

2023 Fall AI Convergence Engineering

**Research on technological innovations
for the use of general optical devices
in the medical Industry:
focus on optical devices in the dental industry**

Woo, Joo Yeop

December 2023

2023 Fall AI Convergence Engineering

의료산업에서 일반 광학기기 사용을 위한
기술적 혁신에 대한 연구:
치과분야 광학기기 중심으로

우 주 엽

December 2023

Executive Summary (English)

In the field of healthcare, the Hospital Information System plays a pivotal role as the axis of medical information flow, encompassing the generation, transmission, storage, and utilization of medical data. Unlike a solution created by a single country, the Hospital Information System is a system developed through international agreements, providing a globally applicable framework for the integrated management of medical data on a worldwide scale. However, despite its advantages, it does not encompass data commonly generated by DSLR cameras or smartphone cameras, which are widely used in hospitals.

This limitation poses more challenges than expected. While plastic surgery, dermatology, dentistry, and other fields have been commonly using such general optical devices, there are no standardized methods or solutions for data processing and storage, resulting in variations in data management across different hospitals. Efforts are being made to address these difficulties through the creation of communities among medical professionals to share ideas. However, challenges like data breaches due to hacking and the lack of proper time-series management can lead to a loss of value in medical data.

Currently, artificial intelligence (AI) and blockchain technology are common keywords not only in the healthcare industry but across various sectors. In healthcare, AI technology has found its place in predicting diseases and assisting physicians in treatment decisions, while blockchain is being used for data protection, insurance claims based on data, and the trading of medical data. Nevertheless, these two technologies can also be employed as a means to institutionally incorporate general optical devices into the Hospital Information System, as mentioned earlier.

Medical data must adhere to stringent standards due to its connection with patient lives and health. However, data captured by DSLR cameras or smartphones inherently requires editing due to the characteristics of general optical devices. To date, such data has not been recognized as comprehensive data when edited by humans. However, if this data is automatically processed through AI technology and the processed information (hashed data) is recorded on the blockchain, it can be acknowledged as comprehensive data.

This concept is not merely theoretical; it has already been proven through experiments conducted by Severance Dental Hospital and the Korean medical venture company BC&Company Inc. Expanding the scope of experiments beyond dentistry to the broader medical field and globalizing this

concept could resolve the longstanding issues with the Hospital Information System in South Korea. This could potentially lead to the development of the first Hospital Information System created in South Korea, utilizing standards established not by other nations but by its own innovation.

Executive Summary (Korean)

의료정보시스템(Hospital Information System)은 의료정보흐름의 축으로 의료데이터 생성, 전송, 보관, 활용에서 매우 중요한 역할을 담당하고 있다. 의료정보시스템은 하나의 국가에서 만든 솔루션이 아닌 국제적 합의에 의해 만들어진 시스템으로 전세계적으로 공통적으로 적용되며 이에 따라 글로벌적으로 의료데이터를 통합적으로 관리할 수 있게 한다는 측면에서도 중요한 역할을 하고 있다. 그러나 이러한 장점에도 불구하고 최근 병원에서 보편적으로 사용하고 있는 DSLR카메라 혹은 스마트폰카메라의 데이터는 포함하고 있지 못하는 단점도 있다.

이러한 문제는 생각보다 많은 문제를 야기하고 있다. 이미 성형외과, 피부과, 치과 등에서는 이러한 일반 광학기기를 보편적으로 사용하고 있으나 사용방법 및 솔루션이 정해져 있지 않아 병원별로 데이터 처리 및 보관방법이 상이하다. 이러한 어려움을 해결하고자 의사들간 커뮤니티를 만들어 아이디어를 공유하는 등 많은 노력을 하고 있으나 해킹에 의한 외부유출 뿐 아니라 시계열적 관리가 되지 않아 의료데이터로써 가치를 잃는 등 문제가 발생하고 있다.

현재 인공지능과 블록체인 기술은 의료업계 뿐 아니라 전 산업의 공통적 키워드이다. 특히 의료분야에서는 인공지능 기술은 질병을 예측하고 의사의 치료 판단을 보조하는 수단으로 자리잡았으며 블록체인은 데이터를 보호하고 이를 기반으로 보증을 청구하고 의료데이터를 거래하는 수단으로 사용되기도 한다. 그러나 이 두 기술은 위에서 언급한 일반 광학기기를 제도적으로 의료정보시스템 내에 편입시키는 기술로 활용될 수 있다.

의료데이터는 원본데이터의 변형에 대해 매우 엄격하고 환자의 생명과 관련이 있는 문제로 당연히 엄격해야 한다. 그러나 DSLR카메라 혹은 스마트폰으로 촬영한 데이터는 일반 광학기기의 특성 상 데이터 편집이 필수적이며 현재까지 이를 사람이 수행함에 따라 완결적 데이터로 인정되지 못했다. 그러나 이를 인공지능 기술을 통해 사람의 개입없이 자동으로 처리하고 이렇게 처리된 정보(해쉬값)가 블록체인에 기입된다면 완결적 데이터로 인정받을 수 있다. 이러한 생각은 아이디어차원이 아니고 이미 신촌세브란스치과병원과 대한민국 벤처기업인 (주)비씨앤컴퍼니에서 실험을 통해 입증하였다.

아직은 치과분야에 국한된 실험범위를 메디컬분야로 확대시키고 이를 글로벌적으로 확대시킨다면 대한민국에서 현재까지 해결하지 못한 의료정보시스템의 문제를 해결할 수 있고 이는 그간 다른 나라에서 만든 표준을 사용한 대한민국에서 만든 첫번째 의료정보시스템이 될 것이다.

목 차

I. 연구 배경 및 목적	1
1. 연구 배경	1
2. 연구 목적	2
3. 연구 방법	3
II. 이론적·기술적 배경	4
1. 의료정보시스템	4
2. 의료분야 인공지능 기술	8
3. 의료분야 블록체인 기술	11
III. 사례 연구.....	14
1. 의료용 일반 광학기기	14
2. 의료용 일반 광학기기 데이터 전송 시스템.....	16
3. 인공지능 병원솔루션 사례	20
4. 블록체인 병원솔루션 사례	21
IV. 문제해결을 위한 제언.....	25
1. 가치제안 캔버스(Value Proposition Canvas).....	25
2. 인공지능을 활용한 데이터 완결성 유지.....	27
2. 블록체인기술을 활용한 데이터 원본증명.....	31
V. 결론 및 시사점.....	33
1. 요약 및 결론	33
2. 시사점	33
참고문헌.....	35
감사의 글.....	37

표목차

<표 1: 구강 내, 구강 외 사진 분류>	29
-------------------------------	----

그림목차

<그림 1: 의료정보시스템 구성>.....	4
<그림 2: 의료정보시스템의 한계>.....	8
<그림 3: 의료분야 AI, ML, DL 설명>.....	10
<그림 4: 원시데이터와 Grad_CAM데이터>.....	11
<그림 5: 머클트리 및 블록체인의 형성>.....	13
<그림 6: 치과분야 DSLR카메라와 사용예시>.....	15
<그림 7: 메디컬(치과)분야 스마트폰카메라와 사용예시>.....	16
<그림 8: Eyefi카드 및 FlashAir카드 캡처 이미지>.....	18
<그림 9: Camfi 및 DSLR카메라 장착 예시>.....	18
<그림 10: (주)비씨엔컴퍼니 안드로이드 어플리케이션 예시>.....	19
<그림 11: 왼쪽의 MedRec 스마트계약과 오른쪽의 계약과 네트워크 노드 간의 관계도>...	22
<그림 12: Value proposition canvas>.....	27
<그림 13: 분류 알고리즘 평가 그래프>.....	30
<그림 14: 매개변수화 알고리즘 평가>.....	30
<그림 15: 임상사진 전송 블록체인 사용 구성도>.....	31
<그림 16: 블록체인 결합 구성도>.....	32

I. 연구 배경 및 목적

1. 연구 배경

2000년대 이후 일반기기 광학기술이 발전하면서 과거 방사선 진료장비¹에서 만들어진 임상데이터에 의존하던 의료데이터에 광학 진료장비에서 도출된 임상데이터가 추가되기 시작했다. 의료계에서 광학 이미지는 내시경카메라 등 일부 고가의 기기를 사용해야 획득할 수 있는 이미지였으며 치과분야에서는 구강카메라를 통해 이미지를 획득할 수 있었다.

치과분야에 국한하여 살펴보면 구강카메라에서 추출한 이미지는 어느 정도 눈으로 식별할 수 있는 부분까지 데이터로 전달해 주는 역할을 하였으나 보편적으로 사용되기에는 단점도 많이 있었다. 대표적인 것이 해상도 부분이다. 치과내시경은 시장 규모가 크지 않은 관계로 제품의 업데이트가 상대적으로 느린 반면, 일반기기(스마트폰 등)의 해상도는 해마다 큰 폭으로 개선되고 있다. 해상도는 치료에도 많은 영향을 미칠 뿐 아니라 환자에게 질환을 설명하여 환자가 좀더 쉽게 이해할 수 있게 하는 경우에도 큰 영향을 미친다. 이러한 이유로 2000년대부터 치과분야 상급병원 및 일반병원에서 일반기기(스마트폰 혹은 DSLR카메라)를 활용하여 환자의 임상사진을 촬영하는 것이 시작되었으며 현재는 대부분의 치과에서 일상적으로 일반기기를 사용하여 환자의 사진을 촬영하고 있다. 특히 2020년 이후 의료계에 인공지능기술이 도입되면서 인공지능 솔루션 개발을 위해 정제된 학습용데이터가 필요하게 되었으며 이러한 데이터 구축을 위해서는 필수적으로 해상도가 높은 DSLR카메라 혹은 스마트폰을 활용할 수밖에 없는 상황이 되었으며 향후 이러한 일반기기 활용 비중은 더욱 더 높아질 것으로 예상된다.

그러나 의료현장에서 일반기기를 활발하게 사용하고 있는 추세와는 다르게 아직 제도적측면에서는 일반기기를 의료용으로 사용해도 무방한 것인지에 대해서는 많은 논란이 있다. 의료정보시스템은 치과를 포함한 의료계에서 정보의 흐름을 규정한 시스템으로 하위에 다양한 하위 시스템으로 구성되어 있다. 예를 들어 환자의 정보를 입력하고 관리하는 EMR과 환자의 임상사진을 수집하고 관리하는 PACS 등이 대표적이다. 그러나 일반기기에서 수집된 이미지는 아직까지 의료정보시스템 내에 정의되어 있지 않아 의료정보시스템에서 관리되지 못하고 있는 실정이다.

¹ 원자력안전위원회 고시 제2015-005호, “방사선 진료장비”란 방사선을 이용하여 질병을 치료하는 데에 사용하는 방사선기기(이하 ‘치료용 방사선기기’라 한다)로서 다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 장치를 말한다.

가. 의료용 가속장치

나. 의료용 방사성동위원소 치료장치

또한 임상사진을 어디까지 어떻게 활용해야 적절한 것인지에 대한 논란도 많은 실정이다. 병원에서는 통상적으로 환자가 처음 내원을 하였을 때 ‘개인정보처리방침’ 동의서에 환자가 서명을 하도록 하고 있다. 그러나 본 동의서의 주된 내용은 환자의 성명, 나이, 주소 등의 개인정보의 처리방침이 주된 내용이고 임상데이터 처리에 대해서는 구체적 기준이 없는 실정이다. 이러한 문제로 실제 환자의 데이터를 과학적 목적으로 활용할 때에도 여러가지 행정적 문제가 발생하는 등 적지 않은 혼란이 발생하고 있는 것도 사실이다.

2. 연구 목적

이 연구의 목표는 의료산업에서의 일반 광학기기로 촬영한 이미지 데이터 종류에 대한 포괄적인 정의, 분류 및 생성과정을 살펴보고 이러한 데이터가 의료정보시스템 내에서 통합적으로 관리되는 방법에 대해 알아보려 한다. 본 연구는 메디컬 분야 이미지 데이터 중 데이터 종류가 많고 이미지 데이터의 의존도가 가장 높은 치과분야에 중점을 두고 있다.

첫번째로 의료정보시스템의 구조, 현황, 한계와 이를 해결할 수 있는 방법에 대해 알아보려 한다. 의료정보시스템은 의료계에서 사용하는 여러 가지 솔루션을 하나로 통합한 개념으로 의료 데이터의 중심이라고 볼 수 있다. 대부분의 경우 EMR에서 생성된 환자번호(Patient ID)를 고유번호(Unique ID)로 설정한 후 이 번호를 중심으로 다양한 데이터가 통합적으로 관리된다. 임상데이터도 이 환자번호를 중심으로 분류되고 저장된다. 그러나 일반 광학기기에서 생성된 데이터에는 환자번호가 자동으로 생성되지 않아 문제가 발생하며 이러한 문제를 IT 기술을 활용하여 해결하는 방안에 대해 알아보려 한다.

두번째는 인공지능 기술을 활용하여 인간의 개입없이 자동으로 일반 광학기기에서 생성된 데이터가 완결적으로 처리되는 방법에 관한 방법에 대해 알아보려 한다. 일반적인 병원 이미지 데이터는 대부분 환자의 정보(메타정보)가 의료정보시스템으로 인간의 개입없이 자동으로 전송된다. 그러나 스마트폰 혹은 DSLR카메라 등 일반 광학기기의 경우 인간이 개입하여 환자정보를 입력하고 데이터를 분류하고 편집하는 과정을 거쳐야 한다. 이 경우 의료데이터에 인간이 개입함으로써 완결적 의료데이터가 되지 못하는 문제가 발생한다. 이러한 문제를 인공지능 기술을 통해 해결하는 방법에 대해 알아보려 한다.

마지막으로 블록체인 기술을 활용하여 인공지능에 의해 편집된 이미지를 증명하는 방안에 대해 알아볼 것이다. 의료데이터는 촬영된 영상의 원본확인이 매우 중요하며 중간에 원본사진이 변형될 경우 의료데이터로서의 가치를 잃게 된다. 그러나 일반 광학기기에서 생성된 데이터의 경우 반드시 일정부분의 편집이 필요하다. 만약 편집된 데이터와 원본 데이터가 하나의 쌍으로 관리되고 이렇게 관리된 정보가 블록체인에 저장된다면 완전한 임상데이터가 완성될 수 있다. 또한 향후 임상 데이터가 연구용으로 제출될 경우에는 연구 이외의

목적으로 활용되지 못하도록 제어하는 역할도 가능하다.

본 연구를 통해 그간 의료현장에서는 보편적으로 사용되지만 법적, 제도적 장치가 구체적이지 않아 편리성에도 불구하고 사용에 어려움을 겪고 있는 많은 병원에서 일반 광학기기를 편안하게 사용할 수 있을 것이다. 또한 의료계 인공지능 발전을 위한 의료 학습용데이터 구축에도 도움이 될 것이다.

3. 연구 방법

이 연구는 의료분야에서 일반 광학기기 데이터를 생성하고 전송하고 관리하는 동향을 조사하기 위해 문헌고찰, 사례 연구 및 전문 연구기관 실험결과를 결합한 포괄적인 방법을 사용하였다. 문헌고찰은 관련 출판물, 컨설팅 기업의 백서, 뉴스 기사를 포함한 관련 자료를 철저하게 조사하는 과정을 포함하며, 그 결과는 이론적 배경 및 선행연구의 기반을 형성한다.

문헌고찰과 더불어서 일반 광학기기 데이터 생성 및 전송, 그리고 활용에 대해 다양한 기술적용 및 인공지능 실험을 메디컬 데이터 관리 전문 벤처기업인 (주)비씨앤컴퍼니 기술진과 함께 진행하였고 신촌세브란스치과병원과 공동으로 인공지능의 다양한 모델을 테스트하였다. 인공지능 모델은 분류(Classification) 분야는 Yolo모형을 사용하였고 편집(Adjustment) 분야는 이미지를 여겨 계층으로 나누어 분석하는 parametrization algorithm을 사용하였으며 학습용데이터는 신촌세브란스치과병원에서 보유하고 있는 후향적데이터를 사용하였다.

또한 블록체인의 이론적, 기술적 이론을 바탕으로 KT BaaS(BlockChain as a Service)를 활용하여 원본증명을 위한 테스트를 진행하였으며 본 연구는 2021년 KT와 (주)비씨앤컴퍼니간 체결한 R&D alliance 재원 중 일부를 활용하였다.

II. 이론적·기술적 배경

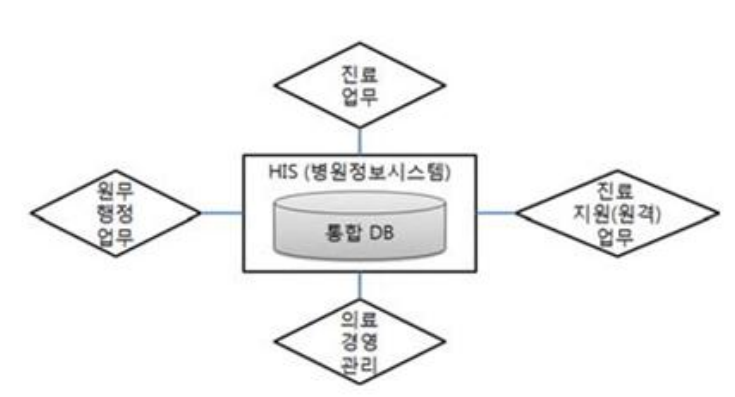
1. 의료정보시스템

1) 의료정보시스템 구성

의료정보 시스템(Medical Information System 또는 Healthcare Information System)은 의료 및 보건 관련 정보를 수집, 저장, 관리, 분석, 공유, 및 활용하는 데 사용되는 정보 기술 (IT) 시스템이다. 이러한 시스템은 의료 기관, 병원, 의사, 간호사, 의료 기술자 및 환자들 사이에서 의료 정보의 효과적인 전달 및 관리를 도와주는 역할을 한다. 아래는 의료정보 시스템의 주요 구성 요소와 목적에 대한 간략한 설명이다.

전자 의료 기록 (Electronic Health Records, EHR)은 환자의 의료 기록을 디지털 형식으로 저장하고 관리하는 시스템으로, 주로 의사와 간호사가 환자의 치료와 진료를 위한 정보를 관리하는 Electronic Medical Record (EMR)과 함께 사용되며, 의료 정보 교환 (Health Information Exchange, HIE)을 통해 여러 의료 기관 간에 환자 정보를 안전하게 공유하고, 의료 관리 시스템 (Medical Practice Management System)과 의약품 관리 시스템 (Pharmacy Information System)은 의료 시설의 운영을 지원하고, 임상 의사 결정 지원 시스템 (Clinical Decision Support System, CDSS)은 의료 전문가에게 최신 의학 지식과 환자 정보를 결합하여 의사 결정을 지원하며, 의료 영상 정보 시스템 (Picture Archiving and Communication System, PACS)은 의료 영상을 저장하고 공유하며, 텔레메딕신 (Telemedicine)은 원격으로 의료 진료와 상담을 제공하는 기술로, 현대 의료 분야에서 환자 관리와 의료 서비스 제공을 효과적으로 지원하는 다양한 솔루션들로 구성되어있다.

<그림 1: 의료정보시스템 구성²⁾>



²⁾ 자료: 의료정보시스템 현황 및 미래전략(이태규)

의료정보 시스템은 의료 분야에서 효율성을 향상시키고 의료 서비스의 품질을 향상시키는 데 중요한 역할을 하며 환자 데이터 보호와 의료 규제 준수를 강화에도 기여한다.

2) 의료정보시스템 국·내외 현황

(1) 국내 현황

국내의 경우 세계 최고 수준의 네트워크 인프라 구축과 IT기술을 보유하고 있으므로 의료정보시스템 구현의 가장 좋은 환경을 가지고 있다. 현재 광대역 인터넷은 일상생활의 일부이며 스마트단말 등의 이동기기가 사용자의 이동컴퓨팅을 가속화하고 있는 실정이다. 제도적 측면에서 2003년 전자의무 기록, 전자처방, 원격진료 등에 대한 법제화로 의료정보화의 법적환경이 조성되었다. 이를 통해 의무기록, 처방전의 전자문서화가 가능하게 되었으며, 원격의료에 대한 법적 장애요인을 제거하여 원격의료서비스를 제공하기 위한 기반을 마련하였다.

국내 의료정보화는 1990년대 초부터 추진되기 시작해 우선적으로 “의료업무전산화”를 중심으로 정보화가 진행되었다. 현재는 원무정보화에서 실질적인 병원업무의 핵심이 되는 “진료정보의 디지털화(EMR, PACS 등)”가 추진되고 있는데, 공공의료기관을 비롯한 국내 의료 기관들의 정보화가 빠르게 진행되고 있는 실정이다. 특히 새로운 의료정보시스템에 대한 꾸준한 도입추진으로 의료정보화 수준은 급속히 증대되고 있다. 현재 의료영상저장전달시스템(PACS) 시장은 정부의 건강보험 수가 적용으로 대형병원에서 중소병원 및 노인요양원 등 전문 클리닉센터, EMR 도입으로 의원, 약국으로 확산되고 있다.

한편, IT 기술의 급속한 발전으로 인해 의료서비스 산업의 고도화에도 가속도가 붙고 있으며, PACS, EMR, OCS 등과 같은 의료정보시스템 솔루션들이 병의원 등 의료 기관에 도입되어 있으며, 이를 통해 병의원 업무 효율성을 높여 경쟁력을 높이고, 신속한 업무 처리로 환자의 의료이용에 따른 편의성을 높이는데 크게 기여하고 있다. 세계 주요 IT 기업들은 물론 국내 IT 기업들까지도 기존 IT 시장의 성장한계를 뛰어 넘기 위한 신성장산업으로서 의료정보시스템 및 u-Healthcare 산업에 주목하고 있다. 의료정보시스템 산업은 단순히 의료기관 업무의 정보화에 국한되지 않고, 환자·의료기관·정부를 대상으로 의료기기, 솔루션, 그리고 서비스를 네트워크로 포괄하는 토털 Healthcare 산업으로 발전하고 있다.

따라서 국내 의료정보시스템 시장도 본격적인 글로벌 경쟁환경에 대비한 전략을 수립하고 차세대 의료정보시스템 개발에 앞장서는 등 대응방안을 마련하는데 회사의 역량을 집중해야 할 것으로 분석된다. 국내 의료정보시스템 업체들은 선진IT 인프라와 의료정보 솔루션을 개발, 구축, 서비스하는 경험과 노하우를 축적하고 있으며, 이러한 이점을 잘 살린다

면 향후 거대 산업으로 부상하게 될 u-Healthcare 산업에서 글로벌 의료정보서비스 업체는 물론 글로벌 IT 업체와의 경쟁에서도 충분한 경쟁력을 발휘할 수 있을 것으로 예상된다. 또한 국내 시장을 벗어나 해외 진출의 성공 가능성을 높인다는 측면에서도 의료정보시스템의 글로벌 경쟁력 확보는 중요한 시점으로 다가오고 있다.

(2) 해외 현황

미국의 인텔, 일본의 옴론, 파나소닉, 샤프 등 227개 기업은 2010년 4월 CHA (Community Health Alliance)라는 단체를 조직, 다음과 같은 의료 부문의 IT화를 적극 추진해 나가고 있다. 혈압계, 심전도, 체중계 등 각종 의료기기에 통신 모듈을 장착하여 환자의 상태를 실시간으로 관찰, 분석 데이터를 공유하면서 치료 방법에 활용하는 방안을 모색 중이다. 이를 위해 각종 기기의 통신 규격, 프로토콜 등을 통일시키기로 결정하였다.

일본의 소프트뱅크의 경우 아이폰(iPhone)을 활용한 긴급 원격 의료 서비스에 주력하고 있다. CT, MRI로 촬영한 긴급 환자의 화상 데이터를 해석하는 데 있어 해당 병원의 당직 의사나 레지던트뿐만 아니라 멀리 떨어져 있는 타 의료 전문가들도 시공간의 제약 없이 활발히 참여하는 것을 가능케 한다. 화상 데이터를 해당 분야 전문 의사의 아이폰에 전송하여 환자 상태에 대한 세밀한 조언을 즉각적으로 제공받거나, 대학 병원의 전문 의사가 초보 의사나 타 분야 의사에게 치료법을 실시간으로 알려주는 서비스도 가능하다. 중장기적으로는 클라우드 컴퓨팅 시스템 기반을 활용하여 각종 의료 관련 기관, u-Health 기기 등이 상호 연계되고, 고객 개개인을 위한 최적의 치료 및 노인 간호 서비스 등도 맞춤형으로 제공될 수 있을 전망이다. 미국, 일본 등 선진국은 클라우드 환경이 정착되면서 u-health가 핵심 서비스 중 하나로 급부상할 것을 미리 예견, 정부·기업·민간 연구소가 힘을 합하여 현재 확보하고 있는 브로드밴드, 극소형 컴퓨터, IPv6 등의 핵심기술을 십분 활용한 다양하고 창의적인 융합을 시도 중이다.

미국의 경우, Alex d'Arbeloff 연구소(MIT)는 홈오토메이션 & 헬스케어 프로젝트 (Home Automation and Healthcare project)를 통해 각종 센서, 모바일 지원, 건강 모니터링 시스템, 홈오토메이션 시스템 관련 기술 개발을 추진 중이다. 맥박, 혈중 산소농도, 혈류, 혈압 등을 잴 수 있는 반지 형태의 센서개발, 이를 초소형화 하는 작업 등도 진행 중이다.

일본의 경우, 호카이도 대학을 중심으로 이동통신망과 위성을 통해 피부영상 및 ECG, 맥박 등을 전송하는 프로젝트를 수행 중이다. 피부 영상의 경우 초당 20 프레임의 영상을 전송하여 환자의 상태를 파악할 수 있는 정도의 기술력이 확보된 상태이다. 또한 일본은 재택 건강 모니터링 시스템 구축을 지향하는 SELF(Self Environment for Life) 프로젝트

도 추진 중이다. 동경대학의 Intelligent Cooperative Lab.에서 추진 중인 프로젝트로서 천장 부착센서(Ceiling Dome Microphone)를 이용해 호흡 관련 기관들의 상태를 측정하는 연구가 진행 중이다.

3) 의료정보시스템 한계

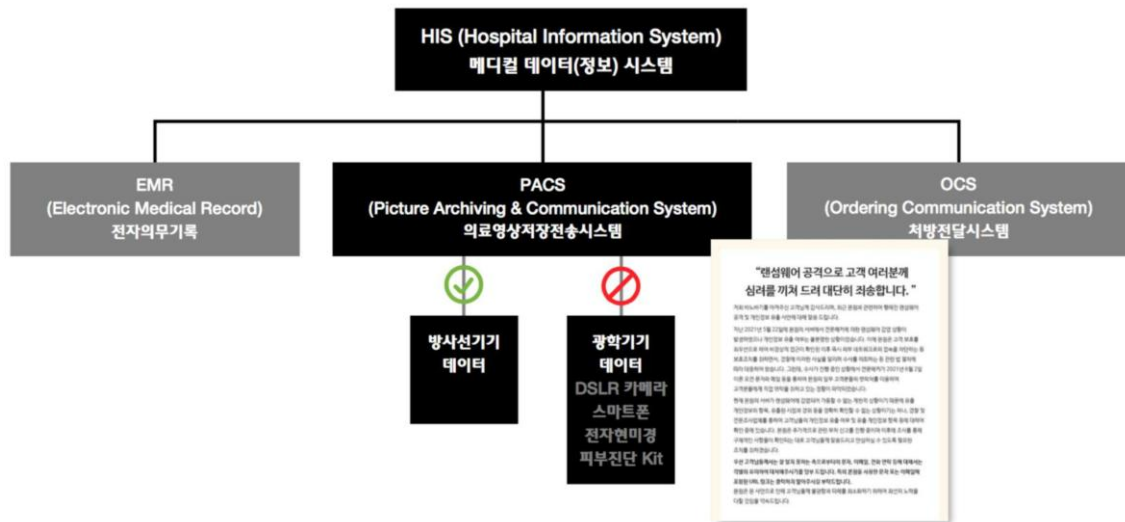
현재의 의료정보시스템은 국제적 표준으로 대부분의 국가에서 현재 구성된 의료정보 체계에 맞추어 시스템을 구성하고 있으며 이러한 규정에 의해 글로벌적으로 표준화된 시스템을 구축할 수 있어 의료정보시스템을 효율적으로 관리할 수 있다. 그러나 의료정보시스템은 신기술 내용 삽입이 어렵고 또 변화하는 의료 IT추세를 반영하지 못하는 한계도 있으며 주요 내용은 아래와 같다.

먼저 의료정보시스템은 민감한 환자 정보를 다루므로 데이터 보안 문제가 큰 고민거리이며 해킹, 데이터 유출, 무단 접근 등의 위협으로부터 환자 개인정보를 보호해야 하나 기술적으로 취약하여 많은 병원에서는 아직까지도 인터넷 연결을 하지 않는 것으로 보안문제를 해결하려 한다. 그러나 최근 인공지능 솔루션 및 클라우드서비스의 발전으로 더 이상 폐쇄환경으로의 유지는 불가능하며 이에 대한 대책이 필요한 상황이다. 또한, 표준화 부족으로 인해 데이터의 상호운용성 문제가 발생하며 이로 인해 의료 정보 공유와 통합이 어려울 수 있으며, 시스템 호환성 문제로 인해 다양한 의료정보 시스템이 서로 호환되지 않는 경우가 종종 발생하고 이로 인해 정보 공유 및 통합이 어려워질 수 있다.

또한 의료정보 시스템의 구축과 유지 보수는 비용이 많이 들며, 이를 위한 충분한 자원과 기술 역량이 필요하며 특히 작은 의료 시설이나 개인 의사 사무실은 이러한 비용 부담을 겪을 수 있으며, 사용자 훈련 부족으로 시스템 사용자(의사, 간호사, 의료 기술자 등)들에게 충분한 훈련을 제공하지 않으면 시스템의 효과적인 활용이 어려울 수 있다.

이러한 일반적인 문제점 이외에 데이터측면에서 큰 문제가 존재하는데 최근 도입되고 있는 의료기기에서 발생하는 데이터를 만족시키지 못하고 있다는 점이다. 예를 들어 최근 보편적으로 사용하고 있는 DSLR카메라와 스마트폰 등 일반광학기기에서 발생하는 데이터를 처리하는 기준이 마련되어 있지 않아 병원별로 자체적으로 처리하고 있으며 이로 인해 데이터 유출 및 체계적인 데이터관리의 어려움 등 여러가지 문제가 도출되고 있다.

<그림 2 : 의료정보시스템의 한계>



자료: (주)비씨엔컴퍼니 IR자료(2012)

2. 의료분야 인공지능 기술

1) 의료 인공지능 개요

인공지능 기술이 의료산업에 어떤 혁신을 발생시킬 것인지 인공지능 기술이 의료산업에 적용된 사례들을 분석하고 국내에서 해결해야 할 이슈들을 정리하는 연구들이 진행되었다. 이관용 외³⁾에서는 특허분석을 통해서 인공지능 기술을 접목한 보건의료 기술들을 살펴보았다. ‘질병진단인공지능 보조의사 시스템’, ‘인공지능 기반 개인 맞춤형 의료 시스템’ 등을 분석하였고 진료, 의약개발, 의료서비스, 의료정보 분야별로 구분하여 적용된 인공지능 기술의 적용방법을 소개하고 있다. 이강운과 김준혁⁴⁾은 보건의료 분야에 적용되고 있는 IBM 왓슨(Watson)의 기술 발전 현황 및 적용된 비즈니스들을 살펴보고인공지능 시대의 준비에 논의하였다. 김문구 외⁵⁾는 국내 IT 중소기업의 빅데이터 수용에 대한 연구를 실시하였다. 그리고 중소기업에서의 빅데이터 활성화를 위한 방안을 논의하였다. 이다은⁶⁾은 의료 인공지능 왓슨을 도입한 국내 병원 사례를 연구하였고 병원 내 왓슨의 도입과정을 상세히 설명하였다. 국경완⁷⁾은 인공지능 기술 동향과 국가별 추진 상황에 대한 사례를 소개하고 인공

3 이관용, 김진희, 김현철, “의료 인공지능 현황 및 과제,” 보건산업브리프, 한국보건산업진흥원, 제219호, 2016.

4 이강운, 김준혁, “인공지능 왓슨 기술과 보건의료의 적용,” 의학교육논단, 제18권, 제2호, pp.51-57, 2016.

5 김문구, 박종현, 주창림, 오지선, “인공지능 헬스케어의 산업생태계 분석 및 활성화 방안 연구,” 한국정보과학회, 2015 동계 학술발표대회 논문집, pp.720-722, 2016.

6 이다은, “인공지능의 의료혁신?: 길병원의 왓슨 도입을 중심으로,” 과학기술정책, 제27권, 제6호, pp.54-61, 2017

7 국경완, 인공지능 기술및 산업 분야별 적용 사례, 주간 기술동향, 정보통신기획평가원, 2019.

지능의 미래에 대한 전망을 제시하였다.

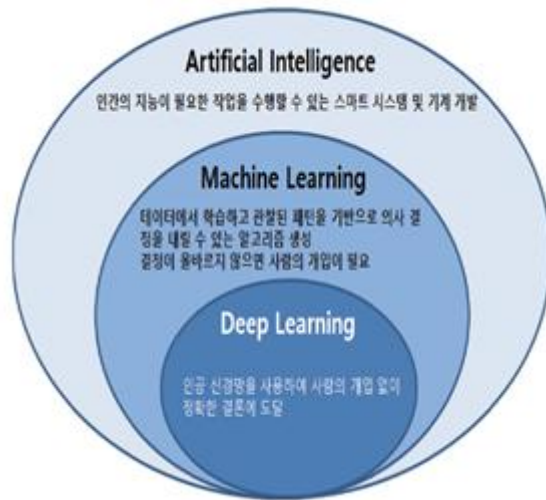
기존 연구들이 의료산업에서 해결해야 할 현안으로 의료 인공지능 기술이 개발되고 활용되는데 필요한 규정이 미흡하거나 개선해야 할 사항이 많음을 지적하고 국내 의료 데이터의 공통화 및 표준화, 데이터의 개방성, 전문 인력 부족에 대한 이슈를 제기하고 있다. 또한 국가경쟁력 확보를 위해 산·관·학 협력, 인공지능 연구기관 및 학과 신설 및 확대, 정보의 인공지능 기술 확보를 위한 지원과 기업투자 유도를 강조하고 있다.

인공지능 원격의료에 대한 제주지역의 간호학생, 간호사 및 일반인의 인식차이를 조사, 비교하였으며 간호학생과 일반인이 간호사보다 인공지능 원격의료에 대하여 긍정적인 인식을 가지고 있음을 확인하였다. 인공지능 기술이 헬스케어 산업에 적용됨으로 인한 긍정적인 측면을 서술하는 연구들이 대부분인 반면 의료데이터 유출로 인한 프라이버시 침해 이슈, 인공지능 기술의 도입에 따른 안전 규제 체계의 미흡으로 환자에 대한 안전보장 제약, 인공지능의 자율적 판단에 대한 부적절성 및 진단·처방의 결과에 대한 책임소재 설정 등 윤리적 이슈를 제기하는 연구도 진행되고 있다. 기존의 연구들은 주로 인공지능 기술에 대한 연구가 진행되거나 인공지능 기반의 헬스케어 서비스에 대한 기술 채택 요인 및 인식 연구들에 대한 연구가 주를 이루고 있다.

2) 의료 인공지능 기술

의료영상 분석은 특정 병변의 검출 및 분류, 장기(Organ)의 세부 구조 분할, 의료영상 간의 정합, 유사 영상 검색 등을 수행한다. 이를 수행하기 위하여 전통적인 방법인 인체에 대한 해부학적 지식 및 임상적 경험에 근거한 비정형 데이터인 의료영상을 정형적인 수치인 특징(Feature)으로 변환하는 알고리즘의 설계에서 시작하였다. 결과적으로 이러한 특징 추출(Feature Extraction) 알고리즘에 따라 모델의 정확도가 결정되는데, 문제는 특징 추출 알고리즘이 설계자의 직관이나 경험에 근거하기 때문에 다양한 상황과 데이터의 형태 및 변형들을 모두 고려하기 힘들고, 설계자의 지식을 넘어서는 복잡하고 추상적인 변화들을 모델링할 수 없다는 것이다. 최근 AI 기술로 부각되는 DL은 설계자에 의한 특징추출 과정을 데이터 기반 특징 학습으로 대체하게 되었다. 그래서 설계자에 의존적인 것이 아닌 데이터에 의존하는 경향으로 변화하고 있다. 학습된 특징들은 설계된 특징에 비해 데이터에 근거한 객관적이며 일관적인 성격을 가지고 있고, 데이터 분석의 목적에 부합하는 분별력을 가지게 된다. 아래 그림은 AI, ML, DL의 개념과 인간의 개입 여부를 설명한 것이다.

<그림 3 : 의료분야 AI, ML, DL 설명>



자료: Trends in the Use of Artificial Intelligence in Medical Image Analysis(이길재 외)

위에서 언급한 기술을 종합적으로 활용하여 기존에는 해결하지 못했던 과제를 해결한 예도 있다. 치과분야에서 인체 내 식립된 임플란트 종류를 인공지능을 통해 찾아내는 솔루션이다. 2000년대 이후 임플란트 수술이 보편화되면서 임플란트 수술환자가 증가하였고 2014년 임플란트 수술에 보험이 적용되면서 그 수는 기하급수적으로 증가하였다. 그 과정에서 임플란트의 특수한 구조로 고통을 받는 환자가 증가하였다.

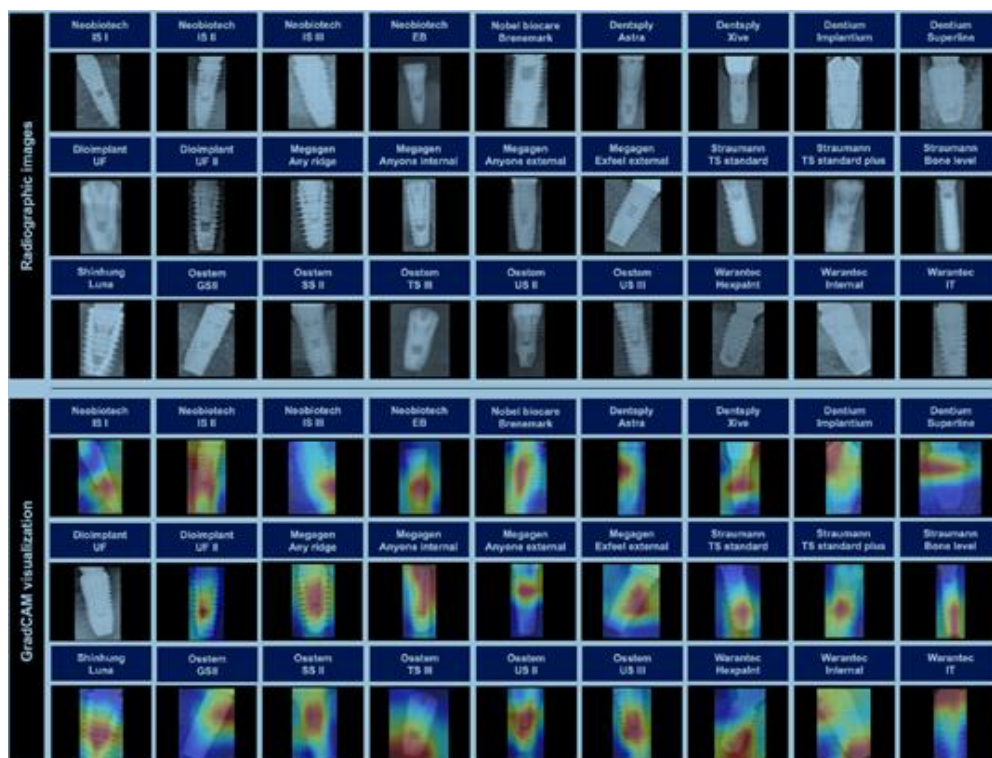
임플란트는 잇몸뼈에 식립하는 픽스처(fixture)와 인공적으로 치아모양을 구성하는 인공치아, 그리고 이 두가지를 연결해주는 어보트먼트(abutment)로 구성되어 있다. 이중 픽스처는 반영구적으로 사용이 가능하나 인공치아는 10~15년이 지나면 교체가 필요한 소모품이다.

그러나 인공치아 교체를 위해 치과를 방문했을 때 최초 임플란트 픽스처 식립 수술을 한 병원 이외에서는 픽스처 종류를 알 수 없고 결국 사용가능한 픽스처를 제거하고 다시 새로운 픽스처를 식립하는 임플란트 재수술을 시행하여 한다. 이러한 환자의 불편을 해소하고자 그 동안 임플란트 전문가가 환자의 엑스레이데이터를 눈으로 확인하고 하나 하나를 임플란트 도감과 비교하여 픽스처 종류를 알려주는 서비스를 진행하여 왔으나 즉시성 및 정확도 측면에서 만족할만한 결과는 도출하지 못했다.

2021년 이러한 불편을 인공지능을 통해 해결하고자 하는 연구가 진행되었고 대한민국 정보의 보조를 받아 딥러닝 방식으로 인체 내 식립된 임플란트를 판독하는 솔루션이 만들어졌다. 대한치과 의사협회와 의료데이터 전문 벤처기업인 (주)비씨엔컴퍼니가 공동으로 연구를 진행하였고 이 솔루션에 병원에서 활용할 수 있는 대부분의 인공지능 기술이 적용되었다. 먼저 인체 내 식립된 임플란트 학습용데이터 165,700장을 수집하고 이를 바운딩박스

로 어노테이션을 한 후 학습용데이터로 구축하였다.

<그림 4 : 원시데이터와 Grad_CAM데이터>



자료: Automated deep learning for classification of dental implant radiographs using a large multi-center dataset (박원서 외)

이후 학습용데이터를 NF-Net50 알고리즘을 활용한 CNN기반 인공지능 솔루션을 개발하여 상용화하였다. 본 인공지능 솔루션에는 데이터수집 - 정제 - 가공 - 데이터셋 구성 - 인공지능 솔루션 개발까지 의학적 지식과 인공지능 기술을 결합하여 진행하였으며 현재까지 연구된 의학분야 인공지능 솔루션 중 과학적, 의학적 효과가 입증된 사례 중 하나로 평가되고 있다.

3. 의료분야 블록체인 기술

1) 의료 블록체인 개요

의료데이터를 활용함에 있어서는 원본 데이터의 내용이 임의로 수정(변경)되지 않았다는 것과 데이터의 생성자 및 송부자의 신원을 확인하는 것, 곧 데이터의 무결성과 신원 확인 내지 진정성(identification, authenticity)을 확인하는 것은 매우 중요한 의미를 가진다.

블록체인은 데이터의 무결성 및 진정성을 보장한다는 의미에서 의료데이터의 통합 관리 및 활용을 위하여 중요한 역할을 할 수 있다. 블록체인은 공개키 암호화방식과 해시함수를 사용하는데, 데이터의 송신자가 개인키에 의하여 디지털 서명(digital signature)을 하고 공개키를 수신자에게 송부하고, 수신자는 공개키를 이용하여 데이터 송신자의 신원과 데이터의 무결성을 검증할 수 있다. 또한 해시함수 및 작업증명에 의하여 블록체인에 올라와 있는 데이터의 변경 여부를 검증할 수 있다. 곧 특정 데이터를 임의로 변경하면, 데이터에 해당하는 해시값, 해당 데이터의 해시값과 관련되는 머클트리의 상위의 모든 해시값, 해당 데이터가 포함되어 있는 블록의 해시값, 이전 블록의 해시값을 반영한 블록의 해시값 등이 변경되어 데이터 변경을 파악할 수 있다.

만약 임의로 변경된 데이터의 유효성을 인정받기 위해서는 과반수를 초과하는 노드들에 의하여 승인을 받거나 이들 노드들을 해킹하여야 하므로, 데이터의 임의 변경은 사실상 불가능하고, 블록체인에 올라간 데이터의 무결성이 확보된다. 블록체인의 데이터가 수정 불가능하다는(immutable, uncensored) 것은 바로 여기에 기인⁸한다.

체인으로 연결되어 있는 블록은 각 노드들에게 동기화되어(synchronize) 보유되므로, 블록체인에 기록된 데이터도 노드들에 의하여 분산되고(distributed) 공유된다(shared). 블록체인은 분산원장(distributed ledger)이라고 불리기도하며 전 세계적인 데이터베이스라고 하게 된다. 거래에 대한 인증이 네트워크로 연결되어 있는 노드들에 의하여 승인되므로 신뢰기반 제3자가 존재하지 않는 탈중앙화(decentralized)가 이루어지게 된다. 의료데이터의 무결성 및 거래에 대해서도 신뢰기반 제3자에 의하지 않고 P2P에 의한 탈중앙적인 방식으로 승인이 이루어지게 된다.

2) 의료 블록체인 기술

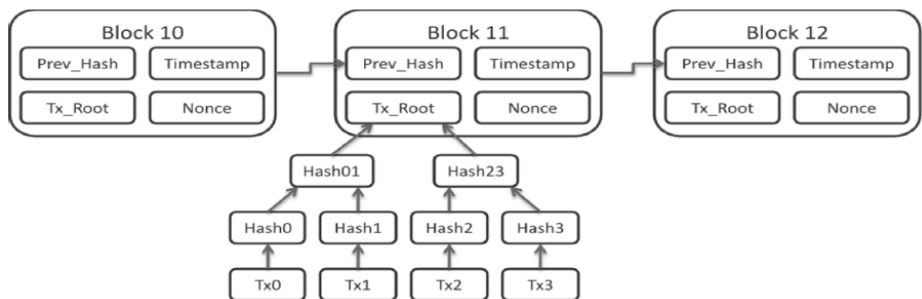
블록체인은 의료데이터의 통합적 관리 및 환자 이외의 타인에 의한 활용을 가능하게 하는 기술로 부각되고 있다. 사토시 나카모토가 해시화 및 공개키 암호화방식, P2P 및 원장기술을 활용한 비트코인 블록체인(Bitcoinblockchain)을 처음으로 소개한 이후 여러 블록체인이 등장하였다. 블록체인에서는 참여자(participant, node, peer)가 일정한 데이터(정보, 메시지, 거래내역 등)를 디지털 서명한 후 P2P 네트워크로 연결된 노드들(node)에게 전달하고(broadcast), 전달된 데이터는 작업증명(proof of work)의 방식으로 과반수를 초과하는 노드들에 의하여 승인(confirm)되고, 승인된 데이터들이 블록에 저장된다. 블록은 입력된 데이터의 해시값(hash value)을 포함하는데, 각 데이터의 해시값이 머클트리(merkle tree)

⁸ 디지털 서명은 어떠한 정보(메시지)가 특정인에 의하여 작성되었다는 것을 보장하는 암호화법인데, 서명자가 개인키(private key)로 데이터를 서명하고 개인키에 상응하는 공개키(public key)를 수신자에게 송부한다. 수신자는 공개키에 의하여 암호화된 데이터를 복호화함으로써, 송신자의 신원과 데이터의 무결성을 확인할 수 있다.

방식으로 표시된다. 곧 2개 거래의 해시값을 하나로 합친 것에 대한 해시값으로 표시하고, 이를 다시 2개로 합쳐서 하나의 해시값으로 계속 표시하게 되면, 블록에 포함된 거래의 해시값이 역트리(inverted tree) 형태가 되고, 최상위 해시값은 블록에 포함된 모든 거래를 하나의 해시값으로 표시한 것이 된다.

특정 블록 자체도 모든 거래의 해시값 및 난스(nonce) 값 등을 종합하여 하나의 해시값으로 표시된다. 특정 블록은 생성 시각이 포함되고(timestamp) 블록의 해시값을 가지고 되며, 시간적으로 후에 생성된 블록은 이전의 블록에 대한 정보를 포함하게 되어, 시간이 경과하면서 생성된 블록들은 체인(chain)으로 서로 연결되어 블록체인을 이루게 된다.

<그림 5 : 머클트리 및 블록체인의 형성>



자료: 블록체인 기술을 통한 의료데이터의 보호, 통합적 관리에 관한 연구(김근령 외)

III. 사례 연구

1. 의료용 일반 광학기기

1) DSLR카메라

DSLR카메라는 2000년대 DSLR카메라가 보편적으로 생산되면서 메디컬분야에서 DSLR카메라를 환자의 임상사진을 촬영하는데 사용하기 시작하였다. 그 이전까지 의료계에서는 특수치료에는 별도의 광학기기(내시경, 구강카메라 등)를 사용하여 환자의 임상사진을 촬영하였으나 환자의 얼굴 및 피부 등 일상적으로 촬영하는 진료에는 DSLR카메라를 사용하여 왔으며 현재도 여전히 광학 임상사진의 대부분을 DSLR카메라를 통해 촬영하고 있다.

메디컬분야에서 DSLR카메라를 사용하는 것을 먼저 의료 진단부분이 있다. 먼저 피부 질환 진단에 활용되는 DSLR 카메라는 피부 질환의 사진을 촬영하여 진단 및 추적에 사용된다. 또한 외과 및 열상관리에도 사용이 되는데 외과에서는 DSLR 카메라는 수술 중 및 후에 상처와 조직 변화를 문서화하고 추적하는 데 사용되며, 열상관리에서는 열상 환자의 상태를 모니터링하고 치료 효과를 평가하기 위해 열 이미지를 촬영하는 데 활용되고 있습니다. 메디컬 교육 및 연구분야에도 활용되는데 먼저 의학 학습에서는 의학 및 치과 학생들은 실제 환자 사례의 이미지를 분석하고 공부하는 데 DSLR 카메라 사진을 사용하며 연구분야에서는 연구원들이 실험 결과를 문서화하고 논문이나 발표 자료에 그래픽 자료를 포함하는데 DSLR 카메라를 활용하고 있다. 마지막으로 홍보 및 환자교육에도 활용하는데 DSLR 카메라로 전문적인 이미지 및 동영상을 제작하는 업무에 사용된다.

치과분야에서도 DSLR카메라 사용은 일상화되고 있다. 먼저 환자가 내원을 하면 환자의 증상과 관련없이 일종의 패턴화된 사진을 촬영한다. 그 이후 환자의 증상이 있는 곳을 중심으로 세부적인 촬영을 하게 된다. 치과에서는 구강외 촬영과 구강내 촬영이 있으며 구강내 촬영을 위해서 광량 확보를 위해 다양한 장치들 DSLR카메라에 부착하여 사용하기도 한다.

<그림 6 : 치과분야 DSLR카메라와 사용예시>



2) 스마트폰카메라

2010년 본격적인 스마트폰의 도입에 맞추어 스마트폰 카메라로 환자의 임상사진을 촬영하는 빈도가 빠르게 증가하고 있다. 과거 스마트폰의 카메라 해상도 좋지 못했을 경우에는 고품질인 DSLR카메라를 사용하였으나 최근에는 스마트폰 카메라의 해상도가 중급 DSLR카메라보다 좋아지면서 스마트폰으로 환자를 촬영하는 추세가 증가하고 있다.

2014년에 캐나다에서는 성형외과학회 회원 전체를 대상으로 설문 조사⁹가 실시되었다. 이 설문은 네 가지 주요 범주를 다루고 있었으며, 임상 사진 촬영을 위한 스마트폰 사용, 사진 보관, 동의 절차 및 개인 정보 보호 문제이다. 설문 조사 참여율은 27% (545명 중 147명)이었으며, 이 중 103명은 외과의사이고 44명은 레지던트였으며, 총 147명 중 89.1% (131명)은 스마트폰을 사용하여 환자의 사진을 촬영한 경험이 있으며, 이 중 130명 중 57% (74명)가 이러한 사진을 스마트폰에 보관하고 있다고 답했다. 또한, 응답자 중 102명 중 73% (74명)가 이러한 사진을 개인 사진 중에 보관하고 있으며, 대다수의 응답자 (142명 중 75%)는 임상 사진을 촬영하기 전에 구두 동의를 얻는 것이 개인 정보 보호를 충분히 보장하는 데 충분하다고 믿고 있다고 답했다. 서면 동의는 흔히 얻지 않지만, 140명 중 83% (116명)는 더 효율적으로 얻을 수 있다면 서면 동의를 얻는 것이라 답했다. 또한, 응답자 중 119명 중 26% (31명)는 실수로 스마트폰에서 임상 사진을 친구나 가족에게 보여준 경험이 있으며 마지막으로 서면 동의 절차를 포함하고 사진을 즉시 외부에 저장할 수 있는 스마트폰 애플리케이션은 응답자 중 140명 중 59% (83명)가 이러한 문제를 해결하기 위한 가능한 방법으로 여기고 있는 것으로 파악되었다.

본 연구조사에서 얻을 수 있는 시사점은 이제 의료계에서 스마트폰을 활용하여 입

9 Plast Surg (Oakv). 2016 Spring; 24(1): Should 'smart phones' be used for patient photography?

상사진을 촬영하는 것은 보편화되었으며 이러한 보편화되고 있는 추세를 법 및 제도가 따라가지 못해 상당수의 의사들을 잠재적 범법자로 만들 수도 있다는 점이다.

국내도 해외와 크게 다르지 않은 실정이다. 환자의 사진을 스마트폰으로 촬영하는 것이 법적으로 명확하게 결정되지 않았지만 이미 메디컬 분야에서는 성형외과, 피부과, 정형외과 등에서 보편적으로 사용하고 있으며 치과에서는 필수적인 의료장비가 되어가고 있다. 이러한 현상을 반영하여 최근 스마트폰으로 환자를 효율적으로 촬영하는 방법에 대한 강의가 이루어지고 있으며 이러한 강의에는 많은 의사들이 참여하여 기술을 익혀 각자의 병원에서 스마트폰을 임상사진 촬영에 이용하고 있다

<그림 7: 메디컬(치과)분야 스마트폰카메라와 사용예시>



2. 의료용 일반 광학기기 데이터 전송 시스템

1) 카메라 내 기능 사용

최근 통신기술의 발달로 WiFi가 보편적으로 사용되면서 DSLR카메라를 생산할 때 WiFi모듈을 카메라 바디에 장착하여 출시되는 제품이 있다. 약 2020년 이후에 생산된 DSLR카메라에는 대부분 WiFi 기능이 내재되어 있고 이를 활용하면 SD카드 분리 없이 촬영된 영상을 원하는 컴퓨터로 무선으로 전송이 가능하다. 그러나 이러한 기능을 의료현장에서 사용하기에는 한계도 존재한다.

먼저 병원 내 WiFi환경이다. 대학병원은 정책적으로 외부 WiFi사용이 제한되어 있어 자체적으로 WiFi를 구축하여야 하는데 이 경우 WiFi의 커버리지가 너무 좁아 데이터 전송이 원활하지 않다. 이에 대해 신촌세브란스치과병원 원내생 진료실에서 실험¹⁰을 하였는데 반경 10m 이내만 데이터 전송이 가능하다는 결과가 나왔다. 또한 일반 의원급 병원에서도 실제로 가능한 범위가 반경 5~8m 수준으로 여러 대의 유니트체어가 있고 이동하며 임

¹⁰ 2019년 5~9월까지 캐논 1300D기종 3대로 20회의 실험을 하였다.

상촬영을 하는 치과환경에는 적지 않은 제약사항으로 여겨지고 있다.

두번째 이슈는 사진의 분류이다. WiFi 전송은 촬영된 영상이 순차적으로 하나의 폴더에 저장되는 구조로 환자를 식별할 수 있는 정보가 전송되지 않는다. 결국 이를 위해 환자를 촬영하기 위해 환자의 이름을 먼저 촬영하고 환자를 촬영한 후 향후 분류할 때 다음번 환자의 이름이 나오기 전까지의 사진을 해당환자로 분류한다. 그런데 이 과정에서 인적 오류로 환자의 이름을 촬영하지 않았을 경우에는 당일 촬영한 사진을 환자별로 분류하기가 어렵고 결국 임상데이터로 의미를 잃게 된다.

마지막으로는 WiFi 기능이 내장된 카메라의 성능이다. DSLR카메라 제조사에서는 WiFi 기능을 삽입한 주요 이유는 촬영된 영상을 즉시 SNS 등에 업로드하고 싶은 젊은 세대를 겨냥하여 제품을 출시하다보니 의료계에서 많이 사용하는 카메라에는 해당 기능이 없는 경우가 많다. 이러한 여러가지 사유로 DSLR카메라 내부 WiFi기능을 이용한 병원 내 데이터전송은 보편적으로 실행하고 있지는 않은 실정이다.

2) 외부 기기 사용

2000년 이후 DSLR카메라 보급이 보편화되면서 DSLR카메라에 외부기기를 장착하여 촬영된 영상을 무선으로 통해 원하는 컴퓨터까지 전송하는 장치가 개발되었다. 현재도 DSLR카메라 촬영 영상 전송은 대부분 외부기기를 장착하여 사용하고 있다.

먼저 가장 먼저 출시된 제품은 DSLR카메라 SD카드에 WiFi기능을 탑재하여 WiFi 기능이 없는 DSLR카메라에 WiFi 기능을 추가하는 방법이다. 대표적인 제조업체는 미국의 Eyefi사의 Eyefi카드와 일본 도시바의 FlashAir 제품이 있다. 먼저 출시된 상품은 미국 Eyefi사의 Eyefi 제품으로 15개 국가에 수출되는 등 널리 사용되었다. 그러나 잦은 전송에러 및 WiFi 공유기 설정 등의 어려움으로 현재는 WiFi 공유기를 연결하는 모델은 출시하지 않고 DSLR카메라와 전송되는 컴퓨터를 직접 연결하는 제품만 출시되고 있다. 이 경우 커버리지가 반경 5m 이내로 병원에서 사용하기에는 어려움이 있다.

이후 일본 도시바(TOSHIBA)에서 FlashAir라는 제품이 출시되었다. 기존 EyeFi대비 커버리지 및 데이터 전송속도에서 향상된 기능을 보이고 있으며 Eyefi에서는 단종된 WiFi 공유기를 통한 전송기능이 포함되어 있어 현실적으로 SD카드 형태의 WiFi로는 병원에서 사용할 수 있는 유일한 제품이다.

<그림 8 : Eyefi카드 및 FlashAir카드 캡처 이미지>



SD카드의 낮은 출력과 이에 따른 커버리지 축소를 극복하려는 노력도 꾸준히 이루어지고 있으며 이를 제품으로 상용화한 것이 중국의 Camfi사의 Camfi이다. Camfi는 라우터(Router)를 개조하여 제작한 제품으로 DSLR카메라에 부착하고 유선으로 연결하여 DSLR 카메라 이미지를 라우터를 통해 멀리 그리고 안정적으로 전송할 수 있도록 설계되었다. DSLR카메라에 부착하여 무게가 무거운 것이 단점이지만 그간 SD WiFi카드의 단점이었던 좁은 커버리지와 잦은 전송에러를 극복할 수 있어서 DSLR카메라 무선전송 기기로 글로벌적으로 판매되고 있다. 그러나 역시 단점도 존재하여 병원 내 WiFi를 통해서 이미지가 저장되는 컴퓨터와 연결이 되는 구조에서 병원 내 WiFi와 종종 단절이 되며 그 결과 일부 사진 전송이 실패하는 경우가 발생한다.

<그림 9 : Camfi 및 DSLR카메라 장착 예시>



3) 안드로이드 어플리케이션 사용

앞에서 살펴본 SD WiFi카드 및 라우터형태의 전송장치가 의료용으로 사용할 때 가장 불편한 요소는 하나의 폴더에 모든 이미지가 저장된다는 점이다. 이에 병원 인력이 하나의 폴더에서 환자별로 사진을 재구분하여 별도의 폴더에 수작업으로의 정리가 필요하며 이

과정에서 휴면에러 등이 발생하기도 한다.

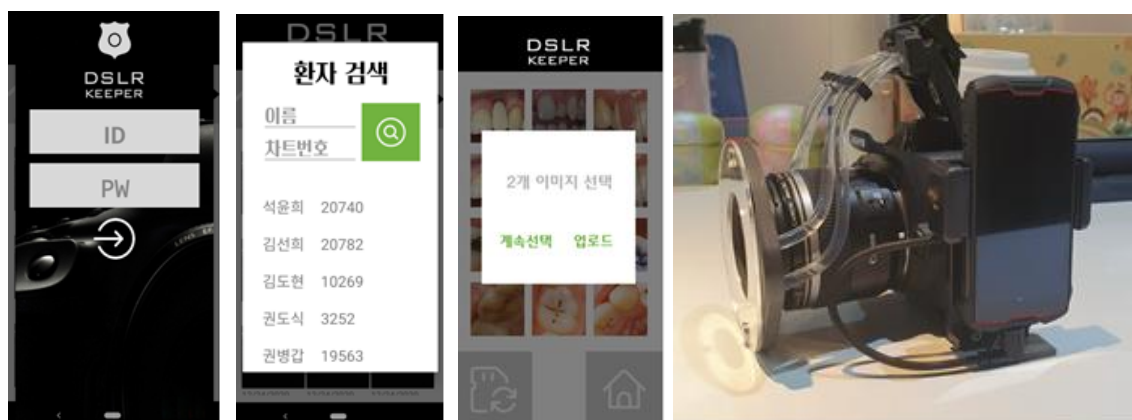
이러한 단점을 극복한 것이 안드로이드 어플리케이션을 이용한 전송장치이다. 본 제품은 대한민국의 (주)비씨엔컴퍼니에서 자체기술로 만든 제품으로 현재 병원 용 DSLR카메라 전송에 최적화되어 사용되고 있다. 제품(서비스)의 구성은 카메라에 부착하는 안드로이드용 단말기(스마트폰 형태)와 앱, 그리고 클라우드서비스로 구성된다. 본 제품의 특징은 앞서서 설명한 SD WiFi의 단점과 라우터 형태의 단점을 모두 극복했다는 점이다.

먼저 커버리지 측면에서는 병원 내 WiFi뿐 아니라 통신사에서 무료로 설치해주는 WiFi, 국가에서 설치하는 공용 WiFi에서도 전송이 가능하여 병원 외부에서 사용이 가능하다. 또한 WiFi가 없는 지역에서는 자동으로 LTE나 5G망으로 연결되어 사실상 촬영하는데 공간적 제약이 없다. 이에 대학병원 등에서 외부 WiFi연결이 어려워 사용이 어려웠던 점을 해소하였다.

두 번째로는 촬영하기 이전 환자를 지정하고 촬영할 수 있도록 한 점이다. 환자정보를 최초 1회만 입력 혹은 EMR과 연동하여 자동으로 연결되면 그 이후에는 자체적으로 설치한 DB에서 환자의 정보를 단말기로 보내준다. 환자를 촬영하는 의사는 환자의 차트번호 혹은 이름은 입력하면 환자가 지정되고 그 이후 촬영된 영상은 지정한 환자로 바로 저장된다. 이에 따라 병원인력이 수동으로 환자별로 사진을 정리하는 과정이 자동으로 이루어져 휴머에러를 방지할 수 있고 또한 병원의 인력을 효율적으로 이용할 수 있다.

마지막으로는 클라우드를 활용한다는 점이다. 병원 내 데이터를 클라우드에 저장하고 이를 다시 병원의 PACS로 전송하여 병원외부에서도 환자의 임상사진을 관찰할 수 있으며 병원의 자료가 랜섬웨어바이러스 등으로 손상이 되었을 경우에도 클라우드에 저장된 사진을 다시 다운받으면 데이터 손상없이 사용할 수 있다.

<그림 10 : (주)비씨엔컴퍼니 안드로이드 어플리케이션 예시>



3. 인공지능 병원솔루션 사례

1) 뷰노(Vuno)

인공지능과 의료데이터를 결합하여 의료 진단 보조솔루션을 개발하는 뷰노는 뷰노넷이라는 딥러닝 프레임워크를 개발하고 있으며, 진단 보조 솔루션인 뷰노메드를 개발하였다. 주요 서비스는 VUNO-MED, Bone Age, Automatic Abnormality Screening System in Fundus Image, Automatic Lung Nodule Detection System 등이 있다. 어린이의 경우 성장에 문제가 있다고 의심될 경우, 손 엑스레이 사진을 촬영해서 뼈 나이와 실제 나이를 비교하여 적절한 치료를 하게 되는데 나이대별로 손목과 손가락의 복잡한 구조와 변화들을 일일이 비교해야하기 때문에 시간이 오래 걸리고, 무엇보다 판독자마다 일치도가 낮다는 문제가 있다. VUNO-MED Bone Age는 이를 대량의 손 엑스레이 사진과 판독 결과를 모아서 이를 자동적으로 도와주는 소프트웨어인 Automatic Bone Age Assessment System을 만들어서 판독의 정확도와 효율성을 높였다.

망막을 촬영하는 안저 영상을 AI가 분석해주는 소프트웨어인 Automatic Abnormality Screening System in Fundus Image를 개발하였다. 이를 통해 망막영상으로 진단 가능한 거의 모든 질환과 관련된 소견들을 찾아 주고 각 소견별로 병변을 시각화 하고 리포트는 언제든지 수정 가능하도록 만들어 건강검진센터에서 보다 정확하고 효율적으로 안저 영상을 판독 할 수 있다. 또한 흉부 CT에서 폐결절을 정확하게 찾고, 폐암위험도 판단에 가장 중요한 크기 측정을 자동화하여 폐암 조기 검진을 도울 수 있을 것으로 예상되는 Automatic Lung Nodule Detection System과 생체신호의 시계열적 특성과 신호들간의 상관관계를 반영하고, 이를 기반으로 심정지가 일어나기 최대 8시간 전에 알려주는 시스템으로, 심정지 조기예측 알고리즘을 적용한 VUNO-DeepEWS는 Early Warning System for Cardiac Arrest도 개발하여 임상시험 중에 있다. 이것뿐만 아니라 녹취 결과를 자동으로 Dictation해주는 의료용 음성인식 시스템인 VUNO-ASR의 Automatic Medical Transcription System for Radiology Reporting을 개발하여, 영상의학 전 분야에 대한 개발을 마쳤으며 실시간 음성 판독이 가능해질 것으로 예측된다¹¹.

2) Butterfly Network

세계 최초의 소형 초음파 시스템인 Butterfly iQ가 북미 최대의 IT·엔터테인먼트 페스티벌 사우스바이사우스웨스트(SXSW2019)에서 헬스, 의학 및 바이오테크 부문에서 최고의 기술로 주목 받았다¹². AI초음파 영상장비로, 병원에서 사용하는 초음파 기기의 기능을

11 www.vuno.com

12 <http://biz.newdaily.co.kr/site/data/html/2019>

실리콘칩 위에서 수행하는 스마트폰정도 크기의 휴대용 초음파 진단기기를 개발하였다. 사용자가 휴대용 초음파 기기를 가슴에 대면 신체 내부를 진단한 3D영상을 얻을 수 있다. 경제적 이유나 지역적고립 등으로 인해 기존의 영상 의료진단 서비스를 받을 수 없는 사람들도 손쉽게 진단이 가능하다.

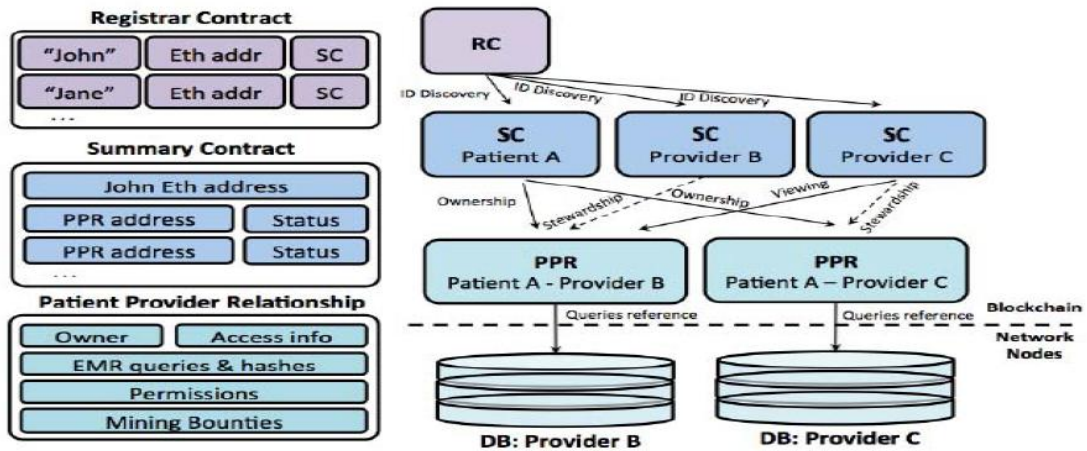
이 휴대용 기기는 초음파 온 칩(Ultrasound on a Chip) 기술기반으로 20,000달러 미만으로 제작되었으며, 초음파 스캔 장치를 몸에 갖다 대면 스마트폰에 초음파 이미지가 뜨게 된다[19]. 보통의 초음파 검사기가 결정을 진동시킴으로써 초음파를 만들어내는 반면, 버터플라이 아이큐는 반도체 칩에 있는 9,000개의 작은 드럼을 울림으로써 진동이 만들어지는 것이 특징이다. 즉, 버터플라이네트워크는 전통적인 초음파 진단 시스템에 활용되는 ‘압전 크리스털’ 대신 ‘마이크로 기계’기술을 채택했으며 이는 압전 크리스털 방식을 채택할 경우 가격이 10만달러를 상회하기 때문이다. 버터플라이 아이큐는 FDA(미국식품의약국)에 13개의 기기 승인을 얻은 영상 진단장비로, 심장 스캔, 태아 및 산모 검사, 근골격 검사 등의 진단을 할 수 있다.

4. 블록체인 병원솔루션 사례

보건의료 분야에 블록체인을 활용하려는 대표적인 프로젝트는 MedRec13인데, 이 프로젝트는 블록체인을 이용하여 의료기관에 의한 의료데이터 제공 및 환자에 의한 이용허락, 연구기관 등에 의한 의료데이터 이용 등 의료데이터의 전반적인 관리를 가능하게 한다. MedRec 2.0은 Go-ethereum(Geth) 및 Solidity 언어를 사용하여 진행되는 것으로서, 이더리움 블록체인에서 스마트계약을 이용하여 중간매개자(신뢰기반 제3자)가 없이 데이터의 교환을 가능하게 한다. MedRec은 전자건강기록(EHR)을 이더리움 블록체인에 저장하지 않고 스마트계약에 의하여 포인터(pointer)를 사용하고, 포인터는 기록의 위치를 찾아내고 인증하는데 사용된다. MedRec은 아래 그림에서 보는 바와 같이 환자, 의료서비스제공자, 의료데이터 이용자 및 이들의 관계 및 권한 등을 규정하는 3가지 유형의 스마트계약을 정의하고 있다.

13 Medrec 프로젝트는 Robert Wood Johnson Foundation과 MIT Media Lab이 지원하는 것이다. 2016년 MedRec 1.0이 이스라엘의 Beth Israel Deaconess Medical Center가 제공하는 데이터베이스에서 실시되고 시험되기 시작하였고, 현재는 MedRec 2.0이 실시되고 시험되고 있다.

<그림 11 : 왼쪽의 MedRec 스마트계약과 오른쪽의 계약과 네트워크 노드 간의 관계도>



자료: 블록체인 기술을 통한 의료데이터의 보호, 통합적 관리 및 활용에 관한 연구(김근령 외)

첫째, 등록계약(Registrar Contract, RC)은 MedRec 블록체인의 참여자(환자, 의료 서비스제공자, 보험사 등)의 신원정보(identity string, 문자열 형태로되어 있는 신원정보)와 매핑(mapping)시키고, 신원정보를 MedRec 블록체인상의 다른 주소와 매핑시킴으로써 요약 계약(Summary Contract, SC)으로 연결된다. 참여자의 신원정보로 공개키가 아니라 문자열 형태의 신원정보를 사용하는 것은 이미 존재하는 신원정보 형태를 블록체인상에서도 사용할 수 있도록 하기 위한 것이다. 새로운 신원정보를 정하는 규칙은 계약에 코딩될수 있는데, 이러한 규칙에 의하여 인증받은 기관만이 새로운 정보를 블록체인 상에 추가할 수 있게 된다. 또한 환자와의 새로운 관계 등 환자에 관한 정보도 환자의 승인이 있는 경우에만 블록 체인에 추가될 수 있다.

둘째, 환자와 서비스제공자의 계약(Patient-Provider Relationship Contract, PPR)은 예컨대 의료서비스제공자와 환자의 노드와 같이, 어느 하나의 노드 가 다른 노드를 위하여 의료데이터를 저장하고 관리하도록 2개의 노드를 연결하는 것이다. PPR은 서비스제공자가 보유하고 있는 기록을 표시하는 데이터 포인터와 데이터에 대한 접근 허용을 분류하는 것에 대하여 정의하고 있다. 데이터 포인터는 일정한 쿼리(query)를 나타내는 문자열로 구성되는데, 서비스제공자의 데이터베이스에서 이를 실행하면 환자에 관한 일정한 데이터가 제공된다. 쿼리 문자열에는 문의하고자 하였던 데이터의 해시값이 표시되며, 이에 의하여 데이터가 처음 상태에서부터 변경되지 않았다는 것을 보장한다. PPR에는 호스트네임이나 포트와 같이 네트워크상에서 서비스제공자에 접근할 수 있는 정보도 존재한다. 데이터에 대한 쿼리 및 쿼리와 관계되는 정보는 서비스제공자가 만든 것이며, 새로운 기록이 추가되는 경우 이러한 문의용어 및 정보는 수정된다. 환자가 자신에 관한 정보를 타인과 공유할 수

있도록 하는데, 이 기록을 이용하고자 하는 자의 주소와 추가적인 문의용어 문자열은 사전적으로 실행 가능한 방법(해시 테이블)에 의하여 매핑된다.

셋째, 요약계약(SC)은 시스템 참여자가 자신에 관한 모든 의료기록의 이력을 찾을 수 있도록 한다. 요약계약은 모든 PPR의 리스트를 가지고 있는데, PPR 리스트는 다른 노드들에 대한 참여자의 과거 및 현재의 모든 관계를 표시한다. 예컨대 환자는 자신이 관계하고 있는 서비스제공자의 목록을 가질 수 있고, 서비스제공자는 자신이 치료한 환자 및 환자가 데이터 공유를 허용한 제3자에 대한 목록을 가질 수 있다. 또한 요약계약은 이용자에게 통지하는 기능을 가지고 있다. 서비스제공자가 환자에 대한 기록을 최신화하거나 새로운 관계를 설정하는 경우 환자에 대한 관계 상태를 설정하게 되고, 환자는 새로운 관계가 설정되거나 최신화 하는데, 이에 의하여 새로운 관계가 성립하는 경우 이에 대한 통지를 받고, 이러한 관계를 수용할 것인지, 거절할 것인지, 아니면 삭제할 것인지 결정할 수 있다.

의료기록은 블록체인이 아니라 오프체인, 곧 블록체인의 외부 서버에 존재한다. 환자가 특정 의료기록에 대한 접근을 희망하는 경우, MedRec의 오프체인 인프라의 일부분인 서비스제공자의 데이터베이스 Gatekeeper에 요청하게 된다. Gatekeeper는 환자의 노드에 접근을 위한 인터페이스(블록체인에 저장된 이용허락에 따라 규율됨)를 실행하고, 자료를 요청하는 클라이언트의 문의를 처리하는 서버를 구동하는데 클라이언트의 자료 요청은 암호를 이용한 서비스제공자의 서명이 이루어진다. 이러한 서명에 의하여 Gatekeeper는 신원을 확인하고, 자료를 요청하는 주소가 접근이 허용되는지 여부를 확인하기 위하여 블록체인 계약을 확인하게 된다. Gatekeeper 서브는 주소가 옳다고 판단되는 경우 데이터베이스 상에서 클라이언트가 요청한 문의를 처리하고 그 결과를 클라이언트에게 제공하게 된다.

MedRec은 신뢰받고 인증된 노드들로 구성된 폐쇄형 P2P 네트워크에 기반하며, 등록된 의료서비스제공자만이 MedRec 블록체인에 블록을 추가할 수 있다. 따라서 이러한 중앙화된 제3자를 활용하는 MedRec은 탈중앙적인 블록체인과 배치되는 것이라 할 수 있는데, 이것은 환자들이 서비스제공자들을 상당히 신뢰하고 있고 서비스제공자들의 중앙화된 신뢰수준이 불합리하지 않다는 것을 근거로 하고 있다. 폐쇄형 블록체인으로 운영하고자 하므로 작업증명의 방식보다는 등록된 서비스제공자만이 블록을 추가하는데 투표하는 것이 허용된다. 그러나 채굴 메커니즘은 분산원장을 유지하기 위하여 여전히 필요하며, 서비스제공자 및 학문연구기관에 대하여 채굴에 대한 인센티브 제공을 고려하고 있다.

MedRec은 폐쇄형 블록체인에 바탕하고 있고 정보에 접근하기 위해서는 허가를 필요로 하는 셈이므로 이러한 한도에서는 프라이버시가 보호될 수 있다. 그러나 이더리움 주소에 의하여 특정 환자의 신원을 파악할 수 있으므로, MedRec은 채굴을 하는 노드는 완전한 허락을 받은 경우에만 허용하거나, 채굴 노드를 구동하는 연구자들로 하여금 보안이 이

루어진 상태에서 허용하고, 문의용어를 완전한 k -익명성에 따라 분석하고 오프체인에서의 동기화 단계에 암호 적용을 계획하고 있다. 또한 MedRec은 새로이 형성되는 환자 및 서비스제공자 관계에 대하여 별도의 이더리움 정보를 생성토록 하는(delegated contract) 시스템을 사용함으로써, 하나의 주소만을 가지는 서비스제공자가 특정 환자와의 관계가 쉽게 노출되는 것을 방지하고자 한다.

MedRec은 다른 블록체인에서와 마찬가지로 블록체인으로서의 보안 내지 안전성이 확보된다. 곧 블록체인의 탈중앙적인 성격으로 인하여 데이터가 네트워크상의 모든 노드에서 유지되고, 환자 및 해당 서비스제공자의 노드에도 저장된다. 블록체인의 합의(consensus) 메커니즘에 의하여, 중앙화된 제3자의 서버가 공격을 받아 전체 시스템이 작동되지 않는 것과 같이, 어느 한곳의 취약성으로 인한 보안의 문제점(single failure)을 회피할 수 있다. 또한 특정 블록의 특정 거래를 수정하는 경우와 같이 어느 하나의 노드가 수정되는 경우, 수정된 노드는 다른 노드와 불일치하게 되어 합의에서 배제되므로, 블록체인상의 기록의 무결성을 유지할 수 있다.

IV. 문제해결을 위한 제언

본 연구를 통해 의료정보시스템과 의료데이터 종류 그리고 이미지를 생성하는 의료 기기에 대해 살펴보았다. 이 중 현재 병원에서 보편적으로 사용하고 있으나 아직 의료데이터로 완전하게 인정을 받지 못하고 있는 DSLR카메라 혹은 스마트폰카메라로 생성된 데이터가 의료데이터로 인정받고 이를 통해 많은 병원에서 법적, 제도적 부담 없이 일반 광학기기를 사용할 수 있는 방법의 도출이 필요하다. 이를 위해 현재의 문제점과 이를 해결하는 방안을 가치제안 캔버스를 통해 도출하려 한다. 이후 인공지능기술과 블록체인기술을 활용하여 일반기기로 촬영한 광학데이터가 의료데이터로 사용가능한 방법에 대해 살펴볼 것이다.

1. 가치제안 캔버스(Value Proposition Canvas)

Value Proposition Canvas 밸류 프로포지션 캔버스(통상 가치 제안 캔버스 지칭)는 비즈니스 모델 캔버스(Business Model Canvas)를 창시한 알렉산더 오스터왈더와 에스 피그누어 등이 2014년에 소개한 비즈니스 모델 개발 도구다. 본 도구를 통해 병원에서 인공지능과 블록체인 기술을 활용하여 임상사진을 관리하는 경우의 가치를 살펴보려고 한다.

1) 고객 프로필(Customer Profile)

(1) Customer Job (고객과업)

고객은 대부분 환자 치료에 일반광학기기를 활용하는 의사가 될 것으로 의사는 환자 치료와 향후 치료관리를 위해 환자의 증상을 기록으로 남겨야 한다. 과거에는 이를 텍스트형식으로 진행하였으나 최근에는 이를 이미지형식으로 대체하고 있다. 이를 위해 의사는 스마트폰카메라 혹은 DSLR카메라로 환자를 촬영하며 일부 국가(영국 등)에서는 이를 선택이 아닌 의사의 의무사항으로 규정하고 있다.

(2) Pains (불편한 점)

일반 광학기기로 환자를 촬영할 때 의사는 많은 불편함을 느낀다. 그 중 대표적인 것이 데이터 전송이다. 일반광학기기로 촬영한 이미지를 의료데이터로 만들기 위해서 수작업을 통해 데이터를 전송해야 한다. 두 번째는 데이터의 일관성 유지이다. 의료데이터는 시계열적으로 동일한 각도와 크기 그리고 조도가 중요하다. 그러나 일반광학기기의 특성 상 촬영할 때 마다 각도, 크기 그리고 조도가 변경되고 이를 유지하기 위해 병원 내 포토존을 설치하는 등 비용이 수반된다. 마지막으로 데이터 관리이다. 대부분 병원 내 서버 혹은 컴

퓨터에 기존 병원데이터와 별도로 보관함에 따라 데이터 유출 혹은 램섬웨어바이러스 감염 등에 매우 취약한 실정이다.

(3) Gains (기대하는 결과/모습)

일반 광학기기로 촬영을 하면 자동으로 데이터가 전송되고 전송된 이미지는 시계열적으로 동일한 각도, 크기, 조도를 유지하고 분실 및 훼손의 위험에서 자유롭고 24시간, 365일 공간적 제약을 받지 않고 활용하기를 기대한다.

2) 가치맵(Value Map)

(1) Product & Services (제품 및 서비스)

본 솔루션은 인공지능, 블록체인, 클라우드 기술이 접목되어 일반광학기기에서 촬영한 환자이미지가 사람의 개입 없이 촬영즉시 의료데이터로 변환되어 관리되는 솔루션이다. 이를 위해 DSLR카메라에 전용단말기를 부착하여 DSLR카메라 이미지를 실시간으로 클라우드로 전송한다. 클라우드는 크게 WEB, WAS, DB서버로 구성되어 있으며 인공지능과 블록체인이 연결되어 있다. 원본이미지가 전송되면 인공지능이 이미지를 분류(classification)하고 편집(adjustment)하여 시계열적으로 동일한 형태의 이미지를 제공하고 원본데이터와 변형데이터의 해쉬값을 노드별로 저장하여 향후 원본데이터 증명에 활용할 수 있다. 클라우드에서 생성된 이미지는 즉시 병원 내 EMR 혹은 PACS와 연동되어 의사에게 전송된다.

(2) Pain Relievers (진통제)

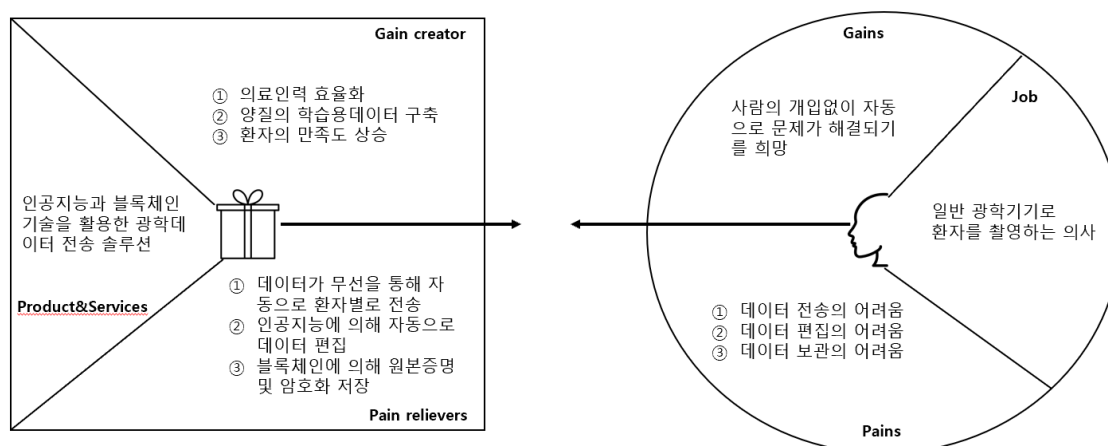
본 솔루션은 고객의 불편한 점을 대부분 해소한다. 먼저 고객이 가장 크게 느끼는 고통인 이미지 전송을 수작업으로 하는 부담을 제거해 준다. 환자를 촬영하기 전 대상환자를 단말장치에서 선택하고 촬영을 하여 자동으로 환자별로 저장된다. 에러율은 0.01%로 매우 낮은 수준이다. 두 번째로 데이터 일관성도 인공지능에 의해 사람의 개입없이 자동으로 이루어진다. 다만 아직까지는 각도, 크기, 조도만을 맞추어주는 수준이나 이는 인공지능 고도화를 통해 확대될 수 있다. 마지막으로 자료 유출과 관련된 부분이다. 모든 원본데이터는 클라우드에 암호화되어 저장되어 로컬 서버에 저장하는 것 대비 훨씬 안전하게 관리된다.

(3) Gain Creators (가치 제조기)

본 솔루션은 고객에게 크게 세가지 가치를 제공한다. 첫번째는 의료인력의 효율화이다. 의료인력이 환자치료 이외에 부수적인 업무를 최소화하게 함으로써 의료 본업을 충실

하게 할 수 있도록 한다. 두 번째는 잘 정제된 메디컬 데이터 생성이다. 최근 의료분야의 인공지능 솔루션이 많이 출시되는데 대부분 이미지를 판독하는 솔루션이다. 이 경우 잘 정제된 학습용데이터가 필요한데 본 솔루션을 통해 전처리까지 완료된 데이터를 제공할 수 있다. 마지막으로 환자와의 소통을 통한 환자 만족도 상승이다. 최근 미국을 중심으로 SDM(Shard Decision Making)모델 개발이 활발하다. 이 모델은 의사와 환자가 소통을 통해 의료행위에 대해 환자에게 사전 이해를 시키고 이를 통해 환자는 불안하지 않은 상태에서 진료를 받을 수 있는 개념이다. 이 모델 개발에 필수적인 것이 환자의 증상을 설명할 수 있는 이미지 데이터이다. 본 솔루션을 활용하여 촬영된 환자의 증상을 환자에게 즉시 설명할 수 있다면 SDM 효과는 배가될 것으로 예상된다.

<그림 12 : Value proposition canvas>



2. 인공지능을 활용한 데이터 완결성 유지

일반 광학기기로 촬영한 임상데이터의 가장 큰 문제점은 원본 데이터가 전송되는 과정에서 인간이 필수적으로 개입한다는 점이다. 예를 들어 X-ray 기기는 환자가 고정된 상태로 촬영되기 때문에 환자를 촬영할 경우 환자를 촬영한 이후 별도의 작업이 없더라도 데이터가 완성되어 의료데이터로써 인정받을 수 있지만 스마트폰이나 DSLR카메라로 환자를 촬영할 경우 촬영기기가 움직이기 때문에 촬영하는 크기 및 각도 그리고 조도가 달라지게 된다. 그래서 촬영 이후 사람이 개입하여 크기, 각도, 조도를 조정해주는 작업이 필요하고 이렇게 작업을 한 이미지가 최종적으로 의료정보시스템에 저장된다.

그러나 이러한 과정에서 사람이 개입하여 원본데이터를 수정하였기 때문에 의학적, 기술적 관점에서 볼 경우 해당 데이터는 변작된 데이터이다. 이렇게 변작된 데이터는

의료데이터로 가치가 없어지고 결국 이러한 이유로 아직까지 DSLR카메라 혹은 스마트폰카메라가 기존 의료정보시스템으로 편입되지 못하고 있다.

이러한 문제를 해결하고자 (주)비씨엔컴퍼니와 신촌세브란스병원에서는 공동으로 인공지능을 이용한 자동 치과 사진 영상 조정 시스템 방법에 대한 연구를 진행¹⁴하였다. 시스템은 두 가지 주요 프로세스로 구성된다. 첫 번째 프로세스는 사이트, 위치 또는 각도를 기반으로 이미지를 분류하며 두 번째 프로세스는 기울어진 각도, 축, 경계의 높이와 너비 등 이미지의 매개변수화를 수행한다. 두 프로세스 모두 컨볼루션 신경망 모델을 기반으로 한 반면, 두 번째 프로세스의 각 매개변수는 각각 별도로 훈련되고 최적화된 알고리즘을 사용하였다. 이미지 조정은 회전, 경계 자르기, 크기 조정이라는 두 가지 프로세스에 의해 수행된다. 연구는 일상적인 진단에서 얻은 1,000개의 치과 사진 이미지를 사용하여 수행되었으며 그 결과, 이미지 분류의 정확도는 94%, 이미지 매개변수화 및 라벨링된 매개변수 기반 조정의 정확도는 92.7%로 나타났다. 그 결과 의도한 안정적인 형태로 이미지 조정 성능이 높았으며, 견인기나 비정상적인 치아 배열로 인한 오류 사례는 거의 없었다.

1) 인공지능 구성

첫 번째 과정의 목적은 이미지를 장소와 위치별로 분류하는 것이다. 각 사진은 특정 위치에 초점을 맞추려는 의도로 촬영되었다. 따라서 이미지 조정을 수행하기 전에 해당 이미지가 어느 카테고리에 속하는지 확인하는 것이 중요하다. Table 1은 구강 내인지 구강 외인지, 위치와 각도에 따라 구분된 치과 사진 이미지의 종류를 보여준다. 각 카테고리는 연세대에서 이미지 유형을 구별하기 위해 사용하는 것과 동일한 형식인 코드 번호로 지정되며, 분류코드별 이미지 개수는 1,000개 이상으로 되도록 하였습니다. 각 이미지에는 분류코드와 기본 매개변수에 대한 라벨이 지정되었다. 데이터 세트는 각 프로세스의 두 알고리즘에서 개별적으로 사용되며, 두 알고리즘 모두 열차 세트, 테스트 세트, 검증 세트의 이미지 수는 각각 7,000개, 1,000개, 2,000개로 구성하였다.

14 본 연구는 중소기업기술진흥원의 R&D사업의 재원을 통해 시행하였다.

<표 1: 구강 내, 구강 외 사진 분류>

구강내 사진			구강외 사진		
암호	위치	견본	암호	위치	견본
101	전측		601	앞쪽	
102	오른쪽 협측		701	오른쪽 45 도	
103	왼쪽 협측		702	오른쪽 90 도	
201	턱뼈 교합의		703	왼쪽 45 도	
202	하악 교합면		704	왼쪽 90 도	

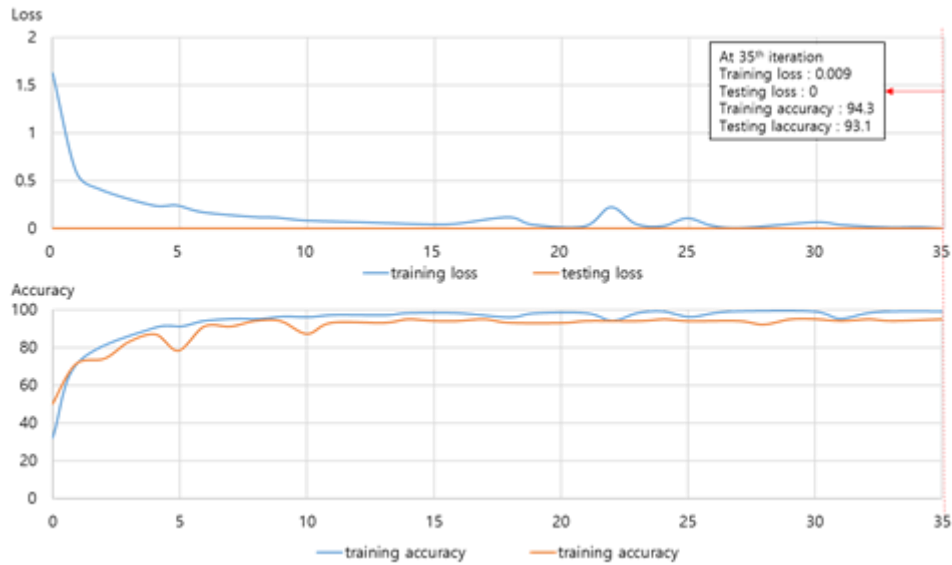
치과 영상을 분류하는 첫 번째 프로세스로는 Resnet, YOLO 등 테스트한 다양한 모델 중에서 가장 좋은 성능을 보인 CNN(Convolutional Neural Network)을 선택하였다. 모델은 maxpooling 기능과 flatten 기능과 함께 두 개의 레이어로 구성되어 있으며, 여기에 사용된 MaxPooling2D 함수는 과적합을 방지하고 노이즈에 덜 반응하여 계산 시간을 늘리는 알고리즘을 만든다. 손실 함수에는 범주형 교차 엔트로피 손실이 사용하였다. 이 함수는 Softmax loss라고도 하며 다중 클래스 분류에 사용되며 일반 이미지 분류에 있어서 높은 성능을 나타내는 것으로 알려져 있다. 최적화의 반복 과정에는 Adam 함수가 적용되었다. Adam 함수는 경사하강법(Gradient Descent) 알고리즘을 기반으로 한 옵티마이저 중 하나로, 메모리 요구량이 적고 매개변수가 많은 경우에 강한 장점이 있다.

2) 적용 결과

(1) 분류 알고리즘 성능

성능을 관찰하기 위해 이미지 분류 알고리즘을 훈련하고 테스트하였다. 아래 그림은 이미지 분류 알고리즘의 손실과 정확도를 보여준다. 훈련 손실이 0으로 수렴될 때까지 반복을 수행하였으며 테스트 데이터 세트로 측정한 최종 알고리즘의 정확도는 93%였다.

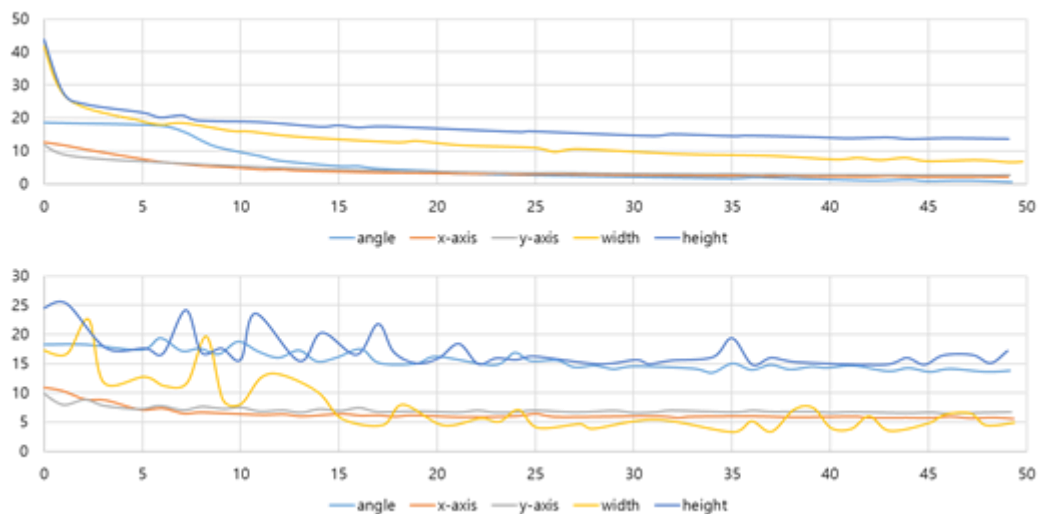
<그림 13 : 분류 알고리즘 평가 그래프>



(2) 매개변수화 알고리즘 성능

각 매개변수는 개별 알고리즘을 사용하여 개별적으로 훈련되어 밀집된 함수를 사용하여 전반적인 성능을 향상시킨다. 아래 그림은 각 매개변수의 손실 함수를 보여준다. 알고리즘은 유사한 훈련 손실 추세를 보였지만 테스트 손실은 모델 간에 어느 정도 다양성을 보여준다. 반복 결과로부터 각도, x축, y축의 최종 반복 횟수는 50회, 너비와 높이의 최종 반복 횟수는 20회로 설정되었다. 이 결정은 테스트 세트의 손실 함수 변경을 기반으로 했으며, 손실에 큰 변화가 없는 동안 반복을 초과하면 과적합 문제가 발생한다.

<그림 14 : 매개변수화 알고리즘 평가>



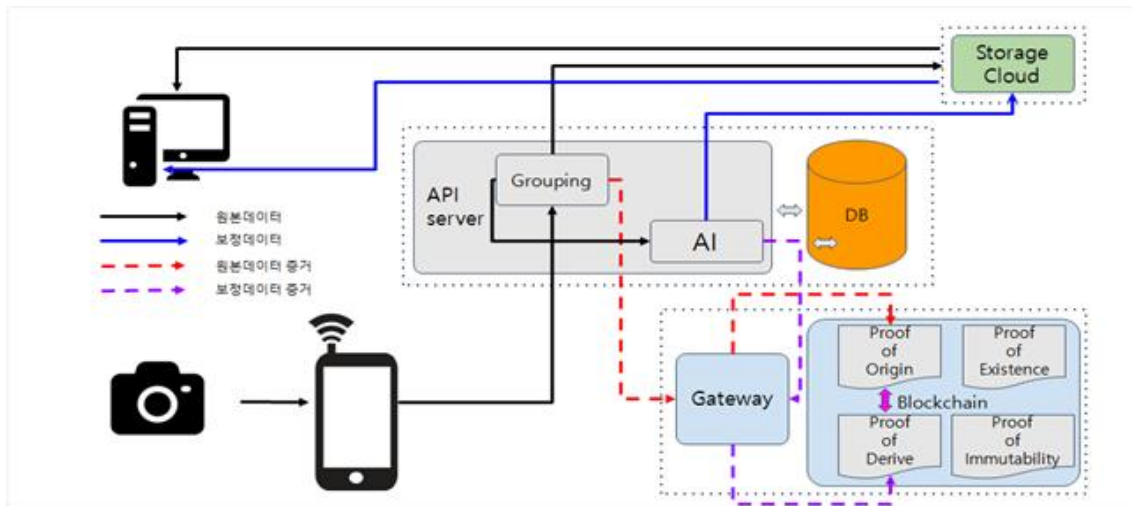
2. 블록체인기술을 활용한 데이터 원본증명

인공지능기술을 통해 사람의 개입없이 일반 광학기기 데이터를 자동으로 분류하고 편집하는 기술 및 방법에 대해 살펴보았다. 그러나 인공지능 기술만으로는 완전한 의료데이터로 볼 수는 없다. 그 이유는 인공지능 역시 원본데이터를 알고리즘에 따라 편집을 하였기 때문에 역시 기술적 관점에서는 원본데이터와는 다른 데이터이며 제도적으로는 변작된 데이터이기 때문이다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 인공지능이 편집한 원본데이터와 편집된 처리데이터를 증명해야하는데 이를 블록체인 기술을 통해 해결할 수 있다.

1) 블록체인 구성

본 연구에서는 병원에서 촬영한 이미지(원본이미지)와 인공지능이 편집한 이미지(보정이미지)를 하나의 쌍으로 하여 원본이미지의 메타정보(해쉬정보)와 보정이미지의 메타정보(해쉬정보)를 노드별로 저장하여 원본이미지와 보정이미지의 원본증명을 시도하였다. 블록체인 플랫폼은 KT의 BaaS(Block Chain as a Service)를 사용하였다. 위 과정을 스마트 컨트랙트로 구성하여 사용하였다. 아래 그림은 병원에서 임상사진 촬영에 블록체인이 어떻게 작용하는지에 대한 구성도이다.

<그림 15 : 임상사진 전송 블록체인 사용 구성도>



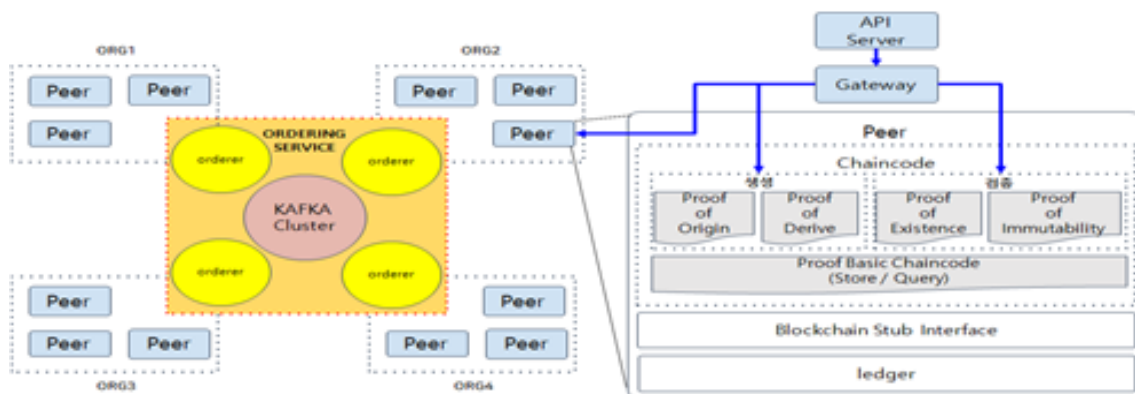
2) 블록체인 적용 결과

블록체인을 사용하여 임상사진 전송을 두가지 방식으로 테스트를 진행하였다. 첫번째는 이미지 자체를 노드별로 저장하는 방식이다. 사실 이 방식이 가장 완벽하게 원본을 증

명할 수 있는 방식이다. 테스트결과 사진촬영 후 노드별 원장에 기입되는데 2Mbyte 사진 기준 약 10분 이상이 소요되었다. 또한 KT에서 임차하는 BaaS의 비용도 트래픽에 비례하여 설정되어 있어 전체적인 테스트를 완료하지 못할 만큼 BaaS비용이 증가하였다. 결국 현실적으로는 이미지를 노드별 원장에 기입하는 것은 본 실험의 범위를 벗어나는 것으로 판단되었다.

두번째 방식은 이미지는 클라우드에 저장하고 이미지의 메타정보(해쉬정보)를 노드별 원장에 기입하는 방식이다. 이미지가 아닌 텍스트 데이터로 기입되어 속도 및 비용측면에서 이미지 자체를 기입하는 것보다 훨씬 경제적이다. 실험결과 2Mbyte사진의 메타정보를 기입하는데 평균 1.8초 정도 소요되었으며 BaaS요금도 약 30만장의 이미지에 대한 메타정보가 저장되더라도 KT BaaS에서 제공하는 기본 트래픽내의 트래픽이 사용되어 경제적으로도 큰 부담이 없었다. 다만 이 경우 만약 클라우드 내 저장된 이미지가 훼손될 경우 메타정보를 블록체인에 기입한 것은 정보로서의 가치가 없어지는 현상이 발생하여 클라우드 내 이미지 관리가 매우 중요하다 하겠다.

<그림 16 : 블록체인 결합 구성도>



위 두 가지 기술(인공지능 및 블록체인)을 활용하여 일반 광학기기 데이터가 의료 데이터화 되어 의료정보시스템에 포함될 수 있는 방법에 대해 살펴보았다. 물론 범용적으로 일반 광학기기 데이터가 병원에서 활용되기 위해서는 위에서 언급한 두가지 이슈 이외에도 여러가지 이슈가 있다. 예를 들어 병원에서 공용으로 사용하는 스마트폰 내에 저장된 이미지는 어떻게 처리할 것인가 혹은 병원에서 촬영하는 환자의 환부를 어떻게 인공지능 학습용데이터로 구축하여 학습을 시킬 것인지 등의 이슈이다.

그러나 위에 제시한 방법으로도 사람의 개입없이 표준사진으로 편집하고 이를 증명할 수 있고 이런 솔루션을 통해 일반병원에서도 손쉽게 일반 광학기기를 의료에 활용할 수 있을 것이다.

V. 결론 및 시사점

1. 요약 및 결론

본 연구에서는 의료데이터 활용을 위한 기술적, 혁신적 방법에 대해 살펴보았고 이를 위해 인공지능과 블록체인 기술을 활용하는 방안에 대해 살펴보았다. DSLR카메라 혹은 스마트폰카메라는 보안문제로 과거에는 사용을 금지시키는 병원도 있었으나 현재는 질병을 진단하고 치료하는데 필수적인 기기가 되었다.

해외에서도 본 이슈에 대한 논쟁은 매우 뜨겁다. Sultan Qaboos University의 Amal A. Al Balushi 교수는 2019년 ‘The Ethics and Legality of Using Personal Smartphones to take Medical Photographs’라는 제목의 논문을 통해 병원에서 스마트폰카메라를 사용할 때 윤리적인 문제와 법적인 문제에 대해 연구를 진행하였다. 논문에서 병원에서 스마트폰카메라의 사용은 막을 수 없는 흐름이고 환자의 보호를 위해 동의서 작성 및 철저한 데이터 관리가 필요하다고 결론지었다.

이러한 법적, 제도적 문제 해결을 위해 인공지능 기술과 블록체인 기술을 응용하면 법적, 제도적 충돌을 최소화하면서 DSLR카메라와 스마트폰카메라를 의료 현장에서 사용할 수 있다. 의료에서 인공지능 기술은 대부분 질병을 예측하고 판단하는 영역에 활용되지만 데이터를 처리해 주는 영역에서는 지금까지는 적극적으로 활용되지 못했다. 그러나 인공지능 기술은 데이터를 분류하고 이를 표준화되도록 편집하는데 큰 기여를 할 수 있다. 앞에서 살펴본 신촌세브란스치과병원의 실험결과에서 알 수 있듯 사람이 개입하는 것보다 훨씬 빠르고 정확하게 분류 및 편집이 완성된다. 이를 메디컬 전체로 확대시킨다면 더 이상 사람의 개입으로 인한 의료데이터 완결성은 더 이상 문제되지 않을 것이다.

또한 현재까지 블록체인 기술은 의료계에서는 환자의 데이터를 사보험회사에 전송하는 경우 혹은 환자의 데이터를 거래할 때 사용되었다. 그러나 블록체인 기술은 원본데이터와 변형된 데이터를 증명할 수 있는 좋은 기술이며 이를 통해 데이터 변작의 문제를 해결할 수 있다.

2. 시사점

우리는 한번쯤은 병원을 방문하여 환부를 DSLR카메라 혹은 스마트폰카메라를 이용하여 촬영하는 것을 경험했던지 앞으로 경험하게 될 것이다. 이 경우 대부분의 촬영된 내 사진에 대해 걱정이 되는 것도 사실이다. 왜냐하면 X-ray데이터와 다르게 대부분의 일반

광학기기로 촬영한 데이터는 개인을 식별할 수 있기 때문이다. 그래서 일반 광학기기로 촬영한 데이터는 다른 의료데이터보다 훨씬 신중하게 다루어야 하고 또 조심스럽게 보관하여야 한다. 그러나 실상은 일반 광학기기로 촬영한 데이터는 의료정보시스템에 편입되지 않아 병원별 판단에 따라 관리를 하고 있고 이로 인해 일부 병원에서는 데이터가 외부에 유출되기도 하며 이 경우 상당한 사회적 비용이 발생한다.

또한 코로나19이후 병원의 역할은 과거 환자의 질환을 치료하는 역할 뿐 아니라 환자의 일상적인 증상을 기록하고 이를 기초로 환자의 증상을 판단하는 역할도 수행한다. 이러한 병원의 역할 증가에 따라 일상적인 환자의 증상을 촬영하고 기록하는 도구가 필요하며 이 도구는 가격적인 측면에서 쉽게 도입이 가능하고 편리하게 들고 이동할 수 있으며 사용하기에 익숙한 도구가 될 것이며 결국 DSLR카메라 혹은 스마트폰카메라는 병원 의료기기의 한 부분이 될 것이다. 이러한 도구가 진정한 의료기기로 자리잡기 위해서는 데이터처리 및 보호가 매우 중요하며 인공지능과 블록체인은 이러한 보호에 큰 역할을 담당할 것이다.

데이터에 가치를 넣어 이를 정보(information)로 만드는 것은 여러 산업분야에서 다양하게 연구되어 왔고 이미 학문의 한 축을 이루고 있다. 모든 병원에서는 수많은 의료데이터가 존재한다. 그러나 현재와 같은 형태는 단순한 데이터에 머물 것이다. 의료데이터에 가치를 넣는 것은 데이터를 시계열적으로 세트로 구성하고 전처리 작업을 통해 표준적으로 인공지능에 학습을 시킬 수 있는 포맷으로 변화되어야 하며 개인정보법 혹은 의료법에 저촉되지 않도록 구축하여야 한다. 본 논문에서 살펴본 인공지능과 블록체인 기술을 활용한 일반기기 광학데이터 관리 방법은 이러한 요건을 충족하는 방법으로 향후 의료데이터 관리에 중요한 역할을 하리라 기대한다.

참고문헌

<국내문헌>

- 이관용 외, “의료 인공지능 현황 및 과제,” 보건산업브리프, 한국보건산업진흥원, 제 219 호, 2016.
- 이강운 외, “인공지능 왓슨 기술과 보건의료의 적용,” 의학교육논단, 제 18 권, 제 2 호, pp.51-57, 2016.
- 김문구 외, “인공지능 헬스케어의 산업생태계 분석 및 활성화 방안 연구,” 한국정보과학회, 2015 동계 학술발표대회 논문집, pp.720-722, 2016.
- 이다은, “인공지능의 의료혁신?: 길병원의 왓슨 도입을 중심으로,” 과학기술정책, 제 27 권, 제 6 호, pp.54-61, 2017
- 국경완, 인공지능 기술및 산업 분야별 적용 사례, 주간 기술동향, 정보통신기획평가원, 2019.
- 김명류 외, “4 차 산업 시대의 인공지능 원격의료에 대한 간호학생, 간호사, 일반인의 인식 비교 - 제주도 중심으로 -,” 한국디지털콘텐츠학회 논문지, 제 20 권, 제 7 호, pp.1461-147, 2019.
- 정진규 외, “홈헬스케어 AI Robot 의 윤리인증의 필요성과 그 준거에 대한 연구,”윤리연구, 제 127 권, pp.147-168, 2019.
- 김창수 외, “유비쿼터스 환경에서의 의료정보시스템 동향 및 응용의 전망”, 방사선기술과학 Vol.28, No.3, pp.193-201, 2005.
- 조익성 외, “PACS 시스템간 상호운용성을 위한 효율적인 의료정보공유시스템”, 한국해양정보통신학회논문지 제 13 권 제 3 호, pp.498-504. 2008.
- 정용식 외, “U-Healthcare 서비스를 위한 통합의료정보시스템의 구축방안”, 한국산업정보학회논문지, pp.115-126, 제 15 권 제 2 호 2010. 6.
- 이해석, “의료정보시스템 동향”, Health & Mission, pp.20-21, 2008 WINTER.

<외국문헌>

- Ahto Buldas, Risto Laanoja, & Ahto Truu, Keyless Signature Infrastructure and PKI: Hash-Tree Signatures in Pre- and Post-Quantum World, International Journal of Services Technology and Management 23(1/2):117 (Jan. 2017).
- Ariel Ekblaw, Asaph Azaria, John D. Halamka & Andrew Lippman, A Case Study for Blockchain in Healthcare: MedRec prototype for electronic health records and medical research paper (Aug. 2016).
- Artur Novek, An Overview of Current Estonian Health Information System Architecture

Pitfalls and prospects (Oct. 2017).

Citius Tech, Blockchain for Healthcare White Paper: An opportunity to address many complex challenges in healthcare (May 2018)

COCIR, Beyond the Hype of Blockchain in Healthcare (Dec. 2017).

EU Blockchain Observatory and Forum, Blockchain innovation in Europe (Aug. 2018).

IDC, Vertical Industry Brief: Digital Universe Driving Data Growth in healthcare (2014).

Latanya Sweeney & Ji Su Yoo, De-anonymizing South Korean Resident Registration Numbers Shared in Prescription Data, Technology Science (Sep. 2015).

Mckinsey & Company, The 'big data' revolution in healthcare (Jan. 2013).

Patrick Li, Scott D. Nelson, Bradley A. Malin & You Chen, DMMS: A Decentralized Blockchain Ledger for the Management of Medication Histories, Blockchain in Healthcare Today (Dec. 2018).

<참고사이트>

뷰노 홈페이지(<http://www.vuno.com/>)

비씨앤컴퍼니 홈페이지(<http://www.doctorkeeper.com>)

감사의 글

늦은 나이에 새로운 목표, 인공지능 공학 석사를 향해 나아갔던 이 길에서 찬바람이 부는 계절의 시작과 함께 제 연구 여정도 마무리 지어가고 있습니다. Business Project의 방향을 정하고 시작한 그 순간부터 지금 이 순간까지 저를 믿고 지원해주신 모든 분들께 깊은 감사의 말씀을 드리고자 합니다.

먼저 홍승필 교수님께 진심으로 감사드립니다. 바쁘신 와중에도 저의 주제 선정과 방향 설정에 대해 귀중한 조언을 아끼지 않으셨고, 내용의 깊이를 더해 주셔서 BP가 더욱 의미 있고 완성도 높은 작업이 될 수 있었습니다. 이 과정을 통해 전문성을 키우고, 미래의 발전 방향을 고민하는 소중한 시간이 되었습니다.

그리고 저희 첫수업과 BP지도를 해 주신 장중호 교수님께도 감사의 말씀을 전합니다. 첫 수업에서 어려운 인공지능을 이론과 실습을 병행하여 지도해 주셔서 인공지능에 대해 흥미를 가지고 나머지 수업에도 임할 수 있었던 것 같습니다.

동기들과 함께한 BP 작성 과정도 감사의 마음을 전하고 싶습니다. 업무와 학업을 병행하며 느꼈던 부담이 서로의 의견을 나누고 도움을 주고받는 과정에서 성취감으로 바뀌었습니다. 인공지능 융합공학과 1기 동기들과 함께 한 이 여정은 서로를 챙기고 격려하며 더욱 단단해질 수 있는 기회가 되었습니다.

그리고 끝까지 저를 믿고 응원해 준 가족에게도 진심 어린 감사의 말씀을 전합니다. 매주 금요일과 토요일을 학업에 할애하며 BP를 마무리할 수 있었던 것은 가족의 응원이 가장 큰 힘이 되었습니다.

이 Business Project를 통해 배운 지식과 경험을 바탕으로, 앞으로 더욱 발전해 나아가겠습니다.

다시 한번 감사드립니다.