

블록체인 트랜잭션과 스마트 계약을 활용한 기록관리 적용 방안 연구

A Study on the Applications of Blockchain Transactions and Smart Contracts in Recordkeeping

왕호성(Hosung Wang)¹, 문신혜(Shinhye Moon)², 한능우(Nungwoo Han)³

E-mail: vwwang@korea.kr, munsinhyei@naver.com, nwghan2@korea.kr



¹ 제 1차 국가기록원 기록연구사

² 국가기록원 인턴연구원

³ 국가기록원 디지털기록혁신과장

논문접수 2020-10-19

최초심사 2020-10-26

게재확정 2020-11-06

ORCID

Hosung Wang
<https://orcid.org/0000-0002-1955-7998>

Shinhye Moon
<https://orcid.org/0000-0001-9483-0328>

Nungwoo Han
<https://orcid.org/0000-0002-0183-5312>

초 록

2019년 10월 대통령 직속 4차산업혁명위원회는 투명하고 신뢰도가 높은 사회의 구축을 위해 공공문서의 원본, 수정본 및 변경 이력을 추적하고, 무결성과 진본 증명을 위해 블록체인을 활용한 공공문서 관리체계를 확립하여야 한다는 대정부 권고안을 발표하였다. 이후 기획재정부 등 정부는 공공분야의 블록체인 예산을 확대하여 공문서를 포함한 다양한 공공기록에 블록체인 기술을 적용한다는 확산전략을 수립하였다. 국가기록원은 2019년 블록체인 기록관리 플랫폼을 구축하고 2020년 현재 이를 활용한 다양한 기록관리 적용 가능성을 연구하고 있다. 이 논문은 1년간 진행된 블록체인 기록관리 연구 결과 중 일부로 블록체인의 트랜잭션 추적과 스마트 계약 기능이 기록관리에 어떻게 응용될 수 있는지를 정리한 것이다. 블록체인 기록관리의 주요 개념, 다양한 연구 및 사례를 통해 기본이해를 공유하고, 기록관리에 적용 가능한 업무기능을 발굴하여 설계하고 검증한 여러 모형을 제시하였다. 전통적 기록관리 방식을 대체하는 지능형 기술들이 공공업무의 투명성을 보다 효율적으로 보장 가능하다는 인식은 기록관리 전문가들에겐 위기이자 기회일 수 있다. 이 연구가 기록관리의 미래를 대비한 제도개선과 연구 활동에 도움이 될 수 있기를 기대한다.

ABSTRACT

This study examines the possibility of applying various recordkeeping methods through a platform built in 2019 by the National Archives of Korea. In particular, it aims to develop a way to track and store transactions using blockchain and to design and present the method of records management automation using smart contracts. In this regard, a literature review, a system analysis of CAMS and MAM, interviews with the experts, designing, implementation, and the development of the system's proof of concept were performed. These efforts resulted in the proposal of an archives and records management strategy utilizing blockchain, which guarantees transparency and accountability by preserving an audit trail on recordkeeping activities.

Keywords: 블록체인, 기록관리, 블록체인 기록관리 플랫폼, 트랜잭션, 스마트 계약, 분산신원증명, 감사 증적

Blockchain, Recordkeeping, Blockchain recordkeeping platform, Smart contract, Transaction, Decentralized identifier (DID), Audit trail

© 한국기록관리학회

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>) which permits use, distribution and reproduction in any medium, provided that the article is properly cited, the use is non-commercial and no modifications or adaptations are made.

<https://jksarm.koar.kr>

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 필요성

2020년 4월 기획재정부는 정부의 블록체인 확산전략에 따라 2021년 블록체인 관련 예산을 반영하겠다고 발표하였다(기획재정부, 2020). 같은 해 6월에는 대통령 직속 4차산업혁명위원회(이하 4차산업위)에서 초연결·비대면 신뢰 사회를 위한 블록체인 기술 확산 전략이 의결되었다(4차산업위, 2020). ‘코로나19’에 따른 디지털 비대면 문화의 확산과 온라인에서의 연결성 강화 대책을 블록체인에서 찾으려는 정부 차원의 정책적 노력이 진행되고 있다. 정부는 블록체인 적용 파급력이 높은 분야를 집중 지원하기 위해 18년부터 시작된 블록체인 공공선도 시범 사업들을 대상으로 공공업무에 본격적인 확대를 추진하고 있다(4차산업위, 2020, p. 19).

국가기록원은 2019년 블록체인 공공선도 시범사업의 12개 과제 중 하나로 선정되어 과학기술정보통신부가 지원하는 10억 원의 외부 예산을 유지하였다. 이 사업을 통해 다양한 블록체인 개발 프로젝트 중 상대적으로 규모가 큰 하이퍼레저 패브릭¹⁾ 플랫폼을 선택하여 블록체인 기록관리 시스템을 구축·확보하였다. 기록관리 유관 기관 4곳이 함께 참여한 네트워크 노드시스템을 구축하여 합의모형을 시험하였고 정부업무관리시스템인 온나라의 전자문서를 대상으로 생애주기 전반의 무결성을 검증하였다(국가기록원, 2020a).

미국 국가기록청(National Archives and Records Administration, NARA)은 전자서명을 문서에 삽입하는 기존의 진본성 보장 방식에는 인증서 만료시의 재인증 문제와 모든 문서를 변환해야 하는 비효율 문제가 있으므로 대안으로 블록체인의 활용을 제기한 바 있다(NARA, 2019). 전자문서의 진본성 보장을 위해 전자서명을 포함하는 장기보존포맷 방식을 채택하고 있는 한국 역시 미국처럼 모든 문서를 변환해야 하는 비효율 문제를 동일하게 안고 있다(행정안전부, 2020). 19년 시범사업을 통해 국가기록원은 개별 전자문서에 전자서명을 삽입·변환하는 방식이 아니더라도 블록체인의 트랜잭션 추적 기능을 활용하면 기록의 진본성이 보장될 수 있음을 확인하였다. 또한 국가기록원이 확보한 블록체인 기록관리 플랫폼이 지원하는 스마트 컨트랙트 기능을 통해 다양한 기록관리 업무 자동화에 응용할 수 있음을 알게 되었다.

이 연구는 국가기록원이 확보한 블록체인 기록관리 플랫폼을 활용하여 다양한 기록관리 업무 개선방안을 연구하기 위해 추진된 2020년 연구개발 사업의 최종 결과 중 일부를 정리한 것이다. 공공업무 환경의 급격한 디지털화에 따라 전통적인 기록관리 방식은 변화의 속도를 따라가지 못하고 있다. 블록체인을 포함한 4차 산업혁명 기술을 공공부문에 우선 적용하여 국가경쟁력 우위를 확보하려는 정부는 막대한 예산 투입으로 정책 시행을 예고하고 있다. 이러한 시점에 국가기록원이 공공기록관리 업무를 실험할 수 있는 블록체인 기록관리 플랫폼을 확보하여 새로운 기록관리 방식을 연구할 수 있는 기반을 마련하였다는 것은 중요한 의미를 가진다. 이 연구는 블록체인을 활용한 기록관리 연구의 1단계적 성격을 가지며, 블록체인 기록관리 플랫폼은 정부와 기록관리 환경의 변화에 따라 다음 단계의 심화된 연구와 검증을 지원하는 도구가 될 수 있을 것이다.

1.2 선행연구

블록체인의 기록관리 적용에 관한 연구는 국외에서 먼저 진행되었다. Lemieux(2016a)는 블록체인의 기록관리 적용 사례와 연구 현황을 분석하고 블록체인의 적용가능성과 유용성을 파악하였다. Lemieux(2016b)는 신뢰 가능한 디지털 기록의 생산과 보존에 대한 해결책으로 블록체인을 분석하고 적용 사례를 바탕으로 한계, 위협, 기회를

1) 리눅스재단에서 기업용 블록체인 개발을 위해 시작한 하이퍼레저 프로젝트 중 하나의 플랫폼으로, 하이퍼레저 패브릭은 모듈형 구조를 사용하여 상호운용성을 높이고 광범위한 산업 분야에 활용될 수 있도록 개발되었다(Hyperledger, n. d.).

제시하였다. Lemieux(2017)는 블록체인을 활용한 기록관리에서 발생하는 기록의 진본성 확립에 대한 한계점을 도출하고 기록학적 관점에서 블록체인 솔루션을 언급하였다. Galiev 등(2018)은 기록관리기관에 제출해야 하는 연구 및 기술 문서를 이관하는 소프트웨어인 ‘ARCHAIN’을 개발하기 위해 위험 요인들을 분석하고 시스템에서 사용하는 알고리즘을 제시하였다. Rajalakshmi 등(2018)은 연구 기록의 관리에 블록체인, 스마트 계약, 분산형 파일시스템(Interplanetary File System, IPFS)을 활용하여 중앙 통제 시스템 없이 관리하여 안전하고 위·변조가 불가능한 분산형 저장소 모형을 제안하였다. Daniel, Speranze(2020)는 블록체인과 연계한 토지 관리 시스템(land administration system)과 토지 관련 기록의 무결성을 보장하는 방안을 통해 토지 사용자의 권리를 보장하는 방식과 토지 사용권 문제를 해결할 수 있는 방안을 제시하였다. Permatasari 등(2020)은 인도네시아 켈레곤 시(Cilegon City)의 디지털 아카이브(Cilegon E-Archives: CEA)에 블록체인과 IPFS(Interplanetary File System)를 적용하여 기록의 위·변조를 막는 시스템을 제안하였다.

블록체인 기록관리를 위한 국제표준화 동향도 포착된다. 캐나다 UBC의 Lemieux와 한국, 독일 등이 공동 참여하 중인 ISO/WD TR 24332에서는 기록관리에 블록체인 기술을 적용하는 분야를 다루며 주요 이슈와 고려사항, 개념 정의 등을 준비하고 있다. 다만 아직 초기 단계의 논의가 이루어지고 있으며, 해당 표준화 구성원을 통해 2019년 국가기록원의 블록체인 플랫폼 구축 및 올해 연구개발 결과를 모범사례로 활용하고자하는 접착이 진행되고 있는 상태이다.

국내 기록관리 분야에서도 블록체인의 적용에 대한 논의가 이루어지고 있다. 이경남(2019)은 블록체인 기술 적용을 통해 처리과에서 기록관, 영구기록물관리기관으로 이어지는 현재의 분절적 관리단계에서 벗어나 기록관리 거버넌스의 토대를 이룰 수 있을 것이라 주장하였다. 이기영, 김익한(2019)은 보안, 보존포맷 관리, 이관, 생산 현황 통보 등의 기록관리 프로세스를 개선하기 위해 클라우드 기록관리시스템 연계형 블록체인 모형을 구상하였다. 홍덕용(2019)은 공공기관의 효율적인 비전자기록물 관리 및 행정 손실 비용 방지 등의 효과를 얻고자 전자기록생산시스템에 블록체인 기술을 접목시킨 ‘아카이브체인(Archivechain)’이라는 모형을 제안하였다.

위의 연구들은 블록체인의 기록관리 적용 가능성을 평가하고 사례 분석을 통해 한계, 위험 등을 분석하였다. 기록관리 업무와 이를 지원하는 시스템에 블록체인을 적용하는 다양한 방안과 모형을 제안하였으나, 제안한 모형들은 실제 업무 환경이나 시스템에 적용되지 못하고 이론적 제안에 그쳤다는 한계를 가진다. 이 연구는 2019년 블록체인 기록관리 시범사업에서 기 구축한 블록체인 기록관리 플랫폼을 실제 시스템 및 업무 환경에 적용하는 모형을 설계, 구현하고 개념 증명(Proof of Concept, PoC)²⁾을 통해 검증하였다는 점에서 선행연구와의 차이점을 가진다.

1.3 연구의 방법 및 범위

이 연구는 블록체인을 활용하여 기록관리 업무 수행의 최소 단위인 트랜잭션을 추적하고 스마트 계약을 이용하여 기록관리 업무 자동화 방안을 설계, 제시하고자 하였다. 블록체인의 핵심기술인 트랜잭션 추적기능과 스마트 계약과 관련된 최신 기술 현황 및 실제 연구사례들을 분석하기 위해 다양한 문헌연구를 수행하였다. 국내외 학술논문, 컨퍼런스 발표 자료, 영국 국가기록관리청(The National Archives, 이하 TNA)이 수행한 블록체인 프로젝트의 최종보고서, 미국 NARA의 블록체인 백서 등을 확보하여 검토하였다. 특히 2019년 국가기록원 블록체인 기록관리 플랫폼 구축사업의 최종보고서 및 연구보고서는 이 연구 전반의 출발점이자 연구 수행에 실질적 토대를 제공하였다.

2) 개념증명(Proof of Concept)은 실현 가능성 등을 입증하기 위하여 특정 방법에 대한 실현성을 보여주는 일이다(우리말샘, n, d.). 이 연구에서는 기 구축한 블록체인 기록관리 플랫폼을 실제 업무에 적용하기 위하여 설계한 모형을 검증하기 위하여 적용하였다.

실제 기록관리 업무에 적용하는 모형을 설계하기 위하여 국가기록원 업무담당 부서의 여러 기록관리 전문가들과 다양한 인터뷰를 수행하였고 업무경험을 청취하였다. 그들이 원하는 현행 업무의 개선 요구사항을 블록체인으로 구현할 수 있는지를 분석하며 설계한 모형을 함께 확인하고 일부는 블록체인 플랫폼과 기존 운영 시스템을 연계하여 구현하였다.

국가기록원이 운영 중인 현행 중앙영구기록관리시스템(Central Archives Management System, 이하 CAMS)의 트랜잭션을 추적하고 시각화하기 위해 현재의 기능 현황을 분석하였다. 전자문서에 적용되는 기존의 장기보존 방식을 적용되기 어려운 대용량 시청각 기록의 진본성 보장을 위해, 국가기록원의 시청각기록관리시스템(Media Asset Management, 이하 MAM)³⁾을 분석하고 블록체인 플랫폼과 연계하는 등 연구된 설계안을 여러 시스템에 적용하여 검증하였다. 또한 블록체인 스마트 컨트랙트의 자동화를 구현하기 위한 조건을 도출하기 위하여 현행 업무수행의 근거가 되는 법률, 표준, 훈령을 분석하고 필요한 경우 해당 업무 담당자들의 요구사항도 스마트 컨트랙트 자동화 조건에 반영하였다. 블록체인의 기록관리 적용 방안을 모색, 설계하고 일부 방안에 대하여 개념 증명을 수행하여 실제 시스템에 적용 가능성 및 타당성을 검증하였다.

블록체인과 스마트 컨트랙트 등 주요 개념에 대한 기록학적 관점의 정의를 제시하고 해외 기록관리 분야의 블록체인 연구와 현행 기록관리 업무의 개선을 위해 적용할 수 있는 기술을 논의하였다. 그리고 시스템 분석을 통해 기존 시스템과 2019년 국가기록원이 기 구축한 블록체인 기록관리 플랫폼의 연계 지점을 도출하고, 1) 우편으로 송부되는 기존 열람 업무의 블록체인 연계 및 자동화, 2) 시청각 기록물의 진본성 보장을 위한 블록체인 적용 방안, 3) 스마트 컨트랙트를 활용하여 공개재분류 등의 프로세스 일부 자동화, 4) 비전자기록물에 블록체인을 적용하여 추적성을 부여하는 방안과 5) 업무 수행 내역의 시각화를 통해 투명성을 보장하는 연구 결과를 요약하여 제시하였다. 연구개발 사업의 결과를 담은 최종보고서는 사업 완료 후 2021년 초에 공개될 예정이므로 보다 자세한 내용은 이것을 추가로 참조하는 것이 가능하다.

2. 주요 개념 및 사례

2.1 주요 개념

블록체인은 네트워크의 모든 참여자에게 거래 기록을 분산 저장하여 비가역성(非可逆性)과 투명성을 보장하는 기술의 집합체이다. 블록체인의 비가역성은 변경 불가능한 블록에 진본 데이터를 저장하고 체인으로 결박하여 그 데이터의 무결한 상태를 보장한다는 것을 의미한다. 이는 블록 생성 시에 이전 블록의 해시값을 포함하도록 하며 모든 참여자가 같은 거래 기록을 나눠가짐으로써 성립한다. 한 개의 블록 내용을 변조하고자 하는 경우 해당 블록 이후에 생성된 모든 블록까지도 변조해야 하며 더불어 모든 참여자의 컴퓨터에 저장된 블록까지도 변조된 블록들과 동일하게 모두 변경하여야 가능하기 때문에 사실상 불가능하다. 블록체인의 투명성은 블록체인에 저장된 이관, 열람 등 모든 트랜잭션을 저장하고 참여자들이 공유하여 충족되며 트랜잭션 발생 이후 언제든지 블록에 저장된 내용을 추적할 수 있다. 여기서 트랜잭션이란 ISO 15489-1:2016에서 제시한 의미인 업무 과정에서 발생하는 업무 처리 행위의 최소 단위(ISO 15489, 2016)로 이 연구에서는 동일한 개념으로 트랜잭션이라는 용어를 사용하였다.

3) MAM은 「공공기록물법」 시행령 제19조에 따라 시청각 기록물을 전자기록생산시스템으로 관리하기 위하여 별도로 구축한 국가기록원의 시스템이다. 기존 개념은 많은 양의 대용량 시청각 기록물을 체계적으로 수집, 보존, 처리, 저장, 활용하기 위한 시스템이다(Wager, 2005, p. 40).

스마트 계약(Smart Contract)은 1990년대에 닉 재보(Nick Szabo)에 의해 등장한 개념으로, 그는 “당사자들이 특정한 약속에 대해 수행하는 프로토콜을 포함하여 디지털 형태로 지정된 일련의 약속”이라고 정의하였다(Szabo, 1996). 개념 등장 이후 적극적으로 활용되기 시작한 것은 2세대 블록체인으로 불리는 이더리움(Ethereum) 기반으로 활용되면서부터이다. 이더리움에서 통용되는 스마트 계약의 개념은 서면으로 이루어지던 계약을 코드로 구현하고, 코드로 구현된 계약에 명시된 사전 조건이 충족되었을 때 해당 계약이 자동으로 이행되도록 하는 것이다. 스마트 계약을 통해 계약 중개인 없이 신뢰가 담보되지 않은 계약 당사자 간의 거래를 가능하게 하며 상호검증을 통해 거래의 신뢰성과 무결성을 보장할 수 있다(Zaghloul et al., 2019). 이더리움에서 사용하는 프로그래밍 언어인 솔리디티(Solidity), 서펜트(Serpent) 등을 통해 스마트 계약을 활용하고 다양한 형태의 분산 어플리케이션(Decentralized Application, 이하 DApp)⁴⁾을 구축하여 스마트 계약을 실행할 수 있다(과학기술정보통신부, 한국과학기술기획평가원, 2019, p. 27). 이더리움과 같이 2세대 블록체인으로 불리는 하이퍼레저 프로젝트에서는 블록체인에서 가상화폐 개념을 배제하여 기업 등 다양한 분야에서 활용할 수 있도록 개념을 발전시켰다. 하이퍼레저 패브릭 플랫폼에서는 스마트 계약을 체인코드(Chaincode)로 지칭하는데 이 연구에서는 체인코드 대신 일반적으로 통용되는 스마트 계약을 사용하였다.

공공기록물의 관리 업무는 「공공기록물 관리에 관한 법률」(이하 공공기록물법)에 따른 규정을 준수하여 시행된다. 이러한 규정은 업무를 수행하기 위한 근거이자 시작점(trigger)이며 이 규정이 명시한 여러 조건이 충족되거나 시기가 도래하면 명시된 기록관리 업무가 수행되어야 한다. 이 연구에서는 스마트 계약이 자동 실행되는 사전 조건을 「공공기록물법」과 기록관리 업무 수행에 관련된 모든 법률 및 규칙으로 상정하고 이러한 사전 조건들이 충족되는 경우 자동으로 업무를 수행하도록 하는 것을 스마트 계약으로 정의하여 서술하였다.

한편 Lemieux(2017)는 블록체인 기록관리 개념의 발전 단계를 3단계로 구분하여 제시하였다. 1단계인 미러 타입(Mirror)은 기 구축된 업무시스템이 보유한 기록을 암호학적 미러시스템인 블록체인 플랫폼을 별도로 구축하여 진본 기록의 무결성을 보장하는 방식을 의미한다(Lemieux, 2017). 2단계의 디지털기록 타입(Digital Record)은 새롭게 구축되는 업무시스템 자체를 블록체인 플랫폼으로 구축하여 한 대의 시스템 내에서 업무와 기록관리가 함께 수행되도록 한다는 것이다(Lemieux, 2017). 마지막 단계인 토큰 타입(tokenized)은 전자기록이 아닌 비전자 기록물도 블록체인 플랫폼이 인식할 수 있는 특정 토큰을 기록물에 부착하여 추적하면 무결성이 보장될수 있음을 제시한 것으로 가장 혁신적인 블록체인 기록관리 방안으로 소개되고 있다(Lemieux, 2017, p. 7). Lemieux(2017)의 발전 단계를 통해 블록체인 기록관리의 향후 진화될 방향을 전망할 수 있다.

2.2 주요 사례

2.2.1 2019년 국가기록원 블록체인 기록관리 플랫폼 구축 사업⁵⁾

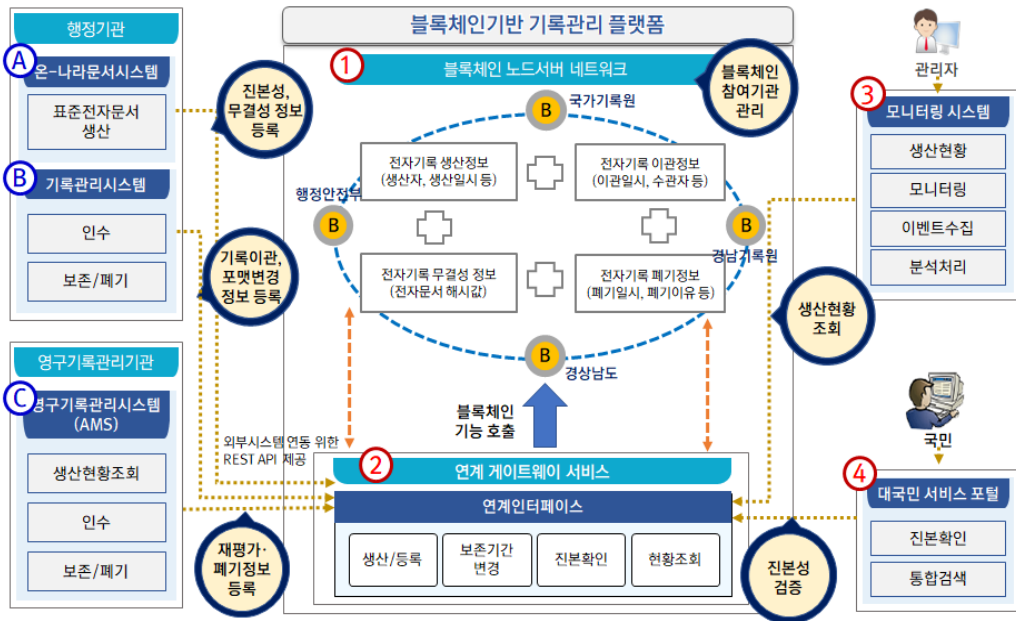
디지털 정부의 고도화는 자연스럽게 기술을 적용한 기록관리 방식의 변화 가능성을 모색하게 하였고 국가기록원의 블록체인 사업도 그 일환으로 정부 예산을 지원받아 추진되었다. 국가기록원(2020)은 블록체인 기록관리 플랫폼을 개발하여 블록체인을 이용한 전자문서의 생산부터 폐기까지 전단계의 투명한 관리와 무결성 보장이 가능함을 검증하였다.

국가기록원은 이 사업에서 기록관리체계에 블록체인을 연계하고자 기록관리 절차, 기록 메타데이터, 정부업무 관리시스템(온-나라), 클라우드 기록관리시스템(CRMS), 영구기록관리시스템(AMS)을 분석하여 블록체인과 기존 시스템들의 연계 지점을 정하고 기존의 시스템에서 보완 요구가 있었던 모니터링 기능을 파악하였다. 더불어

4) 블록체인에서 실행되는 탈중앙화된 어플리케이션이다. DApp은 참여자 간의 계약 이외에도 다양한 응용서비스를 제공하며 블록체인에서 분산되어 실행되므로 DApp 자체와 DApp이 처리하는 정보의 위변조 방지가 가능하다(국가기록원, 2020).

5) 국가기록원에서 2019년 수행하여 2020년 발표한 블록체인을 적용한 신뢰기반 기록관리 연구보고서를 바탕으로 작성하였다.

대국민 진본검증 서비스 제공을 위해 국가기록원 포털, 정보공개포털, 특허청포털을 분석하였다. 분석한 내용을 바탕으로 행정안전부, 경상남도, 국가기록원, 경남기록원이 노드기관으로 참여하는 블록체인 기록관리 플랫폼을 구축하였다. 다음의 <그림 1>은 구축한 시스템의 구성을 보여준다.



<그림 1> 구축시스템 구성도(국가기록원, 2020a)

이 시스템은 Lemieux(2017)가 제시한 블록체인 기록관리의 단계 중 하나인 암호학적 미러시스템을 적용하여 블록체인 기록관리 플랫폼을 기존의 정부업무관리시스템, 기록관리시스템, 영구기록관리시스템과 연계한 것이다. 이를 통해 전자문서 생애주기 전 과정을 투명하게 추적하고 무결성을 보장하게 하고 기록관리자가 이를 모니터링 할 수 있도록 스마트 컨트랙트와 DApp을 적용하여 이를 시각화하였다. 또한 블록체인과 대국민 서비스 포털을 연계한 열람서비스 화면을 구현하여 전자적으로 제공받은 전자문서에 대해 진본여부를 확인할 수 있는 대국민 진본검증서비스를 시범 구축하였다.

이 사업에서 개발한 블록체인 플랫폼은 기존의 기록시스템들과의 기록관리 업무와 기능을 유지하고 장기보존 포맷인 NEO(NAK's Encapsulated Object)로 보장하던 기록물의 진본성과 무결성을 블록체인과 연계를 통해 대체 할 수 있음을 검증하였다. 또한 기록의 생산시점부터 이관, 보존, 열람서비스 등 기록관리 전 과정의 모든 처리 이력을 실시간으로 추적할 수 있음을 검증하였다. 이때 전자문서 자체가 블록에 저장되는 온체인(On-chain)⁶⁾ 방식이 아닌 처리이력 메타데이터만을 해시와 함께 블록에 저장하는 오프체인(Off-chain)⁷⁾ 방식으로 구현하여 블록체인 네트워크의 부하를 줄이고 효율성을 향상시킬 수 있는 장점도 함께 확인하였다.

다만, 19년 사업은 시범사업으로 추진된 까닭에 소량의 전자문서와 소수의 기관만이 노드로 참여하여 진행되었다는 한계를 가진다. 하지만 검증결과를 토대로 중앙·지방 행정기관에 확대, 적용하면 연간 평균 15억4천4백만 건의 트랜잭션을 처리해야 하며, 표준전자문서만을 대상으로 했을 때 매년 쌓이는 블록의 데이터가 17TB임을 제시하여 향후 본격 확산에 필요한 참조근거를 제시하였다(국가기록원, 2020a, p. 127).

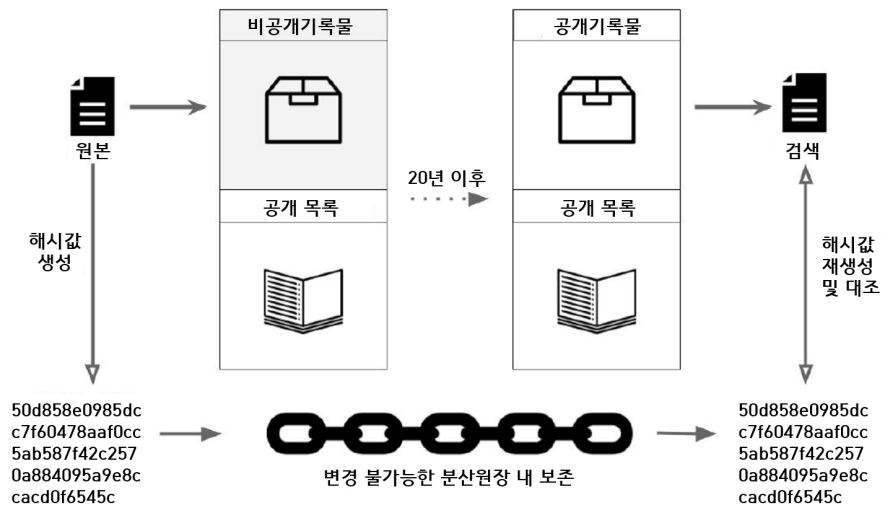
6) 온체인이란 블록체인 네트워크에서 발생하는 모든 전송 내역(i.e. 기록 자체)을 블록체인에 저장하는 방식이다(시사상식사전, 2018).
 7) 오프체인이란 블록체인 밖에서 거래 내역(i.e. 메타데이터, 해시값 등)을 기록하는 방식이다(시사상식사전, 2018).
 이 연구에서는 기록 자체를 블록에 저장하는 온체인* 방식이 아닌 오프체인** 방식을 권고하며 그 관점에서 기술하였다.

그럼에도 불구하고 큰 예산을 투입하여 블록체인 기록관리 플랫폼을 확보하고, 이를 활용하여 전자문서에 대한 블록체인 무결성 보장 기능을 실제로 검증하였다는 점은 보통의 연구와 구별되는 이 사업의 성과이다. 이외에도 19년 사업의 결과는 시청각 기록과 같은 대용량 기록의 장기보존에 따른 용량 한계, 포맷 적용에 대한 기술적 해결 방안을 블록체인 플랫폼으로 연구할 필요성을 제시하여 이 연구의 주요과업 추진에 기여하였다.

2.2.2 영국 ARCHANGEL 프로젝트⁸⁾

ARCHANGEL은 디지털 기록의 무결성을 보장하기 위해 영국에서 진행되었으며 영국의 국가기록관리청(The National Archives, TNA)를 중심으로 3개 기관이 참여한 연구 프로젝트이다. 2017년 7월에 시작하여 2019년 8월 최종 보고서를 발간하고, 분산원장기술과 인공지능 기술인 기계학습을 활용하여 전자적으로 생산된 기록물의 무결성, 진본성, 신뢰성을 보장하고자 하였다.

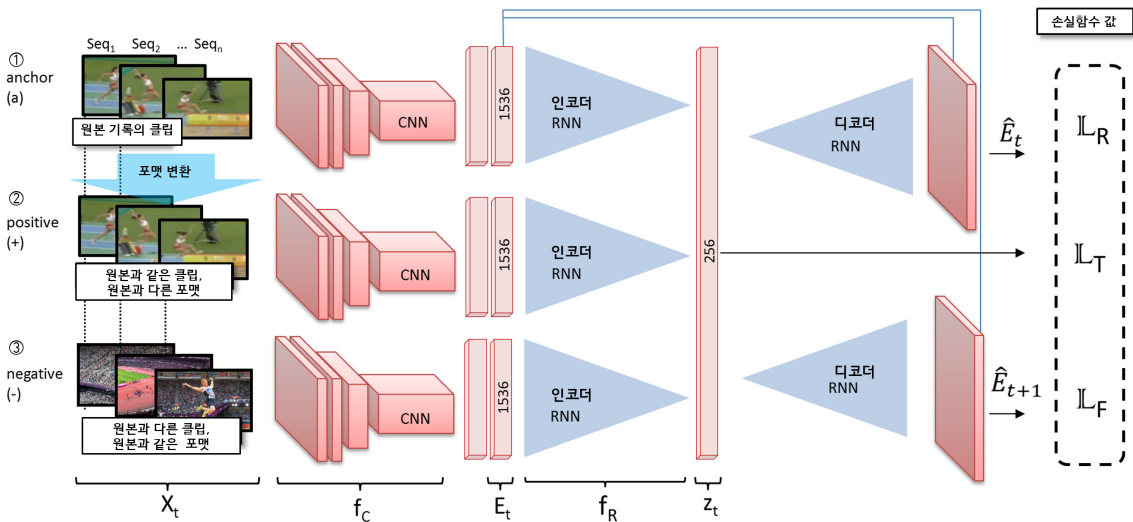
이 연구의 배경으로 Green 등(2019)은 기술의 발전에 따라 전자기록의 위·변조가 쉬워지고, 수많은 합성된 콘텐츠들이 생산되어 아카이브와 문화유산기관(Archives and Memory Institutions: 이하 AMI)에 대한 공공의 신뢰가 떨어지는 상황을 제시하였다. AMI에 대한 공공의 신뢰를 회복하고 기록의 무결성을 보장하기 위하여 기존의 데이터베이스를 활용하는 방안과 머클트리⁹⁾ 또는 사기업에서 제공하는 지속 가능한 저장소(durable storage)를 활용하는 방안을 고려하였으나, 여러 가지 한계로 인해 적용하기 어렵다는 결론을 내렸다. 이에 반해 블록체인은 허용된 기관에 한해 분산원장에 쓸 수 있는 자격을 주지만, 분산원장에 접근하여 기록된 내용을 열람하는 것은 블록체인에 참여하는 모든 노드들에게 허용한다. 또한 오픈 소스로 제공되는 다양한 도구를 활용할 수 있는 확장성을 가지며, 합의 메커니즘을 통해 중앙집중적 단일 기관에서 보장하던 기록의 무결성을 여러 기관이 다중으로 보장하도록 한다. ARCHANGEL 프로젝트에서 블록체인을 통해 기록의 무결성을 보장하는 방안을 도식화한 것은 다음의 <그림 2>와 같다.



<그림 2> 분산원장 내 비공개 기록의 메타데이터 저장소(Green et al., 2019)

8) 이 절은 Open Data Institute(이하 ODI), 영국의 TNA, 서리대학교(University of Surrey, 이하 Surrey)가 2019년 발표한 ARCHANGEL: guaranteeing the integrity of digital archives를 중심으로 분석, 기술하였다.
 9) 머클트리(Merkle tree)는 새로운 항목이 이전 항목에 연결되고 계속해서 차례로 연결되도록 하는 기법이다. 연결되어 있는 항목의 내용을 변조하기 위해서는 변조하고자 하는 항목의 다음 항목에도 영향이 미치기 때문에 그 무결성이 보장된다. 또한 항목들은 암호로 서명할 수 있어 공개키와 대조하여 해당 출처를 확인할 수 있다.

<그림 2>가 보여주는 방안은 TNA에 이관된 비공개기록의 무결성을 검증할 수 있도록 블록체인에 해시값을 저장하고, 20년 후 이 해시값을 대조하여 기록물이 위·변조되지 않았음을 검증하는 방식이다. ARCHANGEL 프로젝트에서는 시청각 기록의 무결성 보장을 위해 블록체인과 인공지능(Artificial Intellectual, AI)의 접목을 시도하였다. 시청각기록은 활용을 위해 지속적으로 포맷 변환이 필요하며, 변환된 기록은 원본 기록과 동일한 내용일 지라도 포맷이 달라지면 전혀 다른 해시값을 갖게 된다. ARCHANGEL 프로젝트는 이러한 문제를 해결하기 위해 인공지능 기법인 심층신경망(Deep Neural Network)을 적용하여 Temporal Content Hash(이하 TCH)를 개발하였다(Bui et al., 2019, p. 1). 이 연구에서는 시청각기록을 대상으로 하여 포맷변환에도 변함없이 기록의 내용적 특징을 추출하는 기계학습을 수행하였다. TCH란 시청각기록의 포맷 변환에도 불구하고 내용 특징을 포착하여 추출한 특징값으로 ARCHANGEL에서 최초로 제시한 개념이다(Bui et al., 2019, p. 3). 이 연구에서는 TCH를 일반적으로 사용하는 SHA 256 해시값을 대체하는 용도로 시청각기록의 무결성을 보장하기 위해 TCH를 적용하는 것을 제안하였다. <그림 3>은 TCH 추출을 위해 수행한 기계학습 방법을 도식화한 것이다.



<그림 3> TCH 추출을 위한 기계학습 방법(Bui, T. et al., 2019, p. 3)

TCH 추출을 위해 합성곱신경망(Convolutional Neural Network, CNN),¹⁰⁾ 순환신경망(Recurrent Neural Network, RNN)¹¹⁾를 활용하여 영상에 대해 기계학습을 수행하였다. 학습 대상 자료는 영상 내 대상의 움직임이 많지 않은 영국의 법원 기록물과 움직임이 많은 올림픽 영상임을 밝혔다(Bui et al., 2019, pp. 5-6.). 기계학습은 <그림 3>과 같이 원본 기록의 클립, 원본과 같은 클립이며 다른 포맷, 원본과 다른 클립이며 같은 포맷, 세 가지를 학습하여 기록의 내용적 특징 확인을 통해 해시를 추출할 수 있도록 설계하였다(Bui, T. et al., 2019, p. 5). 기계학습을 통해 추출한 TCH는 기록의 고유식별자 등과 함께 블록체인에 저장되고, 원본 기록과 고유 식별자(Unique Identifier, UID), TCH 추출에 사용된 인코더, 기계학습 모형은 제출정보패키지(Submission Information Package, SIP)로 묶어 기록관리시스템에 저장한다(Bui et al., 2019, p. 2).

영국의 TNA, 호주의 NAA, 미국의 NARA, 노르웨이 국립 아카이브, 에스토니아 국립 아카이브가 참여하여 연구 결과물인 이더리움 기반의 ARCHANGEL 시제품을 사용하는 이용자 연구를 수행하였다(ODI, 2019, p. 7).

10) 합성곱이란 두 함수로부터 적분을 이용하여 다른 함수를 만들어내는 연산으로 합성곱신경망은 이것을 활용하며 이미지, 영상 등을 분류하며 기계학습에 가장 많이 사용되는 알고리즘이다(대한수학회, 2015; MathWorks, n. d.).

11) 순환신경망이란 시청각 기록과 같이 시간의 흐름에 따라 변화하는 데이터를 학습하기 위한 딥러닝 모델임(한국정보통신기술협회, n. d.).

이용자 연구 결과, 대부분의 참여자는 ARCHANGEL이 기록물의 진본성과 무결성을 보장할 수 있다면 기관 차원의 시스템 채택을 긍정적으로 고려한다고 응답하였다. 또한 블록체인 기술에 대한 이해가 쉽지 않아 사용상 어려움이 발생한다는 의견 등을 수렴하였다(ODI, 2019).

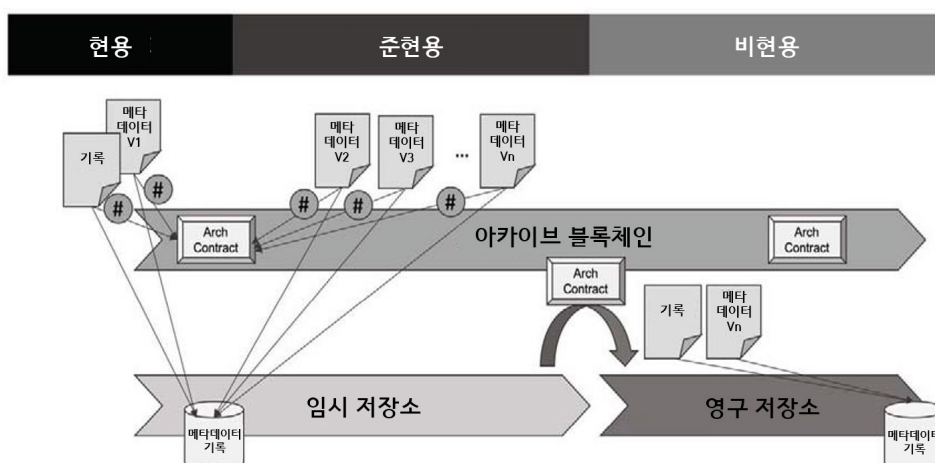
ARCHANGEL은 인공지능과 블록체인을 결합시켜 공공기록관리 업무에 적용 가능한 시제품을 개발하였고 시제품의 품질을 보완하기 위한 이용자 연구를 진행하였다. 또한 심층신경망을 활용하여 포맷 변환에도 변하지 않는 해시를 추출하여 전자기록의 장기보존에 해답을 제시하고자 하였다. 또한 기록관리에 블록체인을 활용하기 위해서는 다양한 기관들의 참여가 필요하며 블록체인의 신뢰구조 활용을 위해서는 여러 AMI의 협업이 필요함을 강조하였다.

현재 국가기록원은 MAM 시스템을 통해 시청각 기록의 원본/보존본/활용본의 3가지 포맷으로 생성·관리하고 있다. 향후 각 포맷의 특징을 구분하여 진본 시청각기록을 식별할 필요가 있을 때, ARCHANGEL TCH 연구가 참조될 수 있을 것으로 판단된다.

2.2.3 ArchContract¹²⁾

ArchContract는 전자기록생산관리시스템(Electronic Document and Records Management System: 이하 EDRMS) 내 기록의 처분을 통제하기 위하여 블록체인 플랫폼과 스마트 계약을 활용한 모형을 연구한 사례이다. 연구에서는 무결성 검증을 위해서 블록체인을 기반으로 한 스마트 계약을 채택한다고 밝혔다.

ArchContract 모형은 기록의 생애주기인 현용, 준현용, 비현용 단계에 따라 블록체인 기술을 차등적으로 적용하기 위한 임시 저장소와 영구 저장소로 구성된다. 임시 저장소는 현용, 준현용 단계에서 사용되며 데이터의 불변성을 보증함과 동시에 데이터 항목들의 삭제를 허용한다. 역사적 가치가 인정된 영구 기록은 영구 저장소로 이관하여 보존될 수 있도록 하고 그 내용은 변경할 수 없도록 하였다. ArchContract의 이해관계자는 생산기관과 기록관리기관으로 구성되며, 기록관리기관은 기록 인수를 담당하는 신뢰 가능한 저장소 역할을 수행한다. ArchContract를 적용하기 위한 전제 조건은 기록의 맥락과 의미를 온전히 보존하기 위하여 분류 체계와 메타데이터 요건을 준수한 전자기록생산관리시스템을 갖추고 있어야 한다. 또한 보존기록관으로 이관된 기록에 대중의 접근과 이용이 가능하도록 해야 한다. 기록 생애주기에 따른 ArchContract의 프로세스는 다음의 <그림 4>와 같다.



<그림 4> ArchContract의 프로세스(Batista, Weingaertner, 2019)

12) 이 절은 Batista, D.와 Weingaertner, T.가 2019년 IEEE International Conference on Big Data에서 발표한 ArchContract: using smart contracts for disposition를 중심으로 분석, 기술하였다.

<그림 4>는 기록의 생애주기에 따라 저장 공간을 임시 저장소와 영구 저장소로 구분하고 아카이브 블록체인으로 기록 자체와 메타데이터의 해시값을 저장하고 추가적인 업데이트가 될 수 있도록 하는 ArchContract의 프로세스를 보여준다. 기록의 생애주기에 따라 관리 단계가 변화하는 경우 기록과 메타데이터의 주소는 ArchContract에 제공되도록 설계하였다.

연구에서 제시한 블록체인 기록관리 모형은 저장소의 구분을 통해 처리과, 기록관, 영구기록물관리기관으로 전반에 걸쳐 적용할 수 있도록 하였다. 또한 기록물의 생산부터 폐기 및 영구 보존까지 기록의 생애주기 전체에 걸쳐 분절 없이 관리할 수 있는 방안을 제시하였다는 점에서 의미를 찾을 수 있다.

다만 이 연구는 위와 같은 모형을 설계하여 제안하였을 뿐 실제로 구축한 것이 아니기 때문에 적용가능성과 타당성 등을 파악하기 어렵다는 한계를 가진다. 또한 모형의 구축 방안 혹은 연계 방안 등을 구체적으로 설명하지 않아 아이디어 제안에 그치고 있어 실제 시스템 구축 등의 추가적인 연구가 필요한 것으로 보인다.

2.2.4 그 외 연구 동향

ITrust는 InterPARES 프로젝트의 4번째 프로젝트로 2013년부터 2018년까지 클라우드 환경에서 전자기록의 진실성(trustworthiness) 보장 방안을 연구하기 위하여 수행되었다. 그 중 감사를 위한 기록의 장기 보존 문제의 해결책으로 블록체인을 제시하였다(Duranti, Rogers, 2019, p. 9). 클라우드 내 기록의 장기 보존을 위해서는 진본성과 이용가능성이 보장되어야 함을 강조하고, 오프 체인 방식의 관리 방안을 적용할 것을 제안하였다(Duranti, Rogers, 2019, p. 146). 전자 서명된 디지털 기록의 진본성 인증과 장기 보존을 위하여 블록체인에 참여하는 기관이 기록의 전자 서명의 유효성을 검증한 후 해시값을 블록에 업로드하는 모형인 ‘트러스트 체인(TrustChain)’을 제안하였다(Duranti, Rogers, 2019, p. 150). 이 연구에서는 블록체인이 지속적으로 제기되었던 전자기록 장기보존에 대한 문제인 인증서에 의존하던 디지털 기록의 관리에 해답이 될 것이라 주장하였다(Duranti, Rogers, 2019, p. 135).

이 외의 블록체인 적용 연구는 다음과 같다. 개인정보보호를 위한 블록체인 기술 적용의 필요성은 지속적으로 제기되었으며 비대면 경제로의 변화로 인해 블록체인을 활용한 분산신원증명(Decentralized Identifier, 이하 DID)¹³⁾ 서비스 산업이 확대되고 있다(4차산업위, 2020, p. 20). 전자서명법 개정에 따라 병무청과 행안부 등에서 각각 DID를 활용한 서비스를 제공하기 위한 연구·개발을 활발하게 진행하고 있다. DID가 적극적으로 연구, 활용되고 있는 기록관리 분야는 의료 분야의 건강기록 관리와 공유다. 다음의 연구들은 건강기록의 공유에 DID의 활용 방안을 다룬다.

Unnithan, Houghton, Anema, Lemieux(2020)는 건강기록(Electronic Health Record)의 관리와 공유에 블록체인이 활용된 사례들에 대해 연구하였다. 건강기록은 개인정보가 담긴 기록이기 때문에 타 기관과의 공유 혹은 연구 활용을 위해서는 개인에 동의를 받아야하며, 반드시 해당 기록과 개인이 일치하는 지 확인해야 한다(Unnithan et al., 2020). 블록체인 기반의 DID를 활용하면 개인정보의 유출을 최소화하며, 자기주권신원¹⁴⁾을 기반으로 신원을 확인할 수 있는 등의 장점이 있음을 제시하며 이에 대한 연구가 활발하게 이뤄지고 있음을 정리하였다(Unnithan et al., 2020).

Lemieux 외 10인(2020)은 DID를 활용한 개인의 데이터 공유와 통제, 자격 검증에 대하여 설계안을 제시하고 이용자 연구를 수행하였다. 이 연구는 DID와 하이퍼레저 인디(Hyperledger Indy)¹⁵⁾를 활용하여 개인의 신원 확인 및 자격 검증과 개인정보의 접근 통제, 제공에 대한 설계안을 제시하였다. 이 연구에서 제안한 모형은 하이퍼레저

13) DID는 디지털 신원을 증명할 수 있고 분산할 수 있게 하는 새로운 유형의 식별자이다. 중앙집중식 등록 기관, 신원 제공자, 인증 기관과 분리될 수 있도록 설계되었다(Reed et al., 2020).

14) 자기주권(Self-Sovereign)이란 개인정보에 대한 결정 권한을 개인이 갖는다는 것으로, 자기주권신원이란 자신의 정보에 대한 통제 권한을 가지고 신원을 행사할 수 있도록 하는 새로운 기술이다(Lemieux et al., 2020).

15) 하이퍼레저 인디는 DID를 위해 개발된 플랫폼으로 다른 블록체인과의 상호 운용이 가능하게 설계되었다(Jones, 2020).

인디에서 사용하는 영지식 증명(zero-knowledge proof)¹⁶⁾ 방식을 활용하고, 데이터 소유자의 신원을 공개하지 않으며, 개인정보를 저장하지 않고 자격 증명 및 신원 확인과 정보공유가 가능함을 주장하였다(Lemieux et al., 2020, p. 13). 이 연구에서 블록체인 적용 개인정보 공유에서 제시한 한계점은 블록체인 기술과 관련된 암호화, 네트워크 기술에 대중에 가지는 낮은 이해도, 개인의 건강기록관리에 대한 부담 등을 제시하였고 이러한 한계들에 대해 추가적인 연구를 통한 보완이 필요하며 한 가지 기술로 모든 문제를 해결하는 것은 부족하다고 밝혔다(Lemieux et al., 2020, pp. 19-20).

이처럼 블록체인 적용한 기록 또는 기록관리 연구가 다양한 목적에서 이루어지고 있다. 특히 Lemieux(2016a)는 블록체인 기술은 기록관리 기술임을 명시하며 적용 사례와 한계점에 대한 연구를 현재까지 지속하고 있다는 점에서 지속적인 관심과 추적이 필요할 것으로 판단된다.

3. 블록체인 적용 기록관리 연구

이 장은 2019년 구축한 블록체인 기록관리 플랫폼을 이용하여 다양한 업무 융합 모형들을 연구하고 기술적 타당성을 검증한 내용을 작성하였다. 현행 업무 혹은 시스템의 개선 사항에 대해 파악하기 위하여 국가기록원 및 대법원 차세대전자소송추진단 각 업무별 담당자와 면담을 총 7차례 진행하였다. 면담 수행에 대한 내용은 다음의 <표 1>과 같다.

<표 1> 업무 담당자 면담 개요

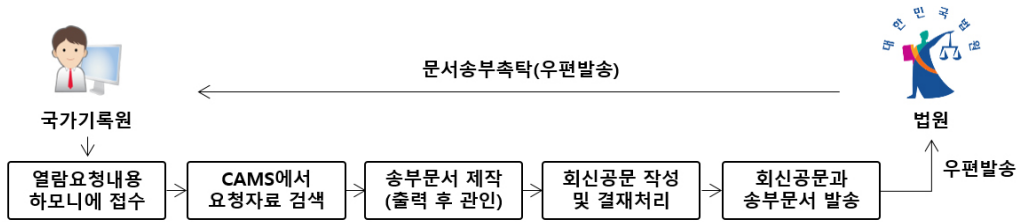
담당자	소속	일시	장소	시간	면담 내용
담당자 A	국가기록원 복원관리과	2020.05.08.	국가기록원 나라기록관	1시간 30분	• 시청각 기록물과 블록체인 연계방안 논의
		2020.06.09.		1시간 30분	• 시청각 기록물 설계 모형 설명 • 블록체인 연계 인터페이스 논의
담당자 B	대법원 차세대 전자소송추진단	2020.05.15.	대법원	1시간	• 시청각 기록물 관리와 블록체인 연계방안 논의
담당자 C	국가기록원 공개서비스과	2020.05.19.	국가기록원 대전 본원	1시간	• 대법원 열람 업무 프로세스 파악 • 블록체인 연계방안 논의
담당자 D	국가기록원 보존인수과	2020.05.20.	국가기록원 나라기록관	1시간	• 비전자기록물 관리 프로세스 현황 파악 • 블록체인 연계 방안 논의
담당자 E	국가기록원 기록정보기반과	2020.06.18.	국가기록원 대전 본원	1시간	• CAMS 시스템 파악 • 요청 통계 대상 항목 파악
담당자 F	국가기록원 서비스정책과	2020.09.25.	국가기록원 나라기록관	30분	• 공개재분류 시각화 설계 설명 • 담당자 의견 수렴

담당자 면담은 업무 프로세스를 파악하고 블록체인과 연계 방안을 상세하게 논의하기 위하여 진행되었으며, 모형 설계 후 담당자 의견이 수렴될 필요가 있는 안에 대하여 논의하였다. 면담을 바탕으로 현행 업무를 보완, 개선하기 위하여 블록체인과 연계하는 방안을 다음과 같이 설계, 제시하였다.

16) 비밀번호 등을 공개하지 않고 알고 있다는 사실만으로 증명하는 암호학적 기법(Lemieux et al., 2020, p. 11). 영지식 기법을 이용한 인증에서는 주장자 A의 키에 대한 정보를 전혀 유출하지 않으면서, 주장자 A가 키를 알고 있다는 사실만을 증명함으로써 인증이 이루어짐(한국정보통신기술협회, n. d.).

3.1 블록체인을 적용한 기록물 열람서비스 개선 연구

국가기록원의 기록물 열람서비스는 일반 국민을 대상으로 하는 정보공개청구 외에도 공공기관에 기록을 제공하는 기관 간 협조 및 법원에 기록물을 제공하는 문서송부촉탁 업무 등이 있다. 법원 문서송부촉탁 업무는 법원에서 재판 진행을 위해 국가기록원의 기록물을 열람하고 필요한 문서를 요청하는 업무이다. 다음의 <그림 5>는 국가기록원 열람담당자와의 면담을 통해 파악한 현행 문서송부촉탁 업무의 과정을 도식화한 것이다.



<그림 5> 현행 국가기록원-법원 간 문서송부촉탁 과정

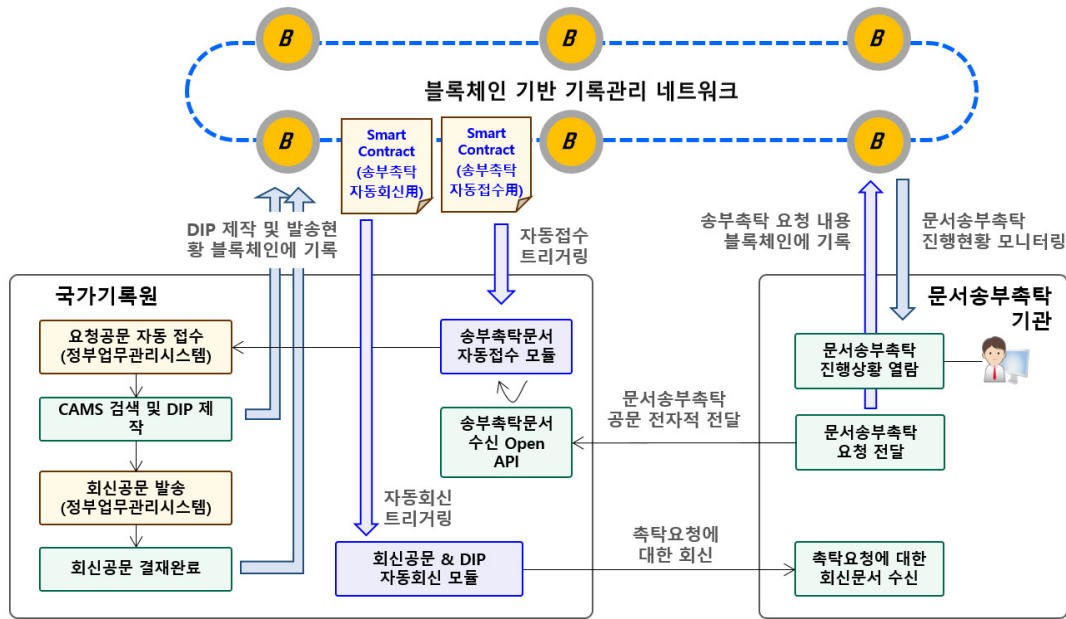
문서송부촉탁은 먼저 법원이 재판 과정에서 필요한 공공기록물을 우편으로 요청하고, 국가기록원에서는 이 우편 문서송부촉탁 요청내용을 업무관리시스템에 접수하는 과정으로 시작된다. 이후 CAMS에서 요청받은 기록물을 검색하고 존재하는 경우, 해당 기록물을 제공하기 위한 문서송부촉탁 회신 공문을 작성하는 등 결재 절차를 수행한다. 요청받은 자료는 출력하거나 복사하고 결재가 완료되면 회신 공문과 함께 출력 및 복사한 자료를 워터마크와 함께 관인을 찍고 우편으로 회신하게 된다.

일반적으로 법원이 문서송부촉탁을 통해 요청하는 종이기록물의 매수가 많아 모두 출력하여 우편으로 송부하는 시간과 노력 등 자원 소모가 크다. 열람담당자와의 면담을 통해 우편 송수신하는 절차에 통상적으로 4~6일의 시간이 소요되고 처리시간과 대국민 제공시간이 지연되는 것은 주요 문제점 중 하나로 확인되었다. 이는 근본적으로 법원에서 종이문서만을 증거적 가치를 인정하기 때문에 발생하는 문제이다. 그런데 최근 법원에서 이러한 관행에 대한 전환적 입장을 담은 계획이 발표되었다. 2024년까지 지능형 법원을 도입하여 소송기록을 전면 디지털화하여 종이문서의 부담을 해소하겠다는 것이다. 다음 <그림 6>은 법원행정처가 발표한 지능형 법원 도입 계획을 발췌한 것이다.



<그림 6> 지능형 법원 도입 개요

국가기록원 블록체인 연구팀은 2020년 5월 지능형 법원을 추진하는 대법원 법원행정처 차세대전자소송추진단을 면담하고 국가기록원의 문서송부촉탁 기록물의 제공방식을 블록체인 기술을 이용한 전자적 제공 방안을 협의하였다(담당자 B, 면담, 20년 05월 15일). 이에 따라 설계된 것이 블록체인을 활용한 문서송부촉탁 모형이다. 이는 종이문서를 완전히 전자적으로 대체하는 방안으로 블록체인 기반 국가기록관리 네트워크와 대법원 차세대 시스템의 전자문서 접수 Open API¹⁷⁾의 연계를 통해 전자적으로 기록을 제공하는 방식이다. 설계된 문서송부촉탁 업무 과정은 다음의 <그림 7>과 같다.



<그림 7> 국가기록원-법원 간 문서송부촉탁 제안 모형

<그림 7>은 문서송부촉탁 업무의 전 과정을 전자적으로 처리하고, 블록체인 스마트 컨트랙트를 활용하여 자동화하는 방안이다. 제안한 업무 절차는 다음과 같다. ① 현행 우편으로 받는 열람요청내용 등을 업무관리시스템에 자동으로 수신 및 접수한다. ② 업무 담당자는 CAMS에서 해당 기록물을 검색하고, ③ 대상 기록물을 선정하면, ④ 기록물 배부 패키지(Dissemination Information Package) 제작을 위해 자동으로 해당 시스템으로 전달하게 된다. ⑥ 회신결재공문을 스마트 컨트랙트를 통해 자동으로 생성하고, ⑦ 대법원 시스템의 문서수신 Open API를 통해 배부 패키지를 송신한다. 과정 중에 배부 패키지 생성과 전송에 대한 이력을 블록체인에 기록하여 감사증적을 남긴다.

현재 문서송부촉탁 요청을 받고 요청 내용을 송신하는 과정에서 지연되는 시간을 전자적으로 송수신하면 실시간으로 요청을 접수하고 해당 기록물의 배부 패키지를 제작하여 송신까지 효과적으로 처리 시간을 단축할 수 있다. 정량적인 효과를 계산하여 보면 열람 요청 혹은 기록물 배부 패키지를 우편으로 송부하고 수신, 처리하는 데에 소요되는 시간을 송부, 배송, 수신 각 1일로 계산하여 3일이라고 가정한다. 그렇다면 1건의 문서송부촉탁을 송수신하는 데에만 6일(144시간)이 소요되는데 이를 블록체인을 통해 송수신하면 실시간으로 확인할 수 있어 사실상 시간 지연이 발생하지 않는다(국가기록원, 2020b). 이는 단순히 업무 처리시간을 단축할 뿐만 아니라 우편 소요시간이 제외되어 대국민 기록물 제공 시간도 함께 줄일 수 있다.

17) 대법원은 차세대 전자소송시스템 구축사업을 통해 행정안전부 등과 우편으로 주고받는 문서송부촉탁 업무를 시스템 연계로 제공하고자 한다. 2024년 8월 개발 완료를 목표로 하며 전자적 연계를 위해 전자접수 Open API를 개발하여 제공할 예정이다.

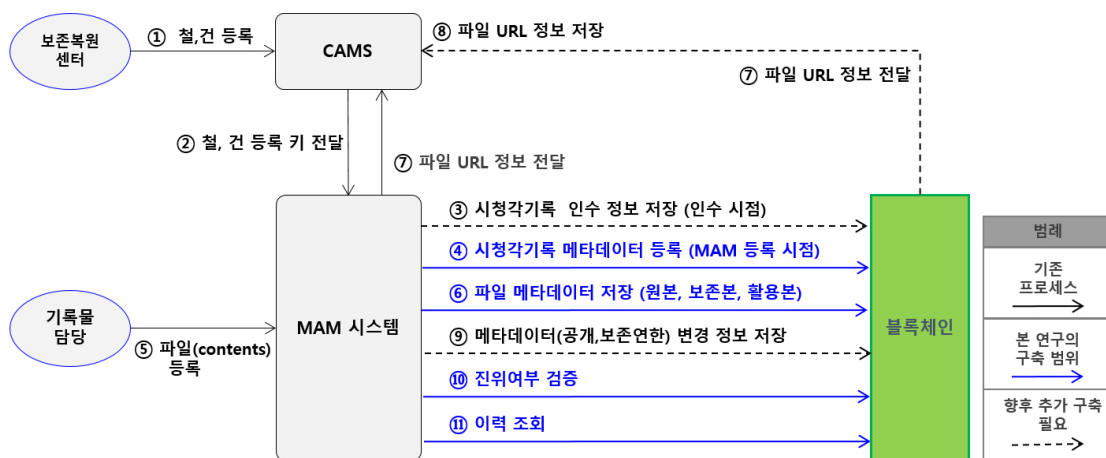
블록체인을 적용한 모형은 시스템 간 연계를 통해 요청 문서의 자동접수, 회신처리를 자동화하여 국가기록원 열람 담당자의 업무 효율성을 향상할 수 있는 가능성을 제시한다. CAMS와 연계를 통해 배부 패키지 작성대상 기록의 자동 등록, 전자기록 배부 패키지 작성(페이지 편집, 워터마크 및 관인 삽입)과 외부 기관 송부를 위한 시스템을 구축하여 요청 기록물을 모두 종이로 출력하여 관인을 찍는 과정을 효율화할 수 있다. 또한 송부한 기록물에 대한 진본성, 송부 이력을 블록에 등록하여 전자적 전송 과정에서 일어날 수 있는 위·변조 가능성을 차단하고 진본성을 보장한다.

2024년 지능형 법원이 본격 가동될 시점에 이 연구모형을 기반으로 법원과 국가기록원이 연계된다면 블록체인 스마트 컨트랙트를 활용한 전자적 문서송부 자동화 및 지능형 기록관리도 함께 실현될 수 있을 것으로 기대된다.

3.2 시청각기록의 진본성을 위한 방안

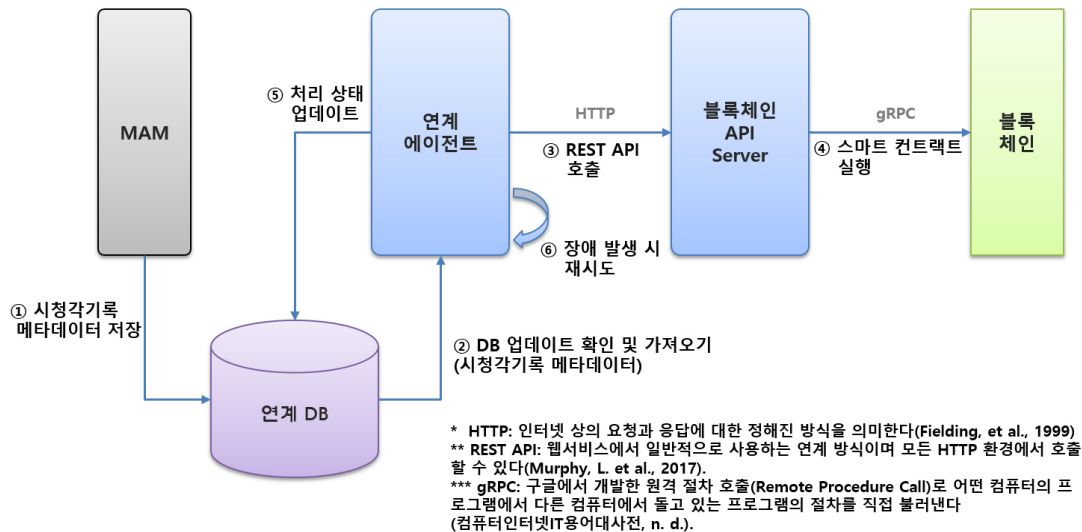
전자기록의 장기 보존을 위해 국가기록원은 장기보존포맷 기술규격을 정의하고 장기보존 포맷인 NEO로 변환하여 관리하고 있다. NEO는 기록물철, 메타데이터, 전자서명을 하나의 패키지로 구성하여 진본성의 장기보존과 검증능을 보장할 수 있도록 한다. 그러나 현재 표준전자문서 기준 장기보존포맷 변환 대상이 연간 4천만 건이 생산되고 있으며, NEO 필수 메타데이터 항목 누락 등의 변환 오류 발생 빈도가 높고 주기적인 재변환이 필요하다는 문제점이 대두되고 있다(담당자 A, 면담, 20년 5월 8일). 또한 대용량 시청각기록은 시스템 과부하 및 긴 처리 시간이 소요된다는 단점으로 인해 NEO로 변환·관리하는 것이 사실상 어려운 실정이다(담당자 A, 면담, 20년 5월 8일). 이 연구는 시청각기록의 관리와 진본성 보장을 위하여 MAM 시스템과 블록체인 시스템을 연계하는 방안을 설계하였다.

현행 시청각기록은 CAMS와 MAM에 분산하여 관리, 보존하고 있으며 CAMS에는 기록의 관리를 위한 정보인 제목, 보존기간, 공개여부 등을 관리하고, MAM에는 시청각기록의 원본을 포함한 보존 및 활용을 위한 포맷 변환본과 파일에 대한 시스템적 속성정보를 저장하여 관리하고 있다(담당자 A, 면담, 20년 5월 8일). 처리 방식은 CAMS에 먼저 기록의 관리를 위한 정보를 등록하면 일정 시간 단위로 MAM에 정보를 전달하는 방식이다. 이와 같은 이중 구조에 따른 관리의 어려움과 기록의 진본성 확인에 대한 절차의 생략으로 개선이 필요하다. 이 연구는 시청각기록의 진본성 보장 및 장기보존을 위하여 블록체인을 적용한 방안을 다음과 같이 제안하였다. <그림 8>은 CAMS, MAM, 블록체인의 연계를 통해 각 시스템을 통해 수행하는 업무들을 나타낸 그림이다.



<그림 8> MAM 시스템과 블록체인 연계 방안 제안 모형

CAMS에는 현행 기록관리 구조인 철, 건 구조로 기록의 메타데이터를 등록하고 MAM 시스템으로 그에 대한 키를 전달한다. 그리고 MAM 시스템과 연계된 블록체인에 시청각기록의 메타데이터 등을 저장하며 시청각기록 관리 담당자가 기록을 MAM 시스템에 올리고 일정 시간 간격으로 해당 정보를 블록체인에 업데이트 한다. 이후 기록의 진본 확인이 필요한 경우 블록체인에 저장된 메타데이터와 해시값의 검증을 통해 확인하고 기록관리 이력을 확인하도록 설계하였다. 다음의 <그림 9>는 MAM과 블록체인 연계의 처리 프로세스를 보여준다.



<그림 9> MAM-블록체인 간 연계 방안 모형

<그림 9>는 MAM 시스템과 블록체인의 연계 방안을 보여주는 모형이다. MAM 시스템은 CAMS로부터 기록물의 등록키를 전달받는 시점과 파일의 원본 등이 저장소에 저장되는 시점에 MAM 시스템과 연계한 데이터베이스, 연계 에이전트¹⁸⁾를 활용하여 블록체인과 연계되도록 설계하였다. MAM 시스템을 통해 시청각 기록의 메타데이터와 원본, 보존본, 활용본으로 구분되어 있는 파일 메타데이터를 연계 데이터베이스에 저장하면 데이터베이스와 블록체인을 연계하는 연계 에이전트와 스마트 컨트랙트를 통해 저장한 메타데이터를 블록체인에 기록한다. 이 과정에서 장애 발생 시 연계 에이전트 상에서 재시도할 수 있도록 설계하였다. 블록체인에 메타데이터가 기록되면 처리 상태를 데이터베이스로 전송하여 블록체인과 데이터베이스 간의 상태를 일치시킨다. 연계 에이전트 시스템은 일정 주기마다 데이터베이스에 있는 정보가 새로 업데이트되었는지 확인하여 블록체인과 MAM 시스템의 상태를 맞춘다. 이러한 방안으로 MAM 시스템과 블록체인을 연계한 시청각기록 관리 모형을 구축, 검증하였다.

시청각기록의 메타데이터를 위·변조할 수 없는 블록에 저장하여 무결성을 보장할 수 있으며 블록체인, CAMS, MAM의 동기화를 통해 분절적으로 나뉘어 관리되던 두 개의 시스템을 유기적으로 연동할 수 있으며 그를 통해 시청각 기록물의 관리를 더욱 용이하게 한다. 그리고 블록체인에 저장되어 있는 기록물 메타데이터의 해시값 검증을 통해 기록물 진본 여부를 보장할 수 있어 시청각기록 이용 시에 진본성 검증이 가능하다. 또한 블록에 저장되어 있는 기록물 메타데이터의 업데이트 이력은 모두 블록체인의 특성에 의해 변경 불가하게 관리되므로 업무 과정 추적과 기록 이력 추적이 가능하다. 향후 MAM 시스템 고도화에 따라 추가적으로 구축해야 할 부분들의 인터페이스를 미리 구축하여 시스템 고도화 이후 해당 기능을 구축하여 연계하는 데에 어려움이 없도록

18) 에이전트란 사용자를 대신하여 어떤 네트워크 등의 환경의 일부이거나 그 안에서 특정 목적에 대해 작업을 수행하는 자율적 프로세스를 의미한다(컴퓨터인터넷IT용어대사전, 2011).

하였다. 블록체인과 MAM 시스템 연계를 통해 MAM 시스템을 중심으로 하는 시청각기록 관리 체계를 확립하여 이중 관리 구조를 해소하고 업무 수행의 부담을 경감하였다. 향후 이러한 기반시스템과 인공지능의 결합으로 시청각기록의 고유값 생성과 장기보존을 위한 다양한 방안을 창출할 수 있을 것이며 이에 대한 추가적인 연구가 필요하다.

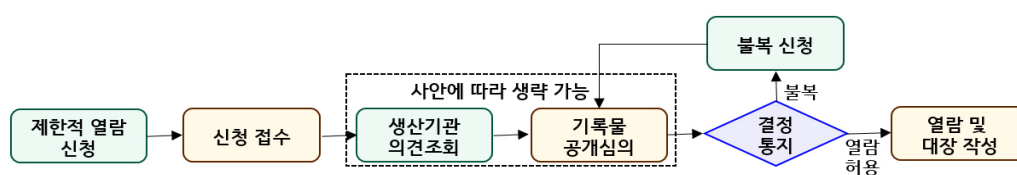
3.3 스마트 계약을 활용한 기록관리 법정업무 자동화 연구

이 절은 스마트 컨트랙트와 DApp을 활용한 기록관리 자동화 방안을 제안하였다. 먼저 스마트 컨트랙트를 활용한 자동화 업무를 선정하기 위하여 국가기록원(2019)이 제시한 실무담당자의 의견 청취 내용을 고려하였다. 국가기록원(2019)은 대량의 전자기록관리 업무의 부담을 경감하고 효율적으로 처리하기 위해 지능화, 자동화 필요 업무를 선별하고 기술 개발을 위한 전략을 수립하였다. 업무를 선별하기 위하여 전자기록관리 실무담당자 다수를 대상으로 수요를 조사하고 업무에 대한 요구사항을 정리하였다. 수요조사에서 자동화 요구 업무 기능은 인수, 공개재분류, 보존기간 재평가, 열람 및 활용, 기준 및 공통관리이다.

국가기록원(2019)의 연구를 통해 도출한 자동화 요구 업무 중 스마트 컨트랙트의 적용이 가능한 업무를 선별하기 위해 스마트 컨트랙트의 적용 요건을 분석하였다. 스마트 컨트랙트는 다음의 두 가지 조건을 만족하면 적용할 수 있다. ① 업무 과정을 처리하기 위해 다수의 독립적인 이해관계자가 참여하여야 하며, ② 자동화를 위한 업무 과정의 선후관계가 명확하고 여러 단계를 거쳐야 한다. 이러한 조건을 만족하는 기록관리 업무를 다음과 같이 선별하였다.

3.3.1 비공개 기록물의 제한적 열람

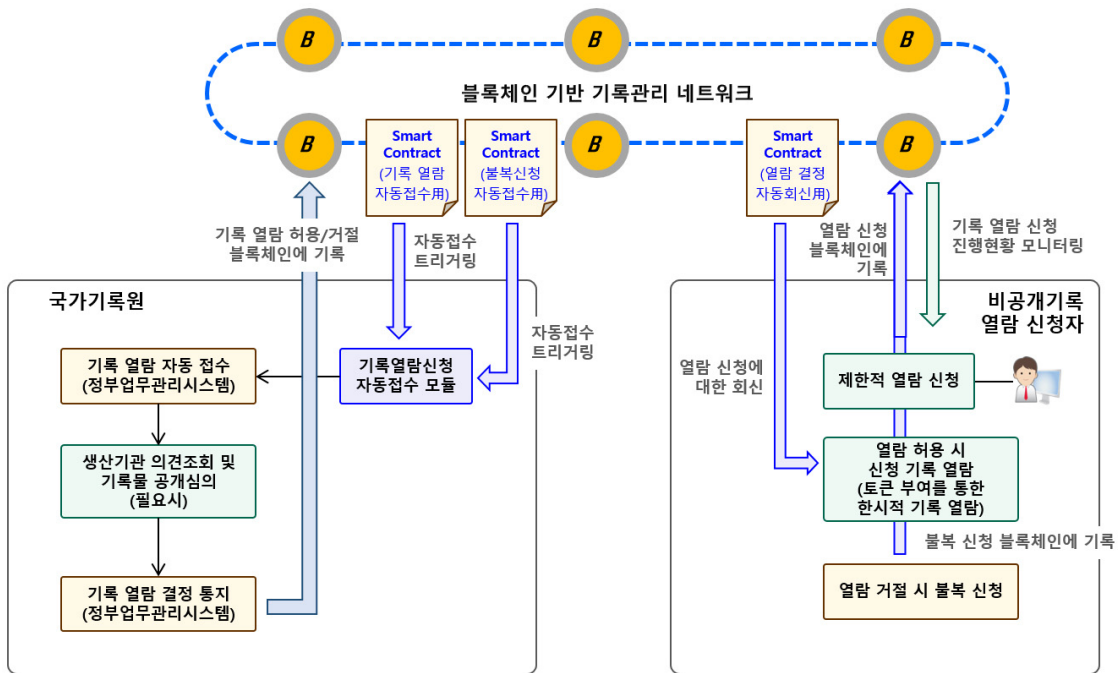
비공개 기록물의 제한적 열람은 본인의 개인정보가 포함되어 있거나, 해당 기록물이 아니면 관련 정보의 확인이 불가능한 경우에 한하여 제한적으로 열람할 수 있도록 하는 것이다. 이는 청구인의 신원을 엄격하게 확인하며 지정된 일시와 장소에서 청구인만이 열람할 수 있도록 하며 열람을 위해서는 열람실에 직접 방문하여야 한다. 현행 비공개 기록물의 제한적 열람 처리 프로세스는 다음의 <그림 10>과 같다.



<그림 10> 비공개 기록물의 제한적 열람 업무 프로세스

<그림 10>이 보여주는 제한적 열람은 별도의 열람 신청 이후 접수, 생산기관 의견조회, 공개심의를 거쳐 결정하게 된다. 열람이 거부될 시에 청구인은 불복 신청을 통해 재심을 요구할 수 있고 열람 시에는 직접 열람실을 방문하여 신원 확인 후 열람할 수 있도록 하는 절차를 보여준다.

제한적 열람의 핵심은 엄격한 신원 확인과 청구 관련 기록물만을 제공하는 것이다. 현재 청구인의 신원을 확인하고 관련 비공개 기록물을 제공하기 위한 대면 열람 방식이 블록체인 기반 DID의 확산과 대면 서비스 기피라는 환경의 변화로 인해 비대면, 온라인 서비스로 제공될 필요가 있다. 다음의 <그림 11>은 스마트 컨트랙트와 DID를 활용한 자동화 모형을 도식화하여 나타낸 것이다.



<그림 11> 스마트 계약을 활용한 제한적 열람 자동화 제안 모형

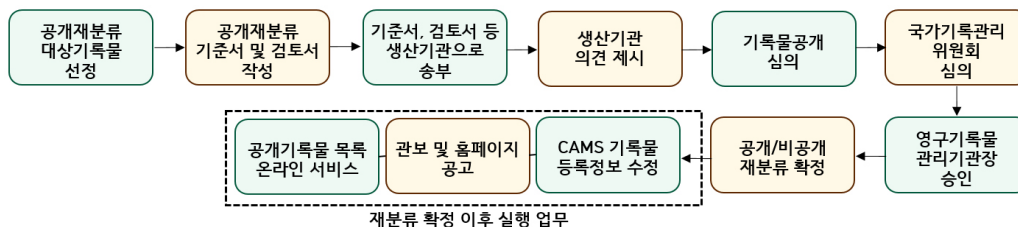
<그림 11>은 제한적 열람의 자동화 방안을 보여준다. 각각의 스마트 계약은 「공공기록물법」 제37조의 1항과 「국가기록원 소장기록물 공개 및 열람 규정(훈령 제113호)」 제4장에 따라 비공개 기록물의 열람 결정을 자동으로 접수 및 회신할 수 있도록 하며, 업무 처리 과정은 다음과 같다. 비공개 기록물을 열람하기 위하여 청구인은 DID를 통해 신분을 증명하고 별도의 양식을 통해 열람을 신청하고 열람이 신청된 사실을 블록체인에 기록하고 스마트 계약을 통해 자동적으로 업무 담당자에 알려지도록 한다. 담당자는 필요시 생산기관 의견조회와 공개심의를 진행하고 제한적 열람 결정을 블록체인에 기록하고 이것을 청구인이 실시간으로 확인할 수 있다. 제한적 열람을 허용하는 경우 신청 기록물을 열람할 수 있도록 하는 접근 토큰을 부여하고 청구인은 DID와 접근 토큰으로 신원을 증명하는 후 기록물을 제한된 시간동안 열람할 수 있다. 접근 토큰은 정해진 기록물에 대해 한시적으로 접근 권한을 부여하는 것으로, 이를 통해 기록물을 열람하기 위해서는 신청 시 제공한 신원이 확인되어야 한다.

다만, 위와 같이 블록체인과 DID를 적용하는 방안은 청구인의 개인정보가 포함되어 있는 기록물을 열람하고자 하는 경우와 권리구제를 위해 기록물을 제공하여야 하는 경우에 한정한다. 연구 등의 정보 확인 목적의 제한적 열람은 복사, 사진 촬영 등 보안상 위협으로 인해 제공할 수 없다.

공인인증서나 주민등록증 등 개인 신분증명서들과 달리 DID는 개인 자체에 대한 정보와 가족 관계, 졸업증명서 등 다양하게 개인을 식별할 수 있는 정보들을 담을 수 있다. 신원 증명을 위해 DID를 활용하면 증명을 위한 사항에 요구되는 정보만을 제공할 수 있다. 예를 들어 직계가족의 개인정보가 포함되어 있는 기록물을 열람하기 위해서는 가족관계증명서 등을 발급받아 제출하는 별도의 절차를 거쳐야 하지만 제안한 방안의 경우 DID에 포함되어 있는 가족관계 정보를 열람 신청 시에 본인 신원 증명과 함께 제공하여 한층 간편하게 서비스를 이용할 수 있다. 업무 처리 자동화와 업무 처리 과정을 실시간으로 저장하여 청구인에 투명한 공공업무의 처리 과정의 공유가 가능하다. 또한 DID를 적용하여 신원확인의 절차를 간편화하고 비대면 공공서비스를 확대할 수 있다는 의의를 가진다.

3.3.2 공개재분류와 보존기간 재평가

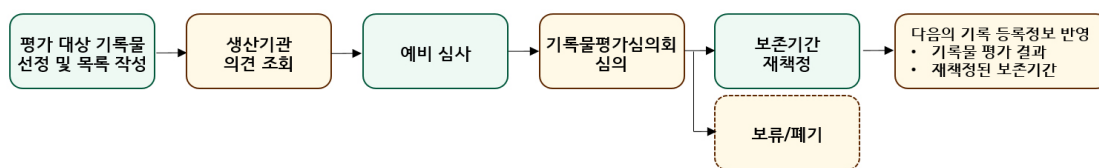
공개재분류는 비공개 기록물을 일정 시간이 지난 후 공개하기 위하여 심의, 결정하는 절차로 현행 공개재분류 업무 처리 과정은 다음의 <그림 12>와 같다.



<그림 12> 공개재분류 과정(NAK 16-2, 2020)

대상기록물의 선정부터 재분류 결과의 확정 이후 실행 업무까지 생산기관, 기록물공개심의회, 국가기록관리위원회 등 다양한 이해관계자가 참여하여 업무를 수행하며 위의 <그림 12>의 절차와 같이 업무를 수행하여 스마트 컨트랙트를 활용한 자동화 적용이 가능하다고 판단하였다.

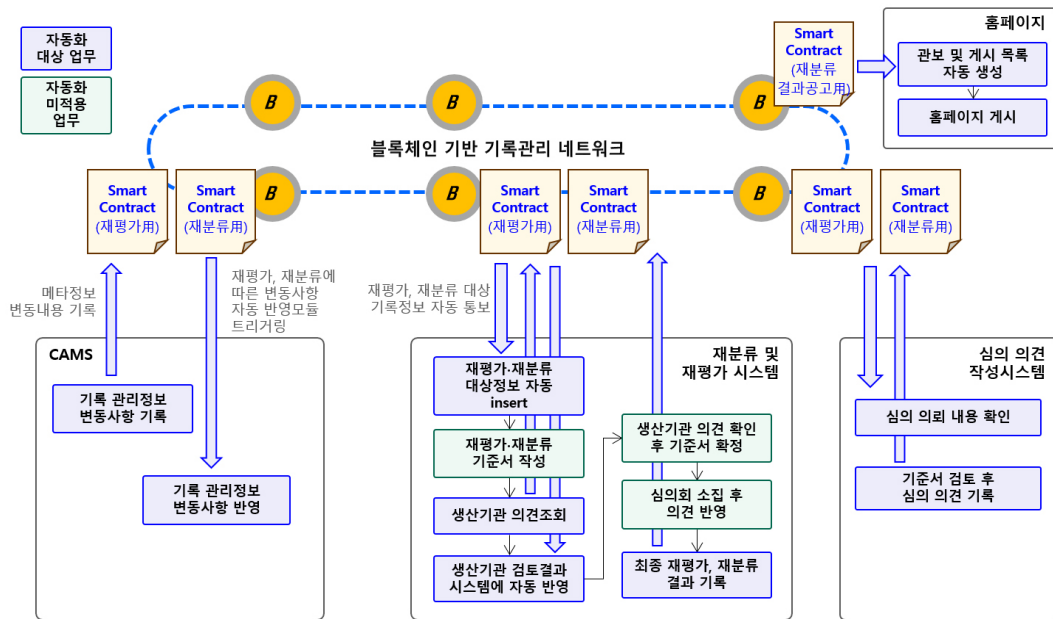
보존기간 재평가는 보존기간이 도래한 기록물의 평가를 통해 폐기하거나, 보존기간을 재책정하여 해당 기록물을 보존하는 것이며 현행 업무는 다음의 <그림 13>과 같다.



<그림 13> 기록물 평가 과정(NAK 5-2, 2012)

보존기간 재평가를 위해 평가 대상 기록물의 선정과 목록 작성부터 시작하여 평가 결과 반영까지의 절차를 거치게 된다. 이 절차에는 다양한 생산기관, 기록물평가심의회와 같은 다양한 이해관계자가 존재하고 순차적인 업무 수행이 가능하여 스마트 컨트랙트를 활용한 자동화 적용이 가능하다. 공개재분류와 보존기간 재평가의 일련의 업무 절차가 상이하지 않다고 판단하여 한 개의 모형으로 표현하였으며, 위의 업무들 중 자동화할 요소를 포착하여 설계한 그림은 다음의 <그림 14>와 같다.

기록의 공개재분류 및 보존기간 재평가 업무를 자동으로 수행하는 조건은 「공공기록물법」과 제35조, 동법 시행령 제53조, 제72조와 관련 표준, 규칙 등으로 하여 법규 준수가 기초가 되도록 하였다. 공개재분류와 보존기간 재평가를 위해 대상 기록물에 대한 정보를 스마트 컨트랙트를 통해 자동으로 불러오고, 생산기관 검토의 의뢰와 검토 결과 반응을 자동으로 처리하도록 설계하였다. 기록물 심의에 따른 의견을 기록하여 블록체인에 저장하여 실시간으로 의견 조희가 가능하며 향후 심의에도 참고할 수 있도록 하고 최종 결과를 자동으로 기록한다. 공개재분류의 결과로 변동된 사항은 스마트 컨트랙트를 통해 변동 시 자동으로 시스템에 반영되고 관보 및 홈페이지에 게시된다.



〈그림 14〉 공개재분류 및 보존기간 재평가 제안 모형

국가기록원(2019)의 연구에서 당해 연도 재분류 및 재평가 대상 기록물의 선정에 대한 시스템 상의 기능 부재로 인해 어려움이 지적되었고 기록물 이력관리 기능을 통한 업무 처리 스케줄링과 모니터링 기능이 요구되었다. 이 연구에서 제안한 모형은 스마트 계약을 통해 대상 기록물 정보를 자동으로 가져오도록 하여 업무 처리 부담을 줄이고 모든 트랜잭션의 저장을 통해 이력 관리와 모니터링 기능을 제공한다. 또한 해당 기록물에 대한 생산기관 의견 조회 절차를 블록체인 기반으로 처리하여 업무 처리 과정의 지연을 없애고 공개재분류와 보존기간 재평가에 대한 생산기관의 의견을 변조할 수 없도록 기록하여 동종 기록물에 대한 차후의 동일 업무에서 참고할 수 있도록 한다. 기록물 공개심의 또는 기록물평가심의를 블록체인 기반으로 실행하여 비대면 심의, 실시간 의견 제시가 가능하도록 하고 제시된 의견을 블록체인에 기록하여 선행 예시로 누적, 활용할 수 있도록 한다. 스마트 계약을 통해 업무 담당자의 자의적인 해석이 개입되지 않고 정해진 법률과 규칙에 따라 업무를 수행할 수 있도록 하며, 그를 통해 업무의 독립성을 높일 수 있다. 또한 기록물관리담당자의 업무 부담을 경감하고 재분류 및 재평가 대상 기록물의 누락을 줄일 수 있다.

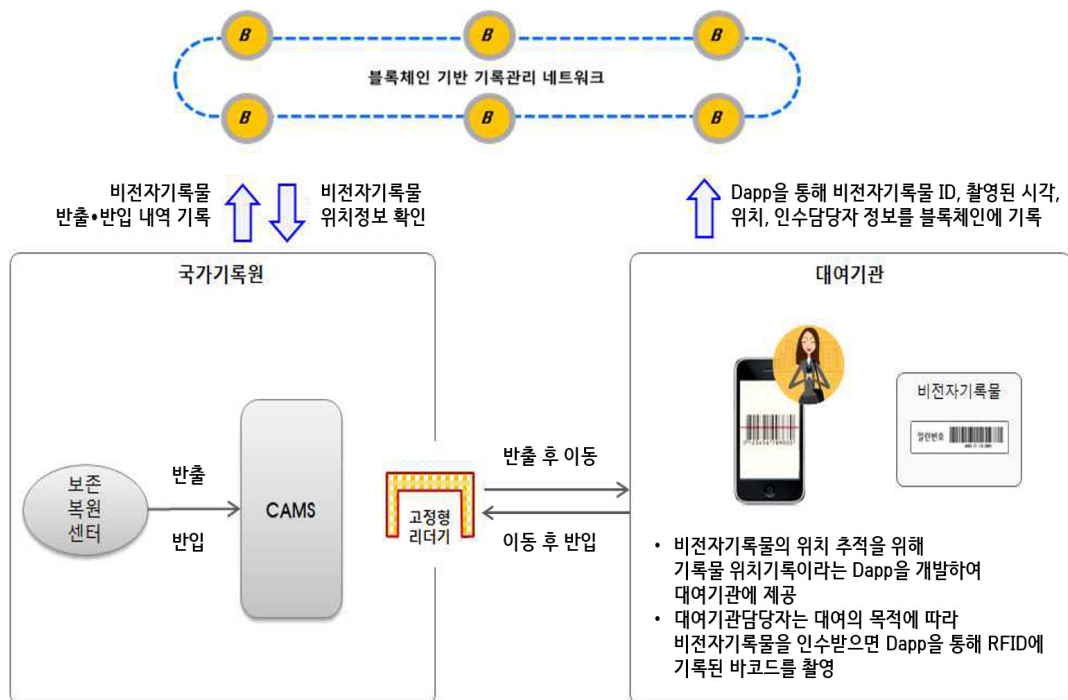
스마트 계약을 적용한 자동화 방안 연구에서 비공개 기록물의 제한적 열람과 공개재분류 및 보존기간 재평가에 제안한 블록체인 모형은 프로세스 분석과 담당자 면담을 통해 개념연구를 수행한 것으로 블록체인 기록 관리 플랫폼에서 실제 구현한 산출물은 아니다. 이 모형을 실제 업무에 반영하기 위해서는 정책결정의 과정이 전제되어야 하며 제안한 모형은 이러한 결정에 참조할 수 있는 기초 연구로서의 의미를 가진다.

3.4 기록관리 트랜잭션 추적과 모니터링 방안 연구

블록체인에 기록의 모든 처리 상태에 대한 정보가 기록되면 이를 통해 기록의 처리현황 추적 및 비전자기록물의 위치정보 추적까지 가능하다. 현재 국가기록원에서 운영 중인 RFID 시스템의 주요 기능은 비전자기록물 관리를 위해 필요한 태그 발행, 반입·출, 기록물 조회, 서고 배치, 정수 점검, 무단 반출 관리, 통계 관리 등의 업무 기능을 포함하고 있다. 이러한 업무 중 기록물 조회 및 반입·출을 확인하는 방식은 부착된 RFID 태그를 개인용 정보 단말기(Personal Digital Assistant, PDA)나 RFID 고정형 리더기에 의해 탐지하는 것이다.

블록체인과 RFID를 활용하여 물리적 자산을 관리하는 방식들이 활발하게 연구되고 있다. 국내·외 연구를 통해 도출한 블록체인과 RFID를 활용한 실물 자산 관리는 자산의 이동 경로와 처리 절차를 확인하고 현재 위치를 파악하는 등의 투명한 처리 프로세스 공유를 중점으로 두고 있다. 이 연구에서는 Lemieux(2017)가 말한 가장 혁신적인 기록관리 적용 방안인 비전자기록물에 토큰 발급 방식을 적용하여 전자적으로 기록물의 위치를 추적할 수 있도록 하는 방안을 마련하였다.

국가기록원 내부에서 비전자기록물의 위치를 추적해야 하는 경우 CAMS에 탐지정보 이력이 기록될 때 마다 블록체인 연계 API를 통해 블록에 기록하여 탐지정보의 추적성을 관리한다. 그리고 비전자기록물이 국가기록원 외부로 반출된 경우에 해당 기록물을 추적하는 방안은 다음의 <그림 15>와 같다.



<그림 15> 비전자기록물 기관 외 반출 시 추적 방식

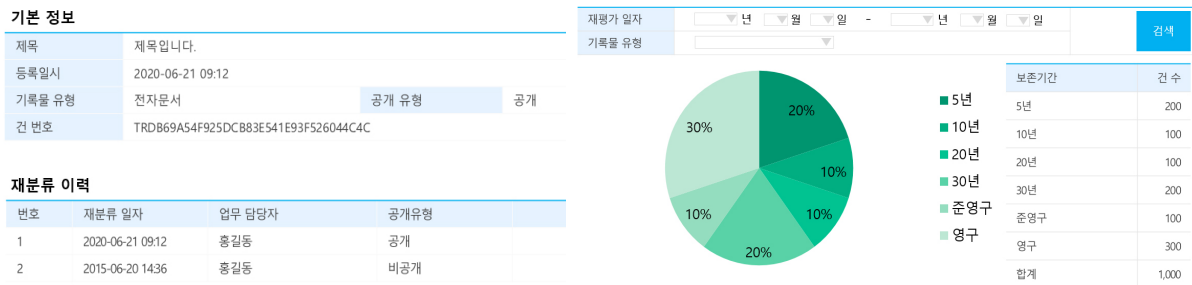
국가기록원 외부로 기록물이 반출되는 경우 고정형 리더기를 통해 반출된 사실을 기록하고 대여기관으로 이동 후 DApp을 이용하여 기록물의 도착 여부와 위치 정보, 인수 담당자 정보 등을 블록체인으로 전송한다. 반출된 기록물을 반납할 시에 반출 시에 사용하였던 고정형 리더기를 통해 반입 사실을 파악하여 블록체인에 전송하게 된다. 이러한 방법을 통해 기록물 대여 시 목적 외 이동을 방지하고 기록물의 이력 정보를 남길 수 있다. 블록체인과 RFID를 연계한 비전자기록물의 관리는 변경할 수 없는 블록에 위치 정보를 저장하여 투명성을 보장하고 감사 증거를 남겨 추적할 수 있도록 한다. 또한 DApp으로 기관 외에서 블록체인에 위치 정보를 전송할 수 있도록 하여 사용자 편의성을 높이고 위치 정보의 누락을 막을 수 있다.

블록체인을 통해 기록관리 업무 추적성을 확보할 수 있는 추가적인 방안으로 업무 과정 시각화 방안을 설계하였다. 현행 CAMS는 기록물의 이관, 등록, 검수 등의 처리 행위에 대한 모니터링 기능이 제공되지 않다는 것을 시스템 분석을 통해 확인하였다. 또한 업무 담당자 면담을 통해 업무 시각화에 대한 요구 사항을 다음의 <표 2>와 같이 도출하였다.

〈표 2〉 기록관리 담당자의 업무 시각화 요청 관련 면담 내용

구분	내용
담당자 E	- 통계 정보를 CAMS 화면에서 볼 수 있도록 하는 설계를 요구함
담당자 F	- 공개재분류 처리 이력 조회 화면에서 검색 조건으로 '회차' 항목 추가를 요구함 - 검색 결과에 처리 전, 후 상태값을 같이 보여주었으면 함

면담을 통해 수렴한 의견을 반영하여 업무 수행의 투명성을 보장하고 감사 증적을 위한 추적성을 제공하기 위하여 블록체인을 활용한 업무 과정 시각화 방안을 설계하였다. 다음의 <그림 16>은 시각화 방안 구현 화면의 예시이다.



〈그림 16〉 시각화 화면의 기록물 공개재분류 및 통계 내역

<그림 16>은 비공개 기록물의 공개재분류 이후 공개 유형이 변화한 이력을 보여주는 화면과 기록물 보존기간에 따라 건수를 보여주는 통계 그림으로 이와 같은 형식으로 기록 유형별 통계, 보존기간별 통계, 기록물 보존기간 재평가 통계 그래프 시각화를 구축하였다. 이외에도 기록물 보존기간, 공개 내역 변경 현황 조회, 시청각 기록물의 유형별 현황 통계를 제공하고 통계와 이력 내역을 엑셀 파일 및 PDF 파일로 생성, 다운로드할 수 있도록 구축하였다.

실시간으로 기록관리 업무를 블록체인에 저장하고 이것을 시각화함으로써 효율적인 업무 수행을 돕고 업무의 투명성을 제공한다. 업무의 실시간 반영과 시각화를 통해 업무를 즉각적으로 추적할 수 있고 업무 수행 이후에도 해당 내역에 대한 위·변조 없이 확인할 수 있다. 더불어 시각적인 통계 자료를 제공하여 공개재분류, 보존기간 재평가와 같이 많은 양의 기록물을 대상으로 하는 업무에서 대상 기록물의 누락을 막고, 별도의 데이터 작업 없이 다양한 통계를 제공할 수 있어 유관 기관의 통계 요청이나 대국민 서비스 시 담당자의 업무 부담을 경감할 수 있다.

기록관리 중심 표준인 ISO 15489-1에서는 기록의 4가지 속성을 보장받기 위해서는 업무 처리행위를 담고 있는 기록관리 메타데이터를 기록시스템으로 생산·유지해야 한다고 설명한다(ISO 15489-1, 2016). 기록의 생산 시점부터 이관, 평가, 보존, 폐기까지의 전 단계에 걸쳐 트랜잭션을 자동으로 블록에 저장하고 추적할 수 있다. 블록체인을 ISO 15489-1:2016이 제시하는 4가지 속성의 보장을 트랜잭션 추적과 모니터링 기능을 통해 새로운 방식으로 접근 가능하게 한다. 이는 시스템 비전문가인 기록관리 전문가에게 기록의 처리 행위를 감사 추적할 수 있게 하는 기술적 대안이라는 점에서 의미를 가진다.

4. 결론

2020년 현재 블록체인, 클라우드, 빅데이터 등 신기술로 인하여 공공 행정 환경이 급격하게 변화하고 있으며, 이를 공공기록으로 포착해야 하는 기록관리 분야도 새로운 관리 방식을 요구받고 있다. 또한 최근 행정정보 데이터세트에 대한 관리 방안이 발표되어 새로운 기술이 적용된 시스템뿐만 아니라 기존의 모든 행정정보시스템의 관리를 지원할 기술적 방안이 필요하게 되었다. 자체 관리를 허용한 행정정보시스템의 모니터링을 가능하게 하는 실질적인 기술적 대안으로 블록체인을 고려할 수 있다. 블록체인 기록관리 플랫폼은 별도의 기록관리 기능이 없는 행정정보시스템들의 암호학적 미러시스템으로 기능하여 데이터세트의 트랜잭션을 추적하고 진본 데이터세트의 무결성을 보장하는 새로운 전략이 될 수 있다.

개별 전자문서마다 전자서명을 넣어 변환하는 장기보존포맷은 전자기록의 장기보존을 위한 법정 기록관리 방식이다. 본문에서 언급한 바와 같이 이 방식은 개별 문서의 변환을 전제한다는 점에서 비용 대비 효과가 낮고, 변환오류 및 비효율성을 지적하는 현장의 지적 또한 증가하고 있다. 뿐만 아니라 전통적인 장기보존전략은 시청각 기록과 같은 대용량 파일에는 적용되기 어렵다는 현실적 한계를 가진다. 2년간의 연구와 검증 결과를 통해 블록체인 기록관리는 전통적인 진본성 보장 및 장기보존 전략이 갖는 한계를 해소하는 기술적 대안이 될 수 있음이 확인되었다. 이는 전자기록의 진본성 보장방안을 향후 블록체인에서 모색해야 한다는 InterPARES Trust 및 미국 국가기록청의 2019년 블록체인 백서의 연구결과와도 일치한다.

이러한 경향에도 불구하고 법제도의 문제와 신뢰부족은 블록체인을 기록관리와 연계시키는데 여전히 제약이 되고 있다. 2019년 발의된 「블록체인 진흥 및 육성 등에 관한 법률안」은 여전히 통과되지 못한 채 계류 중이며, 정부업무관리시스템의 전자문서에 적용 가능함을 검증하였음에도 불구하고 본격적인 확산을 결정하지 못하고 있는 상황은 이를 반증한다. 이는 블록체인에 대한 사회적 관심과 기대에 비해 블록체인 기술의 성숙도가 충분하다고 보기 어려운 것으로 평가되기 때문이기도 하다. 그러나 이러한 기술적 문제와 한계는 2023년까지 해결되어 산업과 사회를 혁신하는 기반기술이 될 것이라는 것이 4차 산업혁명위원회와 정부의 전망이다. 블록체인 합의모형 체계를 노드 확산을 가로막는 정책적 제약은 허가형 블록체인 관련 원천 기술의 개발로 극복되고 있으며 규제 샌드박스를 통한 블록체인 허용 등 정부의 정책 역시 전향적으로 검토되고 있다. 4차 산업혁명위원회의 권고를 받은 정부는 투명하고 신뢰도가 높은 사회의 구축을 위해 공공분야에서부터 블록체인을 적극 도입해야 한다고 제시하면서 ‘블록체인을 활용한 공공문서 관리체계의 확립’을 주요 과제로 발표하였다. 이러한 정책의 변화에 대해 공공 기록관리의 책무를 지는 국가기록원과 기록관리 전문가들은 관심을 가지고 대비하여야 할 것이다. 부족한 인식에도 불구하고 정부의 정책방향을 살펴볼 때, 공공분야의 블록체인은 향후 빠르게 확산될 것이다. 이 연구가 새롭게 시작하는 기록관리 방안에 영감을 주고 미래 기록관리 연구를 촉진하여 할 수 있기를 기대한다.

참고문헌

- 개념 증명 (n. d.). 우리말샘. 검색일자: 2020.10.19. https://opendict.korean.go.kr/dictionary/view?sense_no-816007
- 블록체인 관련 용어 (2018). 시사상식사전. 검색일자: 2020.10.19. <https://terms.naver.com/entry.nhn?docId=5569380&cid=43667&categoryId=43667>
- 순환 신경망 (n. d.). IT용어사전. 검색일자: 2020. 10.06. http://terms.tta.or.kr/dictionary/dictionaryView.do?word_seq=138911-9
- 영지식 증명 (n. d.). 정보통신용어사전. 검색일자: 2020. 09. 16. http://terms.tta.or.kr/dictionaryView.do?word_seq=060549-3
- 이경남 (2019). 블록체인 기술을 활용한 진본인증 모형 연구. 기록학연구, (59), 47-78. <https://doi.org/10.20923/kjas.2019.59.047>
- 이기영, 김익한 (2019). 기록관리시스템 블록체인 기술 적용 방안 연구. 기록학연구, (60), 317-358.

- <https://doi.org/10.20923/kjas.2019.60.317>
- 한국. 4차산업혁명위원회 (2020). 블록체인 기술 확산 전략. 서울: 4차산업혁명위원회. 검색일자: 2020. 10. 13.
<http://www.korea.kr/common/download.do?tbIKey=GMN&fileId=191393783>
- 한국. 과학기술정보통신부, 한국과학기술기획평가원 (2019). 블록체인의 미래 - 2018년 기술영향평가 결과보고. 검색일자: 2020. 10. 12. <https://www.kistep.re.kr/c5/sub2.jsp?brdType=R&bbldx-12717>
- 한국. 국가기록원 (2019). 지능형 전자기록관리 기술 연구개발 기획연구. 대전: 국가기록원.
- 한국. 국가기록원 (2020a). 블록체인을 적용한 신뢰기반 기록관리 연구보고서. 블록체인을 적용한 신뢰기반 기록관리 플랫폼 구축 시범사업. 대전: 국가기록원.
- 한국. 국가기록원 (2020b). 「블록체인 기반 대국민 기록서비스 관련」 대법원 기관협의 및 후속조치 결과보고. 대전: 국가기록원.
- 한국. 행정안전부 (2020). 「공공기록물 관리에 관한 법률」. 서울: 행정안전부.
- 합성곱 (2015). 수학백과. 검색일자: 2020.10.12.
<https://terms.naver.com/entry.nhn?docId=5669287&cid=60207&categoryId=60207>
- 홍덕용 (2019). 블록체인기술을 적용한 기록관리 모델 구축 방법 연구. 한국기록관리학회지, 19(3), 223-245.
<http://dx.doi.org/10.14404/JKSARM.2019.19.3.223>
- Batista, D. & Weingaertner, T. (2019). ArchContract: using smart contracts for disposition. 2019 IEEE International Conference on Big Data(Big Data), 3060-3065. <https://doi.org/10.1109/BigData47090.2019.9006221>
- Bui, T. Cooper, D. Collomosse, J. Bell, M. Green, A. Sheridan, J. ... Brown, A. (2019). ARCHANGEL: Tamper-proofing Video Archives using Temporal Content Hashes on the Blockchain. In Proceedings of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops, arXiv:1904.12059v1.
- Daniel, D. & Ifejika Speranze, C. (2020). The Role of Blockchain in Documenting Land Users' Rights: The Canonical Case of Farmers in the Vernacular Land Market. *Frontiers in blockchain*, 3, 19. <https://doi.org/10.3389/fbloc.2020.00019>
- Duranti, L., Rogers, C. (2019). *Trusting Records in the Cloud*. UK: Facet Publishing.
- Galiev, A., Prokopyev, N., Ishmukhametov, S., Stolov, E., Latypov, R., & Vlasov, I. (2019). Archain: a novel blockchain based archival system. IEEE, 2018 Second World Conference on Smart Trends in Systems, Security and Sustainability (WorldS4), 84-89. <https://doi.org/10.1109/WorldS4.2018.8611607>
- Green, A., Das, A., Cooper, D., Fawcett, J., Keller, J., Higgins, J., ... Bui, T. (2019). ARCHANGEL: guaranteeing the integrity of digital archives. Open Data Institute, The National Archives, University of Surrey.
- Hyperledger (n. d.). Hyperledger Fabric. Retrieved October 7, 2020, from <https://www.hyperledger.org/use/fabric>
- ISO 15489-1:2016 Information and documentation – Records management – Part 1: Concepts and principles.
- ISO/WD TR 24332: Information and documentation - Application of blockchain technology to records management - Issues and considerations
- Jones, R. (2020). Hyperledger Indy. Retrieved October 7, 2020, from <https://wiki.hyperledger.org/display/indy/Hyperledger+Indy>
- Lemieux, V. (2016a). Blockchain for Recordkeeping – Help or Hype? <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.28447.56488>
- Lemieux, V. (2016b). Trusting records: Is blockchain technology the answer? *Records Management Journal*, 26(2), 110-119.
- Lemieux, V. (2017a). Blockchain and Distributed Ledgers as Trusted Recordkeeping Systems: An Archival Theoretic Evaluation Framework. In *Future Technologies Conference (FTC)*. Vancouver, BC.
- Lemieux, V. (2017b). A typology of blockchain recordkeeping solutions and some reflections on their implication of the future archival preservation. In 2017 IEEE International Conference on Big Data (Big Data), 2271-2278. Boston, MA. <https://doi.org/10.1109/BigData.2017.8258180>
- Lemieux, V., Hofman, D., Hamouda, H., Batista, D., Kaur, R., Pan, W., ... Fraser, R. (2020). Having our omic cake and eating it too: Evaluating User Response to using Blockchain Technology for Private & Secure Health Data Management and Sharing. arXiv preprint arXiv:2004.11502.
- Major, W., Buchanan, W., & Ahmad, J. (2020). An authentication protocol based on chas and zero knowledge proof. *Nonlinear*

- Dyn, 99, 3065-3087. <https://doi.org/10.1007/s11091-020-05463-3>
- MathWorks (n. d.) 컨벌루션 뉴럴 네트워크란? 검색일자: 2020.10.14.
<https://kr.mathworks.com/solutions/deep-learning/convolutional-neural-network.html>
- National Archives and Records Administration (2019). Blockchain White Paper.
- Open Data Institute (2019). ARCHANGEL pilot – User Research.
- Permatasari, I., Essaid, M., Kim, H., & Ju, H. (2020). Blockchain Implementation to Verify Archives Integrity on Cilegon E-Archive. *Applied Science*, 10(7), 2621-2639.
- Rajalakshmi, A., Lakshmy, K. V., Sindu, M., & Amritha, P. P. (2018). A Blockchain and IPFS based framework for secure research record keeping. *International Journal of Pure and Applied Mathematics*, 119(15), 1437-1442.
- Reed, D., Sporny, M., Longley, D., Allen, C., Grant, R., Sabadello, M., & Holt, J. (2020). Decentralized Identifiers (DIDs) v1.0, W3C Working Draft. Retrieved October 7, 2020, from <https://www.w3.org/TR/did-core/>
- Szabo, N. (1996). Smart Contracts: Building Blocks for Digital Markets.
http://www.fon.hum.uva.nl/rob/Courses/Information-InSpeech/CDROM/Literature/LOTwinterschool2006/szabo.best.vwh.net/smart_contracts_2.html
- Unnithan, C., Houghton, A., Anema, A., & Lemieux, V. (2020). Blockchain in Global health – An appraisal of current and future applications. In Li, K., Chen, X., Jiang, H. (Eds.), *Essentials of Blockchain Technology*. pp.189-202. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Wager, S. (2005). Digital asset management, media asset management, and content management: From confusion to clarity. *Journal of Digital Asset Management*, 1(1), 40-45.
- Wang, S., Ouyang, L., Yuan, Y., Ni, X., Han, X., & Wang, F. (2019). Blockchain Enabled Smart Contracts: architecture, applications, and future trends. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*, 49(11), 2266-2277.
- Zaghloul, E., Li, T., & Ren, J. (2019). Security and Privacy of Electronic Health Records: Decentralized and Hierarchical Data Sharing using Smart Contracts. 2019 International Conference on Computing, Networking and Communications (ICNC), 375-379.

• 국문 참고자료의 영어 표기

(English translation / romanization of references originally written in Korean)

- Convolution (2015). *Mathmatics encyclopedia*. 12, October 2020, from
<https://terms.naver.com/entry.nhn?docId=5669287&cid=60207&categoryId=60207>
- Convolutional Neural Network (n. d.). MathWorks. Retrieved 12, October 2020 from
<https://kr.mathworks.com/solutions/deep-learning/convolutional-neural-network.html>
- Hong, Deok-Yong (2019). A Study on the Application of Blockchain Technology to the Record Management Model. *Journal of Korean Society of Archives and Records Management*, 19(3), 223-245.
<http://dx.doi.org/10.14404/JKSARM.2019.19.3.223>
- Lee, Gi-yeong & Kim, Ik-han (2019). A Study on Application of Record Management System Block Chain Technology. *The Korean Journal of Archival Studies*, 60, 317-358. <https://doi.org/10.20923/kjas.2019.60.317>
- Lee, Kyung-nam (2019). A Study on Authentication Model using Blockchain. *The Korean Journal of Archival Studies*, 59, 47-78. <https://doi.org/10.20923/kjas.2019.59.047>
- National Archives of Korea (2019). *Intelligent Electronic Records Management Development Planning*. Daejeon: National Archives of Korea.
- National Archives of Korea (2020a). A study on the trust-based records management using blockchain. A pilot project for establishing a trust-based records management platform with blockchain in 2019. Daejeon: National Archives of Korea.

National Archives of Korea (2020b). Discussion results report of NAK-Supreme Court of Korea. Daejeon: NAK.

Proof of Concept (n. d.). Woorimalsaem. Retrieved 19, October 2020, from

https://opendict.korean.go.kr/dictionary/view?sense_no-816007

Recurrent Neural Network (n. d.). IT Vocabulary Dictionary. Retrieved 6, October 2020 from

http://terms.tta.or.kr/dictionary/dictionaryView.do?word_seq=138911-9

Republic of Korea. Ministry of Science and ICT, Korea Institute of S&T Evaluation and Planning (2019). The future of blockchain – Technical impact assessment report. Retrieved 12, October 2020. from

<https://www.kistep.re.kr/c5/sub2.jsp?brdType=R&bbldx-12717>

Republic of Korea. President Committee on the Fourth Industrial Revolution (2020). The strategies on proliferation of blockchain . Seoul: President Committee on the Fourth Industrial Revolution. Retrieved 13, October 2020. from

<http://www.korea.kr/common/download.do?tblKey=GMN&fileId=191393783>

Vocabularies related to Blockchain (2018). Dictionary of Current affairs and common sense. Retrieved 19, October 2020, from

<https://terms.naver.com/entry.nhn?docId=5569380&cid=43667&categoryId=43667>

Zero knowledge proof (n. d.) Telecommunication dictionary by Telecommunications Technology Association. Retrieved 16, September 2020. from http://terms.tta.or.kr/dictionaryView.do?word_seq=060549-3.

