

항만물류 최적화를 위한 블록체인 기반 고신뢰 플랫폼에 관한 연구

김범석, 김대희, 배성희, 양진홍

인제대학교

qjajtr9958@oasis.inje.ac.kr, leader0923@oasis.inje.ac.kr,

bshbsh03@oasis.inje.ac.kr, jinhong@inje.ac.kr,

A Study on a Blockchain-Based High-Trust Platform for Optimizing Port Logistics

Kim Beomseok, Kim Daehee, Bae Sunghee, Yang Jinhong

Inje Univ.

요약

현재 항만물류의 주요 비효율성은 Port Container Terminal과 CFS/CY(Container Freight Station/Container Yard) 간 물류 처리 과정에서 발생하고 있다. 특히 터미널을 중심으로 여러 물류 주체들이 제한된 배후 도로를 경쟁적으로 사용하면서 심각한 병목현상이 발생하고 있다. 본 연구에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 프라이빗 블록체인과 블라인드 컴퓨팅 기술을 결합한 고신뢰 플랫폼을 제안한다. 제안된 플랫폼은 각 물류 주체들의 데이터를 블록체인에 암호화된 상태로 저장하여 신뢰성과 안전성을 보장하며, 저장된 데이터를 바탕으로 AI 기반 기술을 통해 물류를 최적화 할 수 있다.

I. 서론

현대 항만물류 시스템은 Port Container Terminal과 CFS/CY 간 물류 처리를 비효율적으로 관리하는 문제로 인해 큰 도전에 직면해 있다. 여러 이해관계자들 간의 협력 부족과 데이터 공유의 부재는 비 효율적인 물류처리를 야기하며, 이는 전체 물류 처리 속도와 신뢰성에 부정적인 영향을 미친다[1]. 이러한 문제를 해결하기 위해, 프라이빗 블록체인 기술과 Blind Computation 기술을 적용한 고신뢰 물류 최적화 플랫폼을 제안한다. 본 논문은 Hyperledger Fabric 기반 블록체인과 AI 기술을 통해 데이터의 신뢰성을 확보하고, 물류 처리를 최적화하는 방법을 탐구한다.

II. 본론

Port Container Terminal과 CFS/CY 간 물류 처리는 여러 주체들이 경쟁 관계에 놓인 상황에서 이루어지며, 데이터 공유가 이루어지지 않아 효율성에 큰 문제가 발생하고 있다. 각 주체는 데이터를 보호하고자 하지만, 이로 인해 물류 흐름 전반에 걸쳐 최적화가 어렵고 비효율적인 처리 방식이 계속된다. 이러한 상황에서 데이터의 신뢰성을 보장하면서도 안전하게 공유할 수 있는 새로운 접근 방식이 필요하다.

이를 해결하기 위해 프라이빗 블록체인과 Blind Computation 기술을 도입하여 데이터를 암호화된 상태에서 공유하고 분석할 수 있는 플랫폼을 제안한다[2]. Hyperledger Fabric 기반의 프라이빗 블록체인은 모듈형 설계를 통해 유연하게 확장 가능하며, 개별 기업의 공유 데이터를 안전하게 저

장하고, 블록체인 네트워크 내에서 데이터의 무결성을 보장할 수 있다. 또한, Blind Computation 기술을 통해 데이터가 암호화된 상태에서도 처리가 가능하게 한다[3]. 이로써 각 주체는 자신들의 데이터를 안전하게 보호하면서도 필요한 정보를 다른 주체와 신뢰성 있게 공유 및 분석 할 수 있다.

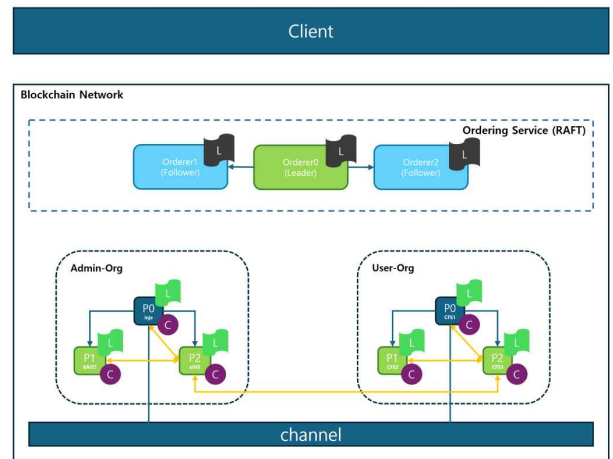


그림1. Blockchain network 구조도

프라이빗 블록체인 구조에서는 Orderer 노드와 Peer 노드가 중요한 역할을 수행한다. Orderer 노드는 네트워크 내에서 트랜잭션을 수집, 정렬하며 블록 생성을 담당한다. 이 블록은 이후 Peer 노드로 전달되어 각 Peer 노드에서 검증이 이루어진다. Peer 노드는 스마트 계약을 실행하며, 트랜잭션의 유효성을 확인한 후 블록을 체인에 추가한다. 이 과정에서 모든

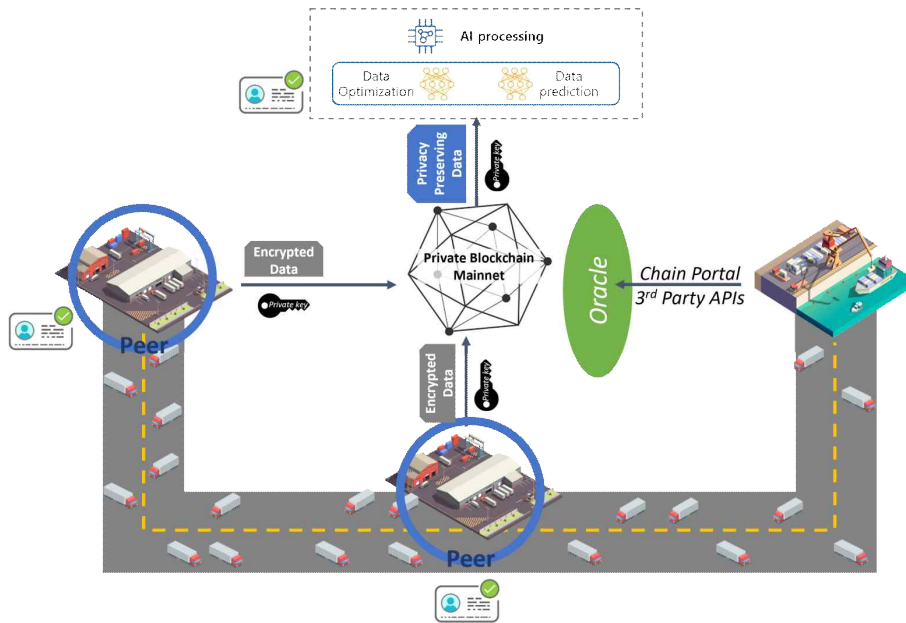


그림2. 고신뢰 데이터 공유 플랫폼

트랜잭션은 불변성을 가지며, 신뢰성이 보장된다. 스마트 컨트랙트는 사전에 정의된 규칙에 따라 배차 관련 트랜잭션을 처리하며, 자동화된 계약 이행을 가능하게 한다. 모든 트랜잭션은 기록되어 추적 가능하며, 이를 통해 데이터의 무결성과 신뢰성이 유지된다.

하지만, 민감한 데이터는 모든 노드에서 공유되면 보안상의 위험이 커질 수 있다. 이를 방지하기 위해, 블록체인에 저장된 데이터는 해시값이나 요약 정보만 기록되고, 실제 데이터는 Off-chain 스토리지에 암호화된 형태로 저장된다. Off-chain 스토리지는 블록체인과 별도로 데이터를 안전하게 보관하며, Off-chain과 블록체인 간의 연계는 스마트 컨트랙트를 통해 관리된다. 이 구조는 데이터의 프라이버시와 보안을 강화하는 동시에 블록체인의 확장성과 처리 속도를 높이는 데 기여한다.

이러한 고신뢰 데이터 공유 플랫폼은 향후 AI 기술을 활용하여 물류 데이터를 분석하고 예측하여 물류 흐름을 최적화할 수 있는 가능성을 제공한다. AI는 공유된 데이터를 바탕으로 트래픽 패턴을 분석하고, 운송 경로와 배차 간격을 최적화하여 물류 처리의 효율성을 높인다. 이 시스템을 통해 Port Container Terminal과 CFS/CY 간의 물류 처리 속도가 향상되고, 물류 대란에 대한 대응력이 크게 강화될 것으로 기대된다.

III. 결론

Port Container Terminal과 CFS/CY 간의 물류 처리 문제는 데이터 공유의 어려움에서 비롯된 비효율성에서 기인한다. 이러한 문제를 해결하기 위해 제안된 프라이빗 블록체인 기반의 고신뢰 플랫폼은 데이터의 신뢰성과 무결성을 보장하며, Blind Computation 기술을 통해 안전한 데이터 공유가 가능하다. 이를 통해 주체 간 신뢰를 구축하고, AI 기반의 물류 최적화 기술을 적용함으로써 항만물류 처리의 효율성을 크게 개선할 수 있다[4].

프라이빗 블록체인과 AI 기술을 통합한 이 플랫폼은 향후 항만물류의 신뢰성과 효율성을 보장하는 핵심 솔루션으로 자리매김할 가능성이 크다[5]. 지속적인 기술 발전과 적용을 통해 물류 대란 문제를 해결하는 데 중요한 역할을 할 것으로 기대된다.

ACKNOWLEDGMENT

본 논문은 교육부 대학혁신지원사업의 신산업 지식재산융합인재양성 사업비로 작성되었습니다.

참고 문헌

- [1] 강경민, "선박도 없는데 끝없이 밀려드는 수출 화물...이런 수출대란은 처음", 한국경제, 2021. (<https://www.hankyung.com/article/2021050206321>)
- [2] Lifeng Ni, Elnaz Irannezhad, "Performance analysis of LogisticChain: A blockchain platform for maritime logistics," Computers in Industry, vol. 154, 2024, pp. 104038.
- [3] Mina Sohn, & Sungchul Shin (2023). 동형암호 기술과 활용 동향. REVIEW OF KIISC, 33(5), 39-46.
- [4] Seon, Hwa, & Kim, Hyun Deok (2019). A Study on the Impacts of Block Chain Technology on the Logistics Industry. The e-Business Studies, 20(3), 137-148, 10.20462/TeBS.2019.6.20.3.137
- [5] MarketsandMarkets, "Smart Ports Market - Global Forecast to 2026," MarketsandMarkets, 2024. (<https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/smart-ports-market-165784113.html>)