

# 스마트 시티를 위한 DDS 기반의 블록체인 네트워크 설계

권영준<sup>1</sup>, 이재민<sup>2</sup>, 전태수<sup>3</sup>, 김동성\*

금오공과대학교 {IT융복합공학과<sup>12\*</sup>, 컴퓨터소프트웨어공학과<sup>3</sup>}

{enuj\_young<sup>1</sup>, ljimpaul<sup>2</sup>, taesoo.jun<sup>3</sup>, dskim\*}@kumoh.ac.kr

## DDS-based Blockchain Network Design for Smart City

Young-June Kwon<sup>1</sup>, Jae-Min Lee<sup>2</sup>, Tae-Soo Jun<sup>3</sup> and Dong-Seong Kim\*

Kumoh National Institute of Technology

Dept. of {IT Convergence<sup>12\*</sup>, Computer Software<sup>3</sup>} Eng.

### 요약

본 논문은 신뢰성을 위해 블록체인 네트워크를 적용한 스마트 시티의 실시간성 저하에도 대응할 수 있는 DDS(Data Distribution Service)기반의 블록체인 네트워크를 제안한다. 스마트 시티 환경에 대한 요구사항을 만족하기 위해서는 데이터 공유에 소요되는 시간을 감소시켜 실시간성을 확보해야한다. 하지만 기존 스마트 시티에 대한 연구는 블록체인 네트워크만을 적용하여 실시간성을 고려하지않았다. 따라서 본 논문에서는 DDS 기반의 블록체인 네트워크를 적용할 것을 제안한다. 본 기법은 블록체인이 적용된 BDS(Blockchain DDS)와 블록체인이 적용되지 않은 DDS를 모두 사용하여 스마트 시티의 신뢰성과 실시간성 모두 확보 가능하다.

### I. 서론

최근 미들웨어를 활용하여 스마트 시티의 실시간 분산병렬처리에 대한 연구가 진행되고 있다[1]. 또한 미들웨어에 블록체인을 적용한 데이터 공유 기법에 대한 연구가 진행되고 있다[2]. 스마트 시티는 도시에서 생성하는 다양한 데이터를 활용하여 서비스를 제공하기에 신뢰성을 확보해야하며 스마트 시티에서 발생하는 방대한 양의 데이터를 처리하기 위해서는 실시간성 또한 확보해야한다[3]. 스마트 시티에 블록체인을 적용하여 스마트 시티의 신뢰성을 구축하는 연구가 진행되고 있지만 스마트 시티에 단순히 블록체인만을 적용하는 것은 스마트 시티의 실시간성을 저하시켜 사용자들의 요구사항을 만족시킬 수 없다[4]. 또한 노드 수의 증가에 따라 합의 알고리즘을 수행하는데 걸리는 시간이 증가하여 스마트 시티의 인프라 확대를 제한한다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 DDS(Data Distribution Service) 기반의 데이터 공유기법을 제안한다. 제안하는 기법은 블록체인이 적용된 DDS와 블록체인이 적용되지 않은 DDS를 모두 사용하여 스마트 시티의 실시간성을 향상시킨다.

### II. 관련 연구 및 스마트 시티의 문제점 분석

스마트 시티는 대규모 IoT(Internet of Things) 기반 네트워크로 구성된 이기종 시스템으로 실시간 정보를 수집하고 분석해 사용자들에게 다양한 어플리케이션을 제공한다. 사용자의 편의성을 높인다는 이점이 있지만 스마트 시티는 모든 정보를 디지털화하여 데이터를 관리하기 때문에 높은 신뢰성을 요구한다. 하지만 데이터의 신뢰성만을 고려하는 것은 스마트 시티의 실시간성 저하를 유발해 사용자들의 요구사항을 만족시킬 수 없다. 기존 연구는 중앙 집중식 제어 기능을 가지는 시스템에서 수집하고 처리하는 데이터에 대한 위협을 보호하기 위해 스마트 시티 환경에서 개인 정보 보호 및 안전한 IoT 데이터 공유를 위한 블록체인 기반 프레임워크를 제안한다[5]. 블록체인 네트워크를 여러 채널로 분할하며 채널들은 health data, smart transport와 같은 특정 유형의 데이터를 처리한다.

또한 각 채널들은 특성에 따라 채널에 대한 사용자들의 접근권한은 일기 또는 읽고 쓰기로 제한한다. 이러한 채널은 특정 유형의 데이터를 인증된 실체와만 공유함으로써 사용자 데이터의 신뢰성을 확보한다. 또 다른 기존 연구는 스마트 시티에서 IoT 데이터의 데이터 신뢰성을 위해 블록 체인 트리 구조를 활용하며 그림 1은 블록 체인 트리 구조를 나타낸다[6]. 트리 구조는 IoT 레이어, 프라이빗 블록체인 레이어, 컨소시엄 블록체인 레이어로 구성된다. IoT 레이어는 데이터를 생성하고 생성된 데이터에 대한 블록체인 트랜잭션(Transaction Block, Tb)을 생성한다. 이때 생성된 트랜잭션은 검증을 위해 상위 레이어인 프라이빗 블록체인 레이어로 전송된다. IoT 레이어로부터 수신받은 트랜잭션(Tb)을 검증하기 위해 프라이빗 블록체인 레이어의 트랜잭션(Transaction Private, Tp)이 생성된다. 생성된 트랜잭션은 검증을 위해 상위 레이어인 컨소시엄 블록체인 레이어로 전송이 되며 컨소시엄 블록체인 레이어에서 검증되면 트랜잭션(Tp)는 PBCN(Private BlockChain Network)의 분산 원장 블록에 저장된다. 기존 연구들과 같이 블록체인을 적용한 데이터 검증은 데이터의 신뢰성을 향상시킬 수 있지만 생성된 트랜잭션의 검증 과정에서 소요되는 시간으로 인해 높은 실시간성을 요구하는 스마트 시티 환경에는 적합하지않다.

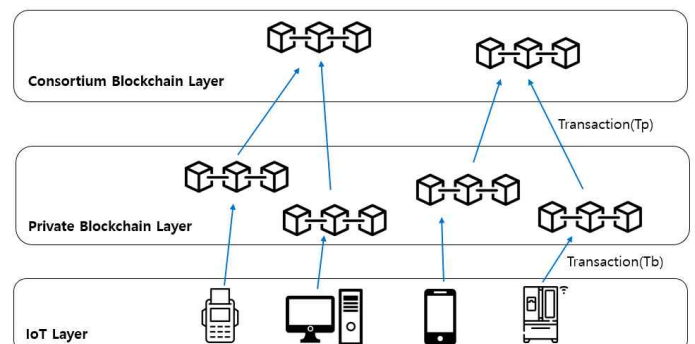


그림 1 블록체인 트리 구조

### III. 제안하는 DDS 기반의 데이터 공유 기법

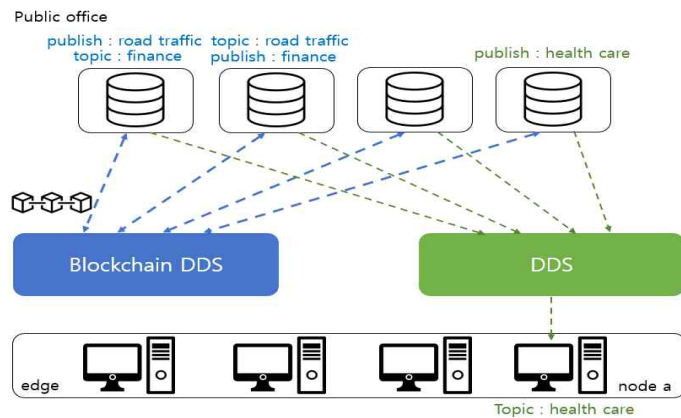


그림 2 제안하는 DDS 기반의 블록체인 네트워크

블록체인이 적용된 DDS는 BDS(Blockchain DDS)라 칭한다. 그림 2는 제안하는 DDS 기반의 블록체인 네트워크를 나타낸다. 블록체인 데이터를 저장하기 위해서는 블록체인 데이터를 저장할 수 있는 크기의 저장소를 필요로 한다. 따라서 도로공사와 경찰청과 같은 관공서의 저장소를 사용하여 BDS를 통한 합의 알고리즘 과정을 수행한다. BDS는 프라이빗 네트워크의 특징인 블록체인 네트워크 안에 허가된 노드만 존재한다는 것을 가정하여 safety와 처리과정의 단순화를 실행한다. 기존 PBFT(Practical Byzantine Fault Tolerance)의 처리과정 중 prepare와 commit 과정에서 발생하는 브로드캐스트의 수를 줄인다. 전체 노드  $n$ 개 중,  $n/1.5$  개의 노드를 무작위로 선출한 뒤  $n/1.5$  개의 노드에 한해서 prepare와 commit을 진행한다. 식(1)을 참고하면 기존 PBFT 합의과정은 33.33%의 노드 희생이 필요하나 B-DDS의 합의과정은 22.22%의 노드 희생이 필요한 것으로 계산된다.

$$N = 3F + 1, N/1.5 = 3F + 1 \dots\dots\dots (1)$$

관공서는 BDS와 DDS 모두 연결되어 있다. 각각의 관공서는 BDS를 통해서만 데이터 공유를 진행한다. BDS 전용 Topic을 가지고 있으며 관공서 모두 Pub/Sub을 진행한다. DDS를 통해서서는 엣지 노드에게 데이터 공유만을 진행한다. DDS 전용 Topic을 가지고 있지 않으며 Publisher의 기능만 사용한다. 관공서에 데이터 요청하는 엣지 노드는 DDS 전용 Topic을 가지며 Subscriber의 기능만 사용한다. 또한 저장소의 제한으로 인한 합의 알고리즘 참여 제한으로 BDS 전용 Topic을 가지고 있지 않다. 읽기 전용으로만 동작하며 전달받은 데이터로 어플리케이션을 실행한다.

#### Algorithm1 : Process of data selection

```

Input : data though BDS, data though DDS
procedure
do
  node A requests data over DDS
  switch (data)
  case data though BDS :
    Execute with data though BDS ;
    break ;
  case data though DDS :
    Execute with data though DDS ;
    if ( Received the data though BDS )
      if ( data though DDS == data though BDS )
        no change
      else
        Execute with data though BDS
    end if
  end if
  break ;
End procedure

```

그림 3 제안하는 엣지 노드 a의 데이터 선택 알고리즘

그림 3는 제안하는 엣지 노드 a의 데이터 선택 알고리즘이다. 관공서에서 DDS를 통해 전송되는 데이터는 합의 알고리즘 과정을 거치지 않기 때문에 BDS를 통해 전송되는 데이터 보다 빠르게 노드 a에 전달된다. 그러므로 노드 a는 DDS를 통해 수신한 데이터를 기준으로 동작한다. 이 과정에

서 실시간성을 확보하게 되며 사용자의 요구사항을 충족하게 된다. 시스템 동작 중 BDS를 통해 데이터를 전달받으면 DDS를 통해 전달받은 데이터와 값을 비교한다. 비교 후 두 데이터 값이 같다면 시스템의 동작을 유지한다. 그러나 두 데이터 값이 같지않다면 합의 알고리즘 과정을 통해 신뢰성이 높은 BDS를 통해전달받은 데이터를 기준으로 재동작한다.

### IV. 결론

본 논문은 스마트 시티의 실시간성과 신뢰성 확보를 위해 DDS 기반의 블록체인 네트워크를 제안한다. 블록체인 데이터를 저장할 수 있는 각각의 관공서 사이에서 프라이빗 네트워크를 이용한 PBFT합의 알고리즘을 진행한다. 이때 합의 알고리즘 처리 과정에 참여하는 노드의 수를 제한하여 합의과정 중 발생하는 브로드캐스트의 수를 줄여 기존의 PBFT합의 알고리즘 보다 노드 희생을 11%감소시켰다. 엣지 노드는 DDS의 Pub/Sub 과정을 통해 빠른 데이터 수신으로 실시간성을 확보한다. 어플리케이션의 실행은 DDS를 통해 전달받은 데이터를 기반으로 실행하며 이후 합의 알고리즘 과정을 거친 BDS를 통해 전달 받은 데이터와 비교하여 같다면 실행을 유지하고 다르다면 BDS를 통해 전달받은 데이터를 기준으로 재실행한다. 이 과정을 통해 스마트 시티의 신뢰성과 실시간성 모두를 확보할 수 있다. 향후 연구로는 엣지 노드 또한 합의 알고리즘에 참여할 수 있는 DDS 기반의 블록체인 네트워크를 연구할 예정이다.

### ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 대학중점연구소 지원사업(2018R1A6A1A03024003)과 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 Grand ICT연구센터지원사업의 지원(IITP-2023-2020-0-01612)과 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2022R1I1A3071844).

### 참 고 문 헌

- [1] S.- Y. Yoon and Y.- W. Lee, "Cloud based Distributed Parallel Processing for Deep Learningbased Real-time Person Detection in an AI Middleware for SmartCity", Journal of KIIT, vol. 20, pp. 9-19, 2022
- [2] J.- W. Lee, H.- J. Kim, J.- M. Lee, T.- S. Jun and D.- S. Kim, "Blockchain-Based Data Sharing Scheme to Enhance Reliability and Security for Naval Combat Systems", Journal of KICS, vol. 47, p. 809-817, 2022
- [3] M.- S. Lee, M.- S. Kang, H.- J. Kim and J.- H. Kim, "Real-Time Data Processing Architecture for a Smart Cities", Journal of KICS, vol. 45, pp. 401-409, 2021
- [4] J.- J. Lee, J.- M. Park and B.- J. Park, "A Study on the Blockchain Technology of Smart City", ITPM, vol. 12, pp. 2069-2075, 2020
- [5] I. Makhdoom, I. Zhou, M. Abolhasan, J. Lipman and W. Ni, "PrivyS haring: A blockchain-based framework for privacy-preserving and secure data sharing in smart cities", Computers & Security, vol. 88, pp. 1-24, 2020
- [6] M.- S. Rahman, M.A.P. Chamikara, I. Khalil and A. Bouras, "Blockchain-of-blockchains: An Interoperable Blockchain Platform for Ensuring IoT Data Integrity in Smart City", Journal of Industrial Information Integration, vol. 30, pp. 1-11, 2022