



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](#)

공학석사 학위논문

환경-행태 연구에서 VR 기술

활용방안 탐색 연구

- 길찾기(Wayfinding)를 중심으로 -

A Study on the Application of VR
Technology in Environment-Behavior Research

2023년 2월

서울대학교 대학원

건축학과

박지현

환경-행태 연구에서 VR 기술 활용방안 탐색 연구

- 길찾기(Wayfinding)를 중심으로 -

지도교수 조 항 만

이 논문을 공학석사 학위논문으로 제출함
2023년 1월

서울대학교 대학원
건축학과
박 지 현

박지현의 석사 학위논문을 인준함
2023년 1월

위 원 장 _____ (인)

부위원장 _____ (인)

위 원 _____ (인)

국문초록

본 연구는 환경-행태 연구, 그중에서도 길찾기 연구에 집중하여 가상 현실(Virtual Reality, VR) 기술의 활용성을 파악하고자 하였다. 환경-행태 연구와 VR 기술의 개념과 동향을 살펴본 결과, VR 기술이 환경-행태 연구에서 기존의 전통적인 연구방법론이 가졌던 한계를 극복하고 새로운 접근의 연구를 가능하게 할 가능성을 파악하였다.

VR 기술의 활용성을 분석하기에 앞서 VR 구현기술을 세부적으로 분류하여, 혼재된 VR 기술 환경을 명확히 구분하고 연구의 목적에 따라 취사선택할 수 있도록 하고자 하였다. 그리하여 VR 구현기술을 크게 영상 출력 장치, 공간 구축 기술, 행동 지원 기술로 구분하였다. 또한, 공간 구축 기술은 구성 자원, 구축 차원으로, 행동 지원 기술은 신체 복제 기술, 의사 반영 장치, 특정 행동 반영 기술로 세분화하여 구분하였다. 이에 따라, 각각의 기술군을 정의하고 그에 속하는 기술들을 명시하여 그 구분을 명확히 하였다.

이후 길찾기 연구의 관점에서 각 기술의 활용성을 평가하기 위하여 선행연구를 기반으로 시각적 유사성, 행태적 유사성, 환경 조절 가능성, 정량적 데이터 수집 가능성, 경제성의 5가지 평가 기준을 마련하였다. 이를 통해 각 기술의 특징에 따라 활용성을 평가, 분석하고 기술의 병행 사용에 따른 효과를 예측하였다. 그 결과, 특수한 경우를 제외하고 모델링 또는 촬영물과 모델링이 혼합된 자원으로 구성된 3D 기반 가상환경을 HMD로 경험하고, 현실보행과 컨트롤러를 혼합 사용하여 보행하며, 시선추적 기술을 사용하는 가상현실 환경이 길찾기 연구에서 가장 활용성이 높다는 결과를 도출하였다.

한 편, 2013년 이후에 발표된 VR을 활용한 길찾기 연구를 수집, 분석하여 기술의 활용 동향 및 연구 동향을 분석하였다. 그 결과, 길찾기 연구에 VR 기술이 점점 더 활발하게 활용되고 있으며, 행태 데이터를 객관적이고 정량적인 방식으로 수집하는 기술들도 점차 많이 도입되고 있

음을 확인하였다. 나아가, 아직은 활발하게 사용되지 않고 있는 시선추적 기술이 다양한 건축 환경을 분석하는 데에 적합한 도구라는 것을 밝히고, 향후 더욱 적극적인 활용을 권장하였다. 또한, VR 환경의 행태적 유사성이 실험 결과에 주요한 영향을 미칠 수 있음을 발견하고, 향후 연구에서 실험을 설계할 때 시각적 유사성뿐 아니라 행태적 유사성 측면에서 고려하여 VR 구현 기술을 선택할 필요가 있음을 밝혔다.

앞에서 도출된 결과를 실증적으로 파악하고 검증하기 위하여 VR을 활용한 길찾기 실험을 설계 및 수행하였다. 그 결과, VR 기술이 환경 조절 가능성, 정량적 데이터 수집 용이성, 경제성 측면에서 매우 큰 이점을 가지고 있다는 것을 확인하였으며, 환경-행태 연구에서 매우 중요하지만 많은 어려움을 갖고 있는 연구방법론인 실험을 대체할 수 있는 뛰어난 연구 방법임을 확인하였다. 한 편, 시각적 유사성 및 행태적 유사성 등 VR 기술이 미진한 부분을 일부 파악하였으나, 현재 빠르게 발전하고 있는 VR 기술의 동향을 바탕으로 빠른 시일 내에 현실과 동일한 실험 결과를 도출할 수 있을 것으로 전망하였다.

주요어 : 길찾기, 가상현실, 환경심리학, 코엑스, 시선추적

학 번 : 2020-25106

목 차

제 1 장 서론	1
제 1 절 연구의 배경 및 목적	1
1. 연구의 배경	1
2. 연구의 목적	2
제 2 절 연구의 방법 및 절차	4
제 2 장 이론적 배경	6
제 1 절 환경-행태 연구와 길찾기	6
1. 환경-행태 연구(Environment-Behavior Research)	6
2. 길찾기(Wayfinding) 연구	7
3. 건축환경-길찾기행태 연구에서 전통적 연구방법론 적용의 한계	8
제 2 절 가상현실(Virtual Reality, VR)	10
1. VR의 개념과 발전 동향	10
2. 환경-행태 연구에서 VR의 활용성	11
제 3 장 VR 구현기술 분류 및 활용성 분석	13
제 1 절 VR 구현기술의 분류	13
1. 영상 출력 장치	14
2. 공간 구축 기술	15
3. 행동 지원 기술	18
제 2 절 길찾기 연구에서 VR 구현기술의 활용성 분석	21
1. 평가 항목	21
2. 분석 기준	22

3. VR 구현기술의 활용성 분석	22
4. 기술의 병행 사용에 따른 활용성 분석	24
제 4 장 VR을 활용한 길찾기 연구 동향 분석 ...	26
제 1 절 연구 수집 기준	26
제 2 절 연구 동향 분석	27
1. 개요	27
2. 환경요인에 따른 길찾기 행태 변화 연구	28
3. 길찾기 연구에서 VR의 유효성 검증 연구	32
4. 길찾기 연구에서 VR 구현기술의 비교연구	34
제 3 절 분석 결과	36
제 5 장 VR을 활용한 길찾기 실험	37
제 1 절 실험 목표	37
제 2 절 실험 설계	38
1. 연구 문제 설정	38
2. 실험 대상지	40
3. 실험 진행 방법	43
4. 길찾기 과제 설정	44
5. 실험 진행 절차	45
제 3 절 VR 환경 설계	47
1. VR 구현기술	47
2. 가상 공간 구축	48
3. VR 플랫폼 개발	50
제 4 절 결과 분석 : 실험 1	54
1. 개요	54
2. 길찾기 소요시간 및 이동거리 분석	55
3. 이동 동선 분석	57

4. 주시 대상 분석	61
5. 주요 교차로 주시점 분석	63
6. 소결	64
제 5 절 결과 분석 : 실험 2	66
1. 개요	66
2. 길찾기 소요시간 및 이동거리 분석	66
3. 이동 동선 분석	68
4. 주시 대상 분석	71
5. 주요 교차로 주시점 분석	73
6. 소결	74
제 6 절 설문조사 결과 분석	76
1. 길찾기에 영향을 미칠 수 있는 개인별 특성	76
2. 길찾기 과정 및 난이도에 관한 평가	80
3. VR 경험에 관한 평가	83
4. 소결	86
제 7 절 VR 환경의 활용성 평가	88
1. 시각적 유사성	88
2. 행태적 유사성	89
3. 환경 조절 가능성	89
4. 정량적 데이터 수집 용이성	90
5. 경제성	90
제 8 절 소결	92
제 6 장 결론	93
제 1 절 연구의 요약과 결론	93
제 2 절 연구의 의의	95
제 3 절 연구의 한계 및 추후 연구방향	96

참고문헌	97
부록	103
Abstract	107

표 목 차

[표 2-1] 환경-행태 연구에서 자연주의적 연구방법과 VR의 활용성	12
[표 3-1] 가상현실 기술의 활용성 분석	23
[표 3-2] 길찾기 연구의 특성에 따른 가상현실 구현 기술의 병행 사용 방안	25
[표 4-1] 환경요인에 따른 길찾기 행태 변화 연구	29
[표 4-2] 길찾기 연구에서 VR의 유효성 검증 연구	32
[표 4-3] 길찾기 연구에서 VR 구현 기술의 비교연구	34
[표 5-1] 일반적인 길찾기 연구에 적합한 VR 기술 환경	37
[표 5-2] 실험의 구분	40
[표 5-3] 실험의 진행 방법	43
[표 5-4] 설문지의 구분 및 설문 항목	44
[표 5-5] 실험에 활용되는 컴퓨터의 사양	48
[표 5-6] 가상 공간의 구분 및 예시 이미지	51
[표 5-7] 사물의 유형 구분	52
[표 5-8] 피험자들의 성별 및 연령	54
[표 5-9] 길찾기 평균 소요시간	56
[표 5-10] 길찾기 평균 이동거리	56
[표 5-11] 공간 별 길찾기 소요시간 및 이동거리의 t-test 결과	56
[표 5-12] 길찾기 과정에서 공간요소 주시 비율 평균	62
[표 5-13] 공간 별 공간요소 주시비율의 t-test 결과	63
[표 5-14] 피험자들의 성별 및 연령	66
[표 5-15] 길찾기 소요시간	67
[표 5-16] 길찾기 평균 이동거리	67
[표 5-17] 공간 별 길찾기 소요시간 및 이동거리의 t-test 결과	67

[표 5-18]	길찾기 과정에서 공간요소 주시 비율 평균	72
[표 5-19]	공간 별 공간요소 주시비율의 t-test 결과	72
[표 5-20]	과제 별 길찾기 소요시간 및 이동거리 평균의 t-test 결과	76
[표 5-21]	설문 1-1, 설문 1-2 결과 : 피험자들의 성별 및 연령	77
[표 5-22]	성별 및 연령에 따른 길찾기 소요시간 및 이동거리 평균	77
[표 5-23]	설문 1-3 결과 : 스타필드 코엑스몰의 방문 횟수 ·	77
[표 5-24]	코엑스몰 방문 횟수에 따른 길찾기 소요시간 및 이동거리 평균	78
[표 5-25]	코엑스몰 방문횟수에 따른 과제 1:이동거리 평균의 ANOVA 분석 결과	78
[표 5-26]	설문 1-4 결과 : 3D 게임 빈도	79
[표 5-27]	설문 1-5 결과 : HMD-VR 경험 횟수	80
[표 5-28]	설문 2-1, 2-2 결과 : 시뮬레이션 별 길찾기 난이도	81
[표 5-29]	설문 2-3 결과 : 길찾기에 도움이 된 사인의 종류	82
[표 5-30]	설문 2-4 결과 : 스타필드 코엑스몰의 길찾기 난이도	83
[표 5-31]	설문 3-1 결과 : VR 경험의 시각적 유사성	84
[표 5-32]	설문 3-2 결과 : VR 경험의 행태적 유사성	85

그림 목 차

[그림 1-1] 연구의 흐름	5
[그림 2-1] 자극-반응의 과정	6
[그림 2-2] 순천향대학교의 메타버스 입학식	10
[그림 2-2] 가상현실 모델하우스 서비스	10
[그림 3-1] 가상현실 구현 기술의 분류	13
[그림 3-2] 영상 출력 장치의 종류	15
[그림 3-3] 촬영물 + 2D 기반 공간	17
[그림 3-4] 창조물 + 2D 기반 공간	17
[그림 3-5] 촬영물 + 3D 기반 공간	17
[그림 3-6] 창조물 + 3D 기반 공간	17
[그림 3-7] VR 트레드밀	20
[그림 3-8] VR 컨트롤러	20
[그림 4-1] VR을 활용한 길찾기 연구 수 추이	27
[그림 5-1] 코엑스몰 리모델링 이후 기둥을 고려했을 때(왼쪽)의 명료도와 고려하지 않았을 때(오른쪽)의 명료도 ..	38
[그림 5-2] 코엑스 주변시설	40
[그림 5-3] 실험대상지 통로 내 기둥의 배치	42
[그림 5-4] 시뮬레이션 차수에 따른 길찾기 과제	45
[그림 5-5] 실험 진행 절차	46
[그림 5-6] 실험에 사용되는 기기의 종류	47
[그림 5-7] 실험에 사용되는 소프트웨어의 종류	48
[그림 5-8] 사전 시뮬레이션 가상 공간	49
[그림 5-9] 본 시뮬레이션 가상 공간	50
[그림 5-10] 데이터 공간 맵핑 예시	52
[그림 5-11] 실험 수행 장면	54
[그림 5-12] 주요 교차로의 명칭	55
[그림 5-13] 과제 1에서의 주요지점	57

[그림 5-14] 과제 1의 이동 동선 :	
기둥이 없는 공간(위), 기둥이 있는 공간(아래)	58
[그림 5-15] 과제 2의 이동 동선 : 기둥이 없는 공간	59
[그림 5-16] 과제 2의 이동 동선 : 기둥이 있는 공간	59
[그림 5-17] 기둥이 없는 공간에서의 우회 동선	60
[그림 5-18] 기둥이 있는 공간에서의 우회 동선	60
[그림 5-19] 교차로 C에서 경로 우회자의 주시점	63
[그림 5-20] 교차로 A에서 경로 우회자의 주시점	64
[그림 5-21] 과제 1의 이동 동선 : 기둥에 사인이 없는 공간	69
[그림 5-22] 과제 1의 이동 동선 : 기둥에 사인이 있는 공간	69
[그림 5-23] 과제 2의 이동 동선 : 기둥에 사인이 없는 공간	70
[그림 5-24] 과제 2의 이동 동선 : 기둥에 사인이 있는 공간	70
[그림 5-25] 과제 2의 우회 동선 : 기둥에 사인이 없는 공간	71
[그림 5-26] 교차로 A에서 경로 우회자의 주시점	73
[그림 5-27] 교차로 B 부근에서 경로 우회자의 주시점	73
[그림 5-28] 길찾기 난이도 평가 그래프	81

제 1 장 서론

제 1 절 연구의 배경 및 목적

1. 연구의 배경

가상현실(Virtual Reality, 이하 VR)은 컴퓨터로 시뮬레이션 된 3차원의 가상 세계로, 보고 움직이고 경험할 수 있는 것으로 정의된다¹⁾. 그간 VR은 게임을 중심으로 오랫동안 소비되어왔으며, 컴퓨터의 모니터나 휴대폰·태블릿 등의 디스플레이를 기반으로 VR 경험이 제공되었다. 최근에는 고글 형태의 HMD(Head Mounted Display) 기기가 새로운 VR 경험의 도구로서 활발하게 보급되고 있는데, 이는 기존의 VR 경험보다 한 단계 발전된 몰입형 가상현실(Immersive Virtual Reality, IVR) 경험을 제공한다. 이는 시야를 가득 채우는 디스플레이를 통해 사용자들이 VR에 더욱 몰입하고, 현실과 분리되어 VR 공간 안에 실재하는 느낌을 받을 수 있도록 한다. 최근 VR은 몰입형 가상현실을 중심으로 다양한 분야에서 더 광범위한 활용 가능성을 보인다. 건축 분야에서도 건축주가 시공 전에 건축물을 경험할 수 있게 하여, 설계안에 대한 의견 조율을 원활하게 할 수 있는 도구로 기대되고 있다.

VR은 연구 도구로서도 뛰어난 활용성을 보인다. VR은 필수적인 환경 요소들을 실험실에서 시뮬레이션함으로써, 실험적인 엄격함은 유지하는 동시에 경험적 사실성과 환경적 타당성을 높일 수 있다²⁾. 이러한 특징은

1) Pimentel, K., & Teixeira, K. (1993). Virtual reality through the new looking glass. Blue Ridge Summit, PA: Intel/WindCrest.

2) Kort, Y. A. D., Ijsselstein, W. A., Kooijman, J., & Schuurmans, Y. (2003). Virtual laboratories: Comparability of real and virtual environments for environmental psychology. Presence: Teleoperators & Virtual Environments, 12(4), 360-373.

인간과 환경 사이의 상호작용을 연구하는 환경심리학적 관점의 연구에서 특히 유용하다. VR은 이미 의료, 안전, 교육 등 다양한 주제의 연구에서 활용되고 있으며, 다른 연구방법론과 함께 사용되어 환경에 대한 지각, 인지, 판단, 행태(반응)의 과정을 연구하는 데에 기여하고 있다.

한 편, 국내에는 대단지 아파트, 복합상업시설 등 크고 복잡한 대규모 건축물들이 점차 많아지고 있다. 특히 상업시설은 소비자의 체류시간을 늘리기 위해 이동 동선을 길게 유도하는 경우가 많아, 이용자가 더 복잡하게 느끼는 경우가 많다. 이러한 배경에서 길찾기(Wayfinding)는 이용자 편의와 피난 시 원활한 대피를 위하여 중요하게 탐구되어야 할 주제이다. 그간 건축 환경과 길찾기 행태의 연관성을 밝히기 위한 연구는 꾸준히 진행되어 왔다. 그러나, 건축물의 특성상 적절한 환경 구현과 다양한 변인의 통제가 어려워 실험을 통한 연구는 많이 진행되지 못하였다. VR은 실험을 통한 길찾기 연구가 가지고 있던 기존의 어려움을 극복하고, 낮은 비용과 적절한 변인의 통제, 사실적인 경험을 가능하게 한다. 특히 환경지각 중 87%가 시각에 의존한다는³⁾ 측면에서, VR이 길찾기 연구의 도구로서 유용하게 작용할 것으로 기대된다.

2. 연구의 목적

본 연구는 환경-행태 연구에서 VR을 어떻게 효과적으로 활용할 수 있는지 탐구하는 것을 목적으로 한다. 특히, 건축 환경과 길찾기 행태 사이의 관계에 집중하여, 길찾기 연구 주제에 적합한 VR 기술과 그 활용 가능성을 살펴본다. 이를 위한 세부 연구목적은 다음과 같다.

첫째, 모호하고 혼재된 다양한 VR 환경을 명료하게 구분하여, VR 기술 활용성의 평가와 VR을 활용한 연구의 이해를 용이하게 한다.

둘째, 길찾기 연구에 적합한 VR 기술 환경을 제시하여, 향후 연구에

3) Correy, A. (1982). Visual perception and scenic assessment in Australia. International Federation of Landscape Architects XXth World Congress, Canberra, Australia (pp.169-183).

서 적절한 VR 환경의 활용을 독려한다.

셋째, 최근 VR 기술이 길찾기 연구에 어떻게 활용되고 있는지 살펴보고, 향후 VR을 활용한 길찾기 연구 방향을 제시한다.

넷째, VR을 활용한 길찾기 실험을 시험적으로 진행하여, 수집 가능한 데이터와 도출 가능한 분석 내용 등을 파악하고, VR의 활용성을 최종적으로 확인한다.

제 2 절 연구의 방법 및 절차

본 연구에서는 길찾기 연구에서 VR의 활용 가능성을 탐색하고자 문헌연구와 VR 시뮬레이션, 설문조사, 통계 분석 등의 연구방법을 활용하여 다음과 같이 연구를 수행한다.

첫째, 문헌연구를 통해 길찾기와 VR의 개념을 정리하고, 다양한 VR 구현기술을 분류한다. 또한, 각 기술 사용에 따른 가상현실 환경(Virtual Reality Environment, 이하 VR 환경 또는 VRE)의 특징과 효과를 정리하여, 그 구분을 명확히 한다.

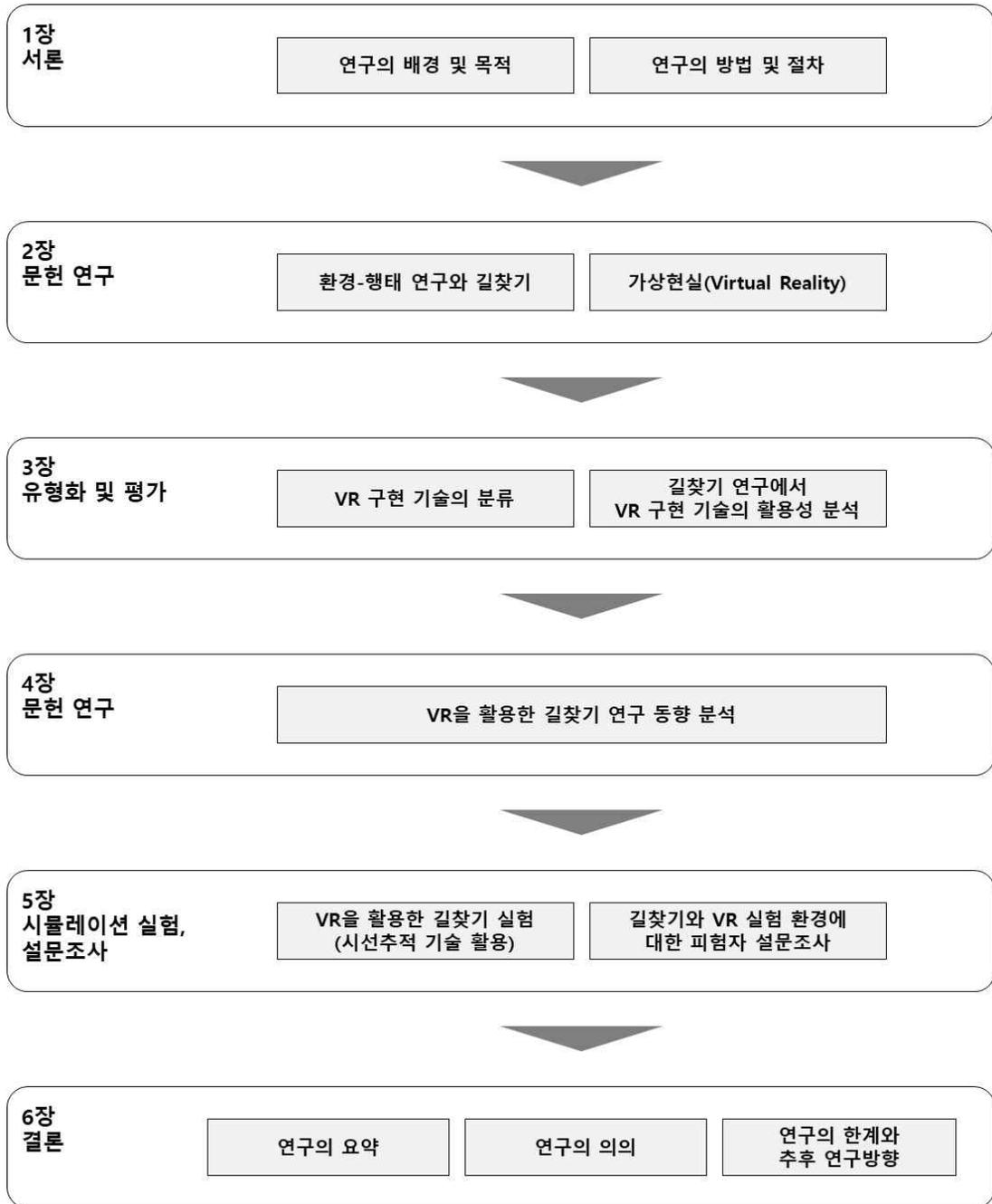
둘째, 길찾기 연구의 측면에서 VR 구현기술의 활용성을 평가하기 위하여 평가 기준을 확립하고, 이를 바탕으로 각 기술이 길찾기 연구에서 가지는 활용성을 분석한다. 또한, 연구에 특성에 따라 적합한 VR 구현기술의 병행 사용 방안을 제시한다.

셋째, VR을 활용한 길찾기 연구를 수집하여 연구 동향을 분석한다. 현재 어떠한 VR 기술 환경이 길찾기 연구에 사용되고 있는지 파악하고, 전체적인 연구 결과와 동향을 정리한다. 이를 통해, 향후 VR을 활용한 길찾기 연구의 방향을 제시한다.

넷째, 위의 과정에 따라 도출된, 길찾기 연구에 적합한 VR 환경을 적용하여 길찾기 시뮬레이션 실험을 진행한다. 이 과정에서 VR 구현기술 중 하나인 시선추적을 주요하게 활용하여 시선추적 데이터를 수집한다.

다섯째, 설문조사를 통해 피험자의 응답을 수집한다. 설문 문항은 피험자의 인구통계학적 특성에 관한 문항, 사인에 대한 평가와 같은 길찾기 과정에 관련된 문항, VR 기술 경험에 대한 문항으로 구성한다.

여섯째, 시선추적과 설문조사를 통해 수집된 데이터를 통계 분석한다. 이를 통해, 건축환경이 길찾기 행태에 미치는 영향을 분석하고, VR 실험에 대한 사용자 평가도 함께 분석한다. 이를 통해 길찾기 연구에서 VR의 활용성을 최종적으로 분석한다.



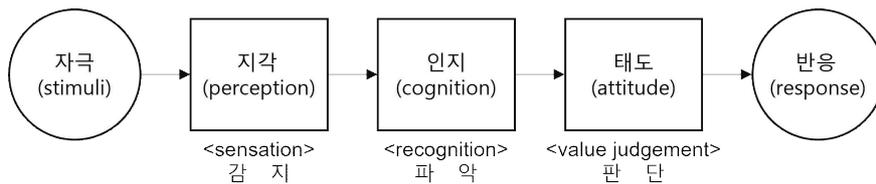
[그림 1-1] 연구의 흐름

제 2 장 이론적 배경

제 1 절 환경-행태 연구와 길찾기

1. 환경-행태 연구(Environment-Behavior Research)

환경심리학(Environmental Psychology)은 인간행태와 물리적 환경의 관계를 탐구하는 학문⁴⁾이다. 환경심리학은 심리학에 바탕을 둔 학문으로, 환경의 지각, 인지, 태도의 영역으로 나누어 상호 관련성과 형성과정을 규명하기 위하여 노력하고 있다⁵⁾. 환경심리학의 다양한 분야 중에서 환경과 행태의 직접적 관계에 초점을 맞추는 연구들이 있는데, 최근 이러한 연구들을 구분하여 ‘환경-행태연구(Environment-Behavior Studies)’라고 부르는 학자들이 늘어나고 있다⁶⁾.



[그림 2-1] 자극-반응의 과정⁷⁾

환경에 대한 인간의 반응을 측정하는 방법은 크게 세 가지, 행태 측정과, 정신생리측정, 구두측정으로 분류할 수 있다⁸⁾. 행태측정은 관찰을 통하여 인간의 행태를 측정하는 방식이며, 정신생리측정은 HR(심박수, Heart Rate), EEG(뇌파검사, Electroencephalogram), SCR(피부전도도,

4) Heimstra, N. W., & McFarling, L. H. (1978). Environmental psychology. Monterey, CA: Brooks/Cole Publishing Company.

5) 최용부. (2005). 주거만족에 관한 이론적 논의. 사회과학연구, 23, 31-56.

6) 임승빈 (2007). <환경심리학과 인간행태>. 서울: 보문당.

7) ibid.

8) ibid.

Skin Conductance Response) 등 다양한 생체신호를 수집하는 방법이다. 구두측정은 설문조사나 인터뷰 등의 방법을 활용하여 자신의 반응을 스스로 보고하는 방식이다. 환경-행태 연구에서는 이러한 방식으로 반응을 측정하기 위하여 환경을 제공하고, 현장 실험과 관찰을 비롯한 자연주의적 연구방법(Naturalistic Study)을 활용하는 것이 필수적으로 여겨진다. 하지만, 환경 속 다양한 변인의 통제와 적절한 환경 구현이 사실상 불가능하여 현장에서의 실험이 이루어지기 힘든 경우가 많다⁹⁾.

2. 길찾기(Wayfinding) 연구

길찾기(Wayfinding)는 Lynch(1960)에 의해 외부 환경의 감각적 단서들을 조직하고 사용하는 행위라고 정의되었으며¹⁰⁾, 이 용어는 이후 본격적으로 사용되기 시작하였다. Arthur & Passini(1992)는 길찾기 행위를 목적지를 찾아가기 위한 반복적인 문제해결 과정이라고 정의하였으며¹¹⁾, 길찾기 과정에서 마주하는 환경정보(Environmental Information)는 길찾기 문제를 해결하는 데 필요한 정보의 구조적이고 시각적인 표현이라고도 설명되었다¹²⁾. Lynch는 인지지도(cognitive map)를 연구하여 통로(Path), 랜드마크(Landmark), 경계(Edge), 결절점(Node), 지구(District)의 다섯가지의 도시이미지 요소를 밝혀내고, 인간은 이 요소들의 결합으로 도시를 인식한다고 주장하였다.

환경-행태연구의 관점에서 본 길찾기 연구는 환경이 바뀔 때 길찾기 행태가 어떻게 변화하는지, 둘 사이의 관계를 규명하고자 하는 연구이다. 특히, 건축 관련 분야에서는 각각의 도시적·건축적 요소가 길찾기에 미

9) Bell, P. A., Greene, T. C., Fisher, J. D., & Baum, A. (2001). *Environmental Psychology*(5e). Fort Worth, TX: Harcourt College Publishers.

10) Lynch, K. (1960). *The Image of the City*. Cambridge, MA: MIT Press.

11) Arthur, P., & Passini, R. (1992). *Wayfinding : People. Signs and Architecture*. New York, NY: McGrawHill Publishing Company.

12) Passini, R., Rainville, C., Marchand, N., & Joannette, Y. (1998). *Wayfinding and dementia: Some research findings and a new look at design*. *Journal of Architectural and Planning Research*, 133-151.

치는 영향을 파악하기 위한 연구, 즉, 건축환경-길찾기행태 연구를 진행해왔다. 대표적으로 Weisman(1979)은 길찾기에 영향을 미치는 환경요인을 연구하여 평면 배치(Plan Configuration), 시·지각적 접근성(Perceptual Access), 건축적 식별성(Architectural Differentiation), 사인체계(Signs)의 네 가지 범주로 분류하였다¹³⁾. 이 분류법은 이후 길찾기 연구에서도 꾸준히 활용되고 있다.

3. 건축환경-길찾기행태 연구에서 전통적 연구방법론 적용의 한계

그간, 환경심리학의 다양한 분야 중에서도 환경을 지각하고 인지하는 과정에 대한 연구가 가장 활발하게 이루어졌다¹⁴⁾. 길찾기 연구에서도 도시적·건축적 요소를 인간이 지각하고 인지하는 과정을 파악하기 위하여 인지 지도(Cognitive Map), 설문 및 인터뷰 등을 활용한 연구가 활발하게 진행되어 왔다. 환경에 따른 인간의 태도, 판단도 거주 후 평가(Post-Occupancy Evaluation, POE), 환경 평가 등의 방식으로 많은 수가 진행되었다. 그러나, 환경에 따른 인간의 행태(반응)는 연구방법론적인 한계로 인해, 다른 연구에 비하여 적극적으로 연구되지 못하였다¹⁵⁾. 이러한 데에는 다양한 원인이 있는데, 높은 비용, 환경조절의 어려움, 정량적 데이터 수집의 어려움, 높은 위험성을 대표적 원인으로 볼 수 있다.

길찾기 연구는 연구의 특성상 방대한 크기의 공간이 필요하지만, 연구의 목적에 맞는 공간을 설계하고 건축하는 데에는 막대한 비용이 든다는 문제점이 있다. 이를 극복하기 위하여 현존하는 공간을 연구 대상으로 하여 실험을 진행할 수 있으나, 실제 환경에서는 변인통제를 비롯하여

13) Weisman, G. D. (1979). Way-finding in the built environment: A study in architectural legibility. Doctoral dissertation. University of Michigan, Ann Arbor, MI.

14) Feimer, N. R. (1979). Personality and Environmental Perception: Alternative Predictive Systems and Implications for Evaluative Judgements. Berkeley, CA: University of California.

15) 김영주 (2015). 길찾기(Wayfinding) 관련 국내 연구동향 분석. 한국실내디자인학회논문집, 24(6), 38-46.

세세한 환경조절이 힘들다는 단점이 있다. 또한, 실험을 통한 행동분석 연구의 과정에서는 데이터 수집을 위해 관찰이나 설문 등의 연구방법론을 병행하여 활용해야 한다. 하지만, 관찰과 설문 모두 데이터 수집이 피험자의 단순한 행동에 한정되고 무의식적 행동은 배제될 가능성이 있으며, 관찰자나 응답자의 주관이 개입될 가능성이 있다는 한계를 가지고 있다. 길찾기 연구의 한 축인 피난 행태 연구에서도 현실에서 실험을 진행하기에 많은 위험이 수반된다는 어려움이 있다.

제 2 절 가상현실(Virtual Reality, VR)

1. VR의 개념과 발전 동향

코로나 19 바이러스의 대유행으로 비대면 상태가 지속되면서, 디지털 전환이 가속화되고 메타버스(Meta Verse)¹⁶⁾가 급부상하고 있다. VR은 메타버스 이전의 개념으로, 보다 더 큰 범위를 가진다고 할 수 있다. 가상현실(VR)은 실제 세계가 아닌 컴퓨터로 만들어진 가상환경을 말하며, 시스템이 사용자와 상호작용하여 실제 세계에서의 체험과 비슷한 경험을 제공하도록 하는 기술이다. 메타버스는 하나의 플랫폼에 다수가 접속하여 상호작용할 수 있도록 지원하는 기술이 필수로 여겨지지만, VR의 경우에는 360° 영상을 시청하는 등의 일방향적인 경험도 포함하는 개념이다. 최근, 메타버스에서 대학교 입학식, 대통령 선거 캠페인, 콘서트가 진행되는 등 다양한 시도가 이루어지고 있으며, 미래에 활발한 활용을 전제로 하여, 관련 기술에 대한 투자와 개발이 빠르게 이루어지고 있다. 이에 따라, 가상현실 관련 기술이 다양하게 개발되고 있으며, 여러 분야로 그 활용성을 넓히고 보편화되는 추세이다.



[그림 2-2] 순천향대학교의 메타버스 입학식¹⁷⁾ [그림 2-3] 가상현실 모델하우스 서비스¹⁸⁾

16) 가상, 초월을 뜻하는 'Meta'와 우주를 뜻하는 'Universe'의 합성어. 현실과 같은 사교활동, 경제활동 등의 일상활동을 영위할 수 있는 가상현실 세계를 말한다.

17) 신아연 (2021, 7, 21). 입학식부터 축제까지... 메타버스로 물든 대학가. <아시아타임즈>. URL : <https://www.asiatime.co.kr/article/20210720500282>

VR은 게임 산업에서 가장 활발하게 이용되고 있으며, 문화, 교육, 의료, 제조 등 광범위한 분야에 활용되고 있다. 건축 분야에서도 과거부터 설계안을 디자인하거나 현실적으로 표현하기 위한 목적으로 VR 시스템을 꾸준히 활용해왔다. 최근에는 VR 기술의 발전으로, 설계 및 착공 전 의사결정 과정에서 사용자의 행동을 테스트하거나 건축주가 검토하기 위한 도구로 활용범위를 넓혀가는 추세이다.

2. 환경-행태 연구에서 VR의 활용의 이점

연구의 도구로서 VR을 사용하는 경우도 꾸준히 증가하고 있다. VR은 현장 실험이 어려운 환경을 구현하여 다양한 실험을 가능하게 하고, 피험자의 안전을 보장할 수 있으며, 변인들을 통제하기 쉬운 환경적 이점을 가지고 있다. 즉, 연구자는 VR을 사용하여 연구의 목적에 적합한 세계를 설계하고, 변인을 적절히 통제할 수 있으며, 낮은 비용과 더 적은 시간으로 실험 환경에 다양한 변화를 줄 수 있다¹⁹⁾. 더 나아가, 일부 VR 환경에서는 피험자의 정확한 위치, 머리, 그리고 심지어 눈의 방향에 대한 고해상도 관찰을 하는 것이 가능하다. 이에 따라 매우 가치 있는 관찰이 VR에서 가능하게 되었으며²⁰⁾, 주관적 개입이 배제된 객관적인 데이터의 수집이 가능하게 되었다. 또한, 화재 등의 재난상황에 대한 시뮬레이션도 현실적 위험 없이 진행 가능하여, 각종 위기 상황에 대한 교육이나 대처 방안 모색을 위하여 활용할 수 있다.

이러한 VR 활용의 이점은 기존의 건축환경-길찾기행태 연구가 가지고 있던 전통적 연구방법론 적용의 한계 지점과 정확히 반대된다([표

18) [그림 2-3] 김도형 (2021, 7, 27). 내 방에서 보는 모델하우스...한화·포스코·롯데·GS건설, 가상현실 속속. <더밸류뉴스>. URL :

<http://www.thevaluenews.co.kr/news/view.php?idx=164319>

19) Morganti, F., Carassa, A., & Geminiani, G. (2007). Planning optimal paths: A simple assessment of survey spatial knowledge in virtual environments. *Computers in Human Behavior*, 23(4), 1982-1996.

20) Conroy, R. (2001). *Spatial navigation in immersive virtual environments*. London, United Kingdom: University College London, University of London.

2-1)). 즉, VR 기술은 건축환경-길찾기행태 연구에서 기존 연구방법론의 한계를 보완하고 연구를 더욱 용이하게 하는 도구로 작용할 수 있으며, 기존에 연구되지 못하였던 새로운 주제에 대한 연구 가능성을 높이고 있다. 반면, 다양한 VR 구현기술로 구성되는 각기 다른 VR 환경이 모두 VR이라는 이름으로 통칭되어 혼란도 발생하고 있다. 건축환경-길찾기행태 연구에서는 VR 기술을 적극적으로 활용하여 새로운 관점에서 다양한 길찾기 연구를 모색할 필요가 있으며, 그에 앞서 VR 관련 기술에 대한 명확한 개념 확립이 필요한 상황이다.

[표 2-1] 환경-행태 연구에서 자연주의적 연구방법과 VR의 활용성

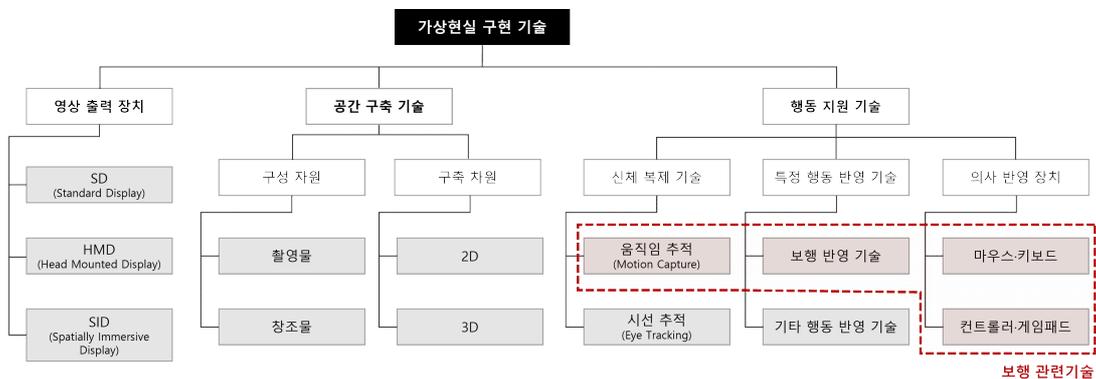
활용성 \ 연구방법	현장 실험 및 관찰	VR 실험
경제성	낮음	높음
환경조절	어려움	쉬움
데이터 수집	주관적 데이터 수집의 위험성	객관적·정량적 데이터 수집 가능
안전성	위험요소 배제의 어려움	위험요소 배제 용이

제 3 장 VR 구현기술의 분류 및 활용성 분석

제 1 절 VR 구현기술의 분류

VR을 구현하는 기술은 다양하며, 많은 기술이 그 자체로 VR이라고 명칭되고 있다. 하지만 어떤 기술을 활용하느냐에 따라 VR 환경은 크게 달라지기 때문에, VR을 구현하는 기술들이 혼재되어있는 상황은 VR에 대한 정확한 이해를 저해한다. 특히, 연구에 VR을 활용할 때에는 다양한 VR 구현 기술들을 명확히 파악하고 연구의 목적에 따라 취사선택할 필요가 있다. 따라서 본 연구에서는 VR을 구현하는 다양한 기술들을 체계적으로 분류하고, 각 기술의 특징과 장단점을 살펴보고자 한다. 더 나아가 길찾기 연구의 관점에서 각 기술의 활용성을 분석해보고자 한다.

본 연구에서는 VR 구현 기술의 활용성을 분석하기에 앞서, 다양한 VR 구현 기술을 [그림 3-1]과 같이 영상 출력 장치, 공간 구축 기술, 행동 지원 기술로 분류하였다. 기존에는 대부분의 연구에서 영상 출력 장치만을 기준으로 VR 환경을 구분하는 경향이 있었다. 하지만, 동일한 종류의 영상 출력 장치를 활용하는 경우에도, 본 연구에서 분류한 공간 구축 기술이나 행동 지원 기술의 활용 양상에 따라 VR 환경은 크게 달라진다. 이에 따라 본 연구에서는 총 세 가지 기준으로 VR 구현기술을 분



[그림 3-1] 가상현실 구현 기술의 분류

류하고, 세부 분류 또한 확립하여 VR 환경을 구분하였다.

먼저, 영상 출력 기술은 VR 공간을 시각으로 경험할 수 있도록 영상을 출력하는 장치를 말한다. 공간 구축 기술은 VR 공간의 제작 및 구동 방식, 기법을 뜻한다. 행동 지원 기술은 VR에 사용자의 움직임에 반영하여 VR과 사용자가 상호작용할 수 있도록 보조하는 장치 및 기법이다.

1. 영상 출력 장치

(1) SD(Standrad Display)

기존에는 데스크톱과 모니터를 활용해 가상현실을 경험하는 것이 대부분이었으며, 이는 DT-VR이라고 지칭되었다. 하지만 본 연구에서는 VR 경험을 제공하는 모니터, 모바일, 태블릿 등의 다양한 영상 출력 장치를 포함할 수 있도록, 시야를 가득 채우지 않는 일정 크기의 디스플레이를 SD로 명칭한다. 이는 가장 간편하게 VR을 경험할 수 있는 장치이지만, 사용자의 시야를 가상환경으로 채우지 못하기 때문에 실재감이 떨어진다는 한계가 있다.

(2) HMD(Head Mounted Display)

HMD는 머리에 장착하는 고글 형태의 기기로, VR 공간의 이미지를 눈앞에 영상으로 재생한다. HMD는 양쪽 눈앞에서 영상이 출력되어 시야를 가득 채우기 때문에, SD를 이용하여 가상현실을 경험할 때보다 훨씬 사실적인 몰입형 가상현실(Immersive Virtual Reality, iVR)을 경험할 수 있다. 또한, VR 경험 중 이동하기 위해서는 팔이나 눈을 고정하여야 하는 SD와 다르게, 신체에 부착되는 특성을 바탕으로 사용자에게 자유로운 움직임을 보장한다.

(3) SID(Spatially Immersive Display)

SID는 이미지로 사용자를 물리적으로 둘러싸는 방식으로 형성되어, HMD와 같이 몰입형 가상현실을 경험할 수 있도록 한다. SID는 프로젝

터를 이용해 공간의 벽과 천장에 영상을 투사하거나, 디스플레이 자체를 벽과 천장으로 활용하는 방식으로 제작된다. HMD의 경우 시야가 차단되어 현실 공간에서 자신의 신체나 위치를 파악하기 힘들지만, SID는 이러한 두려움 없이 VR을 경험할 수 있다는 장점이 있다. 반면, SD나 HMD에 비해 충분한 공간과 고가의 장비들이 필요하다는 단점도 가지고 있다. 가장 대표적인 SID는 일리노이 대학교에서 처음 만들어진 CAVE(Cave Automatic Virtual Environment) 시스템으로, 전용 안경을 통해 벽에 투사된 영상을 3D로 경험할 수 있게끔 한다. 현재 이 기술 또한 꾸준히 발전하고 있으며, 여러 분야에 다양한 가능성을 내비치고 있다. SD, HMD, SID의 활용예시는 [그림 3-2]과 같다.



[그림 3-2] 영상 출력 장치의 종류²¹⁾

2. 공간 구축 기술

(1) 구성 자원

VR 환경은 공간을 구성하는 자원을 기준으로도 구분할 수 있다. VR 공간은 구성하는 자원은 크게 실제 환경을 촬영하여 얻은 자료인 촬영물, 가상으로 제작된 형상인 창조물, 그리고 이 둘을 모두 사용하는 혼합 방식, 총 세 가지로 구분할 수 있다. 촬영물로 VR 공간을 구성하는 방법에는 360° 카메라로 촬영하는 방법과 고정된 위치에서 촬영한 여러 장의

21) Kim, K., Rosenthal, M. Z., Zielinski, D. J., & Brady, R. (2014). Effects of virtual environment platforms on emotional responses. *Computer methods and programs in biomedicine*, 113(3), 882-893.

사진을 이어붙이는 방법, 거리 측정 센서를 탑재한 카메라로 촬영하는 방법이 있다. 촬영물로 구성된 VR 공간은 매우 사실적이어서 현실감이 높다는 장점이 있으나, 사물의 배치나 빛의 효과 등을 인위적으로 조작하기 힘들다는 한계를 지니고 있다.

창조물로 구성된 VR 공간은 3D 모델링²²⁾ 소프트웨어를 통해 제작하는 것이 대표적이며, 그림을 그리거나 이미지를 편집하는 방법으로도 생성할 수 있다. 창조물 자원은 현실에 제약받지 않는 다양한 환경을 자유롭게 생성할 수 있다는 이점을 가지고 있다. 이는 연구의 목적에 따라 다양한 실험 환경을 설계할 수 있도록 하며, 착공 전 설계안의 성능 파악을 위한 여러 가지 실험과 클라이언트의 사전 검수를 가능하게 한다.

창조물 자원과 촬영물 자원을 동시에 활용하는 방식도 존재한다. 이 경우, 자원을 어떻게 혼합 활용하느냐에 따라 높은 현실감을 재현할 수 있으며 현실에 제약받지 않는 환경 또한 구현할 수 있다. 현재의 기술 발전 수준에서 창조물 기반 공간이 실제와 비슷한 수준의 현실감을 가지도록 제작하기 위해서는 많은 시간과 노력, 자원을 투입해야 한다. 이러한 상황에서 창조물과 촬영물을 모두 사용하는 혼합 방식은 매우 유용하게 활용될 수 있다.

(2) 구축 차원

VR 공간은 구축되는 차원에 따라 평면인 2D 기반 공간과 입체인 3D 기반 공간으로 나뉜다. 2D 기반 공간은 360°의 장면을 포함하는 평면 자원을 통해 구축할 수 있다. 2D 기반 공간의 가장 큰 특징은 관찰자의 시점이 고정되어 있다는 것이다. 다수의 시점을 생성 및 연결하여 위치를 이동하도록 할 수 있지만, 이 경우에도 사용자의 자유로운 위치 선택이 불가능하고 키나 자세에 따른 눈높이의 변화 또한 적용되지 않는다는 한계가 있다.

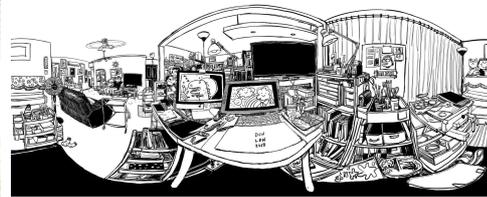
3D 기반 공간은 3D 모델링 소프트웨어²³⁾를 통해 제작하는 방법이 대

22) 3D 모델링은 가상환경에 3차원의 입체적 형상을 만들어내는 것을 의미하며, 이로써 실존하지 않는 세계를 창작할 수 있다.

표적이다. 이 외에 거리 측정 센서를 탑재한 카메라를 활용하는 방법²⁴⁾으로도 제작할 수 있으나, 아직 기술이 충분히 발전하지 않아 업무나 연구에 쓰이기 위해서는 발전이 필요한 상황이다. 3차원으로 이루어진 3D 기반 공간이 원활히 작동되기 위해서는 렌더링이 즉각적으로 진행되는 실시간 렌더링(Real-Time Rendering) 기술이 필수적이다. 실시간 렌더링은 관찰자의 이동과 머리 회전, 눈높이의 변화에 즉각적으로 반응하여, 시점의 변화에 따른 연속적인 이미지 생성, 즉, 영상으로의 재생을 가능하게 한다. 이는 VR 체험 시에 자유로운 이동을 보장하며, 더욱 현실적인 경험을 제공한다. 실시간 렌더링을 지원하는 가장 발전된 형태의 VR



[그림 3-3] 촬영물 + 2D 기반 공간²⁵⁾



[그림 3-4] 창조물 + 2D 기반 공간²⁶⁾



[그림 3-5] 촬영물 + 3D 기반 공간²⁷⁾



[그림 3-6] 창조물 + 3D 기반 공간

23) 대부분의 3D 모델링 소프트웨어 또한 낮은 품질의 실시간 렌더링을 지원하지 않기 때문에, 데스크탑에서 3D 모델링 소프트웨어를 조작하는 것 자체가 3D 기반 VR 환경을 SD를 통해 경험하고 있는 것이라고 할 수 있다.

24) 가상공간에 측정된 거리를 기준으로 점을 배치하는 방식(Point-Cloud)으로 현실 세계의 공간과 사물을 3차원의 객체로 복제한다.

25) 차재문 (2016, 8, 31). 360도 회전도 모든 것이 가능하다... VR의 세계. <조선비즈>. URL : https://biz.chosun.com/site/data/html_dir/2016/08/30/2016083001655.html

26) Artstation: Drawing a 360 Pano View of my apartment and work space[Website]. Retrieved Dec 20, 2022 from <https://www.artstation.com/artwork/VmlJR>

27) 이종철 (2021, 5, 20). 강제로 메타버스가 돼버린 메타버스 협업 툴, 스페이셜 웹 버전 출시. <바이라인네트워크>. URL : <https://byline.network/2021/05/20-128/>

실시간 플랫폼은 Unity 3D, Unreal Engine과 같은 게임엔진이 대표적이다. 이는 렌더링 기술, 장치 간 상호작용 등을 가능하게 하여 다채로운 VR 경험을 가능하게 한다.

3. 행동 지원 기술

(1) 신체복제 기술

신체복제 기술은 현실 환경(Real Environment, 이하 RE)에서 인간 신체가 움직이는 형상을 VR 공간으로 복제하기 위한 목적으로 발전된 기술이며, 움직임 추적(Motion Capture²⁸⁾) 기술과 시선 추적(Eye Tracking) 기술이 여기에 속한다. 신체복제 기술은 사용자 신체의 움직임을 복제하여 VR 공간에서 사용자 간 상호작용이 가능하도록 할 뿐 아니라, 무의식적인 행동을 포함한 다양한 인간 신체 움직임을 데이터로 변환하여 객관적, 정량적으로 분석할 수 있도록 한다.

먼저, 움직임 추적 기술은 신체를 촬영하는 영상을 실시간으로 분석하거나 위치 데이터 전송이 가능한 센서를 사용하여 이루어진다. HMD는 기본적으로 움직임 추적 기술이 부가된 영상 출력 장치라고 볼 수 있는데, 이를 통해 사용자 머리의 움직임이나 위치 이동에 따라 그에 맞는 영상을 출력할 수 있게 한다. 움직임 추적 기술은 사용자의 실제 보행에 따른 위치 이동을 VR 공간에서의 위치 이동으로 반영하여 실제 보행하는 것과 같은 현실감을 느낄 수 있게 한다. 하지만, VR 공간이 VR을 체험하는 현실 공간보다 클 때는 다른 장치를 함께 사용하여 이동해야 하는 한계도 가지고 있다.

시선추적(Eye-Tracking, ET) 기술은 카메라가 내장된 HMD나 안경 형태의 시선추적 장비(Eye Tracking Glasses, ETG)를 통해 이루어진다. 이는 눈동자의 움직임을 촬영하고, 이를 가상현실 캐릭터에 적용하거나 데이터로 수집하여 분석할 수 있도록 한다. 응시점, 주시 빈도, 주시 시

28) 해당 기술은 영화나 게임 산업에서 특히 활발하게 사용되고 있으며, 사용되는 분야에 따라 Motion Tracking이라고도 불린다.

간 등의 다양한 안구운동 데이터가 정량적으로 수집될 수 있으며, 디자인, 교육, 의료, 어문 등 다양한 연구 분야에서 활발하게 사용되고 있다.

(2) 특정 행동 반영 기술

특정 행동 반영 기술은 보행, 운전, 연주 등 특정한 인간 행동을 VR 공간에 반영할 수 있도록 하는 장치 및 기법을 말한다. 각각의 장치는 복제하고자 하는 특정 행동에 맞춰, 특정한 물체를 본떠 개발되거나 VR 경험의 현실감을 높이고 행동의 제한을 극복하는 방향으로 개발된다. 신체복제 기술이 신체의 움직임 그 자체를 데이터화하는 데에 반해, 특정 행동 반영 기술은 행동에 의한 결과값을 데이터화하여 이용한다는 점에서 차이가 있다.

보행은 아주 기본적인 인간 행동으로, VR 공간 내 보행이 가능하도록 많은 기술이 개발되고 있다. VR용 트레드밀(Treadmill)²⁹⁾은 제자리걸음을 인식하거나, 미끄러지는 발판, 움직이는 발판을 사용하여 현실의 작은 공간에서 넓은 VR 공간을 온전히 경험할 수 있도록 한다. 그러나 아직 기술의 발전이 충분치 않아 비용이 높고 행동이 매끄럽지 않다는 점, 자세에 제한이 있다는 점 등 시기적 한계점을 가지고 있다. 이외에도 걷는 방향의 반대로 움직이는 신발 형태의 장비³⁰⁾, 시선추적을 통해 시선이 이동하는 순간을 포착하여 VR 내 방향을 미세하게 회전시키는 방식으로 실제 이동 면적을 줄이는 기술³¹⁾도 개발되었으나 상용화되지는 않았다.

(3) 의사 반영 장치

의사 반영 장치는 특정 행동에 한정되지 않고, 시스템에 따라 다양한

29) 트레드밀은 본디 운동을 위한 기구로, 한국에서는 보편적으로 ‘러닝머신’으로 불리고 있다.

30) EKTO 사의 EKTO ONE이 개발 중에 있다.

31) Association for Computing Machinery. (2018). Walk this way: Novel method enables infinite walking in VR: Researchers have harnessed natural eye movements to make a more comfortable VR experience. ScienceDaily. URL : www.sciencedaily.com/releases/2018/05/180529140935.htm

행동이 가능하도록 유동성에 초점을 맞춰 개발된 장치를 말한다. 이 장치를 이용하면 같은 장치를 이용하여 VR 환경마다 미리 설정된 걷기, 뛰기, 물건 집기, 총 쏘기 등의 다양한 사용자 행동을 실행할 수 있다. 보편적으로 SD에는 키보드나 마우스, HMD에는 손에 쥐는 형태의 컨트롤러³²⁾를 함께 사용한다. 이 외에 게임패드, 조이스틱, 터치패드 등의 입력 장치도 이 분류에 속한다. 이 장치를 이용하면 버튼을 누르는 등의 간단한 동작으로 다양한 복잡한 인간 행동을 VR에 반영할 수 있지만, 그만큼 현실감이 떨어진다는 단점이 있다. 특히, 키보드나 마우스는 탁자나 평평한 곳에 놓고 쓰는 것으로 VR 경험 시 사용자 움직임의 제한이 크다는 단점이 있다.



[그림 3-7] VR 트레드밀³³⁾



[그림 3-8] VR 컨트롤러³⁴⁾

32) 일반적으로 컨트롤러는 추적이 가능하며 손에 쥐고 사용하기 때문에, 때에 따라 신체 복제 기술의 일부로 작용할 수 있다.

33) 안희찬 (2018, 2, 6). 뉴믹스, “세계 최초 4D VR ‘퀀텀 VR 트레드밀’로 VR 시장 선도하겠다”. <매일경제> URL :

<https://n.news.naver.com/mnews/article/009/0004096513>

34) VIVE PRO 컨트롤러(2018)[Website]. Retrieved Dec, 20, 2022 from <https://www.vive.com/kr/accessory/controller2018/>

제 2 절 길찾기 연구에서 VR 구현기술의 활용성 분석

1. 평가 항목

본 연구는 길찾기 연구에서 가상현실 기술의 활용성을 분석하기 위하여 시각적 유사성, 행태적 유사성, 정량적 데이터 수집 용이성, 환경 조절 가능성, 경제성의 총 5가지 평가 항목을 선정하였다.

환경-행태연구의 관점에서 길찾기 연구란, 인간 개개인의 특성을 배제한, 동일한 환경 자극에 따른 동일한 반응을 규명하고자 하는 연구이다. 본 연구에서는 이를 바탕으로, VRE에서의 사용자 감각과 행동이 RE에서와 유사할수록 연구의 정확도가 높아진다는 것을 전제하였다. 특히, 길찾기의 주요한 부분인 시각과 보행에 집중하여 시각적 유사성과 행태적 유사성을 평가 항목으로 선정하였다. 시각적 유사성은 피험자가 VRE를 RE와 시각적으로 유사하다고 느끼는 정도를 말하며, 행태적 유사성은 피험자의 보행, 머리 회전 등의 행동이 RE에서와같이 자연스럽게 이루어질 수 있는 정도를 말한다.

RE에서 실험을 통한 길찾기 연구가 이루어지기 힘든 원인인 동시에 VR의 이점이기도 한 정량적 데이터 수집 가능성, 환경 조절 가능성, 경제성 또한 평가 항목으로 선정하였다. 정량적 데이터 수집 용이성은 보행과 시선의 움직임이 정량적인 데이터로 수집될 수 있는지에 대한 여부를 의미한다. 정량적 데이터 수집이 가능할 경우, 연구자는 관찰이나 설문에 의존하지 않는 객관적이고 정량적인 자료 수집을 통해 정확한 연구 결과를 도출할 수 있다. 환경 조절 가능성은 자유롭게 실험 환경을 설계할 수 있는지에 대한 여부이다. 환경 조절이 가능할 경우, 연구자는 현실의 공간에 구속되지 않고 실험의 목적에 맞는 다양한 환경을 설계할 수 있으며, 다양한 변인을 통제하여 연구를 진행할 수 있다. 마지막으로, 경제성은 해당 기술에 소요되는 금전적 비용을 뜻하는 것으로, 경제성이 좋다는 것은 연구에 투입될 비용이 적다는 것을 의미한다.

2. 분석 기준

영상 출력 장치와 공간 구축 기술은 각 범주 안에서 비교되어 분석되었다. 행동 지원 기술의 경우 길찾기 연구에 직접적으로 연관되지 않은 기술들은 분석에서 배제하였다. 움직임 추적 기술은 위치를 복제하여 현실보행을 VR 공간의 보행으로 반영시키는 기술로 범위를 좁혔으며, 현실보행이라고 명명하였다. 특정 행동 반영 기술은 길찾기와 밀접한 관련이 있는 보행 반영 기술만 분석에 포함하였다. 이로써 행동 지원 기술 중 분석 대상이 되는 기술은 시선추적 기술을 제외하고 모두 보행에 관련되는 기술로, 서로 비교하여 분석되었다.

3. VR 구현기술의 활용성 분석

각 기술의 활용성은 그 특징을 바탕으로 해당 기술이 영향을 미치는 범위에 한정하여 분석되었으며, 그 결과는 [표 3-1]과 같다. 먼저, 영상 출력 장치의 경우 HMD의 활용성이 가장 높은 것으로 분석되었다. HMD와 SID는 몰입형 가상현실을 경험할 수 있는 장치이며 SD와 같이 시선을 고정해야 할 필요성이 없어, 시각적 유사성과 행태적 유사성이 모두 높다. 그러나, HMD가 SID와 비교하였을 때 훨씬 높은 경제성을 가지므로, HMD가 가장 적합한 기술로 분석되었다.

공간 구축 기술 중 구성 자원으로는 창조물이나 촬영물과 창조물이 혼합된 방식을 활용할 때 환경 조절이 가능하여 대부분의 연구에 활용성이 높을 것으로 보인다. 하지만 일부, 현존하는 공간을 대상으로 하며 변인통제의 필요성이 없는 실증적 연구 등에는 촬영물로 환경을 구성하여 시각적 유사성을 극대화하는 것이 적합할 것으로 분석된다.

공간 구축 기술 중 구축 차원은 3D 기반의 공간이 2D 기반 공간보다 유리할 것으로 분석된다. 길찾기 행동은 연속된 행동인 만큼, 시각적 유사성과 행태적 유사성이 동시에 확보되어 연속된 행동이 가능해질 때 더욱 정확한 연구 결과를 보장하기 때문이다.

[표 3-1] 가상현실 기술의 활용성 분석

가상현실 구현 기술		분석 기준	시각적 유사성	행태적 유사성	정량적 데이터 수집 용이성	환경 조절 가능성	경제성
영상 출력 장치		SD	×	×			○
		HMD	○	○			○
		SID	○	○			×
공간 구축 기술	구성 자원	촬영물(a)	◎			×	
		창조물(b)	○			○	
		혼합(a+b)	○			○	
	구축 차원	2D	×	×			
		3D	○	○			
행동 지원 기술	신체복제 기술	시선추적			○		△
		현실보행(Γ)		◎	○		×
	의사반영장치	마우스·키보드		×	○		○
		컨트롤러·게임패드(L)		△	○		○
	특정 행동 반영 기술	트레드밀		△	○		△
	-	혼합(Γ+L)		○	○		○

◎ : 매우 높음, ○ : 높음, △ : 중간, × : 낮음

행동 지원 기술 중 신체복제 기술에 해당하는 시선추적 기술은 안구 운동 데이터를 수집할 수 있어 길찾기 행동에 영향을 미치는 시각적 요인을 분석하는 연구에 적합하다. 길찾기 행위는 시각적인 단서에 주로 의지하는 만큼, 시선추적 기술은 대부분의 길찾기 연구에 도움이 될 수 있다. Weisman의 분류에 기반하여 환경요인에 따른 시선추적 기술의 활용성을 분석하면, 시선추적 기술은 평면 배치를 제외한 시·시각적 접근성, 건축적 식별성, 사인체계에 관한 연구 모두에서 피험자가 포착하는 길찾기 단서를 분석하는 데에 유용하다.

시선추적을 제외한 행동 지원 기술은 모두 보행에 관련된 기술로 같은 선상에서 분석되었다. 해당 기술들은 모두 시스템을 통해 작동하는 과정에서 정량적 데이터 수집이 가능하므로, 정량적 데이터 수집 용이성

이 높음으로 분석되었다. 한 편, 현실보행은 행태적 유사성이 가장 높지만, 경제성이 낮다는 문제점을 가지고 있다. 현실에 1:1 비율의 공간이 마련 가능한 작은 크기의 공간이 연구 대상인 경우에는 매우 적합하지만, 공간의 크기가 커질수록 경제성이 급격하게 나빠져 활용성이 떨어진다. 마우스 및 키보드는 경제성은 좋으나 평평한 곳에 두고 써야 하는 장치적 한계로 행태적 유사성이 크게 떨어진다. 컨트롤러 및 게임패드는 손에 쥐고 사용하여 머리 회전 등의 자유로운 움직임이 보장되지만, 보행 행동이 버튼을 누르는 등의 단순한 행동으로 대체되어 행태적 유사성이 떨어진다. 반면 트레드밀은 개념 및 작동 원리의 측면에서 행태적 유사성이 매우 높은 기술이다. 하지만, 현재 기술 발전 수준을 고려하여 행태적 유사성을 중간으로, 경제성을 낮음으로 평가하였다. 해당 기술은 추후 충분히 발전을 이룰 경우 가장 적합한 기술로 보여지나, 현재 상황에서는 현실보행과 컨트롤러의 혼합 사용이 연구에 가장 적합할 것으로 분석된다.

4. 기술의 병행 사용에 따른 활용성 분석

정량적 데이터 수집 용이성, 환경 조절 가능성, 경제성의 측면에서는 병행 사용되는 기술들이 비교적 독립적인 관계에 있으나, 시각적 유사성과 행태적 유사성의 측면에서는 서로 밀접한 영향을 주고받는다. 예를 들어, HMD는 자유로운 움직임과 그에 따른 영상 출력이 가능한 이유로 시각적·행태적 유사성이 높다. 그러나, 이 장치가 2D 기반의 VRE에서 사용될 때는, 2D의 특성상 고정된 시점에서의 영상만 출력하게 되므로 HMD의 시각적 유사성이 제한받게 된다. 마찬가지로, 키보드 및 마우스를 사용하는 환경에서는, 이를 조작하기 위하여 HMD의 행태적 유사성이 제한받게 된다. 이처럼, 각 기술군에서 각각 어떤 기술이 선택되어 활용되느냐도 중요하지만, 이 기술들이 어떤 조합으로 병행 사용되는지에 따라 VR 환경은 달라진다. 따라서 각각의 기술보다도, 기술의 병행 사용 양상으로 VR 환경의 효과를 유추하는 것이 타당할 것이다.

[표 3-2] 길찾기 연구의 특성에 따른 가상현실 구현 기술의 병행 사용 방안

연구 특성	가상현실 구현 기술	영상 출력 장치	환경 구축 기술		행동 지원 기술	
			구성 자원	구축 차원	시선 추적	보행 방식
아래를 제외한 경우의 길찾기 연구	HMD	HMD	창조물	3D	사용	현실보행 + 컨트롤러
			혼합			
연구 대상의 공간적 크기가 매우 작은 연구	HMD	HMD	창조물	3D	사용	현실보행
			혼합			
현존하는 공간을 연구의 대상으로 하고, 공간적인 변인통제의 필요성이 없는 연구	HMD	HMD	혼합	3D	사용	현실보행 + 컨트롤러
시각 이외의 자극에 관한 연구	HMD	HMD	창조물	3D	-	현실보행 + 컨트롤러
			혼합			

길찾기 연구에서 기술의 상충 작용을 피하고 활용성을 극대화하기 위하여, 연구의 특성에 따른 VR 구현 기술의 병행 사용 방안을 [표3-2]와 같이 제시한다. 대다수의 길찾기 행동 연구에서는 창조물 또는 촬영물과 창조물이 혼합된 자원으로 구성된 3D 기반 가상환경을 HMD로 경험하고, 현실보행과 컨트롤러를 혼합 사용하여 보행하며, 시선추적 기술을 사용하는 것이 권장된다. 이에 해당하지는 않는 세 가지 예외는 다음과 같다. 첫째, 연구 대상 공간의 크기가 매우 작은 연구는 행태적 유사성을 극대화하기 위해 현실보행을 보행방식으로 채택하는 것이 권장된다. 둘째, 현존하는 공간을 대상으로 하며 공간적인 변인 통제의 필요성이 없는 연구의 경우, 촬영물로 공간을 구성하여 시각적 유사성이 높이는 것이 바람직하다. 하지만, 촬영물로 3D 기반의 공간을 제작하는 데에 필요한 기술이 발전 단계에 있으므로, 현재로서는 촬영물을 적극적으로 쓰고 창조물로 입체감을 더하는 혼합 방식을 활용하는 것이 가장 적합할 것으로 분석된다. 셋째, 평면 배치와 같은 시각 이외의 자극에 관한 연구는 시선추적 기술의 사용이 불필요할 것으로 분석된다.

제 4 장 VR을 활용한 길찾기 연구 동향 분석

이 장에서는 그간 국내외의 VR을 활용한 길찾기 연구를 수집하여 연구 동향을 파악하고, 앞서 분류한 VR 구현 기술이 실제 연구에서 어떻게 활용되고 있는지 살펴본다. 나아가 VR 기술의 발전에 따른 길찾기 연구의 향방을 모색하고자 한다.

제 1 절 연구 수집 기준

본 연구에서는 2013년부터 2022년까지 게재된 연구논문 중 VR을 활용한 길찾기 연구에 관한 연구를 수집하였다. 국내연구의 경우 검색엔진 RISS에서 학술대회 발표집을 제외한 건축 및 도시, 디자인 관련 학술지와 학위논문으로 대상을 한정하여 ‘VR 길찾기’, ‘가상현실 길찾기’, ‘가상 공간 길찾기’의 3가지 키워드를 통해 검색하였다. 국외 연구의 경우 검색엔진 Google Scholar에서 연구 제목에 한정하여 ‘VR Wayfinding’, ‘Virtual Wayfinding’의 2가지 키워드를 검색하였다. 이후 인구통계학적 특성, 인구밀도, 길찾기 보조 도구(지도), 학습 효과, 소음 등 건축적 환경 이외의 요인에 관한 연구와 시스템 개발에 관한 연구는 제외하였다. 또한, 동일한 연구자 및 주제, 방법으로 진행된 연구가 중복하여 수집된 경우, 하나로 취급하였다. 그 결과, 국내 9편, 국외 26편으로 총 35편의 논문이 분석 대상으로 선정되었다.

제 2 절 연구 동향 분석

1. 개요

최근 10년을 대상으로 수집된 총 35편의 논문을 분석한 결과, VR 기술을 활용한 길찾기 연구가 점차 증가하고 있다는 사실을 파악할 수 있었다. 특히, 2022년에는 12편의 논문이 발표되었는데, 이는 수집된 전체 논문의 약 34%에 해당한다. 이와 같은 결과는 최근 VR 기술의 급격한 발전과 다양한 연관 기기의 상용화, 소프트웨어의 발전으로 인한 시간적·금전적 비용 저하, 편리성 증가 등의 원인 때문으로 추정된다.

본 연구에서는 수집된 논문을 연구의 주제에 따라 세 가지로 구분하였다. 그 결과, 환경요인에 따른 길찾기 행태 변화 연구 23건, 길찾기 연구에서 VR의 유효성 검증 연구 8건, 길찾기 연구에서 VR 구현기술의 비교연구 4건으로 분류되었다. 환경요인에 따른 길찾기 행태 변화 연구는 전체의 66%를 차지하여 가장 많이 연구된 주제로 분석되었으며, 2022년에는 전년도와 비교하여 그 수가 두 배 이상의 큰 폭으로 증가한 것을 확인할 수 있었다. 이는 VR 구현기술이 발전하며 경험의 사실성을 확보함에 따라, VR이 연구 도구로서 인정받고 사용되는 추세라고 해석



[그림 4-1] VR을 활용한 길찾기 연구 수 추이

할 수 있다.

2. 환경요인에 따른 길찾기 행태 변화 연구

총 23건의 논문에서 환경요인 변화에 따른 길찾기 행태의 변화를 연구하였다. 각 연구에서 진행된 실험의 종속변인을 Weisman의 환경요인 분류에 따라 분류한 결과, 평면배치는 8번, 시·지각적 접근성 5번, 건축적 식별성 9번, 사인체계는 12번 연구된 것으로 집계되었다. 시·지각적 접근성에 관한 연구는 다른 연구들에 비해 적은 수가 진행되었는데, 이는 가시영역을 계산하는 데에 필요한 절차가 복잡하기 때문으로 판단된다. 추후 기술의 발전과 소프트웨어의 개발에 따라 해당 분야의 연구가 더 활발해질 것으로 예상된다.

연구의 대상이 되는 공간은 의료시설, 상업시설, 교통시설 등 내부가 반복적이거나 복잡하여 길찾기에 어려움을 겪는 실내 공간이 주를 이루었다. 그 외에 4건의 연구(#1, 4, 6, 14)에서 테마파크, 도시의 큰 규모를 대상으로 실험을 진행하였으며, 2건의 연구(#5, 9)에서는 변인을 확실하게 통제하기 위하여 단순한 형태의 미로를 구현하여 실험하였다.

연구에 활용된 VR 기술을 분석한 결과, 11건(#1, 2, 4, 6, 7, 8, 9, 11, 13, 20, 23)의 연구가 SD를 활용하였으며 나머지 12건의 연구에서 HMD를 활용하였다. 특히, HMD 기기가 보편화됨에 따라 2021년부터 HMD의 활용이 급격히 늘어난 것을 확인할 수 있었다. 공간 구축 기술의 경우 전체 23건 중 21건의 연구에서 창조물, 3D로 환경을 구축하였으며, 그 외 2건의 연구(#12, 17)에서 촬영물, 2D로 환경을 구축하였다. 이는 대부분의 연구에서 환경 조절 가능성과 경제성을 확보하기 위해 VR 기술을 활용한 결과로 분석된다. 한 편, 시선추적 기술을 활용한 연구는 총 3건(#10, 12, 17)으로 집계되었다. 최근 시선추적 기술이 HMD에 병합되어 출시되는 등 보편화되고 있지만, 아직 해당 기술을 사용한 연구는 부족한 실정이다. 시선추적 기술은 시·지각적 접근성, 건축적 식별성, 사인체계를 연구하기에 모두 적합할 뿐 아니라 피험자의 행동을 정량적인 데이

[표 4-1] 환경요인에 따른 길찾기 행태 변화 연구

연번	저자 (연도)	독립 변인 ***	종속변인	대상	VR 기술 환경					병행 연구 방법
					영상 출력 장치	환경 구축 기술		움직임 지원 기술		
						구성 자원	구축 차원	ET	보행 방식	
1	오훈성·최승담 (2013)	PC	소요시간	테마 파크	SD	창조물	3D	-	키보드	-
2	Slone et al. (2015)	PC	동선, 소요시간, 공간인지*	업무 시설	SD	창조물	3D	-	키보드	설문, 인지 지도
3	Vilar, Rebelo & Noriega (2014)	S	동선, 이동 거리, 공간인지*	업무 시설	HMD	창조물	3D	-	조이스틱	설문
4	박수지 (2017)	PC	공간인지*	테마 파크	SD	창조물	3D	-	키보드	설문
5	Sharma et al. (2017)	AD	동선, 소요시간, 이동 거리, 방향전환, 지도 이용	미로	HMD	창조물	3D	-	조이스틱	EEG
6	Pazzaglia et al. (2017)	AD	이동 거리	도시	SD	창조물	3D	-	조이스틱	설문
7	민영화·하미경 (2018)	AD	환경 명료성*, 색채 기여도*	의료 시설	SD	창조물	3D	-	키보드	설문
8	Kumoğlu (2018)	PA	소요시간, 경로 선택, 방향 회전, 멈춘 시간	교통 시설	SD	창조물	3D	-	구두선택	-
9	Yesiltepe et al. (2019)	PC, AD	소요시간	미로	SD	창조물	2D	-	터치패드	-
10	Bianconi, Filippucci & Felleini (2019)	PC, PA, S	동선, 주시 특성	교육 시설	HMD	창조물	3D	사용	현실보행 **, 컨트롤러	-
11	전효정·정진우 (2020)	S	길찾기 성공 횟수, 스트레스*	교통 시설	SD	창조물	3D	-	키보드	설문
12	Kim & Kim (2020)	S	주시특성, 경로 선택 난이도*	상업 시설	HMD	촬영물	2D	사용	현실보행	설문
13	장소정·박수빈 (2021)	PA	경로 선택	상업 시설	SD	창조물	3D	-	키보드, 마우스	-
14	김우용 (2021)	AD, S	길찾기 오류 횟수, 공간 인지 기여 요소*	도시	HMD	창조물	3D	-	현실보행, 컨트롤러	인터 뷰

15	Kostakos et al. (2021)	S	소요시간, 이동 거리, 방향전환, 멈춤, 감정*	주차 시설	HMD	창조물	3D	-	컨트롤러	HR, 설문
16	박진수, 황희준 (2022)	PC, PA, AD, S	동선, 소요시간, 이동 거리, 방향전환	주차 시설	HMD	창조물	3D	-	레이싱휠 및 페달	-
17	민자경 (2022)	PC, S	소요시간, 이동 거리, 주시 특성, 경로 선택, 동선, 길찾기 난이도*	상업 시설	HMD	촬영물	2D	사용	구두선택	설문, 관찰
18	Kalantari et al. (2022)	AD, S	소요시간, 주시 특성, 경로 선택, 스트레스*, 뇌 활동성*	의료 시설	HMD	창조물	3D	-	컨트롤러	설문, EEG
19	Jiang et al. (2022)	AD	소요시간, 이동 거리, 멈춤, 주시 특성*, 감정*, 선호도*	의료 시설	HMD	창조물	3D	-	현실보행, 컨트롤러	설문
20	Al-Sharaa et al. (2022)	S	소요시간, 이동 거리, 지도 이용 횟수	의료 시설	SD**	창조물	3D	-	키보드, 마우스	-
21	Qi, Lu & Chen (2022)	PC, PA, AD	소요시간, 이동 거리, 스트레스*, 감정변화*	의료 시설	HMD	창조물	3D	-	컨트롤러	SCR, 설문
22	Hu & Xu (2022)	S	동선, 소요시간, 멈춤, 이동 거리, 스트레스*, 사인체계의 유용성*	교통 시설	HMD	창조물	3D	-	컨트롤러 **	설문
23	Wang, Chen & Zheng (2022)	S	동선, 소요시간, 사인체계의 유용성*, 스트레스*	의료 시설	SD	창조물	3D	-	키보드, 마우스	설문, 인터뷰

* : 병행 연구방법에 의하여 수집됨

** : 연구 내 명확히 기재되지 않으나 맥락상 활용한 것으로 추정되는 기술

*** : PC(평면배치, Plan Configuration), PA(사·지각적 접근성, Perceptual Access), AD(건축적 식별성, Architectural Differentiation), S(사인체계, Signs)

터로 수집하기에 매우 유용하므로 추후 해당 기술의 적극적인 활용이 권장된다. 이동 관련 기술의 경우 대부분의 연구에서 의사 반영 장치를 사

용하였으며, 3건의 연구(#10, 14, 19)에서 현실보행과 컨트롤러를 병행 사용하고, 1건의 연구(#12)에서 현실보행만으로 실험을 진행, 그 외 1건의 연구(#16)에서 특정 행동 반영 기술을 활용하였다. 특정 행동 반영 기술을 활용한 연구는 주차시설을 VR 환경으로 조성, 실험하였는데, 레이싱 휠 및 페달을 이동방식으로 택하여 운전 시 길찾기 상황을 현실감 있게 재현하였다.

병행연구방법의 경우, 14건의 연구(#2, 3, 4, 6, 7, 11, 12, 15, 17, 18, 19, 21, 22, 23)에서 설문은 병행 연구방법으로 활용하였으며, 이외에 심박수(#15), 뇌파검사(#5, 18), 피부전도도(#21)와 같은 생체 데이터 수집 기술과 인지지도 등의 연구방법을 병행 사용하였다. 설문은 실험 대상자의 인구통계학적 특성, VR 환경의 평가, 스트레스 등 감정 평가, 길찾기 난이도나 환경요인의 영향력 등 종속변인의 효과를 측정하기 위하여 사용되었다.

VR 관련 기술이 발전함에 따라 최신 VR 기술들이 연구에 점차 활용되어 RE와의 유사성을 확보하고 실험의 용이성을 높이는 추세를 보이고 있다. 또한, 기존에 설문이나 관찰을 통해 수집되던 데이터들을 점차 게임엔진, 시선추적 기술, 생체 데이터 수집 기술 등을 통해 객관적이고 정량적인 방식으로 수집하는 연구가 시도되고 있다.

VR 기술의 병행 사용 측면에서 그간의 연구를 살펴보았을 때, HMD와 창조물 및 3D 기반 환경, 현실보행 + 컨트롤러를 통한 이동방식(추정), 시선추적 기술을 병행하여 활용한 연구는 단 1건(#10)에 그쳤다. 특히, 해당 연구를 제외하고 시선추적 기술이 활용된 연구는 모두 2D 환경을 기반으로 한 연구로, 보행 상황이 아닌 위치가 고정된 상황에서의 주시특성 및 경로 선택을 연구하였다. 시선추적 기술은 시·지각적 접근성 연구, 건축적 식별성 연구, 사인체계 연구 모두에 적합한 기술이다. 향후 건축 환경의 자극과 행동의 연속성이 보장되는 VR 환경에서 시선추적 기술을 병행 활용할 때, 시선추적 기술의 효과가 배가되어 과거 RE에서 실험으로 연구하기 어려웠던 다양한 주제들을 연구할 수 있을 것으로 전망된다.

3. 길찾기 연구에서 VR의 유효성 검증 연구

[표 4-2] 길찾기 연구에서 VR의 유효성 검증 연구

연번	저자 (연도)	대상	종속변인	VR 기술 환경				RE 연구 방법	병행 연구방 법	
				영상 출력 장치	환경 구축 기술		움직임 지원 기술			
					구성 자원	구축 차원	ET			보행 방식
24	Egger (2016)	교통 시설	주시특성, 동선, 중단 횟수	SID	창조물	3D	사용	현실보행	관찰, ETG	인터뷰
25	Campos, Basauré & Loyola (2020)	교육 시설	동선, 이동 거리, 소요시간, 멈춤, 회전, 웅크리기,	HMD	창조물	3D	-	컨트롤러 **	관찰	인터뷰, 설문
26	Saskia et al. (2020)	업무 시설	이동 거리, 동선, 방향인지	HMD	창조물	3D	-	조이스틱	관찰	-
27	Dong et al. (2021)	교육 시설	소요시간, 주시특성*, 공간인지*	HMD	창조물	3D	사용	컨트롤러	관찰, ETG	설문, 인지지 도
28	Ewart & Johnson (2021)	교육 시설	동선, 멈춤, 소요시간	HMD	창조물	3D	-	컨트롤러	관찰	인터뷰
29	민자경·최진경· 김주연 (2021)	상업 시설	주시 특성, 소요시간	HMD	촬영물	2D	사용	구두선택	ETG	설문
30	Stachoň et al. (2022)	교육 시설	소요시간, 이동 거리, 보행행태	HMD	창조물	3D	사용	키보드	ETG	-
31	Li, Sun & Lin (2022)	교통 시설	경로 선택, 동선	SD	촬영물	2D	-	마우스	ETG	-

: 사용되지 않음

* : 병행 연구방법에 의하여 수집되었음

** : 연구논문에 명확히 기재되지 않아 연구 맥락상 활용된 것으로 추정되는 기술

VRE가 RE를 반영할 수 있는지, 그 유효성을 검증하는 연구는 총 8건이 수집되었다. 대부분의 연구에서 VRE가 현실 세계를 대체하여 연구하기에 대체로 적합하다는 결론을 내렸으나, 몇 가지 특이점이 보고되었다. 먼저, 피험자가 간판 등의 시각적 정보물을 관찰하기 위해서는 RE에서 다가간 것보다 더 가까이 가야 한다는 점이 보고되었다(#24). 이와 같은 VRE의 낮은 시각적 유사성에는 여러 가지 원인이 있을 수 있으며, 단순

히 가상이라는 특성뿐 아니라 영상 출력 기기의 사양이나 화각 등의 기술 환경 또한 영향을 미칠 수 있다. 향후 VR을 이용한 길찾기 연구에서는 실험 환경에 대한 자세한 기술(記述)을 바탕으로 하여, 연구 간에 비교·분석할 수 있도록 하는 것이 중요할 것으로 판단된다. 해당 연구에서는 시각적 유사성이 낮은 원인이 인구밀도, 주변 소음 등 건축 환경 이외의 외부 요인일 가능성을 언급하였다.

동선, 이동거리, 멈춤 등의 길찾기 행태와 실험 후 인지지도를 통하여 확인한 공간습득 정도는 해당 변인을 분석한 대부분의 연구에서 VRE와 RE간에 유사하다는 결론을 이끌어냈다. 그러나, 70%의 비율로 VRE와 RE간 동선이 일치하지만, VRE에서 더 빠르게 움직이고 더 자주 멈추며, 더 많은 거리를 움직이는 경향을 보인다는 차이점도 보고되었다(#30). 해당 연구에서는 이러한 원인을 조이스틱 조작을 통한 이동이 현실보행보다 쉽고, 시스템에서 설정된 이동속도가 현실보행보다 빠르기 때문으로 예상하였다.

RE보다 VRE에서 머리 회전의 빈도가 적게 나타나는 현상과, 피험자가 컨트롤러를 통해 방향을 회전하는 동안 머리가 정면을 향해 고정되는 경향도 보고되었다(#28). 또한, 방향인지에 대해서는 VRE와 RE 간 유사하다는 결과(#27)와 차이가 있다는 결과(#26)가 모두 도출되어 혼란을 일으켰다. VRE와 RE 간 머리 회전의 빈도, 방향인지에 차이가 나타나는 원인은 피험자들의 VR 이동방식에 익숙하지 않은 특성, 행태적 유사성이 떨어지는 이동방식의 채택으로 추정되었다(#26).

그간 VRE는 영상 출력 장치를 통해 구분되고, 공간 구축 방식, 이동 방식 등의 차이는 상대적으로 무시되는 경향이 있었다. 하지만 위에서 분석한 바와 같이, 이동방식이나 기술의 익숙함, 시스템 설정 등으로 인한 행태적 유사성의 정도가 실험 결과에 유의미한 영향을 미칠 가능성이 발견되었다. 지금까지 대다수의 연구가 시각적 유사성에 초점을 맞춰 진행했으나, 추후 행태적 유사성까지도 충분히 고려하여 연구를 진행할 필요가 있다.

4. 길찾기 연구에서 VR 구현 기술의 비교연구

[표 4-3] 길찾기 연구에서 VR 구현 기술의 비교연구

연번	저자 (연도)	대상	종속변인	VR 기술 환경				병행 연구 방법	
				영상 출력 장치	환경 구축 기술		움직임 지원 기술		
					구성 자원	구축 차원	ET		보행 방식
32	Vilar, Rebelo & Noriega (2018)	미로	경로 선택	SD	창조물	2D 3D	-	게임패드 조이스틱	-
33	Hsieh, Kuo & Niu (2018)	미로	소요시간, 공간 인지*	SD HMD	창조물	3D	-	키보드 컨트롤러	인지 지도
34	Feng, Duives & Hoogendoorn (2022)	교육 시설	동선, 경로 선택, 관찰 행동, 이동 거리, 소요시간	SD HMD	창조물	3D	-	키보드·마 우스 컨트롤러	설문
35	Han et al. (2022)	미로	동선, 소요시간, 충돌 횟수, 공간 인지*	HMD	창조물	3D	-	현실보행 트레드밀	인지 지도, 설문

* : 병행 연구방법에 의하여 수집되었음

VR 구현기술에 따라 길찾기 시뮬레이션의 결과를 비교한 연구는 총 4건이 수집되었다. 먼저, 2D 기반 VRE와 3D 기반 VRE를 비교한 연구(#32)의 결과, 가상현실이 아닌 스틸컷을 사용한 환경과 2D VRE에 비해 3D VRE에서는 경로 선택의 변동성이 증가하였으며, 전반적으로 길을 찾는 데에 소요되는 시간이 증가하였다.

HMD와 SD를 활용한 길찾기 행태를 비교한 연구(#33, #34)에서는 단순한 환경에서의 출구 선택이나 보행자 경로는 유의미한 차이가 없었으나, 복잡한 공간이나 피험자의 관찰 행동을 연구하기 위해서는 몰입형 VR이 적합하다는 결론을 도출되었다(#34). 또한, HMD 그룹이 실험 후 더 정확한 인지지도를 작성하였다는 실험 결과도 도출되었다(#33).

시각장애인을 대상으로 트레드밀과 현실보행을 통한 길찾기 경험을 비교한 연구(#35)에서는 간단한 공간 정보를 얻기 위해서는 트레드밀이, 복잡한 길 찾기 작업에는 현실보행이 적합할 수 있다는 결론을 도출하였

다.

길찾기 행태를 대상으로 VR 구현 기술을 비교·분석한 연구들을 종합한 결과, 복잡한 공간을 대상으로 하는 경우 현실과의 유사성이 높은 기술이 더 적합할 가능성이 제기된다. 하지만, 아직 VR 구현 기술을 비교한 길찾기 연구의 수가 적어, 정확한 결론 도출을 위해서는 향후 더욱 많은 연구가 필요할 것으로 판단된다.

제 3 절 분석 결과

VR을 활용한 최근 10년간의 길찾기 연구를 수집하여 그 동향을 살펴본 결과, 근래에 이룰수록 많은 수의 연구가 이루어지고 있음을 확인할 수 있었다. 과거 SD나 촬영물, 2D 기반의 VRE는 VR이라고 인식하지 않아 해당 연구가 수집되지 않았을 가능성을 고려할 때, 최근 HMD와 창조물, 3D 기반의 VRE가 더 많이 활용되는 추세라고도 할 수 있다. 수집된 연구 중 많은 수가 VR의 환경 조절 가능성, 경제성을 높이 평가하였으며, 최신기술들을 활용하고 RE와의 유사성을 확보, 실험의 용이성을 높이는 추세로 발전하고 있다.

게임엔진, ET, 생체 데이터 수집 기술을 통해 행동 데이터를 객관적이고 정량적인 방식으로 수집하는 시도도 이루어지고 있다. 특히, VR 구현 기술인 ET 기술은 과거 관찰이나 설문으로 수집하기 힘든 안구 운동에 관한 데이터를 수집할 수 있다. 향후 ET 기술을 연구에 적극적으로 활용한다면 기존의 연구들과는 다른 측면에서 건축 환경과 길찾기 행태 사이의 관계를 파악할 수 있을 것으로 예상된다.

그간 VRE는 영상 출력 장치를 통해 구분되고, 공간 구축 방식, 이동 방식의 차이는 고려되지 않는 경향이 있었다. 하지만 RE와 VRE에서의 길찾기 행태를 비교·검증한 연구들을 분석한 결과, VR 구현 기술의 선택과 피험자의 기술 친숙도 등으로 빚어지는 행태적 유사성 저하가 실험 결과에 주요한 영향을 미칠 가능성을 발견하였다. 따라서, 향후 VR을 활용한 길찾기 연구에서는 시각적 유사성뿐 아니라 행태적 유사성 또한 충분히 고려하여 연관 기술을 선택할 필요성이 있다.

VRE 검증 연구와 VR 구현기술 비교연구는 관련 기술을 세분화하여 활용하는 VRE의 특징을 명확히 한 후 진행할 필요가 있으며, VR의 활용성 및 효과를 규명하기 위해 더 많은 연구가 필요할 것으로 분석된다.

제 5 장 VR을 활용한 길찾기 행태 실험

제 1 절 실험 목표

본 연구의 주요 목적은 환경-행태 연구, 그중에서도 길찾기에 집중하여 VR의 활용성을 탐색하는 것이다. 이 장에서는 VR을 활용하는 길찾기 연구를 실제 수행하고, 이를 통해 VR의 활용성을 실증적으로 확인하고자 한다.

본 연구의 3장에서는 VR 구현기술을 분류하고, 길찾기 연구에서 각 기술의 활용성을 분석하였다. 그 결과, 길찾기 연구에서는 특수한 경우를 제외하고 [표 5-1]과 같은 기술을 활용하여 실험을 수행하는 것이 적합하다고 분석되었다.

[표 5-1] 일반적인 길찾기 연구에 적합한 VR 기술 환경

영상 출력 장치	환경 구축 기술		행동 지원 기술	
	구성 자원	구축 차원	시선 추적	보행 방식
HMD	창조물	3D	사용	현실보행 + 컨트롤러
	혼합			

이 장에서 진행하는 실험은 위와 같은 VR 구현기술들로 VR 환경을 조성한다. 그 후, VR을 활용한 길찾기 실험을 수행하여 환경요인이 길찾기에 미치는 영향을 연구한다. 마지막으로, VR 환경에 대한 실증적 평가를 진행한다.

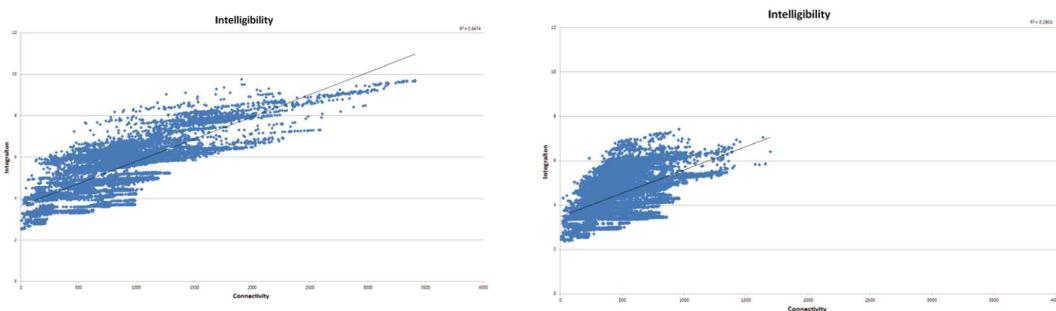
제 2 절 실험 설계

1. 연구 문제 설정

본 연구에서는 VR 기술을 최대한 활용하는 길찾기 실험을 수행할 수 있도록, 적합한 실험 주제를 탐색하였다. 또한, 4장의 연구 결과를 고려하여 연구 문제를 설정하였다.

4장에서 환경요인이 길찾기에 미치는 영향에 관한 연구를 분석한 결과, 시·지각적 가시성이 다른 환경요인에 비해 적은 수로 연구된 것을 확인한 바 있다. 또한, 시선추적 기술의 적극적인 활용과 행태적 유사성의 중요성이 제기되었다. 이에 따라, 본 연구에서는 실험을 통해 시·지각적 가시성과 사인 시스템이 길찾기에 미치는 영향을 알아보고자 한다. 사인 시스템은 시선추적 기술을 통해 효과적으로 분석될 수 있는 환경요인으로 판단되어 연구 대상 요인으로 추가 설정되었다.

본 실험은 배효경(2019)³⁵⁾의 연구를 참고하여, 해당 연구의 실증적 검증 및 심층연구의 관점에서 실험을 진행한다. 배효경은 복합상업시설인 코엑스몰이 리모델링 후에 길찾기가 어려워진 점에 주목하여 그 이유를 찾고자 하였다. 해당 연구는 심층 인터뷰를 통해 리모델링 후 방문객들



[그림 5-1] 코엑스몰 리모델링 이후 기동을 고려했을 때(왼쪽)의 명료도와 고려하지 않았을 때(오른쪽)의 명료도³⁶⁾

35) 배효경 (2019). 복합 상업시설의 리모델링 전·후 공간구조분석과 길찾기에 관한 연구. 국내석사학위논문. 서울대학교 대학원, 서울.

36) Ibid.

이 불편함을 겪는 요인을 주 통로의 부재와 통로의 기둥으로 도출하였다. 그 후, 축선도³⁷⁾와 가시성 그래프³⁸⁾를 공간구문론(Space Syntax)³⁹⁾ 지표를 통해 공간을 분석한 결과, 공간배치의 문제가 아닌 기둥의 존재 여부가 공간인지에 큰 영향을 미쳤다는 사실을 밝혀내었다.

본 연구는 복합상업시설인 코엑스몰을 대상으로 기둥의 존재 여부가 길찾기 행태에 미치는 영향을 실험을 통해 연구하고자 한다. 즉, 공간 내 시·지각적 가시성의 변화가 길찾기에 어떠한 영향을 미치는지 알아보고자 한다. 또한, 코엑스 몰의 현장조사 결과, 길찾기가 어려운 문제점을 개선하기 위하여 기둥에 많은 수의 사인을 배치하였음을 확인하였다. 이에 따라, 기둥에 부착된 사인 시스템의 유무가 길찾기 행태에 미치는 영향 또한 연구한다.

실험 1. 코엑스몰의 통로에 기둥이 있는 공간과 코엑스몰의 통로에 기둥이 없는 공간. 두 공간을 구축한 VR 환경에서 길찾기 실험을 진행하고, 그 결과를 비교하여 시·지각적 가시성의 효과를 분석한다.

실험 2. 코엑스몰 통로의 기둥에 사인이 부착된 공간과 코엑스몰 통로의 기둥에 사인이 부착되지 않은 공간. 두 공간을 구축한 VR 환경에서 길찾기 실험을 진행하고, 그 결과를 비교하여 사인 시스템의 효과를 분석한다.

실험의 종속변인인 길찾기 행태는 길찾기 소요시간, 이동 거리, 이동 동선, 주시 특성으로 분석한다. 또한, 보조적으로 설문조사를 활용하여 사인체계의 유용성, 기둥의 영향력에 대하여 평가하도록 하고, 그 결과를 수집 및 분석한다.

37) 도로망을 선으로 나타낸 도식, 최대한 긴 직선을 최소로 사용하여 그린다.

38) 공간을 격자점으로 나눈 후, 각 격자점에서 가시영역을 연결하여 그래프로 표현한 것을 말한다.

39) 단위공간의 연결 관계를 분석하여, 공간의 특성을 파악하는 연구방법론을 말한다.

위와 같은 실험의 내용을 정리하면 [표 5-2]와 같다.

[표 5-2] 실험의 구분

실험	독립변인	종속변인	대상	병행 연구방법
실험1	사·지각적 가시성 (통로에 위치한 기둥)	길찾기 행태 (소요시간, 이동 거리, 이동 동선, 주시 특성)	복합상업시설 (코엑스몰)	설문조사
실험2	사인 시스템 (통로의 기둥에 부착된 사인)			

2. 실험 대상지

(1) 개요

실험 대상지는 전시컨벤션센터 코엑스의 지하에 위치한 복합상업시설 스타필드 코엑스몰이다. 강남구 삼성동에 위치하고 있으며, 매장 면적은 약 119,000㎡이며 2호선 삼성역과 9호선 봉은사역 사이에 위치하고 있다. 내부 주요시설로는 별마당도서관, 아쿠아리움, 메가박스, 영풍문고 등이



[그림 5-2] 코엑스 주변시설

있다. 주변시설로는 현대백화점, 도심공항타워, 인터컨티넨탈 서울 코엑스, 롯데면세점 등이 있으며, 스타필드 코엑스몰과 연결되어 있다. 본 연구에서는 내부 인테리어나 사이니지 시스템 디자인 등 변인을 최대한 통제하기 위하여 실험 대상지를 스타필드 코엑스몰 지하 1층 공간으로 한정한다. 또한, 도심공항타워에 있는 스타필드 소속 입점 업체들과 실외 공간은 제외하여 실험을 진행한다.

(2) 코엑스몰에서의 길찾기

코엑스몰은 2000년 처음 오픈된 이후, 2013~2014년에 리모델링되었으며, 2016년 스타필드 코엑스몰로 명칭이 변경되었다. 코엑스몰은 리모델링 이후, 길찾기가 매우 어렵다고 평가받았다. 코엑스몰에서는 이와 같은 길찾기 문제를 개선하기 위해 벽면과 기둥에 지도를 다수 배치하고, 길찾기 증강현실(Augmented Reality, AR)⁴⁰⁾ 서비스, 길찾기 안내로봇 배치 등의 서비스를 진행해왔다. 한 편, 2017년에 스타필드 코엑스몰에 개장된 별마당도서관이 시설의 랜드마크 역할을 하여 길찾기가 이전에 비해 쉬워졌다는 평가도 많이 나오고 있다. 그러나, 최근에도 코엑스몰이 미로와 같다는 평가는 계속해서 언급되고 있으며, 현장조사 결과 벽에 부착된 지도를 바라보며 길을 확인하고 있는 방문객들을 많이 발견할 수 있었다.

(3) 코엑스몰의 기둥 및 사인 시스템 현황

본 연구에서는 현장조사를 통해, 스타필드 코엑스몰의 통로에 있는 기둥과 벽·천장·기둥에 있는 사인 시스템을 조사하였다. 사인 시스템은 벽이나 기둥에 부착된 지도를 포함한다. 현장조사는 2022년 8월 20일, 8월 26일, 9월 14일, 10월 3일, 총 4일간 진행되었다.

조사 결과, 스타필드 코엑스몰 지하 1층의 통로에는 총 276개의 기둥이 있는 것으로 조사되었다. 그중, 기둥에 터치패드가 부착되어, 디지털

40) 증강현실은 실제 환경에 가상의 이미지나 정보를 합성하는 것으로, 실제 환경에 이미지나 정보가 존재하는 것처럼 보이게 하는 기술이다.



[그림 5-3] 실험대상지 통로 내 기둥의 배치

길찾기 시스템을 제공하는 키오스크는 18개로 조사되었다. 이이에 사인이 부착된 기둥은 88개였다. 벽에 부착된 사인과 통로를 제외한 영역의 기둥에 부착된 사인은 72개, 천장에 부착된 사인은 62개로 조사되었다. 자세한 위치는 [그림 5-3]과 같다.

3. 실험 진행 방법

본 연구에서는 디지털 기기에 익숙한 20~30대 남녀를 대상으로 VR 시뮬레이션을 활용하여 실험을 수행한다. 또한, 병행 연구방법으로 설문 조사를 활용한다.

(1) VR 시뮬레이션

VR 시뮬레이션은 사전 시뮬레이션과 1차 시뮬레이션, 2차 시뮬레이션으로 구성된다. 사전 시뮬레이션은 피험자가 VR 환경에서의 이동방식과 과제 수행 방식을 습득하기 위한 시뮬레이션이다. 또한, 1차 시뮬레이션과 2차 시뮬레이션은 실험의 독립변인을 변화시킨 두 가지 환경의 시뮬레이션이다.

VR을 통한 장소 학습의 효과는 여러 선행연구에서 보고된 바 있다. 본 연구에서는 학습효과로 인한 오차를 방지하기 위하여 사전 시뮬레이션의 장소를 스타필드 코엑스몰이 아닌 합정역으로 설정하였다. 또한, 학습효과로 인하여 2차 시뮬레이션의 길찾기 결과가 1차 시뮬레이션에서의

[표 5-3] 실험의 진행 방법

실험	실험그룹	1차 시뮬레이션 공간	2차 시뮬레이션 공간
실험 1	그룹 1	기둥이 없음	기둥이 있음
	그룹 2	기둥이 있음	기둥이 없음
실험 2	그룹 3	통로 기둥에 사인이 없음	통로 기둥에 사인이 있음
	그룹 4	통로 기둥에 사인이 있음	통로 기둥에 사인이 없음

길찾기 결과보다 뛰어날 것에 대비하여 각 실험 간 피험자 그룹을 2개로 나누고 그룹 간 공간의 실험 순서를 바꾸어 진행한다. 실험 1과 실험 2의 진행 방법을 정리하면 [표 5-3]과 같다.

(2) 설문조사

설문조사에서는 다음과 같은 사항을 조사한다. 첫째, 피험자의 인구통계학적 특성과 코엑스몰에 대한 친숙도, VR 환경에 대한 친숙도와 같은 개인 특성을 조사한다. 둘째, 사인체계의 유용성, 기동의 영향력을 조사하여 길찾기 과정에 대한 피험자의 평가를 수집한다. 셋째, 시각적 유사성, 행태적 유사성, 멀미 여부와 같은 VR 기술 환경에 대한 평가를 수집한다.

설문조사는 사전 설문조사와 사후 설문조사로 나뉜다. 사전 설문조사에서는 개인 특성에 대한 문항만 제공하고, 그 응답을 수집한다. 사후 설문조사에서는 길찾기 실험 공간에 대한 평가와 VR 기술 환경에 대한 평가를 수집한다.

[표 5-4] 설문의 구분 및 설문 항목

설문 주제	설문 항목
개인 특성	<ul style="list-style-type: none"> • 연령, 성별 • 코엑스몰 방문 빈도 및 횟수 • 3D 게임 빈도 • VR 경험 여부 및 횟수
길찾기 실험의 공간에 대한 평가	<ul style="list-style-type: none"> • 시뮬레이션 회차별 길찾기 난이도 • 길찾기가 어렵다고 느낀 이유 • 유용하다고 느낀 사인체계의 종류
VR 기술 환경에 대한 평가	<ul style="list-style-type: none"> • RE와 VRE의 시각적 유사성 • RE와 VRE의 행태적 유사성 • 기기 조작의 편의성 • 그 외 실험 중에 불편하거나 어려웠던 점

4. 길찾기 과제 설정

1차 시뮬레이션과 2차 시뮬레이션의 시작 직전, 피험자는 길찾기 과제

를 부여받는다. 각 시뮬레이션에서의 출발지는 2호선 삼성역과 6호선 봉은사역 인근에 있는 스타필드 코엑스몰의 입구로 설정하였다. 목적지의 경우, 넓고 복잡한 코엑스몰의 특징으로 인해 실험 결과의 편차가 분석이 불가할 정도로 크게 나타날 가능성을 고려하였다. 이에 따라, 코엑스몰의 사인체계를 고려하여 코엑스몰 주변 시설인 아셈타워와 현대백화점이 목적지로 설정되었다. 1차 시뮬레이션과 2차 시뮬레이션의 길찾기 과정은 [그림 5-4]와 같다.



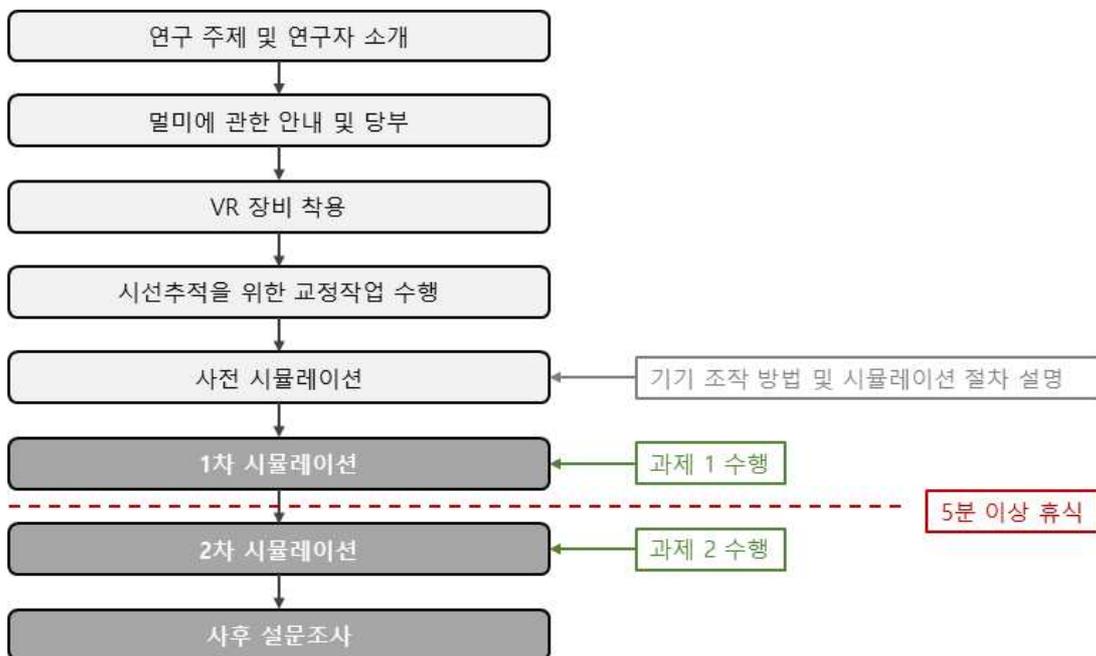
[그림 5-4] 시뮬레이션 차수에 따른 길찾기 과제

5. 실험 진행 절차

본 연구에서는 다음과 같은 절차에 따라 실험을 진행한다. 가장 먼저, 피험자에게 연구자의 소속과 연구의 주제에 대하여 구두로 짧게 설명한다. 이때, 실험에 미치는 영향을 방지하기 위하여 구체적인 사항(기동의 유무나 사인체계에 관련된 실험인 점)에 관해서는 설명하지 않는다. 그 다음, 사전 설문조사를 진행한다. 그 후, VR 시뮬레이션을 시작하기 전에 피험자에게 VR 경험 중 멀미가 일어날 수 있음을 알리고, 만약 멀미

가 일어날 시 연구자를 불러 실험을 중지시키도록 당부한다. 이후 피험자를 도와 VR 장비를 착용하도록 한다. 그 후, VR 시스템에서 시선추적을 위한 교정(Calibration) 작업을 수행한다.

VR 기기의 교정과정이 끝나면, 사전 시뮬레이션을 진행한다. 이때, 컨트롤러의 조작법과 보행방식에 대하여 설명하고, 피험자가 익숙해지는 시간을 가진다. 또한, 간단한 길찾기 과제를 수행하게 하여, 이어질 본 실험에서의 과제 수행 방식에 대하여 알 수 있도록 한다. 사전 시뮬레이션이 끝나면, 곧바로 1차 시뮬레이션을 진행한다. 1차 시뮬레이션이 끝나면, 5분 이상 휴식한 뒤 2차 시뮬레이션을 진행한다. 1차 시뮬레이션과 2차 시뮬레이션은 과제 2차 시뮬레이션이 종료되면 사후 설문조사를 작성하도록 한다.



[그림 5-5] 실험 진행 절차

제 3 절 VR 환경 설계

1. VR 구현 기술

(1) 영상 출력 장치

영상출력장치는 HMD를 활용하며, HTC 사의 VIVE Pro Eye 모델을 사용한다. 해당 기기는 두 개의 디스플레이 화면을 통해 양쪽 눈에 영상을 출력하며 해상도는 1440×1600 픽셀(양안 통합 해상도 2880×1600 픽셀)을 지원하고 주사율은 90Hz이다.

(2) 환경 구축 방식

VR 공간은 Trimble 사의 3D 모델링 소프트웨어 SketchUp을 사용하여 모델링하며, 모델링 자원과 촬영물 자원을 동시에 활용한다. 대부분의 구조를 모델링하고, 스타필드 코엑스몰의 입구나 막다른 길, 메가박스 등 주요시설 연결지점에는 모델링 없이 촬영물 자원을 배치하여 활용한다. 이외에도 가게 간판, 벽이나 기둥에 부착된 사인 시스템, 광고물 등을 촬영하여 공간 구성 자원으로 사용한다.

VR 환경은 3D를 기반으로 구축한다. 이때 게임 엔진 소프트웨어 Unity를 활용하여 실시간 렌더링이 가능하도록 한다. 또한, Unity에 본 연구에서 사용되는 기기가 원활하게 연동될 수 있도록 하는 소프트웨어 SteamVR을 함께 활용한다.



[그림 5-7] 실험에 사용되는 소프트웨어의 종류

(3) 행동 지원 기술

본 실험에서는 시선추적 기술을 사용한다. 영상출력장치로 이용되는

VIVE Pro Eye는 시선추적 기술이 지원되는 HMD로 , 120Hz의 시선 데이터 출력 주파수와 110°의 추적 가능 시야각을 지원한다.

보행 방식은 현실 보행과 컨트롤러를 병행 사용한다. 본 연구에서 구분한 신체복제기술을 구현하는 HTC사의 베이스 스테이션은 HMD와 컨트롤러의 위치를 추적하여 가상현실 안에 복제시켜, 현실 보행이 가능하도록 한다. 베이스스테이션의 개수에 따라 2개일 경우 5m×5m, 4개일 경우 최대 10m×10m의 영역을 현실 보행 영역으로 활용가능하다. 본 연구에서는 4개의 베이스스테이션을 사용하여, 5m×8m의 공간을 보행 영역으로 활용한다.



[그림 5-6] 실험에 사용되는 기기의 종류

(4) 컴퓨터 사양

실험에 활용되는 컴퓨터의 사양은 다음과 같다.

[표 5-5] 실험에 활용되는 컴퓨터의 사양

CPU	RAM	그래픽카드	OS
Intel Core i9-9900K	64GB	NVIDIA GeForce GTX 1080 Ti	Windows 10 64bit

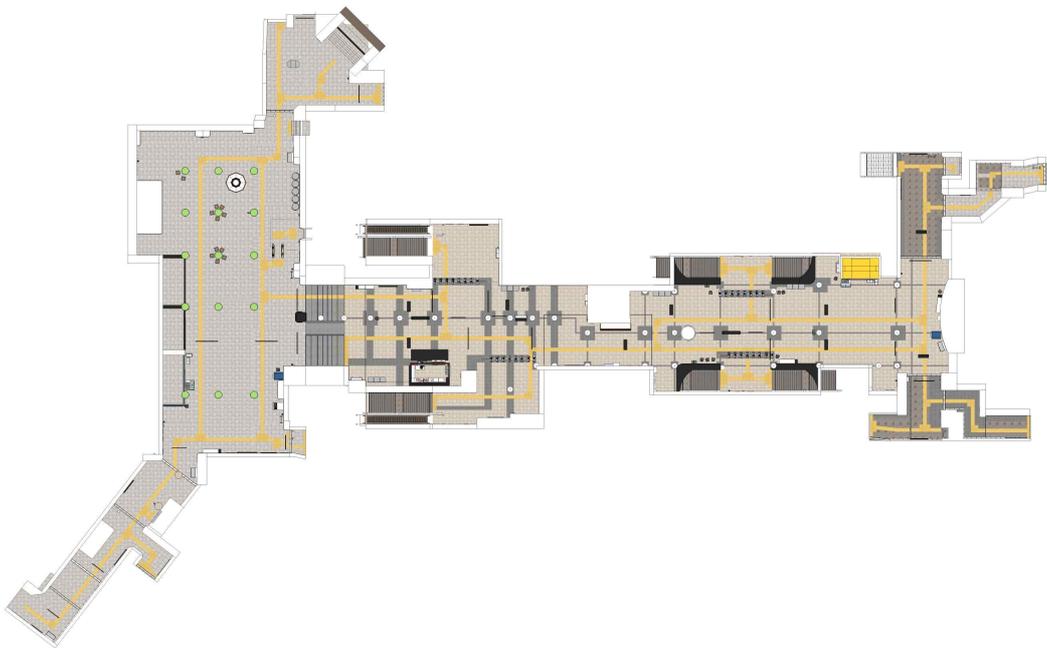
2. 가상 공간 구축

본 연구는 총 2개의 실험을 수행하며, 각 실험은 사전 시뮬레이션과 1

차 시뮬레이션, 2차 시뮬레이션으로 구성된다. 이에 따라, 다음과 같은 가상 공간이 구축되었다.

(1) 사전 시뮬레이션

사전 시뮬레이션에서는 본 시뮬레이션 공간에 대한 학습효과를 방지하기 위하여 스타필드 코엑스몰이 아닌 합정역 역사를 대상으로 하였다. 가상 공간 모델링은 3D 디자인 소스 오픈 플랫폼인 에이콘을 통하여 소스를 구매한 뒤 최종 수정하여 제작하였다. 실제 합정역의 일부분만 모델링되었으며, 실제를 본따 모델링되었다.



[그림 5-8] 사전 시뮬레이션 가상 공간

(2) 본 시뮬레이션

본 시뮬레이션은 1차 시뮬레이션과 2차 시뮬레이션으로 나뉘며, 스타필드 코엑스몰을 대상으로 한다. 행태적 유사성을 최대한으로 확보하기 위하여, 현재 스타필드 코엑스몰 지하 1층의 단차는 계단에서 오르막으로 변경되었다. 또한, 길찾기를 개선하기 위하여 바닥에 그려진 동선 유도 사인 ‘별마당길’은 해당 사인이 실험 결과에 결정적인 영향을 미칠 것

을 우려하여 제거하였다. 1층 보이드 공간은 모델링하였으나, 별마당 도서관을 제외한 수직동선으로 인한 보이드 공간은 아래층과 윗층의 공간을 세부적으로 모델링하지 않고, 단순하게 구현하였다. 시뮬레이션 시스템이 최대한 원활하게 구동되도록 가게 내부의 집기나 인테리어 또한 제외되었다. 그러나 보다 현실적인 시뮬레이션 환경을 구축하기 위하여 통로에는 소파, 가판, 의자 및 테이블 등의 집기를 배치하였다.



별마당 도서관

아쿠아리움 입구



메가박스 입구

에이랜드 앞 광장

[그림 5-9] 본 시뮬레이션 가상 공간

이외에 실험의 독립 변인으로 인한 1차 시뮬레이션과 2차 시뮬레이션의 세부 환경은 실험과 피험자 그룹에 따라 그 내용이 상이하며, 그 내용은 [표 5-3]과 같다. 이에 따라, 본 시뮬레이션에서의 가상 공간은 [표 5-6]과 같이 총 3개로 구분된다.

3. VR 플랫폼 개발

본 연구에서는 모델을 실시간으로 렌더링하고, 객관적인 데이터를 추

[표 5-6] 공간별 특징

구분	내용	예시 이미지
공간 1	통로에 기둥이 없음	
공간 2	통로에 기둥이 있음, 통로 기둥에 사인이 없음	
공간 3	통로에 기둥이 있음, 통로 기둥에 사인이 있음	

출하고, 보행 방식을 조절하기 위하여 외부 개발자를 섭외하여 Unity를 활용한 시뮬레이션 프로그램을 개발하였다. 구체적인 개발 내용은 다음과 같다.

(1) 실시간 렌더링

Unity에서 지원하는 실시간 렌더링 기술을 활용하기 위하여, SketchUp에서 생성한 가상 공간을 Unity에서 불러와 가상 환경을 구축하였다.

(2) 정량적 데이터 추출

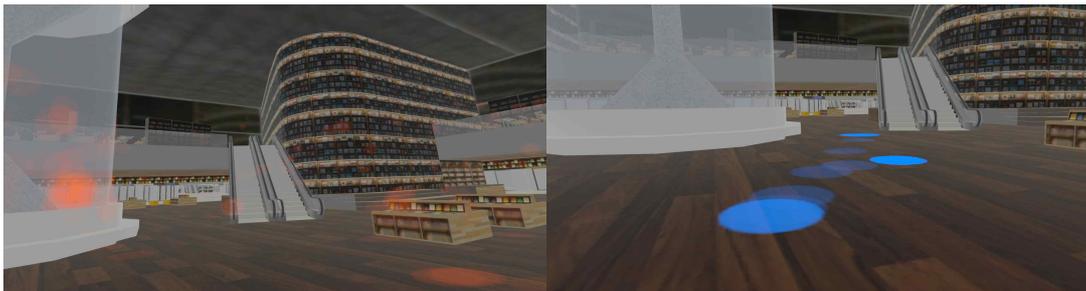
시선 추적 데이터는 60Hz의 빈도로 기록되었다. 응시점은 공간에 모델로 기록되어, 공간 안에서 시선이 많이 머무른 지역을 한 눈에 파악할 수 있도록 하였으며, 실험 과정에서는 보이지 않도록 개발하였다.

기록된 시선추적 데이터는 각 시뮬레이션이 끝난 후, 파일로 기록된다. 이때 기록되는 정보는 3차원 좌표 데이터와 응시한 사물의 유형이다. 본 연구에서는 사물의 유형을 다음과 같이 총 15개로 구분하였다.

[표 5-7] 사물의 유형 구분

기본 요소	기둥	사인	기타
천장, 벽, 바닥, 수직동선	기둥, 사인이 부착된 기둥 면, 기둥에 부착된 시각정보물	벽에 부착된 사인, 천장에 매달린 사인	간판층, 쇼윈도, 길끝, 시각정보물, 집기, 유리

이동 동선 또한 시선추적과 같은 방식으로 공간에 기록되며, 시뮬레이션이 종료된 후 3차원 좌표 데이터가 기록된 파일을 추출한다. 그러나, 이동 동선은 시선추적만큼 빠르게 변화하지 않으므로, 1초에 한 번씩 기록하도록 개발하였다.



시선추적 데이터 맵핑

이동 동선 데이터 맵핑

[그림 5-10] 데이터 공간 맵핑 예시

(3) 보행 방식 조절

본 연구에서는 40㎡의 실험 공간을 마련하였지만, 스타필드 코엑스몰은 훨씬 더 넓은 공간으로 현실 보행만으로 전지역을 탐색하는 것이 불가능하다. 따라서, 컨트롤러를 보조적인 보행 수단으로 사용한다.

컨트롤러가 가리키는 방향에 초록색 원이 보이도록 하였으며, 버튼을 누를 시 해당 위치로 이동한다. 이때, 이동 과정에서의 시선도 추적하기 위해 순간이동이 아닌 일정한 속도로의 이동으로 구현하였다. 또한, 컨트롤러의 터치패드를 사용하여, 방향 전환이 가능하도록 하였다.

제 4 절 결과 분석 : 실험 1

1. 개요

실험 1은 통로에 기둥이 없을 때와 있을 때의 길찾기 행태를 비교·분석해보기 위하여 진행되었다. 피험자는 지역 커뮤니티 모바일 어플리케이션을 통해 20~30대 남녀를 무작위로 모집하였으며, 총 13명의 피험자가 실험에 참여하였다. 멀미로 인한 중도 포기자는 1명이었으며, 해당 데이터는 제외하고 분석하였다.

[표 5-8] 피험자들의 성별 및 연령

구분		개체수	비율(%)	구분		개체수	비율(%)
성별	남성	5	41.7	연령	20대	7	58.3
	여성	7	58.3		30대	5	41.7
합계		12	100	합계		12	100



[그림 5-11] 실험 수행 장면



[그림 5-12] 주요 교차로의 명칭

본 연구에서는 실험 분석의 편의성을 위해 주요 교차로의 이름을 [그림 5-12]와 같이 명칭한다.

2. 길찾기 소요시간 및 이동거리 분석

실험 대상지 내 통로에 기둥이 없을 때와 있을 때의 길찾기 소요시간은 [표 5-9]와 같이 나타났다. 길찾기 소요시간의 평균은 기둥이 없을 때가 기둥이 있을 때보다 짧게 나타났으며, 상대적으로 쉬운 과제 1에서는 기둥이 있을 때의 소요시간이 기둥이 없을 때에 비해 약 11.5% 증가하였다. 그보다 어려운 과제 2에서는 증가폭이 약 41.7%로 크게 나타났다.

길찾기 완료 시까지의 이동거리는 [표 5-10]과 같이 나타났다. 소요시간과 마찬가지로 기둥이 있을 때 이동거리가 증가한다는 것을 확인할 수 있다. 과제 1에서는 기둥이 있는 공간의 이동거리가 기둥이 없을 때의 이동거리에 비해 약 21.3% 증가하였으며, 과제 2에서는 약 34.8% 증가하였다.

그러나 길찾기 소요시간과 이동거리 데이터를 바탕으로 t-test를 수행

[표 5-9] 길찾기 소요시간

단위 : 초

공간	과제 1	과제 2	공간	과제 1	과제 2
기둥이 없는 공간	302.93	368.06	기둥이 있는 공간	284.03	337.14
	314.71	331.86		535.72	435.26
	272.76	311.61		243.25	385.07
	281.93	349.92		265.59	308.06
	285.69	439.80		426.63	603.41
	287.62	434.20		467.41	1097.79
평균	290.94	372.58	평균	370.44	527.79

[표 5-10] 길찾기 평균 이동거리

단위 : m

공간	과제 1	과제 2	공간	과제 1	과제 2
기둥이 없는 공간	480.66	596.62	기둥이 있는 공간	420.04	539.89
	573.67	583.67		948.81	793.28
	478.93	601.50		464.06	712.38
	474.85	600.21		468.89	529.15
	493.83	752.50		670.49	698.19
	491.80	659.68		657.80	1805.60
평균	498.96	632.36	평균	605.02	846.42

[표 5-11] 공간 별 길찾기 소요시간 및 이동거리의 t-test 결과

단위 : 초(소요시간), m(이동거리)

구분		기둥이 없는 공간	기둥이 있는 공간	t	p-value
과제 1	소요시간	290.94	370.44	-1.583	0.173
	이동거리	498.96	605.02	-1.283	0.252
과제 2	소요시간	372.58	527.79	-1.256	0.262
	이동거리	632.36	846.42	-1.080	0.305

한 결과, [표 5-11]과 같은 결과가 나타났으며, 두 공간 별 길찾기 소요시간에서 유의미한 차이를 발견할 수 없었다.

3. 이동 동선 분석

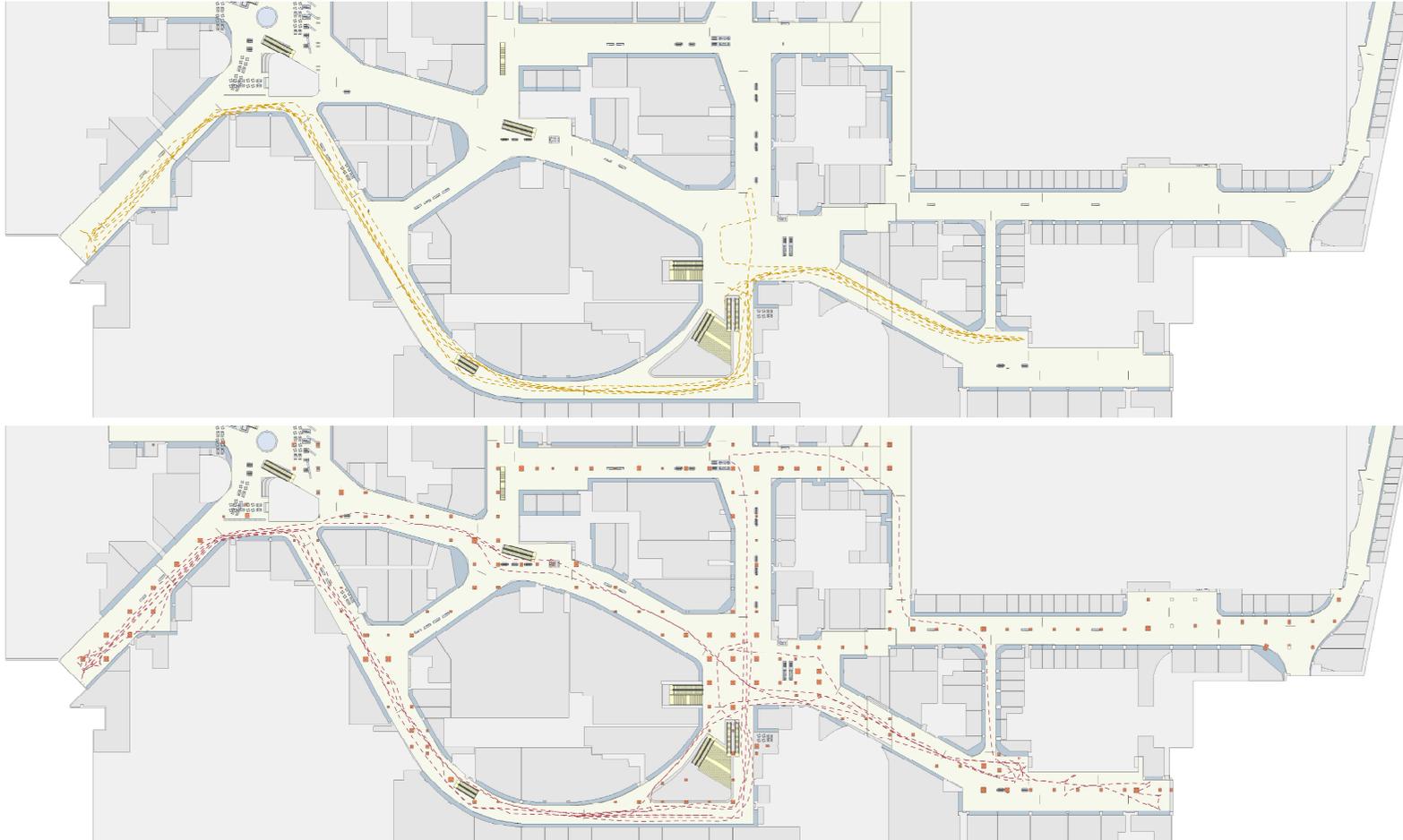
본 연구에서 개발한 VR 프로그램은 1초에 한번씩 사용자의 좌표를 기록하여, 피험자의 이동동선 데이터를 출력하도록 하였다. 3항에서는 실험 1에서 기록된 피험자들의 이동동선 데이터를 공간별로 비교 분석하였다.

먼저, 기둥이 없는 공간에서와 기둥이 있는 공간에서 과제 1의 이동 동선은 [그림 5-14]와 같다. 기둥이 없는 공간에서는, 피험자들이 대체로 동일한 동선으로 이동하였다. 단 한 명의 피험자가 A 구역에서 이동 동선 중간에 있는 사인을 보지 못하고 지나친 것을 발견할 수 있었다. 그에 비하여, 기둥이 있는 공간에서는 조금 더 다양한 동선이 나타났다. B 구역에서 2명의 피험자가 사인을 인식하지 못하고 직진하는 모습을 보였으며, 그 외 2명의 피험자 또한 A 구역에서 사인을 찾아 배회하거나 왔던 길을 되돌아가는 것을 이동 동선에서 확인할 수 있다.

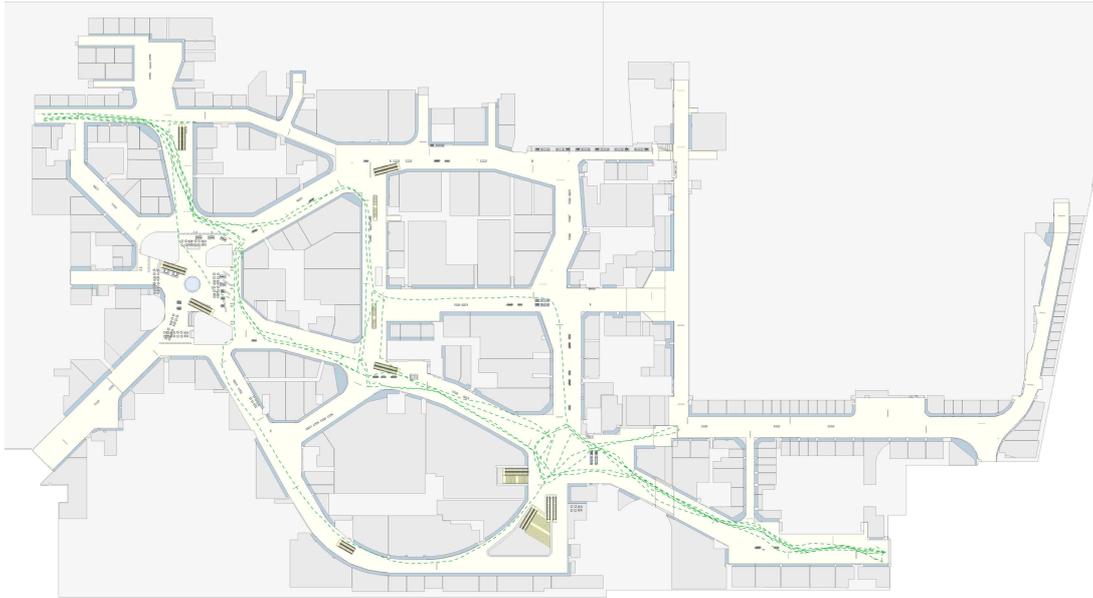
출발지 부근에 도착지로의 안내 사인이 없는 과제 2의 경우에는 과제 1에 비하여 통일되지 않은 이동 동선이 결과로 나타났다. 먼저, 기둥이 없는 공간에서의 이동 동선을 살펴보면, 피험자들은 A 구역에 이르기까지 전면의 직선 경로를 이용하여 이동하였다. 그 후, A 구역에서는 경로를 정하여 바로 움직이는 것이 아닌, 구역을 둘러보는 듯한 다이아몬드 형태의 이동 동선이 나타났다. 이는 A 구역 부근에 있는 천장에 부착된



[그림 5-13] 과제 1에서의 주요지점



[그림 5-14] 과제 1의 이동 동선 :기둥이 없는 공간(위), 기둥이 있는 공간(아래)



[그림 5-15] 과제 2의 이동 동선 : 기둥이 없는 공간



[그림 5-16] 과제 2의 이동 동선 : 기둥이 있는 공간



[그림 5-17] 기둥이 없는 공간에서의 우회 동선



[그림 5-18] 기둥이 있는 공간에서의 우회 동선

사인을 살펴보고, 도착지로 향하는 안내가 존재하는지 살펴보기 위한 것으로 추정된다. 이 과정에서 총 6명 중 2명의 피험자가 직선 경로를 이탈하여 다른 경로를 택하였으며, 나머지 4명은 직진 경로를 선택하였다. 직진 경로를 선택한 4명 중 1명은 다음 교차로에서 우회하는 경로를 선택하였으며, 나머지 3명은 직진 방향의 경로를 선택하여 이동하였다. 전반적으로 참가자들은 초반에 걸어진 방향과 반대되지 않는 길을 선택하여 이동하였으며, 우회하더라도 조금씩 도착지와 가까워지는 모습을 나타냈다.

기둥이 있는 공간에서의 이동 동선은 [그림 5-16]과 같이 나타났다. 이동 동선의 범위가 기둥이 없는 공간보다 훨씬 넓게 나타난 것을 확인할 수 있다. 기둥이 있는 공간에서도 A 구역에 이르기까지 모든 참가자들이 직진 경로를 이용하여 이동하였다. 하지만, 기둥이 없는 공간에서와는 달리, A 구역에 이르러 각 사인에 가까이 이동하는 피험자는 단 1명이었으며, 나머지는 곧바로 경로를 선택하여 이동하는 듯한 양상을 보였다. A 구역에서 직진 경로를 선택한 피험자는 총 3명이었으며, 나머지 3명은 최단 경로에서 벗어나, 우회하는 경로를 택하였다. 최단 경로를 이용하여 이동하는 피험자는 기둥이 없는 공간과 기둥이 있는 공간 모두에서 3명으로 동일하였다. 하지만, 우회하는 경로를 택한 피험자들의 이동 동선은 기둥의 유무에 따라 조금 다른 양상을 나타냈다. 기둥이 없을 때, 우회하는 경로를 택한 피험자들이 초반 이동 방향과 비슷한 방향을 선택하여 이동한 반면, 기둥이 있는 공간에서는 우회한 피험자 모두가 초반 이동방향과 크게 다른 경로를 택하여 이동하였다.

4. 주시 대상 분석

이 항에서는 시선 추적 기술을 이용하여 수집된 주시대상을 분석한다. 본 연구에서는 공간을 이루는 구성요소를 분류하고, 피험자의 시선이 닿는 대상을 기록하였다. 기둥이 없는 공간과 기둥이 있는 공간에서 각 피험자 별 공간요소 주시 비율의 평균은 [표 5-12]와 같다. 천장 부착 사

[표 5-12] 길찾기 과정에서 공간요소 주시 비율 평균

단위 : %

공간 요소	기둥이 없는 공간	기둥이 있는 공간
벽	11.20	8.03
천장	15.91	6.63
바닥	12.75	11.14
천장 부착 사인	23.11	22.04
벽 부착 사인	3.00	6.86
시각정보물	2.30	3.89
상점 간판	10.65	8.96
쇼윈도우	9.11	6.63
집기	2.92	3.24
수직 이동 수단	1.80	1.38
유리	1.09	0.55
길 끝	6.15	5.46
기둥(시각정보물)	-	4.65
기둥(단색 면)	-	10.54

인이 기둥이 없는 공간과 기둥이 있는 공간 모두에서 가장 큰 비율을 차지했다. 천장 부착 사인은 경로에 드문드문하게 있었음에도 불구하고 20% 이상의 주시 비율을 차지했다. 이는 도착지로 가는 경로를 알 수 없는 상황에서 대부분의 피험자들이 천장 부착 사인에 의지하여 경로에 대한 정보를 습득하였음을 의미한다. 기둥이 없는 공간에서는 천장 부착 사인 외에 벽과 천장, 바닥, 상점 간판에 대한 주시 비율이 10% 이상으로 나타났다. 기둥이 있는 공간에서는 바닥과 기둥의 단색 면에 대한 주시 비율이 10% 이상으로 나타났다. VR 실험에서 컨트롤러를 이용한 보행 방식은 목적지를 바닥에 찍힌 초록색 점으로 지정한다. 바닥의 주시 비율은 이러한 VR 환경의 특성 때문에 현실에서보다 더 높은 비율로 집계되었을 가능성이 있다. 공간요소 주시비율에 대한 t-test 결과, 기둥이 생겨남으로 인하여 벽, 천장, 쇼윈도우 주시 비율에 유의미한 차이가 생겨났다는 것을 확인할 수 있었다. 기둥에 대한 주시는 이동 시 장애물을 피하기 위함이거나, 시선의 높이에 위치한 기둥이 시야를 가렸기 때문으로 추정된다. 이로 인하여 의도적으로 주시하는 다른 공간 요소에 비하여 시선 이동 시 자연스럽게 주시점이 맺히는 벽과 천장, 쇼윈도우에 대한 주시비율이 변화하였을 가능성이 존재한다. 본 실험에서 길을 찾기 위한 주요 정보를 제공한 천장 부착 사인의

경우, 기둥이 없는 공간과 기둥이 있는 공간 사이에 주시 비율에 큰 차이가 나타나지 않았다.

[표 5-13] 공간 별 공간요소 주시비율의 t-test 결과

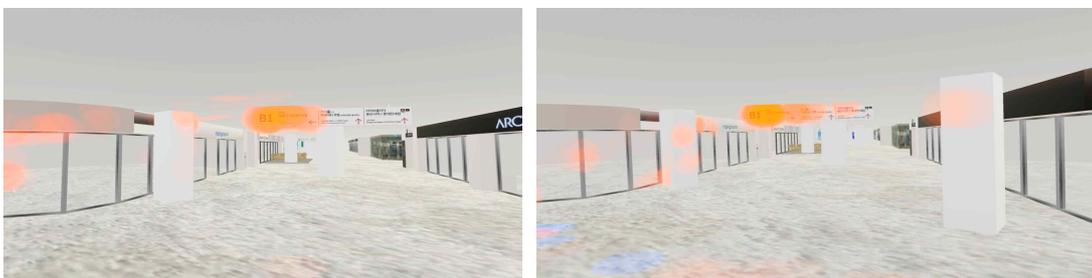
공간 요소	주시 비율 (%)		t	p-value
	기둥이 없는 공간	기둥이 있는 공간		
벽	11.20	8.03	3.358	0.002**
천장	15.91	6.63	2.607	0.023*
쇼윈도우	9.11	6.63	2.348	0.014*

*p<.05, **p<.01, ***p<.001

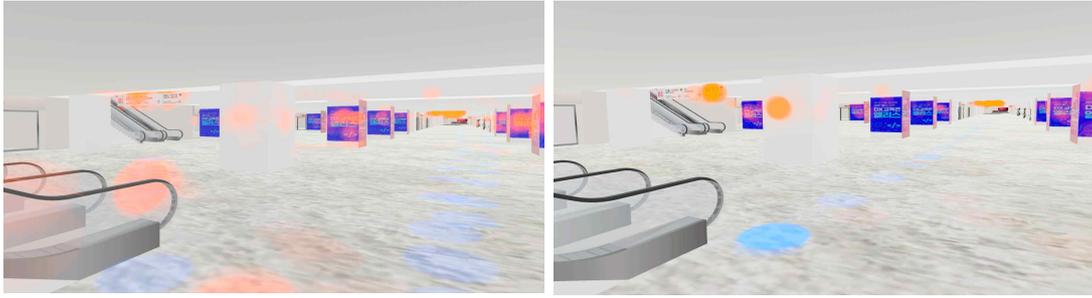
5. 주요 교차로 주시점 분석

이 항에서는 2항에서의 이동 동선 데이터를 바탕으로, 가상 공간에 맵핑된 주시 데이터를 이용하여 피험자의 동선이 달라지는 주요 교차로에서의 주시 특성을 살펴본다.

[그림 5-20]은 기둥이 있는 공간에서 경로를 우회한 피험자의 교차로 C에서의 맵핑 결과이다. 두 피험자 모두 경로에 있는 사인을 인식하고 주시하였지만, 사인에서 안내한 경로로 이동하지 않았다. 도착지인 아셈타워를 안내하는 문구는 사인의 가운데 부분에 위치하였으나, 두 피험자 모두 주시점이 사인의 왼쪽에 치우쳐있었다. 이동하는 경로에 있던 기둥이 시야를 가로막아 사인의 왼쪽만을 보게되었을 가능성이 있으며, 컨트롤러를 이용한 이동 중 연속적인 움직임으로 인하여 충분히 관찰하지 못



[그림 5-19] 교차로 C에서 경로 우회자의 주시점



[그림 5-20] 교차로 A에서 경로 우회자의 주시특성

하였을 가능성도 있었을 것으로 분석된다.

교차로 A에서도 비슷한 현상이 발견되었다. 교차로 A에서 우회한 피험자 2명 모두 도착지에 대한 안내가 적힌 사인을 인식하고 주시하였지만, 2명 중 1명은 해당 안내 부분이 아닌 다른 부분만을 주시하였다. 다른 1명의 경우에는 도착지에 대한 안내가 적힌 부분을 일정 시간 이상 정확히 주시하였으나 해당 경로를 선택하지 않고 우회하는 경로를 선택하여 이동하였다.

6. 소결

실험 1의 결과를 소요 시간, 이동 거리, 이동 동선, 주시 특성을 통해 분석한 결과는 다음과 같다.

길찾기 소요 시간과 이동 거리의 평균은 기둥이 없는 공간에서보다 기둥이 있는 공간에서 크게 증가하였다. 이동 동선 분석에서도 주요 교차로 구역에서 기둥이 있을 때 사인을 보지 못하고 우회하는 경로를 택하는 경우가 있음을 확인하였다. 그러나, 통계 분석 결과 공간 별 소요 시간, 공간 별 이동 거리의 차이는 유의미하지 않은 것으로 도출되었다. 이러한 결과는 적은 표본으로 인한 오차일 가능성이 존재하며, 더욱 많은 표본을 통한 실험이 필요할 것으로 보인다.

이동 동선을 분석한 결과, 교차로 A에서 다수의 경로 우회가 발생한 것을 알 수 있었으며, 기둥이 있는 공간에서보다 기둥이 없는 공간에서 교차로에 위치한 사인을 파악하기 위해 공간을 둘러보는 양상이 나타났

다. 또한, 기둥이 없는 공간에서보다 기둥이 있는 공간에서 경로를 우회하는 피험자들이 많은 수로 나타났으며, 경로의 우회 또한 더 넓은 범위로 확대되었다. 주요 교차로에서의 경로를 우회한 피험자들의 주시점을 함께 분석한 결과 경로를 우회한 피험자들 또한 목적지가 안내되어있는 사인을 주시하였으나, 시야를 가리는 기둥이나 컨트롤러를 이용한 보행 방식으로 인하여 안내를 제대로 파악하지 못하였음을 알 수 있었다.

주시 대상의 경우, 천장 사인의 비율이 20% 이상으로 높게 나타나 대부분의 피험자들이 길찾기 상황에서 사인을 의지하고 있음을 확인할 수 있었다. 또한, 기둥이 있는 공간에서는 주요한 정보를 제공하는 천장 부착 사인과 VR 보행 방식 과정에서 주시하게 되는 바닥을 제외하고, 아무것도 입혀지지 않은 기둥 단색 면의 주시 비율이 제일 높게 측정되었다. 이는 길찾기 과정에서 기둥이 주시 활동에 미치는 영향이 매우 크다는 것을 의미한다. 그러나, 본 연구에서 구축한 VR 환경이 시뮬레이션 시스템의 원활한 구동을 위해 가게 내부의 집기나 인테리어, 복도의 홍보물 등을 완벽히 구현하지 않았음을 감안할 때, 실제 공간에서보다 기둥에 대한 주시 비율이 더 높게 측정되었을 가능성 또한 존재한다.

이와 같은 분석을 바탕으로 도출한 실험 1의 결론은 다음과 같다. 기둥이 있는 공간에서의 길찾기 성능이 기둥이 없는 공간일 때에 비하여 낮다고 할 수 없으나, 특정한 위치에서 기둥이 시야를 방해함으로써 인하여 길찾기 행위를 저해할 가능성이 있다. 또한, 길찾기 행위 과정에서 기둥의 존재가 보행자의 시선 분포에 유의미한 영향을 미치며, 기둥이 많은 코엑스몰과 같은 경우에는 길찾기 과정에서 높은 비율로 기둥을 주시한다는 사실을 확인할 수 있었다. 이러한 현상이 길찾기 행위에 직접적으로 영향을 미치는지는 확실하지 않으나, 더 많은 표본과 실제와 유사한 VR 환경의 구축을 통하여 구체적으로 확인해볼 필요성이 있다. 또한, 목표점을 설정한 후 연속적으로 움직이는 컨트롤러 보행 방식은 사인을 충분히 파악하기 위해서 추가적인 조작이 필요하기 때문에 실제 보행 상황과는 다른 결과를 가져올 수 있다는 VR 실험 환경의 한계점을 파악할 수 있었다.

제 5 절 결과 분석 : 실험 2

1. 개요

실험 2는 통로에 있는 기둥에 사인이 없을 때와 있을 때의 공간을 대상으로 진행되었다. 피험자는 실험 1과 동일하게 지역 커뮤니티 모바일 어플리케이션을 통해 20~30대 남녀를 무작위로 모집하였으며, 총 13명의 피험자가 실험에 참여하였다. 이 중 1명은 중간에 목적지를 착각하여 긴 시간 실험을 진행하였고, 기둥에 있는 사인의 효과를 알아보기 위한 실험의 목적에 부합하지 않는다고 판단되어 분석 대상 데이터에서 제외하였다.

[표 5-14] 피험자들의 성별 및 연령

구분		개체수	비율(%)	구분		개체수	비율(%)
성별	남성	5	41.7	연령	20대	7	58.3
	여성	7	58.3		30대	5	41.7
합계		12	100	합계		12	100

2. 길찾기 소요시간 및 이동거리

실험 대상지 내 통로에 기둥이 없을 때와 있을 때의 길찾기 소요시간은 [표 5-15]와 같이 나타났다.

길찾기 소요시간의 평균은 기둥에 사인이 없을 때가 기둥에 사인이 있을 때보다 길게 나타났다. 상대적으로 쉬운 과제 1에서는 기둥에 사인이 있는 공간에서 사인이 없을 때보다 소요시간이 약 4.7% 증가하였으며, 보다 어려운 과제 2에서는 약 49.4% 증가하여 그 차이가 크게 나타났다.

길찾기 완료 시까지의 이동거리는 [표 5-16]과 같이 나타났다. 소요시간과 마찬가지로 기둥에 사인이 있을 때 이동거리가 증가하여, 소요시간

[표 5-15] 길찾기 소요시간

단위 : 초

공간	과제 1	과제 2	공간	과제 1	과제 2
기둥에 사인이 없을 때	374.70	317.25	기둥에 사인이 있을 때	295.05	572.42
	249.24	352.76		285.64	498.27
	260.63	347.21		352.49	460.28
	312.92	305.32		461.58	526.94
	352.03	368.39		299.52	375.97
	302.66	302.66		245.63	544.45
평균	308.70	332.27	평균	323.32	496.39

[표 5-16] 길찾기 평균 이동거리

단위 : m

공간	과제 1	과제 2	공간	과제 1	과제 2
기둥에 사인이 없을 때	657.86	596.20	기둥에 사인이 있을 때	502.95	895.16
	458.00	617.02		498.68	717.26
	467.32	635.31		604.75	725.48
	503.43	543.51		690.19	990.36
	532.35	608.94		502.47	609.57
	479.29	535.33		422.62	796.47
평균	516.38	589.39	평균	536.94	789.05

[표 5-17] 공간 별 길찾기 소요시간 및 이동거리의 t-test 결과

단위 : 초(소요시간), m(이동거리)

구분	기둥에 사인이 없을 때	기둥에 사인이 있을 때	t	p-value
소요시간	320.48	409.85	-2.559	0.023*
이동거리	552.88	663.00	-2.050	0.059

*p<.05, **p<.01, ***p<.001

과 마찬가지로 기둥에 사인이 있는 것이 길찾기에 도움이 되지 않고, 오히려 더 많은 거리를 이동하게 할 수 있다는 사실이 확인되었다. 과제 1

에서는 기둥이 있는 공간의 이동거리가 기둥이 없을 때의 이동거리에 비해 약 4% 증가하였으며, 과제 2에서는 약 33.9% 증가하였다.

위와 같은 데이터를 바탕으로 독립표본 검정을 수행한 결과, [표 5-17]과 같은 결과가 도출되었다. 소요시간의 경우 기둥에 사인이 없는 공간과 기둥에 사인이 있는 공간에서 유의미한 차이가 있다는 결과가 도출되었다. 이와 반대로 이동거리의 경우 기둥에 사인이 없을 때와 기둥이 사인이 있을 때 유의미한 차이가 발견되지 않았다.

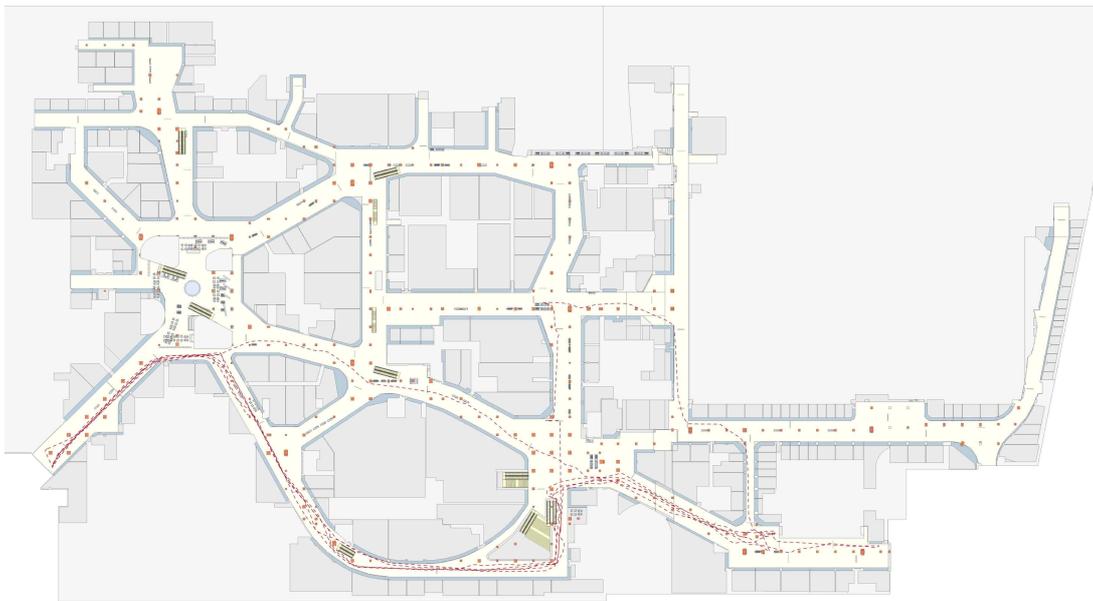
3. 이동 동선 분석

과제 1에서 기록된 피험자들의 이동 동선은 [그림 5-21], [그림 5-22]와 같다. 실험 1에서와 마찬가지로, 구역 A과 구역 B에서 일부 피험자들이 길 안내가 표시된 천장 사인을 인식하지 못하고, 다른 길을 통하여 이동하였다. 기둥에 사인이 없는 공간에서는 1명, 기둥에 사인이 있는 공간에서는 2명의 피험자가 이와 같이 우회하여 이동하였으며, 이외의 피험자들은 천장 사인에 안내된 대로 적절하게 이동하였다. 과제 1에서는 두 공간 사이에 이동 동선의 특별한 차이점이 발견되지 않았다. 이와 같은 현상은 천장에 부착된 사인에 의하여 안내되는 과제 1의 이동 동선상에 기둥에 부착되어 과제 1의 도착지를 안내하는 사인이 거의 없었으며, 기존의 천장 부착 사인만으로도 길을 찾기에 충분했기 때문으로 분석된다.

과제 2에서의 이동 동선은 [그림 5-23], [그림 5-24]와 같이 나타났다. 먼저, 기둥에 사인이 부착되지 않은 공간에서는 6명 중 3명의 피험자가 최적 경로로 이동하였으며, 나머지 3명은 우회하는 경로로 이동하였다. 우회하는 경로를 택한 3명 피험자 중 2명은 구역 A에서, 1명은 구역 B에서 우회 경로로 진입하였다. 기둥에 사인이 부착된 공간에서는 6명의 피험자 모두 우회경로를 이용하여 목적지에 도달하였다. 3명은 구역 A에서, 2명은 구역 B에서, 1명은 구역 C에서 우회하는 경로로 진입하였다. 또한, 6명의 피험자 중 3명의 피험자가 도착지를 안내하는 사인이 있

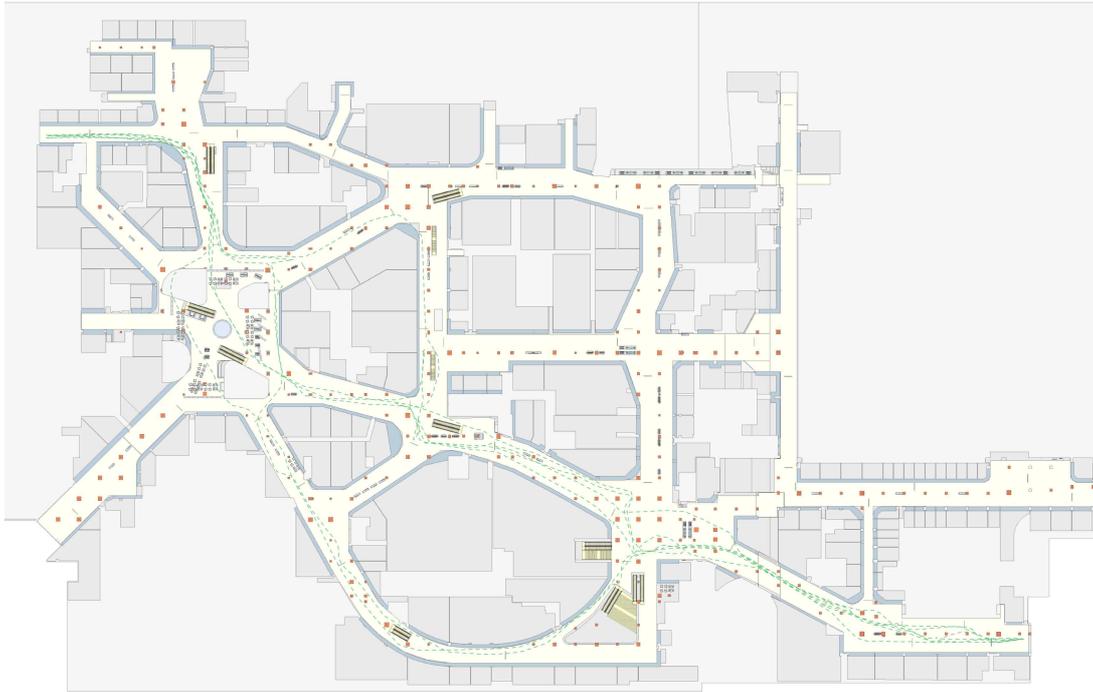


[그림 5-21] 과제 1의 이동 동선 : 기둥에 사인이 없는 공간

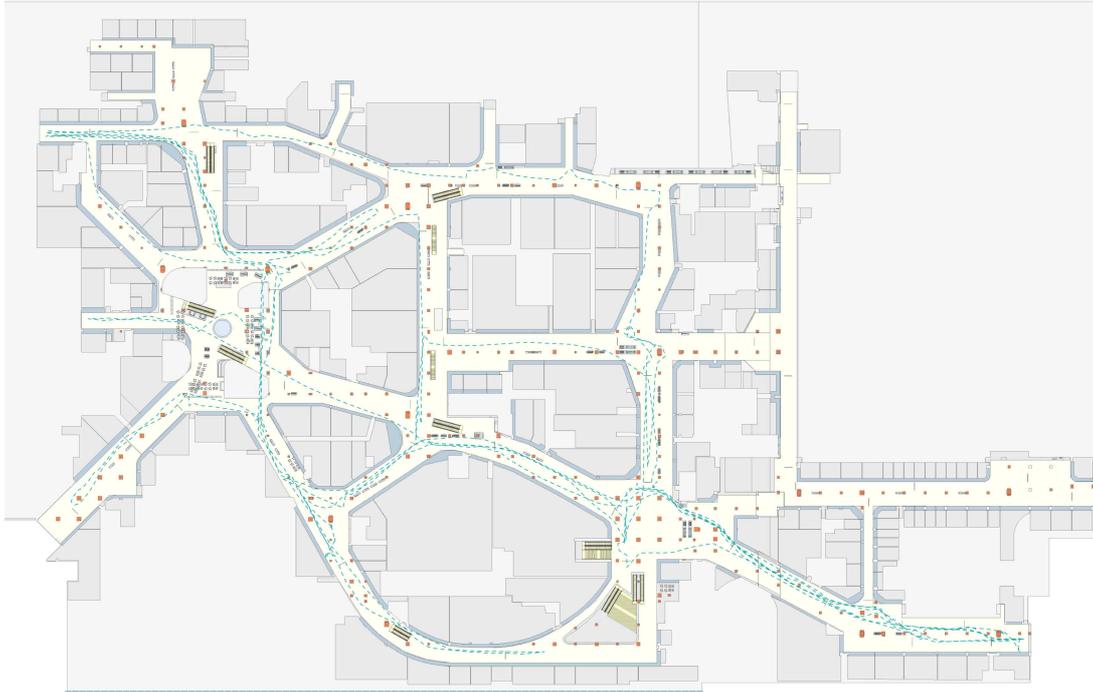


[그림 5-22] 과제 1의 이동 동선 : 기둥에 사인이 있는 공간

는 지역에 도달하였음에도 불구하고, 사인이 안내하는 방향을 인식하지 못하고, 잘못된 경로로 우회하였다가 되돌아오는 양상을 보였다.



[그림 5-23] 과제 2의 이동 동선 : 기둥에 사인이 없는 공간



[그림 5-24] 과제 2의 이동 동선 : 기둥에 사인이 있는 공간



[그림 5-25] 과제 2의 우회 동선 : 기둥에 사인이 없는 공간

4. 주시 대상 분석

실험 2에서 공간 요소 별 주시 비율의 평균은 [표 5-18]과 같다. 기둥에 사인이 없는 공간에서는 천장 부착 사인, 기둥(단색 면), 천장의 주시 비율이 10% 이상으로 나타났다. 기둥에 사인이 있는 공간에서도 천장 부착 사인, 천장의 주시 비율이 10% 이상으로 나타났으며, 이외에 기둥 부착 사인의 주시 비율이 15.94%로 두 번째로 높게 나타났다. 기둥에 사인이 없는 공간에서 천장 부착 사인과 벽 부착 사인의 주시 비율 합은 25.02%이다. 기둥에 사인이 있는 공간에서 사인을 주시한 비율의 합은 36.96%로 기둥에 사인이 없는 공간에 비하여 11.94% 높게 나타났다.

각 공간 별 공간요소 주시비율에 대한 t-test 결과, 기둥에 사인이 부착됨으로 인해 벽, 상점 간판, 수직 이동 수단, 유리, 기둥(단색 면)에 대한 주시 비율에 유의미한 차이가 생겨났다는 것을 확인할 수 있었다. 이는 피험자가 길을 찾기 위하여 공간 내 사인에 시선을 집중함과 동시에,

[표 5-18] 길찾기 과정에서 공간요소 주시 비율 평균

단위 : %

공간 요소	기둥에 사인이 없는 공간	기둥에 사인이 있는 공간	공간 요소	기둥에 사인이 없는 공간	기둥에 사인이 있는 공간
벽	9.11	6.90	쇼윈도우	7.94	6.41
천장	10.19	10.86	집기	3.21	2.18
바닥	8.04	8.39	수직 이동 수단	1.88	0.77
천장 부착 사인	21.27	17.58	유리	0.86	0.33
벽 부착 사인	3.75	3.44	길 끝	5.75	4.36
시각정보물	2.27	1.89	기둥 (시각정보물)	4.26	4.45
상점 간판	8.75	6.82	기둥 (단색 면)	12.70	9.68
쇼윈도우	7.94	6.41	기둥 부착 사인	-	15.94

[표 5-19] 공간 별 공간요소 주시비율의 t-test 결과

공간 요소	주시 비율 (%)		t	p-value
	기둥에 사인이 없는 공간	기둥에 사인이 있는 공간		
벽	9.11	6.90	2.665	0.014*
상점 간판	8.75	6.82	2.387	0.026*
수직 이동 수단	1.88	0.77	3.031	0.006**
유리	0.86	0.33	2.347	0.033*
기둥(단색 면)	12.70	9.68	3.151	0.005**

*p<.05, **p<.01, ***p<.001

기존에 공간에서 시선을 끌던 다른 공간 요소에 대한 주시가 감소했다는 것을 의미한다. 이 중 기둥의 단색 면에 대한 주시 비율의 변화는 기둥에 사인이 부착됨으로 인하여 기둥 단색 면의 수가 더 적어졌기 때문으로도 해석할 수 있다.

5. 구역 별 주시 특성 분석

2항에서 이동 동선을 확인한 결과, 교차로에서 우회경로로 진입하는 케이스들을 확인할 수 있었다. 이 항에서는 주요 교차로를 대상으로 가상 공간에 맵핑된 이동 경로, 주시점을 이용하여 해당 케이스들을 보다 상세하게 분석한다.



[그림 5-26] 교차로 A에서 경로 우회자의 주시점



[그림 5-27] 교차로 B 부근에서 경로 우회자의 주시점

[그림 5-26]은 기둥에 사인이 있는 공간에서 경로를 우회한 피험자의 교차로 A에서의 주시 결과이다. 뒤쪽의 기둥에 도착지를 안내하는 사인이 존재하였지만, 피험자는 앞쪽의 천장사인 위주로 주시한 뒤, 도착지에 대한 안내가 없다고 판단하고 경로를 우회한 것으로 추측된다.

[그림 5-27]는 교차로 B 부근으로, 피험자들의 이동 경로 상에 있으며 도착지에 대한 경로를 안내하고 있는 사인이 위치하고 있다. 교차로 B에

서 우회한 2명의 피험자들은 해당 사인을 일정 시간 이상 정확히 주시하였으나, 최적 경로가 아닌 우회 경로를 선택하여 이동하였다. 이러한 현상의 원인으로서는 B 교차로에서 두갈래로 나뉘어지는 길에서 해당 사인이 가리키는 방향이 무엇인지 명확히 알 수 없었기 때문으로 분석된다.

6. 소결

실험 2의 결과를 소요 시간, 이동 거리, 이동 동선, 주시 특성을 통해 분석한 결과는 다음과 같다.

기둥에 사인이 있는 공간에서의 길찾기 소요시간과 이동거리의 평균이 기둥에 사인이 없는 공간에 비하여 증가하였다. 특히, 기둥에 사인이 없음에도 쉽게 길을 찾을 수 있는 과제 1에 비하여, 더 어려운 과제 2에서 그 차이가 크게 나타났다. 공간 별 이동거리와 소요시간을 통계분석한 결과, 소요시간은 유의미하게 나타났으나, 이동거리는 유의미하지 않은 것으로 도출되었다. 이러한 결과는 코엑스몰의 기둥에 부착된 사인 시스템에 원인이 있을 가능성이 존재한다. 코엑스몰의 경우, 기둥에 부착된 사인 중 다수가 지도 형태로 되어 있기 때문에, 지도를 해석하는 데에 일정 이상의 시간이 소요된다. 공간 별 주시 특성을 분석한 결과, 본 연구에서 진행한 실험에서도 VR 공간 내에서 지도 형태의 사인을 정보의 획득 요인으로 사용하는 피험자들이 해당 지도 앞에서 많은 시간을 보냈다는 것을 확인할 수 있었다. 이러한 이유로, 기둥에 사인이 없는 공간 대비 기둥에 사인이 있는 공간의 길찾기 소요 시간 증가율이 이동 거리 증가율에 비하여 더 높은 것으로 유추할 수 있다.

과제 1에서는 통로 기둥에 부착된 사인의 유무에 따라 이동동선의 차이가 크게 나타나지 않았다. 그러나, 과제 2의 경우, 통로 기둥에 사인이 부착된 공간에서 그렇지 않은 공간에 우회하는 피험자들이 다수 발생하였다. 우회 동선이 발생한 주요 교차로의 주시점을 분석한 결과, 피험자들이 도착지를 안내하는 사인을 주시하였음에도 사인이 가르키는 방향을 제대로 파악하지 못하여 우회하는 경우가 다수 발견되었다. 또한, 쇼핑몰

내부에 존재하는 과도한 사인으로 인하여, 주시한 사인에 도착지에 대한 안내가 포함되지 않을 시 더욱 당황하고 우회하는 경로를 택하였을 가능성도 존재한다. 과제 2에서 주목할 만한 결과는 길을 확실히 파악하고 목적지를 향해 이동하기 위하여 공간의 지도를 유심히 본 피험자들의 소요 시간 및 이동 거리가 그렇지 않은 피험자들에 비하여 짧지 않았다는 점이다. 오히려, 도착지로 향하는 길이 어느 길인지 모르는 상태에서 무작정 이동하였던 사람들이 더욱 일찍 도착지를 안내하는 사인을 발견하였고, 소요 시간과 이동 경로가 짧게 나타났다. 이러한 현상의 원인은 본 실험에서 계획한 과제 2의 최적 경로가 넓은 폭의 주통로를 이용하여 일직선상으로 이어져 있기 때문일 가능성이 있으며, 코엑스몰의 지도가 해석하기 힘들었기 때문일 가능성도 존재한다.

위와 같은 분석을 통해 도출한 실험 2의 결론은 다음과 같다. 통로 기둥에 사인이 있는 공간에서의 길찾기 성능이 사인이 없을 때에 비하여 낮게 나타났다. 또한, 기둥에 사인이 부착된 공간에서 사인 시스템의 총 주시 비율이 매우 36.96%로 매우 높게 나타났음에도 불구하고, 길찾기 성능은 정반대의 결과를 나타냈다. 이는 통로에 존재하는 기둥을 이용한 사인의 표기가 길찾기에 유의미한 도움을 주지 못하였다는 것을 의미한다. 우회 경로를 선택한 피험자들의 주시점을 분석한 결과, 목적지를 안내하는 사인을 명확하게 주시하였음에도 잘못된 경로를 선택한 경우들을 파악할 수 있었다. 이는, 사각 기둥의 방향이 통로와 평행하게 배치되지 않은 코엑스몰의 특성으로 인하여 사인이 안내하는 방향을 파악하는 데에 어려움이 있었을 가능성을 시사한다. 이 외에 과제 2에서 피험자들이 목적지로 가는 경로를 파악하지 못했음에도 동선 상에 위치한 지도를 관찰하지 않았다는 특성을 발견할 수 있었다. 또한, 지도를 관찰한 피험자들도 최적 경로로 움직이지 않았다는 사실을 파악할 수 있었다. 이와 같은 결과가 VR 실험 환경의 특성에 의한 것인지는 확실치 않으나, 시각적인 유사성에 차이가 있었을 가능성을 염두에 두고 확인해 볼 필요가 있다.

제 6 절 설문조사 결과 분석

본 절에서는 VR 실험 후 수행된 설문조사 결과를 분석한다. 설문은 길찾기에 영향을 미칠 수 있는 개인별 특성, 길찾기 난이도 및 사인에 대한 평가, VR 경험에 대한 평가로 이루어진다.

1. 길찾기에 영향을 미칠 수 있는 개인별 특성

1항은 성별 및 연령, 코엑스몰 방문 여부 및 횟수, 평소 3D 게임 빈도, HMD-VR 경험 여부의 4가지 항목으로 이루어져있다. 수집된 응답과 길찾기 소요시간 및 이동거리의 t-test 및 ANOVA 분석을 수행하며, 이를 통하여 개인별 특성이 길찾기에 영향을 미치는지에 대하여 분석한다.

앞에서 수행된 실험 1과 실험 2에서 두 가지 과제에 따른 소요시간 및 이동거리의 차이는 명확하게 나타났으며, 이에 대한 t-test 결과는 [표 5-20]과 같다. 이에 따라, 본 절에서는 과제에 따른 소요시간 및 이동거리와 설문응답의 연관성을 분석한다.

[표 5-20] 과제 별 길찾기 소요시간 및 이동거리 평균의 t-test 결과

단위 : 초(소요시간), m(이동거리)

구분	과제 1	과제 2	t	p-value
소요시간	323.35	432.25	-2.887	0.006**
이동거리	539.32	714.30	-3.008	0.004**

*p<.05, **p<.01, ***p<.001

(1) 성별 및 연령

실험을 정상적으로 끝마친 피험자 총 24명의 성별 및 연령은 [표 5-21]과 같다. 남성과 여성이 각 11명, 13명으로 나타났으며, 20대와 30대의 비율은 12명, 12명으로 거의 비슷한 비율을 보였다. 성별 및 연령에 따른 소요시간 및 이동거리 평균은 [표 5-22]와 같다. 그러나 과제 별로

[표 5-21] 설문 1-1, 설문 1-2 결과 : 피험자들의 성별 및 연령

구분		표본수	비율(%)	구분		표본수	비율(%)
성별	남성	11	45.8	연령	20대	12	50.0
	여성	13	54.2		30대	12	50.0

[표 5-22] 성별 및 연령에 따른 길찾기 소요시간 및 이동거리 평균

단위 : 초(소요시간), m(이동거리)

구분		성별		연령	
		남성	여성	20대	30대
소요시간	과제 1	326.66	320.55	304.50	342.19
	과제 2	385.16	472.10	458.45	406.06
이동거리	과제 1	559.09	522.59	511.15	567.49
	과제 2	674.11	748.31	746.62	681.99

성별과 연령에 따른 소요시간 및 이동거리를 t-test로 분석한 결과, 유의미한 결과는 도출되지 않았다.

(2) 코엑스몰 방문 여부 및 횟수

피험자들의 스타필드 코엑스몰 사전 방문 여부 및 횟수를 조사한 결과는 [표 5-23]과 같다. 2~5회 방문한 피험자가 9명으로 제일 많았으며, 1회 방문자, 미방문자, 6~9회와 10회 이상 방문자 순으로 많았다. 10회

[표 5-23] 설문 1-3 결과 : 스타필드 코엑스몰의 방문 횟수

응답	표본수	비율(%)	도표
방문 경험이 없다	4	16.7	<ul style="list-style-type: none"> ■ 방문 경험이 없다 ■ 1회 ■ 2~5회 ■ 6~9회 ■ 10회 이상
1회	5	20.8	
2~5회	9	37.5	
6~9회	3	12.5	
10회 이상	3	12.5	

이상 방문한 피험자 3명 중 2명은 과거에 자주 방문하였으나 최근에는 연 1회 이하로 방문한다는 세부 답변을 작성하였으며, 나머지 1명은 연 1회 이하로 방문한다고 응답하였다.

코엑스몰 방문 횟수에 따른 길찾기 소요시간 및 이동거리 평균은 [표 5-24]와 같다. 과제 별로 방문횟수에 따른 길찾기 소요시간 및 이동거리 평균을 ANOVA 분석한 결과, 과제 1의 이동거리만이 집단-간 유의한 결과를 나타냈으며 분석 내용은 [표 5-25]와 같다. 소요시간과 과제 2의 이동거리는 집단 간에 유의미한 차이가 발견되지 않았으나, 과제 1의 이동거리의 경우에는 코엑스몰에 방문한 경험이 없는 피험자들이 2~5회, 6~9회 방문한 집단보다 유의미하게 긴 이동거리를 통해 도착지에 도착하였다는 것을 알 수 있다. 이러한 결과는 코엑스몰에 방문 경험이 전무할 경우, 공간의 배치 및 사인 시스템 등에 대한 정보와 이해 부족으로 한 번이라도 방문한 사람에 비하여 길찾기에 어려움을 느낀다는 것으로

[표 5-24] 코엑스몰 방문 횟수에 따른 길찾기 소요시간 및 이동거리 평균

단위 : 초(소요시간), m(이동거리)

구분		방문 경험 없음	1회	2~5회	6~9회	10회 이상
과제 1	소요시간	412.94	294.36	315.56	268.75	330.16
	이동거리	712.70	487.94	511.76	464.82	550.98
과제 2	소요시간	444.83	424.57	503.60	323.28	323.23
	이동거리	756.15	618.81	836.76	577.25	587.34

[표 5-25] 코엑스몰 방문횟수에 따른 과제 1:이동거리 평균의 ANOVA 분석 결과

코엑스몰 방문 횟수	표본수	평균	표준편차	F	p	scheffe (유의확률)
방문 경험 없음 ^a	4	712.71	163.16	4.702	0.008**	a > b (0.031*)
1회 ^b	5	487.94	27.96			a > c (0.031*)
2~5회 ^c	9	511.76	73.36			a > d (0.038*)
6~9회 ^d	3	464.82	40.32			
10회 이상 ^e	3	550.98	121.80			

*p<.05, **p<.01, ***p<.001

해석할 수 있다. 10회 이상 방문한 피험자들의 경우, 방문 경험이 없는 피험자들과의 이동거리 평균이 유의미한 차이를 보이지 않았다. 그러나, 10회 이상 방문자들의 적은 표본수와 표준편차가 큰 이동거리 평균은 해당 집단의 표본수가 충분히 확보될 시 유의미한 결과를 나타낼 수 있다는 가능성을 내보인다.

(3) 3D 게임 빈도

피험자들이 평소 3D 게임을 하는 빈도를 조사한 결과는 [표 5-26]과 같다. 피험자 24명 중 11명이 3D 게임을 거의 안한다고 응답하였으며, 7명이 3D 게임을 해본 적 없다고 응답하였다. 3D 게임을 가끔 한다고 응답한 피험자와 자주 한다고 응답한 피험자는 각각 4명, 2명이었다. 과제 별로 3D 게임을 하는 빈도에 따른 길찾기 소요시간 및 이동거리 평균을 ANOVA 분석한 결과, 유의미한 차이가 발견되지 않았다.

[표 5-26] 설문 1-4 결과 : 3D 게임 빈도

응답	빈도수	비율(%)	도표
해본 경험이 없다	7	29.2	
거의 안한다	11	45.8	
가끔 한다	4	16.7	
자주 한다	2	8.3	
매일 한다	0	0.0	

(4) HMD-VR 경험 여부 및 횟수

피험자들이 본 연구에서 수행한 VR 실험 전에 HMD-VR을 경험한 횟수에 대해서 질문하였다. 그 결과, [표 5-27]과 같은 응답이 수집되었다. 2~5회 사이로 방문한 피험자가 11명으로 가장 많은 비율을 차지하였으며, 해본 경험이 없는 피험자와 1회 경험한 피험자, 6~9회 경험한 피험자가 6명, 4명, 3명 순으로 많았다. 10회 이상 경험해본 피험자는 존

[표 5-27] 설문 1-5 결과 : HMD-VR 경험 횟수

응답	빈도수	비율(%)	도표
해본 경험이 없다	6	25.0	
1회	4	16.7	
2~5회	11	45.8	
6~9회	3	12.5	
10회 이상	0	0.0	

재하지 않았다. 과제 별로 HMD-VR 경험 횟수에 따른 소요시간 및 이동거리를 ANOVA 분석한 결과, 유의미한 차이가 발견되지 않았다.

2. 길찾기 과정 및 난이도 관한 평가

2항에서는 길찾기 과정 및 난이도에 대한 응답을 분석한다. 피험자는 과제 1과 과제 2에서 수행한 길찾기 난이도에 대하여 평가하였으며, 두 과제에서 체감한 난이도가 달랐을 경우 그 이유에 대해서도 객관식으로 답하였다. 또한, 길찾기에 도움이 된 사인의 종류에 대해서 응답하였다.

(1) 시뮬레이션 별 길찾기 난이도

길찾기 난이도에 대한 응답은 [표 5-28]과 같이 수집되었다. 전반적으로 과제 1은 쉽다는 의견이 다수였으며, 과제 2는 어렵다는 의견이 다수인 것으로 파악되었다. 공간 별로는 기둥이 없는 공간에 비해 기둥이 있는 공간이, 통로 기둥에 사인이 부착된 공간이 사인이 부착되지 않은 공간에 비해 어렵다고 평가되었으나, 그 차이는 미미했다.

각 피험자는 두 번씩 시뮬레이션을 수행하였으며, 수행 한 시뮬레이션 간 난이도 차이가 있을 시 그 원인을 응답하도록 하였다. 그 결과, 한 명을 제외한 23명의 피험자가 두 시뮬레이션 사이에 난이도 차이가 있다고 응답하였다. 그중 1명만이 과제 1을 수행한 1차 시뮬레이션이 더 어려웠

[표 5-28] 설문 2-1, 2-2 결과 : 시뮬레이션 별 길찾기 난이도

응답		실험 1				실험 2			
		기둥이 없는 공간		기둥이 있는 공간		기둥에 사인이 없는 공간		기둥에 사인이 있는 공간	
		빈도수	비율	빈도수	비율	빈도수	비율	빈도수	비율
과제 1	매우 쉽다	2	33.3	2	33.3	3	50.0	2	33.3
	조금 쉽다	3	50.0	2	33.3	2	33.3	2	33.3
	보통이다	1	16.7	1	16.7	1	16.7	2	33.3
	조금 어렵다	0	0.0	1	16.7	0	0.0	0	0.0
	많이 어렵다	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
과제 2	매우 쉽다	0	0.0	0	0.0	1	16.7	0	0.0
	조금 쉽다	1	16.7	0	0.0	1	16.7	1	16.7
	보통이다	0	0.0	1	16.7	1	16.7	2	33.3
	조금 어렵다	5	83.3	4	66.7	3	50.0	3	50.0
	많이 어렵다	0	0.0	1	16.7	0	0.0	0	0.0



[그림 5-28] 길찾기 난이도 평가 그래프

다고 응답하였으며, 나머지 22명은 과제 2를 수행한 2차 시뮬레이션이 더 어려웠다고 응답하였다. 2차 시뮬레이션이 더 어려웠다고 응답한 피험자 22명 중 20명이 그 원인으로 도착지를 나타내는 사인을 발견하기

어렵고, 먼 거리까지 이동해야 발견할 수 있다는 점을 언급하였다. 그 중 2명은 자신이 길을 찾은 방법에 대하여 추가 설명을 덧붙였는데, 한 명은 푸드코트에 대한 사인으로 백화점의 위치를 유추해서 길을 찾았다고 응답하였으며, 다른 한 명은 광장까지 가면 안내가 있을 것 같아 광장으로 이동하였다고 응답하였다. 22명 중 2명은 2차 시뮬레이션이 더 어려웠던 이유에 대하여 도착지를 안내하는 사인이 가르키는 방향을 파악하기 힘들거나, 별마당 도서관을 가로지르는 방향으로 안내되어 유심히 봐야했다는 의견을 제시하였다. 1차 시뮬레이션이 더 어려웠다고 응답한 1명은 처음이라 익숙치 않은 몸의 컨디션과 사인을 보고 따라갔을 때 또 다른 사인이 나와 길 파악에 어려움을 겪었다는 의견을 기재하였다.

(2) 길찾기에 도움이 되는 사인의 종류

길찾기에 도움이 되는 사인을 복수응답하도록 하는 설문을 수행한 결과, [표 5-29]와 같은 응답이 수집되었다. 피험자 24명 모두가 천장에 부착된 사인이 길찾기에 도움이 되었다고 평가하였으며, 벽 부착 사인은 3명만이 도움이 된다고 평가하였다. 통로 기둥에 부착된 사인은 통로에 사인이 있는 공간에서 실험을 수행한 12명 중 2명이 도움이 된다고 평가하였다.

[표 5-29] 설문 2-3 결과 : 길찾기에 도움이 된 사인의 종류 (복수 응답)

구분	천장 부착 사인	벽 부착 사인	통로 기둥 부착 사인
빈도수	24	3	2
비율(%)	100.0	12.5	16.6*

* : 실험 2의 피험자 수인 12명을 기준으로 계산된 비율

(3) 스타필드 코엑스몰의 길찾기 난이도

스타필드 코엑스몰의 길찾기 난이도에 대한 설문을 수행한 결과는 [표 5-30]과 같이 나타났다. 과반을 넘는 13명이 조금 어렵다고 응답하였으며, 보통이다, 많이 어렵다, 매우 쉽다의 응답이 6명, 3명, 2명 순으로 많이 나타났다.

[표 5-30] 설문 2-4 결과 : 스타필드 코엑스몰의 길찾기 난이도

응답	빈도수	비율(%)	도표
매우 쉽다	2	8.3	
조금 쉽다	0	0.0	
보통이다	6	25.0	
조금 어렵다	13	54.2	
많이 어렵다	3	12.5	

3. VR 경험에 관한 평가

3항에서는 길찾기 과정 및 난이도에 대한 응답을 분석하며, 실험을 정상적으로 완료하지 못한 피험자 2명의 설문 응답 결과를 포함하였다. 총 26명의 피험자가 과제 1과 과제 2에서 수행한 길찾기 난이도에 대하여 평가하였으며, 두 과제에서 체감한 난이도가 달랐을 경우 그 이유에 대해서도 객관식으로 답하였다. 또한, 길찾기에 도움이 된 사인의 종류에 대해서 응답하였으며, 그 외에 실험 과정에서 어렵거나 불편한 점이 존재했는지에 대해서도 응답하였다.

(1) 시각적 유사성

본 연구에서 수행된 VR 시뮬레이션의 시각적 사실성에 대한 설문 응답은 [표 5-31]과 같이 수집되었다. '그렇다'라고 응답한 피험자가 11명으로 가장 많았으며, '보통이다'가 7명, 매우 그렇다'가 6명이었다. '그렇지 않다'라고 응답한 피험자는 2명이었으며, '매우 그렇지 않다'라고 응답한 피험자는 없었다. 전반적으로 VR 경험이 현실과 같이 사실적으로 느껴진다는 긍정적 반응을 보였으나, '보통이다'라는 응답이 두 번째로 많았고, '그렇지 않다'는 답변도 존재하는 점을 염두하였을 때, VR 경험이 현실을 대체할 정도로 유사하다는 해석은 이루어지기 힘들었다.

[표 5-31] 설문 3-1 결과 : VR 경험의 시각적 유사성

응답	빈도수	비율(%)	도표
매우 그렇다	6	23.1	
그렇다	11	42.3	
보통이다	7	26.9	
그렇지 않다	2	7.7	
매우 그렇지 않다	0	0.0	

그 외에 VR 시뮬레이션 중 어렵거나 불편한 점을 묻는 주관식 설문 의 응답에서 VR의 시각적 유사성에 대한 평가가 높지 않았던 이유를 유추할 수 있었다. 총 26명의 설문 응답자 중 8명의 응답자(30.8%)가 VR 환경에서 사인이나 사물을 파악하기 위해, 실제에서보다 더 가까이 가야 한다는 점을 언급하였다. 이 외에 1명의 응답자가 시점 이동이 부드럽지 않다고 응답하였으며, 1명의 응답자가 화면에 블러(blur)가 있다고 응답하였다. 실험에 활용된 HMD의 해상도는 양안에 각각 1440×1600 픽셀이며, 90Hz의 주사율을 지원한다. 이러한 기기의 한계로 인하여, 현실 세계와 비교하였을 때 사물의 명료도와 시점 이동 시에 차이를 느꼈을 것으로 파악된다. 블러가 있다고 응답한 피험자의 경우에는 추운 날씨로 인하여 피험자의 입김에 의해 HMD의 액정에 김이 서린 결과로 예상된다.

(2) 행태적 유사성

행태적 유사성에 관한 설문은 VR 시뮬레이션 전반의 행태적 사실성에 대한 평가와 컨트롤러조작의 편의성에 대한 설문으로 구분되어 수행되었으며, 그 결과는 [표 5-32]와 같다. VR 경험 전반의 행태적 유사성에 대한 질문에서는 '보통이다'가 9명으로 가장 많이 응답되었으며, '그렇지 않다', '그렇다'가 각각 8명, 7명의 응답으로 수집되었다. '매우 그렇다'고 응답한 피험자는 2명이었으며, '매우 그렇지 않다'는 응답은 없었다. 컨트롤러 조작의 편의성에 대한 설문에서는 '매우 그렇다'와 '그렇다'가

[표 5-32] 설문 3-2 결과 : VR 경험의 행태적 유사성

구분	응답	빈도수	비율(%)	도표
VR 경험 전반의 행태적 유사성	매우 그렇다	2	7.7	
	그렇다	7	26.9	
	보통이다	9	34.6	
	그렇지 않다	8	30.8	
	매우 그렇지 않다	0	0.0	
컨트롤러 조작의 편의성	매우 그렇다	10	38.5	
	그렇다	10	38.5	
	보통이다	2	7.7	
	그렇지 않다	4	15.4	
	매우 그렇지 않다	0	0.0	

각각 10건, '보통이다'와 '그렇지 않다'는 응답이 2건과 4건으로 수집되었다.

이 외에 VR 시뮬레이션 중 어렵거나 불편한 점을 묻는 주관식 설문 의 응답에서 행태와 관련된 응답이 수집되었다. 전체 응답자 26명 중 4명(15.4%)의 응답자가 실험 중에 빠른 속도로 이동하고 싶었으나, 고정된 컨트롤러의 속도로 인하여 답답하였다는 의견을 제출했다. 또한, 26명 중 3명(11.5%)의 응답자가 컨트롤러 조작에 어려움을 겪었다는 의견을 제출하였다.

본 연구에서는 시선 추적 데이터를 현실과 같이 추적하기 위하여 컨트롤러를 통한 이동을 순간 이동 방식이 아닌, 연속적인 이동으로 구현하였으며, 보행 속도는 일정하게 유지되었다. 일정한 속도에 답답함을 느끼고 더 빠르게 이동하고 싶다고 생각하는 데에는 다양한 원인이 있을 수 있다. 쇼핑몰 안의 다양한 광고 및 제품들과 보행하는 사람들의 부재와 물리적 보행이 아닌 컨트롤러를 이용한 보행도 그 원인 중 하나일 가

능성이 있을 것으로 추측된다.

(3) 멀미 증상

VR 시뮬레이션 중에 느낀 어려움이나 불편함을 묻는 주관식 설문 응답으로 멀미 증상이 주요하게 나타났다. 총 26명의 응답자 중 절반을 넘는 16(61.5%)명이 실험 중 어지러움을 느꼈다고 보고하였다. 이중 4명은 '조금 어지럽다'고 응답하였으며, 1명은 '멀미가 심하다'라고 응답하였다. 그 외 11명의 경우에는 응답자마다 멀미가 나는 원인에 대하여 유추하며 응답을 작성하였다. 그중 3명은 사인의 글씨를 읽으려고 눈을 찌푸리거나 집중하여 멀미가 발생한 것 같다고 응답하였으며, 2명은 오랜 시간 착용할 때 어지러움을 느꼈다고 응답하였다. 그 외에 처음에만 어지러웠다는 의견, 이동 방향과 보는 방향이 다를 때 어지러웠다는 의견, 컨트롤러를 통한 이동이 시작될 때 어지러웠다는 의견, 시점이동이 부드럽지 않아 어지러웠다는 의견이 각각 1건씩 수집되었다.

4. 소결

1항부터 3항까지 이루어진 설문조사 분석 결과를 종합한 내용은 다음과 같다. 먼저, 길찾기 행태에 영향을 미칠 수 있는 개인별 특성에 대해서 조사하고 소요시간 및 이동거리와 통계분석을 수행하였다. 그러나 성별 및 연령, 3D 게임 빈도, HMD-VR 경험 여부에 따른 길찾기 소요시간 및 이동거리는 유의미한 차이가 발견되지 않았다. 조사 항목 중 유일하게 코엑스몰의 방문 빈도에 따른 이동거리의 변화가 일부 유의미하게 나타났다. 보다 쉬운 과제 1에서, 코엑스몰의 방문 경험이 전무한 피험자의 이동거리 평균이 코엑스몰 방문 경험이 1회, 2~5회, 6~9회인 피험자의 이동거리 평균보다 유의미하게 큰 것으로 나타났다. 10회 이상 피험자와의 통계 분석 결과 유의미한 결과가 도출되지 않았으나, 통계 분석 수치를 기반으로 표본에 오류가 있을 가능성을 제시하였다.

길찾기 과정 및 난이도에 대한 피험자의 응답을 분석한 결과, 도착지

를 안내하는 사인을 찾기 힘든 과제 2가 사인을 찾기 쉬운 과제 1보다 어렵게 느껴졌다는 것을 확인할 수 있었다. 공간에 따른 체감 난이도의 경우 피험자들은 기둥이 없는 공간보다 있는 공간에서, 통로 기둥에 부착된 사인이 없는 공간보다 있는 공간에서 길찾기 난이도가 더 어렵다고 느꼈으나 그 차이는 미미했다. 또한, 코엑스몰의 길찾기 난이도는 과반이 넘는 피험자가 어렵다고 판단하였다.

VR 경험의 시각적 유사성에 대한 평가는 전반적으로 긍정적으로 나타났다으나, 30.8%의 응답자가 멀리 있는 글씨 등의 형상이 현실에서보다 흐리게 보인다는 공통된 현상을 보고하였다. 이는 HMD 기기의 해상도 문제가 주요할 것으로 유추되며, 현실과 같은 실험 환경을 제공하기 위해서는 기기의 하드웨어적 발전이 필요한 상황이라고 해석된다. VR 경험의 행태적 유사성은 시각적 유사성보다 낮게 평가되었으며, 행태적 유사성이 보통 수준이라는 의견이 가장 많이 수집되었다. 컨트롤러의 조작 편의성은 매우 높게 평가되었으나, 컨트롤러를 이용한 보행 시 고정된 보행 속도가 답답하다는 응답이 11.5%의 피험자에게서 수집되었다. 그 외에 VR 경험에서 멀미 증상이 나타났다는 의견이 61.5%의 피험자에게서 수집되었다. 효율적인 VR 실험을 위하여 멀미는 중요하게 고려되어야 할 부분 중 하나이다. 3D 경험 시 멀미 증상이 발생하는 원인에 대하여 여러 가지 연구가 진행되고 있지만, 아직 그 원인은 뚜렷이 밝혀진 바 없다. 그러나, 본 연구에서 진행된 실험의 경우 매우 높은 비율로 어지러움의 증상이 나타난 원인은 컨트롤러를 이용한 보행이 현실에서처럼 지속적인 순간순간의 선택에 의한 것이 아니었다는 점과 물리적 보행 행동의 부재, 의도한 보행 행동과 수행된 행동의 불일치성 등으로 유추할 수 있다.

제 7 절 VR 환경의 활용성 평가

본 절에서는 VR 환경의 활용성 평가를 위하여 VR과 현실 체험의 시각적 유사성, 행태적 유사성, 환경 조절 가능성, 정량적 데이터 수집 용이성, 경제성을 분석한다. 시각적 유사성과 행태적 유사성은 피험자의 설문 결과와 실험자의 실험 과정 전반에 대한 평가를 통합하여 평가한다. 설문은 실험 결과 분석에서 제외된 2명의 설문 응답을 포함하여 총 26명의 설문 결과를 분석하였다. 또한, 환경 조절 가능성, 정량적 데이터 수집 용이성, 경제성은 실험자 관점에서 정성적으로 평가한다.

1. 시각적 유사성

앞 절에서 설문조사 결과를 분석한 결과 VR 경험의 시각적 유사성은 전반적으로 높게 평가되었음을 알 수 있었다. 그러나, 설문조사 결과, 시각적 유사성에 대해 가장 높은 평가를 매긴 피험자들이 과반을 넘지 않았다. 이를 통해, VR의 시각적 유사성을 높이기 위해서는 더 높은 해상도를 지원하는 HMD 기기의 활용과 더욱 실제와 같은 세세한 모델링 공간이 제공되어야함을 파악할 수 있었다. 또한, 실험 2에서 참가자들은 출발지 근처에서 도착지를 안내하는 표지판을 찾을 수 없었음에도 불구하고, 벽이나 기둥에 부착되어있는 사인 시스템을 활용하지 않는 현상을 관찰할 수 있었다. 이와 더불어 설문조사 결과 멀리 있는 글씨 등의 형상이 현실에서보다 흐리게 보이는 현상으로 인하여 사인 등을 파악하기 위해 더 가까이 가야한다는 응답이 다수 수집되었다. 이러한 결과는 VR 환경이 현실 환경과 시각적으로 비슷하지만, 여전히 현실과 차이를 느끼게 하는 지점들이 존재한다는 것을 의미한다. VR 환경과 현실 환경의 미세한 시각적 차이가 어떠한 결과의 차이로 이루어지는지 명확하지 않기 때문에, 이러한 지점은 향후 더욱 면밀하게 연구되어야 할 것이며 VR의 시각적 유사성을 더욱 높일 수 있는 환경이 적용되어야 할 것이다.

2. 행태적 유사성

본 연구의 실험에서는 행태적 유사성을 최대한 확보하기 위하여, 피험자에게 8mx5m의 보행 가능 영역을 제공하였다. 그러나, 피험자들은 직접 움직이는 것보다 컨트롤러를 활용하는 방식을 택했다. 대체로 현실 세계에서는 몸의 회전을 통해 방향을 전환하는 행위만 주로 일어났으며, 직접 보행은 거의 행해지지 않았다. 컨트롤러를 이용한 보행이 직접 보행보다 매우 쉽다는 점과 HMD와 컴퓨터가 선으로 연결되어 직접 보행에 방해가 된다는 점, 실험 대상인 스타필드 코엑스몰의 규모가 매우 크다는 점이 직접 보행이 거의 행해지지 않은 이유로 유추된다. 본 연구에서는 3장에서 컨트롤러와 직접 보행의 병행 사용이 최대한의 행태적 유사성을 확보한다는 결과를 도출하였으나, VR 실험 대상 공간의 규모가 작을 때 한정적으로 해당된다는 것을 실험을 통해 확인할 수 있었다. 또한 실험 1과 실험 2의 진행 결과, 컨트롤러 보행 방식의 연속적인 움직임으로 인하여 현실에서와 다른 주시 행태가 발생할 수 있다는 것을 파악하였다. 이에 따라, 컴퓨터와 연결된 선을 제거하기 위하여 HMD를 무선으로 사용할 수 있게 하는 키트를 함께 사용하는 방법이 권장된다. 현재 보급되고 있는 VR 트레드밀 및 VR 신발 등이 빠르게 컨트롤러와 직접 보행을 대체할 것으로 판단되며, 해당 시점에는 VR 경험의 행태적 유사성이 매우 높아질 것으로 기대된다.

3. 환경 조절 가능성

본 실험에서는 2호선 삼성역과 9호선 봉은사역 사이에 위치한 스타필드 코엑스몰을 대상으로 환경을 구축하였다. 이후, 기둥의 유무와 기둥에 착된 사인의 유무에 따른 길찾기 행태를 분석하기 위하여 실험을 진행하였다. 현실에서 스타필드 코엑스몰의 통로에 있는 276개의 기둥을 제거하여 기둥의 유무에 따른 길찾기 행태를 분석하는 것은 불가능한 일이다. 그러나, VR 공간에서는 손쉽게 제거하는 것이 가능하였다. 통로의

기둥에 부착된 사인 또한, 오랜 시간과 비용을 들여 시공해야 하는 현실과 달리, 통로 기둥에 사인이 있는 공간과 없는 두 가지 환경으로 쉽게 조절할 수 있었다. 또한, 실험을 위해 현실에 공간을 직접 구성할 때와 달리, 클릭 몇 번 만으로 같은 피험자에게 두 가지 공간을 제공하여 실험을 진행하는 것이 가능하였다.

이와 같은 사실은 현실에 비하여 VR의 환경 조절 가능성이 매우 높다는 것을 의미한다. VR은 높은 환경 조절 가능성을 기반으로 현실에서 불가능한 여러 실험을 가능하게 할 수 있으며, 다양한 변인을 적절하게 통제하여 실험을 진행하는 것도 가능하다.

4. 정량적 데이터 수집 용이성

본 연구에서 진행한 실험에서는 VR 프로그램 개발을 통하여, 피험자의 실험 종료 후 소요 시간 및 이동 경로, 주시 특성이 추출되어 컴퓨터에 저장되도록 하였다. 또한, 주시점과 이동 경로는 3D 모델 안에 맵핑되도록 하여, 주시점과 이동 경로를 실험 이후에 해당 공간 안에서 확인할 수 있도록 개발하였다. 해당 프로그램을 통해 실험을 진행한 결과, 매우 쉽게 각종 데이터가 파일로 저장되었으며, 이 데이터를 활용하여 실험 결과를 분석할 수 있었다. 현실의 코엑스몰에서 실험을 진행할 때에는 이동 경로나 주시 대상에 대한 정보 수집이 쉽지 않을 수 있으며, 관찰을 통해 진행할 경우 연구자의 주관이 개입될 가능성이 있다. 그러나, VR 환경에서의 실험은 핵심적인 정보 습득이 매우 쉽고, 객관적으로 이루어진다는 사실을 실험을 통해 확인할 수 있었다.

5. 경제성

본 연구에서는 VR 프로그래밍을 개발을 위하여 외부 개발자를 섭외하였으며, 개발 비용으로 약 500만원의 비용이 소요되었다. 또한, 시선 추적이 가능한 VR 장비의 마련에 약 100만원의 비용이 소요되었다. 그

러나, 이와 같은 비용은 현실 환경에서 건물을 건설하거나, 세부 환경을 조성하는 데에 드는 비용에 비하여 매우 적은 비용이다. 또한, VR 환경 구축도 현실 환경에 공간을 구축하는 것에 비하여 훨씬 단축된 시간으로 진행할 수 있었다. 즉, VR은 동일한 실험 진행에 있어 현실보다 매우 높은 금전적·시간적 경제성을 지니고 있다고 할 수 있다.

제 8 절 소결

본 연구에서는 환경-행태 연구에서 VR 기술의 활용성을 평가하기 위하여 VR을 활용한 길찾기 실험을 설계 및 수행하였다. 또한, 피험자들을 대상으로 설문조사를 수행하고, 실험자의 관점에서 실험 설계 및 수행 과정을 분석하여 VR 기술의 활용성을 다각도에서 분석하였다. VR 환경의 시각적 유사성은 긍정적으로 평가되었으나, 현실 환경에서와의 차이를 더욱 좁히기 위하여 기계와 소프트웨어의 관점에서 더욱 더 발전할 필요가 있을 것으로 분석된다. 행태적 유사성에서는 대부분의 피험자들이 컨트롤러를 보행방식만을 이용해 보행하여 시각적 측면에서보다 더욱 현실환경과 차이를 빚는 결과를 나타냈다. 큰 규모의 공간을 대상으로 하는 실험의 경우 현실과 근사한 실험 결과를 보장하기 위하여 추가적인 장비의 사용이 필요할 것으로 분석되었다.

한 편, 환경 조절 가능성 및 정량적 데이터 수집 용이성, 경제성은 실험 연구에서 매우 큰 이점으로 나타났다. 현실에서 구현할 수 없는 환경을 VR 환경에서 구현하여 실험을 진행할 수 있었으며, 동선과 주시점, 주시 대상을 수집하여 분석에 활용할 수 있었다. 특히, 주시 특성에 대한 데이터가 매우 용이하게 수집되었다. 현실에서도 시선추적 안경을 통하여 피험자의 주시 특성을 관찰할 수 있으나, VR 환경에서는 미리 공간 내에 배치한 사물의 유형을 분류하여 그 특성을 더 용이하게 파악할 수 있다는 장점이 있었다. 또한, 피험자의 주시 특성을 고정된 공간에 국한하지 않고, 넓은 규모의 공간에 취합하여 파악할 수 있다는 장점 또한 존재하였다. 이러한 모든 이점들은 현실에서 실험을 진행할 때보다 매우 적은 비용으로 진행이 가능하였으며, 현장에서의 실험으로 파악하기 힘든 결과들을 분석할도록 하였다. 이는 VR 환경이 시각적·행태적으로 발전할 필요성이 있는 현 시점에서도 이미 환경-행태 연구에서 매우 큰 활용성을 갖고 있다는 것을 의미한다. VR 실험의 규모나 목적에 따라 세부 기술 환경을 세심하게 선택하고, 발전된 VR 기기 및 기술들을 선택하여 연구한다면 더욱 더 유용하게 활용될 수 있을 것으로 분석된다.

제 6 장 결론

제 1 절 연구의 요약과 결론

본 연구는 환경-행태 연구, 그중에서도 길찾기 연구에 집중하여 기술의 활용성을 파악하고자 하였다. VR 기술의 활용성을 분석하기에 앞서 VR 구현기술을 크게 영상 출력 장치, 공간 구축 기술, 행동 지원 기술로 구분하고, 세부 분류 또한 마련하였다. 이를 통해, 혼재된 VR 기술 환경을 명확히 구분하고 연구의 목적에 따라 취사선택할 수 있도록 하였다.

이후 선행연구를 기반으로 시각적 유사성, 행태적 유사성, 환경 조절 가능성, 정량적 데이터 수집 가능성, 경제성의 5가지 평가 기준을 마련하고, 이를 통해 각 기술의 특징에 따라 활용성을 평가, 분석하였다. 그 결과 HMD, 모델링 자원과 3D 기반 가상환경, 현실보행과 컨트롤러를 병행 사용이 길찾기 연구에서 가장 활용성이 높다는 결과를 도출하였다. 또한, 몇 가지 예외적인 연구를 제외하고는 시선추적 기술과 위의 기술을 모두 함께 사용할 때, 그 효과가 클 것이라는 결과를 도출하였다.

한 편, 2013년 이후에 발표된 VR을 활용한 길찾기 연구를 수집, 분석하여 기술의 활용 동향 및 연구 동향을 분석하였다. 그 결과, 아직은 VR과 활발하게 병행 사용되지 않고 있는 시선추적 기술이 다양한 건축 환경을 분석하는 데에 적합한 도구라는 것을 밝혔다. 또한, VR 환경의 시각적 유사성뿐 아니라 행태적 유사성도 실험 결과에 주요한 영향을 미칠 수 있음을 밝히고 연구 설계 단계에서 행태적 유사성 측면에서 고려할 필요가 있음을 밝혔다.

또한, VR을 활용한 길찾기 실험을 설계 및 수행하여 실증적인 관점에서 VR 기술의 활용 방안을 탐색하였다. 실험은 실재하는 큰 규모의 스타필드 코엑스몰을 대상으로 하였으며, 실험을 통하여 기둥의 유무 및 기둥에 부착된 사인의 유무가 길찾기 행태에 미치는 영향을 알아보하고자 하였다. 그 결과, 기둥이 존재할 때 시야를 방해하여 사인을 제대로 파악

하지 못하거나, 주시 행태의 많은 비율을 기둥이 차지한다는 사실을 알 수 있었다. 또한, 통로 기둥에 부착된 사인의 존재가 길찾기 소요시간을 유의미하게 증가시켰다는 사실 또한 파악할 수 있었다. 이와 더불어, 기둥이 통로와 평행하지 않게 위치하여 안내 사인의 의미를 혼란시켰을 수 있다는 가능성, 공간에 과도하게 존재하는 사인의 존재가 더욱 경로를 혼란시켰을 가능성을 발견하였다.

실험에 참여한 피험자들을 대상으로 설문조사를 진행하여 길찾기에 영향을 미칠 수 있는 개인별 특성을 파악하고, 각 실험 환경 별 난이도와 사인 체계에 대한 평가, VR 환경에 대한 평가를 진행하였다. 그 결과, 코엑스몰 방문 빈도에 따라 길찾기 이동거리에 유의미한 변화가 있다는 것을 파악하였으며, 길찾기 과정에서 코엑스몰의 천장 사인이 다른 사인에 비해 도움이 많이 되었다는 사실을 파악할 수 있었다. 또한, 피험자들이 체감하는 VR 환경의 시각적 유사성이 높고, 행태적 유사성이 그보다 좋지 않음을 알 수 있었다. 더불어, 해당 VR 환경에서 느끼는 멀미 증상이 공통적으로 나타남을 파악할 수 있었다.

이에 덧붙여 연구자 관점에서 VR 실험 환경에 대한 평가를 진행하였다. 그 결과, 시각적 유사성과 행태성 유사성 측면에서 VR 환경이 미진한 부분을 일부 파악하였으며, 추후 VR 기술의 발전과 세부적인 연구의 필요성을 주장하였다. 환경 조절 가능성과 정량적 데이터 수집 용이성, 경제성 측면에서 VR이 매우 유용한 도구임을 밝히고, 이전의 전통적 연구방법론에서 수집하기 어려운 데이터를 용이하게 수집할 수 있었음을 밝혔다.

본 연구는 환경-행태 연구에서 VR 기술 활용방안과 그 의미를 문헌 연구, 실험, 설문조사의 연구방법론을 통해 다각도에서 살펴보았다. 그 결과, 일부 VR 기술이 더 발전될 필요성을 확인하였으나, 여러 방면에서 관찰 등의 전통적 연구방법론을 대체할 수 있는 뛰어난 연구 방법임을 확인하였다.

제 2 절 연구의 의의

본 연구의 의의는 다양한 VR 구현기술들이 VR이라고 통칭되는 데에서 비롯되는 문제점을 밝히고, VR 구현기술을 세분화하였다는 데에 있다. 또한, VR 구현기술의 병행 사용 양상에 따라 결정되는 VR 환경의 특징을 명확하게 하였다는 점에서도 의미가 있다. 이러한 연구 결과는 점점 더 다양해지고 복잡해지는 VR 관련 기술을 파악하는 데에 기여할 수 있을 것이며, 최신기술을 활용한 연구를 촉진할 수 있을 것으로 전망한다.

VR을 활용한 길찾기 실험을 수행하여 환경요인이 길찾기에 미치는 영향을 파악하고, 실증적인 측면에서 VR 환경을 평가하였다는 점에서도 의미가 있다. 이때, 실험 과정에서 최신 기술의 활용 절차와 방법, 이에 대한 평가를 구체적으로 기재하여 연구자 관점에서의 VR 기술의 활용성을 뚜렷하게 나타냈다.

향후 본 연구에서 제시한 VR 기술 분류 및 평가 기준에 따라 서로 다른 연구의 VR 환경을 비교하고, 그 특징과 효과를 사용 기술에 따라 파악할 수 있을 것으로 예상된다. 또한, 본 연구의 내용을 바탕으로, VR을 활용한 환경-행태 연구를 계획함에 있어 조금 더 명확한 기준을 가지고 VR 구현기술을 취사선택할 수 있을 것이다.

제 3 절 연구의 한계 및 추후 연구방향

본 연구는 2장과 3장에서 VR 구현기술의 세분화하고, 이를 평가하였으나, 현재의 기술에 기반을 두었다는 데에 한계가 있다. VR은 급속도로 발전하고 있어, 추후 VR 관련 기술의 다양화 및 고도화에 따라 세부 기술에 대한 평가가 갱신되어야 할 것이다. 본 연구에서 제시된 길찾기 연구에 적합한 기술의 병행 사용 양상 또한, 기술 발전 정도의 변화에 따라 변경되어 제시되어야 할 것이다.

본 연구에서는 VR 구현기술의 활용성을 직접적으로 평가하기 위하여 VR 기술을 활용한 길찾기 실험을 설계·수행하였다. 그러나, 매우 적은 표본으로 실험이 진행되어 실험 자체로서 연구의 의미를 갖기에는 한계가 있다. 그러나, 본 연구에서는 환경-행태 연구에서 VR 기술의 활용방안을 탐색한다는 연구의 목적에 집중하여, 실제 연구를 진행하는 과정에서 VR 기술 활용의 이점과 도출 가능한 데이터 등을 확인하였다. 이로써 본 연구는 환경-행태 연구에서 VR 기술의 적용 가능성과 미래 연구 방향을 엿보았다는 점에서 의의가 있다. 추후, 더 많은 표본과 세밀하게 구축된 VR 공간을 바탕으로 다양한 환경요인이 인간 행태에 미치는 영향에 관한 실험이 이루어지길 기대한다.

참 고 문 헌

[학술 논문]

- 김영주 (2015). 길찾기(Wayfinding) 관련 국내 연구동향 분석. 한국실내디자인학회논문집, 24(6), 38-46.
- 민영희 & 하미경 (2018). 길찾기 과정에서 실내색채계획이 환경 명료성과 색채 기여도 인지에 미치는 영향. 한국실내디자인학회 논문집, 27(6), 25-32.
- 민자경, 최진경 & 김주연. (2021). 사용자의 길찾기 인지적 난이도에 따른 가상환경과 실제환경에서의 시각적 집중도 차이 비교. 상품문화디자인학연구 (KIPAD 논문집), 66, 253-264.
- 박진수 & 황희준 (2022). 대규모 공동주택 지하 주차시설 내 길찾기의 디자인 요인 분석. 대한건축학회논문집, 38(3), 25-35.
- 오훈성 & 최승담 (2013). 테마파크의 시설배치유형이 길찾기 난이도에 미치는 영향 -가상현실공간기법의 적용-. 관광학연구, 37(6), 117-136.
- 장소정 & 박수빈 (2021). 지하상가 통로의 공간적 요소가 경로 선택에 미치는 영향 -T 자형 길목에서 출입구 찾기 시뮬레이션. 대한건축학회논문집, 37(4), 143-152.
- 전효정 & 정진우 (2020). 지하철 환승역의 길찾기 스트레스 측정에 관한 실험 연구. 기초조형학연구, 21(1), 483-495.
- 최용부 (2005). 주거만족에 관한 이론적 논의. 사회과학연구, 23, 31-56.
- Al-Sharaa, A., Adam, M., Amer Nordin, A. S., Alhasan, A., Mundher, R., & Zaid, O. (2022). Enhancing Wayfinding Performance in Existing Healthcare Facilities Using Virtual Reality Environments to Revise the Distribution of Way-Showing Devices. Buildings, 12(6), 790.
- Bianconi, F., Filippucci, M., & Felicini, N. (2019). IMMERSIVE WAYFINDING: VIRTUAL RECONSTRUCTION AND EYE-TRACKING FOR ORIENTATION STUDIES INSIDE COMPLEX ARCHITECTURE. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences.
- Campos, M. P., Basaure, T., & Loyola, M. Virtual Wayfinding: A Comparison of Orientation and Navigation Behavior in Built and Virtual Environments.
- Dong, W., Qin, T., Yang, T., Liao, H., Liu, B., Meng, L., & Liu, Y. (2022). Wayfinding behavior and spatial knowledge acquisition: Are they the same in virtual reality and in real-world environments?. Annals of the American Association of Geographers, 112(1), 226-246.
- Egger, V. (2016). The virtual railway station: Wayfinding experiences in a virtual environment and their application to reality. Information Design Journal, 22(2),

116-126.

- Ewart, I. J., & Johnson, H. (2021). Virtual reality as a tool to investigate and predict occupant behaviour in the real world: the example of wayfinding. *ITcon*, 26, 286-302.
- Feng, Y., Duives, D. C., & Hoogendoorn, S. P. (2022). Wayfinding behaviour in a multi-level building: A comparative study of HMD VR and Desktop VR. *Advanced Engineering Informatics*, 51, 101475.
- Han, S. S., Yooh, P., Ha, M., & Kim, K. Virtual Reality Wayfinding Training for People with Visual Impairment: The Effects of Vr Treadmill and Vr Tracker on Building a Mental Map of The Environment by People with Visual Impairment.
- Hu, X., & Xu, L. (2023). How Guidance Signage Design Influences Passengers' Wayfinding Performance in Metro Stations: Case Study of a Virtual Reality Experiment. *Transportation research record*, 2677(1), 1118-1129.
- Jiang, S., Allison, D., & Duchowski, A. T. (2022). Hospital Greenspaces and the Impacts on Wayfinding and Spatial Experience: An Explorative Experiment Through Immersive Virtual Environment (IVE) Techniques. *HERD: Health Environments Research & Design Journal*, 15(3), 206-228.
- Kalantari, S., Tripathi, V., Rounds, J. D., Mostafavi, A., Snell, R., & Cruz-Garza, J. G. (2021). Evaluating wayfinding designs in healthcare settings through eeg data and virtual response testing. *bioRxiv*, 2021-02.
- Kim, J. Y., & Kim, M. J. (2020). Exploring visual perceptions of spatial information for wayfinding in virtual reality environments. *Applied Sciences*, 10(10), 3461.
- Kort, Y. A. D., Ijsselsteijn, W. A., Kooijman, J., & Schuurmans, Y. (2003). Virtual laboratories: Comparability of real and virtual environments for environmental psychology. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, 12(4), 360-373.
- Kostakos, P., Alavesa, P., Korkiakoski, M., Marques, M. M., Lobo, V., & Duarte, F. (2021). Wired to exit: Exploring the effects of wayfinding affordances in underground facilities using virtual reality. *Simulation & Gaming*, 52(2), 107-131.
- LI, S., SUN, C., & LIN, Y. A METHOD OF VR ENHANCED POE FOR WAYFINDING EFFICIENCY IN MEGA TERMINAL OF AIRPORT.
- Morganti, F., Carassa, A., & Geminiani, G. (2007). Planning optimal paths: A simple assessment of survey spatial knowledge in virtual environments. *Computers in Human Behavior*, 23(4), 1982-1996.
- Passini, R., Rainville, C., Marchand, N., & Joannette, Y. (1998). Wayfinding and dementia: Some research findings and a new look at design. *Journal of*

Architectural and Planning Research, 133-151.

- Qi, F., Lu, Z., & Chen, Y. (2022). Investigating the Influences of Healthcare Facility Features on Wayfinding Performance and Associated Stress Using Virtual Reality. *HERD: Health Environments Research & Design Journal*, 15(4), 131-151.
- Sharma, G., Kaushal, Y., Chandra, S., Singh, V., Mittal, A. P., & Dutt, V. (2017). Influence of landmarks on wayfinding and brain connectivity in immersive virtual reality environment. *Frontiers in psychology*, 8, 1220.
- Slone, E., Burles, F., Robinson, K., Levy, R. M., & Iaria, G. (2015). Floor plan connectivity influences wayfinding performance in virtual environments. *Environment and behavior*, 47(9), 1024-1053.
- Stachoň, Z., Johecová, K., Kvarda, O., Snopková, D., Ugwitz, P., Šašínková, A., ... & Sasínka, C. (2022). The possibilities of using virtual environments in research on wayfinding.
- Suzer, O. K., Olgunturk, N., & Guvenc, D. (2018). The effects of correlated colour temperature on wayfinding: A study in a virtual airport environment. *Displays*, 51, 9-19.
- Vilar, E., Rebelo, F., & Noriega, P. (2014). Indoor human wayfinding performance using vertical and horizontal signage in virtual reality. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*, 24(6), 601-615.
- Wang, C. Y., Chen, C. I., & Zheng, M. C. (2022). Exploring the Design of the Sign System of NTUH Through Wayfinding Behavior in Virtual Environment. *Human Factors in Virtual Environments and Game Design*, 50, 48.
- Yesiltepe, D., Dalton, R., Torun, A. O., Dalton, N., Noble, S., Hornberger, M., & Spiers, H. (2019). A wayfinding research in virtual environments: The effect of spatial structure and different conditions on movement.

[도서]

- 임승빈 (2007). <환경심리학과 인간행태>. 서울: 보문당.
- Arthur, P., & Passini, R. (1992). *Wayfinding : People. Signs and Architecture*. New York, NY: McGrawHill Publishing Company.
- Bell, P. A., Greene, T. C., Fisher, J. D., & Baum, A. (2001). *Environmental Psychology(5e)*. Fort Worth, TX: Harcourt College Publishers.
- Conroy, R. (2001). *Spatial navigation in immersive virtual environments*. London, United Kingdom: University College London, University of London.
- Feimer, N. R. (1979). *Personality and Environmental Perception: Alternative Predictive Systems and Implications for Evaluative Judgements*. Berkeley, CA:

University of California.

- Heimstra, N. W., & McFarling, L. H. (1978). *Environmental psychology*. Monterey, CA: Brooks/Cole Publishing Company.
- Lynch, K. (1960). *The Image of the City*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Pimentel, K., & Teixeira, K. (1993). *Virtual reality through the new looking glass*. Blue Ridge Summit, PA: Intel/WindCrest.

[학술대회 발표 논문]

- Correy, A. (1982). Visual perception and scenic assessment in Australia. *International Federation of Landscape Architects XXth World Congress, Canberra, Australia* (pp.169-183).
- Hsieh, T. J., Kuo, Y. H., & Niu, C. K. (2018). Utilizing HMD VR to improve the spatial learning and wayfinding effects in the virtual maze. In *HCI International 2018 - Posters' Extended Abstracts: 20th International Conference, HCI International 2018, Las Vegas, NV, USA, July 15-20, 2018, Proceedings, Part III* 20 (pp. 38-42). Springer International Publishing.
- Kuliga, S., Mavros, P., Brösamle, M., & Hölscher, C. (2020). Comparing human wayfinding behavior between a real, existing building, a virtual replica, and two architectural redesigns. In *Spatial Cognition XII: 12th International Conference, Spatial Cognition 2020, Riga, Latvia, August 26 - 28, 2020, Proceedings 12* (pp. 160-179). Springer International Publishing.
- Pazzaglia, F., Meneghetti, C., Labate, E., & Ronconi, L. (2017). Are wayfinding self-efficacy and pleasure in exploring related to shortcut finding? A study in a virtual environment. In *Spatial Cognition X: 13th Biennial Conference, KogWis 2016, Bremen, Germany, September 26 - 30, 2016, and 10th International Conference, Spatial Cognition 2016, Philadelphia, PA, USA, August 2 - 5, 2016, Revised Selected Papers 10* (pp. 55-68). Springer International Publishing.
- Vilar, E., Rebelo, F., & Noriega, P. (2018). Comparing Three Stimulus Presentation Types in a Virtual Reality Experiment to Human Wayfinding Behavior During Emergency Situation. In *Advances in Ergonomics in Design: Proceedings of the AHFE 2017 International Conference on Ergonomics in Design, July 17- 21, 2017, The Westin Bonaventure Hotel, Los Angeles, California, USA 8* (pp. 34-44). Springer International Publishing.

[학위논문]

- 김우용 (2021). 가상현실 기반의 3차원 지도 환경에서 공간 인지 연구. 국내석사학위

논문 경희대학교 대학원, 서울.

- 민자경 (2022). 지하복합공간의 길찾기과정에서 결절점의 사인인지 특성에 관한 연구. 국내박사학위논문 홍익대학교 대학원, 서울.
- 박수지 (2017). 공간위상학적 특성과 관광환경정보가 공간 인지와 만족에 미치는 영향. 국내석사학위논문 한양대학교 대학원, 서울.
- 배효경 (2019). 복합 상업시설의 리모델링 전·후 공간구조분석과 길찾기에 관한 연구. 국내석사학위논문. 서울대학교 대학원, 서울.
- Weisman, G. D. (1979). Way-finding in the built environment: A study in architectural legibility. Doctoral dissertation. University of Michigan, Ann Arbor, MI.

[기사]

- Association for Computing Machinery. (2018). Walk this way: Novel method enables infinite walking in VR: Researchers have harnessed natural eye movements to make a more comfortable VR experience. ScienceDaily. URL : www.sciencedaily.com/releases/2018/05/180529140935.htm

[사진 출처]

- [그림 2-1] 임승빈 (2007). <환경심리학과 인간행태>. 서울: 보문당.
- [그림 2-2] 신아연 (2021, 7, 21). 입학식부터 축제까지... 메타버스로 물든 대학가. <아시아타임즈>. URL : <https://www.asiatime.co.kr/article/20210720500282>
- [그림 2-3] 김도형 (2021, 7, 27). 내 방에서 보는 모델하우스...한화·포스코·롯데·GS건설, 가상현실 속속. <더밸류뉴스>. URL : <http://www.thevaluenews.co.kr/news/view.php?idx=164319>
- [그림 3-2] Kim, K., Rosenthal, M. Z., Zielinski, D. J., & Brady, R. (2014). Effects of virtual environment platforms on emotional responses. *Computer methods and programs in biomedicine*, 113(3), 882-893.
- [그림 3-3] 차재문 (2016, 8, 31). 360도 회전도 모든 것이 가능하다... VR의 세계. <조선비즈>. URL : https://biz.chosun.com/site/data/html_dir/2016/08/30/2016083001655.html
- [그림 3-4] Artstation: Drawing a 360 Pano View of my apartment and work space[Website]. Retrived Dec 20, 2022 from <https://www.artstation.com/artwork/VmlJR>
- [그림 3-5] 이종철 (2021, 5, 20). 강제로 메타버스가 돼버린 메타버스 협업 툴, 스페이셜 웹 버전 출시. <바이라인네트워크>. URL : <https://byline.network/2021/05/20-128/>

[그림 3-7] 안희찬 (2018, 2, 6). 누믹스, “세계 최초 4D VR ‘퀀텀 VR 트레이드밀’로 VR 시장 선도하겠다”. <매일경제> URL :

<https://n.news.naver.com/mnews/article/009/0004096513>

[그림 3-8] VIVE PRO 컨트롤러(2018)[Website]. Retrieved Dec, 20, 2022 from <https://www.vive.com/kr/accessory/controller2018/>

다음은 길찾기 과정에 관련된 질문입니다.

1. 1차 시뮬레이션의 길찾기 난이도는 어떠했습니까?

- ① 매우 쉽다 ② 조금 쉽다 ③ 보통이다 ④ 조금 어렵다 ⑤ 많이 어렵다

2. 2차 시뮬레이션의 길찾기 난이도는 어떠했습니까?

- ① 매우 쉽다 ② 조금 쉽다 ③ 보통이다 ④ 조금 어렵다 ⑤ 많이 어렵다

3. 1차와 2차 시뮬레이션에서 길찾기 난이도 달랐다면,
그 이유는 무엇 때문이라고 생각하십니까?

더 어려웠던 시뮬레이션 차수 : ① 1차 시뮬레이션, ② 2차 시뮬레이션
원인 (주관식) :

4. 길찾는 데에 도움이 된다고 느낀 표지판 종류를 선택해주세요. (복수 응답 가능)

- ① 천장에 매달린 표지판 ② 벽에 부착된 표지판 ③ 통로 기둥에 부착된 표지판

다음은 VR 경험에 대한 질문입니다.

1. 시각적 측면에서, VR 체험이 사실적으로 느껴지시나요?

- ① 매우 그렇다 ② 그렇다 ③ 보통이다 ④ 그렇지 않다 ⑤ 매우 그렇지 않다

2. 걷기를 포함한 행동의 측면에서, VR 체험이 사실적으로 느껴지시나요?

- ① 매우 그렇다 ② 그렇다 ③ 보통이다 ④ 그렇지 않다 ⑤ 매우 그렇지 않다

3. 컨트롤러의 조작은 편하게 이루어졌습니까?

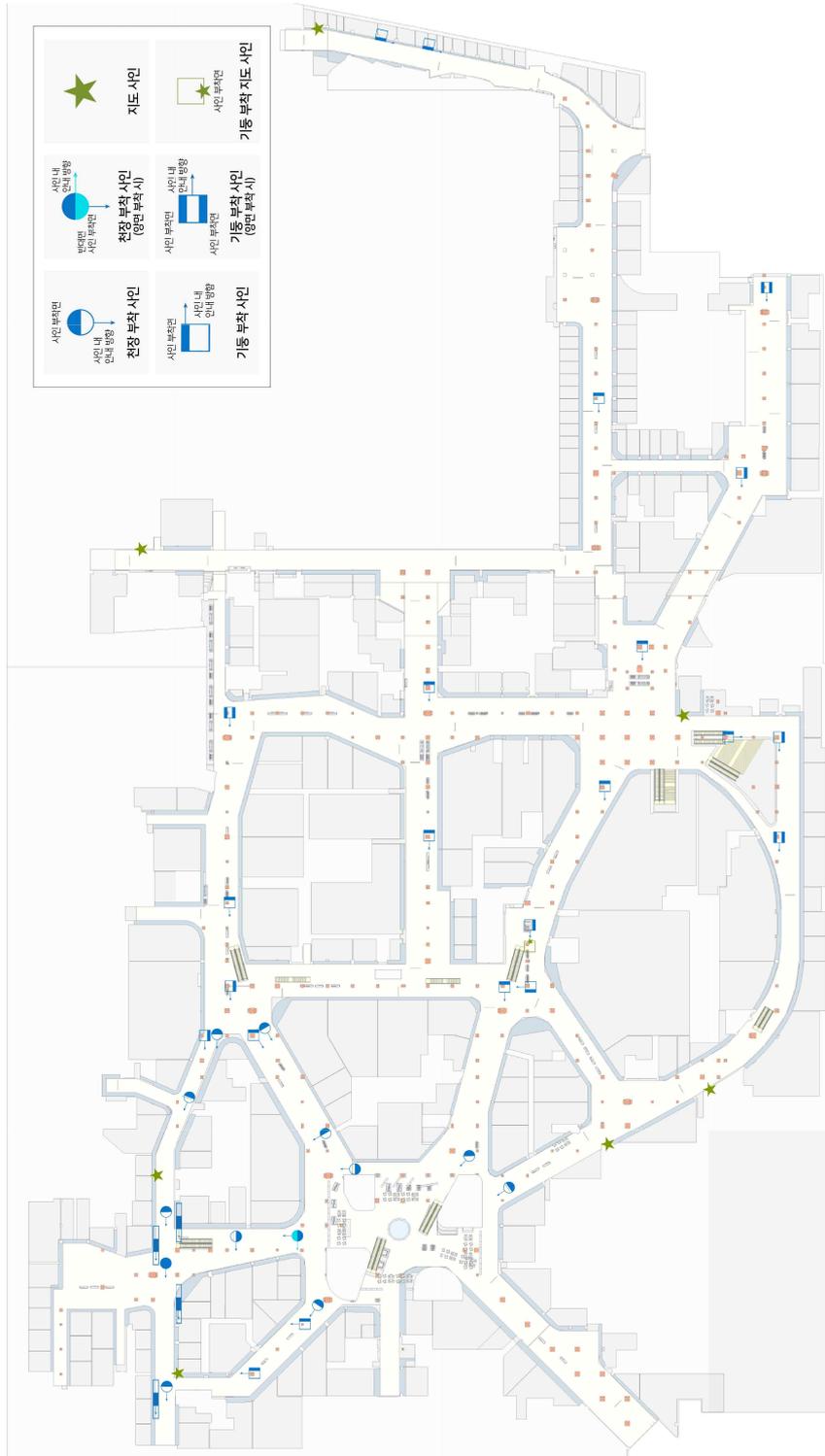
- ① 매우 그렇다 ② 그렇다 ③ 보통이다 ④ 그렇지 않다 ⑤ 매우 그렇지 않다

4. (주관식) 그 외에 VR 시뮬레이션 중 어렵거나 불편한 점이 있으셨습니까?

스타필드 코엑스몰 내 아셈타워 안내 사인 현황



스타필드 코엑스몰 내 현대백화점 안내 사인 현황



Abstract

A Study on the Application of VR Technology in Environment-Behavior Research

Ji-hyeon Park

Department of Architecture

The Graduate School

Seoul National University

In the past, it was difficult to carry out field experiments in Wayfinding research due to difficulties in controlling various variables and implementing an appropriate environment. Recently, VR technology, which is rapidly developing, is easy to design space freely and control various variables. This provides a new foothold for wayfinding research by enabling various experiments at low cost and in a small amount of time. However, the situation in which technologies that implement VR environments are not systematically classified and mixed hinders an accurate understanding of VR environment.

This study classified VR implementation technologies in detail, analyzed the usability of each technology. Therefore, VR implementation technology was largely divided into video output device, space construction technology, and behavior support technology. In addition, the utilization of each technology was evaluated and analyzed through five evaluation criteria established based on previous studies: visual similarity, behavioral similarity, environmental adjustability, quantitative data collection possibility, and

economic feasibility. Through this, clear criteria for understanding VR were prepared, and a VR environment suitable for Wayfinding research was presented.

In addition, research on wayfinding using VR was collected and analyzed to identify research trends and the utilization trend of VR implementation technologies. As a result, it was emphasized that the Eye-Tracking technology and Behavioral Similarity should be fully considered in future studies.

Finally, a wayfinding experiment using VR was designed and conducted to explore ways to use VR technology from an empirical point of view. As a result, it was confirmed that VR is an excellent research method that can replace experiments, a research methodology that has many difficulties in environmental-behavior research. On the other hand, some parts of VR technology, such as visual similarity and behavioral similarity, were identified, but based on the trends of VR technology that is currently rapidly developing, it is predicted that the same experimental results as reality can be derived soon.

keywords : Wayfinding, Virtual Reality, VR,

Environmental Psychology, Coex, Eye Tracking

Student Number : 2020-25106

감사의 글

가장 먼저, 바쁜 일정과 정년 퇴임에도 불구하고 성심성의껏 논문을 지도해주신 최재필 교수님께 감사드립니다. 논문 진행에 어려움이 있을 때마다 교수님의 격려와 지도가 큰 힘이 되었습니다. 교수님을 만나뵈 때마다 연구 방향성을 명확하게 정리하고, 조금하던 마음을 가라앉히고 연구를 진행할 수 있었습니다. 무엇보다 교수님이 계셔서 제가 하고 싶은 방향의 연구를 시도해보고, 결과를 낼 수 있었습니다.

제 논문을 심사해주신 최춘웅 교수님과 조항만 교수님께 감사드립니다. 바쁘신 일정 중에도 많이 도와주시고, 관심 있게 연구를 지켜봐주셔서 감사합니다. 교수님들께서 해주신 조언 덕분에 연구를 더욱 발전시키고 끝맺음 할 수 있었습니다.

연구 진행 과정에서 여러 가지로 도움을 주신 LAUS 선배님들께도 감사드립니다. 막히는 부분이 있을 때, 물어보고 답을 줄 사람들이 곁에 있다는 사실에 정말 안도하고 감사했습니다. 덕분에 한 고비 한 고비 넘겨 끝까지 쓸 수 있었습니다. 다들 각자의 연구를 하고 있지만, 혼자가 아니라는 사실에 더욱 열심히 할 수 있었고, 즐거운 시간을 보냈습니다.

옆에서 물심양면 많이 도와준 남편과 부모님, 시부모님께도 감사의 말씀을 드립니다. 덕분에 다른 걱정 없이 편안하게 대학원 생활을 마칠 수 있었습니다.

실험에 참여해준 피험자분들께도 감사드립니다. 적극적으로 참여해주신 덕분에 실험을 원활하게 진행할 수 있었고, 좋은 시간으로 남았습니다.

모두들 진심으로 감사드립니다.

2023. 02. 05

박지현 올림