

<http://dx.doi.org/10.17703/JCCT.2021.7.4.759>

JCCT 2021-11-93

Vehicle-To-Grid 시스템에서 블록체인 활용에 관한 연구

Study of Application of Block Chain for Vehicle-To-Grid System

이성욱*

Sunguk Lee*

요약 전기자동차의 배터리를 스마트그리드의 한 요소로 사용하려는 Vehicle-to-Grid(V2G)기술을 사용하기 위해서는 전기자동차와 V2G 서비스 제공자 사이에 결제정보를 포함한 민감한 개인정보 교환을 위한 신뢰성 높은 통신망이 구성되어야한다. 블록체인은 암호화폐의 거래를 위해 고안된 플랫폼으로 중앙의 관리자나 제 3자의 도움을 받지 않고 동등한 노드들에 의해서만 운영되는 신뢰할 수 있는 분산된 데이터베이스 시스템이다. 본고에서는 블록체인의 구조와 운용방식에 대해 알아보고 V2G 시스템에서 블록체인의 활용에 대해 설명하고 분석하였다.

주요어 : 블록체인, V2G, 전기자동차, 스마트 그리드, 보안

Abstract Because sensitive and private information should be exchanged between electric vehicles and a V2G service provider, reliable communication channel is essential to operate Vehicle-to-Grid (V2G) system which considers battery of electric vehicles as a factor of smart grid. The block chain is a platform for cryptocurrency transaction and fully distributed database system running by only equivalent node in the network without help of any central management or 3rd party. In this paper, the structure and operation method of the blockchain are investigated, and the application of the blockchain for the V2G system was also explained and analyzed.

Key words : Blockchain, V2G, Electric Vehicle, Smart Grid, Security

1. 서론

전기자동차(Electric Vehicle, EV)는 전기모터를 사용하는 이동수단으로 전통적인 내연기관을 사용하는 자동차의 대체제로 세계 자동차 시장을 엄청난 속도로 장악하고 있다[1]. 내연기관에서 사용하는 화석연료는 지구온난화와 대기오염의 원인으로 꼽히며 세계 여러 나라의 이산화탄소 배출 억제와 친환경자동차 보급 정책에 힘입어 전기자동차의 판매비율은 갈수록 늘어나고 있다. 미국, 중국, 유럽 국가들이 큰시장을 형성하고

있으며 특히나 노르웨이의 경우는 2020년 기준 배터리 전기자동차 (Battery Electric Vehicle, BEV)의 신차 판매량이 54.3%에 달해 최초로 신차 판매중 전기차의 비율이 절반을 넘어섰다[2].

늘어나는 전기자동차 시장에 발맞추어 전기자동차 충전기반시설도 급속도로 확충되고 있으며 이 충전기반시설을 지능형 전력망 즉 스마트그리드(Smart Grid)의 한 부분으로 포함하여 전체 전력망을 효율적으로 운영하는 방안들이 많이 연구되고 있다[3,4,5]. 현재 사용하는 전기자동차의 충전기반시설은 고속도로 휴게소나

*정회원, 한남대학교 멀티미디어공학과 부교수 (제1저자)
접수일: 2021년 9월 30일, 수정완료일: 2021년 10월 10일
게재확정일: 2021년 10월 18일

Received: September 30, 2021 / Revised: October 18, 2021
Accepted: October 18, 2021

*Corresponding Author: sulee0612@hnu.kr
Associate Professor, Dept. of Multimedia Engineering, Hannam Univ, Korea

관공서등에 설치된 공용충전장치와 전기자동차 사용자들이 전력공급자와 계약을 맺고 사용하는 가정용 충전장치가 있다. 이 충전 기반시설들은 전력공급자 입장에서는 전기자동차를 전기를 소비하는 전력부하로만 인식하고 전력망을 운영하다. 전기자동차 보급의 확대와 기술의 발전에 따라 전기자동차 배터리용량이 점점 더 커지고 충전기반시설 또한 빠르게 확충됨에 따라 이 전기자동차의 배터리를 스마트그리드 환경에서 전력부하뿐만 아니라 전력저장장치나 분산전원으로 이용하려는 여러 시도들이 있어왔으며 이 기술이 Vehicle-to-Grid (V2G) 혹은 Vehicle-to-Vehicle (V2V), Vehicle-to-Infrastructure (V2I) 등 전기차와 대응되는 상대에 따라 V2X 기술로 불리고 있다[6].

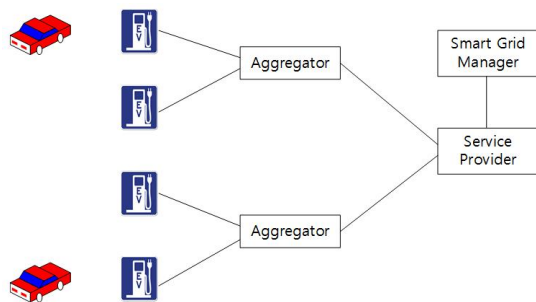


그림 1. V2G 시스템의 구조
Figure 1. Configuration of V2G system

여러 연구자가 보안과 개인정보보호를 강화한 V2G 시스템을 제안하고 있으며 대부분의 연구는 중앙의 관리자가 네트워크 전체를 관리하는 중앙집중형 네트워크의 형태를 제안하였다[3,4]. 중앙의 관리자가 네트워크 전체를 관리 할 경우는 기존의 보안체계와 인프라를 사용하기가 용이하고 개인정보보호와 관리를 더 강화할 수 있는 이점이 있다. 하지만 별도의 전용 시스템과 네트워크를 구축해야하고 병목현상과 중앙 시스템이 공격을 받았을 시에는 매우 위험할 수 있다. 그림1.는 중앙집중형의 V2G 시스템 통신네트워크의 개략적인 모습을 보여준다.

중앙의 관리자나 믿을 수 있는 제3자의 지원 없이 안전하게 인터넷상에서 익명으로 상대와 거래를 할 수 있는 기술로 블록체인(Block Chain)에 대한 관심이 급증하고 있다. 2008년 Satoshi Nakamoto는 신뢰받는 제3자(ex.금융기관)의 도움 없이 서로 거래를 할 수 있는 암호알고리즘 기반의 전자화폐(Cryptocurrency)인 비트

코인을 제안하였다[7]. 블록체인은 비트코인을 거래하기 위한 기반기술로 참여하는 모든 노드들을 분산 데이터베이스로 사용하며 중앙관리자 없이 데이터의 무결성과 안전한 거래를 지원한다[7].

본고에서는 블록체인의 구조와 운용방식에 대해 알아보고 V2G 시스템에서의 블록체인 활용방안에 대해 설명하고 분석한다. 2장에서는 블록체인 시스템의 종류, 구조, 인증, 작동 방식 그리고 합의 알고리즘에 대해 알아본다. 3장에서는 블록체인을 V2G 시스템에 사용하기 위한 운영방법과 고려해할 사항을 분석한다. 마지막으로 4장 결론에서 끝을 맺는다.

II. 블록체인 시스템

블록체인은 암호화 화폐인 비트코인을 관리추체 없이 거래하기 위해 거래(transaction) 정보를 기록한 원부(ledger)를 저장하는 분산된 데이터베이스 시스템이다 [8]. 거래는 Peer-to Peer방식으로 참여 노드 간에 이루어지며 현재까지 모든 거래에 대한 기록을 해시 값으로 저장하고 네트워크에 참여한 모든 노드가 이 기록(블록)을 가지고 있다. 때문에 한번 기록된 데이터에 대한 수정이 불가능하며 설혹 몇몇 노드의 거래 데이터를 조작하더라도 모든 노드들의 기록을 조작하기는 불가능하여 데이터의 무결성과 신뢰성을 보장해 준다[9].

블록체인은 형태에 따라 Public Blockchain, Private Blockchain 그리고 Consortium Blockchain으로 나눌 수 있다[10].

일반적으로 알려진 관리자 없이 분산노드들만으로 거래를 수행하는 형태는 Public Blockchain이다. Private Blockchain의 경우는 신뢰도가 높은 한 노드가 블록체인 시스템을 관리하는 형태이며 Consortium Blockchain은 Private Blockchain의 연합으로 이루어진 블록체인을 뜻한다. 암호화폐를 제외한 다른 용도의 블록체인형태는 Private Blockchain의 형태로 Public Blockchain에 비해 정보보호와 효율성이 높다. 본고에서는 Public Blockchain을 기준으로 설명한다.

1. Block Chain 의 구조

노드들 간의 거래 기록인 transaction들은 그림 2과 같이 블록의 데이터 필드에 저장된다. 각 블록은 transaction들과 다른 정보가 저장되는 데이터 필드와 블록 헤더로

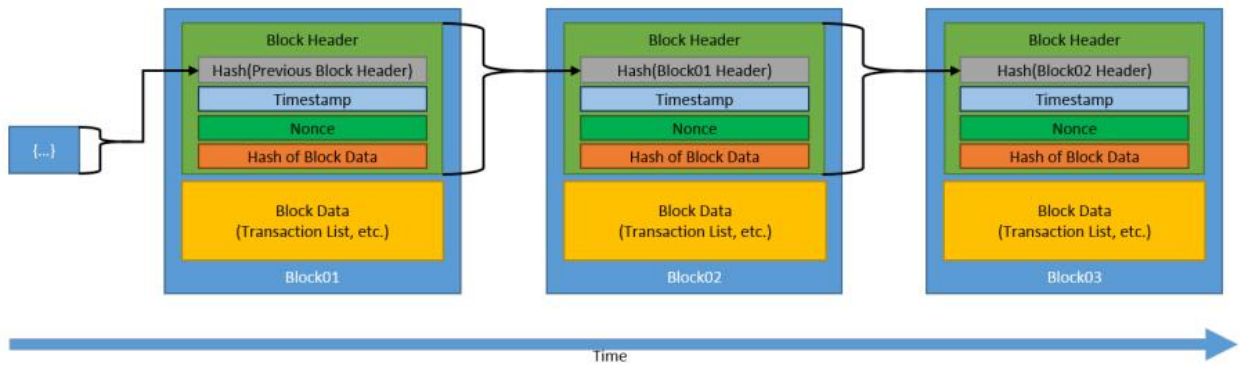


그림 2. 블록체인의 구성 [9]
 Figure 2. Configuration of Blockchain [9]

구성되며 블록 헤더에는 아래와 같은 정보가 저장된다 [9].

- 블록의 번호 : 순서대로 생성됨
- 앞 블록의 블록헤더의 해쉬값 : SHA-256 해쉬 함수는 모든 길이와 종류의 입력을 256 bits 의 숫자로 출력한다.
- 데이터 블록의 해쉬값
- 타임 스탬프
- Nonce : 임의의 값으로 블록을 새로 생성하기 위한 퍼즐을 푸는데 사용되는 값으로 비트코인의 합의 알고리즘인 Proof of Work 에 사용된다.

각 블록은 앞 블록의 데이터의 해쉬값을 포함한 데이터 헤더의 해쉬값을 포함하여 서로 체인으로 연결된다. 이러한 방식으로 블록 1번부터 생성된 모든 데이터들의 해쉬값이 n번 데이터 까지 전달된다. 이러한 형태는 자식 노드의 해쉬값을 부모 노드가 가지는 머클트리의 형태로 특정 거래의 정보를 변경하게 되면 그 이후 블록의 모든 해쉬값 또한 변경되기 때문에 데이터의 무결성을 확인할 수 있다. 새로 생성된 블록은 브로드캐스팅 방식으로 네트워크 내의 모든 노드들에게 전달되고 새로 생성된 블록을 수신한 노드들은 자신이 가지고 있는 최근의 블록헤더 해쉬값과 비교하여 같을 경우 문제가 없는 블록으로 인식 저장하고 체인으로 연결한다.

각 transaction의 무결성과 인증을 위해서는 공개키 기반의 전자서명(Digital Signature)가 사용된다 [7]. 각 노드는 개인키(private key)와 공개키(public key)를 생성하고 개인키는 자신만 알고 있고 공개키는 모든 노드들에게 알려준다. 거래를 수행하는 노드는 transaction을 개인키로 암호화 하여 전자서명을 생성하고 다른 노

드들은 알려진 공개키로 이를 복호화를 하여 특정 노드가 작성한 transaction임을 인증하게 된다. 블록체인 시스템은 머클트리를 이용하여 블록의 무결성과 공개키 기반의 디지털 서명을 이용하여 각 트랜잭션의 유효성을 검증할 수 있다.

2. Block Chain 의 합의 알고리즘

블록체인에서 중요하게 고려해야 할 것 중 하나는 어느 노드가 블록을 발행할 것인지 이다. 이를 위해서는 블록체인 네트워크에 참여하는 모든 노드들의 동의 하에 각 노드들이 새로운 블록을 발행하여야 하며 이를 위해 블록체인 시스템에서는 합의알고리즘(Consensus Algorithm)을 사용하고 있다. 가장대표적인 합의방식은 PoW (Proof of Work) PoS (Proof of Stake)방식이다.

2.1 Proof of Work

PoW합의 모델은 비트코인에서 사용하는 방식으로 새로운 블록을 발행하려는 노드는 매우 복잡한 연산 퍼즐을 풀어야 한다[]. 퍼즐을 푸는 일을 증명함으로써 새로운 블록을 생성할 수 있는 권리를 가지며 비트코인 시스템에서는 이 퍼즐을 풀때마다 보상으로 비트코인을 얻는다. 이것을 채굴(mining)이라고 한다.

비트코인에서는 그림2의 블록헤더에 포함되는 nonce 값이 이 퍼즐에 사용된다. 퀴즈의 내용은 “특정데이터+ nonce”를 해쉬처리 하여서 특정 조건을 만족시키는 nonce를 찾는 것이다. “특정데이터+ nonce”의 해쉬값이 연속되는 0으로 시작되는 nonce를 찾는 것이 work으로 0의 개수가 늘어날수록 퀴즈의 난이도는 증가하게 된다. 아래 그림3 은 비트코인에서 사용되는 간단한 퀴즈의 예를 보여주고 있다.

```

SHA256("blockchain0") =
0xbd4824d8ee63fc82392a6441444166d22ed84eaa6dab1d4923075975acab938
(not solved)

SHA256("blockchain1") =
0xdb0b9c1cb5e9c680dff7482f1a8efad0e786f41b6b89a758fb26d9e223e0a10
(not solved)

...

SHA256("blockchain10730895") =
0x000000ca1415e0bec568f6f605fcc83d18cac7a4e6c219a957c10c6879d67587
(solved)

```

그림 3. 비트코인의 nonce를 이용한 퍼즐의 예 [9]

Figure 3. Example of puzzle with nonce in bitcoin system[9]

위 그림 3의 퍼즐은 SHA256 해쉬를 이용하여 ("blockchain" + Nonce) 를 해쉬하여 이 해쉬값이 6개의 0 즉 "000000"으로 시작되는 해쉬값을 가지는 nonce값을 찾는 예를 보여주고 있다[9]. 해쉬함수는 일방향성을 가지는 함수로 특별한 풀이 방법이 없다. 따라서 이 값을 찾아내기 위해서는 모든 경우의 수를 다 대입하여 조건을 만족시키는 nonce 값을 찾아야 한다. 위 예에서는 10,730,896번째 시도에서 조건을 만족시키는 nonce 값을 찾았으며 찾아야 하는 해쉬값의 연속되는 0의 개수가 늘어남에 따라 nonce 값을 찾는 것은 더욱 어려워지게 된다. 한 노드가 이 퍼즐의 값 즉 조건을 만족하는 nonce를 발견할 경우 새로운 블록을 생성하고 발견한 nonce값을 포함한 새로운 블록을 네트워크내의 모든 노드들에게 브로드캐스팅한다. 이 블록을 받은 노드들은 nonce 값이 적절한지 검사한 후 자신의 블록체인에 추가하게 된다. nonce 값을 발견하는 데는 많은 시간과 연산이 필요하지만 검증은 매우 쉽게 이루어진다. 비트코인의 경우에는 새로운 블록의 발생과 관리에 대한 보상으로 비트코인이 주어진다. PoW 합의 알고리즘은 새로운 블록을 생성하기 위해 매우 큰 연산능력과 시간이 필요하여 참여자들에게 매우 큰 부담이 되지만 많은 노드를 발행하여 시스템 전체에 영향을 끼치려는 공격자를 막는데에는 도움이 된다 [9].

2.2 Proof of Stake

비트코인에서 사용하는 PoW 합의 모델은 많은 연산 능력과 시간을 요하기 때문에 일반적인 개인 사용자들은 블록발행이 굉장히 어렵다. PoS 합의 모델[11]은 이러한 방대한 리소스의 소모 없이 각 노드가 가지는 지분 (stake) 에 따라서 의사결정의 비율이 정해져서 막대한 연산으로 인한 연산능력, 시간 그리고 전기를 사용할 필요가 없다. 이 방식은 지분(암호화폐)를 많이 그리고

오래 가진 노드일수록 보다 쉬운 퀴즈를 풀어 지분을 획득하는 PoS와 유사한 형태와 가지고 있는 지분만큼 다음 블록을 발행하는 노드를 선택하는 방식 등 여러 방식이 있다 [11]. 채굴을 하지 않는 PoS방식은 블록의 정당성을 확인하는 것에 대한 대가로 지분을 얻게 된다.

III. 블록체인 기반의 V2G 시스템

V2G 시스템에 참여하는 전기자동차는 적절한 연산 능력을 가지는 프로세서를 내장하여 블록체인 시스템의 구성원으로써 요구되는 사항을 이행하는데 아무런 문제가 없다고 가정한다. 전기자동차는 전력을 사는 구매자 그리고 전력을 판매하는 판매자의 역할을 하게 된다. 전기자동차가 전력을 구매할 때는 현재 전력 가격 정보를 알아야 하며 충전 후에는 충전량, 가격 그리고 지불 정보를 서비스 제공자에게 전달해야 한다. 그리고 지불 후에는 지불영수증을 서비스제공자로부터 제공받아야 한다. 또한 전기자동차와 서비스 제공자는 서로의 신원을 확인하여 악의적인 공격자가 아닌 것을 확인한 후에 거래를 시작하여야 한다.

이러한 V2G 시스템의 운영을 고려하면 모든 노드가 동등한 완전한 분산형 구조인 퍼블릭 블록체인만을 이용하여 시스템을 운영하는 데는 무리가 따른다고 판단된다. 참여하는 사용자의 인증, 개인키와 공용키 관리 그리고 서비스 제공자의 신원 확인 등을 위해서는 아무런 제약 없이 누구나 참여할 수 있는 순수 퍼블릭 블록체인만을 가지고는 이러한 요소들을 확신할 수 없고 개인정보보호 면에서 취약해진다. 따라서 암호화폐 이외에 일반적으로 쓰이는 프라이빗 블록체인이나 퍼블릭 블록체인과 관리기능을 하는 신뢰할 수 있는 노드를 혼용하여 사용하는 형태가 더욱 적절할 것으로 판단된다.

1. 블록체인 네트워크 구성

전기자동차가 충전 혹은 방전 서비스를 이용하기 위해서는 전기자동차 그리고 서비스 제공자사이에 신원 확인을 위한 인증(authentication)과정이 반드시 필요하다. 특히나 서비스의 대가를 온라인상으로 지불해야 하기 때문에 상대방의 신원확인도 가장기본조건이다.

완벽한 분산형 P2P 네트워크인 퍼블릭 블록체인만으로는 상대방의 신원을 확인하기는 매우 어렵다. 또한

위조된 결제정보를 사용하는지에 대한 확인도 필요하기 때문에 즉흥적으로 누구나 참여하였다가 나갈 수 있는 블록체인의 형태는 보안의 관점에서 매우 위험한 형태이다. 이러한 점을 고려하여 2가지형태의 망구성 시나리오를 생각해볼 수 있다.

- 충전전 서비스를 위한 사전등록

충방전 서비스를 이용하려는 전기자동차는 미리 서비스 제공자에게 개인정보와 결제정보를 제공하고 사용자 ID를 등록한다. 사전 등록한 사용자만 블록체인 네트워크에 참여하여 서비스를 이용할 수 있다.

- 중간 관리자노드의 활용

사전에 서비스 가입을 하지 않은 경우는 일반적인 인증 및 결제 과정을 거쳐야한다. 이를 위해 전기자동차의 신원정보를 확인하여 블록체인 네트워크에 참여하게 허가를 하고 개인정보와 결제정보를 안전하게 서비스제공자로 넘겨주는 중간 관리자가 필요하다. 이 노드는 다른 노드들과 달리 관리자권한과 신뢰성을 가져야하며 기존 스마트그리드 망과 연결되어 기능을 수행한다. V2G 시스템의 중개자가 이 역할을 할 수 있을 것으로 생각된다.

또 다른 문제는 각 사용자의 신원을 다른 블록체인 사용자들에게 확인시켜줄 디지털 서명에 관한 것이다. 각 노드들은 망에 참가하는 모든 사용자의 공개키를 알아야만 서비스 사용 후 거래에 첨부되는 디지털 서명을 확인할 수 있다. PKI (Public Key Infrastructure)와 같이 신뢰할 수 있는 기관이 공개키를 확인해 주어야하며 이 역할은 서비스 제공자나 제3의 신뢰성 있는 기관이 해주어야한다. 이 경우 블록체인의 개념에는 약간 벗어나게 되지만 각 사용자의 거래에 대한 인증과 부인방지를 위해서는 필요한 절차이다. 절충적인 방법으로 중간 관리자 노드가 먼저 거래의 디지털 서명을 확인하고 공개키를 다른 노드들에게 알려주어 이를 사용하여 검증하고 자신의 블록체인에 추가하는 방안도 생각해볼 수 있을 것이다.

2. 블록체인을 이용한 거래

전기자동차가 충전전 서비스를 이용하면 이 거래내역과 관련 정보들이 블록에 기록되고 이 블록의 기록을 바탕으로 서비스제공자는 과금을 하고 서비스 수여자

는 영수증을 받아야한다. 이를 위해 신용카드번호와 같은 결제정보, 배터리 충전정보와 같은 민감한 정보를 블록에 노출시키는 것은 매우 적절하지 않다. 따라서 블록체인 네트워크에서 모든 노드들이 알아도 문제가 없고 꼭 필요한 정보인 전기자동차(서비스 수여자)의 식별정보, 충전량, 현재 가격정보, 지불금액의 정보 정도만 거래장부에 기록하여 블록에 저장하는 것이 적절할 것으로 생각된다. 모든 노드가 신뢰할 수 있고 블록체인 네트워크에 참여할 때 철저한 인증과정을 거친다면 보다 많은 정보를 거래장부에 저장할 수도 있을 것이다. 충전의 경우 아래와 같이 전기자동차가 서비스제공자에 미리 등록한 경우와 그렇지 않은 경우로 나누어 생각할 수 있다.

- V2G 서비스에 사전 등록한 경우.

전기자동차는 서비스제공자와 직접 연결하여 자신의 신분과 결제정보를 서로 확인한다. 이 단계는 일반적인 중앙집중식 시스템과 동일하다. 서로의 신분과 결제정보 확인 후 전기자동차는 충전을 시작하고 종료 후 충전 정보 즉 충전량 및 현재 금액을 충전기로부터 받아서 이에 자신의 식별자와 디지털 서명을 더해 블록을 생성한다. 서비스 제공자는 생성된 블록을 확인하고 미리 등록된 결제 정보로 결제하고 이 내용 즉 충전량, 현재금액, 총결제금액, 사용자 식별자를 거래장부에 저장하고 블록으로 발행한다.

- V2G 서비스에 등록 하지 않은 경우.

서비스 제공자와 사전에 등록하지 않은 경우는 블록체인의 한 노드가 관리자가 되어 인증 및 망 관리를 해주어야 한다. 중개자가 이 역할을 하는 것이 적절할 것으로 예상된다. 이 경우 전기자동차는 자기 자신의 고유 식별자(ex. VIN이나 전화번호)와 결제 정보를 관리자 노드에 등록한다. 관리자 노드는 임시 ID를 전기자동차에게 부여한다. 이 정보들은 전기자동차의 임시ID를 제외 하고는 관리자노드와 서비스 제공자만 알고 다른 노드들에게는 공개 되지 않아야 한다. 전기자동차는 충전을 시작하고 사용자ID, 충전량, 디지털서명을 포함한 거래를 발행한다. 서비스제공자는 이 블록의 거래내역을 보고 중개기로부터 받은 결제 정보를 바탕으로 과금하고 사용자ID, 충전량, 현재 전력가격, 결제내역을 장부에 저장하고 블록으로 발행한다.

신용카드나 다른 결제 방법대신 암호화폐를 결제 수단으로 사용할 시는 결제 정보를 제공할 필요 없이 서비스 제공자로부터 결제 금액정보를 받은 후 암호화폐를 사용하여 서비스 제공자에게 지불하고 이 내역을 블록체인에 저장하면 된다. 암호화 화폐를 이용할 경우 신용카드나 다른 결제 수단을 이용하는 것 보다 매우 간편하고 안전하게 비용을 지불할 수 있을 것으로 생각된다. 이렇게 생성된 거래는 앞장에서 설명한 블록체인과 같이 디지털 서명으로 인증이 되며 머클트리형태로 전에 생성된 모든 블록의 해시값을 포함하여 데이터의 무결성과 신뢰성을 보장한다.

IV. 결 론

본문에서는 신뢰할 수 있는 분산형 데이터베이스 모델인 블록체인에 대해 알아보고 이 블록체인 시스템을 전기자동차의 양방향 충전이 가능한 V2G 시스템에 적용하고 분석하였다. 블록체인의 원래 개념은 모든 노드가 동등한 입장에서 네트워크를 구성하는 것이나 V2G 시스템에서는 완벽히 동등한 노드들로 구성되는 분산형의 네트워크를 구성하는 것 보다는 관리기능과 인증기능을 수행하는 관리자노드를 활용하거나 기존 스마트그리드망의 도움을 받는 Hybrid 방식이 더욱 효과적일 것으로 판단된다. 또한 블록체인을 사용하기 위해서는 인증방식, 개인정보보호 그리고 처리시간도 함께 고려해야 할 것이다.

References

[1] IEA, Global EV Outlook 2020. <https://doi.org/10.1787/d394399e-en>

[2] https://biz.chosun.com/site/data/html_dir/2021/01/06/2021010603228.html?form=MY01SV&OCID=MY01SV

[3] Yan Zhang, Stein Gjessing, Hong Liu, Huansheng Ning, Laurence T. Yang, Mohsen Guizani "Securing Vehicle - To - Grid Communications in The Smart Grid", IEEE Wireless ommunications, vol. 20, Issue 6, 2013, pp. 66-75. <https://doi.org/10.1109/mwc.2013.6704476>

[4] Zhenyu Yang, Shucheng Yu, Wenjing Lou, Cong Liu "P²: Privacy-Preserving Communication and Precise Reward" IEEE Transaction On Smart Grid, Vol.2, No.4 ,2011 pp. 697-706. <https://doi.org>

/10.1109/tsg.2011.2140343

[5] Chunhua Liu, K. T. Chau, Diyun Wu, Shuang Gao, "Opportunities and Challenges of Vehicle-to-Home, Vehicle-to-Vehicle, and Vehicle-to-Grid Technologies" Proceeding of IEEE, voi.101, no.11 2013. <https://doi.org/10.1109/jproc.2013.2271951>

[6] Nathaniel S. Pearr, Hajo Ribberink "Review of research on V2X technologies, stragies and options" Renewable and Sustainable Energy Reviews" 105, pp.61-70, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.01.047>

[7] Satoshi Nakamoto, "Bitcoin: A Peer-to-Peer Electric Cash System", <http://www.bitcoin.org>

[8] feng gao, liehuang Zhu, Meng shen, Kashif Sharif, Zhiguo Wan and Kui Ren, "A Blockchain - Based Privacy-Preserving Payment Mechanism for Vehicle-to-Grid" IEEE Network, pp.184-192, 2018. <https://doi.org/10.1109/mnet.2018.1700269>

[9] Dylan Yaga, Peter Mell, Nik Roby, Karen "Block chain Technology Overview", <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/ir/2018/nist.ir.8202.pdf>

[10] <https://www.blockchain-council.org/blockchain/types-of-blockchains-explained-public-vs-private-vs-consortium/>

[11] Wonseok Choi and James Won-Ki Hong, "A survet of Proof-of-Stake Consensus algoritjm", http://dpmn.postech.ac.kr/papers/APNOMS/20/wonseok_apnoms2020.pdf