

DEL INTERNET DE LAS COSAS A SISTEMAS CIBERFÍSICOS

CYBER-PHYSICAL SYSTEMS

1st Diana Sofía Torres Carreño
Ingeniería de Sistemas
Universidad Industrial de Santander
Grupo : O1
Colombia
sofiat9909@gmail.com

2nd Yeison Argemiro Valencia Gómez
Ingeniería de Sistemas
Universidad Industrial de Santander
Grupo : O2
Colombia
maxel123876@gmail.com

3rd Oscar Andrés Gil Gámez
Ingeniería de Sistemas
Universidad Industrial de Santander
Grupo : O2
Colombia
osangil16@gmail.com

Abstract

Technological advances have driven an evaluated increase in industrial productivity, in earlier times these technological advances were gradual, compared to the current Cambrian explosion, which has led us to industry 4.0; in which, sensors, machines, parts, work tools and ICTs are connected, as a result of this the data will not only be much larger, but also much more difficult to analyze, analyze and process, which It has led us to a concept that is currently known as Big Data. Since all these data are taken from different devices, and are important data such as in medical systems, where the information of each patient is very valuable, it is necessary that the storage systems be complete with greater capacity, adaptability, scalability, resilience, security and usability; and that is why we resort to cyber-physical systems which are an evolution of the current ICT systems.

Resumen

Los avances tecnológicos han impulsado un aumento evaluado en la productividad industrial, en épocas anteriores estos avances tecnológicos fueron graduales, en comparación con la explosión cámbrica actual, lo que nos ha llevado a la industria 4.0; en la cual, los sensores, las máquinas, las piezas, las herramientas de trabajo y las TIC se conectan, como consecuencia de esto los datos no solo serán mucho más grandes, sino también mucho más difíciles de analizar, analizar y procesar, lo cual nos ha llevado a un concepto que es muy conocido actualmente como Big Data. Puesto que todos estos datos son tomados de diferentes dispositivos, y son datos importantes como por ejemplo en los sistemas médicos, donde la información de cada paciente es muy valiosa, se necesita que los sistemas de almacenamiento sean íntegros con mayor capacidad, adaptabilidad, escalabilidad, resiliencia, seguridad y usabilidad; y es por ello que recurrimos a los sistemas ciberfísicos los cuales son una evolución de los actuales sistemas TIC.

Términos

Tecnologías de la información y la comunicación, ciberfísicos, Big Data, industria 4.0

I. ESTADO DEL ARTE

El potencial económico y social de estos sistemas es mucho mayor de lo que se ha logrado, y se están realizando importantes inversiones en todo el mundo para desarrollar la tecnología. Debido a ello se ha venido aplicando en distintas áreas, algunos ejemplos de CPS incluyen al sistema de red eléctrica inteligente, sistemas de automóvil autónomo, sistemas de monitoreo médico, sistemas de control del proceso, sistemas de robótica, domótica y pilotos automáticos aeronáuticos, en conclusión, las áreas de aplicación de los sistemas CPS es muy amplia.

Los avances en las tecnologías de la información han significado un gran desarrollo a la hora de capturar y procesar datos, pero esto también ha significado que la cantidad de datos a procesar haya aumentado exponencialmente, ocasionando que este flujo de datos sea cada vez más difícil de manejar. Esto es principalmente un problema en la medicina, debido a que los datos se crean a partir de una variedad de dispositivos dentro de un corto período de tiempo, las características de estos datos se almacenan en diferentes formatos y se crean rápidamente, lo que, en gran medida, puede considerarse como un problema de big data. Esta dificultad puede ser solucionado aplicando sistemas ciberfísicos, ya que los sistemas CPS se basan en la detección, el procesamiento y la creación de redes. Los recientes avances en redes de sensores inalámbricos

(WSN), sensores médicos y Cloud Computing hacen de CPS un poderoso candidato para aplicaciones de atención médica, incluida la atención al paciente en el hospital y en el hogar. Estos avances prometen proporcionar a CPS la capacidad de observar las condiciones del paciente de forma remota y tomar medidas independientemente de la ubicación del paciente. Los sistemas ciberfísicos médicos (MCPS, por sus siglas en inglés) son sistemas de dispositivos médicos conectados a la vida, conscientes del contexto y conectados en red. Estos sistemas se utilizan cada vez más en los hospitales para brindar atención continua de alta calidad a los pacientes. La necesidad de diseñar MCPS complejos que sean seguros y efectivos ha presentado numerosos desafíos, que incluyen lograr una alta seguridad en el software del sistema, interoperabilidad, inteligencia sensible al contexto, autonomía, seguridad y privacidad, y la certificación del dispositivo. Para proporcionar un servicio y un entorno de atención médica más convenientes, este proyecto propone un sistema físico-cibernético para las aplicaciones y servicios de atención médica centrados en el paciente, llamado Salud-CPS, creado sobre la nube y las tecnologías de análisis de big data. Este sistema consiste en una capa de recolección de datos con un estándar unificado, una capa de gestión de datos para almacenamiento distribuido y computación paralela, y una capa de servicios orientada a datos.

II. INTRODUCTION

Un sistema ciberfísico (CPS) integra capacidades de computación, almacenamiento y comunicación junto con capacidades de seguimiento y/o control de objetos en el mundo físico. Las computadoras integradas monitorean y controlan los procesos físicos, generalmente con bucles de retroalimentación, donde los procesos físicos afectan los cálculos y viceversa. Los avances en ciencia e ingeniería mejoran el vínculo entre elementos computacionales y físicos mediante mecanismos inteligentes, aumentando la adaptabilidad, autonomía, eficiencia, funcionalidad, confiabilidad, seguridad y usabilidad de los sistemas ciberfísicos. Y son estas características las que permitirán ampliar el potencial de aplicación de los sistemas ciberfísicos en diferentes áreas. Entre las áreas que más se benefician de estos sistemas, se encuentra, la medicina, ya que los sistemas ciberfísicos permitirán mejorar los servicios de atención y los dispositivos médicos, a través de sistemas con mayor conectividad, mejor capacidad de análisis de la Big Data, y más precisión en los resultados. Con lo que se lograrán mejoras en la atención de los pacientes, mayor facilidad en el acceso a la información del paciente, y logrará que actividades tan delicadas como el monitoreo médico, no sean tan críticos. Para lograr aplicar un sistema ciberfísico óptimo, se requiere aplicación de modelos y métodos de la ingeniería biomédica, combinados con modelos y métodos de la ingeniería informática.

III. MODELOS CIBERFÍSICOS

Industria 4.0, es un término de origen Alemán utilizado para describir la puesta en marcha de “fábricas inteligentes”, también se denomina la cuarta revolución industrial y está impulsada por la transformación digital y la introducción de la tecnología digital en la industria. [1] Esta tiene como base múltiples tecnologías, (Big Data, Cloud Computing, Fabricación Aditiva, Impresión 3D, Robótica Colaborativa etc.), algunas ya consolidadas y otras en proceso de desarrollo, uno de los elementos que posibilitaran el cambio de paradigma son los denominados sistemas ciber-físicos (CPS).

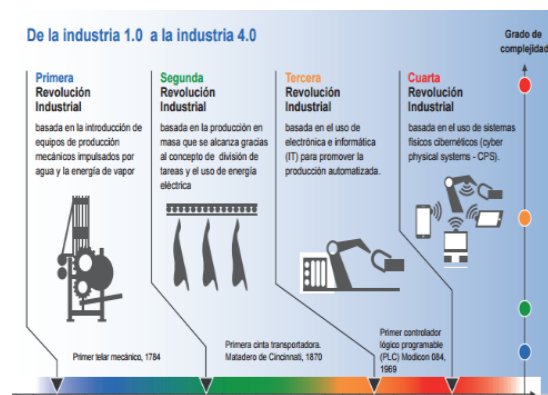


Figura 1. Evolución de la revolución industrial

Un sistema ciber-físico es todo aquel dispositivo que integra capacidades de computación, almacenamiento y comunicación para controlar e interactuar con un proceso físico. [1] Para la creación de un sistema ciberfísicos se requiere la aplicación de modelos y métodos de diferentes disciplinas, combinados con los de la informática, para lograr la representación de un proceso físico por medio de elementos computacionales. Un modelo puede servir para muchos propósitos. En ciencia, el propósito de un modelo es generalmente dar una idea de lo que se está modelando y predecir su comportamiento. Sin embargo, en ingeniería, los modelos a menudo se utilizan para diseñar sistemas que aún no existen. En este caso, el modelo sirve como una especificación. Ahora le corresponde al sistema físico imitar el modelo, en lugar de lo contrario.

Una propiedad particularmente útil que pueden tener los modelos es el determinismo. Un modelo determinista tiene exactamente un comportamiento dependiente de las entradas al modelo. Tal propiedad es valiosa, porque puede definir inequívocamente cuál es el comportamiento "correcto" de la cosa que se está modelando, dadas las mismas entradas. Tal modelo puede usarse para desarrollar pruebas, por ejemplo, que determinan si un sistema físico diseñado es lo suficientemente fiel al modelo para ser "correcto", por lo tanto, listo para enviar. Por ello un modelo no determinista es menos útil para este propósito, porque posiblemente hay muchos comportamientos "correctos".

Sin embargo existen muchas limitaciones de los modelos deterministas debido a que el mundo real está lleno de incertidumbre. Incluso una implementación de lógica digital síncrona en silicio puede no comportarse como lo predice su modelo determinista. Un sistema mecánico nunca se comportará exactamente como lo predice un modelo ODE. El modelo opera en un ideal matemático de números reales y un continuo de tiempo. Requiere parámetros de valor real, que son infinitamente precisos, y supone una dinámica idealizada, donde la integración y la diferenciación son ideales platónicos. Los ingenieros hacen que los sistemas sean robustos garantizando márgenes de seguridad pero no es suficiente, por ejemplo, demostrar que un modelo de un sistema de control de retroalimentación es estable, además se debe demostrar que permanece estable bajo variaciones razonables en los valores de los parámetros.

Otra limitación de los modelos deterministas es la complejidad. Los modelos no deterministas pueden modelar eficientemente familias enteras de comportamientos, mientras que un modelo determinista modela cada comportamiento individualmente. Por lo tanto, los modelos deterministas pueden ser mucho más grandes que los modelos no deterministas comparables (más estados, más elementos de modelado, etc.).

Los sistemas ciberfísicos se pueden aplicar en múltiples sectores como los de la fabricación, energía, salud, transporte, ciudades inteligentes, los sistemas de transporte, automóviles, fábricas, procesos industriales, hospitales, oficinas, hogares, ciudades y dispositivos personales, configurando una nueva generación de elementos interconectados.

IV. HISTORIA DE LOS SISTEMAS CIBERFÍSICOS

Los modelos deterministas históricamente han demostrado ser extremadamente útiles e incluso forman el eje de la revolución industrial, las revoluciones de la tecnología digital y de la información. Los modelos deterministas importantes incluyen ecuaciones diferenciales, lógica digital síncrona, programas imperativos de subproceso único y arquitecturas de conjuntos de instrucciones. Sin embargo, los sistemas ciberfísicos combinan estos modelos de tal manera que no se conserva el determinismo. Algunos proyectos que muestran que los modelos deterministas de CPS con realizaciones físicas fieles son; PRET, el cual muestra que la precisión de sincronización de la lógica digital síncrona puede estar prácticamente disponible en el nivel de abstracción del software; el segundo proyecto Ptides el cual muestra que los modelos deterministas para sistemas ciberfísicos distribuidos tienen realizaciones prácticas y fieles, Ptides aprovecha la sincronización del reloj de red, los cuales pueden volverse omnipresente; otro ejemplo aplicado a la vida cotidiana es la batería de un vehículo eléctrico o híbrido; la condición de funcionamiento de estas incluyen varios factores estréales como temperatura ambiente, humedad, estilo de conducción, nivel de carga, velocidad de descarga y condiciones del camino, una batería virtual es un modelo ciberfísico resultante de fusionar la nueva tecnología de batería con herramientas inteligentes que permiten proporcionar herramientas de pronóstico para transformar datos de información de salud, confiabilidad y disponibilidad operacional del sistema de batería

IV-A. Comienzo de los sistemas ciberfísicos

Los sistemas ciberfísicos es un concepto que se trata como la intersección, no de la unión, de la física y la cibernética. Combina modelos de ingeniería y métodos de la ingeniería electrónica, eléctrica, mecánica, ambiental, civil, biomédica, química, aeronáutica, industrial con los modelos y métodos de la informática. El término de "Sistemas Ciberfísicos" surgió en el 2006, y se lanzó por Helen Gilld de la Fundación Nacional de Ciencias de los Estados Unidos (NFS) [9].

Los sistemas ciberfísicos no es un concepto que haya aparecido recientemente con las nuevas tecnologías de la información, sino que deriva de un concepto más antiguo acuñado por Norbert Wiener, "cibernética". El concepto de Wiener tuvo un gran impacto en el desarrollo de la teoría de sistemas de control, que sirvió durante la Segunda Guerra Mundial, ya que permitió desarrollar una tecnología para apuntar y disparar automáticamente los cañones antiaéreos. Aunque los mecanismos que usó no involucraron computadoras digitales, los principios involucrados son similares a los que se usan hoy en los sistemas de control de retroalimentación basados en computadora. [3]

Los sistemas ciberfísicos se relacionan constantemente con M2M IoT en industria 4.0, todos estos reflejan la visión de

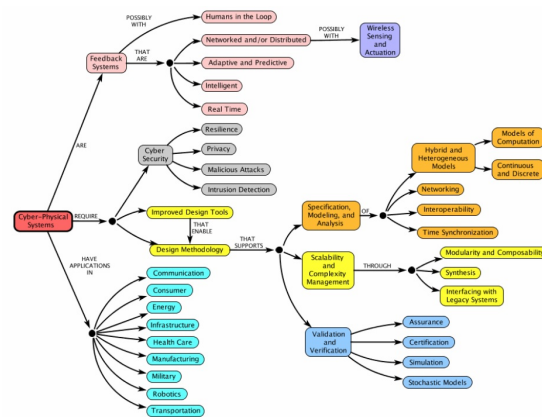


Figura 2. Sistemas ciberfísicos

obtener tecnologías que conecten todo nuestro mundo físico con el mundo de la información. Un sistema ciberfísico implica muchos problemas de seguridad y privacidad desafiantes, pero esto no es lo único importante. Estos sistemas tienen modelos, generalmente matemáticos, los modelos juegan un papel central en todas las disciplinas científicas y de ingeniería.

Los sistemas ciberfísicos buscan tener modelos deterministas, ya que los paradigmas de modelado determinista han demostrado ser útiles para la ciencia e ingeniería. Como las EDO (ecuaciones diferenciales ordinarias). Esto debido a que el determinismo de las EDO ha jugado un papel importante en la revolución industrial y el desarrollo tecnológico del siglo XX. Las EDO deterministas se pueden usar para modelar la dinámica de los sistemas físicos y estudiar su estabilidad y reacción a los insumos. Por ejemplo, los ingenieros civiles usan dichos modelos para predecir cómo se comportarán las estructuras bajo cargas. Los ingenieros aeronáuticos usan dichos modelos para predecir cómo responderá una aeronave a los cambios en sus superficies de control. Los ingenieros mecánicos usan tales modelos para diseñar piezas móviles.

Otro tipo de modelado determinista es la lógica digital síncrona, que abstrae el comportamiento aleatorio y analógico de los circuitos. A pesar de los factores que puedan generar una aleatoriedad en los resultados (ruido térmico, defectos de cristal, variabilidad de fabricación, procesos de difusión, etc.). Los modelos analógicos todavía se utilizan para circuitos en algunas interfaces con procesos físicos (sistemas de muy alta frecuencia, como circuitos de radio y sistemas electromecánicos, por ejemplo).

Las abstracciones subyacentes detrás de la lógica digital síncrona se han extendido al software concurrente por lenguajes síncronos. Los lenguajes síncronos se utilizan en sistemas integrados críticos para la seguridad, como los sistemas de control de aeronaves. Un modelo determinista, junto con implementaciones demostrablemente fieles, produce diseños que son más fáciles de validar y, por lo tanto, más fáciles de certificar.

Además, otro paradigma de modelado determinista son los programas informáticos imperativos de un solo subproceso. Los programadores confían en el determinismo de este modelo para construir programas muy grandes. Además, las fallas que surgen inevitablemente en los programas grandes a menudo se deben a mecanismos que alteran la determinación del modelo, como los hilos. El determinismo de este modelo proporciona una base fundamental para la revolución de la tecnología de la información del siglo XX.

Sin embargo, uno de los principales inconvenientes de los CPS es que conjuga distintas disciplinas, y por desgracia, los modelos que prevalecen en estas disciplinas no se combinan bien, puesto que los lenguajes de modelado tienen disjuntos y semántica incompatibles. La historia de los lenguajes de programación imperativos es instructiva. Las propiedades que socavan el determinismo han sido ampliamente vistas como fallas y corregidas a medida que evolucionan los idiomas. Por ejemplo, el uso irrestricto de punteros en C se ha restringido estrictamente en lenguajes de próxima generación, como Java y C#. El uso indisciplinado de hilos en Java se está corrigiendo hoy en idiomas con gestión de concurrencia activada por eventos, como JavaScript.

IV-B. Presente de los sistemas ciberfísicos

Los sistemas ciberfísicos han pasado de ser un concepto lejano y desconocido a algo que ya se está implementando a diario en la vida de las personas. Son sistemas cuyos componentes se entrelazan con el software mediante un amplio volumen de capas y escalas. La interacción entre sus distintos elementos es crucial y multidisciplinar, beneficiándose de los avances en mecatrónica y cibernética, entre otros avances.

“Los sistemas ciberfísicos ya existentes en muchas compañías se están expandiendo, de forma transversal y vertical. Primero por la facilidad de sensorizar y controlar todos los elementos para optimizar tanto la medición y control, como la planificación de las operaciones industriales, y segundo por la mejora de la integración con otros sistemas y plataformas, como la realidad aumentada, las aplicaciones en movilidad, y las soluciones de optimización y toma de decisiones avanzadas, como para el análisis de tendencias y los sistemas de predicción. Estos conjuntos de trafunciones avanzadas dentro del entorno Industrial se han incorporado a los sistemas tradicionales dando lugar a lo que se conoce como fabricación avanzada” afirma Jaime Cabrera Martínez, Especialista de Producto de Weidmuller.

La automatización industrial es mucho más que clasificadores y transportadores. Hoy, las máquinas pueden aprender del conocimiento y las operaciones, así como del funcionamiento de otros equipos, para mejorar su inteligencia y lograr una prevención de errores efectiva que garantice la eficiencia del sistema e impulse la rentabilidad de los procesos. Sin embargo, en la representación de un sistema físico se pueden encontrar fuentes que generan no determinismo, como lo son; ruido físico, fallas de partes, actuación imperfecta, pérdidas de paquetes, retrasos desconocidos, tiempos de ejecución desconocidos y programación incontrolable. Pero lo que se busca es que un sistema ciberfísico siga un modelo determinista, pues los modelos deterministas han demostrado ser tan útiles. Mejores modelos junto con mejores implementaciones producen determinismo (en el lado del modelado) y alta fidelidad (en la implementación física). Algunos ejemplos de estos sistemas incluyen los vehículos autónomos que no necesitan conductor o los dispositivos y máquinas que realizan la monitorización de un paciente de manera independiente para velar siempre por su salud, entre otros como los siguientes.

■ Proyecto PRET

El proyecto PRET en Berkeley se estableció en 2007, cuyo objetivo de este proyecto fue reintroducir la previsibilidad y la repetibilidad del tiempo adoptando técnicas de optimización arquitectónica para ofrecer mejoras de rendimiento sin sacrificar la previsibilidad y la repetibilidad del tiempo. El enfoque incluye extender las arquitecturas del conjunto de instrucciones (ISA) con control sobre el tiempo de ejecución, demostrando que la previsibilidad y la repetibilidad del tiempo no están reñidas con el rendimiento. La primera demostración concreta de esto fue el PTARM (Precision Timed ARM), un núcleo blando implementado en un FPGA basado en un ARM ISA. PTARM utiliza una tubería entrelazada con hilos para mitigar los efectos de la tubería y un controlador de memoria entrelazado para obtener una latencia determinista de una jerarquía de memoria. lo más importante es que el rendimiento agregado en realidad supera el de un procesador canalizado convencional comparable, siempre que haya suficiente concurrencia en la aplicación para mantener ocupados cuatro subprocesos en todo momento. Este último requisito es mitigado por la última generación de máquinas PRET de las cuales es una extensión de la arquitectura RISC V de código abierto. Esta implementación, llamada FlexPRET, ofrece una arquitectura configurable que puede mezclar funciones duras en tiempo real con temporización repetible y aplicaciones sensibles al rendimiento no en tiempo real. En un extremo de la configuración, el procesador es un RISC V convencional con un rendimiento competitivo, y en el otro extremo es un procesador duro en tiempo real con tiempos precisos y repetibles. Las configuraciones intermedias admiten aplicaciones de criticidad mixta, en el sentido de que puede combinar subprocesos con un comportamiento de temporización acorazado con subprocesos que utilizan de manera oportunista los ciclos restantes. Esta arquitectura se implementa utilizando Chisel y se implementa como un núcleo blando FPGA y un simulador de precisión de ciclo C ++. las máquinas PRET combinan varias ideas, para dar a los programadores control sobre el tiempo. Primero, usan una tubería entrelazada con hilos para habilitar el tiempo determinista en la tubería. En segundo lugar, aprovechan el paralelismo en los diseños de memoria DRAM para intercalar los accesos, a fin de permitir latencias deterministas. En FlexPRET, el uso de estos mecanismos deterministas es opcional y presumiblemente se realiza solo para aquellos hilos para los cuales el tiempo determinista es esencial. En tercer lugar, la gestión de la jerarquía de memoria, se realiza en software en lugar de en controladores de caché de hardware. Cuarto, las máquinas PRET también son susceptibles de un análisis preciso del tiempo de ejecución en el peor de los casos (WCET), además, puede limitar el impacto en tiempo real de las E / S impulsadas por interrupciones, y puede mezclar tareas críticas de seguridad en tiempo real con computación de propósito general al tiempo que garantiza el aislamiento. Las máquinas PRET traen una serie de beneficios, ya que permiten programas con tiempos repetibles, lo que mejora la seguridad de que un sistema implementado se comportará en el campo

como lo hizo en las pruebas. Además, de que permiten el reemplazo de hardware sin requerir la recertificación del software.

■ **Proyecto Ptides**

El proyecto PTIDES se centra en el desarrollo de un modelo de programación para sistemas distribuidos en tiempo real y el estudio de algoritmos que pueden verificar estáticamente si un modelo cumple con los requisitos de tiempo especificados en una red de sistemas distribuidos. Como con cualquier modelo, un modelo de Ptides es fiel a una realización física, bajo unas características específicamente, para que un modelo de Ptides sea fiel, la realización física debe satisfacer los siguientes supuestos: 1. Los relojes se sincronizan con un límite conocido en el error de sincronización. 2. Cada canal de comunicación tiene un límite conocido en su latencia. 3. El tiempo que toma cualquier cálculo que pueda afectar el mundo físico tiene un límite conocido. En un modelo Ptides, los sensores y actuadores conectan los mundos cibernético y físico, en donde el mundo físico se representa en el modelo que utiliza el tiempo newtoniano idealizado con una tolerancia igual al error de sincronización del límite del reloj. Y por el lado cibernético, se supone que cada plataforma que realiza el cálculo tiene un reloj que está sincronizado con todos los demás relojes del sistema. Cuando un sensor toma una medida, la medida se convierte en un evento, con su marca de tiempo como la hora de la plataforma local en la que se toma la medida. Si un modelo de Ptides es programable en una realización particularmente física y si la realización física ofrece un error de sincronización de reloj limitado y latencias de comunicación limitadas, entonces la realización física será fiel al modelo determinista de CPS. Por lo tanto, podemos concluir sobre las máquinas Ptides como, un modelo de programación que explota protocolos de sincronización de tiempo como IEEE 1588, que proporcionan una noción global de tiempo físico en sistemas distribuidos. PTIDES utiliza modelos de eventos discretos (DE) como especificaciones de programación para sistemas distribuidos en tiempo real. En el modelo de cómputo DE, los componentes de software se comunican a través de eventos con marca de tiempo. Nos referimos a los valores de las marcas de tiempo como "tiempo modelo". Se usa el tiempo del modelo para definir la semántica de ejecución y agregar restricciones que unen ciertos eventos de tiempo del modelo al tiempo físico. Se limita la relación entre el tiempo modelo y el tiempo físico solo a aquellas circunstancias en las que se necesita esta relación.

■ **Batería virtual**

La batería es uno de los componentes más importantes de un vehículo eléctrico o híbrido. La incertidumbre en la conducción, la fiabilidad de las baterías y la vida útil son preocupaciones de seguridad, todos los desafíos que deben superarse para lograr una adopción más generalizada de vehículos eléctricos.

Para enfrentar los desafíos y la creciente demanda de vehículos eléctricos e híbridos en los últimos años, la batería se ha vuelto cada vez más importante. Por lo tanto, se requiere de completa comprensión del rendimiento dinámico de las baterías bajo varias condiciones que son de importancia. Sin embargo la condición de funcionamiento de las baterías incluye varios factores relevantes como temperatura ambiente, humedad, estilo de conducción, nivel de carga, velocidad de descarga y condiciones del camino. Para esto se debe comprender un modelo de batería que proporcione capacidades para la evaluación de la salud, a través de la simulación del rendimiento bajo diferentes condiciones. Además, utilizando un modelo de batería de este tipo, la funcionalidad de una batería fabricada puede ser realimentada por los proveedores de diseño y fabricación para reconocer el potencial impacto del diseño y mejora del proceso de fabricación sobre el rendimiento de la batería.

La plataforma de gestión y pronóstico incluye algoritmos para el estado de carga y el estado de estimación de la salud y clasificación del comportamiento de conducción. Actualmente, la mayoría de los modelos de baterías se enfocan en individuos celdas de la batería, o en el paquete de la batería sin incluir la detallada dinámica dentro de la batería. Sin embargo, todos los componentes en una batería están asociados entre sí. Las interacciones entre todas las celdas, conductores, BMS y temperatura ambiente desempeñarán un papel importante en el rendimiento de la batería y merece un estudio integrado. Por otra parte, la práctica de fabricación fuertemente impactó en las condiciones de aplicación de la batería y el comportamiento del usuario. Por lo tanto, se necesita un marco simulado que es capaz de ejecutar las funciones discutidas anteriormente por integrando varios modelos para emular el multicambios en los parámetros y entradas de la batería e investigar sus impactos en la funcionalidad de la batería. Una "batería virtual"^{es} un modelo ciberfísico resultante de fusionar la nueva tecnología de batería con inteligentes herramientas que permiten proporcionar las siguientes soluciones; Habilitar herramientas de pronóstico para transformar datos en salud información sobre salud, confiabilidad y operacional disponibilidad del sistema de batería.

■ **Mayor conectividad de dispositivos médicos**

Además de la confianza que cada vez más dan los softwares, los dispositivos médicos están cada vez más equipados con redes costosas. Los dispositivos médicos interconectados efectivamente, forman un sistema distribuido de dispositivos médicos de mayor escala y complejidad que se debe diseñar y validar adecuadamente para eficacia segura y seguridad del paciente. Hoy en día la capacidad de la red en los dispositivos médicos se utiliza principalmente para el monitoreo de los pacientes (a través de la conexión local de dispositivos individuales a monitores de pacientes integrados o para monitoreo remoto en una configuración de tele-UCI) y para la interacción electrónica de los registros de salud para almacenar los datos de cada paciente.

Las capacidades de la red en la mayoría de los dispositivos médicos actuales tienen una funcionalidad limitada y tienden a depender de propietarios protocolos de comunicación ofrecidos por los principales proveedores. La iniciativa de la interoperabilidad es un esfuerzo relativamente reciente que tiene como objetivo proporcionar un marco de estándares abiertos para la seguridad e interconectividad flexible de dispositivos médicos, con el fin de demostrar la seguridad del paciente y la eficiencia de la atención médica, adicionalmente para desarrollar estándares de interoperabilidad.

Un ejemplo donde se puede ilustrar como puede ser la seguridad del paciente mejorado gracias a estos sistemas, es la interacción entre una máquina de rayos-X y un ventilador. A menudo los médicos requieren de tomar rayos-X durante la cirugía, por ejemplo a los pulmones, si bajo el procedimiento el paciente se le aplica anestesia oral, el paciente respira con la ayuda de un ventilador, y este impide que se tomen las imágenes de rayos-X sin que produzca un desenfoque, al mover los pulmones el ventilador debe pausarse y luego reiniciarse es ahí donde en algunos casos el ventilador no reinicia y lleva a la muerte del paciente. Por lo general, hay suficiente tiempo para tomar una imagen de rayos X en el final del ciclo de respiración, cuando el paciente tiene fin-Se exhala exhalando hasta el comienzo de la siguiente inhalación. Esta el enfoque requiere que la máquina de rayos X sepa con precisión cuando el caudal de aire se acerca lo suficiente a cero y el momento en que comienza la próxima inhalación. Entonces, puede tomar la decisión de tomar una foto si es suficiente tiempo retrasos en la transmisión en cuenta - está disponible.

V. FUTURO DE LOS SISTEMAS CIBERFÍSICOS

Entrando ya en la cuarta revolución industrial, impulsada por la evolución de las nuevas tecnologías y sus aplicaciones en la nube, Big Data e internet de las cosas; una revolución que representa el futuro de la fabricación, a veces llamada industria 4.0, esta revolución está ocurriendo en varias etapas durante un período de 10 o incluso 20 años. Pero no nos engañemos, el resultado parece ser revolucionario desde el punto de vista actual.

Las instalaciones de producción del futuro serán modulares y mucho más flexibles que las fábricas actuales. Esto será posible gracias a la utilización de procesadores miniaturizados, unidades de almacenamiento, sensores y transmisores que se integran en casi todos los tipos imaginables de máquinas, productos y materiales, así como herramientas y un nuevo software para los flujos de datos de fabricación. Todas estas innovaciones permitirán a productos y máquinas, comunicarse uno con el otro. Como tal, un producto que está en proceso de ser fabricado llevará a una memoria digital de producción integrada en él desde el principio, para así comunicarse con su entorno en cada etapa de su proceso de producción. De esta forma, el producto se convierte en un sistema cibernético físico que permite que el mundo real y el mundo virtual se fusionen.

Asimismo en los sistemas ciberfísicos de la salud, donde se espera llegar a monitorear los pacientes constantemente de esta manera prevenir accidentes como por ejemplo la distracción de una enfermera de turno en el momento más impreciso o conectar el marcapaso de una persona a dispositivos que avisen si algo falla y poder atacar esto inmediatamente previniendo el riesgo, y con el objetivo claro de alargar la vida promedio del humano. El resultado final será que las tecnologías del futuro puedan optimizar y controlar sus procesos de una forma mucho más flexible que hoy en día. Sin embargo, aunque ya existen algunos elementos de la fábrica 'inteligente', los expertos también coinciden en que se necesitarán aún algunos años para llegar al punto de la automatización casi completa.

Además del cambio en los procesos, también deberá surgir un cambio en los trabajadores, nuevos contratos, empleos diferentes a los actuales; y para esto el trabajador debe adaptarse a los nuevos requisitos de la gestión del conocimiento; esto no quiere decir que las compañías no vayan a requerir del trabajo físico, solo que requerirán un conocimiento más profundos y de mayor habilidades para ejecutar y administrar sistemas cada vez más interconectados dentro del proceso de la fábrica y la fabricación. Es decir no se prescindirá de los trabajadores, ya que estos tendrán una labor más conjunta con otros departamentos en el mismo ciclo de producción, en una planta física suportada por un sistema informático, en el que se abarca desde la retroalimentación de diseño y consultoría para la cadena de suministro de optimización e integración de la experiencia del cliente. En consecuencia, esta nueva función exigirá a los empleados que estén más conectados, tanto a la

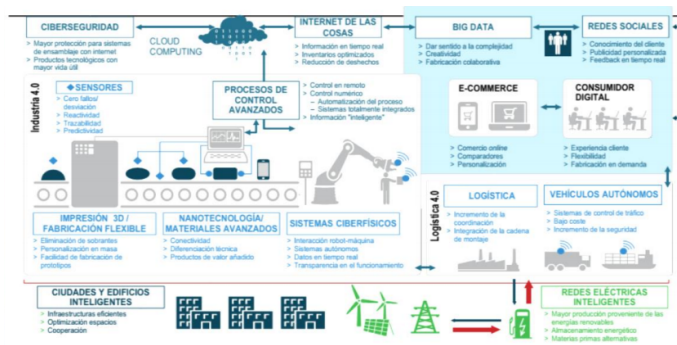


Figura 3. La revolución industrial en las compañías

tecnología como en la comunicación entre ellos mismos. Lo que les permitirá apoyar el diseño más inteligente de operaciones, mantenimiento y así, aportar mayor calidad de servicio y seguridad.

Por otro lado, los sistemas ciberfísicos también pueden ser aprovechados para derribar barreras en la transferencia de información, ya sea en una comunicación o en un flujo de datos. Este entorno de producción creado por estas tecnologías de la comunicación se ampliará más allá de las máquinas e instalaciones en las plantas de fabricación a fin de incluir otros sistemas y áreas de negocio.

Por ejemplo, la conexión de un sistema de planificación de recursos empresariales (ERP) para el sistema de ejecución de fabricación (MES) significa ser capaz de vincular la gestión de la logística de materiales, planificación de personal y los cálculos de los costos con el control de la operación de producción.

En el futuro además será importante que las empresas tengan una interacción más cercana con sus clientes, ya que ellos pueden convertirse en una fuente de información sobre las necesidades de las personas, y sobre si los productos en el mercado ya suplen esas necesidades, con lo cual la empresa podrá aprovechar esa información en su beneficio para poder evolucionar y adaptarse. Y así las empresas ser cada vez más ágiles y sensibles a las demandas del usuario final, al poder reaccionar más rápido a los cambios y a las necesidades del mercado. Es decir, las empresas del futuro deben ser capaces de incorporar los comentarios y las tendencias directamente en el proceso de diseño. Esto significa ser capaces de vincular esas fuentes de datos durante todo el proceso de desarrollo. Como tal, las empresas pueden hacer trabajar a los clientes para la empresa (no directamente), como se menciona en el libro los recursos de información, involucrando a sus clientes más de cerca en el proceso de producción. Gestionar este proceso de retroalimentación correctamente, permitirá a un fabricante individualizar su producción incluso para los volúmenes más pequeños, conservando aún, una productividad óptima, optimizando así la producción de series con múltiples variantes.

VI. APLICACIÓN SISTEMAS CIBERFÍSICOS DENTRO DEL CAMPUS DE LA UNIVERSIDAD.

Las investigaciones de los CPS revelan numerosas oportunidades y desafíos en ramas como la medicina e ingeniería biomédica, entre estos están, salas y hospitales inteligentes, cirugía y terapia guiadas por imágenes, control de flujo de fluidos para medicamentos y ensayos biológicos, control de datos personales para la optimización de consultas y tratamientos, entre otras. El cuidado de la salud dependen cada vez más de dispositivos y sistemas médicos que están conectados mediante una red, por ello se requiere que estos estén dinámicamente configurados, distribuidos y puedan interactuar con pacientes, doctores y enfermeros en entornos complejos donde se debe asegurar confiabilidad, privacidad y preservar el cuidado de la salud para ello se implementará los sistemas de salud integral donde se realice un manejo de los datos de salud heterogéneos capturados a partir de múltiples fuentes mediante un CPS de cuidado de la salud y utilizando las tecnologías de nube para grandes volúmenes de datos, llamado MPCPS.

El dominio de MPCPS ofrece un conjunto único de desafíos distinto a cualquier otro dominio CPS. El área de los MPCPS se basa en sufrir una transformación sustancial, tanto en términos de expectativas de los médicos y cuidadores, presentando también grandes oportunidades para la investigación con gran impacto práctico. Actualmente las capacidades de los dispositivos médicos se utilizan principalmente para el monitoreo íntegro en los pacientes o remotos, asimismo para la interacción de registros electrónicos de salud y almacenarlos; como por ejemplo,

- Las enfermeras generalmente se preocupan por múltiples pacientes a la vez y pueden distraerse en cualquier momento, el cual puede llegar a ser de relevante, para esto usando un controlador automático para proporcionar monitoreo continuo

del estado del paciente y manejo de situaciones de rutina serían un gran alivio para el cuidador y mejorar la atención y seguridad del paciente.

- El uso del control automático en escenarios clínicos plantea lo que está en juego para las aplicaciones del control en medicina para pacientes con enfermedades complicadas de tratar lo cual puede implicar la aplicación de varios tratamientos simultáneamente, esto afecta varios sistemas del cuerpo en formas complicadas y a menudo insuficientemente entendidas; para esto los métodos de control teórico diseñados para operar disminuye la alta incertidumbre paramétrica, como supervisión.

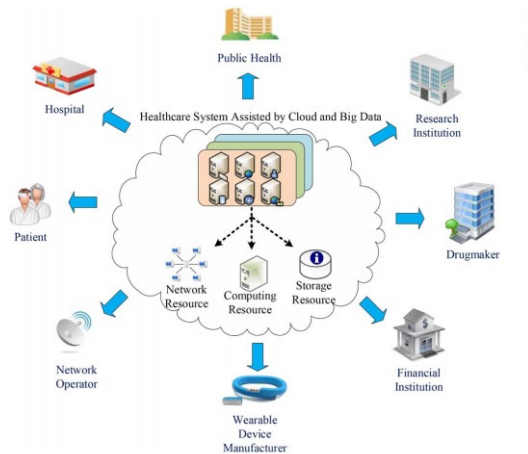


Figura 4. sistema ciberfísico de salud

Para proporcionar un servicio conveniente y un entorno de la asistencia sanitaria, proponemos a partir del sistema Health-CPS un sistema ciberfísicos aplicado al campus de la uis, este es un sistema para aplicaciones y servicios de salud centrados en el paciente construido en la nube implementado para análisis de big data. Este sistema consiste en una capa de recolección de datos, una capa de gestión de datos para almacenamiento distribuido, computación paralela y una capa de servicio orientada a datos. Debido a que la universidad industrial de Santander cuenta con más de 20.851 estudiantes matriculados los cuales deben pertenecer a una entidad promotora de salud, estos también pueden acceder a los servicios médicos prestados por la institución, sin embargo no existe una comunicación directa entre estas entidades y la uis, por lo tanto la implementación de un sistema ciberfísico en el cual se implemente el uso del control automático en los escenarios clínicos de cada persona, lo que nos permite un monitoreo continuo del estado del paciente y manejo de situaciones de rutina serían un gran alivio para el cuidador y mejorar la atención y seguridad del paciente.

Utilizando tecnologías en la nube se requiere establecer una conexión entre todas las eps e instituciones médicas legales, dirigida para cada paciente, con la idea de facilitar y mejorar el trabajo para cada doctor, enfermero, entre otros; para ello se enlazará las historias clínicas y los aspectos más importantes para tener en cuenta en cada paciente con el objetivo de tener un control más favorable y tener un seguimiento de sus expedientes médicos más inequívoco al momento de tomar decisiones del futuro, como recetar medicamentos, hacer algún procedimiento, entre otros. Asimismo las entidades promotoras de salud tendrán acceso a los respectivos dictámenes médicos que fueron ejecutados en la propia institución.

Igualmente muchos estudiantes requieren de la cercanía y facilidad de ir a consultas médicas en el campus, por lo cual prefieren seguir sus tratamientos medicinales u odontológicos con estos doctores, por lo cual es necesario ver el historial médico que llevaba y a pesar de que el paciente debe tener esto, presenta más comodidad el acceso de cualquier doctor a la nube y obtener esta información de inmediato, de esta manera puede seguir llevando el tratamiento, conociendo todos los riesgos existentes, medicamentos, resultados de exámenes médicos, etc. En conclusión brinda una mejora en la atención asegurando que esta sea más inequívoca y factible para los estudiantes.

VII. CONCLUSIONES

Este artículo trata sobre la historia de los sistemas ciberfísicos y la importancia de estos en la revolución industrial 4.0. Para esta se han requerido de mejores modelos y se ha enfatizado que estos no deban combinarse con lo que se está modelando, lo que tiende a ser un error demasiado común entre los ingenieros. Analizando los modelos no deterministas y los deterministas, estos últimos han demostrado ser extremadamente útiles e incluso forman el eje de la revolución industrial y las revoluciones

de la tecnología digital y de la información. Sin embargo, los sistemas ciberfísicos combinan estos modelos de tal manera que no se conserva el determinismo.

Asimismo en este artículo se da el concepto de sistemas ciberfísicos, que se introdujo en una palabra y ha venido reuniendo las expectativas de las nuevas tendencias en la industria, como el internet de las cosas y la industria 4.0. Se hace una breve introducción de manera histórica sobre la evolución de estos sistemas, la manera en que surgieron, como se ven implementados en la actualidad y como se proyectarán en unos años, siempre recalcando la gran importancia que han obtenido.

Las grandes tecnologías de datos han sido y son desarrolladas gradualmente y se utilizarán en todas partes. El dominio de sistemas ciberfísicos médicos (MCPS) es cada vez más común y ofrece un único conjunto de desafíos, distinto de cualquier otro dominio de sistemas ciberfísicos. Esta área consta de sufrir una transformación sustancial, tanto en términos de expectativas de los médicos y cuidadores de lo que MCPS puede hacer para ellos, lo cual presenta grandes oportunidades para la investigación.

Para ejemplificar esto ingeniamos una manera de implementar dentro del campus de la universidad Industrial de Santander y para ello requerimos el uso de tecnologías potentes para el diagnóstico médico centrado en el paciente, en la prevención, la predicción y tratamiento de estos.

REFERENCIAS

- [1] P. Arroyo, "Industria 4.0 - Sistemas Ciber-Físicos - Cantabria TIC", Cantabria TIC, 2019. [Online]. Available: <http://www.cantabriatic.com/industria-4-0-sistemas-ciber-fisicos/>. [Accessed: 09- Aug- 2019].
- [2] "Cyber-Physical Systems - a Concept Map", Ptolemy.berkeley.edu, 2019. [Online]. Available: <https://ptolemy.berkeley.edu/projects/cps/>. [Accessed: 09- Aug- 2019].
- [3] [3]E. Lee, "The Past, Present and Future of Cyber-Physical Systems: A Focus on Models", 2019. .
- [4] "Recent Advances and Trends of Cyber-Physical Systems and Big Data Analytics in Industrial Informatics", 2019.
- [5] K. Cudríz, F. Tarazona, A. Arboleda, D. Aldana and L. Salazar, "Sistema Ciber-Físico de una CNC para la producción de circuitos impresos", *Revistas.eia.edu.co*, 2019. [Online]. Available: <https://revistas.eia.edu.co/index.php/mem/article/view/826>. [Accessed: 09- Aug- 2019].
- [6] I. Lee and O. Sokolsky, "Medical Cyber Physical Systems."
- [7] "Health-CPS: Healthcare Cyber-Physical System Assisted by Cloud and Big Data - IEEE Journals Magazine", *Ieeexplore.ieee.org*, 2019. [Online]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7219371/>. [Accessed: 09- Aug- 2019].
- [8] "Cyber-Physical Systems: A New Frontier - IEEE Conference Publication", *Ieeexplore.ieee.org*, 2019. [Online]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/document/4545732/>. [Accessed: 09- Aug- 2019].
- [9] "Sistema Ciber-Físico de una CNC para la producción de circuitos impresos. [online] Available at: https://www.researchgate.net/publication/291334530_sistema_ciber-fisico_de_una_cnc_para_la_produccion_de_circuitos_impresos[Accessed 2019].
- [10] "The Case for the Precision Timed (PRET) Machine - IEEE Conference Publication", *Ieeexplore.ieee.org*, 2019. [Online]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/document/4261184>. [Accessed: 10- Aug- 2019].