

공개형 블록체인을 활용한 신뢰기반 감염병 관리 시스템

장경배¹ · 박재훈¹ · 서화정^{2*}

Trust-based Infectious Disease Management System Using the Public Blockchain

Kyung-Bae Jang¹ · Jae-Hoon Park¹ · Hwa-Jeong Seo^{2*}

¹Graduate Student, Department of IT Engineering, Hansung University, Seoul, 02876 Korea

^{2*}Assistant Professor, Department of IT Engineering, Hansung University, Seoul, 02876 Korea

요약

국가에 치명적인 감염병이 발생하였을 때, 점차 퍼지는 후속 피해를 막기 위해서는 정부의 신속한 대처와 국민들의 2차 감염 예방이 매우 중요하다. 하지만 기존 의료기관에서 감염병을 발견하고, 이 사실이 질병관리본부까지 도달하기에는 총 4단계의 보고절차를 밟아야 한다. 이에 본 논문에서는 공개형 블록체인을 활용하여 기존 보고절차를 간소화 한다. 또한 감염병 관련 기관들만이 블록체인에서 감염병 정보를 공유하는 것이 아니라, 블록체인의 열람 권한을 일반 시민들에게도 부여한다. 빠르게 정보를 공유하고 처리과정을 투명하게 공개하여 감염병 발생에 대한 대처와 공식발표에 신뢰를 더할 수 있다. 국민들 또한 2차 감염을 예방하기 위한 정보들을 블록체인에서 확인하여 효율적인 차세대 방역체계를 구축할 수 있다.

ABSTRACT

In the event of a fatal infectious disease in the country, it is very important that the government respond quickly and prevent the secondary infection of the people to prevent the subsequent spread of damage. However, in order to detect infectious diseases in existing medical institutions, and to reach the KCDCP(Korea Centers for Disease Control and Prevention) a total of four steps must be taken. In this paper, we simplify the existing reporting process using the open blockchain. In addition, not only infectious disease related organizations share infectious disease information on the blockchain, but also grant access to the blockchain to ordinary citizens. By sharing information quickly and transparently revealing the process, we can add credibility to the response to the outbreak and official announcements. The public can also build efficient next-generation defense systems by checking information on the blockchain to prevent secondary infections.

키워드 : 감염병, 질병관리본부, 공개형 블록체인, 신뢰, 차세대 방역체계

Keywords : Infectious disease, KCDCP, Public Blockchain, Trust, Next generation quarantine system

Received 17 February 2020, Revised 20 February 2020, Accepted 6 May 2020

* Corresponding Author Hwa-Jeong Seo(hwajeong@hansung.ac.kr, Tel:+82-2-760-8033)

Assistant Professor, Department of IT Engineering, Hansung University, Seoul, 02876 Korea

Open Access <http://doi.org/10.6109/jkiice.2020.24.6.795>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

I. 서론

감염병은 인류를 지속적으로 위협해 왔으며, 새로운 감염병의 출현은 국제적으로 큰 혼란을 가져온다. 표 1은 국내에 유행했던 각 감염병들과 정부의 대처에 대한 비교 정보[1]이다.

사스는 사망자가 0명으로 종료되며 정부의 우수한 감염 예방능력을 보여주었다. 하지만 신종플루는 빠른 조치를 취했지만 백신의 확보가 미흡했다는 평가이다. 마지막으로 2015년, 메르스 발병 시기 한국은 전 세계 두 번째로 사망자가 많은 국가였다. 첫 환자 발생 2주 후 회의를 소집하는 등 미흡한 대처를 보였으며, 이로 인해 정부의 지지율은 40%에서 29%로 급락하였다[2].

Table. 1 Infectious Disease Comparison

	SARS	Swine Flu	MERS
Year	2002	2012	2015
Infected	4 people	107,939 people	186 people
Dead	0 people	260 people	39 people
Government response	Quick response	Quick response, Insufficient vaccine	Late announcement, Poor response

다양한 경로로 전파되는 감염병의 특성상, 발생 초기 현명하고 신속한 대처가 필요하다. 병원 및 질병 관련 기관의 적극적인 협조가 요구되며, 감염병에 대한 정보 공유가 원활히 이루어져야 한다. 하지만 현재 시스템에선 의사의 진단부터 최종 질병관리본부까지 수직적인 신고 및 보고 절차로 인해 결과를 환류받기까지 오랜 시간이 소요된다. 위험 정도를 인식하고, 대처를 시작하는 시점에 이미 다른 곳에서 감염이 발생할 수 있다. 이에 블록체인을 활용하여 감염환자 정보를 공유하자는 연구[3]가 이루어졌다.

블록체인[4]은 데이터를 블록에 담아 체인으로 연결한 형태의 분산형 데이터 베이스이다. 블록체인에서의 정보들은 중앙화 된 서버가 아닌 공공장부에 보관되기 때문에 모든 참가자는 정보를 공유하고 비교해볼 수 있다. 기존연구[3]에서는 권한을 부여받은 노드들만 참가하는 허가형 블록체인을 사용하기 때문에 관련기관들만이 정보를 공유하였다. 하지만 감염환자가 다수 발생했다는 사실은 해당 지역 및 국가에 부정적인 효과를 가져온다. 감염된 지역은 비활성화 되고 이로 인해 지역경

제, 관광산업 측면에서 극심한 손해를 가져온다. 정부의 대처에 대한 신뢰도 떨어지기 때문에 중앙기관의 권력 하에 감염위험 정도를 실제보다 감축하여 발표하거나 은폐할 가능성이 존재한다.

이에 본 논문에서는, 다양한 분야에서 활용되고 있는 공개형 블록체인[5, 6]을 사용하여 감염병 보고 및 방역 시스템을 제안하고 구현하였다. 블록체인 네트워크 상에서 각 기관은 감염병과 관련된 정보를 공유한다. 오랜 시간이 소요되던 수직적인 보고 절차를 수평적으로 설계하여 신속한 판단을 내릴 수 있다. 공개형 블록체인의 특성상 일반 시민들에게도 감염환자 현황, 위험지역이 공유되며 정보의 수정 및 삭제가 불가능하기 때문에 감염병과 관련된 감염 환자의 수, 경과 결과의 조작을 방지할 수 있다. 제안하는 시스템을 공개형 블록체인인 이더리움(Ethereum)에서 구현하였으며, 기존 시스템과의 비교 분석 또한 실시하였다.

II. 관련 연구

2.1. 현재 감염병 감시 및 보고 지침[7]

2020년 질병관리본부 공식 감염병 감시 및 보고지침에 따르면, 감염병 환자 발생 신고절차는 그림 1과 같다.

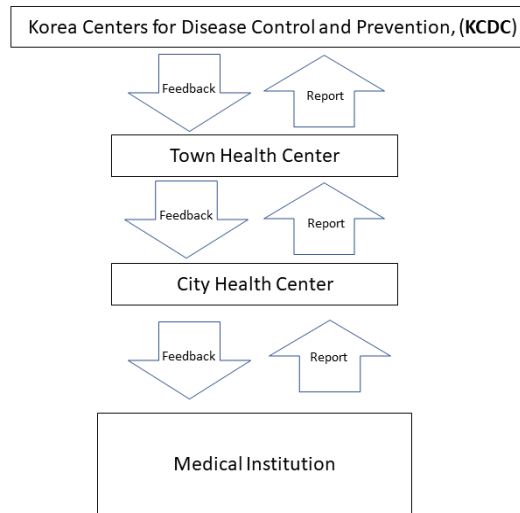


Fig. 1 Report process

표본감시기관에서 질병관리본부로 직접 보고하는 특수한 경우가 아닌, 의료기관에서 감염병 환자를 발견하고 최종 질병관리본부에 보고되기까지는 총 4단계로 구성되어 있다. 초기 감염환자 발생 시, 의사 또는 한의사, 치과의사, 의료기관의 장은 관할 보건소로 신고한다. 신고 받은 보건소 장은 특별자치도지사 또는 시장, 군수, 구청장에게 보고한다. 그 다음 특별시장, 광역시장, 도지사에게 보고되고 마지막으로 질병관리본부에 보고되어 판단 결과가 나오면 다시 상위기관에서 하위기관으로 결과를 환류 받는다.

위와 같은 수직적인 구조의 보고 시스템은 결과를 환류 받기까지 오랜 시간이 소요될 수 있다. 하지만 2020년도 감염병 관리 사업 지침[7]에는 4차 산업혁명 기반 기술을 활용한 조기감지, 위험분석, 신속진단, 백신 개발 등 감염병 대응 기술혁신 시스템 구축이 비전과 목표로 설정되어 있다. 이처럼 질병관리본부는 차세대 기술을 활용하여 효율적이고 신속한 감염병 관리 및 보고 시스템 구축을 긍정적으로 검토하고 있다.

2.2. 중국 정부의 감염 정보 축소 발표[8]

2020년, 중국 우한 지역에서 발생한 신종 코로나 바이러스 감염병이 중국 본토뿐만이 아닌 다국적으로 감염되었다. 그리고 이 과정에서 중국정부가 감염환자 및 사망자 수 등, 감염 정보를 축소 발표하여 국제적으로 많은 비난을 받았다. 중국은 2003년, 사스(SARS) 감염병이 유행할 당시에도 투명한 정보 공유를 하지 않았고, 이는 국제사회에 더 큰 피해를 입혔다.

이와 같이 감염병에 대한 정보를 사실대로 발표하지 않은 이유는 지역경제가 비 활성화되어 관광산업에도 영향을 끼친다. 그리고 정부의 미흡한 대처사실이 밝혀지면 국민들의 신뢰가 떨어지기 때문이다. 따라서 정보의 위변조가 불가능한 블록체인의 장점을 활용하여 신뢰할 수 있는 감염병 관리 시스템을 제안한다.

III. 제안 시스템

특정 노드에게만 네트워크 참여권한을 부여하는 허가형 블록체인을 제안한 기존 연구[3]와는 다르게 본 논문에서는 공개형 블록체인인 이더리움을 선택하여 시스템을 구체화하여 구현하였다. 허가형 블록체인은 사

내 네트워크와 비슷한 성격을 가진다. 평상시에는 네트워크 참여자 외에 정보 공개가 이루어지지 않고 특정 사건으로 정보를 공개해야 할 시 문제점이 존재한다. 참여자는 소수이며 내부자 담합에 의한 51% 공격에 대해 내성을 가지지 못한다. 블록체인 정보의 위변조가 가능하며 이는 감염병 관리에 있어 투명한 정보 공개로 인한 신뢰형성, 책임기반 업무처리에 차질이 생길 수 있다. 하지만 공개형 블록체인은 언제나 일반 시민들도 열람할 수 있다. 업무 처리에 대한 책임감과 51% 공격에 내성을 가져 정보의 위변조가 불가능하기 때문에 신뢰기반의 감염병 관리 시스템을 구축할 수 있다.

감염병의 효과적인 방역체계를 구축하기 위해선 의료기관 및 질병관리본부의 대처도 중요하지만 시민들이 경각심을 갖고 조심하는 것 또한 매우 중요하다[9]. 따라서 질병관리본부와 각 기관들만이 감염 정보를 공유하고 조치를 내리는 것이 아닌, 공개형 블록체인을 사용하여 일반 시민들에게도 열람 권한을 부여하였다. 감염병 발생과 대처 과정이 투명하게 블록체인에 공개된다. 따라서 감염병 방역에 있어 미흡한 업무 처리가 발생한다면 이에 대한 책임도 물을 수 있다. 하지만 보고 과정에서 사실과는 다른 잘못된 보고가 이루어질 여지가 있다. 또한 블록체인에 한번 입력된 정보는 삭제가 불가능하기 때문에 이는 자칫 혼란을 야기할 수 있다. 때문에 사전에 잘못된 사실의 입력에 대해서는 관련 사유 및 증거자료와 함께 재입력 하는 방식으로 해결하고자 한다.

제안 시스템을 구성하는 노드들은 실제 감염병 보고 관리 시스템과 동일한 4개의 기관들로 구성된다. 의료기관, 시·군·구 보건소, 특별시·광역시·도 보건과, 질병관리본부 4개의 노드들은 감염병 보고와 결과환류를 블록체인의 공공장부에 작성해 나간다. 동작 구조는 그림 2와 같다.

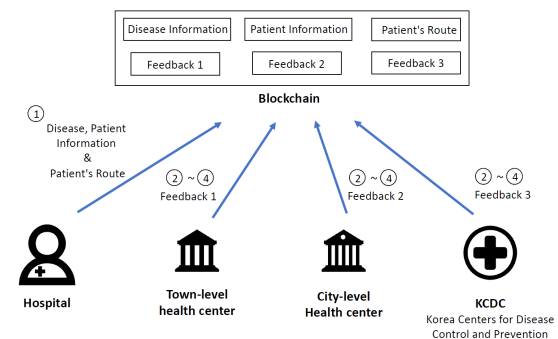


Fig. 2 Action structure

감염환자를 발견한 의료기관은 블록체인에 발생사실을 트랜잭션 한다. 지역별 보건소, 질병관리본부는 해당 사실을 확인한 뒤, 자신들의 판단 결과를 블록체인에 트랜잭션 한다. 이때 병원체 분석과 같이 완료되는데 어느 정도 시간이 소요되는 분야는 판단 후에 트랜잭션 하여 채워 넣는 방식으로 진행한다.

블록체인을 활용한 감염병 관리 시스템은 누구나 열람은 가능하지만 감염병 환자 보고 및 결과환류 기능은 해당 기관들만이 사용해야 한다. 따라서 그림 3과 같이 각 기관의 고유 블록체인 주소를 입력하여 블록체인 네트워크상에 감염병 관리 스마트 컨트랙트를 배포한다. 그 결과 입력된 주소들만이 감염병 관리 스마트 컨트랙트에 구현된 기능들을 실행시킬 수 있게 하였다. 하지만 감염병 관리 체계에서 기관별로 맡은 역할이 다르기 때문에 각 기관마다 실행시킬 기능 또한 다르다. 이를 위해 이더리움에서 기본적으로 제공하는 식별자 함수 modifier를 활용하여 각 기관별로 기능 실행에 제한을 두었다. modifier 함수는 해당 기능을 실행시키려는 주소와 사전에 입력된 주소가 같은지 비교하여 실행 여부를 결정해준다. 해당 코드는 그림 4와 같으며 주소 입력은 초기 스마트 컨트랙트 배포 시 그림 3과 같이 완료하였다. 구현된 기능은 Enter Disease Information, Feedback, Disease Status, Diseases Map, GetResult 총 5가지이며 각 기능별 역할에 대하여 자세히 살펴보고자 한다.

Fig. 3 Deploy Smart Contract

```
modifier OnlyMedicalInstitution() {
    require(msg.sender == medicalInstitution);
}

```

Fig. 4 Function Modifier

제일 먼저 감염환자를 발견한 의료기관은 배포된 스마트 컨트랙트에 구현한 기능인 Enter Disease Information을 실행시킨다. 해당 기능은 감염환자와 감염병에 대한

발생 정보를 상위 기관에 보고하는 역할로서 감염병의 이름과 발병일, 위험등급, 주요증상, 추정감염지역, 환자정보를 블록체인에 트랜잭션 한다. 이때 주의할 점은 블록체인에 한번 입력된 정보들은 모든 사람들이 열람할 수 있다는 것이다. 때문에 환자의 사생활 보호를 위한 주민등록번호, 핸드폰번호, 거주하는 곳의 구체적인 주소와 같은 민감 정보는 입력에서 제외하였다. Enter Disease Information의 실행화면은 그림 5와 같다.

Fig. 5 Enter Disease Information

위와 같이 스마트 컨트랙트의 Enter Disease Information 기능을 통해 블록체인 네트워크에 감염환자 보고가 이루어진다. 이를 통해 상위기관 노드인 시·군·구 보건소, 특별시·광역시·도 보건과, 질병관리본부는 감염환자 발생 사실을 즉시 확인할 수 있다.

감염환자를 확인한 기관들은 해당 보고에 대하여 결과를 환류해 주어야 한다. 이는 스마트 컨트랙트에 구현된 기능인 Feedback을 통해 수행할 수 있다. 기존 감염병 보고체계에 따라 의료기관을 제외한 모든 기관들은 각자의 Feedback 기능을 수행할 수 있다. Feedback은 의료기관에 환자의 병원체 요청, 병원체 분석 결과, 감염병 역학조사 결과를 블록체인에 트랜잭션 한다. 그림 6은 질병관리본부의 Feedback 실행화면이다.

Fig. 6 Feedback

하위기관에서 상위기관으로 보고하거나 상위기관에서 하위기관으로 결과를 환류하는 단계적인 절차를 밟

지 않도록 하였다. 스마트 컨트랙트 기능인 Enter Disease Information과 Feedback을 활용한 신속한 보고 및 결과 환류 시스템을 구축하였다.

제안하는 블록체인을 활용한 감염병 관리 시스템에서는 기관들의 효율적인 감염병, 환자 관리뿐만 아니라 일반 시민들을 위한 감염 예방 기능 또한 제공한다. 해당 기능은 감염병 관리의 최종기관인 질병관리본부만이 실행시킬 수 있다. 첫 번째 예방 기능은 감염병 현황을 알리는 것이다. 이 역할은 스마트 컨트랙트에 구현된 Disease Status 기능이 수행한다. 질병관리본부는 블록체인에 입력된 감염정보를 토대로 감염병 확진자, 의심환자, 사망자 수를 집계한 뒤, 스마트 컨트랙트에 구현된 기능인 Disease Status를 실행시켜 집계한 정보를 토대로 현 감염병 현황을 트랜잭션 한다. 현 사태를 투명하게 공개하여 위험 정도를 알리고 시민들은 누구나 블록체인에 입력된 감염환자 보고와 대조해 볼 수 있기 때문에 감염 사실 축소 발표에 대한 위변조를 방지할 수 있다.

두 번째 예방 정보는 감염 위험지역이다. 질병관리본부는 스마트 컨트랙트에 구현된 Disease Map 기능을 실행시켜 감염병 발생지역, 감염환자의 이동경로와 거주지를 분석하여 감염 위험지역을 블록체인에 트랜잭션 한다. 누구나 Disease Map의 결과를 보고 감염 위험지역 방문을 피함으로써 2차 감염을 예방할 수 있다. Disease Status와 Disease Map의 실행화면은 각각 그림7, 그림 8과 같다.

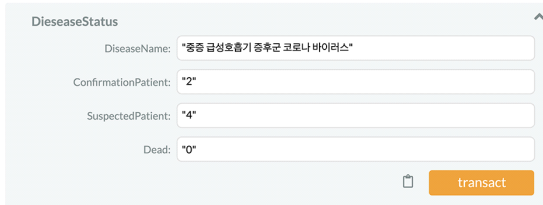


Fig. 7 Disease Status

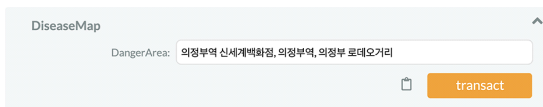


Fig. 8 Disease Map

Disease Status와 Disease Map을 통해 입력된 정보들은 스마트 컨트랙트에 구현된 GetResult 기능을 실행하

한 번에 열람할 수 있다. GetResult는 블록체인의 정보를 수정하지 않고 입력된 정보들을 단순 열람만 하기 때문에 이더리움에서 제공하는 view 함수를 사용하였다. view 함수를 사용하면 다수가 동시에 GetResult 기능을 수행한다 해도 열람만 하기 때문에 네트워크 운용 비용이 들지 않는다. view 함수를 활용한 GetResult의 코드와 실행화면은 각각 그림 9, 그림10과 같다.

```
function GetResult() public view returns(int ConfirmationPatient, int SuspectedPatient, int Dead, string DangerArea){
    return (ConfirmationPatient, suspectedPatient, dead, dangerarea);
}
```

Fig. 9 GetResult code

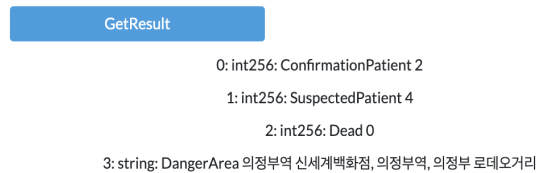


Fig. 10 GetResult

제안하는 시스템은 감염환자 보고 및 결과환류를 모두 공개형 블록체인에서 수행한다. 의료기관 및 질병관리본부의 투명한 정보공유로 감염병 현황에 대한 위변조가 불가능하기 때문에 국민들은 이를 신뢰할 수 있다. 또한 현 상황 인식, 2차 감염예방에 필요한 감염병 관련 중요정보는 따로 집계 및 분석하여 제공하기 때문에 효율적인 방역체계 구축이 가능하다.

IV. 비교 분석

본 장에서는, 기존 감염병 관리 시스템과 공개형 블록체인을 활용한 감염병 관리 시스템을 비교한다.

기존 시스템은 감염환자 발생시, 처음 의료기관에서 마지막 질병관리본부까지 총 4단계의 보고절차를 밟는다. 하위기관으로부터 상위기관까지 단계적으로 보고되며 결과환류 또한 단계적으로 이루어진다. 만약 한 곳에서 지체되면 다음 단계로 진행되지 않기 때문에 신속한 대처가 중요한 감염병 관리에 차질이 생긴다.

그러나 블록체인을 활용한 감염병 관리 시스템은 감염환자 보고와 결과환류를 모두 공유하기 때문에 많은 시간을 단축할 수 있다. 또한 감염병 위험등급별 제한시

간 내에 신고하지 않은 기관은 감염병 관리사업 지침서 [7]에 따라 책임을 물을 수 있다.

기존 시스템은 내부적으로 관리시스템을 운영하고 감염병 현황에 대해서는 정부의 공식발표가 이루어졌다. 그리고 이 과정에서 결과에 대한 위변조가 발생할 여지가 존재한다. 하지만 공개형 블록체인을 활용하면 감염병 현황을 투명하게 공개하기 때문에 위변조가 불가능하여 신뢰를 얻을 수 있다. 현 상황을 숨김없이 공개함으로써 국민들은 위험정도를 올바르게 인식하고 이는 2차 감염을 예방하기 위한 적극적인 협조로 이어질 수 있다.

V. 결 론

감염병을 예방하는데 있어 빠르게 발생 사실을 인지하고 조치를 취하는 것이 매우 중요하다. 이에 본 논문에서는 오랜 시간이 소요되는 하위기관에서 상위기관으로의 감염병 보고절차를 밟는 것이 아닌 공개형 블록체인 내에서의 정보 공유를 제안하였다. 누구에게나 투명하게 공개되기 때문에 감염병 발생시, 중앙기관의 업무 처리에 대한 신뢰를 향상시킬 수 있으며 일반 시민들도 블록체인에서 감염관련 중요 정보를 한 눈에 열람할 수 있다.

만약에 제안하는 공개형 블록체인을 활용한 감염병 관리 시스템을 사용한다면 국민과 정부와의 신뢰기반의 효율적인 감염병 방역체계를 구축할 수 있을 것이다.

ACKNOWLEDGEMENT

This work was partially supported by the National Research Foundation of Korea(NRF) grant funded by the Korea government(MSIT) (No. NRF-2017R1C1B5075742) and this work was partially supported by Institute for Information & communications Technology Promotion(IITP) grant funded by the Korea government(MSIT) (No.2018-0-00264, Research on Blockchain Security Technology for IoT Services). This research was financially supported by Hansung University for Hwajeong Seo.

References

- [1] The Kyunghyang Shinmun. Infectious diseases of the 21st century [Internet]. Available: http://news.khan.co.kr/kh_storytelling/2020/virus/.
- [2] Daegu Munhwa Broadcasting Corporation. What has the war against infectious diseases been done by previous governments? [Internet]. Available: <https://dgmbc.com/article/WT5UusyCvmWyl2>.
- [3] T. S. Kim, W. J. Kim, D. Y. Lee, and I. G. Kim, "Patient information sharing system for suspected infectious disease based on Block Chain Network in FHIR," in *Proceeding of the Korea Information Science Society*, pp. 2053-2055, 2016.
- [4] N. Satoshi (2009, October). Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system. [Internet]. Available: <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>.
- [5] Y. B. Kwon, K. B. Jang, S. J. Choi, and H. J. Seo, "Open Peer Review System based on Blockchain," *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 23, no. 11, pp. 1462-1470, Nov. 2019.
- [6] K. H. An, T. Y. Won, S. M. Park, K. B. Jang, and H. J. Seo, "Vehicle black box system with LINK blockchain," *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 23, no. 8, pp. 1018-1023, Aug. 2019.
- [7] 2020 Infectious Disease Management Project Guidelines. Korea. Centers for Disease Control and Prevention [Internet]. Available: https://www.cdc.go.kr/board/board.es?mid=a40305010000&bid=0019&act=view&list_no=365612&tag=&nPage=2.
- [8] Yonhapnews. Wuhan pneumonia is much worse than the official announcement [Internet]. Available: <https://www.yna.co.kr/view/AKR20200122100200074>.
- [9] B. S. An, "Infectious diseases can be sufficiently prevented and responded to crisis if individuals and health authorities are alert and careful," *Busan Development Forum*, vol. 178, pp. 38-43, Aug. 2019.



장경배(Kyung-Bae Jang)

2019년 2월: 한성대학교 IT응용시스템 공학 학사
2019년 3월-현재: 한성대학교 IT융합공학과 석사과정
※관심분야 : 블록체인, 정보보호, 양자컴퓨터



박재훈(Jae-Hoon Park)

2020년 2월 : 한성대학교 IT응용시스템 공학 학사
2020년 3월-현재: 한성대학교 IT융합공학과 석사과정
※관심분야 : 웹 보안, 블록체인



서화정(Hwa-Jeong Seo)

2010년 2월 부산대학교 컴퓨터공학과 학사 졸업
2012년 2월 부산대학교 컴퓨터공학과 석사 졸업
2012년 3월-2016년 1월: 부산대학교 컴퓨터공학과 박사 졸업
2016년 1월-2017년 3월: 싱가포르 과학기술청
2017년 4월-현재: 한성대학교 IT 융합공학부 조교수
※관심분야 : 정보보호, 암호화 구현, IoT