

블록체인 기술을 활용한 데이터 기반 도시 관리 서비스 통합 운영을 위한 서비스 모델 구현

최상일

한국건설기술연구원 차세대 인프라연구센터

Implementation of Service Model for Data-Driven Integrated Urban Management Service Operation Using Blockchain Technology

Sang-Il Choi

Future Infrastructure Research Center, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology

요약 본 논문에서는 도시에서 운영되는 여러 데이터 기반 서비스들을 효율적으로 통합 및 연동하여 사용 편의성을 높일 수 있는 블록체인 기반 도시 서비스 통합 운영 모델을 제안한다. 제안 모델은 서비스 사용자들의 참여를 독려하기 위해 각 서비스에서 소비 및 활용될 수 있는 데이터와 가치의 제공자에게 그에 따른 인센티브를 지급하고, 서비스 수혜자로부터는 인센티브를 회수함으로써 동일 인센티브 시스템 내에서 다양한 서비스가 연동될 수 있는 구조를 제공하며, 블록체인 기술을 통해 서비스 운영 및 관리 투명성을 보장할 수 있다. 또한, 본 논문에서는 제안 서비스 모델의 검증을 위한 프로토타입을 구축 및 운영함으로써 제안 모델의 효율성 및 운영가능성을 확인한다. 그 결과 구현한 세 개의 데이터 기반 도시 관리 서비스들의 운영이 통합된 인센티브 개념을 바탕으로 유기적이게 상호 호환됨을 확인했다. 향후 제안 서비스 운영 모델은 다수의 지자체에서 관심을 가지고 있는 지역화폐를 활용한 지역 경제 활성화 사업과 연계되어 시민 참여 기반의 도시 운영 및 관리 구조의 요소기술로서 적용될 수 있으며, 스마트시티 서비스와의 접목을 통해 블록체인 기술 영역의 확장 또한 가능할 것으로 기대된다.

Abstract This paper proposes a blockchain-based urban service-operation model that can enhance usability by integrating several data-driven services operated in a city. In the proposed model, in order to encourage the participation of service users, the providers of data and values that can be consumed and utilized by each service acquire incentives, and consumers can use various services by paying the incentives. In this way, the proposed service model provides a structure in which various services can be interworked within the incentive system. The characteristics of blockchain technology can also guarantee service operation and management transparency. In addition, in this paper, by establishing and operating a prototype, the efficiency and operability of the proposed model are verified. As a result, three implemented data-driven urban management services are organically inter-compatible based on the concept of the proposed integrated incentive system. In the future, the proposed service model can be applied as an elemental technology of urban operational and management architectures based on citizen participation using local currency, and by cooperating with local economic revitalization projects of interest to many local governments. It is expected that the expansion of the blockchain technology area will also be possible through convergence with smart city services.

Keywords : Blockchain, Data-Driven, Urban Management Service, Operation Model, Ethereum, Incentive

본 연구는 한국건설기술연구원 주요사업 <블록체인 기반 도시 데이터 수집 및 분석 모델 개발>의 지원을 받아 수행되었음

*Corresponding Author : Sang-Il Choi(Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology)

email: choisangil@kict.re.kr

Received September 6, 2019

Accepted October 4, 2019

Revised September 30, 2019

Published October 31, 2019

1. 서론

4차 산업혁명의 대두와 함께 블록체인에 대한 관심이 계속해서 증가하고 있다[1]. 블록체인은 데이터의 교환 기록인 트랜잭션을 참여 노드들이 함께 공유함으로써 데이터 전송에 대한 신뢰성과 무결성을 보장하고, 블록체인 네트워크 운영에 기여하는 노드에게 보상을 수여하거나 데이터에 대한 금액 지불할 수 있는 암호화폐기반의 가치지불시스템을 포함하고 있다[2]. 이러한 블록체인의 특징을 바탕으로 다양한 분야에서 기술의 성능을 향상시키거나 상용화를 위한 서비스 개발과 같은 연구를 기획 및 수행하고 있지만, 암호화폐 및 인증 부문 외에 일반인들이 직접적으로 혜택을 받거나 기술 인지도를 높일 수 있는 사례가 미비한 상황이다. 따라서 본 논문에서는 블록체인 기술이 보유하고 있는 신뢰성 및 데이터 무결정보장과 가치지불시스템을 활용하여 도시에서 운영되는 데이터 기반 서비스들을 효율적으로 통합 및 연동하고, 개별 서비스 활용 및 서비스 연동 부문에서 사용자 편의성을 높일 수 있는 블록체인 기반 도시 서비스 운영 모델을 제안한다.

본 논문에서 제안하는 블록체인 기술을 활용한 데이터 기반 도시 관리 서비스 통합 운영을 위한 서비스 모델은 동일한 가치지불시스템을 공유함으로써 도시에서 운영되는 다양한 데이터 기반 서비스들을 단일 구조에서 통합 운영 및 관리한다. 또한, 각 서비스 영역에서 개인이 소유하거나 생성한 데이터 및 서비스 운영에 기여할 수 있는 본인 소유의 가치를 제공하는 사용자에게는 보상을 지불하고, 타인의 데이터 및 가치를 소모하는 사용자에게는 해당 요소에 대한 비용을 받음으로써 제안하는 서비스 모델에 참여하는 모든 사용자는 프로슈머(Prosumer)의 역할을 수행하게 된다. 마지막으로 블록체인 기술을 통해 제안하는 서비스 모델에서 생성되는 모든 트랜잭션에 대한 신뢰성이 보장되어 이중지불문제를 해결하고 부인방지에 기여할 수 있다.

이러한 블록체인 기술의 신뢰성 및 데이터 무결성 보장은 서비스에 직접적인 영향력을 가지고 있는 개발자 및 관리자에 의해서도 내부 데이터 수정 및 변경이 불가능한 환경을 만들 수 있어, 본 논문에서 고려하고 있는 이익에 대한 이해관계 존재하는 서비스 통합 운영 분야에서 기존의 데이터베이스 기반 운영 체계 구축보다 더 효율적인 운용성을 가질 것으로 기대된다.

추가적으로, 본 논문에서 제안하는 서비스 모델은 최근 많은 지자체에서 개발 및 상용화하고 있는 지역화폐

와 연계되어 도시 유지 및 관리에 필요한 다양한 지자체 서비스들의 통합 운영에 활용될 수 있고, 인센티브 확보를 위한 시민들의 적극적인 참여 및 효율적인 지역화폐 운용에 기여할 수 있을 것이다. 그리고 꾸준히 성장 중인 스마트시티로의 확장을 통해 블록체인 영역 확장 및 블록체인 서비스 시장 개척에도 기여할 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 블록체인 기술의 특징 및 관련 진행 연구에 대한 개요를 설명한다. 3장에서 기존 데이터 기반 도시 관리 서비스들의 운영 방식을 설명하고, 4장에서 제안하는 블록체인 기술을 활용한 데이터 기반 도시 관리 서비스 통합 운영을 위한 서비스 모델을 서술한다. 5장에서 제안 서비스 모델을 실제 시스템으로 구축함으로써 운영가능성을 검증하고, 6장에서 결론을 맺는다.

2. 배경

블록체인은 2009년 사토시 나카모토가 제안한 비트코인을 통해 대중들에게 알려지기 시작했기 때문에 대부분 암호화폐를 위한 기술 정도로 인지하고 있다[3]. 하지만 블록체인은 단순 암호화폐 기술이 아닌, 신뢰할 수 없는 네트워크 환경에서 신뢰할 수 있는 Peer-to-Peer 통신을 수행할 수 있도록 지원하는 기술로 은닉 서명 암호 시스템, 컴퓨팅 자원을 활용한 작업 참여, 블록기반 데이터 분산 저장, 등 다양한 연구들의 집합체이다.

블록체인 기술은 데이터 교환 기록인 트랜잭션을 모든 참여자가 함께 공유하고 지속적으로 검증함으로써 중앙 신뢰 기관 없이 신뢰성 있는 노드 간 데이터 통신이 가능한 환경을 구축했으며, 이를 통해 기존 Client-Server 모델의 시스템 구조를 Peer-to-Peer 모델로 바꿈과 동시에 신뢰 기관에 대한 중개 수수료, 단일 장애점 문제, 단일 서버 과부하 등의 문제를 해결할 수 있다. Fig. 1은 블록체인 기술을 활용한 P2P 통신 방식의 특징을 나타낸다.

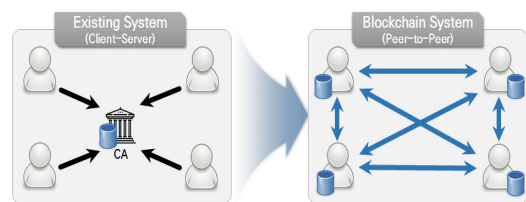


Fig. 1. P2P Communication using Blockchain

이러한 블록체인의 신뢰성은 네트워크에 참여하고 있는 사용자가 함께 공유하고 지속적으로 검증하는 블록을 생성하는 절차를 통해 확보된다. 블록체인이라는 기술의 이름과 같이, 해당 기술에서는 지속적으로 생성되는 블록이 체인처럼 서로 연결됨으로써 의존성과 연관성을 가지게 한다. 단일 블록은 헤더(Header)와 바디(Body)로 구분되고, 일정 시간 내 생성된 사용자들의 데이터 교환 내역인 트랜잭션은 새롭게 생성될 블록의 바디에 기록된다. 블록 헤더에는 블록 바디에 포함된 트랜잭션들의 데이터 변조를 막기 위해, 각 트랜잭션들을 해시 트리의 형태로 구성하여 도출한 머글 트리 루트(Merkle Tree Root) 값을 기록한다. 또한, 블록체인의 버전 정보, 채굴의 난이도 조절을 위한 비트 값(Bit Value), 채굴의 결과 값인 넌스(Nonce), 블록 간 연관성 확보를 위한 블록 해시 값 등 다양한 정보가 포함된다.

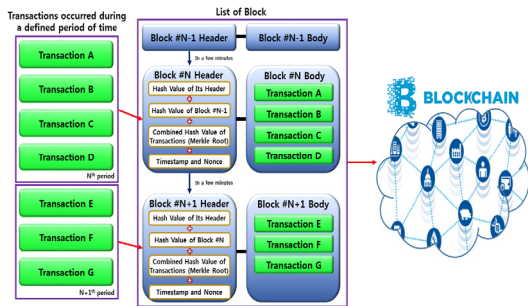


Fig. 2. Composition of Blocks in Blockchain

Fig. 2는 블록체인을 구성하는 각 블록들의 내부 요소와 구성을 나타낸다. 블록체인에서 각 블록들이 연관성을 가짐으로써 데이터 교환에 대한 신뢰성을 보장하는데 핵심적인 역할을 하는 것은 바로 블록 헤더에 저장되어 있는 이전 블록의 해시 값이다. 각 블록은 생성될 때, 이전 블록의 해시 값을 블록 헤더에 포함함으로써 이전 블록과의 연관성을 가지고, 지속적으로 이전 블록의 해시 값과 저장된 블록 헤더 내의 해시 값을 비교하여 변조 여부를 확인한다. 만약 특정 블록에 저장되어 있는 트랜잭션이 변조된 경우, 트랜잭션들의 머글 트리 루트 값이 변경되고 해당 블록의 해시 값이 변경되므로 다음 블록의 해시 값과 비교한다면 변조 여부를 바로 파악할 수 있다. 변조 여부에 대한 파악을 막기 위해서는 변조된 트랜잭션이 존재하는 블록 뒤 모든 블록에서 해시 값을 변경해야 하고, 해당 작업은 블록체인 네트워크에 참여하고 있는 모든 사용자가 보유한 블록을 대상으로 이루어져야 한다.

신규 블록에 생성되어 기존 블록체인에 연결된다면 해시 값 비교를 통한 변조 여부 파악이 시행되므로, 변조를 위한 작업은 매우 짧은 시간 내에 이루어져야만 한다. 또한, 블록체인에서는 사용자들이 보유한 블록들의 정보가 서로 다를 경우 과반수가 보유한 블록을 유효하다고 판단하기 때문에, 완벽한 변조를 위해서는 블록체인 네트워크를 구성하는 전체 사용자 중 50% 이상이 보유한 블록들을 변조해야하기 때문에, 다량의 블록이 생성되어 있고 참여한 사용자의 수가 많을수록 트랜잭션의 변조는 불가능해진다.

이러한 블록체인 기술 특징을 바탕으로, 다양한 연구 및 서비스가 개발되고 있다. 에스토니아는 블록체인 기술을 활용한 전자 자산 거래 플랫폼인 ‘e-Residency’를 운영 중이고, 나스닥(Nasdaq)에서는 주주의 전자 투표 결과를 시스템에 기록하는 블록체인 기반 ‘주주 투표 시스템’을 도입하였다. 이 외에도 에버렛저(Everledger)의 다이아몬드 이력 관리 시스템, 파워렛저(Powerledger)의 에너지 거래 플랫폼, 써트온의 의료계 증명 플랫폼, 등이 있다[4-9].

하지만, 현재 개발 혹은 적용된 대부분의 서비스들은 단일 서비스 영역과 개인 인증 부문에 국한되어 있어 블록체인이 보유한 가치지불시스템과 데이터 통신에 대한 신뢰도 확보, 그리고 암호화폐를 통한 네트워크의 사용자 참여 독려와 같은 고유 특징을 극대화하지 못하고 있고, 다수의 시민들을 대상으로 다양한 서비스를 운영할 수 있는 서비스 모델에 대한 개발 및 상용화는 아직 미비한 상황이다.

3. 기존 도시 관리 서비스 운영 모델

본 논문에서는 도시 내에서 실제로 운영되고 있는 서비스 중 미세먼지 지도 서비스, 도시 위험 신고 및 관리 서비스, 주차 공간 공유 서비스를 프로토타입으로 구현하여 상호 연동하고 운영하는 것으로 가정한다. 따라서 본 장에서는 위의 세 가지 서비스의 현재 운영 형태를 서술한다.

3.1 미세먼지 지도: 에어코리아 대기질 경보

국내에서 가장 쉽게 접할 수 있는 미세먼지 수치 확인 서비스는 ‘에어코리아’에서 확인할 수 있는 대기질 경보 서비스이다[10].



Fig. 3. Air Quality Service of 'AirKorea'

'에어코리아'의 대기질 경보 서비스는 검색엔진에서 미세먼지를 검색하는 것만으로 쉽게 접근할 수 있으며, 각 지역에 설치된 미세먼지 센서를 통해 수집된 PM10과 PM2.5 수치와 미세먼지 농도에 따른 위험도 색상을 함께 제공한다. 해당 서비스는 별도로 사용자와의 상호 작용은 제공하지는 않고 단순히 수집된 데이터를 표출하는 형태를 가지며, 센서 단말로는 한국환경공단에서 설치한 미세먼지 측정 센서의 데이터를 사용하고 있다. 미세먼지에 대한 시민들의 관심이 높아지면서, 해당 서비스를 이용하는 사용자가 증가하고 있는 추세이다.

하지만, 현재 제공되고 있는 미세먼지 데이터 제공 서비스는 데이터 수집에 한계를 지니고 있다. 우선 한정적인 미세먼지 센서 단말 활용으로 인해 사용자 인근의 정확도 높은 미세먼지 데이터를 제공할 수 없다. 예를 들어, 경기도 고양시의 면적은 267.31km²이지만, 해당 지역에는 단 5개의 미세먼지 센서만이 운용되고 있다. 또한, 2019년 7월 행정안전부의 주민등록인구현황에 따르면, 서울특별시에 거주하는 시민은 975만 1,415명에 육박하지만, 각 구마다 1개에서 2개의 미세먼지 센서만이 데이터 수집에 활용되고 있다. 이러한 상황에서는 사용자가 거주하고 있는 인근 지역의 대략적인 미세먼지 수치 정도는 확인할 수 있지만, 해당 위치의 정확한 미세먼지 수치를 확인할 수는 없다. 미세먼지는 인근의 환경 및 상황적 요소에 영향을 받기 때문에, 도로와의 인접성, 공사현장 혹은 발전소와의 거리, 주변 건물 배치에 따라 인접한 지역이라 하더라도 서로 다른 수치를 나타낸다. 따라서 미세먼지 발생 요인에 대한 명확한 원인을 찾고, 이를 해결하기 위한 대책을 마련하기 위해서는 보다 다양한 위치의 미세먼지 데이터 수집이 필요하다. 또한, 현재의 서비스는 사용자와의 상호작용 없이 일방적으로 측정된 데이터를 보여주므로, 사용자가 원하는 지역의 정확한 수치는 확인하기 어렵다.

3.2 위험 신고 및 관리: 안전신문고

도시 위험 요소에 대한 신고 및 관리를 수행하는 서비스로 '행정안전부'의 안전신문고 서비스가 있다[11]. Fig. 4는 해당 서비스의 메인 화면이다.

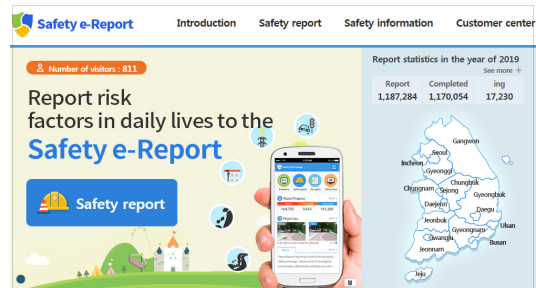


Fig. 4. Safety e-Report Service of Ministry of the Interior and Safety

안전신문고 서비스는 웹 페이지에 접속하여 해당 위험 요소의 사진과 함께 신고 지역의 지도 좌표를 표기하고, 상세한 신고 내용을 작성하는 형태이다. 2019년 1월부터 8월까지 약 50만건의 신고가 접수되었고, 4만 8천여건(약 96%)에 대한 답변이 완료되었고 2천여건(약 4%)이 현재 처리 진행 중인 상태이다.

해당 서비스는 사용자가 직접 신고 내용에 대한 상세한 항목을 작성해야하기 때문에, 사용자의 참여 여부에 매우 큰 영향을 받는다. 하지만, 사용자가 사진을 촬영하고 신고 장소에 대한 위치를 설정하며 상세한 신고 내용을 텍스트로 작성하는 것은 사용자 측면에서 번거로운 작업이 될 수 있다. 또한, 해당 절차를 수행함에 있어 신고자에 대한 별도의 보상은 없고, 신고한 내용에 대한 시정조치만이 있으므로 직접적으로 해당 위험 요소에 노출된 사용자가 아닌 이상 번거로운 신고 절차를 수행하지 않을 가능성이 높아지므로, 안전하고 효율적인 도시 운영 및 관리를 위한 일반 시민들의 적극적인 참여를 기대하는데 한계가 있다. 따라서 시민들의 적극적인 참여를 유도하면서 서비스 운영 기관에 부담을 주지 않는 적절한 신고 보상 체계의 도입이 필요하다.

3.3 주차 공간 공유: 모두의 주차장

개인 혹은 사업자가 본인 소유의 주차공간을 사용하지 않을 때, 타인과 해당 공간을 공유함으로써 임대인에게는 이익을 제공하고 도시 내 주차 문제를 해결할 수 있는 주차 공간 공유 관련 서비스로 '모두컴퍼니'에서 운영하는

모두의주차장이 있다[12].

모두의주차장은 주차공간에 대한 정보 제공 및 예약 관련 서비스를 제공한다. 지역의 주요 주차장 위치와 실시간 주차 공간 정보를 제공하고, 각 주차장의 무료허용 시간대와 요금정보를 제공한다. 또한, 다른 운전자들과 본인 소유의 주차 공간을 공유할 수 있는 공유주차 서비스의 증계 역할도 수행한다.

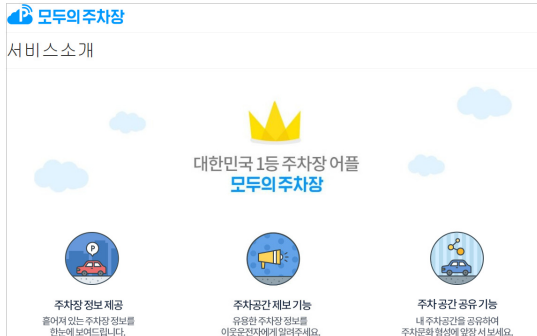


Fig. 5. moduparking Service of Modu Company Inc.

하지만 해당 서비스에는 사용자의 불편사항도 다수 존재한다. 먼저, 이용자의 신뢰성에 대한 검토가 어렵다. 단순 회원가입과 로그인으로 서비스 참여가 가능하여 수익만을 고려한 주차 공간의 소유주가 서비스에 참여할 수 있고, 이로 인해 적합하지 않은 주차 공간에 대한 정보가 서비스에 포함될 수 있다. 만약, 특정 소비자가 그러한 부적절한 공간에 대한 결제를 사전에 완료하고 해당 공간에 도착한다면 서비스에 대한 신뢰도 및 만족도 하락을 야기할 수 있다.

또한 개별 사업자에 의해 운영되는 서비스이기 때문에 별도 결제 체계를 구성하고 있고, 다른 목적의 도시 서비스

스와의 호환 및 연동은 제공되지 않아 주차 공간 제공에 대한 이익은 동일 서비스 내에서 소비하거나 현금화하는 방법만이 가능하다. 따라서 도시 내 유사한 비즈니스 모델을 가진 타 서비스를 이용하려고 하더라도, 각각의 서비스를 별도로 이용해야하므로 사용자의 서비스 활용성에 한계가 있다.

4. 블록체인 기반 다중 서비스 운영 모델

본 논문에서는 서비스 사용자와의 상호작용을 통해 더욱 가치 있는 데이터를 수집하고, 사용자에게 데이터 혹은 가치 제공에 대한 보상을 수여함으로써 서비스에 적극적으로 참여할 수 있는 동기를 제공하며, 다양한 서비스를 동일한 서비스 운영 모델 내에서 통합적으로 운영함으로써 서비스의 활용성과 관리의 용이성을 향상시킬 수 있는 블록체인 기반 다중 도시 서비스 운영 모델을 제안한다.

4.1 개별 도시 관리 서비스 구조

프로토타입 구현을 통한 제안 운영 모델의 검증을 위해 본 논문에서는 총 3개의 서비스(미세먼지 수치 가시화, 도시 위험요소 신고, 주차 공간 공유)가 제안하는 모델에서 운영되는 시나리오를 가정한다.

4.2. 미세먼지 데이터 가시화 서비스

현재 제공되고 있는 미세먼지 데이터 가시화 서비스를 고도화하기 위해서는 더 많은 수의 미세먼지 센서를 활용하여 더 다양한 지점의 데이터를 수집함으로써 지점별 미세먼지 데이터에 대한 정확성과 신뢰성을 향상시키고,

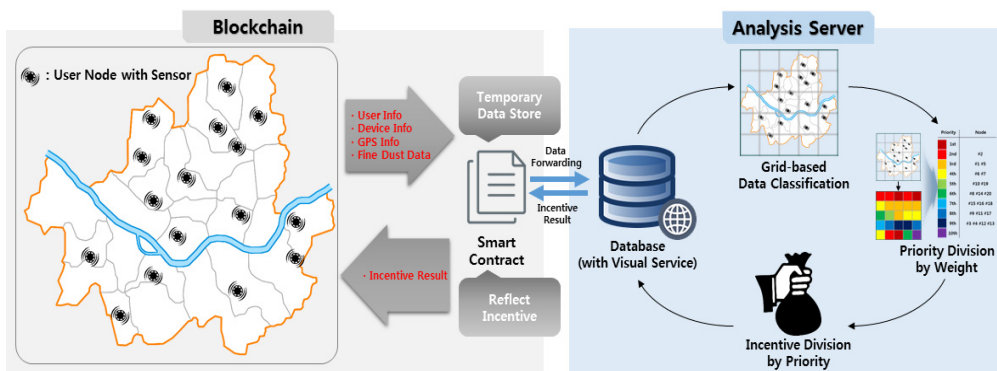


Fig. 6. Architecture of Fine Dust Visualization Service

주변 상황 및 환경인자와의 비교 분석으로 해당 지점의 미세먼지 발생 주요 원인을 도출할 수 있는 기반을 마련하는 것이 중요하다. 따라서 서비스 사용자의 블록체인 기반 운영 모델 참여 독려를 위해 미세먼지 데이터에 대한 적절한 인센티브 지급 체계 수립이 필요하다. Fig. 6은 미세먼지 데이터 가시화 서비스의 흐름을 나타낸다.

서비스 사용자들은 본인 소유의 지역에 미세먼지 데이터 수집 센서를 부착한다. 해당 센서는 설치한 사용자, 센서 단말, 위치, 미세먼지 수치(PM10, PM2.5)를 주기적으로 블록체인 네트워크에 존재하는 스마트 컨트랙트(Smart Contract)로 전송한다. 스마트 컨트랙트는 대용량의 데이터를 지속적으로 보관하기 어려우므로, 수집된 정보를 분석 서버로 전송함으로써 데이터 가치에 대한 판단 및 가시화 서비스로 활용될 수 있도록 제공한다.

분석 서버는 스마트 컨트랙트로부터 수신된 데이터를 데이터베이스에 저장하고, 해당 데이터를 바탕으로 가시화 서비스를 운용한다. 또한, 데이터의 가치에 따른 인센티브 지급액에 대한 연산을 함께 수행한다. 미세먼지 서비스의 경우, 얼마나 다양한 지역의 데이터를 효율적으로 모을 수 있는지가 가장 주요한 문제로 작용한다. 따라서 본 논문에서는 미세먼지 데이터가 수집되는 지점을 격자로 구분하고 격자 내 미세먼지 데이터 수집 단말기의 수에 따라 우선순위를 구분하여 인센티브를 차등지급하는 방법을 활용한다. 분석 서버는 스마트 컨트랙트에서 전달된 정보에서 각 단말기의 GPS 정보를 바탕으로 설치 위치를 확인하고, 정해진 격자 범위 내에 포함된 센서 단말의 수를 확인한다. 그리고 센서의 수가 적은 격자부터 높은 우선순위를 배정한다. 우선순위의 배정이 끝나면, 서

비스를 통해 발생한 수익의 일부를 우선순위에 따라 분배한다. 각 사용자들에게 분배된 인센티브의 결과는 블록체인 네트워크에 존재하는 스마트 컨트랙트에 전송되고 보관됨으로써 데이터 무결성을 보존하고, 분배 결과를 센서 단말을 설치한 사용자들에게 알림으로써 인센티브가 높은 지역 및 데이터 수집이 이루어지지 않은 지역에 센서 단말을 설치하여 데이터를 수집할 수 있도록 독려한다.

4.1.2 도시 위험인자 신고 서비스

도시 위험인자 신고 서비스의 활용성 향상을 위해서는 신고자에게 직접적인 위협이나 피해를 주지 않는 도시 위험인자에 대해서도 사용자가 적극적으로 신고할 수 있는 기반을 마련해야 한다. 따라서 서비스 사용자의 블록체인 기반 운영 모델 참여 독려를 위해 사용자가 신고한 항목에 대한 적절한 인센티브 지급 체계 수립 및 지급이 필요하다. Fig. 7은 도시 위험인자 신고 서비스의 흐름을 나타낸다.

본 논문에서는 도시 위험인자 신고 서비스에 사용자의 참여를 독려하기 위해, 신고된 인자에 대한 검증과 수리 절차가 완료되면 해당 항목을 사전에 정의된 가중치 부여 기준에 따라 가중치를 매기고, 해당 가중치 비율을 바탕으로 신고자에게 인센티브를 부여하는 방안을 포함하였다.

우선 사용자는 서비스 이용에 대한 계정을 사전에 생성하고, 주변 위험인자를 확인할 경우 해당 내용을 서비스 페이지를 활용하여 신고한다. 신고 내용은 블록체인 네트워크에 존재하는 스마트 컨트랙트에 해당 정보를 전달한다. 스마트 컨트랙트는 일시적으로 수집된 내용을 보

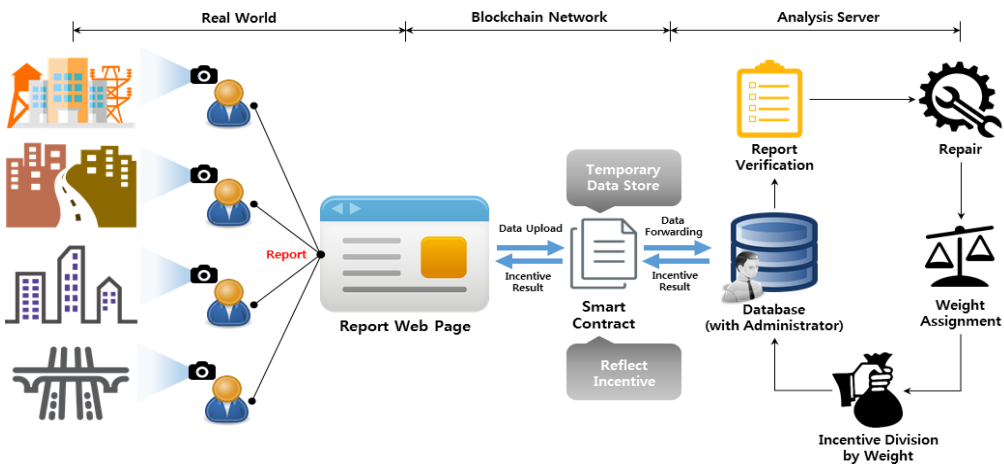


Fig. 7. Architecture of City Risk Factor Reporting Service

관하고, 일정 시간 누적된 신고 데이터를 분석 서버로 전달하여 검토 및 보수할 수 있도록 한다. 관리자는 전달받은 항목에 대한 오류 및 이상여부를 확인하고, 정당한 신고 항목에 대한 보수를 지시한다. 이때, 사전 정의된 매뉴얼에 따라 분류된 신고 항목에 대한 가중치 테이블을 활용하여 해당 신고 항목에 대한 적절한 가중치를 부여한다. 그리고 해당 가중치를 활용해 인센티브를 분배하고, 분배 결과를 블록체인 네트워크의 스마트 컨트랙트로 보냄으로써 각 사용자가 보유한 인센티브 데이터를 무결성 있게 보관한다.

도시 위험인자 신고 서비스는 미세먼지 데이터 가시화 서비스와는 달리 서비스 구독에 따른 서비스 수익 모델을 가지고 있지 않으므로, 수입과 지출이 동시에 발생하는 타 서비스에 비해 낮은 비율로 인센티브가 지급되어야 할 필요가 있다. 또한, 가중치는 차후 체크리스트 형태로 구현되어 자동화됨으로써 보다 빠르고 정확한 가중치 부여가 가능하다.

4.1.3 주차 공간 공유 서비스

주차 공간 공유 서비스의 효율성과 공간에 대한 신뢰성을 향상시키기 위해서는 주차 공간을 제공하는 사용자에게 대한 서비스 참여자로서 긍정적인 역할을 수행해야 한다. 따라서 시스템의 운영에 도움이 되는 위치이면서 차량을 주차하기에 적합한 환경을 가진 주차 공간을 공유할 수 있도록 유도해야 한다. Fig. 8은 블록체인 기반 운영 모델에서 주차 공간 제공자가 적극적이고 신뢰성 있게 서비스에 참여하도록 유도하는 주차 공간 공유 서비스의 데이터 및 서비스 흐름을 나타낸다.

본 논문에서는 주차 공간을 제공하는 서비스 참여자의

적극적이고 긍정적인 기여를 유도하기 위해 사용된 주차 공간에 대한 평가 및 해당 사용자에게 누적된 이용자 평가를 반영하여 서비스에 지속적인 기여를 할수록 더 높은 인센티브를 부여받을 수 있는 방안을 포함한다.

해당 서비스는 인센티브의 획득과 소비가 모두 가능한 구조로, 사용자는 주차 공간 제공자 혹은 주차 공간 소비자의 역할을 수행하게 된다. 주차 공간 제공자는 우선 가입을 통해 사용자 기본 정보와 인센티브 테이블을 만들고, 본인 소유의 주차 공간을 등록한다. 그리고 원하는 시간을 설정하여 등록한다. 해당 공간은 주차 공간이 필요한 다른 사용자에게 의해 소비되고, 소비자를 통해 제공한 주차 공간의 접근성, 상태, 주변 환경, 등에 대한 평가를 받게 된다. 사용자 정보, 주차 공간의 정보 및 공유 시간은 스마트 컨트랙트를 통해 보관되고, 소비자 평가 결과가 전송되면 분석 서버는 해당 내용을 이용해 주차 공간 제공자에게 적합한 인센티브를 책정한다.

주차 공간 소비자도 초기에 사용자 정보 및 인센티브 테이블 구축을 위한 가입 절차를 수행한다. 그 뒤, 주차 공간의 대여가 필요한 경우, 주차를 하려는 위치와 주차 가능 여부를 바탕으로 가용한 주차 공간 리스트를 검색하고 예약한다. 정해진 예약 시간 동안 해당 주차 공간을 사용한 소비자는 자신이 이용한 공간에 대한 평가를 수행하고, 주차 공간의 등급 및 이용 시간에 따른 인센티브를 지급한다. 해당 절차의 과정에서 발생하는 주차 공간 소비자 정보, 가용 주차 공간의 확인, 주차 공간 예약 정보, 주차 공간 평가 결과는 모두 스마트 컨트랙트를 거쳐 보관되며, 분석 서버를 통해 도출된 인센티브 지불 내용도 스마트 컨트랙트를 통해 검증 및 유지된다.

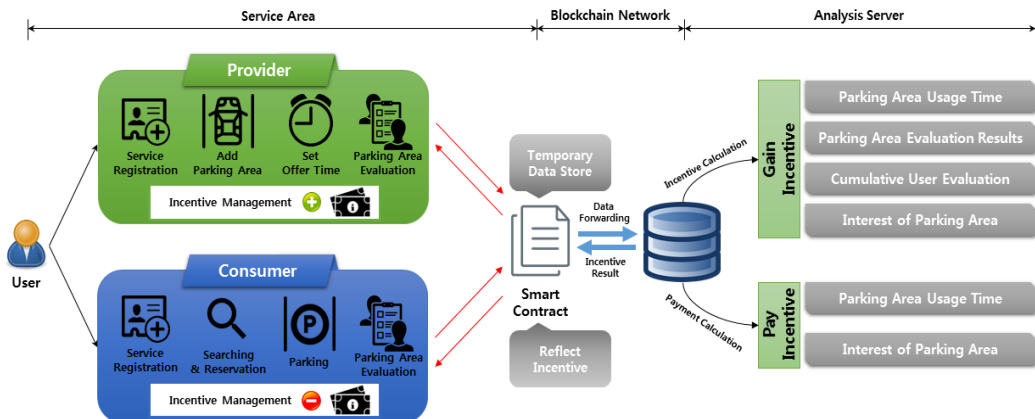


Fig. 8. Architecture of Parking Area Sharing Service

4.2 블록체인을 활용한 서비스 운영 모델

대부분의 블록체인 기반 서비스들은 단일 목적의 서비스로만 이루어져 있기 때문에, 암호화폐를 활용하여 특정 서비스를 이용하더라도 다른 서비스를 이용하기 위해서는 암호화폐의 환전과 같은 추가적인 절차가 필요하며 이러한 과정에서 암호화폐 가치의 변화에 직접적인 영향을 미쳐 투기를 야기할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 동일한 가치지불시스템을 공유하여 도시에서 운영되는 다양한 서비스들을 통합 운영하고, 각 서비스에 특화된 인센티브 산정 방식을 포함함으로써 사용자들의 적극적인 참여를 유도한다. 마지막으로 블록체인의 신뢰성 확보 및 무결성 검증을 바탕으로 각 사용자들의 활동 정보 및 인센티브 내역을 투명하게 관리한다.

또한, 각 서비스에서는 사용자를 통해 수집된 데이터의 유효성을 검증하기 위한 목적으로 개별 시스템에서 관리자 혹은 서비스 소비자를 통해 사용 데이터에 대한 평가를 수행하고 있으며, 평가 결과가 지속적으로 낮은 사용자는 지속적으로 인센티브 지급 내역이 낮아짐으로써 해당 서비스에서 도태되는 방향으로 유도하고, 향후 서비스에서는 이러한 악성 사용자를 리스트로 작성하여

서비스에서 차단하는 방법을 고려하고 있다. Fig. 9는 블록체인을 활용한 다중 서비스 운영 모델 개요도이다.

추가적으로, 현재 분석 서버에서 수행하는 각 서비스별 인센티브 산정 공식을 향후에는 개별 서비스의 스마트 컨트랙트로 이식하여, 인센티브에 대한 악의적인 공격 위험을 없애고 공정한 인센티브 산정을 통한 전체 시스템 운영에 대한 안정성 향상 또한 기대할 수 있다.

5. 시스템 구현 및 검증

5.1 시스템 구현 환경

본 장에서는 제안하는 서비스 운영 모델의 프로토타입을 구축함으로써 기술 적용 가능성을 검증한다. 상세한 환경 구성은 아래와 같다[13-14].

- OS: Ubuntu 18.04 LTS (4.15.0-46-generic)
- Smart Contract 컴파일러: 솔리디티 웹 컴파일러
- Ethereum: go-ethereum
- 블록체인 노드 구현: NodeJS v8.9.3
- 응용 API: web3@1.0.0-beta.55

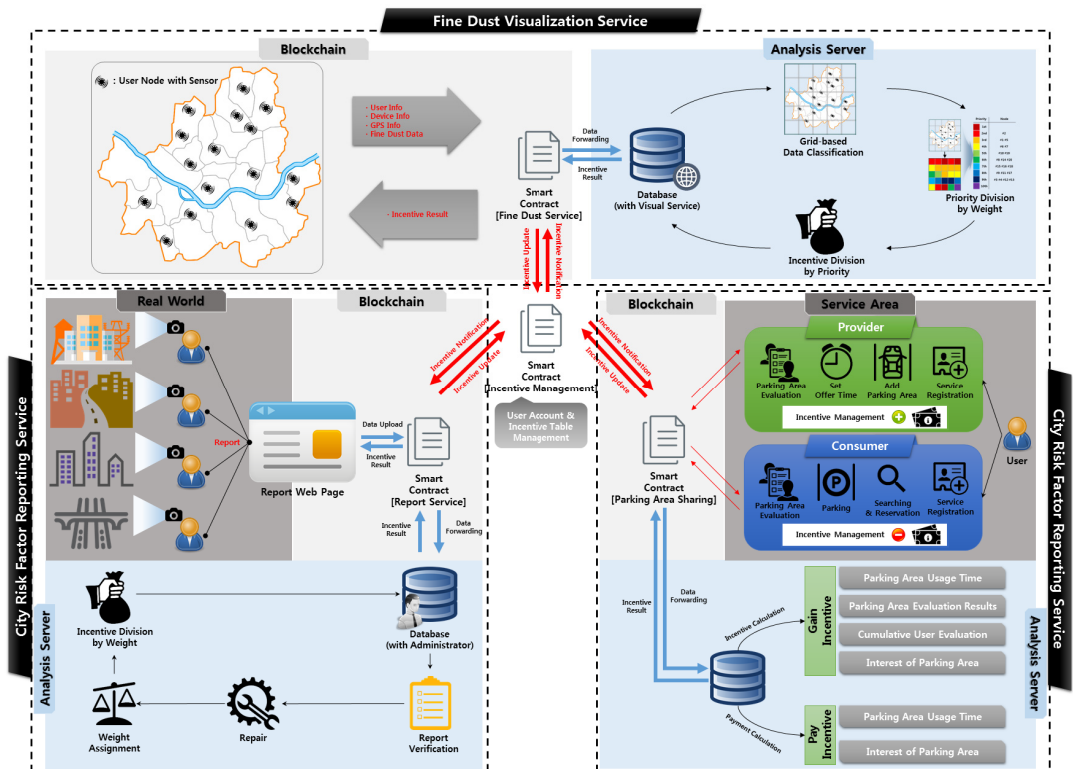


Fig. 9. Multi-Service Operation Model Using Blockchain

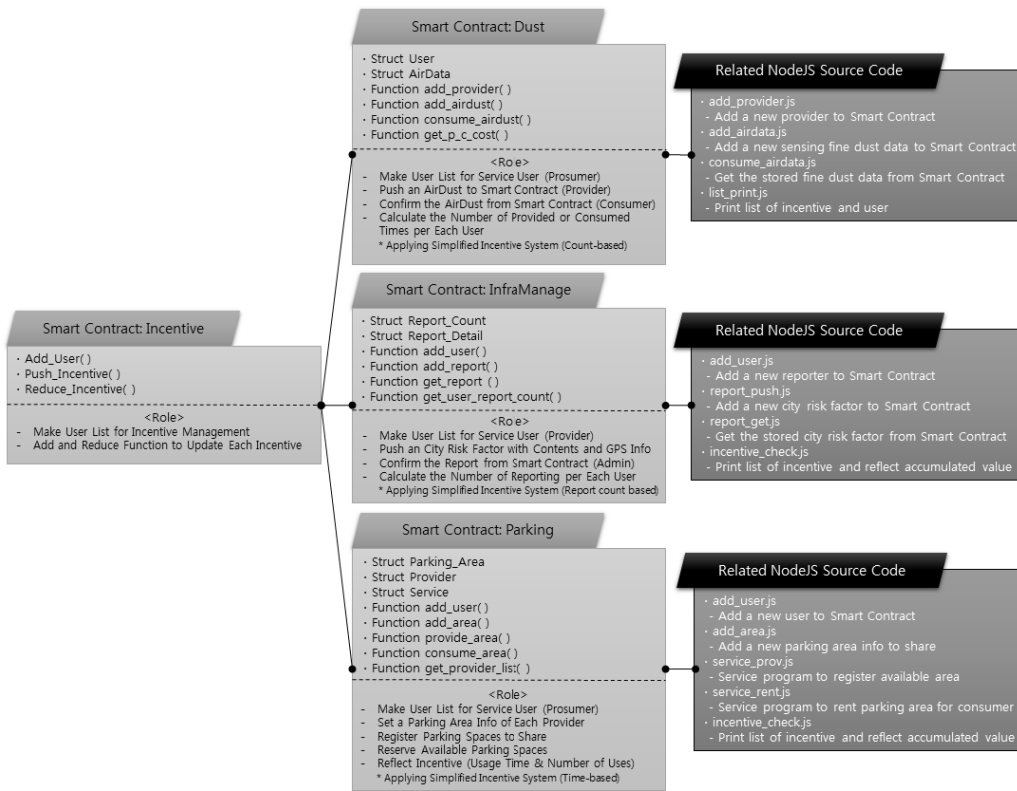


Fig. 10. Structure of Implemented System

스마트 컨트랙트의 기능과 서비스 모델의 검증을 위한 코드만을 구현했으며, 별도 사용자 UI를 포함한 사용자 응용은 구현하지 않고 제안하는 블록체인 기반 서비스 모델 검증에 초점에 맞춘다. Fig. 10은 구축한 각 스마트 컨트랙트 및 NodeJS 코드의 구조를 나타낸다.

5.2 구현 시스템 운영 검증

본 논문에서는 이더리움 오픈 플랫폼을 활용하여 사설 블록체인 네트워크를 구성했으며, 10명의 사용자를 임의 생성하여 3가지 종류의 서비스에 사용자 등록시켰다. 스마트 컨트랙트는 솔리디티 웹 컴파일러(Solidity Web Compiler)를 활용해 해당 블록체인 네트워크로 게시되어 각 서비스들이 구축된 블록체인 네트워크에서 운영될 수 있도록 한다.

해당 블록체인 네트워크에는 4개의 스마트 컨트랙트 (Incentive, Dust, Parking, InfraManage)가 게시되어 있고, 각 서비스 영역의 스마트 컨트랙트는 NodeJS 코드를 통해 운영된다. 이제부터 개별 서비스들을 동작시키며 인센티브의 정상적인 증감을 확인하여 제안하는 블록

체인 기반 다중 도시 서비스 운영을 위한 서비스 모델 운영 가능성을 확인한다.

```

tops@tops-Blockchain:~/project_air/private_net$ geth --networkid 45 --nodiscover
--port 30303 --rpc --rpcport 8543 --rpcaddr 127.0.0.1 --rpcorsdomain "*" --rpc
api "admin, db, eth, debug, mliner, net, shh, txpool, personal, web3" --maxpeers 0
--datadir /home/tops/project_air/private_net/test_0521_1101/ console 2>>/home/t
ops/project_air/private_net/geth.log
Welcome to the Geth JavaScript console!

instance: Geth/v1.8.15-stable-89451f7c/linux-amd64/go1.10.1
coinbase: 0x2b8f6326ba62793abfbb560ec26625c74b6af48
at block: 379015 (Thu, 25 Jul 2019 18:00:00 KST)
datadir: /home/tops/project_air/private_net/test_0521_1101
modules: admin:1.0 debug:1.0 eth:1.0 ethash:1.0 miner:1.0 net:1.0 personal:1.0
rpc:1.0 txpool:1.0 web3:1.0

> eth.accounts
[ "0x2b8f6326ba62793abfbb560ec26625c74b6af48", "0x2ab287ee313dbeda93789a23bec9f3
8420df54f5", "0xdeb6a782amba0713de302318cc148d1070006", "0xee022a9aab4177944
8e169e394dd0304f09df01", "0x8e56e72cec080913c3fd4132e3970a7ac28d7248", "0xf863c7
8ba7c3bd34a4ed3e5d6fc7ee7fe23c70c9", "0xacc7ccf4255b0de8e7c98a539bfa882c1e02c77
", "0x71d0cf20d2352dcb1835107d350b5d4f212b4081", "0x52a81d086aff993ada71bb6a22e
0070ab14e3c", "0x25e131f0273d35380049cf240190a5f801f0b4fd" ]
    
```

Fig. 11. Initialization of Blockchain Network and User Nodes

첫 번째 서비스는 미세먼지 데이터 가시화 서비스이다. 해당 서비스에서 한 명의 사용자는 데이터 제공자로서 자신의 블록체인 노드 주소 정보, 센서 ID, PM10 정보, PM2.5 정보를 입력한다. 센서가 설치된 GPS 정보는 초기 등록 시, 함께 입력되므로 미세먼지 데이터 전송에

는 포함하지 않는다. 미세먼지 데이터 가시화 서비스에서 1번 사용자는 총 4회 미세먼지 데이터를 스마트 컨트랙트로 전송하고, 그 후 2회 다른 사용자가 전송한 미세먼지 데이터를 스마트 컨트랙트로부터 제공받아 소비한다. 결과적으로 1번 사용자는 4회 획득과 2회 소비를 통해 2회의 인센티브 획득 기회만이 남게 된다. Fig. 12는 1번 사용자의 서비스 이용 결과 화면을 나타낸다.

Fig. 12와 같이, 사용자는 dust_add_airdata.js 파일을 통해 총 4번 데이터를 업로드했고, 미세먼지 데이터 인덱스 1과 3에 위치한 두 개의 미세먼지 데이터를 소비했다. 최종적으로 사용자의 인센티브 내역을 dust_check_p_c_count.js 파일로 확인한 결과, +2회의 인센티브가 남아있음이 확인된다. 특정 시간이 지나면 인센티브 내역은 인센티브를 관리하는 스마트 컨트랙트로 전송되어 1포인트 당 100점으로 환산하여 200점이 추가된다.

```

tops@tops-blockchain:~/project_air/private_net/journal$ node dust_add_airdata.js 1 1 10 10 1010 1010
===== Dust Data Input =====
Data Sender: 0x2b8f6320ba62793abfbb560ec26625c74b6af48
Send Device: 1
PM2.5: 10, 10
PM10: 1010, 1010
Adding the Fine Dust Data is Completed
tops@tops-blockchain:~/project_air/private_net/journal$ node dust_add_airdata.js 1 1 11 11 1111 1111
===== Dust Data Input =====
Data Sender: 0x2b8f6320ba62793abfbb560ec26625c74b6af48
Send Device: 1
PM2.5: 11, 11
PM10: 1111, 1111
Adding the Fine Dust Data is Completed
tops@tops-blockchain:~/project_air/private_net/journal$ node dust_add_airdata.js 1 1 12 12 1212 1212
===== Dust Data Input =====
Data Sender: 0x2b8f6320ba62793abfbb560ec26625c74b6af48
Send Device: 1
PM2.5: 12, 12
PM10: 1212, 1212
Adding the Fine Dust Data is Completed
tops@tops-blockchain:~/project_air/private_net/journal$ node dust_add_airdata.js 1 1 13 13 1313 1313
===== Dust Data Input =====
Data Sender: 0x2b8f6320ba62793abfbb560ec26625c74b6af48
Send Device: 1
PM2.5: 13, 13
PM10: 1313, 1313
Adding the Fine Dust Data is Completed
tops@tops-blockchain:~/project_air/private_net/journal$ node dust_consume_airdata.js 1 1
Import libraries
Ethereum node connect
Got Dust Server Contract Instance
===== Received Dust Information =====
Device ID: 1
PM2.5: 11, 1515
PM10: 8, 1515
===== Provider Info =====
Provider Address: 0x2a8287ee313d8Ed93789a238EC8f39420df54f5
GPS Info: [ 123, 222, 321, 2222 ]
tops@tops-blockchain:~/project_air/private_net/journal$ node dust_consume_airdata.js 1 3
Import libraries
Ethereum node connect
Got Dust Server Contract Instance
===== Received Dust Information =====
Device ID: 1
PM2.5: 8, 2020
PM10: 10, 2020
===== Provider Info =====
Provider Address: 0x2a8287ee313d8Ed93789a238EC8f39420df54f5
GPS Info: [ 123, 222, 321, 2222 ]
tops@tops-blockchain:~/project_air/private_net/journal$ node dust_check_p_c_count.js 1
===== Remaining Incentive Info =====
User Address: 0x2b8f6320ba62793abfbb560ec26625c74b6af48
Plus Incentive Count: 4
Minus Incentive Count: 2
Result: +2 Incentives
    
```

Fig. 12. User Incentive Change through Fine Dust Data Upload and Download

Fig. 13은 도시 위험 요소 신고 서비스를 통한 1번 사용자의 인센티브 변화를 나타낸다. 신고 서비스에서는 사용자가 별도로 인센티브를 지불함으로써 어떠한 데이터 혹은 정보를 획득하는 시나리오를 고려하지 않았으므로, 사용자가 총 2번의 도시 위험 요소를 업로드하고, 그 결과 인센티브 변화 확인을 통해 시스템의 정상 동작 여부를 검증한다. 우선 서비스를 이용하기에 앞서,

infra_report_check.js 파일을 통해 1번 사용자의 현재 신고 수가 0번임을 확인한다. 다음으로, GPS 좌표가 (123.1111, 321.2222)와 (456.3333, 654.4444)인 두 지점을 각각 오류 코드 5번과 2번으로 신고한다. 시스템의 단순성을 위해 본 논문에서는 상세한 신고 내역에 대한 설명이 아닌 간략한 오류 코드를 입력하는 방식을 가진다.

```

tops@tops-blockchain:~/project_air/private_net/journal$ node infra_incentive_check.js
===== User Reporting Result =====
User Node Address: 0x2b8f6320ba62793abfbb560ec26625c74b6af48
Number of Reporting: 0
tops@tops-blockchain:~/project_air/private_net/journal$ node infra_report_push.js 1 123 1111 321 2222 5
City Risk Reporting Service Start!!
===== Report Contents =====
Reporter Addr: 0x2b8f6320ba62793abfbb560ec26625c74b6af48
Reporting Position: ( 123, 1111, 321, 2222 )
City Risk Code: 5
tops@tops-blockchain:~/project_air/private_net/journal$ node infra_report_push.js 1 456 3333 654 4444 2
City Risk Reporting Service Start!!
===== Report Contents =====
Reporter Addr: 0x2b8f6320ba62793abfbb560ec26625c74b6af48
Reporting Position: ( 456, 3333, 654, 4444 )
City Risk Code: 2
tops@tops-blockchain:~/project_air/private_net/journal$ node infra_report_get.js
Print Stored City Risk Reporting Contents
===== Reporting Result =====
GPS Position: ( 11, 1111, 22, 2222 )
Infra Condition Code: No. 2
===== Reporting Result =====
GPS Position: ( 33, 4444, 55, 5555 )
Infra Condition Code: No. 1
===== Reporting Result =====
GPS Position: ( 456, 3333, 654, 4444 )
Infra Condition Code: No. 2
===== Reporting Result =====
GPS Position: ( 77, 8888, 99, 9999 )
Infra Condition Code: No. 1
===== Reporting Result =====
GPS Position: ( 123, 1111, 321, 2222 )
Infra Condition Code: No. 5
===== Reporting Result =====
GPS Position: ( 12, 1212, 13, 1313 )
Infra Condition Code: No. 2
===== Reporting Result =====
GPS Position: ( 22, 2222, 33, 3333 )
Infra Condition Code: No. 3
===== Reporting Result =====
GPS Position: ( 66, 6666, 77, 7777 )
Infra Condition Code: No. 2
tops@tops-blockchain:~/project_air/private_net/journal$ node infra_incentive_check.js
===== User Reporting Result =====
User Node Address: 0x2b8f6320ba62793abfbb560ec26625c74b6af48
Number of Reporting: 2
tops@tops-blockchain:~/project_air/private_net/journal$
    
```

Fig. 13. Incentive Change through City Risk Reporting Service

1번 사용자의 신고 후, infra_report_get.js를 통해 현재까지 누적된 신고 항목들을 살펴보면, 붉은 네모처럼 전송한 내용이 표기됨을 볼 수 있다. 그리고 infra_incentive_check.js를 통해 1번 사용자의 신고 횟수를 다시 확인하면, 지난 두 번의 신고가 반영되어 +2회로 표기됨을 확인할 수 있다. 이 또한 특정 시간이 지나면 해당 인센티브 내역은 인센티브를 관리하는 스마트 컨트랙트로 전송되어 1포인트 당 100점으로 환산하여 200점이 추가된다.

Fig. 14는 주차 공간 공유 서비스를 통한 사용자의 인센티브 변화를 나타낸다. 해당 서비스에서는 1번 사용자와 5번 사용자를 활용한다. 우선, 1번 사용자와 5번 사용자의 현재 주차 공간 공유 서비스에서의 인센티브 현황을 파악한다. parking_get_incentive.js 파일을 활용하면 두 사용자 모두 현재 인센티브가 0임을 알 수 있다. 그리고 parking_get_area_info.js 파일을 통해 두 사용자가 등록해놓은 주차 공간을 확인한다.

```

tops@tops-blockchain:~/project_alr/private_net/journal$ node parking_get_incentive.js 1
===== Print User Incentive =====
[USER - 0x2b8f6320bae2793abfbb50ec26625c74beaf48 ]
[Incentive count - ( 0 )]
tops@tops-blockchain:~/project_alr/private_net/journal$ node parking_get_incentive.js 5
===== Print User Incentive =====
[USER - 0xae50e72ec86913c3ffd4132e3976a7ac28d7248 ]
[Incentive count - ( 0 )]
tops@tops-blockchain:~/project_alr/private_net/journal$ node parking_get_area_info.js 1 0
Add Parking Service Area Complete
===== Print Parking Service Area =====
[USER - 0x2b8f6320bae2793abfbb50ec26625c74beaf48 ]
[Parking Site - ( 2 , 3 )]
tops@tops-blockchain:~/project_alr/private_net/journal$ node parking_get_area_info.js 5 0
Add Parking Service Area Complete
===== Print Parking Service Area =====
[USER - 0xae50e72ec86913c3ffd4132e3976a7ac28d7248 ]
[Parking Site - ( 2 , 1 )]
tops@tops-blockchain:~/project_alr/private_net/journal$ node parking_add_service_prov.js 1 0 10
Add a New Parking Space to Sharing
===== Add Parking Service Area =====
[USER - 0x2b8f6320bae2793abfbb50ec26625c74beaf48 ]
[List Index - 0 ]
[Time Block - 10 ]
Add Parking Service Area Complete
tops@tops-blockchain:~/project_alr/private_net/journal$ node parking_add_service_rent.js 5 2 3 7
Parking Area Registration
===== Rent Parking Area =====
[USER - 0xae50e72ec86913c3ffd4132e3976a7ac28d7248 ]
[Rental Site - ( 2 , 3 )]
[Time Block - 7 ]
tops@tops-blockchain:~/project_alr/private_net/journal$ node parking_add_service_rent.js 1 5 7 2
Parking Area Registration
===== Rent Parking Area =====
[USER - 0x2b8f6320bae2793abfbb50ec26625c74beaf48 ]
[Rental Site - ( 5 , 7 )]
[Time Block - 2 ]
tops@tops-blockchain:~/project_alr/private_net/journal$ node parking_get_incentive.js 1
===== Print User Incentive =====
[USER - 0x2b8f6320bae2793abfbb50ec26625c74beaf48 ]
[Incentive count - ( 5 )]
tops@tops-blockchain:~/project_alr/private_net/journal$ node parking_get_incentive.js 5
===== Print User Incentive =====
[USER - 0xae50e72ec86913c3ffd4132e3976a7ac28d7248 ]
[Incentive count - ( - 7 )]
tops@tops-blockchain:~/project_alr/private_net/journal$
    
```

Fig. 14. Incentive Change through Parking Area Sharing Service

주차 공간은 Local ID와 Area ID로 구성되며, Local ID는 지역의 번호를, Area ID는 해당 지역 내에서의 index를 의미한다. 1번 사용자의 주차 공간은 (2,3)으로 2번 지역에서 3번 index를 가진 위치를 의미한다. 마찬가지로 5번 사용자는 (2,1)로 2번 지역에서 1번 index를 가진 주차 공간을 보유하고 있다. 그 후, parking_add_service_prov.js 파일을 활용하여 1번 사용자가 자신이 보유한 주차 공간을 10 타임블록동안 제공하도록 등록한다. 본 서비스에서 1타임블록은 10분으로 가정한다. 5번 사용자는 1번 사용자가 등록한 공간을 7 타임블록동안 사용하기 위해 parking_add_service_rent.js 파일로 예약하고, 1번 사용자 또한 동일한 파일을 활용하여 다른 사용자의 공간을 2 타임블록동안 예약한다. 결과적으로 1번 사용자는 5번 사용자에 의해 7 타임블록에 해당하는 인센티브를 확보했고, 2 타임블록에 해당하는 인센티브를 소모했다. 또한, 5번 사용자는 별도의 장소 제공 없이 1번 사용자의 공간을 7 타임블록동안 사용했다. 결과적으로, parking_get_incentive.js 파일로 다시 주차 공간 공유 서비스에서의 사용자별 인센티브를 확인하면, 1번 사용자는 +5 인센티브, 5번 사용자는 -7 인센티브로 변경된 것을 확인할 수 있다. 타 서비스와 마찬가지로, 특정 시간이 지나면 인센티브 내역은 인센티브 관리 스마트 컨트랙트로 전송되어 1포인트 당 200점으로 환산하여 계산된다.

```

tops@tops-blockchain:~/project_alr/private_net/journal$ node incentive_list_print.js
Print_Incentive_List_Is_Start!!
=====
User ID: 0x2b8f6320bae2793abfbb50ec26625c74beaf48
Incentive: 1400
User ID: 0xae50e72ec86913c3ffd4132e3976a7ac28d7248
Incentive: 1400
tops@tops-blockchain:~/project_alr/private_net/journal$
    
```

Fig. 15. Accumulated Incentive Value

최종적으로, incentive_list_print.js 파일을 통해 인센티브를 관리하는 스마트 컨트랙트에 저장된 1번 사용자와 5번 사용자의 인센티브를 확인한 결과, 1번 사용자는 누적 인센티브 1400, 5번 사용자는 누적 인센티브 -1400임을 확인할 수 있다. 5번 사용자는 실험 시나리오 과정에서 별도의 수익 활동을 하지 않아 음수로 책정되었으며, 특정 수치 이상으로 마이너스가 될 경우 사용자에게 알림으로 수익 활동이 필요함을 시스템에서 전달한다.

6. 결론

본 논문에서는 도시에서 운영되는 데이터 기반 서비스들을 효율적으로 통합 및 연동하여 활용성을 높일 수 있는 블록체인 기반 도시 서비스 모델을 제안했다. 제안 모델은 사용자들의 참여를 독려하기 위해 각 서비스에서 소비 및 활용될 수 있는 데이터와 가치의 제공자에게는 그에 따른 인센티브를 지급하고, 서비스 수혜자로부터는 인센티브를 회수함으로써 동일 인센티브 시스템 내에서 다양한 서비스가 연동될 수 있는 구조를 가지며, 블록체인이 제공하는 데이터 신뢰성으로 서비스의 투명성을 보장한다.

또한, 이더리움 오픈 플랫폼을 활용하여 사설 블록체인 네트워크에 제안 모델의 프로토타입을 구축함으로써 제안 구조의 운영성을 검증했다. 향후에는 제안 모델의 확장 및 요청 처리 속도 향상을 위해 기반 플랫폼을 이더리움 오픈 플랫폼에서 엔터프라이즈 블록체인 플랫폼으로 변경할 예정이다.

이러한 블록체인 기반 도시 관리 서비스 통합 운영 모델의 개발은 현재 다수의 지자체에서 추진되고 있는 지역화폐를 활용한 지역 경제 활성화 사업과 연계되어 도시를 운영 및 관리할 수 있는 지자체의 서비스에 시민의 적극적인 참여를 유도할 수 있는 요소로서 적용될 수 있으며, 거대 시장을 형성하고 있는 스마트시티 기술과 접목되어 블록체인 기술 영역의 확장 및 블록체인 기술 기반의 새로운 서비스 개발 시장을 개척할 수 있을 것으로 기대된다.

References

- [1] Shanghong Liu, "Size of blockchain technology market worldwide from 2018 to 2023 (in billion U.S. dollars)", statista, c2019 [cited 2019 Aug. 9], Available from: <https://www.statista.com/statistics/647231/worldwide-blockchain-technology-market-size/> (accessed Aug. 12, 2019).
- [2] K. Sultan, U. Ruhi, and R. Lakhani, "Conceptualizing Blockchain: Characteristics & Applications", *11th IADIS International Conference on Information Systems*, Association for Information Systems, Lisbon, Portugal, pp. 49-57, April 2018.
- [3] S. Nakamoto, "Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system", Bitcoin White Paper, 2008.
- [4] K. Korjus, "E-RESIDENCY 2.0", White Paper, Dec 2018.
- [5] N. Kshetri, J. Voas, "Blockchain-Enabled E-Voting", *IEEE Software*, vol. 35, no. 4, pp. 95-99, July 2018. DOI: <https://doi.org/10.1109/MS.2018.2801546>
- [6] C. Teo, Everledger Announces the Industry Diamond Time-Lapse Protocol, Everledger, [cited 2018 Feb. 22], Available From: <https://www.everledger.io/> (accessed Aug. 13, 2019).
- [7] PowerLedger Homepage, Available from <http://www.powerledger.io/> (accessed Aug. 13, 2019).
- [8] Aston Homepage, Available from: <https://www.aston.com.au/> (accessed Aug., 15, 2019).
- [9] S. I. Choi, S. B. Shim, C. J. Chun, C. Y. Kim, "Development of Blockchain based Real-time Risk Factor Reporting System to Improve the Efficiency and Transparency of Infrastructure Management in Urban Area." *Proceedings of KICS Summer Conference 2019*, KICS, Jeju Island, South Korea, pp. 1206-1207, June 2019.
- [10] AirKorea Homepage, Available from: <https://www.airkorea.or.kr/eng/> (accessed Aug. 15, 2019).
- [11] Safety e-Report Homepage, Available from: <https://safetyreport.go.kr/eng/> (accessed Aug. 15, 2019).
- [12] ModuParking Homepage, Available from: <https://www.moduparking.com/> (accessed Aug. 15, 2019).
- [13] V. Buterin, "A Next-Generation Smart Contract and Decentralized Application Platform(2017)", Ethereum White Paper, Available from: <https://www.ethereum.org/> (accessed Aug. 19, 2019)
- [14] Solidity Homepage, Available from <https://solidity.readthedocs.io/en/v0.5.11/> (accessed Aug. 19, 2019).

최 상 일(Sang-II Choi)

[정회원]



- 2017년 2월 : 경북대학교 IT대학 컴퓨터학과 (공학박사)
- 2017년 1월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 차세대 인프라연구센터 전임연구원

<관심분야>

통신네트워크, 사물인터넷, 블록체인