

블록체인 기반 대학 공공기록물 관리 서비스 설계 연구

Study on Blockchain Based University Public Records Management Service

홍기완(Gi Wan Hong)*, 장항배(Hang Bae Chang)**

초 록

대학의 공공기록물은 공공기록물법 시행령에 따라 기록물분류체계를 수립하고 그에 준하는 공공기록물 관리 활동을 수행해야 한다. 대학의 공공기록물들은 대학 발전계획 수립과 같은 기록물부터 교내 공문 등 학생 성적관리 기록물까지 다양한 종류의 기록물들을 포함한다. 이 중에서, 성적관리 기록물들은 성적에 관한 기록물로 중에서 출석부, 답안지, 과제물 등의 서류는 여전히 원본을 종이문서로 관리하고 있고, 학교별로 관리체계와 방법이 상이하여 관리담당자의 관리에 어려움이 따른다. 본 논문에서는 현재 종이문서로 보관되고 있는 대학의 성적 관련 기록물들을 블록체인 기반 기록물 관리를 수행할 수 있는 서비스 모델을 제안하고자 한다. 제안한 서비스는 종이문서 보관 및 관리에 소모되는 비용, 시간과 노력 등의 자원 소모를 감소시킬 수 있을 것으로 기대한다.

ABSTRACT

The public records of universities shall be classified according to the Enforcement Decree of the Public Records Act and public records management activities shall be carried out accordingly. Among various kinds of public records of the university, the records of performance management are still managed as paper documents, such as attendance books, answer sheets, and assignments, and the management system and methods of each school are different, making it difficult for the management manager to manage them. In this paper, we propose a service model that can perform blockchain-based records management of records related to performance at universities currently kept in paper documents. The proposed service is expected to reduce resource consumption, such as the cost, time and effort spent on storing and managing paper documents.

키워드 : 블록체인, 공공기록물, 전자문서, 문서 관리

Blockchain, Public Records, Electronic Documents, Documents Management

이 논문은 2019년도 중앙대학교 연구장학기금 지원에 의한 것임

* First Author, MS, Department of Security Convergence, Graduate School, Chung-Ang University
(ghd9201@cau.ac.kr)

** Corresponding Author, Professor, Department of Industrial Security, Chung-Ang University
(hbchang@cau.ac.kr)

Received: 2021-01-07, Review completed: 2021-01-15, Accepted: 2021-02-08

1. 서 론

IT의 발전과 함께, 종이문서로 인해 발생하는 시간과 비용 소모, 관리와 보관 어려움 등을 해소하기 위해 사회 전반의 다양한 조직에서 종이문서의 전자문서화를 통한 디지털 혁신을 구현하고자 노력하고 있다. 종이문서는 문서의 분실, 위조, 훼손 방지와 폐기하기 위한 관리 비용, 시간, 노력 등을 필요로 하고, 문서찾기 등의 과정에서 업무의 비효율성을 수반해왔다. 이에 비해, 전자문서는 물리적 변형과 공간 차지에 대한 우려가 없고, 생산, 유통, 보관 및 폐기에 따른 비용을 현저히 줄일 수 비용효율성을 갖는다. 또한, 정보시스템을 활용한 정보 검색 및 문서 관리로 업무 효율성을 올려줄 수 있는 장점이 있다.

정부 관계 부처의 “2010 녹색경제 활성화를 위한 전자문서 확산 방안”에서는 정보인쇄용지 사용으로 인한 탄소배출량은 연 1,220만톤 규모, 50만 kW급 발전소 4기가 생산하는 전력 소모와 같고, 종이문서의 분류, 보관, 검색, 폐기 과정에서 연간 28조원의 사회적 비용이 발생한다고 발표했다[12]. 또한, 국민건강보험 고지·안내를 위해 매년 우편을 발송하는 비용만으로 1000억원에 이르는 건강보험료가 투입되고 있다[14].

공공기록물법 시행령 제3조제4호에 따르면 국·공립대학은 우선 적용 대상에 해당하고 사립대학교(전문대학 포함)의 기록물체계 수립 시 “2018 대학 기록물 보존기간 책정기간 가이드” 반영을 권장하고 있다[11]. 이에 따라, 각 대학에서는 기록물분류체계를 수립하고 그에 따라 기록물 관리를 수행하고 있다. 하지만, 성적 관련 기록물들을 관리하는데 있어서 대학교

별로 보존 방법이나 기간 등에 차이가 있고 종이문서로 원본을 보관하고 있다.

정부는 2020년 “전자문서 및 전자거래 기본법”을 개정하고 전자문서의 법적 효력을 확대하는 한편, 전자문서 컨퍼런스 등을 주최하여 참여조직이나 기업에게 포상을 하고 전자문서 사용을 장려하는 등의 전자문서 사용을 활성화하기 위한 노력을 수행하고 있다[7]. K사는 주요 행정·공공 및 민간·금융기관의 각종 안내문부터 청구서, 등기우편 등을 모바일 어플리케이션을 통해 간편하게 수신·열람할 수 있는 서비스를 제공하고 100여개 기관·기업의 전자문서 약 8,000만 건을 중계하는 등의 활동을 수행하였다. S시는 아파트에서 생산·관리되는 종이문서를 전자화하여 문서의 생산부터 결제, 보관, 입주민 공개까지 모든 단계가 한 번에 이루어지는 서비스를 구축하였다. P사는 공인전자문서중계자제도 기반의 모바일 유통 플랫폼을 최초로 구현하였고, T사는 블록체인 기반 국가 기록관리시스템 시범 구축을 주도하였다. K기관은 예비군 훈련 통지서 체계를 구축하였다.

기록물 관리 시스템은 기록물의 보존과 보관이라는 관리적 무결성 문제를 넘어 시스템 관리자의 조작방지 및 내용증명에 대한 요구를 내부 구성원 및 시민사회로부터 요구받게 되었다. 이는 시스템이 유사한 기관 혹은 경쟁 업체들 간의 증명을 요구하는 공통의 상호 운용성(interoperability)을 가진 새로운 아키텍처 구성의 필요성을 나타낸다.

본 논문에서는 대학에서 종이문서를 원본으로 보관하고 있는 성적 관련 기록물들을 대상으로 블록체인 기반의 대학 공공기록물 관리 서비스 모델을 제안하고자 한다. 블록체인 기반

대학 공공기록물 관리 서비스는 기존 대학 기록물 관리 시스템의 한계를 보완할 수 있는 새로운 아키텍처로서 종이문서의 전자문서 보관 가능성을 보이고 블록체인 기술을 통해 전자문서 관리의 메타데이터 기록 및 내용 불가변성, 관리의 추적성을 확보하여 기존 문서 관리 시스템의 한계 보완하고자 한다.

2. 선행연구

2.1 대학 성적 관련 공공기록물 관리 현황

공공기록물법 시행령 제25조의 기록관리기준표에 따르면 공공기관은 업무과정에 기반을 둔 기록관리기준표를 작성·운영하여야 하며, 기록관리기준표의 관리항목은 업무설명, 보존기간 및 보존기간 책정 사유, 비치기록물 해당 여부, 보존장소, 보존방법, 공개여부 및 접근권한 등의 관리기준을 포함하여야 한다[11]. 이에 따라, “2018 대학 기록물 보존기간 책정기간 가이드”를 공공기록물법 시행령 제26조 [별표 1]

‘기록물의 보존기반별 책정기준’으로 대학 업무에 맞도록 세부화하여 제시하고 공공기록물법 시행령 제3조제4호의 각급 학교 중 대학을 대상으로 수립 시 반영하기를 권장하고 있다. “2018 대학 기록물 보존기간 책정기간 가이드”에 따르면 성적관리는 아래 <Table 1>과 같이 보존기간을 권고하고 있다[11]. 시험과 성적관리에 관한 기록물은 10년간 보존 및 관리할 것을 권장하고 있다.

또한, <Table 1>의 기준을 따라 서울의 주요 사립대학에서는 <Table 2>와 같이 학교별로 규정에 명시하여 성적 관련 기록물 보존을 수행하고 있다[3, 6, 10, 13]. 성적 관련 문서로는 출석부, 과제물(과제보고서), 시험답안지, 성적 채점표 등을 명시하고 있고, 출석부는 3년~10년 보관을 명시하고 있다. 보관 담당자로는 교과목 담당교수나 비전임교원 및 강사의 경우는 단과대학장, 소속대학의 교학지원팀, 행정팀 등이 보관할 것을 명시하고 있다. 서울시 일부 대학교들의 성적 관련 문서 보관 기간에 차이가 있고, 전임교원이나 단과대학장 등 직접 보관할 것을 명시하고 있음을 알 수 있다.

<Table 1> Criteria for Determining the Retention Period of Academic Records

Items	Descriptions
Medium function	University administration
Minor function	Test and grade management
Unit Task Name	Test management
Unit Task Descriptions	Establishment and announcement of mid-term and final-term test implementation plans, calculation of grades, handling of persons subject to grade warnings, Work on test management such as correction of error and omission, recognition of social service credits, and processing of ranks
Preservation Period	10 years
Reasons for Preservation period setting	Preserve for at least four years as a record of the examination (during period of attendance at university) and ten years as it is necessary to manage records such as grade management
Similar unit task	Test Management, Rank Management

〈Table 2〉 Criteria for Storage of Student Grade Processing Documents of Major Universities in Seoul

Univ.	Article	Description
C	16(Attendance and Absence) ②	Attendance records, examination papers, assignments, certificates of attendance, and record cards must be managed and kept for five years after the end of the semester. cThose record made by full-time professors must be managed and kept by themselves in charge of the subject, and those record made by non-full-time professors must be handed in to the academic affairs office, managed and kept by it.
D	12(Grade means and distribution and evaluation) ⑦	Records related to grade evaluation must be kept for 10 years.
K	34(Grade evaluation method) ④, ⑤	The dean of a college must collect and keep records on the basis of attendance, such as attendance books, for five years after the end of the semester. In the case of non-full-time professors and instructors, the records on the basis of grade calculation, such as test papers, answer sheets, and assignments, must be kept for five years by the dean of a college, and in the case of full-time professors, the professor in charge of the subject must keep the records for five years. Or the dean of a college on behalf of the professor can keep the records.
S	47(Announcement of grades, etc) ④	The attendance book must be kept for three years by the professor in charge of the subject for ten years, such as a task report, a laboratory practice report, a test answer sheet, etc.

대학교들은 규정에 따라 성적 관련 기록물을 종이문서로 3년~10년간 보관하게 되는데, 대학의 종이문서는 연간 1.7억장 이상이 생산되고 있으며, 스캔문서와 종이문서를 이중 보관하고 있다[14]. 종이문서 기반의 성적 관련 기록물들은 행정부서나 사무실에 방치되어 유실되거나 멸실될 수 있는 가능성이 있다[5]. 대학 성적 관련 기록물들은 대학 종합감사의 평가요소에 해당하여 관리의 정도에 따라 대학 종합평가 결과에 영향을 미칠 수 있다. 종이문서는 낭비적 요소뿐만 아니라, 관리의 어려움, 훼손의 위험, 정보

유실의 위험 등이 존재하고, 기업이나 조직의 업무 효율성 저하, 문서 보관 및 접근의 어려움, 담당자의 역량을 저하시키는 부정적 효과를 가진다[5].

2.2 전자문서의 법적 효력

2020년에 개정된 전자문서법에서는 아래 <Table 3>과 같이 전자문서의 법적 효력과 서면 인정 요건을 정하고 있다[7]. 또한, 전자문서 보관의 효율성과 안정성 확보를 위해 공인전자문서센터를 정하였다.

〈Table 3〉 Framework Act on Electronic Documents and Transactions

Items	Article	Descriptions
Electronic document legal force	Article 4 ①	The legal force of electronic documents shall not be denied solely on the grounds that they are in electronic form.
Requirements for written recognition of electronic documents	Article 4-2	1. The contents of the electronic document are accessible 2. Electronic documents are preserved in the form when they are written, converted, transmitted, received, or stored, or can be reproduced as such

제4조제1항에 따르면, 전자문서가 전자적 형태라는 이유로는 법적 효력이 부인되지 않는다는 전자문서의 법적 효력을 인정하고 있다. 전자문서법 제4조의2에 따르면, 전자문서의 내용을 열람할 수 있고, 형태를 재현할 수 있도록 보존한 경우에 서면으로 인정할 수 있다고 간주한다.

2.3 블록체인 기술

블록체인은 네트워크 참여자가 분산된 원장에 데이터를 기록하고 원장을 통해 데이터를 공유하는 기술이다. 블록체인 기술에서는 기존의 중앙집중식 방식과 달리 네트워크 참여자들은 중개자 없이 P2P 형태로 데이터를 공유할 수 있다. 블록체인에서 데이터는 블록에 저장되어 해시 값을 통해 이전 블록, 다음 블록들과 체인처럼 연결되어 기록되기 때문에 데이터를 수정하거나 삭제하는 것이 거의 불가능한 특성을 갖는다. 블록체인은 P2P(peer-to-peer) 네트워크, 합의 알고리즘, 스마트계약, 전자서명, 해시함수 및 분산 원장 기술로 구성된다[4].

P2P(peer-to-peer) 네트워크는 중앙 서버-클라이언트 방식의 네트워크 통신이 아닌 동등한 계층 간 네트워크 통신을 말한다. 합의 알고리즘은 블록체인 상에서 이중 지불의 문제를 막기 위한 분산원장의 오류와 무결성을 보장하기 위한 알고리즘을 말한다. 대표적인 블록체인의 합의 알고리즘은 PoW(Proof of Work), PoS (Proof of Stake), DPoS(Delegated Proof of Stake), PBFT(Practical Byzantine Fault Tolerance) 등이 존재한다. 스마트계약은 당사자간의 계약조건에 따라 블록체인에서 자동 실행되도록 컴퓨터에 미리 작성된 알고리즘 코드이고, 이를 통해 블록체인에서 거래 관계자의 합의에 따른 계약

을 자동으로 실행할 수 있다[16].

전자서명은 공개키 기반 암호 기반의 인증방식이고, 블록체인에서 트랜잭션의 인증과 부인방지를 검증하는데 활용된다. 해시함수는 단방향성을 가지고 해시값을 통해 평문을 알아낼 수 없다는 특성을 가지고, 블록체인에서 해시값을 통해 이전 블록과 블록, 블록과 다음 블록을 순차적으로 연결해주고 해시값의 무결성을 통해 블록체인의 무결성을 보장해준다. 분산원장 기술은 중앙서버나 관리자만이 데이터베이스를 구축하는 것이 아닌, 분산화된 네트워크에서 각 노드들이 데이터베이스를 구축하여 공유 및 동기화를 수행하는 기술이다.

블록체인 기술로 구축되는 네트워크의 형태는 특성과 형태에 따라 퍼블릭, 프라이빗, 컨소시엄 블록체인 구분될 수 있다. 퍼블릭 블록체인은 허가없이 모든 참가자가 네트워크에 참여하여 데이터를 기록하고 분산원장을 공유할 수 있는 비트코인 및 이더리움과 같은 네트워크 모델이다. 프라이빗 블록체인은 허가된 참가자들만 네트워크에 참여하여 데이터를 기록하고 분산원장을 공유할 수 있는 IBM의 Hyperledger Fabric 등을 기반으로 한 네트워크 모델이다. 컨소시엄 블록체인은 퍼블릭 유형과 프라이빗 유형이 혼합된 네트워크 모델이다.

2.4 블록체인 기반 기록 관리 서비스

전자문서 관리는 전자 기록은 의도하지 않았는데 없어질 수 있고, 새 시스템으로 이전할 때, 갈무리를 하여 남기지 않는 경우도 존재하며, 지워도 흔적이 없거나, 흔적만 남고 내용 복구가 어려울 수 있다는 등의 기록을 위한 기록(메타데이터)의 중요성과 관리의 어려움이 존재한다[17].

또한, 기록물 관리 시스템은 기록물의 보존과 보관이라는 관리적 무결성을 넘어 중앙관리자인 시스템 관리자의 조작 방지 및 내용 증명에 대한 정치·사회적 요구가 존재한다. 이는 시스템이 유사한 기관, 조직 혹은 경쟁 업체들 간의 증명과 검증을 요구하는 상호 운용성을 가진 새로운 전자문서 관리 아키텍처의 필요성을 의미하고, 세계 각국에서는 전자문서나 기록물 관리 분야에 기존 시스템의 한계를 극복하고자 블록체인 기술의 불가변성, 무결성, 추적성, 상호운용성 등의 특성을 활용하고자 하였다[18].

국가기록원의 공공 전자문서의 투명한 실시간 감사증적 추적으로 진본성, 무결성 확보, 공공업무 신뢰 강화와 기록관리 자동화 지원으로 신속한 대국민 기록정보서비스와 신뢰기반 전자적 유통 가능성 검증을 목표로 하여 블록체인을 적용한 신뢰기반 기록관리 플랫폼을 구축하였다[17]. Hyperledger Fabric 플랫폼을 사용하였고, 전자문서의 메타데이터 추출 및 블록 등록 기능과 외부 시스템 연계를 위한 Open API를 개발하였다. 블록체인을 활용하여 공공 기록의 무결성 및 단계별 추적성을 확보하여 신뢰성을 제공하고 검증체계를 구축하여 행정업무의 효율성을 높이고자 한다.

T사가 개발한 블록체인 기반의 전자문서 보관 및 진위검증 서비스는 원본 문서를 암호화하여 안전하게 보관하고, 문서의 해시값을 다양한 퍼블릭 블록체인 네트워크에 저장하여 원본 문서의 무결성을 검증하는 기능을 제공한다[2]. 퍼블릭 블록체인을 활용하였으며, 별도의 암호모듈을 활용하여 전자문서를 암호화하고 아마존 웹서비스를 기반으로 서비스를 제공하는 것이 특징이다. 문서의 진위 검증은 무료이지만 전자문서 등록시 퍼블릭 블록체인 플랫폼에 따라

건당 500원~1000원의 비용이 발생한다.

국내 P 대학에서 최초로 블록체인 기술을 활용하여 디지털 졸업장을 발급하는 서비스를 도입하였다[15]. 디지털 졸업장은 블록체인 기술을 활용하여 졸업장의 위변조가 불가하고, 제3자가 조회할 경우 졸업자 본인의 승인을 받도록 설계되었다. 또한, 해당 시스템은 증명 발급을 위해 대학의 데이터베이스를 구축할 필요없이 블록체인의 분산원장만을 활용하여 발급과 보관 절차를 수행할 수 있다는 점에서 시스템 유지 비용을 절감할 수 있다.

3. 블록체인 기반 대학

공공기록물 관리 서비스 설계

3.1 블록체인 기반의 대학 공공기록물 관리 가능성 검토

현재 대학의 성적 관련 기록물들은 대학별로 상이한 기준에 따라 종이문서의 형태로 3~10년까지 전임교원이나 부서에서 관리해야 하는 의무가 있다. 연간 대학에서 생산되는 문서의 양이 약 1.7억장 이상임을 고려하면, 종이문서로 문서를 오랜 기간 보관하게 될 때 물리적 공간 차지와 관리 비용, 시간, 노력 등을 소모하게 되고, 기록을 위한 기록(메타데이터)의 관리와 원본문서의 관리가 어려워지는 한계가 있다. 또한, 종이문서이기 때문에 문서 검색 과정에서 시간이 소요되고 업무 비효율성을 초래한다.

국가기록원의 공공 전자문서 기록 서비스의 대상은 공공기관의 표준전자문서시스템으로 생산된 전자문서에 해당하여 대학의 성적처리 관련 기록물들은 서비스 대상에 포함되지 않고

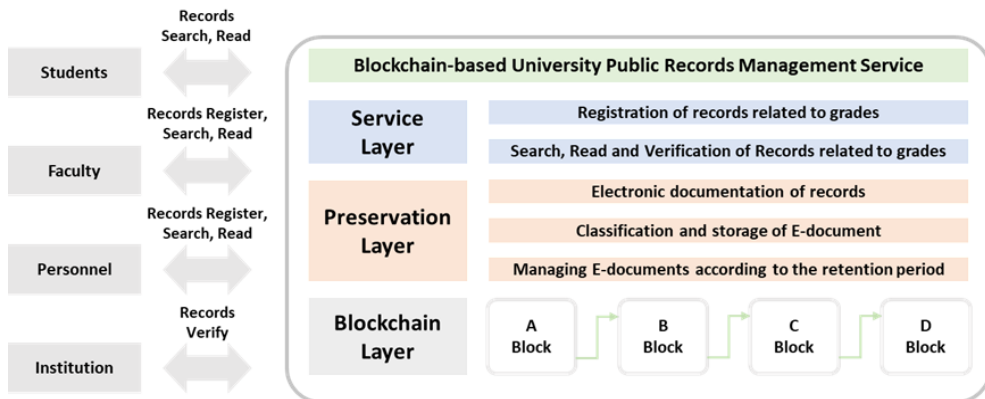
종이문서의 전자문서화가 서비스 범위에 해당하지 않아 대학 공공기록물 관리에 적용하기에 한계가 있다. 블록체인 기반 전자문서 보관 및 진위검증 서비스는 퍼블릭 블록체인과 문서보안 솔루션을 이용하여 네트워크의 모든 참여자가 분산원장에 접근이 가능하고 정보의 기밀성을 유지하지만, 대학의 성적처리 관련 기록물은 이용대상이 제한적이며 정보의 기밀성보다는 정보의 무결성과 종이문서 형태의 재현이 필요하여 서비스의 목적이 달라 대학의 성적처리 관련 기록물 관리에 적용하기 어렵다. 또한, 유료 서비스이기 때문에 대학의 성적처리 관련 기록물 관리에 적용하기에는 막대한 비용이 필요하다. 블록체인 기반 디지털 졸업장 발급 서비스는 블록체인 기반으로 신뢰할 수 있는 디지털 졸업장 발급과 관리를 통해 블록체인 기반 자격증명 발행 및 자기자격증명 관리를 수행하는 것을 목표로 하고 있으므로 대학의 성적처리 관련 기록물 관리에 적용하기 어렵다.

본 연구에서는 현재 대학들의 성적 관련 기록물 관리 체계의 한계점을 보완하기 위해 블록체인 기술을 활용하여 기존의 종이문서를 전자문서로 대체하고 프라이빗 블록체인 네트워크를

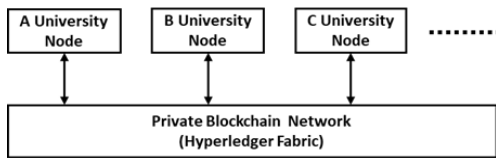
구축하여 신뢰할 수 있는 참여자 간의 정보 공유를 통해 정보 무결성 입증과 전자문서의 재현, 기록물 관리 추적성 등을 보장할 수 있는 대학의 공공기록물 관리 서비스를 제안하고자 한다.

3.2 블록체인 기반의 대학 공공기록물 관리 서비스 설계

본 논문에서 제안하는 블록체인 기반의 대학 공공기록물 관리 서비스는 <Figure 1>과 같이 3개의 계층으로 이루어진다. 서비스층에서는 성적 관련 기록물을 등록, 열람 및 재현 기능의 서비스를 제공한다. 전임교원이나 행정부서에서 성적 관련 기록물들을 등록할 수 있다. 학생이나 전임교원, 행정부서는 성적 관련 기록물을 검색하고 열람하거나 기록물을 검증할 수 있다. 기록물 재현은 원본문서 출력을 의미한다. 보존층에서는 서비스층에서 등록된 성적 관련 기록물을 전자문서화하고 분류하여 저장한다. 대학의 성적 관련 기록물별 보존기간에 따라 문서보관을 수행한다. 관리층에서는 기록물의 전자문서 관리 과정에서 생성되는 기록을 위한 기록(메타데이터)를 블록체인에 저장한다.



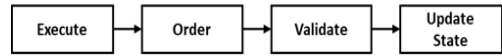
〈Figure 1〉 Blockchain Based University Public Records Management Service Structure



〈Figure 2〉 Blockchain Network Structure

블록체인 네트워크는 〈Figure 2〉와 같이 신뢰할 수 있는 네트워크 참여자 간의 분산원장 공유를 통한 데이터 무결성을 확보하기 위해 프라이빗 블록체인 네트워크로 구성하고자 한다. 또한, 여러 대학 간의 탈중앙형 네트워크 구성을 통해 기존의 중앙집중형 관리 방식에 발생할 수 있는 신뢰성 문제를 해결할 수 있다.

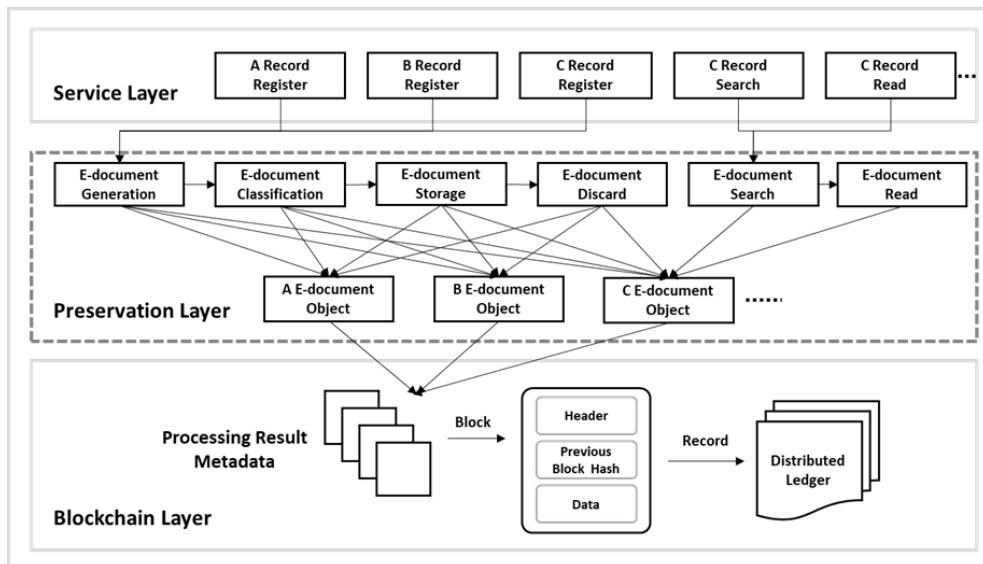
신뢰할 수 있는 참여자들이 네트워크에 참여하므로 PoW나 PoS보다 불확실성과 성능을 개선할 수 있는 합의 알고리즘이 필요하여 PBFT 알고리즘을 지원하는 프라이빗 블록체인 플랫폼인 Hyperledger Fabric을 이용하여 구축하고자 한다. PBFT는 특정 노드 수 이상의 합의를 기반



〈Figure 3〉 Hyperledger Fabric Transaction Cycle

으로 의사결정을 하는 합의 알고리즘이다[18].

Hyperledger Fabric의 합의는 〈Figure 3〉과 같이 Execute, Order, Validate의 트랜잭션 사이클을 통해 이루어진다[1]. 블록체인 네트워크에서는 클라이언트를 통해 요청된 트랜잭션을 Endorsement Policy에 따라 Endorsement 노드를 통해 수행하고 결과를 수신받아 검증하여 Ordering Service에 전송하고 Ordering Service는 블록을 생성하여 Committing Peer에 전송하고 블록 데이터를 최종 검증하여 분산원장에 기록한다. 이 과정을 통해 Hyperledger Fabric은 트랜잭션 수행 전 단계 검증을 통해 합의를 수행함으로써 데이터의 무결성을 보다 강력히 확보할 수 있어 본 서비스에서 활용하기에 적합하다.



〈Figure 4〉 Electronic Document Management Record Storage in Distributed Ledger

본 서비스의 대학 성적 관련 공공기록물들의 분산원장 저장 과정은 <Figure 4>와 같은 절차를 거친다. 우선, 각 기록물들은 서비스층의 기록물 등록 과정을 거쳐 보존층에 전송된다. 보존층에서는 등록된 기록물들을 전자문서화하면서 전자문서 생성 과정을 거치고, 이 과정에서 각 전자문서의 객체가 생성된다. 생성된 전자문서 객체는 하위 프로세스 처리 단계를 순차적으로 진행하면서 전자문서 생성부터 폐기까지 하위 프로세스의 매 단계가 끝날 때마다 처리결과 메타데이터를 관리층의 블록체인 네트워크로 전송한다. 또한, 서비스층의 특정기록물 검색과 열람 서비스 요청시 보존층의 하위 프로세스인 전자문서 검색이나 검색 후 열람 프로세스를 순차적으로 수행하면서 매 단계가 끝날 때 처리결과 메타데이터를 관리층으로 전송한다. 보존층의 전자문서 열람 하위 프로세스는 검증과 같은 의미를 갖는다. 관리층에서는 수신한 각 전자문서 객체들의 하위 프로세스 처리 메타데이터들을 일정시간과 블록사이즈에 맞게 쌓아 블록을 생성하고 분산원장에 기록한다.

<Table 4>는 보존층의 전자문서 처리단계에서 생성되는 메타데이터의 설계이다. 처리번호는 메타데이터 일련번호를 의미하고 모든 메타데이터는 중복되지 않는 고유한 값을 가진다. 처리단계는 보존층의 하위 프로세스 단계값을 의미하고, 생성, 분류, 저장, 폐기, 검색, 열람, 검증이 있다. 학과코드와 학수번호, 처리자의 사번을 포함한다. 전자문서 일련번호는 등록된 기록물의 일련번호를 의미한다. 전자문서 이름은 기록물의 이름을 의미한다. 전자문서 전자지문값은 등록된 전자문서의 위변조 여부를 파악하기 위해 포함한다. 전자문서의 유형은 성적

<Table 4> Design of Metadata

Items	Meaning
pNo	Processing serial number
pStage	Processing stage
dNo	Department code
sm	Semester
sNo	Subject code
uId	User(creator) code
edNo	Electronic document serial number
edName	Electronic document name
edType	Electronic document type
edHash	Electronic document hash value
pDate	Processing timestamp
pResult	Processing result

관련 기록물들로 출석부, 과제 산출물, 팀프로젝트 결과물, 시험지, 채점표의 값을 가질 수 있다. 전자문서 전자지문값은 등록된 전자문서의 위변조 여부를 파악하고자 추가하였고 처리일시와 처리결과도 함께 포함한다.

4. 실험

본 연구에서 제안한 블록체인 기반 대학 공공기록물 관리 서비스 모델의 일부를 구현하여 실험을 통해 적용 가능성을 확인하고자 하였다. 실험의 범위는 서비스를 통해 대학의 성적 관련 기록물을 시스템에 업로드하고 보존층의 하위 프로세스 중 전자문서 저장까지만을 진행하여 블록체인 네트워크에 메타데이터가 기록되는 모습을 확인하고자 하였다.

Ubuntu 18.04 LTS 버전에서 Hyperledger Fabric 플랫폼 1.4 버전 기반에서 프라이빗 블록체인 네트워크 형태로 Docker 이미지를 활용하여

구축하였다. Org 2개, 각각 Peer 2개, Orderer 노드 1개, farchivchannel 1개를 구성하여 체인 코드를 작성 및 배포하고 분산원장 데이터베이스는 Couch DB를 활용하였다. RESTful API를 개발해 블록체인 네트워크와 웹 어플리케이션과 연계 인터페이스를 구현하여 통신을 구축했다. 블록체인 모니터링을 위해 Hyperledger explorer도 활용하였다. <Figure 5>는 웹 어플리케이션에서 성적 관련 기록물을 시스템에 업로드 하는 화면이다. 기록물명, 학기명, 학과명, 과목명, 담당교수, 기록물 유형, 설명을 입력하고 파일을 업로드할 수 있다.

<Figure 5> Upload Records View

<Figure 6>은 블록체인의 분산원장을 구현한 Couch DB에 기록된 메타데이터 모습이다. 메타데이터의 처리번호, 처리단계, 학과코드, 과목코드, 처리자 ID, 전자문서 일련번호, 전자문서 이름, 전자문서 유형, 전자문서 타입, 처리일치, 처리결과가 기록되어 있다. <Figure 7>은 블록체인 네트워크를 모니터링할 수 있는 Hyperledger explorer의 모습이다. 상단에 블록체인 네트워크에 기록된 블록, 트랜잭션, 노드, 체인코드의 수가 나타나있고 시간대별 블록 기록 현황을 파악할 수 있다.

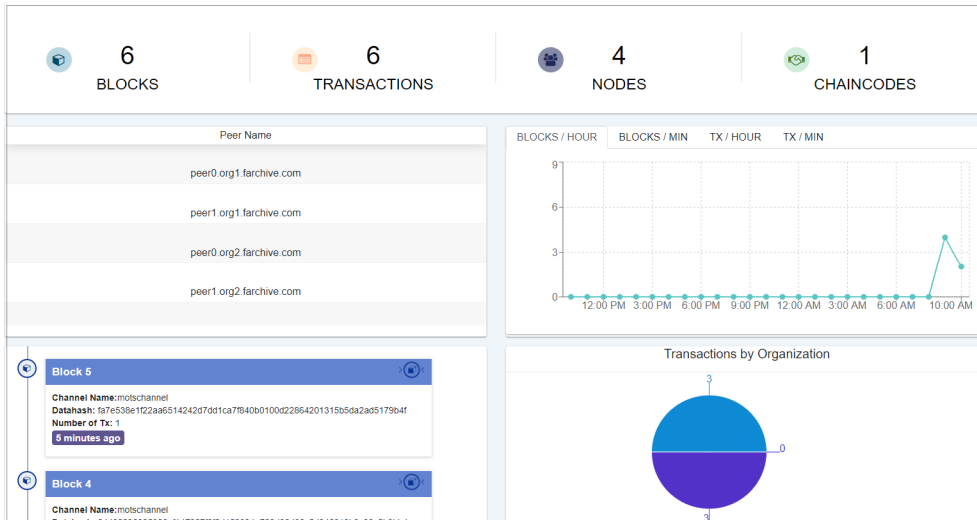
<Figure 6>과 <Figure 7>로 확인할 수 있듯이, 블록체인 기반 대학 공공기록물 관리 서비스 모델을 통해 블록체인 네트워크에 대학의 성적 관련 기록물들의 메타데이터 기록이 가능하여, 블록체인의 특성을 활용하여 전자문서 내용의 불가변성과 문서관리 추적성 확보가 가능함을 확인하였다. 추가로, 블록체인 분산원장에 개인정보가 기록되지 않아 개인정보 이슈가 존재하지 않음을 확인했다.

```

1 {
2   "_id": "mots-meta-1",
3   "_rev": "1-d500817362c628bf3fd085f200f6f7a",
4   "dno": "09423",
5   "edHash": "b806a8994b32b9bb158cf27d2593f90eebc4c5cf8d84fc5e7799a3627dd6d6d7",
6   "edName": "2020_1_Record Card",
7   "edNo": "mots-1",
8   "edType": "Record Card",
9   "pDate": "2020-12-26 11:33:54",
10  "pNo": "mots-meta-1",
11  "pResult": "success",
12  "pStage": "save",
13  "sNo": "1384923",
14  "sm": "2020-1",
15  "uid": "13824",
16  "version": "\u0000:gNBuAw="
17 }

```

<Figure 6> Distributed Ledger Meta-data Records View



〈Figure 7〉 Blockchain Network Monitoring View

5. 결론 및 향후연구

대학의 공공기록물 관리는 기록물분류체계를 수립하고 그에 따라 기록물 관리를 수행하고 있다. 하지만 성적 관련 기록물들을 관리하는데 있어서 대학교별로 보존 방법이나 기간 등에 차이가 있고 종이문서로 원본을 보관하고 있다. 이를 위해 많은 공간과 비용, 시간, 노력이 필요하고 종이문서는 문서 검색이 어려워 업무에 비효율성을 야기하고, 분실의 위험이 있다. 전자문서 기반의 기록물 관리에서는 기록을 위한 기록(메타데이터)의 관리가 매우 중요하고, 전자문서의 특성상 삭제, 복원 불가 등의 문제가 생길 수 있어 기존 문서 관리 시스템으로는 대처하기 어려운 한계가 있다.

본 논문에서는 대학에서 종이문서를 원본으로 보관하고 있는 성적 관련 기록물들을 대상으로 블록체인 기반의 대학 공공기록물 관리 서비스 모델을 제안했다. 제안한 모델을 통해 종이문

서의 전자문서 보관 가능성과 블록체인 기술을 통해 전자문서 관리의 메타데이터 기록 및 내용 불가변성, 관리의 추적성을 확보하여 기존 문서 관리 시스템의 한계를 보완할 수 있는 가능성을 보였다. 향후 연구로는 제안한 서비스 모델의 완전한 구현과 더불어 분산원장에 메타데이터를 기록할 경우 발생하는 데이터 중복 문제 해결 방안 등에 대해 연구하고자 한다. 또한, 본 연구를 확장하여 블록체인 기반 대학 간 공공기록물 관리 프레임워크 구축 방안에 대해 연구하고자 한다.

References

- [1] Androulaki, E., Barger, A., Bortnikov, V., Cachin, C., Christidis, K., De Caro, A., and Yellick, J., "Hyperledger fabric: a distributed operating system for permissioned

- blockchains,” In Proceedings of the thirteenth EuroSys conference, Porto, Portugal, pp. 1-15, 2018
- [2] CCeDA, [cited 2020 Nov 31], Available : <https://cceda.io/>.
- [3] ChungAng University Lecture and class Management Regulations Enforcement Rules, 2019.
- [4] Chen, G., Xu, B., Lu, M., and Chen, N. S., “Exploring blockchain technology and its potential applications for education,” Smart Learning Environments, Vol. 5, No. 1, pp. 1-10, 2018.
- [5] Cho, D.-S., “The Influences of e-Paper Usage on Sustainable Management,” SNU Journal, Vol. 44, pp. 177-292, 2010.
- [6] Dankook University Regulations Enforcement Rules, 2020.
- [7] Framework Act on Electronic Documents and Transactions(Partially revised), 2020.
- [8] ITFIND, The latest standard technology trends in blockchain consensus algorithms, 2020.
- [9] Kim, E. S., “A Study for the Innovativeness of Blockchain”, The Journal of Society for e-Business Studies, Vol. 23, No. 3, pp. 173-187, 2018.
- [10] KyungHee University Regulations on Academic Management, 2020.
- [11] Ministry of Education, Guideline for Prescribing Retention Period of University Records, 2018.
- [12] Ministry of Knowledge Economy, A Study on the Spread of Electronic Documents to Revitalize the Green Economy, 2010.
- [13] Sungkyunkwan University Regulations Enforcement Rules, 2021.
- [14] The office of Rep. Ko, Y.I., Number of Paper Mail Shipments and Shipping Costs, 2020.
- [15] TokenPost, “South Korean university POSTECH issues blockchain-based digital diplomas amid coronavirus outbreak”, [cited 2021 Jan 19], Available: <https://tokenpost.com/South-Korean-university-POSTECH-issues-blockchain-based-digital-diplomas-amid-coronavirus-outbreak-5063>
- [16] Yang, Y.-S. and Song, I.-B., “Legal Issues for Commercialization of Blockchain Smart Contract,” Korean Law Association, Vol. 18, No. 2, pp. 105-130, 2018.
- [17] Yu, Y.-M., “Suggestions for Solving Errors and Integrity Guarantees in the Process of Transferring Standard Electronic Documents,” Journal of Korean Society of Archives and Records Management, Vol. 20, No. 3, pp. 1-21. 2020.
- [18] Zheng, Z., Xie, S., Dai, H., Chen, X., and Wang, H., “An overview of blockchain technology: Architecture, consensus, and future trends,” In 2017 IEEE international congress on big data (BigData congress), Boston, MA, USA, pp. 557-564, 2017.

저 자 소 개



홍기완

2016년~2019년

2019년~현재

관심분야

(E-mail: ghd9201@cau.ac.kr)

남서울대학교 컴퓨터소프트웨어학과 (학사)

중앙대학교 융합보안학과 산업보안전공 (석사과정)

산업보안, 융합보안, 블록체인서비스



장항배

2006년

2007년~2012년

2012년~2013년

2014년~현재

관심분야

(E-mail: hbchang@cau.ac.kr)

연세대학교 정보시스템관리 (박사)

대진대학교 경영학과 조교수

상명대학교 경영학과 조교수

중앙대학교 산업보안학과 교수

산업보안, 기술보호, 블록체인서비스, 융합보안