



ACADEMIA DE LAS CIENCIAS
Y LAS ARTES MILITARES

Comunicaciones académicas

Hiperconectividad

El sistema nervioso de los futuros campos de batalla

Félix Pérez Martínez

Academia de las Ciencias y las Artes Militares
Sección de Prospectiva de la Tecnología Militar

26 de abril de 2024

Introducción

El término hiperconectividad hace referencia a la conectividad que existe en ciertos entornos digitales caracterizados por unas redes de comunicación capaces de transmitir ingentes cantidades de datos, a las que se conectan sofisticados dispositivos fijos y móviles (ordenadores, teléfonos inteligentes, tabletas, dispositivos IOT, sensores inteligentes, plataformas especializadas, sistemas de computación y almacenamiento masivo...), capaces de procesar los datos y generar otros nuevos. La infraestructura tecnológica que lo permite juega un papel similar al del sistema nervioso de los seres vivos más evolucionados, permitiendo su interacción con el exterior y, en última instancia, su supervivencia.

Una analogía imperfecta...

En los manuales de medicina podemos leer que, en los organismos vivos superiores, el sistema nervioso es el encargado de llevar a cabo la mayoría de las funciones de control y coordinación, siendo responsable tanto de regular el medio interno, controlando las respuestas autónomas y endocrinas, como de comunicarse

con el medio externo y actuar sobre él a través de funciones sensoriales y motoras. En el caso de los seres humanos es la base de sus funciones cognitivas: conciencia, pensamiento y memoria, etc. Además, los mismos manuales nos ilustrarán sobre el hecho de que, tanto funcional como anatómicamente, es posible distinguir entre el sistema nervioso central, encargado de analizar e integrar la información de ambos medios (interior y exterior) así como de generar las respuestas adecuadas, y el sistema nervioso periférico responsable de percibir lo que ocurre (también en el interior y en el exterior), llevar la información al sistema nervioso central y transportar las ordenes generadas por éste.



Fuente: Archivo digital de la Universidad politécnica de Madrid

Obviamente, en los organismos vivos superiores, y particularmente en el ser humano, la hiperconectividad es una realidad que asegura la sensorización y procesado de una enorme cantidad de estímulos y les permite adaptarse al entorno y modificarlo para sobrevivir y reproducirse. En el caso de los seres humanos, además, les permite disponer de las funciones cognitivas superiores que les caracterizan y diferencian del resto de organismos vivos.

Es importante resaltar el hecho de que no se ha conseguido todavía delimitar con precisión donde residen y como se generan estas funciones cognitivas (en última instancia la inteligencia), existiendo un enorme debate en los ámbitos de la neurociencia y la psicología sobre las diferencias y relaciones entre el *cerebro*, y la *mente*. Un debate apasionante que no es objeto de esta comunicación pero que tiene numerosos puntos en común con el debate sobre la evolución de la hiperconectividad, como veremos más adelante.

Es inmediato establecer analogías entre los sistemas de información y comunicación desarrollados por el hombre y su sistema nervioso, aunque siempre serán imperfectas, limitadas y muy arriesgadas. En todo caso, lo cierto es que la evolución de los sistemas basados en las tecnologías de la información y comunicaciones (TIC) está incrementando día a día las mencionadas analogías. Por ejemplo, la digitalización de los sistemas implica el uso de señales discretas (no continuas) de mucha mayor similitud funcional con los impulsos nerviosos, aunque en un caso la información se propague mediante ondas electromagnéticas y en el otro mediante reacciones bioquímicas.

Evolución de las redes de telecomunicación y su convergencia con la IA: hacia la hiperconectividad.

La necesidad de comunicarse es consustancial al ser humano y ha jugado un papel esencial en las operaciones militares a lo largo de la historia.

Transmitir información entre dos puntos separados físicamente implica la superación de diferentes limitaciones o barreras, las asociadas al tiempo, al espacio, a los contenidos y a las personas conectadas. Un sistema de comunicación ideal debe ser instantáneo, alcanzar el otro punto con independencia de donde esté y transmitir todo tipo de información que pueda ser interpretada por cualquier persona. En inglés, se define con cuatro palabras: *anytime, anywhere, anything, anybody*. La evolución de las redes de comunicación ha sido un proceso de superación de estas barreras haciendo realidad las cuatro palabras.

Para asegurar la conectividad de la información se han empleado numerosas técnicas, algunas específicamente para uso militar o gubernamental, como el uso de mensajeros, palomas, señales con banderas o la telegrafía óptica, que superaban en alguna medida las barreras mencionadas, aunque con muchas limitaciones. El establecimiento de la telegrafía eléctrica, el primer gran sistema público de comunicaciones, fue un salto espectacular, pero sería la telefonía fija la que rompería las barreras temporales, *anytime*, al permitir la comunicación instantánea entre hogares y puestos de trabajo. Por otro lado, hubo que esperar hasta los años 80 del siglo pasado para romper las barreras espaciales, *anywhere*, con los sistemas de telefonía móvil, todavía analógicos, que permitieron la movilidad para amplias capas de la población con la introducción del concepto de sistema celular y de los terminales móviles.

La digitalización de las redes y los dispositivos permitió transmitir múltiples contenidos con independencia de su fuente (voz, imagen, video, datos...), *anything*, y una disminución radical de los costes que facilitó el despliegue mundial de internet

y la aparición de los teléfonos inteligentes, las bases de la «revolución digital» que estamos viviendo.

La adaptación de la información a las necesidades individuales y en cada momento de los usuarios de las redes de comunicación, *anybody*, es el proceso en el que estamos inmersos en estos momentos, incorporando inteligencia al proceso de información y a las redes de forma generalizada cuando la capacidad y velocidad del procesamiento de datos lo hacen posible. De hecho, estamos en los albores de una nueva «sociedad del conocimiento», evolución de la actual «sociedad de la información», en la que las técnicas y los sistemas son inteligentes y los datos se comparten entre hombres y objetos en un entorno de hiperconectividad. Nótese que hablamos de algo completamente nuevo: el procesado masivo de la información según ésta va recorriendo los nodos de las redes, no su mero transporte como hasta ahora.

La hiperconectividad es la causa y resultado (el término se emplea en sus dos acepciones) de la superación de las cuatro barreras e implica a que toda persona, objeto o sistema conectado, se le hace llegar «exactamente» la información que necesita «cuando» y «donde» la precisa y, en las mismas condiciones, la persona, objeto o sistema puede suministrarla a la red.

Hiperconectividad e Inteligencia Artificial (IA)

¿Qué papel juega la IA en este proceso? Muchos pensamos que hay un claro proceso de convergencia entre las nuevas redes de comunicación digitales, la inteligencia artificial, el desarrollo de nuevas técnicas de computación y de los nuevos métodos de interactuar con el entorno (*metaverso*). Fruto de esta convergencia veremos aparecer nuevos sistemas de información y ciberfísicos, capaces de interactuar con el entorno de un modo radicalmente diferente a los actuales, que los convertirá en enormes factores multiplicativos de la actividad humana, en muchos casos reduciendo el papel de las personas a meros supervisores. En estos párrafos nos centraremos en la convergencia de los dos primeros.

La aplicación de las técnicas de IA permitirá optimizar el rendimiento de las redes asignando los recursos de manera dinámica y en tiempo real en función de las demandas de tráfico y a las condiciones de la propia red. También se empleará en su gestión y mantenimiento pues los algoritmos de IA permitirán monitorizar y diagnosticar predictivamente los potenciales problemas y fallos en las redes.

El uso de IA para la automatización de prácticamente todos los procesos necesarios incrementará espectacularmente la eficiencia operativa de las redes y reducirá

sensiblemente sus costes. Además, la IA se utilizará para detectar y mitigar las amenazas de seguridad, por ejemplo, analizando grandes volúmenes de datos de tráfico para identificar patrones sospechosos.

Por último, pero no menos importante, permitirá la personalización de los servicios, basándose en el análisis del comportamiento de los usuarios, adaptándolos a las necesidades individuales en cada momento. Por ejemplo, decidiendo que una información que se transmite por la red es útil para alguna persona conectada y traduciendo en tiempo real los contenidos a su idioma para hacérsela llegar.

Por otro lado, y en sentido contrario, las redes de telecomunicación son imprescindibles para el desarrollo y empleo eficaz de la IA. En primer lugar, asegurando una conectividad global necesaria para la adquisición y distribución de las grandes cantidades de datos necesarias para el entrenamiento y optimización de los algoritmos y, por otro, permitiendo la computación distribuida para poder realizar los complejos algoritmos a veces requeridos. Así mismo, muchas aplicaciones de la IA trabajan en modo distribuido con despliegues en la nube y/o integración de dispositivos (IoT u otros sensores y actuadores), donde las redes son imprescindibles.

Finalmente, un intangible. Gracias a la conectividad se asegura la colaboración de investigadores y empresas en el establecimiento y uso de estándares comunes lo que está permitiendo un desarrollo y despliegue muy rápido de la IA.

Nótese que los primeros sistemas de comunicación se parecían al sistema nervioso periférico de los organismos vivos y, por el contrario, las futuras redes de comunicación se asemejan más a un sistema nervioso completo, incluyendo también el sistema nervioso central, en el que el procesado de la información está integrado con las comunicaciones, de un modo cada vez más intenso. Ésta es la clave de la hiperconectividad.

Ventajas y riesgos de la hiperconectividad en el campo de batalla.

Es innegable el papel clave que jugará la hiperconectividad en los futuros campos de batalla al permitir comunicaciones más rápidas, seguras, robustas y eficientes, pero además aportará nuevas funcionalidades para asegurar la «superioridad del conocimiento». Entre otras, las siguientes:

- Disponibilidad para cada combatiente de la información que precisa, adecuadamente seleccionada y formateada, cuando la necesita y en la posición espacial que ocupe (solo la información relevante en cada situación).
- Asesoramiento para la toma de decisión en todo momento a partir del análisis de la mayor información disponible. El combatiente seleccionará entre

algunas opciones priorizadas (inteligencia en tiempo real para mejorar la conciencia situacional y sus decisiones).

- Alejamiento de los combatientes de las áreas peligrosas. La hiperconectividad facilitará el uso de plataformas y sistemas de armas autónomos que alargarán la distancia entre los operadores y la zona de fuego (reducción del número de bajas).
- Coordinación y sincronización de las operaciones entre las distintas unidades militares al conocerse en cada una de ellas la situación y avances de las otras (incremento de la eficiencia y adaptabilidad de las operaciones).
- Optimización de la gestión logística de la cadena de suministros y seguimiento de activos (aseguramiento de una distribución óptima y flexible de los recursos en tiempo real)
- Apoyo a las decisiones de alto nivel mediante el análisis de grandes cantidades de datos con técnicas de *big data* y algoritmos de IA (superioridad global en el conocimiento situacional).

Por supuesto que la hiperconectividad también implica la aparición de nuevos riesgos o el incremento de los existentes. Entre ellos:

- Aumento de la vulnerabilidad ante acciones de ciberdefensa y/o guerra electrónica (acciones ciberelectromagnéticas) que pueden interrumpir la conectividad y dejar a las unidades ciegas y sin criterios para la acción.
- Incremento de la vulnerabilidad ante acciones cibernéticas orientadas a la extracción de información sensible, suplantación de personalidad, modificación de los algoritmos, etc. mediante el acceso indebido o la introducción de virus maliciosos en las redes y sistemas de información.
- Aparición de nuevas enfermedades entre los combatientes como es el tecnoestrés y la tecnoansiedad: temor y rechazo a la utilización de las nuevas herramientas, sensación de incapacidad, escepticismo sobre su eficacia, etc.
- Necesidad de una formación más profunda y especializada de los combatientes con riesgo de brecha digital entre ellos.
- Ciberacoso. El acoso laboral tradicional que puede incrementarse con la llegada de los entornos de hiperconexión.

Una infraestructura paradigmática: las redes 5G y 6G

¿Qué infraestructura requiere la hiperconectividad? De los párrafos anteriores se deduce que las redes deben de tener una gran capilaridad, ser aptas para transmitir grandes flujos de datos, con latencias muy bajas cuando sea requerido y capacidad de procesar la información en los nodos de la red de un modo flexible para adaptarse a las condiciones del entorno.

Las tecnologías 5G y 6G son estándares mundiales que han desarrollado y desarrollarán nuevos conceptos capaces de responder a los requisitos expuestos en el párrafo anterior y que han acelerado y acelerarán el desarrollo de los nuevos componentes tecnológicos precisos para implementarlos. Además, es un sistema concebido para su evolución permanente, con capacidad para generar nuevos servicios e incrementar sus prestaciones. Por último, se despliega en un mercado muy competitivo (el de las comunicaciones móviles) con grandes recursos económicos dado su impacto en el resto de actividades humanas. A continuación, se resumen las características de estas tecnologías que, sin duda, son las candidatas más significativas para implementar la hiperconectividad.

- Se emplean nuevas bandas de frecuencia para lograr tasas altas de datos. El 5G está desarrollando las tecnologías necesarias para utilizar, a precios razonables, bandas entre 6 y 30 GHz, en incluso en bandas milimétricas por encima de 30 GHz.
- Emplea lo que se conoce como MIMO masivo. Utilizando *arrays* de antenas de muchos elementos, tanto en transmisión como en recepción, cuyas entradas/salidas se procesan con sofisticados algoritmos de proceso de señal que permiten que los paquetes de datos se puedan enviar/recibir simultáneamente desde decenas de terminales cuyas transmisiones son separadas “espacialmente” en función de la posición. Asimismo, se pueden eliminar las señales no deseadas configurando diagramas de radiación con nulos en sus direcciones de llegada. El resultado es un incremento exponencial en volumen de datos transmitido en cada estación base y en la inmunidad del sistema ante perturbaciones.
- El acceso radio definido reduce el consumo de energía (un recurso siempre escaso) y es compatible con cualquier futuro servicio.
- Emplea el concepto de acceso radio abierto (Open RAN) que asegura la compatibilidad de los equipos de todos los proveedores. Al no estar configurado con estándares propietarios, se garantiza que las interfaces entre los componentes desarrollados por diferentes proveedores sean abiertas e interoperables.
- Incluye la capacidad *Network Slicing* que permite la creación de múltiples redes virtuales sobre una infraestructura de red física compartida. Esta capacidad facilitará la creación de muchas «redes de combate especializadas», con prestaciones y consumo de recursos adecuada a sus objetivos, que se integran de un modo fácil y flexible para configurar una red de redes global sobre el campo de batalla.
- Las redes 5G y 6G están preparadas para que las capacidades de computación, almacenamiento y recursos de red se acerquen a los usuarios para mejorar los tiempos de respuesta y ahorrar ancho de banda, pero sobre todo permitirá la introducción de técnicas de inteligencia artificial para procesar la información

mientras se transmite. Como ya se ha indicado, funcionalidades como hablar en un idioma y escuchar en otro serán una realidad.

Y muchos más nuevos conceptos como el nuevo núcleo de red o la nube de telecomunicaciones que permite agilidad de servicio y desarrollar una nueva gama de aplicaciones y servicios para implantar nuevos modelos comerciales y también para satisfacer las necesidades específicas de las aplicaciones militares, como las nubes de combate. De hecho, ya se está trabajando en la adaptación de la tecnología 5G a este entorno con algunas características diferenciales respecto del ámbito civil.

A modo de conclusión

La hiperconectividad transforma la mayor parte de las actividades humanas e incrementa exponencialmente su eficiencia por lo que su rápida evolución tendrá como motor las aplicaciones civiles. Sin embargo, dado que la condición necesaria para tener éxito en los futuros escenarios de conflicto es la superioridad del conocimiento (la superioridad en la toma de decisiones basada en la conectividad y la algorítmica desplegada) será fundamental incorporar la hiperconectividad a los sistemas de información y comunicación militares.

Por otro lado, nótese que la separación en los nuevos sistemas de los procesados de la información y los de comunicación se está difuminando al integrarse ambas funcionalidades en una misma estructura con base en los dispositivos microelectrónicos y en los medios de conducción y radiación de ondas electromagnéticas. La búsqueda de nuevas y mejores prestaciones ha llevado a construir una conectividad en alguna medida similar (aunque muy alejados en su materialización y prestaciones) al sistema nervioso humano. Estructuras enormemente complejas, basadas en unos componentes únicos, aunque muy especializados y diferenciados (neuronas y chips), por los que viajan las señales (impulsos nerviosos y señales electromagnéticas), que permiten transmitir, recibir, almacenar y procesar información de forma distribuida a lo largo de estas. Unos sistemas basados en las TIC que, sin prisa pero sin pausa, van apoyando y sustituyendo actividades que hasta ahora parecían exclusivas de las funciones cognitivas humanas. Asumir y controlar este proceso es un reto para todos, especialmente cuando afecta a las misiones de nuestras Fuerzas Armadas y Cuerpos y Fuerzas de Seguridad del Estado. ■

Nota: Las ideas y opiniones contenidas en este documento son de responsabilidad del autor, sin que reflejen, necesariamente, el pensamiento de la Academia de las Ciencias y las Artes Militares.

© Academia de las Ciencias y las Artes Militares - 2024