

스마트 컨트랙트 및 프라이빗 블록체인을 활용한 물류 관리 시스템 구현



저자1 201924586 조주영

저자2 201924436 김영목

저자3 201941171 장영철

지도교수 권준호

목 차

1. 서론	1
1.1. 연구 배경	1
1.2. 기존 문제점	1
1.3. 연구 목표	2
2. 연구 배경	2
2.1. 물류 관리 시스템	3
2.2. 블록체인	4
2.3. 스마트 컨트랙트	6
2.4. 이더리움	7
2.5. 커피물류와 블록체인 기술 결합의 이점	8
3. 연구 내용	8
3.1. 시나리오	9
3.2. 기능 요구사항	10
3.3. 시스템 설계	12
4. 산학협력 멘토의견서 관련 보완/대응방안	32
5. 연구 결과 분석 및 평가	32
6. 결론 및 향후 연구 방향	33
7. 개발 일정 및 역할 분담	33
7.1 개발 일정	33
7.2 역할 분담	34
8. 참고 문헌	34

1. 서론

1.1. 연구 배경

최근 커피 시장의 급격한 성장은 물류 관리의 중요성을 부각시키고 있다. 전 세계 커피 시장은 2023년 기준 603조 억원에서 2028년 711조 억원까지 성장할 것으로 예상되며, 이는 커피 물류 시스템의 효율성과 적시성이 커피 산업 전반의 성장과 직접적으로 연관되어 있음을 의미한다([1], 조원진). 커피 원두 공급부터 최종 소비자에게 이르는 전 과정에서 물류 관리의 효율성과 투명성은 필수적이다.

특히 대형 커피 프랜차이즈들은 물류 네트워크의 복잡성을 해결하기 위해 물류 전문 기업과의 협력을 강화하고 있다. 예를 들어, CJ대한통운과 같은 물류 대기업은 첨단 기술을 적용한 물류센터와 전국적인 배송망을 통해 커피 전문점에 신선한 원두를 적시에 공급하고 있다([2], 이나라). 이러한 물류 시스템의 효율성과 신뢰성을 개선하기 위한 노력은 커피 물류 산업 전반에서 중요한 역할을 하고 있으며, 본 연구는 이와 같은 시스템의 혁신을 목표로 한다.

1.2. 기존 문제점

커피 원두는 일반적으로 원산지를 기반으로 마케팅되며, 각 지역은 고유한 맛과 특성을 가진 커피를 생산하는 것으로 알려져 있다. 그러나 현재까지는 수작업을 통하여 원산지를 추적했기 때문에, 품질이 낮은 지역의 원두를 유명한 커피 재배 지역의 프리미엄 원두로 거짓 라벨링하여 높은 가격을 책정하는 문제가 발생하고 있다.

또한 농부에서부터 수출입업자, 도소매 업체 등 다분화된 공급망은 원산지와 품질을 검증하는 것을 어려워지게 하는 것에 동조하여 신뢰성 낮춘다. 그리고 커피의 소비자뿐만 아니라 농부들 역시 투명성 및 시장 정보 부족으로 공정한 가격을 받지 못하여, 커피 농부들의 생계뿐만 아니라 커피 공급망의 전반에 품질과 지속 가능성에도 영향을 미친다.

최근 물류 시스템의 중요성이 부각되면서 많은 기업들이 물류 관리 시스템을 도입하고 있다. 그러나 기존의 물류 시스템은 이러한 문제를 안고 있으며, 이를 해결하기 위한 새로운 접근 방식이 요구되고 있다. 본 연구에서는 커피 물류 관리 시스템을 구축하는 과정에서 기존 시스템의 부정확한 원산지 추적과 복잡한 공급망 구조로 인한 품질 검증 부족 문제를 블록체인과 스마트 컨트랙트 기술을 활용하여 원산지 정보를 안전하게 저장하고 복잡한 공급망을 간소화 함으로써 해결하고자 한다.

1.3. 연구 목표

본 연구는 기존 커피 물류 관리 시스템에서 나타나는 문제점을 해결하고자 스마트 컨트랙트와 프라이빗 블록체인 기술을 도입하여, 커피 물류 과정의 투명성, 신뢰성 그리고 효율성을 향상시키는 것을 목표로 한다. 이해관계자는 생산자, 유통자, 소비자로 설정하였으며, 물류 관리 시스템의 전반적인 흐름과 기대 효과를 제시하고자 한다.

최초의 거래는 생산자로부터 시작한다. 생산자는 커피의 이름, 원두의 종류, 원산지, 생산일자, 수량, 입고 요청 가격과 같은 생산정보를 등록하여 입고를 요청한다. 요청과 동시에 스마트 컨트랙트를 통해 블록을 생성하여, 커피 물류의 생산 정보를 위, 변조가 불가능한 블록체인에 저장한다.

유통자는 제1운송업자인 동시에 최종 유통자로 간소화하였다. 입고 요청을 받은 유통자는 해당 생산 정보에 대한 트랜잭션을 확인하고, 물품을 검수하며, 입고 요청에 대한 수락 여부를 결정한다. 이때, 입고 요청에 대한 수락은 물품 계약의 성립 요건이며, 대금 결제와 물품 인수는 동시에 이루어지는 것으로 가정한다. 이러한 기능은 스마트 컨트랙트를 통해, 자동으로 재고가 증가하고, 대금을 지불하도록 구현한다. 또한, 블록체인 네트워크 상에 기록되는 정보를 통해, 최종 검수자의 주소를 기록함으로써 물류 사고의 책임 소재를 밝히는 것에 도움을 주어, 물류 추적성을 강화하고자 한다.

소비자는 생산자와 유통자의 거래를 통해 증가한 유통자의 재고를 확인할 수 있도록 설정하며, 재고가 없을 경우 물품 출고 요청을 할 수 없도록 설정한다. 이때 역시 유통자는 출고 요청에 대한 수락 여부를 결정할 수 있다. 또한 소비자에게도 커피 물류에 대한 생산 정보를 투명하게 제공하여, 신뢰성을 높이하고자 한다.

본 연구 통한 기대 효과는 스마트 컨트랙트와 프라이빗 블록체인을 활용하여 커피 물류 관리 시스템의 신뢰성, 정확성을 향상시키고, 시스템의 경쟁력을 강화하기 위한 새로운 기술적 접근을 제시하는 것을 목적으로 한다.

2. 연구 배경

2.1. 물류 관리 시스템(Logistics Management System, LMS)

2.1.1. 물류 관리 시스템의 이해

물류 관리 시스템(LMS)은 물류 과정의 효율성을 극대화하기 위해 사용되는 시스템으로, 물류 정보 시스템(Logistics Information System, LIS)의 하위 시스템들로 구성된다. LIS는 운송, 보관, 포장 등 물류 과정의 전반을 시스템화하여 관리 효율성을 높이는 정보 처리 시스템을 말하며, 주요 구성 요소로는 주문 관리 시스템(OMS), 창고 관리 시스템(WMS), 운송 관리 시스템(TMS), 그리고 공급망 관리(SCM)가 있다.

물류 관리 시스템은 SCM의 중요한 요소로서, 원자재 조달부터 최종 소비자에게 이르는 전 과정의 계획, 실행, 통제를 포함한다. 이를 통해 기업은 재고 관리, 주문 처리, 운송, 창고 운영 등을 최적화하여 고객 요구에 신속하게 대응하고 비용을 절감할 수 있으며, 결과적으로 기업의 경쟁력을 강화하는 데 기여한다.

2.1.2. 기존 커피 물류 관리 시스템의 문제점

첫째, 다수의 계약이다. 커피 물류 과정은 다양한 이해관계자가 얽혀있다. 이때 보험 계약서, 운송 계약서, 매매 계약서 등 다수의 계약이 발생한다. 여기에서 비롯되는 정보의 비대칭성 및 정보의 왜곡은 비교적 취약체인 원두 생산자의 불합리적인 임금 문제와 소비자가 비합리적인 가격에 원두를 구매하는 문제를 야기하여, 이해관계자 간에 거래의 투명성과 신뢰성을 악화시킨다.

둘째, 추적성 부족이다. 연구배경에서 언급했던 CJ대한통운과 같은 대기업이 담당하는 커피 물류의 경우, 이미 물류의 자동화 시스템으로 인해 인적 오류가 대폭 감소하였으나, 여전히 소규모 이해관계자는 수작업 프로세스로 인한 물품의 분실과 훼손이 발생한다. 이러한 물류 사고는 책임 소재를 규명하기 어렵기 때문에, 필요 이상의 비용을 지불하는 무역 보험에 의존하는 상황이다.

셋째, 중앙화된 시스템의 한계이다. 중앙 서버에 의존하는 물류 관리 시스템은 데이터 위변조, 해킹 등의 보안 위협에 취약하다. 대표적인 사례로는 2017년에 발생한 Maersk의 랜섬웨어 공격이 있다. 세계 최대의 해운사 중 하나인 Maersk는 랜섬웨어에 감염되어 물류 운영이 마비되었으며, 이로 인해 막대한 손실을 입었다. 이 공격으로 중앙 서버 기반 시스템이 해킹당하면 전체 네트워크가 동시에 마비되어 복구에 많은 시간과 비용이 소요된다는 문제점이 드러났다.

이와 같은 문제들은 물류 관리 시스템의 효율성과 신뢰성을 떨어뜨리고, 궁극적으로 기업의 경쟁력 약화와 고객 만족도 저하로 이어질 수 있다. 본 연구는 이러한 한계를 블록체인 기술과 스마트 계약을 도입함으로써 해결하고, 물류 관리 시스템의 혁신을 이루고자 한다.

2.2. 블록체인

2.2.1. 블록체인의 개념

블록(Block) + 체인(Chain)의 합성어로 누구나 열람할 수 있는 장부에 거래 내역을 투명하게 기록하고 여러 대의 컴퓨터에 이를 복제하여 저장하는 분산형 데이터 저장기술로, 한 대가 아닌 여러 대의 컴퓨터가 기록을 검증할 수 있도록 구성되어 원천적으로 해킹을 방지할 수 있는 것이 특징으로서 블록체인 기술을 활용한 대표적인 기술 중 하나가 '비트코인' 과 같은 암호화폐 기술이다.

블록체인에서 이루어지는 각 거래는 트랜잭션(transaction)이라 부르며, 이 거래에는 송신자와 수신자, 금액, 거래 시간이 포함된다. 그리고 각 트랜잭션에는 고유한 식별자인 트랜잭션 해시(transaction hash)가 생성된다. 트랜잭션 해시는 거래가 기록될 때마다 생성되는 고유한 코드로, 거래의 세부 정보를 조회하고 검증하는 데 사용된다. 이를 통해 블록체인 상에서 거래의 신뢰성과 투명성을 더욱 강화할 수 있다.

2.2.2. 블록체인의 종류

a. 퍼블릭 블록체인(Public Blockchain)

퍼블릭 블록체인은 누구든지 자유롭게 참여할 수 있는 개방형 블록체인 네트워크를 말하며, 공공 블록체인, 개방형 블록체인, 무허가형 블록체인이라고 한다. 권위 있는 조직의 승인 없이 누구든지 인터넷에 연결된 PC, 노트북, 스마트폰, 서버컴퓨터, 채굴기 등 다양한 컴퓨터 장비를 이용하여 블록체인 네트워크에 참여할 수 있는데 퍼블릭 블록체인 네트워크에 참여하는 개별 컴퓨터인 각 노드들은 블록체인에 저장된 데이터를 복사하여 저장하고, 새로운 블록의 생성에 참여할 수 있다. 이렇게 각 노드가 검증되고 거래를 승인하기 때문에 모든 참여자의 상호 검증이 이루어져 신뢰도 보장된다. 반면, 퍼블릭 블록체인에서 주로 채택하고 있는 합의 알고리즘인 작업 증명(Proof of Work)와 지분 증명(Proof of Stake)의 경우, 블록 생성 이후 블록이 완성되기 때문에 허용되는 시간 안에 네트워크가 갈라질 가능성이 있어 확실한 데이터를 보장해야 하는 금융권에는 적합하지

않고 많은 사람들이 합의를 이뤄야 하기 때문에 거래 처리속도가 매우 느린 단점이 있다.

b. 프라이빗 블록체인(Private Blockchain)

프라이빗 블록체인은 미리 정해진 조직이나 개인들만 참여할 수 있는 폐쇄형 블록체인 네트워크를 말하며, 사적 블록체인, 폐쇄형 블록체인, 허가형 블록체인, 기업형 블록체인 또는 엔터프라이즈 블록체인이라고 한다. 주로 기업이나 기관에서 유출에 민감한 데이터의 공유, 거래를 위해 사용하기 때문에 엔터프라이즈(기업용) 블록체인으로도 불린다. 프라이빗 블록체인은 네트워크 창립자/개발자가 미리 정해둔 규칙에 따라 또는 네트워크의 허가를 받은 노드만 참여할 수 있어, 허가 없이는 프라이빗 블록체인 네트워크를 사용할 수 없고, 합의 과정에도 참여할 수 없다. 퍼블릭 블록체인과 비교하면, 퍼블릭 블록체인은 모두가 참여할 수 있고 거래 내역을 볼 수 있어 높은 보안성과 투명성을 보장하지만 금융기관이나 기업의 입장에서는 개인의 금융 정보나 중요 데이터가 네트워크상으로 오갈 수 있기 때문에 퍼블릭 블록체인은 적합하지 않을 수 있다. 반면, 프라이빗 블록체인을 이용하여 거래 내역을 볼 수 있는 권한을 받은 사람만 열람이 가능하도록 하여 퍼블릭 블록체인의 한계를 해결할 수 있는 장점이 있다. 또한, 믿을 수 있고 많은 거래를 처리할 수 있는 힘을 가지고 있는 소수의 노드들에 의해 블록체인이 운영되기 때문에 빠른 거래 처리속도 구현이 가능하며, 악의적인 의도를 가진 특정 노드가 블록체인에 대한 프로토콜을 수정하려고 시도하여도 기존 체인과 호환되지 않는 새로운 체인이 생기는 경우가 발생하지 않게 하는 알고리즘을 사용할 수 있다.

c. 컨소시엄 블록체인(Consortium Blockchain)

컨소시엄 블록체인은 퍼블릭 블록체인과 프라이빗 블록체인의 중간 형태로 하이브리드 블록체인으로 분류된다. 동일한 목적이나 가치를 가지고 있는 다수의 기업과 단체들이 하나의 컨소시엄을 구성하고 그 안에서 작동하도록 만든 블록체인이다. 예를 들어 리눅스재단이 주도하고 IBM 등이 참여하여 만든 하이퍼레저 패브릭(hyperledger fabric) 프로젝트가 있다([3], 이솔아). 넓은 의미에서 보면, 컨소시엄 블록체인은 프라이빗 블록체인의 한 형태이지만, 이를 별도로 구별하여 하이브리드 블록체인으로 분류하기도 한다.

2.2.3. 블록체인의 물류 분야 동향 및 적용 사례

a. 동향

블록체인 기반 공급망 관리 서비스는 크게 세 가지 분야로 나눌 수 있다. 첫째는 제품 자체를 블록체인으로 보증하는 것이며, 둘째는 B2B 또는 B2C 거래 등 유통·물류 과정에

블록체인을 적용하는 것이다([4], 이제영). 마지막으로 판매 이후 유지보수나 중고품 이력 추적 등 제품 관리 차원에서 블록체인을 활용하는 것이다.

b. 적용 사례

먼저, 식료품 소매 업체인 **Walmart**는 공급망에서 블록 체인을 사용하는 최초의 회사 중 하나이다. 이 회사는 농부들의 식량 생산을 추적하여 고객에게 구매하기 전에 그 기원을 확인할 기회를 제공한다. 이 상세한 제품 추적을 통해 회사는 창고에 도착하기 전에 품질이 낮은 상품을 식별하고 회수 할 수 있다.

둘째로, 식품 및 가정용 제품 제조업체 **Unilever** 또한 블록체인 사용자이다. 현재는 차 산업을 관리하기 위해 이 기술을 적극적으로 채택하고 있다. 이 회사는 생산의 모든 단계에서 제품의 품질을 유지하기 위해 공급 업체 추적을 강조하고 있다.

세번째로, 가구 소매 업체인 **IKEA**는 블록 체인을 사용하여 재료 및 제품을 추적한다. 이 브랜드는 또한 고객에게 제품이 어디서 어떻게 만들어 졌는지 보여준다.

마지막으로, **De Beers**는 다이아몬드가 채굴된 장소와 방법, 그리고 매장까지의 경로를 추적하는 다이아몬드 채굴 회사이다. 블록체인 기술을 통해 철저한 추적을 실시함으로써, 회사는 모든 다이아몬드가 진품이며 인증된 것인지 추적 가능하게 한다([5], cryptomus).

2.3. 스마트 컨트랙트

2.3.1. 스마트 컨트랙트의 개념

스마트 컨트랙트(**Smart Contract**)는 블록체인 상에서 자동으로 실행되는 컴퓨터 프로토콜로, 계약의 조건이 충족되면 인적 개입 없이 자동으로 계약이 이행되도록 설계된 프로그램이다. 이 기술은 블록체인의 발전으로 실현 가능성이 높아졌다.

2.3.2. 스마트 컨트랙트의 기능과 특징

a. 자동화된 계약 이행

스마트 컨트랙트는 계약 당사자 간 거래 내용을 프로그래밍 언어로 기록해 블록체인에 올리면, 계약 조건이 충족되었을 때 계약을 자동으로 이행해 주는 시스템이다. 이를 통해 은행처럼 계약 이행을 검증·보증하는 중앙화된 제 3자 없이도 계약을 자동으로 이행할 수 있다는 점에서 매우 편리하고 경제적이다([6], 이유진).

b. 투명성 및 신뢰성

스마트 컨트랙트는 암호화 기술을 사용하여 데이터의 안전성을 확보한다. 또한 거래 내역을 블록체인에 기록되도록 설계한다면, 발생한 모든 거래 내역이 변경이 불가능하게 되어, 계약 과정의 투명성과 신뢰성이 보장된다.

c. 통화 안정성 제고 및 잔고 관리

가격 조정 메커니즘을 통해 시장 상황에 맞춰 이더리움 가격을 조정할 수 있는 기능을 포함할 수 있다. 이를 통해 달러에 고정된 화폐가 현지 경제 상황에 맞지 않게 변동할 때 이를 유연하게 관리할 수 있다. 또한 2020년 기준 케냐와 같은 아프리카 지역의 성인 20%만이 계좌를 보유한 것에 비해, 2019년 기준, 전체 모바일 사용자는 44%로, 성인의 경우 더욱 높은 보급률을 기록할 것으로 예상된다([7], 김희진; [8], 김성진). 이러한 경제적 상황으로 인해, 개발도상국은 선진국보다 암호 화폐 생태계가 더 탄탄히 구축되고 있다. 이러한 시스템은 개발도상국의 이해관계자에게 안정적인 거래 환경을 제공할 것이며, 이에 따라 선진국도 안정성이 보장된 개발도상국의 이해관계자와 거래하는 것은 더욱 신뢰성을 보장 받을 수 있을 것이다.

2.4. 이더리움

이더리움(Ethereum)은 스마트 컨트랙트 기능을 지원하는 오픈 소스 블록체인 플랫폼으로, 주로 탈중앙화 애플리케이션(DApp)과 분산형 금융 서비스(DeFi)를 개발하는 데 사용된다. 2015년 비탈릭 부테린과 공동 개발자들에 의해 출시된 이더리움은 단순한 디지털 화폐 이상의 용도로 설계되었으며, 비트코인과 함께 대표적인 블록체인 기술 중 하나로 자리 잡고 있다.

이더리움의 핵심은 스마트 컨트랙트(smart contract)라는 개념이다. 스마트 컨트랙트는 블록체인 상에서 특정 조건이 충족되면 자동으로 실행되는 프로그램으로, 중개자 없이 신뢰할 수 있는 계약과 거래를 가능하게 한다. 이를 통해 개발자들은 블록체인 기반의 탈중앙화된 앱을 구축할 수 있고, 금융, 게임, 소셜 미디어 등 다양한 분야에서 응용될 수 있다.

이더리움 플랫폼의 기본 화폐는 이더(ETH 또는 Ether)로, 스마트 컨트랙트 실행을 위한 수수료인 '가스(gas)'를 지불하는 데 사용된다.

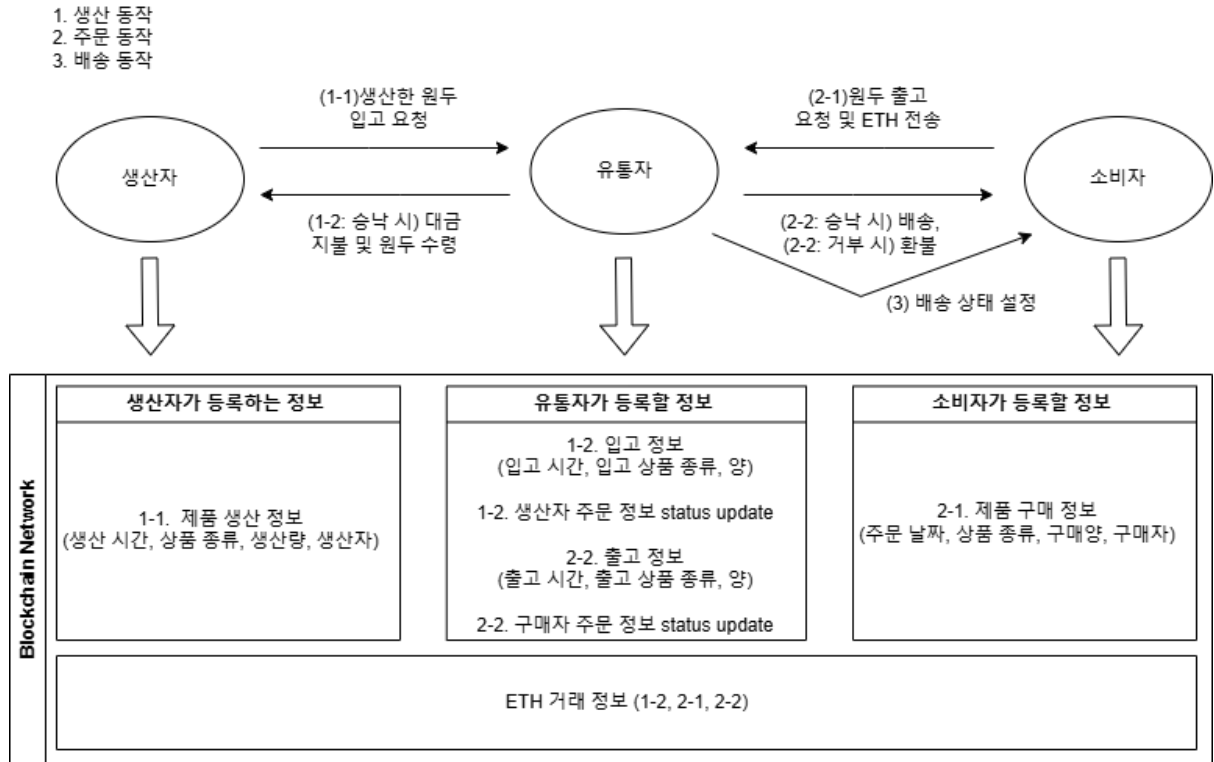
2.5. 커피물류와 블록체인 기술 결합의 이점

특징	주요내용	물류 산업에 적용할 경우 장점	커피 물류 적용 사례
탈중앙화	신뢰기관 없이 거래 가능	거래 수수료 절감	신뢰기관 인증 비용 절감
보안성	거래 정보를 다수가 공동으로 소유하며 관리	거래 신뢰도 향상 거래 성립에 기여	커피콩 제조일자, 유통 기록 등 정보 위·변조 불가
확장성	거래 정보 원장을 기반으로 인증, 이력 추적, 결제 등 다양한 서비스로 연결 및 확장 가능	진품 여부 확인, 유통 이력 추적 등 활용	커피 물류의 유통 이력 추적에 활용 가능
투명성	모든 거래 기록이 공개되 어 쉽게 접근 관리	거래 신뢰도 향상	커피 물류 이력에 대해 누구나 열람, 유통 참여자 간 상호 모니터링 가능

블록체인을 통해 유통 경로를 추적하면 공급망 관리의 효율성을 높일 뿐만 아니라 공급업체나 관리자에게 암호화된 허가권을 할당해 상호 모니터링을 할 수 있다. 이를 통해, 품질에 문제가 생긴 커피 원두가 소비자에게 도착하기 전에 중간 유통 과정에서 회수하여 사고의 사전 방지도 가능하다([9], 현경민 등).

3. 연구 내용

3.1. 시나리오



3.1.1. 생산자와 유통자

생산자는 스마트 컨트랙트를 통해 제품 생산 정보를 저장하며, 입고 요청을 보낸다. 유통자는 입고 요청을 확인한 후, 승낙 또는 거절할 수 있다. 입고 요청이 승낙될 경우 대금으로 **Ether(ETH)**가 생산자에게 자동으로 전송되고 생산자는 승낙 상태와 해당 수량만큼 증가한 원두 재고를 확인할 수 있다.

유통자는 생산자와의 모든 거래 기록과 대금 지불로 인한 지출을 장부에 기록한다. 그리고 블록체인에 기록된 승낙된 원두에 대한 생산 정보는 이제 유통자도 추적 가능하게 된다.

3.1.2. 유통자와 소비자

소비자는 다양한 생산자가 등록한 원두의 종류와 가격을 확인한 후, 유통자에게 출고를 요청한다. 대금 선지불 제도가 적용되어, 소비자는 원두 출고 요청 시 **Ether**를 유통자에게 미리 전송한다. 또한 스마트 컨트랙트를 통해 출고 요청한 제품의 구매 정보가 저장되고 해당 제품의 생산 정보를 추적할 수 있게 된다.

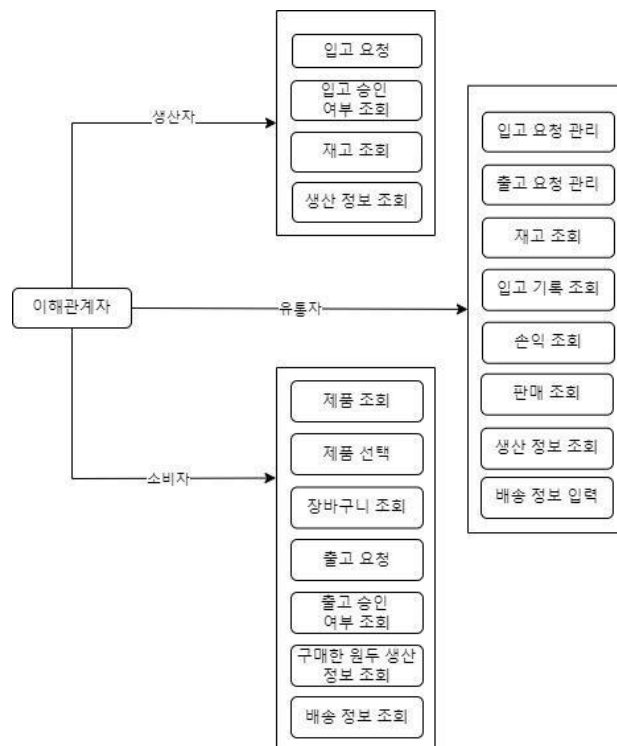
유통자는 출고 요청을 확인한 후, 승낙 또는 거절할 수 있다. 출고 요청이 승낙되면 유통자의 재고가 해당 수량만큼 차감되고, 수입 내역을 장부에 기록한다. 그리고 소비자의 주문에 대한 배송 상태를 설정한다. 출고 요청이 거절되면, 선지불되었던 Ether는 소비자에게 다시 반환되고 환불 내역을 장부에 기록한다.

소비자는 이제 출고 요청이 승낙된 제품에 대한 생산 정보와 배송정보를 추적할 수 있다.

3.2. 기능 요구사항

3.2.1. 이해관계자

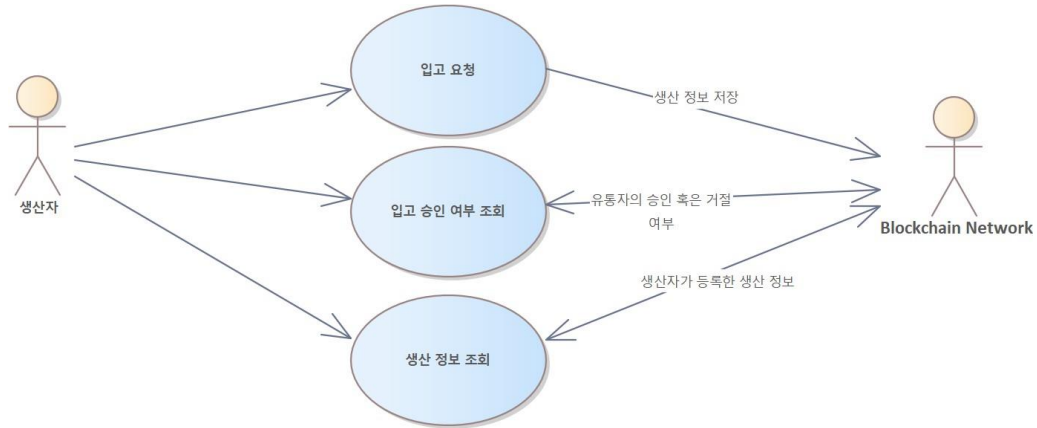
본 연구의 개발 진행에 앞서, 시나리오에 대한 이해관계자들의 기능 요구사항을 다음 사진과 같이 정의하였다.



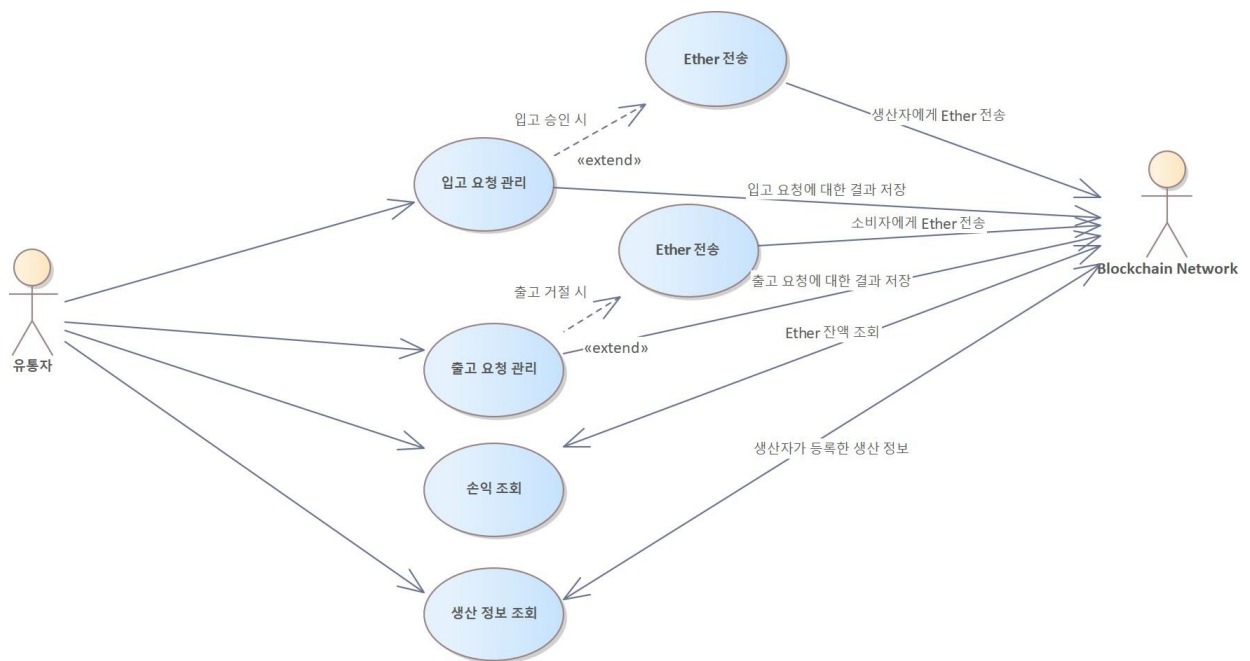
3.2.2. 블록체인 네트워크

또한 블록체인 네트워크 사용이 요구되는 기능들에 대한 유스케이스 다이어그램을 다음과 같이 설계하였다.

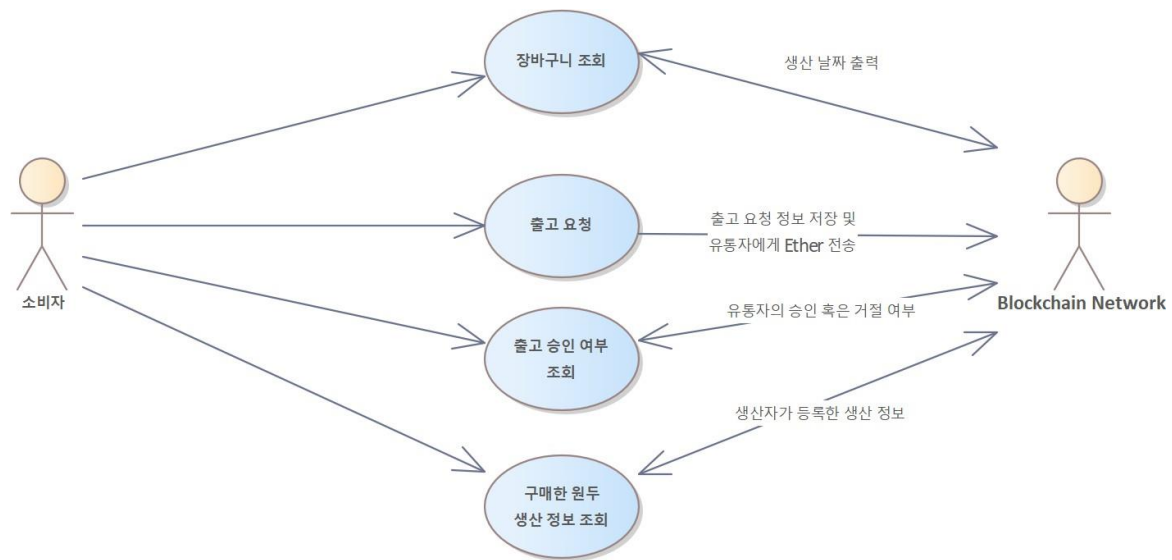
a. 생산자



b. 유통자



c. 소비자



3.3. 시스템 설계

3.3.1. 구성 시스템

Solidity: Solidity는 이더리움 블록체인에서 실행될 스마트 계약을 작성하기 위한 프로그래밍 언어이다. 이더리움 가상 머신(EVM)에서 실행될 수 있는 스마트 계약을 정의하는 데 사용된다.

JavaScript: JavaScript는 프론트엔드와 백엔드 애플리케이션을 개발하는 데 사용되는 프로그래밍 언어이다. 특히 블록체인 개발에서 JavaScript는 스마트 계약과 상호 작용하기 위해 웹 애플리케이션과 블록체인을 연결하는 역할을 한다. Web3.js 라이브러리와 같은 도구를 사용해 블록체인 네트워크(이더리움 등)와 상호작용하는 데 사용된다.

Vue.js: 프론트엔드 개발을 위한 JavaScript 프레임워크이다. 사용자 인터페이스를 구축하고, 블록체인 애플리케이션의 UI를 만들고, 사용자와 블록체인 사이의 상호작용을 관리하는 데 사용된다. 사용자로부터 입력을 받아 이를 블록체인 트랜잭션으로 변환하거나, 블록체인에서 정보를 읽어 화면에 표시하는 등의 역할을 한다.

Ganache: Ganache는 로컬 환경에서 이더리움 블록체인 네트워크를 시뮬레이션하는 개발 도구이다. 계정, 잔액, 가스 사용량, 블록 생성 등을 제어한다.

Remix: 웹 브라우저에서 실행되는 Solidity 스마트 계약 통합 개발 환경(IDE)이다. Solidity 스마트 계약을 작성하고, 컴파일하며, 배포하고, 실행할 수 있는 기능을 제공한다. 로컬

블록체인(Ganache)이나 테스트넷에 스마트 계약을 배포할 수 있다.

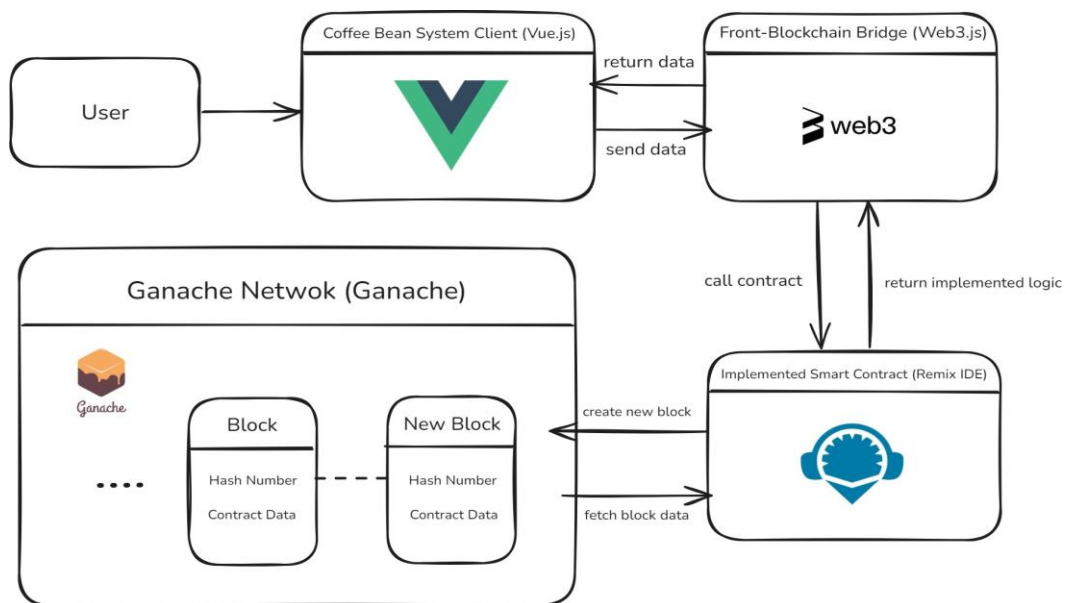
3.3.2. 개발 환경 설정

프로그래밍 언어: Solidity 0.7.1, JavaScript

프레임워크 및 라이브러리: Vue.js (Vue 3)

개발 도구: Ganache v2.7.1, Remix IDE v0.7.1

3.3.3. 시스템 흐름도



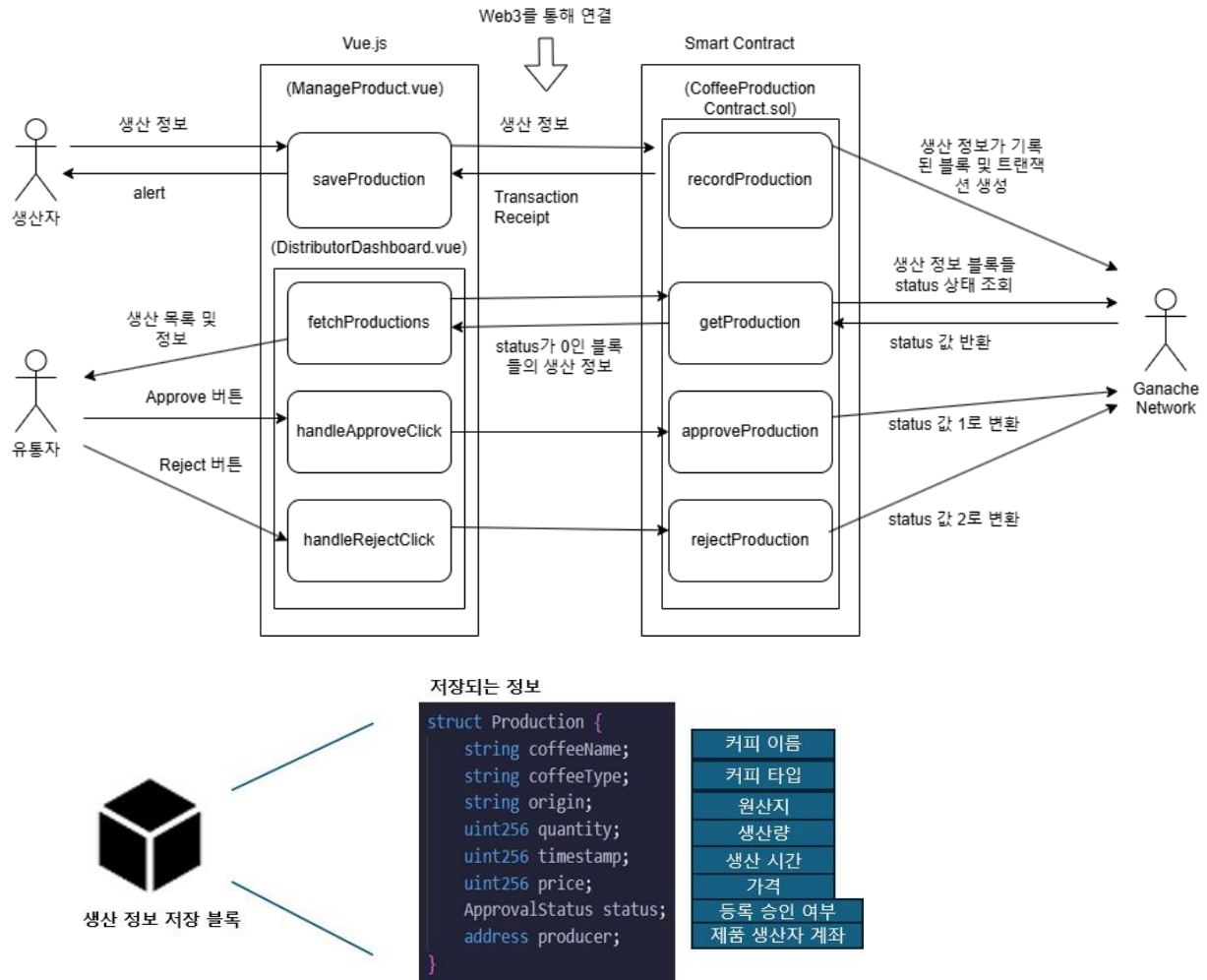
시스템은 유저와 상호작용하는 프론트엔드 웹 애플리케이션(Vue.js), 프론트엔드와 블록체인 네트워크를 연결시켜주는 라이브러리(Web3.js), 스마트 컨트랙트 블록체인 네트워크(Ganache), 그리고 블록체인 체인코드 개발 도구(Remix IDE)로 구성된다.

Web3.js는 프론트엔드(Vue.js)와 블록체인 네트워크(스마트 컨트랙트) 사이에서 중개 역할을 하는 라이브러리이다. 스마트 컨트랙트와의 상호작용을 가능하게 하며, 트랜잭션을 생성하고 블록체인 상태를 조회하는 기능을 제공한다. 또한 Vue.js 내에서 함수 호출로 Ether의 직접 전송을 가능하게 한다.

Remix IDE를 통해 배포된 스마트 컨트랙트는 Web3.js를 통해 호출되고, 블록체인에 기록되는 데이터를 처리한다.

3.3.4. 시스템 아키텍처

a. 블록체인 네트워크에 생산 정보 기록



이 다이어그램은 블록체인 기반 생산 관리 시스템에서 스마트 컨트랙트와 Vue.js 프론트엔드 간의 상호작용을 나타낸 것이다.

● saveProduction

생산자는 'ManageProduct.vue'에서 생산 정보를 입력하고 'saveProduction' 메서드를 통해 이를 블록체인에 저장한다. 이 메서드는 'recordProduction'이라는 스마트 컨트랙트 함수를 호출하여, 입력한 생산 정보를 블록체인에 기록한다. 트랜잭션이 성공하면, 'Transaction Receipt'를 받게 된다.

● fetchProductions

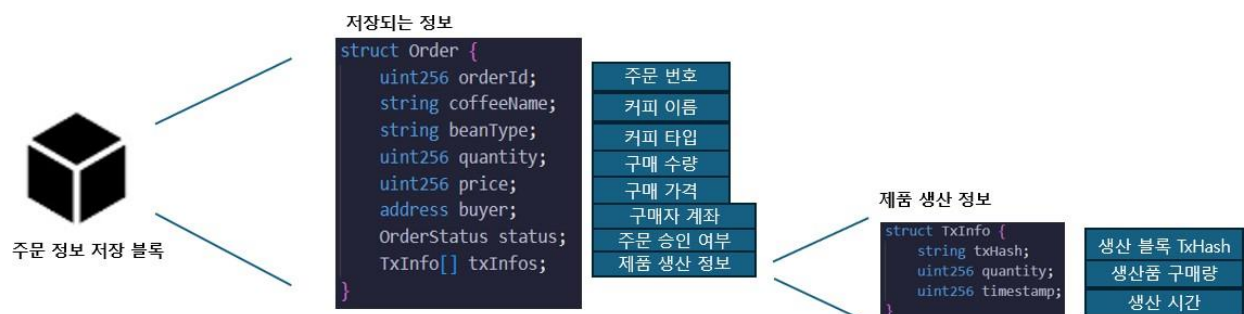
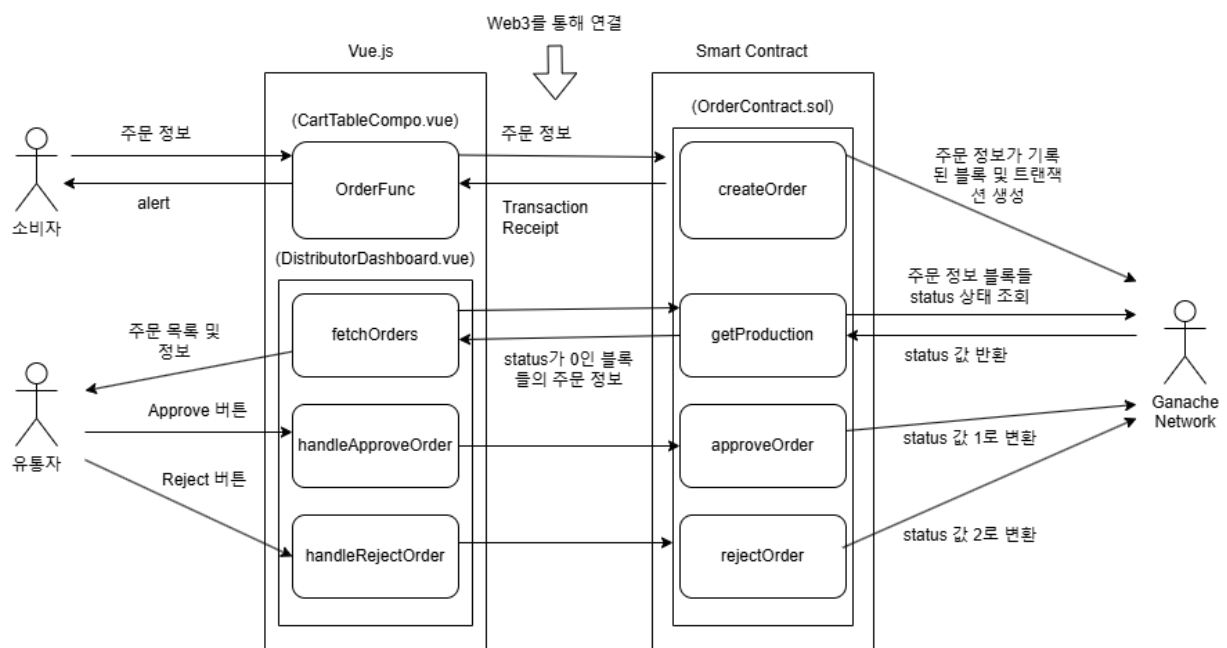
유통자가 'DistributorDashboard.vue'를 통해 블록체인에 저장된 생산 목록을

가져오는 메서드이다. 이 메서드는 'getProduction'이라는 스마트 컨트랙트 함수와 연결되어 있으며, **status** 값이 0인(승인 대기 중인) 생산 정보들을 블록체인에서 조회하여 유통자가 볼 수 있게 한다.

- **handleApproveClick & handleRejectClick**

유통자는 생산된 커피를 승인하거나 거절할 수 있는데, 이때 **Approve** 버튼을 클릭하면 'handleApproveClick' 메서드가 실행되어 'approveProduction' 스마트 컨트랙트 함수가 호출되고, 상태(status)가 1로 변경된다. 반대로 **Reject** 버튼을 클릭하면 'handleRejectClick' 메서드가 실행되어 'rejectProduction' 스마트 컨트랙트 함수가 호출되며, 상태(status)가 2로 변경된다.

b. 블록체인 네트워크에 주문 정보 기록



위의 다이어그램은 블록체인 기반 주문 관리 시스템에서 Vue.js 프론트엔드와 스마트 컨트랙트 간의 상호작용을 나타낸다.

- OrderFunc

소비자가 'CartTableCompo.vue'에서 주문을 생성할 때 사용하는 메서드이다. 소비자가 선택한 주문 정보(커피 이름, 원두 종류, 수량, 가격 등)를 'OrderFunc' 메서드를 통해 스마트 컨트랙트로 전달하여, 블록체인에 기록한다. 'createOrder'라는 스마트 컨트랙트 함수가 호출되어 주문 정보를 블록체인에 저장하게 된다. 트랜잭션이 성공하면, Transaction Receipt를 받게 된다.

- fetchOrders

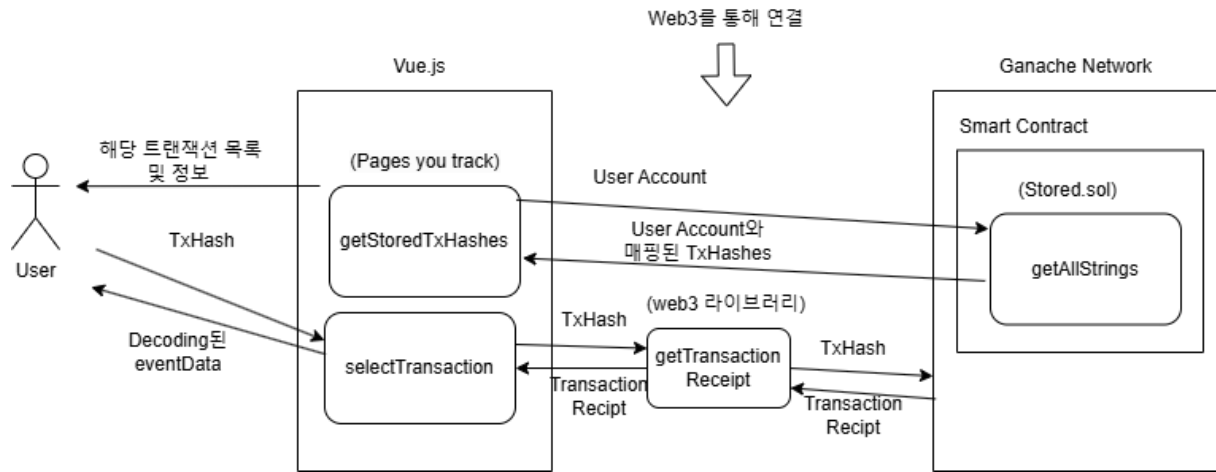
유통자가 'DistributorDashboard.vue'를 통해 블록체인에 저장된 주문 목록을 조회하는 메서드이다. 이 메서드는 'getProduction'이라는 스마트 컨트랙트 함수를 호출하여, status 값이 0(승인 대기 중)인 주문 정보를 블록체인에서 가져온다.

- handleApproveOrder & handleRejectOrder

유통자는 주문 정보를 승인하거나 거절할 수 있다. Approve 버튼을 클릭하면 'handleApproveOrder' 메서드가 실행되어 'approveOrder' 스마트 컨트랙트 함수가 호출되고, 상태(status)가 1로 변경된다. 반대로 Reject 버튼을 클릭하면 'handleRejectOrder' 메서드가 실행되어 'rejectOrder' 스마트 컨트랙트 함수가 호출되며, 상태(status)가 2로 변경된다.

블록에 저장되는 값 중 제품 생산 정보는 해당 주문으로 구매한 제품의 생산 트랜잭션의 해시값을 나타내는 txHash, 소비자의 해당 생상품 구매량을 나타내는 quantity, 그리고 생산 시간을 나타내는 timestamp가 있다.

c. 블록체인 네트워크에서 정보 추적



이 다이어그램은 트랜잭션 추적 기능에서 Vue.js 프론트엔드와 스마트 컨트랙트 간의 상호작용을 나타낸다.

- **getStoredTxHashes**

해당 사용자가 자신의 트랜잭션 기록들을 저장한 스마트 컨트랙트에서 ‘getAllStrings’ 함수를 호출하여 스마트 컨트랙트에 기록된 트랜잭션 해시들을 가져온다.

- **selectTransaction**

사용자가 선택한 트랜잭션 해시를 기반으로 **getTransactionReceipt**를 호출하여, 해당 트랜잭션에 대한 영수증과 이벤트 데이터를 가져온다. 이후 이벤트 데이터들을 **decoding**하여 Vue.js에서 읽을 수 있는 값으로 변환하여 추적 하고자 한 정보의 데이터를 사용자가 읽게 해준다.

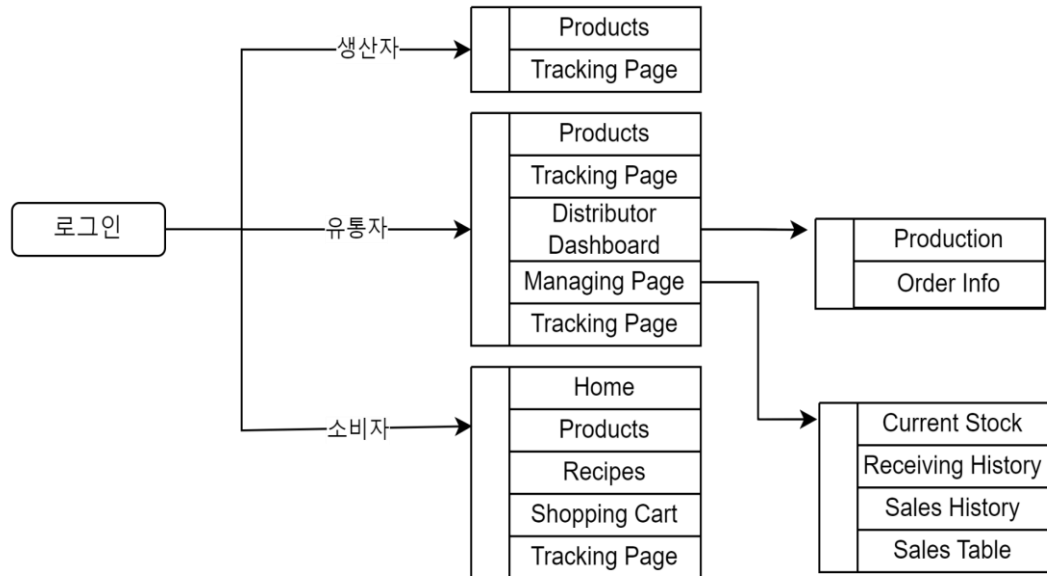
- **getTransactionReceipt**

Web3.js 라이브러리 안에 있는 함수로 블록체인에 기록된 특정 트랜잭션의 **Receipt**를 가져와서 성공 여부와 그 세부 정보를 반환한다.

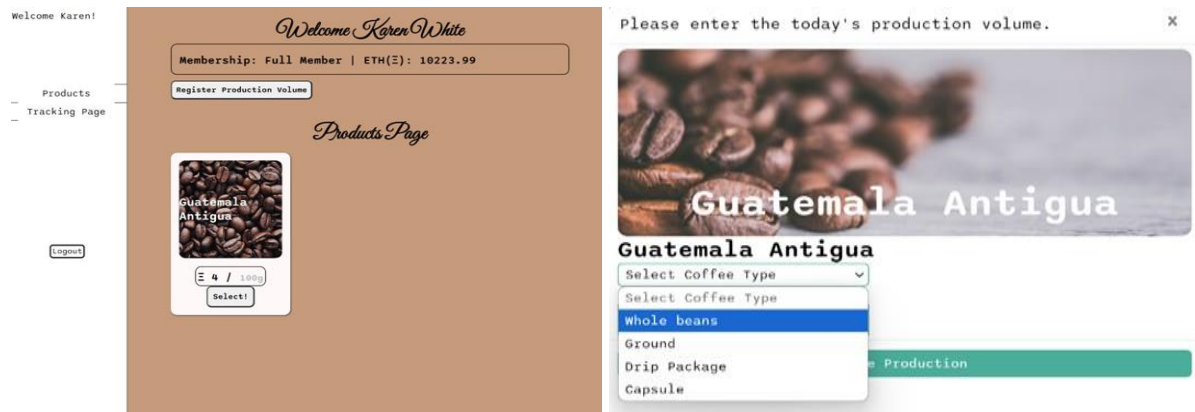
따라서 생산자는 생산 정보 블록, 소비자는 주문 정보 블록, 유통업자는 입고 기록, 출고 기록, 결제 기록 등을 각각 해당하는 페이지에서 추적하게된다.

3.3.5. 기능 시연 및 결과

- 시스템 UI



- 생산자의 생산품 등록 및 입고 요청 동작



생산자 계정으로 로그인 후, 'Products'에 접속하여 'Register Production Volume' 버튼을 누른다. 우측과 같이 입고를 요청하는 윈도우 종류를 선택하고 생산량을 입력한 후 'save production' 버튼 클릭하면 등록이 완료된다.

Please enter the today's production volume. X



Guatemala Antigua

Guatemala Antigua

Ground v

Production Quantity (kg):

2

Transaction Details

Transaction Hash: 0x5fa40a111a9c5d585e53acf36a3570e5a9c679c56905f6b39d371d128fa8f5b4

Block Number: 107

Production Time: 2024. 10. 7. 오후 9:04:55

Total Price: 50 ETH

Close

성공적으로 등록이 완료되면 생산자가 참여중인 블록체인 네트워크에 생산 정보를 담은 블록이 생성되며 위와 같이 화면에 해당 정보가 출력된다.

Stored My Transaction Data

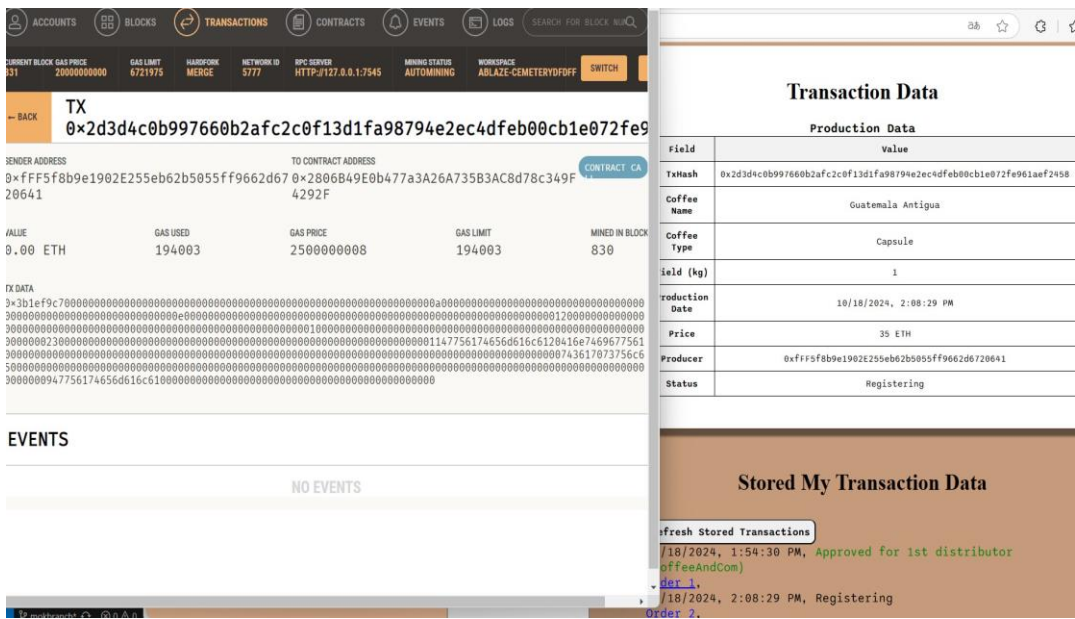
Refresh Stored Transactions

- 10/18/2024, 1:54:30 PM, Registering [Order 1](#),

Transaction Data

Production Data	
Field	Value
TxHash	0x2d3d4c0b997660b2afc2c0f13d1fa98794e2ec4dfeb00cble072fe961aef2458
Coffee Name	Guatemala Antigua
Coffee Type	Capsule
Yield (kg)	1
Production Date	10/18/2024, 2:08:29 PM
Price	35 ETH
Producer	0xFFf5f8b9e1902E255eb62b5055ff9662d6720641
Status	Registering

생산자가 원두를 등록한 이후, 'Tracking Page'에 접속하면 'Stored My Transaction Hashes' 에 자신이 등록한 원두의 목록이 나열된다. 주문 목록을 클릭하면 생산 블록의 트랜잭션 해시와 생산 일자, 승인 상태 여부 등 상세 정보가 출력된다.



좌측 Ganache에서, 생산 정보를 담은 블록 생성된 것을 확인할 수있다.

Transaction Data

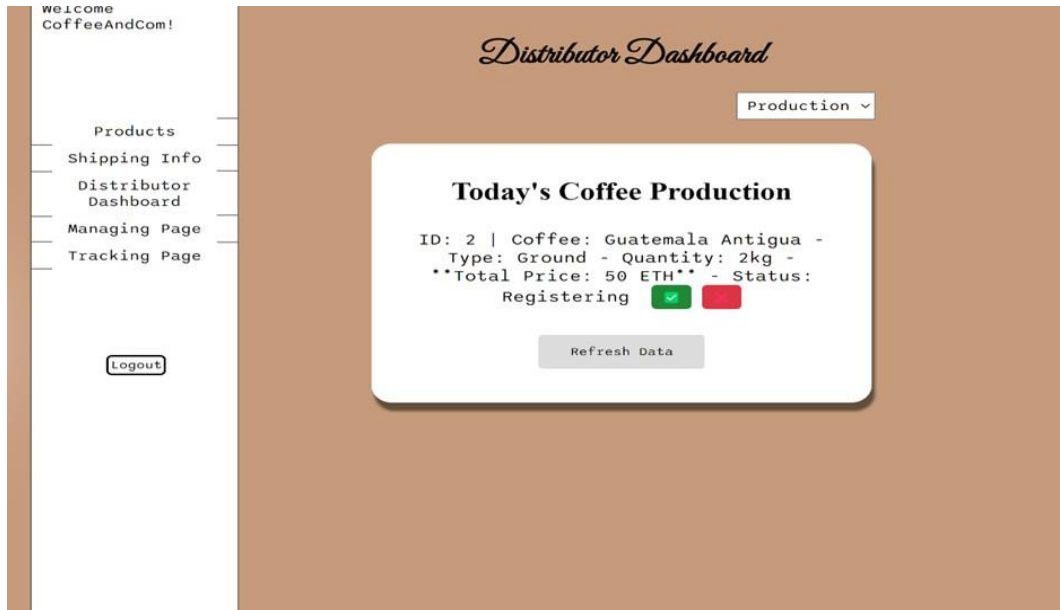
Production Data	
Field	Value
TxHash	0x5fe8bd4cc66813846c752354db15ac7a4d191dee7ed41ec501f7d0a34d17b944
Coffee Name	Guatemala Antigua
Coffee Type	Capsule
Yield (kg)	1
Production Date	10/18/2024, 1:54:30 PM
Price	35 ETH
Producer	0xffF5f8b9e1902E255eb62b5055ff9662d6720641
Status	Approved for 1st distributor (CoffeeAndCom)

Transaction Data

Production Data	
Field	Value
TxHash	0x2d3d4c0b997660b2afc2c0f13d1fa98794e2ec4dfb00cb1e072fe961aef2458
Coffee Name	Guatemala Antigua
Coffee Type	Capsule
Yield (kg)	1
Production Date	10/18/2024, 2:08:29 PM
Price	35 ETH
Producer	0xffF5f8b9e1902E255eb62b5055ff9662d6720641
Status	Rejected for 1st distributor (CoffeeAndCom)

이후 유통자가 생산자가 등록한 주문을 승인하거나 거부하면 Approved 또는 Rejected로 해당 블록의 상태가 변경된다. (왼쪽이 승인, 오른쪽이 거부 화면)

- 유통자 생산품 입고 요청에 대한 처리 동작



유통자 계정으로 'Distributor Dashboard'에 접속하면 생산자가 등록한 원두의 정보와 승인을 결정하는 버튼이 표시된다.

- (선택1: 입고 요청 승인)



승인 버튼을 누르면 해당 원두의 가격과 수량의 곱에 해당하는 **Ether**가 생산자에게 전송되며 **Ether**를 보냈다는 메시지가 출력되고 등록 요청 정보가 사라진다. 그리고 'Managing Page'에 접속하여 'Current stock'을 선택하면 해당 요청에 해당하는 상품의 수량이 증가된 것을 확인할 수 있다.

Receiving history ▾

Receiving history

Entry Date	P-date	Item	Type	Origin	Quantity (kg)	Entry Price	TxHash
10/7/2024, 8:57:50 PM	10/7/2024, 8:57:39 PM	Guatemala Antigua	Drip Package	Guatemala	1	30	0xcb5a...
10/7/2024, 9:20:44 PM	10/7/2024, 9:04:55 PM	Guatemala Antigua	Ground	Guatemala	2	50	0x5fa4...

Sales table ▾

Current ETH(Ξ): 9786.99

Sales Table

Payment Time	Payment Type	Coffee Name	Coffee Type	Amount	TxHash
10/7/2024, 8:57:50 PM	Buy	Guatemala Antigua	Drip Package	-30.00 ETH	0xcb5a...
10/7/2024, 8:58:37 PM	Sell	Guatemala Antigua	Whole beans	+4.00 ETH	0x53f6...
10/7/2024, 8:58:38 PM	Sell	Guatemala Antigua	Drip Package	+6.00 ETH	0x30d8...
10/7/2024, 8:58:57 PM	Refund	Guatemala Antigua	Whole beans	-4.00 ETH	0x53f6...
10/7/2024, 9:20:44 PM	Buy	Guatemala Antigua	Ground	-50.00 ETH	0x5fa4...

또한 ‘Receiving history’를 선택하면 승인한 원두의 재고가 업데이트된 것을 확인할 수 있으며, ‘Sales Table’을 선택하면 Ether 잔액과 지출 내역이 업데이트된 것을 확인 가능하다. (예시에서 원두를 구매하였기에, ‘Payment Type’에 Buy로 표시되었다.)

○ (선택2: 입고 요청 거부)

localhost:8080 내용: Production rejected

확인

butor Dashboard

Production ▾

Today's Coffee Production

ID: 4 | Coffee: Guatemala Antigua - Type: Drip Package - Quantity: 1kg - **Total Price: 30 ETH** - Status: Registering 🟢 🔴

Refresh Data

Logout

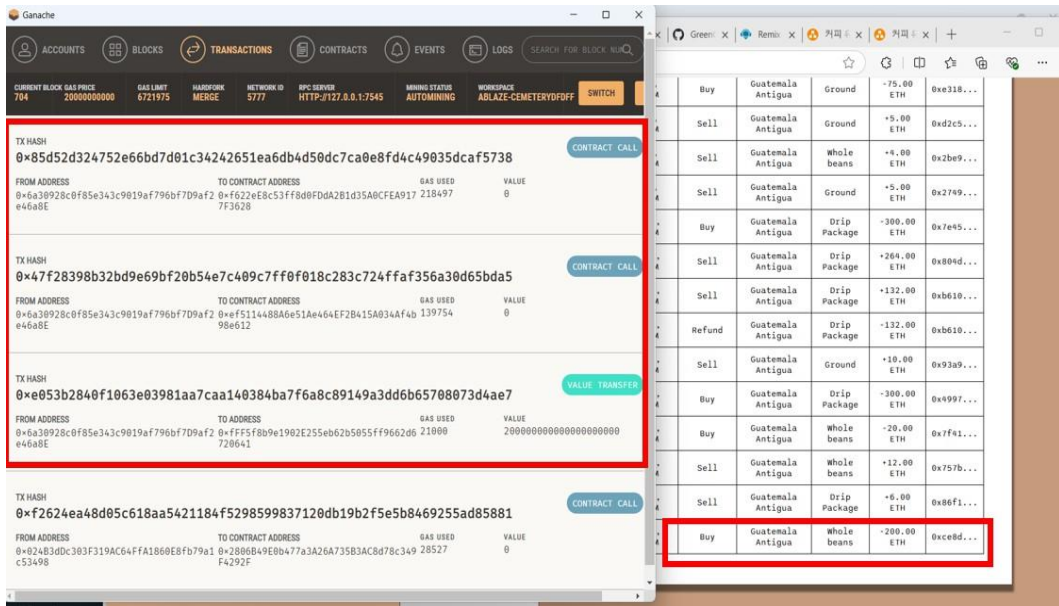
Products
pping Info
istributor
ashboard
aging Page
cking Page

Receiving history ▾

Receiving history

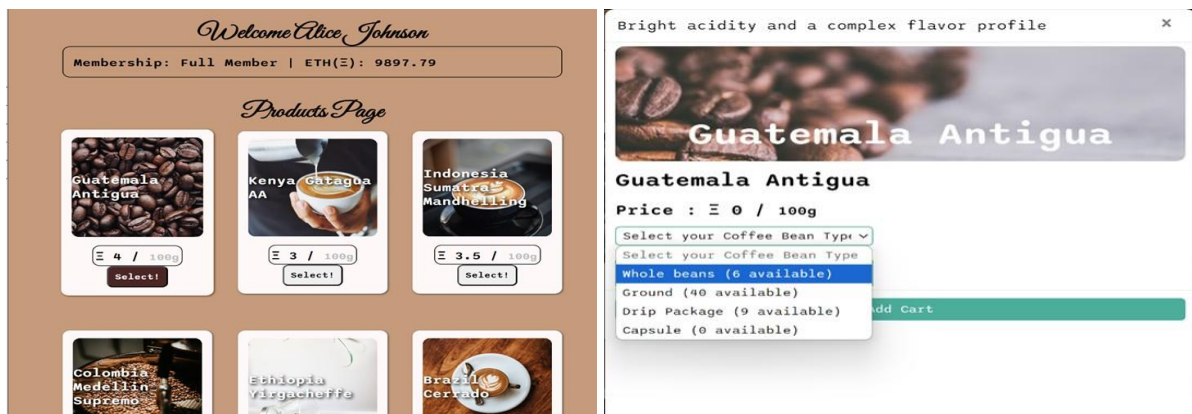
Entry Date	P-date	Item	Type	Origin	Quantity (kg)	Entry Price	TxHash
10/7/2024, 8:57:50 PM	10/7/2024, 8:57:39 PM	Guatemala Antigua	Drip Package	Guatemala	1	30	0xcb5a... Transaction Hash 0xcb5a931738540f8bbe0bb657d8e41a5ee00e7b3d9e77000deba1ad96181599f Close
10/7/2024, 9:20:44 PM	10/7/2024, 9:04:55 PM	Guatemala Antigua	Ground	Guatemala	2	50	0x5fa4...

입고 요청 거부 버튼을 누르면 “Production rejected”라는 메시지가 출력되고 등록 요청 정보가 사라진다. ‘Managing Page’에 접속하면 업데이트되지 않았음을 알 수 있다. 우측과 같이, ‘Receiving history’와 ‘Sales Table’에 나와 있는 트랜잭션 해시 값들을 클릭하면 트랜잭션 해시 값의 전체 값이 표시된다. (해당 값은 생산자가 생성한 값이다.)



좌측 Ganache에서 유통자가 생상품 입고 요청을 수락했을 때 트랙잭션 해시가 생성됨을 확인할 수 있다.

- 소비자가 유통자에게 물품 출고를 요청하는 동작



소비자의 계정으로 로그인하여 'Products'에 접속하면, 소비자가 보유한 Ether의 양과 구매 가능한 상품의 목록이 표시된다. 'Select!' 버튼을 클릭하면, 원두의 Type과 구매 가능한 원두의 양이 표시된다. 그리고 원두를 선택한 후 'add Cart' 버튼을 클릭하면, 원두를 장바구니에 담을 수 있다.

ShoppingCart

Product	Type	Price	Amount	Subtotal	Options
Guatemala Antigua	Whole beans	4.00	1	4.00	<div>×</div>

Order Details

- Guatemala Antigua x 1(100g, Whole beans)
 - Origin: Guatemala
 - Production day:
 - 1. 10/5/2024, 4:43:05 PM, 1 units

Total: 4.00(4.00(price) - 0.00(discount))

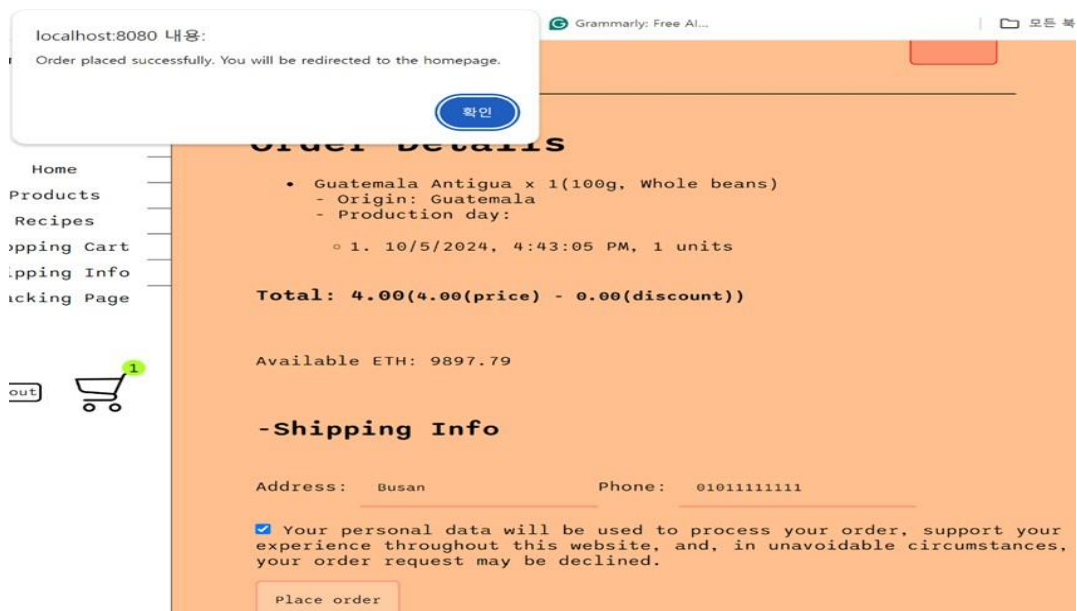
Available ETH: 9897.79

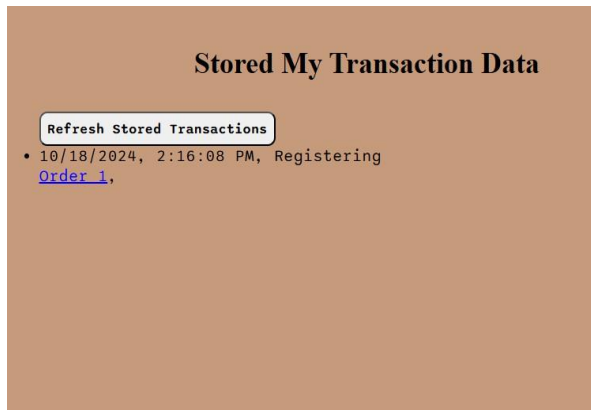
Order Details

- Guatemala Antigua x 1(100g, Whole beans)
 - Origin: Guatemala
 - Production day:
 - 1. 10/5/2024, 4:43:05 PM, 1 units

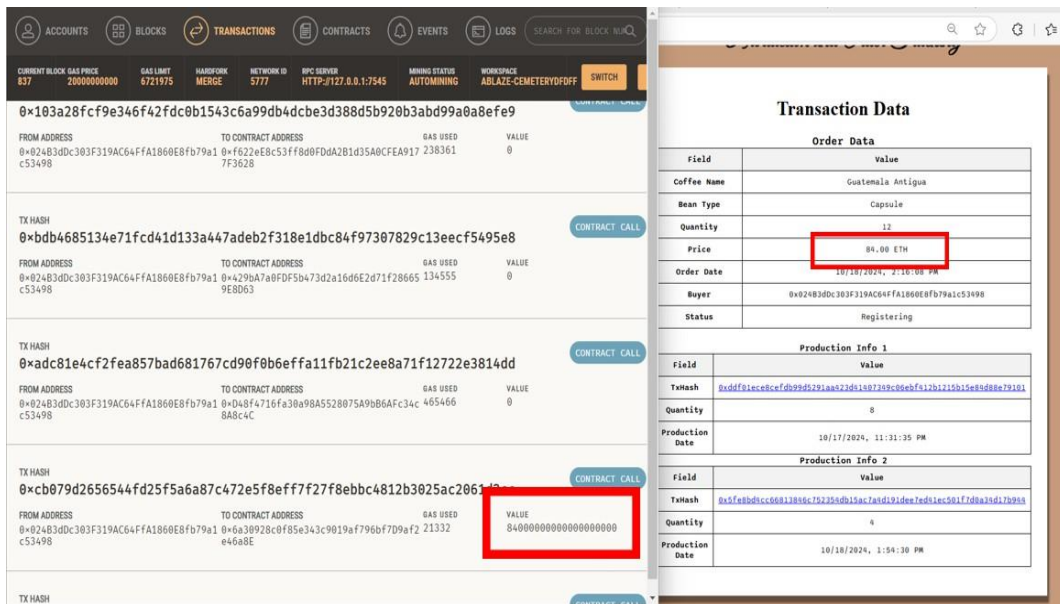
Total: 4.00(4.00(price) - 0.00(discount))

Available ETH: 9897.79





'Tracking Page'에 접속하면 해당 요청 정보가 등록되어 있음을 다시 한번 확인 가능하고 'Products'에 접속하면 구매한 원두의 양만큼 판매 가능 수량이 줄어들어 있음을 확인 가능하다.



좌측 Ganache에서 소비자가 출고 요청 시 주문한 가격만큼의 Ether 전송 트랜잭션이 발생한 것을 확인할 수 있다.

- 유통자의 출고 요청에 대한 처리 동작

Sales table

Current ETH(Ξ): 9790.99

Sales Table

Payment Time	Payment Type	Coffee Name	Coffee Type	Amount	TxHash
10/7/2024, 8:57:50 PM	Buy	Guatemala Antigua	Drip Package	-30.00 ETH	0xcb5a...
10/7/2024, 8:58:37 PM	Sell	Guatemala Antigua	Whole beans	+4.00 ETH	0x53f6...
10/7/2024, 8:58:38 PM	Sell	Guatemala Antigua	Drip Package	+6.00 ETH	0x30d8...
10/7/2024, 8:58:57 PM	Refund	Guatemala Antigua	Whole beans	-4.00 ETH	0x53f6...
10/7/2024, 9:20:44 PM	Buy	Guatemala Antigua	Ground	-50.00 ETH	0x5fa9...
10/7/2024, 9:59:26 PM	Sell	Guatemala Antigua	Whole beans	+4.00 ETH	0xeea4...

Welcome CoffeeAndCom!

Products

Shipping Info

Distributor Dashboard

Managing Page

Tracking Page

Logout

Distributor Dashboard

Order Info

Order Information

Order ID: 3 | Coffee: Guatemala Antigua - Type: Whole beans - Quantity: 1 - Price: 4.00 ETH - Buyer: 0x0639fa25339c6e7c89a69af5e9e08d02fea608db - Status: Registering

Refresh Data

유통자의 'Managing Page'의 'Sales Table'을 확인해보면 소비자의 출고 요청에 해당하는 대금만큼의 Ether가 증가했음을 확인할 수 있다. (Payment Type: Sell) 또한 'Distributor'에서 'Order Info'에 접속하면 유통자가 소비자에게 받은 출고 요청 정보가 표시되고, 해당 원두의 출고 여부를 선택할 수 있는 화면이 출력된다.

- (선택1: 출고 승인)

localhost:8080 내용:

Order approved

확인

Grammarly: Free AL...

Distributor Dashboard

Order Info

Order Information

Order ID: 3 | Coffee: Guatemala Antigua - Type: Whole beans - Quantity: 1 - Price: 4.00 ETH - Buyer: 0x0639fa25339c6e7c89a69af5e9e08d02fea608db - Status: Registering

Refresh Data

Products

Shipping Info

Distributor Dashboard

Managing Page

Tracking Page

Logout

Managing Page

Sales history

Sales history

Dispatch Date	O-date	Item	Type	Quantity(100g)	Price	TxHash
10/7/2024, 8:59:01 PM	10/7/2024, 8:58:38 PM	Guatemala Antigua	Drip Package	1	6.00 ETH	0x30d8...
10/7/2024, 10:07:30 PM	10/7/2024, 9:59:26 PM	Guatemala Antigua	Whole beans	1	4.00 ETH	0xeea4...

출고 승인 버튼을 클릭하면 주문이 승인되었다는 메시지가 표시되고 'Order Information' 목록에서 해당 출고 요청 정보가 사라진다 'Sales history'에 접속하면 출고 정보를 담은 블록이 생성되었음을 확인할 수 있다.

○ (선택2: 출고 거부)

localhost:8080 내용:
Order rejected and refund of 4 ETH sent to buyer.

확인

Grammarly: Free AI...

Order Info ▾

Order Information

Order ID: 4 | Coffee: Guatemala Antigua - Type: Whole beans - Quantity: 1 - Price: 4.00 ETH - Buyer: 0x0639fA25339c6e7cB9a69aF5E9E08D02fEa608DB - Status: Registering ✓ ✗

Refresh Data

Current stock ▾

Current Stock (unit: 100g)

Item	Whole beans	Ground	Drip Package	Capsule
Guatemala Antigua	5	40	9	0
Kenya Gatagua AA	0	0	0	0
Indonesia Sumatra Mandhelling	0	0	0	0
Colombia Medellin Supremo	0	0	0	0
Ethiopia Virgacheffe	0	0	0	0
Brazil Cerrado	0	0	0	0
Vietnam Robusta	0	0	0	0
Costa Rica Tarrazu	0	0	0	0
Aurora Venecia Natural	0	0	0	0
Peru Penachi	0	0	0	0
Las Rosas	0	0	0	0
MURAMBA	0	0	0	0

재고의 부족 등의 이유로 출고를 거부하면 자동으로 출고 요청시 전송됐던 **Ether**가 다시 소비자에게 전송된다. ‘Current stock’을 확인해보면 다시 이전과 같은 재고로 변경되었음을 확인할 수 있다.

Sales table ▾

Current ETH(Ξ): 9790.99

Sales Table

Payment Time	Payment Type	Coffee Name	Coffee Type	Amount	TxHash
10/7/2024, 8:57:50 PM	Buy	Guatemala Antigua	Drip Package	-30.00 ETH	0xcb5a...
10/7/2024, 8:58:37 PM	Sell	Guatemala Antigua	Whole beans	+4.00 ETH	0x53f6...
10/7/2024, 8:58:38 PM	Sell	Guatemala Antigua	Drip Package	+6.00 ETH	0x30d8...
10/7/2024, 8:58:57 PM	Refund	Guatemala Antigua	Whole beans	-4.00 ETH	0x53f6...
10/7/2024, 9:20:44 PM	Buy	Guatemala Antigua	Ground	-50.00 ETH	0x5fa4...
10/7/2024, 9:59:26 PM	Sell	Guatemala Antigua	Whole beans	+4.00 ETH	0xeea4...
10/7/2024, 10:15:33 PM	Sell	Guatemala Antigua	Whole beans	+4.00 ETH	0x5eba...
10/7/2024, 10:15:42 PM	Refund	Guatemala Antigua	Whole beans	-4.00 ETH	0x5eba...

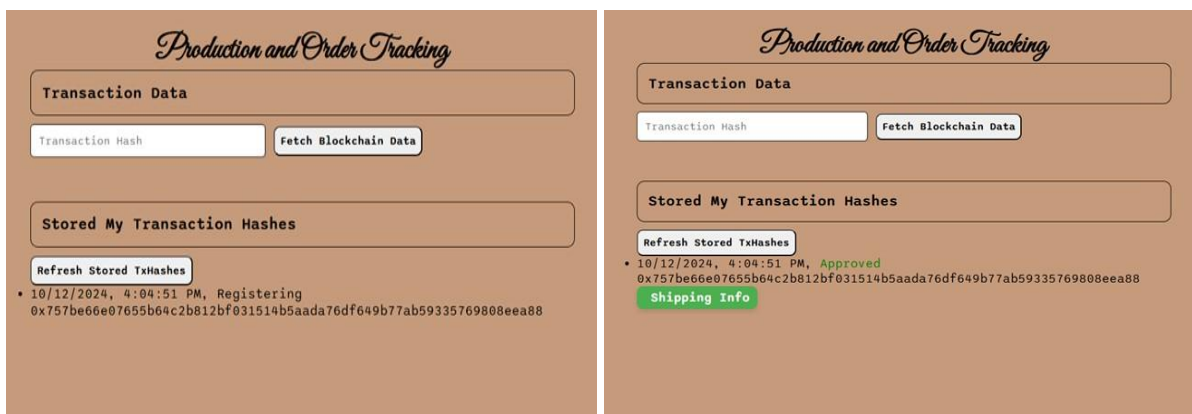
‘Sales table’을 확인해보면 환불한만큼 유통자의 계좌에서 **Ether**가 빠져나갔다는 기록의 블록이 생성되었음을 확인할 수 있다. (Payment Type: Refund)

- 소비자가 구매한 상품의 생산 정보를 추적하는 동작



주문이 성공적으로 완료되면 ‘Tracking Page’에서 주문한 원두의 정보가 담긴 트랜잭션 해시 값이 ‘Stored My Transaction Hashes’에 표시된다. ‘Transaction Data’에 해당 트랜잭션 해시 값을 입력하면 해당 주문 정보를 담은 ‘Order Data’를 확인할 수 있다. ‘Production Info’에 표시되는 트랜잭션 해시 값은 생산자가 원두를 유통자에게 입고 요청을 할 때 만들어진, 생산 정보를 담은 트랜잭션 해시 값이다. 해당 값을 입력하면 생산자나 유통자가 조회할 수 있었던 생산 정보를 똑같이 추적할 수 있다.

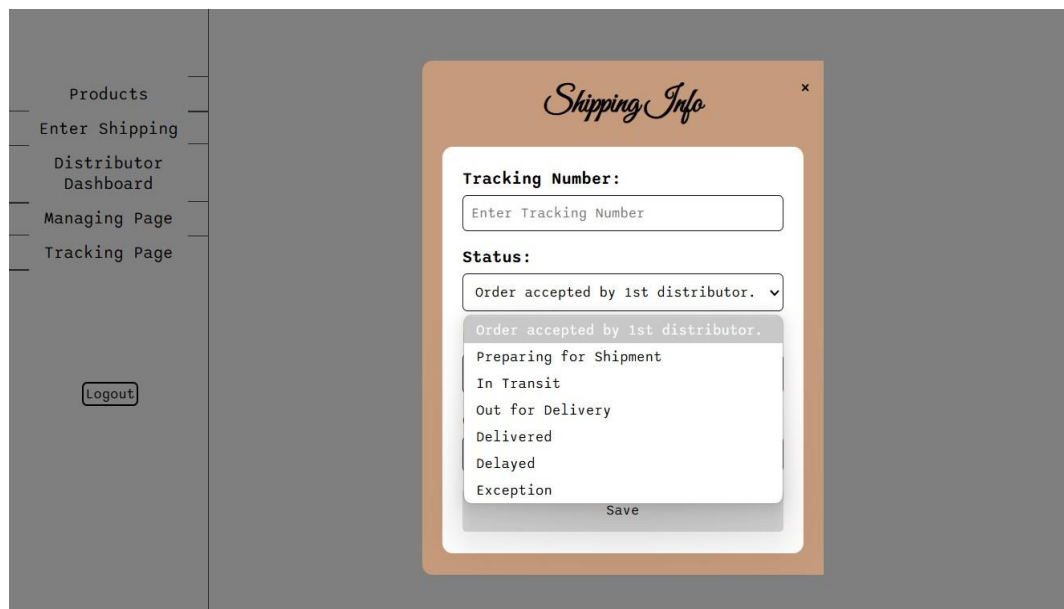
- 배송 동작



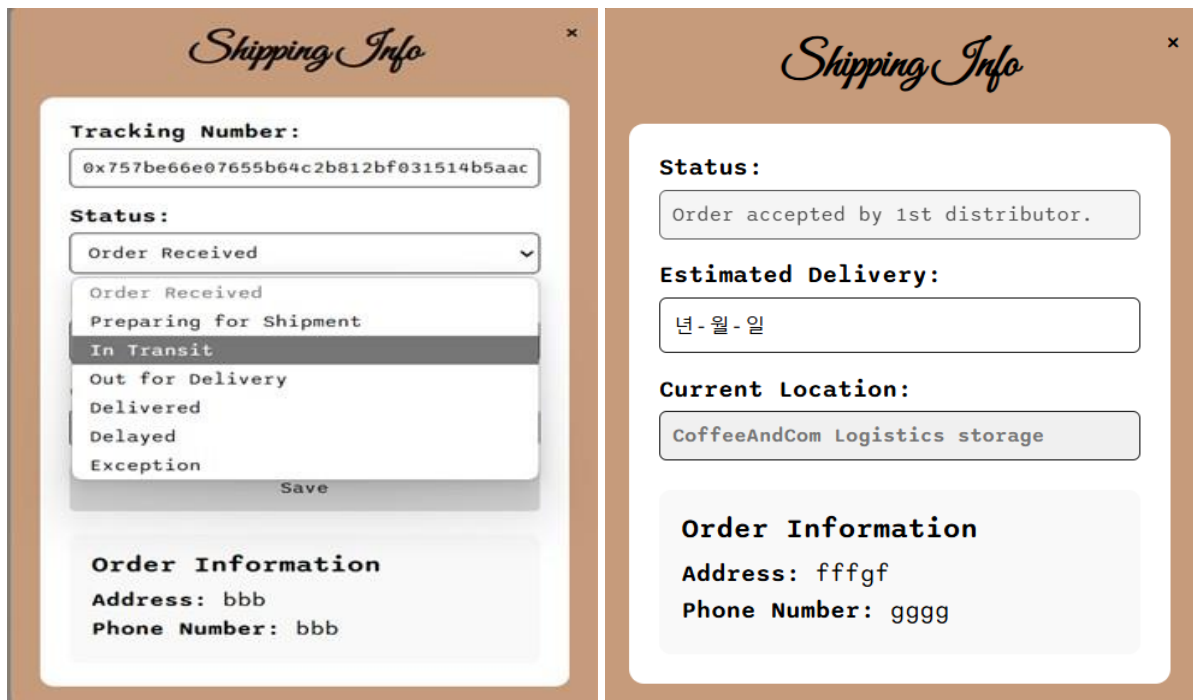
소비자가 출고를 요청한 후, 유통자가 해당 주문의 승낙 여부를 결정하지 않았다면, 좌측과 같이, 배송 정보가 출력되지 않는다. 유통자의 계정에서 주문을 수락하면 ‘Shipping Info’를 확인할 수 있는 녹색 버튼이 생성된다.



주문을 승인한 직후에, 유통자가 등록한 정보가 존재하지 않다면 'Order Received', 'CoffeeAndCom Logistics storage'와 같은 기본 값이 나타나게 되며 예상 도착일은 비어 있다.



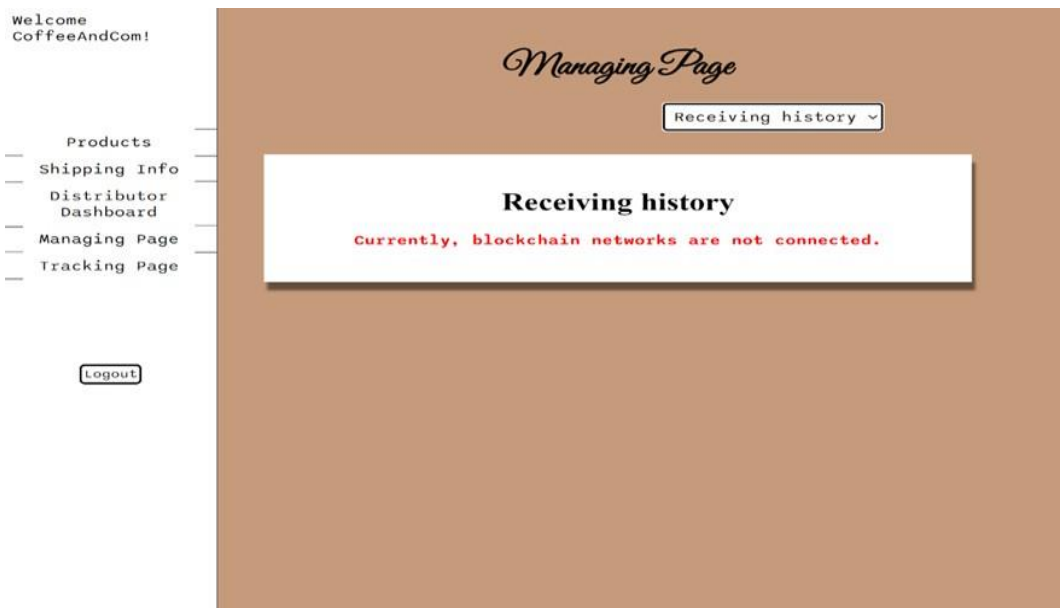
유통자 계좌로 로그인 하여 'Enter Shipping'에 접속하면 소비자에게 표시되는 배송 상태를 입력할 수 있는 영역이 나타난다.



왼쪽의 사진과 같이 'Tracking Number'에 트랜잭션 해시 값(소비자가 출고 요청할 때 생성된 주문 정보 트랜잭션)을 입력하면 소비자가 입력한 주소와 전화번호가 표시되며, 유통자는 해당 주문의 배송 상태에 따른 배송 정보를 수정 및 설정할 수 있다. 기본 배송 상태는 승인한 유통자의 주소지로 설정되었었다.

오른쪽의 사진과 같이 소비자의 계정에 접속하여 해당 주문의 'Shipping Info'를 확인하면 유통자가 설정한 값이 출력된다. 여기서 스마트 컨트랙트로 배송 로직을 구현하여 'status'를 유통자만 변경이 가능하도록 설정하였다.

- 기타 동작
 - 블록체인 네트워크 연결 상태 확인



‘Managing’ 페이지나 ‘Tracking’ 페이지는 블록체인 네트워크에서 정보를 불러오기에, 블록체인 네트워크가 꺼지면 위와 같이 네트워크에 연결되어 있지 않다는 메시지가 표시된다.

○ ‘Recipes’ 페이지



소비자 계정으로 로그인하여 ‘Recipes’에 접속하면 커피 제조하는 방법이 표시됨을 확인할 수 있다.

4. 산학협력 멘토의견서 관련 보완/대응방안

본 프로젝트는 멘토님의 조언을 바탕으로 여러 보완 및 대응 방안을 마련하였다.

먼저, 커피 물류 관리에 국한되지 않고 다양한 제품이나 서비스로 확장 가능하도록 시스템을 설계하였다. 이를 통해 프로젝트의 유연성과 확장성을 강화하였다. 또한, 전체적인 프로젝트 목표와 최종 결과물에 대해 도식화 및 서술을 통해 프로젝트 결과를 명확히 전달하였다.

특히, 세부 목표와 각 모듈에 대한 설명을 추가하여 시스템의 이해도를 높이도록 했다. 데이터 구조와 흐름을 도식화하여 설계 산출물로 활용하였으며, 최종 결과물의 세부 기능과 처리 결과도 명확히 서술하였다.

마지막으로, 사용자 인터페이스와 화면 구성을 제시하고 이에 대한 설명을 추가하여 최종 결과물이 어떻게 구현될지를 예측할 수 있도록 하였다.

5. 연구 결과 분석 및 평가

본 연구에서는 스마트 컨트랙트와 프라이빗 블록체인 기술을 활용하여 커피 물류 관리 시스템을 구현하였다. 이를 통해 기존 물류 시스템에서 발생하는 데이터의 불투명성, 중앙화된 시스템의 신뢰성 문제를 해결하고자 하였다. 해당 시스템은 **Ganache**, **Remix IDE**, **Vue.js**를 활용하여 개발되었으며, 스마트 컨트랙트를 통해 물류 프로세스의 자동화와 데이터의 투명성을 높이는 데 주력하였다.

그러나 구현 과정에서 몇 가지 한계점이 나타났다. 먼저, 하이퍼레저 패브릭(**Hyperledger Fabric**)이 아닌 **Ganache**를 사용함으로써 엔터프라이즈급 프라이빗 블록체인 네트워크의 기능을 충분히 활용하지 못했다. 하이퍼레저 패브릭은 기업 환경에 적합한 모듈식 아키텍처와 고도의 접근 제어 기능을 제공하지만, 본 연구에서는 개발의 용이성과 테스트 환경의 제약으로 인해 **Ganache**를 선택하였다.

또한, 원장에 참고 정보, 보험 정보 등 모든 관련 정보를 완벽하게 담지 못하였다. 이는 데이터의 불완전성과 추적성의 한계를 야기하여 물류 프로세스의 투명성과 효율성을 저해할 수 있다. 추후에 전체 공급망에 대한 포괄적인 정보를 블록체인에 기록할 수 있도록 로직을 확장함으로써 시스템의 신뢰성과 투명성을 더욱 높일 수 있을 것이다.

6. 결론 및 향후 연구 방향

결론적으로, 본 연구는 스마트 컨트랙트와 프라이빗 블록체인을 활용하여 커피 물류와 관련한 데이터를 저장할 수 있는 시스템을 구현함으로써 부정확한 원산지 기록과 복잡한 공급망 구조로 인한 품질 검증 부족 문제를 해결하고 이해관계자들이 커피 생산 정보, 주문 정보 및 배송 정보들을 실시간으로 추적 가능하도록 하였다.

향후 연구에서는 이해관계자를 더욱 확장하여, 제1 운송업자부터 최종 유통자까지의 전체 유통 과정을 구현하는 것을 목표로 할 것이다. 이를 통해 물류 흐름의 모든 단계를 보다 정확하게 추적하고, 각 운송 단계에서 발생할 수 있는 문제점을 빠르게 식별할 수 있다.

또한, 하이퍼레저 패브릭으로의 전환, 데이터베이스 및 보안 체계 구축, 사용자 인증 및 권한 관리 강화, 원장 데이터의 포괄성 증대 등 여러 개선 사항에 대한 추가적인 연구가 요구된다. 이러한 개선 사항을 반영하여 시스템을 발전시킨다면, 커피 물류뿐만 아니라 다양한 산업 분야에서 효율성과 신뢰성을 향상시키는 중요한 발판이 될 것이다.

7. 개발 일정 및 역할 분담

7.1. 개발 일정

개발 구분	5					6				7				8					9			
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	5	1	2	3	4
사전 자료 조사																						
블록체인 스터디																						
개발 프레임워크 스터디																						
블록체인 네트워크 구축																						
체인코드 개발																						
웹 UI 및 개발																						
테스트 및 수정																						
최종 점검 및 발표 준비																						

7.2. 역할 분담

학번	이름	구성원별 역할
201924586	조주영	UI/UX 설계 Vue.js를 통한 플랫폼 개발
201924436	김영목	Remix IDE를 통한 체인코드 개발 Web3를 통한 백엔드 서버 연동
201941171	장영철	Remix IDE를 통한 체인코드 개발 블록체인 네트워크 구축
공통		사전 자료조사 관련 논문 분석

8. 참고문헌

- [1] W. J. Cho, "Decreasing Coffee Bean Harvests... The Crisis in the Coffee Industry Has Already Begun," The Economist Korea, Mar. 2024. Available: <https://economist.co.kr/article/view/ecn202403050020> (accessed Oct. 2024).
- [2] N. Lee, "Common Factors of Starbucks, Twosome Place, and Coffee Bean?... 'CJ Logistics Service Use'," NewsTop, May 26, 2023. Available: <https://www.newstof.com/news/articleView.html?idxno=20750> (accessed Oct. 2024).
- [3] S. A. Lee, "Blockchain Leading Global Economic Change with Various Applications in Innovative Growth," NICE Credit Information, Apr. 19, 2021. Available: https://w4.kirs.or.kr/download/ind/혁신성장_블록체인_다양한활용성으로_세계경제변화를_주도할_혁신기술_NICE평가정보.pdf (downloaded Oct. 5, 2024).
- [4] J. Y. Lee, "Innovation in Distribution and Logistics Services through Blockchain: Case Studies and Implications," Future Horizon Insight, Science and Technology Policy Institute, 2019.
- [5] "Blockchain in Supply Chain Management: Case Study," Cryptomus, June 18, 2024. Available:

<https://cryptomus.com/blog/blockchain-in-supply-chain-management-case-study?srsId=AfmBOorA8krePuwjK91HwTgUTNiB7BxciscAXG8nseIYYMZAIXqstEvE> (accessed Oct. 5, 2024).

[6] Y. J. Lee, "Concept and Advantages of Blockchain Smart Contracts," CodeStates, Available: <https://www.codestates.com/blog/content/블록체인-스마트-컨트랙트-개념-및-장점> (accessed Oct. 5, 2024).

[7] H. J. Kim, "Blockchain Technology for Accelerating the Achievement of SDGs in Developing Countries," Journal of Infectious Diseases in Developing Countries, 2018. Available: https://www.ejdc.org/download/download_pdf?pid=jjdc-2018-3-131 (accessed Oct. 5, 2024).

[8] S. J. Kim, "Africa's Mobile Subscribers Expected to Surpass 600 Million by 2025," Yonhap News Agency, Nov. 1, 2020. Available: <https://www.yna.co.kr/view/AKR20201101064100099> (accessed Oct. 5, 2024).

[9] H. G. Hyun, J. H. Moon, G. T. Jeong, J. A. Kim, and J. H. Min, Blockchain Trends 2022–2023, Business Books, 2022. (accessed Oct. 5, 2024).