

모바일 IoT 환경에서 안전한 데이터 통신을 위한 블록체인 기반의 시스템 구조

허가빈*, 도인실**, 채기준***

*이화여자대학교 인공지능·소프트웨어학부

**이화여자대학교 사이버보안전공

***이화여자대학교 컴퓨터공학전공

gjrkqls@ewhain.net, isdoh1@ewha.ac.kr, kjchae@ewha.ac.kr

Blockchain-based system architecture for secure data communication in mobile IoT environment

Gabin Heo*, Inshil Doh**, Kijoon Chae***

*Division of Artificial Intelligence and Software, Ewha Womans University

**Dept. of Cyber Security, Ewha Womans University

***Dept. of Computer Science and Engineering, Ewha Womans University

요 약

다양한 IoT 기기로 구성된 모바일 IoT 환경에서는 IoT에서 수집된 데이터가 다른 IoT의 학습 데이터로 사용되는 순환 구조로 이루어져 있다. 따라서 해당 환경에서 데이터는 공유되는 자원이며 매우 중요한 요소이다. 특히 IoT 기기가 밀집된 지역에서는 많은 트래픽이 발생하기 때문에 전송 지연 및 데이터 손실로 인한 시스템 성능이 저하되는 문제가 발생한다. 따라서 본 논문에서는 안전한 데이터 통신을 위한 블록체인 기반의 시스템 구조를 제안한다. 해당 시스템은 블록체인을 사용하여 IoT 기기의 이동성과 밀집도를 판별하고, 트래픽 밀집 구역이 발생하였을 경우 UAV를 활용하여 통신이 원활하게 이루어질 수 있도록 한다.

1. 서론

사람과 사물을 포함하여 모든 것이 네트워크로 연결되어 정보를 공유하는 환경인 IoE (Internet of Everything) 시대로 발전하면서 모든 데이터는 중요한 자원이 되었다. 최근 모바일 IoT 환경은 다양한 IoT(Internet of Things)로 구성되어 있으며, 많은 데이터를 생성한다. 이러한 상황에서 데이터 보안은 매우 필수적이며, 특히 실시간 데이터를 활용하므로 수집되는 데이터가 조작된다면 심각한 보안 위협이 초래되므로 데이터 정확성 또한 요구된다[1]. 하지만 이동성이 높은 IoT의 특성상 한 지역에 IoT가 밀집될 수 있으며, 해당 지역은 트래픽 밀집 구역으로 이어질 수 있다. 트래픽 밀집 구역에서는 데이터 전송 지연 및 데이터 손실이 발생하여 데이터 정확성이 떨어진다. 이는 결국, 시스템 성능 저하로 이어지므로 모바일 IoT 환경에서 트래픽 제어는 매우 필수적이다. 따라서 본 논문에서는 블록체인을 활용하여 IoT 기기의 이동성과 밀집도를 판별하고, UAV(Unmanned Aerial Vehicle)를 활용하여 트래픽 밀집 구역의 통신을 원활하게 하여 모바일 IoT 환경에서 안전한 데이터 통신 환경을 구축하고자 한다.

2. 관련 연구

1) 모바일 IoT

IoT의 데이터는 지능화되어 모든 산업에 영향을 미치고, 그 영향이 다시 데이터로 축적되는 순환 구조로 우리 삶에 획기적인 변화를 가져올 것으로 예상된다. 하지만 IoT의 확장 속도만큼 보안 문제 또한 이슈화되고 있다. 특히 모바일 IoT는 휴대성이 높은 기기로 구현되므로 저전력, 저용량의 특징을 가지기 때문에 IoT 디바이스에 보안 모듈 탑재가 미흡한 실정이다[2]. 현재 IoT 보안을 위해 IoT 기기 보안 취약점 분석 및 데이터 보안에 대한 다양한 연구들이 진행되고 있다[3][4].

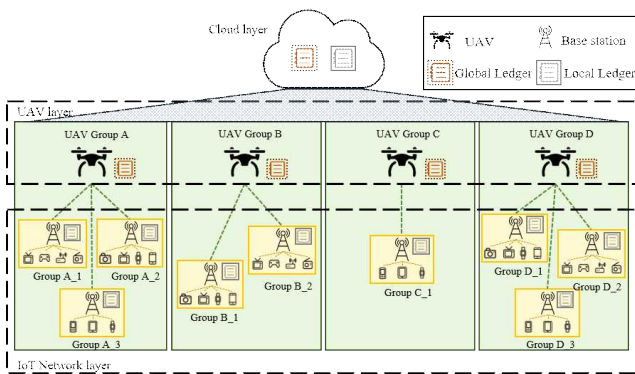
2) 블록체인

블록체인은 ICT(Information & Communication Technology)의 핵심 기술 중 하나로, 차세대 네트워크 기술로 주목받고 있다. 블록체인이란 분산 데이터베이스의 일종으로 중앙 서버가 없으므로 모든 노드가 동등하다는 특징을 가진다. 블록체인에서 데이터는 “블록”으로 불리며, 각 블록은 해시값을 통해 체인 형태로 연결되어 저장된다. 블록체인의 참여자

들은 모든 거래 내용을 검증하고 보관하기 때문에, 만약 악의적인 사용자가 거래 내용을 수정한다고 하더라도 하나의 거래를 수정하기 위해 모든 참여자의 원장을 수정해야 한다. 따라서 이러한 특징들로 인하여 블록체인은 투명성 및 무결성을 보장한다[5].

3. 모바일 IoT 환경에서 안전한 데이터 통신을 위한 블록체인 기반의 시스템 구조

본 논문에서는 모바일 IoT 환경에서 안전한 데이터 통신을 위해 블록체인 기반의 시스템 구조를 제안한다. (그림 1)은 제안하는 시스템의 전체 구조를 보여준다.



(그림 1) 제안하는 시스템의 전체 구조

해당 시스템은 IoT 네트워크 계층과 UAV 계층, 클라우드 계층으로 구성되어 있다[6]. UAV 계층은 여러 UAV로 구성되어 있으며, 지리적으로 나누어 관리 영역에 따라 그룹을 이룬다. 또한, UAV끼리 블록체인을 이루고 있으며, 각 UAV는 글로벌 원장(Global Ledger)을 소지하고 있다. IoT 네트워크 계층은 BS(Base Station)와 다양한 IoT 기기들로 구성되어 있다. 같은 UAV의 관리 영역에 속해있는 BS끼리 블록체인을 이루고 있으며, 각 BS는 로컬 원장(Local Ledger)을 소지하고 있다. 또한, 해당 영역에 속한 IoT들은 BS의 통신 영역에 따라 소그룹을 이루고 그룹 통신을 진행한다. 요약하자면 (그림 1)의 “Group A_1” 영역처럼 각 IoT 기기들은 BS를 기준으로 그룹 통신을 진행하며, 해당 그룹을 지리적으로 통합하여 (그림 1)의 “UAV Group A” 영역과 같이 UAV가 관리하는 그룹을 이루게 된다. 마지막으로 클라우드 계층은 로컬 원장과 글로벌 원장 모두를 가지고 있다. 모바일 IoT 환경에서는 데이터의 무결성을 보장하기 위해 IoT 기기를 통해 수집되는 데이터의 흐름 추적이 필수적이다. 따라서 클라우드의 원장을 통해 모든 정보를 확인할 수 있으

므로 모바일 IoT 환경에서 데이터 추적이 원활하게 이루어질 수 있다.

Global ledger	Local ledger
Transaction (Tx)	Transaction (Tx)
TIME	TIME
UAV _{ID}	BS _{Destination}
G _{ID} (UAV Group)	G _{ID} (BS Group)
BS _{ID}	IoT _{ID}
KEY _{Update Info}	BS _{Source}

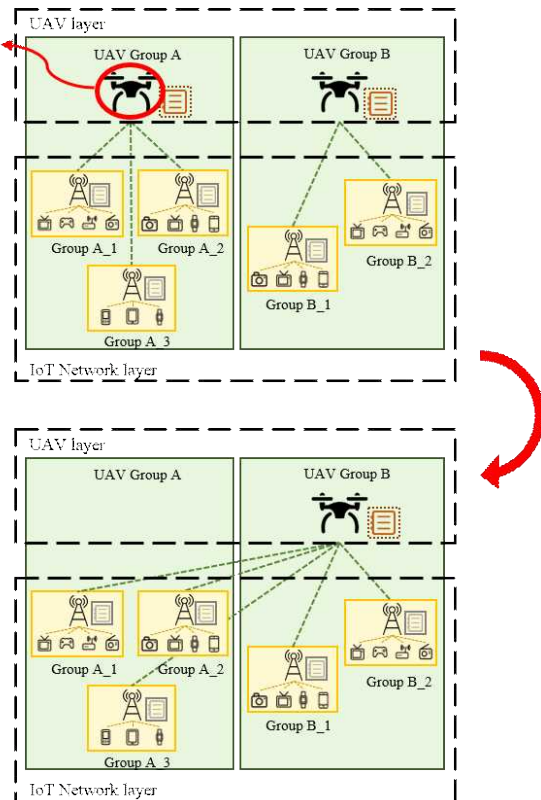
(그림 2) 각 블록체인 원장의 트랜잭션 구성 요소

(그림 2)는 각 블록체인 원장에 기록되는 트랜잭션(Transaction, TX)의 구성을 보여준다. 먼저 같은 UAV 그룹에 속한 BS끼리는 동일한 로컬 원장을 공유한다. 각 소그룹에서는 그룹 통신을 진행하기 때문에, 그룹 통신을 위한 그룹키를 공유하고 사용한다. 만약 해당 그룹의 멤버(IoT) 변화가 있을 경우, 보안을 위해 그룹키를 변경하여야 한다. 이때, 그룹키가 변경될 때마다 각 BS는 그룹키가 변경되었다는 정보를 UAV에게 전송하게 된다.

- 글로벌 원장: UAV는 BS로부터 전달받은 그룹키 변경 정보를 트랜잭션으로 생성하여 글로벌 원장에 기록하고 모든 UAV와 공유한다. 기록되는 트랜잭션에는 트랜잭션 발생시간(Time)과 더불어 UAV 정보, 그룹 정보, 그룹키가 변경된 BS의 정보를 기록한다.
- 로컬 원장: 소그룹에서 그룹의 IoT 멤버가 변화될 때마다 트랜잭션을 발생하고 이를 로컬 원장에 기록한다. 로컬 원장의 트랜잭션에는 트랜잭션 발생시간(Time)과 IoT 기기의 정보와 이동된 경로(Source BS, Destination BS)가 기록된다.

글로벌 원장은 하위 그룹의 키 업데이트 정보가 저장되므로 특정 그룹에서 키 업데이트가 빈번할 경우, 그룹 내의 IoT 이동성이 높다고 판별할 수 있다. 또한, 로컬 원장에서 트랜잭션을 발생하는 주체는 IoT 기기가 도착한 그룹의 BS이기 때문에, 하나의 BS에서 많은 트랜잭션이 발생한다면 그 지역에 IoT가 밀집되어 있다고 판단할 수 있다. UAV는 이동성이 높고, 탈취가 가능하므로 만약 악의적인 사용자가 UAV를 탈취하였을 경우, 데이터 노출 위험이 있다. 따라서 각 계층마다 블록체인 네트워크를 따로 구상하여 UAV에는 IoT 기기의 정보 및 데이터를 알 수 없도록 한다.

본 시스템에서는 각 계층의 블록체인 원장을 확인하여 IoT 기기의 이동성과 밀집도를 판별할 수 있다. 이를 통해 데이터 밀집 구역이 발생하였을 경우, 상대적으로 적은 트랜잭션이 발생하는 그룹의 UAV가 이동하여 보조 게이트웨이 역할을 통해 트래픽 완화 역할을 하도록 한다. 이동된 UAV의 기존 그룹은 지리적으로 가까운 그룹의 다른 UAV가 일시적으로 트랜잭션을 처리한다.



(그림 3) 데이터 밀집 구역 발생 시,
UAV 이동에 대한 트랜잭션 관리 시나리오

(그림 3)은 UAV 이동에 대한 시나리오를 보여준다. 만약 다른 그룹에서 트래픽 밀집 구역이 발생했을 경우, 그룹 A의 UAV가 트래픽 밀집 구역의 통신 완화를 위해 이동한다. 이후, 해당 소그룹(Group A_1 ~ Group A_3)과 지리적으로 가장 가까운 그룹 B의 UAV가 일시적으로 그룹 A의 트랜잭션을 기존 그룹과 함께 처리한다.

4. 결론

모든 사물이 생성하는 데이터가 지능형 기기의 학습 데이터로 사용되는 순환 구조를 가진 모바일 IoT 환경에서 데이터의 중요성이 높아지고 있다. 특히 실시간 데이터를 활용하는 경우, 데이터의 정확성이 요구되며 데이터 무결성을 보장해야 한다. 하

지만 모든 기기가 데이터를 발생하는 환경에서 기기 밀집도가 높을 경우, 데이터 손실 및 전송 지연의 문제가 발생하고 이는 결국 성능 저하로 이어진다. 본 논문에서는 블록체인을 활용하여 노드 이동성과 밀집도를 판별하는 시스템을 제안하였다. 해당 시스템은 IoT 네트워크 계층, UAV 계층, 클라우드 계층으로 이루어져 있으며, IoT 데이터 보안을 위해 각각 다른 블록체인으로 구성된다. 이를 통해 IoT의 데이터는 보호하면서 이동성 및 밀집도를 판별하였다. 또한, UAV를 활용하여 트래픽 밀집 구역의 트래픽을 완화함으로써 안전한 데이터 통신 환경을 구축하였다. 향후 연구로는 새로운 기기의 접근성에 대한 방안을 추가하고, 해당 시스템에서 발생할 수 있는 보안 공격에 대해 분석하여 더욱 안전한 환경을 구축하고자 한다. 또한, 이를 모바일 IoT 환경과 같이 이동성이 높은 VANET(Vehicular Ad-hoc Network)에도 적용할 수 있도록 연구하고자 한다.

Acknowledgement

이 논문은 2019년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2019R1F1A1063194). 또한, 이 논문은 2020년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2020R1A2C1006497). (교신저자: 도인실)

참고문헌

- [1] Zheng, Y., Capra, L., Wolfson, O., & Yang, H., "Urban computing: concepts, methodologies, and applications." ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology (TIST), 5.3: 1-55, 2014.
- [2] 김기영, "확장성과 보안을 보장하는 IoT 디바이스 기반의 그룹통신 기법," 한국정보전자통신기술학회 논문지, 14권 1호, 98-103
- [3] 김미주, 오성택, 이재혁, 고웅, 박준형, "IoT 보안 위협 탐지를 위한 취약점 수집 방안 연구," 한국정보과학회 학술발표대회, 2018, 1012-1013.
- [4] 남지승, 김경수, 이정옥, 윤현수, "대한산업공학회 춘계학술대회 논문집," 2019, 3445-3451
- [5] 유소망, 김종완, "사물인터넷 블록체인 기술 적용 동향," 한국정보처리학회, 24권, 3호, 4-12, 2017.
- [6] 김효원, 허가빈, 김동희, 도인실, "도시 컴퓨팅에서 엣지-클라우드 시스템을 통한 데이터 프라이버시 및 추적 가능성 보장 방안," 2020년 대한전자공학회 하계학술대회, 2020, 2205-2208.