



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

장혜진 교수 지도  
박사학위 청구논문

몰입(Flow) 이론에 기반한 항공우주  
가상박물관 디자인 및 분석

2024

성신여자대학교 대학원  
미술학과  
관원팅 (樊芸廷)

몰입(Flow) 이론에 기반한 항공우주  
가상박물관 디자인 및 분석

장혜진 교수 지도

이 논문을 박사학위 논문으로 제출함

2024년 04월

성신여자대학교 대학원

미술학과

관원팅 (樊芸廷)

# 인 준 서

판원팅의 박사학위 논문으로 인준함

2024년 06월

심사위원장 이흥구 (서명 또는 인)

심사위원 황상진 (서명 또는 인)

심사위원 강혜진 (서명 또는 인)

심사위원 이병학 (서명 또는 인)

심사위원 이준 (서명 또는 인)

성신여자대학교 대학원

## 논문개요

가상박물관은 문화 교육, 관광 홍보, 문화유산 보존, 예술 교류 분야 등에서 널리 활용되고 있다. 기존의 가상박물관은 그래픽 처리 능력, 디스플레이 방식 등 기술적 한계로 인해 온라인 환경에서 풍부한 브라우징 체험을 제공하는데 제약이 많았다. 또한 대부분의 경우 ‘인간 중심’의 디자인 이념을 무시한 ‘사물 중심’이 주를 이루었다. 기존의 가상박물관 디자인은 사용자의 다양한 심리적 요인과 다양한 감각의 통합 체험을 고려하지 않고 디자인의 합리성과 사용자 만족도를 정량화할 객관적인 지표 역시 부족하다. 이에 따라 본 논문에서는 전통 박물관학의 이론적 토대와 가상박물관의 ‘지능화’ 발전 추세를 바탕으로 시각·청각·촉각의 감각통합과 결합된 몰입 이론을 도입하여 새로운 가상박물관 디자인 체계를 제안하고 사례 검증을 수행하였다. 구체적인 연구 내용 및 결론은 다음과 같다.

(1) 다감각 체험과 사용자의 심리 요인이 박물관 디자인에 상호결합된 관계와 디자인 구조에 대해 논의하였다. 대영박물관, 구글 가상박물관, 프랑스로브르르박물관 등 국내외 유명 가상박물관 10여 곳의 디자인 규칙을 분석하여 가상박물관의 다감각 인터랙티브 디자인의 주요 형태를 연구하고, 감각 체험과 사용자 심리 요인의 결합 관계를 논증하였다. 또한 사용자의 심리적 인지, 정신적 인식, 몰입 체험 세 가지 차원에서 사용자의 심리 요인이 가상박물관 디자인에 미치는 영향을 논의하고, 전통적인 가상박물관 조직 구조를 기반으로 사용자의 심리 요인을 통합한 디자인 구조를 제안하였다. 그 결과, 다감각 체험 요소와 사용자의 심리 요인이 가상박물관 디자인에 중요한 의의를 지니고 있음을 확인할 수 있었다.

(2) 몰입 이론과 딥러닝을 고려한 가상박물관 디자인 방안을 제안하였고,

여기에 사회심리학의 상관 개념들을 통합시켰다. 사용자 심리 요인을 통합한 디자인 이념을 확립한 후, 사용자 심리를 주관적 심리, 특성 심리, 작용 심리로 구분하고, 몰입 개념을 도입하여 사용자의 브라우징 만족도를 객관적으로 표현하는 평가 지표로 삼았다. 즉 사용자가 몰입 상태에 도달하는 등급을 통해 사용자 심리 요인을 고려한 가상박물관 디자인 효과를 평가하였고, 이를 바탕으로 몰입 이론과 딥러닝 방법에 기반한 가상박물관 디자인 체계를 제안하고, 항공우주 가상박물관을 사례로 삼아 그 방안을 검증하였다. 그 결과, 몰입 상태 등급은 가상박물관 디자인의 실행 가능성과 사용자의 체험 만족도를 측정하는 중요한 지표로 사용될 수 있으며, 몰입 이론에 기반한 가상박물관 디자인 계획은 사회심리학의 관련 개념을 충족시키는 물론 다양하고 체험적이며 사용자 친화적인 가상 전시관 서비스를 구현하는데 유용하다는 사실을 확인할 수 있었다.

(3) 몰입 이론을 융합한 항공우주 디지털박물관 및 항공우주 가상박물관을 구축하여 디자인 이론의 정확성을 검증하였다. Django 개발 프레임워크를 기반으로 한 항공우주 디지털박물관과 Unity3D를 기반으로 한 항공우주 가상박물관을 각각 디자인하고, 사용자 심리 요인을 고려한 최적화된 신경망 추천 알고리즘을 디지털박물관에 통합하여 사용자의 개인화된 맞춤형 브라우징 체험을 향상시켰다. 그리고 최종적으로 사용자의 실제 체험에 대한 설문 조사를 통해 본능적 차원, 행동적 차원, 반성적 차원의 세 가지 측면에서 사용자의 사용 체험을 분석하였다. 분석 결과, 본 논문에서 제안한 알고리즘은 기존의 시간 기반 추천 알고리즘보다 추천 정확도가 높았다. 이를 통해 사용자 심리 요인을 고려한 항공우주 디지털박물관은 사용자로부터 높은 평가를 받았으며, 다양하고 심층적인 인터랙티브 체험을 제공할 수 있다는 사실을 확인하였다.

(4) 사용자의 체험 분석을 통해 항공우주적 요소들이 고도로 사실적인 3D

모델링과 몰입형 감각 디자인을 통해 사용자들에게 시각적인 임팩트를 주는 것으로 나타났다. 사용자들은 가상박물관의 감각 체험이 실제 감각을 자극하고 몰입감을 조성한다고 인식하였다. 동시에 몰입 이론에 기반한 몰입형 및 대화형 디자인을 통해 더 많은 사용자들이 몰입 상태에 도달할 수 있음을 확인하였다. 항공우주 가상박물관의 인터랙티브 디자인과 몰입 이론의 도입을 통해 사용자들은 항공우주 박물관에서의 체험을 크게 개선할 수 있었으며, 항공우주의 세계에 완전히 몰입하여 능동적으로 탐색하고 학습하며 더 많은 지식과 즐거움을 얻을 수 있었다. 또한 항공우주적 요소에 대한 사용자들의 주의력과 집중도가 높아짐으로써 항공우주 과학 지식의 깊이를 향상시킬 수 있었다. 이를 통해 몰입 이론 모델을 통합한 항공우주 가상박물관 디자인의 합리성과 실행 가능성을 검증하였다.

핵심어 : 가상박물관, 감각체험, 몰입 이론, 항공우주, 사용자 체험

# 목 차

논문개요

I. 서론 .....	1
1.1 연구 배경과 의의 .....	1
1.2 연구 내용과 방법 .....	12
1.2.1 연구의 내용 .....	12
1.2.2 연구 방법과 주요 기술 .....	13
1.2.3 연구의 구조 .....	15
II. 감각체험/사용자 심리 요인과 박물관 디자인의 결합 관계 및 구조 .....	16
2.1 이론적 배경 및 연구 현황 분석 .....	16
2.1.1 가상박물관 연구 현황 분석 .....	16
2.1.2 가상박물관의 감각 인터랙션 기술에 대한 연구 현황 분석 .....	21
2.1.3 가상박물관의 사용자 심리 요인 연구 현황 분석 .....	26
2.2 감각통합 인터랙션 체험과 박물관 디자인의 결합 관계 .....	31
2.2.1 시각 전달과 박물관 .....	32
2.2.2 청각 전달과 박물관 .....	38
2.2.3 촉각 전달과 박물관 .....	41
2.2.4 시각·청각·촉각 통합 인터랙션 전달과 박물관 .....	44
2.2.5 기타 감각 체험과 박물관 .....	46
2.3 사용자 심리 요인과 가상박물관 디자인의 결합 관계 .....	53

2.3.1 인지 심리와 박물관 .....	54
2.3.2 정신적 인식과 박물관 .....	62
2.3.3 몰입 체험과 박물관 .....	65
2.4 사용자의 심리 요인을 고려한 가상박물관 디자인 구조 연구 .....	68
2.4.1 가상박물관의 조직 구조 .....	68
2.4.2 사용자 심리 요인을 고려한 가상박물관의 주요 특징 .....	74
2.4.3 사용자 심리 요인을 고려한 가상박물관의 주요 대상 .....	77
2.5 요약 .....	79
III. 몰입 이론을 융합한 가상박물관 디자인 메커니즘 연구 .....	81
3.1 몰입 이론의 도입 배경과 기본 개념 .....	81
3.1.1 사용자의 관람 심리 분류 .....	81
3.1.2 몰입과 사용자 관람 만족도 .....	85
3.1.3 몰입 상태 등급과 측정 분석 .....	90
3.1.4 가상박물관 디자인 몰입 이론 모델 .....	95
3.2 딥러닝과 몰입 이론을 결합한 박물관 디자인 방법 .....	101
3.2.1 딥러닝의 개념과 응용 배경 .....	101
3.2.2 딥러닝과 몰입 디자인 이론의 상호결합과 시너지 .....	104
3.3 요약 .....	106
IV. 몰입 이론을 융합한 항공우주 가상박물관의 디자인과 분석 .....	108
4.1 항공우주 가상박물관 웹페이지 포트 디자인 .....	111
4.1.1 개발 도구 및 기술 프레임워크 .....	111
4.1.2 몰입 이론을 기반으로 한 시스템 디자인 .....	112

4.2 몰입 요인을 고려한 개인 맞춤형 추천 알고리즘의 최적화 .....	115
4.2.1 방사형 기저 함수 신경망(Radial Basis Function Neural Networks, RBF) .....	115
4.2.2 RBF 신경망 경사하강법 .....	117
4.2.3 다중 표적 입자군 최적화(Multi-Objective Particle Swarm Optimization; MPSO) .....	118
4.2.4 MPSO-RBF 알고리즘 .....	119
4.3 항공우주 디지털박물관 추천 시스템의 응용과 평가 .....	122
4.3.1 추천의 정확성과 간결성 .....	125
4.3.2 추천 속도 .....	126
4.3.3 사용자 체험 .....	129
4.4 항공우주 가상박물관 디자인 .....	131
4.4.1 가상현실 전시관 디자인 방안의 확정 및 구축 .....	131
4.4.2 디자인 컨셉과 모델 구축 및 최적화 .....	136
4.4.3 몰입형 환경 디자인 .....	142
4.4.4 인터랙션 체험 디자인 .....	155
4.4.5 시각·청각·촉각 통합디자인 .....	169
4.5 요약 .....	172
V. 사용자 체험 분석 .....	174
5.1 가상박물관 사용자 체험 측정의 원리와 절차 .....	175
5.1.1 사용자 체험 측정 과정 .....	175
5.1.2 데이터 수집 .....	178
5.1.3 참가자 .....	179
5.1.4 설문지에 포함된 질문에 대한 분석 .....	179

5.1.5 테스트의 합리성 분석 .....	181
5.2 사용자 체험 테스트 결과 분석 .....	182
5.2.1 초기 조사 연구 결과 .....	182
5.2.2 첫인상 조사 결과 분석 .....	184
5.2.3 사용자 방문 행동 분석 .....	186
5.2.4 브라우징 데이터 기록 분석 .....	188
5.2.5 사용자 감정 피드백 조사 결과 분석 .....	190
5.3 항공우주 가상박물관 사용자 체험 만족도 분석 .....	193
5.4 요약 .....	198
VI. 결론 .....	200
6.1 결론 .....	200
6.2 연구의 전망 .....	204
참고문헌 .....	206
ABSTRACT .....	224
부록 .....	228

# I. 서론

## 1.1 연구 배경과 의의

박물관은 특정 시대의 정신적인 의미를 담고 있는 문화적 매개체로서 기능을 담당하고 있다. 초창기의 박물관은 문화유산이나 유물의 수집과 기록을 주요 목적으로 삼았기 때문에 박물관의 디자인 역시 주로 전시물의 디스플레이에 초점을 맞춰 유물을 어떻게 보여줄 것인가를 강조하였다.<sup>1)</sup> 그러나 20세기 말 미국의 유명한 박물관 이론가인 스티븐 와일(Stephen Weil)은 박물관의 디자인 철학이 ‘무언가에 대한 것(Being about Something)’에서 ‘누군가를 위한 것(Being for Somebody)’으로 변화해야 한다고 제안하였고, 이러한 관점은 박물관학 분야에 지대한 영향을 미쳤다.<sup>2)</sup> 현대 박물관은 그 목적을 점차 변화시켜 교육을 중요시하여 방문자의 학습과 체험에 더욱 중점을 두고 있으며, 방문자의 개인적인 요구와 동기를 강조하는 방향으로 나아가고 있다.<sup>3)</sup> 또한 현대 박물관은 ‘인간 중심’의 디자인 방법을 채택하여 사용자의 체험을 종합적으로 고려하고 있는데, 그중에서도 시각·청각·촉각 통합디자인은 연구자들이 자주 사용하는 수단 중 하나가 되었다.<sup>4)</sup> 1980년대에 시작된 시각·청각·촉각 통합디자인은 새로운 상호작용 경험에 주목하는 신생 학문 분야로, 주요 목표는 스마트 인터랙션, 영상 등의 수단을 통해 현대 테크놀러지의 음향, 빛, 전기 등 다양한 요소를 결합하여 관람객의 감각을 자극함으로써 몰입형 체험을 실현하는 것이다.<sup>5)</sup> 그러나 기술

1) Weil S E. From being about something to being for somebody: The ongoing transformation of the American museum[J]. Daedalus, 1999, 128(3): 229-258.

2) 같은 문헌, 같은 곳.

3) Harada T, Hideyoshi Y, Gressier-Soudan E, et al. Museum experience design based on multi-sensory transformation approach[C]//DS 92: Proceedings of the DESIGN 2018 15th international design conference. 2018: 2221-2228.

4) Gobbato V. Collections emerge from the shadows: exhibition design, or a multi-sensory approach to reinvesting in collections[J]. Museum International, 2022, 74(1-2): 18-29.

5) Wu Y N, Huang Y Y, Guo W T, et al. Multi-sensory Interactive Experience Design of

수준의 한계와 제작비용의 영향 등으로 인해 오프라인 박물관에서 활용되고 있는 사용자를 위한 시각·청각·촉각 통합디자인은 일정한 제약을 받고 있다.<sup>6)</sup> 인터넷의 발전으로 인해 열린 디지털 시대는 전통적인 오프라인 박물관의 한계를 보완하고 전시 내용과 표현 방식을 다양화하는 새로운 가능성을 제공한다. 이러한 시대적 요구에 따라 등장한 디지털 가상 감각 박물관은 박물관 디자인 분야에서의 중요한 의의와 발전 가능성을 지닌다.<sup>7)</sup>

몰입형 체험과 가상박물관에 대한 초기의 연구는 주로 가상현실 기술과 응용의 혁신에 집중되었다. 이 단계에서의 박물관 디자인은 사용자 심리 요인의 개념과 아직 통합되지 않았지만, 가상박물관의 내용 및 관련 기술 수단의 혁신을 풍부화함으로써 가상박물관의 발전과 대중화를 크게 촉진시켰다.<sup>8)</sup> 팔리오카스(Paliokas) 등의 연구자들은 오프라인 박물관을 배경으로 현대 AR 요소의 잠재력을 연구한 후, 핵심 AR 응용에서 게임 및 교육 요소를 추가적으로 사용함으로써 박물관 방문객의 전반적인 현장 체험을 향상시킬 수 있다고 제안하였다.<sup>9)</sup> 또한 텐넨트(Tennent) 등은 박물관 디자이너가 가상현실 기술을 사용하여 VR 장치를 제공할 수 있을 뿐만 아니라 이를 확장하여 주목할만한 관람 효과도 가능하다고 제안하였다. 하지만 이러한 연구들은 여전히 가상현실 기술을 오프라인 박물관에 접목시키는 문제에 국한되었을 뿐, 가상박물관 자체의 구축과 관련된 문제를 다루지 않았다.<sup>10)</sup> 곤잘레

---

Museum Musical Instrument Collections[C]//International Conference on Human-Computer Interaction. Cham: Springer Nature Switzerland, 2023: 420-437.

6) Gong W, Xiao B. Research on Factors Influencing Users' Technology Acceptance of Virtual Museums[C]//International Conference on Human-Computer Interaction. Cham: Springer International Publishing, 2021: 374-388.

7) Laukkanen T, Xi N, Hallikainen H, et al. Virtual technologies in supporting sustainable consumption: From a single-sensory stimulus to a multi-sensory experience[J]. International Journal of Information Management, 2022, 63: 102455.

8) Dümen A Ş, Koyaz M, Çeliker-Cenger Y. Unfolding the material: A proposal of a multi-sensory experience oriented material exhibition medium[J]. Materials & Design, 2022, 219: 110740.

9) Paliokas I, Patenidis A T, Mitsopoulou E E, et al. A gamified augmented reality application for digital heritage and tourism[J]. Applied Sciences, 2020, 10(21): 7868.

스-예브라(González-Yebra) 등은 몰입형 가상 캠퍼스 환경을 구축하고 이 시스템에 대한 대학생 그룹의 사용 만족도를 테스트했다. 연구 결과, 이러한 몰입형 가상 장면은 대학생 그룹에게 열광적인 환영을 받았으며, 동시에 몰입형 가상박물관의 실현 가능성을 보여주었다.<sup>11)</sup> 이 기간 동안 가상박물관 관련 기술은 급속히 발전하였고 후속되는 ‘인간 중심’ 디자인 개념의 성숙과 완성에 중요한 기술적 토대를 제공하였다.<sup>12)</sup>

이를 바탕으로 심도 깊은 연구가 진행됨에 따라 가상박물관은 문화 및 교육 분야에서 그 역할과 중요성이 폭넓게 주목받고 있다. 먼저, 다감각 가상박물관은 사람들에게 시간과 장소의 제약 없이 전 세계의 문화유산과 박물관을 탐험할 수 있는 새로운 문화 및 교육 경험을 제공한다.<sup>13)</sup> 이러한 혁신적인 문화 및 교육 모델은 보다 많은 대중들에게 문화유산과 박물관에 접근하고 이해할 수 있는 기회를 제공함으로써 문화 및 교육의 수용자 범위를 확대하고 인류 문명의 다양한 유산을 유지하고 전승하는 데 도움을 준다.<sup>14)</sup> 이러한 배경 아래에서 구글은 이 분야에 대해 중점적으로 주목하고 있다. 구글은 2011년 2월에 가상박물관 프로젝트를 시작하였고, 2016년에 그림1과 같이 현대적인 구글 가상박물관(Google Arts & Culture)을 공식 출시하였다. 이 플랫폼은 360도 파노라마 촬영 기술을 채용하여 사용자가 인터넷을 통해 세계 각지의 박물관, 예술 작품 및 역사 유적을 탐색하고 감상할 수 있도록

---

10) Tennent P, Martindale S, Benford S, et al. Thresholds: Embedding virtual reality in the museum[J]. Journal on Computing and Cultural Heritage (JOCCH), 2020, 13(2): 1-35.

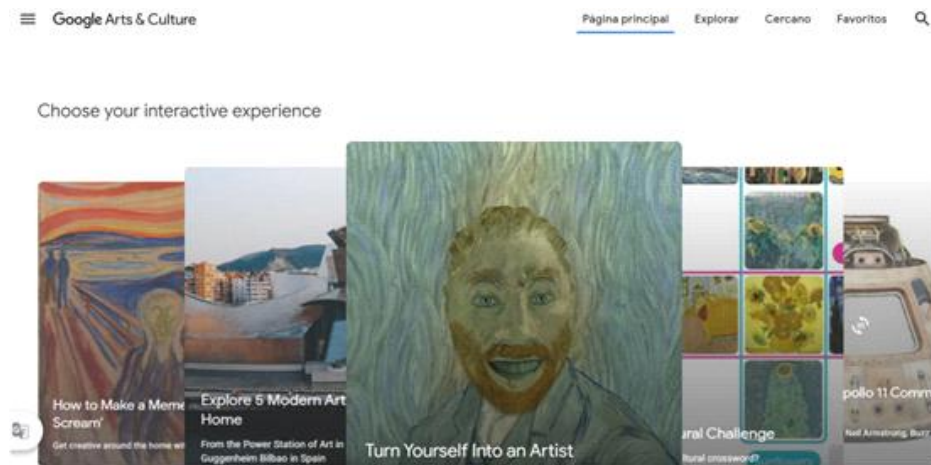
11) González-Yebra Ó, Aguilar M A, Aguilar F J, et al. Co-design of a 3D virtual campus for synchronous distance teaching based on student satisfaction: Experience at the University of Almería (Spain)[J]. Education Sciences, 2019, 9(1): 21.

12) Yang Y, Zhang H, Chen M, et al. An inheritance mode of rural cultural heritage based on virtual museum in China[J]. International Journal of Computer Games Technology, 2021, 2021: 1-14.

13) Meier C, Berriel I S, Nava F P. Creation of a virtual museum for the dissemination of 3D models of historical clothing[J]. Sustainability, 2021, 13(22): 12581.

14) Kamariotou V, Kamariotou M, Kitsios F. Strategic planning for virtual exhibitions and visitors' experience: A multidisciplinary approach for museums in the digital age[J]. Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage, 2021, 21: e00183.

한다.<sup>15)</sup> 사용자는 화면을 자유롭게 클릭, 확대, 이동하며 마치 박물관의 구석구석을 직접 둘러보는 것처럼 작품과 전시물을 더 깊이 이해하고 감상할 수 있다. 이 플랫폼의 목표는 전 세계의 사용자들이 공간의 한계를 뛰어넘어 세계 유수의 박물관과 미술관에 원격으로 접근하여 전 세계의 진귀한 예술품들을 감상할 수 있도록 하는 것이다.<sup>16)</sup>



<그림 1> 구글 가상박물관(Google Arts & Culture) 홈페이지  
(출처: <https://artsandculture.google.com/>)

둘째, 가상박물관에 대한 심층 연구는 가상 감각 상호작용 기술의 발전을 촉진하는 데 도움이 된다. 최근 몇 년간 급부상한 가상 감각 상호작용 기술은 교육, 문화, 엔터테인먼트 등 다양한 분야에서 널리 사용되며, 상당한 발전 가능성을 보여주고 있다.<sup>17)</sup> 가상박물관의 디자인, 설계 및 응용에 대한

15) Verde A, Valero J M. Virtual museums and Google arts & culture: Alternatives to the face-to-face visit to experience art[J]. International Journal of Education and Research, 2021, 9(2): 43-54.

16) Reigosa Lombao C. Google Arts & Culture y los museos virtuales: nuevas herramientas de difusión del patrimonio cultural[C]// Simposio anual de Patrimonio Natural y Cultural ICOMOS España. Editorial Universitat Politècnica de València, 2021: 157-162.

17) Cho J D. A study of multi-sensory experience and color recognition in visual arts appreciation of people with visual impairment[J]. Electronics, 2021, 10(4): 470.

체계적인 연구를 통해 가상 시각·청각·촉각 통합 상호작용 기술의 적용 효과와 사용자 체험을 지속적으로 개선할 수 있으며, 이를 통해 VR 상호작용, Unity 모델링과 같은 관련 기술의 혁신과 발전을 촉진할 수 있다.<sup>18)</sup> 고고학 발굴 후의 유물 전시를 예로 들자면, 애크로스(Arcos) 등의 연구자들은 2019년에 3D 재구성과 가상현실 기술이 고고학 분야에서 어떤 핵심적인 역할을 할 수 있을지에 대해 논의했다.<sup>19)</sup> 그들은 이러한 첨단 기술이 유물 뒤에 숨겨진 역사적 이야기를 더 효과적으로 보여줄 수 있으며, 대중들에게 더 풍부한 학습 경험을 제공할 수 있다고 주장했다.<sup>20)</sup> 동시에 가상박물관 전시와 인터랙션의 요구를 충족시키기 위해 기술 개발자들은 하드웨어 장치, 소프트웨어 도구 및 알고리즘의 지속적인 혁신을 추구하고 있다. 오쿨러스 리프트(Oculus Rift), HTC 바이브(Vive), 마이크로소프트 홀로렌즈(Microsoft HoloLens) 등의 헤드셋 디스플레이 장치의 출시는 가상박물관에 보다 사실적이고 몰입적인 고퀄리티의 시각적 체험을 제공한다.<sup>21)</sup> 또한 Google Arts & Culture와 같은 가상박물관 플랫폼의 개발과 발전은 사용자들에게 더 많은 전시 및 인터랙션 기능을 제공한다.<sup>22)</sup>

마지막으로, 가상박물관의 연구는 문화 및 관광 산업의 발전에도 중요한 역할을 한다.<sup>23)</sup> 관광 산업과 문화 산업의 급속한 성장과 함께 가상박물관의

- 
- 18) Habbak A L Z, Khodeir L. Multi-sensory interactive interior design for enhancing skills in children with autism[J]. Ain Shams Engineering Journal, 2023, 14(8): 102039.
- 19) Chang C H S, Kuo C C, Hou H T, et al. Design and evaluation of a multi-sensory scaffolding gamification science course with mobile technology for learners with total blindness[J]. Computers in Human Behavior, 2022, 128: 107085.
- 20) Puig A, Rodríguez I, Arcos J L, et al. Lessons learned from supplementing archaeological museum exhibitions with virtual reality[J]. Virtual Reality, 2020, 24: 343-358.
- 21) Coppens A. Merging real and virtual worlds: An analysis of the state of the art and practical evaluation of Microsoft Hololens[J]. arXiv preprint arXiv:1706.08096, 2017.
- 22) Datta P, Kaur A, Mantri A. An Exploratory Analysis of Head Mounted Displays for VR Applications[C]//2022 3rd International Conference on Computing, Analytics and Networks (ICAN). IEEE, 2022: 1-6.
- 23) Cuomo M T, Tortora D, Foroudi P, et al. Digital transformation and tourist experience co-design: Big social data for planning cultural tourism[J]. Technological Forecasting and Social Change, 2021, 162: 120345.

구축과 개발은 새로운 문화 관광 산업의 형태로 점차 발전하고 있다.<sup>24)</sup> 가상박물관의 개발과 응용에 대한 심도 깊은 연구를 통해 문화 관광의 질과 서비스 수준을 지속적으로 향상시킬 수 있을 뿐만 아니라 문화 관광 산업의 지속 가능한 발전을 촉진할 수 있다.<sup>25)</sup> 2021년 귀커신(Kexin Guo) 등의 연구자들은 몰입형 디지털박물관이 현재의 여행 경험을 혁신적으로 변화시킬 것이라고 제안하였다.<sup>26)</sup> 또한 마틴(Martins) 등은 와인 관광을 사례로 들어 가상 와인 관광 체험의 구현을 지원하는 이론적 모델을 개발하고 이러한 가상 여행 방식이 평생 기억할만한 여행 경험이 될 수 있다는 것을 검증하였다.<sup>27)</sup> 이밖에도 문화 관광 산업의 발전을 성공적으로 촉진시킨 다수의 사례들이 있다. 예를 들어, 세계 문화유산인 스리랑카의 시기리야(Sigiriya) 바위 궁전은 가상현실 기술을 사용하여 방문객들이 가상 환경에서 산을 오르고, 궁전 및 벽화를 관람할 수 있는 체험을 제공하면서 유적지의 인위적인 훼손도 효과적으로 방지하고 있다.<sup>28)</sup> 또한 블라인드위키(BlindWiki) 가상현실 프로젝트는 오디오 가이드와 촉감 체험을 통해 시각 장애인이 박물관과 예술 작품을 감지하고 그 아름다움을 느낄 수 있게 도와준다. 뉴질랜드에서 출시한 ‘뉴질랜드 VR360도’ 프로젝트는 가상 다감각 상호작용 기술을 통해 사용자가 이 나라의 아름다운 풍경과 문화 행사를 현장에서 탐색할 수 있도

---

24) Caciora T, Herman G V, Ilieş A, et al. The use of virtual reality to promote sustainable tourism: A case study of wooden churches historical monuments from Romania[J]. Remote Sensing, 2021, 13(9): 1758.

25) Akhtar N, Khan N, Mahroof Khan M, et al. Post-COVID 19 tourism: will digital tourism replace mass tourism?[J]. Sustainability, 2021, 13(10): 5352.

26) Guo K, Fan A, Lehto X, et al. Immersive digital tourism: the role of multisensory cues in digital museum experiences[J]. Journal of Hospitality & Tourism Research, 2021: 10963480211030319.

27) Martins J, Gonçalves R, Branco F, et al. A multisensory virtual experience model for thematic tourism: A Port wine tourism application proposal[J]. Journal of destination marketing & management, 2017, 6(2): 103-109.

28) Fan X, Jiang X, Deng N. Immersive technology: A meta-analysis of augmented/virtual reality applications and their impact on tourism experience[J]. Tourism Management, 2022, 91: 104534.

록 함으로써 해당 목적지의 매력을 크게 향상시키는 데 기여하였다.

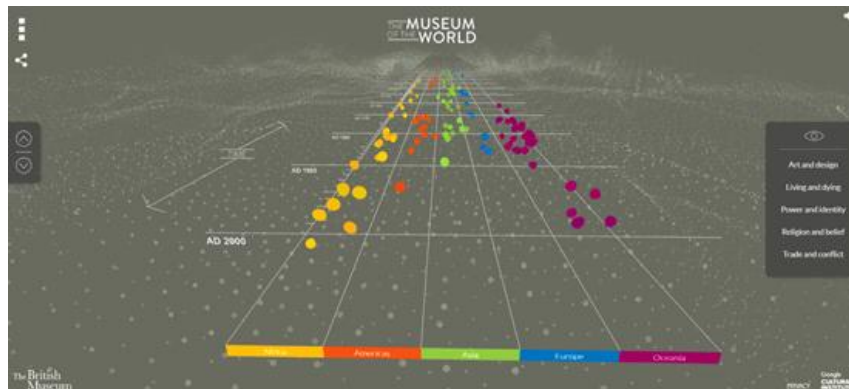
가상현실 및 스마트 인터랙션 등의 첨단 기술을 활용하여 가상박물관을 구축하면 실제 전시물이 없이 몰입형 학습 경험을 제공할 수 있다는 특징이 있다. 이러한 박물관은 비디오, 음성, 이미지 및 상호작용 등 시각·청각·촉각 통합 방식을 사용하여 전시물 이면의 풍부한 스토리텔링을 방문자들에게 보다 포괄적인 방법으로 전달하며, 이를 통해 관람 방식의 편의성과 정보 제공의 다양성을 실현한다.<sup>29)</sup> 가상박물관을 방문한 관람객은 터치, 회전, 확대 등의 조작을 통해 전시물과 상호작용하고 실시간으로 피드백을 받을 수 있다. 동시에 박물관은 퍼즐, 게임 등의 상호작용 요소를 도입하여 방문자의 관심과 적극적인 참여를 유도할 수 있다.<sup>30)</sup>

그림2와 그림3은 대영박물관과 구글이 공동으로 선보인 세계 디지털박물관으로, 이 프로젝트는 선진적인 WebGL 기술을 기반으로 대영박물관의 진귀한 전시물들을 시간의 흐름에 따라 전시하고, 입자 특수효과, 음악 특수효과 및 공식 해설 등의 절묘한 융합을 통해 사용자가 시간과 공간의 제약에서 벗어나 자유롭게 이동하고 탐색할 수 있도록 하였으며, 마우스 포인터의 화살표를 입자 위로 옮기는 것만으로도 서로 다른 전시물 사이에 숨겨진 관계를 명확하게 이해할 수 있다. 전반적으로 이 프로젝트는 방문자에게 편안하고 즐거운 브라우징 분위기를 조성하며, 상호작용과 재미를 강조하여 더 많은 방문객들, 특히 청소년과 학생들의 관심을 끌 수 있으며, 이를 통해 문화와 역사에 대한 강한 흥미를 자극한다.

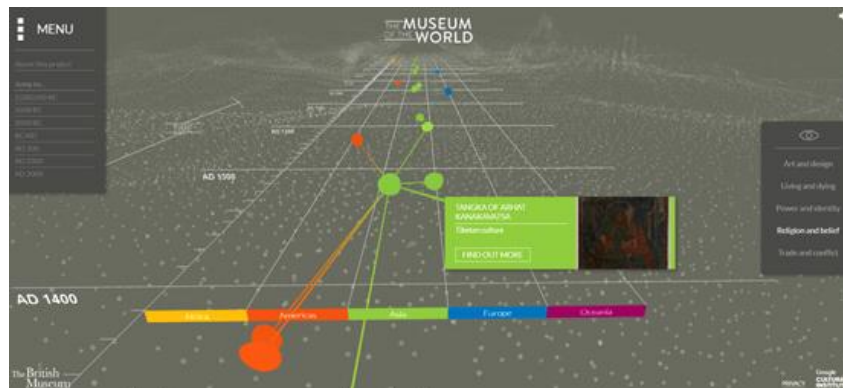
---

29) Walczak K, Cellary W, White M. Virtual museum exhibitions[J]. Computer, 2006, 39(3): 93-95.

30) Styliani S, Fotis L, Kostas K, et al. Virtual museums, a survey and some issues for consideration[J]. Journal of cultural Heritage, 2009, 10(4): 520-528.



<그림 2> 세계의 박물관(The Museum of the World) 홈페이지  
(출처: <https://britishmuseum.withgoogle.com>)



<그림 3> 세계의 박물관(The Museum of the World) 전시 방식  
(출처: ibid)

하지만 현재 대부분의 가상박물관은 사용자 체험에 대한 전면적인 디자인이 부족한 데다가 사용자의 심리 요인들도 충분히 고려되지 않아 많은 가상 박물관이 광범위하게 보급되고 활용되기 어려운 원인이 되기도 한다. 이에 본 연구에서는 현대 박물관이 교육을 중요시하여 방문자의 학습과 체험을 강조하며 방문자의 개인적인 요구와 동기를 고려하는 방향으로 변모하는 추세에 중점을 두고, 몰입 이론(Flow theory)에 기반한 항공우주 가상박물관 디자인을 진행했다. 가상박물관의 기능은 단순히 유물을 보존하고 전시하는

차원을 넘어선다. 시각·청각·촉각 등의 감각이 통합된 항공우주 가상박물관은 항공우주 과학 교육 분야에서 다기능 교육센터의 역할을 담당해 학교 및 교육 기관에 풍부한 가상 학습 자원을 제공할 수 있다. 가상현실과 스마트 인터랙션 기술을 통해 교사는 학생들을 가상 탐사 현장으로 안내하여 항공우주 지식과 관련된 문화, 역사 및 과학의 다양한 전시물을 직접 체험하게 할 수 있다.<sup>31)</sup> 이는 직관성과 상호작용성을 통해 주로 텍스트와 이미지를 사용하는 전통적인 과학 교육 방식의 한계를 돌파하는 데 중요한 역할을 한다. 이러한 몰입형 학습 체험은 학생들의 호기심과 탐구욕을 자극하고 종합 능력과 창의력을 기를 수 있도록 도와준다.<sup>32)</sup> 따라서 미래의 항공우주 인재 양성을 위한 기반이 되기도 한다.

또한 항공우주 가상박물관은 다양한 항공우주 주제의 전시, 강연 및 워크숍을 주최할 수 있는 이벤트 센터로서의 역할도 할 수 있다. 가상 기술을 통해 참가자는 전문가와 상호작용하고 토론에 참여하며, 시간과 장소의 제약에서 벗어나 지식 공유와 교류를 위한 새로운 방법을 제공하며 문화와 예술 분야의 발전을 촉진할 수도 있다.<sup>33)</sup> 동시에 소셜 기능은 항공우주 가상박물관이 지닌 또 하나의 큰 장점이다. 가상의 환경에서 관람객들은 다른 사용자들과 실시간으로 상호작용하고 교류하며 전시물을 함께 탐험할 수 있고, 의견과 경험을 공유할 수 있으며 더 나아가 가상이벤트나 전시를 조직할 수도 있다. 이러한 소셜적 상호작용은 관람객들에게 공감하는 사람들과 소통할 수 있는 플랫폼을 제공하여 다양한 문화적 융합과 이해를 촉진시킨다.<sup>34)</sup> 또한 항공우주 가상박물관은 휴식 및 사색의 공간으로도 활용될 수

---

31) Barbieri L, Bruno F, Muzzupappa M. Virtual museum system evaluation through user studies[J]. Journal of Cultural Heritage, 2017, 26: 101-108.

32) Li J, Nie J W, Ye J. Evaluation of virtual tour in an online museum: Exhibition of Architecture of the Forbidden City[J]. PloS one, 2022, 17(1): e0261607.

33) Shahab H, Mohtar M, Ghazali E, et al. Virtual reality in museums: does it promote visitor enjoyment and learning?[J]. International Journal of Human-Computer Interaction, 2022: 1-18.

34) Grammatikopoulou A, Grammalidis N. Artful—An AR Social Self-Guided Tour App for Cultural Learning in Museum Settings[J]. Information, 2023, 14(3): 158.

있다. 빠른 속도로 발전하는 현대 사회는 단편적인 정보들이 대량으로 쏟아져 나오는 정보 홍수의 시대이다. 시시각각 업데이트되는 소셜미디어나 푸시 뉴스 등 정보의 풍부함은 오히려 이에 대응하는 지식의 깊이가 결여된 정보의 과부하를 불러일으키고, 이 속에서 사람들은 자주 스트레스와 피로를 느끼게 된다. 항공우주 가상박물관은 이러한 복잡한 정보 세계에서 잠시 벗어나 휴식을 취할 수 있는 환경을 제공한다. 사람들은 가상박물관이 제공하는 몰입형 환경 속에서 휴식을 취하면서 동시에 항공우주에 대한 넓고 깊은 지식을 탐구하고 사색할 수 있는 기회를 제공받는다. 방문객들은 가상환경을 자유롭게 유람하거나 예술 작품을 감상하고 음악을 들을 수도 있고, 조용한 구석을 찾아 고요함과 사색에 몰두하거나 지식 학습에 집중할 수도 있다. 이러한 독특한 가상공간은 사람들에게 평온함과 영감을 선사하며, 특별한 정신적인 안식처를 제공하기도 한다.<sup>35)</sup>

한편 미하이 칩센트미하이(Mihaly Csikszentmihalyi)가 제안한 개념인 몰입(Flow)은 개인이 어떤 특정 활동에 완전히 빠져들어 즐거움과 만족감을 느끼는 최적의 체험 상태를 말한다. 이러한 체험은 사용자의 만족도, 학습 효율 및 참여도와 직접적으로 관련이 있기 때문에 가상박물관을 관람하고 즐기는 데 중요한 요소이다.<sup>36)</sup> 따라서 몰입 이론(Flow Theory)은 ‘사용자 중심’의 디자인 철학을 강조하는 박물관의 디자이너들이 사용자의 심리 요소를 보다 포괄적으로 고려할 수 있도록 도와줌으로써 항공우주 가상박물관 연구에 중요한 의의를 지닌다. 이에 따라 본 논문에서는 시각, 청각, 촉각 등이 통합된 감각 체험과 사용자의 심리적 요인들을 구체적이고 종합적으로 고려하여 몰입 이론을 기반으로 한 항공우주 가상박물관을 구축하였다. 정교하게 디자인된 전시 요소와 상호작용적 특성을 통해 사용자가 항공우주

---

35)王思怡, 多感官博物馆学: 具身与博物馆现象的认知与传播[D], 浙江大学, 2019

36) 신원·윤재영, 온라인 전시에서 사용자의 참여도와 몰입도가 관람 만족도에 미치는 영향, 디자인학연구 36(1), 2023, 247-262.

탐험 활동에 전념할 수 있도록 유도하여 몰입 체험을 유발한다.

예를 들면 항공우주 박물관에서 제공되는 가상현실 기술을 활용한 고도로 사실적인 환경 시뮬레이션은 사용자의 몰입감을 크게 향상시킬 수 있으며, 단순한 전시 관람 이상의 체험을 사용자들에게 선사한다. 동시에, 몰입 이론에 기반한 가상박물관 디자인 방안은 기술과 도전의 균형을 강조한다. 본 논문에서 제안한 항공우주 가상박물관의 디자인은 사용자의 기술 수준에 따라 전시의 난이도와 도전성을 조정하여 사용자가 가상 항공우주 세계를 탐험하는 과정에서 높은 투입과 흥미를 유지할 수 있도록 보장한다. 이러한 개인 맞춤형 전시 디자인은 사용자의 참여도와 학습 효과를 향상시키는 데 초점을 맞춰 설계되었다. 마지막으로, 몰입 이론은 항공우주 가상박물관의 인터랙티브 디자인과 사용자 인터페이스를 최적화하는 데도 도움이 된다. 사용자가 가상박물관과 쉽게 상호작용하고 즉각적인 피드백을 받을 수 있을 때, 그들은 몰입 상태에 진입할 가능성이 더욱 높아지며, 이를 통해 항공우주의 신비를 더 깊이 이해하고 체험할 수 있게 된다.

이상에서 살펴본 바와 같이, 시각·청각·촉각 감각통합 디자인 개념을 사용자 심리에 부합하도록 어떻게 적용하여 사용자의 기대를 충족시킬지, 가상박물관의 양호한 사용자 경험을 더 잘 실현하고 가상박물관의 중요한 사회적 기능을 발휘할 수 있는지에 대한 연구는 향후 가상박물관 구축에 주요한 시사점을 줄 수 있는 연구 중 하나이다.

이에 본 연구에서는 사용자의 감각 체험과 심리적 요인에 기초한 가상박물관 구축을 위해 고려해야 할 요소에 대해 연구하고 이를 바탕으로 시각·청각·촉각의 감각 체험이 통합된 항공우주 디지털박물관을 디자인하여 향후 가상박물관의 디자인 연구에 이론적 기반과 실무 경험을 제공하며, 다양한 가상박물관의 디자인, 평가, 최적화 등의 작업에 필요한 기반 연구를 진행하는 것을 목표로 한다.

## 1.2 연구 내용과 방법

### 1.2.1 연구의 내용

본 논문은 박물관학과 신박물관학의 이론적 발전, 그리고 박물관의 ‘스마트화’ 발전 추세에 기반하여 시각·청각·촉각의 감각 체험이 통합된 가상박물관과 그 수용자를 주요 연구 대상으로 삼는다. 이를 위한 이론적 토대로 사용자의 심리적 요인을 고려한 몰입 이론을 도입함과 동시에 사회심리학의 기대이론과 자기결정이론을 결합하였다. 그리고 몰입의 상태 등급을 사용자의 관람 만족도 평가 지표로 삼고, 딥러닝을 주요 실현 방법으로 사용하여 감각통합 체험과 사용자의 심리적 요인을 고려한 가상박물관 구축의 필요성, 구조 분석, 맞춤형 콘텐츠 구성, 가상현실 기술과 결합한 감각통합 디자인 방법, 사용자 체험 분석 방법 등을 체계적으로 탐색하고 연구한다. 그런 다음 가상박물관 구축을 위한 몰입 이론 모델과 디지털박물관 콘텐츠의 맞춤형 추천 알고리즘을 구축하고, 이를 토대로 Django를 기반으로 한 항공우주 웹 디지털박물관 추천 시스템과 Unity 3D를 기반으로 한 항공우주 가상박물관을 설계하고 구축한 후 관람객의 사용 체험 분석을 통해 전체적인 디자인 방법의 타당성을 검증하고자 한다.

본 논문의 제1장인 서론에서는 먼저 가상박물관의 다감각 인터랙션 및 사용자 심리 요인에 관한 국내외 연구를 분석하였다. 현재 이 분야에서 진행되어 온 국내외 연구 현황을 분석함으로써 현 연구 성과 중 부족한 점과 한계를 찾아내고, 이후 연구 방향의 수립과 몰입 이론을 정립하는 근거를 마련하였으며, 연구 내용의 실질적 의의와 목적을 요약하였다.

제2장에서는 박물관 디자인에 있어 시각·청각·촉각 통합 인터랙션 체험 디자인과 사용자 심리 요인의 결합 관계, 그리고 가상박물관의 설계 구조를 연구한다. 이를 토대로 제3장에서 다룰 몰입 개념의 제시와 몰입 이론의 설계를 위한 이론적 지원과 참고 자료를 제공한다.

제3장에서는 몰입 이론의 기본 개념과 연구 배경을 소개하고, 사회심리학의 기대이론과 자기결정이론을 결합시켜 방문객이 가상박물관을 관람하는 과정에서의 관람 심리를 분류하여 연구한다. 그리고 최종적으로 제2장에서 도출한 이론을 결합하여 가상박물관의 몰입 디자인 이론을 제안하고, 딥러닝 알고리즘과 몰입 디자인 이론을 통합함으로써 가상박물관의 맞춤형 디자인을 실현하기 위한 기술적 보장을 마련한다.

제4장에서는 앞서 설계된 몰입 이론 모델과 딥러닝 알고리즘을 기반으로 하는 항공우주 디지털박물관의 맞춤형 추천 시스템을 구축한다. 이 시스템은 Django 프레임워크를 기반으로 개발되었으며, Python 알고리즘을 사용하여 구현하였다. 그런 다음, 디지털박물관 웹사이트의 사용 데이터를 토대로 Unity 3D를 사용하여 3D 항공우주 가상박물관을 구축하였다. 사용자의 심리 요인과 감각 체험 요소를 통합하였으며, 동시에 다양한 사회적 캐릭터의 시각에서 박물관을 탐색할 수 있도록 다중 캐릭터의 자유로운 탐색 체험을 설정하였다.

제5장에서는 몰입 디자인 이론을 기반으로 구축된 항공우주 가상박물관에 대한 사용자의 실제 체험 및 설문조사를 통해 본능, 행동, 피드백 등 세 가지 측면에서 사용자의 사용 체험을 분석하였다. 이를 통해 몰입 이론을 기반으로 한 항공우주 가상박물관의 타당성과 설계 방법의 실행 가능성을 심층적으로 검증하였다.

## 1.2.2 연구 방법과 주요 기술

### (1) 연구 방법

첫째, 문헌 연구를 기반으로 관련 연구 및 이론을 검토하였다. A&HCI, SSCI, CSSCI, IEEE, SCOPUS, KCI 등의 학술 문헌 데이터베이스와 관련 도서를 활용하여 몰입 이론, 가상박물관의 시각·청각·촉각 통합 인터랙션 등

과 관련된 이론과 기술 방법을 수집하였다. 수집된 선행 연구를 통해 기존 연구자들의 아이디어를 검토하고 이를 사용자 체험 요소 분석, 가용성 이론, 인지심리학 관련 이론들에 결합하여 항공우주 가상박물관의 설계와 사용자 체험에 대한 연구를 진행하였다.

둘째, 사례 연구를 진행하였다. 사용자 심리 요인과 시각·청각·촉각 통합 인터랙션 이론에 대한 연구에서 가상박물관 몰입 이론 등을 포함한 일련의 새로운 이론의 제안하기 위해 관련 실험이나 사례 연구를 예시로 사용하여 검증하고 설명하는 방식을 사용하였다. 시각·청각·촉각 통합 인터랙션과 몰입 이론의 연구를 통해 사용자 심리 요인을 고려한 가상박물관 설계의 시사점을 요약하여 항공우주 가상박물관 설계의 가이드로 활용하였다.

셋째, 정량적 테스트와 정성적 평가법을 활용하였다. 시스템의 가용성과 인터랙션, 사용자 체험 만족도 등을 테스트하기 위해 그에 적합한 조사와 실험을 진행하였다. 사용자의 방문 데이터를 수집하는 동시에 주관적 척도 평가 방식을 채택하고, 몰입의 상태 등급을 정량화의 기준으로 사용하여 항공우주 가상박물관에 대한 전반적인 사용자 체험을 종합적으로 평가하였다.

넷째, 설문조사와 데이터 분석법을 활용하였다. 구축된 디지털박물관과 가상박물관에 대한 사용자 분석을 위해 설문조사 방식을 채택하여 사용자들의 실질적인 객관적 평가를 얻었고, 박물관의 백그라운드 시스템에 기록된 사용자 방문 데이터를 추출하여 데이터 분석을 수행하였다. 이를 통해 사용자에 대한 객관적 평가를 확보함으로써 테스트의 객관성과 설득력을 높였다.

## (2) 주요 기술

본 논문에서 활용된 주요 기술로는 Python Django 웹 디자인 프로그래밍, 딥러닝, Unity 3D, 3D Max 등이 사용되었다. 항공우주 디지털박물관 구축에는 Python Django가 사용되었으며, 맞춤형 추천 시스템 구현에는 딥러닝이 활용되었고, 항공우주 가상박물관 구축에는 Unity 3D가, 비행기 3D 모델 및

전시실 장면의 디자인에는 3D Max가 각각 사용되었다.

### 1.2.3 연구의 구조

I. 서론	연구배경과 의의	연구 내용과 방법
II. 감각 체험/사용자 심리 요인과 박물관 디자인의 결합 관계 및 구조	가상박물관, 감각 통합 인터랙션, 사용자 심리 요인에 국내외 연구 현황 분석	
III. 몰입 이론을 융합한 가상박물관 디자인 메커니즘 연구	감각 체험 시각, 청각, 촉각, 감각 통합 인터랙션, 기타 감각액션	사용자 심리 요인 심리인지, 정신인식, 몰입체험
IV. 몰입 이론을 융합한 항공우주 박물관의 디자인과 분석	몰입 이론	딥러닝과 몰입 이론이 상호 결합된 가상박물관 디자인의 기초
V. 사용자 체험 분석	항공우주 가상박물관 웹페이지 포트 디자인	몰입 요인을 고려한 개인 맞춤형 추천 알고리즘의 최적화
VI. 결론	설문조사	백그라운드 데이터베이스 데이터 분석
	결론	연구 전망

<그림 4> 본 논문의 연구 구조

본 논문의 전체 구조는 다음과 같다. 1장에서는 연구의 배경과 의의, 그리고 연구의 내용과 방법에 대해 밝혔다. 이후 2장에서는 가상박물관, 시각·청각·촉각 통합 상호작용, 사용자 심리 요인에 대한 국내외 연구 현황을 상세히 분석한 후, 감각 체험 및 사용자 심리 요인과 가상박물관의 결합 관계를 통해 가상박물관 디자인의 구조를 분석한다. 3장에서는 몰입 이론의 개념을 소개하고, 이를 가상박물관에 도입하는 것의 의미를 밝히며, 딥러닝과 몰입 이론이 결합된 가상박물관 디자인 방법을 탐구한다. 4장에서는 항공우주 가상박물관의 웹 포트 및 유니티 기반의 실제 전시관 디자인을 진행한다. 5장에서는 설문조사 및 백엔드 데이터베이스 분석을 통해 항공우주 가상박물관의 효과성을 검증한다. 그리고 본 논문의 결론인 6장에서는 주요 연구 결과와 결론을 요약함으로써 향후 연구 전망을 밝히고자 한다.

## II. 감각체험/사용자 심리 요인과 박물관 디자인의 결합 관계 및 구조

### 2.1 이론적 배경 및 연구 현황 분석

#### 2.1.1 가상박물관 연구 현황 분석

가상박물관의 개념은 1990년대에 처음 출현하였다. 가상박물관은 디지털 시대의 새로운 문화 형태로서 전 세계 학계의 광범위한 관심을 끌고 있다.<sup>37)</sup> 현재, 점점 더 많은 학자들과 기관들이 가상박물관의 구축과 발전에 관심을 가지고 있으며, 연구자들은 문화유산 관리, 교육학, 정보 기술 등 다양한 학문 분야를 아우르며 가상박물관의 잠재력과 응용에 대해 깊이 있는 연구를 진행하고 있다. 가상박물관은 가상현실, 증강현실, 상호작용 인터페이스 디자인 등의 첨단 기술을 활용하여 사용자들에게 실제 현장에 있는 듯한 몰입감있는 문화 체험을 제공한다.<sup>38)</sup> 웹 플랫폼과 모바일 기기 기반의 애플리케이션 개발을 통해 연구자들은 가상박물관을 사용자의 스마트폰과 컴퓨터 속으로 가져왔다. 이러한 애플리케이션들은 가상 전시회나 디지털 유물 전시를 제공할 뿐만 아니라 인터랙티브 요소와 소셜 기능을 통해 사용자의 참여감과 상호작용성을 강화시켰다.<sup>39)</sup> 최근에 들어서는 자연어 처리나 이미지 인식 기술 같은 인공지능 기술이 적용되어 전시물에 대한 스마트 해설과 추천이 구현되는 등 가상박물관 영역에서의 잠재력이 크게 드러나고 있다.

한편 연구자들은 설문 조사, 현장 실사, 사용자 피드백 등의 방법을 통해

---

37) Chang M, Lee G, Lee J H, et al. The influence of virtual tour on urban visitor using a network approach[J]. Advanced Engineering Informatics, 2023, 56: 102025.

38) Geng W. Whether and how free virtual tours can bring back visitors[J]. Current Issues in Tourism, 2023, 26(5): 823-834.

39) Satrya I D G. Village Tourism Promotion Through Virtual Tour[J]. Ilomata International Journal of Management, 2023, 4(2): 223-232.

가상박물관의 활용 효과를 종합적으로 평가하였다. 연구 결과, 가상박물관은 더 유연하고 편리한 방문 방식을 제공하여 사용자가 문화와 역사를 몰입감 있게 체험할 수 있도록 한다. 이러한 형식은 사용자가 전시물 이면에 숨겨진 역사와 문화를 깊이 이해하도록 장려하며, 디지털 유물 전시를 통해 사용자에게 더 많은 상호작용과 공유의 기회를 제공하여 참여감과 몰입감을 강화시킨다. 또한, 가상박물관은 교육 분야에서도 일정 정도의 잠재력을 보여주며, 문화유산에 대한 학생들의 이해와 흥미를 심화시킬 수 있다.<sup>40)</sup>

현재, 가상박물관은 문화유산의 전승, 교육 홍보 및 기술 혁신의 중요한 매개체로서 문화 전파, 교육 분야 등에서 상당한 성과를 거두고 있다. 가상 현실 기술, 데이터 시각화 기술, 인공지능 기술 등의 첨단 도구의 지원을 통해 가상박물관은 방문자들에게 보다 풍부하고 맞춤형 박물관 체험을 제공한다. 또한 가상박물관의 지속가능한 발전을 이루기 위해서는 저작권 보호, 비즈니스 모델 탐색 등의 문제를 해결하기 위한 방안이 마련되어야 한다는 과제도 안고 있다.<sup>41)</sup>

가상박물관 분야에서 미국, 영국, 프랑스 등의 국가는 풍부한 실무 경험과 이론적 기반의 축적을 바탕으로 줄곧 가상박물관 연구의 선두에 서 있다. 그중 대영박물관, 루브르박물관, 구겐하임미술관, 뉴욕 메트로폴리탄미술관 등 세계 유수의 박물관들은 방대한 실물 박물관을 기반으로 그에 상응하는 규모의 온라인 가상박물관을 성공적으로 구축하였다. 최근 몇 년간 중국 역시 가상박물관 분야의 연구에서 급속한 발전을 보이고 있다.<sup>42)</sup> 중국 국가박물관의 가상 전시관, 고궁박물관의 온라인 전시 플랫폼 및 디지털 유물 데

---

40) GÜLER B, CENGİZ E. Students' Opinions on the Use of Virtual Museums in Science Teaching[J]. Research on Education and Psychology, 2023, 7(Special Issue): 55-73.

41) Giannini T, Bowen J P. Global Cultural Conflict and Digital Identity: Transforming Museums[J]. Heritage, 2023, 6(2): 1986-2005.

42) Chang C Y, Kuo H C, Du Z. The role of digital literacy in augmented, virtual, and mixed reality in popular science education: a review study and an educational framework development[J]. Virtual Reality, 2023: 1-19.

이터베이스 등이 대표적이다. 전반적으로 볼 때 각 국가별 가상박물관 분야의 발전은 뚜렷한 불균형도 존재하는데, 이는 각 나라마다의 독특한 역사와 문화적 분위기와도 밀접한 관련이 있다.<sup>43)</sup>

가상박물관의 연구와 실행에 있어 일부 선진적인 가상박물관은 이미 상당한 성과를 거두었다. 예를 들어 스페인의 프라도미술관은 세계적으로 유명한 예술 기관 중 하나로서 예술사적으로 중요하고 풍부한 예술 컬렉션을 보유하고 있으며, 특히 스페인 화가의 작품으로 유명하다.<sup>44)</sup> 그림 5에서 볼 수 있듯이 프라도미술관은 스마트폰이나 컴퓨터 등의 다양한 디바이스를 통해 사용자에게 미술관의 소장품을 온라인으로 둘러보고 감상할 수 있는 경험을 제공한다. 가상박물관을 통해 사용자는 고화질의 이미지를 둘러보고 작가와 작품의 배경 정보를 이해할 수 있으며, 인터랙티브 기능을 통해 각 전시품의 세부 정보를 검색할 수 있다. 하지만 가상박물관에서 제공하는 훌륭한 전시 경험에도 불구하고 일정 정도의 문제점도 존재한다는 사실에 주목해야 한다. 즉, 가상박물관의 전시는 정적인 특성을 드러내기에 사용자는 관람의 시각이나 이동을 자유롭게 제어할 수 없어 가상공간에서 전시품과 항상 일정한 거리를 느낄 수밖에 없는 어려움이 존재한다.<sup>45)</sup>

---

43) 耿国华,贺小伟,王美丽 等, 元宇宙下的智慧博物馆研究进展[J], 中国图象图形学报 28(06), 2023, 1567-1584.

44) Murtas V, Lauro V, Lombardo V. Virtual Archaeology in a Multi-platform and Multi-lingual Setting[C]//Adjunct Proceedings of the 31st ACM Conference on User Modeling, Adaptation and Personalization. 2023: 422-426.

45) BUENDÍA, J. R. Museo Nacional de Pintura y Escultura (Madrid). (1994). Paintings of the Prado.A Bulfinch Press Book, Little Brown.



<그림 5> 프라도미술관(The Prado Museum) 홈페이지  
 (출처: <https://www.museodelprado.es/coleccion/obras-de-arte>)

그림 6의 중국 고궁박물관 디지털 유물 라이브러리는 디지털화를 통해 유물의 디지털 전시와 온라인 둘러보기를 성공적으로 구현하였다. 이 라이브러리는 중국 전통의 고전적인 분위기와 우아한 스타일로 전체적인 레이아웃을 구성함으로써 사용자들에게 편리한 방문과 학습 방식을 제공한다. 하지만 주목할 점은 이 디지털 유물 라이브러리의 자료들은 텍스트와 이미지 형식으로만 제공되어 입체감과 인터랙티브 체험이 부족하다는 것이다. 이로 인해 사용자는 실제와 같은 몰입감을 느끼기 어렵다.

위의 두 가지 예시는 가상박물관 내에 풍부한 자원을 가지고 있지만 동적인 관람 요소가 부족하다. 이에 비해 그림 7에서의 스페인의 티센-보르네미사(Thyssen-Bornemisza) 미술관은 더욱 뛰어난 성과를 보여준다. 사용자는 스마트폰과 가상현실(VR) 안경을 통해 가상현실 여행으로 진입할 수 있다. 이 가상전시관은 상세한 동적인 관람 항목들을 보여주며, 사용자는 이미지,

비디오, 텍스트 설명 등 다양한 매체를 통해 작품과 관련 정보를 깊이 있게 이해할 수 있다.<sup>46)</sup> 이러한 다양한 전시 방식은 사용자의 학습 경험을 풍부하게 하여 작가의 창작 배경, 예술 유파의 발전 등을 보다 포괄적으로 이해할 수 있도록 한다. 이렇듯 티센-보르네미사 미술관은 모든 연령층에 적합하도록 디자인된 풍부한 가상 자원을 통해 두각을 나타내었다.<sup>47)</sup>



<그림 6> 중국 고궁박물관 디지털 유산 라이브러리  
(출처: <https://digicol.dpm.org.cn/>)

46) LeLoup J W, Ponterio R. Virtual Museums on the Web: El Museo Thyssen-Bornemisza[J]. 2004.

47) Orea-Giner A, Vacas-Guerrero T. Text analysis como método para identificar los atributos de museos percibidos por turistas: un análisis exploratorio del Museo Nacional Thyssen-Bornemisza (España)[J]. Esic market, 2020, 51(167): 545-562.



<그림 7> 티센-보르네미사 미술관(Thysen-Bornemisza Museum) 브라우저 페이지  
(출처: <https://www.museothyssen.org/en/exhibitions/rosario-velasco>)

따라서 미래의 가상박물관은 더 많은 혁신과 발전 기회를 맞이할 것이다. 5G 기술의 보급과 가상현실 기술이 더욱 발전함에 따라 가상박물관은 원격 인터랙티브, 가상여행 체험 등을 실현하여 더욱 몰입감 있는 관람 경험을 제공해야 할 것이다. 이와 동시에 인공지능 기술의 더욱 광범위한 응용은 가상박물관이 더 맞춤형되고 스마트화된 관람 서비스를 제공할 수 있도록 하여 사용자의 다양한 요구를 충족시킬 수 있을 것이다.

### 2.1.2 가상박물관의 감각 인터랙션 기술에 대한 연구 현황 분석

‘감각 체험’이라는 용어는 커뮤니케이션학에서 커뮤니케이션 미디어의 개념을 나타내기 위해 처음 사용되었으며, 그 주요 개념은 다양한 감각을 완전히 통합함으로써 외부 활동에서 신체의 모든 감각을 동원하여 다양한 방면에서 다각적인 체험을 실현하는 것을 의미한다.<sup>48)</sup> 초기의 커뮤니케이션

48) Spence C. 10 Multi-sensory Integration and the Psychophysics of Flavour Perception[J]. Food oral processing: Fundamentals of eating and sensory perception, 2012: 203.

이론의 관점은 외부 세계에 대한 인간의 지각과 경험이 신체의 다양한 기관의 지각 피드백에서 비롯되며, 서로 다른 감각의 긍정적인 피드백이 서로 중첩되어 쾌적하고 편안한 심리 상태를 형성한다고 보았다.<sup>49)</sup> 최근 가상박물관의 등장으로 학계에서는 시각·청각·촉각 통합 인터랙션 기술의 응용에 점점 더 많은 관심을 기울이고 있다.

가상박물관의 시각·청각·촉각 통합 인터랙션 기술에 대한 연구를 위해 연구자들은 일반적으로 사용자 조사, 심리 측정 및 행동 관찰 등의 방법을 사용하고 이를 실험 설계에 결합시켜 관련 데이터 수집 및 분석을 수행한다. 온라인 설문 조사를 통해 연구자는 가상박물관 체험에 대한 사용자의 느낌과 만족도를 파악할 수 있다.<sup>50)</sup> 왕쓰이(Siyi Wang)<sup>51)</sup>는 중국 저장(浙江)성의 타이저우박물관(台州博物馆)을 사례로 특정 역사 전시에 시각·청각·촉각 통합 인터랙션 체험을 적용하는 방법을 연구하였다. 설문 조사와 인터뷰를 통해 조사한 결과 시각·청각·촉각 통합 인터랙션이 사용자의 감정 기억과 정서적 공감을 활성화시켜 사용자의 체험 만족도를 향상시킬 수 있다는 사실을 발견하였다. 감정 평가나 인지 부하 평가와 같은 심리 측정 도구는 시각·청각·촉각 통합 인터랙션에서 사용자의 감정 반응 및 인지 부하를 연구하는 데 활용될 수 있다. 귀커신(Kexin Guo)<sup>52)</sup>은 엠텍(MTurk)을 심리 측정 도구로 사용하여 가상박물관 체험에 대한 사용자의 지각을 연구한 결과 시각 및 청각 자극이 사용자 체험에 가장 큰 영향을 미치는 요인임을 발견하였다. 이와 동시에 행동 관찰 역시 연구자들이 가상박물관에서의 사용자 행동 변화와 상호작용 패턴을 관찰하는 데 도움을 줄 수 있다. 버지니

49) Xu J, Xu J, Gu Z, et al. Network Text Analysis of Visitors' Perception of Multi-Sensory Interactive Experience in Urban Forest Parks in China[J]. Forests, 2022, 13(9): 1451.

50) Habbak A L Z, Khodeir L. Multi-sensory interactive interior design for enhancing skills in children with autism[J]. Ain Shams Engineering Journal, 2023, 14(8): 102039.

51) Wang S. Museum as a sensory space: A discussion of communication effect of multi-senses in Taizhou Museum[J]. Sustainability, 2020, 12(7): 3061.

52) Guo K. Understanding Digital Museum Visitor Experience Based on Multisensory Cues[D]. Purdue University Graduate School, 2019.

오(Virginio) 등의 연구자들은 2015년 밀라노 엑스포의 부대 행사인 ‘파비아 전투’ 전시를 사례로 들어 다감각 통합 기술이 사용자 만족도와 관람 행동에 미치는 영향을 연구하였다. 그 결과 사용자들의 참여 의욕이 크게 증가하였음을 확인하였으며, 후속 조사 인터뷰에서도 이러한 혁신적인 전시 방식에 대한 높은 인식을 보여주어 시각·청각·촉각 통합 인터랙션 응용의 타당성을 검증하였다.<sup>53)</sup> 또한 룰리(Rully) 등의 연구자들은 2021년 다수의 박물관 방문객을 대상으로 한 인터뷰 조사를 통해 실증 연구 데이터를 제공하였는데, 데이터의 결과에 따르면 가상공간 체험에서 응답자의 지각은 주로 감각 시스템에 의해 영향을 받으며, 감각 시스템은 매체를 통해 원하는 각종 정보를 획득한다는 사실을 표명함으로써 가상박물관에서의 시각·청각·촉각 통합 인터랙션 체험의 중요성을 검증하였다.<sup>54)</sup>

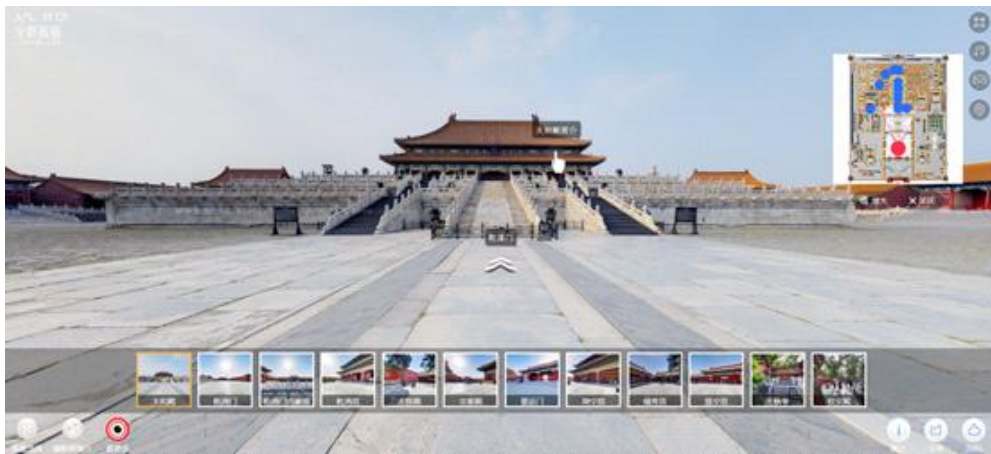
최근 들어 많은 유명 박물관들이 가상박물관 기술과 시각·청각·촉각 통합 인터랙션 기술의 탐구를 통해 주목할 만한 가상박물관들을 성공적으로 구축하였다. 중국의 고궁박물관은 가상현실(VR) 파노라마 전시를 도입하여 참여감과 몰입감을 크게 높임으로써 관람객들의 큰 주목을 받았다. 그림 8에서와 같은 가상현실 전시를 통해 사용자들은 마치 실제 궁궐 안에 있는 듯한 몰입 체험을 함으로써 역사와 문화를 깊이 이해할 수 있어 사용자들의 호평을 받았다. 또한, 미국 뉴욕의 메트로폴리탄박물관과 영국의 대영박물관 등 유명 기관들도 가상현실 기술을 활용하여 박물관을 관람할 수 있는 새로운 방식을 제공하였으며, 이러한 혁신적인 관람 방식은 널리 주목을 받았을 뿐만 아니라 사용자들로부터 긍정적인 피드백을 받았다. 연구 결과에 따르면, 가상박물관의 시각·청각·촉각 통합 인터랙션 기술을 통한 박물관 관

---

53) Cantoni V, Lombardi L, Porta M, et al. Interactive, tangible and multi-sensory technology for a cultural heritage exhibition: the battle of pavia[J]. Innovative Approaches and Solutions in Advanced Intelligent Systems, 2016: 77-94.

54) Wu W Y, Guo J Y, Li Y J, et al. Research on the Design of Virtual Reality Online Education Information Presentation Based on Multi-Sensory Cognition[J]. Inventions, 2023, 8(2): 63.

람은 사용자의 참여감, 체험감 및 학습 효과를 현저하게 향상시킬 수 있다. 가상박물관은 시각·청각·촉각 통합 인터랙션 기술을 효과적으로 융합하여 사용자들에게 전통적인 박물관과는 완전히 다른 관람 체험을 제공한다. 사용자들은 인터넷을 통해 언제 어디서든 박물관 전시를 관람할 수 있게 되어 시간과 공간의 제약에서 벗어날 수 있다. 이와 동시에, 가상박물관의 시각·청각·촉각 통합 인터랙션 기술은 박물관의 홍보와 소통 경로를 크게 확장시켜 더 많은 사람들이 관심을 가지고 적극적으로 참여하도록 함으로써 문화와 역사의 전승이라는 목적에 보다 큰 기여를 할 수 있다.



<그림 8> 중국 고궁박물관 VR 파노라마 전시  
(출처: [https://www.720yun.com/t/96cjegtfOu9?scene\\_id=17118289](https://www.720yun.com/t/96cjegtfOu9?scene_id=17118289))

가상박물관의 시각·청각·촉각 통합 인터랙션 효과를 실현하기 위해서는 실제 환경을 시뮬레이션하여 사용자에게 몰입감 있는 체험을 제공하는 가상 현실 기술의 지원이 필수적이다. 사용자들은 VR 헤드셋을 착용한 채 전시물의 3D 모델을 보면서 가상 가이드와 인터랙션할 수 있다. 증강현실 기술은 가상 콘텐츠를 실제 장면에 중첩시킴으로써 보다 풍부한 정보와 상호작용 방식을 제공한다.<sup>55)</sup> 사용자는 AR 애플리케이션을 통해 현실 환경 속에서 가

55) Siddiqui M S, Syed T A, Nadeem A, et al. Virtual tourism and digital heritage: an analysis of VR/AR technologies and applications[J]. International Journal of Advanced Computer

상 전시물을 관람할 수 있으며, 촉각 인터랙션 기술을 통해 촉각 체감을 시뮬레이션하여 사용자의 몰입감을 강화시키고, 터치스크린, 촉각 장갑 등의 디바이스를 통해 가상 전시물과 인터랙션 할 수 있다.<sup>56)</sup> 예를 들어, 중국 항저우(杭州)의 량주(良渚)박물관 입구에 비치된 AR 가이드 안경에는 AR 스마트 가이드 애플리케이션이 탑재되어 있어 관람객들에게 AR 특수효과, 디지털 샌드박스, AR 지도 가이드, 가상 가이드 등의 가상과 현실이 결합된 기능 체험을 제공하고 있다.<sup>57)</sup> AR 안경을 착용한 관람객은 세월에 의해 마모된 전시품 표면의 문양까지 뚜렷하게 볼 수 있는 등 박물관의 소장품들을 몰입감 있게 체험할 수 있다. 또한 가상과 현실이 결합된 시각적 장면을 통해 소장품과 역사도 깊이 있게 이해할 수 있다. 그림 9는 사용자가 안경을 착용한 후의 AR 지도 가이드 체험의 실제 장면을 보여준다.



<그림 9> 량주 박물관의 AR 맵 투어

Science and Applications, 2022, 13(7).

56) McMillan K, Flood K, Glaeser R. Virtual reality, augmented reality, mixed reality, and the marine conservation movement[J]. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems, 2017, 27: 162-168.

57) KUVSHINOV S, KHARIN K, PRYANICHNIKOV V. TELEPRESENCE, VR, AR TECHNOLOGIES ON THE EXAMPLE OF 3D-VINCI EXHIBITIONS[J]. Annals of DAAAM & Proceedings, 2021, 10(2).

하지만 가상박물관은 문화유산 정보의 영구 보존과 전송을 추구하는 동시에 일련의 중요한 도전 과제에 직면하고 있다. 그중에서도 가장 시급한 도전 중 하나는 가상박물관 브라우징 방식의 단일성으로, 이 때문에 다양한 사용자들을 위한 개인화된 맞춤형 브라우징 경험을 구현하기 어렵게 만든다.<sup>58)</sup> 동시에 가상박물관이 다루는 콘텐츠가 다양하고 복잡하기에 사용자는 종종 필요한 정보를 신속하고 효율적으로 찾기 어려운 문제에 직면하게 된다. 따라서 본 논문은 사용자의 기대에 부합하는 전시물을 선정하고 개인화된 추천을 실현하기 위해 사용자의 심리적 요인을 고려한 개인화된 맞춤형 추천 알고리즘을 도입하여 디지털 항공우주박물관을 구축하는 것을 목표로 삼았다. 둘째, 가상박물관의 관람객들은 디지털 격차와 기술적 장벽의 도전에 직면하고 있다. 가상박물관이 시공간적 제약을 극복하기는 하였지만, 여전히 일부 사람들은 디지털 장비를 구할 수 없거나 관련 기술의 사용 능력이 부족하여 가상박물관에서 제공하는 교육과 홍보, 문화 교류 등의 혜택을 충분히 누리지 못하기도 한다. 이러한 문제를 해결하기 위해 본 논문에서는 고가의 VR 헤드셋 장비에 의존하지 않고 Unity를 기반으로 하는 웹 버전의 항공우주 가상박물관을 개발하였다. 이러한 방식의 설계는 보다 많은 일반 사용자가 언제 어디서나 박물관을 둘러볼 수 있도록 하고 시각·청각·촉각 통합 자극을 통해 항공우주 문화의 매력을 보다 포괄적으로 느낄 수 있도록 하는 것을 목표로 한다.

### 2.1.3 가상박물관의 사용자 심리 요인 연구 현황 분석

최근 가상박물관의 ‘인간 중심’ 디자인 철학이 점차 사람들의 마음에 뿌리를 내림에 따라 연구자들은 방문객의 심리 요인이 가상박물관 사용자 경험에 미치는 영향에 대해 점점 더 많은 관심을 기울이고 있다. 현재 가상

---

58) 이정선·여운승, 디지털시대 관람객과의 소통을 위한 대학박물관 홍보 전략-이화여자대학교 박물관 사례를 중심으로, 고문화 89, 2017, 7-31.

박물관의 사용자 심리 요인에 대한 연구는 주로 사용자 행동, 사용자 경험 및 사용자 참여 등의 측면에 초점을 맞춰 광범위하고 심층적인 탐구가 진행되고 있다.

사용자 행동 측면의 연구에서 연구자들은 사용자가 가상박물관을 사용하는 빈도, 체류 시간, 브라우징 경로 및 인터랙션 행동 등에 중점을 두고 있다. 예를 들어, 많은 연구들은 사용자의 가상박물관에 대한 관심과 참여도가 이용 시간과 밀접한 관련이 있음을 발견하였다. 이 때문에 치타로(Chittaro)<sup>59)</sup>의 연구자들은 사용자의 행동을 명확하게 관찰하고 기록하기 위해 VU-Flow라는 도구를 제안했는데, 이 도구는 가상 환경에서의 사용자의 행동을 자동으로 기록할 수 있으며, 사용자의 브라우징 경로, 전시물의 브라우징 시간, 클릭 비율 등을 직관적으로 분석하여 사용자의 관심, 선호 스타일 등의 정보를 연구할 수 있다. 이후 베이직(Vasic)<sup>60)</sup> 등의 연구자들은 2022년에 새로운 사용자 행동 추적 방법을 제안했는데, 이 방법은 역가상화 프로세스의 정의 프로그램 모델을 통해 사용자의 행동 활동을 포착하고 기록하고, 이를 실제 사례에서 검증함으로써 사용자 체험 개선을 위한 중요한 참고 자료를 제공한다. 이밖에도 사용자의 가상박물관 전시물과의 인터랙션 체험도 연구의 중점 중 하나가 되었으며, 일부 연구에서는 가상박물관에 도입된 가상 가이드, 가상 실험, 게임 디자인 등의 인터랙션 요소가 브라우징 과정에서의 사용자 참여도와 인터랙션 체험을 효과적으로 향상시킬 수 있음을 증명하였다. 예를 들어, 그림 10은 중국 둔황(敦煌)박물관에서 개발한 디지털 둔황 가상박물관 프로젝트로, 이 프로젝트는 게임화 된 페이지 디자인

---

59) Chittaro L, Ieronutti L. A visual tool for tracing users' behavior in virtual environments[C]//Proceedings of the working conference on Advanced visual interfaces. 2004: 40-47.

60) Vasic I, Pauls A, Mancini A, et al. Virtualization and Vice Versa: A New Procedural Model of the Reverse Virtualization for the User Behavior Tracking in the Virtual Museums[C]//International Conference on Extended Reality. Cham: Springer Nature Switzerland, 2022: 329-340.

을 통해 웅장한 둔황의 역사를 전시하고 있다. 고해상도 디지털 스캔, 게임 엔진의 물리 렌더링 및 전 영역 동적 조명, 클라우드 게임 등의 게임 기술을 활용하여 6만여 점이 넘는 귀중한 문화재를 소장하고 있는 백 년 전의 둔황 장경동(藏经洞)의 역사적 장면을 생생하게 재현하였는데, 그 디지털 자산의 규모는 50G를 초과하고, 화면의 해상도는 4K급 영화 수준의 화질에 달한다.



<그림 10> 둔황 디지털 동굴의 티벳 문서 게임 페이지(출처: <https://dlc.e-dunhuang.com/>)

한편 사용자 체험 측면의 연구 영역에서 연구자들은 설문 조사 및 인터뷰 등의 방법을 통해 사용자의 인식, 감정, 만족도 등을 탐구하고 있다. 주요 연구에 따르면, 가상박물관에 대한 사용자의 인식 경험은 가상 환경의 실제성, 인터페이스의 사용자 친화성 및 전시품의 구현 방식 등과 같은 다양한 요인들에 의해 영향을 받는 것으로 나타났다. 월쉬(Walsh) 등의 연구자들<sup>61)</sup>은 리버풀 국립박물관 웹사이트를 대상으로 한 대규모의 사용자 체험 조사

61) Walsh D, Hall M M, Clough P, et al. Characterising online museum users: a study of the National Museums Liverpool museum website[J]. International Journal on Digital Libraries, 2020, 21(1): 75-87.

연구를 통해 대부분의 방문자들이 전문가가 아니며, 브라우징 시간이 매우 짧아 충분한 학습이 이루어지지 못함을 발견하였다. 이 때문에 가상박물관 설계에 있어 다양한 사용자의 교육 배경과 행동 습관을 종합적으로 고려해야 한다. 가상박물관의 방문객 그룹을 대중적으로 확대하고, 문화 전파 및 교육의 효율과 범위를 향상시키기 위해서는 비전문가들을 위한 더욱더 간결하고 명확한 브라우징 방식을 제공하는 것이 매우 중요하다. 또한, 사용자의 감성적 체험도 중점 연구 사항의 하나이다. 일부 연구들은 가상박물관이 광범위한 호평을 받는 이유가 사용자에게 몰입식 관람 체험을 창출하여 사용자의 감성적 공감을 일으키고, 사용자들의 적극적이고 능동적인 참여를 유도하였기 때문이었음을 보여준다. 테오도로폴로스(Theodoropoulos) 등의 연구자들<sup>62)</sup>은 문화 유물의 전시를 VR 가상현실 게임에 통합함으로써 사용자 체험을 크게 최적화하고 사용자의 브라우징 시간을 증가시킨다는 사실을 연구 조사를 통해 발견하였으며, 가상 환경의 몰입식 체험이 가상박물관의 보급 확대와 사용자 만족도 향상에 중요한 역할을 한다는 것을 입증하였다.

사용자 참여 측면에 대한 연구 영역에서 연구자들은 사용자 참여도와 가상박물관 체험 사이의 관계를 탐구하였다. 연구에 따르면, 가상박물관의 인터랙션과 캐릭터 속성은 사용자 참여도를 촉진하는 중요한 요소 중 하나이다. 사용자의 참여도는 사용자 본인의 관심 및 요구와 밀접하게 관련되어 있을 뿐만 아니라, 가상박물관이 제공하는 인터랙션과 캐릭터 속성과도 관련이 있다. 가상박물관에서 사용자가 느끼는 몰입식 인터랙션 체험은 지식 학습과 브라우징 경험을 촉진하여 사용자의 참여감과 만족도를 향상시킬 수 있다.<sup>63)</sup> 또한 사회심리학적 관점에서 볼 때 아이템과 전시 콘텐츠를 사용자의 사회적 역할과 신분과 연결시켜 특정한 역할 플레이를 설정하고, 다양한

---

62) Theodoropoulos A, Antoniou A. VR Games in cultural heritage: A systematic review of the emerging fields of virtual reality and culture games[J]. Applied Sciences, 2022, 12(17): 8476.

63) Hutson J, Hutson P. Museums and the Metaverse: Emerging Technologies to Promote Inclusivity and Engagement[J]. 2023.

사회적 역할의 시각에서 박물관을 탐색하도록 사용자를 유도함으로써 사용자의 아이덴티티와 참여감을 강화할 수도 있다.<sup>64)</sup> 이에 따라 구글 가상박물관, 대영박물관, 영국 국립박물관 등을 포함한 많은 박물관들은 이미 가상 전시 플랫폼을 개발하고, 다양한 인터랙션 형식을 설정하여 사용자의 가상 박물관 참여감을 강화하고 있다. 그러나 현재 대부분의 가상 전시 플랫폼은 주로 이미지와 텍스트 전시를 기반으로 하고 있다. ‘메타버스’의 개념이 지속적으로 심화되는 추세로 볼 때 향후 가상박물관에 그림 11에서와 같은 메타버스 가상 3D 브라우징 모드를 통합하는 것은 가상박물관의 대중화와 발전을 촉진하는 데 중요한 도움이 될 것이다. 이현경<sup>65)</sup> 등은 문헌 고찰, 사례 연구, 인터뷰 조사 등의 방법을 통해 가상박물관 메타버스 인터랙션 방식의 실현 가능성을 검증하였으며, 시장 세분화와 전략 기술에 따라 사용자를 ‘탐구형 캐릭터’와 ‘엔터테인먼트형 캐릭터’로 구분하고, 이 두 캐릭터의 사용자를 대상으로 한 기술 개발, 탐구형 캐릭터 사용자에게 더 적합한 콘텐츠 제공과 사용자 참여도 향상, 그리고 엔터테인먼트형 캐릭터 사용자를 대상으로 한 다양한 커뮤니티를 생성과 적극적인 마케팅 등의 세 가지 주요 발전 방향을 제시하였다. 가상의 메타버스 세계에서 사용자는 자유롭게 자신의 캐릭터를 조작하고 개인적인 관심사에 따라 브라우징을 진행할 수 있으며, 이를 통해 사용자의 체험과 참여감을 크게 향상시킬 수 있다.

---

64) Mochocki M. Role-play as a heritage practice: Historical LARP, tabletop RPG and reenactment[M]. Routledge, 2021.

65) Lee H K, Park S, Lee Y. A proposal of virtual museum metaverse content for the MZ generation[J]. Digital creativity, 2022, 33(2): 79-95.



<그림 11> 가상박물관 메타버스

## 2.2 감각통합 인터랙션 체험과 박물관 디자인의 결합 관계

문화유산의 전시와 전승을 위한 새로운 매체로서 가상박물관은 문화 정보를 전달하는 동시에 종합적인 감각통합 인터랙션 전시 체험의 구축에도 중점을 두어야 한다.<sup>66)</sup> 이러한 감각통합 인터랙션 전시 체험은 관람객의 시각, 청각, 촉각, 후각/미각, 공감각 등 다섯 가지 영역의 감각을 자극하여 관람객이 가상박물관의 환경에 깊이 몰입할 수 있도록 한다.<sup>67)</sup> 이 감각통합 체험의 핵심은 전시품과 이야기 방식을 창의적으로 융합하여 사용자들에게 보다 풍부하고 생동감 있는 매력적인 전시 콘텐츠를 제공함으로써 더 많은 사용자 참여를 유도하고 관람 과정에서의 쾌적함과 만족도를 향상시키며, ‘인간 중심’의 디자인 이념을 구현한다.<sup>68)</sup> 박물관 디자인에서 감각통합

66) Noppeney U. Perceptual inference, learning, and attention in a multisensory world[J]. Annual review of neuroscience, 2021, 44: 449-473.

67) Nica E, Poliak M, Popescu G H, et al. Decision intelligence and modeling, multisensory customer experiences, and socially interconnected virtual services across the metaverse ecosystem[J]. Linguistic and Philosophical Investigations, 2022, 21:137-153.

68) Geers L, Coello Y. The relationship between action, social and multisensory spaces[J]. Scientific Reports, 2023, 13(1): 202.

체험의 각 영역들은 서로 결합되어 밀접한 관계를 가지고 있다. 다양한 감각들의 자극과 피드백은 가상박물관의 전체적인 디자인 방향과 이념에 직접적인 영향을 미친다. 따라서 보다 깊은 문화 전달과 전시 효과를 위해 디자인어는 시각 요소, 음향 효과, 촉각 경험 등을 세밀하게 고려하고 최대한 활용하여 관람객들에게 더 깊은 감각 체험과 감정의 공감을 불러일으킬 수 있는 가상박물관 환경을 조성해야 한다. 감각통합 인터랙션 체험이 박물관 설계에 있어 지니는 중요성을 깊이 연구하고 이해함으로써, 디자인어는 더욱 풍부하고 매력적인 전시 체험을 구축할 수 있으며, 이를 통해 가상박물관의 문화 전파 효과를 극대화함은 물론 사용자의 참여도도 향상시킬 수 있다.

### 2.2.1 시각 전달과 박물관

인간의 감각 등급에서 시각 인식은 가장 중요한 위치를 차지하고 있으며, 가장 직접적이고 가장 ‘객관’적인 감각이다. 가상박물관 전시에서 시각적 표현은 더욱이 중요하며, 시각 요소의 절묘한 디자인을 통해 관람객들에게 전시품과 전시 주제를 더욱 깊이 이해하고 포괄적으로 경험할 수 있도록 한다. 예를 들어, 전시물의 레이아웃 디자인에서 전시품의 높낮이의 변화, 크기에 따른 배치, 전시품 간의 관계 등을 통해 다양한 전시 분위기를 조성함으로써 사용자들은 다양한 장면과 상황을 경험할 수 있다. 가상박물관은 멀티미디어, 3D 입체 및 인터랙션 기술 등을 활용하여 전통적인 전시 경험을 현대적인 가상 체험으로 업그레이드시킨다. 시각 요소의 디자인은 가상박물관의 전시 분위기를 조성하는 중요한 수단으로 전시 주제와 색조의 통일, 전시품의 조형 디자인, 색상의 활용, 텍스트 레이아웃 등은 시각 언어의 특징을 심분 활용하여 관람객들을 스페셜한 전시 주제와 콘텐츠로 안내한다.<sup>69)</sup> 이와 동시에 터치스크린, 동작 인식 등 가상박물관에서 사용되는 인터

---

69) Geng Y.Virtual Reality (VR) advertising communication design based on 3D wirelesactive visual sensing[J]. Journal of Sensors, 2022, 2022: 1-9.

랙션 기술도 관람객과 전시물이 실시간으로 직관적 교감을 가능하게 하여 전시 내용을 더 생동감있고 재미있게 만들고 관람객들에게 더욱더 즐거운 체험을 제공한다. 예를 들어, 그림 12의 루브르박물관 가상갤러리는 현실과 구분하기 힘든 시각 효과를 제공하여 관람객들이 실제로 현장에 있는 듯한 느낌을 제공한다. 전시품의 배치는 전시 주제에 따라 다양한 변화를 주었다. 그림 12(a)의 ‘Power Plays’ 주제 갤러리는 전시품의 배치가 규칙적이고 긴장감이 있으며 비교적 어두운 색조로 표현되어 있어 역사적인 분위기를 자아내는 반면, 12(b)의 ‘The Body in Movement’ 주제 갤러리의 전시품은 자유로운 배치가 돋보이며, 밝고 선명한 색조와 활기찬 분위기로 표현되어 있어 전시의 주제에 잘 부합하고 있다.



(a) Power Plays

(b) The Body in Movement

<그림 12> 루브르 박물관 가상갤러리  
(출처: <https://www.louvre.fr/en/online-tours>)

하지만 가상박물관의 디자인에서 시각 전달은 일련의 도전 과제에 직면할 수 있다. 먼저 가상박물관 디자인에서 서로 다른 시각적 상호작용 매체 간의 통일성과 조화성을 보장하는 것이 중요하다. 즉, 다양한 매체의 스타일과 요소들의 조화로운 공존 여부는 해결해야 할 중요한 문제 중 하나이다. 또한 가상박물관의 정보 제공은 일반적으로 여러 페이지나 모듈을 포함하므로 이들 간의 양호한 시각적 연결을 유지하여 방문객이 관람하는 동안 자연스

럽고 원활한 전시 과정을 체험할 수 있도록 해야 한다.<sup>70)</sup> 예를 들어, 루브르 박물관의 가상갤러리의 경우에는 시각 각도의 범위가 제한적이며, 마우스 스크롤을 통해 시각 각도의 범위를 효과적으로 조정할 수 없는 문제가 나타났는데, 특히 전시품의 모서리를 보려고 할 때 이 문제가 두드러져 관람객들로 하여금 불편함을 느끼게 만든다.

이러한 문제를 해결하기 위해서는 가상박물관 디자인에서 시각 각도의 범위를 더 유연하게 조정하고 제어하는 방법을 도입하여 사용자의 전체적인 장면 탐색 능력을 향상시켜야 한다. 예를 들어, 더 넓은 시야각 조정 기능을 제공하여 사용자가 보고자 하는 각도를 더 자유롭게 선택할 수 있도록 할 수 있다. 또한 이동 및 확대/축소 기능을 도입하여 디테일한 부분이나 먼 거리의 전시품을 더 잘 관람할 수 있도록 하며, 합리적인 시야각 제어 메커니즘을 통해 사용자의 체험을 향상시켜 보다 쾌적하고 즐거운 느낌을 제공할 수 있다. 따라서 가상박물관의 디자인은 사용자 체험을 중심으로 시각 상호작용 매체의 일관성과 조화성을 종합적으로 고려해야 한다. 시각 각도의 범위가 제한되는 문제를 해결함으로써 사용자의 참여도와 만족도를 높일 수 있으며, 전시품을 더 잘 감상하고 탐색할 수 있다. 위의 루브르박물관과 마찬가지로 현실의 실제 장면을 구현한 중국 국가박물관의 가상전시관을 예로 들자면, 그림 13 (a), (b)의 시각 범위 비교에서 알 수 있듯이 중국 국가박물관의 가상전시관에서는 마우스 스크롤을 사용하여 시야각을 변경하지 않고 시각의 범위를 크게 확장할 수 있어 전시관의 전경을 한눈에 볼 수 있다.

---

70) 박수빈 · 이현경, 메타버스형 가상박물관의 사례 연구에 따른 발전 방향 제안: 개인화와 공유를 중심으로, 한국디자인포럼 26(3), 2021, 19-30.

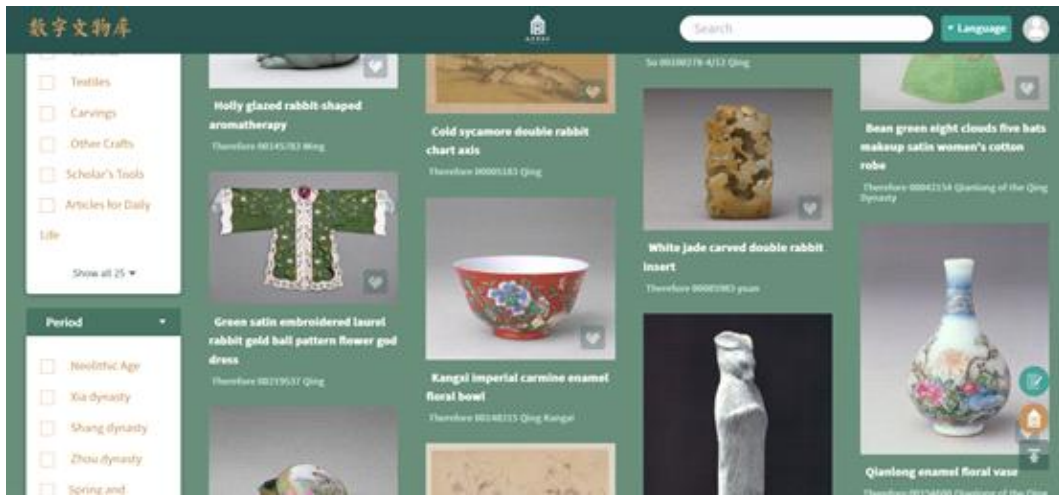


(a) 클로즈업 뷰

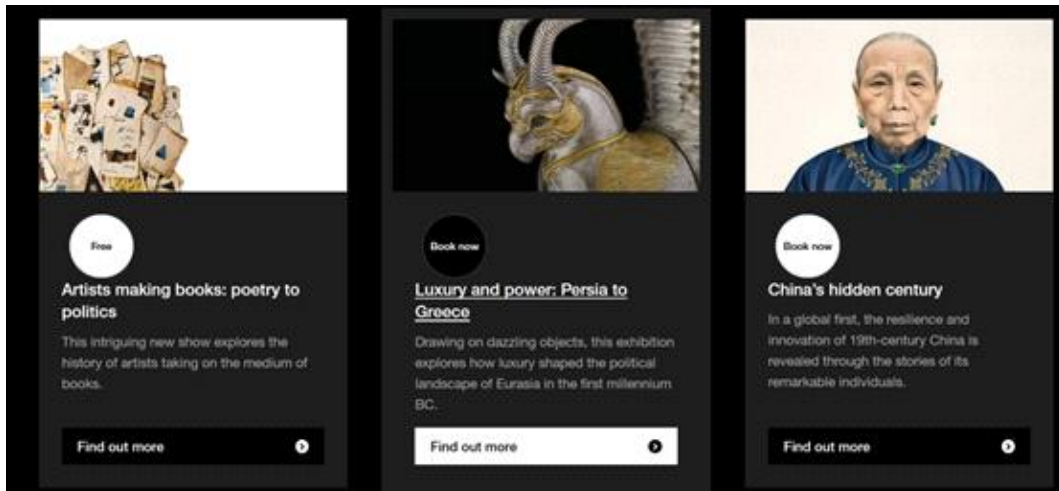
(b) 광시야각 뷰

<그림 13> 중국 국가박물관 가상 전시실 시각 범위 조정 효과  
(출처: <https://www.chnmuseum.cn/portals/0/web/vr/fxzl/>)

이밖에도 많은 여러 박물관에서 효율적인 시각적 전달을 위한 디자인 전략을 채택하고 있다. 앞서 살펴본 3D 갤러리 디자인 이외에도, 2차원 평면 전시 형태로 구성된 그림 14와 그림 15의 중국 고궁박물관과 영국 대영박물관의 디지털 유물 라이브러리는 각각 이에 대한 두 가지 전형적인 예이다. 그림 14의 고궁박물관의 디지털 유물 라이브러리는 전시품들을 교차 배치 방식으로 디스플레이하였고, 전시품의 실제 형태와 크기에 따라 페이지에서 차지하는 비율도 다르다. 또한 페이지의 배경색은 짙은 초록색으로, 고전적이고 역사적인 분위기를 연출한다. 이러한 디자인은 독특한 예술적 분위기를 조성하며 관람객들을 궁궐의 유산 속으로 빠져들도록 만든다.



<그림 14> 중국 고궁박물관 디지털 유물 라이브러리  
 (출처: <https://digicol.dpm.org.cn/>)



<그림 15> 대영박물관 디지털 유물 라이브러리  
 (출처: <https://www.britishmuseum.org/exhibitions-events/see-everything/>)

반면 그림 15의 대영박물관의 디지털 유물 라이브러리는 완전히 다른 스타일로 디자인되었다. 여기에서는 전시품이 동일한 비율의 크기로 실려있다. 전시품의 박스 위에 마우스를 올리면 인터랙션의 효과가 나타난다. 전시품의 배경은 무작위로 색상이 변경되며, 프레임 박스가 확대된다. 이러한 디자인

인은 페이지의 역동성과 인터랙션 요소를 추가하여 사용자가 전시품을 더 자유롭게 탐색할 수 있도록 한다. 전체적으로 이 디지털 유물 라이브러리의 색상 선택은 새롭고 대담하며, 강한 대비와 시각적 임팩트를 지니고 있어 관람객에게 강렬한 디자인적 미감을 전달한다.

이에 따라 가상박물관 디자인에서는 내용이나 기술적인 측면 이외에도 시각적 커뮤니케이션 디자인이 전체적인 프레임워크에서 중요한 역할을 차지한다는 사실을 알 수 있다. 디자이너는 ‘인간 중심’의 디자인 이념을 고수해야 하며, 시각 요소의 합리적인 활용과 동시에 사용자의 심리적 요인도 함께 고려해야 한다. 예를 들어, 심미적 취향, 선호도, 개인적 경험 등과 같은 사용자의 심리적 요인을 고려하여 사용자들을 위한 맞춤형 시각 체험을 제공한다면 박물관 전시품의 매력과 영향력을 향상시키고 문화의 보급과 교류를 촉진할 수 있을 것이다. 시각 커뮤니케이션 디자인에서는 색상 언어와 이미지 선택이 매우 중요한 요인이 된다. 이러한 요소들은 가상박물관을 위한 전시 자원을 제공할 뿐만 아니라, 일종의 지속가능한 자원으로 간주될 수 있으며, 박물관의 장기적인 혁신과 발전의 토대가 된다. 심혈을 기울인 시각 전달 디자인을 통해 가상박물관은 관람객들을 유치하는 동시에 그들에게 쾌적한 시각적 즐거움을 제공하고, 그들의 호기심과 탐구욕을 자극하며, 전시품과 문화에 대한 자발적인 이해를 촉진시킨다. 한편 시각 전달의 효과를 보장하기 위해서는 가상박물관 속 전시품의 해상도를 확보하는 것이 필요하다. 이 요구 사항은 유물의 디지털화와 영구 보존에도 매우 중요한 문제이다. 결론적으로 이러한 포괄적인 시각 디자인 접근 방식은 가상박물관의 방문객들에게 더욱 풍부하고 전면적인 감각 경험을 제공하며, 합리적인 디자인을 통해 사용자의 인지, 감정, 행동 과정을 종합적으로 고려함으로써 가상박물관의 매력을 향상시키고 사용자의 정서적 공감을 불러일으키는 동시에 참여도와 만족도를 높이는 데 일조한다.

## 2.2.2 청각 전달과 박물관

시각·청각·촉각 통합 인터랙션 분야에서 청각 전달과 가상박물관 디자인의 결합 관계는 연구의 가치가 충분한 문제이다. 가상박물관에서 활용되는 청각 전달 수단은 사용자에게 더욱 몰입감 높은 관람 체험을 제공함으로써 사용자의 주관적인 감정과 객관적인 이해에 영향을 미친다. 3D 가상 모델링과 가상 유람 기술을 활용하여 박물관의 전시와 소장품을 재현하고 사용자에게 온라인 관람 기회를 제공하는 가상박물관에서의 청각 전달은 중요한 인터랙션 방식으로 사운드, 음악, 음성 가이드 등을 통해 정보를 전달할 수 있다.<sup>71)</sup>

먼저, 청각 전달 시스템을 통해 가상박물관 환경 음향 효과를 재현함으로써 사용자의 관람 체험을 향상시킬 수 있다. 예를 들어, 사용자가 한 전시품에 가까이 다가가면 시스템은 해당 작품과 관련된 실제 소리를 모방하여 낼 수 있으며, 예술가의 창작 과정에서 나온 환경음이나 창작 도구의 소리 등도 재현할 수 있다. 이러한 실제 소리의 재현은 사용자가 작품의 배경이나 제작 과정에 대한 이해를 심화시켜 몰입감을 높이는 데 도움이 된다.<sup>72)</sup> 또한, 청각 전달은 배경 음악으로 적절한 음악을 선택함으로써 사용자의 감정적인 경험을 풍부하게 할 수 있다. 다시 말해 전시품의 스타일과 주제에 맞는 음악을 선택할 수 있는데, 예를 들어 낭만적인 주제의 그림을 감상할 때 부드러운 클래식 음악을 재생하여 사용자의 정서적 공감을 자극할 수 있다. 이러한 감정적인 경험 창출은 가상박물관 관람을 더욱 풍부하고 매력적인 체험으로 만든다.<sup>73)</sup> 이밖에도 청각 전달은 음성 안내 시스템을 통해 상세한

71) Latos A, Komianos V, Oikonomou K. Interaction and information communication in virtual museums[C]//IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. IOP Publishing, 2018, 364(1): 012038.

72) Liarokapis F, Sylaiou S, Basu A, et al. An Interactive Visualisation Interface for Virtual Museums[C]//VAST. 2004: 47-56.

73) Sylaiou S, Mania K, Karoulis A, et al. Exploring the relationship between presence and enjoyment in a virtual museum[J]. International journal of human-computer studies, 2010, 68(5): 243-253.

설명과 정보를 제공할 수 있다. 가상박물관에서 음성 합성 기술을 활용하여 안내 기능을 구현하면 사용자가 관심 있는 전시품의 설명을 선택적으로 들을 수 있다. 특히 다국어 지원 음성 안내 시스템은 세계 각국의 다양한 관객들이 박물관을 가상으로 방문할 수 있도록 도와주며, 풍부하고 심층적인 전시 정보를 제공한다.<sup>74)</sup>

많은 유명 가상박물관에서는 이미 청각 전달 디자인을 보편적 수단으로 사용하고 있다. 예를 들어, 헬싱키 디자인박물관은 가상 전시에 서라운드 오디오와 음성가이드를 사용하여 사용자에게 몰입감 있는 체험을 제공하며, 다양한 디자인 작품에 대한 상세한 설명을 통해 사용자가 디자인의 컨셉트와 스토리텔링을 더 잘 이해할 수 있도록 한다. 영국 국립 미디어박물관은 인터랙션 트리거링 사운드 효과를 통한 다양한 미디어 형식(영화, 라디오 등)의 사운드 아트 장치와 인터랙션 오디오 체험을 활용하여 사용자에게 독특한 청각 경험을 제공한다. 또한 스톡홀름 국립박물관은 음악 인터랙션 영역과 파노라마 오디오 가이드를 절묘하게 조합하여 사용자가 전시회에서 악기를 연주하고 음악을 작곡하며 오디오 가이드를 통해 작품 뒤에 숨겨진 이야기를 이해할 수 있도록 하였다. 이들 박물관은 이러한 혁신적인 청각 전달 디자인을 통해 전시 콘텐츠와 상호작용하면서 독특하고 풍부한 관람 체험을 조성한다.<sup>75)</sup> 이러한 수준 높은 사운드 디자인은 사용자가 전시 콘텐츠를 더욱 포괄적이며 심층적으로 이해하고 경험할 수 있도록 한다.

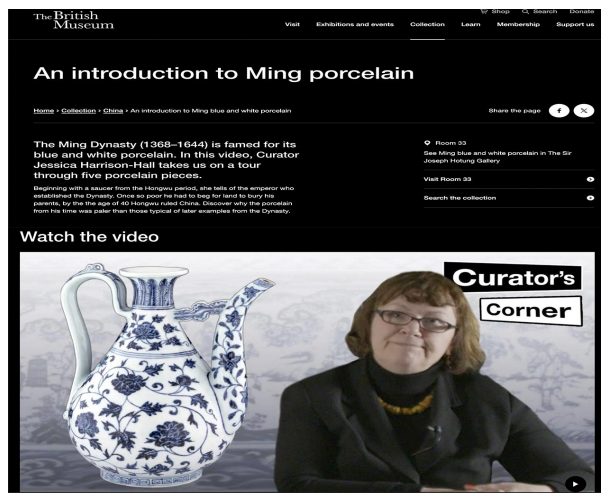
그림 16과 그림 17은 각각 대영박물관 전시품의 오디오 소개 페이지와 네덜란드 반 고흐 박물관의 오디오 투어 모드를 보여준다. 이들은 사용자가 전시품을 관람하는 동안 오디오 가이드, 스토리 설명, 역사적 배경 음악 등

---

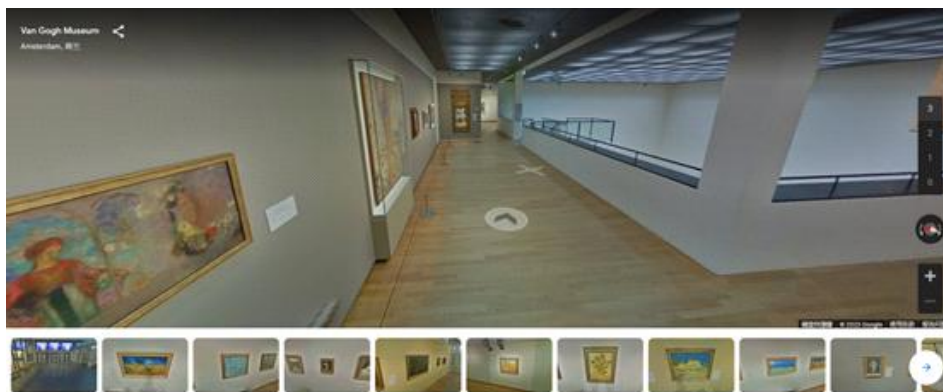
74) Zou N, Gong Q, Zhou J, et al. Value-based model of user interaction design for virtualmuseum[J]. CCF Transactions on Pervasive Computing and Interaction, 2021, 3(2):112-128.

75) Germani M, Mengoni M, Peruzzini M. Electro-tactile device for material texture simulation[J]. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2013, 68: 2185-2203.

다양한 오디오 리소스를 제공하여 청각적으로 더 깊은 이해와 몰입감을 얻을 수 있도록 한다. 사용자는 웹페이지를 통해 작품의 비하인드 스토리, 예술가의 창작과정, 역사적·문화적 배경 등 전시품과 관련된 오디오 해설을 자유롭게 선택해 들을 수 있다. 이러한 오디오 리소스는 사용자로 하여금 각 전시품의 의미와 가치를 보다 깊이 이해하고 몰입감 있는 브라우징 체험을 가능하게 하여 전시품의 감상에 있어 재미와 교육적 수확을 동시에 증가시킨다.



<그림 16> 대영박물관 오디오 소개 페이지  
(출처: <https://britishmuseum.withgoogle.com/object/lacquer-document-box>)



<그림 17> 네덜란드 반 고흐 미술관 오디오 투어 모드  
(출처: [artsandculture.google.com/partner/van-gogh-museum](https://artsandculture.google.com/partner/van-gogh-museum))

하지만 가상박물관의 청각 전달 디자인에는 여전히 해결해야 할 기술적, 디자인적 과제에 직면하고 있다. 첫 번째로 기술적인 측면의 문제이다. 실감나는 사운드의 전달을 위해서는 고품질의 오디오 파일과 첨단 음향 처리 기술이 필요하다. 그러나 오디오 데이터를 수집하고 처리하는 과정은 많은 시간과 자원이 소요되며, 극복해야 할 기술적 과제들이 여전히 많이 남아 있다. 두 번째로, 사용자의 개별적인 요구 사항의 차이를 고려할 때, 청각 전달에 대한 각 사용자의 기대와 선호도에 큰 차이가 있을 수 있다. 어떤 사용자는 예술 작품의 음향 효과에 더 관심을 가질 수 있지만, 또 어떤 사용자는 예술 작품을 감상하는 동안 평온한 경험을 선호할 수 있다. 따라서 가상박물관 디자이너는 ‘사용자 중심’이라는 디자인 철학을 견지하여야 하며, 사용자의 요구를 충족시키기 위해 사용자의 심리적 요소를 깊이 고려하여 개인화 요구에 맞는 맞춤형 선택과 설정을 제공해야 한다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 기술의 지속적인 발전뿐만 아니라 사용자에 대한 심도 깊은 연구도 필요하다. 기술의 지속적인 개선과 발전에 따라 사용자 개인의 니즈에 더욱 잘 부합하는 수준 높은 품질의 청각 전달 경험을 기대할 수 있으며, 이와 동시에 사용자들과 직접 협력하고 피드백을 수집하는 것도 가상박물관 시스템 디자인의 중요한 구성 요소이다. 이를 통해 디자이너는 사용자의 기대치를 더욱 종합적으로 이해할 수 있으며, 가상박물관의 청각 전달 디자인을 더욱 최적화할 수 있다.

### 2.2.3 촉각 전달과 박물관

촉각 전달은 터치나 질감 등의 감지 방식을 통해 마치 사용자가 실제 현장에 있는 듯이 전시물과 더욱 직접적이고 몰입적인 상호작용 경험을 할 수 있도록 하는 커뮤니케이션 수단이다. 실제 박물관 설계에서 촉각 전달은 매우 중요한 역할을 한다. 예를 들어, 건축박물관에서는 건축 자재를 직접 노

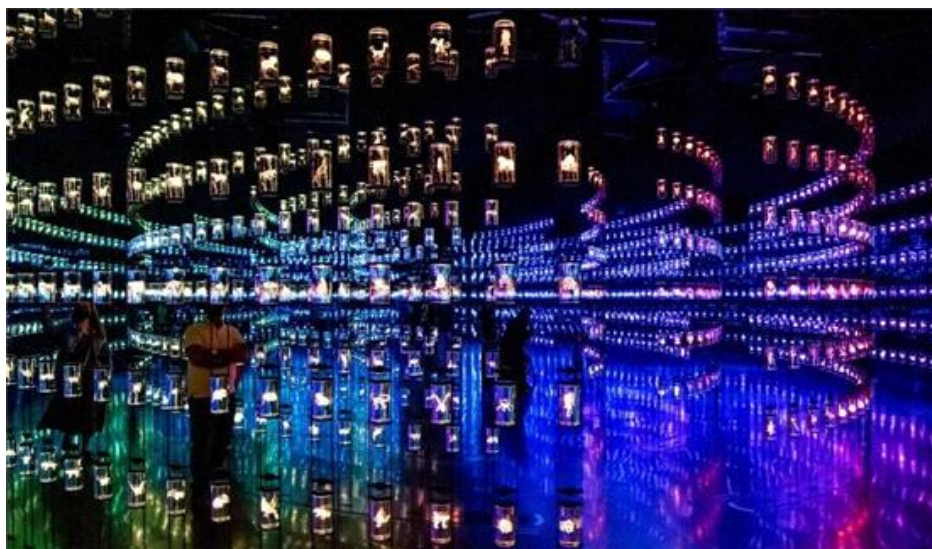
출시킴으로써 사용자가 돌의 차가움, 나무의 질감 등을 직접적으로 체감하도록 하여 건축 설계와 재료의 특성에 대한 이해를 심화시킬 수 있다.<sup>76)</sup> 도자기 예술 전시에서는 촉각 전달 수단을 통해 사용자가 도자기 작품의 표면을 만져보며 매끄러움, 울퉁불퉁함, 온도 등의 질감을 체험함으로써 예술 작품에 대한 이해와 감상 효과를 높일 수 있다.<sup>77)</sup>

촉각 전달은 전문 장비에 대한 높은 요구 사항으로 인해 현재까지는 주로 오프라인 박물관의 전문적인 몰입형 가상현실 체험구역에서 한정적으로 활용되고 있다. 그림 18은 두바이 미래박물관의 예이다. 2022년 2월 22일에 공식으로 문을 연 이 박물관은 내셔널 지오그래픽에서 선정한 세계에서 가장 아름다운 박물관 중 하나로 선정되기도 하였다. 미래를 주제로 한 박물관으로서 두바이 미래박물관은 첨단 가상현실 기술과 증강현실 기술을 활용하여 관람객들에게 완전한 몰입형 체험을 제공한다. 촉각 피드백 장치를 사용해 터치 및 감지 체험을 시뮬레이션할 수 있는 등 가상 전시물과 심도 깊은 인터랙션을 할 수 있어 방문객의 박물관 체험을 극대화할 수 있다.

---

76) Chen Y P, Ding Z, Yu Y, et al. Recent advances in investigating odor-taste interactions: Psychophysics, neuroscience, and microfluidic techniques[J]. Trends in Food Science & Technology, 2023.

77) Uddin M, Manickam S, Ullah H, et al. Unveiling the Metaverse: Exploring Emerging Trends, Multifaceted Perspectives, and Future Challenges[J]. IEEE Access, 2023.



<그림 18> 두바이 미래박물관의 가상현실 체험

이밖에도 일본 국립과학박물관에서 개최한 ‘Science Beyond the Boundaries(경계를 초월한 과학)’ 전시회는 촉각 전달 장치와 터치스크린 기술을 활용하여 관람객들이 가상 전시물의 질감과 모양을 만져보고 체감할 수 있도록 하였다. 또한 서울 국립중앙박물관은 촉각 교육 섹션에서 촉각 인터랙션 장치와 시뮬레이터를 활용하여 관람객들이 터치와 관찰을 통해 유물의 디테일과 질감 등을 자세히 느낄 수 있도록 하였다.

촉각 피드백은 사용자의 인지 심리에 상당한 영향을 미치는 등 가상박물관 디자인에서 중요한 역할을 담당한다. 효과적인 촉각 디자인은 박물관 방문 과정에서 사용자의 심리적 만족감을 유발하여 몰입 체험을 향상시킬 수 있다. 하지만 촉각 감지는 일반적으로 물리적인 접촉에 의해 이루어지기 때문에 가상박물관 디자인에서의 촉각 인터랙션은 기존의 방식으로는 구현하기 어렵다는 한계가 있다. 이에 따라 대부분의 가상박물관들은 여전히 시각과 청각 인터랙션을 위주로 정보를 전달하고 몰입형 체험을 제공하는 경향이 강하다. 현재 가상박물관은 일반적으로 화면 진동을 통해 촉각 인터랙션

을 구현하는 경우가 많다. 터치스크린이나 컨트롤러에 진동이나 피드백의 힘을 가하면 사용자는 미세한 촉각 변화까지도 느낄 수 있어 관람 과정의 몰입감과 상호작용성을 향상시킬 수 있다. 또한 VR 컨트롤러나 XBOX 컨트롤러 등과 같은 외부 하드웨어 기기를 연결한 후 이들 기기의 조작으로 촉각 인터랙션을 구현할 수도 있다. 이러한 촉각 피드백 기술은 종종 청각 및 시각 피드백과 결합하여 더욱 현실적이고 실감나는 촉각 체험을 제공한다. 세카치(Ceccacci) 등의 연구자들은 65명의 지원자를 대상으로 PC 모니터를 사용하여 촉각 인터페이스 및 게임 페이지를 탐색할 때의 피드백에 대한 연구를 수행하여 촉각 전달이 가상박물관 시스템의 사용자 체험을 효과적으로 향상시킬 수 있음을 입증하였다.<sup>78)</sup> 또한, 게르마니(Germani) 등은 디스플레이의 전기적 촉각 자극을 사용하여 다양한 재료의 질감을 시뮬레이션하면 사용자가 거의 실제에 가까운 질감을 직접 체감할 수 있다는 사실을 발견함으로써 가상박물관의 촉각 전달 디자인에 대한 새로운 아이디어와 방법을 제공하였다.<sup>79)</sup>

#### 2.2.4 시각·청각·촉각 통합 인터랙션 전달과 박물관

가상박물관 디자인에 시각·청각·촉각 통합 인터랙션이 결합되면 더욱 몰입감 있는 풍부한 체험이 창출되어 사용자는 박물관의 매력을 더욱더 충분히 경험할 수 있다. 예를 들어, 항공우주를 테마로 하는 온라인 가상박물관을 디자인하는 경우, 시각·청각·촉각 통합의 인터랙션 디자인 방식을 적용함으로써 사용자들은 마치 실제 항공기 박물관에 와 있는 것 같은 경험을 느낄 수 있다.

시각 자극을 통한 가상현실 기술의 적용은 실제 항공기 모델과 박물관 풍

---

78) Frank L K. Tactile communication[J]. Genetic psychology monographs, 1957.

79) Lin Y N, Li Y C, Ge S, et al. Three-Dimensional Encoding Approach for Wearable Tactile Communication Devices[J]. Sensors, 2022, 22(24): 9568.

경을 창출하여 사용자에게 몰입감 있는 체험을 제공한다. 사용자는 헤드 마운트 가상현실 디바이스나 태블릿을 통해 고해상도 디지털 이미지와 3D 모델을 관람하고 항공기, 인공위성이나 로켓 등이 생생하게 구현된 표현물을 감상할 수 있다. 이와 동시에, 전시용 과학교육 비디오와 모션 전시는 사용자가 전시물 이면의 과학 원리와 역사적 배경을 더 잘 이해할 수 있도록 보조한다.

또한 청각 자극을 통해 제공되는 전시와 관련된 음악이나 사운드 효과는 사용자에게 더욱 풍부한 경험을 선사한다. 사용자가 전시실에 입장하면 쾌활한 과학적 테마의 배경 음악이 울리며 사용자에게 테크놀로지적인 분위기를 조성한다. 헤드셋을 착용한 사용자는 오디오 해설을 들으며 항공기의 역사와 비하인드 스토리를 이해할 수 있으며, 이를 통해 전시물을 더욱 종합적으로 관람하고 감상할 수 있다.

여기에 더해진 촉각 피드백의 활용은 더욱 몰입감 있는 촉각 체험을 제공한다. 사용자가 전시물을 터치하거나 항공기 조립 등의 활동을 할 때, 다양한 수준의 진동 피드백을 통해 사용자는 촉각의 변화를 감지할 수 있다.<sup>80)</sup> 촉각 장갑이나 진동 피드백 장치 같은 촉각 피드백 장치는 전시물의 질감과 촉감을 시뮬레이션하여 사용자가 전시물의 디테일과 형태를 실제로 만지고 느낄 수 있도록 한다.

항공우주 가상박물관에서는 가상현실(VR)과 증강현실(AR) 기술을 통해 관람객이 직접 비행체의 이륙이나 우주 임무 등을 체험할 수 있다. 관람객이 VR 헤드셋을 착용하면 실제 비행체에 직접 탑승한 것처럼 엔진의 굉음을 듣고 바람을 느낄 수 있다. 이러한 몰입식 체험을 통해 관람객들은 항공우주의 역사나 기술에 대한 이해와 인식을 심화시킬 수 있다. 또한 터치스크

---

80) Ceccacci S, Generosi A, Leopardi A, et al. The role of haptic feedback and gamification in virtual museum systems[J]. Journal on Computing and Cultural Heritage (JOCCH), 2021, 14(3): 1-14.

린, 제스처 인식 등을 통해 전시물과 인터랙션하고 항공기의 분해 및 조립의 구조, 비행 원리 등도 이해할 수 있다. 더 나아가 가상박물관은 관람객들 간의 상호작용도 제공할 수 있다. 예를 들어, 가상현실 기술을 통해 원격 방문자 간의 교류와 공동 관람을 구현하고, 항공우주 문화를 테마로 한 ‘메타버스’도 구축할 수 있다.<sup>81)</sup>

따라서 시각·청각·촉각이라는 세 가지 감각의 자극을 통해 사용자는 보다 포괄적이고 깊이 있는 정보와 인식을 얻을 수 있어 참여도와 흥미도를 높일 수 있다. 또한 시각·청각·촉각의 통합은 전시의 매력과 추억을 높일 수 있다. 여러 감각을 자극함으로써 디자이너는 보다 생동감 있고 실감나는 생생한 체험을 창출할 수 있으며, 이를 통해 사용자는 전시 콘텐츠와 세부 사항을 더 오랫동안 기억할 수 있게 된다. 이는 사용자의 흥미를 유발하고 방문 횟수를 늘리며 박물관의 인지도를 높인다는 측면에서 중요한 의미를 지닌다.

### 2.2.5 기타 감각 체험과 박물관

후각과 미각 전달 역시 가상박물관 감각통합 디자인의 중요한 구성 부분이다. 가상박물관의 디자인에서 후각과 미각의 전달은 특정 문화 주제와 결합하여 더욱 현실적인 장면 체험을 조성한다. 또한 후각과 미각은 인간 기억의 중요한 구성 요소이기 때문에 후각과 미각 전달을 통해 사용자의 감정 공감을 불러일으키고 전시물에 대한 기억을 오랫동안 유지할 수 있다.<sup>82)</sup> 하지만 박물관 디자인 분야에서 후각과 미각 전달은 널리 적용되지 못하고 있다. 그 주된 이유는 이 두 감각이 효과를 발휘하기 위해서는 실제 물질의

---

81) Chen Y, Du L, Tian Y, et al. Progress in the Development of Detection Strategies Based on Olfactory and Gustatory Biomimetic Biosensors[J]. Biosensors, 2022, 12(10): 858.

82) Moineureau M A, de Oliveira Jr A A, Falk T H. Immersive media experience: a survey of existing methods and tools for human influential factors assessment[J]. Quality and User Experience, 2022, 7(1): 5.

존재를 필요로 하기 때문이다. 가상박물관이라는 맥락 하에서 후각과 미각 전달의 디자인은 사용자가 직접 물질에 접촉할 수 없기 때문에 더 큰 난제에 봉착해 있다.<sup>83)</sup>

일부 혁신적인 가상박물관은 첨단기술을 활용하여 후각과 미각의 전달을 구현하고, 더욱 포괄적인 관람 체험을 제공하려는 시도를 하고 있다. 가상현실 기술을 활용하여 후각을 강화하기 위한 이러한 시도들은 구체적으로 가상현실 헤드셋이나 마스크 등의 장치를 사용하여 특정 냄새 분자를 관람객들에게 전달함으로써 후각 체험을 시뮬레이션한다.<sup>84)</sup> 이 기술은 마이크로 스프레이 장치를 사용하여 특정 냄새를 방출하고 가상 장면과 결합하여 방문객이 특정 전시물이나 장면에서 해당 냄새를 감지할 수 있도록 하는 것이다.

리우이밍(Yiming Liu) 등은 VR에서 후각 자극을 전달할 수 있는 두 가지 시스템을 성공적으로 개발하였다. 첫 번째는 입술 위에 반창고와 같은 패치를 붙이는 것으로, 이 패치는 두 가지 냄새를 방출할 수 있다. 두 번째는 다양한 냄새를 방출할 수 있는 소프트 마스크이다. 이 두 시스템은 모두 온도 감지 저항을 사용하여 가열 요소를 제어하는데, 온도가 높을수록 방출되는 냄새 또한 강해진다. 시스템에는 또 자기 감응 코일이 있어 안면부에서 열을 제거하고, 냄새가 필요하지 않을 때 왁스를 빠르게 냉각시키는 기능도 있다.<sup>85)</sup> 하지만 이러한 기술들이 아직 연구 개발 단계에 있으며, 박물관에서 대규모로 적용되기까지는 해결해야 할 난제들이 적지 않았다는 점에 주목해야 한다. 후각과 미각 전달을 구현하기 위해서는 일련의 기술적 문제들 및

---

83) Liu Y, Yiu C K, Zhao Z, et al. Soft, miniaturized, wireless olfactory interface for virtual reality[J]. Nature Communications, 2023, 14(1): 1-14.

84) Vidyarthi J, Riecke B E, Gromala D. Sonic Cradle: designing for an immersive experience of meditation by connecting respiration to music[C]//Proceedings of the designing interactive systems conference. 2012: 408-417.

85) Skrzypińska K. The threefold nature of spirituality (TNS) in a psychological cognitive framework[J]. Archive for the Psychology of Religion, 2014, 36(3): 277-302.

안전상의 난제를 해결해야 하며, 민감한 사용자의 요구와 잠재적인 알레르기 반응 역시 고려해야 한다. 또한 개개인들의 후각과 미각 감지의 개인차로 인해 일부 사람들은 특정 냄새나 맛에 둔감할 수 있고, 이는 전시회에 대한 사용자들의 감지 및 체험에 영향을 줄 수도 있다. 이 기술은 아직 대규모의 응용과 보급 단계에는 이르지 못하고 있지만 실험 단계의 데이터들은 후각 및 미각 전달의 실현 가능성을 시사하고 있다.

비록 현 단계 가상박물관에서의 후각 및 미각 전달에 대한 응용이 적지만, 현재 일부 VR 게임에서는 후각 및 미각 시뮬레이션을 추가하려는 시도가 이미 진행되고 있다. 예를 들어 그림 19의 ‘Nosulus Rift’는 게임개발사 유비소프트(Ubisoft)에서 만든 홍보 프로모션으로, 게임 《사우스 파크: 슈퍼 히어로의 유산》에는 가상현실 디바이스 ‘Nosulus Rift’가 사용된다. 이 디바이스는 특정한 냄새를 방출하는 모듈을 통해 플레이어가 게임 속 캐릭터가 방출하는 방귀 냄새를 체감할 수 있도록 한다. 또한 그림 20의 ‘FeelReal’은 일종의 가상현실 헤드셋 디바이스로, 냄새 모듈이 함께 제공된다. 이 디바이스는 다양한 냄새 모듈을 방출하여 냄새 체험기능을 제공하며, 가상현실 게임의 상황과 연동된다. 플레이어는 게임 속에서 숲속의 상쾌한 향기, 불꽃의 열기, 그리고 기타 상황에 특화된 냄새들을 체감할 수 있다.



<그림 19> Nosulus Rift 장비의 사용 및 착용 방법



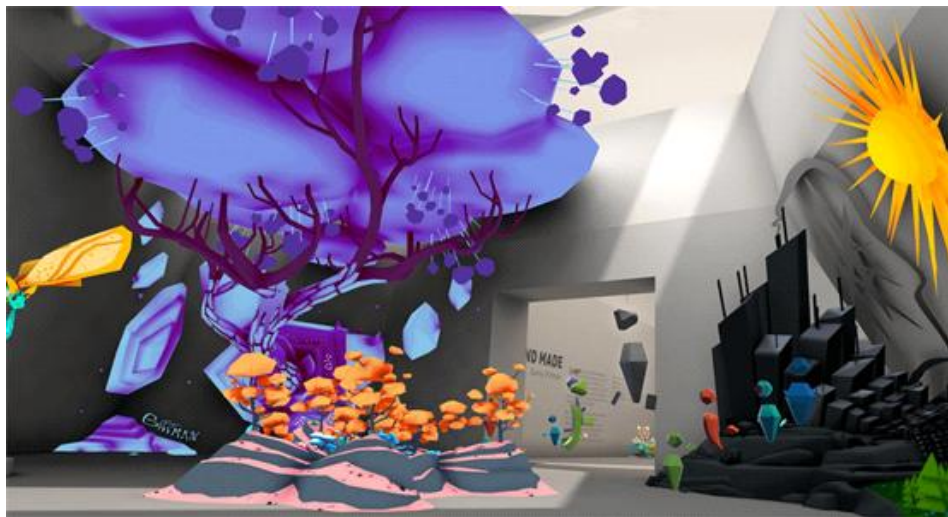
<그림 20> FeelReal 제품 소개

그러나 위에서 언급된 예시들은 아직까지 실험적인 시연에 불과하며, 특정한 게임과 장치에만 적용된다는 점에 주의해야 한다. 가상현실 게임 분야에서 냄새와 맛 체험을 통합하는 방법을 탐구하고 있지만, 현재로서는 포괄적인 냄새와 맛의 전달을 제공하는 대규모 응용 프로그램은 없는 실정이다. 기술의 발전함에 따라 앞으로 더 많은 가상현실 게임과 가상박물관에서 냄새와 맛을 통합한 디자인을 시도하고, 사용자에게 더욱 몰입적인 체험을 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

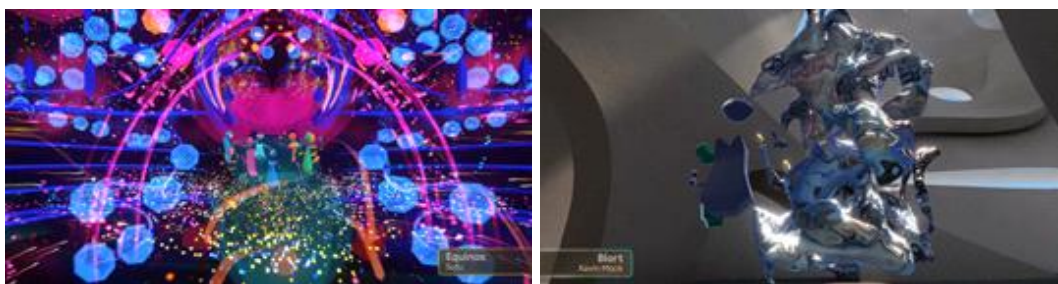
후각이나 미각 전달 이외에도 감각 체험 중에는 공감각 전달도 포함된다. 공감각 전달은 하나의 감각 채널을 통해 다른 감각 채널이 활성화되는 것, 다시 말해 하나의 감각 자극이 다른 감각을 불러일으키는 체험을 의미한다. 전형적인 공감각 경험에서는 특정 소리를 듣는 것과 같은 한 감각의 자극이 특정 색상을 보는 것과 같은 다른 감각 경험을 유발하는 것이다. 예를 들어, 공감각을 느끼는 어떤 사람은 숫자와 문자가 어떤 특정 색상과 대응된다고 느낄 수 있으며, 이러한 경험이 실제 존재하는 것으로 여길 수 있다. 공감각 전달은 공감각을 느낀 사람이 자신의 공감각 경험을 다른 사람에게 전달하여 다른 사람도 그의 공감각 경험을 이해하고 느낄 수 있도록 하는 것을 의미한다. 공감각 전달은 언어, 그림, 음악 등을 통해 이루어질 수 있다.

가상박물관 디자인에서 공감각 전달은 사용자의 전시물에 대한 인식과 이해를 강화할 수 있다. 예를 들어, 명화를 관람하는 동안 시각적 자극을 통해 사용자는 그림의 질감, 색상의 명암 대비, 그림이 전달하는 감정 등을 연상할 수 있으며, 이를 통해 그림이 전달하는 분위기를 더 깊이 이해하고 느낄 수 있다. 또한, 공감각 전달은 가상박물관의 몰입감을 향상시키는 데에도 도움이 된다. 다감각에 동시에 자극을 가함으로써 더욱 현실적이고 생생한 환경 인식을 창출할 수 있으며, 사용자의 가상 환경에 대한 몰입도를 강화시킨다. 예를 들어, 가상 고대 건축물을 방문하는 경우, 합성된 음향 효과, 촉감 피드백, 시각적 시뮬레이션 등이 함께 활성화되어 사용자를 마치 실제 장면 속에 있는 것처럼 느끼게 하여 사용자의 참여감과 몰입감을 높일 수 있다. 다중 사용자 가상현실 박물관인 ‘The Museum of Other Realities’ (이하 MOR)를 예로 들어 보자. 2018년에 출범한 이 박물관은 가상현실 기술을 통해 전통적인 박물관과는 완전히 다른 예술 탐색 경험을 제공한다. MOR은 완전한 가상공간 속에 구축되어 있으며, 방문자는 VR 장치(헤드 마운트 디스플레이와 컨트롤러)를 착용하여 그림 21과 같은 MOR 가상 전시실

에 진입할 수 있다. 이 가상 세계에서 방문자는 여러 전시 구역을 돌아다니며 디지털 아트 작품, 가상 환경 및 인터랙션 장치 등을 감상할 수 있다. MOR은 그림, 조각, 애니메이션, 인터랙션 장치 등 다양한 형태의 예술 전시를 제공한다. 가상현실 기술을 통해 방문자는 작품을 다양한 각도, 거리 및 규모로 관찰할 수 있다. 방문자는 가상 전시실에서 자유롭게 돌아다니며 예술 작품과 상호작용하고 다른 방문자들과 경험을 공유하여 새로운 디지털 아트 전시 커뮤니케이션 모드를 형성할 수 있다. MOR의 일부 오퍼레이션 페이지는 그림 22와 같다.



<그림 21> MOR의 가상 전시실



<그림 22> MOR의 오퍼레이션 페이지

MOR의 디자인은 공감각 전달의 개념을 잘 활용하고 있다. 먼저 스토리텔링을 바탕으로 관람객을 스토리 속 캐릭터로 완전히 끌어들여 극사실적인 장면의 시각적 경험을 제공한다. 이에 더해 다양한 방향에서 들리는 음악이나 사운드 효과 및 나레이션을 들을 수 있다. 이러한 오디오 요소는 사운드의 침투 및 위치를 통해 전시 작품과 결합하여 더욱 리얼하고 몰입감 높은 가상 환경을 조성한다. 또한, MOR은 피드백 그림이나 장갑을 통해 관람객이 가상공간에서 전시 작품의 촉감을 만지고 느낄 수 있도록 하였고, 관람객들은 붓 등의 도구를 사용하여 자신의 느낌을 다른 사람과 공유할 수 있으며, 이를 통해 다른 그룹의 사람들 사이에서 공감각 전달을 실현할 수 있다. MOR은 시각, 청각, 촉각 등 다양한 감각을 통합한 교차 감각 연동 체험을 제공한다. 예를 들어, 관람객은 회화 작품을 감상하면서 관련된 음향 효과를 청취할 수 있고, 촉감 디바이스를 통해 그림의 질감을 시뮬레이션 하는 등의 다감각 상호작용 체험을 즐길 수 있다. 이러한 종합적인 감각 연동 체험은 예술 작품을 보다 포괄적으로 체험하고 이해할 수 있도록 하여 관람객들에게 전방위적인 몰입식 예술 체험을 제공한다.

하지만 가상박물관 디자인에서 공감각 전달은 아직 해결해야 할 몇 가지 문제들이 남아 있다. 첫 번째 과제는 기술적인 측면과 관련된 것으로, 다감각의 협업을 실현하기 위해서는 고해상도 디스플레이 기술, 실감나는 사운드 재생, 웨어러블 디바이스의 촉각 피드백 등 고도의 기술적 지원이 필요하다. 현재 이러한 기술의 발전은 여전히 현재진행형으로 많은 한계와 도전에 직면해 있다. 두 번째는 개인차를 고려한 매칭 역시 해결해야 할 중요한 과제 중 하나이다. 사용자 개개인마다 감각적 특성과 수용 능력의 차이로 인해 동일한 감각 자극에 대한 반응은 다양할 수 있다. 공감각 전달의 디자인에서는 사용자들의 감각적 차이를 고려해야 하며, 다양한 사용자의 요구를 충족시키기 위해서는 개인화된 맞춤형 구성과 옵션을 제공해야 한다. 마

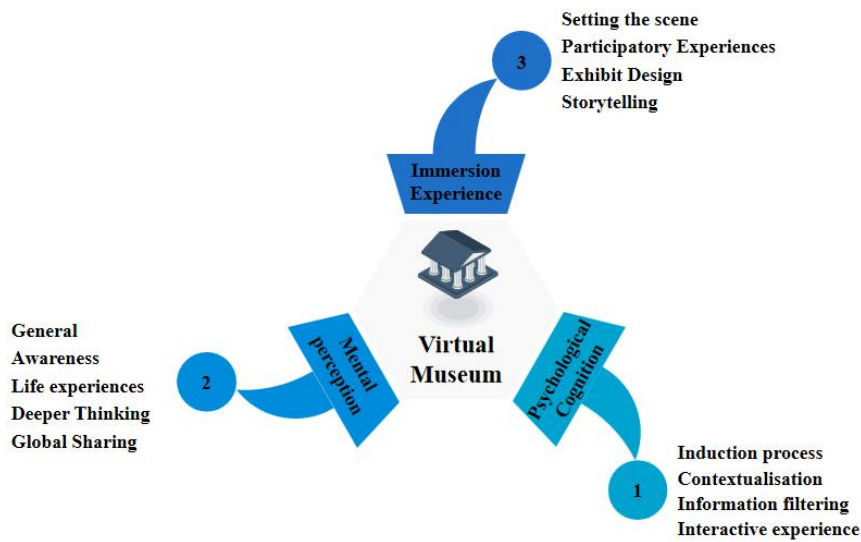
지막으로 문화적, 심미적 요소의 고려가 매우 중요하다. 문화적, 미학적 관점에 따라 감각 체험에 대한 이해와 기대에 차이가 있기 때문에 가상박물관 디자인에서는 다양한 문화적 배경에서 오는 사용자들의 전시 콘텐츠에 대한 이해와 인식의 차이를 고려해야 한다. 이는 감각 자극이 불러일으킬 수 있는 문화적 차이와 오해를 피하는 데 중요한 역할을 한다.

### 2.3 사용자 심리 요인과 가상박물관 디자인의 결합 관계

앞선 절에서 감각통합 디자인 개념과 가상박물관의 관계에 대해 심도있는 연구를 진행하였다. 연구 결과, 시각·청각·촉각 통합 기술이 사용자의 체험 몰입도를 증가시킬 수 있으며 사용자의 호기심을 자극하기에도 적합하다는 사실을 확인하였다. 앤젤로 패노(Angelo Panno)등의 연구를 비롯한 선행 연구에 따르면, 사용자의 다양한 심리 요인과 가상박물관의 디자인 사이에는 일정한 결합 관계가 존재한다. 본 연구에서는 선행연구에 기반하여 가상박물관 디자인 방식과의 비교 연구에 따르면, 사용자의 다양한 심리 요인과 가상박물관의 디자인 사이에는 일정한 결합 관계가 존재한다는 사실을 발견하였다. 따라서 가상박물관의 감각통합 디자인 이념을 최적화하기 위해 사용자의 인지 심리, 정신 인식 및 몰입 체험 등 세 가지 측면에서 이러한 결합 관계의 작용 메커니즘을 더 구체적으로 분석하였다.<sup>86)</sup> 가상박물관을 중심으로 한 이 세 가지 측면은 사용자의 심리 요인의 주요 내용으로 작용하며, 가상박물관의 사용자 체험과 만족도에 지대한 영향을 미친다. 이 세 가지 측면 간의 결합 메커니즘을 더 명확하게 설명하기 위해 그림 23과 같이 시각화하여 정리하였다.

---

86) Frost S, Kannis-Dymand L, Schaffer V, et al. Virtual immersion in nature and psychological well-being: A systematic literature review[J]. Journal of Environmental Psychology, 2022, 80: 101765.



<그림 23> 사용자 심리 요인과 가상박물관 디자인의 결합

### 2.3.1 인지 심리와 박물관

사용자의 인지 심리는 주변 환경과 사회 현실 등에 대한 인식, 이해 및 인지 과정을 의미하며, 지각, 주의, 기억, 사고 및 언어 등 인지심리학의 여러 측면들과 관련이 있다. 사용자의 인지 심리는 가상박물관 디자인과 밀접한 결합 관계를 가지기 때문에 가상박물관을 디자인할 때 사용자의 인지 심리적 특성을 충분히 고려하여 사용자의 방문과 학습을 더 잘 유도하고 안내할 수 있도록 해야 한다. 이와 동시에 사용자의 인지 심리적 특성을 깊이 이해하고 가상박물관 디자인에 적용함으로써 사용자의 방문과 학습 경험을 향상시키는 물론이고, 개성적이고 매력적인 전시 콘텐츠를 제공함으로써 더 나은 교육 및 문화 전파 효과를 달성할 수 있다.<sup>87)</sup> 사용자의 인지 심리는 주관적인 심리 상태이자 사용자 자체의 특수성을 반영하는 속성이기 때문에

87) Marín-Morales J, Higuera-Trujillo J L, Guixeres J, et al. Heart ratevariability analysis for the assessment of immersive emotional arousal usingvirtual reality: Comparing real and virtual scenarios[J]. PloS one, 2021,16(7): e0254098.

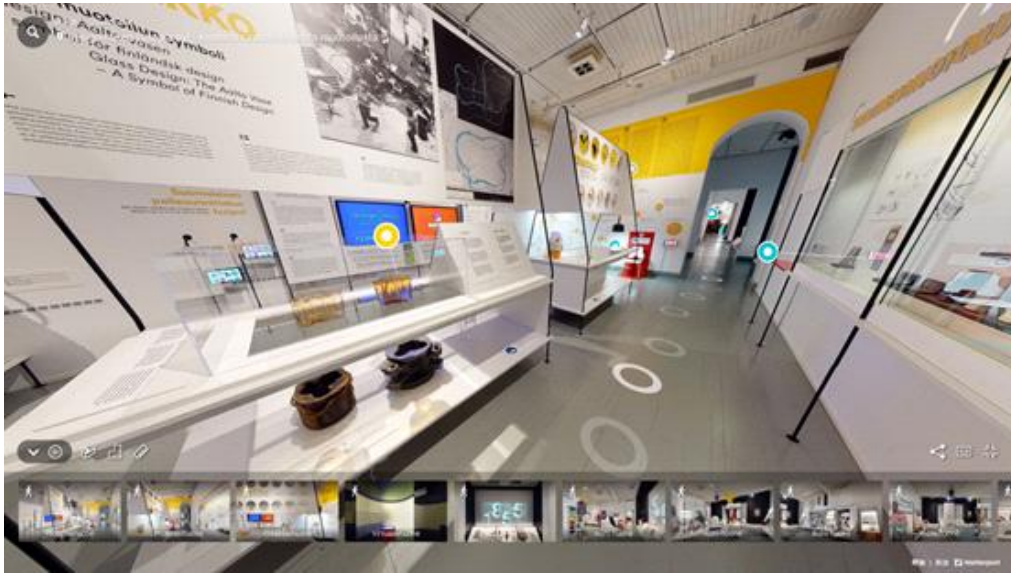
이는 사용자가 가상박물관을 수용하는 정도와 주관적 평가에 직접적인 영향을 미친다. 따라서 가상박물관의 확대 보급과 교육적 의의를 보장하기 위해서는 디자인 과정에서 사용자의 다양한 인지 심리를 종합적으로 고려해야 한다.<sup>88)</sup> 구체적으로는 디자인 과정에서 적절한 관람 안내 프로세스, 합리적인 관람 동선, 개인화된 맞춤형 정보 필터링 및 지능형 인터랙션 체험 등의 방법을 사용하여 사용자의 인지 심리를 충족시키고 사용자의 주관적 만족도를 향상시킬 수 있다.

(1) 안내 프로세스: 사용자의 인지 심리는 정보의 통합과 조직에 중점을 두어야 한다. 따라서 디자이너는 가상박물관의 전시 디자인에서 사용자의 관람과 교육을 이끌 수 있는 명확한 안내 흐름을 구축해야 한다. 이와 동시에 사용자들이 전시품의 의미를 더 깊이 이해할 수 있도록 흐름의 내용은 구조적으로 명확하고 선택과 집종의 원리로 정보를 제시해야 한다.<sup>89)</sup> 많은 유명 가상박물관에서는 이미 이를 구현하고 있는데, 예를 들어 그림 24의 헬싱키 디자인박물관의 VR 가상 전시관에서는 디자이너가 가상 장면에서 최적의 관람 경로를 원으로 표시하여 사용자를 안내한다. 이와 동시에 하단에 강조된 하이라이트 장면에는 사용자가 개인적 관심에 따라 선택할 수 있는 편리한 이동 옵션도 제공하고 있다. 또한 각 전시품에는 정보 트리거 포인트가 표시되어 있어 사용자는 트리거 포인트를 클릭하기만 하면 즉각적으로 전시품의 상세 정보를 얻을 수 있다.

---

88) Potdevin D, Clavel C, Sabouret N. A virtual tourist counselor expressing intimacy behaviors: A new perspective to create emotion in visitors and offer them a better user experience?[J]. International Journal of Human-Computer Studies, 2021, 150: 102612.

89) 강인애·설진성, 가상박물관을 활용한 학교문화예술교육 수업사례연구, 교육방법연구 22(1), 2010, 27-54.



<그림 24> 헬싱키 디자인 박물관 VR 가상전시관  
 (출처: <https://my.matterport.com/show/?m=ZKGJzxFB1qK>)

(2) 맥락 연결: 사용자의 인지 심리 요구를 충족시키기 위해 가상박물관 디자인에서는 전시품 간의 연결과 맥락의 통합을 중요시해야 한다. 이는 가상박물관의 콘텐츠를 전시할 때 전시품의 정보를 해당되는 역사적 배경 및 문화적 내용과 연결하고 시간, 장소, 인물 및 사건 등의 지선에 따라 적절하고 논리적으로 서술해야 함을 의미한다. 이를 위해서는 전시 콘텐츠들 사이의 명확한 논리 관계를 유지해야 하는데, 앞서 살펴본 그림 2와 그림 3의 대영박물관 디지털 유물 라이브러리는 이에 대한 좋은 예시이다. 이 라이브러리는 각 전시품을 시간 순서대로 배열한 도트 매트릭스의 형태로 전시한 것으로, 어떤 전시품을 클릭해도 다른 전시품의 역사적 배경이나 문화적 내용과의 연결이 표시되며, 해당 전시품의 상세 정보를 찾아볼 수 있다. 또한 미리 녹음된 실제 인물 해설이 함께 제공될 뿐만 아니라 전체 전시 과정이 매우 논리적이고 규칙적이어서 사용자가 원하는 내용을 더 빨리 편리하게 검색할 수 있도록 도와준다. 이밖에도 전시품을 스토리텔링 형식으로 설명

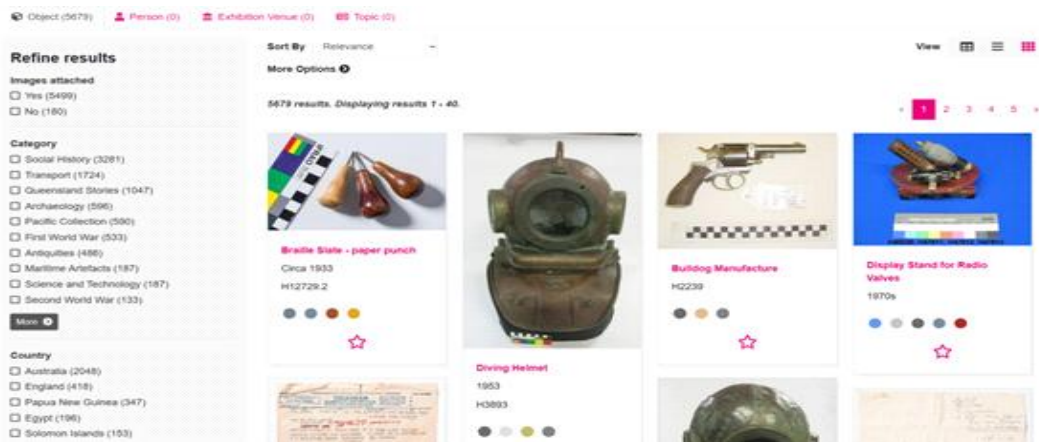
하는 것도 콘텐츠의 논리성을 보장하는 좋은 방법 중 하나이다. 그림 25의 캐나다 국립박물관은 이에 대한 좋은 예로, 이 박물관의 온라인 전시는 화려한 색채나 몰입적인 VR 장면은 없지만 생생한 테마와 스토리텔링을 결합하여 웹페이지 속에서 이차원 평면 형식의 방식으로 전시품을 순서대로 소개한다. 전반적인 전시 방식은 텍스트와 이미지 위주로 이루어진 평면적인 방식을 채택하였지만, 실제감있는 생생한 스토리텔링은 텍스트와 이미지 위주의 전시 방식을 단조롭지 않게 만들어주며, 사용자에게 즐거운 브라우징 경험을 제공한다.



<그림 25> 캐나다 국립박물관 온라인 전시 (출처: <https://www.historymuseum.ca/roue/>)

(3) 정보 필터링: 사용자의 인지 심리 요구는 전시품 정보의 깊이와 범위를 확보해야 하므로 가상박물관은 사용자의 관심과 학습 수준 등 다양한 요구에 맞는 정보 필터링 방식과 전시 형태를 제공하여 사용자의 학습과 이해를 심화시켜야 한다. 정보 필터링을 위해 먼저 디자이너는 전시품을 합리적으로 분류해야 한다. 하지만 분류는 상세하다고 해서 다 좋은 것이 아니라 전시의 주제, 전시품 수량, 전시품 분포 패턴 및 사용자 그룹의 특성 등을 종합적으로 고려하여 계획해야 한다. 현재 많은 가상박물관의 디지털 유물

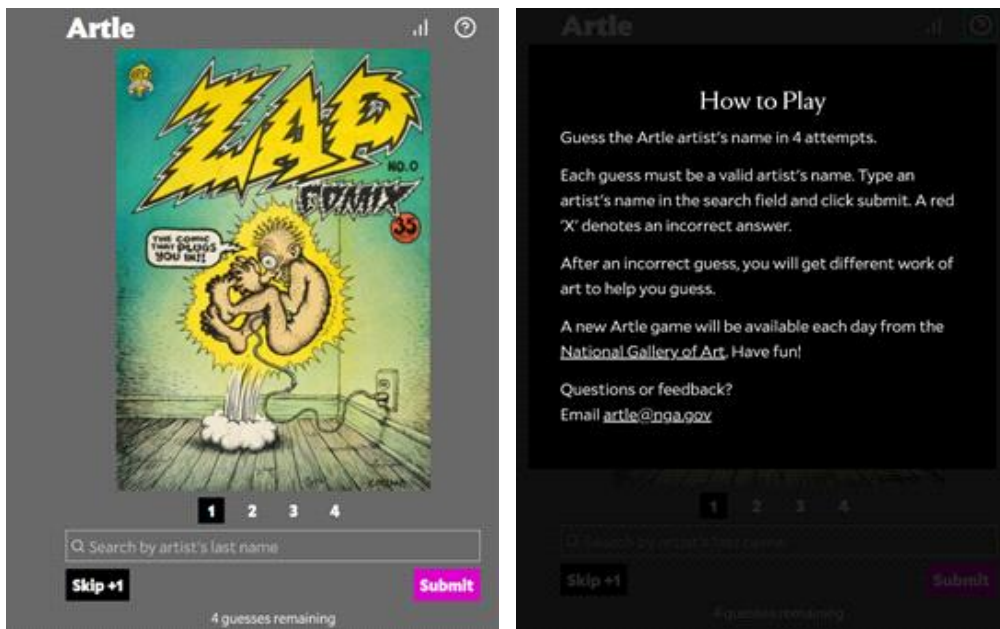
저장소는 전시품에 대한 분류 작업을 진행한다. 예를 들어 앞선 그림 14의 중국 고궁박물관의 디지털 유물 라이브러리나 그림 26의 브리즈번 자연사 박물관 디지털 유물 라이브러리 등이 대표적이다. 브리즈번 자연사 박물관은 사용자에게 맞춤형 정보 필터링 및 온라인 전시 기능을 제공하며, 사용자는 관심과 주제에 따라 맞춤형 브라우징과 학습을 할 수 있다. 그림에서 볼 수 있듯이, 이 라이브러리의 카테고리에는 전시품의 소속 국가나 전시품의 연대 등과 같은 일반적인 카테고리 항목 외에도 전시품의 색상, 동일 전시품의 다른 이미지 방향 등과 같은 맞춤형 카테고리 정보도 포함하고 있다.



<그림 26> 브리즈번 자연사 박물관 디지털 유물 라이브러리  
 (출처: <https://collections.qm.qld.gov.au/resources/cultures-histories>)

(4) 상호작용 체험: 사용자의 인지 심리 요구는 특히 인간과 기계 간의 상호작용 체험과 개인의 감정 표현에 중점을 두어야 한다. 가상박물관은 사용자가 박물관의 학습과 교류에 더욱 적극적으로 참여할 수 있도록 맞춤형 인터랙션 방식을 개발해야 한다. 동시에 전시품이 사용자의 감정 측면을 어떻

게 표현하는지와 관련해 사용자의 관심과 공감의 유발도 주요한 디자인 기준으로 삼아야 한다. 인터랙션 방식은 충돌, 분해, 드래그, 질문 및 게임화 디자인 등 다양한 방식으로 개발될 수 있다. 예를 들어 미국 내셔널갤러리는 ‘Artle Game’ 이라는 미니 게임을 매일 웹사이트를 통해 제공한다. 그림 27에서와 같이 사용자는 박물관 공식 웹사이트에 접속하여 게임에 참여할 수 있으며, 퍼즐, 퀴즈, 찾기 등 게임의 내용과 형식은 다양하다. 이러한 게임을 통해 사용자는 작품의 비하인드 스토리, 예술가의 생애, 예술 장르와 스타일의 차이 등을 이해할 수 있다. 이러한 게임의 목적은 게임화된 페이지 디자인을 통해 재미있는 방식으로 사용자가 예술의 다양한 측면을 자율적으로 탐색하고 학습하도록 하여 예술과 문화에 참여하는 새로운 방법을 제공하기 위함이다. 실제 조작을 통해 이러한 아트 게임의 참여가 사용자의 예술에 대한 이해와 감상 능력을 향상시킬 수 있을 뿐만 아니라 예술에 대한 관심을 높이고 사용자의 상상력과 창의성과 자극할 수 있음을 발견하였다. 이러한 게임은 모든 연령대의 사람들에게 개방되어 있으며, 합리적인 난이도 설정으로 전문 예술 애호가든 단순히 예술에 흥미를 지닌 일반인이든 모든 그룹의 사람들이 게임에서 재미를 느낄 수 있도록 하였다. 따라서 이는 예술과 문화를 널리 알릴 수 있는 하나의 혁신적인 방법으로 사용자에게 예술에 참여할 수 있는 새로운 루트를 제공한다.



<그림 27> 미국 내셔널갤러리 인터랙티브 트리비아 게임 (출처: <https://www.nga.gov/artle.html>)

(5) 감각통합 체험: 사용자의 인지 심리와 감각통합 체험 디자인 간의 결합 관계는 밀접하면서도 복잡하다. 이들이 상호작용하여 사용자의 전반적인 체험을 형성하기 때문이다. 따라서 우수한 가상박물관은 사용자의 인지 심리를 충분히 고려하여 사용자의 다양한 감각을 창조적으로 자극함으로써 사용자의 인지 과정을 최적화하고 사용자에게 잊지 못할 방문 체험을 선사하기 위해 노력한다. 이러한 점에서 뉴욕 메트로폴리탄미술관(The Metropolitan Museum of Art, 이하 ‘더메트(TheMet)’ )의 가상 전시는 그 좋은 예이다. 2020년 전 세계를 휩쓸었던 팬데믹 상황 하에서 The Met는 ‘Met 360 Project’ 라는 프로젝트를 시작하여 가상현실(VR) 기술을 활용한 몰입형 전시 체험을 선보였다. 그림 28에서처럼 ‘Met 360 Project’ 는 고화질의 시각적 콘텐츠를 통해 사용자의 시각 감각을 자극함과 동시에 전문적인 오디오 가이드와 협력하여 사용자의 청각 감각을 자극하였다. 또한 박물관 내부를 걸을 때의 울림이나 발자국 소리 등의 실제 사운드 환경을 시물

레이션하고 전시장의 다양한 음향 효과를 더해 사용자에게 풍부한 전시 체험을 제공하였다. 이러한 디자인은 사용자의 인지 심리적 특성에 대한 깊은 이해를 바탕으로 제작된 것으로, 시각과 청각의 결합을 통해 사용자의 기억을 강화함으로써 사용자의 체험을 더 생생하고 재미있게 만든다. 또한, 미래의 가상박물관 디자인에서는 사용자의 인지 심리와 감각통합 체험의 결합 관계를 기반으로 더욱 혁신적인 방식을 도입할 수 있다. 예를 들어 촉각, 후각, 미각을 포함한 더 많은 감각 자극을 도입할 수도 있는데, 촉감 글러브나 기타 디바이스를 활용하여 전시 작품을 만지는 느낌을 시뮬레이션할 수도 있으며, 향기 장치를 통해 전시품과 관련된 고대의 냄새를 재현하여 역사적인 장면의 실제감을 강화할 수도 있다.



<그림 28> 미국 메트로폴리탄 미술관 'Met 360 프로젝트'  
(출처: <https://www.metmuseum.org/art/online-features/met-360-project>)

요약하자면, 가상박물관 디자인에 있어 사용자의 심리 인지 특성은 박물관 관람과 교육 효과에 직접적인 영향을 미치는 매우 중요한 역할을 한다. 따라서 디자이너는 사용자의 심리 인지 특성을 충분히 이해하고 다양한 요구에 맞는 전시 콘텐츠와 인터랙션 형식을 디자인함으로써 가상박물관의 사용자 체험과 인터랙션 효과를 향상시켜야 한다.

### 2.3.2 정신적 인식과 박물관

사용자의 정신적 인식은 사고, 감정, 직관 등 내부 체험 방식을 통해 세계를 인식하고 이해하는 것을 의미한다. 사용자의 심리 인지와 다른 점은 사용자의 심리 인지가 사용자가 자신에서 출발하는 고유 속성인 데 반해 정신적 인식은 가상박물관 자신의 관점에서 출발하여 각기 다른 다양한 사용자의 개성화된 특성을 대상으로 한다는 점이다. 양자는 상호 보완적이며 둘 중 어느 하나도 빠질 수 없는 요소이다.

사용자의 정신적 인식은 여러 가지 특징을 지니고 있다. 첫째로 정신적 인식은 주관성을 가지고 있다. 이는 각 개인의 내재적 경험의 일부분을 구성함으로써 개인의 인식, 감정 및 배경 등의 요소에 영향을 받기 때문이다. 둘째로, 정신적 인식은 시각, 청각 및 기타 감각 인지를 포함한 다차원적 특성을 드러내며, 이와 동시에 사고, 감정 및 직관 등의 내재적 측면의 체험을 포괄한다. 또한, 정신적 인식은 연계성과 관련성을 가지고 있으며, 기존의 지식이나 경험과 연계하여 사물의 인식 프레임과 감정 체험을 구축한다. 정신적 인식은 가변성도 지니고 있어, 외부 환경과 개인적인 요인의 영향을 받아 변화하기도 한다. 마지막으로, 정신적 인식은 창의적인 경험이다. 개인의 사고, 상상력 및 감정은 인식 과정에 영향을 미치며, 인식 결과에 대한 설명이나 새로운 의미를 부여하기도 한다.<sup>90)</sup> 따라서 사용자의 정신적 인식은 주관적이고 다차원적이며 연계성 및 가변성을 지닌 경험으로, 감각, 사고 및 감정 등 다양한 방식으로 외부와 접촉하고 상호 작용하여 새로운 인식과 경험을 창출한다.<sup>91)</sup>

가상박물관에서 사용자는 전시 작품을 관람하고 유물을 감상하며 역사적

---

90) Zhou X. "How Can Visual Arts Promote Social Integration?: A Study on MuseumVisitors' Participatory Use of VR &AR[C]//2023 2nd International Conference on Educational Innovation andMultimedia Technology (EIMT 2023). Atlantis Press, 2023: 205-213.

91) Shen Z.Historical and Cultural Exhibition of Shaanxi Museum Based on Virtual RealityTechnology[C]//2022 International Conference on Computer Science, InformationEngineering and Digital Economy (CSIEDE 2022). Atlantis Press, 2022: 347-355.

인 장면을 방문함으로써 인지적, 정서적 반응을 불러일으킬 수 있다. 가상박물관은 사실적인 이미지, 사운드 및 인터랙션 체험을 매개로 삼아 사용자가 전시 콘텐츠에 대한 감정적 공감을 일으키고 깊은 사고와 상상력을 자극하는 것을 목표로 한다. 따라서 가상박물관의 디자인 프로세스는 사용자의 정신적 인식을 포괄적으로 고려하여 디자인 요소와 인터랙션 방식이 정신적인 측면에서 기대효과를 달성할 수 있도록 해야 한다. 구체적으로, 사용자의 정신적 인식과 가상박물관 디자인의 관계는 다음과 같은 몇 가지로 요약할 수 있다.

첫째로, 가상박물관의 시각 디자인은 사용자의 정신적 인식에 중요한 영향을 미친다. 세련되게 디자인된 그래픽 인터페이스, 사실적인 이미지 및 시각 효과는 사용자의 시각적 인식을 자극하여 박물관의 내부 분위기 및 전시품의 디테일한 부분까지도 느낄 수 있게 한다. 시각적 요소의 선택, 레이아웃 및 색상 조합 등의 디자인은 사용자의 인식 및 감정 체험을 이끌고 영향을 미칠 수 있다.

둘째로, 가상박물관의 사운드 디자인도 사용자의 정신적 인지에 중요한 역할을 한다. 배경 음악, 환경 음향 및 해설 음성 등을 통해 가상박물관은 사용자에게 특정한 청각적 분위기를 조성하여 전시품과 장면에 대한 인식 및 상호작용을 강화할 수 있다. 음향 효과의 선택과 사용 방식은 사용자의 감정적 공감, 사고 및 체험을 영향을 줄 수 있다.

마지막으로, 인터랙션 및 내비게이션 디자인 역시 가상박물관에서 빼놓을 수 없는 핵심 구성 요소로 사용자의 정신적 인식에 중요한 역할을 한다. 잘 설계된 인터랙션 디자인은 사용자를 가상박물관에 주동적으로 참여시켜 전시품 및 장면과 상호작용할 수 있도록 한다. 또한 내비게이션 디자인의 사용 편의성과 직관성은 사용자의 정신적 인식을 향상시켜 박물관의 콘텐츠를 보다 쉽게 탐색하고 방문할 수 있도록 한다.

하지만 현재 대부분의 가상박물관은 사용자의 심리 인지를 고려하고 있기는 하지만 사용자의 개인화된 정신적 인식을 간과하는 경우가 많다. 피에트로니(Pietroni) 등의 연구자들은 학제간 연구를 통해 가상박물관에서 사용자의 감정 참여의 중요성을 평가하였는데, 연구 결과 사용자의 감정적, 정신적 인식은 가상박물관에서의 교육 효율을 크게 향상시킬 수 있으며, 상황, 스토리텔링, 맞춤형 콘텐츠, 인터랙티브한 디자인 등을 통해 브라우징 과정에서 사용자의 감정적 참여를 향상시킬 수 있다고 제안하였다.<sup>92)</sup> 그림 29에 나와 있는 스미소니언 국립 항공우주박물관의 ‘The Destination Moon’ 가상 전시회를 예로 들면, 사용자의 정신적 인식은 주로 항공우주 문화 분위기를 강조하는 장식에 반영되어 있다. 이 전시회는 달 착륙 과정을 주제로 하며, 로켓, 엔진, 사진 등 관련 전시품을 전시하고 있는데, 전시실 상부의 원형 천장과 강철 구조의 지지 프레임은 어둡지만 시야에 영향을 미치지 않는 조명과 결합되어 사용자가 마치 우주 정거장에 있는 것처럼 느끼게 하며, 적절한 배경 음악과 함께 전체적으로 사용자의 정신과 감정에 큰 공감을 불러 일으킨다.



<그림 29> 스미소니언 국립 항공우주박물관 가상 전시회  
(출처: <https://www.si.edu/exhibitions/destination-moon:event-exhib-5990>)

92) PietroniE, Pagano A, Fanini B. UX Designer and Software Developer at the mirror:Assessing sensory immersion and emotional involvement in Virtual Museums[J].Studies in Digital Heritage, 2018, 2(1): 13-41.

따라서 사용자의 정신적 인식은 가상박물관 디자인 과정에서 매우 중요한 가치를 가지며, 문화, 역사 및 예술 등에 대한 사용자의 인식과 이해에 직접적인 영향을 미친다고 볼 수 있다. 디자이너는 사용자의 정신적 인식의 특성을 충분히 이해하고 사용자의 다양한 요구와 문화적 배경에 맞는 전시 형식과 인터랙션 방식을 디자인함으로써 가상박물관의 사용자 체험과 교육 효과를 향상시켜야 한다.

### 2.3.3 몰입 체험과 박물관

몰입 체험은 사람들이 특정한 활동이나 게임에 참여하거나 어떤 상황이나 장면을 탐색할 때 느끼는 강한 몰입감과 참여감을 의미한다. 가상박물관에서의 몰입 체험은 방문자 수, 체류 시간 및 교육 효과 등 각 방면에서 매우 중요한 역할을 한다. 따라서 가상박물관의 디자인에서는 사용자의 몰입체험 특성을 종합적으로 고려하고 사용자 체험과 교육 효과를 효과적으로 향상시키기 위한 적절한 전략을 채택해야 한다. 현재 가상박물관의 디자인은 일반적으로 사용자의 몰입 체험을 극대화하는 데 초점을 맞추고 있다. 예를 들어 스미소니언 내셔널 항공우주박물관에서 열린 ‘Above and Beyond’ 라는 주제의 가상 전시회는 게임화된 페이지 디자인으로 비행기와 관련된 과학 지식을 보여주고 있다. 전시회에서 사용자는 일인칭의 시점에서 비행기를 조종하는 체험을 즐길 수 있다. 마우스 스크롤로 비행 속도와 방향을 제어할 수 있고, 비행하는 동안 관련된 전시품들이 현실적인 장면처럼 부드럽게 스쳐 지나간다. 또한 비행과 동시에 사용자는 실감나는 바람소리와 엔진의 굉음을 인지할 수 있으며, 이러한 독특한 브라우징 체험을 통해 사용자는 게임에 참여하는 것과 같이 완전히 몰입할 수 있다.



<그림 30> 가상 전시회 'Above and Beyond'의 초기 페이지  
 (출처: <https://www.si.edu/exhibitions/above-and-beyond:event-exhib-5980>)



<그림 31> 'Above and Beyond' 가상 전시회 게임 페이지  
 (출처: <https://www.si.edu/exhibitions/above-and-beyond:event-exhib-5980>)

따라서 가상박물관의 디자인은 사용자의 몰입 체험을 구현하는 데 핵심적인 역할을 수행한다. 몰입 체험을 구현하기 위해서는 시각·청각·촉각의 교차 감각 자극이 필요한데, 그중에서도 시각적 몰입은 가장 중요한 수단

중 하나이다. 가상박물관의 디자인은 사실적인 이미지, 고품질의 시각 효과 및 디테일 표현 등을 통해 현실감을 창출한다. 고해상도의 모델링과 텍스처, 정확한 조명과 음영 효과, 그리고 사실적인 물리적 특성을 사용하여 사용자가 실제 박물관 환경에 있는 것처럼 느낄 수 있도록 한다. 또한 가이드 시스템, 특수효과 및 카메라 시점 등의 기술 수단의 보조를 통해 사용자는 관람 과정에서 마치 실제 현장에 있는 듯한 기분을 느낄 수 있다. 또한, 음향의 몰입 역시 실감나는 몰입 체험을 실현하는 데 중요한 수단 중 하나이다. 가상박물관 디자인은 적절한 배경 음악, 환경 사운드 및 입체 음향 효과를 통해 사실감 넘치는 음향 환경을 조성할 수 있다. 3D 오디오 기술과 공간 음향 효과를 사용하면 사용자는 소리의 방향, 거리 및 서라운드감을 인지하여 몰입감과 참여감을 증강시킬 수 있다. 예를 들어 그림 30, 31의 'Above and Beyond' 가상 전시회에서 비행기의 엔진 소리와 바람 소리는 3D 공간 음향 효과를 통해 구현되며, 비행 속도에 따라 자동으로 볼륨이 조정되어 사용자에게 더욱 실감나는 몰입감을 제공한다. 인터랙션 방식의 스마트화 정도와 몰입 체험의 정도 사이에는 밀접한 관련이 있기 때문에 가상박물관 디자인은 상호 대화형 가이드, 터치 및 제스처 제어, 가상현실 장치 등 다양한 인터랙션 방식을 제공해야 한다. 이러한 인터랙션 방식은 사용자의 적극적인 참여를 자극하고 전시품이나 장면과 더 깊이 교감할 수 있도록 돕는다. 마지막으로, 인터페이스 디자인 역시 몰입 체험에서 중요한 역할을 한다. 가상박물관 디자인은 인터페이스의 자연스러움과 직관성에 주의해야 하며, 사용자가 전시 정보를 쉽게 탐색하고 브라우징할 수 있도록 해야 한다.<sup>93)</sup> 합리적인 관람 가이드 기능은 사용자가 가상박물관을 더 잘 활용하고 더 탁월한 몰입감을 얻을 수 있도록 도와준다.

---

93) Yang G. Information architecture and visual representation of virtual museums[C]//2009IEEE 10th International Conference on Computer-Aided Industrial Design & Conceptual Design. IEEE, 2009: 1642-1646.

따라서 시각, 청각, 인터랙션 및 인터페이스 등 다양한 측면의 융합 디자인을 통해 가상박물관은 사용자에게 몰입감을 느끼게 할 수 있다. 이러한 몰입 체험은 사용자가 실제 박물관에 있는 것처럼 느끼게 하여 더 풍부하고 깊은 방문 경험을 제공한다.<sup>94)</sup> 실감나는 이미지, 정교한 시각 효과 및 현실적인 음향 환경을 결합하여 혁신적인 인터랙션 디자인과 함께 사용자는 적극적으로 전시품과 상호작용하고 소통할 수 있도록 하여, 사용자의 참여감과 몰입감을 높이고 전시물의 내용을 이해하는 데 도움을 준다.

앞선 분석에서 볼 수 있듯이 사용자의 심리 요인은 시각, 청각, 촉각의 감각 지능 인터랙션과 밀접한 관련이 있다. 따라서 시각·청각·촉각 통합 인터랙션 기술과 사용자의 심리 요인은 서로 교차되며, 전자는 구체적인 디자인 계획의 근거와 규칙이 되고, 후자는 사용자의 심리 요인 고려를 실현하는 주요 방법을 제공한다. 이 두 가지의 상호작용은 가상박물관 사용자 체험의 질을 형성하며, 사용자 만족도 수준을 결정한다.

## 2.4 사용자의 심리 요인을 고려한 가상박물관 디자인 구조 연구

### 2.4.1 가상박물관의 조직 구조

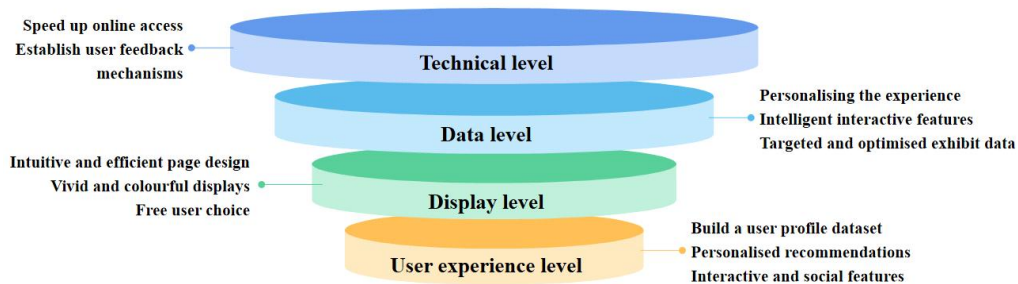
전통적인 가상박물관 디자인 조직의 구조는 데이터 처리, 관리 및 전시, 사용자 체험 향상, IT 기반 구축 등 박물관의 디지털화와 가상화를 구현하기 위한 다양한 측면들을 포함한다. 이에 따라 사용자의 심리 요인을 보다 잘 반영하고 융합시키기 위해서는 전통적인 가상박물관 조직 구조의 각 측면들에 대한 종합적이고 포괄적인 평가가 필요하다.<sup>95)</sup> 가상박물관의 조직

---

94) Schweibenz W. The "Virtual Museum": New Perspectives For Museums to Present Objects and Information Using the Internet as a Knowledge Base and Communication System[J]. *Isi*, 1998, 34: 185-200.

95) Moreno MJ. Art museums and the internet: The emergence of the virtual museum[J]. *Crossings: eJournal of Art and Technology*, 2019, 5.

구조와 심리 요인이 통합된 디자인 방법 간의 관계는 그림 32<sup>96)</sup>와 같이 정리할 수 있다.



<그림 32> 사용자의 심리 요인을 고려한 가상박물관의 층위

첫째, 기술 방면의 조직 구조는 가상박물관 시스템 아키텍처 설계 및 구축, 소프트웨어 선택 및 IT 인프라 구축 등과 업무와 관련된다. 기술 아키텍처 설계에서는 IT 인프라, 데이터 시스템, 사용자 인터랙션 및 구현 시스템, 보안 등 여러 가지 요소들을 고려해야 한다. 레이담(Radam) 등의 연구자들은 가상박물관 서비스 품질에 대한 방문객의 의견을 조사한 결과, 대부분의 사람들이 가상박물관 전시물의 해상도와 웹 접속의 원활성을 크게 중시한다는 사실을 발견하였다.<sup>97)</sup> 따라서 기술 구축 측면에서 사용자의 심리 요인들을 최대한 고려하여 웹 접속 속도를 향상시키는 등 IT 인프라 설비를 최적화하고, 사용자 피드백 메커니즘의 구축을 통한 사용자 피드백 데이터 분석을 기반으로 사용자에게 더 나은 기술 지원 서비스를 제공할 수 있는 시스템을 구축함으로써 사용자 만족도를 향상시킬 수 있다. 여기서 필요한 기술

96) Fan Y T, Chang H J. A Framework for Multisensory Virtual Museum Design considering Users\Psychological Factors[J]. 2023 KSDS·SDC Fall International Conference, 2023: 128-133.

97) Radam A, Sadim Z, Fadhil S, et al. The current condition about visitors perception of service quality towards Muzium Negara as a cultural and heritage attraction[J]. Journal of Tourism, Hospitality and Environment Mangement, 2016, 1(2): 1-14.

은 주로 클라우드 컴퓨팅과 분산 컴퓨팅 시스템과 관련되어 있으며, 실제 사용에 있어 가상박물관 시스템은 일반적으로 대량의 데이터 처리와 동시 사용자 액세스 처리 능력을 높여야 한다. 클라우드 컴퓨팅과 분산 시스템 기술은 탄력적인 확장성, 높은 가용성 및 고성능 기술을 제공할 수 있다. 따라서 연구자들은 가상박물관 시스템의 클라우드 아키텍처를 설계하고 최적화하는 방법을 탐구하여 증가하는 액세스 요구 사항 및 데이터 양에 대처해야 할 것이다.

둘째, 데이터 방면의 조직 구조는 전시품 데이터의 디지털화, 문화유산 데이터 및 자료 데이터 등의 분류 및 관리를 포함한 데이터 수집, 관리 및 처리 등을 포괄하며, 이러한 데이터는 국제 표준인 ISAD(G) 및 CIDOC 등의 각종 규범을 준수해야 한다. 데이터 관리 방면에서도 역시 사용자의 심리 요인을 고려하여 사용자의 요구와 심리적 반응에 따라 보다 개인화되고 세밀화 된 정보를 사용자들에게 제공해야 한다. 이를 위해 웹페이지는 가능한 명확해야 하며, 사용자는 관람의 시야각을 자유롭게 변경할 수 있어야 한다. 다시 말해, 전체적인 전경을 살펴볼 수도 있고, 세부 사항을 확대하여 볼 수도 있으며, 다양한 각도의 디스플레이, 인터랙션 및 교육 기능 등을 통해 사용자의 참여도와 체험감을 더욱 향상시킬 수 있다. 또한, 디지털화된 전시품 및 관람 안내 루트는 사용자의 피드백 정보와 다양한 문화적 배경 등의 요소들을 고려하여 데이터 솔루션을 최적화할 수 있다.<sup>98)</sup>

셋째, 전시 방면의 조직 구조는 전시물의 디자인, 전시 기획 및 콘텐츠 관리 등과 관련되며, 주로 디지털 전시 콘텐츠의 번역, 재구성, 편집 및 재창조를 포괄한다.<sup>99)</sup> 이는 문화유산의 가치와 표현 형식을 충분히 드러내어야

---

98) Jiang T, Gan X, Liang Z, et al. AIDM: artificial intelligent for digital museum autonomous system with mixed reality and software-driven data collection and analysis[J]. Automated Software Engineering, 2022, 29(1): 22.

99) Selim G, Jamhawi M, Abdelmonem M G, et al. The Virtual Living Museum: Integrating the Multi-Layered Histories and Cultural Practices of Gadara's Archaeology in Umm Qais, Jordan[J]. Sustainability, 2022, 14(11):6721.

할 뿐만 아니라 대중의 특성과 교육적 욕구를 동시에 충족시킬 수 있어야 한다.<sup>100)</sup> 사용자의 심리 요인을 고려하여 전시 디자인 방면에서는 더욱 깔끔하고 자연스러우며, 요약 및 전달이 쉬운 디자인 방법을 채택함으로써 사용자가 직접 실제 박물관을 방문한 것처럼 느낄 수 있도록 해야 한다. 또한 생생하고 다채로운 전시, 지능형 인터랙션, 영상 재생 등의 기능을 적절히 추가하여 전시 내용의 전달, 학습, 오락 등의 방면에서 관람자의 심리적 기대와 체험감을 더욱 충족시켜야 한다.<sup>101)</sup>

마지막으로, 사용자 체험의 방면에서의 조직 구조는 사용자의 관람과 학습 등의 영역을 포함하며, 디자이너들은 이를 통해 사용자 체험을 개선하여 대중 과학 교육 효과를 향상시킬 수 있다.<sup>102)</sup> 사용자 체험을 디자인할 때는 사용자의 특성과 요구를 고려하여 사용자에게 편리한 관람과 학습 체험을 제공해야 한다.<sup>103)</sup> 동시에 사용자 체험 과정에서 사용자의 피드백 정보를 수집하고 분석하여 전시 콘텐츠를 더욱 최적화해야 한다. 또한 지리적 위치, 문화적 배경, 관심사 및 대상 연령 등 다양한 차원을 고려한 개인 맞춤형 사용자 관람 서비스와 추천 프로그램을 구축하여 사용자의 관람과 체험을 향상시킬 수 있다.<sup>104)</sup> 또한 가상 커뮤니티나 소셜미디어 등을 통해 사용자와의 상호 소통과 참여도를 높일 수 있으며, 사용자는 이를 통해 다른 방문자

---

100) Rodriguez-Boerwinkle R M, Boerwinkle M J, Silvia P J. The Open Gallery for Arts Research (OGAR): An open-source tool for studying the psychology of virtual art museum visits[J]. Behavior Research Methods, 2023, 55(2): 824-842.

101) Wu X, Lail K W. The use of 360-degree virtual tours to promote mountain walking tourism: stimulus-organism-response model[J]. Information Technology & Tourism, 2022, 24(1): 85-107.

102) Hulusic V, Gusia L, Luci N, et al. Tangible User Interfaces for Enhancing User Experience of Virtual Reality Cultural Heritage Applications for Utilization in Educational Environment[J]. ACM Journal on Computing and Cultural Heritage, 2023, 16(2): 1-24.

103) Tsita C, Satratzemi M, Pedefoudas A, et al. A Virtual Reality Museum to Reinforce the Interpretation of Contemporary Art and Increase the Educational Value of User Experience[J]. Heritage, 2023, 6(5): 4134-4172.

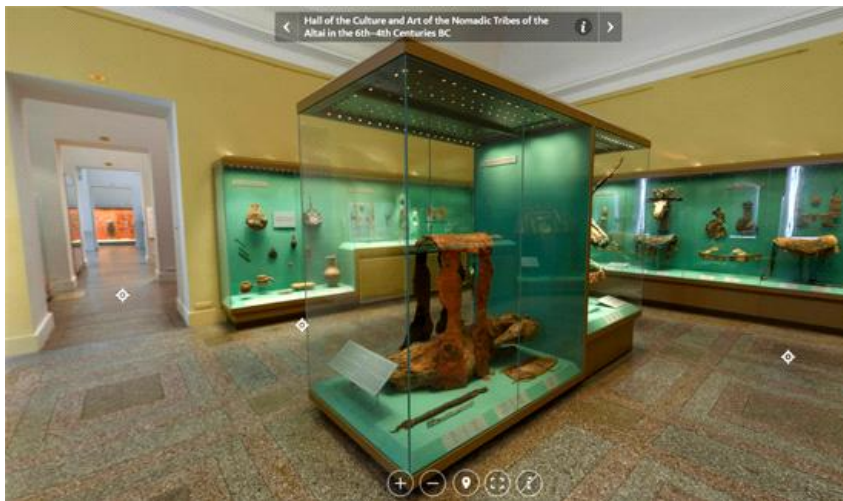
104) Xu Z, Dahlan N D, Lin J, et al. Exploring the Impact of Teaching Virtual Museum Design on Undergraduate Art Students' Interest and Perception of Museums[C]//2023 9th International Conference on Virtual Reality (ICVR). IEEE, 2023: 542-548.

들과 자유롭게 소통하고 서로의 경험을 공유할 수 있으며 더 좋은 관람 및 체험 정보 등을 얻을 수 있다.

이상으로 사용자 심리 요인을 통합한 가상박물관의 각 조직별 프레임워크의 디자인 규칙과 방법에 대해 이론적인 측면에서 살펴보았다. 여기에서는 그림 33과 그림 34의 러시아 상트페테르부르크 에르미타주 박물관의 온라인 가상전시실을 실례로 들어 분석하면서 설명하고자 한다. 먼저 기술적 측면에서 보자면 이 전시관 웹사이트에서는 오프라인 박물관의 거의 모든 소장품을 전시하고 있어 방대한 콘텐츠를 제공하지만 응답 속도가 매우 빨라 거의 2-5초 내에 로딩이 완료되며, 페이지 간의 전환도 매우 부드럽게 진행되어 좋은 브라우징 경험을 제공하고 있다. 데이터 측면에서는 그림 34에서 볼 수 있듯이 전시물과 배경 환경은 매우 사실적이며 고해상도를 지니고 있고, 시야각의 조정도 자유로워 무한대로 클로즈업해도 전시물의 디테일한 부분까지 선명하게 볼 수 있다. 사용자의 관람 심리를 고려하여 이 전시관은 다양한 각도에서의 디스플레이, 전시물과 배경 환경과의 스마트 인터랙션 기능을 설치하였다. 이 전시관은 전시 측면에서 볼 때 카테고리 분류가 세밀하고 체계적이며, 전시의 레이아웃 규칙이 정돈되어 있어 사용자에게 시각적으로 즐거운 브라우징 경험을 제공하며, 사용자의 다양한 선호도를 고려하였음을 알 수 있다. 그림 33의 전체 전시실 레이아웃도를 보면 각 지점의 전시 내용을 표시했으며, 사용자가 해당 내용을 클릭하면 관심 있는 전시실로 빠르게 이동할 수 있다. 마지막으로 사용자 체험 측면에서 이 전시관은 명확한 관람 가이드를 제공하며 배경 음악과 스마트 인터랙션이 결합되어 사용자의 몰입감을 크게 높였다. 또한 전체적인 체험을 쉽고 즐겁게 할 수 있도록 구성하여 사용자의 만족도를 효과적으로 향상시킬 수 있었다.



<그림 33> 가상전시실의 전체 레이아웃도 (출처: [https://hermitagemuseum.org/wps/portal/hermitage/panorama/virtual\\_visit/panoramas-m-1/?lng=en](https://hermitagemuseum.org/wps/portal/hermitage/panorama/virtual_visit/panoramas-m-1/?lng=en))



<그림 34> 에르미타주 박물관 온라인 가상전시실  
(출처: <https://pano.hermitagemuseum.org/3d/html/pwoaen/main/#node356>)

요약하자면, 사용자 심리 요인을 고려한 가상박물관 디자인 조직 구조는

기술적인 측면의 구축뿐만 아니라 데이터, 전시물, 사용자 체험 등의 합리적인 결합과 균형을 고려해야 하는 매우 복잡하고 다원화된 프로세스이다. 이러한 다양한 단계의 설계와 디자인들이 완전하고 효율적으로 협업할 때만이 사용자의 디지털 가상박물관 관람에 대한 만족도를 향상시킬 수 있을 것이다.

#### 2.4.2 사용자 심리 요인을 고려한 가상박물관의 주요 특징

가상박물관은 가상현실 기술과 시각·청각·촉각의 감각 체험을 통합한 박물관 형태로, 사용자의 심리 요인을 고려할 때만이 비로소 사용자에게 더욱 몰입적이고 개성화된 관람 체험을 제공할 수 있다.<sup>105)</sup> 전통적인 오프라인 박물관이나 단순 디지털박물관과 비교했을 때, 사용자 심리 요인을 고려한 가상박물관은 다음과 같은 몇 가지 주요 특징을 지니고 있다.

(1) 시각·청각·촉각 통합 인터랙션 체험 : 가상박물관은 시각, 청각, 촉각 등의 감각을 활용하여 관람객의 관람 체험을 강화하며, 음악이나 사운드 효과, 촉감 피드백 등을 통해 관람객과 작품 간의 인터랙션과 융합을 촉진한다.<sup>106)</sup> 예를 들어, 앞서 언급한 그림 29, 30, 31의 미국 스미소니언 국립항공우주박물관은 3D 기술과 오디오 효과를 활용하여 관람객이 온라인을 통해 비행기 모형을 자세하게 관찰할 수 있도록 하고, 3D 음향 효과를 통해 비행기 엔진의 굉음과 바람 소리를 정확하게 재현하여 사실적인 관람 체험을 조성한다. 또한 유명 가상박물관 프로젝트인 프로방스 디지털 예술관은 AR(증강현실) 기술을 활용하여 디지털 예술 작품을 현실 세계와 결합시켜 관람객이 스마트폰이나 태블릿에서 작품을 감상할 수 있을 뿐만 아니라 작

---

105) Cho Y H, Fesenmaier D R. A conceptual framework for evaluating effects of a virtual tour[C]//Information and Communication Technologies in Tourism 2000: Proceedings of the International Conference in Barcelona, Spain, 2000. Vienna: Springer Vienna, 2000: 314-323.

106) Wang S. A Bodies-On Museum: The Transformation of Museum Embodiment through Virtual Technology[J]. Curator: The Museum Journal, 2023, 66(1): 107-128.

품을 현실 환경에 투영할 수 있는 인터랙티브 장면을 창출해낸다. 이러한 가상과 현실의 결합으로 인해 관람객들은 작품을 더욱 몰입적으로 체험할 수 있으며, 시각이나 청각 등 다양한 감각을 지속적으로 자극하여 관람객의 참여도와 체험감을 향상시킴으로써 방문 체류 시간을 늘릴 수 있다.

(2) 수려한 웹페이지 디자인 : 가상박물관은 시각적인 향연을 제공하기 위해 고화질 그래픽 이미지 기술을 활용하여 작품의 모든 디테일과 색상을 표현한다.<sup>107)</sup> 이러한 디자인은 관람객들이 오프라인 관람 때보다 더 많은 디테일들을 감상하고 작품의 배경 스토리를 더 깊이 이해할 수 있도록 한다. 예를 들어, 그림 35의 영국 대영박물관 가상전시실은 시각적으로 놀라운 체험을 제공한다. 이곳에서 관람객은 클로즈업 기능을 통해 고대 예술 작품과 유물을 더욱 가까이서 관찰할 수 있으며, 디테일을 확대하여 작품의 구석구석까지 더 잘 감상할 수 있게 되어 작품에 대해 더 깊이 이해할 수 있다.



<그림 35> 영국 대영박물관의 가상 전시실에서의 시각적 향연  
(출처: <https://www.britishmuseum.org/collection/galleries/>)

(3) 개인 맞춤형 안내 및 추천 : 가상박물관은 관람객들에게 더 폭넓은 관

107) Dinh H Q, Walker N, Hodges L F, et al. Evaluating the importance of multi-sensory inputon memory and the sense of presence in virtual environments[C]//ProceedingsIEEE Virtual Reality (Cat. No. 99CB36316). IEEE, 1999: 222-228.

람의 자율성을 부여하고 개인 맞춤형 전시 추천 및 해설을 제공하기 위한 가이드 시스템을 통해 관람객의 요구와 관심을 충족시킨다. 프랑스 루브르 박물관의 가상박물관은 다양한 관람객들을 위한 개인화된 맞춤형 관람 체험을 제공한다. 관람객 자신의 관심에 따라 특정 전시와 작품을 선택할 수 있으며, 시간과 공간에 제약받지 않고 작품을 관람할 수 있다.

(4) 정서적 공감 : 가상박물관은 사운드, 음악, 스토리텔링 등의 요소를 활용하여 관람객의 정서적 반응을 자극하여 작품이 전달하는 정보와 감정을 더 깊이 이해하고 체감할 수 있도록 한다. 그림 36의 독일 뉘른베르크 국립박물관의 가상 전시는 사운드나 음악, 스토리텔링 등의 방식으로 관람객들이 특정 역사적 시기의 분위기나 정서를 체험할 수 있도록 하였다. 생생한 사운드 효과와 정서적 유도를 통해 관람객은 역사적 사건의 배경 스토리와 정서적 함의를 더욱 심층적으로 이해할 수 있다.



<그림 36> 독일 뉘른베르크 국립박물관의 가상 전시  
(출처: <https://museums.nuernberg.de/visitor-services/digital-tours>)

(5) 인터랙션과 협업 : 가상박물관은 다양한 인터랙션과 협업의 방식을 제공하여 사용자들이 다른 관람객들, 예술가 또는 안내 시스템과 소통하고 상호작용할 수 있도록 한다. 사용자는 음성 채팅, 공동으로 참여하는 게임이나

프로젝트 등의 방식으로 다른 사용자들과 의견과 경험을 교환할 수 있으며, 최종적으로 가상박물관의 ‘메타버스’를 형성한다.

(6) 몰입식 체험 : 가상박물관의 몰입식 체험은 감각통합 디자인과 밀접한 관련이 있다. 가상박물관의 몰입식 체험은 첨단 가상현실 기술, 입체음향, 촉감 피드백 및 인공지능 내비게이션 등과 결합되어 관람자가 실제 박물관에 있는 것처럼 느낄 수 있도록 한다. 예를 들어, 웹 페이지에서 조이스틱과 같은 조작 디바이스와 결합하여 사용자는 가상박물관의 3D 전시실을 자유롭게 돌아다니며 정교하게 재현된 예술 작품을 감상할 수 있으며, 헤드셋을 통해 실제 오프라인 박물관과 똑같은 환경음과 해설을 들을 수도 있다. 또한 스마트 지도 내비게이션을 통해 언제든지 자신의 위치를 분명히 파악할 수 있으며, 개인의 선호도에 따라 다음 전시 경로를 자유롭게 결정할 수 있다. 이러한 기술적 융합은 관람객들에게 새롭고 풍부하며 몰입적인 예술 감상 방식을 제공한다.

따라서 가상박물관은 시각적 향연, 대화형 인터랙션 체험, 개인맞춤형 안내 및 추천, 정서적 공감 등의 방식을 통해 관람객에게 전방위적이고 몰입감있는 관람 경험을 제공한다. 이러한 디자인 모델은 더 많은 정보와 체험을 제공할 뿐만 아니라 관람객의 감정과 호기심을 자극하여 전시 작품과 문화유산을 더욱 심층적으로 탐구하도록 이끈다.

#### 2.4.3 사용자 심리 요인을 고려한 가상박물관의 주요 대상

사용자 심리 요인을 고려한 감각통합 체험 프레임워크는 사람과 가상박물관 사이에서 정보를 연결하는 가교 역할을 한다. 박물관의 감각통합 체험은 사용자를 위해 서비스를 제공하는 것으로, 문화유산을 전시하고 사용자와 가상박물관 사이의 유대감을 수립하기 위한 것이다.<sup>108)</sup> 그 주요 대상은 크게

---

108) Carvajal DA L, Morita M M, Bilmes G M. Virtual museums. Captured reality and 3Dmodeling[J]. Journal of Cultural Heritage, 2020, 45: 234-239.

다음의 세 가지 부분으로 구성된다.

첫째, 사용자와 감각통합 체험 간의 상호작용이다. 사용자는 감각통합 체험에서 중요한 주체적인 위치를 지니며, 강한 자율성과 참여성을 가지고 있다. 감각 체험은 매개체로서 사용자와 박물관의 디지털 정보 간의 양방향 전달을 실현하며, 박물관과의 연결과 문화 공동 건설을 강화한다. 터치스크린, 음성 안내, 가상현실 기술 등을 통해 사용자의 시각, 청각, 촉각 등의 감각을 자극하며, 그 안에서 사용자는 문화유산과 상호작용하며 형태나 질감, 역사적 배경 등을 체감하고 문화유산에 대한 이해와 경험을 심화시킬 수 있다. 이와 동시에 사용자는 소셜미디어를 통해 자신의 감각통합 체험을 공유할 수 있으며, 사회적 상호작용과 전시의 즐거움을 배가시킬 수 있다.

둘째, 사용자와 가상박물관 환경 간의 상호작용이다. 전통적인 박물관에서 사용자는 주로 시각을 통해 전시물을 접하고 이해했다. 그러나 현대의 가상박물관은 프로젝터, 센서 등의 기술을 통해 더욱 풍부한 디지털 환경을 조성하고 있다. 사용자는 터치, 소리, 시각 등의 다양한 방식으로 환경과 상호작용하며 가상박물관에서의 몰입적인 체험을 창출한다. 예를 들어, 사용자는 손동작 제스처를 사용하여 가상박물관에서 유물을 이동, 확대, 회전시킬 수 있고, 더 나아가 역사적 장면을 가상으로 복원하는 활동에도 참여할 수 있다. 이러한 인터랙션 체험은 사용자의 참여감과 몰입감을 강화시키며, 소장품의 전반적인 감화력과 사용자의 체험감을 향상시킨다.

마지막으로, 사용자들 간의 상호작용도 가상박물관의 중요한 대상 중 하나이다. 가상박물관의 보급으로 인해 빠른 속도로 많은 사람들이 유입되고 있으며, 가상 플랫폼을 통해 박물관의 행사나 문화적 풍모도 실시간으로 전달되어 수천, 수만 명에 달하는 사용자 그룹을 형성하기도 한다. 동시에 가상박물관에서 상호 의견 교류나 토론을 하거나, 그룹 브라우징 등을 할 수 있으며, 가상박물관에 일정한 사회적 속성을 부여할 수 있다. 이렇듯 사용자

는 가상박물관에서 다른 사용자들과 의견과 체험을 교류하고, 경험과 창의적 활동을 공유함으로써 상호작용성과 참여도를 향상시킨다. 이러한 사회적 상호작용은 사용자의 참여감을 강화할 뿐만 아니라 문화유산의 의미를 공동으로 구축하고 공유하는 데도 일조한다.

이상의 내용을 종합하면, 사용자 심리 요인을 고려한 시각·청각·촉각의 감각통합 체험 프레임워크는 가상박물관에서 중요한 역할을 담당한다는 사실을 알 수 있다. 사용자와 감각통합 체험, 사용자와 가상박물관 환경, 사용자들 간의 상호작용은 이 프레임워크를 구성하는 핵심 요소이다. 다양한 상호작용 방식과 기술 수단을 통해 가상박물관은 보다 개성화된, 몰입식 인터랙션 체험을 제공함으로써 사용자의 요구를 충족시키고 문화유산에 대한 관심과 이해를 높일 수 있다.

## 2.5 요약

본 장에서는 먼저 관련 사례들을 바탕으로 ‘사람 중심’의 디자인 이념에서 출발하여 사용자의 감각 체험 중 시각, 청각, 촉각 등과 가상박물관 디자인의 결합 관계를 심도 깊게 탐구하였다. 이를 통해 감각 연합 작용의 기본 원리를 총괄함으로써 감각통합 인터랙션의 가상박물관 디자인 이념이 사용자의 몰입 체험에 유용하다는 사실을 확인하였다. 그리고 항공우주를 테마로 하는 가상박물관을 사례로 들어 감각통합 체험의 표현 형식과 디자인 방법을 연구하였다.

다음으로, 사용자의 인지 심리, 정신 인식, 몰입 체험 등 세 가지 측면에서 관람객의 심리 요인과 가상박물관 디자인의 밀접한 관계를 심층적으로 연구하였으며, 사용자의 심리 요인이 가상박물관 디자인에 미치는 역할과 디자인 프로세스에서의 중요성을 강조하였다.

마지막으로, 가상박물관의 전체적인 조직 구조에 대한 심층적인 연구를

진행하여 사용자 심리 요인을 전체 구조에 통합하는 구체적인 실현 형식을 제시하였으며, 이와 동시에 사용자 심리 요인을 고려한 가상박물관의 주요 특성과 주요 대상에 대해 논의하였고, 사용자의 심리 요인이 융합된 가상박물관의 디자인 이념과 디자인 방법을 한층 더 보완하였다.

### Ⅲ. 몰입 이론을 융합한 가상박물관 디자인 메커니즘 연구

#### 3.1 몰입 이론의 도입 배경과 기본 개념

##### 3.1.1 사용자의 관람 심리 분류

가상박물관에서 방문객의 관람 심리는 방문객이 전시물을 탐색하고 체험하는 동안 느끼는 신경, 감정 및 행동 반응을 의미하며, 가상박물관 사용자 체험에 영향을 미치는 중요한 요인 중 하나이다.<sup>109)</sup> 사용자의 관람 심리 요소는 가상박물관 사용자 경험의 중요한 구성 요소이며, 가상박물관 디자인에 고려되고 적용되어 사용자의 만족도와 체험감을 향상시키는 역할을 한다.<sup>110)</sup> 칹춘후이(Zheng Chunhui) 등의 연구자들은 이중 처리 이론을 기반으로 가상 여행에서 사용자의 잠재적인 심리 메커니즘을 분석하는 프레임워크를 구축하고, 두 차례의 설문 조사를 통해 가상 여행 장면에서 감각에 명백한 자극을 주는 심리적 이미지 처리(MIP)가 사용자의 방문 과정의 인지와 감정에 직접적인 영향을 미치며, 사용자의 탐방 욕구에 초점을 맞춘 설정을 장면 속에 배치함으로써 방문객의 탐방 흥미를 효과적으로 증가시킬 수 있다는 사실을 밝혀냈다.<sup>111)</sup> 가상박물관을 구축할 때 디자이너는 먼저 사용자의 지각과 인식 방식에 주의를 기울여야 한다. 가상 환경에서 관람객의 지각과 인식 방식은 실제 오프라인 박물관과 다를 수 있기에 디자이너는 사용

---

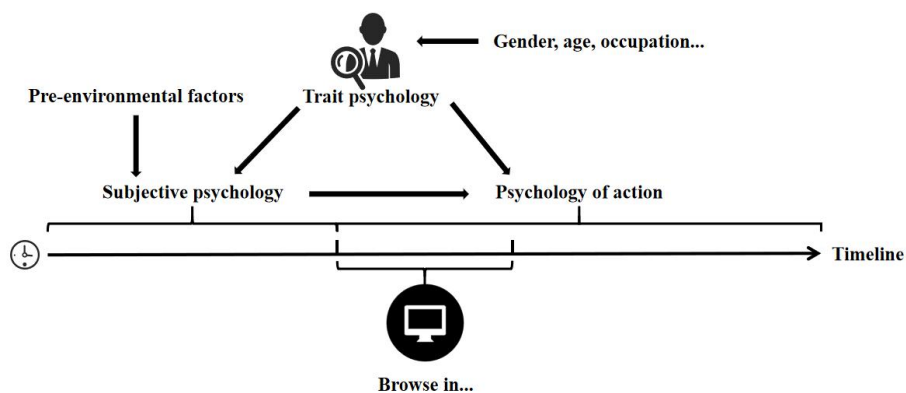
109) De Luca V, Marcantonio G, Barba M C, et al. A Virtual Tour for the Promotion of Tourism of the City of Bari[J]. Information, 2022, 13(7): 339.

110) Shahab H, Mohtar M, Ghazali E, et al. Virtual reality in museums: does it promote visitor enjoyment and learning?[J]. International Journal of Human-Computer Interaction, 2022: 1-18.

111) Zheng C, Chen Z, Zhang Y, et al. Does vivid imagination deter visitation? The role of mental imagery processing in virtual tourism on tourists' behavior[J]. Journal of Travel Research, 2022, 61(7): 1528-1541.

자가 전시물의 배경과 내용을 쉽게 파악하고 이해할 수 있도록 보장해야 하는데, 이를 위해 직관적인 전시 방식과 상호작용 방식을 사용할 수 있다. 이는 가상박물관의 디자인이 사용자의 방문 심리를 중심으로 해야 하며, 디자인의 전체 프로세스의 구체적인 구현 방식 역시 사용자의 심리 요인을 기반으로 삼아야 한다는 점을 재차 상기시킨다.

본 논문에서는 사용자를 첫 번째 주체로 삼아 가상박물관에서 사용자의 관람 심리를 주관적 심리, 특성 심리, 작용 심리라는 세 가지 범주로 분류하였다. 이 세 가지 심리는 서로 구별되면서도 상호 영향을 주고받으며 사용자의 브라우징 과정에서의 편안함과 만족도를 결정한다. 아래의 그림 37<sup>112)</sup>은 이 세 가지 심리의 시간적, 논리적 결합 관계와 개념적 해석을 도해로 설명한 것이다.



<그림 37> 세 가지 심리의 시간적, 논리적 결합

### (1) 주관적 심리

주관적 심리는 사용자가 박물관을 방문하기 전에 여타의 다른 환경적 영향으로 인해 발생한 심리를 의미하며, 특히 시간상으로 사용자가 정식으로

112) Fan Y T, Chang H J. A Framework for Multisensory Virtual Museum Design considering Users\Psychological Factors[J]. 2023 KSDS·SDC Fall International Conference, 2023: 128-133.

방문하기 직전에 발생한 심리를 가리킨다. 예를 들어 사용자의 박물관 방문의 개인적 사정에 의한 또는 네트워크의 끊김으로 인한 짜증 같은 사용자의 감정 상태 등을 들 수 있다. 이러한 부류의 심리는 고정적인 것이 아니며, 사용자의 순간적인 상태에 영향을 받고 무작위적으로 발생하기 때문에 가상 박물관의 디자인 과정에서 디자이너가 간과하기 쉬운 심리적 요소 중 하나이다. 사용자의 주관적 심리는 가상박물관의 디자인으로 바꾸기 어렵지만 강화학습, 딥러닝 등 기타 방법을 결합하여 다양한 주관적 심리를 가진 사용자들을 위한 개인화된 맞춤형 브라우징 콘텐츠를 제공할 수 있다.

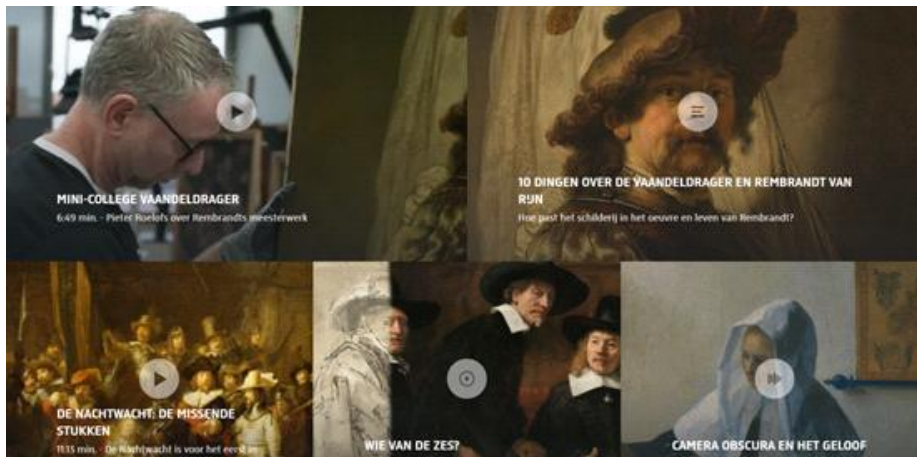
### (2) 특성 심리

특성 심리는 사용자 본인이 갖고 있는 고유한 선천적 심리적 특성을 의미한다. 이는 사용자의 모든 심리 요인의 토대이며 사용자의 모든 심리를 결정한다. 예를 들어 어떤 사용자는 선천적으로 감수성이 풍부하고 쉽게 공감할 수 있기 때문에 가상박물관 관람 시 전시나 스토리에 영향을 받아 더 쉽게 몰입할 수 있다. 또 호기심이 강한 사용자는 새로운 것에 노출되는 것을 좋아하며 가상박물관의 스마트 인터랙션과 감지 기능에 더 많은 관심을 가진다. 이렇듯 감성적인 심리나 강한 호기심과 같은 것은 사용자의 특성 심리에 해당되는데, 종종 성별, 연령, 직업 등의 요소에 영향을 받는 경우가 많으며 가상박물관의 '사용자 중심' 디자인 개념이 가장 직접적으로 드러난 것이다. 또한 특성 심리는 가상박물관 디자인 과정에서 합리적으로 관람객 그룹을 구분하는 주요 근거이기도 하다.

### (3) 작용 심리

작용 심리는 주관적 심리와 시간적으로 구별된다. 주관적 심리가 박물관을 방문하기 전의 심리인 데 반해 작용 심리는 주로 사용자가 가상박물관을 관람하는 과정 또는 관람 이후 박물관의 전시물, 인터랙션 등 체험 요소에 영향을 받아 발생하는 심리를 의미한다. 예를 들어 사용자가 역사 유물 전

시를 보고 느끼는 공감이나 관람 이후 내용에 대한 회상 등을 들 수 있다. 이러한 작용 심리는 가상박물관 디자인과 가장 밀접한 관련이 있으며, 종종 디자인에서 가장 포괄적으로 고려되는 심리 요소 중 하나이다. 그러나 작용 심리는 주관적 심리와 특성 심리에 쉽게 영향을 받기 때문에 동일한 가상박물관 디자인에 의해 발생하는 작용 심리는 사람에 따라 다른 경우가 많다. 작용 심리는 가상박물관의 인터페이스 디자인을 통해 쉽게 제어하고 변경할 수 있으므로 가상박물관 디자인에서 가장 중요한 지침 심리의 역할을 한다. 이와 관련된 구체적인 디자인 사례는 많이 있으며, 그림 38의 암스테르담 국립박물관은 그 대표적인 예이다. 이 박물관은 3D 가상현실 전시관이 아니라 디지털 문화재 라이브러리에 가깝고, 각 전시물은 비디오 또는 사진 이미지와 오디오 형식으로 제공된다. 암스테르담 국립박물관은 사용자의 작용 심리를 조절하는 데 있어서 먼저 아름답고 깔끔한 페이지 디자인을 갖추고 있으며, 고전적이고 우아한 분위기를 강조하여 사용자에게 강한 시각적 임팩트를 주고 있다. 또한 비디오의 설정은 대부분 5-10분 정도이지만 거의 모든 전시물의 정보를 상세하고 논리적으로 소개하며, 적절한 시간 설정으로 사용자들이 전시물을 관람하는 동안 피로감을 느끼지 않도록 하였다. 또한 각 전시물에 대한 소개 방식도 매우 다양하게 구성하여, 유머러스한 설명도 있고 스토리텔링 위주의 이야기 서술도 있어 사용자가 고민을 잊고 작품 속으로 몰입하게 함으로써 박물관 교육 효율을 크게 향상시키고 있다.



<그림 38> 암스테르담 국립박물관 웹사이트 페이지  
(출처: <https://www.rijksmuseum.nl/nl/stories/>)

### 3.1.2 몰입과 사용자 관람 만족도

‘몰입(Flow)’은 인지심리학 분야에서 미하이 칩센트미하이(Mihaly Csikszentmihalyi)가 1970년대에 제안한 개념으로, 이 개념은 개인이 특정 활동을 수행할 때 완전히 몰입하고 전념하여 즐거움을 느끼는 심리적 상태를 의미한다.<sup>113)</sup> 그는 몰입이 개인의 자발적인 참여 활동의 주요한 심리적 동기이며, 이를 기반으로 몰입 모델을 수립하고 도전과 기술을 몰입 형성의 핵심 요소로 제시하였다.<sup>114)</sup> 몰입 상태의 핵심 특징 중 하나는 개인이 활동에 완전히 집중할 수 있고, 외부의 간섭을 최소화할 수 있는 능력이다. 이 상태에서 개인은 현재의 작업에 대해 주요 관심을 집중시키고, 깊은 몰입감을 경험하며, 작업을 조절하고 제어할 수 있는 능력을 갖추게 된다.<sup>115)</sup> 이러한 자율성과 통제력은 개인이 자신의 요구와 기술 수준에 따라 작업을 계획하고 수행할 수 있도록 하며, 외부의 압력이나 방해의 영향을 받지 않도록 한

113) Csikszentmihalyi, M. (1990). Flow: The Psychology of Optimal Experience.

114) Akula A R, Wang K, Liu C, et al. CX-ToM: Counterfactual explanations with theory-of-mind for enhancing human trust in image recognition models[J]. Iscience, 2022, 25(1).

115) Lavoie R, Main K, Stuart-Edwards A. Flow theory: Advancing the two-dimensional conceptualization[J]. Motivation and Emotion, 2022, 46(1): 38-58.

다. 시간 인식의 변화는 몰입 상태가 현저하게 드러나는 또 다른 중요한 특징이다. 몰입 상태에서 개인은 종종 시간이 빠르게 흐른다고 느끼며, 심지어 사후에 회상할 때에도 시간이 순식간에 지나간 것처럼 느껴지기도 한다. 이는 몰입 상태에서 개인이 활동에 완전히 녹아들어 시간에 대한 감각이 흐려지고, 의식이 시간의 흐름이 아닌 작업 자체에 집중되기 때문이다.<sup>116)</sup> 요약하자면, 몰입 상태는 시간이 빠르게 흐르고 개인은 자율성과 통제감을 가지며 내적으로 만족과 재미를 느낄 수 있는 일종의 즐거운 심리적 상태이다. 몰입 상태에 진입하기 위한 핵심은 완전히 투입되어 현재 활동에 집중하며, 임무의 도전성과 개인의 기술 수준이 일치하는 것이다. 따라서 관련 연구들에 따르면, 연구자들은 몰입 개념이 다음과 같은 몇 가지 요소들을 지니고 있다고 생각한다.<sup>117)</sup>

(1) 명확한 목표 : 몰입 상태에서 사람들은 자신의 목표를 명확히 설정하고, 각 단계의 행동을 분명하게 이해하며, 얻게 되는 피드백이 기대와 일치하도록 해야 한다.

(2) 도전과 능력의 균형 : 몰입은 사람들이 특정 활동을 수행할 때 작업의 난이도와 개인의 능력 수준이 일치하도록 요구한다. 작업이 너무 쉬울 경우 식상함을 유발할 수 있고, 과제가 너무 어려울 경우 불안을 유발하여 몰입 상태에 도달할 수 없다.

(3) 높은 집중력 : 몰입 상태에서 사람들은 다른 방해 요소나 의식의 손실 없이 현재의 활동에 완전히 몰두할 수 있으며, 외부 환경의 변화를 거의 감지하지 못한다.

(4) 즉각적인 피드백 : 몰입 상태의 활동은 일반적으로 즉각적인 피드백 메커니즘을 갖추고 있으며, 참여자는 적시에 결과 피드백을 받을 수 있어

---

116) Cacioppe RL. Integral mindflow: A process of mindfulness-in-flow to enhance individual and organization learning[J]. The Learning Organization, 2017, 24(6): 408-417.

117) Csikszentmihalyi M. Finding flow: The psychology of engagement with everyday life[M]. HachetteUK, 2020.

주의력과 의식 집중력을 향상시킬 수 있다.

몰입 체험은 개인의 적극적인 감정과 만족감을 향상시킬 뿐만 아니라 생산성과 성취감을 향상시키는 데도 도움이 된다. 따라서 과제나 활동 또는 제품을 디자인할 때 몰입의 요인을 고려하여 참여자가 몰입 상태에 진입할 수 있도록 도움을 줄 수 있다면 사용자 체험과 작업 효과를 향상시킬 수 있을 것이다.

가상박물관에서 방문객이 도달한 몰입 상태는 완전히 몰두하여 고도의 집중력을 가지며 그 안에서 즐거움을 느끼는 심리적 체험을 특징으로 한다. 몰입 상태에서 사용자는 자의식이 약해지며 시간이 빠르게 흐르고 주의력이 높아져 학습 효율과 체험감이 높아짐을 느낄 수 있다. 앞서 가상박물관 디자인에 관한 논의에서 사용자의 심리적 요인을 고려해야 하는 필요성과 사용자의 특성에 따른 개인화된 맞춤형 디자인과의 결합을 강조한 바 있다. 그러나 사용자의 심리적 요인은 모호하고 광범위한 개념이며, 측정 기준과 명확한 표현이 부족하여 이러한 요소가 충분히 고려되었는지를 평가하기 어렵고, 표준화된 디자인 지침도 형성되지 않은 실정이다. 따라서 이러한 문제를 해결하기 위해 몰입 개념을 도입한다면 방문객의 만족도를 평가하는 구체적인 지표로 사용할 수 있을 것이다. ‘가상박물관에서 방문객이 몰입 상태에 더 잘 도달할 수 있도록 하는 것’을 가상박물관 디자인의 주요 목표로 설정하고, 몰입의 구체적인 요소와 결합하여 가상박물관 디자인의 각 단계를 목적에 맞게 최적화할 수 있다.

이와 관련된 연구로 루이스 령(Louis Leung)은 2020년에 몰입 이론을 기반으로 몰입 체험의 다양성과 스마트폰 사용 사이의 관계를 탐구하였다. 연구 결과에 따르면 스마트폰이나 컴퓨터 등의 디바이스를 사용하여 엔터테인먼트, 정보 검색 등의 활동을 할 때 쉽게 몰입 상태에 도달할 수 있다는 사실을 밝혀냈다.<sup>118)</sup> 이는 디지털박물관이 스마트폰이나 컴퓨터 등의 디바이스를

기반으로 한다는 기본적인 특징과 일치하며, 디지털박물관을 구축하기 위해 몰입 개념을 도입하는 것의 타당성을 입증하고 있다.<sup>119)</sup> 또한 2021년, 제니퍼 브랜논 바호스트(Jennifer Brannon Barhorst) 등의 연구자들은 몰입 이론이 가상현실 장면 구축에 미치는 영향을 연구한 결과 가상현실 장면을 관람하는 동안 방문객의 만족도는 몰입 상태의 도달 정도와 비례하는 것으로 나타났다.<sup>120)</sup> 이러한 관련 연구들의 결과를 통해 방문객의 심리 요인을 고려하는 가상박물관의 디자인에서 몰입의 개념과 몰입 이론의 도입의 중요성이 한층 더 분명하게 입증되었다.<sup>121)</sup> 그림 39와 그림 40의 인도 국립박물관 가상갤러리는 몰입 개념의 네 가지 요소를 잘 통합하여 방문객들에게 매력적인 경험을 제공하고 있다. 먼저 명확한 목표를 설정하고 즉각적인 피드백을 제공함으로써 참여의 능동성과 성취감을 불러일으켰다. 둘째 도전과 개인의 능력 간의 균형을 잘 조절하고 적절한 인터랙션과 해석을 제공함으로써 방문객의 흥미를 효과적으로 자극하였다. 셋째 매력적인 시각 및 오디오 효과, 명확하고 간결한 인터페이스 및 내비게이션 시스템 등을 도입하여 방문객의 관심을 효과적으로 유도하고, 그들이 전시 경험에 더욱 집중할 수 있도록 돕는다. 또한 방문객들에게 선택과 통제의 자율성을 부여하여 개인의 리듬에 따라 브라우징할 수 있도록 함으로써 체험의 개인화와 자율성을 높였다. 마지막으로, 소셜미디어와의 인터랙션과 협력을 통해 방문객 간의 교류와 공유를 장려하는 소셜적 요소를 강화하여 더욱 풍부하고 흥미로운 경험을

118) Leung, L.(2020). Exploring the relationship between smartphone activities, flowexperience, and boredom in free time. *Computers in Human Behavior*, 103,130-139.

119) Panova,T., & Lleras, A. (2016). Avoidance or boredom: Negative mental healthoutcomes associated with use of Information and Communication Technologiesdepend on users' motivations. *Computers in Human Behavior*, 58, 249-258.

120) Brannon Barhorst, J., McLean, G., Shah, E., & Mack, R. (2021). Blending the realworld and the virtual world: Exploring the role of flow in augmented realityexperiences. *Journal of Business Research*, 122, 423-436.

121) Novak, T.,Hoffman, D., & Duhachek, A. (2003). The Influence of Goal-Directed andExperiential Activities on Online Flow Activities. *Journal of The AmericanAcademy of Dermatology - J AMER ACAD DERMATOL*, 13, 3-16.

창출하였다. 이러한 기발한 디자인 전략은 인도 국립박물관 가상 전시관을 방문하는 관람객들이 최적의 몰입 상태에 도달하도록 촉진하여 그들에게 더욱 인상적이고 유쾌한 문화 경험을 선사한다.



<그림 39> 인도 국립박물관 가상 갤러리  
(출처: <https://www.shrihariproductions.com/virtual-tour/chitram-vastram-nm/>)



<그림 40> 인도 국립박물관 가상 전시회 소개  
(출처: ibid)

### 3.1.3 몰입 상태 등급과 측정 분석

몰입 상태의 정도를 측정하고 분석하기 위해서는 일반적으로 심리학에서 사용되는 몰입 체험 척도를 활용한다. 이러한 척도는 주의 집중, 과제 도전과 기술 균형 등을 포함한 일련의 질문들을 통해 특정 활동에서 개인이 몰입을 경험하는 정도를 평가한다. 흔히 사용되는 몰입 체험 척도에는 칙센트미하이(Csikszentmihalyi)<sup>122)</sup>의 ECS(Experience Sampling Form)와 마요로디(Magyaródi)<sup>123)</sup> 등이 개발한 FSQ(Flow State Questionnaire)가 있다. 이러한 척도는 일반적으로 리케르트(Likert) 척도<sup>124)</sup> 또는 기타 평가 방식, 즉 일상 생활이나 사회 활동에서 경험하는 감정, 인지, 사고의 빈도나 패턴 등의 차원들이 활용될 수 있는데, 이는 피험자가 자신의 몰입 체험 수준을 자가 보고할 수 있도록 한다.

몰입 체험 척도는 일반적으로 여러 차원을 포함하는데, 각 차원은 각기 다른 측면에서의 몰입 체험을 설명한다. 본 논문은 주관 심리와 특성 심리에 기반한 디자인을 통해 사용자의 작용 심리를 변화시키고자 하였다. 따라서 인터랙션과 몰입 체험이라는 분명한 정체성을 지닌 항공우주 가상박물관의 기본 특성과 문화유산 보존과 대중 과학교육 기능을 고려하고, 앞선 3.1.2에서 요약한 몰입 상태 발생에 영향을 미치는 주요 요인 4가지와 연계하여 항공우주 가상박물관 관람 과정에서 사용자의 몰입 상태를 특성화하는 6가지 차원을 다음과 같이 선정하였다.

(1) 자기 인식(Sense of Control) : 이 차원은 사용자 측면에서 자신의 방문

---

122) Csikszentmihalyi M, Larson R. Validity and reliability of the experience-sampling method[J]. Flow and the foundations of positive psychology: The collected works of Mihaly Csikszentmihalyi, 2014: 35-54.

123) Magyaródi T, Nagy H, Soltész P, et al. Psychometric properties of a newly established flow state questionnaire[J]. The Journal of Happiness & Well-Being, 2013,1(2): 85-96.

124) South L, Saffo D, Vitek O, et al. Effective use of Likert scales in visualization evaluations: A systematic review[C]//Computer Graphics Forum. 2022, 41(3):43-55.

목적에 대한 인식, 즉 사용자가 명확한 방문 목적을 가지고 있는지 여부를 나타낸다.

(2) 과제 도전 정도(Challenge-Skill Balance) : 과제의 난이도와 개인의 기술 수준 간의 일치 정도를 설명한다. 이 차원은 과제에서 충분한 도전감을 느끼면서도 충분한 능력과 자신감을 유지하는 것과 관련이 있다.

(3) 과제 명확성(Clear Goals) : 과제 목표의 명확성과 과제의 완성에 대한 명확한 이해와 기대를 설명한다. 이 차원은 개인이 과제 목표를 이해하고 받아들일 수 있는지, 그리고 과제에 대한 수행 상황을 평가할 수 있는지를 나타낸다.

(4) 집중력(Concentration) : 개인이 과제에 전념하는 정도와 주의력을 집중하는 능력을 설명한다. 이 차원에서 개인은 혼신의 힘을 기울여 빠르게 과제 속으로 진입하며 시간과 주변의 간섭을 잊을 수 있다.

(5) 즉각적인 피드백(Immediate Feedback) : 개인이 과제에서 즉각적인 피드백을 얻을 수 있는 기회를 설명한다. 이러한 즉각적인 피드백은 개인이 과제를 조정하고 개선하도록 안내하며, 과제에 대한 흥미와 동기를 높일 수 있다.

(6) 몰입 체험(Flow Experience) : 몰입 상태에 대한 개인의 주관적인 체험을 설명한다. 이 차원에는 몰입 상태에 대한 개인의 감정, 기쁨, 자아 망각 등의 측면을 포함한다.

이상의 차원들은 몰입 체험 척도를 위한 통상적인 구성 차원일 뿐이며, 다양한 몰입 체험 척도에 따라 약간 다른 차원의 설정이 있을 수 있다. 따라서 몰입 체험을 측정할 때는 이러한 통상적인 차원의 토대 위에서 가상박물관의 조직 구조와 주요 목적을 고려하여 방문객의 몰입 상태를 포괄적으로 평가하기 위한 선택과 조정이 필요하다. 몰입 상태의 분석은 피험자의 몰입 체험 척도 데이터에 대한 통계 및 해석을 포함한다. 몰입 체험 척도

데이터를 분석함으로써 개인이 다양한 활동에서 체험하는 몰입 상태의 빈도와 강도를 심층적으로 파악할 수 있다. 또한 몰입 상태와 다른 변수 간의 연관성, 예를 들어 개인적 특성, 과제의 속성, 환경 요인 등을 연구할 수 있다. 이러한 분석은 가상박물관 방문 시 개인의 몰입 상태 생성 메커니즘에 대한 깊은 이해를 바탕으로 박물관 디자인을 최적화함으로써 사용자의 몰입 체험을 향상시키는 데 도움이 된다.

몰입 체험 평가를 위한 몰입 체험 척도는 설문 조사나 대면 인터뷰 등의 방식을 통해 응용하여 특정 활동에서 개인이 몰입 상태에 도달하는 정도를 파악할 수 있다. 척도 중의 각 차원에 대한 평가와 분석을 통해 개인의 몰입 상태 수준과 정도를 결정할 수 있는데, 본 논문에서는 사용자의 몰입 상태의 등급을 다음과 같은 3단계로 구분하였다.

(1) 낮은 몰입 상태 : 개인의 도전과 능력 사이의 균형이 충분치 않거나, 목표가 명확하지 않거나, 즉각적인 피드백이 부족하거나, 집중력이 부족한 경우 낮은 몰입 체험을 야기할 수 있다. 이 경우 개인은 지루함이나 싫증을 느끼며 주의를 집중하기 어렵고 활동에 대한 흥미와 몰입감의 결핍이 발생한다.

(2) 중간 몰입 상태 : 개인이 어떤 특정 차원, 예를 들어 도전과 기술의 균형, 목표의 명확성, 즉각적인 피드백 등의 개별 차원에서 몰입의 특징을 체험하는 경우 중간 몰입 상태에 도달할 수 있다. 이 경우 개인은 일정 정도의 몰입과 만족감을 느낄 수 있지만, 몰입의 정도는 충분히 깊지 않을 수 있다.

(3) 높은 몰입 상태 : 개인이 여러 차원에서 몰입의 특징을 충분히 체험하고 이러한 특징이 명확하고 강렬한 경우 높은 몰입 상태에 도달할 수 있다. 이 상태에서 개인은 활동에 완전히 몰입하게 되어 시간 감각이 사라지고 자율성, 집중력, 희열감 및 성취감을 높은 수준에서 느낄 수 있다.

몰입 체험 척도 분석은 특정 활동에서 개인의 몰입 상태에 대한 자세한 정보를 이해하는 방법을 제공한다. 각 차원에 대한 점수를 체계적으로 측정하고 비교함으로써 연구자들은 몰입 상태에 영향을 미치는 여러 요인을 식별할 수 있다. 예를 들어, 개인이 너무 과도한 도전에 직면하거나 기술 수준이 부족한 경우 과제의 난이도를 조정해야 할 수 있으며, 목표가 모호한 경우 더 명확한 지침을 제공해야 할 수 있다. 또한 즉각적인 피드백이 부족한 경우 시기적절한 피드백 메커니즘을 설계해야 할 수도 있다. 한편 몰입 상태의 측정과 분석은 가상박물관의 디자인뿐만 아니라 교육 현장, 직장, 운동 훈련 등 다양한 영역에 걸쳐 널리 적용될 수 있다. 몰입 상태의 수준과 영향 요인을 심층적으로 이해함으로써 더 매력적이고 효과적인 임무나 활동 및 환경을 디자인하여 다양한 분야에서 개인의 종합적인 성과를 향상시키는 데 도움이 될 수 있다.

마지막으로, 가상박물관 사용자가 관람 중 도달한 몰입 상태의 정도를 평가하기 위해 위에서 언급한 몰입 체험 척도 차원을 가상박물관의 특성과 결합하여 다음과 같은 설문지를 설계할 수 있다. 다음 명제에 대해 1(매우 동의하지 않음)에서 6(매우 동의함)까지의 점수 범위에서 개인의 체험에 가장 적합한 것을 선택하여 점수를 매기도록 한다.

#### 자기 인식(Sense of Control)

- ▶ 가상박물관을 방문할 때 명확한 방문 목적이 있다.
- ▶ 가상박물관에서 자신이 관심 있는 전시회와 주제를 선택할 수 있다.
- ▶ 가상박물관을 방문할 때 탐색 순서와 시간을 스스로 결정할 수 있다.

#### 과제 도전 정도(Challenge-Skill Balance)

- ▶ 가상박물관의 전시회와 활동은 내 기술과 지식에 충분한 도전이 된다.

- ▶ 가상박물관을 방문할 때 내 능력과 기술이 과제와 일치한다고 느낀다.
- ▶ 가상박물관을 방문할 때 과제는 적절한 난이도를 가지고 있으며, 대응할 수 있고 자신감을 가질 수 있다.

#### 과제 명확성(Clear Goals)

- ▶ 가상박물관을 방문할 때 과제 목표가 매우 명확하다.
- ▶ 가상박물관을 방문할 때 내가 달성하고자 하는 것이 어떤 목표인지 알고 있다.
- ▶ 가상박물관의 방문에서 달성한 과제의 완성 정도를 평가할 수 있다.

#### 집중력(Concentration)

- ▶ 가상박물관을 방문할 때 전시 내용에 완전히 집중하고 주변의 간섭을 잊을 수 있다.
- ▶ 가상박물관에서 충분히 몰입하고 시간이 빨리 흘러가는 것을 느낄 수 있다.
- ▶ 가상박물관을 방문할 때 빠르게 몰입 상태에 진입하고 전시나 이벤트 활동에 완전히 집중할 수 있다.

#### 즉각적인 피드백(Immediate Feedback)

- ▶ 가상박물관을 방문할 때 즉각적인 피드백을 받아 자신의 진행 상황과 성과를 파악할 수 있다.
- ▶ 가상박물관을 방문할 때 자신의 학습과 이해에 대한 즉각적인 피드백을 받을 수 있다.
- ▶ 가상박물관을 방문할 때 전시 내용을 통해 실시간으로 설명과 안내를 받을 수 있다.

몰입 체험(Flow Experience)

- ▶ 가상박물관을 방문할 때 흥미, 희열, 만족감을 느낄 수 있다.
- ▶ 가상박물관에서 자신의 참여가 자연스럽게 이루어짐을 느끼고 시간과 주변 환경을 잊을 수 있다.
- ▶ 가상박물관을 방문할 때 몰입의 상태를 체험하고 몸과 마음이 그 속으로 빠져들어감을 느낀다.

마지막으로 여섯 가지 차원의 총점을 합산한 결과, 0-16점은 낮은 몰입 상태, 17-27점은 중간 몰입 상태, 28-36점은 높은 몰입 상태로 규정한다. 이 설문지는 위의 여섯 가지 차원을 평가하여 사용자가 가상박물관을 방문했을 때 몰입 상태에 도달하는 정도를 이해하는 데 유용하게 사용될 것이다. 설문 결과의 분석을 통해 다양한 차원의 사용자 몰입 체험 상황을 평가하고 이를 기반으로 개선 조치를 제공하여 가상박물관의 사용자 체험과 몰입 상태의 달성을 향상시킬 수 있을 것이다.

### 3.1.4 가상박물관 디자인 몰입 이론 모델

‘사용자 중심’이라는 디자인 원칙에 따라 가상박물관의 몰입 디자인 이론 모델은 크게 사용자 속성의 분류와 가상박물관의 디자인이라는 두 가지 주요 측면으로 나눌 수 있다. 먼저 사용자 속성의 분류는 방문객을 개별 특성과 요구에 따라 체계적으로 분류하는 것을 의미하며, 연령, 관심사, 지식 수준, 기술 등 여러 가지 요소를 포함한다. 사용자 속성에 대한 심층적인 이해를 통해 가상박물관은 다양한 방문객의 요구와 선호도에 맞게 전시 내용, 전시 방식 및 인터랙션 방식 등을 최적화할 수 있다. 반면 가상박물관의 디자인 측면은 가상 환경에서 방문객이 몰입 상태에 도달할 수 있도록 하는 구체적인 디자인 조치와 전략을 수립하는 데 중점을 둔다.

이에 따라 가상박물관의 웹페이지 디자인에서는 사용자의 여섯 가지 속성을 시스템 입력 조건으로 확정해야 한다. 이 속성은 크게 사용자의 기본 속성과 몰입 조건 속성 두 가지로 나뉘며, 기본 속성에는 사용자의 닉네임, 성별 및 연령이 포함되고, 몰입 조건 속성(사용자 심리 요인)에는 인지심리학자 칙센트미하이(Csikszentmihalyi)가 제시한 몰입 이론을 기초로 몰입 상태 발생에 도움이 되는 속성인 원인, 경험, 결과 세 가지 단계로 나뉜다. 그 중 원인의 특성으로는 (1) 과제에 대한 통제감, (2) 명확한 목표와 보상, (3) 즉각적인 피드백이 포함된다. 몰입 경험의 특성에는 (1) 도전과 능력 사이의 균형 유지, (2) 행동과 의식의 통합, (3) 편안함과 자유가 포함되며, 몰입 결과 특성에는 (1) 과제에 완전한 집중, (2) 체험의 본질로서의 보상, (3) 활동 중 주관적 시간의 변화 발생이 포함된다. 이후 후속 연구를 통해 천(Chen), 위갠드(Wigand), nilan(Nilan)은 몰입을 사전 조건, 체험, 효과 세 가지 단계로 구분하였다.<sup>125)</sup> 사전 조건 요인은 몰입에 진입하기 위한 필수 조건으로, 명확한 목표, 가치 있는 피드백, 도전과 능력의 균형 세 가지 특징을 포함한다. 이 세 가지 특징 중에서 가장 핵심적인 것은 세 번째 특징인 도전과 능력의 균형으로, 이는 사용자가 가상박물관 관람에 몰입할 수 있는지를 직접적으로 결정짓는 요인이다. 만일 방문객이 관람 과정에서 목표 달성에 필요한 능력을 넘어서는 과도한 도전에 직면할 경우 좌절과 스트레스를 느낄 수 있으며, 반대로 너무 쉽게 느껴질 경우 지루함과 불만족을 표출할 수 있다. 따라서 가상박물관의 디자인에서는 방문객의 능력 수준이 목표의 도전 수준과 일치하도록 보장해야 한다. 그런 다음 방문객에게 관람 목적을 명확히 제시하고 가치 있는 피드백을 제공함으로써 우수한 가상박물관 디자인을 완성할 수 있으며, 이 세 가지 주요 특징은 몰입 이론을 기반으로 한 가상박물관 디자인을 가능하게 한다.

---

125) Chen, H., Wigand, R. T., & Nilan, M. S. (1999). Optimal experience of Web activities. *Computers in Human Behavior*, 15(5), 585-608.

이밖에도 사회심리학에는 두 가지 유명한 이론인 기대이론과 자기결정이론이 있다. 기대이론은 사람들이 결정을 내리고 선택을 하는 과정을 설명하는 데 사용되는데, 이 이론은 빅터 브룸(Victor Vroom)<sup>126)</sup>이 1964년에 제시한 것으로, 개인이 행동 결정을 내릴 때 자신의 기대 결과와 행동의 확률을 평가하고 이러한 평가에 따라 행동 여부를 결정한다고 주장한다. 가상박물관 디자인에서 기대이론은 몰입에 영향을 미치는 요인 중 ‘명확한 목표’로 표현될 수 있으며, 이는 가상박물관 디자이너가 방문객의 의사결정 과정과 동기를 더 잘 이해하고 보다 매력적이고 의미 있는 체험을 제공함으로써 그들의 참여와 만족도를 높일 수 있도록 도와준다.

한편 자기결정이론은 에드워드 데시(Edward L. Deci)와 리처드 라이언(Richard M. Ryan)<sup>127)</sup>이 1985년에 제안한 이론으로, 이 이론은 인간의 내재적 동기와 개인이 자기결정을 어떻게 실현하는지에 초점을 맞추며, 자율성, 관련성, 소속감 세 가지 요소를 포함한다. 따라서 가상박물관 디자인에서는 방문객에게 가상박물관에서의 학습 및 참여 활동의 진행 상황을 명확히 알려주고 방문객이 자율적으로 브라우징 방식과 사회적 역할을 선택할 수 있도록 하며, ‘가치 있는 피드백’을 제공함으로써 방문객과 가상박물관 간의 관련성과 자기성취감을 강화할 수 있다. 이 두 이론은 몰입 이론을 기반으로 한 가상박물관 디자인의 타당성과 중요성을 추가로 확증한다.

이상의 내용을 요약하자면, 본 논문에서는 몰입 상태 등급에 영향을 미치는 세 가지 주요 측면을 다음과 같이 선정하고 정의를 내리고자 한다.

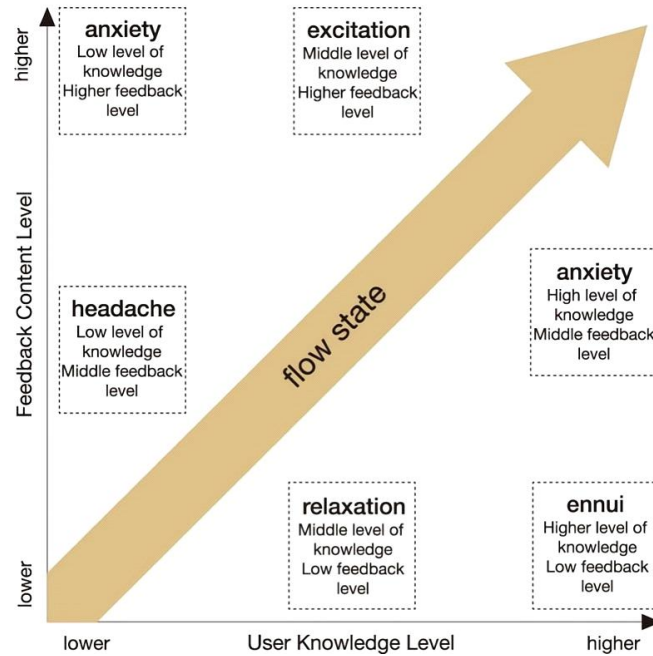
- ① 명확한 목표 - 자신이 계획한 행동 경로에 대한 확신감.
- ② 도전과 능력의 균형 - 자신의 현재 능력 수준과 일치하는 과제를 수행할 때 느끼는 몰입감.

---

126) Vroom V H. Work and motivation[J]. 1964.

127) Deci E L, Ryan R M. The general causality orientations scale: Self-determination in personality[J]. Journal of research in personality, 1985, 19(2): 109-134.

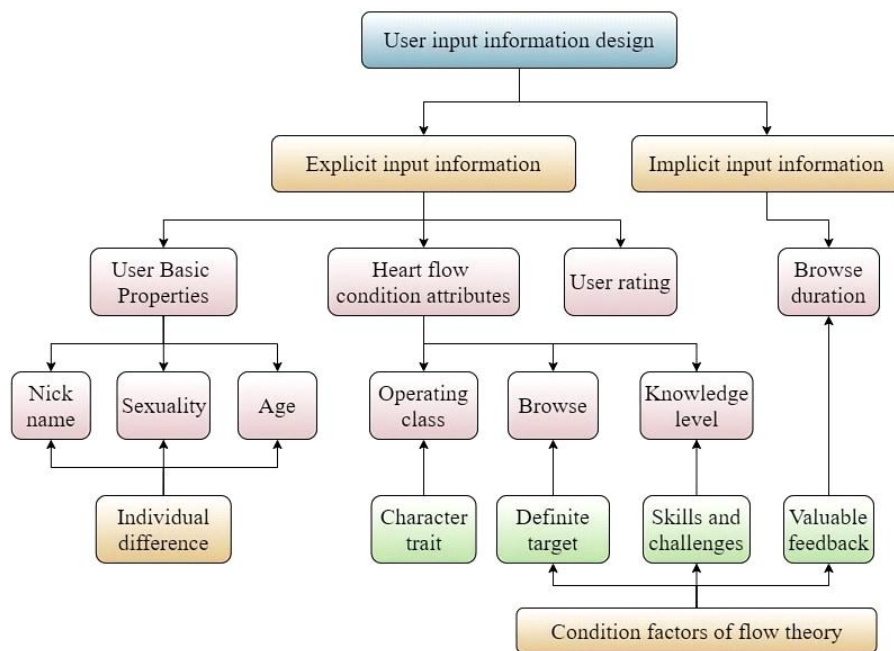
③ 가치 있는 피드백 - 개인의 행동에 대한 즉각적이고 명확한 피드백.  
 따라서 도전과 능력의 원칙을 중심 원칙으로 삼아 구축한 가상박물관 몰입 디자인 이론 모델은 아래의 그림 41과 같다.



<그림 41> 가상 디지털박물관 디자인의 몰입 이론 모델

이를 바탕으로 이후 진행될 항공우주 디지털박물관의 디자인에서는 사용자의 다양한 몰입 조건 속성을 고려하여 사용자 체험을 최적화하고자 한다. 첫 번째 속성은 사용자의 ‘항공우주 디지털박물관 방문 목적’을 명확히 하는 것으로, 이는 사용자의 방문 목표를 정의하는 데 도움이 된다. 두 번째로 ‘항공우주 지식에 대한 인식 수준’에 주목하여 시스템이 적절한 전문성을 가진 콘텐츠를 지능적으로 매칭할 수 있도록 함으로써 도전과 능력 사이의 균형을 실현하도록 한다. 세 번째 핵심 속성은 일상생활이나 업무에서의 상태 및 전문 지식에 대한 대중들의 이해 수준 차이를 포함한 개인별 차이의 영향을 고려하는 것이다. 이를 위해 ‘종사하는 업무 유형’을 기초로

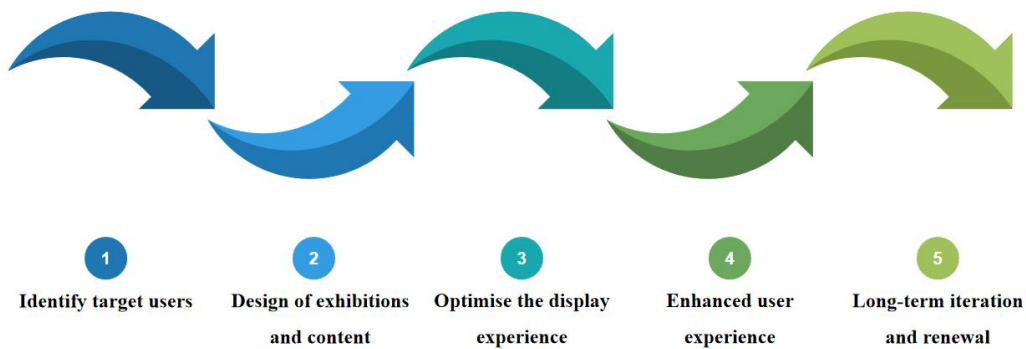
인내심, 주의력, 창의력 등의 방면에서 다양한 사용자들의 차이를 서술하는 방식을 도입하였다. 이는 사용자가 몰입 상태를 추구할 때 직면하는 도전 수준을 더 심층적으로 고려하는 데 유용하다. 사용자 속성을 네트워크 포트를 통해 수집하고 사용자의 전시평가 및 브라우징 시간과 결합하여 사용자가 몰입 상태에 접근하는지 여부를 정확히 판단할 수 있으며 그에 따라 가치 있는 피드백을 제공할 수 있다. 사용자 정보 속성 간의 관계는 아래의 그림 42와 같이 정리하였다.



<그림 42> 사용자 입력 정보 디자인

위의 내용은 사용자의 속성에 따라 분류하고, 몰입 모델을 결합한 가상박물관 디자인 프레임워크의 전체 프로세스에 대한 최적화를 통해 사용자 심리 요인의 종합적인 고려를 목표로 한다. 기본 프레임에서 출발하여 몰입

디자인 이론 모델의 지침을 기반으로 한 가상박물관 전체 디자인 프로세스는 그림 43과 같이 나타낼 수 있다.



<그림 43> 사용자 심리 요인을 통합한 가상박물관 디자인 프로세스

(1) 목표 사용자층 결정 : 먼저 가상박물관의 목표 사용자를 명확히 정의해야 한다. 예를 들어 문화애호가, 역사애호가 또는 교육 관련 종사자 등이 될 수 있다. 사용자 프로필을 작성하고 사용자 특성과 요구를 심층적으로 이해하여 그들에게 적합한 방문 서비스와 정보 시스템을 디자인할 수 있다.

(2) 전시 및 콘텐츠 디자인 : 목표 사용자의 요구에 따라 흥미롭고 가치 있는 데이터와 디지털 전시품을 공유하며, 박물관의 디지털화를 통해 사용자에게 다양하고 깊이 있는 정보와 전시품을 제공한다. 전시 및 콘텐츠를 디자인할 때 사용자의 취향과 미적 감각을 고려하여 멀티미디어 상호작용 기술을 적극 활용함으로써 더욱 인터랙티브한 전시 형식을 창출한다.

(3) 전시 체험의 최적화 : 방문객의 참여도와 만족도를 높이기 위해 전시 방식과 전시물 레이아웃을 최적화하여 시각적 경험을 더욱 생동감 있게 디자인하고, 가상현실 및 기타 첨단 기술을 활용하여 몰입감과 자연스러움을 높인다.

(4) 사용자 체험 업그레이드 : 박물관 디자인 구조를 최적화하는 동시에

사용자 체험 환경을 업그레이드하여 사용자가 해당 문화유산, 전통의 계승, 과학기술 발전 등을 충분히 이해하고 탐구할 수 있는 충분한 시간을 갖도록 한다. 이를 통해 역사와 인류 문화의 매력을 깊이 체감함으로써 방문객의 참여도와 인식도를 높인다.

(5) 장기적인 교체 및 업데이트 : 박물관을 장기적으로 운영하고 관리하기 위해 사용자 피드백에서 경험과 기술을 능동적으로 축적하고 개선하여 지속적인 교체와 업데이트를 수행한다. 과거의 방안들을 조정하여 전시를 최적화하고 박물관 운영의 역사적 단계와 과학기술 변화에 발맞춰 가상전시관의 운영 특징과 문화적 특징을 지속적으로 업데이트한다.

이상의 내용을 요약하면, 위의 다섯 단계는 몰입 이론 모델을 기반으로 사용자 심리 요인을 융합한 가상박물관 디자인 프로세스의 핵심 내용이다. 이를 바탕으로 한 디자인, 실행 및 지속적인 개선을 통해 더욱 다원화되고 체험 지향적이며 사용자 친화적인 가상박물관 서비스를 실현할 수 있을 것이다.

## 3.2 딥러닝과 몰입 이론을 결합한 박물관 디자인 방법

### 3.2.1 딥러닝의 개념과 응용 배경

딥러닝은 기계 학습의 한 분야로, 심층 신경망의 구축과 학습을 통해 자동화된 특징 추출과 패턴 인식을 실현한다.<sup>128)</sup> 딥러닝의 기원은 1980년대로 거슬러 올라가며, 컴퓨팅 능력의 진보와 데이터양의 증가로 인해 최근 몇 년 동안 딥러닝은 다양한 분야에서 눈부신 발전을 이루었다<sup>129)</sup> 현재 가상박물관 디자인 분야에서도 광범위하게 사용되고 있는 딥러닝 기술은 주로 다음과 같은 몇 가지 방면에서 응용되고 있다.

(1) 개인 맞춤형 추천 시스템 : 딥러닝 알고리즘은 사용자의 과거 행동, 검

128) LeCun Y, Bengio Y, Hinton G. Deep learning[J]. nature, 2015, 521(7553): 436-444.

129) Kelleher JD. Deep learning[M]. MIT press, 2019.

색 기록 및 설정된 선호도를 심층 분석하여 개인별 맞춤형 추천 시스템을 구축함으로써 박물관 환경에서의 방문자 체험을 향상시킨다.<sup>130)</sup> 이러한 추천 시스템은 넷플릭스(Netflix)나 아마존(Amazon)에서 사용하는 추천 알고리즘과 유사하며, 사용자의 방문 체험을 향상시키고 특정 예술 작품이나 전시회의 방문 가능성을 높이는 것을 목표로 한다. 이러한 개인 맞춤형 추천은 사용자의 박물관 체험을 향상시켜 사용자가 더욱 능동적으로 박물관의 다양하고 풍부한 콘텐츠를 심도 깊게 탐색할 수 있도록 한다.<sup>131)</sup>

(2) 전시물 인식 및 정보 증가 : 딥러닝을 기반으로 한 이미지 인식 기술을 사용하여 예술작품이나 전시물을 인식하고 추가 정보를 제공받을 수 있다.<sup>132)</sup> 예를 들어, 구글 아트 앤 컬처(Google Arts & Culture) 애플리케이션은 딥러닝을 활용하여 예술 작품을 인식하며, 이를 통해 사용자는 스마트폰 카메라로 예술작품을 스캔하면 시스템에서 실시간으로 해당 작품에 대한 자세한 배경 정보를 제공한다.

(3) 가상 가이드 및 탐색 : 딥러닝 컴퓨터 비전 기술은 가상 안내 시스템 구축에 적용될 수 있으며, 방문자는 스마트 기기나 가상현실 안경을 통해 박물관을 자유롭게 탐색할 수 있다.<sup>133)</sup> 시스템은 방문자의 위치와 방향을 실시간으로 인식하여 주변 환경과 전시물 관련 정보와 설명을 실시간으로 제공한다.

(4) 감정 분석 및 개인 맞춤형 추천 : 딥러닝의 자연어 처리 기술을 활용

---

130) Matsuo Y, LeCun Y, Sahani M, et al. Deep learning, reinforcement learning, and worldmodels[J]. Neural Networks, 2022, 152: 267-275.

131) Zhao L. Personalized healthcare museum exhibition system design based on VR and deeplearning driven multimedia and multimodal sensing[J]. Personal and Ubiquitous Computing, 2023, 27(3): 973-988.

132) Zhou Y, Feng T, Shuai S, et al. EDVAM: a 3D eye-tracking dataset for visual attention modeling in a virtual museum[J]. Frontiers of Information Technology & Electronic Engineering, 2022, 23(1): 101-112.

133) Khan M A, Israr S, S Almogren A, et al. Using augmented reality and deep learning to enhance Taxila Museum experience[J]. Journal of Real-Time Image Processing, 2021, 18: 321-332.

하여 박물관은 방문자의 의견, 피드백 및 소셜미디어 데이터를 분석하여 그들의 전시물과 방문 체험에 대한 감정적 성향을 파악할 수 있다.<sup>134)</sup> 이러한 정보를 기반으로 박물관은 방문객들에게 그들의 관심과 선호에 더 잘 부합하는 전시 콘텐츠를 추천하는 개인 맞춤형 관람 체험을 제공할 수 있다.

(5) 다국어 소통과 관람 체험 : 딥러닝의 자연어 처리 및 기계 번역 기술을 활용하여 가상박물관은 다국어 해설과 관람 체험을 실현할 수 있다. 방문객들은 자신의 모국어로 안내를 선택할 수 있어 언어 장벽을 걱정할 필요 없이 박물관을 관람할 수 있다. 딥러닝은 실시간 음성 인식과 음성 합성도 가능하며, 방문자는 음성을 통해 시스템과 상호대화형으로 소통할 수 있어 더 편리하고 빠르게 개인화된 방문 체험을 즐길 수 있다.<sup>135)</sup>

(6) 방문객 행동 분석과 안전 모니터링 : 딥러닝 컴퓨터 비전 기술을 활용하여 박물관은 방문객의 행동을 분석하고 안전 사항들을 모니터링을 할 수 있다. 또한 방문객의 자세나 표정을 인식하여 그들의 전시물에 대한 관심과 반응도 파악할 수 있으며, 이를 통해 박물관은 방문객들의 행동에 관한 통계 데이터를 수집하고 관람 선호도를 분석하여 전시 내용이나 레이아웃 등을 최적화할 수 있다.

딥러닝 기술을 적용함으로써 가상박물관은 더욱 몰입적이고 개성화되며 상호작용성이 강화된 방문 체험을 실현하여 방문객과 문화유산 간의 상호작용을 심화시킬 수 있다. 동시에 딥러닝 기술의 응용은 박물관의 디지털 전시, 관리 및 유지에도 강력한 지원을 제공한다. 이 기술의 도입은 박물관이 디지털 영역에서 상당한 발전을 이루는데 도움을 주었을 뿐만 아니라 문화유산의 효과적인 전승과 보급을 위한 새로운 가능성을 열었다. 박물관 분야에서 딥러닝의 광범위한 응용은 방문객들을 위한 새로운 지각 경험을 제공

---

134) Virtualand augmented reality in Education, Art, and Museums[M]. IGI Global, 2019.

135) Kim J.VIVR: Presence of immersive interaction for visual impairment virtualreality[J]. IEEE Access, 2020, 8: 196151-196159.

할 뿐만 아니라 문화유산에 대한 깊은 관심과 애정을 자극하는 데도 긍정적인 역할을 한다. 이는 문화 전통을 고양시키는 데 유용하게 활용되는 동시에 문화 간의 전승과 교류를 촉진하는 중요한 플랫폼을 제공한다. 딥러닝 기술의 지속적인 진보와 함께 미래의 가상박물관은 더욱 혁신적이고 다양한 관람 방식을 만나게 될 것이며, 방문객들에게 더욱 풍부하고 흥미로운 문화 체험을 제공할 것이다.

### 3.2.2 딥러닝과 몰입 디자인 이론의 상호결합과 시너지

딥러닝과 몰입 디자인 이론의 결합은 사용자 체험 영역에 여러 가지 장점을 제공한다. 그 중 몇 가지 주요한 측면은 다음과 같이 요약할 수 있다.

(1) 개인 맞춤형 체험 : 딥러닝은 사용자의 행동과 선호도를 기반으로 스마트화된 개인 맞춤형 추천을 제공할 수 있다. 동시에 몰입 디자인 이론은 사용자의 순조로운 체험과 개별적 요구에 초점을 맞춰 사용자 인터페이스 및 인터랙션 디자인 측면에서 더 나은 개인화 경험을 제공할 수 있다.<sup>136)</sup>

(2) 실시간 피드백 : 딥러닝의 실시간 조정 능력은 시스템이 사용자의 피드백과 행동에 따라 신속하게 모델을 업데이트하여 보다 정확한 추천과 서비스를 제공할 수 있도록 한다. 몰입 디자인 이론은 적시의 피드백 메커니즘을 강조하여 사용자가 몰입 상태를 유지하고 만족스러운 사용자 체험을 얻을 수 있도록 한다.

(3) 감정 인식 및 감정 관리 : 딥러닝은 사용자의 음성, 표정 및 행동을 분석하여 감정 상태를 정확하게 인식함으로써 사용자의 요구와 기대를 더 잘 파악하는 데 유용하게 활용된다. 몰입 디자인 이론은 디자인 과정에서 사용자의 감정과 심리 상태를 고려하는데 중점을 두어 쾌적한 사용자 체험을 창

---

136) Kem D. Personalised and adaptive learning: Emerging learning platforms in the era of digital and smart learning[J]. International Journal of Social Science and Human Research, 2022, 5(2): 385-391.

출한다.

(4) 지능화 의사 결정 : 딥러닝의 강력한 패턴 인식과 데이터 분석 능력은 시스템이 자동으로 의사결정과 최적화를 수행하도록 지원한다. 몰입 디자인 이론은 사용자 인식과 참여의 극대화를 강조하며, 딥러닝의 지능화 의사결정과 결합하여 사용자에게 더 나은 제안과 의사결정 지원을 제공한다.

(5) 자기 적응 시스템 : 딥러닝은 사용자의 행동 패턴과 선호도를 학습하고 이에 적응하여 시스템 성능과 사용자 체험을 지속적으로 최적화할 수 있다. 몰입 디자인 이론은 딥러닝의 적응 능력과 결합하여 시스템의 적응성과 조정 가능성을 강조하며, 사용자의 요구에 더욱 부합하는 개인화된 서비스를 제공한다.

(6) 사용자의 인지 부담 감소 : 딥러닝의 자동화 및 지능화 특성은 사용자의 인지적 부담을 줄이는 데 도움을 준다. 몰입 디자인 이론은 사용자 체험의 원활함과 간결성을 강조하며, 딥러닝의 능력과 결합하여 시스템이 사용자의 행동과 요구를 더 정확하게 예측하고 사용자의 조작과 의사결정 단계를 줄여 사용자가 더욱 편안하게 활용할 수 있도록 한다.

이상에서 언급한 내용을 요약하자면, 딥러닝과 몰입 디자인 이론의 결합은 가상 디지털박물관의 사용자 체험을 향상시키고, 보다 지능적이고 개인화된 시스템을 만들어 사용자의 요구와 기대를 더 잘 만족시킬 수 있는 잠재적 이점을 충분히 갖추고 있다.<sup>137)</sup> 현재 가상 디지털박물관 구축에서 딥러닝 기술의 응용 사례는 상대적으로 제한적이며, 구체적인 구현 방식에서도 차이가 존재하지만 딥러닝 및 관련 기술을 활용하여 전시물을 스캔하고 이미지와 데이터 분석 등을 통해 예술 작품과 가상 요소를 조합하여 사용자에게 몰입식 대화형 인터랙션 박물관 체험을 제공하는 것이 일반적이다. 그림 44에서 볼 수 있듯이 딥러닝과 역방향 스캔 기술이 결합된 방식은 스캔

---

137) Soori M, Arezoo B, Dastres R. Artificial intelligence, machine learning and deep learning in advanced robotics, a review[J]. Cognitive Robotics, 2023.

된 전시물 데이터의 관련 특징을 추출하고 처리하는 데 유용하게 사용된다.



<그림 44> 사용자 심리 요인과 딥러닝 기술을 통합한 가상박물관 디자인 프로세스

### 3.3 요약

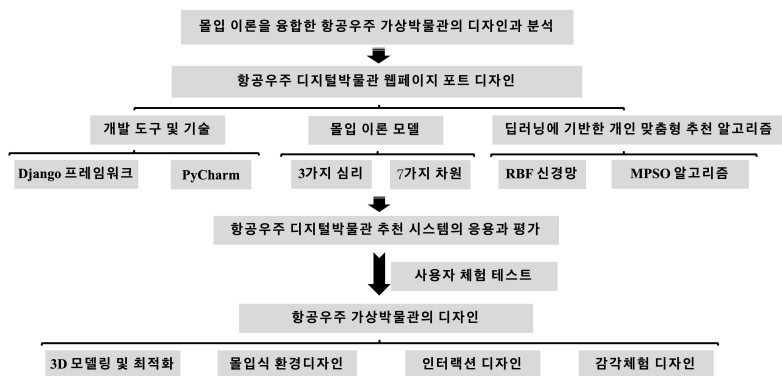
본 장에서는 앞서 설명한 사용자 심리 요인을 통합하는 디자인 방법의 특성을 밝히고 정량화하기 위해 몰입 이론을 도입하여 가상박물관 디자인을 위한 몰입 이론 모델을 구축하는 데 주력하였다. 이를 위해 먼저 사용자 심리 요인의 기본 개념을 체계적으로 정리하고, 방문객의 관람 심리를 주관적 심리, 특성 심리, 작용 심리로 분류하였다. 그런 다음 몰입 개념을 도입하여 방문객의 만족도를 보다 구체적으로 특성화하는 동시에 몰입의 핵심 요소를 기반으로 하는 6개 차원의 몰입 체험 상태 측정 척도를 설계하였다. 몰입 체험 척도 구축을 통해 사용자 체험 분석을 위한 기반을 마련하였고, 몰입 상태를 낮음, 중간, 높음 세 가지 단계로 분류하여 가상박물관 디자인의 타

당성과 사용자 체험 만족도를 측정하는 데 활용하였다.

마지막으로 ‘사용자 중심’의 디자인 철학에서 출발하여 사용자 특성 분류와 가상박물관 디자인 두 부분으로 구분되는 가상박물관의 몰입 이론 모델을 설계하였다. 이를 기반으로 구체적인 가상박물관 디자인 아이디어와 방법론적 프레임워크를 형성하여 다원화, 체험화를 바탕으로 하는 사용자 친화적인 가상전시관 서비스를 구현하고자 하였다. 또한 딥러닝 기술을 몰입 이론 모델과 결합하여 제안하였고, 이러한 결합의 장점과 응용 가능성에 대해 상세히 논의하였다. 이는 이후 진행될 항공우주 가상박물관 디자인을 위한 견고한 기반을 제공할 것이다.

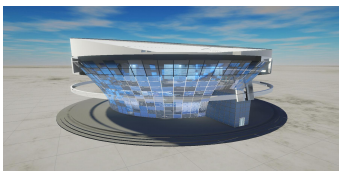

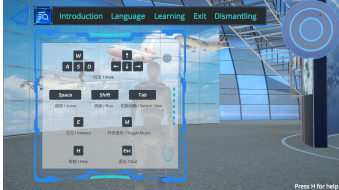
## IV. 몰입 이론을 융합한 항공우주 가상박물관의 디자인과 분석




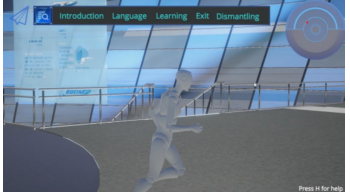
본 장에서는 Django 개발 프레임워크를 기반으로 한 개인 맞춤형 항공우주 디지털박물관과 Unity3D를 기반으로 한 항공우주 가상박물관을 디자인하였다. 개인 맞춤형 항공우주 디지털박물관 웹페이지에는 주류 항공기나 전투기, 로켓 등의 자료들을 전시하고 딥러닝을 사용하여 지능형 추천 알고리즘을 구현하였다. 이 알고리즘은 사용자를 정확하게 분류하고 검색 행동과 사용자 속성에 따라 관심 있는 전시물을 추천할 수 있다. 이와 동시에 디지털박물관의 사용자 체험에 대한 설문조사 및 분석을 실시하였고, 이를 토대로 디지털박물관의 디자인 경험과 사용자 피드백을 바탕으로 몰입 이론에 기반한 항공우주 가상박물관을 구축하였다. 전시관은 가상 익스플로링 기술과 3D 모델링 방식을 결합하여 시각, 시청, 촉각 등 감각 체험에 중점을 두었다. 또한 전시물 및 환경 배치와 관람 과정에서 사용자의 심리적 요인을 심층적으로 고려하여 사용자가 보다 효과적이고 빠르게 몰입 상태에 도달할 수 있도록 유도한다. 본 디자인은 박물관 체험의 혁신을 주도하고 사용자 참여도와 만족도 향상을 목표로 한다.



〈그림 45〉 몰입 이론을 기반으로 하는 항공우주 가상박물관 디자인 프로세스

항공우주 가상박물관 디자인은 그것이 몰입식 체험 디자인이든 감각 체험의 통합 디자인이든 그 근원은 앞장에서 정의한 몰입 이론의 3가지 영향 요인인 명확한 목표, 도전과 능력의 균형, 즉각적인 피드백에서 출발하여 사용자의 브라우징 체험을 향상시키는 것이다. 몰입 이론의 요인들이 가상박물관 디자인에 적용된 관계는 아래의 <표 1>과 같다.

몰입 이론의 영향 요인	항공우주 가상박물관의 디자인 구현	
명확한 목표	<p>항공기 엔진 터빈 형상의 박물관 외관은 사용자에게 명확한 관람의 목표를 암시한다.</p>	
	<p>사용자가 자신만의 관람 목표와 순서를 설정할 수 있도록 명확하고 목표에 맞는 관람 경로 안내시스템을 제공한다. 예를 들어, 비행기 해체·조립 체험 구역, 항공기 계보도 구역 등 사용자가 전체 장면 중에서 관심 있는 콘텐츠나 전시 모듈을 빠르게 찾을 수 있도록 다양한 디스플레이 영역의 표식 설정을 제공하여 편리하고 개인화된 브라우징 체험을 제공한다.</p> <p>딤러닝 방식을 기반으로 하는 디지털박물관의 사용자별 맞춤형 추천 콘텐츠를 제공하여 사용자가 관심 있는 목표 대상을 더 빨리 찾을 수 있도록 도와준다.</p>	
도전과 능력의 균형	가상박물관의 도움말 페이지를 통해 신규 사용자가 어려움을 겪지 않도록 한다.	

	<p>가상박물관에는 새로운 지도 전송 기능이 탑재되어 있어 사용자가 현장에서 검색할 필요 없이 지도에서 해당 검색 위치를 클릭하기만 하면 해당 전시 공간으로 빠르게 이동할 수 있다. 이 설정은 사용자가 길을 잃는 것을 방지함과 동시에 더 편리한 조작성을 제공한다.</p>	
	<p>가상박물관의 전시품에 해당하는 정보는 지능형 인터랙션의 형태로 제공된다. 사용자가 전시물 근처에서 가상 캐릭터를 제어하면 해당 전시물의 정보가 자동으로 팝업되며, 사용자는 이를 클릭하여 디지털박물관의 웹사이트로 이동하여 더 상세한 정보를 탐색할 수 있다. 이 디자인은 관련 업계 사용자에게 유용한 지식 콘텐츠를 제공하며, 다양한 유형의 사용자가 정보의 양과 깊이를 다르게 선택하여 볼 수 있으므로 도전과 능력 간의 균형을 이룰 수 있다.</p>	
<p>촉각적인 피드백</p>	<p>정밀한 전시물 모델링과 사실적인 디스플레이로 사용자에게 명확한 시각적 피드백을 제공한다.</p>	
	<p>캐릭터의 발자국 소리나 환경 충돌음 등의 음향효과를 통해 사용자에게 몰입감 넘치는 청각적 피드백을 제공할 뿐만 아니라 사용자가 아바타를 조작하여 실행하고 탐색할 때 실제감 있는 촉각 피드백을 제공한다.</p>	

<표 1> 항공우주 가상박물관 디자인에 대한 몰입 이론 적용 사례

한편 앞에서 언급한 우수 가상박물관의 사례를 보면 디자인 구축 과정에서 사용자의 심리적 요인이나 인간 중심의 디자인 이념을 객관적으로 고려하기보다는 가상 기술의 혁신이나 디자이너의 주관적인 판단에 의존한 경우가 많았다. 이로 인해 대부분의 가상박물관이 형식적인 모방에 그치고 있어 체계화된 디자인을 구현하는 데 어려움이 있었다. 따라서 본 논문에서 구축

한 항공우주 가상박물관의 주요 형식을 앞서 언급한 다른 우수 박물관의 전시 형식과 비교하여 살펴보기 위해 아래의 <표 2>와 같이 요약하여 정리하였다. 이를 통해 몰입 이론을 기반으로 구축된 본 논문의 항공우주 가상박물관은 상호작용 피드백, 감각 체험 등 여러 측면에서 출발하여 사용자의 심리적 요인을 보다 체계적이고 전방위적으로 고려함으로써 보다 실감나는 3차원적 관람 체험을 제공하고 있음을 알 수 있다.

가상 박물관 명칭	주요 전시 형식 개요
Google Arts & Culture	360도 파노라마 이미지, 시청각 인터랙션, 페이지 디자인
대영박물관	스마트 대화형 피드백, 시청각 인터랙션, 오디오 가이드, 역사적 테마
프라도 미술관	고해상도의 정태적 시각 체험, 풍부한 전시 콘텐츠 및 정보
티센-보르네미사 미술관	VR 인터랙션 체험, 시청각 통합 체험, 몰입식 관람
중국고궁박물관	실경 VR 체험, 몰입식 인터랙션 브라우징
둔황 디지털박물관	게임화 투어 관람, 에듀테인먼트 및 학습 체험
루브르박물관	디테일한 시각적 임팩트, 예술성을 극대화한 장면 설정
항공우주 가상박물관	몰입식 스마트 인터랙션, 시·청·촉각 통합 감각 체험, 사용자와의 상호작용이 강조된 ui디자인, 딥러닝 기반의 개인 맞춤형 추천, 디지털박물관과 가상박물관의 연계

<표 2> 주요 가상 디지털박물관의 전시 형식과 항공우주 가상박물관의 비교

## 4.1 항공우주 가상박물관 웹페이지 포트 디자인

### 4.1.1 개발 도구 및 기술 프레임워크

본 논문은 파이썬 Django 웹 프레임워크를 기반으로 구축한 항공우주 가상 디지털박물관을 대상으로 하여, 입자군 알고리즘을 기반으로 최적화된 인공 신경망 추천 알고리즘을 탑재하여 항공 주제 전시물의 멀티미디어 전시 및 다양한 사용자를 위한 항공 전시물 개인 맞춤형 추천을 구현하였다. 개발 과정에서는 PyCharm, Navicat, HBuilderX 등의 개발 도구가 사용되었

으며, 구체적인 항공우주 디지털박물관 개발 기술 프레임워크는 표 3과 같이 정리할 수 있다.

	Using Technology Stack	remark
front end	vue3	front-end framework
	element-plus	vue Component Library
	windicss	style gallery
	iconify	icon base
	vue-router	The routing framework of vue
	pinia	A state management framework under vue3
back end	scss	css pretreatment
	Django	Back-end framework
	django-simpleui	Background style changes for django
data base	mysql	
	sqlite3	SQL File Database

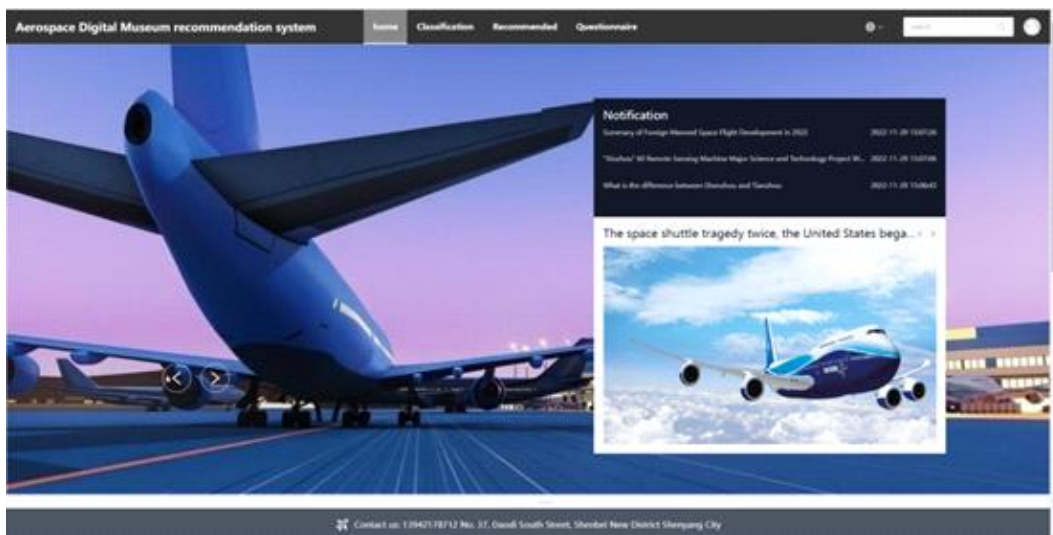
<표 3> 항공 디지털 박물관 개발 기술 프레임워크

#### 4.1.2 몰입 이론을 기반으로 한 시스템 디자인

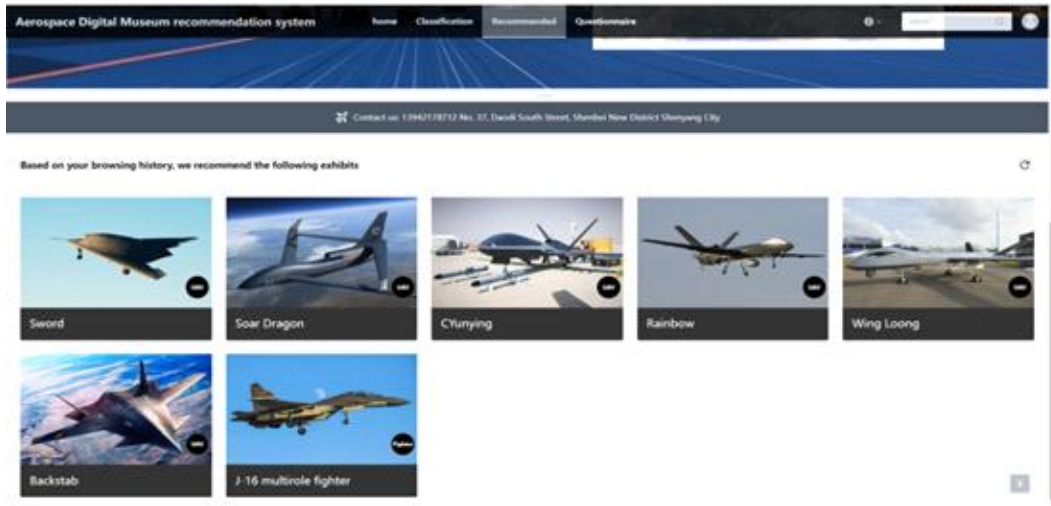
본 논문에서 구축한 항공우주 디지털박물관 테스트에 사용된 포털사이트는 ‘항공우주 디지털박물관 추천 시스템’으로 개인 맞춤형 추천의 정확성을 테스트하기 위해 설계되었다. 이 시스템은 메인페이지, 전시품 분류, 개인 맞춤형 추천, 설문조사의 네 가지 모듈로 구성되어 있다. 페이지에는 메인 회전 이미지와 공지사항 바가 포함되어 있어 알림 및 정보 푸시를 건너뛸 수 있으며, 전시물 카테고리는 하단에 위치해 있고 임의로 항목을 클릭하면 단독의 개별창으로 표시된다. 이 웹사이트의 영문 페이지는 그림 46과 같다. 사용자가 처음 로그인하고 개인 정보를 작성하면 시스템은 사용자를 분류하고 동일 카테고리의 다른 사용자들의 선호도에 근거하여 새로 등록된 사용자에게 초기 추천을 제공한다. 이후 사용자가 후속 사용 과정에서 브라우징 기록을 생성하면, 시스템은 사용자가 브라우징한 전시물 유형, 브라우

징 시간 및 전시물 평가에 따라 추천을 제공하고, 추천 결과를 백그라운드 추천 라이브러리에 기록하여 다른 동일한 카테고리의 사용자에게 초기 추천의 근거로 반복 학습을 수행한다. 사용자 개인 맞춤형 추천 결과 페이지는 그림 47과 같다.

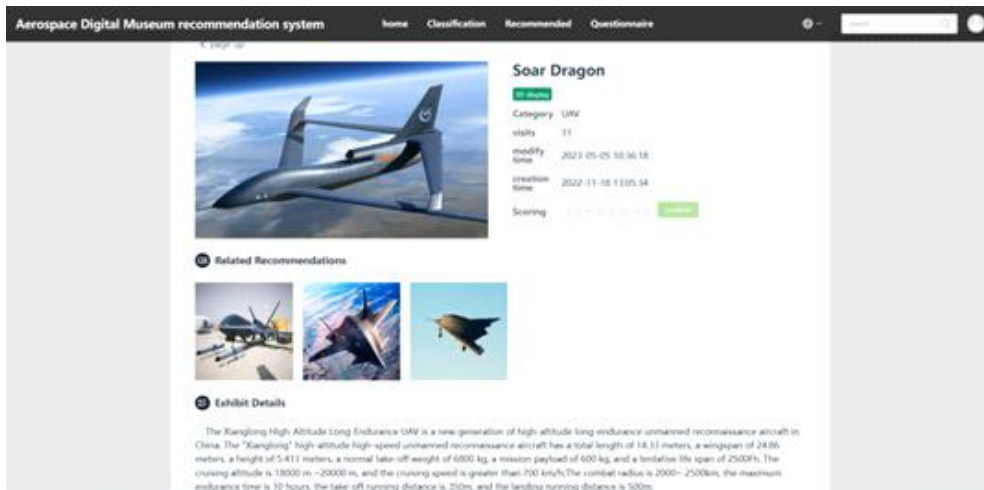
또한 사용자는 웹페이지에서 여러 전시물들을 클릭하여 개발 배경, 비하인드 스토리, 주요 성능 및 제원 등을 포함한 자세한 정보를 읽을 수 있다. 본 연구에서 사용된 비행기 관련 데이터들은 중국 선양항공우주대학교의 데이터베이스에서 가져왔는데, 이러한 정보는 항공우주 과학 교육의 주요 콘텐츠이며, 사용자는 아이콘을 클릭하여 전시물을 평가할 수 있으며, 관리자는 평가가 낮은 전시물을 즉시 교체하고 내용을 최적화할 수도 있다. 또한 각 전시물 하단에는 그림 48과 같이 사용자의 선호도와 해당 전시물의 유형에 기초해 다른 관련 전시물들이 추천되기도 한다.



<그림 46> 웹 프론트 엔드 영문 페이지



<그림 47> 추천 결과 페이지



<그림 48> 전시물 세부 정보 및 관련 추천

## 4.2 몰입 요인을 고려한 개인 맞춤형 추천 알고리즘의 최적화

항공우주 디지털박물관의 개인 맞춤형 추천은 신경망을 통해 사용자와 사용자가 관심을 가지는 전시물 간의 상관관계를 정확하게 계산해야 한다. 일반적인 신경망 중 방사형 기저 함수 신경망(RBF)은 강력한 근사화 능력으로 널리 사용된다. 디지털박물관에서는 먼저 대량의 사용자 데이터와 다양한 전시물에 대한 평점을 신경망에 학습 세트로 입력한 다음 RBF가 사용자와 전시물 간의 연관성을 매핑할 수 있다. 새로운 사용자가 로그인하면 RBF는 사전 학습 데이터와 사용자의 다양한 특성에 따라 최적의 전시물을 매칭하여 추천할 수 있으며, 새로운 사용자의 검색 기록이 새로운 학습 세트로 기록되어 전체 추천 시스템이 지속적으로 반복되고 개선된다.

### 4.2.1 방사형 기저 함수 신경망(Radial Basis Function Neural Networks, RBF)

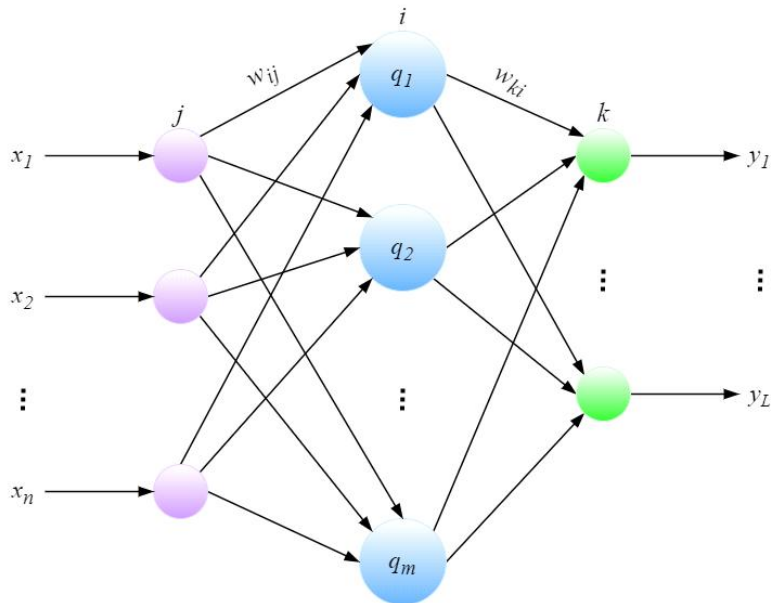
항공우주 디지털박물관의 초기 단계에서는 방문자 수가 적어 대량의 데이터를 확보하기 어려우며 사용자 탐색의 연속성을 보장하기 위해 신속한 대응이 필요하다. RBF는 개인화 추천에 필요한 데이터 요구량이 적고 추천 속도가 빠르다는 장점이 있어 요구 사항을 충족하기가 쉽다. 그 원리는 방사형 기저 함수는 원점으로부터의 거리 또는 임의의 점까지의 거리에만 의존하는 실제값 함수이며, 이 점은 기저 함수의 중심이라고 한다.<sup>138)</sup> 일반적으로 유클리드 거리는 중심점까지의 거리(유클리드 방사형 기저 함수)를 계산하는 데 사용되며, 가장 일반적인 방사형 기저 함수는 공식(1)과 같은 가우스 커널 함수이다.

---

138) Guo, Y., Yin, C., Li, M., Ren, X., & Liu, P. (2018). Mobile e-Commerce Recommendation System Based on Multi-Source Information Fusion for Sustainable e-Business. *Sustainability*, 10(1).

$$h_j = \exp\left(-\frac{\|x - c_j\|^2}{2b_j^2}\right) \quad (1)$$

여기서  $x=[x_i]T$ 는 신경망의 입력이고,  $h=[h_j]T$ 는 신경망의 은닉층,  $c_j$ 는  $j$ 번째 기저 함수의 중심이며,  $b_j$ 는  $j$ 번째 기저 함수의 폭이다. RBF 신경망은 입력층, 은닉층 및 출력층을 포함한 세 개의 층으로 구성된 신경망으로 입력 공간에서 은닉층 공간으로의 변환은 비선형이며, 은닉층 공간에서 출력층 공간으로의 변환은 선형이다. RBF 신경망 토폴로지 구조는 그림 49와 같다.



<그림 49> RBF 신경망 토폴로지

RBF 네트워크의 기본 아이디어는 RBF를 은닉층 유닛의 활성화 함수로 사용하는 것이다. 입력 데이터는 가중치 연결 없이 고차원 은닉 공간으로 매핑되며, 이를 통해 디지털박물관의 응답 속도가 크게 향상되고 사용자 경험이 더 원활해진다. RBF의 중심점이 결정되면 매핑도 결정된다. 은닉층과 출

력층 사이의 매핑은 선형, 즉 네트워크의 출력은 은닉층 유닛 출력의 선형 가중치이며, 이 경우 가중치는 네트워크의 조정 가능한 매개 변수이다.

#### 4.2.2 RBF 신경망 경사하강법

항공우주 디지털박물관 추천 시스템의 평가 지표 중 하나는 정확도로, 네트워크 파라미터를 보다 효율적이고 정확하게 해결하는 방법과 관련이 있다. 본 논문에서 채택한 RBF 신경망은 기저 함수의 중심과 폭, 그리고 은닉층에서 출력층까지의 가중치 등 세 가지 매개변수를 구한다. 본 논문에서는 데이터 집합의 특성에 따라 매개변수를 적응적으로 조정할 수 있는 경사 하강 방법을 사용하여 모델 수렴을 이루는데, 이는 항공우주 디지털박물관에 전시품의 분포와 사용자 행동 데이터가 변화하더라도 개인 맞춤형 추천 시스템이 자체 조정을 통해 이러한 변화에 적응하여 사용자에게 정확한 추천을 제공할 수 있어 유용하다. 기저 함수의 중심, 은닉층과 출력층 사이의 가중치 및 노드 기반 폭 매개 변수는 네트워크가 예상 오차 요구 사항을 충족할 때까지 지속적으로 조정된다. 네트워크 출력의 수학적 표현은 공식(2)와 같다.

$$y = w^T h = w_1 h_1 + w_2 h_2 + \dots + w_n h_n \quad (2)$$

여기서  $y$ 는 신경망의 출력이고,  $w=[w_1, w_2, \dots, w_m]^T$ 는 가중치이다. 네트워크 업데이트의 오차 지수는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$E(t) = \frac{1}{2} (y(k) - y_m(k))^2 \quad (3)$$

네트워크 업데이트 프로세스는 다음과 같다.

$$\begin{cases}
\Delta w_j(t) = -\eta \frac{\partial E}{\partial w_j} = \eta(y(t) - ym(t))h_j \\
w_j(t) = w_j(t-1) + \Delta w_j(t) + \alpha(w_j(t-1) - w_j(t-2)) \\
\Delta b_j = -\eta \frac{\partial E}{\partial b_j} = \eta(y(t) - ym(t))w_j h_j \frac{\|x - c_j\|^2}{b_j^3} \\
b_j(t) = b_j(t-1) + \Delta b_j + \alpha(b_j(t-1) - b_j(t-2)) \\
\Delta c_{ji} = -\eta \frac{\partial E}{\partial c_{ji}} = \eta(y(t) - ym(t))w_j h_j \frac{x_j - c_{ji}}{b_j^2} \\
c_{ji}(t) = c_{ji}(t-1) + \Delta c_{ji} + \alpha(c_{ji}(t-1) - c_{ji}(t-2))
\end{cases} \quad (4)$$

여기서  $\eta \in [0,1]$ 는 학습률이고,  $\alpha \in [0,1]$ 은 모멘텀 계수로 수렴 속도를 높이는 데 사용된다.

#### 4.2.3 다중 표적 입자군 최적화(Multi-Objective Particle Swarm Optimization; MPSO)

항공우주 디지털박물관은 웹페이지 상에서 구축되어야 하므로 웹페이지의 응답성을 보장하기 위해 백엔드 알고리즘은 가능한 한 가벼워야 한다. 본 논문에서는 RBF 신경망의 성능을 향상시키기 위해 입자 군집 최적화 알고리즘을 사용하였다. 다른 최적화 알고리즘에 비해 입자 군집 최적화는 매개 변수가 적고 상대적으로 조정하기 쉬워(주로 입자 속도, 로컬 및 글로벌 최적 솔루션의 영향 요인 등) 알고리즘의 실제 적용이 간단하고 편의성이 뛰어나다는 장점이 있다. 다중 표적 입자군 최적화 알고리즘은 전통적인 입자군 최적화 알고리즘을 기반으로 하지만 해결해야 할 대상의 수가 다르다.<sup>139)</sup> 표적 개체군이 초기화된 후, 개체군의 입자 특성은 위치, 속도 및 적

139) N. Wang, J. S. Wang, L. F. Zhu, H. Y. Wang, & G. Wang. (2021). A Novel Dynamic Clustering Method by Integrating Marine Predators Algorithm and Particle Swarm Optimization Algorithm. IEEE Access, 9, 3557-3569.

합도로 특정된다. N차원 검색 공간에서 입자의 위치, 속도 및 적합도를 반복적으로 업데이트하는 과정에서 입자 적합도의 최적 위치가 생성되고, 각 반복 업데이트를 통해 생성된 다른 최적 개체의 적합도 값과 비교하여 전 영역의 최적 솔루션을 결정한다. 입자군 최적화 알고리즘의 입자 속도 및 위치 업데이트 공식은 식(5)와 같다.

$$\begin{cases} v_{id}^{k+1} = \omega v_{id}^k + c_1 R_1 (p_{id}^k - x_{id}^k) + c_2 R_2 (p_{id}^k - x_{id}^k) \\ x_{id}^{k+1} = x_{id}^k + v_{id}^{k+1} \end{cases} \quad (5)$$

여기서  $v_{id}^k$  는 k번째 속도 성분이고,  $x_{id}^k$  는 k번째 위치 성분이며,  $c_1$ 과  $c_2$  는 각각 반복 최적 위치 학습 가중치와 전역 최적 위치 학습 가중치로서 학습 계수라고도 불리며,  $\omega$ 는 속도 관성 계수이다. 입자군 최적화의 검색 성능은 전역 탐색과 로컬 개선 능력 사이의 균형에 따라 결정되며, 이는 입자군의 크기, 최대 속도, 관성 요인 및 학습 요인 등의 매개 변수 설정에 따라 달라진다.

#### 4.2.4 MPSO-RBF 알고리즘

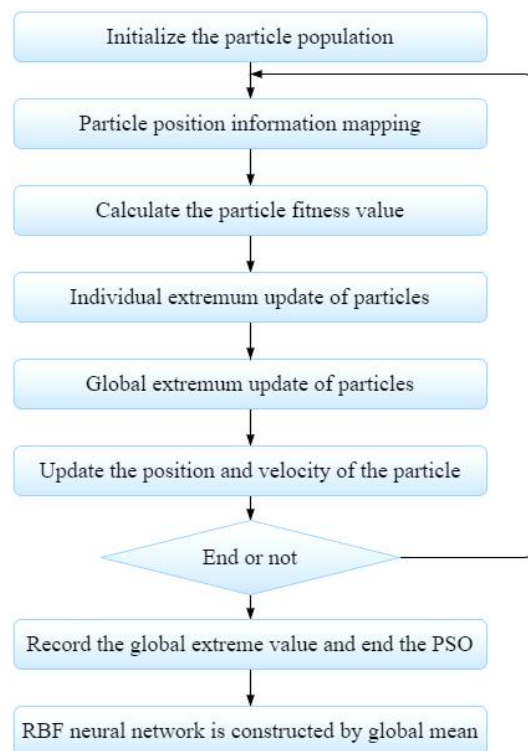
콘텐츠 제공에서 사용되는 전통적인 추천 알고리즘의 대부분은 콘텐츠 기반 추천이다. 예를 들어, 영화 추천에서는 사용자가 여러 다른 콘텐츠를 탐색하는 시간에 따라 사용자 선호도를 예측하고 이를 기반으로 추천을 수행한다.<sup>140)</sup> 그러나 항공기 유형, 사용자 선호도 및 데이터 소스의 증가에 따라 콘텐츠 기반 추천 방법으로는 해결하기 어려운 다양한 문제들이 발생할 수

140) R. Khandagale & T. -S. Moh. (2018). Using Filters in Time-based Movie Recommender Systems. In 2018 International Conference on High Performance Computing & Simulation (HPCS) (pp. 242-251). Presented at the 2018 International Conference on High Performance Computing & Simulation (HPCS).

있다. 예를 들어, 항공기 특성을 추출하기 어렵고, 추천 콘텐츠가 너무 단조롭다는 점, 그리고 신규 사용자의 콜드 스타트 등의 문제가 있다. 반면, 기존 디지털박물관은 주로 사용자의 과거 행동에 기반한 단순 규칙 매칭 또는 유사도 추천을 채택하고 있어 추천의 일반화 능력이 약하고 개인화가 부족하기 쉽다. 따라서 본 논문에서는 몰입 이론에 기반한 사용자 특성 추출 방안을 채택함으로써 항공우주 디지털박물관의 응용 배경과 사용자의 몰입 상태 도달이라는 주요 목적에 더 잘 부합할 수 있도록 하였다. 기존의 기본 사용자 속성 분류와 비교할 때 몰입 상태의 속성을 추가하면 사용자 특성을 세분화하여 개인 맞춤형 추천 수준을 향상시킬 수 있다. 또한 RBF 신경망은 복잡한 비선형 구조와 뛰어난 자체 적응성을 이용해 추천 시스템의 성능을 더욱 향상시킬 수 있다. 따라서 딥러닝과 몰입 이론을 통합한 추천 방식은 비행기 기종의 다양함, 특성 추출의 어려움, 콜드 스타트 문제를 효과적으로 해결할 수 있을 뿐만 아니라 사용자가 항공우주 디지털박물관을 관람할 때 몰입 상태에 더 잘 진입할 수 있도록 도와준다.

본 논문은 각 사용자가 몰입 이론에 따라 얻은 태그와 추천 결과 사이에는 상대적으로 복잡한 관계가 있다고 판단한다. 첫째, RBF 신경망을 사용하여 태그와 추천 결과를 대응시키고 비선형 특성을 활용하여 관계를 구축한다. 둘째, 각 태그가 각 사용자의 추천 결과에 미치는 영향이 다르기 때문에 딥 피쳐 러닝을 위해 RBF 신경망을 사용하고 데이터로부터 가중치를 얻어 딥 피쳐 러닝을 구현한다. 마지막으로, 다중 표적 입자군 최적화(MPSO) 알고리즘을 사용하여 방사형 기저 함수 신경망(RBF)에 대한 최적화를 진행하는데, RBF 신경망의 가중치, 기저 함수의 중심과 폭, 그리고 다양한 사용자 오차를 최적화의 대상으로 삼는다. RBF 신경망의 핵심 문제는 방사형 기저 함수의 중심, 폭 및 연결 가중치를 결정하는 것인데, RBF 신경망을 최적화하기 위해 PSO 알고리즘을 사용할 때 이 세 가지 매개변수를 자유 이동 입

자로 사용하여 입자의 위치를 벡터 형태로 표현하고 적절한 매개변수 값을 PSO 알고리즘을 통해 결정하여 RBF 신경망을 구축한다. 최적화 과정에서 방사형 기저 함수의 특성을 고려하여 평균 제곱 오차를 PSO 알고리즘의 적합 함수로 선택한다. 이에 대한 기본 프로세스는 그림 50과 같이 정리할 수 있다.



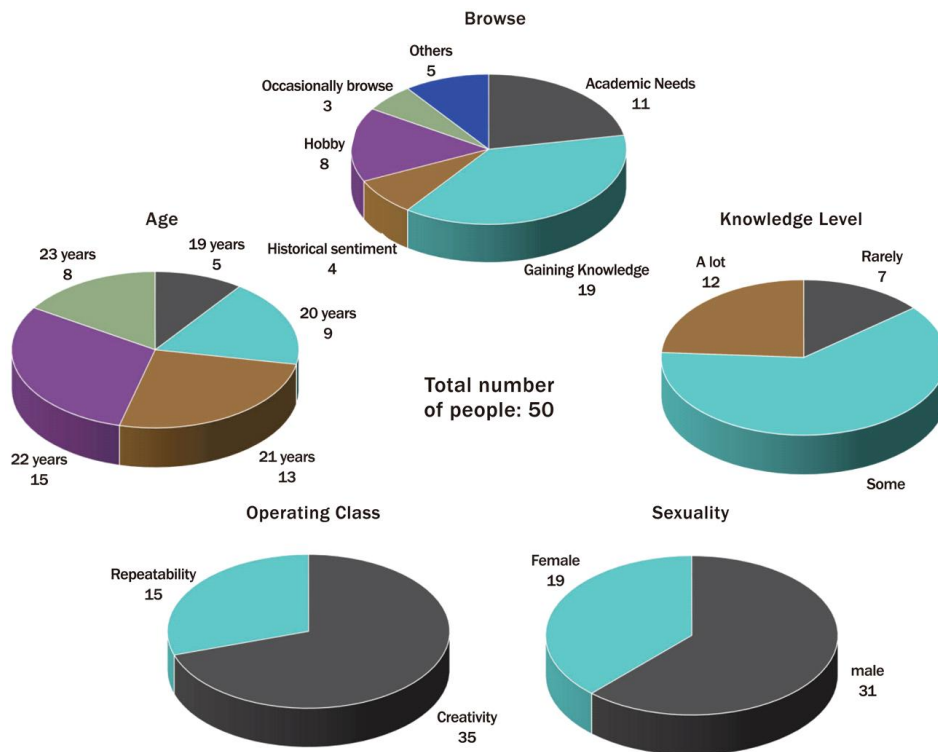
<그림 50> MPSO-RBF 알고리즘 흐름

본 논문은 항공우주 디지털박물관의 개인화 추천 시스템을 위해 몰입 이론 모델에서 얻은 사용자 레이블을 딥러닝 데이터 입력으로 삼고, 이를 다목적 입자군 최적화와 RBF 신경망을 채택하여 처리하였으며, 추천된 항공우주 전시물을 출력으로 하여 사용자 개인 정보의 엔드투엔드 구조를 통해 개인 맞춤형 추천을 수행하였다. 이 방식은 보다 정확한 개인 맞춤형 추천

을 제공할 뿐만 아니라 디지털박물관의 다양한 인터랙션과 전시 레이아웃을 디자인할 때 사용자의 심리적, 정서적 요구를 더 잘 고려할 수 있다. 기존의 규칙 기반 추천 시스템과 달리 딥러닝과 다중 목표 최적화를 기반으로 하는 이 접근 방식은 복잡한 사용자 특성과 선호도를 보다 효과적으로 처리하고 보다 역동적이고 빠른 반응으로 전시 추천을 구현함으로써 사용자의 몰입감과 만족도를 높일 뿐만 아니라 박물관의 교육적 가치와 브라우징 체험을 향상시킬 수 있다.

#### 4.3 항공우주 디지털박물관 추천 시스템의 응용과 평가

본 논문에서 디자인한 항공우주 디지털박물관은 주로 학생 및 청소년을 대상으로 한 학습 교육을 제공한다. 알고리즘의 정확성과 효율성을 검증하기 위해 19세에서 23세 사이의 대학생 지원자 50명을 연구대상으로 선정하였다. 개선된 추천 알고리즘의 성능 우위를 비교하기 위해 개인 선호도 정보를 원본 데이터(대조군)로 수집하였다. 지원자들은 나이, 성별, 직업 유형, 항공 지식 및 방문 목적 등에 관한 정보를 기입하고 모든 전시품에 대해 각각 점수를 매기는 평가를 수행하였다. 그런 다음 각 개인으로부터 가장 높은 점수를 받은 8점의 전시품을 추천 알고리즘의 최적 목표군으로 선택하였다. 50명의 지원자로부터 수집한 정보 유형은 그림 51과 같다.



<그림 51> 지원자 정보 카테고리

그런 다음 사용자의 자유 검색 정보(실험군)를 수집하였다. 모든 검색 데이터는 네트워크 콘솔에서 삭제되고 지원자는 다시 자유롭게 검색할 수 있다. 백그라운드에서는 지원자의 체류 시간이나 2차 평가 등의 정보는 자동으로 기록되고 수집된 정보를 추천 알고리즘의 입력으로 활용된다. 데이터에 대한 최종적인 전처리를 진행한다. 실험군과 대조군의 데이터에 대해 데이터 축소를 수행하고 규정에 맞지 않는 데이터들, 예를 들어 로그인 후 브라우징하지 않은 사용자가 생성한 데이터, 사용자 정보 및 검색 프로필이 명백히 조작된 데이터 등을 삭제하고 모든 데이터를 통일적으로 인코딩하였다.

다음은 추천의 기본 프로세스를 알기 쉽게 설명하기 위해 임의의 지원자

L모 군의 사례로 들어 소개하고자 한다. 지원자 체험 과정에서 특정 지원자 L의 정보는 표 4로, 지원자 L이 평가한 상위 5개 모델의 점수는 표 5로 각각 정리하였다. 이 방법에서 필요한 정보는 사용자의 기본 속성만 고려하는 기존의 방법과 달리 몰입 이론 모델에서 파생된 몰입 특성 속성들까지도 반영하였다. 최종적으로, PSO-RBF에서 제안한 방법을 사용하여 다양한 영향요인의 가중치를 결정할 수 있다. 본 연구에서는 추천 시스템의 데이터 소스가 결과에 큰 영향을 미친다는 사실을 발견했다. 다시 말해, 일반적으로 데이터가 많을수록 추천 효과도 좋아진다는 것이다.

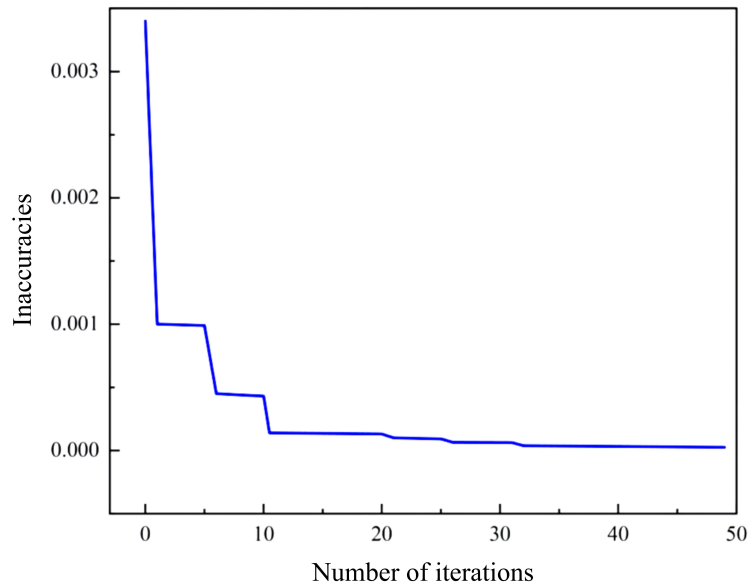
50개의 데이터 세트를 학습한 후 얻은 PSO 수렴 곡선은 그림 52와 같다. 약 30회 이상의 반복 후 수렴되며, 오차가 거의 0에 수렴하여 다양한 사용자의 선호도에 맞는 맞춤형 콘텐츠 추천을 충족시킬 수 있음을 알 수 있다.

성별	연령 범위	근무 수행 유형	항공우주에 관한 지식 정도	디지털박물관 방문 목적
남성	19-23세	창의적 업무	높음	최첨단 지식 및 정보에 대한 접근

<표 4> 지원자 L의 기본 정보

Aircraft type	HAMC Z-9	Black Hurricane	comac919	Xian KJ-2000	J-5
score	8	8	8	8	8

<표 5> 지원자 L이 평가한 상위 5개 비행기 모델 및 해당 점수



<그림 52> PSO 알고리즘 인터랙션 곡선

이어지는 다음 실험에서는 전통적인 콘텐츠 기반 추천 방법과 비교하여 다중 소스 데이터 추천 시스템에서 제안된 방법의 효율성을 검증하였다. 구체적인 비교 항목으로는 추천의 정확성, 간결성 및 속도가 포함되었다.

#### 4.3.1 추천의 정확성과 간결성

가상박물관 추천 시스템에서는 추천의 정확성과 규칙의 간결성이 더욱 중요해지고 있다. 규칙의 간결성은 규칙에 포함된 속성의 수를 의미한다. 가상 박물관에 있어 추천의 정확성 역시 매우 중요한 부분이다. 만약 가상박물관이 추천하는 장면들이 사용의 요구를 충족시키지 못한다면, 추천 시스템은 청소년들의 생생한 체험을 위한 개인 맞춤형 의사결정 지원 및 정보 서비스를 제공할 수 없을 뿐만 아니라 대중적인 과학 교육 보급 효과도 달성하기 어렵다. 정확성에 관한 두 알고리즘의 사이의 비교 결과는 표 6과 같다.

알고리즘	정확도 (%)
전통적 알고리즘	15.5
제안된 알고리즘	65.5

<표 6> 전통적 알고리즘과 제안된 알고리즘 간의 비교 실험 결과

여기서 말하는 정확도는 실험군의 출력 결과와 대조군의 일치 정도, 즉 추천된 전시물이 사용자 평가에서 가장 높은 점수를 받거나 주요 관심사에 해당하는 전시물인지의 여부를 의미한다. 표 6에서 볼 수 있는 것처럼 제안된 알고리즘은 기존의 전통적 알고리즘보다 더 높은 정확도를 보이고 있다. 이 결과는 몰입 이론 요소를 고려한 본 논문의 분석이 사용자의 요구를 더 정확하게 분석할 수 있고, 제안된 방법은 추천 규칙의 퀄리티를 향상시켰음을 반영한다.

과학의 보급이 발전하고 이에 관심을 지닌 집단의 선호도가 다양해짐에 따라 개인 맞춤형 추천 프로세스에는 보다 많은 여러 가지 가능성이 존재한다. 추천 시스템에서 추천해야 할 내용이 많을수록 특성의 추출 및 분류의 어려움도 커지므로 추천 시스템의 복잡성도 증가한다. 따라서 간결성(특성 추출의 난이도)은 추천 규칙 능력을 측정하는 중요한 지표이다. 표 6에서 볼 수 있듯이 이 알고리즘은 사용자의 몰입 이론 요소를 고려하므로 전통적인 콘텐츠 기반 추천 알고리즘처럼 복잡한 특성 추출을 수행할 필요가 없다. 간결성 측면에서 볼 때 본 논문의 알고리즘은 전통적인 알고리즘보다 뛰어나며, 추천 능력 역시 우수하다. 이러한 결과는 이 알고리즘이 가상박물관 추천 시스템 연구에서 중요한 의미를 지님을 입증한다.

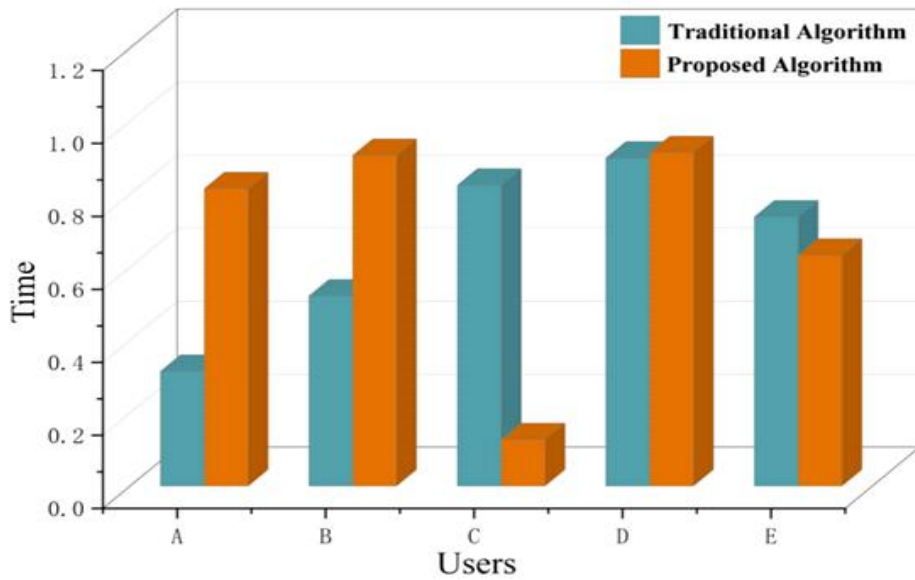
#### 4.3.2 추천 속도

추천 속도는 데이터의 입력에서부터 추천 내용이 출력되는 데까지 걸리는

시간을 의미한다. 추천 프로세스 중에서 사용자 태그 처리 시간은 제외하였다. 그런 다음 제안된 알고리즘 추천 시스템과 전통적인 추천 시스템의 비교 실험을 진행하였다. 전통적인 알고리즘은 일반적으로 사용자 데이터의 검색 시간 기록만을 스캔한다.

신경망 학습에서 데이터 세트는 일반적으로 학습 세트와 테스트 세트로 나뉜다. 개인 맞춤형 추천의 경우 학습 세트의 데이터는 특정 작업(개인 맞춤형 추천 작업)에 가장 적합하도록 신경망 모델의 파라미터를 학습하는 데 사용되며, 일반적으로 학습이 수렴(convergence)에 도달하면 학습이 중단된다. 반면 테스트 세트의 데이터는 개인 맞춤형 추천이 올바른지 테스트하는 데 사용된다. 데이터 세트의 총 데이터 양은 포함된 지원자 수를 나타낸다. 각기 다른 학습 세트 데이터 크기를 사용하여 다양한 사용자 추천에 대해 제안된 알고리즘과 기존 알고리즘 간의 시간 차이를 비교하였다. 학습 세트 데이터 크기가 10명인 경우, 5명의 지원자를 무작위로 선정하여 그룹 A의 테스트 세트를 배정하였다. 학습 세트 데이터 크기가 20명인 경우, 마찬가지로 그룹 B 테스트 세트의 지원자 5명을 무작위로 선정하였고, 같은 방식으로 학습 세트의 데이터 크기가 30명인 경우 그룹 C로, 학습 세트의 데이터 양이 40명인 경우 그룹 D로, 학습 세트의 데이터 양이 50명인 경우 그룹 E로 각각 지원자 5명을 무작위로 선정하여 배정하였다. 각 그룹별 테스트 세트는 무작위로 선정된 여러 명의 지원자로 구성되며 각 그룹 간의 정보는 아무런 상호 연관성이 없다. 다시 말해 각 그룹별로 여러 명의 지원자를 무작위로 선택하여 임의성을 띠기 때문에 지원자의 특정 사용자 정보는 예측 결과에 영향을 미치지 않는다. 아래의 그림 53은 학습 데이터의 양이 추천 시간에 미치는 영향을 보여준다. 비교를 통해 개선된 알고리즘이 추천 시스템의 속도를 크게 향상시키지 못한다는 것을 알 수 있다. 이는 기존 알고리즘에 비해 제안된 알고리즘이 사용자의 성별, 연령, 종사하는 업무 유형, 향

공우주 지식에 대한 이해도, 디지털박물관 방문 목적 등 사용자의 다양한 특성을 학습 단계에서 충분히 고려하기 때문에 신경망 모델이 데이터의 연관성을 더 잘 이해하여 모델의 추천 정확도를 향상시켰기 때문이다. 그러나 특성의 차원이 매우 높거나 특성의 수가 매우 많은 경우 네트워크 모델의 추천 시간이 늘어날 수 있다. 따라서 실제 응용 과정에서 학습 시간과 추천 정확도 사이에서 절충점을 찾아야 한다. 최종적으로 실험 결과, 기존 알고리즘과 달리 제안된 알고리즘은 학습 세트의 자원자 수가 많거나 적은 경우, 즉 그룹 A, B, D, E에서처럼 지원자 수가 아주 적거나(그룹 A와 B) 아주 많은 경우(그룹 D와 E) 소요 시간이 길었고, 학습 세트의 지원자 수가 적당한 경우(그룹 C)에 소요 시간이 가장 짧은 것으로 나타났다. 이는 제안된 알고리즘의 모델 구조가 상대적으로 복잡하여 적은 수의 지원자의 경우 모델을 충분히 학습시키기 어려울 수 있고, 개인 맞춤형 추천 작업을 위한 분석 데이터의 양이 적어 개인 맞춤형 추천 작업에 완전히 적응하지 못함으로써 적시에 정확한 개인 맞춤형 추천을 수행하기 어렵기에 추천 시간이 길어진다. 반대로 많은 수의 지원자의 경우 모델이 수렴(convergence)하는 데 더 많은 시간이 소요될 뿐만 아니라 대량의 데이터를 로딩하고 전처리 및 저장하는 데에도 더 많은 시간이 소요될 수 있기 때문이다.

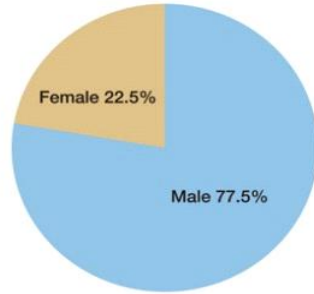


<그림 53> 사용자의 데이터 양에 따른 알고리즘 추천 시간 비교 테스트 결과

#### 4.3.3 사용자 체험

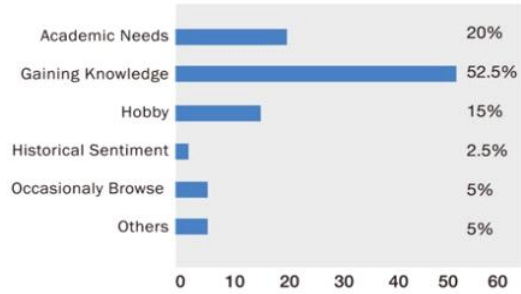
웹페이지 디자인 과정에서 사용자의 브라우징 체험을 신속하고 효과적으로 수집하기 위해 웹페이지 상단에 사용자 만족도 조사 설문 링크를 추가하여 등록된 사용자들에게 웹페이지에 대해 평가하고 제안하도록 하였다. 대학생 웹페이지의 시험 운영 기간 동안 총 114개의 유효한 설문지를 수집했으며, 설문 조사 결과는 그림 54와 같다.

1. What is your gender?



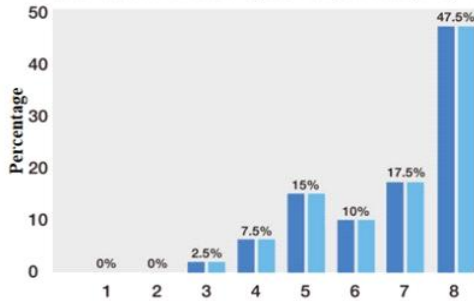
(a) Question 1 Result analysis

2. What was the purpose of your decision to visit the virtual museum?



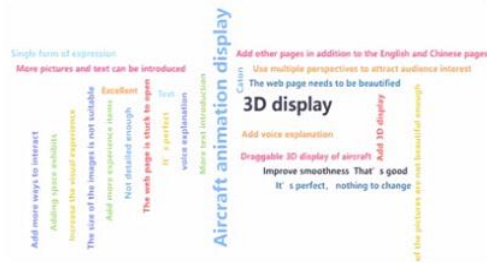
(b) Question 2 Result analysis

3. Please rate the aerospace digital museum website recommendation system experience.(1-8)



(c) Question 3 Result analysis

4. What do you think the construction of the virtual museum needs to be improved?



(d) Question 4 Result analysis

<그림 54> 사용자 웹 브라우징 만족도 설문조사 분석

(1) 그림 54(a)를 통해 알 수 있듯이 항공우주 웹페이지를 브라우징하는 사용자는 대부분 남성으로, 이는 상대적으로 남성 집단이 항공우주 분야에 더 관심이 많다는 것을 나타낸다.

(2) 그림 54(b)를 통해 알 수 있듯이 대부분의 사람들이 디지털박물관을 방문하는 목적은 최신 지식과 정보를 얻기 위해서였다. 학문적인 요구가 그 뒤를 이었으며, 소수의 사람들만이 역사에 대한 정서 때문에 방문하였다.

(3) 그림 54(c)를 통해 알 수 있듯이 사용자들이 웹사이트에 매긴 평균 점수는 6.75점이었으며, 그중 47.5%의 사용자가 만점인 8점을 주었다. 이는 대

학생들이 몰입 요인과 개인 맞춤형 추천이 통합된 항공우주 디지털박물관 브라우징 체험에 대해 일반적으로 만족한다는 사실을 보여준다.

(4) 그림 54(d)에 나와 있는 사용자 제안 워드클라우드에 따르면, 대부분의 사용자들은 디지털박물관에 대해 텍스트 설명과 음성 안내를 추가하고, 드래그 가능한 비행기 3D 디스플레이 또는 애니메이션을 추가하기를 원했다. 이는 사용자들이 항공우주 가상박물관을 브라우징할 때 시각, 청각, 촉각의 감각 인터랙션 체험을 선호한다는 것을 보여주며, 후속되는 최적화에 대한 참고 자료를 제공한다.

## 4.4 항공우주 가상박물관 디자인

### 4.4.1 가상현실 전시관 디자인 방안의 확정 및 구축

본 논문은 박물관학과 신박물관학의 이론적 발전을 토대로 삼아, 박물관의 지능화 추세를 고려하여 시각, 청각, 촉각이 융합된 감각 체험을 제공하는 가상박물관과 그 수용자를 주요 연구대상으로 하였다. 사용자의 심리적 요인을 고려하여 몰입 이론을 도입하고, 몰입 상태 등급을 평가 지표로 사용하여 Unity 3D를 기반으로 한 항공우주 가상박물관을 구축하였다.

항공우주 가상박물관은 방문객들에게 더욱 원활하고 편리한 방문 방식을 제공하며 몰입감 있는 체험을 창출하도록 한다. 또한 사용자가 비행기 이면에 있는 과학 지식을 심층적으로 이해할 수 있도록 돕는다. 디지털 전시물을 통해 더 많은 인터랙션과 공유의 기회를 제공함으로써 가상박물관은 사용자의 참여감과 몰입감을 강화시킨다.

#### (1) 전시관의 테마 및 의의

테마 :

- ① 본 전시관은 항공우주 분야의 발전 과정을 전시하고, 중요한 역사적

가치를 지닌 비행기와 우주선 모델을 전시한다. 각 비행기와 우주선은 상세한 설명과 관련 링크 기능이 제공되어 방문객이 관련 내용을 깊이 이해할 수 있도록 한다.

② 항공 발전의 역사를 추적하기 위해 본 전시관은 비행기 계보도를 제작하여 방문객이 비행기 발전의 변천 과정과 관련 역사적 발전 흐름을 전체적으로 이해할 수 있도록 한다. 또한 항공우주 분야에 큰 기여를 한 선구자들에 대한 소개 역시 주요 전시 내용 중 하나이다.

③ 본 전시관은 항공우주 분야에서 혁신적인 공헌을 한 일부 선구자들을 중점적으로 전시한다. 이러한 전시는 방문객들에게 선구자들의 업적과 영향을 소개하고, 항공우주 분야에서의 뛰어난 기여를 강조하기 위해 디자인되었다.

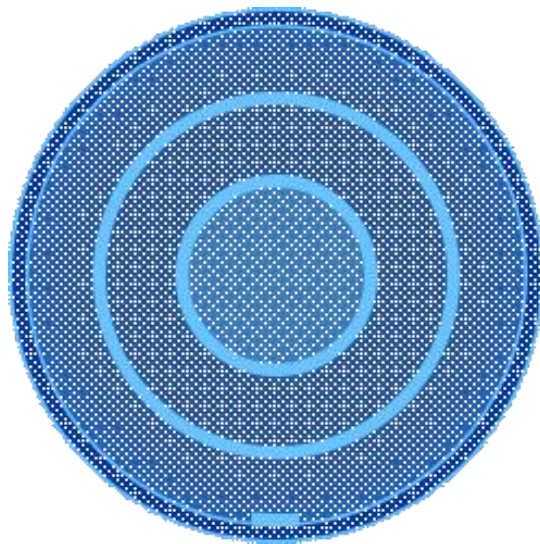
의의 : 항공우주 가상박물관은 온라인 플랫폼을 통해 항공우주 분야의 과학적 지식을 보급하고, 과학 보급 사업을 촉진하며, 대중의 과학적 소양 수준을 향상시키는 데 그 의의가 있다. 디지털 기술과 정보 전달 수단을 활용하여 더 많은 사람들에게 시간과 공간 제약 없이 학술 자원을 제공함으로써 항공우주 분야에 대한 대중의 인식과 이해를 지속적으로 심화시킨다. 이러한 기획은 과학 문화의 전승과 확산에 큰 기여를 하며, 대중이 과학적 지식을 이해하고 활용하는 데 유익한 방법을 제공한다.

## (2) 전시관 구조 디자인

항공우주 가상박물관은 주로 과학기술 분야나 항공우주 분야의 종사자들이나 항공우주 지식에 관심이 많은 사람들을 주요 관람층으로 한다. 한국이나 미국을 비롯한 세계 각국의 항공우주 박물관에는 전투기, 민간 항공기, 헬리콥터, 폭격기 등 다양한 종류의 항공기가 세부적으로 분류되어 전시되어 있다. 특히 첨단 기능을 탑재한 군용 항공기는 비행기의 역사에서 중요

한 역할을 해왔다. 그 발전사는 항공 기술의 발전을 한눈에 볼 수 있는 중요한 자료이다. 최초의 정찰기와 폭격기부터 이후 전투기와 드론에 이르기까지 새로운 유형의 군용기의 등장은 인류 항공의 중요한 진전을 의미한다. 따라서 본 항공우주 가상박물관에서는 군용기를 비롯한 민간 항공기 등 다양한 종류의 항공기를 카테고리별로 구분하여 전시하였다.

본 가상박물관은 상하 두 개의 층으로 구성되어 있으며, 주요 기종으로는 전투기 14대, 민용 항공기 6대, 폭격기 5대, 우주선 1대, 헬리콥터 4대, 수송기 1대, 조기경보기 2대 등의 항공우주 관련 모델로 구성되어 있다. 가상박물관은 비행기의 기능과 용도에 따라 1층을 전투기 섹션, 상용 항공기 섹션, 폭격기 섹션, 우주선 섹션 등 4개의 주요 섹션으로 나누었다. 2층은 주로 비행기의 분해 및 조립인터랙션 디자인에 초점을 맞추었다. 그 주위로 헬리콥터, 조기 경보기 및 기타 비행기 모델을 분산 배치하여 보다 완전한 전시 패턴을 구축하였다.



<그림 55> 전시과 1층의 섹션 분포

- ① 전투기 섹션 : J-11B 전투기, Chengdu J-20, F-22 전투기, J-15 전투기,

TFX 전투기, Hongdu L-15, MiG-25 전투기, F4U Corsair, F-14 전투기, F-15 Active 전투기, F-18 전투기, F-15 전투기, F-16 전투기, Su-30 전투기 등으로 구성되며, 박물관 1층의 가장 바깥쪽에 배치되었다.

② 상용 항공기 섹션 : 코맥(COMAC) C919, 더글라스 DC10, 에어버스 A380, 보잉 747, 에어버스 A330 등으로 구성되며, 박물관의 첫 번째 층의 두 번째 원형 지역을 둘러싸고 있다.

③ 폭격기 지역 : Tu-160 전략 폭격기, H-6 전략 폭격기, Tu-95 전략 폭격기, JH-7 전투 폭격기, F111 Aardvark 등으로 구성되며, 박물관 1층의 두 번째 원형 지역을 둘러싸고 있다.

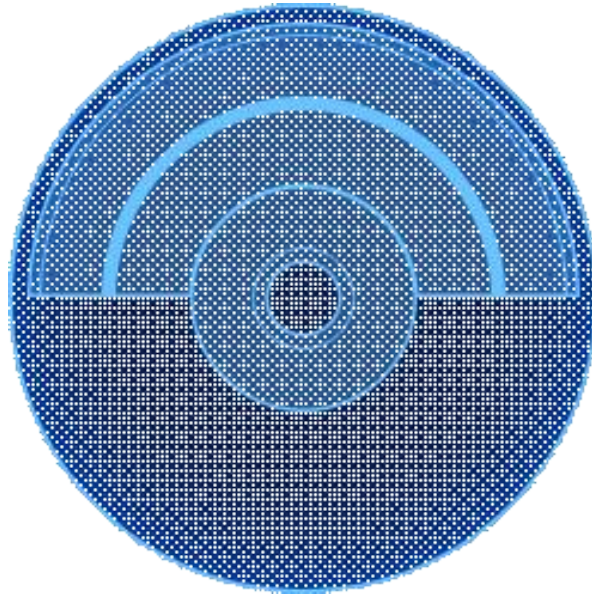
④ 우주선 지역 : Long March 2F 우주선을 비롯한 기타 우주선들로 구성되며, 박물관 1층의 정중앙 지역에 배치되어 있다.

⑤ 비행기 조립 지역 : MAIDAO 비행기의 각 부품을 분해하여 전시하며, 박물관 2층의 정중앙 지역에 배치되어 있다.

⑥ 헬리콥터 지역 : Mi-34, Bell427, Eurocopter EC135, UH-60 Black Hawk 등의 헬리콥터 등으로 구성되며, 박물관 2층의 가장 바깥쪽에 배치되어 있다.

⑦ 조기 경보기 지역 : Kawasaki P1 해상 패트롤기, E2 Hawkeye 공중 조기 경보기 등의 비행기로 구성되며, 박물관 2층의 가장 바깥쪽에 배치되어 있다.

⑧ 기타 비행기 지역 : Cessna172, Y-5 등의 비행기로 구성되며, 박물관 2층의 가장 바깥쪽에 배치되어 있다.



<그림 56> 전시관 2층의 섹션 분포

### (3) 핵심 기술

#### ① 3D Max 기술

3D Max는 강력한 기능과 쉬운 조작성으로 전 세계적으로 인기를 얻고 있는 프로그램으로, 게임, 애니메이션, 건축, 실내디자인, 영화, 가상현실 등 다양한 분야에서 널리 사용되고 있다. 3D Max 소프트웨어를 사용하여 항공기, 우주선 등과 같은 가상 전시품 모델을 제작하고, 가상 전시관의 구조와 특성을 기반으로 가상 장면과 매핑을 생성하여 가상 전시관의 전시 프레임워크를 구축한다.

#### ② Unity3D 기술

Unity는 2D 및 3D 게임, 시뮬레이션, 가상현실(VR), 증강현실(AR) 애플리케이션 등을 개발하는 데 널리 사용된다. Unity는 강력한 그래픽 렌더링 및 물리 엔진을 갖추고 있을 뿐만 아니라, 다양한 개발 도구와 리소스를 제공하여 개발자가 고품질의 게임과 어플리케이션을 만들 수 있도록 지원한다.

Unity3D 기술은 항공우주 가상박물관에서 널리 사용되며, 전시관의 몰입감, 인터랙션, 시각적·청각적·촉각적 효과 및 교육 경험을 향상시키기 위해 활용된다.

#### 4.4.2 디자인 컨셉과 모델 구축 및 최적화

##### (1) 모델 구축

매우 몰입감 있는 가상 환경을 구축하기 위해 가장 중요한 초기 작업은 모델 구축이다. 이를 위해 3D Max를 주요 툴로 선택하였는데, 3D Max는 유연한 조작과 간단하고 효율적인 제작 과정, 강력한 모델링 기능을 갖추고 있으며, 특히 Unity 3D 소프트웨어와의 호환성이 우수하기 때문에 이 툴의 선택은 합리적이라고 할 수 있다.

본 시스템의 개발 과정에서는 먼저 3D Max를 사용하여 가상 장면을 모델링하고, 모델링이 완료되면 FBX 형식으로 내보내어 Unity 3D 소프트웨어에서 완전한 가상박물관 장면을 형성한다. 몰입 이론은 사용자의 주의를 충분히 끌고 사용자의 집중력을 유지해야 한다는 점을 강조하기 때문에 디자인 과정에서 모델의 디테일과 리얼리티에 특별히 주의를 기울였다. 사용자를 몰입 상태로 더 잘 안내하고 몰입감 있는 체험을 제공할 수 있도록 전문 모델 렌더링 소프트웨어인 3D Max와 실경 제작 소프트웨어인 Unity 3D를 함께 사용하여 가상박물관의 전반적인 시각 퀄리티를 보장했다. 가상박물관 장면의 모델링 과정에서 항공우주 박물관의 특성을 세심하게 분석하고 비행기, 전시관, 장식품 등의 카테고리별 구성 요소로 나누어 세부적인 모델링을 진행하였다. 이 작업에는 중국 선양항공항천대학교에서 제공한 항공기 관련 데이터를 사용하여 모델링의 전문성과 정확성을 보장하였다. 구체적인 모델링에는 주로 다음과 같은 부분들이 포함된다.

첫째, 지면 모델링이다. 지면 모델링은 항공우주 가상박물관 모델링 과정

에서 중요한 역할을 한다. 이 작업은 박물관의 표면 토폴로지 구조를 매우 현실적인 방식으로 표현하는 것이다. 이 과정에서 구글(Google) 지도와 바이두(Baidu) 지도를 참고로 사용하고, 박물관의 평면도를 고려하여 상단 뷰에서 선 그리기 도구를 사용하여 지형 윤곽선을 그린다. 그런 다음 실제 높이 및 낮이 데이터를 기반으로 각 뷰에서 각 선의 하위 개체 꼭지점과 선분을 조정한다. 최종적으로 이러한 일련의 작업을 통해 박물관 지면 특징을 정확하게 반영하는 모델을 생성할 수 있었다.

둘째, 건물 모델링이다. 건물 모델링은 가상박물관의 주요 구성 요소이다. 먼저 Unity의 자체 리소스 스토어에서 해당 박물관 템플릿을 다운로드 한 다음 3D Max와 Unity를 사용하여 이를 가상박물관 구축을 위한 항공우주적 요소 테마에 어울리도록 수정하였다. 박물관 수정 작업에는 3D Max를 사용하여 박물관의 구조 및 해당 내부 장식을 수정하여 항공우주 테마에 맞게 변경하였으며, Unity를 사용하여 박물관의 레이아웃을 변경하는 동시에 관련 재질감과 텍스처를 변경하여 사용자의 관심을 끌 수 있도록 하였다. 건물 표면의 텍스트 및 다양한 패턴은 투명 채널을 가진 텍스트 이미지를 직접 붙여넣어 효과를 구현하였다. 상징주의 디자인 이론에 근거하여 건물의 전체 외형은 터빈 형태를 취했으며, 터빈 구조를 건물의 테마로 삼음으로써 전시 주제에 대한 관람객의 인식을 강화하고 건물 자체의 이슈성과 교육적 의미를 높일 수 있다. 동시에 몰입 이론의 관점에서 터빈 구조를 디자인 테마로 사용하여 방문객의 눈길을 사로잡고 흥미로운 시각적 포인트를 만들 수 있다. 이를 통해 방문객이 박물관 탐험에 관심을 갖도록 유도하며 박물관 환경에 더 쉽게 집중하여 몰입 상태의 도달에도 유리하다.

셋째, 비행기 모델링이다. 비행기 모델링은 고도로 정교한 모델링이 필요하지 않고 비행기 외형을 만들기만 하면 되기 때문에 비행기의 외관에 따라 외피 구조를 만드는 데 중점을 둔다. 하지만 항공우주 박물관이라는 맥락

하에서 비행기 모델링의 시각적 표현은 매우 중요하다. 고품질의 텍스처는 방문객들이 항공우주 박물관에 대한 첫인상을 형성하고, 그들이 계속해서 심층적인 재방문을 원하는지 여부에 영향을 미치기 때문이다. 따라서 정교하게 디자인된 고품질의 텍스처 기술의 비행기 모델링에 중점을 두면, 비행기에 대한 방문객들의 인식을 크게 향상시켜 비행기 전시품에 대해 더 큰 관심을 불러일으킬 수 있다. 이를 통해 비행기 모델링 과정에서 고품질의 비행기 모델 맵핑 기술을 중점적으로 고려하고 적용함으로써 박물관 전시의 시각적 매력을 최적화하여 관람객의 포괄적인 체험과 심층적인 참여를 향상시켰다. 본 논문에서는 온라인 상의 리소스와 본 연구자가 직접 제작한 모델을 결합하여 방문객의 브라우징 흥미와 적극적인 참여를 이끌 수 있는 고품질의 비행기 모델을 구축하는 데 주력하였다. 고품질 맵핑을 통해 시각적 효과를 강화하여 보다 효과적으로 사용자를 몰입 상태로 유도함으로써 전시물에 대한 관람객의 인지도와 관심을 높일 수 있다.

넷째, 기타 모델링이다. 박물관 내의 건물 지지 기둥을 예로 들어 설명하자면, 이 장면에서 지지 기둥은 전체적으로 원기둥의 형상을 지니고 있다. 가까운 거리에서 관찰할 때 이후의 파일 병합 속도 문제를 고려하여 변의 개수가 5, 높이 세그먼트가 1인 원기둥을 선택하여 지지 기둥의 본체를 구축할 수 있다. 이 선택은 감소된 면수를 고려하지 않는 디자인에 비해 모델링의 복잡성을 줄이는 데 효과적이다. 만약 완전한 원을 사용하여 디자인하면 면 감소 최적화가 적용되지 모델링은 삼각형 면의 수가 무려 56,052개에 달한다. 하나의 모델만으로 이렇게 많은 면 수를 가지게 되면, 이후의 파일 병합 작업에서 전체 3D 가상 캠퍼스 파일의 크기가 크게 증가하고 처리 속도도 크게 낮아진다. 이는 후속 처리 작업에 불필요한 복잡성을 가져올 뿐만 아니라 방문객의 체험에 부정적인 영향을 미친다. 따라서 모델링 전에 면 감소 최적화 원칙을 심도있게 고려하여 모델을 합리적으로 구축하고 면

수를 효과적으로 줄여 실제 크기의 장면을 유지하면서도 파일 크기를 줄이고 전체 렌더링 속도를 높여 방문객들에게 더 좋은 가상 체험을 제공할 수 있도록 해야 한다.

## (2) 모델 최적화

몰입형 항공우주 가상박물관을 구축할 때 모델링 최적화는 효율적이고 원활한 체험을 구현하는 데 있어 핵심적인 부분이다. 박물관 전체가 항공기 모델을 비롯한 수많은 항공우주 장비를 다루고 있어 일반 가상 오브젝트보다 훨씬 더 상세하고 데이터 밀도가 높다는 점을 고려하면 최적화 전략의 선택과 구현이 특히 중요하다.

먼저, 기하학적 단순화라는 디자인 원칙에 따라 3D Max 소프트웨어를 사용하여 모델 제작 초기 단계에서 각 모델의 필요성과 복잡성을 평가하였다. 모델의 디테일을 간소화하고 인지적 식별과 시각화에 충분한 요소만을 유지함으로써 교육 및 전시 가치를 훼손하지 않으면서도 모델에 필요한 데이터의 양을 줄였다. 또한 항공우주 분야의 정밀성과 전문성을 바탕으로 모델의 기술적 정확성과 인식성을 유지하면서도 관람객이 각 전시물의 주요 특징을 정확하게 식별할 수 있도록 했다.

둘째, 특히 모델 매핑과 재질 최적화를 위해 데이터 압축 기술을 활용했다. 항공우주 장비의 복잡성과 디테일을 고려하여 텍스처와 매핑을 효율적으로 압축하여 시각적 품질을 잃지 않으면서 파일 크기를 줄였다. 이 기술을 통해 전체 장면 속 모델의 디테일을 유지하면서도 데이터 양을 제어해 로딩 시간과 실행의 매끄러움을 최적화할 수 있었다.

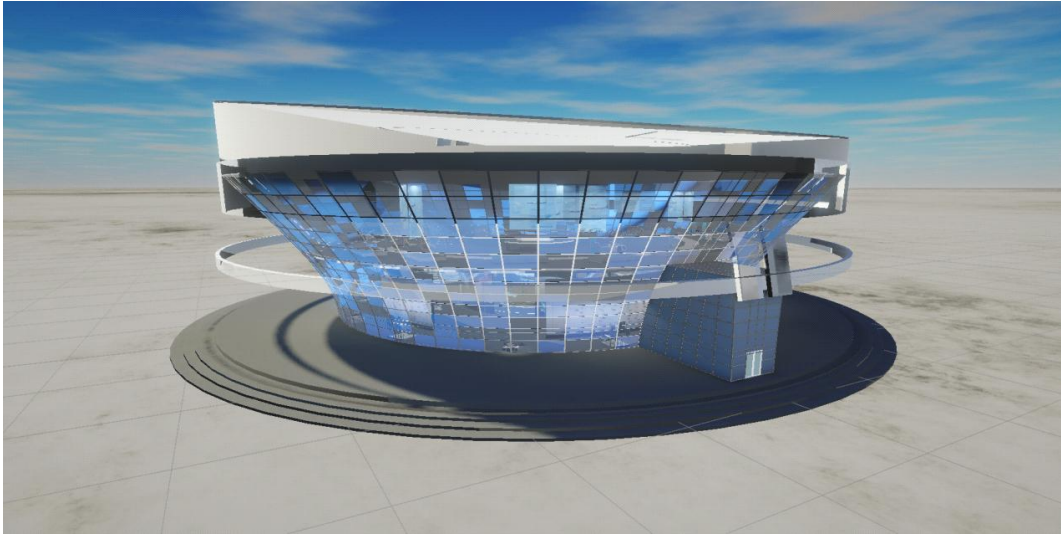
셋째, 장면 속 오브젝트의 디테일 수준을 동적으로 조정하여 관찰자로부터 멀리 떨어진 오브젝트의 디테일 수준을 낮추고 가까운 곳에 있는 중요한 요소의 고정밀 렌더링을 유지하는 뷰 종속 렌더링 전략을 적용하였다. 이

접근 방식은 항공우주 모델링의 정밀한 전문적 요구 사항을 반영할 뿐만 아니라 시각적 효과를 보장하면서 가상 환경의 렌더링 효율성을 크게 향상시켰다.

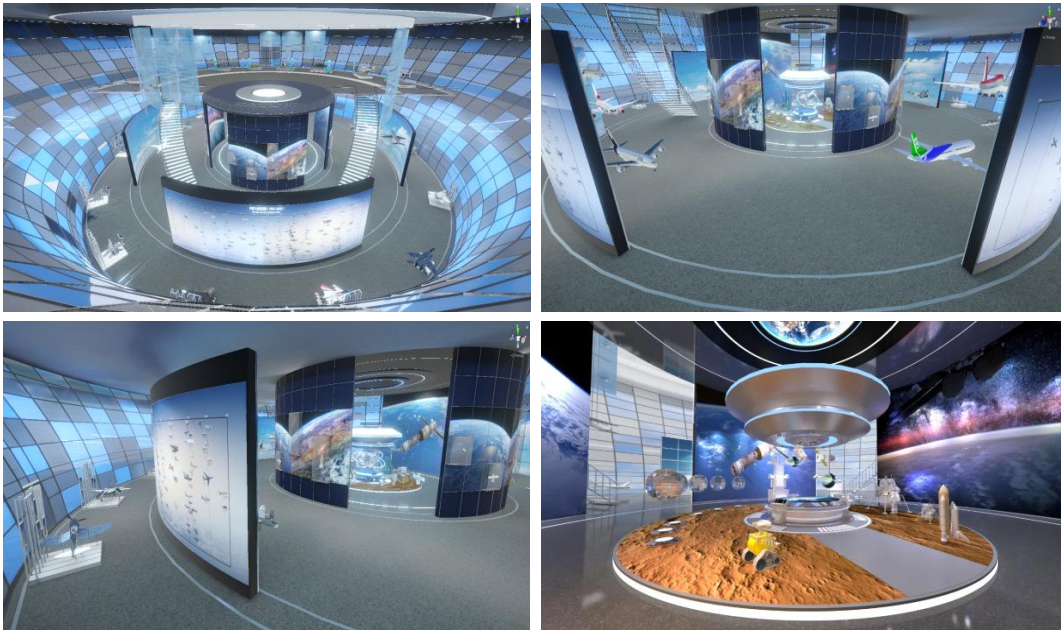
이러한 접근 방식을 통해 항공우주 박물관의 주제와 밀접하게 부합하는 모델을 효과적으로 최적화하여 전시물의 전문성과 교육적 가치를 유지하면서 가상 환경의 효율적인 운영과 사용자 체험을 보장할 수 있었다. 이 포괄적인 최적화 전략은 항공우주 전문 지식에 대한 심층적인 이해와 최신 가상 장면 디자인 콘셉트의 통합을 기반으로 사용자에게 사실적이면서도 매력적인 탐험 공간을 제공하는 것을 목표로 한다.

### (3) 박물관의 전체 디자인 사례

항공우주 가상박물관의 전체적인 디자인은 최첨단 가상현실 기술과 시청각 및 촉각 체험 디자인 컨셉을 통합한 혁신적인 다차원 인터랙티브 레이아웃을 활용하였다. 디자인의 핵심은 '탐험과 발견'이라는 테마를 바탕으로 비선형적인 내러티브와 역동적인 상호작용을 통해 방문객의 호기심과 항공우주 과학기술에 대한 탐구 욕구를 자극한다. 특히 환경 속으로의 몰입감과 교육적 기능에 중점을 두었으며, 가상 투어와 시뮬레이션을 통해 과학기술의 역량을 보여줄 뿐만 아니라 예술과 기술의 조화로운 통합을 반영하여 관람객에게 교육적이면서도 미래지향적인 몰입형 탐험 환경을 제공하는 것을 목표로 삼았다. 항공우주 가상박물관의 최종 3차원 전체 디자인 설계도는 그림 57, 58과 같다.



<그림 57> 박물관 레이어드 디자인 초고



<그림 58> 박물관의 전체 디자인 및 배치

#### 4.4.3 몰입형 환경 디자인

방문객이 가상박물관을 관람하는 동안 경험하는 몰입 상태는 사용자가 가상박물관에서 완전히 투입되고, 전적으로 집중하며, 그 안에서 즐거움을 느끼는 심리적 상태를 의미한다. 몰입 상태에서 개인의 시간 감각은 완만해지며, 자기의식이 감소하고 집중력이 크게 집중된다. 이러한 심리적 상태의 경험은 개인의 긍정적 감정과 만족감을 향상시킬 뿐만 아니라 인지와 조작의 효율성을 향상시키고, 개인의 성취감과 자기실현을 촉진한다. 따라서 과제, 활동 또는 제품을 디자인할 때 몰입의 요소를 고려하는 것은 매우 중요하며, 참여자가 효과적으로 몰입 상태에 도달할 수 있도록 돕는 것은 전체 체험과 방문 효과를 향상시키는 데 크게 도움이 된다. 개인을 몰입 상태로 이끌기 위한 핵심은 개인의 기술 수준과 일치하는 도전적인 작업을 만들어 그들이 현재 활동에 완전히 몰입하여 집중할 수 있도록 유도하는 것이다.

몰입감은 연구자들이 주목하는 중요한 심리적 체험 중 하나이다. ‘실제로 존재하는 것 같은’이라는 개념은 몰입감의 본질을 가장 정확하게 설명한다. 사실적인 이미지, 정교한 시각 효과 및 실제 음향 환경 등 몰입이 가능한 환경 조성을 통해 창의적인 인터랙션 디자인과 결합하여 사용자가 적극적으로 참여하고 전시품과 상호작용할 수 있도록 해야 한다. 이러한 종합적인 디자인은 사용자의 참여감과 몰입감을 크게 향상시키며, 사용자가 더 빠르게 몰입 상태에 도달할 수 있도록 한다. 항공우주 가상박물관의 디자인은 몰입형 환경 디자인을 가이드라인으로 삼아 사용자의 개성적인 캐릭터의 도입이나 실제 환경의 사실적 재현 등 모두에서 상세하고 사실적으로 세팅하였다.

##### (1) 인물 캐릭터의 선택

가상 세계에서 사용자는 자신을 대표하는 시각적 표현인 가상 캐릭터를 가지고 있다. 가상 캐릭터는 사용자가 환경에 진입하고 물체를 조작하거나

환경의 다른 물체(비행기, 우주선 등)와 상호작용할 수 있도록 한다. 이러한 ‘가상 자아’, 즉 아바타는 개인의 실제 자아를 확장한 것으로, 가상박물관의 유연성을 고려하면 사용자는 다양한 유형의 가상 캐릭터를 선택하여 다양한 자아 표현을 할 수 있다. 이러한 선택적인 자아 표현은 사용자에게 더욱 풍부한 체험을 제공하며, 가상박물관 방문 과정에서 사용자가 선택한 캐릭터와의 동일성을 더욱 강화한다. 이러한 동일성은 가상 캐릭터의 상호작용과 결합되어 사용자의 참여감을 향상시킬 뿐만 아니라 가상 환경에 대한 몰입감을 향상시켜 더욱 풍부한 감각 체험을 형성하도록 한다.

사회심리학적인 관점에서 보자면, 박물관의 전시 콘텐츠를 사용자의 잠재적인 사회적 캐릭터나 신분에 절묘하게 연결시키는 특정한 캐릭터의 디자인은 방문객들이 다양한 사회적 캐릭터의 관점에서 박물관을 심층적으로 탐색할 수 있도록 유도하는 데 유용하게 활용될 수 있다. 이러한 혁신적인 방법은 방문객의 정체성과 참여감을 크게 향상시키는 데 큰 효과가 있을 것으로 기대된다. 항공우주 가상박물관의 아바타를 선택하는 인터페이스인 그림 59에서 볼 수 있듯이 이러한 인터랙션을 통해 사용자는 주관적인 가상 캐릭터에 대입되어 박물관 체험의 몰입감을 높이는 데 도움이 된다.

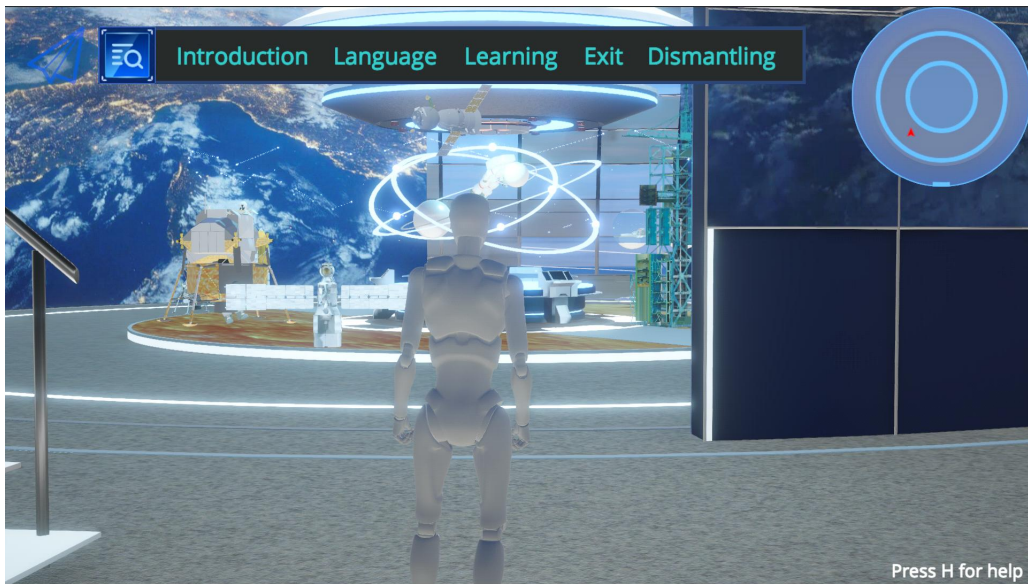


<그림 59> 캐릭터 선택 페이지

## (2) 공간 시각의 선택

가상 학습 환경은 다중 표현 특성과 유연한 인터랙션 방식을 지니고 있기 때문에 사용자는 필요에 따라 자신의 공간 시각을 바꿀 수 있다. 다시 말해 객체 중심과 자아 중심이라는 공간 참조 시스템을 전환할 수 있다. 객체 중심 참조 시스템은 외부에서 물체, 공간 또는 현상을 관찰하는 시각이고, 자아 중심 참조 시스템은 일종의 내부 관찰 시각을 의미한다. 이 두 가지 시각은 학습 과정에서 각각의 장점을 가지고 있다. 먼저 자아 중심 시각은 참여자가 가상박물관과 더 많은 몰입형 상호작용을 할 수 있도록 하여 더 강한 자기 참여감을 제공하고, 방문객들의 박물관에 대한 몰입감을 향상시키는 데 도움이 된다. 반면, 객체 중심 시각은 방문객이 상황에서 벗어나 더 추상적이거나 상징적인 전체 표현을 형성하는 데 도움이 된다. 항공우주 가상박물관의 배경에서 우리의 목표는 사용자가 시각·청각·촉각이 통합된 몰입식 감각 체험을 즐길 수 있도록 하는 것이다.

따라서 그림 60에서 볼 수 있듯이 사용자의 시점이 더 자연스럽게 시야 범위가 넓은 자기중심적 공간 원근법적 시각이 사용되었으며, 가상 캐릭터가 보행 시 사용자의 주의를 더 잘 끌 수 있어 더 깊은 상호작용과 지각 체험에 대한 사용자의 요구를 충족시킬 수 있다.

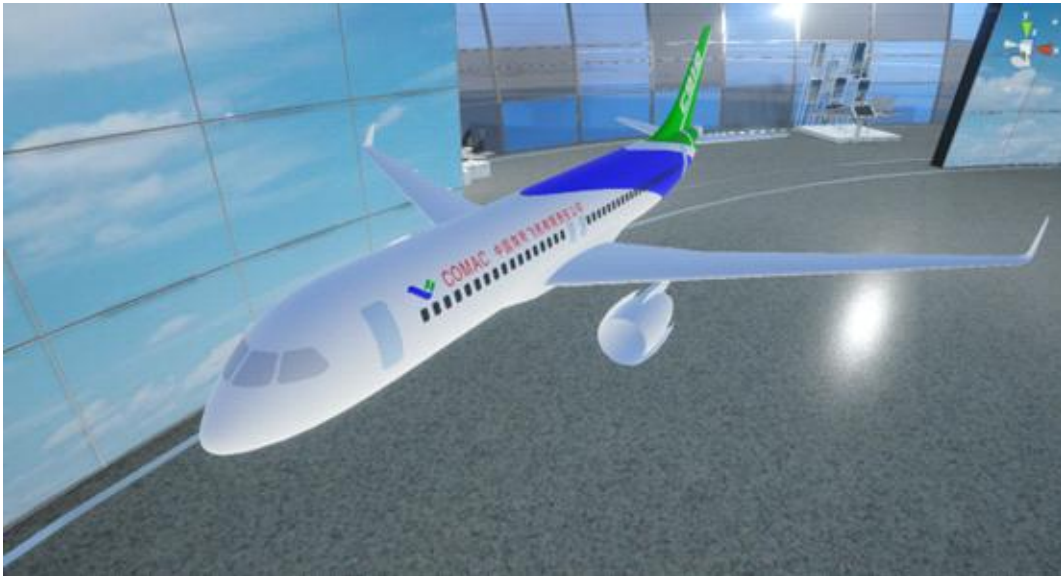


<그림 60> 일인칭 시점

### (3) 3D 모델링 및 세부 표현

첨단 3D 모델링 기술을 사용하여 항공우주 박물관의 환경을 성공적으로 재현한 후 세부 사항 표현 방면에서 정교하고 세밀한 처리를 진행하였다. 모든 비행기 모델에 대해 섬세한 맵핑 작업을 수행하여 실제 비행기 외관과 차이를 느낄 수 없을 정도의 외관을 갖도록 하였다. 이러한 처리 방식은 방문객에게 실제 세계에 있는 것과 같은 느낌을 제공하여 그들의 몰입형 체험을 향상시키고, 더 빠르게 몰입 상태에 도달할 수 있도록 돕기 위해 사용된다. 또한 전시품의 표면 재질, 세부 구조 및 라벨 정보 등까지도 정교하게

표현하여 방문객들이 최대한 실제적인 인식 체험을 할 수 있도록 하였다.



<그림 61> 모형 비행기 전시 (C919)

#### (4) 색상과 조명 디자인

항공우주 박물관 환경을 구축하는 과정에서, 색상과 조명을 정교하게 디자인하는 것 역시 사실감을 구현하는데 필요한 중요한 요소 중 하나이다. 디자인은 적절한 색상과 조명 방안을 선택하여 방문객의 시각적 체험을 향상시키고 박물관의 인지적 실제성을 심화하는 데 중점을 두어야 한다. 일정 정도 명확하고 계층적인 조명 효과는 박물관 환경의 정서적 공감을 형성하며, 사용자가 항공우주 역사의 실제성을 더 깊이 인식할 수 있도록 한다.

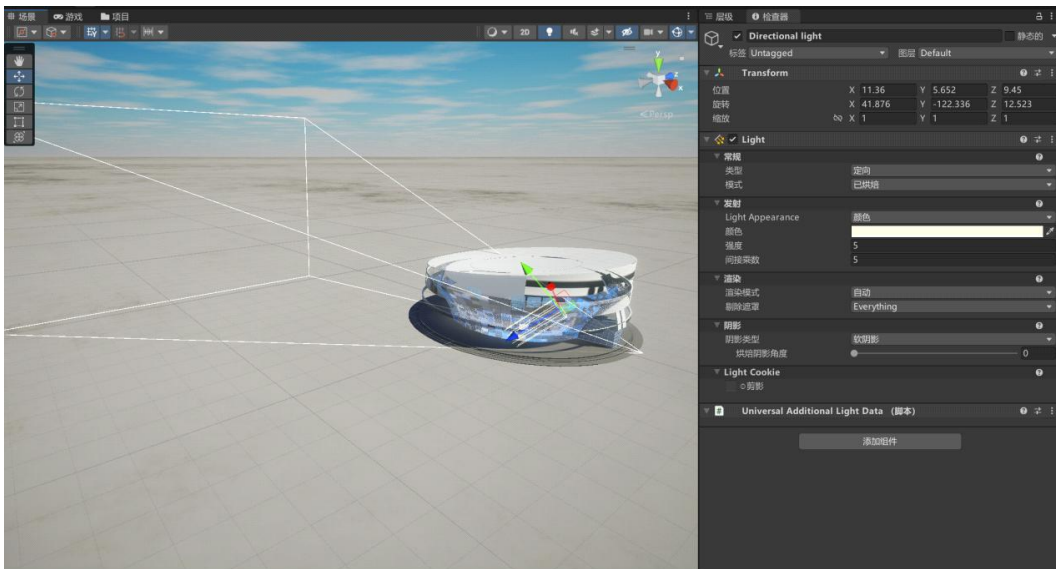
Unity 엔진에서 제공하는 조명 시스템은 Enlighten이라고 불리며, 엔진 렌더링 기능의 일부로서 장면의 조명을 구축하는 역할을 한다. Light 조명 구성 요소는 조명 소스 구성 요소와 조명 베이킹 구성 요소로 나뉘며, 조명 소스 구성 요소에는 직접 조명(Directional Light), 포인트 조명(Point Light),

스팟 조명(Spot Light) 세 가지 조명이 사용된다.

1) 직접 조명의 디자인은 주로 게임 장면에서 시공간 환경, 즉 캐릭터 위치에 대한 태양광이 방향과 각도를 시뮬레이션하는 데 사용된다. 잘 계획된 디자인을 통해, 아침, 정오, 저녁과 같은 다른 시간대 및 다양한 날씨 조건에 따른 조명 효과를 보여줄 수 있다. 직접 조명은 조명디자인에서 핵심적인 역할을 하며, 그 인터페이스는 그림 62와 같다.

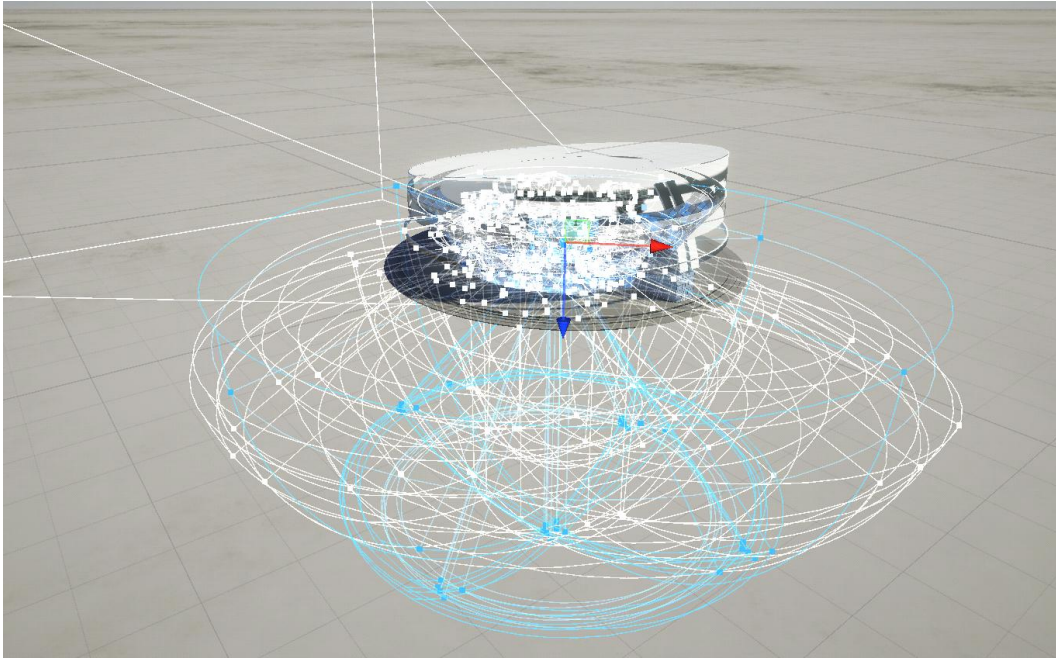
2) 음영 영역에 적절한 포인트 조명을 설정하면, 장면의 따뜻한 톤과 차가운 톤의 조화 및 어두운 영역의 분위기감을 풍부하게 만들어 더욱 더 생동감 있는 조명 효과를 얻을 수 있다. 포인트 조명의 디자인 인터페이스는 그림 61과 같다. 포인트 조명을 적절하게 적용한다면 장면의 시각적 표현력을 더욱 향상시킬 수 있을 것이다.

3) 스팟 조명은 게임 장면에서 중요한 개체에 추가적인 광원을 제공하여 사용자의 주의를 끌고 다양한 장치를 활성화하는 역할을 한다. 디자인적 접근 방식은 포인트 조명과 유사하지만, 스팟 조명은 특정 개체의 조명 요구에 더 중점을 둔다. 적절한 설정을 통해 사용자가 특정 요소에 주목하도록 유도하고 게임 경험을 향상시킬 수 있다.



<그림 62> 직접 조명 설정 인터페이스

이 프로젝트의 장면은 직접 조명의 평행광을 사용하여 태양 빛의 조명 효과를 시뮬레이션한 것이다. 직접 조명은 실제 광원 위치를 갖지 않기 때문에 장면 내의 모든 위치에서 조도가 일정하게 유지된다는 점에 주목해야 한다. 실제로 직접 조명의 효과는 장면 내의 특정 위치에 영향을 받지 않으며, 주로 각도에 영향을 받는다. 따라서 우리는 적절한 조명 효과를 얻기 위해 태양 아이콘의 각도를 미세하게 조정하는 작업을 수행하였다. 먼저 Hierarchy 뷰에서 Directional Light를 선택하고, Inspector 뷰에서 Directional Light 구성 요소 아래의 Shadow Type의 설정이 Soft Shadow로 되어 있는지 확인한다. Soft Shadow는 보다 부드러운 그림자 효과를 제공하여 실제 조명에 더 가까운 결과를 얻을 수 있지만, 성능 오버헤드가 상대적으로 크다는 점에도 유의해야 한다. 반대로, Hard Shadow는 더 날카로운 그림자 효과를 제공하지만, 톱니의 느낌이 강하게 들 수 있다. 이 프로젝트는 상대적으로 부드럽고 조화로운 시각적 스타일을 추구하기 때문에 Soft Shadow를 선택하였다. 그밖에 음영과 관련된 매개 변수는 기본 설정을 유지하면 된다.



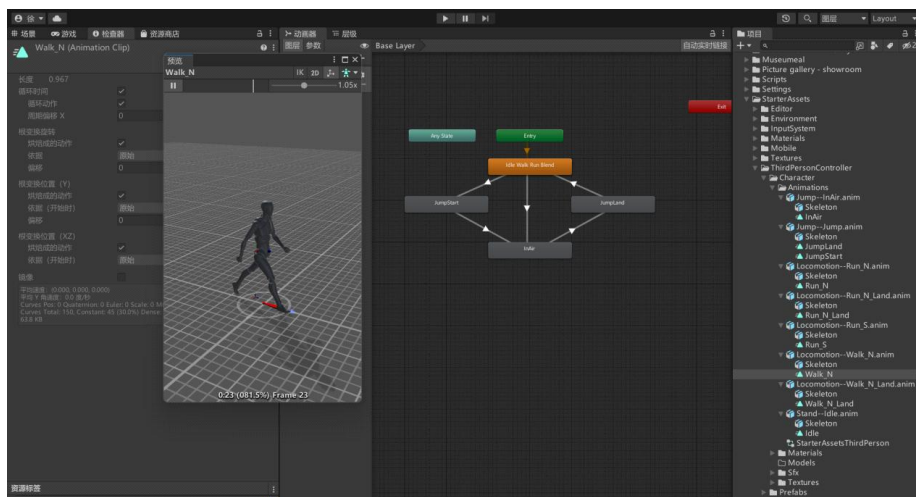
<그림 63> 포인트 소스 설정

한편 관람객들이 박물관 내의 조명 문제로 인해 비행기나 우주선의 모델을 정확하게 볼 수 없는 상황을 방지하기 위해 우리는 프로젝트에서 포인트 조명을 광범위하게 사용하였다. 이러한 포인트 조명은 건물의 외부 차폐로 인해 밝은 부분이 없는 영역에서도 장면이 적절한 밝기를 유지할 수 있도록 박물관 내의 여러 곳에 적절하게 분포되어 있다. 포인트 조명의 선택은 박물관 환경을 일상생활에서 흔히 접할 수 있는 조명에 가깝게 만들 뿐만 아니라 조명의 전환을 보다 자연스럽게 만들어 어떤 부자연스러움도 피할 수 있다. 또한 포인트 조명은 일상생활 중의 전구의 기능을 구현함으로써 더 실제적이고 사실적인 환경을 박물관에 제공한다. 이러한 디자인은 방문객들의 감상 체험을 향상시키는데 기여할 뿐만 아니라 시각적으로도 더 매력적이고 편안한 박물관 분위기를 조성한다.

### (5) Unity 애니메이션 시스템

본 시스템에서 증강현실 모델과 애니메이션 제어는 모두 Unity의 애니메이션 제어 스크립트에 의존한다. 이러한 스크립트의 애니메이션 페이드 인/아웃 및 애니메이션 블렌딩 함수는 시스템 구현에서 핵심적인 역할을 한다. 애니메이션 제어는 시스템의 흐름과 최종 사용자 체험에 매우 중요하므로 애니메이션 처리에 대한 요구 사항은 매우 엄격하다. Unity 소프트웨어의 특성과 한계를 고려할 때 시스템은 골격 애니메이션이 있는 모델만 지원한다. 사전 모델링 단계에서는 시스템 요구 사항을 충족하는 애니메이션 형식이 소프트웨어에 성공적으로 импорт되어 적용될 수 있도록 변형 애니메이션을 사용하지 않도록 특별히 주의해야 한다.

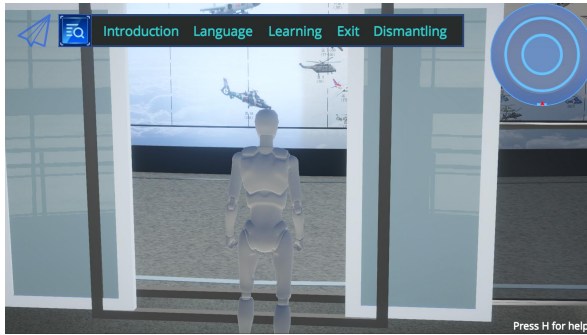
또한, Unity의 애니메이션 시스템은 애니메이션 간 전환을 처리하기 위해 두 가지 과학적이고 효과적인 방법을 제공한다. 하나는 애니메이션 블렌딩으로, 블렌딩 기능을 통해 이전 애니메이션과 다음 애니메이션을 부드럽게 결합하여 부드러운 전환을 구현한다. 또 다른 하나는 애니메이션 믹싱으로, 여러 애니메이션의 동기화 재생 또는 부분 애니메이션 재생을 처리하기 위해 믹싱 함수를 제공하여 시스템의 유연성과 표현력을 더욱 향상시킨다.



<그림 64> 인간의 워킹 애니메이션

그림 64와 같이 이 시스템에서는 제어 스크립트에서 애니메이션 블렌딩과 믹싱을 사용하여 각 단계의 애니메이션을 동일한 모델 상에 통합하여 제어된 인물의 걷기, 달리기, 점프 등과 같은 다양한 동작의 완전한 애니메이션을 구현하였다.

또한 애니메이션 시스템을 사용하여 문을 열고 닫는 기능을 구현하였다. 구체적인 작업 과정으로는 먼저 문 개체를 선택하고 인터페이스에서 애니메이션 옵션을 클릭하여 애니메이션 편집 창을 띄운다. 이 창에서 애니메이션 클립과 애니메이터를 생성하고 이름을 지정한다. 애니메이션을 제작할 때 문이 닫힌 상태를 초기 키프레임으로 선택하고 문이 완전히 열린 상태를 최종 키프레임으로 선택하였으며, 문을 열고 닫는 데 필요한 전체 시간을 설정하였다. 뒤이어 애니메이션 시스템은 이러한 정의를 기반으로 문이 열리고 닫히는 애니메이션을 자동으로 생성한다. 장면 속에서 문이 더 지능적인 방식으로 작동하도록 하기 위해 문의 표면에 트리거를 추가하였다. 이 트리거의 설정은 제어 캐릭터가 트리거의 특정 영역에 들어갈 때 해당하는 제어 스크립트를 트리거하도록 허용한다. 이 스크립트의 실행을 통해 문이 자동으로 반응해 열리고 닫히는 애니메이션을 기능을 구현함으로써 문이 인공적인 개입없이도 자체적으로 개폐 작업을 수행할 수 있도록 하였다. 이러한 디자인은 장면의 상호작용성을 향상시킬 뿐만 아니라 문의 애니메이션 효과를 더욱 실용적이고 스마트하게 만든다.



(a) 문의 열림과 닫힘 애니메이션

```

using UnityEngine;
using System.Collections;

public class Door : MonoBehaviour
{
    public GameObject door;
    public Animator doorAnimator;
    public Animation anim;

    private void OnTriggerEnter(Collider other)
    {
        anim.Play("dooropen");
    }

    private void OnTriggerExit(Collider other)
    {
        anim.Play("doorclose");
    }
}

```

(b) 문 제어 코드

<그림 65> 문의 열림과 닫힘 애니메이션 및 코드

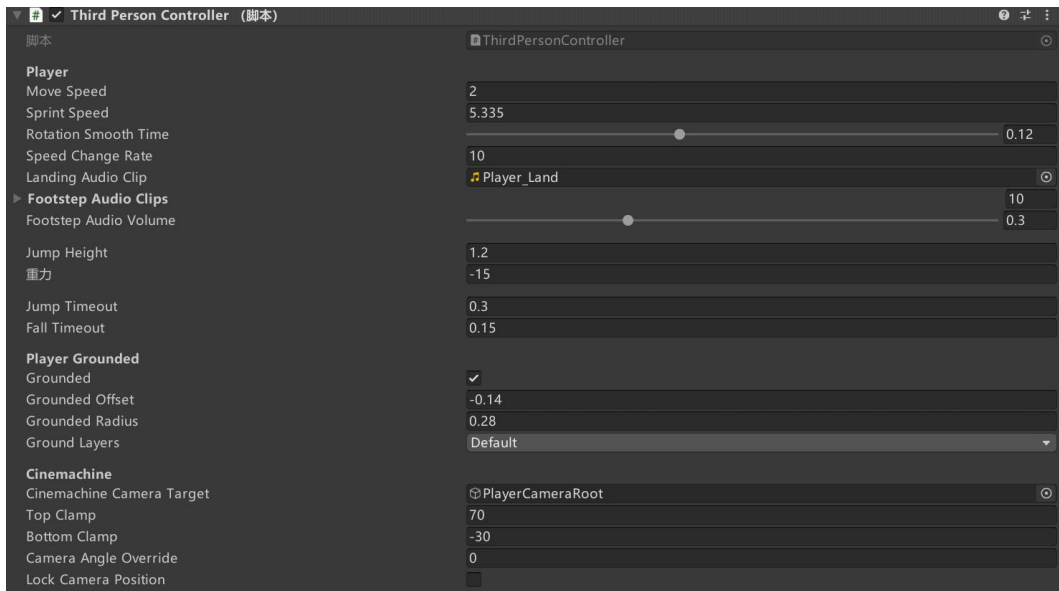
### (6) 중력 디자인

몰입형 환경 체험을 만들기 위해서는 실제 세계의 모든 물체가 가진 상태를 가상 환경에서 재현해야 한다. 이를 위해 Unity의 Starter Assets 리소스의 Third Person Controller 구성 요소를 사용하여 제어되는 캐릭터에 중력을 부여함으로써 가상 환경 속에서도 방문객이 실제적인 물리적 상호작용을 느낄 수 있도록 하였다. 이러한 조치를 통해 방문객이 가상 환경에서 제어하는 캐릭터의 동작 특성을 실제 세계와 일치하는 느낌으로 제공할 수 있다.

또한, Third Person Controller 구성 요소의 걷기 속도, 달리기 속도 및 점프 높이 등의 매개 변수를 조정하여 가상 캐릭터의 운동 특성을 인간의 행동과 일치하도록 만든다. 이러한 조정은 방문객의 가상 환경에서의 체험을 더욱 현실적으로 만들기 위해 걷기 및 달리기 속도의 유사성뿐만 아니라 점프 동작의 합리성까지 세심하게 고려하여 이루어진다.

또한 카메라의 회전 속도를 정교하게 조정하여 방문객이 캐릭터의 시점을 가장 편안한 속도로 제어할 수 있도록 하였다. 카메라의 감도와 응답 속도를 조정함으로써 가상 환경에서 원활하고 자연스러운 제어감을 만들어 사용자의 편안함과 체험의 퀄리티를 향상시키는 데 주력하였다. 이러한 정교한

조정은 가상 체험이 실제 세계의 운동 감각과 일치하도록 함으로써 사용자에게 더욱 매혹적인 가상현실 체험을 제공하도록 세팅되었다.



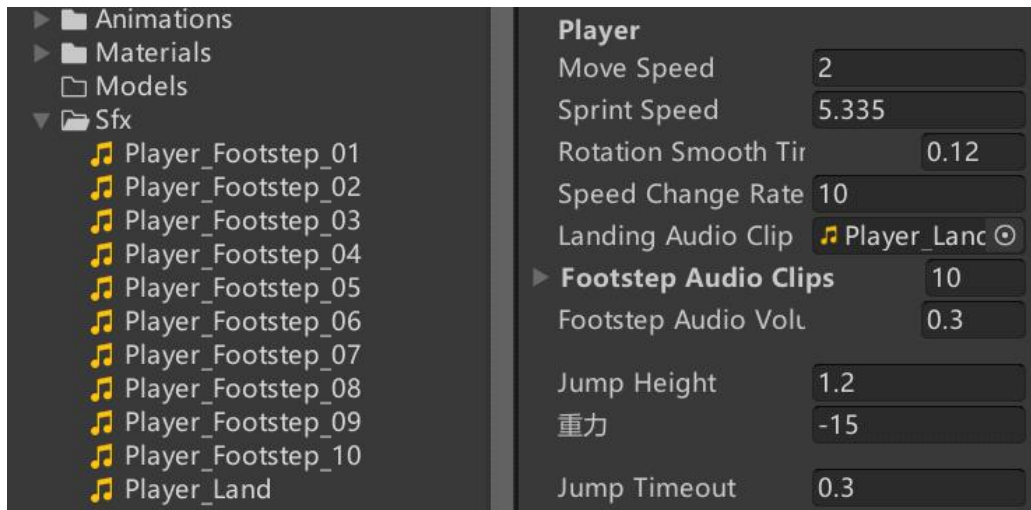
<그림 66> 환경 중력의 매개 변수화

## (7) 사운드 디자인

시각적 요소뿐만 아니라 오디오 역시 사용자 체험에서 중요한 역할을 하며 게임의 인식과 상호작용에 지대한 영향을 미친다. 오디오 디자인은 적절한 타이밍뿐만 아니라 시각적 요소와 원활하게 조화를 이루어 전체 게임 체험의 조화를 보장해야 한다.

게임 오디오는 크게 게임 음악과 게임 사운드 효과 두 가지 범주로 구분할 수 있다. 게임 음악은 일반적으로 장기간 재생되며 게임의 배경음으로 사용되는 반면, 게임 사운드 효과는 게임 속 애니메이션과 긴밀하게 연결되며 재생 시간이 상대적으로 짧다. 예를 들어, 사용자가 특정 동작을 트리거하는 경우, 즉 캐릭터가 걸어갈 때 발자국 소리나 바닥과 부딪히는 충돌 사

운드 등과 같은 사운드 효과는 플레이어에게 실시간으로 게임과 상호작용하는 피드백을 제공하기 위해 디자인된다.



<그림 67> 워킹 사운드 효과

Unity에는 총 네 가지 오디오 파일 형식이 있으며, 이들은 저마다 각각 상응하는 응용 장면들이 있다. AFF 파일 형식과 WAV 파일 형식은 상대적으로 짧은 게임의 사운드 효과에 적합하며, MP3 형식과 OGG 형식은 장시간 재생이 필요한 게임의 배경음으로 사용하기에 적합하다.

Unity에서는 오디오 소스의 구성 요소가 게임 사운드 재생을 구현하는 데 중요한 역할을 한다. 일반적으로 이 구성 요소를 카메라에 마운트에 배경음악의 재생을 진행한다.

속성 명칭	의미
AudioClip	오디오 클립 소스, 수동 및 코드로 설정 가능
Mute	음소거 여부를 나타내는 Bool 형식
BypassEffects	오디오 효과를 적용할지 여부를 나타내는 Bool 형식
PlayOnAwake	부팅 시 재생할지 여부를 나타내는 Bool 형식
Loop	반복 재생 모드를 사용할지 여부를 나타내는 Bool 형식
Volume	볼륨 크기를 나타내는 값으로 0에서1 사이의 값을 가짐
Pitch	음계를 나타내는 값, -3에서 3 사이의 값을 지니며, 1은 정상 재생을 의미하며, >1은 음계가 높음, <1은 음계가 낮음을 의미함

<표 7> 오디오 설정

#### 4.4.4 인터랙션 체험 디자인

가상박물관 디자인에서는 사용자의 인지 심리에 특히 주목해야 하며, 사용자와 컴퓨터 간의 인터랙션 체험과 개인의 감정 표현에 중점을 두어야 한다. 사용자가 박물관에서의 학습과 소통에 더 적극적으로 참여하도록 유도하기 위해 디자인은 대상 지향적 상호작용 방식에 초점을 맞추어야 한다. 동시에 전시물의 디스플레이 방식은 사용자의 관심과 공감을 유발하기 위해 디자인 과정에서 사용자의 감정적 요구를 더 잘 충족시킬 수 있는 것을 기반으로 삼아야 한다. 본 논문에서 디자인한 가상박물관에서는 실제 장면 로밍, 진동 피드백, 콘텐츠 피드백, 지도 내비게이션 안내, 탐색 도움말 등의 다양한 인터랙션 수단을 통해 사용자 방문 체험의 편리성을 크게 향상시켰으며 사용상의 어려움을 최소화하는 데 주력하였다. 사용자는 적재적소의 피드백을 얻을 수 있으며 자신의 기술과 능력에 부합하는 도전 과제를 수행할 수 있다. 이를 통해 몰입 이론 요소들의 요구 사항을 충족시키며 몰입 상태에 효과적으로 도달할 수 있도록 한다.

##### (1) Unity에서 박물관 둘러보기 기능 구현

둘러보기 인터랙션 기능의 구현하기 위해서는 인물 캐릭터를 불러온 후 3인칭의 시점을 탑재하여 둘러보기를 구현한다. 본 프로젝트에서는 이를 위해 Unity 리소스 스토어의 Starter Asset를 통해 3인칭 캐릭터 컨트롤러를 도입하였다. 기본 원리는 제어되는 캐릭터 뒤에 카메라 개체를 배치하여 각 프레임과 시간 단위마다 카메라가 캐릭터의 이동과 회전에 따라 위치와 각도를 조정하여 관람자에게 제시해야 하는 건물의 세부 정보와 전체 조망을 충족시키는 방식이다. 이로써 관람자는 캐릭터의 시점 변화에 따라 자유로운 박물관 둘러보기 기능을 구현할 수 있다.

요구 사항 분석 결과에 따르면 수동 둘러보기는 이 시스템에서 사용자들의 사용 빈도가 가장 높은 기능으로 그 완성도는 사용자의 시스템 평가에 큰 영향을 미친다. 사용자의 습관에 더 가깝게 사용자의 조작 편의성을 향상시키기 위해 캐릭터의 이동은 주로 키보드의 W/A/S/D 키와 화살표 키로 구동하도록 하였고, 시점 회전 조작은 마우스 이동을 통해 수행하도록 하였다. 시스템은 또한 Shift 키를 길게 눌러 가속 달리기 기능을 구현하는데 이는 사용자가 관심이 낮은 지역을 빠르게 통과할 수 있도록 하여 더 효율적인 둘러보기 체험을 제공한다. 그밖에도 이러한 게임 캐릭터 이동 모드에 익숙하지 않은 사용자를 위해 시스템은 진입 단계에서 H키를 눌러 자세한 조작 설명을 표시함으로써 가상 장면에서 브라우징하는 사용자를 안내할 수도 있다.

Unity에서 키보드와 마우스를 사용하여 게임 캐릭터를 제어하는 방식은 표면적으로 비슷한 효과를 나타내지만, 실제로는 완전히 다른 구현 방식이 필요하다. 게임 개발에서 Unity는 키보드의 각 키에 대해 명확하게 정의된 표현을 제공하며, 이러한 키는 KeyCode 클래스에 캡슐화되어 있다. 게임 스크립트에서는 일반적으로 매 프레임마다 실행되는 Update 방법을 활용하여 프로그래밍 언어의 Switch 명령어를 통해 W/A/S/D 키나 키보드 화살표

키가 눌러졌는지를 감지하여 해당 동작을 트리거한다. 그런 다음 카메라의 Transform 컴포넌트의 Translate 방식을 통해 카메라의 이동이 구현된다.

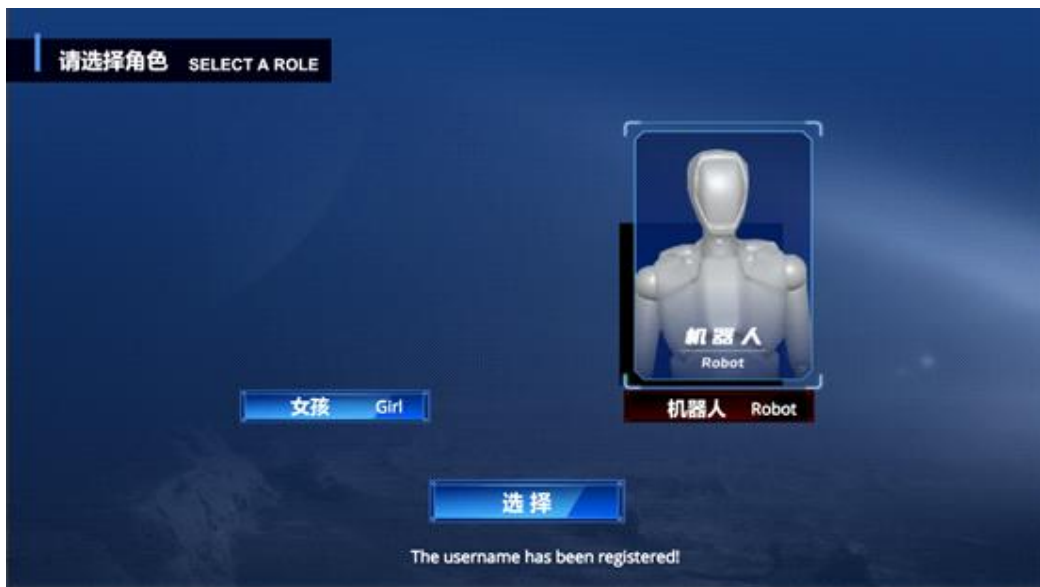
## (2) UI 인터페이스의 인터랙티브 디자인

Unity는 프로젝트에 강력하고 완벽한 그래픽 사용자 인터페이스(GUI) 엔진을 제공하여 시작 페이지, 도움말 페이지, 팁 페이지, 지도 페이지 및 비행기 소개 페이지 등의 기능을 구현할 수 있다. 이러한 인터페이스 디자인은 UI 요소를 사용하여 프로그래밍 및 버튼 제어를 통해 표시 및 숨김을 제어하여 사용자와의 상호작용을 실현하였다.

구체적으로 살펴보면 프로젝트의 로그인 페이지는 다음과 같이 디자인되어 사용자가 등록 및 로그인 작업을 수행할 수 있도록 지원한다. 등록 기능에서 입력한 사용자의 아이디와 비밀번호가 데이터베이스에 없는 경우, 'Registration Successful!' 이라는 팝업이 표시된다. 반대로 입력한 사용자 아이디와 비밀번호가 데이터베이스에 이미 존재하는 경우 'The username has been registered' 이라는 메시지가 표시된다. 로그인 작업에서는 올바른 사용자 아이디와 비밀번호가 입력되면 'Login successfully, please select a role!' 이라는 메시지가 표시되고, 그 후에 역할 선택 UI 페이지로 이동한다. 만약 잘못된 사용자 아이디나 비밀번호가 입력되면 'Incorrect username or password!' 라는 메시지가 표시되며, 사용자에게 입력 정보를 확인하도록 안내한다.



<그림 68> 로그인 페이지



<그림 69> 캐릭터 선택 페이지

로그인 후에는 역할 선택 페이지로 이동하게 된다. 이 페이지에서는 사용자가 관람을 위해 선호하는 역할을 선택할 수 있다.

처음 가상 전시관을 탐색하는 과정에서 방문객은 일부 인터랙션 작업, 기능 및 체험 방식에 대해 낯설게 느낄 수 있다. 따라서 도움말 페이지를 구축하여 전시관의 조작 사양이나 기초적인 플레이 방법 등을 소개하여 처음 가상 전시관을 접하는 방문객이 더 빠르고 심층적인 탐색과 체험을 할 수 있도록 효과적으로 지원할 수 있다.

가상박물관의 각 전시 항목에는 간단한 텍스트 설명이 첨부되어 있다. 사용자가 특정 비행기나 우주선에 대해 자세히 알고 싶은 경우 해당 모델에 가까이 가면 비행기 소개 창이 팝업된다. 전통적인 2D 페이지와 달리 이 비행기 소개 세부 정보 창의 팝업 원리는 사용자와 비행기 모델 간의 접근 사건에 기반한다. 사용자가 장면에 처음 진입할 때 모델에 대한 자세한 정보를 얻을 수 있는 기능을 인식하지 못할 수 있으므로 도움말 페이지에서 해당 작업 방법을 명시적으로 표시해야 한다. 일부 사용자가 조작 설명서를 확인하지 않고 직접 장면에 진입하는 경우 시스템은 가상박물관이 실행되는 동안 사용자가 전시물에 가까이 다가가면 자동으로 비행기 소개 팝업을 표시하는 전략을 채택한다.

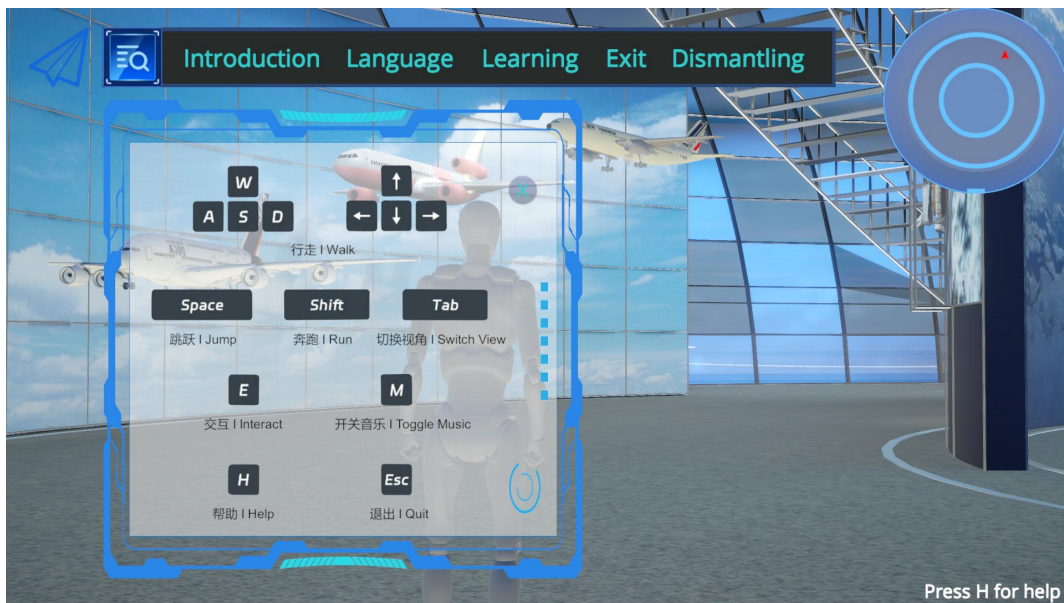
전시관에서 전체 비행기와 우주선에 대한 자세한 소개를 제공할 때 화면 크기의 제한으로 인해 가상박물관은 전체 비행기의 자세한 정보를 표시할 수 없는 경우도 있다. 이를 해결하기 위해 하이퍼링크 형식을 도입하여 비행기에 대한 간단한 소개 창에서 E키를 누르면 미리 셋팅된 비행기 상세 소개 웹 페이지로 이동하여 관련 정보를 자세히 알 수 있도록 하였다. UI 디자인 측면에서는 하단에 ‘Press E to jump to the detailed introduction page’ 라는 안내 메시지를 표시하여 방문객이 E키를 눌러 자세한 비행기 소개 페이지에 액세스할 수 있도록 안내한다.

주요 메뉴 옵션의 구체적인 내용과 기능은 <표 8>과 같이 정리하였다. 이러한 편리한 메뉴 바 설정은 사용자가 필요한 정보를 보다 빠르게 파악하고

전체 탐색 과정의 연속성을 확보할 수 있도록 도와준다.

메뉴	주요 기능
Introduction	W/A/S/D키로 캐릭터의 이동을, 스페이스바로 캐릭터의 점프를, 시프트키로 달리기 동작을 제어하는 등 전체 전시관의 조작 설명에 관해 안내한다. 마우스를 이용해 작업 시점의 이동을 제어하고, E키는 인터랙션 체험에 사용되며 H키는 도움말을 불러 오는데 사용됨
language	전 세계 사용자를 위해 전체 전시관의 정보를 영어와 중국어로 전환가능
Learning	전시관 내의 과학자 소개 페이지로 전학삼(钱学森), 등가선(邓稼先), 도수약(屠守锷), 양수반(梁守槃) 등 과학자의 생애와 항공우주 산업에 대한 그들의 공헌을 소개함
Exit	브라우저 페이지에서 나가기
Dismantling	비행기의 몰입식 해체 및 조립 인터랙션 페이지

<표 8> 가상박물관 주요 메뉴의 기능



<그림 70> 도움말 페이지

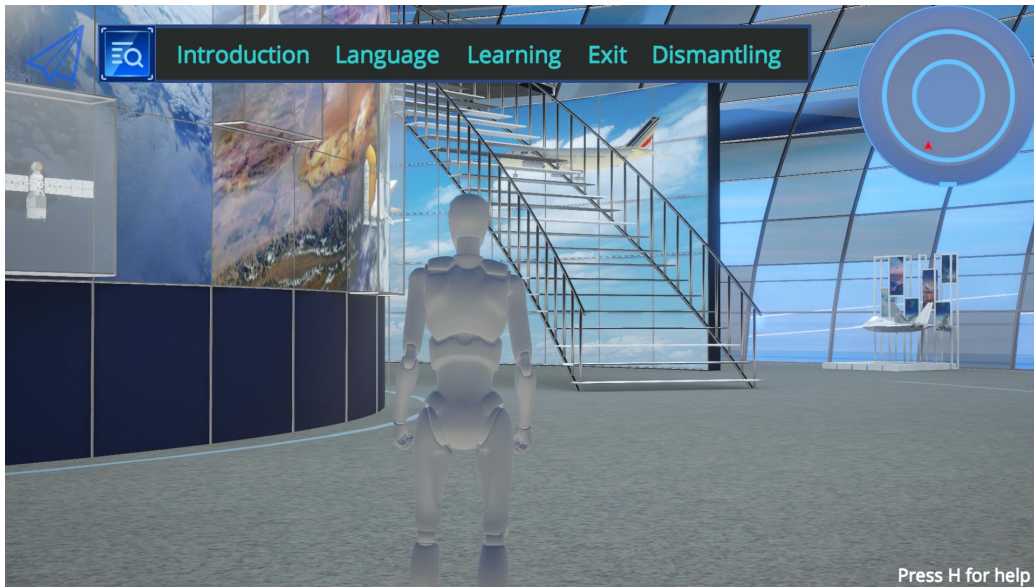


<그림 71> 비행기 소개 UI

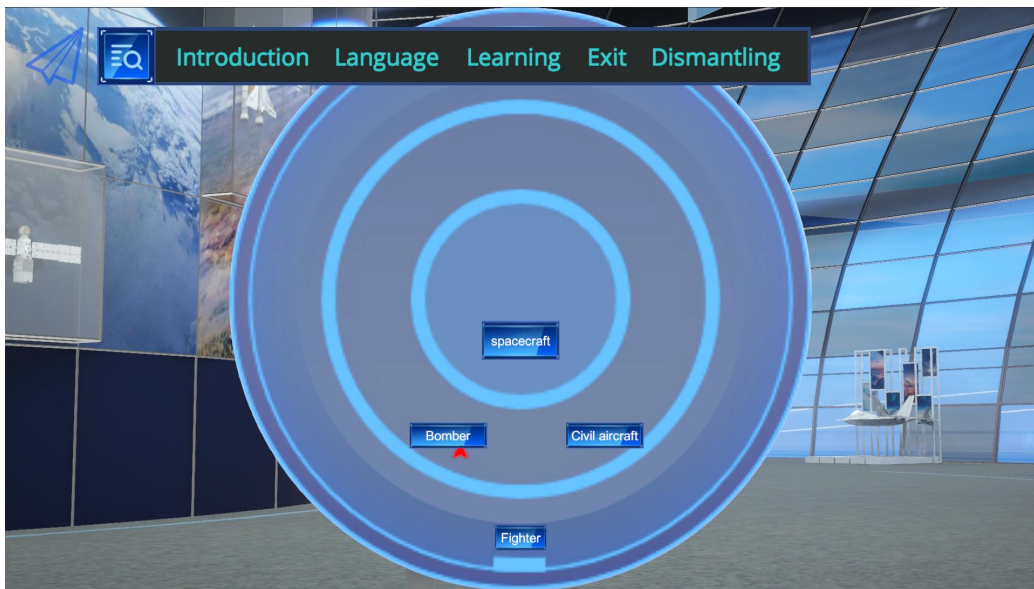
### (3) 지도 내비게이션

전시관을 관람하는 동안 방문객은 종종 안내 및 위치 파악에 어려움을 겪으며, 명확한 관람 경로와 방향 안내의 부재로 인해 길을 잃거나 위치를 알 수 없는 경우가 발생할 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 간결하고 효율적인 사용자 인터페이스(UI) 디자인을 활용하여 멀티플레이어 온라인 배틀 게임(MOBA) 속의 미니맵 기능과 유사한 기능을 도입했다. 본 시스템의 미니맵 기능은 전시관 개요도의 형식으로 사용자 인터페이스의 오른쪽 상단에 표시되며, 사용자의 전시관 내 위치를 실시간으로 추적할 수 있다. 사용자가 자신이 정확히 전시관의 어느 위치에 있는지 알고 싶은 경우 M키를 눌러 미니맵을 확대 또는 축소할 수 있다. 관람 안내라는 목적을 더 잘 충족시키기 위해 두 가지 미니맵 표시 모드, 즉 국부 표시 모드와 전역 축소 표시 모드를 디자인하였다. 먼저 표시되는 장면이 넓은 경우 국부 표시 모드는 사용자 주변의 장면을 미니맵에서 확대하여 사용자의 방향과 위치를 더 정

확하게 파악하는 데 도움이 된다. 반면에 전체 장면이 상대적으로 작은 가상 전시관 시스템에서는 전역 축소 미니맵 디자인을 사용하여 전체 전시관 개요를 제공하고 동시에 명확하게 표시할 수 있도록 하였다.



<그림 72> 미니맵 페이지



<그림 73> 확대된 미니맵 페이지

이렇듯 미니맵의 확대 및 축소 기능을 통해 사용자는 자신의 위치를 더 분명하게 파악할 수 있으며, 큰 지도에서 특정 영역을 클릭하여 목표 위치로 빠르게 이동할 수 있다. 이러한 디자인 방안은 특히 관심 있는 비행기와 우주선을 찾을 때처럼 방문객들이 박물관 내의 관심 지역을 더 빨리 관람할 수 있도록 도와주는 동시에 보다 빠르게 몰입 상태에 도달하여 박물관을 돌아볼 수 있도록 돕기 위해 고안되었다. 이와는 달리 2층 구역은 비행기 모델 수가 적고 주로 항공기 해체 및 조립 기능 위주로 디자인되었기에 이 구역에는 이동 기능을 추가하지 않았다.



<그림 74> 확대된 2층 미니맵

미니맵 기능은 FPS 슈팅 게임이나 MOBA 게임과 같은 대부분의 게임에서 널리 사용된다. 가상 전시관 시스템에서의 미니맵은 사용자가 자신의 위치를 파악하는 데 도움을 줄 뿐만 아니라 전체 장면에 대한 전반적인 이해를 제공함으로써 방문객이 많은 여러 구역에서 길을 잃는 상황을 효과적으로 방지할 수 있다. UI와의 상호작용을 통해 사용자는 쉽게 위치를 파악하고 관심 있는 지역으로 언제든지 이동할 수 있다. 이러한 가이드 솔루션은 방문객의 만족도를 높이고 길을 잃는 현상을 해결하여 보다 원활한 박물관 관람 체험의 기회를 제공할 것이다.

#### (4) 비행기 조립

기존의 가상박물관은 비행기나 우주선을 정적인 형태로 전시하고 그에 해당하는 인터랙션이나 정보 소개를 제공하는 데 중점을 두었기 때문에 박물관 디자인에서 비행기 조립 기능은 상대적으로 드물게 사용되었다. 이에 비해 본 연구에서는 비행기 조립 기능을 통해 방문객이 비행기 조립 과정에 직접 참여하고 체험할 수 있는 기회를 제공하고자 했다. 이를 통해 방문객은 관련 비행기 구조와 지식에 대해 더 깊이 이해할 수 있을 뿐만 아니라, 방문객의 관심을 보다 효과적으로 유도하여 몰입 상태로 진입하는 데 유용하게 활용될 수 있다.

본 가상 항공우주 박물관에서는 마우스 클릭 및 드래그 조작을 통해 비행기 부품을 이동할 수 있도록 구현하였다. 부품을 드래그 앤 드롭하는 과정에서 스크립트 로직을 통해 부품이 올바른 위치에 올바르게 배치되었는지를 확인한다. 부품이 올바른 위치에 배치되면 투명한 녹색 상태로 표시되고, 반대로 정확히 배치되지 않을 시에는 투명한 파란색 상태로 표시된다. 이 표시는 부품이 올바른 위치에 놓일 때까지 계속되며, 정확한 위치에 마우스를 놓게 되면 부품이 조립되고 실제 형태로 변환된다. 또한 조립 과정에서 접

근 감지 또는 영역 감지 기술을 활용하여 부품이 비행기 모델의 올바른 위치와 일치하는지 여부를 판단하도록 함으로써 비행기 부품 조립 기능을 성공적으로 구현하였다. 이 기능의 구체적인 과정은 다음과 같다.



<그림 75> 준비 페이지

먼저, 비행기의 ‘해체 단계’에 진입한다. 이 단계에서는 비행기의 각 부분을 분해하고 다른 위치로 드래그할 수 있다. 그런 다음 ‘해체 완료’ 버튼을 클릭한다. 해체 단계가 완료되면 ‘조립 단계’ 버튼을 클릭하여 다음 단계로 이동할 수 있다.

아래의 그림 77에서와 같이 비행기 부품이 올바른 위치에 배치되면 그 부분은 투명한 녹색으로 표시된다. 만약 올바른 위치에 배치되지 않으면 투명한 파란색으로 표시되며 제 위치에 배치될 때까지 파란색 상태가 유지된다.

부품을 올바른 위치로 드래그한 후 마우스를 놓으면 부품이 조립되어 실제 형태로 변환되는 장면을 볼 수 있다. 조립이 완료된 후 ‘조립 완료’ 버튼을 클릭하면 모든 비행기 부품이 사라진다. 그리고 다시 ‘해체 단계’ 버튼을 클릭하면 사라졌던 모든 부품이 다시 나타나 조립 및 해체 과정을 무제한으로 반복 수행할 수 있다.



<그림 76> 비행기 해체 완료 장면



<그림 77> 비행기 조립 단계



<그림 78> 비행기 조립 완료

가상 항공 박물관의 조립 기능은 방문객이 단순히 수동적으로 관람하는 것이 아니라 비행기 조립 과정에 직접 참여할 수 있게 함으로써 비행기의 각 부분, 구조 및 작동 원리를 이해하여 항공 지식에 대한 이해를 높이는 데 기여할 수 있다. 또한 교육 도구로도 활용되어 학생, 연구자, 항공 애호가들이 비행기의 구조와 작동 방식을 더 직관적으로 배울 수 있으며, 비행기의 각 구성 요소와 기능을 더 명확하게 이해하는 학습 효과를 향상시킬 수 있다. 이러한 인터랙티브 학습 방식은 항공 공학에 대한 지식과 이해를 깊게 함은 물론이고, 방문객의 참여감과 흥미를 높이고 호기심을 자극하여 방문객에게 몰입감 있는 체험을 제공함으로써 전시관 관람 체험을 향상시키는 역할을 한다. 동시에 가상 조립을 통해 이러한 기술적 지식을 대중에게 보급하고 청소년들의 과학기술에 대한 흥미를 자극하여 미래의 공학 인재 양성에도 기여할 수 있다.

#### (6) 접근 감지 기술

가상 시스템에서 접근 감지는 핵심 기술 중 하나로, 시스템의 인터랙션 성능에 직접적인 영향을 미친다. Unity3D에서는 더욱 현실적인 가상현실 시스템을 구축하고 실시간으로 빠른 접근 감지를 구현하기 위해 관련 오브젝트에 무빙 접근체와 강체(리지드바디) 속성을 추가해야 한다. 또한, 피동 접근 오브젝트에도 이에 상응하는 접근체와 강체(리지드바디) 속성을 갖추어야 한다.

항공우주 가상박물관을 디자인할 때 접근 감지 메커니즘을 도입하여 사용자의 가상 캐릭터가 비행기 모델에 접근할 때 시스템이 해당 접근 사건을 트리거하도록 하였다. 이어 시스템은 비행기에 대한 간단한 소개를 제공하여 사용자에게 비행기와 관련 정보를 자세히 보여준다. 한편 사용자는 E키를 눌러 웹 페이지 형식으로 표시되는 해당 비행기에 대한 더 자세한 정보

를 추가로 볼 수 있다.

사용자 체험을 향상시키기 위해서는 모델의 접근 감지 면적을 적절하게 늘릴 수도 있다. 이를 통해 사용자가 더욱 쉽게 비행기 모델에 접근할 수 있도록 하여 보다 직관적이고 자연스러운 인터랙션 체험을 유발할 수 있다. 이러한 개선 조치는 가상현실 시스템의 사용자 친화성과 상호작용성을 강화하는 데 도움이 된다.

#### 4.4.5 시각·청각·촉각 통합디자인

##### (1) 시각

가상박물관에서 시각 인식은 사용자의 가장 직접적인 감각 체험 중 하나로, 전시물과 박물관 주제의 표현에 매우 중요한 요소이다. 시각 요소의 디자인을 통해 전시물 및 전시 주제에 대한 사용자의 흥미를 자극하고, 심층적인 이해와 체험을 유도할 수 있다.

먼저 가상 항공우주 박물관의 주제와 위치에 근거하여 전체 디자인 스타일을 결정한다. 본 연구에서는 항공우주라는 특성에 걸맞게 보다 현대적이고 과학적인 스타일을 선택하였다. 예를 들어 UI 디자인에서는 과학적인 느낌의 디자인 배경을 선택하였고, 동시에 시각적 효과와 몰입감을 충족시키기 위해 인터랙티브 디자인을 함께 제공하였다. 가상박물관 2층 전시 구역에는 항공의 역사와 과학자 정신이라는 두 파트로 구성된 풍부한 포스터 전시장을 설치하였는데, 타임라인 배치와 스토리텔링 등을 활용해 과학기술적 분위기와 역사적 분위기가 넘치는 디자인 테마를 융합시킴으로써 사용자에게 몰입적인 시각 체험을 제공하였다.

한편 레이아웃 디자인 시에는 비행기의 높낮이를 들쭉날쭉하게 배치하여 독특한 전시 분위기를 조성함으로써 방문객의 관람 흥미를 유도하고자 했다. 높은 퀄리티의 모델링은 각 비행기 모델의 팝진성을 보장하며, 방문객에

게 현실적인 시각 효과를 제공하여 마치 실제 현장에 있는 듯한 느낌을 제공한다. 따라서 각 비행기 모델에 상응하는 정교한 텍스처를 부여함으로써 시각적 표현의 현실성을 더욱 향상시키고 방문객에게 더욱 임팩트한 시각적 체험을 제공하였다. 또한 문의 열림과 닫힘 같은 애니메이션 효과를 재치 있게 활용하여 방문객이 실제 시각 체험을 얻을 수 있도록 하였다.

마지막으로 캐릭터의 이동과 회전 등 활동 반경을 컨트롤함으로써 시각 범위의 변화를 제어하였다. 방문객은 가상 전시관을 관람할 때 시각 범위를 자유롭게 선택함으로써 전시물의 디테일한 세부 사항은 물론 먼 거리의 전시물을 제약없이 관찰할 수 있다. 이러한 캐릭터 제어를 통해 관람객의 체험을 향상시키고, 그들이 편안하고 즐거운 체험을 느낄 수 있도록 할 뿐만 아니라 캐릭터와 관람객의 일체감도 높일 수 있다. 따라서 가상박물관의 디자인은 시각적 상호작용 매체와의 통일성과 조화를 고려해야 하며, 시각적 연결을 유지해야 한다. 기존 박물관의 이러한 시각 범위 제약 문제를 해결하기 위해 본 연구에서 채택한 디자인은 방문객의 참여감과 만족도를 효과적으로 향상시킬 수 있으며, 그들이 전시물을 더 잘 감상하고 탐색할 수 있도록 한다.

## (2) 청각

가상박물관 디자인에서 청각 전달은 중요한 상호작용 방식 중 하나로, 사운드, 음악, 음성 안내 등을 통해 사용자에게 더욱 몰입감 있는 체험을 제공하여 박물관 방문객들의 인식과 이해를 강화시킬 수 있다.

먼저, 박물관의 사실적인 현장음을 재현하기 위해 실제 소리 효과를 시뮬레이션하였다. 가상박물관에서 사용자가 제어하는 캐릭터가 걸거나 달릴 때의 발걸음, 뛰는 소리 등은 청각 전달 시스템을 통해 실제 효과를 시뮬레이션하여 사용자의 몰입감과 관람 체험을 향상시킨다.

전시물의 스타일과 주제에 따라 상응하는 음악을 배경음악으로 선택하여 사용자의 정서적 공감을 강화시켰으며, 비행기를 관람하는 동안 비행기 주제에 맞는 배경 음악을 재생하여 관람객이 정서적으로 전시물에 더 가까워질 수 있도록 하였다. 또한, 음성 안내 시스템을 통해 상세한 설명과 정보를 제공하였다. 전통적인 전시해설사의 설명과 유사한 기능을 구현하여 관람객이 전시물을 더 잘 이해하고 감상할 수 있도록 하였다. 이러한 오디오 자원은 방문객이 전시물을 감상하는 동안 청각적 인식을 통해 더 깊은 이해와 몰입감을 얻을 수 있도록 한다.

한편 사용자의 개인 맞춤형 요구에 따라 청각 전달에 대한 요구와 선호도가 다를 수 있다. 일부 관람객은 비행기의 시각적 효과와 인터랙션에 중점을 두고 청각을 강조하지 않을 수 있으며, 또 어떤 관람객은 전시물을 감상하는 동안 조용함을 선호할 수 있다. 따라서 가상박물관 디자이너는 사용자의 심리적 요인들을 충분히 고려하여 다양한 사용자의 요구를 충족시킬 수 있는 선택과 설정을 제공하여야 한다. 이를 위해 배경 음악을 온오프할 수 있는 버튼을 설정하여 사용자가 자신의 취향에 따라 배경 음악을 켜고 끌 수 있도록 하였다.

### (3) 촉각

가상박물관 디자인에서 촉각 인터랙션은 일반적인 방식으로 구현하기 어려운 경우가 많다. 촉각 인식은 물리적 접촉이 필요한 감각 체험이기 때문이다. 따라서 대부분의 가상박물관들은 주로 시각과 청각 위주의 인터랙션 방식을 통해 정보를 전달하고 몰입식 체험을 제공한다.

하지만 본 연구에서는 사용자들에게 보다 사실적인 촉각 체험을 제공하기 위해 게임 컨트롤러를 통해 촉각 인터랙션을 구현하였다. 게임 컨트롤러를 활하여 버튼, 조이스틱 및 트리거 등의 촉각 피드백을 제공함으로써 사

용자가 각 조작의 촉각적 피드백을 명확하게 인지할 수 있도록 하여 관람객의 감상 몰입감과 상호작용성을 강화시켰다. 이러한 촉각 피드백 기술은 다른 감각적 피드백과 결합하여 사용자에게 더욱 사실적인 촉각 체험을 제공하며, 가상박물관 디자인에 새로운 가능성을 가져다 줄 수 있다.



<그림 79> Xbox 게임 컨트롤러

#### 4.5 요약

본 장에서는 신박물관학의 이론적 발전과 ‘스마트’ 박물관의 발전 추세에 기초하여, 가상박물관과 그 사용자를 주요 연구대상으로 삼아 몰입 이론을 융합한 가상박물관 디자인 계획을 제시하였다. 그리고 이를 기반으로 항공우주 디지털박물관과 항공우주 가상박물관, 두 가지 주류 유형의 가상박물관을 디자인하였다.

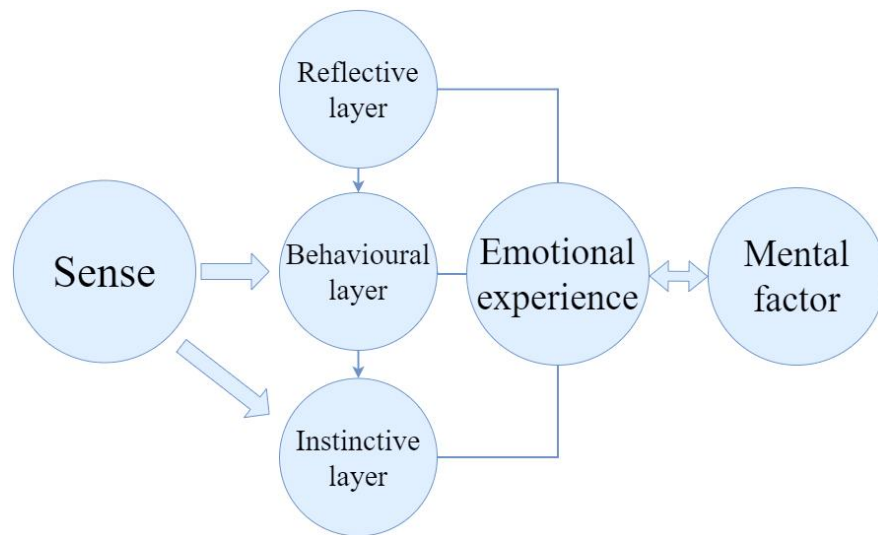
먼저, Django 프레임워크를 활용하여 항공우주 디지털박물관 웹페이지를

디자인하였다. 이 웹 페이지는 주류 비행기, 로켓 등의 다양한 자료를 전시하며, 딥러닝 기법을 활용하여 스마트 추천 알고리즘을 구현하였다. 이 알고리즘은 사용자의 브라우징 행동과 사용자 속성에 기반하여 사용자를 정확하게 분류하고 관심 있는 전시물을 추천한다. 이어서 디지털박물관의 사용자 체험을 조사 분석하였다. 조사 결과, 몰입 이론과 추천 알고리즘을 통합한 디지털박물관은 사용자들로부터 많은 호평을 받고 있는 것으로 나타났다.

마지막으로, 디지털박물관 디자인 경험과 사용자 피드백을 기반으로 Unity 엔진을 활용하여 항공우주 가상박물관을 디자인하였다. 이 전시실은 가상 브라우징 기술과 3D 모델링 기법을 결합하여 시각, 청각, 촉각이 통합된 체험을 즐길 수 있도록 하였으며, 개인화된 맞춤형 브라우징 방식을 제공한다. 전시물과 환경의 배치 및 브라우징 과정에서 사용자의 심리적 요인을 심층적으로 고려하여 사용자가 보다 효과적이고 신속하게 몰입 상태에 도달할 수 있도록 하였다. 이 디자인은 박물관 체험의 혁신을 촉진하고 사용자의 참여감과 만족도 향상을 목표로 진행되었다.

## V. 사용자 체험 분석

사용자 체험(User Experience)은 사용자가 시스템이나 제품을 사용한 후 얻게 되는 일종의 감정이나 느낌으로, 모든 시스템은 최종 평가에서 사용자의 체험성을 고려해야 한다. 사용자 체험에 대해 논할 때는 노먼(Norman)과 그의 저작 중 하나인 《감성 디자인》을 빼놓고 언급할 수 없다. 노먼은 사용자 체험의 세 가지 차원을 본능적 차원, 행동적 차원, 반성적 차원이라는 세 가지 차원으로 구분하여 설명했다. 본능적 차원은 사용자의 가장 직관적인 첫인상을 반영하고, 행동적 차원은 사용자의 사용 행동이 감정에 미치는 영향을 나타내며, 반성적 차원은 체험이 끝난 후 사용자의 머릿속에서 형성된 시스템에 대한 전반적인 인상과 감정을 반영한다.



<그림 80> 감성 디자인의 세 가지 차원<sup>141)</sup>

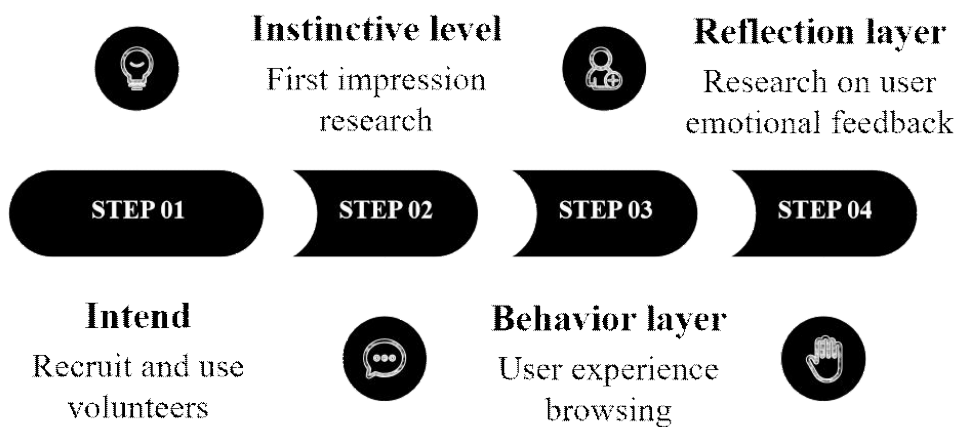
141) Fan Y T, Chang H J. A Framework for Multisensory Virtual Museum Design considering Users' Psychological Factors[J]. 2023 KSDS · SDC Fall International Conference, 2023: 128-133.

이 세 가지 차원으로부터 가상박물관에서의 사용자 브라우징 체험을 더 포괄적으로 평가할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 항공우주 가상박물관의 구축이라는 목적하에 사용자 체험을 분석하였다. 감성적 디자인에서 제시한 세 가지 차원을 적용하여 사용자의 주관적인 생각에 대한 연구, 사용자 관찰 등의 관점에서 사용자 행동, 감정 피드백 및 객관적 데이터를 분석하였으며, 이를 통해 항공우주 가상박물관에 대한 사용자 체험 효과를 전반적으로 연구하고 사용자 심리 요인을 고려한 가상박물관 디자인 방법의 효율성을 총체적으로 연구하였다.

## 5.1 가상박물관 사용자 체험 측정의 원리와 절차

### 5.1.1 사용자 체험 측정 과정

본 논문에서 구축한 항공우주 가상박물관의 사용자 체험을 테스트하기 위해 앞서 언급한 《감성 디자인》이라는 저서에서 제시한 세 가지 차원을 참고하여 아래 그림 81과 같이 측정의 맥락을 설정하였다.



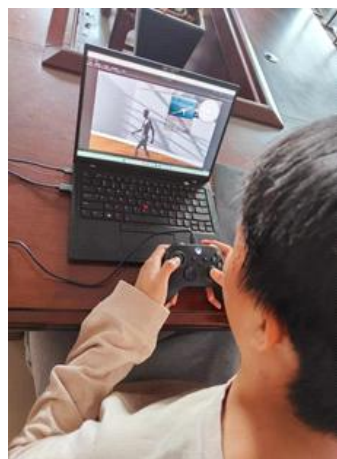
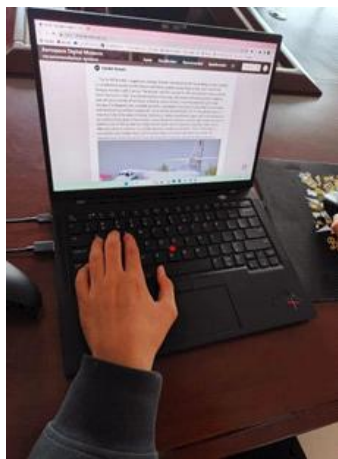
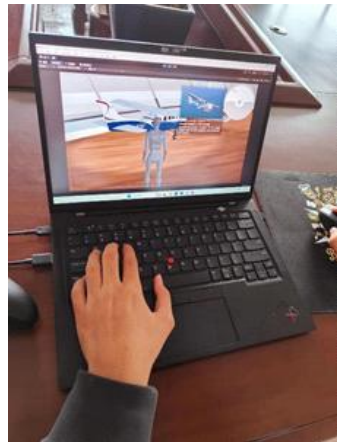
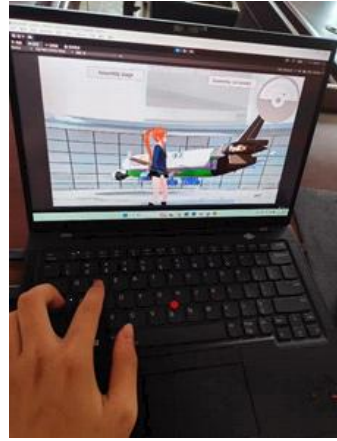
<그림 81> 사용자 체험 측정 과정

(1) 체험 평가 참가자를 모집하고 그들의 인적 사항을 기록하였으며, 개인

별 고유 번호를 부여하였다. 측정의 타당성을 보장하기 위해 400명의 지원자를 연구대상으로 선정하였으며, 다른 디지털박물관의 테스트 대상과 중복되지 않도록 조사 및 설문을 통해 인적 사항 정보(성별, 연령, 직업, 가상박물관에 대한 이해도)를 수집하고 일련번호를 부여하였다.

(2) 먼저 첫인상 조사(본능적 차원)를 실시하였다. 가상박물관에 대한 평가 참가자들의 첫인상을 조사하기 위해 현장 설문조사를 실시하고 그들의 주관적인 느낌을 기록하도록 요청하였다.

(3) 다음으로 사용자 체험 브라우징(행동적 차원) 조사이다. 400명의 평가 참가자들은 번호 순서대로 장비가 설치된 환경에서 브라우징 체험을 하였으며, 참가자들의 주관적 의지를 반영될 수 있도록 개인의 브라우징 시간에 제한을 두지 않았다. 브라우징 순서, 각기 다른 전시물의 브라우징 시간 등을 포함한 사용자의 브라우징 흔적을 백그라운드에서 기록하였으며, 사용자가 진지하게 브라우징하는지, 콘텐츠가 사용자를 끌어들이는지 등 체험 과정에서의 사용자 행동 표현도 기록하였다.



<그림 82> 사용자 테스트 장면

(4) 사용자 감정 피드백(반성적 차원) 조사이다. 브라우징 체험이 끝난 후, 설문지 형식으로 참가자들에게 요청하여 감정 피드백 조사를 실시하였으며, 주요 평가 내용으로는 참가자가 항공우주 가상박물관 시스템을 브라우징한 후 머리 속에 남은 전반적인 인상과 느낌을 위주로 조사하였다.

### 5.1.2 데이터 수집

사용자 체험 측정의 세 번째 단계에서 시스템은 사용자가 항공우주 가상 박물관에서 행한 상세한 탐색 데이터를 자동으로 기록해야 한다. 이 목표를 달성하기 위해 본 연구에서는 Unity3D를 활용하여 사용자가 각 비행기별 사용자의 구체적인 브라우징 인터랙션 시간을 기록하고, 데이터베이스와 연동하여 이 데이터들을 데이터베이스로 가져올 수 있는 코드를 작성한다. 이 과정은 사용자의 비행기 브라우징 인터랙션 시간 데이터를 분석함으로써 항공우주 가상박물관의 가용성을 검증하기 위한 것이다.

데이터 수집은 Mysql 데이터베이스를 사용하며 진행되었는데, 그 구체적인 사용 방법은 다음과 같다. 먼저, 로컬 컴퓨터에 MySQL 데이터베이스를 설치한 다음 해당 데이터베이스 연결 라이브러리를 프로젝트에 설치하고 해당 테이블을 데이터베이스에 생성하여 데이터베이스 연결에 필요한 정보를 수집하고 준비한다. 이 정보에는 데이터베이스 호스트 주소, 데이터베이스 포트 번호, 데이터베이스 사용자 이름, 데이터베이스 비밀번호, 연결할 데이터베이스 이름 등이 포함된다. 본 연구는 Unity3D에서 데이터베이스 연결을 구현하기 때문에 C# 프로그래밍 언어를 사용하여 MySQL 데이터베이스와의 연결을 설정한다. 연결은 데이터베이스 연결 라이브러리에서 제공하는 함수나 메서드에 의존한다. 구체적으로 Unity3D 코드를 사용하여 MySQL 데이터베이스와의 연결을 설정하고 이를 기반으로 SQL 쿼리가 실행되고 결과 집합이 처리 및 관리된다. 사용자 인터페이스에서는 데이터베이스 연결 인증

을 위해 입력 필드 컴포넌트를 통해 사용자가 입력한 사용자 이름과 비밀번호를 수집한다. 입력 필드의 내용은 사용자 등록 정보 조회, 신규 사용자 레코드 삽입, 사용자 로그인 기능 구현 등의 데이터베이스 작업을 수행하는데 사용된다.

이러한 데이터 기록 및 데이터베이스 운영의 설계는 사용자 인터랙션 행위를 포괄적으로 파악하고 후속 분석을 위한 충분한 데이터 지원을 제공할 수 있도록 설계되었다.

### 5.1.3 참가자

본 연구에서는 완성된 설문지를 작성하지 않은 참가자(n=24)를 모두 제외하였다. 본 테스트는 항공우주 가상박물관 디자인의 합리성과 교육적 목적에 기반한 과학의 대중화를 검증하는 데 초점을 맞추었다. 데이터의 질을 보장하기 위해 설문지에는 엄선된 질문들이 포함되었으며, 지시에 따라 질문에 대답하지 않은 참가자의 설문지는 분석 대상에서 제외되었다(n=8). 제외된 인원을 뺀 최종 참가 인원은 368명이었고 참가자의 평균 연령은 27.6세였다. 연령대로는 18세 미만이 20명, 18세에서 30세 사이가 234명, 30세에서 40세 사이 53명, 40세에서 60세 사이 36명, 60세 이상은 25명이 포함되었다. 성별로는 남성이 282명, 여성이 86명이었다. 참가자의 직업으로는 중·고등학생이 20명, 대학생 190명, 대학원생 34명, 직장인 104명, 그리고 은퇴자가 20명이었다.

### 5.1.4 설문지에 포함된 질문에 대한 분석

#### (1) 초기 조사

먼저, 참가자의 성별, 연령, 직업에 대해 조사하였다. 항공우주 지식에 대한 사전 이해도에 대한 질문에는 1(전혀 알지 못함)부터 5(매우 잘 알고 있

음)의 척도를 사용했다. 본 테스트에 참가하기 전에 가상박물관에 대해 알고 있었는지에 대한 질문, 테스트 전에 가상박물관에 대해 알고 있었는지에 대한 질문에 대해서도 각각 1(전혀 알지 못함)부터 5(매우 잘 알고 있음)까지의 척도를 사용하였다. 학습 과정 중에 전시물에 대해 얼마나 집중했는지에 대한 질문에는 1(전혀 집중하지 않음)부터 5(매우 집중함)까지의 척도를 사용하였다.

## (2) 첫인상 조사

사용자 체험 방면에서 제품이나 서비스에 대한 첫인상은 사용자의 인식과 전반적인 평가에 큰 영향을 미친다. 본 연구에서는 참가자들에게 가상박물관의 매뉴얼 비디오를 시청하도록 안내한 후 항공우주 가상박물관의 첫인상에 대한 피드백을 설문조사 형식으로 수집하였다. 설문조사 결과를 심층 분석하여 본 가상박물관에 대한 사용자들의 인식 및 초기 만족도를 살펴봄으로써 사용자의 첫인상에 영향을 미치는 주요 요인들을 파악하고자 하였다.

설문조사지는 박물관의 전반적인 첫인상에 대한 정량적 평가를 기반으로 설계하였으며 10점 만점 척도를 사용하였다. 설문조사의 후속 섹션에는 디자인 스타일, 사용자 인터페이스, 시각·청각·촉각 통합 체험 및 전시 콘텐츠 등에 대한 평가가 포함되었으며, 역시 10점 만점의 척도를 사용하였다. 마지막으로, 참가자들에게 서면으로 자신의 주관적인 경험을 표현하도록 요청하여 보다 심도 있는 사용자 경험 피드백을 얻었다.

첫인상에 대한 조사 결과의 상세한 분석을 통해 사용자가 항공우주 가상박물관의 인터랙션 체험에서 느끼는 감정에 대해 깊이 있게 이해할 수 있었고, 디자인 요소 및 전시 콘텐츠 등에 대한 사용자의 선호도를 밝혀 사용자 인식에 영향을 미치는 중요한 요인들을 도출하고자 하였다.

### (3) 사용자 감정 피드백 조사 연구

설문조사 초기 단계에서는 참가자들에게 박물관 방문 체험에 대한 만족도를 평가하도록 안내하고, 평가는 10점 만점 척도를 적용하였다. 이 단계의 목적은 가상박물관에 대한 사용자들의 인식과 경험에 대한 정량적 데이터를 확보하는 것이다. 이 섹션의 설계를 통해 박물관에 대한 참가자들의 전반적인 만족도 수준을 수치상으로 파악하고자 하였다.

설문 조사의 마지막 부분에서는 참가자들에게 박물관에 대한 전반적인 인상과 경험을 요약하는 글을 작성하도록 요청하였다. 후속 텍스트 분석을 통해 키워드 추출 방법을 사용하여 참가자들의 텍스트 평가를 체계적으로 분석하였다. 박물관에 대한 감정 평가의 주요 주제와 키워드들을 추출하여 사용자의 주관적인 체험 및 박물관 경험의 감정적 차원을 심도 깊게 파악할 수 있다. 이러한 접근 방식은 박물관 방문에서의 사용자의 감정 체험을 보다 포괄적이고 심층적으로 이해하는 데 유용하다.

#### 5.1.5 테스트의 합리성 분석

본 사용자 평가는 오프라인 측정으로 항공우주 가상박물관 탐색 중 사용자의 다양한 데이터를 자세히 기록하는 것을 목표로 한다. 데이터의 정확성과 신뢰성을 보장하기 위해 백그라운드 데이터베이스를 사용하여 관련 데이터를 수집하고 영상 녹화를 통해 비교하였다. 동시에 사용자의 완전한 자율적 참여를 충분히 고려하였으며, 환경 요인과 같은 외부 요인으로 인해 결과에 영향을 미칠 수 있는 방해 요소를 배제하여 테스트의 결과가 박물관 디자인의 합리성을 객관적이고 실질적으로 반영하도록 보장하였다.

테스트 과정에서 사용자의 박물관 탐색 행동, 방문 시간, 시각이나 청각 등의 다감각 피드백과 같은 다양한 측면의 데이터를 자세히 기록하였다. 이러한 데이터는 박물관 디자인의 효율성과 사용자 체험의 최적화를 평가하는

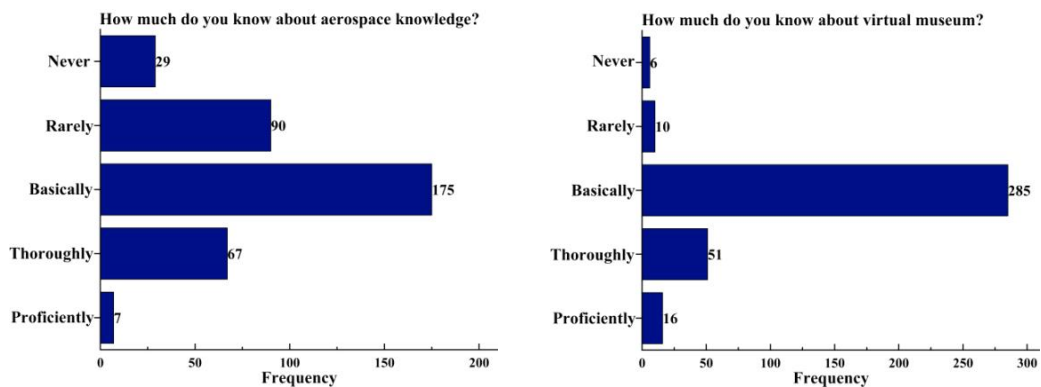
데 매우 중요한 역할을 한다. 비디오 데이터와 현장 기록을 분석함으로써 사용자의 주의 집중, 참여 정도, 탐색 경로 등의 행동, 그리고 시각·청각 등 사용자 감각 측면에서의 피드백을 심층적으로 관찰할 수 있었다.

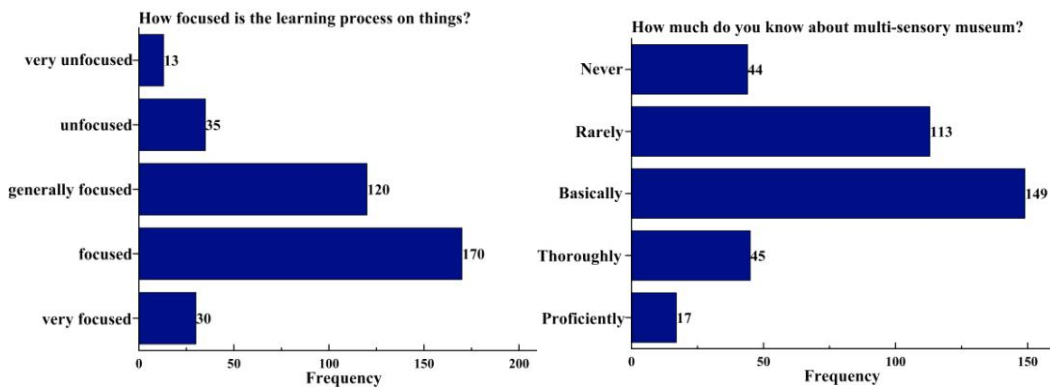
특히 본 테스트 참가자들은 브라우징과 인터랙션 과정에서 연구자측의 어떠한 지침이나 개입도 받지 않았으며, 가상박물관에 대한 자신의 인식과 인지를 가감없이 드러낼 수 있도록 하였다. 따라서 테스트의 결과는 높은 신뢰성을 지니며, 박물관 디자인 및 개선에 대한 객관적인 학술적 참고 자료를 제공한다.

## 5.2 사용자 체험 테스트 결과 분석

본 절에서는 사용자 체험 테스트 결과를 자세히 분석하고 앞서 소개한 《감성 디자인》의 세 가지 차원에 기초하여 항공우주 가상박물관의 사용자 체험을 평가한다. 이를 위해 먼저 중국 선양의 항공항천대학교에서 400명의 참가자를 무작위로 선택하고 최종적으로 368명을 연구대상으로 선정하였다. 이러한 샘플링 설정 및 조사 방법은 결과의 대표성과 신뢰성을 보장하는 데 효과적인 방식이다.

### 5.2.1 초기 조사 연구 결과

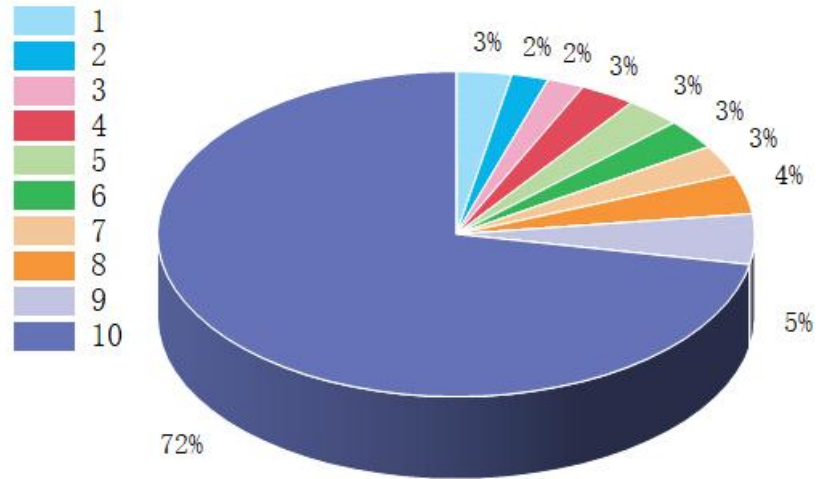




<그림 83> 초기 조사 연구 결과에 대한 응답 분포

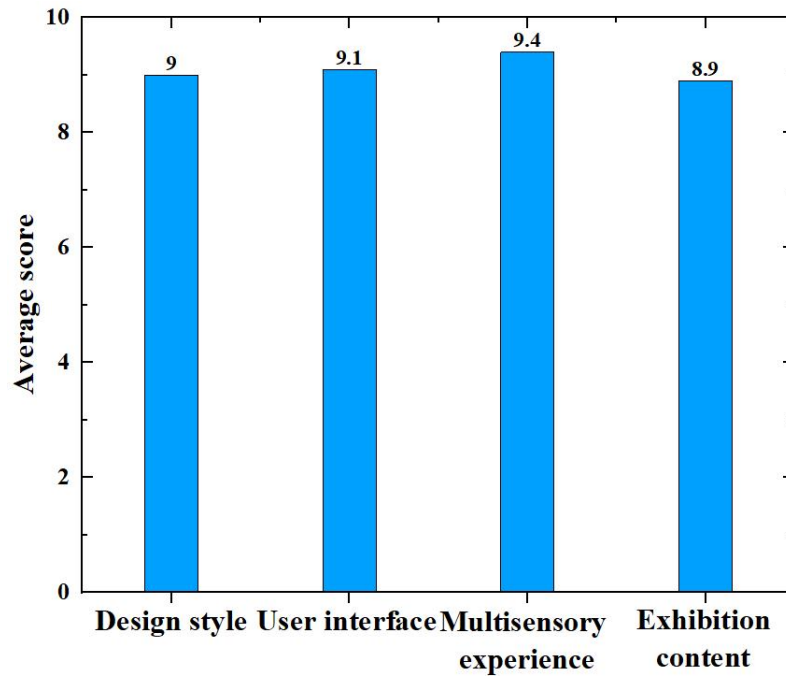
그림 83은 초기 조사의 응답 분포 그래프로 항공우주 지식, 가상박물관 및 시각·청각·촉각 감각 체험 중심의 다감각 박물관에 대한 참가자들의 이해 수준의 정도와 집중도를 보여준다. 조사 결과에 따르면, 대부분의 참가자들은 항공우주 지식에 대해 일정 정도의 이해도를 가지고 있었지만, 전문가는 상대적으로 적었다. 다음으로 가상박물관에 대해 알고 있는 사람은 다감각 박물관에 대해 알고 있는 사람에 비해 훨씬 많았으며, 이어지는 추가 분석을 통해서 많은 참가자들이 다감각 박물관에 대한 지식이 거의 없거나 전혀 없는 것으로 나타났다. 이는 더 많은 항공우주과학에 대한 대중화 교육의 필요성을 강조한다. 마지막 그래프는 교육 과정에서 참가자들의 자기 집중도에 대한 평가 현황을 나타내는데, 대부분의 사람들이 학습 과정에서 높은 집중력을 유지할 수 있었다는 사실을 보여준다. 이 결과는 참가자들이 박물관을 관람할 때 ‘몰입’ 상태에 쉽게 진입할 수 있는지의 여부를 평가하는 데 중요한 의미를 지닌다.

### 5.2.2 첫인상 조사 결과 분석



<그림 84> 전반적인 만족도 분포도

그림 84는 항공우주 가상박물관에 대한 전반적인 만족도를 평가 점수로 나타낸 분포 현황이다. 이 그래프를 통해 사용자들의 전반적인 만족도 추세와 집중도를 관찰할 수 있다. 또한 그림 83은 각 평가 항목에 대한 자세한 통계를 제공하며, 점수의 높고 낮음을 통해 체험 과정에서 참가자들의 첫인상에 영향을 미치는 중요 요인들을 식별할 수 있다.



<그림 85> 개별 평가 통계

그림 84와 85에 나타난 최종 평가 결과를 구체적으로 살펴보자면, 먼저 그림 84의 전체 만족도 분포에서는 87%의 사용자들이 6-10 사이의 점수대에 분포되어 있어 가상박물관의 전시 형식에 대해 전반적으로 높은 만족도를 보이는 것으로 나타났다. 이는 가상박물관의 전시 형식이 젊은 대중들에게 일반적으로 환영받고 있음을 시사하지만 일부 참가자들은 개인적인 선호도의 차이로 인해 여전히 신중한 태도를 지니고 있음도 알 수 있다. 다음으로 그림 85는 디자인 스타일, 사용자 인터페이스, 감각통합 체험 및 전시 내용 등 네 가지 방면에서의 평가 점수를 자세히 보여준다. 다중 감각통합 디자인(평균 9.4점)과 사용자 인터페이스(평균 9.1점)가 1, 2위를 차지해 시각·청각·촉각의 통합감각 체험을 가상박물관에 도입하는 것의 중요성을 확인할 수 있었다. 이러한 결과는 가상박물관의 디자인 및 개발에 유용한 지침

을 제공하며, 사용자의 기대를 충족시키는 데 있어 시각·청각·촉각의 통합감각 체험과 사용자 인터페이스의 최적화에 집중하는 것이 중요하다는 사실을 강조한다.

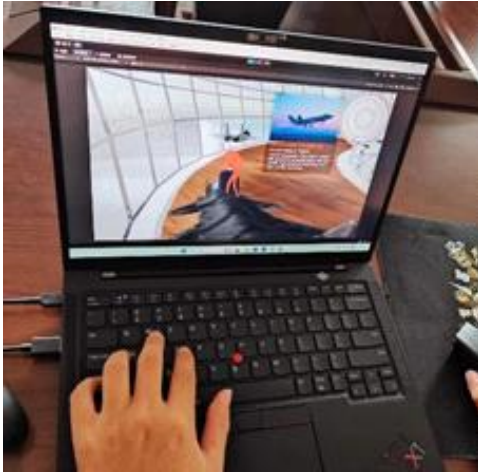
### 5.2.3 사용자 방문 행동 분석

본 연구에서는 참가자들이 항공우주 가상박물관을 방문할 때의 행동을 기록하고 관찰하여 객관적인 행동 데이터를 얻었다. 이 과정은 참가자들의 박물관 세부 체험을 이해하기 위한 것으로 이 데이터에는 참가자들의 인터랙티브 반응, 조작 행동 등이 포함된다(그림 86 참조).

(1) 관람 조작 행동 : 그림 86(a)에서와 같이 참가자들의 조작 작업을 직접 관찰하여 항공우주 가상박물관을 방문할 때의 행동을 파악한다. 관찰 내용에는 참가자들이 검색하고 머무른 페이지, 클릭한 항목, 시스템과 인터랙션하는 방식 등이 포함되며, 이는 다양한 기능과 정보에 대한 참가자들의 관심과 주목점을 이해하는 데 유용하게 활용된다.

(2) 인터랙티브 반응 : 그림 86(b)에서와 같이 참가자들과 항공우주 가상박물관의 상호작용 반응에 초점을 둔다. 이러한 반응에는 참가자들의 표정, 자세, 언어 소통 및 음성 반응 등이 포함되며, 참가자들의 시스템 인식과 감정적 경험을 평가하고 방문 과정에서의 주관적인 체험을 이해하는 데 도움이 된다.

참가자들의 방문 행동에 대한 전반적인 종합적 분석을 통해 항공우주 가상박물관에서의 참가자 행동 패턴과 선호도를 밝혀낼 수 있다. 예를 들어 특정 전시 콘텐츠에 머문 시간, 탐색 경로 선택, 비행기와의 인터랙션 등을 관찰하고 분석함으로써 항공우주 가상박물관의 디자인이 관람객들의 방문 욕구를 충족시킬 수 있는지를 평가하는 데 유용하게 활용될 수 있다.



(a) 관람 조작 행동



(b) 인터랙티브 반응

<그림 86> 사용자 테스트 장면

그림 86(a)는 항공우주 가상박물관 인터페이스와 사용자 행동의 전형적인 예로 학생 참가자가 가상박물관의 특정 페이지나 요소를 클릭하는 장면을 보여준다. 그리고 그림 86(b)는 가상박물관을 방문하는 동안 참가자들의 감정, 자세, 음성 반응을 보여준다. 이러한 이미지들은 학생들과 시스템 간의 인터랙션과 인지 체험을 보다 직관적으로 이해하는 데 도움이 된다.

기록된 결과를 분석한 결과, 학생 참가자들은 전투기나 폭격기 등 군용 비행기를 탐색할 때 일반적으로 더 긴 체류 시간을 보이는 것으로 나타났다. 또한 그들은 인터랙티브 모드와 이동 모드에 큰 관심을 보였으며, 시각·청각·촉각 통합 감각 자극을 더 충분히 체험하기 위해 왕복 이동을 자주 하였다. 여기서 주목할 만한 점은 학생 참가자들이 배경 음악에 대해서는 크게 흥미를 보이지 않은 반면, 엔진 소리나 걷는 소리와 같은 음향 피드백을 선호했다는 것이다. 많은 학생 참가자들은 음향 피드백을 얻기 위한 의도적인 오퍼레이팅을 자주 수행하였다. 하지만 이러한 분석은 다소 개괄적인 측면의 분석으로, 후속 연구에서 가상박물관의 백그라운드에 기록된

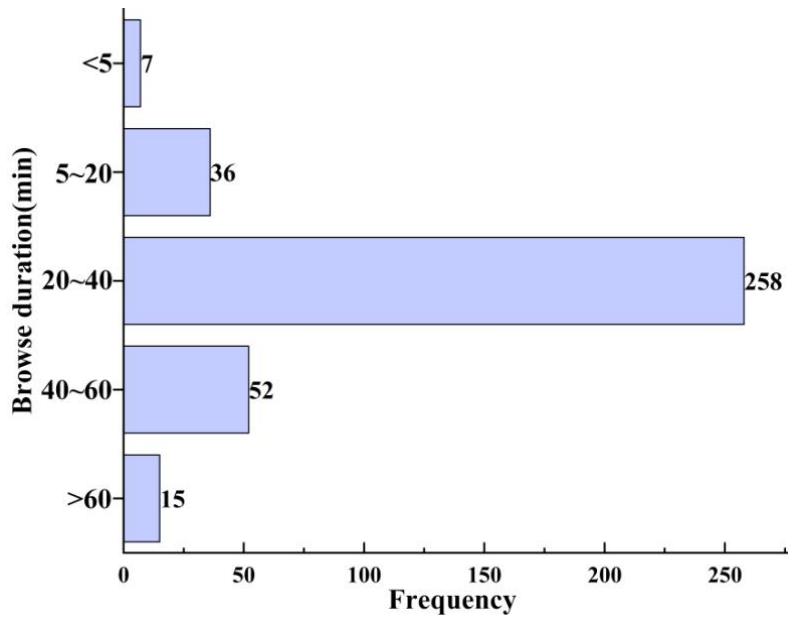
데이터와 결합하여 보다 객관적인 연구와 결론 도출을 진행할 것이다.

#### 5.2.4 브라우징 데이터 기록 분석

참가자들의 항공우주 가상박물관 방문 행동을 심층적으로 이해하기 위해 구축된 백그라운드 데이터베이스를 기반으로 사용자의 브라우징 데이터를 상세하고 객관적으로 분석하였다. 연구의 중점은 사용자의 전체 브라우징 시간과 각 전시물의 체류 시간 두 가지 측면에 두었다. 이 분석을 통해 가상박물관에 대한 참가자들의 전반적인 관심도와 각 전시물에 대한 관심도를 심층적으로 파악하고자 하였다.

##### (1) 사용자의 전체 브라우징 시간 분석

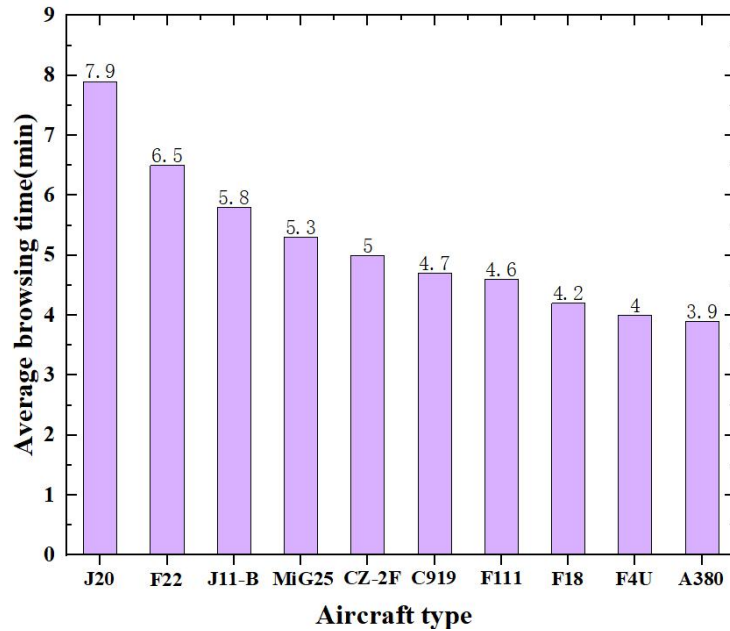
사용자의 전체 브라우징 시간을 분석함으로써 참가자들의 전체 방문 시간 분포를 파악하고, 이를 통해 그들의 전체 관심도를 밝혀낼 수 있다. 먼저, 모든 사용자의 전체 브라우징 시간을 계산하고, 히스토그램을 그려서 다양한 사용자들의 전체 브라우징 시간 분포를 시각적으로 제시하였다(그림 87 참조). 히스토그램을 분석한 결과, 사용자의 브라우징 시간이 20분에서 40분 사이인 경우가 258명으로 가장 높게 나타났으며, 브라우징 시간이 5분 미만인 사용자는 7명에 불과했다. 이는 참가자들이 항공우주 가상박물관에 대해 높은 관심을 보이며, 심층적인 브라우징을 위해 일정한 시간을 투자할 의향이 있음을 의미한다.



<그림 87> 브라우징 시간 통계

(2) 전시물 체류 시간 분석

각 전시물에 대한 참가자들의 관심도를 더 깊이 이해하기 위해 각 전시물의 체류 시간을 상세하게 분석하였다. 각 전시물들의 브라우징 시간을 높은 순으로 정렬하여 가장 인기 있는 상위 10개 전시물을 확인하고, 막대그래프의 형식으로 정리하였다(그림 88 참조). 각 막대는 해당 전시물 모델을 의미하며, 높이는 해당 전시물에 대한 평균 체류 시간을 나타낸다. 이 그래프를 통해 ‘J-20’ 과 ‘F22’ 가 참가자들이 가장 관심이 높은 체류 시간이 가장 긴 전시물임을 확인할 수 있다. 이는 이들 기종이 주목도가 높은 외관을 가지고 있을 뿐만 아니라 높은 인지도를 가지고 있어 사용자에게 강한 매력을 발산하기 때문인 것으로 판단된다.



<그림 88> 상위 10개 기종의 평균 브라우징 시간

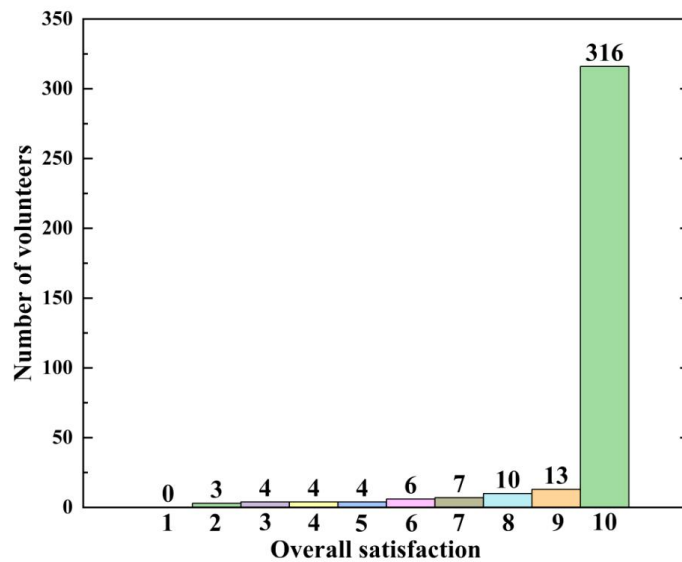
요약하자면 이상의 브라우징 데이터 기록의 분석을 통해 참가자들이 가상 항공우주관을 방문하는 전반적인 상황을 종합적으로 이해할 수 있다. 사용자의 전체 브라우징 시간 분석은 가상박물관에 대한 참가자들의 전반적인 관심 수준을 밝히고, 전시물 체류 시간 분석은 각 전시물에 대한 관심도를 보여준다. 이러한 분석 결과는 후속 전시물 디자인의 최적화와 항공우주 가상박물관의 사용자 체험 향상 방안을 마련하는 데 유용하게 활용될 수 있다.

### 5.2.5 사용자 감정 피드백 조사 결과 분석

사용자의 감정 피드백은 항공우주 가상박물관의 개선과 최적화에 중요한 단서와 근거를 제공한다. 본 절에서는 사용자가 실제로 가상박물관을 체험

하고 느낀 콘텐츠에 대한 감정 피드백을 조사하고 분석하여 전반적인 체험 만족도와 감정 평가 등을 조사한다. 이러한 피드백 정보를 자세히 분석함으로써 항공우주 가상박물관에 대한 사용자의 전반적인 인상과 느낌을 보다 심층적으로 이해할 수 있으며, 이를 통해 더 나은 사용자 체험을 위한 가이드를 제공할 수 있다.

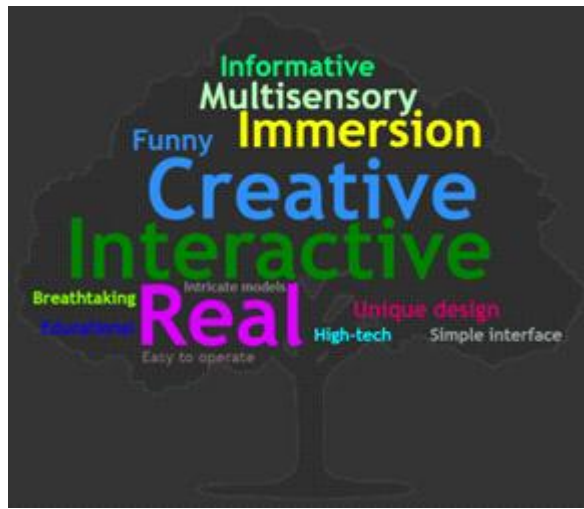
첫째, 설문조사를 통해 사용자에게 박물관 방문 후의 만족도를 평가하도록 요청했으며, 그 결과는 그림 89에 나타나 있다. 사용자의 평가 결과를 박물관에 대한 첫인상 평가와 비교해보면, 방문 후 평가에서 6-10점 사이의 평가를 내린 사용자는 무려 95.7%에 달했다. 이 결과는 사용자들이 항공우주 가상박물관을 체험한 후에 그들의 인상이 크게 향상되었음을 의미하며, 본 연구에서 적용한 몰입 이론에 기반한 가상박물관의 합리성이 검증된 것으로 판단할 수 있다.



<그림 89> 만족도 평가 결과

다음으로 아래의 그림 90에서는 사용자가 항공우주 가상박물관의 방문 과정에서 느끼는 즐거움, 자극, 인터랙션, 사실감 등 다양한 측면에 대한 감정 평가를 상세하게 분석하였다. 이러한 평가는 사용자가 다양한 인지 차원에서 항공우주 가상박물관에 대한 감정 반응을 심층적으로 이해하는 데 도움이 되며, 사용자가 어떤 측면에서 개선이나 강화의 필요성을 느끼는지를 밝혀준다. 워드 클라우드 분석을 통해 알 수 있듯이, 디자인 측면에서는 독특한 디자인 스타일에 집중하여 사용자의 주의와 관심을 끌어야 한다. 사용자 인터페이스 측면에서는 인터페이스가 간결하고 조작 및 탐색이 쉬워야 사용자 체험을 보장할 수 있다. 사용자 감각 체험을 강화하는 것은 사용자 만족도를 향상시키는 핵심 수단이며, 음향 효과나 시각 효과 등을 통해 항공우주 가상박물관의 현실감을 향상시킬 수 있다. 사용자의 방문 행동에 대한 심층 분석을 통해 전시물 배치와 전시 방식을 최적화하는 것 역시 사용자 체험을 향상시키는 효과적인 방법이다. 또한 사용자의 선호도에 기초하여 더욱 매력적인 전시 콘텐츠를 출품함으로써 사용자의 참여도와 체류 시간을 높일 수 있다.

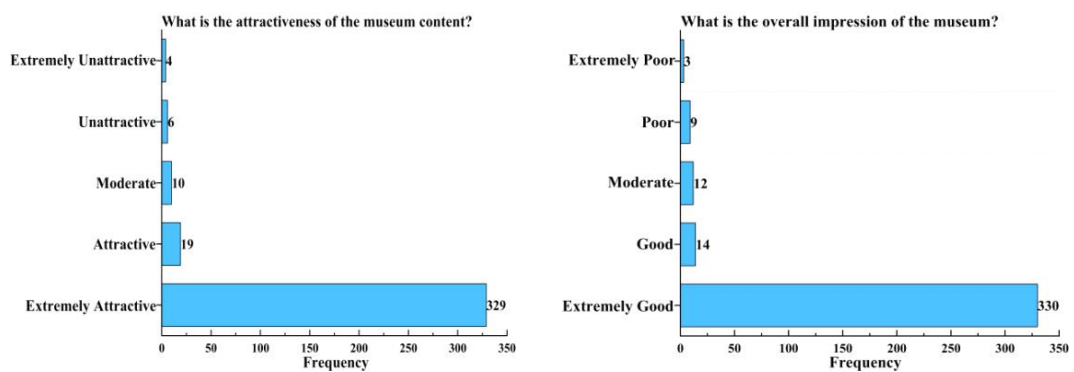
따라서 사용자의 감정 피드백은 항공우주 가상박물관의 사용자 체험 개선에 중요한 의미를 가지며, 가상박물관의 디자이너들은 사용자의 의견과 제안을 적극적으로 수렴하고 사용자의 요구와 기대를 깊이 이해하여 개선과 최적화 과정에서 충분히 고려해야 한다. 종합적인 분석을 통해 얻은 피드백은 가상박물관의 디자이너들에게 중요한 가이드를 제공하며, 보다 정확하고 효과적인 개선 조치를 이끌어낼 수 있도록 한다. 사용자 피드백에 기반한 반성적 차원에서의 분석은 실제 실무에서의 지침이 될 수 있을 뿐만 아니라 본 논문에서 디자인한 항공우주 가상박물관의 합리성과 응용 가치를 검증하는 기준으로도 활용될 수 있다. 이러한 피드백 순환 메커니즘은 가상박물관의 사용자 체험 수준을 지속적으로 향상시키는 데 중요하게 작용한다.

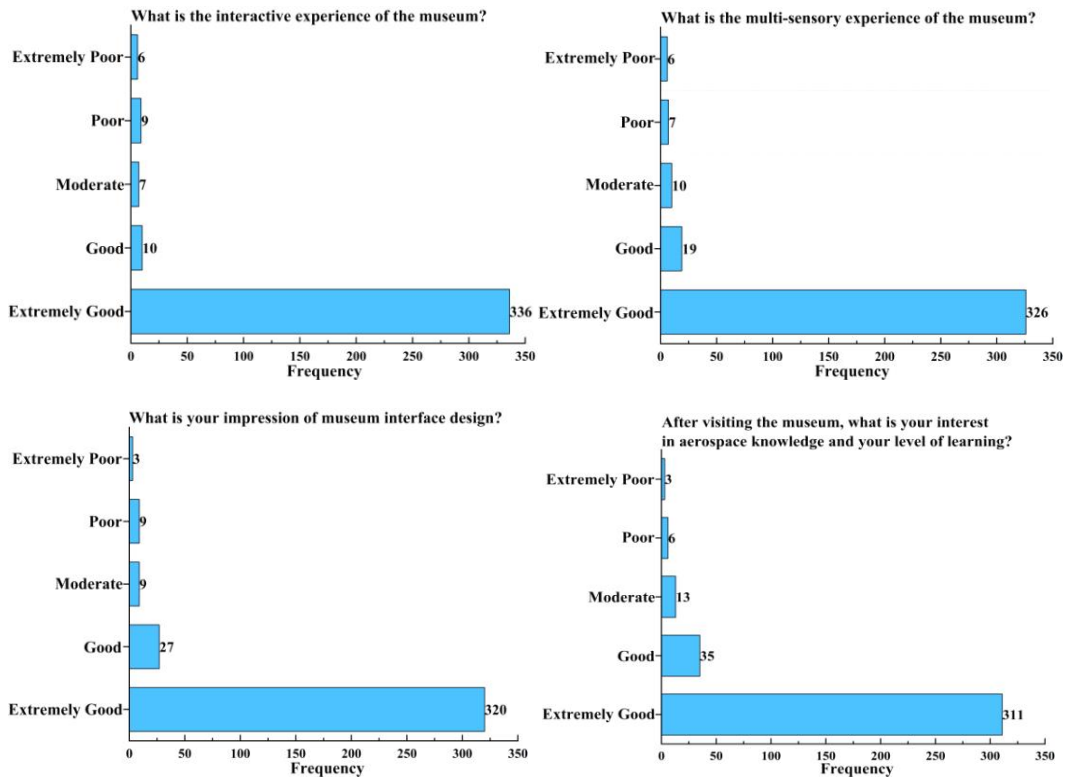


<그림 90> 감정 평가

### 5.3 항공우주 가상박물관 사용자 체험 만족도 분석

위에서 살펴본 사용자 체험 연구의 토대 위에 설문 조사와 인터뷰 형식을 사용하여 항공우주 가상박물관에 대한 사용자 체험 만족도를 조사 분석하였다.





<그림 91> 사용자 체험 만족도 조사 설문지 응답 분포

설문조사에는 박물관의 전반적인 인상을 묻는 항목(1점(매우 나쁨)에서 5점(매우 좋음)), 박물관 콘텐츠의 매력도가 어떠한지를 묻는 항목(1점(매력 없음)에서 5점(매우 매력적)), 박물관의 인터랙티브 체험을 어떻게 평가하는지 묻는 항목(1점(매우 나쁨)에서 5점(매우 좋음)), 박물관의 다감각(시각·청각·촉각 통합) 체험을 어떻게 평가하는지 묻는 항목(1점(매우 나쁨)에서 5점(매우 좋음)), 박물관의 인터페이스 디자인에 대한 인상을 묻는 항목(1점(매우 나쁨)에서 5점(매우 좋음)), 박물관 방문 후 항공우주 관련 지식에 대한 흥미와 학습 정도를 묻는 항목(1점(매우 나쁨)에서 5점(매우 좋음)) 등이 포함되었다. 또한 각 항목 뒤에 주관식 평가를 추가하여 그러한 인상이 왜

생겼는지를 설명하도록 요청하였고, 추가 인터뷰를 거쳐 다음과 같은 주요 결론을 도출하였다.

1) 전반적인 인상 : 항공우주 가상박물관에 대한 참가자들의 전반적인 인상은 대체로 긍정적이었으며 높은 수준의 기대와 평가를 보였다. 사용자들은 박물관의 가상 전시물, 전시물의 다양성, 박물관 콘텐츠의 정확성 등에 대해 긍정적으로 평가했으며, 박물관이 풍부한 항공우주 지식과 흥미로운 전시물을 제공하여 사용자의 흥미와 만족감을 유발한다고 답변했다.

2) 콘텐츠 매력도 : 사용자들은 항공우주 가상박물관의 전시 콘텐츠가 상당히 매력적이라는 데 대부분 동의했다. 박물관의 전시물은 항공우주 역사, 기술 및 모델에 대한 폭넓고 다양한 내용을 다루고 있어 사용자들은 이러한 내용들에 대해 보다 포괄적으로 이해할 수 있었다. 특히 메뉴 바와 다양한 인터랙티브 체험을 통해 전반적인 박물관 체험이 더욱 흥미롭고 재미있게 느껴진다고 답변했다. 또한 참가자들은 항공우주 가상박물관을 통해 항공우주 분야의 중요한 이정표, 획기적인 기술 및 우주 탐사의 성과에 대해 더 깊이 이해하고 체험할 수 있었다고 평가하였다.

3) 인터랙티브 체험 : 항공우주 가상박물관의 인터랙티브 디자인은 대부분의 사용자들에게 호평을 받았다. 사용자들은 박물관의 인터랙티브 디자인이 매우 재미있고 참여감과 몰입감을 느끼게 한다고 답변하였다. 예를 들어, 가상 환경에서 사용자는 비행 시뮬레이터와 상호작용하거나 비행기 조립 등의 활동에 참여할 수 있으며, 이를 통해 항공우주 분야의 지식과 기술에 대한 이해와 체험을 더욱 심화시킬 수 있다. 이러한 인터랙티브 체험은 사용자가 박물관 속으로 보다 깊이 참여하고 탐색할 수 있도록 하여 만족도와 참여감을 높이는 데 일조한다.

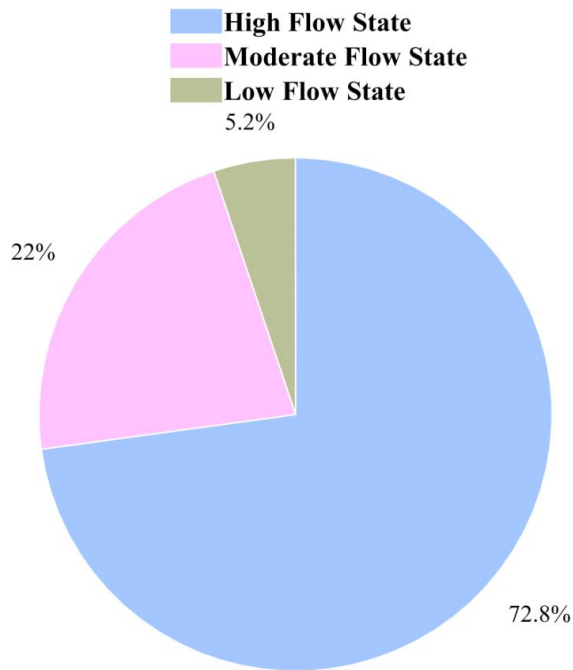
4) 감각통합 체험 : 사용자들은 항공우주 가상박물관의 시각·청각·촉각 감각 자극 디자인에 대해서도 매우 만족한다고 평가하였다. 사용자들은 박

박물관의 감각 디자인이 실제 감각을 자극하고 몰입감을 조성한다고 언급하였다. 시각, 청각, 촉각 등의 감각통합 체험을 통해 사용자들은 가상박물관에서 보다 포괄적인 체험을 즐길 수 있으며, 방문 체험의 몰입감을 높인다. 이러한 다중 감각통합 디자인은 사용자가 더욱더 심층적으로 참여하고 관람할 수 있도록 하여 호기심과 흥미를 높일 수 있다.

5) 인터페이스 디자인 : 항공우주 가상박물관은 사용자들로부터 인터페이스 디자인에 대한 긍정적인 평가를 받았다. 사용자들은 인터페이스 디자인이 직관적이어서 쉽게 조작할 수 있으며, 박물관의 내비게이션 시스템이 간결하고 명확하여 필요한 정보를 빠르게 찾아갈 수 있다고 평가하였다. 그러나 일부 사용자들은 정보 검색의 효율성을 향상시키기 위해 검색 기능을 추가하는 등 인터페이스 디자인 개선에 대한 제안을 하기도 하였다. 따라서 사용자 만족도를 더욱 향상시킬 수 있도록 지속적인 인터페이스 디자인의 최적화가 필요할 것으로 보인다.

6) 흥미와 학습 : 많은 참가자들이 항공우주 가상박물관을 통해 항공우주 분야에 대한 흥미가 증가했다고 답변하였다. 이는 가상박물관이 사용자의 학습 흥미를 자극하는 데 긍정적인 역할을 한다는 것을 의미한다. 이를 통해 박물관에서 제공하는 풍부한 정보와 인터랙티브 체험이 사용자들을 효과적으로 매료시키고 항공우주 지식과 기술에 대한 흥미와 호기심을 높인다는 사실을 알 수 있다.

그러나 본 논문에서 제안한 항공우주 가상박물관은 몰입 이론을 기반으로 디자인되었기 때문에 사용자의 방문 만족도 기준 중 하나인 몰입 상태의 도달 여부에 대한 더욱 구체적인 분석과 추가 논의가 필요하다. 따라서 각 참가자들에게 몰입 이론의 기본 개념에 대해 설명한 후, 설문조사 형식을 통해 앞선 3.1.3에서 언급한 몰입 상태 척도를 작성하도록 요청하였다. 그 결과는 그림 92와 같다.



<그림 92> 몰입 상태 결과

연구 결과에 따르면 368명의 참가자 중 72.8%가 고도의 몰입 상태에 도달했으며, 22%가 중간 수준의 몰입 상태에 도달했고, 단 5.2%의 사용자만이 저몰입 상태에 머문 것으로 나타났다. 이러한 결과로부터 항공우주 가상박물관은 감각통합 체험과 몰입형 디자인을 통해 대부분의 사용자가 기대하는 몰입 상태에 도달하도록 성공적으로 유도했음을 알 수 있다. 이전의 사용자 체험 분석 결과들을 종합적으로 고려하자면, 본 연구의 가상박물관은 사용자 만족도 측면에서 우수한 성과를 보여주어 기대 요구 사항을 거의 충족시켰으며 상당한 가치와 가용성을 갖추고 있다는 결론을 얻을 수 있다.

## 5.4 요약

본 장에서는 몰입 이론을 기반으로 구축된 항공우주 가상박물관에 대한 실제 사용자 체험을 설문조사를 통해 평가하고 분석하였다. 박물관 사용자를 대상으로 먼저 400명의 평가 참가자를 선정한 후 인터뷰와 설문조사를 통해 기본 정보(성별, 연령, 직업, 가상박물관에 대한 이해도)를 수집하고 일련 고유 번호를 부여했다. 그런 다음 엄선된 질문들을 선별하여 설문조사를 진행한 후 최종적으로 368명의 평가 참가자들의 유효한 평가 자료를 수집하였다.

먼저 평가 참가자들의 항공우주 지식, 가상박물관에 대한 이해 수준, 자기 집중도에 대한 초기 조사를 실시하여 몰입 상태에 쉽게 진입할 수 있는지를 평가하였다. 이어 가상박물관에 대한 평가자들의 초기 인상 및 각 모델에 대한 평가 점수를 조사하고 통계를 내어 감각통합 체험의 중요성을 입증함으로써 이후 가상박물관 개발에 가치 있는 참고 자료를 제공했다. 그런 다음 백그라운드 데이터베이스의 브라우징 시간 데이터와 전시품 체류 시간 데이터를 통해 참가자들의 전반적인 관심 수준과 각 전시품에 대한 관심 정도를 밝혀냈다. 사용자 체험 조사에 있어서는 평가자들의 만족도 평가 점수, 감정 피드백 수집 및 감정 키워드 워드 클라우드 구축을 통해 사용자의 만족도와 감정 반응을 종합적으로 파악하였다. 마지막으로, 항공우주 가상박물관에 대한 참가자들의 체험 만족도를 조사하고 몰입 상태 척도를 활용하여 참가자들이 몰입 상태에 도달했는지를 분석하여 본 항공우주 가상박물관이 참가자들을 만족시켰는지의 여부를 평가하였다.

분석 결과에 따르면, 사용자 심리 요소를 고려한 항공우주 가상박물관은 다양하고 풍부한 전시 콘텐츠와 심층적인 인터랙티브 체험을 제공함으로써 사용자들로부터 큰 호응을 받았다. 사용자들은 항공우주 분야에 대한 깊은 흥미를 느꼈고 학습 욕구를 자극받았다. 하지만 그럼에도 불구하고 일부 참

가자들은 인터랙티브 체험의 개선, 전시 콘텐츠의 다양성 증가, 안내 시스템의 효과 향상 등을 포함한 몇 가지 개선 사항들을 제안하기도 했다. 항공우주 가상박물관의 시각·청각·촉각 감각통합 체험 디자인 및 오프라인 박물관과의 차별화된 체험은 사용자들에게 한층 더 깊고 자유로운 관람 체험을 제공하며, 항공우주 지식에 대한 사용자의 관심과 호기심을 불러일으키는 등 그들의 요구를 충족시키는 데 우수한 성과를 보였다. 그러나 사용자 체험 만족도를 한층 더 높이기 위한 인터랙티브 체험 최적화, 전시 콘텐츠의 다양성 확대, 안내 시스템의 업그레이드 등 개선의 여지가 있는 몇 가지 과제도 여전히 존재하였다. 한편 인터페이스 디자인에 대한 참가자들의 긍정적 평가는 사용자 친화성의 중요성을 강조하였으며, 사용자의 정보 획득 효율성을 향상시키기 위한 검색 기능 추가 등의 제안도 제시되었다.

## VI. 결론

### 6.1 결론

전통적인 오프라인 박물관에서 디지털화된 가상박물관으로의 전환은 과학 문화 보존 및 전파 방법의 큰 발전이 낳은 결과물이다. 인터넷 기술 및 3D 디지털화 기술의 발전으로 인해 가상박물관은 문화 교육, 관광 진흥, 문화유산 보존, 예술 교류 등 다양한 분야에 더욱 폭넓게 활용되고 있다. 교육의 측면에서 보자면 항공우주 분야에서 구축된 항공우주 가상박물관은 학교 및 교육 기관에 풍부한 가상 학습 자원을 제공할 수 있다. 교사는 학생들을 가상 현장으로 안내하여 학생들이 3인칭 시각을 통해 항공우주 지식과 기술을 몰입적으로 체험하고 배울 수 있도록 지도할 수 있다. 이러한 방식은 기존의 텍스트와 이미지 중심의 전통적인 과학 교육 모델에서 벗어나 직관성과 상호작용의 부족이라는 결함을 보완해준다. 항공우주 가상박물관이 제공하는 몰입형 학습 환경은 학생들이 항공우주 지식을 더 깊이 이해하고 습득할 수 있도록 할 뿐만 아니라 종합 능력과 창의적 사고를 효과적으로 기를 수 있게 한다. 따라서 이러한 교육 방식은 교육의 질을 향상시키는 데 도움을 주며 미래의 항공우주 분야의 전문 인재 양성에 견고한 기반을 마련하는 데에도 크게 기여할 수 있다. 하지만 현재 대부분의 가상박물관은 단순히 오프라인 박물관의 브라우징 방식과 전시 콘텐츠를 디지털화한 수준에 머무르고 있어 사용자의 참여와 체험적 피드백보다는 주로 예술 작품이나 전시품의 전시에 중점을 두고 있는 실정이다. 따라서 초기 가상박물관은 ‘사물 중심’의 디자인에 초점을 맞추고 ‘사람 중심’의 디자인 이념을 간과했다. 근래에 들어서야 더 많은 사용자 그룹을 유치하고 박물관의 인지도를 높이기 위해 국내외 가상박물관은 감각통합 브라우징 체험의 개발과 디자인에 더 많은 관심을 기울이기 시작했고, 동시에 갈수록 성숙해지는 인터넷

및 가상현실 기술은 가상박물관 디자인의 다양성을 촉진했다.

그러나 대부분의 연구는 여전히 주로 가상 기술의 최적화와 알고리즘 개발에 초점을 맞추고 있으며, 구체적인 ‘사용자 중심’의 가상박물관 디자인 이념과 디자인 방법이 명확하게 제시되지 못하고 있는 실정으로 사용자의 다양한 방문 심리가 가상박물관 체험에 미치는 영향이 심도 깊게 고려되지 않고 있다. 따라서 가상박물관의 다양한 전시 표현 형식과 과학 교육적 의미를 고려할 때 디자인 과정에 사용자의 심리 요인을 통합해야 하며, 사용자의 브라우징 체험과 관람 만족도를 향상시키기 위해 더욱 심도 깊은 연구의 필요성이 제기되고 있다.

이에 따라 본 논문에서는 가상박물관과 사용자 심리를 출발점으로 삼아 기존의 사례 분석과 비교를 통해 감각통합 디자인 및 사용자 심리 요인과 가상박물관 디자인 사이의 복합적인 결합 관계를 요약하고, 몰입 이론을 융합한 새로운 가상박물관 디자인 방안을 제시하였다. 그리고 이러한 디자인 방안을 기초로 항공우주를 주제로 한 디지털박물관인 항공우주 가상박물관을 구축하였으며, 구축된 가상박물관에 대한 사용자 체험 분석을 수행하여 몰입 이론에 기반한 가상박물관 디자인 방안의 실현 가능성과 실용성을 검증하였다. 구체적인 연구 결론은 다음과 같다.

(1) 가상박물관에서 감각통합 디자인과 사용자 심리 요인의 결합 관계 및 시각·청각·촉각 통합 자극이 사용자의 몰입 경험에 미치는 영향의 중요성을 연구하였다. 사용자 심리 요인을 전체적인 디자인 아키텍처에 통합하는 구체적인 실현 형태를 제시하고, 디자인 개념과 방법을 구체화하는 데 있어 사용자 심리 요인 통합의 역할을 강조하였다. 그 결과 감각통합 체험 요소와 사용자 심리 요인은 가상박물관 디자인의 다양한 측면에 통합되어야 하는 중요한 가이드라인으로 작용하며, 가상박물관의 전반적인 디자인 아키텍처의 다양한 측면에서 통합될 필요가 있음을 인식하였다.

(2) 가상박물관을 관람하는 사용자의 심리를 주관적 심리, 특성 심리, 작용 심리의 세 가지 범주로 분류하고, 몰입 이론 모델을 도입하여 가상박물관의 사용자 체험을 정량화하였다. 또한 몰입 체험 상태 측정 지표와 몰입 상태 분류를 제시하여 디자인의 타당성과 사용자 만족도를 측정하였다. 동시에 사용자 심리 요인을 구체화하여 가상박물관 디자인의 몰입 이론 모델을 제시하고, 딥러닝과 몰입 이론 모델이 결합될 경우의 장점과 응용 전망을 탐구하였다. 그 결과, 몰입 이론에 기반한 가상박물관 디자인 방안은 기대이론과 자기결정이론에 부합하며, 다원화되고 개성화된 가상박물관 브라우징 체험을 실현하는 데 유용하게 활용될 수 있다는 사실을 확인하였다.

(3) 항공우주를 주제로 한 디지털박물관인 항공우주 가상박물관을 설계하고 구축하였다. 먼저, Django 프레임워크를 사용하여 디지털박물관 웹페이지를 디자인하고, 딥러닝의 방법을 적용하여 사용자 심리 요인을 통합한 지능형 추천 알고리즘을 설계하였다. 이후 테스트를 통해 본 논문에서 제안한 알고리즘의 추천 정확도가 기존의 시간 기반 추천 알고리즘보다 훨씬 높음을 확인하였다. 이어서 Unity 엔진을 사용하여 가상현실 항공우주 전시실을 디자인하였다. 전시실에는 30여 종이 넘는 다양한 비행기와 우주선 등이 전시되었으며, 개인 맞춤형 캐릭터 선택을 통해 사용자는 자신의 캐릭터를 조종하여 자유롭게 박물관을 둘러볼 수도 있고 비행기의 해체와 조립을 직접 체험해 볼 수 있도록 하였다. 항공우주 가상박물관은 시각, 청각, 촉각 등 다양한 감각 체험을 통합하고 사용자 심리 요인을 충분히 고려함으로써 보다 많은 사용자들이 몰입 상태의 체험을 즐길 수 있는 개인화된 맞춤형 몰입식 브라우징 체험을 제공한다.

(4) 구축된 가상박물관에 대한 사용자 체험 분석을 수행한 결과, 몰입 이론이 융합된 항공우주 가상박물관은 사용자들로부터 전 영역에 걸친 광범위한 긍정적 평가를 받았으며, 사용자의 72.8%가 고도의 몰입 상태에 도달한

것으로 나타났다. 또한, 항공우주 가상박물관의 감각통합 체험 디자인 및 오프라인 박물관과의 차별화된 체험은 사용자들에게 더 깊고 자유로운 관람 체험을 제공하였으며, 감각통합 체험과 몰입 이론을 가상박물관 디자인에 도입하는 것의 중요성을 재차 입증하였다. 이를 통해 본 논문에서 제안한 항공우주 가상박물관 디자인 방안의 타당성과 실행 가능성을 검증하였으며, 이는 향후 후속 가상박물관 개발에 가치 있는 참고 자료를 제공할 것이다.

(5) 사용자 체험 분석을 통해 방문객들이 매우 사실적인 3D 모델링과 몰입감 있는 감각적 디자인을 통해 표현된 항공우주 가상박물관의 항공우주적 요소들에 대해 높은 평가를 내리고 있음을 확인할 수 있었다. 이러한 요소들은 사용자들에게 시각적인 임팩트를 제공할 뿐만 아니라 감각통합 기술과 사용자의 몰입 이론에 기반한 디자인을 통해 항공우주적 요소들이 제공하는 몰입감을 체험할 수 있도록 해준다. 사용자들은 감각통합 디자인이 생동적인 사실감을 자극하고 몰입감을 조성한다고 평가하였다. 시각, 청각, 촉각 등의 감각 체험을 통해 사용자들은 가상박물관에서 더욱 포괄적인 체험을 즐길 수 있었다. 이러한 몰입식 디자인은 사용자들이 빠르게 몰입 상태에 도달할 수 있도록 하며, 이를 통해 항공우주 지식에 대한 인상을 크게 향상시키는 데 기여하였다. 동시에 몰입식 3인칭 탐색을 통해 사용자는 항공우주 관련 전시물들과 그에 대한 소개들을 더 직관적으로 이해하게 됨으로써 항공우주 분야에 대한 인식과 관심을 강화시킬 수 있었다. 위에서 언급한 바와 같이 항공우주 가상박물관의 항공우주적 요소들은 독특한 전시 방식과 몰입식 체험을 통해 사용자들에게 항공우주의 세계를 탐색할 수 있는 창문을 열어주었으며, 학생들의 항공우주 기술에 대한 흥미와 호기심을 촉발시켜 이에 대한 탐구 욕구를 자극하는 성과를 얻었다.

본 논문에서는 가상박물관의 디자인 과정과 연구 방법을 상세히 서술하였으며, 몰입 이론을 창의적으로 통합하여 사용자 참여도와 만족도를 향상시

키는 데 활용하였다. 연구 결과는 문화유산의 전승과 인터랙티브 교육 분야에서 중요한 발전을 이루었으며, 일정한 실용적·사회적 가치를 지니고 있다. 이 작업은 가상박물관 디자인 영역에서 새로운 개념과 방법을 제시할 뿐만 아니라, 항공우주 주제의 디지털박물관과 가상박물관에 성공적으로 적용되었고, 사용자 체험 분석을 통해 해당 디자인 방법의 효과를 검증하였다. 이러한 성과는 향후 가상박물관의 디자인 연구에 이론적 기반과 실무 경험을 제공하며, 다양한 가상박물관의 디자인, 평가, 최적화 등의 작업에 일정한 참고 자료를 제공함으로써 해당 분야의 다른 연구에도 중요한 이론적, 응용적 가치를 지닐 것이다.

## 6.2 연구의 전망

과학기술이 급속도로 발전함에 따라 가상박물관은 문화유산 전승 및 체험의 새로운 분야로서 점점 더 많은 관심을 받고 있다. 모바일화, 정보화 등의 추세는 가상박물관의 발전을 촉진하고 있으며, 그중에서도 더욱 자연스럽게 몰입감있는 체험을 실현할 디바이스 기술이 계속해서 등장하고 있다. 향후 연구에서는 몰입 이론에 기반한 가상박물관 디자인 방안이 계속해서 개선되고 발전할 것으로 보이며, 이를 위해 다음과 같은 몇 가지 측면에서 보다 심층적인 연구가 중점적으로 진행되어야 할 것이다.

(1) 심리 요인에 대한 연구 방법론의 확장이다. 방법론적인 측면에서 현재의 연구는 주로 사용자의 작용 심리, 즉 사용자 체험에 가장 직접적인 영향을 미치는 요인에 초점을 맞추고 있다. 그러나 작용 심리 자체는 주관적 심리나 특성 심리와 상호 연관되어 있다. 앞으로 기술이 성숙하고 연구가 심화됨에 따라 연구자들은 더욱 포괄적인 디자인 이념을 실현하기 위해 사용자의 주관적 심리와 특성 심리를 심리 요인에 대한 연구 범위에 통합하는 것을 고려해야 할 것이다.

(2) 문화의 디지털화 구현과 문화 보존의 균형이다. 문화의 디지털화 구현이라는 측면에서 가상박물관은 새로운 기술을 도입하는 동시에 기술의 개입으로 인해 문화의 순수성이 손상되는 것에도 주의를 기울여야 한다. 연구자들은 가상박물관이 문화유산을 탐구하는 과정에서 문화의 내재적 가치를 충분히 이해하고 문화의 보존과 계승을 실현할 수 있도록 문화적 함의를 발굴하는 심층적인 문화 연구를 수행하는데 더 많은 관심을 기울여야 할 것이다.

(3) 사용자 감각 체험의 전면적인 최적화이다. 현재 가상박물관의 감각 체험은 주로 시각, 청각, 촉각에 중점을 두고 있다. 후각과 미각에 대한 체험은 상대적으로 제한적이며 가상의 촉각 역시 구현하기 어렵다는 한계를 지니고 있다. 사용자 체험의 완결성과 퀄리티를 향상시키기 위해 연구자들은 향후의 후속 연구를 통해 다감각 측면에서 사용자의 인지 체험을 수용하고 향상시킬 수 있도록 체험 환경의 전반적인 최적화에 더욱 중점을 두어야 할 것이다.

## 참고문헌

### ■ 국내 학술논문

강인애 · 설진성, 가상박물관을 활용한 학교문화예술교육 수업사례연구, 교육 방법연구 22(1), 2010

박수빈 · 이현경, 메타버스형 가상 박물관의 사례 연구에 따른 발전 방향 제언: 개인화와 공유를 중심으로, 한국디자인포럼 26(3), 2021

신원 · 윤재영, 온라인 전시에서 사용자의 참여도와 몰입도가 관람 만족도에 미치는 영향, 디자인학연구36(1), 2023

이정선 · 여운승, 디지털시대 관람객과의 소통을 위한 대학박물관 홍보 전략 -이화여자대학교 박물관 사례를 중심으로, 고문화 89. 2017

### ■ 해외 문헌

Buendía, J. R. Paintings of the Prado. Bulfinch Press Book, Little Brown, 1994.

Csikszentmihalyi M. Finding flow: The psychology of engagement with everyday life[M]. Hachette UK, 2020.

Csikszentmihalyi, Mihaly. Flow: The Psychology of Optimal Experience. Harper & Row, 1990.

Guazzaroni, Giuliana, and Anitha S. Pillai, eds. Virtual and augmented reality in Education, Art, and Museums[M]. IGI Global, 2019.

Kelleher J D. Deep learning[M]. MIT press, 2019.

Mochocki M. Role-play as a heritage practice: Historical LARP, tabletop RPG and reenactment[M]. Routledge, 2021.

#### ■ 해외 학위논문

王思怡, 多感官博物馆学：具身与博物馆现象的认知与传播[D], 浙江大学, 2019  
Guo K, Understanding Digital Museum Visitor Experience Based on Multisensory Cues[D], Purdue University Graduate School, 2019

#### ■ 해외 학술논문

Akhtar N, Khan N, Mahroof Khan M, et al. Post-COVID 19 tourism: will digital tourism replace mass tourism?[J]. Sustainability, 2021, 13(10): 5352.

Akula A R, Wang K, Liu C, et al. CX-ToM: Counterfactual explanations with theory-of-mind for enhancing human trust in image recognition models[J]. Iscience, 2022, 25(1).

Barbieri L, Bruno F, Muzzupappa M. Virtual museum system evaluation through user studies[J]. Journal of Cultural Heritage, 2017, 26: 101-108.

Barhorst J B, McLean G, Shah E, et al. Blending the real world and the virtual world: Exploring the role of flow in augmented reality experiences[J]. Journal of Business Research, 2021, 122: 423-436.

Cacioppe R L. Integral mindflow: A process of mindfulness-in-flow to enhance individual and organization learning[J]. The Learning Organization, 2017, 24(6): 408-417.

Caciora T, Herman G V, Ilie? A, et al. The use of virtual reality to promote sustainable tourism: A case study of wooden churches historical monuments from Romania[J]. Remote Sensing, 2021, 13(9): 1758.

Cantoni V, Lombardi L, Porta M, et al. Interactive, tangible and multi-sensory technology for a cultural heritage exhibition: the battle of pavia[J]. Innovative Approaches and Solutions in Advanced Intelligent

Systems, 2016: 77-94.

Carvajal D A L, Morita M M, Bilmes G M. Virtual museums. Captured reality and 3D modeling[J]. Journal of Cultural Heritage, 2020, 45: 234-239.

Ceccacci S, Generosi A, Leopardi A, et al. The role of haptic feedback and gamification in virtual museum systems[J]. Journal on Computing and Cultural Heritage (JOCCH), 2021, 14(3): 1-14.

Chang C H S, Kuo C C, Hou H T, et al. Design and evaluation of a multi-sensory scaffolding gamification science course with mobile technology for learners with total blindness[J]. Computers in Human Behavior, 2022, 128: 107085.

Chang C Y, Kuo H C, Du Z. The role of digital literacy in augmented, virtual, and mixed reality in popular science education: a review study and an educational framework development[J]. Virtual Reality, 2023: 1-19.

Chang M, Lee G, Lee J H, et al. The influence of virtual tour on urban visitor using a network approach[J]. Advanced Engineering Informatics, 2023, 56: 102025.

Chen Y P, Ding Z, Yu Y, et al. Recent advances in investigating odor-taste interactions: Psychophysics, neuroscience, and microfluidic techniques[J]. Trends in Food Science & Technology, 2023.

Chen Y, Du L, Tian Y, et al. Progress in the Development of Detection Strategies Based on Olfactory and Gustatory Biomimetic Biosensors[J]. Biosensors, 2022, 12(10): 858.

Chen H, Wigand R T, Nilan M S. Optimal experience of web activities[J]. Computers in human behavior, 1999, 15(5): 585-608.

Chittaro L, Ieronutti L. A visual tool for tracing users' behavior in virtual

environments[C]//Proceedings of the working conference on Advanced visual interfaces. 2004: 40-47.

Cho J D. A study of multi-sensory experience and color recognition in visual arts appreciation of people with visual impairment[J]. *Electronics*, 2021, 10(4): 470.

Cho Y H, Fesenmaier D R. A conceptual framework for evaluating effects of a virtual tour[C]//Information and Communication Technologies in Tourism 2000: Proceedings of the International Conference in Barcelona, Spain, 2000. Vienna: Springer Vienna, 2000: 314-323.

Coppens A. Merging real and virtual worlds: An analysis of the state of the art and practical evaluation of Microsoft Hololens[J]. *arXiv preprint arXiv:1706.08096*, 2017.

Csikszentmihalyi M, Csikszentmihalyi M, Larson R. Validity and reliability of the experience-sampling method[J]. *Flow and the foundations of positive psychology: The collected works of Mihaly Csikszentmihalyi*, 2014: 35-54.

Cuomo M T, Tortora D, Foroudi P, et al. Digital transformation and tourist experience co-design: Big social data for planning cultural tourism[J]. *Technological Forecasting and Social Change*, 2021, 162: 120345.

Damayanti R, Redyantanu B P, Kossak F. A study of multi-sensory senses in museum virtual-visits[C]//IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing, 2021, 907(1): 012020.

Datta P, Kaur A, Mantri A. An Exploratory Analysis of Head Mounted Displays for VR Applications[C]//2022 3rd International Conference on Computing, Analytics and Networks (ICAN). IEEE, 2022: 1-6.

De Luca V, Marcantonio G, Barba M C, et al. A Virtual Tour for the

Promotion of Tourism of the City of Bari[J]. *Information*, 2022, 13(7): 339.

Deci E L, Ryan R M. The general causality orientations scale: Self-determination in personality[J]. *Journal of research in personality*, 1985, 19(2): 109-134.

Dinh H Q, Walker N, Hodges L F, et al. Evaluating the importance of multi-sensory input on memory and the sense of presence in virtual environments[C]//*Proceedings IEEE Virtual Reality (Cat. No. 99CB36316)*. IEEE, 1999: 222-228.

Dümen A Ş, Koyaz M, Çeliker-Cenger Y. Unfolding the material: A proposal of a multi-sensory experience oriented material exhibition medium[J]. *Materials & Design*, 2022, 219: 110740.

Fan Y T, Chang H J. A Framework for Multisensory Virtual Museum Design considering Users\Psychological Factors[J]. 2023 KSDS · SDC Fall International Conference, 2023: 128-133.

Fan X, Jiang X, Deng N. Immersive technology: A meta-analysis of augmented/virtual reality applications and their impact on tourism experience[J]. *Tourism Management*, 2022, 91: 104534.

Frank L K. Tactile communication[J]. *Genetic psychology monographs*, 1957.

Frost S, Kannis-Dymand L, Schaffer V, et al. Virtual immersion in nature and psychological well-being: A systematic literature review[J]. *Journal of Environmental Psychology*, 2022, 80: 101765.

Geers L, Coello Y. The relationship between action, social and multisensory spaces[J]. *Scientific Reports*, 2023, 13(1): 202.

Geng W. Whether and how free virtual tours can bring back visitors[J]. *Current Issues in Tourism*, 2023, 26(5): 823-834.

- Geng Y. Virtual Reality (VR) advertising communication design based on 3D wireless active visual sensing[J]. *Journal of Sensors*, 2022, 2022: 1-9.
- Germani M, Mengoni M, Peruzzini M. Electro-tactile device for material texture simulation[J]. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 2013, 68: 2185-2203.
- Giannini T, Bowen J P. Global Cultural Conflict and Digital Identity: Transforming Museums[J]. *Heritage*, 2023, 6(2): 1986-2005.
- Gobbato V. Collections emerge from the shadows: exhibition design, or a multi-sensory approach to reinvesting in collections[J]. *Museum International*, 2022, 74(1-2): 18-29.
- Gong W, Xiao B. Research on Factors Influencing Users' Technology Acceptance of Virtual Museums[C]//International Conference on Human-Computer Interaction. Cham: Springer International Publishing, 2021: 374-388.
- González-Yebra ó, Aguilar M A, Aguilar F J, et al. Co-design of a 3D virtual campus for synchronous distance teaching based on student satisfaction: Experience at the University of Almería (Spain)[J]. *Education Sciences*, 2019, 9(1): 21.
- Grammatikopoulou A, Grammalidis N. Artful—An AR Social Self-Guided Tour App for Cultural Learning in Museum Settings[J]. *Information*, 2023, 14(3): 158.
- GÜLER B, CENGİZ E. Students' Opinions on the Use of Virtual Museums in Science Teaching[J]. *Research on Education and Psychology*, 2023, 7(Special Issue): 55-73.
- Guo K, Fan A, Lehto X, et al. Immersive digital tourism: the role of

multisensory cues in digital museum experiences[J]. *Journal of Hospitality & Tourism Research*, 2021: 10963480211030319.

Guo Y, Yin C, Li M, et al. Mobile e-commerce recommendation system based on multi-source information fusion for sustainable e-business[J]. *Sustainability*, 2018, 10(1): 147.

Habbak A L Z, Khodeir L. Multi-sensory interactive interior design for enhancing skills in children with autism[J]. *Ain Shams Engineering Journal*, 2023, 14(8): 102039.

Harada T, Hideyoshi Y, Gressier-Soudan E, et al. Museum experience design based on multi-sensory transformation approach[C]//DS 92: Proceedings of the DESIGN 2018 15th international design conference. 2018: 2221-2228.

Hulusic V, Gusia L, Luci N, et al. Tangible User Interfaces for Enhancing User Experience of Virtual Reality Cultural Heritage Applications for Utilization in Educational Environment[J]. *ACM Journal on Computing and Cultural Heritage*, 2023, 16(2): 1-24.

Hutson J, Hutson P. Museums and the Metaverse: Emerging Technologies to Promote Inclusivity and Engagement[J]. 2023.

Jiang T, Gan X, Liang Z, et al. AIDM: artificial intelligent for digital museum autonomous system with mixed reality and software-driven data collection and analysis[J]. *Automated Software Engineering*, 2022, 29(1): 22.

Khandagale R, Moh T S. Using Filters in Time-based Movie Recommender Systems[C]//2018 International Conference on High Performance Computing & Simulation (HPCS). IEEE, 2018: 242-251.

Kamariotou V, Kamariotou M, Kitsios F. Strategic planning for virtual

exhibitions and visitors' experience: A multidisciplinary approach for museums in the digital age[J]. *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, 2021, 21: e00183.

Kem D. Personalised and adaptive learning: Emerging learning platforms in the era of digital and smart learning[J]. *International Journal of Social Science and Human Research*, 2022, 5(2): 385-391.

Khan M A, Israr S, S Almogren A, et al. Using augmented reality and deep learning to enhance Taxila Museum experience[J]. *Journal of Real-Time Image Processing*, 2021, 18: 321-332.

Kim J. VIVR: Presence of immersive interaction for visual impairment virtual reality[J]. *IEEE Access*, 2020, 8: 196151-196159.

KUVSHINOV S, KHARIN K, PRYANICHNIKOV V. TELEPRESENCE, VR, AR TECHNOLOGIES ON THE EXAMPLE OF 3D-VINCI EXHIBITIONS[J]. *Annals of DAAAM & Proceedings*, 2021, 10(2).

Latos A, Komianos V, Oikonomou K. Interaction and information communication in virtual museums[C]//IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. IOP Publishing, 2018, 364(1): 012038.

Laukkanen T, Xi N, Hallikainen H, et al. Virtual technologies in supporting sustainable consumption: From a single-sensory stimulus to a multi-sensory experience[J]. *International Journal of Information Management*, 2022, 63: 102455.

Lavoie R, Main K, Stuart-Edwards A. Flow theory: Advancing the two-dimensional conceptualization[J]. *Motivation and Emotion*, 2022, 46(1): 38-58.

LeCun Y, Bengio Y, Hinton G. Deep learning[J]. *nature*, 2015, 521(7553):

436-444.

Lee H K, Park S, Lee Y. A proposal of virtual museum metaverse content for the MZ generation[J]. *Digital creativity*, 2022, 33(2): 79-95.

LeLoup J W, Ponterio R. Virtual Museums on the Web: El Museo Thyssen-Bornemisza[J]. 2004.

Leung L. Exploring the relationship between smartphone activities, flow experience, and boredom in free time[J]. *Computers in Human Behavior*, 2020, 103: 130-139.

Li J, Nie J W, Ye J. Evaluation of virtual tour in an online museum: Exhibition of Architecture of the Forbidden City[J]. *PloS one*, 2022, 17(1): e0261607.

Liarokapis F, Sylaiou S, Basu A, et al. An Interactive Visualisation Interface for Virtual Museums[C]//VAST. 2004: 47-56.

Lin Y N, Li Y C, Ge S, et al. Three-Dimensional Encoding Approach for Wearable Tactile Communication Devices[J]. *Sensors*, 2022, 22(24): 9568.

Liu Y, Yiu C K, Zhao Z, et al. Soft, miniaturized, wireless olfactory interface for virtual reality[J]. *Nature Communications*, 2023, 14(1): 1-14.

Magyaródi T, Nagy H, Soltész P, et al. Psychometric properties of a newly established flow state questionnaire[J]. *The Journal of Happiness & Well-Being*, 2013, 1(2): 85-96.

Marín-Morales J, Higuera-Trujillo J L, Guixeres J, et al. Heart rate variability analysis for the assessment of immersive emotional arousal using virtual reality: Comparing real and virtual scenarios[J]. *PloS one*, 2021, 16(7): e0254098.

Martins J, Gonçalves R, Branco F, et al. A multisensory virtual experience

model for thematic tourism: A Port wine tourism application proposal[J]. *Journal of destination marketing & management*, 2017, 6(2): 103-109.

Matsuo Y, LeCun Y, Sahani M, et al. Deep learning, reinforcement learning, and world models[J]. *Neural Networks*, 2022, 152: 267-275.

McMillan K, Flood K, Glaeser R. Virtual reality, augmented reality, mixed reality, and the marine conservation movement[J]. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 2017, 27: 162-168.

Meier C, Berriel I S, Nava F P. Creation of a virtual museum for the dissemination of 3D models of historical clothing[J]. *Sustainability*, 2021, 13(22): 12581.

Moinnereau M A, de Oliveira Jr A A, Falk T H. Immersive media experience: a survey of existing methods and tools for human influential factors assessment[J]. *Quality and User Experience*, 2022, 7(1): 5.

Moreno M J. Art museums and the internet: The emergence of the virtual museum[J]. *Crossings: eJournal of Art and Technology*, 2019, 5.

Murtas V, Lauro V, Lombardo V. Virtual Archaeology in a Multi-platform and Multi-lingual Setting[C]//Adjunct Proceedings of the 31st ACM Conference on User Modeling, Adaptation and Personalization. 2023: 422-426.

Nica E, Poliak M, Popescu G H, et al. Decision intelligence and modeling, multisensory customer experiences, and socially interconnected virtual services across the metaverse ecosystem[J]. *Linguistic and Philosophical Investigations*, 2022, 21: 137-153.

Noppeney U. Perceptual inference, learning, and attention in a multisensory world[J]. *Annual review of neuroscience*, 2021, 44: 449-473.

Novak T P, Hoffman D L, Duhachek A. The influence of goal-directed and experiential activities on online flow experiences[J]. Journal of consumer psychology, 2003, 13(1-2): 3-16.

Orea-Giner A, Vacas-Guerrero T. Text analysis como método para identificar los atributos de museos percibidos por turistas: un análisis exploratorio del Museo Nacional Thyssen-Bornemisza (Español)[J]. Esic market, 2020, 51(167): 545-562.

Paliokas I, Patenidis A T, Mitsopoulou E E, et al. A gamified augmented reality application for digital heritage and tourism[J]. Applied Sciences, 2020, 10(21): 7868.

Panova T, Lleras A. Avoidance or boredom: Negative mental health outcomes associated with use of Information and Communication Technologies depend on users' motivations[J]. Computers in Human Behavior, 2016, 58: 249-258.

Pietroni E, Pagano A, Fanini B. UX Designer and Software Developer at the mirror: Assessing sensory immersion and emotional involvement in Virtual Museums[J]. Studies in Digital Heritage, 2018, 2(1): 13-41.

Potdevin D, Clavel C, Sabouret N. A virtual tourist counselor expressing intimacy behaviors: A new perspective to create emotion in visitors and offer them a better user experience?[J]. International Journal of Human-Computer Studies, 2021, 150: 102612.

Puig A, Rodríguez I, Arcos J L, et al. Lessons learned from supplementing archaeological museum exhibitions with virtual reality[J]. Virtual Reality, 2020, 24: 343-358.

Radam A, Sadim Z, Fadhil S, et al. The current condition about

visitors perception of service quality towards Muzium Negara as as cultural and heritage attraction[J]. Journal of Tourism, Hospitality and Environment Mangement, 2016, 1(2): 1-14.

Reigosa Lombao C. Google Arts & Culture y los museos virtuales: nuevas herramientas de difusión del patrimonio cultural[C]//I Simposio anual de Patrimonio Natural y Cultural ICOMOS España. Editorial Universitat Politècnica de València, 2021: 157-162.

Rodriguez-Boerwinkle R M, Boerwinkle M J, Silvia P J. The Open Gallery for Arts Research (OGAR): An open-source tool for studying the psychology of virtual art museum visits[J]. Behavior Research Methods, 2023, 55(2): 824-842.

Satrya I D G. Village Tourism Promotion Through Virtual Tour[J]. Ilomata International Journal of Management, 2023, 4(2): 223-232.

Schweibenz W. The“ Virtual Museum“: New Perspectives For Museums to Present Objects and Information Using the Internet as a Knowledge Base and Communication System[J]. Isi, 1998, 34: 185-200.

Selim G, Jamhawi M, Abdelmonem M G, et al. The Virtual Living Museum: Integrating the Multi-Layered Histories and Cultural Practices of Gadara’ s Archaeology in Umm Qais, Jordan[J]. Sustainability, 2022, 14(11): 6721.

Shahab H, Mohtar M, Ghazali E, et al. Virtual reality in museums: does it promote visitor enjoyment and learning?[J]. International Journal of Human-Computer Interaction, 2022: 1-18.

Shen Z. Historical and Cultural Exhibition of Shaanxi Museum Based on Virtual Reality Technology[C]//2022 International Conference on Computer Science, Information Engineering and Digital Economy (CSIEDE 2022).

Atlantis Press, 2022: 347-355.

Siddiqui M S, Syed T A, Nadeem A, et al. Virtual tourism and digital heritage: an analysis of VR/AR technologies and applications[J]. International Journal of Advanced Computer Science and Applications, 2022, 13(7).

Skrzypińska K. The threefold nature of spirituality (TNS) in a psychological cognitive framework[J]. Archive for the Psychology of Religion, 2014, 36(3): 277-302.

Soori M, Arezoo B, Dastres R. Artificial intelligence, machine learning and deep learning in advanced robotics, a review[J]. Cognitive Robotics, 2023.

South L, Saffo D, Vitek O, et al. Effective use of Likert scales in visualization evaluations: A systematic review[C]//Computer Graphics Forum. 2022, 41(3): 43-55.

Spence C. 10 Multi-sensory Integration and the Psychophysics of Flavour Perception[J]. Food oral processing: Fundamentals of eating and sensory perception, 2012: 203.

Styliani S, Fotis L, Kostas K, et al. Virtual museums, a survey and some issues for consideration[J]. Journal of cultural Heritage, 2009, 10(4): 520-528.

Sylaiou S, Mania K, Karoulis A, et al. Exploring the relationship between presence and enjoyment in a virtual museum[J]. International journal of human-computer studies, 2010, 68(5): 243-253.

Tennent P, Martindale S, Benford S, et al. Thresholds: Embedding virtual reality in the museum[J]. Journal on Computing and Cultural Heritage (JOCCH), 2020, 13(2): 1-35.

Theodoropoulos A, Antoniou A. VR Games in cultural heritage: A systematic review of the emerging fields of virtual reality and culture games[J]. Applied Sciences, 2022, 12(17): 8476.

Tsita C, Satratzemi M, Pedefoudas A, et al. A Virtual Reality Museum to Reinforce the Interpretation of Contemporary Art and Increase the Educational Value of User Experience[J]. Heritage, 2023, 6(5): 4134-4172.

Uddin M, Manickam S, Ullah H, et al. Unveiling the Metaverse: Exploring Emerging Trends, Multifaceted Perspectives, and Future Challenges[J]. IEEE Access, 2023.

Vasic I, Pauls A, Mancini A, et al. Virtualization and Vice Versa: A New Procedural Model of the Reverse Virtualization for the User Behavior Tracking in the Virtual Museums[C]//International Conference on Extended Reality. Cham: Springer Nature Switzerland, 2022: 329-340.

Verde A, Valero J M. Virtual museums and Google arts & culture: Alternatives to the face-to-face visit to experience art[J]. International Journal of Education and Research, 2021, 9(2): 43-54.

Vidyarthi J, Riecke B E, Gromala D. Sonic Cradle: designing for an immersive experience of meditation by connecting respiration to music[C]//Proceedings of the designing interactive systems conference. 2012: 408-417.

Vroom V H. Work and motivation[J]. 1964.

Walczak K, Cellary W, White M. Virtual museum exhibitions[J]. Computer, 2006, 39(3): 93-95.

Walsh D, Hall M M, Clough P, et al. Characterising online museum users: a study of the National Museums Liverpool museum website[J]. International

- Journal on Digital Libraries, 2020, 21(1): 75-87.
- Wang S. Museum as a sensory space: A discussion of communication effect of multi-senses in Taizhou Museum[J]. Sustainability, 2020, 12(7): 3061.
- Wang N, Wang J S, Zhu L F, et al. A novel dynamic clustering method by integrating marine predators algorithm and particle swarm optimization algorithm[J]. IEEE Access, 2020, 9: 3557-3569.
- Wang S. A Bodies-On Museum: The Transformation of Museum Embodiment through Virtual Technology[J]. Curator: The Museum Journal, 2023, 66(1): 107-128.
- Weil S E. From being about something to being for somebody: The ongoing transformation of the American museum[J]. Daedalus, 1999, 128(3): 229-258.
- Wu W Y, Guo J Y, Li Y J, et al. Research on the Design of Virtual Reality Online Education Information Presentation Based on Multi-Sensory Cognition[J]. Inventions, 2023, 8(2): 63.
- Wu X, Lai I K W. The use of 360-degree virtual tours to promote mountain walking tourism: stimulus-organism-response model[J]. Information Technology & Tourism, 2022, 24(1): 85-107.
- Wu Y N, Huang Y Y, Guo W T, et al. Multi-sensory Interactive Experience Design of Museum Musical Instrument Collections[C]// International Conference on Human-Computer Interaction. Cham: Springer Nature Switzerland, 2023: 420-437.
- Xu J, Xu J, Gu Z, et al. Network Text Analysis of Visitors' Perception of Multi-Sensory Interactive Experience in Urban Forest Parks in China[J]. Forests, 2022, 13(9): 1451.

Xu Z, Dahlan N D, Lin J, et al. Exploring the Impact of Teaching Virtual Museum Design on Undergraduate Art Students' Interest and Perception of Museums[C]//2023 9th International Conference on Virtual Reality (ICVR). IEEE, 2023: 542-548.

Yang G. Information architecture and visual representation of virtual museums[C]//2009 IEEE 10th International Conference on Computer-Aided Industrial Design & Conceptual Design. IEEE, 2009: 1642-1646.

Yang Y, Zhang H, Chen M, et al. An inheritance mode of rural cultural heritage based on virtual museum in China[J]. International Journal of Computer Games Technology, 2021, 2021: 1-14.

Zhao L. Personalized healthcare museum exhibition system design based on VR and deep learning driven multimedia and multimodal sensing[J]. Personal and Ubiquitous Computing, 2023, 27(3): 973-988.

Zheng C, Chen Z, Zhang Y, et al. Does vivid imagination deter visitation? The role of mental imagery processing in virtual tourism on tourists' behavior[J]. Journal of Travel Research, 2022, 61(7): 1528-1541.

Zhou X. "How Can Visual Arts Promote Social Integration?: A Study on Museum Visitors' Participatory Use of VR & AR[C]//2023 2nd International Conference on Educational Innovation and Multimedia Technology (EIMT 2023). Atlantis Press, 2023: 205-213.

Zhou Y, Feng T, Shuai S, et al. EDVAM: a 3D eye-tracking dataset for visual attention modeling in a virtual museum[J]. Frontiers of Information Technology & Electronic Engineering, 2022, 23(1): 101-112.

Zou N, Gong Q, Zhou J, et al. Value-based model of user interaction design for virtual museum[J]. CCF Transactions on Pervasive Computing

and Interaction, 2021, 3(2): 112-128.

耿国华,贺小伟,王美丽,等.元宇宙下的智慧博物馆研究进展[J].中国图象图形学报,2023,28(06):1567-1584.

#### ■ 웹사이트

<https://www.museodelprado.es/coleccion/obras-de-arte>

<https://digicol.dpm.org.cn>

<https://www.museothyssen.org/enThyssen-Bornemisza>

[https://www.720yun.com/t/96cjegtfOu9?scene\\_id=17118289](https://www.720yun.com/t/96cjegtfOu9?scene_id=17118289)

<https://dlc.e-dunhuang.com/>

<https://www.louvre.fr/en/online-tours>

<https://www.chnmuseum.cn/portals/0/web/vr/fxzl/>

<https://www.britishmuseum.org/exhibitions-events/see-everything>

<https://britishmuseum.withgoogle.com/object/lacquer-document-box>

[artsandculture.google.com/partner/van-gogh-museum](https://artsandculture.google.com/partner/van-gogh-museum)

<https://my.matterport.com/show/?m=ZKGJzxFB1qK>

<https://www.historymuseum.ca/roue/>

<https://collections.qm.qld.gov.au/resources/cultures-histories>

<https://www.nga.gov/artle.html>

<https://www.metmuseum.org/art/online-features/met-360-project>

<https://www.si.edu/exhibitions/destination-moon:event-exhib-5990>

<https://www.si.edu/exhibitions/above-and-beyond:event-exhib-5980>

<https://pano.hermitagemuseum.org/3d/html/pwoaen/main/#node356>

<https://www.britishmuseum.org/collection/galleries/>

<https://museums.nuernberg.de/visitor-services/digital-tours>

<https://www.rijksmuseum.nl/nl/stories/>

<https://www.shrihari productions.com/virtual-tour/chitram-vastram-nm>

## ABSTRACT

### Design and Analysis of Virtual Aerospace Museum Based on Flow Theory

FAN YUNTING

Department of Industrial Design

Graduate school of

Sungshin University

Virtual museums have been widely used in fields such as cultural education, tourism promotion, cultural heritage protection, and art exchange. Traditional virtual museums are limited by their technological level, and their graphics processing capabilities are limited, which makes it difficult for online environments to provide a rich browsing experience; In addition, due to the differences in design concepts, traditional virtual museums are influenced by traditional museum display methods. Most of them are ‘object centered’ and focus more on the presentation of artworks or exhibits, rather than the user’s sense of participation and experience, ignoring the design concept of ‘people-oriented’. The current design of virtual museums does not consider the different psychological factors of users and the experience of integrating different senses, lacking objective indicators that can quantify the rationality of virtual museum design and user satisfaction. Considering the rich exhibition

forms and educational significance of virtual aerospace museums, it is necessary to further improve the user's browsing experience and satisfaction. Therefore, in order to address the key challenges mentioned above, Based on the theoretical basis of traditional museology and the development trend of 'intelligent' virtual museum, this paper proposes a virtual museum design scheme based on flow theory through the introduction of flow theory and the application of audio-visual touch integration, and carries out an example verification. The specific research content and conclusions include the following aspects:

(1) The coupling relationship between sensory experience and user psychological factors for museum design and the design architecture are discussed. Combining the design rules of more than 10 famous virtual museums at home and abroad, such as the British Museum, Google Virtual Museum, and Louvre Museum in France, the main forms of sensory experience in virtual museums are studied, and the coupling relationship between sensory experience and users' psychological factors is demonstrated. The role of user psychological factors on the design of virtual museums is discussed from the three dimensions of user psychological cognition, spiritual perception and immersion experience respectively, and finally, based on the summary of the law, a design architecture that integrates user psychological factors is proposed on the basis of the traditional organization structure of virtual museums. The results found that the elements of sensory experience and user psychological factors have important guiding significance for the design of virtual museums.

(2) A virtual museum design scheme considering the theory of mind-flow

and deep learning method is proposed, and relevant concepts of social psychology are integrated into it. On the basis of determining the design concept of integrating user psychology factors, user psychology is divided into three parts: subjective psychology, characteristic psychology and role psychology, and the concept of heart flow is introduced as an objective characterization of user browsing satisfaction, and the effect of virtual museum design considering user psychology factors is evaluated through the level of the user's heart-flow state in the browsing process. On this basis, a virtual museum design framework based on the theory of heart flow and deep learning method is proposed, and the virtual aerospace museum is used as an example to discuss the program. The results show that the mind flow state level can be used as an important indicator to measure the feasibility of virtual museum design and the user's experience satisfaction, and the virtual museum design scheme based on the mind flow theory is in line with the relevant concepts of social psychology, which can help to realize a more diversified, experiential, and close-to-users virtual exhibition hall service.

(3) An aerospace digital museum and a virtual aerospace museum incorporating the theory of mind-flow were constructed to verify the correctness of the design theory. The aerospace digital museum based on Django development framework and the virtual aerospace museum based on Unity3D were designed respectively, and the neural network recommendation algorithm optimized by considering the user's psychological factors was integrated into the digital museum to improve the user's personalized browsing experience. Finally, through the real user experience and questionnaire research, the user experience was analyzed from the

three levels of instinct, behavior, and feedback. The research results show that the recommendation accuracy of the algorithm proposed in this paper is significantly higher than that of the traditional time-based recommendation algorithm, and the aerospace digital museum after considering the user's psychological factors is widely praised by the users, with rich and varied contents on display and profound interactive experience.

(4) By analyzing the users' experience, it was found that the aerospace elements brought visual shock to the users through highly realistic 3D models and immersive sensory design. Users believe that the sensory experience of the virtual museum can trigger the real senses and create an immersive feeling. At the same time, the immersive and interactive design of the virtual museum, which is based on the user's flow theory, enables more users to reach the flow state. Through the interactive design of the virtual aerospace museum and the guidance of the flow theory, the user's experience of the aerospace museum is greatly improved, so that the user is completely immersed in the world of aerospace and actively explores and learns, and thus obtains more knowledge and enjoyment. In addition, the user's attention to the aerospace elements is highly focused, which improves the depth of memory for aerospace science knowledge. The rationality and feasibility of the virtual aerospace museum design incorporating the mind-flow theoretical model (Flow) are verified.

**Keywords** : Virtual Museum, Sensory Experience, Flow Theory, Aerospace, User Experience

## 부록

### 설문조사(1) : 초기 정보 조사

#### 항공우주 가상박물관에 대한 초기 정보 조사

안녕하십니까? 본 연구자는 항공우주 가상박물관에 대한 연구를 진행하고 있습니다. 귀하의 답변은 본 연구를 위해 매우 중요한 자료로 사용될 것입니다. 바쁘시겠지만 귀중한 시간을 내어 설문지를 작성해 주시면 감사하겠습니다. 본 설문지는 익명으로 작성되며, 모든 정보는 학술연구용으로만 사용되며, 개인 정보는 엄격하게 보호되고 있습니다. 본인의 실제 상황에 근거하여 사실대로 답변해 주시기 바랍니다. 본 설문조사에 응해주셔서 감사드립니다.

- 1) 귀하의 성별은?    A. 남성    B. 여성
- 2) 귀하의 나이는?    \_\_\_\_\_ 세
- 3) 귀하의 직업은?    \_\_\_\_\_
- 4) 주변 사람들로부터 주관이나 주장이 부족해 다른 사람들을 따라가는 스타일의 사람이라는 평가를 받는다.  
    A.매우 그러함            B.전혀 그렇지 않음
- 5) 귀하는 항공우주 지식에 대해 얼마나 알고 있습니까?  
    A.전혀 알지 못함        B.약간 알고 있음        C.보통  
    D.잘 알고 있음         E.매우 잘 알고 있음
- 6) 귀하는 가상박물관에 대해 얼마나 알고 있습니까?  
    A.전혀 알지 못함        B.약간 알고 있음        C.보통  
    D.잘 알고 있음         E.매우 잘 알고 있음

7) 귀하는 감각 체험 박물관에 대해 얼마나 알고 있습니까?

- A. 전혀 알지 못함      B. 약간 알고 있음      C. 보통  
D. 잘 알고 있음      E. 매우 잘 알고 있음

8) 귀하는 박물관에서의 학습과정 중 전시물에 얼마나 집중하였습니까?

- A. 전혀 집중하지 않음      B. 약간 집중함      C. 보통  
D. 대체적으로 집중함      E. 매우 집중함

## 설문조사(2) : 첫인상에 대한 조사

### 항공우주 가상박물관에 대한 첫인상 조사

안녕하십니까? 다음의 항공우주 가상박물관에 대한 홍보 영상을 시청하신 후 본 박물관에 대한 귀하의 첫인상을 중심으로 아래의 문항에 점수를 매겨 주시기 바랍니다(1점에서 10점).

1) 박물관의 전반적인 첫인상을 평가해 주세요.

A.1점 B.2점 C.3점 D.4점 E.5점 F.6점 G.7점 H.8점 I.9점 J.10점

2) 박물관의 디자인 스타일에 대해 평가해 주세요.

A.1점 B.2점 C.3점 D.4점 E.5점 F.6점 G.7점 H.8점 I.9점 J.10점

3) 박물관의 사용자 인터페이스에 대해 평가해 주세요.

A.1점 B.2점 C.3점 D.4점 E.5점 F.6점 G.7점 H.8점 I.9점 J.10점

4) 박물관의 감각 체험에 대해 평가해 주세요.

A.1점 B.2점 C.3점 D.4점 E.5점 F.6점 G.7점 H.8점 I.9점 J.10점

5) 박물관의 전시 콘텐츠에 대해 평가해 주세요.

A.1점 B.2점 C.3점 D.4점 E.5점 F.6점 G.7점 H.8점 I.9점 J.10점

**설문조사(3) : 사용자 감정 피드백 조사**

**항공우주 가상박물관에 대한 사용자 감정 피드백 설문조사**

안녕하십니까? 항공우주 가상박물관을 정식으로 관람한 후, 박물관의 인상을 중심으로 아래의 항목에 점수를 매겨주십시오. 그리고 박물관에서 가장 인상 깊었던 점이 무엇인지 서술해 주십시오.

1) 박물관을 관람한 후 느낀 전반적인 인상을 평가해 주세요.

A.1점 B.2점 C.3점 D.4점 E.5점 F.6점 G.7점 H.8점 I.9점 J.10점

2) 박물관에서 가장 인상적이었던 점이 무엇이었는지 서술해 주십시오.

---

---

---

#### 설문조사(4) : 사용자 만족도 조사

#### 항공우주 가상박물관에 대한 사용자 만족도 설문조사

안녕하십니까? 항공우주 가상박물관을 정식으로 관람한 후, 박물관 각 부분의 디자인 및 인상에 대해 평가해 주십시오. 그리고 그런 인상이나 평가가 나온 이유에 대해서도 서술해 주십시오.

1) 박물관에서 느낀 전반적인 인상을 평가해 주세요.

A.매우 나쁨      B.나쁨      C.보통      D.좋음      E.매우 좋음

2) 위의 평가를 내린 이유를 서술해 주십시오.

---

---

---

3) 박물관 콘텐츠의 매력도는 어떠했습니까?

A.전혀 없음      B.약간      C.보통      D.높음      E.매우 높음

4) 위의 평가를 내린 이유를 서술해 주십시오.

---

---

---

5) 박물관의 인터랙티브 체험은 어떠했습니까?

A.매우 나쁨      B.나쁨      C.보통      D.좋음      E.매우 좋음

6) 위의 평가를 내린 이유를 서술해 주십시오.

---

---

---

7) 박물관의 감각 체험은 어떠했습니까?

A.매우 나쁨      B.나쁨      C.보통      D.좋음      E.매우 좋음

8) 위의 평가를 내린 이유를 서술해 주십시오.

---

---

---

9) 박물관 인터페이스 디자인에서 느낀 인상은 어떠했습니까?

A.매우 나쁨      B.나쁨      C.보통      D.좋음      E.매우 좋음

10) 위의 평가를 내린 이유를 서술해 주십시오.

---

---

---

11) 박물관을 관람한 후 귀하의 항공우주 지식에 대한 흥미나 학습 수준은 어떠했습니까?

A.매우 나쁨      B.나쁨      C.보통      D.좋음      E.매우 좋음

12) 위의 평가를 내린 이유를 서술해 주십시오.

---

---

---

## 설문조사(5) : 몰입 상태에 대한 설문조사

### 가상박물관 관람 시 사용자의 몰입 상태 등급에 관한 설문조사

안녕하십니까? 가상박물관을 관람하는 과정에서의 체험은 어떠하셨나요? 아래의 문항에 대해 1(매우 동의하지 않음)부터 6(매우 동의)까지의 등급 범위 내에서 귀하의 상태에 가장 부합하다고 생각되는 등급을 매겨주십시오.

#### 1) 통제력

- ▶ 가상박물관을 방문하는 명확한 목적을 가지고 있다. (등급 : \_\_\_\_)
- ▶ 가상박물관을 방문할 때 본인이 관심을 가지는 전시와 주제를 선택할 수 있다. (등급 : \_\_\_\_)
- ▶ 가상박물관을 방문할 때 관람 순서와 시간을 스스로 결정할 수 있다. (등급 : \_\_\_\_)

#### 2) 도전과 능력의 균형

- ▶ 가상박물관의 전시와 활동은 나의 기술이나 지식에 대한 충분한 도전이 되었다. (등급 : \_\_\_\_)
- ▶ 가상박물관을 방문했을 때 나의 능력이나 기술이 박물관에서 수행하는 과제와 잘 맞는다고 느꼈다. (등급 : \_\_\_\_)
- ▶ 가상박물관 방문 중의 과제는 내가 대처할 수 있고 자신감을 느낄만한 적절한 수준의 난이도를 지니고 있었다. (등급 : \_\_\_\_)

#### 3) 명확한 목표

- ▶ 가상박물관을 방문했을 때 임무의 목표에 대해 분명하게 알고 있었다. (등급 : \_\_\_\_)

▶ 가상박물관을 방문해서 내가 얻고자 하는 것이 무엇인지 잘 알고 있다.

(등급 : \_\_\_\_)

▶ 가상박물관을 방문하는 동안 내가 임무를 얼마나 잘 완성했는지에 대해 평가할 수 있다. (등급 : \_\_\_\_)

#### 4) 집중력

▶ 가상박물관을 방문하는 동안 전시의 내용에 완전히 집중하여 주변의 간섭을 잊을 수 있었다. (등급 : \_\_\_\_)

▶ 가상박물관을 방문하는 동안 완전히 몰입하여 시간이 빨리 가는 것을 느꼈다. (등급 : \_\_\_\_)

▶ 가상박물관을 방문하는 동안 나는 사물의 흐름에 빠르게 접근할 수 있었고 전시물과 활동에 모든 관심을 집중할 수 있었다. (등급 : \_\_\_\_)

#### 5) 즉각적인 피드백

▶ 가상박물관을 방문하는 동안 나의 진행 상황과 성취에 대한 피드백을 즉각적으로 받을 수 있었다. (등급 : \_\_\_\_)

▶ 가상박물관을 방문하는 동안 나의 학습과 이해에 대한 피드백을 즉각적으로 받을 수 있었다. (등급 : \_\_\_\_)

▶ 가상박물관을 방문하는 동안 전시된 콘텐츠를 통해 실시간 해설이나 안내를 받을 수 있었다. (등급 : \_\_\_\_)

#### 6) 몰입 체험

▶ 가상박물관을 방문하는 동안 때 흥미와 기쁨, 만족감을 느낄 수 있었다. (등급 : \_\_\_\_)

▶ 가상박물관에서 시간이나 주변 환경까지 잊어버릴 정도로 참여가 자연스

러웠다고 느꼈다. (등급 : \_\_\_\_)

▶ 가상박물관을 방문하는 동안 그곳에 완전히 빠져드는 것 같은 몰입 체험을 경험할 수 있었다. (등급 : \_\_\_\_)