

Sistemas Ciberfísicos





INTRODUCCIÓN A LA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL 4.0

Estos materiales didácticos, que se han desarrollado en el marco del proyecto europeo "Industria 4.0 - INTRO 4.0", financiado por la Comisión Europea, tienen como objetivo presentar una visión general de lo que se ha hecho en la industria europea en términos de Industria 4.0.

Proporcionan la información más relevante y útil sobre la Industria 4.0 a un grupo objetivo que incluye: adultos, educadores (VET y educación superior), maestros, capacitadores, entrenadores, empleadores, empleados, el público en general y proveedores de soluciones innovadoras.

Esta información está basada en el informe "Estado actual de la industria 4.0" y en el informe "Informe resumido de las entrevistas / cuestionarios de los expertos y la investigación específica en el campo de las empresas manufactureras", ambos desarrolladas por los socios de este proyecto.

ÍNDICE

2 Índice y Objetivos de aprendizaje	13-14 Beneficios para el empresa
3 Introducción	15-16 Futuras aplicaciones
4-5 ¿Qué es?	17-19 Contenido avanzado
6-10 ¿Para qué sirve?	20 Educación
11-12 Buenas prácticas	21 Bibliografía y Autoevaluación



ESTE CONTENIDO PUEDE
SER DE MAYOR INTERÉS
PARA LAS EMPRESAS



ESTE CONTENIDO PUEDE
SER DE MAYOR INTERÉS
PARA EL PÚBLICO GENERAL



OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

- ❖ Comprender qué es el Sistema ciberfísico y sus aplicaciones.
- ❖ Identificar los beneficios derivados de esta tecnología.
- ❖ Conozca el potencial de esta tecnología y las tendencias de uso.

★ INTRODUCCIÓN

Los sistemas ciberfísicos son infraestructuras clave para nuestra sociedad moderna. Pueden mejorar la calidad de vida de los ciudadanos y la competitividad de la industria europea.

Objetivos de aprendizaje

- Comprender qué es el Sistema Ciberfísico y sus aplicaciones.
- Identificar los beneficios derivados de esta tecnología.
- Conocer el potencial de esta tecnología y las tendencias de uso.



- Integración
- Integración Humana - Sistema
- Lidiar con la incertidumbre
- Mejor presentación
- Escalabilidad
- Flexibilidad
- Tiempo de respuesta más rápido

ALGUNOS BENEFICIOS

El potencial técnico de los sistemas cibernéticos facilita el desarrollo de modelos de negocio innovadores que requieren pruebas exhaustivas

FUTURAS APLICACIONES



¿QUÉ ES?



Un **sistema ciberfísico (CPS)** está compuesto por un sistema físico y sus sistemas cibernéticos correspondientes que están estrechamente fusionados en todas las escalas y niveles.

Muchos objetos en nuestro mundo están controlados por computadoras: automóviles, edificios, máquinas de fabricación o incluso instrumentos musicales. En estos casos, las computadoras interactúan directamente con el mundo físico. Es por eso que los llamamos "sistemas ciberfísicos" (CPS).

Interactuamos con muchos objetos y sistemas complejos en nuestra vida cotidiana. Los sistemas ciberfísicos más comunes que vemos todos los días son automóviles modernos, en los que las computadoras controlan no solo el motor, sino también el frenado, la estabilidad del vehículo y, a menudo, apoyan al conductor



en sus tareas. Por lo tanto, vemos claramente cómo las acciones controladas a través de las computadoras tienen un impacto en el mundo real.

Los sistemas cibernéticos también están presentes en otros elementos de nuestra vida cotidiana, como las redes de energía, las fábricas, los almacenes automáticos y los aviones o trenes. Todos estos sistemas físicamente enredados **son de importancia crucial para la calidad de vida** de los ciudadanos y para la economía europea.

Los sistemas cibernéticos **son muy complejos**, especialmente cuando se deben combinar varios CPS. Ese es el caso, por ejemplo, en un aeropuerto o en una gran fábrica, donde muchas máquinas tienen que trabajar juntas para lograr un objetivo común. En este caso, hablamos de "sistemas ciberfísicos de sistemas", o CPSoS.



¿QUÉ ES?



Los sistemas complejos son difíciles de construir y gestionar. Si una aplicación de su teléfono falla, las consecuencias no suelen ser muy malas, pero si la interfaz entre dos máquinas de fabricación se rompe, la producción de una gran planta de fabricación puede detenerse. Peor aún, en el transporte o en los sistemas médicos, la seguridad física de las personas puede ponerse en peligro.

Por supuesto, existen técnicas de ingeniería para gestionar esto, pero se necesitan mejoras significativas para administrar el CPS del mañana, que será aún más sofisticado que hoy y muy importante tanto para nuestra calidad de vida como para la competitividad de la industria europea.



Figura 1. Domótica



¿PARA QUÉ SIRVE?

Aplicaciones de los sistemas ciberfísicos:

Edificios sostenibles:

El efecto invernadero es uno de los principales problemas en el mundo de hoy. Los edificios antiguos consumen el 70% de la electricidad producida y generan los gases de efecto invernadero.. Al utilizar la red de sensores inalámbricos, el administrador de cognición y los sistemas de control integrados, podemos lograr el objetivo Zero Net Energy.

Red inteligente:

La red inteligente es un ecosistema basado en la evaluación de la adquisición de información y en la toma de decisiones, así como en la gestión. En la red inteligente muchas partes tradicionales utilizan sistemas cibernéticos. Se utilizan en generación, transmisión y distribución y también en el lado del cliente. En generación controlará la conexión de la red, así como los aspectos operativos en la generación de electricidad. CPS supervisa las condiciones y cuida la estabilidad de las redes de transmisión y distribución que conectan a los usuarios finales con la re. Proporcionará comunicación y control bidireccionales entre la red eléctrica y los consumidores.

CPS médico:

Las redes de sensores inalámbricos recopilan la información de diagnóstico, monitorean la salud y la administración de medicamentos de los pacientes. La integración de los mecanismos de control y computación a la información médica crítica comunicada proporciona un requisito previo fundamental para los sistemas ciberfísicos médicos de alta confianza.

Sistemas de transporte inteligentes:

Los sistemas cibernéticos proporcionan una manera de mejorar el rendimiento del control del sistema de tráfico. Este sistema construye un entorno que existe en el entorno geográfico natural y el artificial, como puentes sobre el mar o los ríos, túneles largos y grandes, pendientes de alto grado de alto grado, puentes elevados urbanos y otros. Pero también una gran variedad de vehículos, personas y mercancías en el complejo entorno vial. El Sistema de Transporte Inteligente, puede realizar el control de tráfico agregando e instalando una gran cantidad de dispositivos electrónicos avanzados y sistemas de información al sistema de tráfico vial, mejorando la eficiencia operativa y el nivel de seguridad del sistema de tráfico vial.



¿PARA QUÉ SIRVE?

Robots humanoides:

Los robots humanoides se pueden utilizar para:

- I. El cuidado de las personas mayores en el hogar.
- II. Investigación científica de entornos submarinos, entornos de selva tropical, entornos espaciales y protección de infraestructuras críticas.
- III. Para fines personales.
- IV. En los campos agrícolas.
- V. Operaciones de rescate en caso de emergencias y entornos de trabajo peligrosos.

Entornos de aprendizaje inteligentes:

Los sistemas cibernéticos se pueden utilizar en un entorno de aprendizaje inteligente. Los CPS pueden usarse en el SLE para recopilar información adecuada sobre los entornos físicos, convertir los datos medidos en información y conocimiento y, eventualmente, proporcionar servicios útiles y rápidos para estudiantes, personal y la universidad. El entorno de aprendizaje inteligente (SLE) definitivamente transformará la forma en que las personas aprenden y trabajan en las universidades.

Monitoreo de infraestructura civil:

Hoy en día, muchos ingenieros civiles enfrentan el problema de la gestión del envejecimiento de la infraestructura como presas, puentes, edificios, etc. Los sensores de fibra óptica y los sensores microelectrónicos y mecánicos y las tecnologías de comunicación inalámbrica ofrecen una gran promesa para un monitoreo infraestructural preciso y continuo.

Aplicaciones aeronáuticas:

Los sistemas cibernéticos se utilizan para aplicaciones aeronáuticas, como la instrumentación de pruebas de vuelo, comunicaciones de tripulación de pilotos, monitoreo de estado de estructuras, pruebas en vuelo, cabina inalámbrica de entretenimiento en vuelo y aterrizaje de vuelos.



¿PARA QUÉ SIRVE?

Arquitectura 5C para la implementación de Industria 4.0.

Las actuaciones de la Industria 4.0 se muestran con la punta de un iceberg. Por lo tanto, algunos investigadores están considerando crear la estructura para dar una disección de la Industria 4.0. La arquitectura '5C' es un ejemplo para guiar el desarrollo de la Industria 4.0, dependiendo de los atributos del sistema Cibernético. Esta arquitectura se divide en cinco niveles, "Nivel de conexión", "Nivel de conversión", "Nivel cibernético", "Nivel de cognición" y "Nivel de configuración".

		<u>Atributo principal</u>	<u>Función principal</u>
5	Nivel de configuración	Autoconfiguración	Producción inteligente
4	Nivel de cognición	Temprano	Mantenimiento predictivo
3	Nivel cibernético	Controlable	Sistema automático
2	Nivel de conversión	Informativo	Descubrimiento de información
1	Nivel de conexión	Comunicable	Conexión de hardware

Figura 2. Niveles de la arquitectura 5C.

El "Nivel de conexión" se centra en el desarrollo del hardware, mediante la red de sensores y la comunicación inalámbrica, y los otros cuatro niveles prestan atención al sistema de control y la implementación del software. En el "Nivel de conversión", los datos sin procesar se transforman en información útil mediante el uso de tecnologías de análisis. El "Nivel Cibernético" controla toda la red a través del CPS. El 'Nivel de conocimiento' y el 'Nivel de configuración' involucran la inteligencia artificial en la red, que se consideran atributos futuros de la fabricación. Es el objetivo principal de muchos investigadores interesados en la Industria 4.0, que está representada por estos dos niveles. Comparando los atributos de estos dos niveles y la Industria 4.0, el 'Nivel de cognición' se considera como un nivel más bajo de la Industria 4.0, y el 'Nivel de configuración' tiende a revelar características de la Industria 4.0 de nivel superior.



¿PARA QUÉ SIRVE?

Por lo tanto, cuando estos diversos tipos de idea (visiones futuras, ejemplos de investigación y arquitectura de implementación) se fusionan y resumen, en la Industria 4.0, se han resumido varios conceptos de fabricación futura. Estos conceptos son los principios de diseño principales de la Industria 4.0, que resumen dos principios de diseño principales: **la interoperabilidad y la conciencia**. Estos dos principios de diseño principales incluyen muchos sub-conceptos, la interoperabilidad consiste en digitalización, comunicación, estandarización, flexibilidad, responsabilidad en tiempo real y personalización. El mantenimiento predictivo, la toma de decisiones, la presentación inteligente, la autoconciencia, la auto optimización y la autoconfiguración comprenden la conciencia.

La idea central de la interoperabilidad es la integración, que también es el punto clave de IoT y CPS. Hay tres tipos de integración de Industria 4.0, **integración horizontal, integración de extremo a extremo e integración vertical**. Estos tres tipos de integración representan tres dimensiones de igual a igual, integración horizontal sobre las redes de valor de negocios, integración de extremo a extremo a través de la cadena de productos, la integración vertical a través del sistema de fabricación.

Además, el otro principio de diseño principal de la Industria 4.0 es la conciencia. Básico en este concepto, la Industria 4.0 requiere que la fabricación sea inteligente, que descubre el conocimiento, toma las decisiones y realiza la acción de manera independiente e inteligente. Estos resultados se analizan mediante la recopilación de datos sin procesar de las redes de fabricación utilizando tecnologías inteligentes de vanguardia. Además, estos dos principios de diseño principales son cooperativos para lograr la Industria 4.0. La interoperabilidad configuró varias redes conectadas como el entorno confiable de la Industria 4.0, la conciencia ofrece a la Industria 4.0 la esencia con las funciones inteligentes artificiales.



¿PARA QUÉ SIRVE?

Los sistemas físicos cibernéticos son elementos cibernéticos híbridos conectados en red y diseñados conjuntamente para crear sistemas adaptables y predictivos para un mejor rendimiento.

Características esenciales de CPS:

- Los elementos cibernéticos, de ingeniería y humanos se tratan como componentes integrales de un sistema total para crear sinergias y permitir las propiedades emergentes deseadas.
- La integración de modelos basados en la física profunda y en el mundo digital proporciona capacidades de aprendizaje y predictivas para la toma de decisiones (por ejemplo, diagnósticos, pronósticos) y funciones autónomas.
- Las arquitecturas y estándares abiertos basados en ingeniería de sistemas proporcionan modularidad y capacidad de composición para la personalización, sistemas de productos y aplicaciones complejas o dinámicas.
- Los circuitos de retroalimentación recíproca entre los elementos de detección / activación y monitoreo / control distribuidos y computacionales permiten un desempeño multi-objetivo adaptativo.
- Los componentes cibernéticos en red proporcionan una base para la escalabilidad, la gestión de la complejidad y la capacidad de recuperación.



Para los sistemas cibernéticos, la clave del éxito es la atención constante al cliente y, por lo tanto, la facilidad de uso y la facilidad de uso intuitiva.



BUENAS PRÁCTICAS

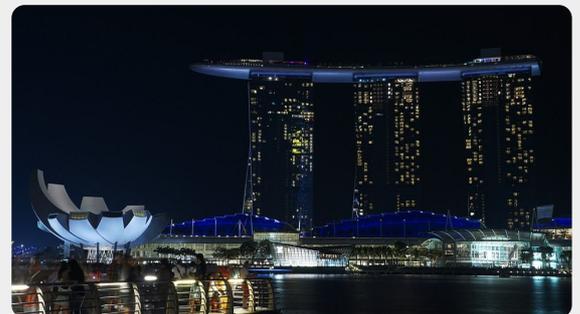


SmartSantander es un proyecto de investigación a gran escala que distribuye miles de sensores en la ciudad de Santander en España. Su propósito es construir una solución inteligente y mejorar varios aspectos de la vida de la ciudad, como reducir el tráfico, reducir el consumo de energía, mejorar la calidad del medio ambiente y fomentar la participación de los ciudadanos. Además, el proyecto espera compartir esta información ambiental y desarrollar otras aplicaciones útiles. La investigación también está probando para ver si es posible reducir las distancias entre los diseños teóricos de infraestructuras inteligentes y la adopción de aplicaciones prácticas en un entorno del mundo real. Los resultados de esta prueba ayudarán a aumentar la propagación de Internet of Things (IoT) y CPS en escenarios reales en el futuro.



Singapore, que fue nombrada como la ciudad más inteligente del mundo durante muchos años, se está convirtiendo en una nación líder en la implementación de infraestructuras inteligentes y en la prestación de servicios de calidad. Singapur es uno de los centros de negocios más importantes del mundo, tiene uno de los puertos más concurridos y alberga el quinto aeropuerto más grande de Asia. Singapur espera crear la primera nación inteligente del mundo para impulsar el crecimiento económico, satisfacer las necesidades de la población y ser un ejemplo para otras naciones. Las ideas de esta nación inteligente se agrupan en:

- Mejores políticas para gestionar diferentes contextos.
- Desarrollo de nuevos modelos de negocios y fuentes de ingresos que puedan fortalecer el crecimiento económico.
- Un aumento en la participación activa de los ciudadanos hacia la creación de servicios de calidad que puedan mejorar la vida cotidiana de la comunidad.





BUENAS PRÁCTICAS



Es la marca bajo la cual opera Google y acaba de lanzar sus primeras cien unidades de Chrysler con el modelo Pacifica, un automóvil que puede circular sin conductor, tiene las licencias correspondientes y ha planeado sus primeras pruebas en escenarios reales este mes.

Hay que decir que Google ya lleva siete años en el negocio del automóvil autónomo y que ha sido la primera marca en completar un viaje con un automóvil sin conductor. Desde que entregó el desarrollo del auto autónomo ha rodado más de un millón de kilómetros.



Algunas empresas líderes:

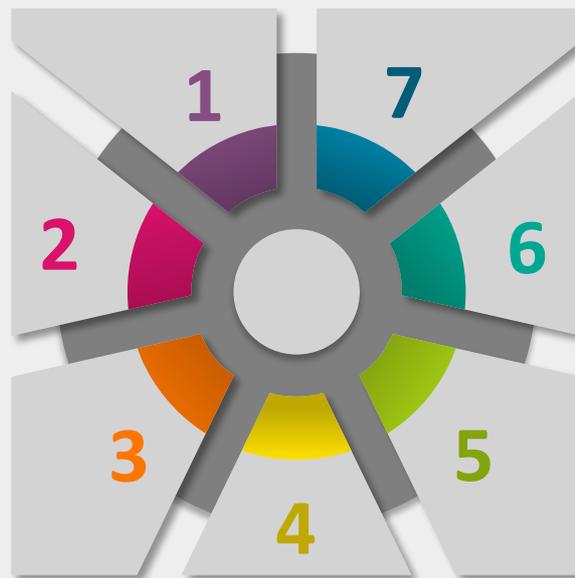


BENEFICIOS PARA LA EMPRESA

Integración

Interacción entre humano y sistema

Tratar con la incertidumbre



Tiempo de respuesta más rápido

Flexibilidad

Escalabilidad

Mejor rendimiento del sistema

Figura 3. Mejor rendimiento del sistema.

Integración

La integración de la nube y las redes de sensores inalámbricos también es una parte importante de los sistemas cibernéticos. CPS proporciona características de integración de la red, como las técnicas de control de acceso a los medios y sus efectos en la dinámica del sistema, el software intermedio y el software que proporciona coordinación sobre el control de la red sobre el tiempo de las transacciones de la red y las tolerancias de fallas.

Interacción entre humano y sistema

El modelado y la medición de la percepción de la conciencia humana del sistema y sus cambios ambientales en los parámetros son fundamentales para la toma de decisiones.



BENEFICIOS PARA LA EMPRESA

Tratar con la incertidumbre

La certeza es el proceso de proporcionar pruebas de que un diseño es válido y confiable. Los sistemas cibernéticos pueden evolucionar y operar con un entorno nuevo y poco confiable.

Mejor rendimiento del sistema

CPS puede proporcionar un mejor rendimiento en términos de retroalimentación y rediseño automático con una estrecha interacción de los sensores y la infraestructura cibernética.

Escalabilidad

Como parte de la computación en la nube, CPS puede proporcionar los recursos a los usuarios de acuerdo con sus requisitos.

Flexibilidad

CPS puede proporcionar más facilidades que WSN y Cloud Computing solo.

Tiempo de respuesta más rápido

CPS aumentará el rápido tiempo de respuesta y facilitará la detección temprana de fallas, la utilización adecuada de recursos como el ancho de banda.

Los objetos "inteligentes" y en red (por ejemplo, utilizando la tecnología RFID) se utilizan principalmente en el comercio y la logística.



Los sistemas cibernéticos son sistemas inteligentes que forman parte de la fusión e integración de sistemas de control industrial, infraestructuras críticas, Internet de las cosas (IoT) y sistemas integrados.



FUTURAS APLICACIONES



Para que los sistemas cibernéticos y las ciudades inteligentes tengan éxito, las personas deben pensar y actuar de manera diferente y participar más en la vida de la ciudad. Las comunidades activas que pueden agregar el conocimiento distribuido de cada individuo y pueden completar acciones sinérgicas para mejorar los servicios de la ciudad son esenciales.

La tecnología actual permite la computación distribuida y el crowdsourcing, el intercambio de información entre los usuarios y la creación de una inteligencia colectiva. La inteligencia colectiva es una de las claves para el éxito de los CPS y las ciudades inteligentes. La inteligencia colectiva utiliza el crowdsensing para el monitoreo cooperativo del entorno urbano. También apunta a la actuación cooperativa de las operaciones para realizar tareas de interés general de manera eficiente.

Desde la perspectiva técnica, muchos desafíos difíciles aún deben resolverse, al menos de una manera eficiente e industrialmente aplicable. Algunos de los retos son:

- **Heterogeneidad de los datos.** La heterogeneidad de los datos es un problema importante que puede afectar el rendimiento de la comunicación y el diseño de los protocolos de comunicación. Los sistemas deben ser capaces de soportar una gran cantidad de aplicaciones y dispositivos diferentes.
- **Confiabilidad.** Los CPS son adecuados para usar en contextos críticos como atención médica, infraestructura, transporte y muchos otros. La confiabilidad y la seguridad son requisitos básicos debido a cómo los actuadores afectan el medio ambiente. De hecho, el impacto de los actuadores también puede ser irreversible y, por lo tanto, se debe minimizar la presencia de un comportamiento inesperado. Además, el entorno no es predecible, por lo que los CPS deben continuar trabajando en circunstancias inesperadas y adaptarse en caso de fallas.



FUTURAS APLICACIONES



- **Gestión de datos.** Es necesario almacenar y analizar big data de diferentes dispositivos conectados, procesarlos y mostrar resultados en tiempo real. Los datos se pueden gestionar mediante el procesamiento de flujo en línea o sin conexión en relación con los objetivos del sistema. En particular, con una transmisión en línea, la información puede cambiar con frecuencia en condiciones de tiempo real y se basa en consultas adaptables y continuas.
- **Intimidad.** El desafío es equilibrar las preocupaciones de privacidad y el control de datos personales, con la posibilidad de acceder a los datos para brindar mejores servicios. Debido a que los CPS administran grandes cantidades de datos, se plantean problemas importantes sobre la privacidad de los datos. Los CPS requieren políticas de privacidad para abordar los problema, por lo que se requiere que una herramienta de administración de anonimización de datos tenga información anónima antes de que el sistema la procese.
- **Seguridad.** Los CPS deben garantizar la seguridad durante las comunicaciones porque todas las acciones entre los dispositivos se coordinan en tiempo real. A medida que los CPS se expanden y aumentan las interacciones entre los sistemas físicos y cibernéticos, los problemas de seguridad afectan a más CPS. Las infraestructuras de seguridad tradicionales no son suficientes para abordar el problema y se deben encontrar nuevas soluciones. Los problemas de seguridad son críticos en los nuevos datos y los datos almacenados que se recopilaban para su uso futuro. Por último, los CPS se basan en aplicaciones heterogéneas y comunicaciones inalámbricas, que a menudo plantean problemas críticos de seguridad.
- **Tiempo real.** Los CPS manejan grandes cantidades de datos que se derivan de los sensores. Los cálculos deben funcionar de manera eficiente y ser oportunos, porque los procesos físicos continúan de manera independiente de los resultados de los cálculos. Para satisfacer este requisito, los CPS deben asegurarse de tener el ancho de banda o la capacidad del sistema necesaria para cumplir con las funciones de tiempo crítico porque las fallas en el tiempo de las acciones pueden causar daños permanentes.



CONTENIDO AVANZADO

¿Cuál es la diferencia entre el Sistema Ciberfísico y el Internet de las Cosas?

El Internet de las Cosas usa sensores especiales (por ejemplo, cámaras o lectores RFID) para identificar productos y materiales. Esos productos y materiales contienen información especial sobre, por ejemplo, lo que debería suceder con ellos. Esto significa que pueden comunicarse con los sistemas de producción o de flujo de materiales y decirles cuál debe ser el próximo paso en el proceso de fabricación. La tecnología elimina así cualquier necesidad de participación humana.

Los sistemas cibernéticos se producen cuando los sistemas mecánicos y eléctricos (por ejemplo, sensores y herramientas de comunicación) integrados en productos y materiales se conectan en red utilizando componentes de software. El resultado es una fusión completa de los mundos virtual y físico. Los sistemas cibernéticos utilizan el conocimiento y la información compartidos de los procesos para controlar de forma independiente la logística y los sistemas de producción. Por lo tanto, son el puente que conecta el Internet de las cosas con servicios de nivel superior, conocido como el Internet de los servicios.

En este mundo virtual, los proveedores de software y servicios, los intermediarios y los usuarios colaboran para desarrollar aplicaciones flexibles que pueden integrarse dinámicamente entre sí. Si queremos alcanzar los objetivos de la cuarta revolución industrial, los científicos deben abarcar tanto los sistemas ciberfísicos como la idea básica y las tecnologías detrás de la Internet de las cosas.

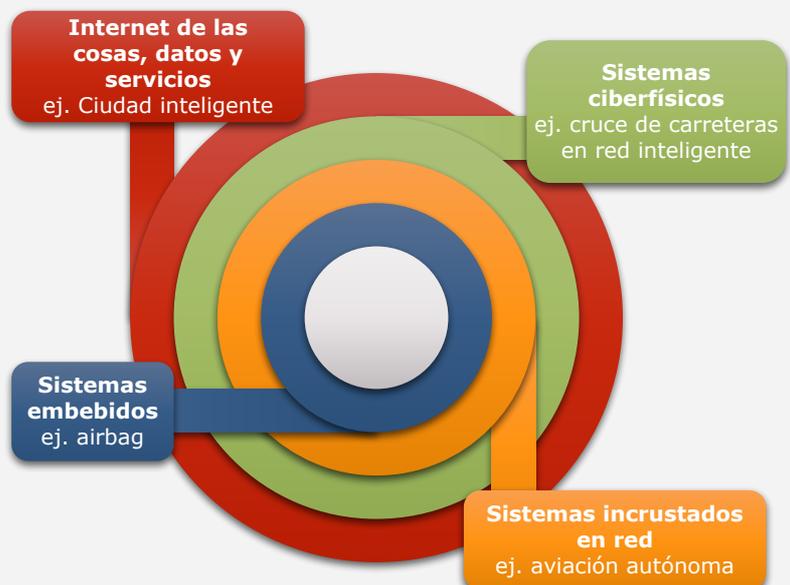


Figura 4. Sistemas cibernéticos.



CONTENIDO AVANZADO

Impacto de los sistemas ciberfísicos en las ciudades:

Las ciudades inteligentes se pueden ver como sistemas cibernéticos a gran escala, con sensores que monitorean indicadores físicos y cibernéticos y con actuadores que cambian dinámicamente el complejo entorno urbano de alguna manera. Los gobiernos, las organizaciones y las industrias tecnológicas se están enfrentando a los desafíos de una mayor urbanización, trabajando para mejorar la vida urbana ofreciendo mejores eficiencias en la utilización de energía o servicios, por ejemplo.

Según *el informe de Revisión de 2014 de Perspectivas de la Población de las Naciones Unidas*, la población urbana del mundo está creciendo rápidamente, y continúa aumentando. En 2014, el 54% de la población mundial reside en áreas urbanas, y las próximas décadas traerán cambios más profundos en el tamaño y la distribución espacial de la población mundial. En 1950, el 30% de la población mundial era urbana; para 2050, se prevé que el 66% de la población mundial será urbana.





ADVANCED CONTENT

Security of Cyber-Physical Systems:

Para garantizar que los sistemas cibernéticos sean seguros, debemos abordar dos desafíos científicos fundamentales. Primero, **necesitamos razonar sobre lo discreto y continuo al mismo tiempo**. Afortunadamente, se ha avanzado mucho en la verificación formal en los últimos 20 años en este frente. Un enfoque es modelar un sistema cibernético como un autómata híbrido, que es una máquina de estados finitos donde el comportamiento de cada estado se define mediante un conjunto de ecuaciones diferenciales sobre variables continuas. La tecnología de verificación de modelos se puede aplicar a los autómatas híbridos, lo que hace posible probar las propiedades y encontrar errores en modelos de sistemas cibernéticos.

Otro enfoque es escribir fórmulas lógicas que describan el comportamiento de un sistema híbrido y luego usar la tecnología de prueba de teoremas para probar las propiedades de las fórmulas. Un ejemplo de una lógica apropiada para escribir tales fórmulas es la lógica dinámica diferencial, desarrollada en la última década junto con un rico soporte de herramientas. La investigación activa aborda la escalabilidad de estas técnicas, ya que en la actualidad solo admiten decenas de variables de estado, mientras que un sistema ciberfísico operacional generalmente tiene órdenes de magnitud más.

Segundo, **los sistemas ciberfísicos operan bajo la presencia de incertidumbre**. Esta incertidumbre se debe a condiciones externas que no están bajo el control del sistema: la Madre Naturaleza, terremotos, huracanes, etc.

Este es un ejemplo de una fábrica auto-organizada que está configurada y totalmente organizada y responde a los requisitos cambiantes, y en la que los humanos y las máquinas colaboran perfectamente.

<https://youtu.be/wro3uoHR-ZY>



EDUCACIÓN



Debido a la naturaleza de los CPS, el estudio de los CPS abarca varias disciplinas diferentes, como la ingeniería de software-hardware, computación, control, comunicación, detección y actuación. Los resultados muestran que los CPS se han implementado con éxito en redes inteligentes y otras aplicaciones "inteligentes".

MOOCS:

- ❑ Cyber-Physical Systems: Modeling and Simulation - Coursera
- ❑ Homeland Security & Cybersecurity Connection - Coursera
- ❑ Embedded Hardware and Operating Systems - Coursera
- ❑ Web Connectivity and Security in Embedded Systems - Coursera

EXTERNAL MANUALS FOR MORE INFORMATION:

- ❑ Guide to Cyber-Physical Systems Engineering
- ❑ Cyber-Physical System Security for the Electric Power Grid



BIBLIOGRAFÍA

- ❖ *Cyber-Physical Systems*. Recuperado de <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/policies/cyber-physical-systems>
- ❖ *Cyber-physical-social system in intelligent transportation*. Recuperado de <https://ieeexplore.ieee.org/document/7152667>
- ❖ Meenakshi Bhrugubanda (2015). *Review on Applications of Cyber Physical Systems*. Recuperado de <https://pdfs.semanticscholar.org/275d/2d701b930a7f165082678b1feac284a5e7ba.pdf>
- ❖ Jian Qin, Ying Liu, Roger Grosvenor (2016). *A Categorical Framework of Manufacturing for Industry 4.0 and Beyond*. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.08.005>
- ❖ Alessandro Zanni (2015). *Cyber-physical systems and smart cities*. Recuperado de <https://developer.ibm.com/articles/ba-cyber-physical-systems-and-smart-cities-iot/>
- ❖ Christopher Kirsch - IDEAS 2020. Questions and Answers. Recuperado de <http://www.ideen2020.de/en/2993/whats-the-difference-between-cyber-physical-systems-and-the-internet-of-things/>
- ❖ Systems that integrate the cyber world with the physical world are often referred to as cyberphysical systems (2013). Recuperado de <https://www.nist.gov/sites/default/files/documents/el/Exec-Roundtable-SumReport-Final-1-30-13.pdf>
- ❖ Jeannette M. Wing (2016). *Cyber-physical systems you can bet your life on*. Recuperado de <https://www.microsoft.com/en-us/research/blog/cyber-physical-systems-you-can-bet-your-life-on/>



AUTOEVALUACIÓN



- ★ Después de leer este texto, ¿tengo una idea clara de qué es el Sistema Ciberfísico?
- ★ ¿Cómo podría incorporar la tecnología de Sistemas Cibernéticos en mi empresa?



- ★ ¿Podría decir cuatro aplicaciones de los sistemas ciberfísicos?
- ★ ¿Podría diferenciar el Internet de las cosas y los sistemas ciberfísicos?



INTRODUCCIÓN A LA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL 4.0

El apoyo de la Comisión Europea para la elaboración de esta publicación no implica la aceptación de sus contenidos, que es responsabilidad exclusiva de los autores. Por tanto, la Comisión no es responsable del uso que pueda hacerse de la información aquí difundida.
