

José Luis Alcolea, 5G Strategy Manager en **Hispasat**, coincide en la importancia capital que tienen y tendrán las redes 5G, pero pide no olvidarnos de integrar en el nuevo ecosistema de hiperconectividad alternativas tecnológicas como el satélite. “Estamos trabajando en integrar el satélite dentro del protocolo 5G y también en el futuro 6G que se espera conozcamos algunos detalles en 2028. El satélite ofrece la ubicuidad, poder llevar la conectividad allá donde las redes móviles no llegan, como las zonas rurales aquejadas de la brecha digital, océanos o aviones volando por el aire”. Entiende el rol de compañías como la suya, en este caso, como un “complemento a los operadores móviles terrestres” y, también, como un actor destacado en las futuras comunicaciones cuánticas.

Sobre este último punto, Alcolea destaca que “con la computación cuántica es muy probable que los protocolos de encriptación actuales sean fácilmente vulnerables y el satélite al final jugará un papel importante en cuanto a implicación y comunicación cuántica, ya sea vía entrelazamiento cuántico o vía protocolos de activación cuántica, o utilizando las características propias de superposición de estados de la mecánica cuántica”. Afirma el experto que ya están investigando cómo desarrollar este ámbito, como lo están haciendo con el Internet de las Cosas y otros paradigmas que requieren de esa conectividad ubicua que proporciona el satélite.

Sin movernos del espacio, **Pablo Durbán**, CEO de **Hydra Space** (startup incubada en el Parque Científico y Tecnológico de la UC3M), detalla que su empresa comenzó desarrollando tecnología satelital de muy bajo coste para satélites muy pequeños (“De cinco por diez centímetros y apenas 500 gramos de peso”) pero ahora está centrándose en lo que han venido a definir como el “acceso ágil y eficiente al espacio”. Se trata de permitir a estas compañías, muchas de ellas dedicadas a la conectividad, que pongan en órbita cualquier elemento por “100.000 euros en seis meses”. Una propuesta especialmente orientada a compañías e instituciones que quieren hacer pruebas en el espacio con presupuestos ajustados, como una compañía británica que ya está usando su plataforma para testar una tecnología que permite disipar el calor.

Durban conoce igualmente bien el campo de las comunicaciones satelitales, ya que “con los satélites tan pequeños que desarrollamos no podemos transmitir grandes cantidades de datos, por lo que nos centramos en el mundo IoT, para proporcionar conectividad a sensores y dispositivos en zonas donde no llegan los operadores de telecomunicaciones y que requieren pequeñas cantidades de datos, como temperatura, posición, humedad o velocidad del viento”. Sin olvidar la mentada convergencia con el sector teleco tradicional, donde coincide en la existencia de una “apuesta firme de toda la industria por integrar redes espaciales y terrestres en las plataformas 5G y 6G”. Eso sí, reconoce que encuentran todavía una gran complejidad en estos protocolos, “que ponen muchas demandas importantes en la plataforma satelital para que actúe casi como una estación base 5G, pero eso



requiere un mínimo de energía, de capacidad de proceso que encarece mucho el desarrollo de los satélites de bajo coste”.

Ethernet e Inteligencia Artificial

Andreu Vilamitjana, director general de **Cisco España**, reconoce por su lado que “pocas tecnologías transformadoras han generado tanta expectación como la Inteligencia Artificial. Todo tipo de organizaciones están integrándola de formas muy interesantes para optimizar sus herramientas de colaboración, gestión de aplicaciones, ciberseguridad y experiencia de usuarios y clientes”. En el caso de lo que atañe a la red, el ejecutivo plantea que con la implementación “de GPUs y almacenes de datos y computación escalables en plataformas AI/ML de escala y rendimiento sin precedentes, se necesitará un *fabric* o tejido de red que satisfaga las considerables demandas de estas plataformas”. En su opinión, “Ethernet ofrece ventajas de economía y escala. Y es difícil encontrar una tecnología de red de centro de datos más ampliamente implementada. Además, una tecnología familiar y consistente para todas las estructuras del centro de datos produce eficiencias en capacitación, adquisiciones y soporte”.

La relación de las personas y las máquinas

En otro orden, Carmen Guerrero, experta en comunicaciones, destaca la relevancia de mejorar los valores de latencia y ancho de banda, crucial para adaptarse a los requisitos más exigentes del IoT. Va más allá de la facilitación de la comunicación entre usuarios, subrayando la evolución de las redes hacia la recopilación eficiente de datos en tiempo real. Guerrero enfatiza la capacidad de la infraestructura para el *sensing*, una función que permitirá monitorizar entornos en formas novedosas y abrirá un mundo de posibilidades en interacciones máquina-máquina y persona-máquina.

Borja Genovés aborda el desafío energético en dispositivos del Internet de las Cosas (IoT), proponiendo un diseño eficiente que reduzca el consumo. Destaca la idea innovadora de transmitir información de manera no activa, utilizando señales ambientales para disminuir el gasto energético en dispositivos sensores. Genovés señala que estas iniciativas no solo benefician al medio ambiente, sino que también ofrecen alternativas cruciales en situaciones de emergencia, donde las comunicaciones tradicionales pueden fallar.

Mercedes Caridad subraya la preocupación por la falta de difusión y reutilización de la información en archivos audiovisuales, especialmente en el contexto de patrimonio cultural. Destaca la importancia de maximizar el uso de estos archivos, proponiendo medidas legislativas, como el depósito legal de documentación audiovisual, para impulsar la preservación y el acceso a la información valiosa.



José Carlos Castillo se sumerge en la interacción humano-robot, enfatizando la necesidad de comprender cómo se comunican las personas para lograr una comunicación natural y efectiva. Destaca la adaptabilidad de los robots para comunicarse de manera multimodal, utilizando diferentes canales según las necesidades del usuario. Castillo subraya la importancia de mantener tiempos cortos de respuesta y la comunicación efectiva con otros dispositivos para crear la ilusión de una interacción más humana.

José Antonio Moreiro aborda la comunicación de personas con personas a través de tecnologías de la información. Destaca la importancia del acceso para evitar brechas digitales y desglosa la comunicación en proyectos específicos, como el análisis de fotografías para informar sobre aspectos turísticos y culturales. Moreiro resalta la necesidad de intervención en la representación de datos para diferentes públicos, contribuyendo así a la reducción de brechas en el acceso a la información y la tecnología.

ODS



Más información de interés para innovar juntos:

Grupos de Investigación participantes en la validación de este reto:

- [Análisis de Contenido de Recursos para la Organización y Políticas de Información hacia la Sociedad del Conocimiento \(ACROPOLIS\)](#)
- [Comunicaciones](#)
- [Departamento de Biblioteconomía y Documentación](#)
- [Displays y Aplicaciones Fotónicas](#)
- [Network Technologies](#)
- [Radiofrecuencia, Electromagnetismo, Microondas y Antenas \(GREMA\)](#)
- [Robotics Lab](#)



Startups y Spinoffs del programa de Incubación de la UC3M relacionadas:

- [Hydra Space](#)
- [Plantae Garden](#)

Empresas / Entidades relacionadas:

- [Cisco Systems](#)
- [Hewlett Packard Enterprise \(HPE\)](#)
- [Hispasat](#)

uc3m

Universidad **Carlos III** de Madrid

Vicerrectorado de Investigación y Transferencia

Servicio de Apoyo al Emprendimiento y la Innovación