

11° Congreso
TUCUMÁN
2023





2023

CoNaIISI

XI Congreso Nacional de Ingeniería en Informática y Sistemas de Información

UTN FRT

confedi

RIIIC confedi

UTN UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL

XI Congreso Nacional de Ingeniería en Informática y Sistemas de Información.

CoNaIISI 2023

Universidad Tecnológica Nacional.
Facultad Regional Tucumán

edUTecNe
Buenos Aires, 2024

XI Congreso Nacional de Ingeniería en Informática y Sistemas de Información : CoNaIISI 2023 / Gabriela Ivana Aparicio ... [et al.] ; Compilación de José Augusto Nasrrallah ; Gabriela Ivana Aparicio ; Editado por Fernando Cejas. - 1a ed - Ciudad Autónoma de Buenos Aires : edUTecNe, 2024.
Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online
ISBN 978-987-8992-38-9

1. Ingeniería. 2. Sistemas de Información. 3. Tecnología Informática. I. Aparicio, Gabriela Ivana, comp. II. Nasrrallah, José Augusto, comp. III. Cejas, Fernando, ed.
CDD 629.801

Diseño de Tapa e interior: Fernando Cejas

Universidad Tecnológica Nacional – República Argentina
Rector: Ing. Rubén Soro
Vicerrector: Ing. Haroldo Avetta
Secretaria Cultura y Extensión Universitaria: Ing. Federico Olivo Aneiros

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Tucumán
Decano: Mgter Ing Walter Fabián Soria
Vicedecano: Ing. Juan Esteban Campos
Secretario de Vinculación Tecnológica: Ing. Mario Augusto Madariaga
Secretario de relaciones institucionales: Ing. Jorge Molina

edUTecNe – Editorial de la Universidad Tecnológica Nacional
Coordinador General a cargo: Fernando Cejas
Dirección General: Mg. Claudio Véliz
Dirección de Cultura y Comunicación: Ing. Pablo Lassave

Queda hecho el depósito que marca la Ley Nº 11.723

© edUTecNe, 2024

Sarmiento 440, Piso 6 (C1041AAJ)
Buenos Aires, República Argentina
Publicado Argentina – Published in Argentina

ISBN 978-987-8992-38-9

Reservados todos los derechos. No se permite la reproducción total o parcial de esta obra, ni su incorporación a un sistema informático, ni su transmisión en cualquier forma o por cualquier medio (electrónico, mecánico, fotocopia, grabación u otros) sin autorización previa y por escrito de los titulares del copyright. La infracción de dichos derechos puede constituir un delito contra la propiedad intelectual.

Método de Optimización en Procesos Contractuales Interorganizacionales utilizando Smart Contracts en Plataformas IoT

Paulo José Ordóñez Giovanazzi[1], Iván Manuel Ordóñez Giovanazzi[2], Alejandro Mario Hernandez[3], Ulises Gabriel Pignatelli[4]
[1,2,3,4]Universidad Abierta Interamericana. Facultad de Tecnología Informática. Centro de Altos Estudios en Tecnología Informática. Rosario, Argentina.
[1]paulojose.ordonezgiovanazzi@alumnos.uai.edu.ar, [2]ivanmanuel.ordonez@alumnos.uai.edu.ar, [3]alejandromario.hernandez@uai.edu.ar, [4]ulisesgabriel.pignatelli@alumnos.uai.edu.ar

Resumen

Dada la creciente adopción de las tecnologías Internet of Things (IoT) *y blockchain en las industrias, en particular en el transporte de activos, observamos que es propicio aplicar Smart Contracts en ciertos escenarios y obtener beneficios considerables entre las organizaciones que se integren a la red. El propósito de este enfoque radica en la optimización de los procesos contractuales entre empresas y/o organizaciones, que a menudo están plagados de trámites burocráticos. Esta optimización se logra capitalizando la infraestructura ofrecida por los dispositivos y plataformas IoT disponibles. En el marco de esta investigación, introducimos un método innovador que busca automatizar los procesos interorganizacionales necesarios para la ejecución de contratos, aprovechando las capacidades de las plataformas IoT. Esto se logra a través de Smart Contracts que operan según agentes definidos en las plataformas IoT de cada organización. Estos contratos automatizan procesos contractuales al establecer condiciones y utilizar datos de la IoT como activadores, asegurando la ejecución precisa de los acuerdos y mejorando la transparencia y seguridad en las transacciones. Al integrar Smart Contracts en las plataformas IoT en entornos organizacionales, se hace posible la trazabilidad de operaciones, fomentando la transparencia y confiabilidad en las transacciones. La eliminación de intermediarios agiliza procesos, reduciendo la complejidad y acelerando operaciones. Esta automatización disminuye la burocracia, lo que se traduce en una ejecución más eficiente de los acuerdos. Además, garantiza un cumplimiento preciso de los términos contractuales, reforzando la seguridad y confianza en todas las partes involucradas.*

Palabras Clave – blockchain, internet of things, internet of vehicle, smart contracts

Introducción

En el contexto del avance de las Smart Cities, se ha logrado solucionar el problema del ancho de banda gracias a la implementación de la tecnología 5G. Esta tecnología permite manipular el creciente flujo de información generado por la gran cantidad de dispositivos conectados en una ciudad inteligente.

Dado este constante aumento de dispositivos conectados, se generan enormes volúmenes de datos que deben ser gestionados y analizados de manera eficiente para obtener información útil y tomar decisiones con fundamento.

En 2018, había más de 17 mil millones de dispositivos conectados a Internet, con unos 7 mil millones siendo de IoT. Se espera que para 2025 esta cifra llegue a 35 mil millones. La importancia de esto radica en el crecimiento de dispositivos inteligentes, especialmente con el 5G. Se espera que para 2028, haya más de 5 mil millones de conexiones 5G, con el 80% de ellas utilizando esta tecnología. Esto se debe a dispositivos IoT más asequibles y eficientes que están siendo adoptados por varias industrias. Estos dispositivos generan grandes cantidades de datos que se almacenan para su análisis en la nube. Aunque los modelos actuales de IoT son cerrados, hay interés en compartir datos en una economía compartida, lo que presenta desafíos en el intercambio de datos [1, 2].

Por otro lado, según un informe, la Conectividad Inteligente como la Movilidad Sostenible son los procesos mejorados basados en la colaboración transfronteriza entre las autoridades [3]. El informe plantea los siguientes desafíos:

Estandarización e interoperabilidad: promover el uso de estándares armonizados y especificaciones técnicas que permitan el intercambio de datos sin problemas y la interoperabilidad entre diferentes sistemas y plataformas.

Privacidad y seguridad de datos: abordar las preocupaciones relacionadas con la privacidad y seguridad de los datos en el contexto de la movilidad sostenible y la conectividad inteligente.

La amenaza de localización y rastreo se fundamenta en la habilidad de identificar y registrar la posición de una persona. Esta amenaza demanda la identificación del individuo. Las infracciones más frecuentes a la privacidad

asociadas con esta amenaza comprenden el acoso mediante el uso del GPS, la revelación de datos confidenciales o incluso la sensación incómoda de estar bajo observación [2].

La noción de interacción y presentación que socavan la privacidad se refiere a la acción de compartir datos o información de carácter confidencial a través de canales o medios de acceso públicos, lo que conlleva a su posterior difusión ante un público no autorizado o deseado. Esta problemática es recurrente en varios sectores del IoT, como el ámbito de la venta minorista inteligente, el transporte y el sector de la salud, en los cuales existe una necesidad imperante de mantener un alto grado de comunicación con los usuarios o clientes [2].

La sinergia entre blockchain, contratos inteligentes, computación en la nube y dispositivos de IoT tiene el potencial de engendrar interfaces automatizadas de alta inteligencia que obvian la necesidad de intermediarios u otras formas de terceros. Los contratos inteligentes, basados en condiciones contractuales que determinan acciones según el cumplimiento de dichas condiciones, expanden significativamente las capacidades de la tecnología blockchain. Este enfoque podría reconfigurar significativamente la industria de los contratos inteligentes, ya que esta tecnología conlleva automatización, comunicación, transparencia y rendición de cuentas, aspectos fundamentales para garantizar la solidez, eficiencia y adecuación a los requerimientos de los clientes, así como la auditabilidad de los procesos en la cadena de suministro [4].

Existen antecedentes de investigación del uso de blockchains en el ámbito del IoT [5]. Un caso de estudio explora cómo las blockchains posibilitan una red distribuida entre pares en la que participantes no confiables pueden interactuar sin intermediarios, de forma verificable. Se analizan los Smart Contracts, que residen en la Blockchain y permiten la automatización de procesos multi-etapa. La combinación de Blockchain e IoT facilita el intercambio de servicios y recursos, creando un mercado de servicios entre dispositivos, así como la automatización de flujos de trabajo existentes, lo que reduce tiempos y costos. Los Smart Contracts automatizan procesos complejos. Al combinar estos elementos con dispositivos IoT, se logra una automatización de flujos de trabajo única y criptográficamente verificable, generando ahorros significativos en tiempo y costos.

Ha sido presentada una arquitectura de software que une blockchain y dispositivos IoT para rastrear productos en una Cadena de Suministro (CS) [4]. Utiliza la blockchain Solana para implementar procesos de la CS y almacena datos relacionados en la blockchain. Los dispositivos IoT, como Sigfox y Sensit, capturan información como temperatura y ubicación. La meta es crear una estructura que permita una blockchain genérica para la CS en el futuro. Esta solución aborda problemas de trazabilidad y control en la CS utilizando la combinación de blockchain e IoT. En otros campos, la combinación de estas tecnologías ha demostrado ser exitosa para rastrear productos y garantizar autenticidad. Esto respalda la estrategia presentada en el presente artículo.

La combinación de tecnologías emergentes como blockchain e IoT ha demostrado ser efectiva en otros campos para garantizar trazabilidad y seguridad en procesos y transacciones. Por ejemplo, en la industria alimentaria y farmacéutica se han utilizado estas tecnologías para rastrear la cadena de suministro y prevenir la falsificación [6]. Estas implementaciones exitosas en otros contextos respaldan la estrategia presentada en el presente artículo para abordar problemas en la Cadena de Suministro.

IoT

Un sistema de IoT representa una red inteligente que establece vínculos entre todos los objetos y la Internet, permitiendo el intercambio de información mediante protocolos concebidos por el Internet Engineering Task Force (IETF). Como resultado de esto, se posibilita el acceso a cualquier objeto en cualquier momento y lugar. Sensores minúsculos, incorporados en elementos cotidianos, constituyen el soporte esencial de una red de IoT. Un aspecto destacado radica en la ausencia de necesidad de intervención humana en las interacciones de los dispositivos IoT. Esta tecnología no solo reduce significativamente el esfuerzo humano, sino que también optimiza la utilización de recursos, permite un monitoreo y seguimiento en tiempo real, mejora la recolección de datos y optimiza el uso del tiempo. Ejemplos de su aplicación abarcan desde dispositivos portátiles hasta la agricultura inteligente, venta minorista inteligente y la monitorización de la salud. A partir de la singularidad de sus técnicas de direccionamiento, el IoT posibilita la creación de nuevas aplicaciones y servicios que interactúan con diversos objetos y elementos [7].

Plataforma IoT

Las aplicaciones del IoT pueden ser empleadas de diversas formas para apoyar a sistemas y negocios en la simplificación, mejora, automatización y control de procesos. El IoT también puede ser utilizado para proporcionar datos importantes, el rendimiento de actividades, e incluso factores ambientales que necesitan ser monitoreados de manera continua y remota. Por lo tanto, las aplicaciones del IoT pueden contribuir en la creación de nuevos sistemas y estrategias empresariales, al mismo tiempo que brindan a las empresas los datos instantáneos que necesitan para desarrollar productos y servicios de manera eficiente [8].

IoV

En consonancia con el progreso de la industria, se observa un crecimiento acelerado en la cantidad de

vehículos en circulación. Este aumento de vehículos da lugar a inquietudes en cuanto a la seguridad, lo que motiva la necesidad de establecer un medio de comunicación seguro. El Internet of Vehicle (IoV) emerge como protagonista en el contexto de la industria 4.0. Es innegable que el IoV proyecta un futuro prometedor y beneficioso, al brindar mejoras en la seguridad vial, disminuir los impactos ambientales, optimizar la utilización del espacio y ejercer control sobre los costos asociados. El ecosistema del IoV abarca tanto componentes de hardware como software, acompañados por servicios diversos y una amplia variedad de tecnologías de red que van desde Bluetooth y redes celulares hasta Wi-Fi y tecnología 5G. Asimismo, se emplean diversos tipos de comunicación, como la vehículo a vehículo (V2V), vehículo a infraestructura (V2I), vehículo a red (V2N) y vehículo a peatón (V2P), para garantizar la conectividad y la interacción fluida en este entorno dinámico. El IoV no solo implica la interacción entre vehículos, sino también con el entorno circundante, lo cual permite el acceso a datos esenciales en tiempo real para la seguridad y la eficiencia del tráfico. Para garantizar la integridad de la red IoV y prevenir posibles situaciones peligrosas causadas por la manipulación de datos maliciosos, resulta crucial el desarrollo de un sólido marco de autenticación. Dicho marco debe tener la capacidad de verificar la autenticidad de los datos en cuestión de milisegundos, asegurando así la confiabilidad y la seguridad en las decisiones basadas en la información de la red IoV [8].

Blockchain y Smart Contracts

La blockchain es un sistema digital descentralizado y distribuido que consiste en una cadena de bloques que contienen datos de transacciones que pueden compartirse entre los participantes conectados a la red de forma encriptada [13]. Surgió tras la publicación del whitepaper de Satoshi Nakamoto en 2008, donde se resolvió el problema del doble gasto de monedas digitales en redes P2P descentralizadas. El blockchain representa una cadena de bloques inalterables. Cada bloque en esta cadena se interconecta mediante el hash del bloque previo. Las transacciones se organizan en un árbol de Merkle, crucial para verificar la coherencia e integridad de grandes conjuntos de datos transaccionales de manera eficiente y segura. La utilización de árboles de Merkle en el blockchain se introdujo en 1993 y ya había sido patentada en 1979 por Ralph Merkle [10], como se muestra en el ejemplo de la Figura 1.

Mecanismo de Consenso

Un mecanismo de consenso es un mecanismo tolerante a fallos utilizado en un blockchain para alcanzar un acuerdo sobre un estado único de la red entre nodos distribuidos [12].

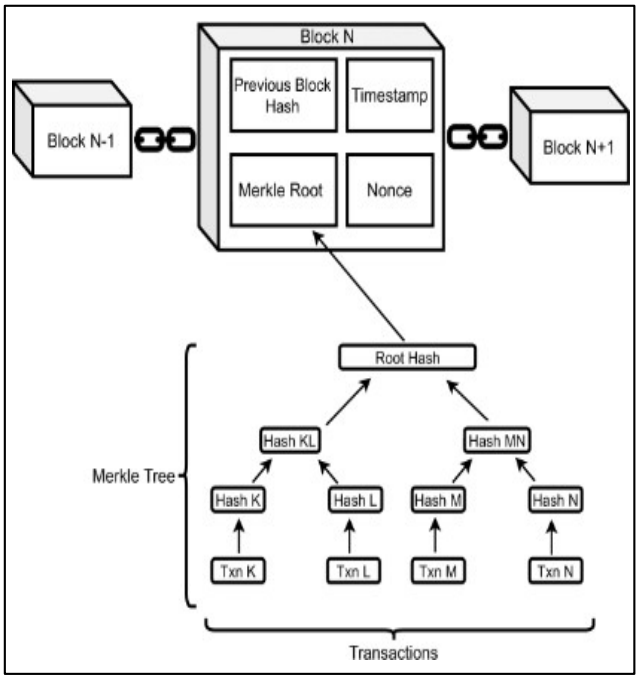


Figura 1. Estructura de los nodos de una Blockchain Ethereum.

PoW

El Proof of Work (PoW) es un protocolo esencial en las blockchains, como Bitcoin. Los mineros desempeñan un papel crucial al validar transacciones y agruparlas en bloques. La elección de qué transacción incluir se basa en la tarifa más alta ofrecida por la confirmación. Cada bloque tiene una capacidad limitada para transacciones. PoW asegura la integridad y la seguridad de la red al requerir que los mineros realicen cálculos complejos para añadir un bloque a la cadena. Este proceso es energéticamente costoso y esencial para prevenir ataques y mantener la confianza en el sistema [14].

PoS y DPoS

El PoS, propuesto por Sunny en 2012, para resolver el problema de energía de PoW, es viable y eficiente. PPcoin lo aplica y destaca por su rápida creación de bloques, alto rendimiento, eficiencia energética y escalabilidad, pero enfrenta el problema del "nothing at stake". El DPoS es una mejora del sistema PoS en el que los nodos eligen agentes mediante votación para validar bloques. La cantidad de agentes es fija, y a medida que los nodos aumentan, la cadena se centraliza más. Sus ventajas son la escalabilidad, eficiencia energética y transacciones económicas. Actualmente, la votación es compleja, pero DPoS la simplifica [15].

Smart Contract

Los contratos inteligentes son un avance importante en la tecnología blockchain. Propuestos en la década de 1990 como un protocolo digital para cumplir acuerdos, son contenedores de código que replican términos

contractuales en el ámbito digital. Son acuerdos vinculantes entre partes, reemplazando intermediarios con ejecución automática en una cadena de bloques descentralizada. Permiten transacciones entre partes no confiables sin intermediarios. Comparados con contratos convencionales, reducen riesgos, costos administrativos y mejoran eficiencia corporativa al ser alojados en una cadena de bloques. Proyectan mejorar el mecanismo de transacción actual en varias industrias [11].

Ethereum blockchain y smart contract

Los contratos inteligentes en Ethereum se componen de funciones, eventos y variables de estado escritas en Solidity. Solidity es un lenguaje de programación Turing completo, es ideal para escribir estos contratos. Luego de la compilación, el código se convierte en bytecode EVM, y se almacena en la cadena de bloques mediante una transacción de creación de contrato. Tras la creación exitosa, se asigna una dirección única al contrato. Una cuenta de contrato en Ethereum incluye su código ejecutable, dirección, estado con almacenamiento privado y saldo en Ether. Los contratos se invocan mediante transacciones de invocación a la dirección, con datos y pago en Ether como tarifas (Gas). La Máquina Virtual Ethereum (EVM) es Turing completa y provee un entorno de ejecución aislado. La computación en EVM se limita por tarifas. Los contratos contienen Ether como saldo y pueden enviarse a otros contratos. Son inmutables después de despliegue, lo que requiere precaución para evitar vulnerabilidades [10].

IoV y Smart Contract

Sistema de Gestión de Transporte Inteligente

Los sistemas de gestión de transporte inteligente (ITS) están revolucionando la forma en que se administra y optimiza el transporte. Estos sistemas utilizan tecnologías avanzadas para mejorar la eficiencia y seguridad de las operaciones de transporte. Un enfoque prometedor en proyectos similares es la integración del blockchain y los contratos inteligentes en los ITS. Estas tecnologías ofrecen transparencia, seguridad y eficiencia en transacciones y operaciones de transporte.

Una cadena de suministro se vuelve "inteligente" cuando sus componentes pueden intercambiar datos y tomar decisiones basadas en ellos. Un contrato inteligente incluye valor, dirección, funciones y estado. En este contexto, la combinación de blockchain y contratos inteligentes en una cadena de suministro permite la verificación y validación en un entorno seguro. Debido a la globalización y la complejidad moderna, la gestión de cadenas de suministro enfrenta desafíos como decisiones ineficientes, múltiples terceros y falta de confianza. La adopción de blockchain e IoT puede resolver estos problemas. Una red blockchain inmutable y segura se combina con dispositivos de IoT como sensores y etiquetas RFID para rastrear y administrar activos de manera encriptada. Esto promueve decisiones informadas, reduce tiempos de transporte, mejora el seguimiento en tiempo real y beneficia a las partes involucradas y a los consumidores. La colaboración en tiempo real y la infraestructura inteligente también reducen retrasos en pedidos y mejoran el control de inventario [1].

Aplicaciones de Smart Contracts en Entornos Interorganizacionales basados en Plataformas IoT

En la intersección entre los Smart Contracts y las plataformas IoT, emerge un horizonte de posibilidades en la optimización de procesos empresariales. Los Smart Contracts, como representantes programables de acuerdos contractuales, se fusionan con los datos y la automatización ofrecida por la IoT, generando un paradigma donde la eficiencia, la precisión y la confiabilidad se convierten en la norma. En este contexto, exploramos diversos casos que ejemplifican las ventajas concretas de esta convergencia tecnológica, demostrando cómo los Smart Contracts empoderan a las organizaciones para automatizar, agilizar y asegurar una variedad de procesos interorganizacionales.

Monitorización de Niveles de Combustible

Suponiendo que la Empresa A y la Empresa B forman parte de una misma red blockchain. La Empresa A se dedica al transporte de activos y cuenta con un dispositivo IoT para la detección de nivel de combustible, mientras que la Empresa B es proveedora de combustible. Utilizando la plataforma IoT y agentes configurados en el sensor de nivel de combustible, la Empresa B puede cargar el tanque del vehículo de la Empresa A. Una vez que se valide el agente, se puede generar un Smart Contract que confirme la carga completa del tanque mediante el sensor, activando una transacción de criptomoneda desde la Empresa A hacia la Empresa B como pago del combustible. Esta operación automatizada gestiona el proceso de pago y recepción del producto, en este caso, el combustible.

Mantenimiento de Dispositivos ("Things")

Otro ejemplo se relaciona con el mantenimiento de dispositivos ("things"). Para asegurar el óptimo estado de estos dispositivos, los sensores IoT pueden recopilar datos sobre su rendimiento y salud. Los Smart Contracts podrían programar automáticamente citas de mantenimiento basadas en el análisis de estos datos. Al alcanzar umbrales específicos, el contrato podría generar solicitudes de servicio y programar mantenimientos preventivos.

Geoposicionamiento de Envíos

Siguiendo las premisas del primer punto, la Empresa A podría utilizar sensores IoT en los paquetes o contenedores

para rastrear su ubicación. Los Smart Contracts podrían activarse al llegar un envío a su destino, liberando automáticamente el pago hacia la empresa de transporte.

Control de Temperatura y Humedad

Empresas de transporte pueden emplear sensores IoT para supervisar en tiempo real la temperatura y humedad en paquetes o contenedores. Los Smart Contracts podrían activarse cuando la señal GPS llegue al destino y los sensores confirmen que las condiciones adecuadas se mantuvieron durante el transporte. Si se cumplen las condiciones, el contrato inteligente podría liberar automáticamente el pago al transportista.

Detección de Exceso de Velocidad

Retomando el ejemplo de la Empresa A en el primer caso, si una organización B (encargada del control de velocidad en la ciudad) también forma parte de la red blockchain, se podría generar un escenario donde un vehículo de la Empresa A exceda la velocidad permitida. Si los sensores de velocidad de la organización B detectan esta infracción, un Smart Contract podría activarse para imponer una multa por exceso de velocidad. El contrato retendría el costo de la multa de la Empresa A hasta que ésta valide la velocidad del vehículo en ese período. Si los valores coinciden, el contrato concluye, aprobando la multa y efectuando la transacción pagando la multa a la organización B.

Aparcamiento de vehículo por detección de movimiento

Consideremos el escenario propuesto en el cual los vehículos requieren estacionarse en un área de estacionamiento en la playa o en las zonas autorizadas en la vía pública. Supongamos también que la Empresa A, dedicada al transporte, y la Organización B, encargada de la administración de estacionamientos, están integradas en una misma infraestructura blockchain. En este contexto, es posible implementar un contrato inteligente que supervise y facilite los procesos de pago asociados a los vehículos que se estacionan en el área designada. Mediante la utilización de un agente de detección de movimiento, el contrato inteligente se activa al detectar la entrada de un vehículo al área de estacionamiento. Desde ese momento, el contrato comienza a registrar el tiempo de estacionamiento del vehículo. Una vez que el vehículo se retira y la detección de movimiento confirma su salida, el contrato inteligente finaliza la sesión de estacionamiento, calculando con precisión el tiempo de ocupación. Como resultado, se realiza una transacción de pago desde la Empresa A hacia la Organización B, reflejando el período exacto de uso y garantizando una eficiencia en la transacción financiera, en la Figura 2.

Este enfoque aprovecha la tecnología blockchain y los Smart Contracts para automatizar y optimizar el proceso de estacionamiento, reduciendo la necesidad de intervención humana y asegurando un registro preciso de las transacciones. Esta solución presenta un modelo eficiente y transparente para la gestión de estacionamientos, alineado con los avances tecnológicos y las necesidades modernas de movilidad urbana.

Es esencial considerar que los enfoques de

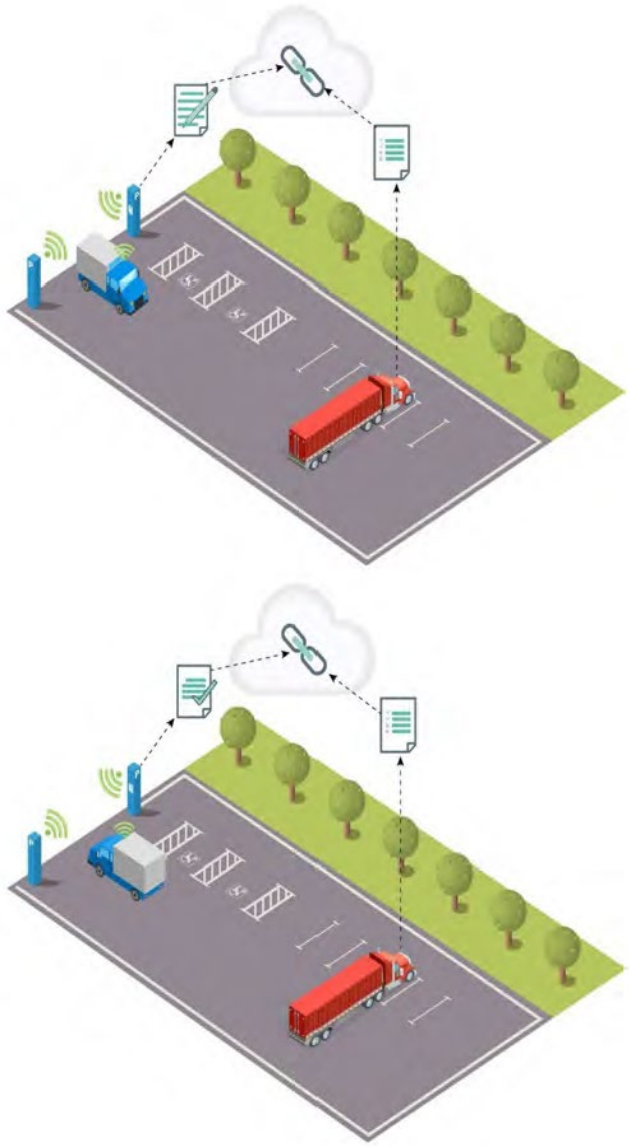


Figura 2. Ejemplo de aparcamiento de vehículo por detección de movimiento

implementación estarán sujetos a variaciones según los casos de uso específicos de cada entidad. En los casos presentados como ejemplos, la efectividad y eficacia de la solución dependerá de la profundidad y particularidad de las condiciones configuradas para cada agente, así como de la calidad de la conectividad y de la forma en que se abordan las posibles anomalías presentes en las señales sin procesar.

Aplicación de smart contract con agente de aparcamiento IoT

Siguiendo el proceso previamente presentado, específicamente el caso de estacionamiento de vehículos mediante detección de movimiento, se puede modelar de la siguiente manera, como se ilustra en la Figura 3. Comenzamos con el estado inicial en el que el vehículo se encuentra fuera del área de estacionamiento. La entidad a cargo debe ser capaz de identificar los vehículos que ingresan al área, lo cual se logra mediante tecnologías como RFID y sensores de detección de movimiento. Dado que ambas organizaciones operan en la misma cadena de bloques, los sensores de movimiento y la identificación del vehículo activan el agente configurado en la plataforma IoT. Esto resulta en el despliegue de un Smart Contract (SC) que establece los valores iniciales. El contrato verifica que el vehículo de la empresa de transporte pertenezca a la red y también captura los datos de la entidad que alquila el espacio de estacionamiento. Durante el tiempo en que el vehículo permanece en el área de estacionamiento, el estado del agente permanece constante. Estos estados se registran en el contrato inteligente para calcular el tiempo de permanencia del vehículo en el área. Simultáneamente, el contrato entra en un estado de mediación. A medida que transcurre el tiempo, las coins de la empresa de transporte se retienen con el propósito de asegurar el pago a la entidad encargada de administrar el estacionamiento. Cuando el vehículo se retira del área de estacionamiento y el estado del agente cambia a "fuera del establecimiento", el contrato inteligente valida los datos junto con la identificación RFID del vehículo. Esto concluye el contrato, liberando las coins y realizando la transacción de pago a la entidad responsable de administrar el espacio de estacionamiento.

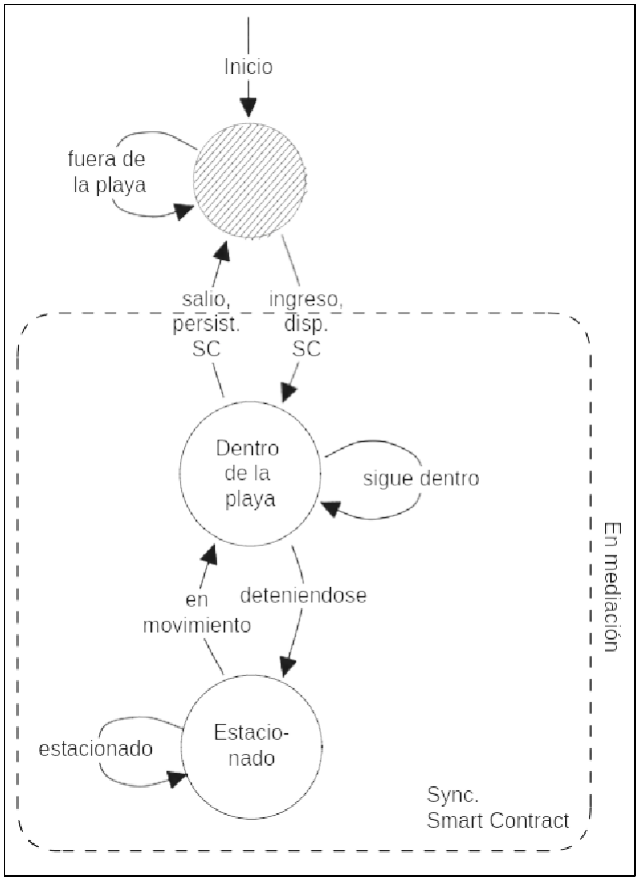


Figura 3. Máquina de estado para el agente de detección de movimiento

Significado de la mediación

La mediación en este contexto se refiere a un estado intermedio o de espera en el proceso. En el caso específico descrito, se trata del estado en el que el vehículo permanece dentro del área de estacionamiento y el contrato inteligente retiene los tokens como una medida de seguridad para garantizar el pago a la entidad que administra el espacio. Durante este período, el contrato está en un estado de "mediación" ya que está en espera y sigue monitoreando la situación hasta que se cumplan ciertas condiciones para proceder, como el retiro del vehículo y la validación de los datos necesarios.

Parking Contract

En la Figura 4, se muestra un programa simple para el caso del parking, está programado en Solidity, un lenguaje de alto nivel y orientado a objetos, que al compilarse corre sobre la EVM (Máquina virtual de Ethereum) [16].

Tabla 1. Parking Contract variables

VARIABLES	DESCRIPCIÓN
owner y parkingEntity	Son las direcciones de Ethereum del dueño del contrato y de la entidad que administra el estacionamiento respectivamente.
startTime y endTime	Almacenan los momentos en que el vehículo entra y sale del estacionamiento.
paymentAmount	La cantidad de tokens que se deben pagar por el estacionamiento.
State	Es un enumerado que define los posibles estados del contrato: *Outside, Inside, Mediation y Completed*.
currentState	Almacena el estado actual del contrato