

치아 교정 유지 장치 보관함을 활용한 스마트 교정 관리 시스템 설계 및 구현

정 민 수*, 이 종 민*, 김 남 주*, 장 시 웅**, 박 유 현^o

Design and Implementation of a Smart Orthodontic Management System Using a Retainer Case for Orthodontic Appliances

Min-su Jung*, Jong-min Lee*, Nam-ju Kim*, Si-woong Jang**, Yoo-hyun Park^o

요 약

치아 교정 치료의 목적이 기능적 치료에서 미용적인 목적까지 확대됨에 따라, 치과 교정과를 찾는 환자의 수가 꾸준히 증가하고 있다. 특히 성인 환자의 비율이 지속적으로 상승하는 추세를 보인다. 교정된 치아는 유지 관리하는 것이 매우 중요하나, 기존의 방식으로는 환자의 실제 착용 시간을 정확히 파악하고 즉각적인 피드백을 제공하기 어렵다. 이는 치료 효과를 저하시키고 교정 결과가 악화될 수 있는 원인이 된다. 본 연구는 이러한 문제를 개선하기 위해 스마트 치아 교정 유지 장치 관리 시스템을 제안한다. 이 시스템은 센서가 장착된 스마트 교정 유지 장치 보관함, 환자용 앱, 의료 데이터 관리 서버로 구성된다. 보관함은 적외선 센서를 통해 장치의 존재 여부를 감지하여 블루투스 통신으로 앱에 존재 여부 데이터를 전송하고, 앱은 착용 시간을 측정하여 환자에게 일별, 주간 별 착용 시간을 시각화된 정보로 제공한다. 서버는 수집된 데이터를 가공하여 의료진에게 제공함으로써 환자의 교정 유지 장치 착용 시간 정보를 모니터링할 수 있게 한다. 이를 통해 환자의 치료 과정을 관리하고 치료 효과를 높일 수 있으며, 교정 관리 분야에서 스마트 기술의 활용 가능성을 제시한다.

키워드 : 스마트 교정치료, 스마트 교정 관리 시스템, 헬스케어, 사물인터넷

Key Words : Smart Orthodontic Treatment, Smart Orthodontic Management System, Healthcare, IoT

ABSTRACT

As the goals of orthodontic treatment have expanded from purely functional to include aesthetic purposes, there has been a steady increase in the number of patients seeking orthodontic care. Notably, the proportion of adult patients continues to rise. While it is critical to maintain the alignment of orthodontically treated teeth, current methods do not allow for accurate tracking of patients' actual retainer wear time or provide immediate feedback. This can diminish the effectiveness of the treatment and lead to suboptimal outcomes. To address these challenges, this study proposes a smart orthodontic retainer management system. The system comprises a Smart Orthodontic Retainer Case equipped with sensors, a Patient App, and a Medical Data Management Server. The retainer case uses infrared sensors to detect the presence of the retainer and transmits this data to

* 이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 지역진흥화확신인재양성사업임(IITP-2024-2020-0-01791)

• First Author : Dong-Eui University, Department of Computer Software Engineering, 20236166@g.deu.ac.kr, 학생회원

^o Corresponding Author : Dong-Eui University, Department of Computer Software Engineering, yhpark@deu.ac.kr, 정회원

* Dong-Eui University, Department of Computer Software Engineering

** Dong-Eui University, Department of Computer Engineering

논문번호 : 202407-160-E-RN, Received July 29, 2024; Revised August 24, 2024; Accepted August 28, 2024

the app via Bluetooth. The app then tracks wear time and provides patients with visual feedback on their daily and weekly wear durations. The server processes this collected data and makes it available to healthcare providers, enabling them to monitor patients' retainer usage. This system not only facilitates the management of the treatment process but also enhances treatment outcomes, showcasing the potential for smart technology in orthodontic care.

I. 서 론

치아 교정 치료의 목적이 기능적 치료에서 미용적인 목적까지 확대됨에 따라, 치과 교정과를 찾는 환자의 수가 꾸준히 증가하고 있다. 특히, 성인 환자의 비율이 지속적으로 상승하는 추세를 보인다. 치아 교정 치료의 주요 목표는 치열과 안면의 미학적 향상, 정상적인 기능적 교합, 그리고 치료 결과의 유지를 포함한다¹⁻⁷⁾.

교정된 치아 유지 관리는 성공적인 치아 교정 치료의 중요한 요소다. 각 교정된 치아의 안정성 정도는 예측할 수 없으며, 치아는 유지되지 않으면 치료 전 위치로 돌아가는 경향이 있기 때문에 최종 교정 위치를 유지하기 위해 많은 노력이 필요하다⁸⁾.

치아 교정 치료의 목표를 달성하고 교정된 치아를 유지하기 위해 임상 교정 치료는 세 단계로 나눌 수 있다. 첫 번째는 진단 및 치료 계획 수립 단계, 두 번째는 동적 치료 단계, 그리고 마지막으로 보정 치료 단계이다. 교정 치료의 최종 단계인 보정 치료 단계에서는 보정 장치를 착용한 후에도 지속적인 의료진의 모니터링과 개입이 필요하다. 진단 및 치료 계획 수립 단계와 동적 치료 단계는 주로 의료진의 전문 지식과 노력을 통해 관리되지만, 보정 치료 단계에서는 환자의 적극적인 협조와 참여가 중요하다⁹⁾. 치아 교정 유지 장치는 고정식과 가철식 두 가지 유형으로 나뉘며, 고정식 교정 유지 장치는 치아를 지속적으로 조정하고 유지하기 위해 구강 내에 부착되는 방식이다. 반면에, 가철식 교정 유지 장치는 구강 내외에서 탈착이 가능한 형태로 제공된다³⁾. 가철식 유지 장치는 탈착이 가능하기 때문에 환자의 순응도에 따라 치료 효과가 달라질 수 있다. 이러한 장치를 권장된 시간보다 적게 사용하면 교정 결과에 부정적인 영향을 미칠 수 있다¹⁰⁾.

현재 교정 환자 관리는 주로 환자가 정기적으로 병원을 방문하여 의료진이 상태를 점검하고 진단하는 방식으로 이루어진다. 이 과정에서 환자가 치아 교정 유지 장치를 권장된 시간 동안 착용하는지에 대한 모니터링과 관리는 충분히 이루어지지 않는 경우가 많다. 대부분의 시스템이 환자의 자발적인 보고에 의존하고 있어, 실제 착용 시간과 권장 시간 사이에 차이가 발생할 수

있다. 이로 인해 치료 효과가 저하되거나 교정 결과가 악화될 수 있다¹⁰⁾. 따라서 환자들에게 치아 교정 유지 장치 착용 시간에 대한 실시간 피드백을 제공하고, 의료진이 환자의 협조도를 보다 정확하게 모니터링할 수 있는 통합 관리 시스템이 필요하다.

이러한 환자의 자발적 보고에 의존하는 현재 시스템을 개선하기 위해, 본 논문에서는 치아 교정 유지 장치 착용 시간을 모니터링하기 위한 객관적인 착용 시간 데이터 수집 방법을 도입한 새로운 방안을 제안한다. 이를 위해 치아 교정 유지 장치 보관함에 센서를 부착하여 실제 착용 시간을 자동으로 기록하는 시스템을 개발한다. 이렇게 수집된 데이터는 환자에게는 스마트폰 앱을 통해 제공되며, 의료진에게는 웹을 통해 모니터링하고 필요한 경우 알림을 보낼 수 있는 통합 관리 시스템을 구축한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 본 연구의 관련 연구를 검토하고, 3장에서는 제안된 치아 교정 유지 장치 보관함을 활용한 스마트 교정 관리 시스템의 설계 내용을 상세히 설명한다. 4장에서는 제안한 시스템의 구현 결과를 설명하고, 끝으로 5장에서는 연구의 결론을 맺고 향후 연구 방향을 제시한다.

II. 관련 연구

선행 연구^{11,12)}에서 다룬 치아 교정용 페이스마스크는 부정교합을 교정하기 위해 사용되는 교정 장치이다. 이 장치는 장시간 착용해야 하며 탈부착이 가능한 특성을 가지고 있어, 환자가 권장 시간 동안 올바르게 착용했는지 확인하는 것이 치료 효과에 영향을 미치지만, 이를 관리하고 모니터링 할 수 있는 시스템이 없었다. 이러한 문제를 해결하기 위해 선행 연구에서는 치아 교정용 페이스마스크에 압력 센서를 부착한 스마트 페이스마스크를 개발하고 이를 기반으로 한 통합 관리 시스템을 구축하였다. 이 시스템은 환자의 착용 여부를 감지하고, 착용 시간을 측정하여 환자용 앱을 통해 시각화된 정보를 제공한다. 또한, 환자용 앱은 측정된 스마트 페이스마스크 착용 시간 데이터, 날짜 데이터, 사용자 개인 정보를 서버로 전송하며, 의료 데이터 관리 서버는

이를 가공하여 필요한 정보를 사용자에게 제공한다. 이를 통해 기존 페이스마스크를 사용한 치아 교정 관리 방법에서 발생하는 불편함을 개선할 수 있었다. 이러한 선행 연구의 접근 방식은 다른 헬스케어 분야에서도 유사하게 적용되고 있다.

본 논문에서 제안하는 기반 기술들은 사물인터넷이 등장한 이후, IoT, 통신 기술, 센싱 분야에서 사물인터넷 디바이스를 통해 사용자 건강 상태를 분석하는 연구들이 다수 진행되었다^[12-14]. 예를 들어, 적외선 센서와 압력 센서를 이용한 시각장애인용 보행 보조 신발을 구현한 연구^[15]가 있다. 또한, 사회 소외계층인 독거노인을 대상으로 다양한 IoT 기기를 통해 PHR 생체 신호와 환경 정보를 수집하여 건강 상태를 모니터링하는 시스템^[16]을 개발한 사례도 있다.

가속도 센서로 비정상 움직임을 감지하고 생체 신호를 분석하여 사용자 상태를 예측하는 스마트 헬스 모니터링 시스템 연구 사례가 있다^[17]. 체온과 심박수를 측정해 3G로 전송하는 IoT 기반 바이탈 센싱 시스템을 구현한 연구도 있다^[18]. 라즈베리파이로 데이터베이스 서버를 구축하고 모바일 앱으로 센서를 모니터링하는 IoT 기반 배뇨 관리 시스템 개발 사례도 존재한다^[19].

이러한 기존 연구들은 생체정보 수집과 모니터링을 위해 다양한 센서와 무선 통신 기술을 활용하여 사용자 건강 상태를 실시간으로 파악한다는 점에서 본 논문과 유사한 접근 방식을 가지고 있다. 본 논문에서는 이러한 기존 연구를 바탕으로, 치아 교정 유지 장치의 착용 여부 및 착용 시간을 모니터링하는 시스템을 제안한다.

III. 시스템 설계

본 논문에서는 선행연구^[20]에서 설계한 내용을 기반으로 교정 유지 장치 보관함에 센서를 부착하여 유지 장치의 착용 시간을 측정하고, 환자는 앱을 통해 자신의 착용 상태를 확인하며 필요한 피드백을 받을 수 있으며, 치과 의사는 웹을 통해 환자의 유지 장치 착용 시간을 모니터링하고 관리할 수 있는 시스템을 제안한다.

제안한 시스템은 스마트 치아 교정 유지 장치 보관함, 환자용 앱, 그리고 의료 데이터 관리 서버로 구성되어 있으며, 그림 1은 시스템 내부 구조도를 나타낸다.

스마트 치아 교정 유지 장치 보관함은 내부에 부착된 센서를 통해 보관함 내부에 유지 장치의 존재 여부와 배터리 잔량 데이터를 특정 주기마다 통신 모듈을 통해 환자용 앱으로 전송한다. 이 보관함은 주로 교정 치료를 받고 있는 환자가 사용한다.

유지 장치 착용 여부를 판별하기 위해서는 교정 유지

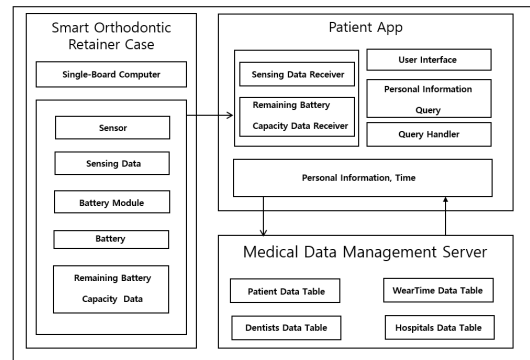


그림 1. 시스템 내부 구조도
Fig. 1. System Internal Structure Diagram

장치 내에 착용 감지센서를 부착하는 것이 효율적이다. 하지만, 사람 몸 내부에 전자장치를 삽입하는 의료도구를 상용화 하기 위해서는 식품의약품안전처의 허가가 필요하며 이를 위해서는 시간과 비용이 수반된다. 본 연구는 유지장치에 직접 감지센서를 부착하지 않고도 착용여부를 감지할 수 있는 간접적인 방법을 제시한다. 즉, 치아 교정 유지장치를 사용하지 않는 대부분의 시간은 보관함에 넣어 보관하는 점에 착안하여 보관함의 상태를 통해 착용 여부를 판단한다. 신호를 받은 시간부터 다시 장치가 보관함에 들어오기 전까지의 착용 시간을 측정하여 다양한 그래프 형태로 사용자에게 시각화해 제공한다. 이 환자용 앱은 주로 교정 치료를 받고 있는 환자와 그 보호자가 사용한다. 또한, 환자의 개인정보를 암호화하여 착용 시간 데이터와 날짜 데이터를 JSON 형식으로 특정 주기마다 의료 데이터 관리 서버로 전송

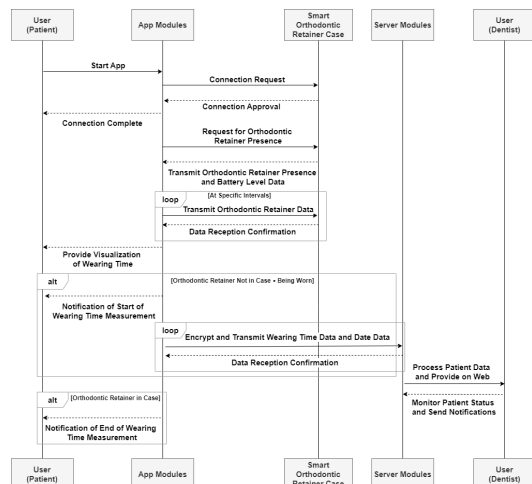


그림 2. 시스템 흐름도
Fig. 2. System Flowchart

한다. 의료 데이터 관리 서버는 환자용 앱으로부터 Restful API 통신 방식을 통해 전송받은 교정 유지 장치 착용 시간 데이터를 날짜 데이터와 함께 저장하며, 이를 일간, 주간, 월간 착용 시간 데이터로 가공하여 환자용 앱으로 전송한다. 이 모듈의 주요 사용자는 의료진으로 설정하였으며, 의료진은 웹 인터페이스를 통해 가공된 환자 데이터를 기반으로 환자의 상태를 모니터링 할 수 있도록 설계하였다.

그림 2는 본 논문에서 제안한 시스템 전체 흐름도를 나타낸다.

3.1 스마트 치아 교정 유지 장치 보관함

스마트 치아 교정 유지 장치 보관함(Smart Orthodontic Retainer Case Modules)은 여러 가지 구성 요소로 이루어진다. 이 보관함은 데이터 처리와 제어를 담당하는 단일 보드 컴퓨터(Single-Board Computer), 내부에 유지 장치의 존재 여부를 확인하는 감지 센서(Sensor), 감지 센서를 통해 측정된 센싱 데이터(Sensing Data), 그리고 전원을 공급하는 배터리 모듈(Battery Module)과 배터리(Battery)를 포함한다. 단일 보드 컴퓨터는 센싱 데이터와 배터리 잔량 데이터(Remaining Battery Capacity Data)를 처리하고, 내장된 통신 모듈을 통해 이 데이터들을 환자용 앱으로 전송한다.

감지 센서로는 초음파 센서, 적외선 센서, 카메라 센서, 마그네틱 센서, 레이더, IR-UWB 센서 등이 고려될 수 있다.

통신 모듈은 블루투스를 사용하여 보관함 내부에 치아 교정 유지 장치가 존재하는지에 대한 센싱 데이터와 보관함의 배터리 잔량 정보를 환자용 앱으로 전송한다.

배터리 모듈은 보관함이 무선으로 작동할 수 있게 설계되어 치아 교정 유지 장치를 착용하는 시간 이상 사용할 수 있도록 설계하였다. 유지 장치의 보관 여부는 센서의 측정값이 특정 임계치를 초과하면 보관 중으로, 그렇지 않으면 보관되지 않은 것으로 판단한다. 데이터 전송 주기는 다양한 실험을 통해 시스템 관리자가 적절하게 설정할 수 있으며, 보관함에 내장된 배터리의 효율성을 고려하여 최적화해야 한다. 또한, 환자용 앱은 실시간으로 사용자에게 데이터를 제공하여 유지 장치의 보관 상태와 배터리 상태를 모니터링한다.

그림 3은 스마트 교정 유지 장치 보관함을 3D 모델링한 결과이며, Autodesk사의 Fusion 360을 통해 설계하였다. 그림 3의 (a)는 보관함의 외관, (b)는 내부 구성 요소인 감지 센서, 통신 모듈, 배터리 모듈의 배치를 나타낸다.

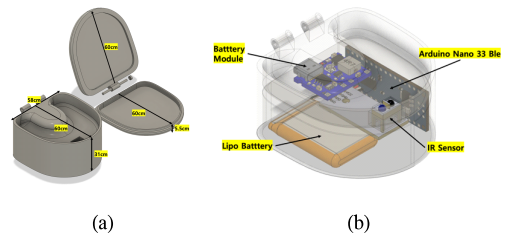


그림 3. 스마트 교정 유지 장치 보관함 3D 모델
Fig. 3. 3D Model of a Smart Orthodontic Retainer Case

3.2 환자용 앱

환자용 앱은 스마트 치아 교정 유지 장치 보관함에서 측정된 센싱 데이터와 보관함의 배터리 잔량 데이터를 통신 모듈로부터 전송받아 보관함 내에 치아 교정 유지 장치가 존재하지 않을 때부터 존재할 때까지의 시간을 측정하고 시각화하여 사용자에게 제공한다. 환자용 앱은 선행 연구^{11, 12, 20}에서 사용된 환자용 앱 프로토타입의 인터페이스를 개선한 버전으로, 사용자가 데이터를 더 직관적으로 이해할 수 있도록 설계하였다.

환자용 앱은 다음과 같은 주요 기능을 제공한다. 첫째, 감지 센서와 저전력 블루투스를 활용하여 치아 교정 유지 장치 보관함에 치아 교정 유지 장치가 있는지 확인한다. 장치가 없으면 착용 시간을 측정하고, 다시 보관함에 존재할 때까지의 시간을 내장 데이터베이스인 SQLite에 저장한 다음 특정 주기로 의료 데이터 관리 서버로 데이터를 전송한다. 둘째, 보관함에서 수집된 착용 시간 데이터를 그래프로 시각화하여 사용자가 쉽게 이해할 수 있도록 한다. 셋째, 의료진이 권장한 착용 시간 미만으로 사용자가 착용할 경우 경고 알람을 자동으로 전송한다. 넷째, 사용자의 정보와 착용 시간 데이터를 서버에 전송하여 일별, 주간별, 월간별 착용 시간을 확인할 수 있도록 한다.

이러한 기능을 통해 사용자는 자신의 치아 교정 유지 장치 착용 상태를 모니터링하고, 착용 권장 시간을 평가할 수 있다. 또한, 날짜 데이터를 함께 서버에 전송함으로써 장기적인 착용 패턴 분석도 가능하다.

3.3 의료 데이터 관리 서버

의료 데이터 관리 서버는 스마트 치아 교정 유지 장치의 착용 시간 데이터, 날짜 정보 및 사용자 정보를 저장하고 관리한다. 이를 통해 의료진은 환자 정보를 시각적으로 모니터링할 수 있다. 본 논문에서는 선행 연구에서 사용된 데이터베이스 테이블 구조를 사용하며, 사용자 편의성을 개선하기 위해 웹 페이지의 업데이트된 버전을 설계하였다.

의료 데이터 관리 서버에서는 다음과 같은 네 개의 주요 테이블을 설계하였다. WearTime 테이블은 환자의 치아 교정 유지 장치 착용 시간 정보를 저장하며, Dentists 테이블은 의료진 정보를 저장한다. Patient 테이블은 환자 정보를, Hospital 테이블은 치과 병원 정보를 각각 저장한다. 이 테이블 구조는 표 1-4와 같다.

표 1. 디바이스 착용 시간 정보 테이블 구조
Table 1. Device Wear Time Table Structure

Column Name	Type	comment
id	int	Index
patient_no	int	Patient unique number
wearDate	date	Date
totalWear Time	time	Wear Time

표 2. 의료진 정보 테이블 구조
Table 2. Dentists Table Structure

Column Name	Type	comment
id	int	Dentist ID
name	varchar	Dentist Name
HospitalID	int	Assigned Hospital ID
Phone Number	varchar	Dentist Phone Number

표 3. 환자 정보 테이블 구조
Table 3. Patient Info Table Structure

Column Name	Type	comment
no	int	Patient unique number
id	varchar	Login ID
pw	varchar	Login Password
name	varchar	Patient Name
device	varchar	Device Type
birthDate	date	Birth Date
startDate	date	Orthodontic start date
endDate	date	Orthodontic end date
HospitalID	int	Assigned Hospital ID
DentistID	int	Assigned Dentist ID

표 4. 병원 정보 테이블 구조
Table 4. Hospital Table Structure

Column Name	Type	comment
id	int	Hospital ID
name	varchar	Hospital Name
address	varchar	Hospital Address
Phone Number	varchar	Hospital Phone Number

의료진은 제공된 정보를 기반으로 환자의 착용 패턴과 치료 상태를 쉽게 모니터링할 수 있으며, 필요에 따라 알림 기능을 통해 환자에게 적절한 조언이나 경고 메시지를 보낼 수 있다. 이를 통해 치료 과정을 적극적으로 관리하고, 환자가 적절한 치료를 받을 수 있도록 지원한다. 개선된 웹을 통해 의료진은 직관적이고 편리하게 데이터를 조회하고 분석할 수 있으며, 환자의 상태에 맞춰 사전에 대응할 수 있다.

IV. 구현 결과

스마트 치아 교정 유지 장치 관리 시스템은 스마트 치아 교정 유지 장치 보관함을 중심으로 환자용 앱과 블루투스를 통해 연결된다. 연결이 성공적으로 완료되면, 보관함은 치아 교정 유지 장치의 존재 여부와 배터리 잔량 데이터를 환자용 앱으로 전달한다.

환자용 앱은 보관함으로부터 수신한 데이터를 분석하여 치아 교정 유지 장치가 보관함에 있는지 존재 여부를 파악한다. 사용자가 치아 교정 유지 장치를 착용 중일 경우, 환자용 앱은 착용 시간 측정을 시작하고 착용이 종료될 때까지의 시간을 계산하여 사용자에게 그래프로 시각화하여 보여준다. 또한, 착용 시간이 부족한 경우 사용자에게 경고 알림을 보내어 적절한 조치를 취할 수 있도록 한다.

의료 데이터 관리 서버는 수집된 환자의 착용 시간 데이터, 날짜 정보 및 사용자 정보를 저장하고 관리한다. 이를 통해 의료진은 웹 인터페이스를 통해 환자의 상태를 시각적으로 모니터링하고, 필요 시 알림을 전송하여 환자에게 적절한 조언이나 경고 메시지를 보낼 수 있다.

4.1 스마트 치아 교정 유지 장치 보관함

그림 4는 그림 3을 기반으로 3D 모델링 된 스마트 치아 교정 유지 장치 보관함 프로토타입 모델의 구현된 결과이다. 그림 4의 (a)는 보관함의 후면, (b)는 전면, (c)는 내부이며 (b)에 보관 중인 것이 교정 유지 장치이다.

보관함 내부 구성 요소들은 Arduino Nano 33 BLE, IR 센서, 배터리 모듈, LiPo 배터리 등을 포함한다. 자세한 스마트 치아 교정 유지 장치 보관함의 스펙은 표 5와 같다.

스마트 치아 교정 유지 장치 보관함은 야간 감지 기능, 투과성, 감지 거리, 저전력 소비, 크기 및 비용 등을 종합적으로 평가한 결과, 적외선(IR) 센서가 측정 센서로 가장 적합하다고 판단했으며, 이를 통해 장치의 보관

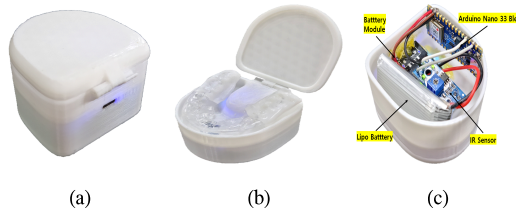


그림 4. 스마트 치아 교정 유지 장치 보관함 프로토타입
Fig. 4. Smart Orthodontic Retainer Case Device Prototype

표 5. 스마트 교정 유지 장치 보관함 사양
Table 5. Specifications for Smart orthodontic retainer case

NO	Image	Category	Specifications
1		Single-Board Computer	Arduino Nano 33 BLE 5.0
2		IR Sensor	TCRT5000 Infrared proximity sensor
3		Battery Module	Charge and Discharge Integrated Module
4		Battery	3.7 V Lithium Ion Battery 500mAh

여부를 감지한다.

보관함 내부에는 적외선(IR) 센서와 배터리 모듈이 단일 보드 컴퓨터에 연결되어 있으며, 프로토타입에서는 저전력 블루투스 통신 기능이 내장된 단일 보드 컴퓨터로 Arduino Nano 33 BLE 모듈을 사용한다.

프로토타입에서는 센싱 데이터 범위를 1~100으로 설정하였으며, 실험을 통해 0.3cm 거리에서 물체의 존재 여부를 감지하는 데 적합한 임계치를 17로 설정하였다. 스마트 치아 교정 유지 장치 보관함의 측정 센서가 치아 교정 유지 장치를 감지하면, 보관 여부를 나타내는 데이터인 1과 0을 주기적으로 통신 모듈을 통해 환자용 앱으로 전송하여 보관 여부를 확인할 수 있도록 하였다. 프로토타입에서는 10초 주기로 보관 여부 데이터를 환자용 앱으로 전송하도록 설정하였다.

4.2 환자용 앱

그림 5는 스마트 치아 교정 유지 장치 관리 시스템의 환자용 앱 화면을 나타내며, 이는 선행 연구에서 사용된 프로토타입 모델의 위젯 배치 및 구성을 개선하여 구현한 것이다.

(a)의 ①을 통해 사용자는 스마트 치아 교정 유지 장치 보관함과의 블루투스 연결 상태를 확인할 수 있다. 블루투스 연결이 완료되면 보관함과의 연결이 표시된다.

(b)의 ②를 통해 교정 유지 장치의 착용 유무를 확인



그림 5. 스마트 교정 관리 시스템 화면
Fig. 5. Smart Orthodontic Management System Screen

할 수 있으며, ③은 사용자가 당일 치아 교정 유지 장치의 착용 시간 및 권장 시간 대비 착용 시간 비율을 확인할 수 있다. 착용 시간은 텍스트와 함께 막대 그래프로 시각화되어 있어 사용자가 직관적으로 이해할 수 있다. ④는 사용자가 사용하는 디바이스의 종류(페이스마스크 또는 교정 유지 장치 보관함), 기기 배터리 잔량, 앱 데이터와 서버 데이터의 마지막 동기화 시간을 나타낸다. 앱 데이터와 서버 데이터 동기화는 특정 주기마다 진행되며, 본 연구에서는 5분 주기로 동기화를 진행하도록 구현하였고, 환자용 앱을 통해 수동으로 동기화할 수도 있다.

(c)의 ⑤는 사용자가 최근 7일간의 착용 시간을 막대 그래프로 확인할 수 있다. 이 그래프는 서버에 저장된 누적 데이터를 기반으로 주간 착용 시간 데이터를 시각화한 것이다.

4.3 의료 데이터 관리 서버

그림 6은 의료 데이터 관리 서버에서 의료진에게 제공하는 환자 모니터링 웹 인터페이스로, 의료진이 환자의 정보를 관리하고 모니터링할 수 있는 웹 페이지이다. 이 인터페이스를 통해 의료진은 환자의 주간 착용 시간 그래프를 시각적으로 확인하고, 환자별 상세 정보를 파악할 수 있다.

의료 데이터 관리 서버는 스마트 치아 교정 유지 장치 보관함과 환자용 앱으로부터 전송받은 데이터를 가공하는 역할을 한다. 이와 함께 의료진에게 웹 페이지를 제공하여 환자 관리와 모니터링을 지원한다. 의료진은 웹 페이지를 통해 환자들의 유지 장치 착용 시간 정보를 검색할 수 있으며, ①을 통해 각 환자의 정보 데이터를 기반으로 1주일 간의 착용 시간을 시각화된 그래프로 확인할 수 있다. 이를 통해 의료진은 환자의 착용 패턴

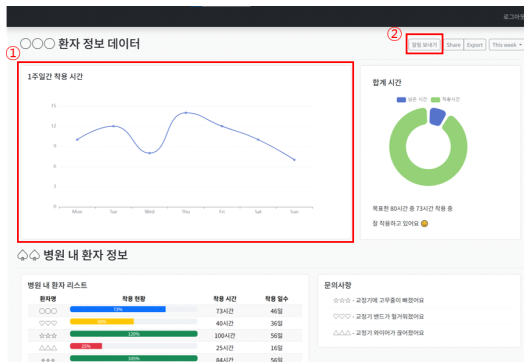


그림 6. 환자 모니터링 웹 인터페이스
Fig. 6. Patient Monitoring Web Interface

을 모니터링하고, 필요에 따라 ②를 통해 앱 푸시 메시지로 알람을 보내어 적절한 조치를 취할 수 있다.

의료 데이터 관리 서버는 이러한 기능을 통해 환자의 치료 과정을 관리하고, 의료진이 환자의 상태를 파악할 수 있도록 돕는다.

V. 결 론

본 논문에서는 치아 교정 유지 장치를 관리하기 위해 스마트 치아 교정 유지 장치 보관함을 활용한 관리 시스템을 제안한다. 이는 선행 연구^[11,12,20]의 후속 연구로서, 기존 연구의 개념을 확장하고 개선한 것이다.

본 시스템은 스마트 치아 교정 유지 장치 보관함, 환자용 앱, 의료 데이터 관리 서버로 구성되며, 각 모듈은 환자의 교정 치료 과정을 모니터링하고 관리할 수 있도록 설계되었다. 스마트 치아 교정 유지 장치 보관함은 감지 센서, 통신 모듈, 배터리 모듈로 구성되며, 적외선(IR) 센서를 통해 치아 교정 유지 장치의 존재 여부를 감지하고, 이를 블루투스를 통해 환자용 앱으로 전송한다. 프로토타입에는 적외선(IR) 센서, 저전력 블루투스 통신 모듈인 Arduino Nano 33 BLE, LiPo 배터리 모듈 등을 사용한다. 보관함은 보관 여부 데이터를 특정 주기로 환자용 앱에 전송하며, 이 주기는 10초로 설정하였다.

환자용 앱은 보관함으로부터 전송받은 데이터를 바탕으로 환자가 치아 교정 유지 장치를 착용 중인 시간을 측정하고 시각화하여 사용자에게 제공한다. 착용 시간이 부족한 경우, 환자용 앱은 사용자에게 경고 알람을 보낸다. 또한, 환자용 앱은 수집한 데이터를 특정 주기로 의료 데이터 관리 서버에 전송하며, 이 주기는 5분으로 설정하였고, 사용자의 개인정보와 착용 시간 데이터를 암호화하여 전송한다.

의료 데이터 관리 서버는 수집한 데이터를 가공하여 의료진에게 제공하고, 환자의 착용 패턴과 치료 상태를 시각적으로 모니터링할 수 있도록 지원한다. 의료진은 환자의 정보를 기반으로 치료 과정을 관리하고, 필요 시 알람을 통해 환자에게 적절한 조언이나 경고 메시지를 보낸다.

본 논문에서 제안한 시스템을 통해 환자는 치아 교정 유지 장치의 착용 상태를 모니터링하고, 치료 과정을 관리할 수 있다. 이를 통해 교정 환자의 만족도를 높이고, 치아 교정 관리 분야에서 스마트 기술의 활용 가능성을 제시할 수 있다. 향후 연구에서는 교정 유지 장치에 다양한 센서를 부착하여 감지 정확도를 높이고, 스마트 치아 교정 유지 장치 보관함과 환자용 앱 간의 통신 주기를 최적화하여 배터리 효율성을 향상시키는 것을 목표로 한다. 또한, 환자용 앱을 통해 환자뿐만 아니라 보호자도 치아 교정 유지 장치 착용 시간을 확인할 수 있도록 시스템을 발전시킬 예정이다.

References

- [1] D. G. Lee, S. S. Han, and W. K. Yoo, "Comparison of related influencing factors on medical services satisfaction between general dental patients and orthodontic patients," *The Korea Contents Assoc.*, vol. 18, no. 6, pp. 257-266, Jun. 2018.
(<https://doi.org/10.5392/JKCA.2018.18.06.257>)
- [2] E. S. Jung, S. Y. Oh, S. H. Lim, E. J. Kim, and K. H. Lee, "A study of hospital determinants and treatment satisfaction of patients in an orthodontic clinic, specifically targeting 20-year-old patients," *Korean Soc. Dental Hygiene*, vol. 18, no. 5, pp. 751-761, Oct. 2018.
(<https://doi.org/10.13065/jksdh.20180064>)
- [3] S. H. Chung and H. K. Lee, "Trends in malocclusion patients of yeungnam university hospital," *Yeungnam Univ. Inst. Med. Sci.*, vol. 23, no. 1, pp. 71-81, Jun. 2006.
(<https://doi.org/10.12701/yujm.2006.23.1.71>)
- [4] S. Ristoska, B. Dzipunova, E. Stefanovska, V. Rendzova, V. Radojkova-Nikolovska, and B. Evrosimovska, "Orthodontic treatment of a periodontally-affected adult patient (case report)," *Open Access Macedonian J. Medical*

- Sci.*, vol. 7, no. 14, pp. 2343-2349, 2019.
(<https://doi.org/10.3889/oamjms.2019.629>)
- [5] H. Alqahtani, "Medically compromised patients in orthodontic practice: Review of evidence and recommendations," *Int. Orthod.*, vol. 17, no. 4, pp. 634-645, Dec. 2019.
(<https://doi.org/10.1016/j.ortho.2019.08.015>)
- [6] S. H. Hwang and S. G. Park, "Experience of orthodontic treatment and symptoms of temporomandibular joint in south Korean adults," *Iranian J. Public Health*, vol. 47, no. 1, pp. 13-17, 2018.
- [7] M. H. Oh, A. H. Park, M. Kim, E. A. Kim, and J. H. Cho, "Part II. What drives Korean adults to seek orthodontic treatment: Factors contributing to orthodontic treatment decisions," *Korean J. Orthodontics*, vol. 51, no. 1, pp. 3-10, Jan. 2021.
(<https://doi.org/10.4041/kjod.2021.51.1.3>)
- [8] M. Valiathan and E. Hughes, "Results of a survey-based study to identify common retention practices in the United States," *American J. Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, vol. 137, no. 2, pp. 170-177, Feb. 2010.
(<https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2008.03.023>)
- [9] J. H. Choi and C. H. Moon, "Discomfort caused by the circumferential comfortable retainer (CCR) as a removable maxillary retainer," *J. Korean Assoc. Orthodontists*, vol. 40, no. 5, pp. 352-333, Oct. 2010.
(<https://doi.org/10.4041/kjod.2010.40.5.325>)
- [10] L. Sangalli, F. Savoldi, D. Dalessandri, L. Visconti, F. Massetti, and S. Bonetti, "Remote digital monitoring during the retention phase of orthodontic treatment: A prospective feasibility study," *Korean J. Orthodontics*, vol. 52, no. 2, pp. 123-130, Mar. 2022.
(<https://doi.org/10.4041/kjod.2022.52.2.123>)
- [11] M. S. Jung, D. H. Kim, J. Kim, S. C. Kim, Y. J. Kim, and Y. H. Park, "Design and implementation of orthodontic smart face mask-based orthodontic management system," *Spring Conf. Korean Ind. Inf. Soc. in 2023*, pp. 365-368, Busan, Korea, 2023.
- [12] M. S. Jung, J. Kim, D. H. Kim, and Y. H. Park, "Design and implementation of a smart orthodontic management system using smart face masks for orthodontics," *J. Korea Inst. Inf. and Commun. Eng.*, vol. 28, no. 1, pp. 97-105, 2024.
(<https://doi.org/10.6109/jkiice.2024.28.1.97>)
- [13] H. J. La, M. K. Kim, and S. D. Kim, "A health assessment platform with IoT devices," *KIISE Trans. Comput. Practices*, vol. 22, no. 5, pp. 225-234, 2016.
(<http://dx.doi.org/10.5626/KTCP.2016.22.5.225>)
- [14] S. H. Hong and B. K. Ju, "Application and case analysis of IoT-based smart healthcare," *J. KICS*, vol. 37, no. 4, pp. 31-38, Apr. 2020.
- [15] C. M. Yang, J. Y. Jung, and J. J. Kim, "Walking assistive shoes for visually impaired person using infrared sensor and pressure sensor," *J. Rehabilitation Welfare Eng. & Assistive Technol.*, vol. 11, no. 2, pp. 147-156, 2017.
(<https://doi.org/10.21288/resko.2017.11.2.147>)
- [16] H. L. Hur and M. C. Park, "Design of monitoring system based on IoT sensor for health management of an elderly alone," *J. Korea Soc. Comput. and Inf.*, vol. 25, no. 8, pp. 81-87, 2020.
(<https://doi.org/10.9708/jksci.2020.25.08.081>)
- [17] S. W. Yoo and S. H. Bae, "Design and implementation of smart healthcare monitoring system using bio-signals," *J. Korea Inst. Inf., Electr., and Commun. Technol.*, vol. 10, no. 5, pp. 417-423, 2017.
(<http://dx.doi.org/10.17661/jkiict.2017.10.5.417>)
- [18] K. H. Kang, J. Park, and Y. S. Lee, "Development of vital sensing transmission system based on internet of thing (IoT) sensor," *J. Digital Contents Soc.*, vol. 20, no. 2, pp. 221-229, 2019.
(<http://dx.doi.org/10.9728/dcs.2019.20.2.221>)
- [19] H. J. Lee, K. H. Lee, and H. J. Lee, "Design and implementation of IoT based urination management system," *The J. Korea Inst.*

Electr. Commun. Sci., vol. 12, no. 1, pp. 209-218, 2017.

(<http://dx.doi.org/10.13067/JKIECS.2017.12.1.209>)

- [20] M. S. Jung, J. M. Lee, N. J. Kim, S. W. Jang, and Y. H. Park, "Design of an orthodontic management system using a retainer case for orthodontic appliances," *Summer Conf. Korean Inst. Commun. and Inf. Sci. in 2024*, pp. 688-689, Jeju, Korea, 2024.

정 민 수 (Min-su Jung)



2023년 8월 : 동의대학교 컴퓨터소프트웨어공학과 공학사 졸업

2023년 8월~현재 : 동의대학교 컴퓨터소프트웨어공학과 석사과정

<관심분야> 자연어처리, RAG, 거대언어모델, 인공지능, 딥러닝, 헬스케어

[ORCID:0009-0003-2598-7809]

이 중 민 (Jong-min Lee)



2019년 3월~현재 : 동의대학교 컴퓨터소프트웨어공학과 학사과정

<관심분야> 모바일, 헬스케어, 임베디드, 인공지능

[ORCID:0009-0004-8523-0063]

김 남 주 (Nam-ju Kim)



2019년 3월~현재 : 동의대학교 컴퓨터소프트웨어공학과 학사과정

<관심분야> 헬스케어, 클라우드, 인터넷 시스템

[ORCID:0009-0000-4519-4839]

장 시 웅 (Si-woong Jang)



부산대학교 전자계산학과 이학박사

대우통신(주) 종합연구소

現, 동의대학교 컴퓨터공학과 교수

現, 동의대학교 스마트자동차연구소 연구소장

現, 동의대학교 블록체인기술연구소 연구소장

<관심분야> IT융합, 차량용 네트워크, 데이터베이스, 영상처리, 인공지능

[ORCID:0009-0005-3446-5468]

박 유 현 (Yoo-hyun Park)



2008년 : 부산대학교 전자계산학과 이학박사

2000년 : 한국 국방 연구원 (KIDA) 연구원

2001년~2009년 : 한국전자통신연구원(ETRI) 선임연구원

2012년~2014년 : 동의대학교 부산IT융합부품연구소 부소장

2009년~현재 : 동의대학교 컴퓨터소프트웨어공학과 교수

2021년~2024년 : 동의대학교 ICT융복합연구소장

<관심분야> 헬스케어, 클라우드, 빅데이터, 인터넷 시스템

[ORCID:0009-0004-5561-1623]