



Received: 2023/05/31  
Revised: 2023/06/13  
Accepted: 2023/06/28  
Published: 2023/06/30

**\*Corresponding Author:**

**Jun Jeong**

C41STAR Integrated Product Support R&D(Maritime),  
LIG Nex1  
255, Pangyo-ro, Bundang-gu, Seongnam-si,  
Gyeonggi-do, 13486, Republic of Korea  
Tel: +82-32-326-9366  
Fax: +82-31-288-9123  
E-mail: jeongjun@lignex1.com

**Abstract**

우리나라 해군의 핵심전력인 잠수함은 고도의 전문성과 경험이 요구되는 승조원 양성 및 유지가 중요한데, 최근 열악한 근무환경 등으로 인해 승조원의 유출이 이어지고 있으며, 2016년부터 2020년까지 712명의 인력을 양성했지만 368명이 이탈해 유출률은 51.6%에 이르고 있다. 본 연구에서는 잠수함 승조원 이탈의 이유 중 하나를 스트레스로 보고, 승조원 스트레스 완화 방안으로 VR을 활용한 방안에 대해 연구하였다.

For submarines, which are the core power of the Korean Navy, it is important to nurture and maintain crew members that require a high level of expertise and experience. From 2016 to 2020, 712 people were trained, but 368 people left, so the outflow rate reached 51.6%. In this study, one of the reasons for the departure of the submarine crew was considered as stress, and a method of using VR as a way to relieve the crew member's stress was studied.

**Keywords**

잠수함 승조원 스트레스(Submarines Crew Stress), 디지털 치료제(Digital Therapeutics/Therapy), 외상 후 스트레스장애(PTSD), 심박 변이도(Heart Rate Variability)

# 디지털치료제 개념 및 VR을 활용한 잠수함 승조원 스트레스 완화 시스템

## Submarine Crew Stress Relief System Using Digital Therapy Concept and VR

정준<sup>1\*</sup>, 이기원<sup>2</sup>, 박병호<sup>1</sup>, 이승률<sup>2</sup>, 김만수<sup>2</sup>, 차종한<sup>2</sup>

<sup>1</sup>LIG넥스원 C41STAR IPS 연구소 선임연구원

<sup>2</sup>LIG넥스원 C41STAR IPS 연구소 수석연구원

**Jun Jeong<sup>1\*</sup>, Ki-Won Lee<sup>2</sup>, Byeong-ho Bak<sup>1</sup>, Seung-Ryool Lee<sup>2</sup>, Man-soo Kim<sup>2</sup>, Jong-Han Cha<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Research engineer, C41STAR Integrated Product Support R&D Lab, LIG Nex1

<sup>2</sup>Chief research engineer, C41STAR Integrated Product Support R&D Lab, LIG Nex1

### 1. 서론

해양 및 조선강국인 우리나라는 1979년 최초의 국산 호위함인 울산함을 건조한 이래 구축함, 호위함, 대형 수송함 등의 수상함을 성공적으로 개발하였고, 마침내 2021년 3,000톤급 중형잠수함을 국내 독자개발 완료하여 해군에 인도하는데 성공하였다. 잠수함은 비대칭 전력으로써 전시 상황을 뒤집을 수 있는 역량을 가지고 있으나, 잠수함을 운용하는 국가는 생각보다 많지 않다. Fig. 1에서와 같이 복합무기체계로서 개발(건조)이 어렵고 승조원의 교육훈련에 많이 비용이 소요되기 때문이다[1].

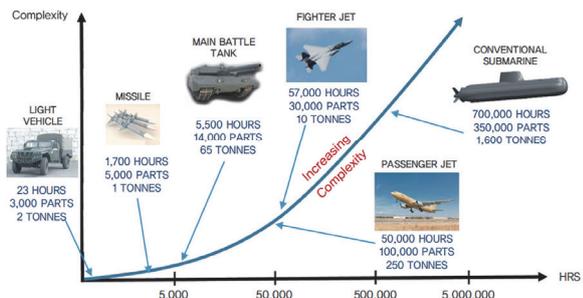


Fig. 1. 타 무기체계 대비 잠수함의 복잡도 비교[1]

교육을 받고 운용 노하우를 축적한 승조원이 잠수함 전력의 핵심이라 할 수 있지만, 최근 우리나라에서는 잠수함 승조원의 유출이 이어지고 있다. 자료에 따르면 2016년부터 2020년까지 712명의 인력을 양성했지만 368명이 이탈해 유출률은 51.6%에 이르고 있고 이로 인해 약 120억원의 비용손실이 발생하고 있다.

이처럼 잠수함 승조원 양성에 많은 비용이 소요되지만 열악한 근무 환경과 이를 상쇄할만한 급여 및 지원 프로그램 등이 제공되지 않기 때문에 잠수함 승조원은 계속 이탈하고 있으며 이에 따라 잠수함 운용 노하우 역시 축적되지 못하고 있다. 승조원의 1인당 거주공간은 약 1.1평으로 교도소 독방(1.6평)보다 좁고, 잠수함 내부 CO<sub>2</sub> 농도의 경우 최고 4,258 ppm이며 이는 실내 권장 농도 1,000 ppm의 약 4배에 달해 두통 및 현기증을 유발할 수 있다. 또한, 연평균 약 140일을 항해하며 한 번 출동 시 3~4주간 외부와 연락이 단절된다[2]. 위와 같은 문제점을 해결하기 위한 방안으로 수당 인상 등 처우 개선 측면의 해결방안이 제시되고 있으나, 스트레스 감소/해소를 위한 근본적인 처방이 동반될 경우 더 효과적인 결과를 얻을 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구에서는 물리적 환경에서 오는 스트레스를 잠수함 승조원 이탈의 원인 중 하나로 보고[3] 스트레스 감소를 위한 방안으로 공간상의 제약을 고려하여, 최근 새로운 치료법의 하나로 부각되고 있는 디지털치료제 개념 및 VR을 적용할 수 있는 방안에 대해 연구하였다.

## 2. 선행연구조사 및 이론적 배경

2019년 COVID-19의 등장으로 비대면 수요가 늘어남에 따라 정신건강과 심리치료 분야에서도 가상현실 치료(virtual reality therapy, VRT)에 대한 연구가 증가하고 있다. 가상현실치료는 가상현실 공간 속에서 문제를 극복할 수 있는 치료적 환경과 상황을 부여하고 시공간의 제약 없이 치료받을 수 있다는 이점 등으로 다양한 치료적 측면의 가능성을 최근 인정받고 있다[4]. 외상 후 스트레스장애, 우울, 불안 등의 정신질환 증상 등에 가상현실치료의 효과가 부분적으로 확인이 되어 요즘과 같은 전염병으로 인한 언택트 시대에 원격 치료의 기반 마련에 큰 도움이 될 수 있을 것으로 예측되기 때문이다.

이와 같은 사회적 요구에 따라 ‘디지털치료제(DTx)’는 현재 미국을 중심으로 빠르게 성장하고 있으며 질병

을 치료 및 관리 예방하는 치료 목적의 VR콘텐츠들에 대한 미국 FDA의 후속 승인이 이어지고 있다[4]. 디지털치료제 및 가상현실치료 관련 선행연구 조사 결과는 Table 1과 같다.

**Table 1.** 디지털치료제 및 가상현실치료 관련 선행연구

제목	발표자	연도
VR을 이용한 ADHD 진단을 위한 디지털치료제[5]	손하민 외 3명	2022
외상 후 스트레스 장애 환자를 위한 가상현실치료 프로그램의 체계적 문헌고찰[6]	이원경 외 2명	2021
불안장애에 대한 가상현실치료 국내동향분석[7]	정문주 외 3명	2020
디지털치료제(DTx) 기반 가상현실치료(VRT) 유형 및 특성 연구 - VR 콘텐츠 대표 사례를 중심으로 -[4]	이동연 외 2명	2022

### 2.1 디지털치료제

디지털치료제의 개념은 Nature Bio-technology 저널에 2015년 실린 ‘Defining Digital Medicine’이란 논문에서 시작했다. 디지털치료제(digital therapeutics, DTx)는 디지털 헬스 제품 혹은 서비스와 달리 독립적으로 환자에게 의학적 질병이나 질환을 예방, 진단하거나 혹은 치료할 수 있는 소프트웨어적인 치료제를 의미한다[4][8]. 디지털치료제 연합회(DTx Alliance)에서는 디지털치료제를 사용목적에 따라 ① 건강상태 취급, ② 의학적 장애나 건강관리 예방, ③ 복약 순응도 개선을 통한 최적화 ④ 질병의 치료 등 크게 4가지로 구분하고 있다.

2019년 1월 KHIDI 바이오헬스 리포트에서는 디지털치료제를 기존 치료제와 구분하였을 때 임상적으로 검증된 특정질환에 대한 치료적 효과 및 의사 처방에 대해서 공통점이 있었지만, 부작용, 비용, 복약관리, 모니터링 및 데이터관리 등 전반적인 구분항목에서 기존 치료제보다 뛰어난 이점을 지닌 것을 확인하였다[4]. 기존 치료제 대비 디지털치료제의 특징은 Table 2와 같다.

이에 2017년 미국 식품의약국(FDA)은 약물중독 치료를 위한 모바일 어플리케이션인 ‘리셋(reSET)’을 국제 시장에 허가하는 등 북미와 유럽을 중심으로 디지털

치료제 시장은 급속히 성장하고 있다[10]. 디지털치료제(DTx)의 종류로 어플리케이션(APP), 게임, 가상현실(VR), AI 등 다양한 소프트웨어가 활용되는데 특히 최첨단 기술인 가상현실(VR)기술을 사용한 디지털치료제는 기존 모바일 앱의 디지털치료제보다 치료 접근성과 효과의 측면에서 뛰어날 수밖에 없는데 그 이유는 가상현실이 주는 이점이 심리치료의 목적에 부합하여 치료 효과가 극대화되기 때문이다[4][11].

**Table 2.** 디지털치료제 특징[9]

공통점/차이점	기존 치료제	디지털치료제
공통점	임상적으로 검증된 특정질환에 대한 치료효과 및 의사처방	
부작용	독성 및 부작용 있음	독성 및 부작용 없음
비용	고비용·고위험	매우 적음
복약	관리 불가	실시간, 연속적 관리 가능
차이점		
모니터링	환자상태 모니터링 불가	24시간 실시간 환자상태 모니터링 가능
데이터	환자데이터 수집, 관리, 저장 어려움	환자데이터 맞춤분석 가능 (환자 스스로 데이터 수집, 관리)

2.2 가상현실치료

가상현실치료(virtual reality therapy, VRT)는 프로그래밍된 컴퓨터와 시각적 몰입장치를 사용해 환자에게 어려움을 만드는 심리상태를 진단하고 치료하는 경험을 제공해주는 디지털 치료법이다[4][12]. 이는 환자를 주변의 감각으로부터 격리한 뒤 시각적 환상을 제공하고 몰입할 수 있도록 설계된 정보통신 기술을 활용하는데, 불안장애, 섭식장애, 성적장애, 전반적 발달장애, 정신장애 등의 다양한 정신 및 심리 분야에 넓게 사용되고 있다[4][13][14].

가상현실치료(VRT)는 ‘3개의 I 이론’(3 I Theory)인 안에서의 몰입(immersion) 요소와 상호작용(interaction) 그리고 상상(imagination)으로 정의된다[4][15]. 또한 시각, 촉각, 청각, 후각, 미각 자극과 같은 다감각 다중모형자극을 사용하기에 가상공간 속 환경과 자극을 조절할 수 있는 등 기존의 전통적 치료법과 비교할 때 명백한 치료적 이점을 가진다[4][16]. 가상현실(VR) 기술을 사용한 디지털치료제 또한 동일한 이점을 가질

수 있으며, Table 2에서와 같이 가상현실(VR)을 활용한 콘텐츠의 효과성 및 중요성을 확인할 수 있는 연구들이 최근 활발하게 진행되고 있는 것을 알 수 있다. 이들 연구에서 가상현실을 사용한 프로그램/시스템의 내용구성과 그에 대한 효과 입증과 관련한 연구내용, 의료분야 적용 동향 등의 내용을 확인할 수 있다[4].

**Table 3.** 가상현실치료 관련 기술적 & 의학적 연구문헌[4]

제목	발표자	연도
가상현실을 이용한 자기자비 기반 발표불안 노출치료 프로그램 개발과 효과검증[17]	서준호	2021
주의력결핍 과잉행동장애 진단을 위한 가상현실 기반 디지털치료제 시스템[18]	류승호	2021
가상현실(VR)의 의료분야 적용 동향[19]	전황수	2019
가상 의료환경 지원을 위한 인체데이터 서비스 연구[20]	이승복	2021

2.3 생체신호 인공지능 분석 기술

VR을 활용한 디지털치료제 적용 전·후 스트레스 상태를 모니터링하기 위하여 생체신호 분석 기술을 활용한다. 신체 부착형(예: 가슴) 심전도 검사기를 통해 일정 기간 동안 심전도 모니터링을 수행하고 Fig. 2와 같이 데이터를 저장한다. 이후 수집된 생체신호에 딥러닝 등의 기술을 적용하여 특성을 추출한다. 이를 통하여 육안으로는 식별 불가능한 심전도 데이터의 미세한 차이를 감별할 수 있으며, 기존 심전도 검사에서는 확인할 수 없었던 심부전증에 대한 정보와 심근경색 등 주요 심장질환을 검출할 수 있다[21].



**Fig. 2.** 심전도 분석소프트웨어 구동 화면[21]

### 3. 사례연구

본 연구에서 VR 콘텐츠를 활용한 치료 사례를 조사한 결과는 Table 4와 같다[4]. 적용 방법으로는 긴장완화를 통한 방법, 노출치료를 활용하는 방법 등 다양한 방법이 제시되고 있다.

Table 4. VR 콘텐츠 활용 치료

업체/기관	콘텐츠	참고 이미지
virtually better	Relaxation Suite	
virtually better	Virtual Reality Exposure Therapy (VRET) (노출치료)	
Healing HealthCare System	C.A.R.E.® VRx	
조지아 공대	Virtual Vietnam (노출치료)	

### 4. VR을 활용한 잠수함 승조원 스트레스 완화 방안

본 연구에서는 앞에서 살펴본 이론 및 사례를 바탕으로 디지털치료제 개념의 VR을 활용한 잠수함 승조원 스트레스 완화 시스템(방안)을 제시하며, 개념도는 Fig. 3와 같다. 또한 Fig. 3에 나타난 개념을 적용하기 위하여 예상되는 HW, SW 및 콘텐츠를 Table 5와 같이 제시하였다.

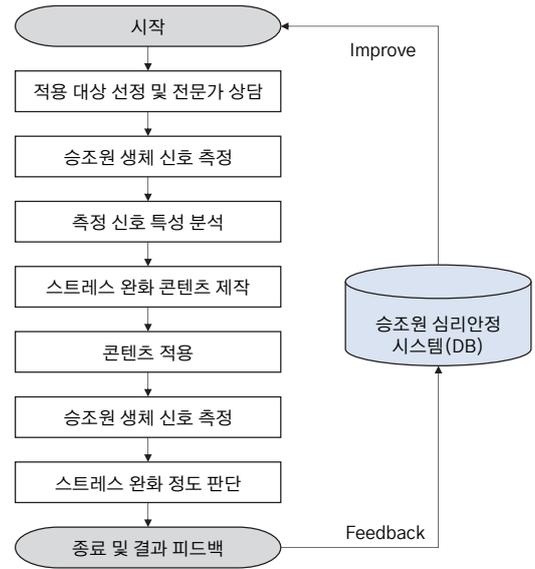


Fig. 3. 승조원 스트레스 완화 시스템 개념

Table 5. HW/SW/콘텐츠 구성(안)

구분	내용
운용 장비 (HW)	심전도 측정센서 세트
	뇌파 측정센서 세트
	러기드 노트북
심리상태 모니터링 시스템 (SW)	HMD 세트
	ECG 특징추출/DB 모듈 개발
	심리상태 진단 모듈 개발
디지털 콘텐츠 제작	HMI 구현 및 매뉴얼 개발
	긴장완화용 VR 콘텐츠
	공포증(phobia) 치유용 VR 콘텐츠
	불안증(anxiety) 치유용 VR 콘텐츠

Fig. 3의 개념을 적용하고 Table 5의 구성품을 활용하여 Fig. 4와 같은 process를 통해 승조원 스트레스 완화를 추구한다. 콘텐츠 적용 후에는 스트레스 완화 효과 측정을 위해 센서를 이용한 정량적 방법 및 만족도 설문조사를 활용한 정성적 평가를 수행한다.

잠수함 승조원 대상으로 불안장애, 폐소공포증, 긴장완화, 심리안정 등의 효과를 얻기 위한 구체적인 기능과 성능은 아래와 같다.

- 승조원 신체에 부착하여 생체신호를 측정할 수 있어야 하며, 부착장비는 임무수행에 방해가 되지 않아야 한다.

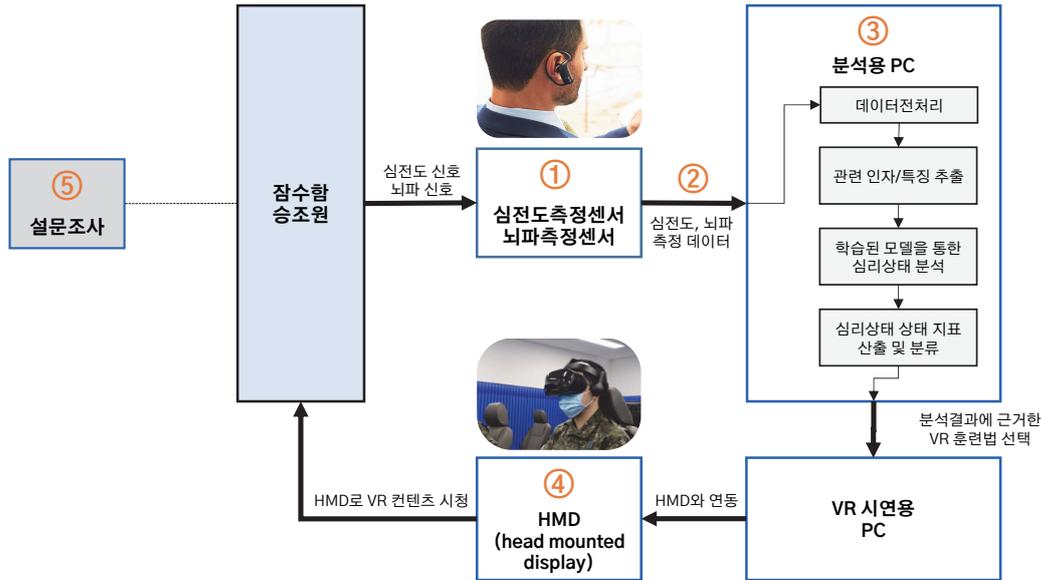


Fig. 4. 승조원 스트레스 완화 시스템 구성

- 측정데이터를 통한 신체신호 검출 및 디지털 변환이 가능해야 한다.
- 디지털 데이터에 대한 전처리를 수행해야 하며, 스트레스 상태분류 및 관련 인자/특징 추출이 가능해야 한다.
- 디지털콘텐츠(VR)는 함내에서 HMD 등을 통해 승조원에게 적용 가능해야 한다.
- 디지털콘텐츠 적용 전/후 스트레스 완화 효과를 정량적 지표(예: 상태반영 뇌파분석지표, 심박변이분석지표 등)로 측정할 수 있어야 한다.
- 측정 데이터를 저장할 수 있어야 한다.
- 생체신호 모니터링 SW는 일반 상용 PC에서 운용이 가능해야 한다.
- 기타 콘텐츠 관련 사항
  - VR 기기는 함 승조원이 간편하게 운용할 수 있어야 한다.
  - VR 콘텐츠의 빛과 색상은 눈에 부담을 주거나 피로하게 만들지 않아야 한다.
  - VR 콘텐츠의 화면 변화와 이동이 자연스러워야 한다.
  - VR 콘텐츠는 소리의 크기 조절이 가능해야 한다.

또한, 군 보안 및 잠수함 탑승환경을 고려한 제약사항은 아래와 같다.

- 함정 특성상 외부와의 통신이 제한된다.

- USB 등 이동식 저장 매체 사용이 제한된다.
- 잠수함 특성상 탑재 HW의 중량 고려가 필요하다.
- 기타 보안규정을 준수해야 한다.

### 5. 결론

본 연구에서는 최근 새로운 치료법으로 대두되고 있는 디지털치료제 개념과 최신기술인 VR을 적용하여 폐쇄된 환경에서 생활하는 승조원의 스트레스를 개선할 수 있는 방안에 대해 연구하였다. 이를 위해 디지털치료제 및 VR 치료제에 대해 선행연구 및 사례조사를 수행하여 본 연구의 효과/타당성에 대해 조사하였다.

잠수함의 경우 공간 제약성이 크기 때문에 본 연구를 적용한 방안이 더욱 효과적인 것으로 예상된다. 스트레스 완화를 통한 승조원 이탈률 감소로 인적/경제적 손실 방지를 기대할 수 있으며(이탈률 1% 감소 시 약 0.26 억원의 승조원 양성비용 손실 방지) 경제적 손실 방지 외에 잠수함 운용능력 향상을 통한 국방력 향상효과도 기대할 수 있다. 또한 스트레스로 인한 질환 예방으로 장기적으로 승조원 건강유지 및 의료비 절감을 기대할 수 있고 디지털콘텐츠의 특성상 동일한 심리안정 시스템을 단기간 내 확대 적용할 수도 있다.

향후 디지털치료제 관련 최신 법령/기술 추세 및 사례 조사를 통해 본 연구를 보완하고, 본 연구의 방법이 적용될 경우 실제 적용효과 분석을 통해 연구 방법을 보완할 수 있을 것으로 예상된다.

## 참고문헌

- [1] “해양강국의 부활을 꿈꾸다. 국내기술로 만든 첫 번째 중형잠수함 도산안창호함,” 국방과학기술, 제511호(2021. 9), pp. 38~45.
- [2] 김지훈, 잠수함 승조원 한해 절반 이상 유출...“처우 매우 열악”, 2021.10.14. 머니투데이, <https://news.mt.co.kr/mtview.php?no=2021101416352493161>
- [3] 노광호, 해군 함정 승조원의 직무스트레스가 직무태도에 미치는 영향 - 잠수함과 수상함 승조원의 비교를 중심으로 -, 2018. 12, 연세대학교 석사학위논문.
- [4] 이동연, 한정엽, 이하은, 디지털치료제(DTx) 기반 가상현실치료(VRT) 유형 및 특성 연구 - VR 콘텐츠 대표 사례를 중심으로 -, 한국공간디자인학회 논문집 제17권 4호 통권 81호, pp. 183-194.
- [5] 손하민, 이준희, 최정훈, 정태명, (2022). VR을 이용한 ADHD 진단을 위한 디지털 치료제. Broadcasting and Media Magazine, Vol. 27, No. 1, pp. 38-48.
- [6] 이원경, 김희정, 조영신, (2021) 외상 후 스트레스 장애 환자를 위한 가상현실치료 프로그램의 체계적 문헌고찰, 정신간호학회지, Vol. 30, No. 2, pp. 119-140.
- [7] 정문주, 김지수, 류영수, 강형원, (2020) 불안장애에 대한 가상현실치료 국내동향분석, 동의신경정신과학회지, Vol. 31, No. 4, pp. 279-288.
- [8] 류승호. “주의력결핍 과잉행동장애 진단을 위한 가상현실 기반 디지털치료제 시스템,” 국내석사학위논문, 성균관대학교 일반대학원, 2021. 서울.
- [9] 이원국, 약 대신 앱 처방하는 시대가 온다, (2020. 4. 23), 헬스경향, <https://www.khan.co.kr/life/health/article/202004231134002>
- [10] 정현정, (2021, 3월 29일). [이슈분석] 떠오르는 ‘디지털 치료제’...상용화 과제는, 전자신문 3면. <https://www.etnews.com/20210326000116?m=1>
- [11] 김수아, 가상현실 치료 연구 동향 고찰 - 국외학술지를 중심으로-, 2017. 2, 선문대학교 통합의학대학원, 석사학위논문.
- [12] Ryan, Mattox, (2009, April 24). AF doctors use virtual reality to treat PTSD, U.S. Air Force. <https://web.archive.org/web/20110914031943/http://www.af.mil/news/story.asp?id=123145910>
- [13] Gregg, L., & Tarrier, N., (2007) Virtual reality in mental health. Psychology & Marketing, Vol. 42, pp. 343-354.
- [14] Levac, D., E., & Galvin, J., (2012, April 01) When is virtual reality “therapy”? Arch Phys Med Rehabil.
- [15] Burdea, G., & Coiffet, P., (2003) Virtual Reality Technology, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- [16] North M., M., North S., M., & Coble, J., R., (1996). Effectiveness of virtual environment desensitization in the treatment of agoraphobia. Presence-Teleop, Vol. 1, No. 2, pp. 346-352.
- [17] 서준호, “가상현실을 이용한 자기자비 기반 발표불안 노출치료 프로그램 개발과 효과 검증,” 국내박사학위논문, 가톨릭대학교대학원, 2021, 경기도.
- [18] 류승호, “주의력결핍 과잉행동장애 진단을 위한 가상현실 기반 디지털치료제 시스템,” 국내석사학위논문, 성균관대학교 일반대학원, 2021, 서울.
- [19] 전황수, (2019) 가상현실(VR)의 의료분야 적용 동향, [ETRI] 전자통신동향분석, Vol. 34, No. 2.
- [20] 이승복, “가상 의료환경 지원을 위한 인체데이터 서비스 연구,” 국내박사학위논문, 충남대학교대학원, 2021, 대전.
- [21] 식품의약품안전처 보도참고자료, 2021.10.25., 제16호 혁신의료기기 ‘심전도 분석소프트웨어’ 지정.