

농식품의 이력관리를 위한 블록체인 시스템

이기성¹, 이종찬^{2*}

¹호원대학교 컴퓨터게임학부, ²군산대학교 컴퓨터정보공학과

A Blockchain System for History Management of Agrifood

Gi-Sung Lee¹, Jong-Chan Lee^{2*}

¹Division of Computer & Game, Howon University

²Department of Computer Information Engineering, Kunsan National University

요약 식품에 대한 안전성 요구는 사회가 선진화되고 식품산업의 발달과 함께 식생활 양식 변화와 소비자의 인식변화로 인해 사회적 문제로 크게 대두되었다. 소비자들은 자신이 소비하는 식품에 대하여 더 많은 정보를 요구하고 있으며, 유통 체계에서 발생하는 식품 스캔들에 민감하게 반응한다. 이와 같은 식품안전에 대한 관심 속에 블록체인 기술은 식품사기나 유통 중의 잘못된 식품 관리에 효과적으로 대응하는 수단으로서 주목을 받고 있다. 이는 식품의 공급망에서 이력추적의 정확성과 믿음을 담보함으로써 거래자 간 신뢰를 구축하고 안전한 식품 유통을 보장할 수 있기 때문이다. 본 연구에서는 농식품의 이력, 유통, 안전, 품질과 신선도 등 농식품이 갖고 있는 각종 정보를 공급자와 소비자 및 유통관계자에게 제공하고 관리할 수 있는 차세대 농식품 유통시스템을 제안한다. 생산, 가공, 유통, 판매, 소비 전 과정에서의 제품 상태 및 유통 상황 정보를 언제 어디서나 실시간으로 모니터링하고 제어할 수 있으며, 사용자는 사용자가 앱(App)을 통하여 각 식품의 안전 수준을 실시간으로 확인할 수 있다.

Abstract The demand for food safety has emerged as a major social issue due to changes in diet patterns and consumers' perceptions, along with the advancements in society and the development of the food industry. Consumers are demanding more information about the food they consume, and are sensitive to food scandals. With such interest in food safety, blockchain technology is attracting attention as a means of effectively responding to poor food management resulting in food fraud or unsafe distribution. By ensuring the accuracy of, and trust in, traceability in the food supply chain, it is possible to build trust between traders and to ensure safe food distribution. This paper proposes a next-generation agri-food distribution system that can provide and manage (for suppliers, consumers, and distribution officials) a variety of agri-food information, such as the history, distribution, safety, quality, and freshness of food. Information on product status and distribution status in all processes, including production, processing, distribution, sales, and consumption, can be monitored and controlled in real time (anytime, anywhere), and users can check the safety level of each type of food in real time through an app.

Keywords : Agri-food, Blockchain, Food Supply Chain, Distribution History, Safety, Quality

이 논문은 2020년 호원대학교 교내연구비의 지원에 의하여 연구되었음.

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

email: chan2000@kunsan.ac.kr

Received September 1, 2020

Revised September 28, 2020

Accepted October 5, 2020

Published October 31, 2020

1. 서론

농업인 인구 감소와 급속한 고령화는 농어업 환경 악화와 기능상실 가능성의 증가로 이어지고 있으며, 특히, 농업 성장 모멘텀 부족과 약화로 인해서 농업 활동인력 유입 모멘텀 부족 원인이 되고 있다. 또한 최근 공급 사슬 관리 시스템은 복잡해지고 농산물 안전성이 부각되므로 농산물 생산부터 판매 유통까지 전체 관리시스템이 요구되고 있다. 블록체인 기술을 적용하면 가시성과 투명성을 제고시킬 수 있고 더불어 유통 및 물류, 금융거래에 연결돼 있는 수많은 이해관계자와 소비자에게 까지 필요한 정보를 높은 신뢰성을 바탕으로 제공할 수 있다[1-3].

이런 이유로, 세계적인 유통체인인 월마트가 블록체인 기반의 신선식품 유통 관리에 나서고 있으며 중국 전자상거래업체 징둥닷컴이 블록체인 기술로 쇠고기 유통 이력 관리를 타진하는 등 블록체인의 유통시장 진입이 본격화되고 있다[4,5]. 한국에서는 삼성SDS 등이 블록체인 기반의 유통이력관리시스템을 구축하였고, 그밖에 유럽의 까루프 등 대규모 유통회사들이 자사에 최적화된 블록체인 기반의 유통이력시스템을 구축하고 있다. Table 1에 농수산식품 관련 블록체인 시스템 구축 현황을 보인다.

블록체인을 도입하면, 제품의 생산·유통·판매 전 과정에서 발생하는 거래 내역이 제품을 생산한 최초 단계부

터 최종 소비자에 이르기까지 모든 참여자들에게 제공됨으로서 생산자는 공급사슬상의 전 지점에서 제품이력을 추적할 수 있고, 이를 통해 구매자별 구매 성향 등을 파악할 수 있어 민첩성 확보, 가치 창출, 비용 절감, 투명성 확보가 가능하다.

물류에 블록체인이 결합될 경우 블록체인의 상호신뢰 특성을 이용해 문제와 사고 발생 시 책임 소재를 가리는 시간이 빨라지는 효과가 있고 문제발생 차단 효과를 가져 온다[6-8]. 생산자와 유통업체가 이력 정보를 위변조할 가능성이 높지만, 블록체인 기반의 이력관리시스템을 구현하면 생산일과 유통기간 등의 정보가 동시에 공유됨으로 위변조 가능성이 없어진다. 또한 최적의 상태를 유지할 수 있고 소비자도 정보를 신뢰할 수 있는 효과가 있다[9,10].

본 논문에서는 ICT 기술을 활용하여 신선 포장 농식품의 이력 데이터를 수집하고, 포장식품의 이력을 스마트폰을 이용 소비자 및 관리자가 실시간으로 현장에서 확인할 수 있는 블록체인 시스템을 제안한다. 즉 먹거리의 안전성 확보 및 식품폐기·손실을 감소 그리고 국민의 건강증대를 목적으로 생산, 가공, 유통, 판매, 소비 전 과정에서 제품 상태 및 유통 상황 정보를 언제 어디서나 실시간으로 모니터링하고 제어할 수 있는 농식품 이력 조회를 위한 블록체인 시스템을 제안한다.

Table 1. Blockchain development status for domestic and foreign agricultural and fishery products

Company (country)	Contents
Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (Australia)	Pointing out 'Digital Tracking' (RFID Chip, Barcode, QR Code, Blockchain) as the major technologies related to food history tracking for future growth of agrifood industry, and selected them as core technologies for support and is under development.
WUR University (Netherlands)	Applying blockchain technology to the distribution process of grapes in South Africa to derive the impact of the technology on agrifood and matters necessary for technology application
JD.COM (China)	Partnering with Australian meat wholesaler InterAgri, Inc. to track the entire process of these meat products imported into China.
Carrefour (France)	Expanded introduction of blockchain-based food tracking system for products sensitive to freshness such as eggs, cheese, milk, oranges, tomatoes, salmon, and hamburgers.
IBM (USA)	Food companies participate in data sharing and pilot operation - Nestle, Tyson Foods, Dole, Walmart
Wal-mart (USA)	Improving food safety, transparency and efficiency by tracking the entire process from production to distribution of pork
Samsung SDS (Korea)	With the goal of transparently supplying the origin of fish cake to consumers, Samsung SDS collaborated with Busan Metropolitan City
Ministry of Science and ICT (Korea)	A system is established to share the history information of livestock products in real-time during the breeding, slaughter, and distribution process.

2장에서는 블록체인 시스템의 세부 구조를 기술하고 3장에서는 결론을 맺는다.

2. 제안 시스템 구조

2.1 시스템 구성도

Fig. 1과 같이 수집된 식품의 이력 데이터를 데이터베이스화하고 사용자가 앱(Application; 이하 App)을 통하여 각 식품의 이력 정보를 실시간으로 확인할 수 있는 서비스 플랫폼을 구축한다.

클라우드(Cloud) 네트워크는 총 5 개의 공인 IP, N 개의 사설 IP로 구축되며, 최상단 UTM(Unified Threat Management) 방화벽을 포함하여 클라우드 시스템이 구축된다. 시스템을 제어하기 위한 제어서버(공인 IP 할당)와 가상화된 서버의 사설망(노드)을 생성해줄 서버 2 대(공인 IP할당)로 구성한다.

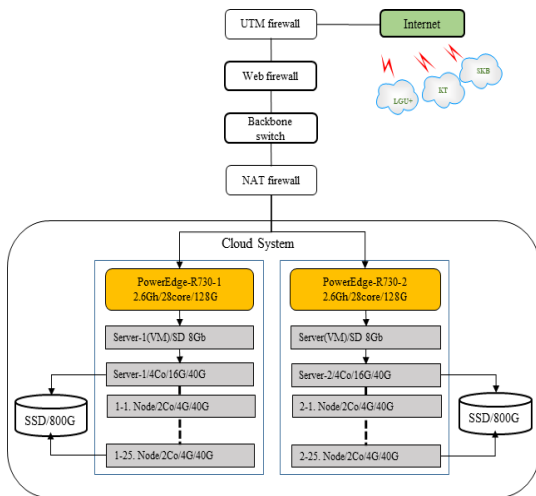


Fig. 1. Service platform for determination of food safety level

블록체인의 기본 시스템 보안 정책은 80, 3000 포트를 제외한 모든 포트를 차단하고, 외부에서 내부 접근 불가, 내부에서 외부 접근 가능, 내부 망 간 상호 접근 가능을 기본 정책으로 운영한다. 또한 UTM을 통한 방화벽 및 VPN(Virtual Private Network), IDS(Intrusion Detection System), IPS(Intrusion Protection System), Traffic-shaping, Content-filtering, Web-filtering, E-mail-filtering 등의 보안 정책이 수행된다.

외부 망과의 보안 설정은 DMZ-Service 사용, MSP (Managed Service Provider) 인증 내역 확인, UTM 방화벽 및 정책 적용, 내부 접근 차단, 최소 Port-Open 및 Port Forwarding을 적용하고, 내부 망과의 보안 설정은 내부 방화벽 적용, 접근통제, AES(Advanced Encryption Standard) 및 SHA(Secure Hash Algorithm) 보안 알고리즘 적용, MSP 인증서 확인, 보안 코딩(Secure Coding) 적용, IPSec 및 SSL(Secure Sockets Layer) 적용, 외부 작업 한계 설정, 내부 P2P-Net 사용을 적용한다.

제안된 블록체인은 프라이빗(Private) 블록체인으로 구성되어 있으며, 하이브리드 P2P 시스템을 기반으로 Index-Server(MSP)에서 노드의 정보를 배분한다. 각 노드 간 통신은 파이썬 소켓 I/O 모듈 기반으로 작동한다.

2.2 시스템 기능

식품의 출처를 적극 홍보하는 생산자들은 비슷한 식품들과 경쟁함에 있어 우위를 점할 수 있고 가격 프리미엄까지 확보할 수 있다. 또한, 생산한 농산물에 해당 기술을 접목시킴으로써 유기(organic) 등 사회적 측면에서 바람직하다고 간주되는 농식품의 신뢰도를 증진시킬 수 있으며, 소비자들 사이에 명성과 브랜드 충성도를 구축할 수 있다. 제안된 블록체인이 기존의 이력추적제도와 다른 점은 제도적인 장치나 신뢰에 의존하기 보다는 디지털 세대에 적합한, 분산된 신뢰체제를 구축해 활용한다.

Fig. 2와 같이, 제안된 블록체인 플랫폼은 블록체인 응용 부, 블록체인 서비스 플랫폼 부, 블록체인 응용 인터페이스 부, 블록체인 거래 서비스 부, 블록체인 P2P 네트워크 부 등으로 구성된다. 블록체인 응용 부는 웹 기반 SCM(Supply Chain Management) 시스템, 유통 과정에서의 이력 정보의 입력 및 사용자가 이력 정보를 확인하기 위한 App 시스템, 유통 과정에서 온도 및 습도 변화 등을 점검하기 위한 IoT 시스템으로 구성된다.

블록체인 서비스 플랫폼 부는 이력 정보를 분산 원장 형태로 저장한다. 이를 위하여 거래 정보의 유효성 검증 및 합의, 거래 정보의 보안 및 암호화, 거래 정보를 송수신하기 위한 P2P 네트워크, 블록체인 각 노드의 주기적 상태 확인을 위한 시스템 관제 기능이 구축된다. 그 외에 블록체인 응용 인터페이스 부는 블록체인 응용 부와 블록체인 서비스 플랫폼 부의 인터페이스를 담당하고, 블록체인 거래 서비스 부와 블록체인 P2P 네트워크 부는 사업참여자의 관리 및 P2P 네트워크 제어를 담당한다.

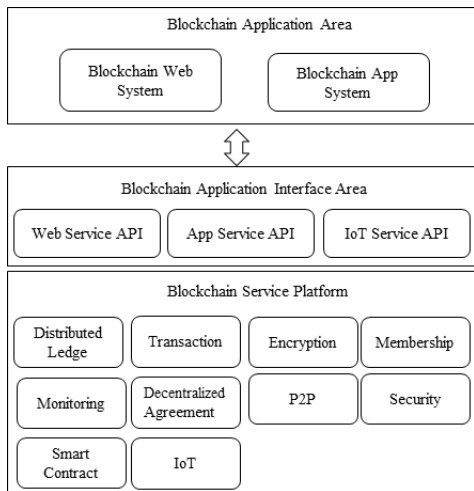


Fig. 2. Blockchain platform configuration diagram

Fig. 3은 블록체인 플랫폼에서 유통 판매 이력 관리 절차를 상세히 제시하고 있다. 블록체인 웹 관리 시스템은 블록체인 관리 기능과 사업참여자(생산자, 운송자, 가공자/판매자) 관리 기능을 갖는다. 블록체인 관리를 통하여 회사 등록, 관리자 등록, 회사 노드 할당 등을 수행하고, 각 식품의 계약 내용 등을 관리한다. 사업참여자 관리를 통하여, 회사 정보 등록, 사업담당자 등록 및 관리 등의 회사/직원 관리와 생산자의 제품 정보 등록 및 관리 등을 담당한다.

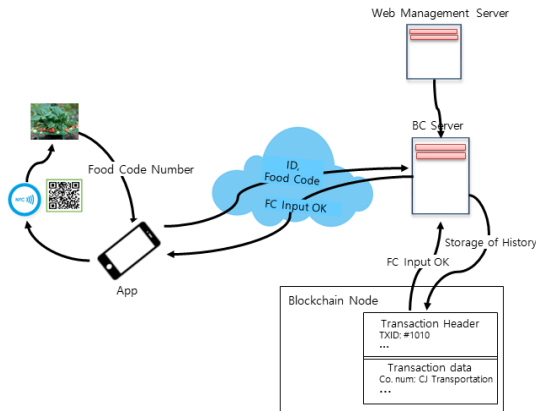


Fig. 3. Blockchain Processing Flow Diagram

블록체인 플랫폼은 클라우드와 P2P 네트워크 기반으로 데이터 유효성 검증, 합의 알고리즘, 스마트 계약, 보안 및 암호화, 블록체인 시스템 관제 기능을 수행한다. App은 사업참여자가 이력정보를 블록체인에 저장하기

위한 기능과 사용자가 이력정보를 조회하기 위한 기능을 갖는다.

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.

제안된 블록체인 플랫폼의 유통 관리(딸기의 예)과정을 Fig. 4에서 설명한다. 전국의 영농조합에 속한 농가는 딸기를 생육 단계별로 3가지 제품을 생산한다. 각 지역의 영농조합은 오픈 마켓(Open Market)에 판매가능 제품을 등록하고 고객은 오픈 마켓에서 제품을 선택하여 주문한다.

오픈 마켓은 고객의 배송 주소를 확인하고 가장 가까운 영농조합에 주문을 알린다. 영농조합은 농가의 배송 가능한 제품을 고객에게 배송한다. 오픈 마켓은 제품 생산정보 및 고객의 주문, 배송과정의 온도, 습도, GPS 정보를 블록체인에 저장한다. 고객은 제품을 받고 제품의 QR코드를 통해 제품의 이력정보를 조회할 수 있다.

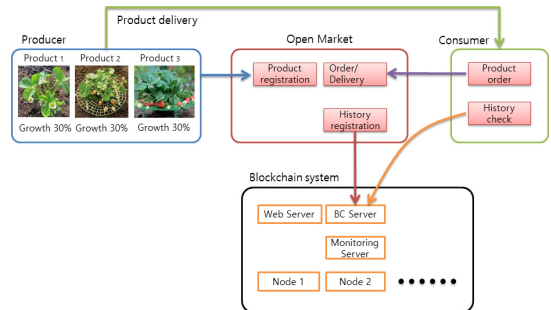


Fig. 4. Distribution Management of Blockchain Platforms

Table 2. Service details for each participant in the blockchain business

Business Partner	Service details
Producer	Producer information, Country of origin, Cultivation information, Production date, Remaining pesticide test records, Agricultural product certification information
Transporter	Agricultural transport history, Real-time tracking of routes, Temperature/humidity conditions in transit
Processors/Seller	Incoming/outgoing management, Demand forecasting, Distribution period monitoring, History management of returned food
Consumer	Inquiry of the history of all phases of production and distribution, Verification of certification and inspection results

Table 2에 각 사업참여자와 세부 내용을 보인다. 사업참여자는 생산자, 운송자, 가공자, 판매자로 구분되고, 소비자는 사업참여자가 입력한 이력 정보를 조회하여 농식품의 구매 여부를 결정한다.

2.2.1 제품 생산

딸기는 파종 후 70일에서 90일 정도 후부터 수확이 가능하다. 전국의 영농조합은 생육정도에 따른 제품을 3가지로 구분하여 출하한다. 제품 1은 생육정도를 30%, 제품 2는 생육정도를 50%, 제품3은 생육정도를 70%로 한다. Fig. 5는 생육정도로 구분한 제품 종류이다.



Fig. 5. Type of product

2.2.2 오픈 마켓

오픈 마켓은 제품을 온라인에서 판매하기 위한 쇼핑몰이다. 이 마켓은 전국의 영농조합에서 제품을 등록하고 판매하기 위하여, 제품 관리와 주문/배송관리를 제공한다. 오픈 마켓에서 생성되는 이력 정보는 위변조가 불가능하도록 블록체인을 통해 저장한다. Fig. 6은 제품 등록에서 주문/배송의 흐름을 보여주는 오픈 마켓 운영 과정을 나타낸다.

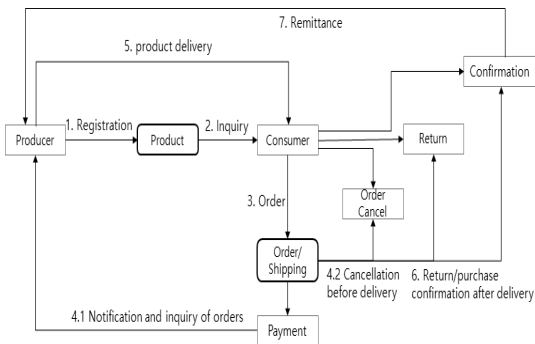


Fig. 6. Flow chart of open market

2.2.3 블록체인 서버

오픈 마켓은 제품의 생산에서 주문 및 배송, 운송과정

의 온도/습도/GPS정보를 저장하기 위해 블록체인을 사용한다. 위변조가 불가능한 블록체인은 고객이 주문한 제품의 이력정보를 조회할 수 있도록 데이터를 제공한다.

Fig. 7은 이력정보를 저장하기 위한 블록체인 서버 구성도이다. 블록체인은 영농조합, 오픈 마켓, 운송 업체가 참여하여 합의를 통해 이력정보를 각 노드에 저장한다.

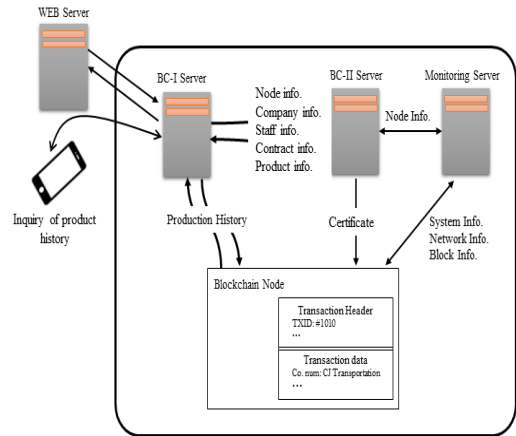


Fig. 7. Configuration diagram for blockchain servers

2.2.4 이력 정보 조회

고객은 주문한 제품이 배송되면 제품의 QR코드를 통해 제품의 이력정보를 조회할 수 있다. Fig. 8은 블록체인에서 제공하는 앱을 사용하여 제품의 이력을 확인하는 과정이다.

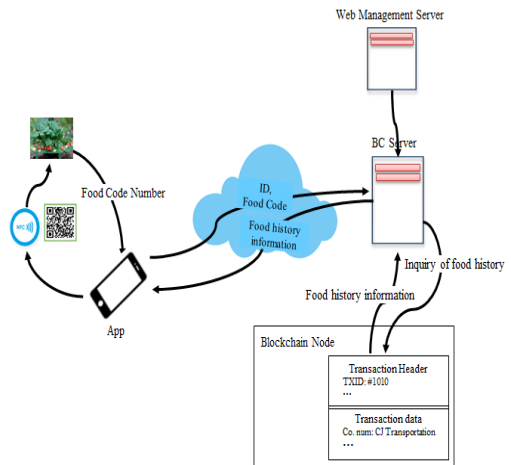


Fig. 8. Inquiry of product history information

2.2.5 모니터링 시스템

블록체인 시스템의 안정성을 확보하기 위하여 Fig. 9와 같이 모니터링 시스템을 구축한다. 호스트 지속시간, CPU 부하/가용 메모리, 네트워크 입출력 속도, 입출력 트래픽 양 등의 노드의 상태를 확인할 수 있다. 또한 사업참여자의 위치를 시각화 할 수 있으며, 노드의 블록 생성 단계별 상태 확인이 가능하다.

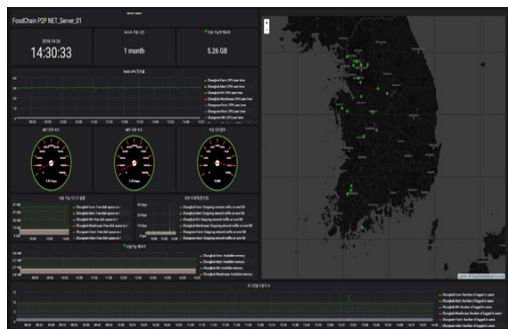


Fig. 9. Monitoring system for blockchain

3. 결론

식품의 안전성 확보는 식품의 생산, 유통 및 섭취 전 단계에 걸쳐 그 안전성을 확보하기 위한 노력이 필요하다. 무엇보다 세계의 식품 공급망(food supply chain)이 복잡해지면서 안전한 식품과 신뢰할 수 있는 유통체계의 확충에 관한 관심과 필요성이 커지고 있다. 본 연구에서는 농식품의 이력, 유통, 안전, 품질과 신선도 등 농식품이 갖고 있는 각종 정보를 공급자와 소비자 및 유통관계자에게 제공하고 관리할 수 있는 블록체인 시스템을 제안하였다. 제안된 시스템을 통하여 농식품 관련사고 사전예방, 유통 중의 신선도 유지와 식품 손실의 최소화를 가능하게 하였다. 즉 농가로부터 식품 가공업체 및 소비자에 이르는 모든 거래를 추적하고 감시하는 체제를 창출하고, 영농, 처리, 분배과정에 있어 투명성과 가시성을 제공한다. 추후 유통환경과 농식품 상태에 따른 IoT/빅데이터 기반의 품질(신선도, 안전상태) 예측 및 모니터링 시스템 개발하여 블록체인 시스템과의 연동이 필요하다.

References

[1] Technode, Perfecting Food Safety: How China Does It

with IoT and Blockchain, February 28, 2018.

- [2] F. Tian, "An agri-food supply chain traceability system for China based on RFID & blockchain technology," IEEE International Conference on Service Systems and Service Management (ICSSSM), 1-8, 2016, DOI: <https://doi.org/10.1109/ICICTA.2009.700>
- [3] International Finance Corporation, Blockchain: Opportunities for Private Enterprises in Emerging Markets, World Bank Group, 2017.
- [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/j.future.2018.10.010>.
- [5] Carrefour, Carrefour Lanches Europe's First Food Blockchain and Pland to Extend the Technology to Eight More Product Lines before the End of 2018, The FINANCIAL News & Multimedia, March 6, 2018.
- [6] 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>
- [7] 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>
- [8] 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>
- [9] 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>
- [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 기 성(Gi-Sung Lee)

[중신회원]



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

<관심분야>

모바일 멀티미디어, 네트워크 보안, 머신러닝

이 중 찬(Jong-Chan Lee)

[정회원]



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

<관심분야>

머신러닝, 빅데이터, 블록체인