

고확장성 블록체인 저장을 위한 분산 노드관리 기술 설계

김창수, 최병준, 박소현, 이명철

한국전자통신연구원

{cskim7, bjchoi92, sohyun.park, mclee}@etri.re.kr

Design of Distributed Node Management Technology for Scalable Blockchain Storage

Kim Chang Soo, Choi Beong Jun, Park So Hyun, Lee Myung Cheol

Electronics and Telecommunications Research Institute

요 약

본 논문은 블록체인 시스템의 확장성 한계를 탈피하여 다양한 일반 산업 및 비즈니스에서 블록체인 기술의 활용성을 높이기 위한 고확장성 블록체인 저장 시스템을 소개하고, 시스템이 필요로 하는 블록체인 참여 노드들에 대한 정보를 관리하는 분산 노드관리 기술의 설계 내용 및 구조를 제시한다. 분산 노드관리 기술은 정보를 관리하는 노드의 일부에 오류가 발생하더라도 안전하게 동작할 수 있으며, 다양한 조건에 대한 분산 노드의 검색 질의를 효율적으로 제공할 수 있도록 설계하였다.

I. 서 론

최근 정보의 소유 집중화 문제를 해결하기 위한 기술로 블록체인 기술이 주목받고 있다. 초기 블록체인 기술은 가상 자산의 거래에 주로 활용되어 오던 것이 최근 일반 산업에서의 활용으로 확장을 모색하고 있다. 일 예로 IBM은 Food Trust 솔루션[1]을 제공하여 친환경 식품 생산업체, 공급업체, 제조업체, 소매 업체 및 이용자들을 참여시켜 탈중앙화 시스템을 제공하고 있다. 또한 MarketsandMarkets 보고서[2]는 블록체인 기술이 물류 및 공급망 관리 등에서 대중화 될 것으로 예측하고 있다. 그러나 다양한 산업으로의 확장을 지원하기에는 모든 블록체인 데이터를 모든 참여 노드에 중복 저장하는 현재의 블록체인 시스템은 저장 확장성에 한계를 갖는다. 점차 크기가 급격히 증가하고 있는 블록체인 시스템의 저장 확장성 제공은 향후 블록체인 시스템의 산업 확장을 위해 반드시 해결해야 할 기술이 되고 있다.

이러한 저장 확장성 제공을 위해 이더리움은 샤딩, 플라즈마 같은 기술을 도입[3]했으나 여전히 비잔틴 장애 문제 취약성 및 확장성에 문제를 가진다. 이에 한국전자통신연구원은 저장 확장성 및 비잔틴 장애 내성을 지원하기 위한 고확장성 블록체인 저장 기술[4]을 개발하고 있다.

고확장성 블록체인 저장 기술은 부호화 기술을 활용하여 블록체인 데이터를 인코딩하여 참여 노드들에 분산 저장하도록 한다. 이를 통해, 블록체인 데이터의 중복 저장을 완화시켜 저장공간 소비를 현저히 줄일 수 있다. 덧붙여 비잔틴 장애 문제에 대처가 가능하도록 인코딩 된 데이터를 분산 저장한다.

고확장성 블록체인 저장 기술을 위해서, 블록체인 시스템은 참여 노드들의 노드 정보가 필요하다. 노드 정보는 노드들의 리스트 및 각 노드의 CPU, 스토리지 공간, 노드 부하 등의 노드 정보를 포함한다. 본 논문에서는 하이퍼레저 패브릭[5]을 기반으로 고확장성 블록체인 저장 기술을 위해 필요한 분산 노드 관리 기술의 설계 내용을 설명한다.

II. 본론

하이퍼레저 패브릭은 허가형 블록체인 네트워크이다. 일반적인 공개형 블록체인과 달리 하이퍼레저 패브릭은 블록체인 원장을 유지하고 관리하는 참여 노드로 피어 노드들을 가지며, 빠른 합의를 위한 오더링 서비스 노드(들)을 별도로 유지한다. 그림 1은 고확장성 블록체인 저장 기술을 지원하기 위한 분산 노드 관리 기술의 설계 구조를 나타낸다.

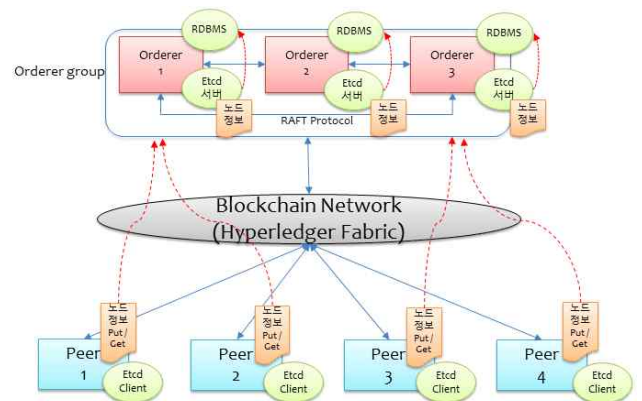


그림 1 분산 노드관리 기술 구조

하이퍼레저 패브릭에서 오더링 서비스 노드(오더러, orderer)들은 CFT(Crash Fault Tolerance)를 지원한다. 이를 위해 Raft 합의 알고리즘 [6]을 구현한 분산 신뢰 키-밸류 스토어인 etcd[7]를 활용하고 있다. etcd는 leader-follower 모델을 따르며, 동적으로 leader를 선출하고, leader는 follower들에게 메시지를 통해 데이터를 복제하여 모든 노드가 동일한 정보를 유지할 수 있게 한다. 일부 노드가 오류로 동작이 불가능해도 향후 정상으로 돌아오면, 메시지를 통해 동기화가 일어나 모든 노드의 정보를 동기화한다. 또한 leader가 오류일 경우, 새로운 leader를 동적으로 선출한다.

분산 노드관리 기술은 하이퍼레저 패브릭에서 활용하고 있는 etcd를 동일하게 적용하여, 블록체인 네트워크 내 모든 노드들의 정보를 오더러 그룹에 관리한다. 블록체인 네트워크에 참여하는 각 피어 노드는 etcd 클라이언트를 통해 자신의 정보를 수집하여 오더러 그룹에 전달한다. etcd 클라이언트는 동적으로 etcd 서버 노드들에 대해 로드 밸런싱을 수행한다. 피어 노드가 수집하는 정보는 각 노드의 CPU 개수, 클록 스피드 등 연산 능력, 원장을 저장하는 스토리지의 용량, 메모리 크기, 네트워크 IP 및 속도, 각 노드의 부하정보를 포함한다. 각 피어 노드의 피어 프로세스는 주기적으로 자신의 정보를 수집하여 etcd 클라이언트를 통해 오더러 그룹의 etcd 서버에 정보를 전달한다.

한편, 오더러 그룹내의 각 오더러는 etcd 서버를 구동하고, 피어 노드에서 전달한 분산 노드들의 정보를 동기화 한다. Raft 프로토콜에 의해 운영 중 일부 오더러가 오류로 인해 동작이 불가능해지더라도 이후 정상으로 되돌아 올 경우, 모든 분산 노드 정보는 동기화를 유지할 수 있게 된다. 한편, etcd 서버를 구동시에는 etcd 서버들 간 동기화를 위해 etcd 서버들의 목록이 필요하다. 분산 노드관리 기술에서는 이를 위해, 블록체인 원장을 구성하는 블록 데이터들 중 구성정보 블록을 활용한다. 구성정보 블록은 블록체인 네트워크의 구성 정보만을 저장하고 있는 특별한 블록으로 오더러 그룹을 식별할 수 있다.

앞서 언급한 것처럼 etcd는 일종의 키-밸류 스토어이다. 분산 노드관리 기술에서는 노드ID를 키로, 노드정보 집합을 밸류로 관리한다. 분산 노드관리 기술에서 유지 관리하는 노드 정보들은 고확장성 블록체인 저장 시스템에서 블록체인 데이터를 인코딩하여 분산 저장하는 과정에서 활용된다. 이때, 노드 별 정보 보다는 특정 정보 값에 대하여 조건부 검색 등을 통해 원하는 기준의 노드를 찾는 용도로 활용될 가능성이 높다. 예를 들면, 연산 능력이 좋은 순서대로 노드들을 검색한다든가, 부하율이 70% 이상인 노드를 식별한다든가, 스토리지 공간이 큰 노드들을 찾는 식이다. 이러한 요구사항은 키가 아닌 밸류 값 내의 특정 필드 값에 대한 연산이므로 키-밸류 스토어로는 만족시키기 어렵다. 이에 따라 분산 노드관리 기술에서는 etcd에 의해 관리되는 정보를 RDBMS에 동기화 시키고, RDBMS를 통해 특정 정보에 대한 검색 등 다양한 연산을 지원할 수 있게 한다. etcd와 RDBMS 간 동기화는 etcd의 watch 기능을 이용한다. etcd의 watch 기능을 활용하여 특정 키에 대한 수정이 발생할 경우, 이벤트가 발생하므로 해당 이벤트에 따라 RDBMS에 해당 수정사항을 반영할 수 있다.

분산 노드관리 기술은 고확장성 블록체인 저장 시스템의 다른 모듈들에서 분산 노드관리 기술이 제공하는 기능을 활용할 수 있도록 API를 제공한다. 대표적인 API로는 특정 노드의 정보를 알아내는 GetNodeSpec(), 특정 노드의 부하정보를 알아내는 GetNodeWorkload(), 과부하를 갖는 노드들을 찾아주는 OverloadNodes(), 특정 조건을 만족하는 노드들을 찾아주는 GetNodesWithCond() 등을 제공한다.

III. 결론

본 논문에서는 다양한 산업 분야에서 블록체인 시스템이 활용될 수 있도록 저장 확장성과 비잔틴 장애 내성을 보장할 수 있는 부호화 기술 기반 트랜잭션 분산 저장 시스템으로 한국전자통신연구원에서 개발 중인 고확장성 블록체인 저장 시스템을 간략히 소개하고, 고확장성 블록체인 저장 시스템이 필요로 하는 블록체인 참여 노드들에 대한 정보를 관리하는 분산 노드관리 기술의 설계 내용 및 구조를 제시하였다.

분산 노드관리 기술은 참여 노드들의 정보를 오류 상황에서도 안전하게 유지 및 관리할 수 있도록 오더링 서비스 노드(들) 그룹에서 동작하는

Raft 프로토콜인 etcd를 활용하였다. 또한, 분산 노드들에 대한 다양한 조건의 검색을 지원하기 위해 etcd의 정보를 RDBMS에 동기화하는 구조를 채택하였다. 이를 통해, 향후 요구될 수 있는 복잡한 조건의 질의 검색을 충분히 지원할 수 있을 것이다. 마지막으로 고확장성 블록체인 저장 시스템의 모듈들에 분산 노드관리 기술이 제공하는 기능을 활용할 수 있는 API들을 제시하였다.

향후에는 본 설계 내용을 기반으로 분산 노드관리 기술을 구현하고, 더 나아가 블록체인 노드들의 현재 상황에 맞는 적절한 작업들(예로 노드 상태에 따른 블록체인 데이터의 재배포 등)을 지원할 수 있도록 확장 설계를 진행하고 구현할 예정이다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2021년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로, 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2021-0-00136, 다양한 산업 분야 활용성 증대를 위한 대규모/대용량 블록체인 데이터 고확장성 분산 저장 기술 개발)

참 고 문 헌

- [1] IBM, "IBM Food Trust: 전 세계 식품 공급의 새로운 시대가 열립니다.", <https://www.ibm.com/kr-ko/blockchain/solutions/food-trust> (2022.09.13. 방문)
- [2] MarketsandMarkets, "Blockchain Market by Component (Platform and Services), Provider (Application, Middleware, and Infrastructure), Type (Private, Public, and Hybrid), Organization Size, Application Area (BFSI, Government, IT & Telecom), and Region - Global Forecast to 2025", May 2020.
- [3] 해시넷, "샤딩", <http://wiki.hash.kr/index.php/샤딩> (2022.09.13. 방문)
- [4] 김창수, 이명철, "고확장성 블록체인 저장 기술 설계", ACK 2021 학술 발표대회 논문집(28권 2호), pp316-319, Nov. 2021.
- [5] "Hyperledger Fabric", <https://hyperledger-fabric.readthedocs.io/> (2022.09.20. 방문)
- [6] "The Raft Consensus Algorithm", <https://raft.github.io/> (2022.09.20. 방문)
- [7] "etcd", <https://etcd.io/> (2022.09.20. 방문)