

사물인터넷 및 임베디드 시스템을 위한 블록체인 기술에 관한 연구

김재우, 권기협⁺, 김동성^{*}

+ICT융합특성화연구센터, *금오공과대학교

jaewookim@kumoh.ac.kr, navkwon@kumoh.ac.kr, *dskim@kumoh.ac.kr

A Study on Blockchain Technology for IoT and Embedded Systems

Jae-Woo Kim, Gi-Hyeob Kwon⁺, Dong-Seong Kim^{*}

+ICT Convergence Center, *Kumoh National Institute of Technology

요약

본 논문은 블록체인 기술이 임베디드 시스템 분야에 미치는 영향과 그 활용 가능성을 고찰한다. 최근 사물인터넷(IoT) 및 임베디드 시스템이 빠르게 성장함에 따라 보안 및 신뢰성 문제가 증가하고 있다. 블록체인은 탈중앙화와 분산 원장의 특성으로 데이터를 안전하게 저장하고 관리하는 동시에 신뢰성 있는 환경을 제공한다. 본 논문에서는 블록체인의 핵심기술을 와 IoT 장치를 비롯한 임베디드 시스템의 특수성에 대한 이해를 제시하고, 블록체인이 임베디드 시스템 보안과 효율성에 대한 연구사례를 분석 하였고 블록체인과 임베디드 시스템의 향후 융합 가능성을 논의하고 응용분야에 대해서 기술 하였다. 또한 임베디드 시스템에서 블록체인 기술을 적용할 때 해결해야 할 과제들을 고찰하였다.

I. 서론

현대 사회에서는 빠른 디지털화와 인터넷의 발전으로 인해 임베디드 시스템의 중요성이 증대되고 있다. 특히, 사물인터넷(IoT)의 확산과 함께 임베디드 시스템은 우리 주변의 다양한 장치와 서비스를 제공하며 중요한 역할을 수행하고 있다. 그러나 이에 따라 IoT 환경에서 발생하는 보안 및 신뢰성 문제가 제기되고 있다. 최근, 블록체인 기술은 이러한 보안 및 신뢰성 문제에 대한 대안으로 주목받고 있다. 블록체인은 탈중앙화된 분산 원장을 통해 데이터를 안전하게 저장하고 관리함으로써 신뢰성 있는 환경을 제공한다. 이러한 특성은 특히 임베디드 시스템과 같이 리소스가 제한된 환경에서도 중요한 가치를 가진다. 현재 블록체인 기술을 이용한 암호 화폐 발행, 문서 위변조 방지, 거래 정보 추적 등 서비스 분야를 비롯하여 IoT 장치를 구성하는 임베디드 분야에서도 연구가 진행되고 있다.

본 논문은 블록체인 기술이 임베디드 시스템 분야에서 어떻게 활용되고 있는지, 그리고 이를 통해 어떤 문제들이 해결되고 있는지에 대한 연구 동향을 살펴본다. 블록체인이 제공하는 분산 원장, 암호학적 보안, 탈중앙화 등의 특성이 임베디드 시스템의 보안과 효율성을 어떻게 향상시키고 있는지를 고찰하였다. 논문은 먼저 블록체인의 핵심 원리와 임베디드 시스템의 특수성에 대한 이해를 제공하고, 다양한 산업 분야에서의 적용 사례를 살펴본다. 또한, 현재의 연구 동향과 미래의 전망을 종합하여 블록체인과 임베디드 시스템의 융합이 가져올 혁신적인 가능성에 대해 논의하였다.

II. 본론

1) 블록체인과 임베디드 시스템

블록체인은 IoT의 일부인 임베디드 시스템에서 작동한다. 예를 들어, 집의 온도조절기의 임베디드 장치는 모바일 폰을 사용하여 온도조절기를 제어할 수 있도록 한다. 모바일 폰이 중앙 네트워크를 사용하지 않고 블록체인을 사용하여 온도조절기와 더 직접적으로 통신할 수 있게 해주며 동일하게 산업용 IoT 장치들 사이에 서로 필요한 정보를 주고받을 때 블록체인 기술을 사용하여 신뢰성 있는 통신을 할 수 있다.

중앙화 되어 있는 클라우드와 서버로 인해 유지보수 비용, 중개인의 서비스 비용으로 등 기존 IoT 솔루션이 비용이 많이 든다는 문제가 있다. 블록체인은 IoT에서 블록체인 데이터 공유를 사용하여 IoT 장치 간의 통신을 가능하게 한다[1]. 이러한 장치들은 중앙 네트워크를 사용하지 않고 서로 통신할 수 있으며, 블록체인의 분산 컴퓨터 시스템 네트워크는 이러한 통신 데이터를 위조 또는 변조할 수 없도록 한다. 현재 IoT 장치들은 대부분 중앙 집중형 컴퓨팅 시스템을 통해 통신하지만, 이러한 통신은 때로 실패하며 해커들에 의한 문제 등 다양한 문제가 발생한다. 반면, 블록체인은 거래와 같은 데이터의 디지털 원장을 생성하여 이전 거래를 확인하고 블록체인 위에 쌓아가는 방식으로 중앙화된 문제를 해결할 수 있다. IoT 내의 임베디드 시스템에 대한 효율적인 검증을 가능케 하며, 안전하게 데이터를 전달한다. 이를 이용하여 안전하게 임베디드 장치의 펌웨어를 업데이트하는 연구도 진행되었다[2].

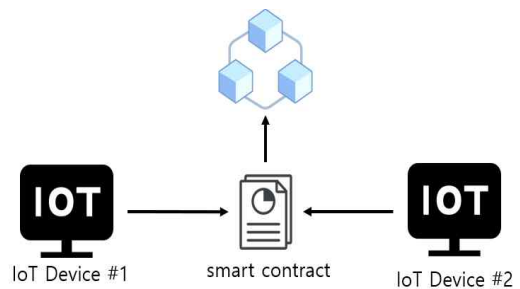


그림 1 IoT 시스템에서 블록체인을 이용한 통신 개념도[1]

표1은 IoT시스템에서 블록체인 기술을 사용할 때 장점을 정리한 것이다. 또한 IoT 장치 및 임베디드 시스템의 특성을 고려한 최적의 합의 알고리즘 연구 또한 진행되었다[3]. 연구 [3]에서는 IoT환경에서 데이터의 발생 빈도에 따라 최적화된 합의 알고리즘을 제안하였다. 또한 임베디드 칩에 블록체인 기능을 구현하는 시도도 진행되었다[4]. 블록체인 트랜잭션을 FPGA 하드웨어 기반으로 구현하여 기존의 블록체인 네트워크 전송속도와 비교하였다.

표 1 IoT시스템에서 블록체인 기술의 장점

장점	설명
보안성	중앙서버의 보안 문제 해결 노드들의 상호 데이터 검증
효율적인 자동화	중앙화된 통신 방식에 비해 자동화가 더욱 효율적 장치들이 더 단순히 서로 통신
신뢰성	장치들 간의 직접적인 통신은 시스템 내 장애 가능 성을 줄이며 통신이 더욱 신뢰성 확보
비용절감	간편한 P2P 통신을 통해 비용 절감 네트워크 고장의 가능성 감소

2) 임베디드 시스템 및 장치에서의 블록체인 기술 활용

임베디드 시스템에서 블록체인 기술은 다양하게 활용될 수 있다.

- IoT 보안 : 전송한 바와 같이 IoT 장치는 블록체인을 사용하여 생성된 데이터를 안전하게 기록할 수 있다. 이로써 장치 간 통신의 안전성을 확보하며, 데이터 위변조를 방지할 수 있다. 이는 보안성 중요한 국방용 IoT 네트워크 및 사이버 보안 국방 응용 서비스에 활용될 수 있다.
- 자동차 데이터 관리 서비스 : 블록체인은 IoT 장치가 특정 자동차의 유지 보수 및 기록을 추적하는 데 사용될 수 있다. 부품 교체 및 부품의 설치 일자과 위치를 추적할 수 있으며 전산화된 구성 요소의 업데이트, 자동차의 구매 및 소유권 이전, 사고 또는 수리 기록을 추적할 수 있다. 블록체인을 임베디드 및 IoT 시스템에 통합하면 스마트폰 앱을 통한 통신 및 권한 부여를 기반으로 자동차를 사용할 수 있다. 현재의 카 셰어링 플랫폼 및 기업 외부에서 카 셰어링이 이루어질 수 있다[5].
- 임베디드 시스템 및 장치를 위한 자동 지불 및 스마트 계약: 블록체인을 사용하는 임베디드 장치는 검증된 서비스에 대한 자동 결제를 수행할 수 있다. 텔레비전에 연결된 스트리밍 서비스 장치는 사용량을 모니터링하고 자동으로 결제를 진행하거나 차량을 운행 경비에 대한 자동 결제가 가능할 수 있다. 이는 블록체인의 스마트 계약 기능을 활용하여 자동화된 거래 및 계약이 가능하다. 즉 특정 센서의 감지조건에 따라 자동으로 실행될 수 있다.
- 환경 센서의 추적 및 검증: 블록체인은 임베디드 장치에서 센서를 사용하여 정부 및 환경 단체가 산업 현장에서 지상, 대기 또는 수질 오염을 추적하는 데 사용될 수 있다. 측정치가 지정된 수준을 초과할 때 일정한 조치를 취하거나 보고서를 생성할 수 있다.
- 공급망 관리 및 지불 추적: 블록체인을 사용하는 임베디드 장치는 공급망에서 부품 유통상황을 추적할 수 있다. 부품의 생산지와 생산시기를 증명하고, 그 부품이 공급망을 통해 이동하는 과정을 추적할 수 있다. 블록체인은 제조 및 공급망에서 원자재의 원천부터 최종 소비자에 이르는 모든 단계를 투명하게 기록할 수 있다. 임베디드 센서 및 장치를 통해 수집된 데이터는 블록체인에 기록되어 제조과정의 투명성을 확보하고 제품의 출처를 추적할 수 있다.
- 의료 데이터의 보안 및 공유: 의료 분야에서는 환자의 건강 데이터를 안전하게 관리를 위해 임베디드 의료 장치가 블록체인에 연결되면 환자의 의료 기록이 블록에 안전하게 기록되며, 필요한 의료 전문가들과만 공유될 수 있다.
- 에너지 관리 및 교환: 임베디드 에너지 센서는 에너지 생산 및 소비에 관한 데이터를 수집할 수 있다. 이러한 데이터는 블록체인에 기록되어 에너지 거래 및 교환의 투명성을 제공하고, 태양광 패널과 같은 재생 가능 에너지 시스템 간의 효율적인 에너지 관리가 가능하다.
- 지능형 도시 및 교통 시스템: 임베디드 센서와 블록체인을 결합하면 지능형 도시 및 교통 시스템을 구축할 수 있습니다. 실시간 데이터 수집 및

블록체인의 무결성은 교통 흐름 최적화, 주차 관리, 환경 모니터링 등에 도움이 된다.

3) 임베디드 시스템 및 장치에서 블록체인의 도전 과제

임베디드 시스템 및 IoT 장치에서 블록체인 사용은 몇 가지 도전 과제를 발생시킨다. 아래는 임베디드 시스템 및 장치에서 블록체인 사용의 도전 과제에 대한 설명이다.

- 블록체인이 요구하는 처리 능력과 에너지 소비: 임베디드 시스템 및 장치는 낮은 전력 사용량으로 구축을 목표로 한다. 그러나 블록체인을 작동시키려면 네트워크의 각 노드는 시스템 거래에 대한 암호화를 수행하는 처리 능력이 필요하다. 이러한 장치에 블록체인 기술을 구현하려면 고수준의 최적화와 사용자의 정의를 필요하다.
- 블록체인이 요구하는 데이터 저장: 블록체인은 지속적으로 데이터가 저장될 공간이 필요하다. 블록체인의 거래 내용은 네트워크의 모든 노드에 저장되어야 한다. 이 원장은 계속 늘어난다. 그러나 임베디드 장치는 매우 낮은 데이터 저장 용량을 갖고 있다.
- 블록체인 기술 지식 필요: 임베디드 개발자는 블록체인에 대한 이해가 부족한 편이다. 블록체인을 사용하려면 블록체인을 임베디드 시스템 및 IoT에서 개발하기 위한 지식과 기술교육이 필요하다.
- 법률 및 규정 문제: 블록체인은 많은 산업에서 여전히 새로운 기술로 간주되고 있으며, 특히 IoT 분야에서는 모든 법률 및 규정 문제가 해결되지 않았다. 결과적으로 많은 기업들은 시장에 완전히 진입하는 데 주저할 수 있다.

III. 결론

본 논문에서는 임베디드 장치를 사용하는 영역에서 블록체인 기술이 어떻게 활용되는지 연구사례를 통하여 고찰하였다. 임베디드 시스템에서 블록체인 기술은 통신망의 신뢰성 및 보안성을 향상시키고 다양한 분야에 활용될 수 있는 것을 확인하였다. 추가로 향후 임베디드 시스템에서 블록체인 기술을 활용할 때 해결해야 할 과제를 도출하였다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2023년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 대학중점연구소 지원사업과 기초연구사업으로 수행된 연구임(2018R1A6A1A03024003, 2022R1I1A1A010701058).

참고 문헌

- [1] Fakhri, D., & Mutijarsa, K. "Secure IoT communication using blockchain technology", IEEE. ISES, pp. 1-6. Oct. 2018
- [2] Lee, Boohyung, and Jong-Hyouk Lee. "Blockchain-based secure firmware update for embedded devices in an Internet of Things environment." The Journal of Supercomputing, Vo. 73, pp.1152-1167, 2017
- [3] Igboanusi, Ikechi Saviour, et al. "Smart auto mining (SAM) for industrial IoT blockchain network." IET Communications, Vol.16, No. 18, pp. 2123-2132, 2022
- [4] Y. Sakakibara, Y. Tokusashi, and H. Matsutani, "Accelerating blockchain transfer system using FPGA-based NIC," ISPA/IUCC/BDcloud/SocialCom/SustainCom, pp. 171 - 178, Melbourne, Australia, December 2018.
- [5] V. Valaštin, K. Košťál, R. Bencel and I. Kotuliak, "Blockchain Based Car-Sharing Platform," International Symposium ELMAR pp. 5-8, Zadar, Croatia, 2019