
하이퍼레저를 사용한 부동산 거래 블록체인

Realestate Trading Blockchain using Hyperledger

김한호
아주대 지식정보공학과

요약문

4차 산업혁명이 다양한 기술 중 하나인 블록체인 기술은 다양한 양태로 발현되고 있다. 블록체인도 공개 블록체인과 허가된 블록체인 기술들 새로운 시도를 통해 시장에 진입을 위해 노력하고 있다. 가장 변하지 않는 부동산 시장에서 블록체인 기술을 적용하여 변화하는 역동성을 불러 넣을 수 있다면 정보 불균등한 시장에서 자유로운 거래와 새로운 이득이 생길 것이다. 부동산 블록체인에 거래에 허가형 블록체인인 하이퍼레저 적용을 통해서 효율성을 추구 할 수 있는 시스템 구상했다. 새로운 기술을 적용하는 방법에 관해 설계와 구현을 해보았다. 디지털 선도를 통해 부동산 거래의 혁신을 앞당기기 위한 관점도 생각해보았다.

키워드

Realestate Trading, Smart contract, Private Blockchain, Hyperledger Fabric, Transaction efficient, Concurrency Programming, Digital Initiatives, Digital Dependency Injection

서론

부동산은 우리나라 가계자산의 70% 이상을 차지하고 있어, 부동산 거래의 위험성을 낮추고 효율성과 투명성을 높일 수 있도록 관련제도를 선진화하는 것은 국가경제 성장과 국민생산 안정에 필수적이다.[1] 하지만 계속 높아지는 주택가격과 높은 가계자산의 비중 때문에 높은 규제와 더불어 정보 불균등이라는 역설적인 상황이 지속되었다.

새로운 기술과 생각이 도입되면 기존 질서가 무너진다. 부동산에서 디지털을 통해 주택을 거래하게 되면 어떻게 될지 생각하게 되었다. 디지털과 온라인은 혼용되어 사용된다. 인터넷으로 하는 모든 행위는 온라인에서 하는 행위이며 디지털로 이루어진다. 디지털로 이루어지는 거래 중에서는 온라인에서 처리되지 않는 거래도 있다.

인트라넷으로 이루어지는 거래행위는 디지털 거래이지만 온라인 거래로 보기 힘들다. 온라인이라는 행위가 신뢰가 가능하지 않다고 보기 힘들다. 오히려 인터넷상으로 이루어지는 거래를 신뢰가 힘들다는 생각을 하는 사람이 다수라고 볼 수 있다. 디지털로 이루어지는 거래가 신뢰할 수 없다는 생각은 어디서 나오게 되었는지 고민

했다.

거래라는 것은 거래 하는 한사람만 하는 것을 통칭하지 않는다. 오히려 다른 사람이 존재할 때 거래라고 볼 수 있는 것이다. 커뮤니케이션에서 화자와 청자는 서로의 눈앞에 존재하는 반면, 쓰기과 읽기에서는 보통 작자가 쓰는 동안 독자가 부재하며 독자가 읽을 때는 작자가 부재한다.[2]

거래를 할 때 상대방이 있다는 것이 확실해야 사람은 기존에 있는 자신이 거래에 속해있다는 확신을 얻게 되고 거래 속에서 자신을 둘러싼 환경과 조건을 가지고 실체가 있는 사람과 대화와 거래를 통해 확신을 얻게 되는 것이다. 하지만 이러한 상황은 경험에 의한 것이므로 많은 가상공간에서 이루어지는 경험을 쌓게 된다면 해결 가능한 일로 볼 수 있다.

옛날에는 주식거래를 객장에서 하는 것이 당연했다. 실제로 접수원에게 사려는 주식과 수량을 쓰고 거래를 통해서 거래가 체결이 되면 결과를 받는 것이 거래성립 과정이었다. 은행에서도 직접 세금 말일이 되면 은행에서 번호표를 뽑고 기다리면서 대기인원이 지나 차례가 오면 세금을 은행원에게 납부를 하고 납부확인 도장을 받아야했다. 현재도 앞과 같은 방식으로 거래가 가능하나 인터넷을 통한 납부가 일상화 되어 있다. 중요한 것은 일처리가 가능하고 편하다면 사람의 경험은 바꾸어 나갈 수 있다.

관련연구

프라이빗 블록체인을 타 분야에 접목하는 연구는 다양하게 진행되고 있다. “Hyperledger를 활용한 참여형 국방인사 투표시스템 설계 및 구현”[3], *Privacy and Ledger Size Analysis for Healthcare Blockchain*[4], *Power Trading Blockchain using Hyperledger Fabric*[5], 블록체인을 활용한 암호방지 예매 시스템 설계 및 구현[6], Hyperledger Fabric 블록체인 오픈소스를 이용한 무역 견적 및 계약 시스템[7]

I. 하이퍼레저 패브릭

블록체인이 무엇인가에 대해서 알아보면 허가형 블록체인이 생기게 된 필연적 흐름을 알 수 있다. 분산원장기술은 개념은 있었으나, 현실에는 나타나지 않았다. 필요와 이유가 있었지만 구현을 방식으로 해야 할지 난해했기 때문이다. 인터넷에 올라온 나카모토 사토시의 “Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System”[8]에 들어있는 사상으로 블록체인에 관한 이해할 수 있다.

기존 거래에 관한 결과물은 중앙집중화 서버에 의해 한 곳에 모여서 저장되었다. 중앙 집중화는 필연적으로 한 곳에 정보가 저장 되는 것을 의미한다. 만약 중앙에 서버가 작동을 하게 되지 않는다면 상황은 수습되기 힘들다. 여기에서 나오는 블록체인에 탈중앙화 특징을 가지게 된다. 저장되는 정보를 한 곳에 모아두지 않고 여러 군데에 나눠서 저장을 한다는 것이다.

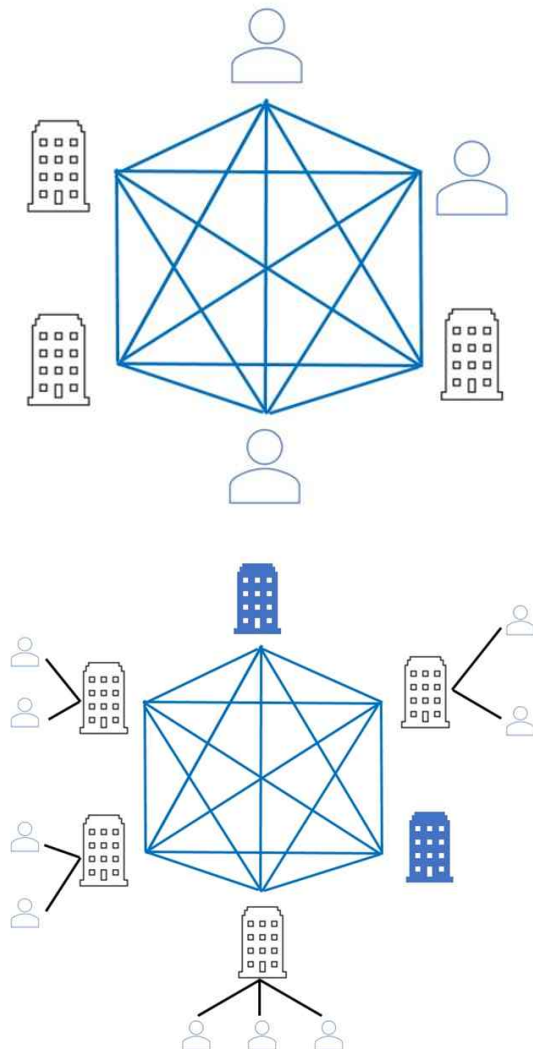
중앙에 있는 정보를 집중해서 필요한 정보를 요청하면 보내주는 방식에서 분산되어 있는 정보를 통해서 정보를 주는 장소는 불특정하고 알 수 없지만 보안 취약점이 생기는 원인을 차단할 수 있다. 취약점이 생기는 이유는 대규모 데이터 공격(DOS, DDOS 등)을 통해 공격할 장소가 특정되지 않기 때문이다.

여러 장소에 저장을 하기 때문에 정보 손실에 관해 내성이 생기게 된다. 다양한 곳에 동일한 메모를 남겨 놓으면, 한 메모가 없어져도 다른 메모를 통해 소실된 정보를 알아 낼 수 있기 때문이다. 이는 외부에 대한 공격에 대한 변화나 침입에 관해 보안 높일 수 있게 해주었다.

다양한 장점과 효율이 보임에도 불구하고 기존에 있는 시스템과의 사상적 차이 설치에 어려움 다른 업체에서 나온 제품이 전에 구입한 정보시스템과 크게 다를 것 없음의 이유로 쓸모는 있는 것 같은데 도입은 어려운 기술로 여기고 있었다. 공개블록체인과 같은 경우에는 기업의 기밀과 정보를 온라인에 올리는 것과 같았기 때문에 공개 가능한 정보는 올렸지만 기업경영에 노출 할 수 없는 정보를 올릴 수는 없었다.

분산화 되어 있는 정보에 의해 보안과 탈중앙화를 획득하였지만 다양하고 파편화된 정보를 통해 원래 정보를 찾아서 조립하는 것은 컴퓨팅 자원을 많이 사용하는 일이다. 컴퓨팅 자원을 많이 사용하는 것은 아직도 부담되는 일이다.

그림 1 공개블록체인과 허가 블록체인 비교



여러 사람의 컴퓨팅 자원을 사용하는 댓가를 지불하는 방식을 택한 것이 공개 블록체인이고, 기업이나 다양한 기관이 그 비용을 사업적인 용익이나 이익을 위해 허가된 일부 사용자만 이용 하게 하는 방식이 사적인 블록체인이다.

사적인 블록체인은 허가된 개인 혹은 기관이 사용만을 전제로 하기 때문에 허가형 블록체인이라고 부르기도 한다. 이용자의 범위에 따라서 블록체인이 구분을 하게 된다.

공개 블록체인은 비트코인(Bitcoin), 이더리움(Ethereum), 스텔라루멘(Stellarlumen), 이

오스(EOS) 등으로 암호화폐 거래 사이트를 방문하면 그 다양한 종류를 확인할 수 있다.[9] 허가된 블록체인은 하이퍼레저(Hyperledger), R3 코다(R3 Corda) 두 가지 블록체인이 사용가능하다.

공개형 블록체인 기술 같은 경우에는 언제나 변화가능 하다는 것을 장점으로 내세우고 있다. 관점은 하나로 볼 수 있는 것이 아니고 입장 일단이 있다. 거래의 문제와 확장성 문제가 발생할 때 생기는 네트워크 포크를 통해서 블록체인이 변화된다. 변화가 생기면 앞에 있었던 거래는 새로운 변화로 따라갈 것인지 아니면 기존에 있었던 상황에 남아있었을 것인지 결정한다. 이더리움(Ethereum)에서 최근에 있었던 뮌어 빙하코드 업그레이드는 2020년 1월에 있었다.[10] 변화가 많다는 것은 기존 거래가 가지고 있는 거래 완결성을 확보가 힘들다는 것이다. 변화의 폭이 기존에 있었던 합의 알고리즘을 고치고 거래 확인을 확인하는 검증 시스템까지 변화시키는 것이면 기존에 있는 기록이 변화한다는 가정 아래 시스템을 개발해야하는 상황을 맞게 된다.

허가형 블록체인과 같은 경우에는 하이퍼레저(Hyperledger)와 R3 코다(R3 Corda)가 대표적으로 볼 수 있다. 엄밀하게 정의한다면 R3 코다(R3 Corda)같은 경우에는 블록체인의 범주에 들어가는 것은 어렵다. 블록체인 기술이 가지고 있는 기술 중 분산원장 기술을 이용하여 금융회계 등의 데이터 프라이버시에 초점을 맞추고 있는 기술이다.[11] 여기서 데이터 프라이버시란 데이터가 노출되는 것 자체에 관한 것이 아니라 거래 감사가 가능할 것을 의미한다.

당사자간 거래라고 볼 수 있는 부동산 거래에 적합한 블록체인에 관해 어떤 블록체인 더 적합할지 고민을 했다. 공개블록체인은 거래의 완결성 확보가 힘들다는 생각을 하여 제외했다. R3 코다는 블록체인기술은 사용하지 않고 분산원장의 기술만을 사용하기 때문에 연구에 적합하지 않다고 판단을 하였다. 허가형 블록체인 기술을 사용하는 하이퍼레저 패브릭을 통해 연구를 진행하기는 것이 적합하다고 판단하여 연구를 진행하기로 했다.

II. 부동산거래 하이퍼레저 적용

표 1 부동산거래행위

거래대상	구입자	판매자	득실
부동산	얻다	주다	0
돈	주다	얻다	0

부동산 거래는 증여, 매매, 교환, 임대차 4가지로 구분된다. 부동산 거래는 당사자에 의한 직접매매, 중개업자에 의한 중개 매매, 부동산 개발업자에 의한 분양, 또는 경매가 있다. 부동산 개발업자에 의한 거래는 처음에만 이루어진다. 대다수의 부동산 거래는 거래 당사자 혹은 중개업자에 의해 이루어진다. 시장참여자가 참여하는 대부분 거래가 중개업자를 통해서 성사된다.

시스템이 안전하니 믿고 거래해달라고 하는 것은 같은 문장을 반복해서 말하는 것으로 의미가 없다. 어떤 것을 기존에 비해 나은 서비스이기 때문에 거래가 안전하다는 근거가 필요하다. 거래 안정성은 어디서 나오는지 뭘 믿고 거래를 할 수 있는지는 오래된 고민이다. 현대 금융시스템은 국가가 지급을 대신해주는 것은 가장 안전하다고 생각한다. 나라가 망했다는 것은 그 나라가 갖추고 있는 여러 조직이 이미 제기능을 못한다고 판단한다.

1997년도에 겪은 IMF사태가 국가가 빌린 채무를 갚지 못해서 지급이 가능하지 않았다는 것을 알리고 신용을 통한 지급이 가능한 거래자에서 벗어난 상황이었다. 위의 사례를 통해서 알 수 있는 것은 거래안정성은 곧 거래에 관한 금전 지급이 가능할 것은 예측할 수 있어야한다. 그에 따른 근거는 만약 가능하지 않을 때에는 대체로 할 수 있는 보증 수단이나 자본이 충분 할 것이 확실하면 거래는 확실하게 안전하다고 느껴지는 것이다.

대안을 제시한다면 완전한 거래가 이루어질 수 있도록 시스템적인 설계가 필요하다는 생각이 들었다. 디지털 상호보안원장은 공인된 제3자 없이도 블록체인 기술을 통해 신뢰성이 확보

가능하다.[12]

부동산 거래 행위는 두 거래 당사자에 의해 성립된다. 위 표1에서와 같이 양 거래인에 의해 한 측은 부동산을 얻고 돈을 주며, 부동산 판매자는 부동산을 가지고 있었던 소유권 혹은 권리를 넘기고 금전적 이득 혹은 그에 준하는 댓가를 얻는다. 부동산을 산 사람은 부동산에 관한 권리를 득하고 자금을 상응하는 것을 지불함으로 거래가 성립된다.

단순화 한다면 주고받는 연속이라고 할 수 있다. 복잡한 거래라고 하더라도 단순한 거래의 반복이라고 볼 수 있다. 금전과 물품, 상품, 용역 등의 다른 종류의 거래도 있지만 은행계좌 송금과 같은 금전 하나의 거래도 있을 수 있다. 일방향 거래라고 할지라도 빠져나가는 송금인과 받는 수금인에서는 돈이 빠져나가고, 돈이 들어오는 두 가지 과정으로 나눌 수 있다.

부동산이 가지고 있는 정보가 돈이 들어오고 나가는 정보의 연속인 동시에 계속되는 거래속에서 그 만한 가치가 있다는 것을 증명하는 것이다. 거래를 연속하여 저장할 수 있는 거래 누락을 하지 않으면서도 새롭게 쌓여갈 거래 정보를 가지고 갈 수 있는 형태를 생각하여 설계를 고려해야한다는 판단을 할 수 있었다.

부동산의 정보를 기록하고 있는 등기부등본에서 가장 많은 부분을 차지하는 것은 거래가 이루어진 내역이다. 갑구는 여태까지 어떤 사람이 이 부동산을 소유했는지에 관한 정보이다. 을구는 부동산을 소유하지 않았지만 권리를 득한 내역이다. 결국 모든 거래의 기록이 대부분을 차지하고 있으며 과거의 기록에서 부동산 정보는 길어지고 과대해진다.

만약 거래를 분산하여 저장되어 있다면 등기부 등본에서 수십 페이지가 되는 기록과 동일하지 않을까하는 생각에서 연구를 진행하게 되었다. 거래를 기록한다는 것은 거래정보를 저장하는 것과 같다. 거래정보를 쌓아놓기만 한다면 정보를 취합하고 분류를 하는데 많은 수고가 들어간다. 기존에 있는 정보를 구조화하고 간결하게 필요한 것만 들어갈 수 있도록 설계의 중요도를 정했다.

III. 부동산거래 하이퍼레저 구현

코드 I 부동산 구조체 정의

```
type Realestate struct {
    Id string
    Name string
    OwnerId string
    TransactionList []string
    IsTrading string
    TransactionPrice string
    Timestamp time.Time
}
```

위의 코드에서 중점적으로 고려한 것은 TransactionList 배열이다. 마지막에 저장되어 있는 배열의 요소가 소유자의 거래내역이다. 여러 거래가 누적되어도 단순화된 구조체로 거래요인을 저장한다.

코드 II 원자 거래내역 구조체 정의

```
type AtomTokenTransfer struct {
    Id string
    ParticipantId string
    TransferType string
    TokenAmount string
}
```

원자 거래내역 구조체는 거래 참여자의 토큰을 소비하는지 얻는지 나타낸다. 테스트를 할 때에는 입금(Deposit) 또는 출금(Withdrawn)으로 구별하여 저장했다. 부동산 거래를 할 때 부동산 권리를 상실하면 출금(Withdrawn), 부동산 권리를 얻으면 입금(Deposit)으로 표시하여 체인코드(Chaincode)에 동일한 구현을 고려했다.

코드 III 거래내역 구조체 정의

```
type TransactionLedger struct {
    Id string
    TransactionType string
    TransactionIds []string
    AmountToken string
}
```

거래내역, 복합적인 거래를 표현할 때 쓰이는 구조체이다. 참여자가 여러 참여자에게 토큰을 보낼 때의 다량이체 혹은 공동소유와 같은 상황이 일어났을 때를 상정한다. 부동산 구조체에 저장함으로써 복잡한 거래내역이 저장되고 리스트번호만 부동산 구조체에 들어가 중복 저장이 없도록 설계했다.

의사코드 I 토큰이동에 관한 함수

```
TransferToken(
    fromParticipantId string,
    toParticipantId string,
    tokenAmount string) error {
    WithdrawnToken(
        fromParticipantId,
        tokenAmount)
    DepositToken(
        toParticipantId,
        tokenAmount)
    AddTransactionLedgerbyAttr(
        "Withdrawn")
    AddTransactionLedgerbyAttr(
        "Deposit")
    return nil
}
```

많은 코드를 넣지 않고 어떤 방식으로 구현이 되는지 토큰 이동에 관한 함수를 의사코드 통해 설명하려한다. 위의 함수는 실제의 함수중 ChaincodeStubInterface 객체에 관한 파라미터와 에러처리 부분을 제외한 의사코드이다. 앞에 설계한 구조체를 가지고 토큰을 인출하고 토큰을 집어넣는 함수를 호출하면 하위 함수에서 동작을 하게되고 위에 코드에서는 실제 함수를 호출하는 과정을 통해 프로그램이 작동하게 되는 것을 보여준다.

복잡한 것을 단순하게 설계를 하면은 기존에 있었던 것을 무엇을 털어내고 중요한 것인지 기준점을 잡는 것이 중요하다는 것을 경험할 수 있었다.

IV. 적용된 시스템 평가

복잡한 서류와 도장이 없으면 거래가 되지 않는 부동산 거래 시장에서 디지털 시스템의 이전을 통해서 간단한 정의를 통해서 무리 없이 시스템이 구성할 수 있다는 것을 확인했다. 후에 다수의 거래를 하게 되는 상황에서도 구현되어 있는 시스템을 통해서 구현을 동일한 구현을 이어갈 수 있다.

등기부 등본과 서류를 보아가서 그것을 디지털 방식으로 옮겨가는 디지털 전환(Digital Transformation)이 아니라 설계에서 출발하는 과정을 통해 복잡하게 나열되어있는 정보를 간단하게 정리할 수 있는 사례를 얻을 수 있었다.

표2 다른 시스템과의 비교

거래대상	보안성	효율성	거래 속도
중앙집중형	낮다	높다	높다
공개블록체인	높다	낮다	낮다
하이퍼레저	높다	높다	높다

중앙집중형 시스템은 중앙에 있는 시스템에 집중하여 분산되어 있는 정보를 모아 중앙 집중 처리 시스템을 사용하여 업무를 처리한다. 보안성을 유지하기 위해 높은 비용이 들어가며 보안에 취약점 발생시 복구하기 위한 비용이 지출된다.

퍼블릭 블록체인 기술은 장부의 분산 및 기록의 비가역성으로 보안성 향상을 가져오지만 과도한 채굴비용 등의 비효율성도 수반한다.[10] 분산원장에 모든 기록이 업데이트 되어야 하기 때문에 거래속도 저하가 나타나게 된다.

하이퍼레저를 활용한 시스템 같은 경우에는 허용된 사용자만이 블록체인에 접근이 가능하기 때문에 보안성이 높다. 정보에 관한 교환도 모두 업데이트를 하는 공개블록체인과 다르기 때문에 효율성도 높다. 그에 따라 거래 속도도 높다.

공개 블록체인의 낮은 효율성과 중앙집중

형 시스템의 낮은 보안성을 보완할 수 있는 시스템으로써 하이퍼레저를 사용한 시스템이 충분한 대안이 될 수 있다. 높은 시스템에 관한 이해와 각종 시스템에 설계와 구현에 따른 비용이 수반되지만 그에 따른 혜택도 따라 온다는 것을 확인할 수 있었다.

V. 결론

현실 세계는 디지털이 처음이고 그것을 통해서 모든 다른 사회에 모든 것들이 영향을 받는다고 한다.[11] 현실은 기존에 있는 여러 분야를 소프트웨어 개발을 통해서 전환하는 방식의 연속성이 이어져가고 있다고 생각한다.

기술의 발전이 곧 인간의 지평의 발전이고 기존에 생각을 전환을 할 수 없다면 아무런 혜택 없이 반복적인 굴레에서 벗어나기 힘들지 않을까라는 생각이 들었다. 처음에는 부동산 등기부 등본과 다른 부동산 관련 책과 논문을 찾아보면서 이 상황을 어떻게 소프트웨어 개발을 통해서 비슷하게 모사할 수 있을지 고민했다.

시간이 지나면서 문서도 스캔해야 것인가 부동산에 관한 권리분석은 어떻게 하는 것인지 해맸다. 오히려 관련된 주변에 가지를 정리하고 표현되는 숫자와 문자 속에서 저장할 것은 무엇인지 제외할 것은 무엇인지 생각을 하고 구현을 하는 과정 속에서 긴 고민에 시간을 넘어서는 다른 속도를 느낄 수 있었다.

앞으로 진행되는 연구에서는 기존에 돈을 주고받는 기간 차이가 발생하는 문제가 있다는 생각이 들었다. 계약금 중도금 입주금과 같은 자금 이전에 관한 상황을 돈과 부동산이 동시적 프로그래밍(Concurrency Programming)으로 구현하여 프로그래밍 그 자체를 기준으로 역으로 부동산 시장에 영향을 줄 수 있는 구현을 계획하고 있다.

현실을 디지털로 전환하는 것이 아니라 정보를 프로그램 설계적 사고를 통해 발전하고 나감으로써 더 복잡한 체계를 간단하고 단순화된 시스템으로 나아갈 수 있는 디지털 선점(Digital Initiatives)에 관한 사고로 출발 기준점으로 삼아야 하는 것은 아닌가하는 생각을 할 수 있었다.

[인용주]

- [1] 지대식, 손경환, 김승중, 전성제, 배유진 “부동산 거래 선진화를 위한 제도개선 방안 연구” 국토연 2012-43 p.3
- [2] 월터 J. 웅 저/임명진 역 “구술문화와 문자문화” 문예출판사(2018) p.252
- [3] 김기현, 신운섭, 김기형 "Hyperledger를 활용한 참여형 국방인사투표시스템 설계 및 구현" 2019년도 정보통신설비 학술대회(2019.08) pp.93-97
- [4] Hyowon Im, Ki-Hyung Kim, Jai-Hoon Kim "Privacy and Ledger Size Analysis for Healthcare Blockchain" 2020 International Conference on Information Networking(ICOIN) pp.825-829
- [5] Younghyun Kim, Ki-Hyung Kim, Jai-Hoon Kim "Power Trading Blockchain using Hyperledger 2020 International Conference on Information Networking(ICOIN) pp.821-824
- [6] 고동현 “블록체인을 활용한 압표방지 예매시스템 설계 및 구현 - 하이퍼레저를 중심으로” 숭실대학교 대학원 2019
- [7] 김민규, 오세준, 홍충선. (2018). "Hyperledger Fabric 블록체인 오픈소스를 이용한 무역 견적 및 계약 시스템" 한국정보과학회 학술발표논문집, pp. 1913-1915.
- [8] Satoshi Nakamoto, "Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System", Bitcoin.org, 2009
- [9] R3 "<https://r3.com/corda-platform/>"
- [10] william Foxley "이더리움, 새해 첫 ‘뮤어 빙하’ 하드포크 완료“ <http://www.coindesk.com/news/articleView.html?idxno=64224>" 코인데스크 코리아 (2020.01.03.)
- [11] 주식회사 빗썸코리아 “<https://www.bithumb.com/>”
- [12] 이후빈 “부동산 유동화 수단으로 블록체인 기술의 활용가능성 연구” 국토연 WP 19-14 p.12
- [13] 남충현 (2018) “블록체인의 다변화: 채굴 없는 블록체인의 확산” 정보통신정책연구원 KISDI 18-01
- [14] Hendricks, Alice; McLaughlin, Misty (19 May 2016). "Becoming a Digital-First Organization". nten.org. NTEN: The Nonprofit Technology Enterprise Network. Retrieved 17 August 2016.
- 안드레아스 M. 안토노폴로스 “마스터링 이더리움”, 제이펍 2019
- 시미즈 토모노리, 타마치 고코, 우에노하라 하야토, 사토우 타쿠요시, 사이토 신, 콘도 히토시, 하라야마 츠요시, 카사하라 아키히로, 이와사키 타츠야, 오가사와라 카즈유키 “하이퍼레저 패브릭 철저입문” 위키 북스 2019
- 조문옥, 이진수, 조성완, 반장현 “하이퍼레저 패브릭 실전 프로젝트” 에이콘 2020
- 윤대근 “(하이퍼레저 패브릭으로 배우는) 블록체인“ 제이펍 2018
- 앨런 도노반, 브라이언 커니건 “(The)Go programming language” 에이콘 2016

[참고문헌]

- 안드레아스 M. 안토노폴로스 “비트코인, 공개블록체인 프로그래밍”, 고려대학교 출판문화원 2018