

블록체인 기반의 주유소 시스템

최승주* 서화정*

*한성대학교 IT융합과

e-mail:bookingstore3@gmail.com

Blockchain based Gas Station System

Seung-Ju Choi* Hwa-Jeong Seo*

*Dept of Applied IT, Hansung University

요 약

본 논문에서는 블록체인 기반의 주유소 시스템을 제안하였다. 매년 주유소에서 발생하는 대표적인 불법 행위인 경유와 등유를 섞어 제조한 가짜 석유 판매 및 정량 미달 기름 판매를 막기 위해 주유소 기름의 이상 여부를 확인하는 시스템을 이더리움 블록체인의 스마트 컨트랙트를 통해 구현하였다. 시스템의 적용을 보이기 위해 가상의 주유소를 웹페이지로 구현하였으며, 시스템과 기기들 간의 상호작용을 확인하였다.

1. 서론

최근 주유소를 이용하는 소비자들이 피해를 보는 사례들이 다수 발생하고 있다. 피해 사례는 크게 등유에 경유를 섞어 만든 가짜 석유 주입으로 인한 차량 훼손 및 정량을 속여 금전적 피해를 입히는 사례 등이 있다. 본 논문에서는 주유소에서 기름을 주입하고 관리할 때 발생하는 데이터들을 블록체인에 기록하여 조작이 어렵고, 기록된 데이터를 관계자들이 바로 확인할 수 있는 주유소 시스템을 제안한다. 시스템은 오픈 소스 블록체인인 이더리움의 스마트 컨트랙트를 활용한다. 제안 시스템의 유용성과 가능성을 보이기 위해 IoT 기기와 가상 주유소를 웹페이지로 제작해 실험을 진행한다.

2. 관련 연구

2.1 블록체인

블록체인[1]은 P2P 관계로 연결된 분산데이터베이스로서 블록체인 네트워크 참여자들끼리 데이터의 무결성 및 보안을 보장한다. 블록체인의 가장 큰 특징은 악의를 가진 참여자가 블록체인의 데이터베이스에 조작을 가하기 위해서는 네트워크 참여자의 50% 이상을 동시에 조작해야 한다는 점에 있다. 이러한 조건은 데이터에 대한 조작이 거의 불가능하게 만들며, 이러한 구조는 블록체인 기술의 보안성과 신뢰성을 보장해준다.

2.2 기존 주유소 감시 시스템

주유소의 가짜 석유 제품 제조 및 유통을 감시하는 방안을 연구한 사례가 있다[2]. 사례에서는 유통 과정에 대한 다양한 법적 및 제도적 감시 방안을 제시하여 가짜 석유 유통을 방지하는 방법을 제시한다. 그러나 제도적인 접근

으로 가짜 석유의 유통을 막기는 힘든 사례 또한 존재한다[3]. 하여 사람이 개입되어 있는 유통의 과정만을 감시하는 것이 아닌 해당 주유소의 기름 탱크에서 바로 측정된 데이터와 블록체인 시스템을 통해 사람의 개입을 최소화 하면서 신뢰할 수 있는 기름이 유통될 수 있도록 시스템을 형성하는 것 또한 필요하다.

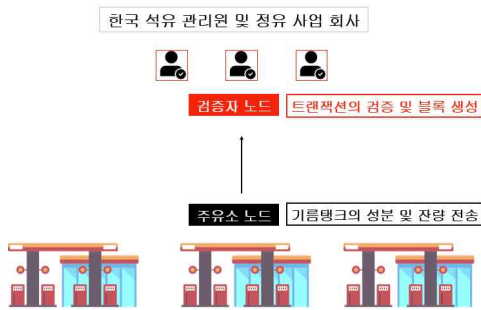
3. 시스템

1. 시스템 설계

시스템은 크게 정유사 노드와 가맹 주유소 노드로 구성되어 있다. 정유사 노드는 가맹 주유소 노드들이 전송하는 트랜잭션을 검증 후 블록체인에 갱신하는 역할을 하며, 가맹 주유소 노드들은 보유하고 있는 탱크의 기름 변동량을 센서로 읽은 값을 담은 트랜잭션을 발생한다. 이 노드들은 블록체인은 합의 알고리즘 방식을 채택하여 네트워크가 생성될 때 미리 검증된 노드들이며 이 노드들이 블록체인 네트워크를 운영하게 된다.

네트워크는 권한 증명 기반 이더리움의 프라이빗 네트워크를 사용하여 다른 불필요한 노드들의 참여는 방지하였다. 노드는 2개의 부트노드와 4개의 검증자 노드로 구성했다. 서버 권역은 2개로 구성하였고 각 서버 권역에는 2개의 검증자 노드가 존재한다. 부트노드는 네트워크 내의 노드들이 서로 인식할 수 있게 해주는 역할을 하고, 검증자 노드들은 주유소 노드에서 발생한 트랜잭션을 블록체인에 반영해주는 역할을 한다. 만약 주유소 노드에서 보낸 트랜잭션에 이상이 감지되면 이벤트 로그가 위변조 불가능한 기록으로 남게 되고 그 내용을 쉽게 확인할 수 있다. 네트워크를 2개 권역으로 구성함으로써 하나의 권역에 물리적

손상이 가해져도 네트워크를 유지할 수 있게 한 것이다.



(그림 1) 블록체인 네트워크 구성

실제 블록체인이 주유소에 적용 되었을 때의 루틴은 다음과 같다. 먼저 각 주유소는 노드로서 검증자 노드의 블록체인 네트워크에 참여를 한다. 검증자 노드로부터 확인이 되어 참여가 완료되면 주유소의 빈 탱크에 정유사로부터 경유를 공급받아 탱크를 채운다. 이때 정유사 차량에서 탱크로 공급한 양을 정유사 차량 탱크의 센서를 통해 체크를 한다. 탱크에 경유 공급이 완료되었다면 주유소의 탱크에서 측정된 공급받은 기름의 양과 차량에서 공급해준 기름의 양을 스마트 컨트랙트에 트랜잭션을 보내 확인하고, 두 측정된 값이 동일하다면 정상영업을 시작한다. 주유가 필요한 차가 주유소에 들어오게 되면 주유기에서 주유가 시작이 된다. 모든 주유기에서 차량이 배정되어 주유가 될 수도 있으며 단 한 대의 차량만 배정되어 주유가 될 수도 있다. 주유기에 달린 주유기 모듈은 모든 주유기에서 주유가 종료될 때까지 대기한다. 모든 주유기에서 주유가 끝이 나면 총 주유를 한 주유량과 탱크에 부착된 센서로 측정된 수위 및 기름의 식별 값을 아두이노가 시리얼 통신을 통해 라즈베리파이로 전송을 한다. 그림 라즈베리파이는 아두이노로부터 받는 총 주유량, 탱크 내 기름 수위, 기름의 식별값을 담은 트랜잭션을 블록체인에 발생시킨다. 마지막으로 검증자 노드에서 주유소 노드에서 발생한 트랜잭션을 모아 블록을 생성하고 반영을 하게 되고 스마트 컨트랙트에 의해 이상 여부를 확인하는 과정을 거친다.

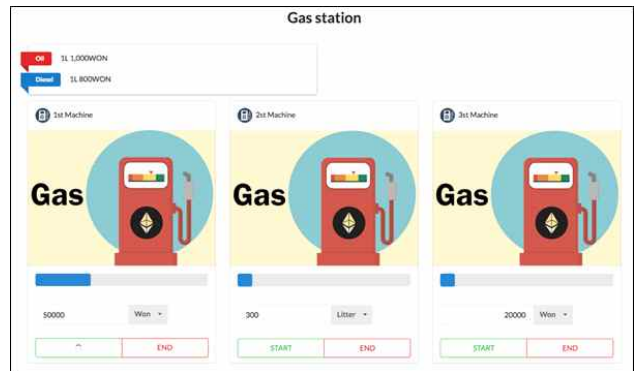
이상을 발견하게 되는 경우에는 2가지가 있다. 첫 번째 경우, 주유 전 측정된 탱크 내 경유 잔여량이 차량에 주유를 한 양과 주유 후 탱크 내 경유 잔여량을 합친 것보다 많은 경우이다. 이러한 경우는 경유가 원래 있었어야 하는 양보다 더 적게 측정이 된 경우이다. 정상적으로 기름이 빠져나가는 것은 주유기를 통해서만 가능한 일이기 때문에 이러한 경우 기름이 다른 방법을 통해 추출이 되었다는 합리적인 추론이 가능하다. 하여 이러한 이상 현상을 스마트 컨트랙트의 이벤트 로그 기능을 통해 블록체인에 기록을 해 놓는다. 두 번째 경우, 주유 전 측정된 탱크 내 경유 잔여량이 차량에 주유를 한 양과 주유 후 탱크 내 경유 잔여량을 합친 것보다 적은 경우이다. 이러한 경우

원래 있어야 하는 경유의 양보다 양이 더 많이 측정이 된 경우로서 외부에서 탱크에 다른 물질이 유입이 되었다고 판단 될 수 있다.

이 외에 다른 예외적인 상황으로서는 탱크에 기름을 공급하기 위해 정상적으로 기름을 채우는 상황 또는 기름 탱크를 청소하기 위해 기름을 비우는 현상이 있다.

2. 시스템 구현

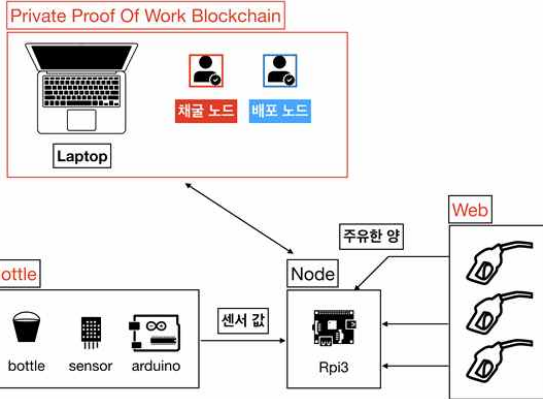
블록체인 시스템 구현은 구현이 용이하며 스마트 컨트랙트 구현에 관한 자료를 구하기 쉬운 이더리움의 프라이빗 블록체인을 사용하였으며 합의 알고리즘은 작업 증명 방식을 채택했다. 실제 주유소에서 기름을 넣는 상황을 재현하기 위해 주유소는 그림 2와 같이 웹페이지로 구현하였다. 또한 정유사로부터 기름을 공급받는 상황은 제외했다.



(그림 2) 주유소 구현

주유소의 기름 탱크는 실제로 제작을 할 수 없기에 물통과 수위 측정 센서를 이용해 기름 탱크의 수위를 측정하는 것을 구현했다. 모든 주유기에서 주유가 끝이 나면 전체 주유기에서 나간 기름의 총 합과 기름 탱크라 가정한 물통에 남아있는 수위를 센서를 통해 측정된 값을 담아 주유소 노드라고 가정한 라즈베리파이에서 블록체인 네트워크에 트랜잭션을 발생시키게 구현했다. 트랜잭션이 발생하면 블록을 채굴하는 노드와 배포하는 노드에서 주유소에서 보낸 트랜잭션의 유효성을 검사하고 블록체인에 구현 되어있는 스마트 컨트랙트에 측정된 값들을 보내 이상 여부를 확인한다.

전체적인 구현 구조는 그림 3과 같다. 채굴 노드와 배포 노드를 각각 따로 두었는데, 이는 시스템 설계에서 한 서버 권역에 부트노드 한 개와 두 개의 검증자 노드를 구성하는 것을 유사하게 재현하기 위한 구현이다. 실제 구현에 있어서 부트노드는 제외하고 검증자 노드 두 개만 설정하였다. 스마트 컨트랙트의 코드는 그림 4와 같으며 확인하는 절차는 그림 5와 같다. 기름 탱크라 가정한 물통에서 측정하는 센서의 정밀도와 물의 흔들림을 고려하여 약간의 수위 수치에 대한 오차 범위는 허용하여 구현하였다.



(그림 3) 주유소 서비스 구현 구조

```
function checkGasTankAmount(uint256 _filledOutAmount, uint256 _sensoredTankAmount, uint256 _sensoredGasDensity)
public notFueling notCleaning {
    uint256 inputFuelAmount = _sensoredTankAmount.add(_filledOutAmount);
    uint256 maxErrorAmount = beforeFuelAmount.add(errorRange);
    uint256 minErrorAmount = beforeFuelAmount.sub(errorRange);

    if(minErrorAmount<= inputFuelAmount && inputFuelAmount <= maxErrorAmount){
        //Allows the error range amount.
        beforeFuelAmount = _sensoredTankAmount;
        emit gasTankCheckedEvent(gasStation, gasTankType,
        "Tank has correct amount of gas");
    }

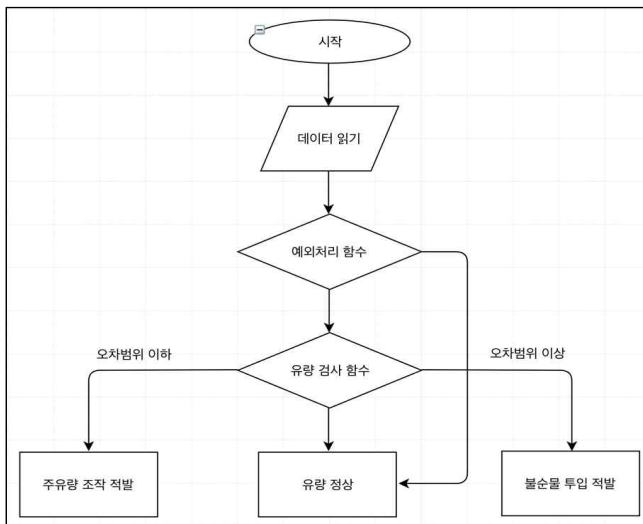
    else if(inputFuelAmount < minErrorAmount){ //The tank has less fuel than it should
        uint256 minAbnormalAmount = beforeFuelAmount.sub(_sensoredTankAmount);
        beforeFuelAmount = _sensoredTankAmount;

        emit abnormalTankCheckedEvent(gasStation, gasTankType,
        "Tank has lower amount of gas. Possible abnormal gas extraction occurred",
        minAbnormalAmount );
    }

    else { //The tank has more fuel than it should.
        uint256 maxAbnormalAmount = _sensoredTankAmount.sub(beforeFuelAmount);
        beforeFuelAmount = _sensoredTankAmount;

        emit abnormalTankCheckedEvent(gasStation, gasTankType,
        "Tank has higher amount of gas. Possible abnormal liquid mixing occurred",
        maxAbnormalAmount, _sensoredGasDensity );
    }
}
```

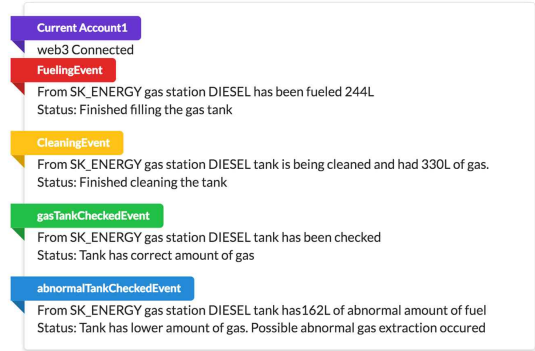
(그림 4) 주유소 서비스 구현 구조



(그림 5) 유량 확인 구조

구현한 시스템을 통해 각각의 예외 상황들을 실험한 결과 그림 6과 같이 정상적인 주유의 상황과 각각의 예외 상황에 대한 이벤트 처리 로그가 주유소 상태 확인 웹페이지에 정상적으로 작동하는 것을 확인할 수 있었다. 또한

기름 탱크 청소, 기름 탱크 재충전 등의 상황에 대한 이벤트 또한 정상적으로 표시가 되는 것을 확인하였다. 이러한 검증 정보는 해당 주유소를 사용하는 고객들에게 홈페이지 또는 스마트폰 어플리케이션으로 제공이 될 것이며, 고객들은 이를 통해 주유를 하려는 해당 주유소에 불법적 행위가 이루어진 적이 있었는지를 실시간으로 확인할 수 있게 된다.



(그림 6) 주유소 상태 확인 웹페이지

4. 한계

본 논문에서 제안하는 블록체인 기반의 주유소 시스템에는 여러 가지 한계점이 있다.

먼저 구현상에서는 고려되지 못했지만 기름 탱크안의 기름을 측정하는 것을 수위 센서로 측정한다는 점이다. 이는 기름의 수면의 높이를 측정하여 기름의 양을 측정하는 방식이다. 이 방식을 이용할 시 주유소의 기름 탱크가 지진과 같은 천재지변에 영향을 받아 수위가 불안정할 시 정확한 측정이 어렵다는 한계가 있다. 이를 개선하기 위해서는 기름의 수면의 높이가 아닌 기름 탱크 자체의 무게를 측정하여 기름 양의 변화를 센서로 기록하는 개선점이 필요하다. 그러나 이미 지하에 설치되어 있는 기름 탱크에 무게를 측정하는 센서를 설치하는 작업은 실제 적용되기 어려운 점이 있을 수 있다. 하여 본 논문에서 제안하는 시스템은 신공되는 주유소 등에 적용을 해야 할 것이다.

또한 본 논문에서 채택한 블록체인 환경은 이더리움 환경을 사용하였다. 이는 블록체인 환경 설정 및 스마트 컨트랙트 제작에 있어 가장 널리 알려지고 자료가 많은 환경이었기에 채택을 하였다. 그러나 본 논문에서 제안하는 시스템은 프라이빗 네트워크를 사용하였고 이는 퍼블릭 네트워크인 이더리움을 수정하여 만든 것이다. 프라이빗을 기반으로 운영되는 시스템에서 이더리움의 블록 채굴 작업은 사실상 운영에 필요없는 컴퓨터 자원의 낭비로 볼 수 있다. 이를 개선하기 위해서는 환경 자체가 프라이빗을 중심으로 만들어진 하이퍼레저 등을 선택할 수 있을 것이다. 특히 하이퍼레저는 프라이빗 블록체인으로서 기업 비

즈니스를 구현하기에 매우 적합한 환경을 제공해주며 금융뿐만 아니라 여러 산업에 도입이 가능한 기술 표준을 제시해 준다는 장점이 있다. 이처럼 프라이빗에 특화된 블록체인 네트워크를 택하는 것이 본 논문에서 제시한 시스템의 운영에 있어 더 효율적인 선택이 될 것이다.

마지막으로 제안하는 시스템의 사업성에 대한 한계도 있다. 본 논문의 시스템은 주유소를 사용하는 소비자들이 주유소의 기름을 법적 절차 등이 아닌 탱크에서 직접 측정된 센서 정보를 바탕으로 신뢰 여부를 판단할 수 있는 시스템이다. 정유사의 입장에서 이러한 신뢰도를 내세워 고객을 더 유도하여 얻는 이익과 시스템 구축 및 센서 설치 등의 비용 및 절차를 고려하였을 때 사업성에 한계가 있을 수 있다고 판단된다. 하여 기존 주유소의 구조를 변경하지 않고도 정확한 기름의 양 및 성분을 확인하여 변조되지 않은 정보를 블록체인에 기록할 수 있는 시스템을 구현하는 연구가 필요할 것이다.

5. 결론

본 논문에서는 주유소에서 발생하는 불법 행위인 가짜 석유 판매 및 정량 미달 판매를 방지하기 위한 블록체인 시스템을 제안하였다. 제안하는 시스템의 블록체인 시스템 구성을 위해 이더리움의 스마트 컨트랙트를 사용하였으며, 시스템을 시뮬레이션 해보기 위해 센서 및 웹페이지 등을 이용하여 탱크 이상 여부 확인을 실험하였다. 본 논문에서 제안하는 시스템을 현실에 적용하기 위해서는 센서의 완전한 조작 방지, 유류 기업의 컨소시엄 형성 등 여러 가지 요소가 더 고려되어야 하지만 블록체인을 이용해 신뢰할 수 있는 주유소 시스템을 구현하는 측면으로 작용할 것으로 기대된다. 구현 동작에 관한 동작 영상[4] 또한 촬영하였으니, 시스템 동작을 확인하고 싶다면 참조하면 좋을 것이다.

참고문헌

- [1] Satoshi Nakamoto, "A Peer-to-Peer Electronic Cash System," [Internet], www.bitcoin.org
- [2] Yi Yoon, Kwang Soo Chun, "Study on the Distribution Monitoring Measures of the Toxic Chemicals for Manufacturing Illegal Petroleum Products," Korean Journal of Hazardous Materials, 1(1), 49-57, 2013.
- [3] Jong Ek Lee, "Daejeon Prosecutors' Cheonan Sub-office 'Fake Oil Distribution Violations'

Investigation Briefing," Korea JoongAng Daily, 2013

- [4] WacaTV, Youtube Gasoline System using Blockchain [Internet], <https://www.youtube.com/watch?v=lAGBmqNiTA0&t=18s>.