

ADV 5G TWIN



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

ADV5G-TWINS-PLATFORM

Resumen del proyecto

Versión 1.0

Autores principales	Telefónica, Universitat Politècnica de València
Distribución	
Entregado	30/12/2024

Avanzando-5G-Gemelos Digitales. Plataforma 5G-IoT con computación en el borde y la nube (TSI-063000-2021-112)

Índice de contenidos

1. Introducción	1
1.1 Ventajas de las DLT	1
2. Arquitectura Tecnológica	3
2.1 TrustOS	3
2.2 Arquitectura basada en EVM	3
3. Casos de Uso	4
3.1 Industria 4.0	4
3.2 Logística Portuaria	4
3.3 Caso Mixto: Terminal Portuaria de Vehículos	4
4. Laboratorio y Pilotos	5
4.1 Componentes Principales	5
4.2 Pruebas Realizadas	5
5. Problemas Técnicos Identificados	6
5.1 Corrupción en Hyperledger Besu	6
5.2 Limitaciones Operativas	6
6. Métricas Clave (KPIs)	6
7. Conclusiones y Perspectivas Futuras	7

1. Introducción

El proyecto de gestión de datos de gemelos digitales basado en tecnologías de registros distribuidos (DLTs) ha sido un esfuerzo conjunto liderado por Telefónica Tech IoT & Big Data, en colaboración con la Universidad Politécnica de Valencia (UPV). Este proyecto tiene como objetivo principal la optimización y mejora de la gestión de activos digitales mediante el uso de gemelos digitales, que permiten la representación virtual de objetos físicos en un entorno digital.

Los gemelos digitales son representaciones virtuales de activos físicos que permiten replicar su comportamiento en tiempo real. Estas representaciones se enriquecen con datos obtenidos de sensores y otras fuentes para ofrecer un modelo dinámico que refleja el estado actual del activo físico. La integración de tecnologías DLT aporta características clave como seguridad, inmutabilidad y transparencia a estos sistemas.

1.1 Ventajas de las DLT

Las DLT ofrecen múltiples beneficios que complementan las capacidades de los gemelos digitales:

- Seguridad: Garantizan la inmutabilidad de los datos almacenados, protegiéndolos contra manipulaciones y accesos no autorizados. Esto es crucial para mantener la integridad de la información en sistemas críticos.
- Transparencia: Permiten auditorías completas al registrar cada transacción o cambio en un libro mayor distribuido, proporcionando un historial claro y verificable de todas las actividades realizadas.
- Descentralización: Eliminan puntos únicos de fallo, aumentando la resiliencia del sistema al distribuir la información a través de múltiples nodos, lo cual es esencial para garantizar la disponibilidad continua del servicio.
- Interoperabilidad: Facilitan la conexión entre plataformas heterogéneas, permitiendo el intercambio fluido de información entre distintos sistemas y organizaciones, lo cual es fundamental en entornos colaborativos.
- Eficiencia Operativa: Reducen costos al automatizar procesos y eliminar intermediarios, optimizando así el uso de recursos y mejorando la velocidad de las operaciones.

Durante el desarrollo del proyecto, se ha llevado a cabo un estudio exhaustivo de la arquitectura funcional de blockchain más adecuada para el caso de uso

previsto. Se ha implementado una red basada en Hyperledger Besu, compatible con la Ethereum Virtual Machine (EVM), lo que ha permitido una mayor interoperabilidad con otras redes basadas en Ethereum, como Polygon. Este enfoque ha facilitado la gestión segura y flexible de los activos digitales.

Paralelamente, se ha desarrollado una capa de software específica para la trazabilidad y certificación de datos utilizando la nueva red blockchain. Este software ha sido crucial para garantizar la integridad y autenticidad de los datos gestionados por los gemelos digitales. Además, se ha desplegado una copia de esta red y del software en un entorno propio de la UPV, permitiendo su uso mediante AGVs (vehículos guiados automatizados) conectados por tecnología 5G a la red privada de la universidad.

El proyecto también ha pasado por rigurosas fases de test y validación para asegurar su correcto funcionamiento e integración. Se han definido casos de uso específicos, requisitos y KPI para evaluar el rendimiento de las distintas DLTs, resultando en mejoras significativas en la infraestructura y la transición de Hyperledger Fabric a Besu. Estos avances han sentado las bases para una arquitectura robusta y eficiente, capaz de soportar las demandas futuras de la UPV en términos de gestión de datos y gemelos digitales.

2. Arquitectura Tecnológica

El núcleo tecnológico del proyecto se basa en la plataforma TrustOS, desarrollada por Telefónica Tech, que actúa como middleware para gestionar activos digitales a través de blockchain. Adicionalmente, se emplea una arquitectura basada en Ethereum Virtual Machine (EVM) para garantizar interoperabilidad y eficiencia.

2.1 TrustOS

TrustOS es una solución modular diseñada para simplificar la integración de blockchain en procesos empresariales. Sus principales módulos son:

- Track API: Permite rastrear el ciclo de vida completo de cualquier activo digital o físico, proporcionando una visibilidad total desde su creación hasta su eventual desecho o reciclaje.
- Cert API: Ofrece herramientas para certificar digitalmente activos o documentos mediante blockchain, asegurando que cada elemento certificado es auténtico y no ha sido alterado.
- Token API: Facilita la creación y gestión de tokens digitales, incluyendo NFTs, que pueden representar desde activos físicos hasta derechos de propiedad intelectual.
- ID API: Proporciona gestión descentralizada de identidades basadas en estándares como DIDs, permitiendo una autenticación segura y sin intermediarios.

Características Clave:

- Compatibilidad Multiblockchain: Soporta redes públicas y privadas como Ethereum, Hyperledger Besu y Polygon, asegurando la flexibilidad y adaptación a diferentes necesidades empresariales.
- Modularidad: Cada módulo puede operar independientemente o integrarse con otros sistemas, permitiendo una adopción gradual y adaptada a las especificaciones de cada proyecto.
- Seguridad Avanzada: Utiliza criptografía robusta para garantizar la integridad y autenticidad de los datos, protegiendo la información contra ciberataques y accesos no autorizados.

2.2 Arquitectura basada en EVM

La elección de una arquitectura compatible con EVM responde a la necesidad de:

- Garantizar interoperabilidad entre redes basadas en Ethereum, facilitando el intercambio de información y la colaboración entre diferentes plataformas.

- Implementar contratos inteligentes con facilidad, permitiendo la automatización de acuerdos y procesos sin necesidad de intermediarios.
- Utilizar mecanismos avanzados de consenso como QBFT (Quorum Byzantine Fault Tolerance), ideales para redes permissioned, asegurando la integridad y eficiencia del sistema.

3. Casos de Uso

El proyecto aborda tres escenarios principales que destacan el valor práctico de los gemelos digitales potenciados por blockchain:

3.1 Industria 4.0

En este contexto, los gemelos digitales permiten digitalizar procesos industriales complejos, como las cadenas de montaje:

- Cada unidad producida puede ser rastreada a lo largo del proceso de ensamblaje, proporcionando una visibilidad completa y en tiempo real del estado de producción.
- Se registra un historial completo del activo, lo cual facilita auditorías externas y certificaciones, asegurando la conformidad con regulaciones y estándares de calidad.
- Los datos recopilados permiten identificar ineficiencias y oportunidades para optimizar procesos, mejorando la productividad y reduciendo costos operativos.

3.2 Logística Portuaria

En las zonas portuarias, las DLT resuelven problemas derivados de la falta de interoperabilidad entre actores logísticos:

- Se implementa una capa interoperable que conecta sistemas dispares a través de estándares comunes, facilitando la coordinación y el intercambio de información entre todas las partes involucradas.
- Los flujos de información entre fabricantes, transportistas y clientes se gestionan con mayor seguridad y transparencia, reduciendo el riesgo de errores y pérdidas.
- Esto reduce errores operativos y mejora la trazabilidad a lo largo de la cadena logística, optimizando tiempos de entrega y mejorando la satisfacción del cliente.

3.3 Caso Mixto: Terminal Portuaria de Vehículos

Este caso combina elementos industriales y logísticos:

- Se rastrea un vehículo desde su producción hasta su entrega final, proporcionando una visión completa de su ciclo de vida y estado.

- La información fragmentada entre distintas partes interesadas se centraliza en una plataforma común basada en blockchain, mejorando la coordinación y la eficiencia del proceso.
- Esto mejora significativamente la transparencia y confianza en toda la cadena, asegurando que todos los actores tienen acceso a información precisa y actualizada.

4. Laboratorio y Pilotos

El laboratorio del proyecto se despliega en la Universidad Politécnica de Valencia (UPV) e incluye una infraestructura basada en Hyperledger Besu compatible con EVM.

4.1 Componentes Principales

1. Nodos blockchain: Configurados para garantizar alta disponibilidad, estos nodos incluyen validadores y bootnodes que aseguran el correcto funcionamiento de la red.
2. Bases de datos descentralizadas: Se utilizan bases de datos como MongoDB para el almacenamiento seguro y eficiente de la información.
3. Herramientas avanzadas: Herramientas como Hashicorp Vault se emplean para la gestión criptográfica, asegurando que los datos están protegidos contra accesos no autorizados.

4.2 Pruebas Realizadas

1. Validación funcional: Mediante tests unitarios e integración, se asegura que cada componente del sistema funciona correctamente y cumple con los requisitos especificados.
2. Evaluación del rendimiento: Con métricas clave como transacciones por segundo (TPS), se mide la capacidad operativa del sistema en distintos escenarios de carga.
3. Simulación de casos reales: Se verifican la interoperabilidad entre módulos y la capacidad del sistema para manejar situaciones del mundo real mediante simulaciones detalladas.

5. Problemas Técnicos Identificados

Durante el desarrollo del proyecto se identificaron desafíos técnicos significativos:

5.1 Corrupción en Hyperledger Besu

Un problema crítico fue la corrupción en la base de datos "worldstate" utilizada por Hyperledger Besu:

- Este error impedía que los nodos validadores sincronizaran correctamente sus datos, afectando la integridad y disponibilidad del sistema.
- La solución consistió en actualizar a una versión más reciente (24.9.1) que corrigió esta incidencia recurrente, asegurando un funcionamiento estable y fiable.

5.2 Limitaciones Operativas

Aunque las DLT ofrecen alta seguridad e inmutabilidad, no son ideales como bases de datos convencionales debido a:

- Limitaciones en escalabilidad cuando se manejan grandes volúmenes de datos, lo que puede afectar el rendimiento en entornos con alta demanda.
- Costos elevados asociados a transacciones complejas, lo que puede incrementar el gasto operativo en comparación con bases de datos tradicionales.

6. Métricas Clave (KPIs)

Para evaluar el rendimiento del sistema se definieron indicadores clave:

- Transacciones por Segundo (TPS): Indicador fundamental para medir capacidad operativa; las pruebas iniciales alcanzaron 55 TPS principalmente en lecturas, demostrando la eficiencia del sistema en operaciones de consulta.
- Coste por Transacción: Factor crítico al considerar integraciones con redes públicas, ya que los costos pueden variar significativamente dependiendo de la complejidad de las transacciones realizadas.
- Disponibilidad: Monitoreo continuo del funcionamiento del sistema (nodos, APIs) para asegurar que el servicio está siempre operativo y accesible para los usuarios.

7. Conclusiones y Perspectivas Futuras

El proyecto ADV5G-TWINS-PLATFORM ha demostrado el potencial transformador de las tecnologías DLT cuando se aplican a gemelos digitales:

- Ofrecen trazabilidad avanzada e interoperabilidad mejorada en sectores clave como industria 4.0 y logística, permitiendo una gestión más eficiente y segura de los activos.
- Permiten optimizar procesos al proporcionar un modelo digital confiable basado en datos inmutables, mejorando la toma de decisiones y reduciendo riesgos operativos.

Próximos Pasos:

- Ampliar los módulos funcionales disponibles en TrustOS para cubrir nuevos casos de uso, adaptándose a las necesidades emergentes del mercado.
- Desarrollar herramientas analíticas avanzadas que permitan monitorear el desempeño del sistema en tiempo real, proporcionando insights para la optimización continua.
- Extender pruebas piloto a escenarios reales mediante colaboración con socios industriales estratégicos, validando el impacto y la viabilidad de las soluciones desarrolladas en entornos operativos.

En resumen, este proyecto no solo representa un avance tecnológico significativo sino también un paso hacia la digitalización eficiente y segura mediante el uso innovador de blockchain y gemelos digitales adaptados a necesidades específicas del mercado actual y futuro.