

신선식품 관리를 위한 블록체인

이기성¹, 이종찬^{2*}

¹호원대학교 컴퓨터게임학부, ²군산대학교 컴퓨터정보공학과

Blockchain for Fresh Food Management

Gi-Sung Lee¹, Jong-Chan Lee^{2*}

¹Division of Computer & Game, Howon University

²Department of Computer Information Engineering, Kunsan National University

요약 식료품 구입 시에 소비 빈도가 가장 높은 품목은 신선식품으로, 소비자는 신선식품을 선호하며 육류나 어류에 대한 소비가 높아지는 등 신선식품의 소비는 국민소득의 성장과 밀접한 관계가 있다. 소비 증가와 함께, 신선식품 관리를 위한 식품 공급망이 복잡해지면서 식품의 안전과 신뢰할 수 있는 유통체계의 확충을 위하여 블록체인 기술이 지속적인 관심을 받고 있다. 식품의 생육·생산·제조에서 최종적으로 사람이 섭취할 때까지의 모든 단계에서의 안전성의 확보 가능성을 보고 세계 유수의 식품 유통업체들이 블록체인 기술을 도입하고 있다. 특히 본 연구에서는 신선식품의 안전성 확보 및 건전한 유통·판매를 도모함으로써 거래자 간 신뢰를 구축하고 안전한 식품 유통을 보장하는 방법을 제안한다. 생산에서부터 소비 전 과정에서의 제품의 상태 및 유통 정보를 시공간에 상관없이 확인 및 제어할 수 있으며, 각 신선식품의 안전 수준을 실시간으로 확인할 수 있다.

Abstract Fresh food is the most frequently purchased food item. The consumption of fresh food is closely related to the national income growth, with consumers preferring fresh food, including meat or fish, with increased national income. Along with the increased consumption, the food supply chain for fresh food management has also become more complex. Hence the blockchain technology is drawing greater attention to expand the safe and reliable food distribution systems. The world's leading food distributors are introducing blockchain technology in view of the possibility of securing safety at all stages from growth, production, and manufacturing of food until humans finally consume it. In particular, this study proposes a method of establishing trust among traders and ensuring safe food distribution by securing the safety of fresh food and promoting sound distribution and sales. From production to consumption, product status and distribution information can be checked and controlled in the present system regardless of time and space. In addition, the safety level of each fresh food can also be checked in real-time.

Keywords : Fresh Food, Blockchain, Food Supply Chain, Trust, Food Distributors

본 논문은 2021년도 호원대학교 지원에 의하여 출판되었음.

*Corresponding Author: Jong-Chan Lee(Kunsan National Univ.)

email: chan2000@kunsan.ac.kr

Received October 11, 2021

Revised November 2, 2021

Accepted November 5, 2021

Published November 30, 2021

1. 서론

블록체인은 클라우드 컴퓨팅과 사물인터넷 기술과 결합하여 신선식품 산업 전체를 근본적으로 변화시킬 잠재력이 있다. 생산자와 사업참여자로부터 수집된 정보의 신뢰성을 입증할 수 있으며, 비 신뢰적이고 비효율적인 개인 간 상호 거래에서 현대적 전자상거래로 거래 프로세스를 변화시킬 수 있다. 특히 기존의 이력추적제도와 블록체인의 차이점은 제도적인 장치나 상호신뢰에 의존하기보다는 디지털 세대에 적합한 디지털 신뢰 체계를 구축해 활용한다는 것이다. 생산자, 가공자, 유통자, 판매자가 각각의 정보를 공동의 블록체인에 기록한 후, 소비자가 그 정보에 접근할 수 있게 되면 신선식품에 대한 신뢰도가 증가하게 되고, 규제 기관은 신선식품 안전의 확보에 있어 이전보다 더 강력한 도구를 보유하며, 위해 평가, 오염원의 추적 및 식별, 리콜 조치 절차도 간소화할 수 있다[1-3].

특히 유통기한 조작 및 변질 문제를 내포한 신선식품, 원산지 위·변조 문제를 내포한 수입원재료-과일-육류, 식품의 안전성 문제를 내포한 방사능-항생제-중금속-살충제-방부제-유전자변형 식품 등에 대한 소비자의 우려를 종식하고 신선식품의 신뢰도를 증진함으로써, 유통업체는 소비자들 사이에 명성과 브랜드 충성도를 구축할 수 있다. 더불어 식품의 출처를 홍보하는 생산자들은 유사 식품과의 경쟁에서 우위를 점할 수 있고 가격의 프리미엄까지 확보할 수 있다[4-7].

이런 이유로 세계적인 유통 체인들이 신선식품 관리에 블록체인의 도입을 서두르고 있다. 미국의 월마트(Walmart)는 식품(돼지고기)의 생산부터 유통까지 모든 과정을 추적하여 식품의 안전성과 투명성·효율성 제고하고 있으며, 중국 월마트 매장에서 판매하는 망고의 유통 경로 추적 실험 결과 기존의 총 6일 18시간 26분과 비교해 블록체인 활용 시 22초로 단축되는 것을 확인하였다. 프랑스의 까르프(Carrefour)는 달걀, 치즈, 우유, 오렌지, 토마토, 연어, 햄버거 등 신선도에 민감한 제품에 블록체인 기반 식품 이력추적제를 확대 도입하였고, 특히 방사 사육 닭의 생산을 추적할 수 있는 블록체인 기술을 활용하고 있다. 중국의 징둥닷컴은 호주 육류 도매업체 InterAgri(사)와 협력을 맺고 중국이 수입하는 해당 육류 제품의 전 과정을 추적하는 사업을 수행하고 있다 [8-10].

본 논문에서는 디지털 기술을 활용하여 신선식품의 생산-가공-운송-판매 이력 자료를 수집하고, 관리자와 소

비자가 시공간을 초월하여 일련의 유통 정보를 확인할 수 있는 블록체인 시스템을 제안한다. 블록체인에 의해 생성된 기록은 개별 매장에서 제품의 유통기한을 효율적으로 관리하고 식품 신뢰성과 관련된 안전장치를 더욱 강화할 수 있으므로 기존의 종이 추적과 수동 검사 시스템의 대안이 될 수 있으며, 신선식품의 유통 전 과정에 저온 관리를 도입함으로써 콜드체인에 적용할 수 있다.

2장에서는 블록체인 시스템의 세부 구조를 기술하고 3장에서는 실험 결과를 보이고, 4장에서 결론을 맺는다.

2. 제안 시스템 구조

2.1 시스템 구축

Fig. 1과 같이 블록체인은 클라우드(Cloud) 시스템에 구축된다. 클라우드 시스템은 공인 IP 7개, 사설 IP 30개로 구축된다. 최상단에 UTM(Unified Threat Management) 방화벽이 위치하며, VPN, IDS/IPS, Traffic-shaping, Content-filtering, Web-filtering, E-mail-filtering 등의 보안 정책이 수행된다. 제안된 블록체인은 프라이빗(Private) 형태로 구성되어 있으며, 하이브리드 P2P 시스템을 기반으로 Index-Server(MSP)에서 노드의 정보를 배분한다. 각 노드 간 통신은 파이썬 소켓 I/O 모듈 기반으로 작동한다.

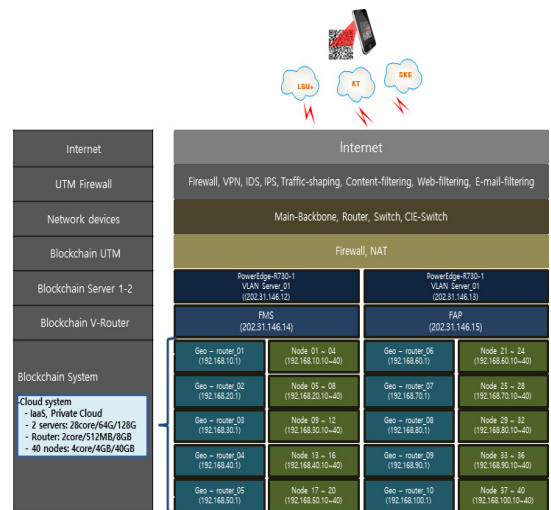


Fig. 1. Network configuration of blockchain system

2.2 시스템 기능

유통 과정상의 거래 정보가 분산원장에 기록되고 공유

된다. 원장은 공유되지만, 거래 정보는 암호화 기술을 통하여 보호한다. Fig. 2와 같이 BMS(Blockchain Management System)는 유통 과정에 참여하는 이해당사자의 인증 및 인증서를 발급한다. 클라우드 기반으로 블록체인을 구성하고 블록체인의 각 노드를 P2P로 연결하여 이력 정보의 송수신을 수행한다. 또한, 블록체인 노드의 상태를 확인하기 위한 모니터링을 수행한다.

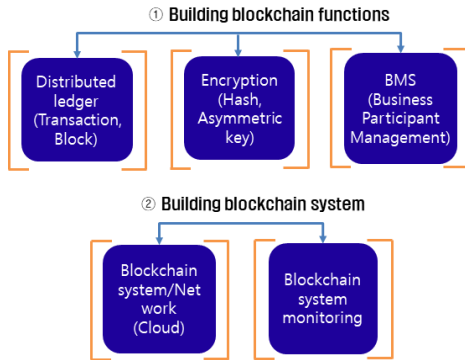


Fig. 2. Functions of blockchain system

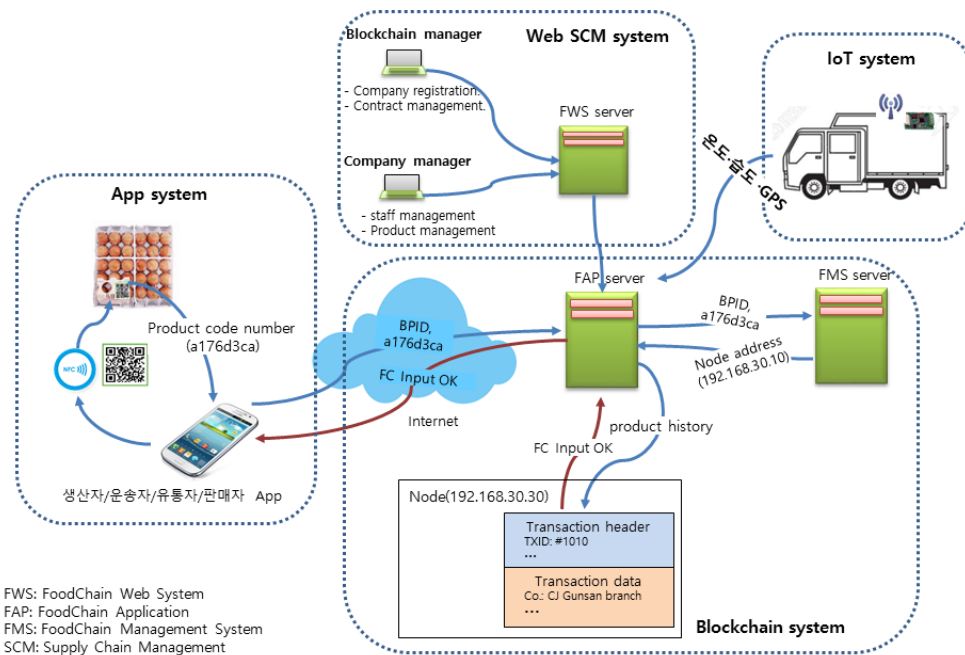
2.3 시스템 구성

구축한 블록체인의 특징은 농식품의 이력, 유통, 안전, 품질과 신선도 등 신선식품의 주요 정보를 소비자 및 사업참여자에게 실시간으로 제공하고 관리할 수 있는 신선식품 유통시스템을 지향한다는 것이다.

이런 이유로, 기존 상업 유통망과의 유지적인 연동을 위한 블록체인 웹 시스템을 구축하였고, 신선식품의 유통 과정에서 온도 및 습도 변화 등을 확인하기 위한 IoT 시스템, 그리고 운송 차량의 이동 경로 및 현재 위치 등의 운행정보를 실시간으로 확인하기 위한 GPS 기반 차량 위치 추적시스템 등을 추가로 구축하였다. Fig. 3에 블록체인에서 생산-가공-운송-판매 이력 관리 절차를 보인다. 스마트폰의 App으로 유통 중에 생성된 이력 정보를 수집한 후, 이력 정보의 암호화, 유효성 검증, 합의 등의 과정을 거쳐서 분산원장(트랜잭션, 블록)을 생성하고 블록체인에 저장한다. 그리고 사용자는 신선식품의 이력 정보를 확인하고 구매 여부를 결정한다.

2.4 App(앱) 시스템

App은 사업참여자가 이력 정보를 블록체인에 저장하



FWS: FoodChain Web System
 FAP: FoodChain Application
 FMS: FoodChain Management System
 SCM: Supply Chain Management

Fig. 3. Configuration diagram of blockchain system

기 위한 기능과 사용자가 이력 정보를 조회하기 위한 기능을 갖는다. Fig. 4와 같이 신선식품의 정보와 이력 정보, IoT를 기반으로 온·습도 및 GPS 정보를 제공한다. 모바일의 유동적인 화면에 대비하여 반응형으로 화면의 레이아웃을 구성한다.

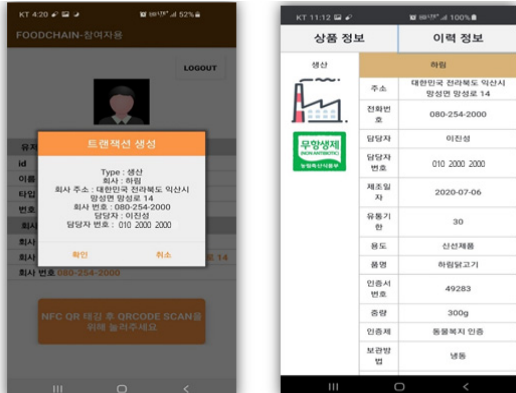


Fig. 4. App configuration of blockchain system

2.5 블록체인 플랫폼

블록체인은 분산원장, 거래 정보의 유효성 검증 및 합의, 거래 정보의 보안 및 암호화, 거래 정보를 송수신하기 위한 P2P 네트워크를 담당한다. Fig. 5에 블록 헤더와 트랜잭션을 보인다. 블록 헤더의 blockType은 일반 블록과 분산원장의 최초 블록을 구분하는 값, CHID는 분산원장 식별 값, previousBlockHash는 이전 블록의 해시값, transactionCount는 트랜잭션 정보에 저장된 트랜잭션 개수, timeStamp는 블록체인 네트워크의 시간, transactionHash는 트랜잭션 정보의 해시값이다. 트랜잭션 정보에 생산자, 가공자, 운송자, 판매자 중 하나의 정보가 입력된다.

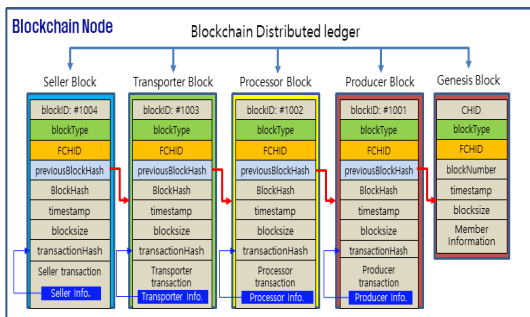


Fig. 5. Distributed ledger of blockchain system

2.6 웹 SCM 시스템

웹 SCM 시스템은 사업참여회사의 등록, 계약, 직원 관리, 제품 관리 등의 기능을 수행한다. 계약 관리에서 각 회사의 계약조건을 등록한다. 계약을 등록하면 사업 참여자의 제네시스 블록이 포함된 분산원장이 생성되고 배포된다. 회사 관리에서 회사를 등록하거나 회사 정보를 수정하고 조회할 수 있다. 직원 관리에서 직원을 등록 및 수정할 수 있고, 계약에 참여시키고 또는 해제할 수 있다.

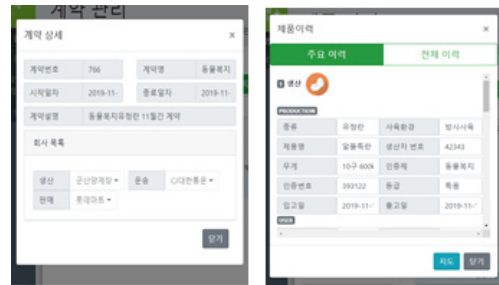


Fig. 6. Web SCM of blockchain system

2.7 IoT 시스템

Fig. 7과 같이 식품의 기본 정보와 사업참여자의 이력 추가 정보를 제공하며, IoT 데이터를 사용하여 신선식품의 이동 경로를 지도에 기록한다. 제품의 생산에서 주문 및 배송, 운송 차량의 온·습도를 주기적으로 수집하고 분석한다. 또한, 운송 차량의 GPS 정보 측정과 운송 경로 추적 및 현재 위치를 확인한다.

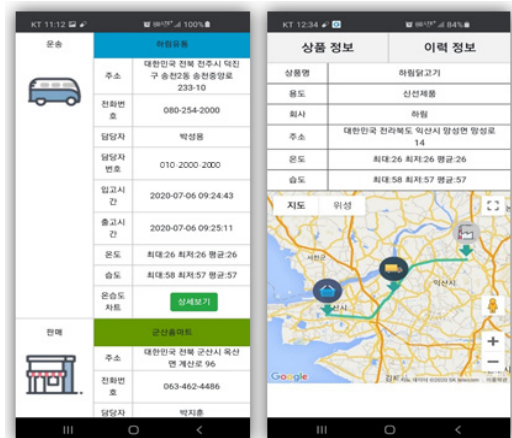


Fig. 7. IoT configuration of blockchain system

3. 성능 테스트

3.1 자체 테스트

프로그램 최적화와 실증을 고려하여 자체 테스트를 진행하였다. 트랜잭션 처리율(TPS) 시험으로 초당 트랜잭션 처리 수가 1000TPS를 유지하는 지의 여부를 확인하였다. 비교 대상은 L사의 유통 블록체인 시스템으로서 블록체인 등록 시 186TPS, 블록체인 조회 시의 1,148TPS가 기준이다. Fig. 8과 같이 Apache Jmeter를 이용하여 자체 평가를 수행하였으며, 망 상태에 따라 다소의 변화가 발생하였다. 블록체인 등록 시에 평균 200TPS, 블록체인 조회 시에 평균 1100TPS를 보인다.

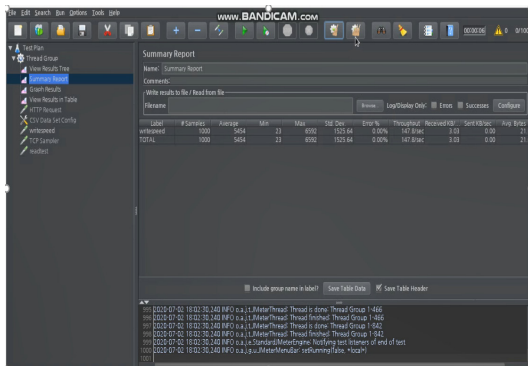


Fig. 8. Transaction throughput

3.2 필드 테스트



Fig. 9. Interworking test of IoT system

블록체인 내부 기능(분산원장 구성, 데이터 검증, 암호화 등)의 구동 여부, 각 시스템 (App, 웹SCM, IoT, 블록체인) 간의 연동 여부, IoT 온·습도 측정시스템과 스마트

폰의 연동 여부, 각 시스템에서 데이터 송·수신 시의 데이터 정합 여부를 필드 테스트를 통하여 확인하였다. Fig. 9에 IoT 온·습도 측정시스템의 연동 여부의 테스트 결과를 보인다.

4. 결론

신선식품은 시간의 경과와 온도 유지에 따라 신선도와 품질이 변하는 특성 때문에 유통 과정에서의 관리가 무엇보다 중요하다. 식품안전사고 발생 시, 사고의 원인을 밝히고 해당 식품을 회수하기까지 발생하는 추가 피해를 막기가 어려운 게 현실이다. 따라서 식품 유통 과정에 대한 이력 관리 및 신선식품 전문 유통체계의 구축이 매우 필요한 상황이다. 본 연구에서는 신선식품의 생산-가공-운송-판매 과정 동안의 정보를 소비자와 관리자에게 제공하는 블록체인 시스템을 제안하였다. 이를 통하여 소비자의 신뢰를 확산하고 식품 유통에 블록체인이라는 미래 정보기술을 이용하여 생산 · 제조 · 유통 · 판매에 이르는 전 산업을 융합하며, 이 과정에서 새로운 부가가치가 창출된다는 점에서 의미가 있다.

추후 유통환경과 상태에 따른 인공지능 기반의 신선 상태 예측 모델을 개발하여 블록체인 시스템과의 연동이 필요하다.

References

- [1] J. Lin and Z. Shen, A. Zhang, "Blockchain and IoT based Food Traceability for Smart Agriculture," Proceedings of the 3rd International Conference on Crowd Science and Engineering, Vol. 24 No. 1, pp. 1-6, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1145/3265689.3265692>
- [2] Leng K, Bi Y, Jing L, et al., "Research on agricultural supply chain system with double chain architecture based on blockchain technology," Future Generation Computer Systems, vol. 86, pp. 641-649, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.future.2018.04.061>
- [3] C. Walsh, M. C. Leva, "A review of human factors and food safety in Ireland," Safety Science, vol. 119, no. 11, pp. 399-411, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2018.07.022>
- [4] X. Xu., Q. Liu., Y. Liu. "Designing blockchain-based applications a case study for imported product traceability," Future Generation Computer Systems, 399-406, 2019.

DOI: <https://doi.org/10.1016/i.future.2018.10.010>.

- [5] J. H. Jang, S. H. Song, and S. T. Kim, "A Survey on Blockchain Platforms for Supply Chain Management," The Institute of Internet, Broadcasting and Communication, vol. 18, no. 5, pp.259-265, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.7236/IIBC.2018.18.5.259>
- [6] J. Li and X. Wang, "Research on the Application of Blockchain in the Traceability System of Agricultural Products," IEEE Advanced Information Management, Communicates, pp. 2637-2640, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1109/IMCEC.2018.8469456>
- [7] T. Bocek, B. B. Rodrigues, T. Strasser and B. Stiller, "Blockchains everywhere - a use-case of blockchains in the pharma supply-chain," 2017 IFIP/IEEE Symposium on Integrated Network and Service Management (IM), 2017. DOI: <https://doi.org/10.23919/INM.2017.7987376>
- [8] G. David. "IBM and Walmart: Blockchain for Food Safety." IBM & Walmart, 2017.
- [9] S. B. Lee and S. B. Yang, "A Study on Improvement of Food Traceability System," The Korean Journal of Food And Nutrition, Vol. 32, No. 6, PP. 730-737, 2019. DOI: <https://doi.org/10.9799/KSFAN.2019.32.6.730>
- [10] H. Huang and X. Zhou, "Food Supply Chain Traceability Scheme based on Blockchain and EPC Technology," International Conference on Smart Blockchain, Springer, pp. 32-42, 2019. DOI: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-34083-4_4

이 종 찬(Jong-Chan Lee)

[정회원]



- 1996년 8월 : 숭실대학교 컴퓨터 과학과 (공학석사)
- 2000년 8월 : 숭실대학교 컴퓨터 과학과 (공학박사)
- 2000년 10월 ~ 2005년 2월 : 한국전자통신연구원 선임연구원
- 2005년 3월 ~ 현재 : 군산대학교 컴퓨터정보공학과 교수

<관심분야>

머신러닝, 빅데이터, 블록체인

이 기 성(Gi-Sung Lee)

[중신회원]



- 1996년 2월 : 숭실대학교 컴퓨터 과학과 (공학석사)
- 2001년 2월 : 숭실대학교 컴퓨터 과학과 (공학박사)
- 2001년 3월 ~ 현재 : 호원대학교 컴퓨터게임학과 교수

<관심분야>

모바일 멀티미디어, 네트워크 보안, 머신러닝