

Revisión sistemática de la literatura sobre Ciudades inteligentes e Internet de las cosas

Systematic review of the literatura on Smart cities and the internet of things

Carlos Luis Lobatón Arenas (0000-0002-0209-9337)

Roberto Pérez Astonitas (0000-0001-7886-8019)

Roberto Carlos Santacruz (0000-0001-8802-9083)

Italo Maldonado Ramirez (0000-0002-3147-3519)

Fredy Velayarce Vallejos (0000-0003-0254-5074)

Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza

Resumen:

La tecnología de Internet de las cosas y la computación en la niebla desempeñan un papel destacado en la construcción de ciudades inteligentes, que promueven en gran medida el intercambio y la gestión de información urbana. Las tecnologías de red emergentes se pueden utilizar para facilitar la construcción de ciudades inteligentes, favoreciendo el desarrollo de los negocios urbanos, la industria y otras organizaciones, así como la gestión del turismo, transporte, seguridad ciudadana, entre otros. Por lo tanto, la realización de una ciudad inteligente mejorará en gran medida la fuerza de desarrollo integral de la ciudad. Analizamos las ventajas de la computación en la niebla, los algoritmos de seguridad, las aplicaciones utilizada, las técnicas, metodologías, métodos de privacidad y seguridad, arquitecturas de software, big data, blockchain y Deep Learnig para proponer una aplicación con una arquitectura que resuelve eficazmente los problemas de la ciudad inteligente.

Palabra-clave: Smart City, IoT, Cloud, big data, blockchain.

Abstract

Internet of things technology and fog computing play a prominent role in building smart cities, greatly promoting urban information exchange and management. Emerging network technologies can be used to facilitate the construction of smart cities, favoring the development of urban businesses, industry and other organizations, as well as the management of tourism, transportation, citizen security, among others. Therefore, the realization of a smart city will greatly enhance the comprehensive development strength of the city. We analyze the advantages of fog computing, security algorithms, applications used, techniques, methodologies, privacy and security methods, software architectures, big data, blockchain and Deep Learning to propose an application with an architecture that solves effectively smart city problems.

Keyword: Smart City, IoT, Cloud, big data, blockchain.

1. Introducción

Con el creciente progreso de la ciencia y la tecnología, la construcción urbana ha realizado nuevos desarrollos, especialmente después de la aplicación de la tecnología de Internet de las cosas y la tecnología de computación en la nube, optimizando todos los aspectos de la ciudad para lograr el objetivo de la construcción urbana. Con el desarrollo de la tecnología, las ciudades inteligentes se han convertido gradualmente en una tendencia de desarrollo inevitable, por lo que debemos centrarnos en explorar el papel de la computación en la nube y la tecnología de Internet de las cosas en las ciudades inteligentes y promover la realización de ciudades inteligentes, para mejorar la calidad de vida de los ciudadanos.

El objetivo de este estudio es investigar los avances que se han llevado a cabo en seguridad pública, servicios urbanos y otros campos dentro de una ciudad inteligente, teniendo en cuenta los algoritmos, técnicas, infraestructura, plataformas, metodologías, arquitectura, seguridad e inteligencia artificial, que se ha utilizado para su implementación. Para ello, se plantea la realización de una revisión de la literatura basada en una metodología formal, como es la propuesta por (Kitchenham, Barbara and Charters, Stuart, 2007), y que es ampliamente usada para el desarrollo de este tipo de estudios en las ciencias computacionales. Los resultados de este estudio han permitido describir experiencias de los investigadores y determinar el nivel de avance alcanzado en la implementación de servicios de una Smart City.

El documento está organizado de la siguiente manera. La Sección 2, describe la metodología empleada para llevar a cabo el proceso de revisión sistemática de la literatura, enfatizando en la estrategia de búsqueda diseñada. La Sección 3 presenta los resultados, esto es, se responde de manera detallada a cada una de las preguntas de investigación (PIs) formuladas en base al análisis de los estudios primarios recuperados. También, se discuten brevemente dichos resultados. Finalmente, en la Sección 4 se describen las conclusiones.

2. Metodología

La revisión sistemática de la literatura implica identificar, evaluar e interpretar los estudios más relevantes sobre un tema en particular. Para llevar a cabo el proceso de revisión sistemática para el estudio planteado se empleó la metodología propuesta por

(Kitchenham, Barbara and Charters, Stuart, 2007) por proporcionar un método formal para la realización de estudios en ciencias computacionales.

2.1.Preguntas de investigación

El marco de una Smart City ha despertado un gran interés entre los investigadores especialistas en poder presentar soluciones que ayuden a mejorar e implementar servicios tecnológicos, hacia las ciudades inteligentes. Es así como surgió la siguiente pregunta, ¿cómo las tecnologías de información han coadyuvado en la seguridad de los ciudadanos? Para responder esta pregunta, estratégicamente se plantearon las siguientes interrogantes, PIs específicas.

- PI1: ¿Qué tipos de algoritmos eficiente utilizan los sistemas basado en IoT Smart City Framework?
- PI2: ¿Qué tipo de aplicaciones utilizando el internet de las cosas se pueden utilizar para el desarrollo de las ciudades inteligentes? ¿Qué técnicas y dispositivos utilizan en su arquitectura?
- PI3: ¿Qué tipo de infraestructuras o plataformas se han diseñado como soporte y soluciones tecnológicas finales para implementar los sistemas de seguridad de las Smart City?
- PI4: ¿Qué técnicas, infraestructuras, metodologías y arquitecturas se han desarrollado para implementar una Smart City?
- PI5: ¿Qué métodos de privacidad y protección de datos utilizan los sistemas IoT para gestionar una Smart City?
- PI6: ¿Cómo puede incorporarse la inteligencia artificial y sus técnicas para el procesamiento de datos en el desarrollo de las aplicaciones para una Smart City?

2.2.Estrategias de búsqueda

La búsqueda realizada en este estudio consideró trabajos disponibles en la literatura que han abordado los sistemas de seguridad personal y rastreo de contactos, desde distintas perspectivas, esto es, teórica y, experimental o práctica. Para buscar y recuperar los estudios primarios a partir de los cuales se pudo responder las PIs planteadas, se eligió una estrategia de búsqueda que se dividió en tres pasos: definición de las fuentes de información (FI), formulación de la

ecuación de búsqueda, y selección de los estudios primarios recuperados en las FI.

Definición de las FI. El primer paso de la estrategia de búsqueda fue identificar y definir qué FIs se emplearían para realizar la revisión sistemática. En este caso en particular se seleccionaron las revistas digitales (ACM, IEEE Xplore) y dos bases de datos documentales (Scopus y Web of Science). Ambos tipos de FIs son especializadas en el campo de la Computación e indexan trabajos de impacto.

Cadena de búsqueda. Para realizar la búsqueda de los estudios primarios, a partir de los cuales se pudiera responder a las PIs formuladas, se definió una cadena de búsqueda la cual se detalla como sigue: ((“citizen security”) OR (“smart city”) AND (“internet of things”) AND (“cloud”)). Dicha cadena de búsqueda se adaptó para ser aplicada en cada una de las FIs seleccionadas.

Criterios de inclusión y exclusión. Los criterios de inclusión definidos para este estudio estuvieron enfocados en considerar sólo aquellas propuestas que analizarán y emplearán mecanismos de IoT y Cloud, para los sistemas de Smart City. De manera complementaria, se definieron cuatro criterios de exclusión orientados a descartar estudios que no aportaran información relevante a la investigación. Estos criterios de exclusión fueron los siguientes: documentos repetidos, documentos escritos en un idioma diferente al inglés, documentos inaccesibles, y documentos publicados antes del 2017. Los artículos recuperados con la cadena de búsqueda que no cumplieron estos criterios no fueron analizados. La selección de los estudios se realizó en dos etapas; (i) lectura del título, resumen, y las conclusiones de cada artículo, y (ii) lectura completa de los artículos. De los artículos recuperados quedaron por analizar de forma exhaustiva 42 estudios.

3. Resultados y discusión

En base a la información y resultados descritos en los artículos sujetos a estudio, en esta sección, se presentan los resultados y se responde a cada una de las PIs formuladas en esta investigación. Dichos resultados se resumen como sigue:

- **PI1: ¿Qué tipos de algoritmos eficiente utilizan los sistemas basado en IoT Smart City Framework?**

Analizando las investigaciones más importantes sobre seguridad y privacidad de los medios en redes de sensores inalámbricos (WSN), se ha propuesto un Efficient Algorithm for Media-based Surveillance System (EAMSuS) en la red IoT para Smart City Framework, que fusiona dos algoritmos introducidos por otros investigadores para el enrutamiento y la seguridad de paquetes WSN, mientras recupera el nuevo estándar de compresión de medios, High Efficiency Codificación de video (HEVC). El análisis experimental muestra la eficacia del esquema propuesto en términos de privacidad de los usuarios, seguridad de los medios y nodo sensor. requisitos de memoria. Este esquema se puede integrar con éxito en la red IoT del próximo concepto de Smart City (Memos, 2018) .

Explorando la tecnología de procesamiento de información de ciudades inteligentes (SCI) basada en Internet de las cosas (IoT) y la computación en la nube, promoviendo la construcción de ciudades inteligentes en la dirección del intercambio e interconexión permitirá construir un sistema SCI basado en las islas de información. El monitoreo inteligente del entorno, el transporte inteligente y la prevención inteligente de epidemias en la capa de aplicación del sistema SCI se diseñan por separado. Proponiendo un algoritmo de optimización multiobjetivo para el método de asignación de recursos de la máquina virtual de computación en la nube (método CC-VMRA), y se analiza y simula la aplicación de la tecnología de computación en la nube y IoT en el sistema de información de la ciudad inteligente para la verificación del rendimiento. Los resultados muestran que el algoritmo de optimización multiobjetivo en el método CC-VMRA puede reducir en gran medida la cantidad de servidores físicos en el sistema SCI (menos de 20), y la varianza no es superior a 0,0024, lo que puede permitir que el clúster de servidores logre mejores efectos de equilibrio de carga (Su, 2021).

El prototipo de sistema de estacionamiento en la calle inteligente en tiempo real basado en IoT (RTSSPS basado en IoT) con accesibilidad de datos para facilitar a los residentes y conductores la ubicación de un espacio de estacionamiento gratuito en las calles, cuenta con la arquitectura RTSSPS basada en IoT y se divide en tres partes: módulo de estacionamiento en la calle inteligente centrado en WSN basado en IoT, módulo de estacionamiento en la calle inteligente centrado en datos basado en IoT y módulo de estacionamiento en la calle inteligente centrado en la nube basado en IoT con algoritmo de estacionamiento en la calle, evaluación y direcciones futuras (Tomar, 2018).

La predicción precisa del estado del vehículo basada en los datos adquiridos por el sistema de red vehicular juega un papel importante en la mejora de la seguridad del tráfico en la sección de transporte. Sin embargo, es difícil predecir con precisión el estado del vehículo debido al entorno de la carretera altamente dinámico y al comportamiento de varios conductores. Se proponemos un algoritmo de filtro de Kalman adaptativo (KF) cuantificado de dos niveles basado en el modelo de promedio móvil autorregresivo (MA) para predecir el estado del vehículo (incluida la dirección de movimiento, el carril de conducción, la velocidad del vehículo y aceleración). Primero, proponemos un sistema de red vehicular para adquirir los datos del vehículo mediante el intercambio de datos de tráfico entre la unidad a bordo y la unidad de carretera (RSU). Luego, predecimos el estado del vehículo en el servidor de nube de borde (ECS) equipado en la RSU. Específicamente, Utilizamos el modelo MA autorregresivo para predecir la aceleración del vehículo en el momento siguiente. Luego, la aceleración pronosticada del vehículo se usa como una variable de entrada del modelo KF adaptativo para predecir la ubicación y la velocidad del vehículo en el momento siguiente, en el cual se cuantifica la ubicación pronosticada del vehículo en la dirección de movimiento y el carril de conducción. Finalmente, el ECS transmite el estado previsto a otras RSU. A través de la comunicación con la unidad de carreteras, todos los vehículos que se mueven en la intersección pueden compartir estados de vehículos entre sí. Al hacerlo se puede mejorar de manera eficiente la seguridad del tráfico en la intersección (Qian, 2020).

PI2: ¿Qué tipo de aplicaciones utilizando el internet de las cosas se pueden utilizar para el desarrollo de las ciudades inteligentes? ¿Qué técnicas y dispositivos utilizan en su arquitectura?

Las ciudades inteligentes proporcionan nuevas aplicaciones basadas en la tecnología de Internet de las cosas (IoT). Además, las redes definidas por software(SDN) ofrecen la posibilidad de controlar la red en función de los requisitos de las aplicaciones. Uno de los principales problemas que surgen cuando ocurre una emergencia es minimizar el tiempo de demora en el envío de recursos de emergencia para reducir los daños tanto humanos como materiales. Se propone un nuevo sistema de control basado en la integración de SDN e IoT en entornos de ciudades inteligentes. Este sistema de control actúa cuando ocurre una

emergencia y modifica dinámicamente las rutas del tráfico urbano normal y de emergencia con el fin de reducir el tiempo que necesitan los recursos de emergencia para llegar al área. La arquitectura se basa en un conjunto de redes IoT compuesto por semáforos, cámaras de tráfico y un algoritmo. El algoritmo controla la solicitud de recursos y la modificación de rutas con el fin de facilitar el movimiento de las unidades de servicios de emergencia (Rego, 2018).

La Industria 4.0 proporciona automatización a través de un sistema ciberfísico (CPS), la interconexión de las entidades del sistema de bus con el Internet industrial de las cosas (IIoT), la disponibilidad de información remota a través de la computación en la nube y las disciplinas científicas (interacción humano-computadora, inteligencia artificial, máquina aprendizaje, etc.) de integración. El enfoque de optimización de simulación basado en eventos discretos se encarga del consumo de energía del autobús de acuerdo con las necesidades de los pasajeros de la ciudad en tiempo real y los niveles de fricción en la carretera (Kumar, 2020).

City Scanner es un enfoque drive-by con una arquitectura de detección modular, que permite la adquisición de datos masiva rentable en una multitud de características de la ciudad. El marco de City Scanner sigue un régimen de IoT centralizado para generar una visualización casi en tiempo real de los datos detectados. La plataforma de detección se montó sobre camiones de basura y se recopilaban datos de vehículos durante ocho meses en Cambridge, MA, EE. UU. Los datos adquiridos se transmitieron a la nube para su procesamiento y análisis posterior (Anjomshoaa, 2018).

El Internet de los vehículos (IoV) es una convergencia de Internet móvil y el Internet de las cosas (IoT), donde los vehículos funcionan como nodos u objetos inteligentes en movimiento dentro de la red de detección. En esta nueva arquitectura universal para IoV que se puede utilizar para diferentes modelos de comunicación en ciudades inteligentes se consta de siete capas: capa de identificación de vehículos, capa de objetos, capa entre dispositivos intra, capa de comunicación, capa de servidores y servicios en la nube, capa de computación multimedia y de big data y capa de aplicación (Ang, 2018).

se aplicó un sistema para la detección y clasificación de hechos delictivos en un subsistema de videovigilancia en tiempo real en el Centro de Comando y Control de Seguridad Ciudadana de la Policía Nacional de Colombia. Fue desarrollado

utilizando Deep Learning, específicamente una Red Convolucional Basada en Regiones Más Rápida (R-CNN) para la detección de actividades delictivas tratadas como "objetos" para ser detectados en video en tiempo real. Con el fin de maximizar la eficiencia del sistema y reducir el tiempo de procesamiento de cada cuadro de video, se utilizó el modelo AlexNet previamente entrenado de CNN (Convolutional Neural Network) y el entrenamiento fino se llevó a cabo con un conjunto de datos construido para este proyecto, formado por objetos de uso común en actividades delictivas como armas de fuego cortas y armas blancas. Además, el sistema fue capacitado para la detección de robos en las calles, pudiendo generar alarmas al detectar robos en la calle, armas de fuego cortas y armas blancas, mejorando la conciencia situacional y facilitando la toma de decisiones estratégicas (Suarez-Paez, 2019).

El uso de la computación en la niebla y el procesamiento de eventos complejos en relación con el contexto de la ciudad inteligente, se propone un conjunto de aplicaciones desarrolladas para abordar la violencia de género, que es un problema importante en muchas jurisdicciones. El sistema de código abierto de Aplicación de Vigilancia y Alarma por Violencia de Género (SAVIA), cuyo objetivo principal es garantizar la seguridad de las mujeres bajo la protección de órdenes de alejamiento. En el sistema SAVIA propuesto, la vigilancia se realiza mediante aplicaciones móviles / servidor que evalúan continuamente la ubicación tanto de las víctimas como de los agresores y, si se infringe una orden de alejamiento, el sistema genera múltiples alertas que se envían tanto a la víctima como a la policía (Castillo-Cara, 2019).

MUSANet, es una arquitectura jerárquica, distribuida y sensible al contexto para recopilar, procesar y distribuir datos en ciudades inteligentes, aplicada en el monitoreo y la predicción de llegadas de autobuses en el transporte público y las condiciones climáticas. Se basa en una arquitectura de tres niveles distribuida en la nube, la niebla y el borde, y admite el procesamiento de eventos complejos (CEP) en todos ellos (Meslin, 2020).

Impulsados por los apremiantes requisitos de seguridad pública, las ciudades modernas se están transformando en entornos ciberfísicos. Este patrón aislado se vuelve insostenible en escenarios de toda la ciudad que generalmente requieren agregar, administrar y procesar múltiples transmisiones de video generadas continuamente por fuentes ISS distribuidas. Por lo tanto, se requiere un enfoque

coordinado para habilitar un ISS interoperable para áreas metropolitanas, facilitando la sostenibilidad tecnológica evitando la saturación del ancho de banda de la red. Para cumplir con estos requisitos, se combina varios enfoques y tecnologías, como, Internet de las cosas, computación en la nube, computación de borde y big data, en un marco común para permitir un enfoque unificado para implementar una ISS a escala urbana, allanando así el camino para la vigilancia inteligente metropolitana (Dautov, 2018).

La integración de tecnologías vehiculares basadas en IoT enriquecerá los servicios, sin embargo, dependiendo de los diferentes requisitos y modelos de diseño para redes y arquitectura, dicha integración necesita el desarrollo de nuevas arquitecturas y marcos de comunicación. Se propone un marco novedoso para el diseño arquitectónico y de comunicaciones para integrar de manera efectiva las nubes de redes vehiculares con IoT, denominado VCoT, para materializar nuevas aplicaciones que brinden varios servicios de IoT a través de nubes vehiculares, poniendo especial énfasis en las aplicaciones de ciudades inteligentes implementadas, operadas y controladas a través de redes vehiculares basadas en LoRaWAN. LoraWAN, al ser una nueva tecnología, ofrece posibilidades de comunicación eficientes y de largo alcance (Khattak, 2019).

- **PI3: ¿Qué tipo de infraestructuras o plataformas se han diseñado como soporte y soluciones tecnológicas finales para implementar los sistemas de seguridad de las Smart City?**

Las Smart Cities combinan los avances en Internet de las cosas, Big Data, Redes Sociales y Tecnologías de Cloud Computing con demanda de aplicaciones ciberfísicas en áreas de interés público, como Salud, Seguridad Pública y Movilidad. Las plataformas de middleware pueden proporcionar una infraestructura integrada que habilita soluciones para ciudades inteligentes combinando dispositivos urbanos heterogéneos y proporcionando instalaciones unificadas de alto nivel para el desarrollo de aplicaciones y servicios. InterSCity, es una plataforma de ciudad inteligente de código abierto basada en microservicios que permite el desarrollo colaborativo de sistemas, aplicaciones y aplicaciones a gran escala. Los microservicios son un estilo arquitectónico que promueve la modularidad de un sistema en términos de un conjunto de servicios distribuidos, detallados e independientes que colaboran a través de protocolos de

red como servicios web o llamadas a procedimientos remotos (Del Esposte, 2019).

El modelo de computación en la nube es responsable de la información de big data a través de la computación ampliamente distribuida en la nube. La construcción de ciudades inteligentes, equivale a recopilar, analizar y almacenar los datos relacionados con las TI. Con el desarrollo de dispositivos móviles de Internet, como teléfonos inteligentes, tabletas inteligentes, relojes inteligentes e Internet más ubicuo, diferentes sistemas tecnológicos están estrechamente vinculados, entre los que se encuentran el big data, la computación en la nube e Internet. La arquitectura del sistema de información urbana se basa en la arquitectura de la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones). La arquitectura del sistema se basa en una arquitectura de tres niveles de conocimiento, redes y aplicaciones. Al implementar y configurar varios tipos de sensores, la información en la ciudad se recopila rápidamente en múltiples direcciones y se transmite al sistema a través de cada red de transporte de aplicaciones de archivos (Jiang, 2020).

Los entornos conectados como Internet de las cosas (IoT) crean una plataforma para que los dispositivos inteligentes conectados compartan datos de forma colaborativa y proporcionen abundantes recursos informáticos en el borde de la red. La computación en la niebla permite el procesamiento y almacenamiento de datos en el borde de la red, lo que promete reducir el consumo de ancho de banda y hacer que la vigilancia inteligente de la ciudad sea más efectiva y eficiente (Chen, 2018).

- **PI4: ¿Qué técnicas, infraestructuras, metodologías y arquitecturas se han desarrollado para implementar una Smart City?**

Las tecnologías de red emergentes, como la computación en la niebla y el Internet de las cosas, se pueden utilizar para facilitar la construcción de ciudades inteligentes, favoreciendo el desarrollo de los negocios urbanos, la industria, así como la gestión del turismo y el transporte. Analizando las ventajas de la computación en la niebla, se propone una arquitectura IoT que resuelve eficazmente los problemas de procesamiento de big data y escalabilidad de la red, en capas para hacer que la operación de la ciudad sea más coordinada, eficiente y armoniosa a través de diversas percepciones inteligentes, procesamiento de información y medios de transmisión de red (Zhang, 2020).

La transmisión de datos de larga distancia a los centros de datos remotos en la nube conduce a un mayor retraso y consumo de ancho de banda. En las ciudades inteligentes, las aplicaciones sensibles a los retrasos tienen requisitos estrictos en términos de tiempo de respuesta. Para reducir la latencia y el consumo de ancho de banda, la informática de borde juega un papel fundamental. Los dispositivos inteligentes con recursos limitados en el núcleo de la red necesitan descargar tareas computacionalmente complejas a los dispositivos periféricos ubicados en su vecindad y tener recursos relativamente más altos.

Utilizando una técnica de cifrado simétrico ligero, establecemos una conexión segura entre los dispositivos de núcleo inteligente para la transmisión multimedia hacia los dispositivos de borde registrados y verificados. Al recibir los datos, los dispositivos periféricos encriptan las transmisiones multimedia, las codifican y las transmiten a los centros de datos en la nube (Jan, 2019).

Las tecnologías de big data pueden ofrecer servicios de procesamiento y almacenamiento de datos en un entorno de IoT, mientras que el análisis de datos permite a los empresarios tomar mejores decisiones. Las aplicaciones de IoT son las principales fuentes de big data (Ahmed, 2017).

El procesamiento de datos eficiente es una necesidad para cumplir con los requisitos diversificados y estrictos de muchas aplicaciones emergentes de IoT. Debido a los recursos de almacenamiento y computación limitados, los dispositivos de IoT han recurrido a la poderosa computación en la nube para procesar sus datos. Sin embargo, la computación en la nube remota y centralizada puede introducir un retraso de comunicación inaceptable, ya que su ubicación física está lejos de los dispositivos de IoT. Se ha introducido la nube perimetral para superar este problema al acercar la nube a los dispositivos de IoT. La orquestación y cooperación entre la nube y el perímetro proporciona una arquitectura informática crucial para las aplicaciones de IoT. La inteligencia artificial (IA) es una herramienta poderosa para permitir la orquestación inteligente en esta arquitectura (Wu, 2020).

Las redes de vehículos conectados se han convertido en una parte esencial de la ciudad inteligente, ya que brindan un tráfico de datos masivo, así como importantes recursos informáticos, de comunicación y de almacenamiento en caché. Como los dos tipos de servicios típicos en la ciudad inteligente, el tráfico tolerante al retraso y sensible al retraso requiere una calidad de servicio (QoS) /

calidad de experiencia (QoE) muy diferente, y podría entregarse a través de las rutas con diferentes características para cumplir con su QoS / Requisitos de QoE con los costos más bajos. La arquitectura de red de vehículos novedosa en el escenario de la ciudad inteligente, se podrá mitigar la congestión de la red con la optimización conjunta de las redes, el almacenamiento en caché y los recursos informáticos. La computación en la nube en los centros de datos, así como la computación de borde móvil en el nodo B evolucionado y las unidades integradas, se toman como paradigmas para proporcionar recursos informáticos y de almacenamiento en caché. El principio de control programable que se originó a partir del paradigma de redes definidas por software se ha introducido en esta arquitectura para facilitar la optimización del sistema y la integración de recursos. Con el modelado cuidadoso de los servicios, la movilidad del vehículo y el estado del sistema, se propone un esquema de gestión conjunta de recursos y se formula como un proceso de decisión de Markov parcialmente observable para minimizar el costo del sistema, que consiste tanto en la sobrecarga de la red como en el tiempo de ejecución de la computación (Li, 2018).

La computación en la niebla se ha considerado un paradigma de computación asequible y sostenible para habilitar los servicios de IoT de ciudad inteligente. Sin embargo, sigue siendo un gran desafío para los desarrolladores programar sus servicios para aprovechar los beneficios de la computación en la niebla. Los desarrolladores tienen que averiguar muchos detalles, como cómo configurar y administrar dinámicamente las tareas de procesamiento de datos en la nube y los bordes y cómo optimizar la asignación de tareas para una latencia mínima y un consumo de ancho de banda mínimo. Además, la mayoría de los marcos de cálculo de niebla existentes carecen de modelos de programación de servicios o definen un modelo de programación basado únicamente en sus propios modelos e interfaces de datos privados. El modelo de programación de FogFlow permite a los desarrolladores de servicios de IoT programar servicios de IoT elásticos fácilmente en la nube y los bordes. Además, admite interfaces estándar para compartir y reutilizar datos contextuales entre servicios (Cheng, 2017).

Las arquitecturas de red de IoT son intrínsecamente heterogéneas, incluida la red de sensores inalámbricos, la red de fidelidad inalámbrica, la red de malla inalámbrica, la red de comunicación móvil y la red vehicular. En cada unidad de red, Los dispositivos inteligentes utilizan métodos de comunicación apropiados

para integrar información digital y objetos físicos, que brindan a los usuarios nuevas aplicaciones y servicios interesantes. Sin embargo, la complejidad de los requisitos de las aplicaciones, la heterogeneidad de las arquitecturas de red y las tecnologías de comunicación imponen muchos desafíos en el desarrollo de aplicaciones para el internet de las cosas heterogéneo (HetIoT). La arquitectura HetIoT de cuatro capas que consta de sensores, redes, computación en la nube y aplicaciones (Qiu, 2018).

Mediante el uso de Internet de las cosas y el análisis de big data, se puede desarrollar la ciudad inteligente y la industria inteligente. Por eso, el nuevo enfoque denominado industria de ciudades inteligentes basado en big data (SCIB). Esto ayuda a mejorar el rendimiento y a desarrollar la ciudad inteligente y la industria inteligente incluso mediante el uso de análisis de big data. Aquí, los datos se recopilan de la ciudad inteligente y los dispositivos industriales, como la atención médica, los sistemas educativos, la gestión de la congestión y la red eléctrica. Estos datos se formarán como un big data y se pasarán a la adquisición de datos para su digitalización. Además, se almacenará con la ayuda del proceso de computación en la nube (Liu, 2018).

El modelo de ciudad inteligente para las grandes ciudades de todo el mundo para mejorar y mejorar significativamente la calidad de vida de los habitantes, mejorar la utilización de los recursos de la ciudad y reducir los costos operativos, incluye varias tecnologías heterogéneas como los sistemas ciberfísicos (CPS), Internet de las cosas (IoT), redes de sensores inalámbricos (WSN), computación en la nube y vehículos aéreos no tripulados (UAV). Sin embargo, se necesitan protocolos de comunicación y redes eficientes para proporcionar la coordinación y el control necesarios de los diversos componentes del sistema (Jawhar, 2018).

La aparición del nuevo paradigma de la computación en la arquitectura de la computación en la nube ha hecho necesario superar las limitaciones inherentes de la computación en la nube, como el conocimiento de la ubicación, la escalabilidad, la eficiencia energética, la movilidad, los cuellos de botella del ancho de banda y el retraso de la latencia. Para abordar estos problemas se propone un marco de arquitectura de nube híbrida eficiente junto con la comunicación Li-Fi para una red de IoT centrada en el ser humano, donde también presenta la arquitectura de la nube local para reducir la demora de latencia y el costo del ancho de banda y

para mejorar la eficiencia, seguridad, confiabilidad y disponibilidad (Sharma, 2018).

Las ciudades inteligentes dependen en gran medida del uso de diversas tecnologías de software, hardware y comunicaciones para mejorar las operaciones en áreas como la atención médica, el transporte, la energía, la educación, la logística y muchas otras, al tiempo que se reducen los costos y el consumo de recursos. Una de las tecnologías prometedoras para respaldar estos esfuerzos es la nube de cosas (CoT). CoT proporciona una plataforma para vincular las partes cibernéticas de una ciudad inteligente que se ejecutan en la nube con las partes físicas de la ciudad inteligente, incluidos residentes, vehículos, redes eléctricas, edificios, redes de agua, hospitales, y otros recursos. Otra tecnología útil es Fog Computing, que extiende el paradigma tradicional de Cloud Computing al borde de la red para permitir soporte localizado y en tiempo real para servicios de ciudad inteligente mejorados en el funcionamiento. Sin embargo, el enfoque de middleware orientado a servicios (SOM) puede ayudar a resolver algunos de los desafíos de desarrollar y operar servicios de ciudades inteligentes utilizando CoT y Fog Computing (Mohamed, 2017).

Una plataforma de software de IoT basada en datos es esencial para realizar utilidades inteligentes manejables y sostenibles y para desarrollar aplicaciones novedosas sobre ellas. Aquí, se propone la arquitectura de software orientada a servicios para abordar actividades operativas clave en una utilidad inteligente: el tejido de IoT para la gestión de recursos y la plataforma de datos y aplicaciones para la toma de decisiones. Este diseño utiliza estándares de Web Abierta y protocolos de red en evolución, recursos en la nube y de borde, y plataformas de transmisión de big data (Simmhan, 2018).

- **PI5: ¿Qué métodos de privacidad y protección de datos utilizan los sistemas IoT para gestionar una Smart City?**

En la infraestructura convencional basada en la nube de IoT, los datos confidenciales de IoT se almacenaron en un tercer proveedor de servicios en la nube. Sin embargo, de esta manera, los datos privados de IoT pueden ser revelados por el servidor en la nube, ya que el servidor en la nube conoce todos los datos almacenados en él. Existe un mecanismo de seguro descentralizado basado en la técnica blockchain para almacenar los datos importantes generados

en el sistema IoT. Este mecanismo resuelve eficazmente los problemas de confiabilidad, seguridad y privacidad de los datos que se pueden encontrar en el sistema convencional de nube de IoT (Ge, 2020). El desarrollo de la Internet de las cosas, la computación en la nube, las redes sociales y otras personas influyentes de la Industria 4.0 llevaron la tecnología al marco de una sociedad inteligente, lo que trajo vulnerabilidades potenciales a los datos de los sensores, los servicios y las aplicaciones de ciudades inteligentes. Estas vulnerabilidades provocan problemas de seguridad de los datos.

Un sistema de gestión de datos descentralizado para un transporte inteligente y seguro que utiliza blockchain e Internet de las cosas en un entorno de ciudad inteligente sostenible para resolver el problema de la vulnerabilidad de los datos. Un sistema de movilidad de transporte inteligente exige la creación de un sistema de tránsito interconectado para garantizar flexibilidad y eficiencia. Este artículo presenta conocimientos previos y luego proporciona una arquitectura de datos basada en Hyperledger Fabric que admite un sistema de transporte inteligente, confiable y seguro (Abbas, 2021).

El crecimiento continuo de datos para el almacenamiento impulsa el rápido desarrollo de todo el mercado de almacenamiento debido a la gran cantidad de datos generados. Al proporcionar almacenamiento y administración de datos, el sistema de almacenamiento en la nube se convierte en una parte indispensable de la nueva era. Actualmente, los gobiernos, las empresas y los usuarios individuales están migrando activamente sus datos a la nube. Una cantidad tan enorme de datos puede crear una riqueza magnánima. Sin embargo, esto aumenta el posible riesgo, por ejemplo, acceso no autorizado, fuga de datos, divulgación de información confidencial y divulgación de privacidad (Yang, 2020).

La implementación de la capacidad de computación en la nube dentro de la red de acceso por radio puede enfrentar serias amenazas de seguridad, que se derivan no solo de las tecnologías y redes existentes, sino también del propio IoT basado en MA-MEC. Por lo tanto, las soluciones para abordar las amenazas de seguridad se investigan desde la perspectiva de la capa física, ya que las tecnologías de seguridad de la capa física tienen las ventajas de lograr un secreto perfecto, baja complejidad computacional y consumo de recursos, y una buena adaptación a los cambios de canal. Específicamente la codificación segura de escuchas telefónicas, la asignación de recursos, el procesamiento de señales y la cooperación de

múltiples nodos, junto con la generación y autenticación de claves de capa física, para hacer frente a los desafíos de seguridad emergentes (Wang D. a., 2019).

Blockchain con su naturaleza descentralizada, transparente y segura ha surgido como una tecnología disruptiva para la próxima generación de numerosas aplicaciones industriales. Uno de ellos es Cloud of Things habilitado por la combinación de computación en la nube e Internet of Things. En este contexto, blockchain proporciona soluciones innovadoras para abordar los desafíos en Cloud of Things en términos de descentralización, privacidad de datos y seguridad de la red, mientras que Cloud of Things ofrece funcionalidades de elasticidad y escalabilidad para mejorar la eficiencia de las operaciones de blockchain. Por lo tanto, un nuevo paradigma de integración de blockchain y Cloud of Things, llamado BCoT, ha sido ampliamente considerado como un habilitador prometedor para una amplia gama de escenarios de aplicación (Nguyen, 2020).

Las ciudades inteligentes pueden ofrecer nuevas aplicaciones y servicios para aumentar la vida diaria de los ciudadanos en la toma de decisiones, el consumo de energía, el transporte, la atención médica y la educación. A pesar de la visión potencial de las ciudades inteligentes, los problemas de seguridad y privacidad deben abordarse con cuidado, para diseñar una ciudad inteligente segura, identificar las soluciones de seguridad y privacidad existentes y presentar desafíos de seguridad y privacidad en ciudades inteligentes (Sookhak, 2018).

La razón clave del fallo de las aplicaciones de ciudad inteligente habilitadas para la nube y la IoT son las prácticas de seguridad inadecuadas en las primeras etapas de desarrollo. se propone un marco para recopilar los requisitos de seguridad durante la fase de desarrollo inicial de aplicaciones de ciudad inteligente habilitadas para IoT asistidas en la nube. Su arquitectura de tres capas incluye análisis de partes interesadas con privacidad preservada (PPSA), modelado y validación de requisitos de seguridad (SRMV) y asistencia segura en la nube (SCA) (Tariq, Security requirement management for cloud-assisted and internet of things⇒ enabled smart city, 2021).

- **P16: ¿Cómo puede incorporarse la inteligencia artificial y sus técnicas para el procesamiento de datos en el desarrollo de las aplicaciones para una Smart City?**

Con el creciente desarrollo de Internet de las cosas (IoT) y tecnologías de comunicación como 5G, nuestro mundo futuro se visualiza como una entidad interconectada donde miles de millones de dispositivos brindarán un servicio ininterrumpido a nuestra vida diaria y a la industria. Mientras tanto, estos dispositivos generarán cantidades masivas de datos valiosos en el borde de la red, lo que requiere no solo el procesamiento instantáneo de datos, sino también el análisis inteligente de datos para liberar por completo el potencial del big data del borde. Tanto la computación en la nube tradicional como la computación en el dispositivo no pueden abordar suficientemente este problema debido a la alta latencia y la capacidad de computación limitada, respectivamente. Afortunadamente, la computación de borde emergente arroja luz sobre el problema al impulsar el procesamiento de datos desde el núcleo de la red remota al borde de la red local, reduciendo notablemente la latencia y mejorando la eficiencia. Además, los recientes avances en el aprendizaje profundo han facilitado enormemente la capacidad de procesamiento de datos, permitiendo un desarrollo emocionante de aplicaciones novedosas, como la videovigilancia y la conducción autónoma. Se cree que la convergencia de la informática de punta y el aprendizaje profundo brinda nuevas posibilidades tanto para las investigaciones interdisciplinarias como para las aplicaciones industriales (Wang F. a., 2020).

Con el creciente número de vehículos en las ciudades cada año, se necesita más tiempo para encontrar plazas de aparcamiento. Los métodos de solución desarrollados ya no son suficientes. El tiempo que pasa esperando una plaza de aparcamiento en el tráfico conlleva problemas como la energía, la contaminación ambiental y el estrés. En este estudio, se desarrolló una nueva aplicación de estacionamiento inteligente móvil basada en la nube y de aprendizaje profundo para minimizar el problema de buscar espacios de estacionamiento. Dentro de la aplicación se ha desarrollado un servicio basado en deep learning con Long-short-term Memory (LSTM) para predecir la plaza de aparcamiento. Aquí, Se proporciona acceso dinámico al modelo basado en LSTM creado previamente a través del dispositivo móvil del usuario, y el proceso de visualización de las tasas de ocupación de los parques en el lugar deseado se realiza en el dispositivo móvil ingresando los parámetros relevantes. Para demostrar la efectividad del modelo, se comparó con los métodos Support Vector Machine, Random Forest y ARIMA. Los resultados han confirmado la alta precisión y fiabilidad

prometidas. Se han logrado ahorros tanto de energía como de tiempo (Canli, 2021).

Los dispositivos de Internet de las cosas (IoT) podrían usarse para la recopilación de datos, que están relacionados con situaciones de hacinamiento en una ciudad inteligente. Los centros de datos de computación en la niebla ubicados en diferentes zonas de una ciudad inteligente pueden procesar y analizar los datos recopilados para ayudar a los pasajeros a trasladarse sin problemas con un tiempo de espera mínimo en una situación de hacinamiento. El sistema de asistencia a pasajeros basado en Q-learning está diseñado para ayudar a los viajeros a encontrar estaciones de metro y autobús menos concurridas para evitar largas colas de espera. Los datos de la congestión del tráfico y la situación de hacinamiento se procesan en los centros de datos de cálculo de niebla (Neelakantam, 2020).

En las grandes ciudades, el 10% de la circulación del tráfico se debe a los cruceros, ya que los conductores pasan casi 20 minutos buscando aparcamiento gratuito. Por lo tanto, es necesario desarrollar un sistema de predicción de disponibilidad de espacio de estacionamiento que pueda informar a los conductores con anticipación sobre la ocupación de los estacionamientos por ubicación, día y hora. Se propone un marco basado en una red profunda de memoria a corto plazo para predecir la disponibilidad de espacio de estacionamiento con la integración de Internet de las cosas (IoT), tecnología en la nube y redes de sensores. Utilizando el conjunto de datos de los sensores de estacionamiento de Birmingham para evaluar el rendimiento de las redes profundas de memoria a corto plazo. Se realizan tres tipos de experimentos para predecir la disponibilidad de espacio de estacionamiento gratuito que se basa en la ubicación, los días de la semana y las horas de trabajo del día. Los resultados experimentales demuestran que el modelo propuesto supera a los modelos de predicción de última generación (Ali, 2020).

Para garantizar la seguridad y la protección en el entorno de la ciudad inteligente, este documento presenta un enfoque novedoso que permite a las autoridades visualizar mejor las amenazas, al identificar y predecir las zonas delictivas altamente reportadas en la ciudad inteligente. Con este fin, primero investiga el agrupamiento espacial jerárquico de aplicaciones con ruido basado en densidad (HDBSCAN) para detectar los puntos calientes que tienen un mayor riesgo de que

se produzcan delitos. En segundo lugar, para la predicción de delitos, La Media Móvil Estacional Auto-Regresiva Integrada (SARIMA) se explota en cada región densa del crimen para predecir el número de incidentes delictivos en el futuro con información espacial y temporal. El modelo propuesto de predicción de delitos basado en HDBSCAN y SARIMA se evalúa en diez años de datos sobre delitos (2008-2017) para la ciudad de Nueva York (NYC). La precisión del modelo se mide considerando diferentes escenarios de tiempo, como el año, (es decir, para cada año), y para la duración total considerada de diez años usando una proporción de 80:20. El 80% de los datos se utilizó para entrenamiento y el 20% para pruebas (Butt, 2021).

4. Conclusiones

La construcción de ciudades inteligentes se ha convertido en un inevitable proceso de desarrollo urbano. Sin embargo, para construir una ciudad inteligente, necesitamos lidiar con los recursos urbanos existentes de manera racional, compensar las deficiencias de la construcción urbana y construir un plan de desarrollo urbano a largo plazo para que las ciudades inteligentes se puedan avanzar sin problemas. La computación en la nube y la tecnología de Internet de las cosas se pueden utilizar razonablemente en la construcción de ciudades inteligentes. La tecnología de la información y de la comunicación se puede aplicar en la industria médica, industria del transporte e infraestructura para cumplir con los requisitos de desarrollo y promover la perfección de toda la construcción de la ciudad inteligente. La construcción de ciudades inteligentes se está desarrollando gradualmente. Aunque la computación en la nube y la tecnología de Internet de las cosas son beneficiosas para una amplia gama de aplicaciones, todavía existen muchas deficiencias que aún deben mejorarse. Por lo tanto, de acuerdo con la situación real, necesitamos usar racionalmente la tecnología existente para que la construcción de ciudades inteligentes pueda tener un soporte técnico perfecto y de esta manera promover la construcción sólida de ciudades inteligentes.

Abbas, K. a.-L. (2021). Convergence of Blockchain and IoT for Secure Transportation Systems in Smart Cities. *Security and Communication Networks*.

- Ahmed, E. a. (2017). The role of big data analytics in Internet of Things. *Computer Networks*, 459-471.
- Ali, G. a. (2020). IoT based smart parking system using deep long short memory network. *Electronics*, 1696.
- Ang, L.-M. a. (2018). Deployment of IoV for smart cities: applications, architecture, and challenges. *IEEE access*, 6473-6492.
- Anjomshoaa, A. a. (2018). City scanner: Building and scheduling a mobile sensing platform for smart city services. *IEEE Internet of things Journal*, 4567-4579.
- Butt, U. M. (2021). Spatio-Temporal Crime Predictions by Leveraging Artificial Intelligence for Citizens Security in Smart Cities. *IEEE Access*, 47516-47529.
- Canli, H. a. (2021). Deep Learning-Based Mobile Application Design for Smart Parking. *IEEE Access*, 61171-61183.
- Castillo-Cara, M. a.-R.-J.-B. (2019). SAVIA: Smart city citizen security application based on fog computing architecture. *IEEE Latin America Transactions*, 1171-1179.
- Chen, N. a. (2018). Smart city surveillance at the network edge in the era of iot: opportunities and challenges. *Smart Cities*, 153-176.
- Cheng, B. a. (2017). FogFlow: Easy programming of IoT services over cloud and edges for smart cities. *IEEE Internet of Things Journal*, 696-707.
- Dautov, R. a. (2018). Metropolitan intelligent surveillance systems for urban areas by harnessing IoT and edge computing paradigms. *Software: Practice and experience*, 1475-1492.
- Del Esposte, A. d. (2019). Design and evaluation of a scalable smart city software platform with large-scale simulations. *Future Generation Computer Systems*, 427-441.
- Ge, C. a. (2020). A blockchain based decentralized data security mechanism for the Internet of Things. *Journal of Parallel and Distributed Computing*, 1-9.
- Jan, M. A. (2019). SmartEdge: An end-to-end encryption framework for an edge-enabled smart city application. *Journal of Network and Computer Applications*, 1-10.
- Jawhar, I. a.-J. (2018). Networking architectures and protocols for smart city systems. *Journal of Internet Services and Applications*, 1-16.
- Jiang, D. (2020). The construction of smart city information system based on the Internet of Things and cloud computing. *Computer Communications*, 158-166.
- Khattak, H. A. (2019). Toward integrating vehicular clouds with IoT for smart city services. *IEEE Network*, 65-71.
- Kitchenham, Barbara and Charters, Stuart. (2007). Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering. (Citeseer, Ed.)
- Kumar, A. a. (2020). A novel simulated-annealing based electric bus system design, simulation, and analysis for Dehradun Smart City. *IEEE Access*, 89395-89424.
- Li, M. a. (2018). Delay-tolerant data traffic to software-defined vehicular networks with mobile edge computing in smart city. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 9073-9086.
- Liu, Z. (2018). Research on the Internet of Things and the development of smart city industry based on big data. *Cluster Computing*, 789-795.
- Memos, V. A.-G. (2018). An efficient algorithm for media-based surveillance system (EAMSuS) in IoT smart city framework. *Future Generation Computer Systems*, 619-628.
- Meslin, A. a. (2020). Scalable mobile sensing for smart cities: The musanet experience. *IEEE Internet of Things Journal*, 5202-5209.

- Mohamed, N. a.-J.-M. (2017). SmartCityWare: A service-oriented middleware for cloud and fog enabled smart city services. *Ieee Access*, 17576-17588.
- Neelakantam, G. a. (2020). Reinforcement Learning Based Passengers Assistance System for Crowded Public Transportation in Fog Enabled Smart City. *Electronics*, 1501.
- Nguyen, D. C. (2020). Integration of blockchain and cloud of things: Architecture, applications and challenges. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 2521-2549.
- Qian, L. P. (2020). Vehicular Networking-Enabled Vehicle State Prediction via Two-Level Quantized Adaptive Kalman Filtering. *IEEE Internet of Things Journal*, 7181-7193.
- Qiu, T. a. (2018). How can heterogeneous internet of things build our future: A survey. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 2011-2027.
- Rego, A. a. (2018). Software Defined Network-based control system for an efficient traffic management for emergency situations in smart cities. *Future Generation Computer Systems*, 243-253.
- Sharma, P. K. (2018). Li-Fi based on security cloud framework for future IT environment. *Human-centric Computing and Information Sciences*, 1-13.
- Simmhan, Y. a. (2018). Towards a data-driven IoT software architecture for smart city utilities. *Software: Practice and Experience*, 1390-1416.
- Sookhak, M. a. (2018). Security and privacy of smart cities: a survey, research issues and challenges. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 1718-1743.
- Su, P. a. (2021). Smart city information processing under internet of things and cloud computing. *The Journal of Supercomputing*, 1-20.
- Suarez-Paez, J. a.-G.-L. (2019). A novel low processing time system for criminal activities detection applied to command and control citizen security centers. *Information*, 365.
- Tariq, M. U. (2021). Security requirement management for cloud-assisted and internet of things-enabled smart city. *Computers, Materials and Continua*, 625-639.
- Tariq, M. U. (2021). Security Requirement Management for Cloud-Assisted and Internet of Things-Enabled Smart City. *CMC-COMPUTERS MATERIALS \ CONTINUA*, 625-639.
- Tomar, P. a. (2018). A prototype of IoT-based real time smart street parking system for smart cities. In *Internet of Things and Big Data Analytics Toward Next-Generation Intelligence* (pp. 243-263). Springer.
- Wang, D. a. (2019). Enhancing information security via physical layer approaches in heterogeneous IoT with multiple access mobile edge computing in smart city. *IEEE Access*, 54508-54521.
- Wang, F. a. (2020). Deep learning for edge computing applications: A state-of-the-art survey. *IEEE Access*, 58322-58336.
- Wu, Y. (2020). Cloud-edge orchestration for the internet-of-things: Architecture and ai-powered data processing. *IEEE Internet of Things Journal*.
- Yang, P. a. (2020). Data security and privacy protection for cloud storage: A survey. *IEEE Access*, 131723-131740.
- Zhang, C. (2020). Design and application of fog computing and Internet of Things service platform for smart city. *Future Generation Computer Systems*, 630-640.

