

Blockchains with Artificial Intelligence and Others Technologies a Survey

José de Jesús Angel Angel
Depto. Ciencias Básicas Facultad de
Ingeniería
Universidad Anáhuac Norte
Huixquilucan Edo. México, MEXICO
jose.angel@anahuac.mx

Abstract— This article aims to start from the properties of technologies, blockchain, artificial intelligence, internet of things, and the cloud. Explore the possibilities of combining them and solve practical problems. What are blockchains, who is artificial intelligence, where is the cloud and how the internet of things are the basis of what we call global integration. We give a position to future integrations as well as a review of what is currently published.

Keywords— *Keywords; block chain; Artificial intelligence: Internet of things, the cloud*

Resumen Este artículo tiene por objeto a partir de las propiedades de las tecnologías, cadena de bloques, inteligencia artificial, internet de las cosas, y la nube. Explorar las posibilidades existentes de combinarlas y resolver problemas prácticos. El qué son las cadenas de bloques, el qué es la inteligencia artificial, en dónde es la nube y el cómo el internet de las cosas son la base de lo que llamamos integración global. Damos una postura a futuras integraciones así como una revisión de lo publicado en la actualidad.

Palabras clave; cadena de bloques; Inteligencia artificial: Internet de las cosas, la nube.

I INTRODUCCIÓN

Las cadenas de bloques se dieron a conocer con la creación de BitCoin [1] la primera moneda virtual. Esta moneda virtual tiene por objeto hacer intercambio de valor asociado a una transacción que se lleva a cabo por lo menos dos entidades que llamaremos nodos. Entre las principales características de BitCoin está el anonimato de los nodos, que de hecho son pares de claves una privada y otra pública existentes en la criptografía asimétrica. Así también, la descentralización de sus operaciones, esto es: no depende de una autoridad que certifique las operaciones. Quizá la mayor aportación de Bitcoin es el procedimiento de consenso, en el caso de BitCoin se denomina prueba de trabajo (Proof-of-the-Work), un procedimiento que sin el conocimiento de la identidad de los nodos permite decidir que una transacción es genuina, particularmente resuelve el problema del doble gasto, es decir que solo sea posible gastar una cantidad de BitCoins una sola vez. Lo que hace posible a Bitcoin ser la primera moneda virtual operante [2][1]. En la actualidad existen muchas monedas electrónicas que ofrecen alternativas en sus algoritmos y servicios. La estructura de datos de BitCoin se le conoce como una cadena de bloques (Blockchain denominado BC) y se define como un libro de registro de transacciones, distribuido, descentralizado y seguro.

La Inteligencia artificial [3], aunque se conoce al menos de nombre desde hace más de 60 años aún no se tiene una definición concentradora quizá debido a lo extenso del alcance de su mismo nombre, pero si se conocen diferentes

área que la componen, donde abarca áreas como aprendizaje, razonamiento, toma de decisiones, entendimiento, generación de conocimiento, es decir duplicar características que los humanos tienen por un sistema computarizado o un software. En términos más técnicos se conocen como: machine learning, expert systems, fuzzy logic, etc. En la actualidad la inteligencia artificial está involucrada en muchas áreas de aplicación, el procesamiento de información no es la excepción, y la podemos encontrar en algoritmos de búsqueda, algoritmos evolutivos, algoritmos con árboles de decisión, etc. La inteligencia artificial la denotamos como IA.

Por otra parte, otras tecnologías como Internet de las cosas [4][5] (IoT, por sus siglas en inglés) se refiere a poder conectar no solo computadoras o teléfonos por internet, que en realidad son usadas por usuarios. IoT permite que otros dispositivos como : autos, sensores, aparatos domésticos, puedan conectarse por Internet. Por ejemplo una fábrica puede tener conectados diferentes áreas de producción por medio de sensores, conociendo de inmediato algún retraso o falla del sistema. Entre las “cosas” que más se han podido conectarse actualmente, son los sensores. Un sensor es un dispositivo electrónico que toma medidas del ambiente y la convierte en información, ésta es transmitida por internet y se procesa en un servidor que la convierte en información valiosa. Existen sensores lectores de temperatura, lectores de humedad, lectores de partículas contaminantes, lectores de movimiento, etc., pero también hay lectores de oxígeno, de presión, de diferentes medidas médicas del cuerpo, etc. En muchas áreas es posible usar IoT, cualquier dispositivo que proporcione información y pueda ser transmitida por Internet es una potencial aplicación.

Finalmente, también se ha incrementado el uso de la nube [6] (cloud, denominada así en inglés) esto es una colección de servidores que se interconectan, y proveen servicios como almacenamiento de información, administración de datos, ejecución de código, etc. El almacenamiento y procesamiento de una gran cantidad de datos, permite desde la disponibilidad de información, hasta la ejecución de análisis de datos.

Entonces es natural preguntar si hay la posibilidad de intersección entre las cadenas de bloques, la inteligencia artificial, el Internet de las cosas y la nube. En este escrito hacemos una revisión de algunas opciones que se han publicado y otras que pueden llegar pronto.

El artículo está organizado de la siguiente manera: en II, recordamos de manera concreta las características de las cadenas de bloques, en III hacemos lo mismo para la Inteligencia artificial, en IV le toca a Internet de las cosas y en V damos la idea de la nube (The cloud). En VI mencionamos algunas tecnologías relacionadas. En VII describimos la intersección de la IA y BC. En VII revisamos

la literatura de IoT y BC. IX hacemos lo propio para IoT, BC y la nube. En X argumentamos futuras integraciones aplicaciones y en XI damos algunas conclusiones, XII es la bibliografía.

II BLOCKCHAINS

Como un punto de partida las cadenas de bloques las podemos ver como un conjunto de algoritmos criptográficos que hacen funcionar a BitCoin. Los algoritmos criptográficos a considerar son: las funciones hash, la firma digital, el sello de tiempo, el árbol de Merkle, y el algoritmo novedoso en BitCoin es proof-of-the-work, que es un procedimiento de consenso. Bitcoin, trabaja de la siguiente manera: cada usuario (nodo) tienen un programa llamado cartera, este programa genera un par de claves para firma digital (ECDSA para Bitcoin, la firma digital que usa el algoritmo DSA (Digital Signature Algorithm) que usa curvas elípticas), este par de claves no se asocia a una identidad, es decir los nodos son anónimos. Además la cartera contienen la cantidad de Bitcoins, que el nodo tiene para realizar comprar o pagos, estas transferencias las llamaremos transacciones. Existe ya una cadena sucesiva de bloques, el último bloque está enlazado con el bloque anterior, por el valor hash de éste bloque, además contiene la información de la raíz de la estructura de un árbol de Merkle, la estampa de tiempo de su creación, un nonce (número asociado a ese bloque por una vez). El árbol de Merkle se construye cada periodo de tiempo definido, y contiene todas las transacciones que se llevaron a cabo durante ese periodo de tiempo. Cada transacción es firmada por quien envía el valor a otro nodo, una vez que se construye el árbol opera el método de consenso. Este proceso, consiste en exponer un concurso a todos los nodos interesados llamados mineros, los mineros calculan valores hash del nuevo bloque con una condición, esta condición exige que el valor hash inicie con una cantidad predefinida de ceros, éste es el nonce asociado. Quien gana el concurso es recompensado con una fracción de bitcoins. Una vez, hecho esto se añade el nuevo bloque a la cadena. Cada nodo contiene una copia de toda la cadena actualizada.

A. Doble Gasto

La primera cadena de bloques conocida fue BitCoin, una moneda virtual que apareció en 2008 [1]. Uno de los principales problemas para hacer uso de una moneda virtual es el que se conoce como doble gasto, quiere decir: una moneda física solo puede gastarse una vez ya que el elemento físico cambia de dueño. Sin embargo en el mundo virtual una moneda es una cadena de bits, por ejemplo un número, pero esta cadena de información puede multiplicarse tantas veces como uno quiera y la copia es exacta sin distinguir en el original y la copia. En BitCoin existe un mecanismo que permite hacer a las transacciones como únicas, el valor de esa transferencia no pueda ser usado otra vez, ese mecanismo se llamó prueba de trabajo (proof of the work). Se dice: que para alguien que quiera gastar dos veces sus bitcoins debería de hacer un trabajo superior al hecho por los mineros, lo que es imposible, por lo tanto, la transacción solo se realizará una sola vez y será clasificada como genuina.

B. Cadenas de Bloques

Entonces una cadena de bloques es una sucesión de transacciones, que son pequeños archivos firmados y

autenticados, ligados con el hash de su antecesor y sucesor. De hecho los pequeños archivos pueden ser solo la raíz de un árbol de Merkle con cientos o miles de transacciones, como el caso de BitCoin. A demás cada transacción es hecha por un nodo que se identifica solo por un par de claves, por lo que es anónima. Algunas características de las cadenas de bloques (BC) las enunciamos en seguida [7] [8][9].

a) *Permanente*: las transacciones agregadas a la cadena de bloques no pueden ser modificadas.

b) *Descentralizada*: No existe un ente central que verifique las transacciones. Estas son creadas y añadidas por la misma red de nodos.

c) *Consensual*: Las transacciones son creadas independientemente y verificadas por un consenso que realizan los mismos nodos de la cadena, en este proceso son llamados mineros y usan el poder de cómputo como medio de verificación.

d) *Trnasparente*: Cualquier nodo puede verificar que cualquier transacción es genuina cuando sea necesario.

Otras características de las cadenas de bloques:

e) *Adaptables*: Las transacciones de BitCoin pueden ser adaptadas a otro tipo de aplicación para que las cadenas de bloques sean usadas en múltiples soluciones. Por ejemplo en lugar de una sola transferencia de valor de un nodo a otro, puede ejecutarse código donde se cumplan las cláusulas de un contrato, lo que permite convertirse en un contrato inteligente. Así mismo la transacción puede convertirse en una receta médica lo que permite que una cadena de bloques se convierta en un archivo de historiales médicos.

f) *Infalsificables*: no puede ser falsificable una transacción, por ejemplo esto permite que las cadenas de bloques puedan ser usadas para generar documentos que se requiera no ser falsificados, como certificados de estudios, pasaportes, boletas de votos, etc.

III INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Seguro la Inteligencia Artificial (IA) [10] [11] es una de las disciplinas tanto más prometedoras como más complejas. Desde hace ya muchos años se sueña con duplicar la inteligencia humana ya sea en un robot, en una computadora, o en un dispositivo. Desde sus inicios la inteligencia artificial ha tenido muy diversas formas de interpretarse. Quizá la manera más natural de definir la IA es describiendo las características que hace diferente al humano de otro ser vivo, como el aprendizaje (computación evolutiva, aprendizaje automático), el razonamiento (razonamiento probabilístico), la toma de decisiones (árboles decisión, lógica difusa), la solución de problemas etc. Entonces pensar en un robot, o un programa de computadora que emule estas características.

Incluso, la inteligencia artificial ha entrado en casi toda rama del conocimiento. En informática, en robótica, en medicina, en la milicia, en procesamiento de imágenes, etc. En estas áreas se toma decisiones que pueden ser llevadas a cabo por algoritmos complejos que entran ya en el campo de la inteligencia artificial.

Es por lo tanto, en gran parte de los quehaceres del hombre es inevitable enfrentarse con la inteligencia artificial.

IV INTERNET DE LAS COSAS

Internet de las Cosas (IoT) [4][5] por sus siglas en inglés, ha llegado a ser una de las tecnologías más prometedoras. Conectar no solo los dispositivos como la PC o el teléfono, sino además agregar cualquier otro que pueda hacerlo, esto tiene un gran potencial de aplicaciones. Conectar casi cualquier cosa, en cualquier momento, con cualquier plataforma, hace que IoT llegue a ser una de las mejores alternativas para mejorar la calidad de vida. Sin embargo aún falta algunos problemas por resolver. El modelo Cliente-Servidor parece no ser suficiente para satisfacer los enormes retos que puedan permitir hacer realidad el gran potencial de IoT. Por ejemplo: Internet es una conexión centralizada, es posible que la descentralización haga realidad que Internet sea masivo e incrementaría su potencial. Otra carencia de IoT que precisamente complementa BC en ciertos escenarios, es la seguridad [12], las funciones criptográficas pueden hacer a las conexión de IoT más seguras.

Además, IoT por tratarse de una conexión masiva de dispositivos, es de manera natural el origen de una gran cantidad de datos que deben de ser analizados por técnicas en BigData.

V THE CLOUD

The cloud (la nube), es la tecnología que principalmente almacena y procesa información en una memoria y procesador que no es una PC o una computadora local. Esto permite poder tener acceso y procesar la información de cualquier lugar. En la actualidad este servicio es ofrecido por algunas empresas como Microsoft Azure, Amazon Web Services, Google Cloud, IBM Cloud, etc.

VI OTHERS THECNOLOGIES

Además de lo ya escrito podemos citar algunas otras tecnologías de la información como BigData, que se puede entender como el análisis de gran cantidad de datos para obtener resultados importantes. Tanto en IoT como en la nube de manera natural se captarán gran cantidad de datos que pueden transformarse a información relevante.

La conexión de BigData con la inteligencia artificial es inevitable. La gran cantidad de datos no puede ser mejor analizados con algoritmos complejos, la probabilidad es de gran importancia y es base para poder filtrar los datos importantes y poder tomar las mejores decisiones. Desde el análisis Bayesiano hasta Cadenas de Markov, el método de Monte Carlo son básicos en BigData.

BigData y BC se integran inicialmente al agregar las características de seguridad de BC a una gran cantidad de datos, la integridad de la información, la anti-falsificación, etc. Dan excelentes propiedades a una gran cantidad de datos.

Otra tecnología muy eficiente son los RFID (Radio Frequency Identification), en principio transmite información de una etiqueta fácilmente transportable por medio de radio frecuencias. Se conoce que es posible adaptarlo a IoT de manera natural, entonces debe de jugar un papel importante en algunas aplicaciones. Se a comenzado a usar UHF RFID (Ultra High Frecuency) con algoritmos de aprendizaje automático, es muy probable que nuevas generaciones de RFIDs puedan adaptar otros algoritmos y sean un complemento adecuado para mejorar muchas aplicaciones existentes.

Los sensores, como su nombre lo dice reemplazan las propiedades de los sentidos humanos, entonces pueden leer y transmitir información. Actualmente los sensores son las principales cosas en IoT.

VII INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y BLOCKCHAINS

IA combinar las diferentes tecnologías existen una variedad que solo la mente humana puede limitar. No existe una sola línea de investigación en la combinación de tecnologías. De manera natural pueden predecirse algunas combinaciones, pero no es determinante.

En [13] los autores reportan un análisis del comportamiento del valor de BitCoin, usan técnicas de IA como Machine Learning (ML), Support Vector Machines (SVM) y Artificial Neural Networks (ANN), técnicas que se han usado para analizar mercados financieros. En este caso se compara el análisis del valor de BitCoin con la variación del precio del oro y la plata. Sin duda este tipo de análisis sirve para la toma de decisiones de los inversionistas.

En [14] se propone IA para la verificación de un contrato inteligente. Un contrato inteligente generaliza a BitCoin, en éste un comprador elige un producto y le paga al vendedor, ahí termina el contrato. En un contrato más complejo existen diferentes condiciones que deben cumplirse con el tiempo. Por ejemplo, una cláusula del contrato aplica un interés si el comprador no cumple con el pago en la fecha establecida. Este es ejecutado por un código de programación, generalmente basta con una instrucción condicional. El contrato se ejecuta de manera automática dependiendo de las condiciones. Es posible entonces ejecutar un software que verifique que el contrato se ejecute de la manera esperada.

La referencia [15] igualmente incorpora la IA en BC en contratos inteligentes, se hace un especial recuento de diferentes aplicaciones que ya existen, SingularityNET, Ethereum, y Artificial General Intelligence, Numeraire, ERC-20 (Ethereum Request for Comments 20), etc. Realiza una revisión de diferentes autores que combinan diferentes ámbitos, principalmente de los contratos inteligentes, métodos de consenso y Token.

En [16] y [17] se hace una muy buena exposición de las diferentes características tanto de IA como de BC que pueden ser combinadas y proponer soluciones. De BC destaca la descentralización, la integridad de datos, la seguridad, Inmutabilidad, etc. De IA se remarca la capacidad de cambio, la capacidad de decisión, la teoría probabilística, la capacidad de análisis de datos, etc. Integrando estas cualidades podemos obtener mejora en la seguridad de datos, mejorar las decisiones automáticas, realizar decisiones colectivas, alta eficiencia, etc. Se exponen diferentes áreas donde AI y BC se combina, por ejemplo en servicios médicos

el uso de un DApp (Decentralized Application) puede combinar de manera eficiente al paciente, con el radiólogo, con la manufactura de medicamentos, con el laboratorio, con la investigación médica y el médico. Así mismo aplicaciones en la industria de energía, en la industria agrícola, en la exploración del océano, en las finanzas, etc.

En la cita [18] se resalta la dificultad de AI por mantener la integridad de una base de datos, propone a BC como la alternativa que cubra ese inconveniente.

VIII INTERNET DE LAS COSAS Y BLOCKCHAINS

Internet de las Cosas IoT (Internet of Things) es una generalización del actual Internet que conecta principalmente dispositivos como computadoras personales o teléfonos celulares con servidores que siguen el esquema de servidor cliente. Ahora debe de poder conectarse casi cualquier dispositivo digital con otro dispositivo y que sea posible ejecutar instrucciones para realizar aplicaciones. En la práctica IoT usa especialmente sensores [19], dispositivos que hacen mediciones y son leídos y transmitidos por Internet.

Los autos, los aparatos domésticos, las tarjetas inteligentes, etc podrán conectarse por Internet. Aunque aún esto no es una completa realidad, en la actualidad la integración de IoT y Blockchain es una de las más activas, la seguridad, la descentralización y el esquema de P2P que proporciona BC es una de las características más usadas en IoT.

En [20], se describen los principales rasgos de BC y IoT, se compara un dispositivo de IoT con un nodo de BC, esto permite que la conexión por Internet de cada dispositivo pueda ser anónimo, pueda interactuar con otro dispositivo de manera segura, usando la función hash y la firma digital, y cada una de las nuevas interacciones sea genuina, es decir, no puede haber suplantación de actividades. Esta es la manera más natural de incorporar BC y IoT.

En [21], se describe también la integración de BC y IoT, se muestran otras aplicaciones como la energía transactiva, ciudades y casas inteligentes, drones y robots, así como la manufactura de productos.

La referencia [22], sigue la misma tonalidad de los ejemplos anteriores, añade algunas plataformas como ejemplos, IOTA llama a la integración de BC y IoT la nueva generación de BC. IOTIFY, iExec, Xage, SONM, todas nuevas aplicaciones de BC.

En la cita [23], se destaca una particular aplicación de los BC en IoT añadiendo algoritmos de aprendizaje profundo que pertenecen al campo de la IA, para evitar el acceso no autorizado.

En [24] se detalla un poco más completo la incorporación de seguridad en IoT por medio de ver a los dispositivos de diferentes aplicaciones como nodos de BC.

En [25] se sigue la tonalidad de las aplicaciones financieras, puede usarse los BC con la arquitectura de IoT para crear aplicaciones distribuidas seguras. En este artículo se menciona otra tecnología moderna que son los RFID. Así

como también a BigData, posibles tecnologías que pueden formar parte de esta nueva era global digital.

La referencia [26] se añaden a los contratos inteligentes en la incorporación de BC a IoT, como medio de interactuar aplicaciones entre los nodos.

En [27] se inventa el término industria inteligente como aquella que incorpora las nuevas tecnologías, entre ellas BC, AI y IoT. Enumera diferentes dispositivos que pueden hacer el papel de nodos en BC, como sensores, dispositivos de medición, cámaras de vigilancia, robots, códigos QR, códigos de barras, computadoras, teléfonos, lectores y RFIDs. Este es quizá uno de los mejores análisis en la incorporación de BC y IoT, hace diferentes propuestas para mejorar esta incorporación, como usar mejores alternativas en el proceso de consenso de BC para ser más eficientes las aplicaciones. También hace un comparativo entre diferentes plataformas de BC existentes, resaltando diferentes beneficios entre ellas. Hace mención de la nube (cloud) como ambiente de convivencia entre los diferentes nodos.

La referencia [28] hace otra revisión de la literatura en los últimos años.

La referencia [29] usa los contratos inteligentes para agregar más seguridad en la conexión por Internet, controlando el acceso, autenticando los nodos y descentralizando los pagos. Incorpora un HMAC (hash-based message authentication code) algoritmo criptográfico para autenticar mensajes.

La cita [30] es otro excelente artículo donde resalta las posibles opciones para incorporar BC a IoT de la manera más eficiente. Es uno de los pocos artículos que da mediciones del tráfico en la incorporación, en base a ello propone un modelo nuevo.

La cita [31] es también otro excelente escrito que hace un análisis de las posibles intersecciones de ambas tecnologías, es notorio la mención de los ataques conocidos. Además de dar una lista de futuras líneas de investigación.

En [32] se hace una particular inspección de IoT y BC a las cadenas de suministros.

La cita [33] contiene una revisión más sobre la literatura del tema.

IX INTERNET DE LAS COSAS, BLOCKCHAINS, Y LA NUBE

Internet de las cosas, usando cadenas de bloques e inteligencia Artificial. Parece ser que convergen para que las CB sean más sofisticadas con IA y que puedan ser usadas por muchos dispositivos de diversas áreas de aplicación. Así también de manera natural ahora se pueden generalizar las conexiones de internet sean en servidores virtuales, es decir, entra en acción la nube (Cloud).

La nube en la actualidad es conocida por varios servicios privados que se ofrecen y los clientes pueden hacer uso de un almacenamiento son necesidad de gastar en memoria. Servicios como Amazon Web, Microsoft Azure, Google Cloud, Alibaba Cloud, IBM Cloud etc pueden contratarse y usarse como una computadora casi sin límites.

La primera integración es IoT con la nube ya que esto permite incorporar una gran cantidad de información entre la conexión de las cosas. La organización de esa información hace que se incorpore BC, finalmente el procesamiento de la información integra a AI.

La referencia [34] tiene una pequeña introducción a la combinación de la nube y IA, es obvio que AI se refiere a código que pueda administrar y dar servicios a los usuarios de la nube. En la cita [35] se proporcionan alguna plataformas que integran IoT y la nube, como SaaS (Sensing as a Service) que permite el acceso a datos obtenidos por sensores, EaaS (Ethernet as a Service) dedicado a dispositivos remotos, SAaaS (Sensing and Actuation as a Service) provee control logístico automáticamente. IPaaS (Identity and Policy Management as a Service) provee acceso a la administración de políticas e identidades. DBaaS (DataBase as a Service) provee servicio de bases de datos. SEaaS (Sensor Event as a Service) da servicio a mensajes generados por sensores. SenaaS (Sensor as a Service) provee administración de sensores remotos. DaaS (Data as a Service) provee acceso a cualquier tipo de datos. Asimismo menciona aplicaciones en salud, ciudades inteligentes, casas inteligentes, cámaras de vigilancia, movilidad inteligente como en automóviles, administración de energía, logística inteligente, y monitoreo ambiental.

La referencia [36] se relata cómo la nube puede combinarse con BC, particularmente explora la arquitectura de la nube que sea compatible con BC. Se resaltan los beneficios de la integración, como mejorar la confidencialidad, seguridad de los datos y la administración de datos por los usuarios.

En la referencia [37] particularmente se marca el gran crecimiento de la nube, dan a conocer diferentes términos como Blockchain y Cloud y Things llamado BCoT. Esta se clasifica en tres capas, la capa de aplicaciones como salud inteligente, transporte inteligente, ciudad inteligente, energía inteligente e industria inteligente, la segunda capa integra la nube con BC, y finalmente la capa de IoT.

Se menciona la evolución del acceso a internet desde 2005 como un modelo centralizado cliente servidor a un modelo descentralizado a partir de 2025. Se compara al número de artículos publicados entre las tecnologías IoT, Cloud computing y Blockchain, desde 2015 a 2019, con una producción promedio de 8000, 20000 y 500 publicaciones respectivamente.

En la referencia [38] se habla de la integración de los sensores con IoT y la nube.

En la referencia [39] se comenta cómo las actuales aplicaciones de la nube están migrando a la integración con AI.

En la cita [40] se comenta las diferentes propuestas que hay en la literatura para la integración de BC y la nube. Particularmente cómo mejoran la seguridad al incorporar BC a la nube.

La referencia [41] es una de las pocas que habla sobre la integración de IoT, BC, AI y la nube. A esta integración le llaman la futurología de la nube. Describen la evolución, resaltamos los principales.

En la siguiente tabla de [37], se aprecia la línea de tiempo en el desarrollo de tecnologías cómputo:

1960	Client Server
1962	Supercomputer
1977	Cluster computing
1990	Grid Computing
1995	Peer to Peer
1995	Web Services
2000	Virtualized Clusters
2005	IaaS (Infrastructure as a Service) PaaS(Plataform as a Service) SaaS (Software as a Service)
2007	Cloud Computing
2012	Fog Computing
2012	IoT
2013	Edge Computing

Relatan también algunos retos que en el futuro puedan existir, resaltando la integración de la computación cuántica.

X FUTURAS INTEGRACIONES

Por el momento además de lo ya mencionado, podemos citar que en [6][7][8][9] y [10] se habla de la integración de BC, IoT y AI, lo que permite sumar a la nube de manera natural. Estas referencias son del mismo grupo de investigación que reportan desde aspectos técnicos hasta las aplicaciones y futuras direcciones.

Otras referencias como [25][29][31][37][39][53] y [59] muestran como la integración de IoT es muy factible. Lo que se espera en el futuro son más referencias principalmente a diferentes aplicaciones.

Por otra parte, aplicaciones especiales en el área de la agricultura han sido reportadas en [21], la relación de BitCoin con modelos como la máquina de Turing se reporta en [23], las monedas criptográficas con la inteligencia artificial en [32] tiene un espacio. Aspectos teóricos como la relación de la lógica matemática en el código de contratos inteligentes se discute en [36], tecnologías como los RFID (Radio Frequency Identification) en combinación con AI y BC se estudiaron en [40], [41] y [44].

Se ha ya descrito las diferentes integraciones entre las diferentes tecnologías. Primero Entre BC y IoT que de manera natural toma a cada “cosa” como un nodo y entonces se convierte en BoT (Blockchain and Internet of Things), si en lugar de Internet se toma a su evolución rebasando el modelo de cliente servidor, entonces se convierte en BoT en la nube. Además si en los procesos de administración, de decisión y de servicios se añade la Inteligencia Artificial se tienen incorporados y conviviendo todas estas tecnologías. Aunque en la actualidad aún es poca la literatura de todas estas tecnologías es muy probable que en el futuro próximo, quizá hasta 2025-2030, aumente este nicho de desarrollo. Será todo un reto la incorporación de la nueva generación en hardware, particularmente el nacimiento de la computación

cuántica. Todo esto es parte de lo que se conoce como Industry 4.0.

Algunas propuestas concretas son las siguientes:

a) Por ejemplo, el sistema de multas de tránsito, una multa con BC puede ser registrada de manera inalterable, cada vez que se agrega una nueva multa ésta debe ser consensuada, la lista de multas puede ser auditada en cualquier momento. La integración de IoT tanto los agentes de tránsito como dispositivos automáticos pueden ser nodos para acreditar las multas. La nube, permitirá homogenizar multas de diferentes ciudades, así como la descentralización.

b) Los servicios médicos públicos desde hace mucho tiempo no han evolucionado, con las tecnologías mencionadas, es posible crear un sistema de consultas médicas, donde los historiales permanecen confidenciales, incluso anónimos. Los diagnósticos pueden ser consensados por diferentes especialistas, incluso usando IA pueden ser más precisos.

c) Documentos que en la actualidad son falsificados, con BC se evita esta falsificación, debido a la firma digital y la dependencia de cada documento con los demás, usando la función hash. IoT permite que los documentos pueden ser creados por Kioscos, la nube permite que sea posible la creación de documentos en cualquier parte del país.

d) Uno de los principales problemas es la corrupción, las diferentes transacciones que generan este fenómeno ahora pueden ser evitadas con BC e IA esto permite que los eventos sean inalterables y puedan ser auditados en cualquier momento.

e) Las tiendas on-line han ganado mucha popularidad en los últimos años, se ha demostrado que cumplen con un fin que coincide con los últimos adelantos tecnológicos. La evolución de una tienda on-line sería un mercado virtual. Un lugar en la nube que se puedan hacer comprar de productos y servicios de diferentes ramas, la misma función que cumplen los centros comerciales actuales. Qué ventajas pueden existir ahora, las tiendas pueden ser ahora de cualquier parte del mundo, cualquier tipo de divisa debe poder ser usada, o monedas virtuales pueden ser incluidas.

f) En la actualidad las redes sociales tienen una gran aceptación como una nueva forma de convivencia. La estructura de las redes sociales es aún muy simple y de hecho es privada, es posible descentralizar su funcionamiento en el próximo futuro, de esta manera hacer de estas redes sociales más compatibles con la realidad general.

XI CONCLUSIONES

Las diferentes tecnologías están basadas en diferentes arquitecturas, sin embargo la mayoría contienen objetivos similares y convergentes. Podemos mencionar por ejemplo que las redes de sensores inalámbricos (Wireless Sensor Networks) pueden adoptar de manera natural la Inteligencia Artificial descrita por la lógica difusa (Fuzzy Logic), además que este tipo de redes es base para la conexión por Internet, que pertenece al campo de IoT.

No es complicada la intersección entre diferentes tecnologías como Blockchains (BC), Inteligencia Artificial (IA), Internet of The Things (IoT), The Cloud (Cloud), Radio-Frequency Identification (RFID) y otras tecnologías digitales, de hecho es muy natural la combinación de diferentes áreas en el futuro. Particularmente la Inteligencia Artificial se puede hospedar con algún algoritmo en cualquier dispositivo digital.

En el futuro próximo podremos ver que las tecnologías existentes y otras que aparecerán puedan convivir para facilitar la vida cotidiana. Por ejemplo un automóvil podrá conectarse a Internet, obtener información precisa proporcionada por un algoritmo inteligente, que pueda ser accesada en plataformas seguras y eficientes. El poder decidir cambiar de ruta a un restaurante disponible podrá ser común.

Términos que hoy se conocen como ciudades inteligentes, hospitales inteligentes, ciudades inteligentes, mercados inteligentes, bancos inteligentes, puede llegar a muchas más aplicaciones como escuelas inteligentes, aeropuertos inteligentes, centros comerciales inteligentes, industria inteligente, puertos inteligentes, agricultura inteligente, empresas inteligentes. En fin, la integración de las tecnologías existentes es inevitable para la vida cotidiana en un futuro próximo. Hay quienes lo llaman industria 4.0, la cuarta revolución industrial.

Dentro de todo: de las características más importantes están: la descentralización no como oposición a la centralización sino como una generalización, la seguridad como un logro de más de 30 años de investigación dentro del campo de la criptografía. La incorporación de decisiones complejas dentro del marco de la inteligencia artificial.

Dando como resultado servicios eficientes, seguros y en espera del próximo futuro.

XII BIBLIOGRAFÍA

- [1] S. Nakamoto, "Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash system," <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>, May 2009.
- [2] R. Lakhani, U. Ruhi, K. Sultan, "Conceptualizing Blockchains: Characteristics and Applications", 11th IADIS International Conference Information Systems 2018.
- [3] M. Koch, "Artificial Intelligence Is Becoming Natural", Cell 173, April 19 2018, 532-533.
- [4] K. K. Patel, S. M. Patel, "Internet of things-IoT: Definition, Architecture, Enabling Technologies, Applications & Future Challenges ." International Journal of Engineering Science and Computing 2016, IJESC Vol. 6, Issue No. 5, pp 6122-6131.
- [5] P.P. Ray "A Survey on internet of things Architectures", Journal of King Saud University Computer and Information Sciences (2018) 30, 291-319.
- [6] S. Carlin, K. Curran, "Cloud computing Technologies", international Journal of Cloud computing and Services Science Vol 1, No. 2, June 2021, pp. 59-65.
- [7] X. Chen, H. Dai, S. Xie, H. Wang, Z. Zheng. "Blockchains challenges and opportunities: a survey" International Journal of Web and Grid Services 14(4):352.
- [8] S. Kumar-Singh, S. Kumar, "Blockchains Thechnology: Introduction, integration and Security Issues", arXiv: 2101.10921, 2021.
- [9] R. Lakhani, U. Ruhi, K. Sultan, "Conceptualizing Blockchains: Characteristics and Applications", 11th IADIS International Conference Information Systems 2018.
- [10] M. Ayyavaraiah, S. Babu, B. Swathi, "Artificial intelligence: Characteristics Subfields, Techniques and Future Predictions", Journal of Mechanics of Continua and Mathematical Science. Vol. 14, No. 6, November 2019, pp. 127-135.

- [11] J. Schmidhuber, "Deep Learning in Neural Networks: An Overview", arXiv:1404.7828v4
- [12] Y. Challal, Z. Chtourou, E. Natalizio, A. Riahi-Sfar, "A Road for Security Challenges in the Internet of Things", *Digital Communication and Networks* 4 (2018) 118-137.
- [13] F. W. Almudhaf, V. Amorim-Sobreiro, D.G. Franco-Ramos, H. Kimura, M. J. Silva de Souza, A. B. Silveira Negredo., "Can artificial intelligence enhance the Bitcoin bonanza", *The Journal of Finance and Data Science* 5 (2019) 83-98.
- [14] T. Marwala, B. Xing, "Blockchains and Artificial Intelligence," arXiv:1802.04451v2 23 Oct 2018.
- [15] L. A. Alexandre, V. Lopes, "An Overview of Blockchain Integration with Robotic and Artificial Intelligence," arXiv:1810.00329v1 30 sep 2018.
- [16] S. Ahirrao, P. Kamat, A. Pawar, S. Phansalkar, "Decentralizing AI Applications With Block Chains", *International Journal of Scientific & Technology Research* Vol. 8, Issue 09, 362-370 Sep 2019.
- [17] M. Banerjee, J. Lee, K. Raymond-Choo, "A Blockchain Future for Internet of things Security: A Position Paper", *Digital Communication and Networks* 4 (2018) 149-160.
- [18] K. Sgantzios, I. Grigg, "Artificial Intelligence Implementations on the Blockchains . Use Cases and Future Applications," *Future internet* 2019, 11, 170.
- [19] J. Li, L. Liu, G. Serpen, "AI-WSN: Adaptive and Intelligent Wireless Sensor Network", *Procedia Computer Science* 20 (2013) 406-413.
- [20] R. Abdolee, M. Maroufi, B. Mozaffari-Tazekand, "On the Convergence of Blockchain and Internet of things (IoT) Technologies", *J. Strat. Innov. Sustain.* 2019, 14, 1-11.
- [21] F. Arefayne-Abadi, G. Azzopardi, J. Ellul, "The Blockchain of Things, Beyond Bitcoin: A systematic Review", 2018 IEEE International Conference on Internet of Things (iThings) and IEEE Green Computing and Communications (GreenCom) and IEEE Cyber, Physical and Social Computing (CPSCom) and IEEE Smart Data (SmartData). 2018.
- [22] T. Alam, "Blockchain and Its Role in The Internet of Things (IoT)", *International Journal of Scientific Research in computer Science Engineering and Information Technology*, Vol 5, No. 1.
- [23] S. Azam, N. Bashah-Idris, A. Islam, C. Liang, A. Karim, B. Shanmugam, A. Karim, S. Kavianpour, M. Zamani, "Intrusion Detection System for the Internet of Things Based on Blockchain and Multi-Agent Systems", *Electronics* 2020, 9, 1120.
- [24] M. Banerjee, J. Lee, K. Raymond-Choo, "A Blockchain Future for Internet of things Security: A Position Paper", *Digital Communication and Networks* 4 (2018) 149-160.
- [25] J. Chen, M. Díaz, C. Martín, A. Reyna, E. Soler, "On Blockchain and Its Integration with IoT challenges and Opportunities", *Future Generation Computer Systems* 88 (2018) 173-190.
- [26] K. Christidis, M. Devetsikiotis, "Blockchain and Smart Contracts for the Internet of Things", *IEEE Access* Vol 4 2016.
- [27] H. Dai, Z. Zheng, Y. Zhang, "Blockchain for Internet of Things: A survey", *IEEE Internet of things Journal* Vol. 6, No. 5, 2019, 8076-8094.
- [28] S. Das-Bit, S. Ruj, J. Sengupta, "A Comprehensive Survey on Attacks, Security Issues and Blockchain Solutions for IoT and IIoT", *Journal of Network and Computer Applications*. 2019.
- [29] N. Fotion, G. C. Polyzos, V. A. Siris, "Interacting with the Internet of Things using Smart Contracts and Blockchain Technologies", arXiv: 1901-07807v1.
- [30] S. Hou, S. Guo, L. Lao, Z. Li, B. Xiao, Y. Yang, "A survey of IoT Applications in blockchain Systems: Architecture, consensus and Traffic Modeling", *ACM Computing Surveys*, vol. 53, Issue 1, May 2020 Article No. 18, pp. 1-32.
- [31] Y. Jay-Guo, W. Ni, X. Niu, R. Ping-Liu, X. Wang, X. Zha, K. Zheng, "Survey on blockchain for Internet of things", *Computer Communications*. 2019.
- [32] J. G. Keogh, A. Rejeb, H. Treiblmaier, "Leveraging the Internet of Things and Blockchain Technology in Supply Chain Management", *Future Internet* 2019, 11, 161.
- [33] M.A. Khan, K. Salah, "IoT security: Review, blockchain solution, and open challenges", *Future Generation Computer Systems* 82 (2018) 395-411.
- [34] R. Abhishek, S. Kumari, B. s. Panda, "Intelligent Computing Relating to Cloud Computing", *Internaional Journal of Mechanical engineering and Computer Applications (IJMCA)* Vol. 1 Issue 1, February 2013.
- [35] A. Alenezi, A. Alharthi, H. F. Atlam, R. J. Walters, G. B. Wills, "Integration of Cloud Computing with Internet of Things: Challenges and Open Issues", *International Conference on Internet of Things, IEEE Green Computing and Communications, IEEE Cyber, Physical and Social Computing, IEEE Smart Data*, 2017.
- [36] CH. V. N. U. Bharathi, S. Kadry, S. Lim, M. L. Shri, "Blockchain Based Cloud Computing: Architecture and Research Challenges", *IEEE Access* November 9, Vol. 8, 2020.
- [37] M. Ding, D. C. Nguyen, P.N. Pathirana, A. Seneviratne, "Integration of Blockchain and Cloud of Things: Architecture and Challenges", *IEEE communications surveys & tutorials* 2020.
- [38] A. Flammini, E. Sisni, "Wireless Sensor Networking in the Internet of Things and Cloud Computing Era", *Precedia Engineering* 87 (2014) 672-679.
- [39] M. Kumar, "An Incorporation of Artificial Intellicence Capabilities in cloud Computing", *International Journal Of Engineering And Computer Science* Vol 5, Issue 11, Nov 2016.
- [40] S. S. Sarmah, "Application of Blockchain in cloud Computing", *International Journal Technology and Exploring Engineering* Vol 8, Issue 12 Oct. 2019.
- [41] S. Singh-Gill, S. Tuli, M. Xu, I. Singh, K. Vijay-Singh, D. Lindsay, S. Tuli, D. Smirnova, M. Singh, U. Jain, H. Pervaiz, B. Sehgal, S. Singh-Kaila, S. Misra, M. Sadegh-Aslanpour, H. Mehta, V. Stankovski, P. Garraghan. "Transformative Effects of IoT, Blockchain and Artificial Intelligence on Cloud Computing: Evolution, Vision, Trends and Open Challenges", *Internet of Things* Vol. 8 December 2019.
- [42] H. F. Atlam, M. Ajmal-Azad, A. G. Alzahrani, G. Wills, "A Review of Blockchains in internet of things and AI", *Big Data Cogn. Comput.* 2020, 4, 28.
- [43] H. F. Atlam, M. O. Alassafi, A. Alenezi, G. Wills, "Blockchain with internet of Things: Benefits, challenges, and Futute Directions", *I.J. intelligent Systems and Applications* 2018,6, 40-48.
- [44] H. F. Atlam, G. Wills, "Intersections between IoT and distributed ledger", *Advances in Computers* January 2019.
- [45] H. F. Atlam, G. Wills, "Technical Aspects of Blockchain and IoT", *Advances in Computers* December 2018.
- [46] T. Alam, "Blockchain and Its Role in The Internet of Things (IoT)", *International Journal of Scientific Research in computer Science Engineering and Information Technology*, Vol 5, No. 1.
- [47] J. Chen, M. Díaz, C. Martín, A. Reyna, E. Soler, "On Blockchain and Its Integration with IoT challenges and Opportunities", *Future Generation Computer Systems* 88 (2018) 173-190.
- [48] T. N. Dinh, M.T. Thai, "AI and Blockchain: A Disruptive Integration", *Computer*, IEEE 2018.
- [49] A. Dorri, R. Jurdak, S. Kanhere, "Blockchain in Internet of things: challenges and Solutions", arXiv: 1608.05187.
- [50] K. R. Ingole, S. Yamde, "Blockchain Technology in cloud Computing: A Systematic Review", *International Research Journal of Engineering and Thechnology* Vol 05, Issue 04, Apr-2018.
- [51] X. Jiang, S. Kasahara, Y. Shen, J. Wan, Y. Zhang, "Smart Contract-Based Access Control for the Internet of Things" , arXiv: 1802.04410v1.
- [52] J. H. Park, J. H. Park, "Blockchains Security in Cloud Computing: Use Cases, Challenges and Solutions", *Symmetry* 2017, 9, 164.
- [53] W. Stalling, "The Internet of things: Network and Security Architecture", *Thr Internet Protocol Journal* Vol. 18, No. 4, 2015, pp. 2-24.
- [54] Y. Chai, J. Lin, Z. Shen, A. Zhang, "Blockchain and IoT Based Food Traceability System", *International Journal of Information Technology* Vol 24. No. 1, 2018.
- [55] A. Chepurmoy, V. Kharin, D. Meshkov, "Self-Reproducing Coins as Universal Turing Machine," arXiv: 1806.10116v1 26 jun 2018.
- [56] A. Erbad, Q. Malluhi, W. Labda, F. Sabry, "Cryptocurrencies and Artificial Intelligence: Challenges and Opportunities," *IEEE Access* Volumen 8, 175840-175858.
- [57] F. Idelberger, G. Governatori, R. Riveret, G. Sartor, "Evaluation of Logic-Based Smart Contracts for Blockchain Systems," *RuleML 2016: Rule Technologies. Research, Tools, and applications* pp 167-183.

- [58] T. M. Kalayci, M. Kis, "RFID Infrastructures and AI Approachs For Security", RFID Eurasia 2007.
- [59] A. Kaklauskas, A. Lanko, N. Vatin, "Application of RFID combined with blockchain technology in logistics of construction materials", MATEC Web Conferences 170, 2018.
- [60] C. Ko, "RFID, Web-Based, and Artificial Intelligence Integration in Facilities Management", 34th International Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC 2017).