

블록체인과 분산형 스토리지 시스템을 사용한 위조 의약품 유통 방지 시스템

임선자¹, Md Mamunur Rashid¹ 권기룡¹
¹국립부경대학교 컴퓨터인공지능공학부
 lsja76@gmail.com, krkwon@pknu.ac.kr

Counterfeit Medicine Distribution Prevention System using the Blockchain and Distributed Storage System

Seon-Ja Lim¹, Md Mamunur Rashid¹, Ki-Ryong Kwon¹
¹Dev. of Computer & Artificial Intelligence Eng., Pukyong National University

요 약

의료 당국은 가능한 최상의 서비스를 보장하기 위해 코로나19와 같은 전염병 기간뿐만 아니라 일상적인 운영에서도 의료 공급망 프로세스를 효과적으로 관리해야 한다. 제품 리콜, 제품 공급 부족 모니터링, 만료 및 위조는 방지되어야 하는 중요한 의료 공급망 운영 중 일부이다. 본 논문에서는 블록체인과 분산형 스토리지 시스템을 사용한 위조 의약품 유통 방지 시스템을 제안한다. 제안하는 솔루션은 투명성을 높이고, 이해 관계자간의 커뮤니케이션을 개선하며, 제품 조달 일정을 단축하는 동시에 중요한 격차와 결함을 제거한다.

1. 서론

블록체인은 이 기술의 핵심인 암호화 및 합의 메커니즘을 기반으로 하는 분산형 스토리지 시스템이다. 블록체인의 데이터 구조는 모든 네트워크 노드에서 공유된다는 점에서 연결 목록과 유사하며, 각 노드는 최초 블록에서 시작된 모든 블록(가장 긴 체인과 관련됨)의 로컬 복사본을 유지한다[1]. 블록체인에 기록된 정보는 한번 입력되면 누구도 변경할 수 없다. 의료정보 시스템에서 환자 건강 기록의 전송 및 공유를 가능하게 하여 의료 연구원을 지원하고, 약물 공급망을 유지하고, 임상 시험 결과의 품질을 보장하는 등 의료 분야에서 광범위하게 사용되고 있다.

그림 1은 일반적인 의료 공급망을 보여준다. 제품을 기반으로 병원은 제조업체나 유통업체로부터 직접 재고를 구매하거나 병원을 대신하여 제조업체와 계약을 협상하는 그룹 조달 조직을 통해 재고를 구매할 수 있다. 의료 공급망의 복잡한 특성은 위조 의약품 및 제품이 최종 사용자 시장에 도달하는 주요 요인이다. 유통 방법의 복잡성으로 인해 정보와 검증 가능한 서류의 흔적이 없거나 거의 없이 약물이 통과될 수 있

다. 결과적으로 위조품을 방지하려면 공급망 네트워크 전반에 걸쳐 지속적인 모니터링, 효과적인 관리 및 품목 추적이 필요하다. 전 세계 암시장에서 신원을 알 수 없는 상태로 이러한 의약품을 소비자에게 계속 제공함에 따라 위조, 위조, 표준 이하 의약품의 문제가 더욱 커지고 있다. 이러한 약을 인간의 생명에 가져갈 위험은 무시할 수 없다. Health Research Funding Organization에 따르면 개발도상국에서 판매되는 의약품 중 최대 30%가 위조품이다.

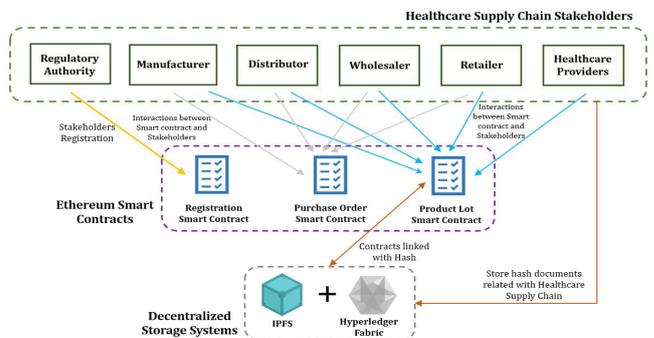


그림 1. 일반적인 의료 공급망 프로세스 흐름

블록체인 기술은 의약품 제조 및 유통에서 사기를 제거하고 보다 효율적인 품질을 제공함으로써 의료 산업에서 공급망 혁명을 주도하는 데 도움이 될 수 있다[2].

2. 관련 연구

코로나19 전염병으로 인해 이러한 의료 공급망 모델의 효율성과 투명성이 더욱 높아져야 한다. 따라서 공급망 전반에 걸쳐 이해 관계자 참여를 개선하기 위해 의료 공급망 관리 시스템 구축이 필요하다.

Malik 등[3]은 ProductChain을 설계하여 공급망 품목의 진품성을 개발하였다. 이 연구는 경쟁사에 대한 접근성을 제한하고 승인된 거래를 처리하는 동시에 데이터 접근성을 보장하기 위한 3계층 프레임워크를 제시하였다. IBM 및 Maersk 등[4-6]은 공급망 관리를 위하여 같은 일부 다른 회사가 재고 관리를 위한 다양한 블록체인 기반 솔루션을 고안하였다. Haq 등[7]은 의약품 위조를 방지하기 위해 블록체인 기술을 기반으로 하는 안전하고 불변하며 투명한 의약품 공급망을 제안하였다. 이는 단지 몇 가지 연구만이 제한한 시스템에만 구현하였다.

3. 제안한 설계 및 구현

본 논문은 품질 관리를 유지하면서 엔드 투 엔드 가시성을 지원하고 최종 사용자에게 전달되는 제품이 규제 사양을 충족하도록 보장하기 위해 의료 제품을 효율적으로 추적하기 위한 블록체인 기반 방법을 제안한다.

제안한 시스템은 블록체인 기술을 활용하여 규제 당국, 제조업체, 유통업체, 도매업체, 소매업체, 병원과 약국으로 구성된 의료 서비스 제공업체 등 의료 공급망의 여러 이해 관계자 간의 신뢰를 높인다. 제안한 솔루션은 그림 2와 같이 IPFS 및 Hyperledger Fabric과 같은 분산형 스토리지 시스템으로 구현한다.

3.1 이해관계자(Stakeholders)

이 세션은 프레임워크의 다양한 구성 요소와 이해관계자들의 역할에 대하여 규제 당국, 제조사, 배포자, 도매업자, 소매점, 의료제공자로 구성되어 있다.

3.2 이더리움 스마트 계약

이더리움 스마트 계약은 제 3자의 개입 없이 기능을 수행하도록 구성 있으며, 이는 거래 내역을 기록하고 분산형 스토리지 서버에서 해시를 관리하여 이해 관계자가 공급망 데이터에 액세스할 수 있도록 하는 핵심이자 가장 중요한 구성 요소이다. 스마트 계약은 공급망 참가자의 역할을 정의하며 승인된 당사자만 이러한 기능에 액세스할 수 있다.

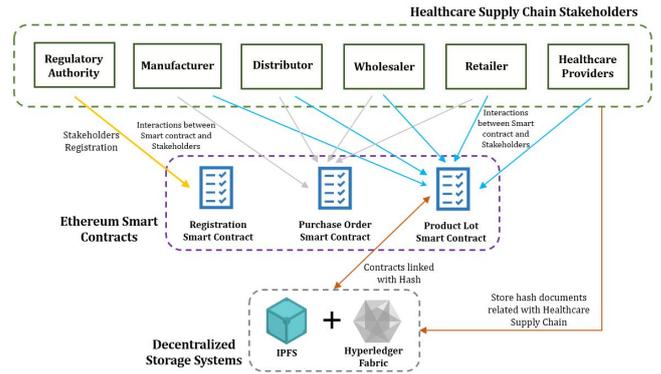


그림 2 제안한 블록체인 기반 의료 공급망 아키텍처

3.3 분산형 스토리지 시스템

데이터에 추가적인 안전과 보안을 제공하기 위해 IPFS 및 Hyperledger Fabric의 스토리지 솔루션을 구현하였다. 데이터 소유자는 파일을 IPFS에 업로드할 수 있으며, 해시코드와 비대칭 암호화는 이후 저장을 위해 Hyperledger로 이동된다. 분산형 저장소는 사용자가 체인에 데이터를 보관할 필요가 없기 때문에 유용하다. 그렇기 때문에 분산 저장소와 함께 블록체인을 사용하는 것은 참여 노드가 색인화된 데이터만 저장하여 데이터 검색을 더 쉽게 하기 때문에 유리하다.

4. 테스트 및 평가

본 논문의 실험 결과에 대한 개발 및 평가 환경은 Ethereum을 사용하여 작성된 스마트 계약의 다양한 기능을 테스트하고 평가하는 데 사용하였다. 소스, 매개변수, 결과, 실행 비용, 해당 정보로 인해 발생하는 이벤트가 모두 트랜잭션에 포함된다.

4.1 스마트 계약 배포 결과

개발된 스마트 계약과 배포 결과는 그림 3에서와 같이 StakeholdersAddition 기능을 통해 다양한 이해관계자의 등록을 나타내는 기능이 포함되어 있다. 또한, 성공적으로 배포된 스마트 계약에는 이더리움 주소(EA) 및 세부 정보와 특정 추가 시간도 포함되어 있는 것을 확인할 수 있다.

```

logs
{
  "from": "0x3208a156f527a501f7619ab0763c7f6307f20a",
  "to": "0xe3598226431ec511d3f9f20104080b7644292f3c7ed767724004e562180",
  "event": "StakeholdersAddition",
  "args": {
    "0": "0x3227209a37e3543c3f404c7238891f423048c14",
    "1": "202205230916",
    "2": "New Manufacturer is added after approval from Regulatory Authority",
    "4": "0xa32720a07f03543c3f404c7238891f423048c14",
    "time": "202205230916",
    "info": "New Manufacturer is added after approval from Regulatory Authority"
  }
}
    
```

그림 3. 승인된 이해관계자를 추가하기 위한 등록 스마트 계약 배포

4.2 평가

4.2.1 블록체인 기반 보안 기능 보장

- 개인 정보 보호: 제안한 시스템의 각 단계에서는 해당 당국의 승인을 받은 사람들에게만 접근이 제한되어 있다.
- 확장성: 분산 원장의 참가자는 블록체인의 참여 노드 수를 동적으로 늘리거나 줄여 이해관계자가 생성하는 작업 부하를 제어할 수 있다.
- 인증 및 액세스 제어: 중요한 보안 자격 증명을 제공할 필요 없이 지정된 기간 동안 제한된 리소스 집합으로 신뢰할 수 있는 엔터티와 정보를 공유할 수 있다.
- 효율성: 투명한 설계는 공급망 이해관계자들 사이에서 단일 실패 지점으로 이어질 수 있는 시간 소모적인 보고 프로세스의 필요성을 줄여준다.
- 가용성: 블록체인 기술의 분산 특성으로 인해 블록체인 네트워크의 여러 개체를 사용할 수 없더라도 로트 주문, 배송, 소유권 이전, 상품 판매 등 모든 작업이 항상 가능하다.
- 사이버 공격에 대한 취약성: 모든 블록은 암호화 방식으로 서로 연결되어 있기 때문에 침입자는 특정 블록을 공격할 수 없다.

4.2.2 비용 분석

Ethereum 플랫폼에서 거래가 수행될 때마다 이를 실행하는데 가스 비용이 발생한다. 기능의 가스 비용은 입력, 출력, Solidity 코드의 크기, 스마트 계약 내 기능의 복잡성에 따라 결정된다. 실행 비용은 스마트 계약의 다양한 기능을 수행하는 데 드는 비용인 반면, 거래 비용에는 계약 배포 및 블록체인 네트워크로 전송되는 모든 데이터가 포함된다.

<표 1> 스마트 계약 기능의 가스 비용

Functions	Transaction Cost (Gas)	Execution Cost (Gas)
StakeholdersAddition	46,298	28,069
PurchaseOrderDetails	29,068	17,563
ProductLotDeliveryCompleted	26,891	15,758

4.2.3 유사 저작물과 질적 비교

표 2는 제안한 방법이 다른 방식보다 우수성을 입증하기 위해 비교하였다. Wang 및 IBM 방법은 분산형 스토리지 기능이 부족하다는 것을 알 수 있다. Casino 등. [13]은 분산형 애플리케이션(DApp) 통합이나 호환성을 제공하는 솔루션은 없다. 제안한 방법은 이더리움 블록체인과 스마트 컨트랙트, 그리고 분산형 스토리지 시스템을 활용해 분산화된 방식을 제공한다.

<표 2> 다른 블록체인 기반 공급망과 비교

Solutions	Supply Chain Based	Blockchain Based	Smart Contracts	Decentralized Storage	DApps Compatibility
Wang [6]	✓	✓	✓	✗	✗
IBM [4]	✓	✓	✓	✗	✗
Casino [5]	✓	✓	✓	✓	✗
Proposed	✓	✓	✓	✓	✓

5. 결론

본 논문에서는 이더리움 네트워크와 분산형 스토리지 시스템을 사용한 위조 의약품 유통 방지 시스템을 제안하였다. 이는 의료 공급망의 약물, 장비 및 기타 제품을 추적하기 위한 블록체인 기반 시스템을 설계하였다. 블록체인 솔루션을 공급망에 통합하면 제품 추적성을 크게 높이는 동시에 무결성과 진품성을 보호할 수 있다. 이는 또한 참가자들 간의 신뢰와 의사소통을 향상시킨다. 제안한 블록체인 기반 공급망 시스템은 이더리움 스마트 계약을 활용하여 분산형 네트워크에서 주문과 운영을 조정한다. 따라서 제안한 시스템의 평가, 비용 및 보안 분석은 실제 시나리오에서의 실행 가능성을 보여 주었으며, 추적성 문제를 안전하고 비용 효율적으로 해결하였다.

ACKNOWLEDGMENTS

This research was supported by the MSIT (Ministry of Science and ICT), Korea, under the ITRC (Information Technology Research Center) support program (IITP-2022-2020-0-01797) supervised by the IITP (Institute for Information & Communications Technology Planning & Evaluation).

참고 문헌

- [1] M. Andrychowicz, S. Dziembowski, D. Malinowski and Ł. Mazurek, "On the malleability of bitcoin transactions," in *International Conference on Financial Cryptography and Data Security*, 2015.
- [2] P. Gerwil, "Blockchain in the Healthcare Supply Chain," *digitalhealthbuzz.com*, 18 May 2022.
- [3] S. Malik, S. S. Kanhere and R. Jurdak, "Productchain: Scalable blockchain framework to support provenance in supply chains," in *2018 IEEE 17th International Symposium on Network Computing and Applications (NCA)*, IEEE, 2018.
- [4] "Maersk and IBM to Form Joint Venture Applying Blockchain to Improve Global Trade and Digitize Supply Chains," IBM, 18 Jan. 2018.
- [5] F. Casino, T. K. Dasaklis, and C. Patsakis, "Enhanced vendor-managed inventory through blockchain," in *2019 4th South-East Europe Design Automation, Computer Engineering, Computer Networks and Social Media Conference (SEEDA-CECNSM)*, 2019.
- [6] Z. Wang, T. Wang, H. Hu, J. Gong, X. Ren, and Q. Xiao, "Blockchain-based framework for improving supply chain traceability and information sharing in precast construction," *Automation in Construction*, vol. 111, p. 103063, 2020.
- [7] I. Haq and O. M. Esuka, "Blockchain technology in pharmaceutical industry to prevent counterfeit drugs," *International Journal of Computer Applications*, vol. 180, no. 25, pp. 8-2, 2018.