

02_Experience

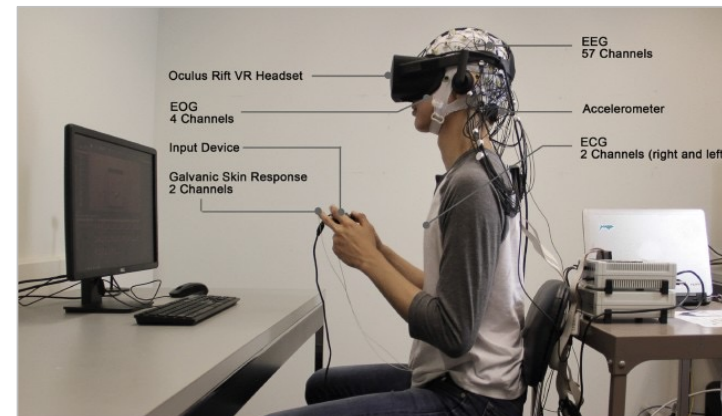
Immersion: 몰입

- VR 환경이 기술적인 면에서 얼마나 실제 환경처럼 느껴지는지를 나타내는 지표
 - 예) 고개를 오른쪽으로 돌리면 오른쪽의 배경이 보인다.
 - 예) 왼쪽에서 나는 소리는 왼쪽 귀에 더 크게 들린다.
 - 예) 물건을 손으로 잡으면 잡는 느낌이 든다.
- VR을 다른 종류의 HCI와 구별하는 주요 지표
- Slater and Wilbur (1997, [1]): immersion을 **technical** 측면에서 정의
 - 디스플레이의 해상도, 시야각(Field of View, FoV), 추적 시스템의 정확성, 업데이트 빈도 등 시스템의 성능에 의해 결정
- Immersion에 대한 다른 관점
 - VR 경험자의 **mental** quality (정신적 품질) 를 나타내는 용어로 사용 (Witmer and Singer 1998 [2])
 - 사용자가 경험하는 immersion의 깊이, VE에 대한 주의 집중, 환경에 대한 감정적 반응 등
- 일반적으로 immersion은 기술적 측면에서의 용어로 해석하는 편이 더 많음 (presence와 구분되는 것)

Immersion: How to measure

- 자가 보고 설문조사 (Self-report questionnaires)
 - 사용자가 경험 후 설문조사를 통해 자신이 느낀 몰입의 정도를 보고
 - IEQ, GEQ, FSS, ...
- 생리학적 반응 (Physiological responses)
 - 심박수, 피부 전도도, 뇌파, 눈움직임, 호흡 등을 측정하여 사용자의 몰입 상태를 간접적으로 평가

Item	Score (1–10) (s.d.)
1. "I enjoyed being in this virtual environment"	6.80 (2.68)
2. "I got tense in the virtual environment"	3.40 (2.66)
3. "It was so exciting that I could stay in the virtual environment for hours"	4.16 (2.70)
4. "I enjoyed the experience so much that I feel energized"	4.68 (2.41)
5. "I felt nervous in the virtual environment"	3.08 (2.31)
6. "I got scared that I might do something wrong"	3.36 (2.75)
7. "I worried whether I was able to cope with all the instructions that was given to me"	3.80 (2.78)
8. "I felt like distracting myself in order to reduce my anxiety"	5.08 (3.43)
9. "I found my mind wandering while I was in the virtual environment"	5.48 (2.50)
10. "The interaction devices (Oculus headset, gamepad, and/or keyboard) bored me to death"	3.52 (2.82)
11. "When my actions were going well, it gave me a rush"	4.68 (2.12)
12. "While using the interaction devices (Oculus headset, gamepad, and/or keyboard), I felt like time was dragging"	5.04 (2.87)
13. "I enjoyed the challenge of learning the virtual reality interaction devices (Oculus headset, gamepad, and/or keyboard)"	6.16 (2.06)
14. "The virtual environment scared me since I do not fully understand it"	2.80 (1.98)
15. "I enjoyed dealing with the interaction devices (Oculus headset, gamepad, and/or keyboard)"	6.16 (1.75)



Kalantari, S., Rounds, J.D., Kan, J. *et al.* Comparing physiological responses during cognitive tests in virtual environments vs. in identical real-world environments. *Sci Rep* **11**, 10227 (2021).

Immersion: Questionnaires

- Immersive Experience Questionnaire (IEQ) [1]
 - 가상 환경에서의 몰입 경험을 평가하기 위해 개발된 설문지입니다.
 - 몰입의 깊이, 감정적 반응, 그리고 몰입을 방해하는 요소들에 대한 질문을 포함
- Game Engagement Questionnaire (GEQ) [2]
 - 비록 게임에 초점을 맞추었지만, GEQ는 사용자가 게임이나 다른 가상 환경에 얼마나 몰입하는지를 평가하는 데 사용됨
 - 몰입, 몰입의 지속성, 흐름 상태(flow state), 사회적 상호작용의 측면을 포함
- Flow State Scale (FSS) [3]
 - 사용자가 활동 중에 경험하는 '흐름 상태' 측정
 - 사용자가 자신의 활동에 완전히 몰입하여 시간의 흐름을 잊는 경험
- 그 외에 각 연구자들만의 서로 다른 custom questionnaires

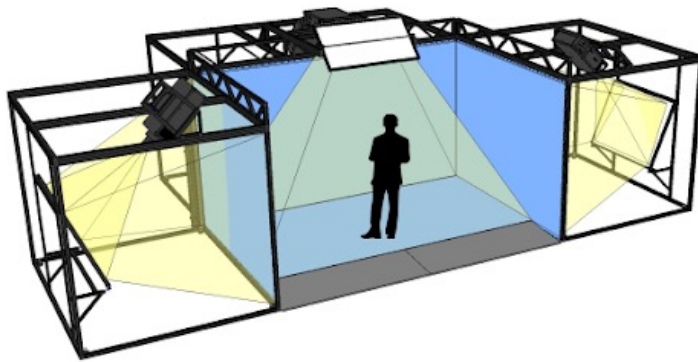
Immersion: Physiological responses

- Physiological responses (생리학적 반응)
- 사용자의 신체적 반응을 통해 가상 환경에 대한 그들의 몰입 정도를 간접적으로 추론
- 의식적인 통제를 벗어난 자동적인 신체 반응 - 사용자의 실제 몰입 상태를 객관적으로 반영
- 주요 생리학적 반응 지표
 - 심박수 (Heart Rate): 몰입이 깊어질수록 심박수가 증가. 활동의 강도나 감정적 반응과 관련
 - 피부 전도도 (Skin Conductance): 높은 몰입도에서 증가, 감정적 흥분이나 스트레스 반응과 관련
 - 뇌파 (Electroencephalography, EEG): 뇌파 패턴은 사용자의 주의 집중도와 인지적 몰입을 반영, 특정 뇌파 (예: 감마파)의 활성화는 높은 몰입 상태와 관련
 - 눈의 움직임 (Eye Tracking): 눈동자의 움직임과 고정 시간은 사용자의 시각적 관심과 몰입을 나타냄
 - 호흡 (Respiration Rate): 감정적이고 몰입적인 경험은 호흡 패턴에 변화를 일으킬 수 있음
- 참고문헌
 - Mandryk and Atkins (2007) [1]: 상호작용 동안의 감정 모델링을 위한 퍼지 생리학적 접근
 - Ravaja (2004) [2]: 게임 등 상호작용적 미디어 경험에 대한 생리학적 기여
 - Nacke (2008) [3]: FPS 게임에서 플레이어 경험 측정 위한 흐름과 몰입 측정

Immersion: Device에 따른 정도

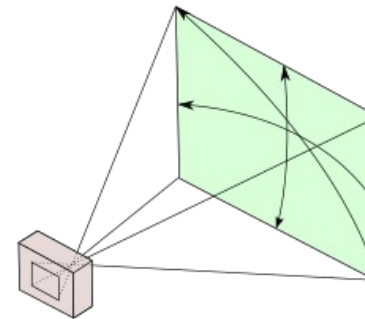
- Single-display Projection
- CAVE (Cave Automatic Virtual Environment: multi-screen projection)
- HMD (small FOV)
- HMD (wider FOV)

immersion 증가



CAVE

<https://medium.com/xrpractices/hmd-vs-cave-in-the-world-of-vr-a0c9cbfb435a>

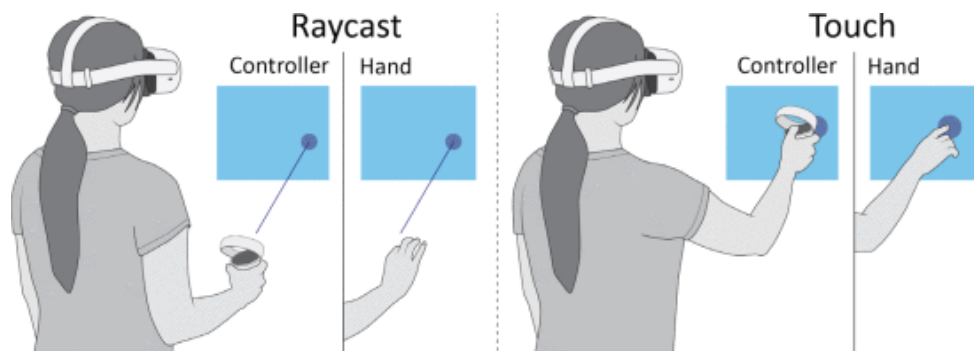


Field of View (FOV)

https://en.wikipedia.org/wiki/Angle_of_view

Interactivity: 상호작용성

- 작업 성공률(Task Completion Rates)
 - 주어진 작업이나 목표를 얼마나 잘 완수하는지를 측정
 - ex) 특정 물체를 찾아내거나 조작하는 작업이 주어졌을 때, 성공적으로 작업을 완료한 비율을 측정
- 응답 시간(Response Times)
 - 특정 상호작용을 시작하고 완료하기까지 걸리는 시간 측정
 - ex) 가상 환경에서 명령을 내리고 그 결과가 나타나기 까지 시간 측정



Controllers or Bare Hands? A Controlled Evaluation of Input Techniques on Interaction Performance and Exertion in Virtual Reality, ISMAR 2023

Presence: 현존감

- Presence
 - Witmer (1998) [1]
 - 사용자가 가상 환경을 마치 실제 환경처럼 인식하게 되는 심리적 상태
 - 가상 환경에서의 경험이 사용자에게 실제로 존재하는 것처럼 느껴질 때 발생
 - 사용자가 느끼는 실재감 (realism)
 - Sense of **being there**
 - 가상 환경에 대한 관심도와 집중도에 의해 영향을 받음



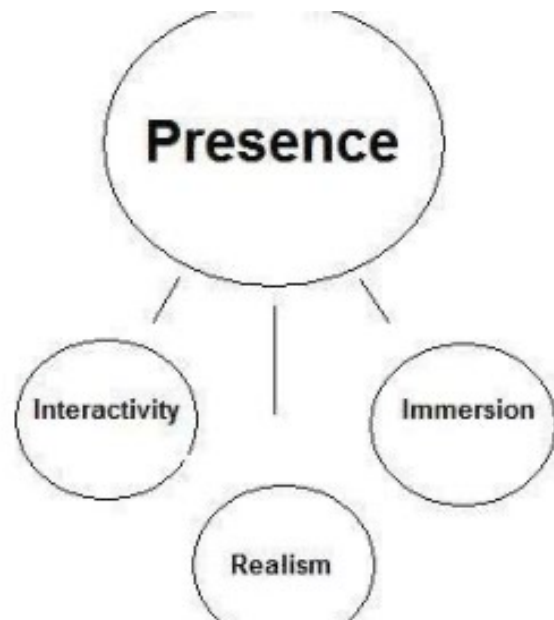
<https://onebonsai.com/blog/how-vr-achieves-presence/>

Presence의 세가지 구성 요소

- 장소 환상 (Place Illusion)
 - User가 VR system이 제공하는 장소에 실제로 와 있는 듯한 느낌
- 개연성 환상 (Plausibility Illusion)
 - Simulation 된 환경의 event (자신이 시작하지 않은) 가 실제로 일어나는 듯한 느낌
 - ex) User를 향해 갑작스레 날아오는 물체: 물리 법칙에 맞아야
 - ex) User에게 소리치는 virtual character: visual뿐 아니라 말도 진짜 사람처럼 해야
- 참여도 환상 (Involvement Illusion)
 - Simulation된 세계에 대한 사용자의 관심 또는 관심 수준의 정도
 - Virtual environment의 내용과 관련
 - ex) Real한 배경 (장소 환상 정도 높음) 이라도 지루할 수 있음 (낮은 참여도 환상)

Presence: Questionnaires

- Witmer, B. G., & Singer, M. J. (1998) [1]
 - Presence Questionnaire(PQ)
- Schubert, T., Friedmann, F., & Regenbrecht, H. (2001) [2]
 - Igroup Presence Questionnaire(IPQ)



Presence: 생리학 지표(Physiological measures)

- Meehan, M., Razzaque, S., Whitton, M. C., & Brooks, F. P. Jr. (2003). Effect of Latency on Presence in Stressful Virtual Environments. Proceedings of IEEE Virtual Reality 2003, 141-148.
 - 가상 환경에서의 스트레스 반응과 현존감 사이의 관계를 탐구
 - 생리학적 지표(심박수, 피부 전도도 등)를 사용하여 현존감을 측정

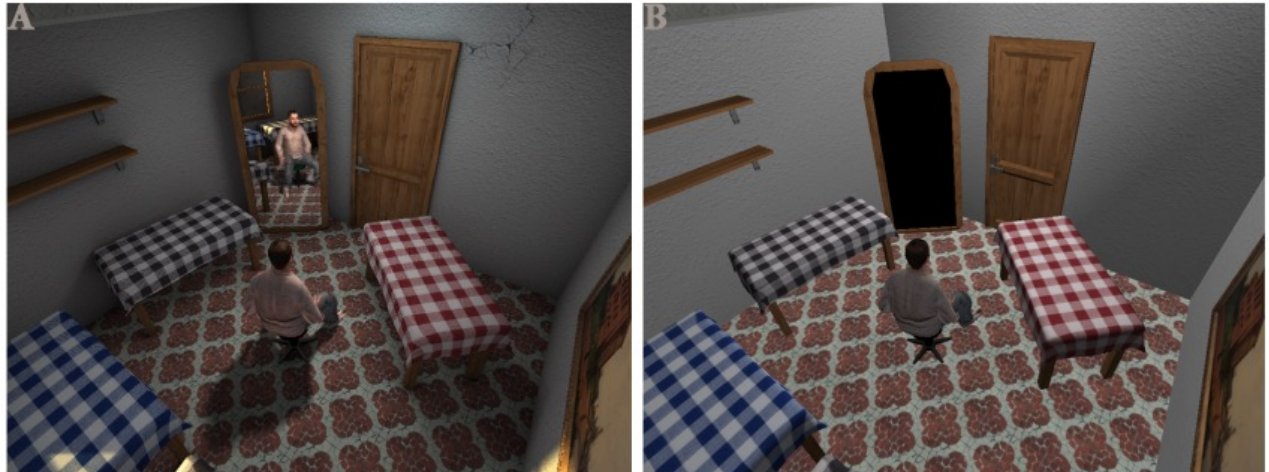


<https://imotions.com/case-study/studying-presence-and-immersive-storytelling-in-vr-with-imotions/>

Presence: "VR in VR"

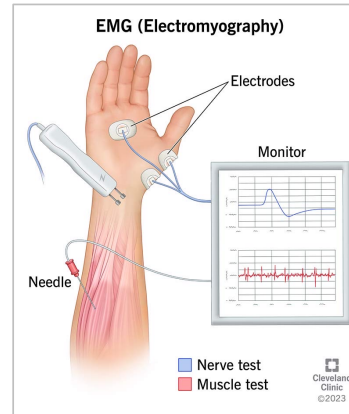
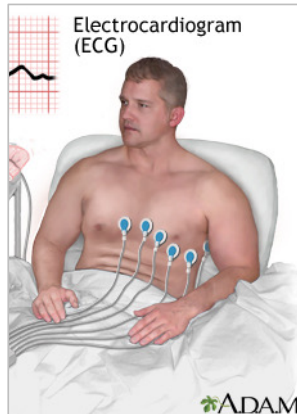
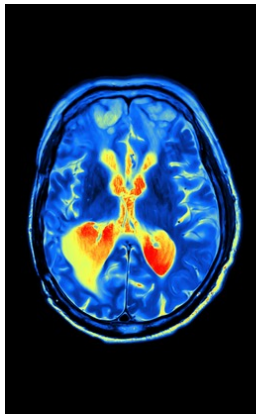
- Slater (2010) "VR in VR"
 - 가장 presence가 높은 VR 환경을 먼저 경험하게 한 후, 새로운 환경을 경험할 때 이전의 최고의 환경과 같은 느낌을 느끼면 버튼을 누르는 형태로 새 환경의 presence를 측정

Slater M. etc, "Simulating virtual environments within virtual environments as the basis for a psychophysics of presence", ACM TOG 92, pp.1-9, 2010.



User Responses – Emotional Responses

- 사용자의 감정 상태를 평가, 주로 생체신호 기반
- EEG (뇌파), fMRI (자기공명영상), ECG (심전도), EMG (근전도), GSR (피부전도도), 눈동자 추적



- Ravaja, N. (2004). Contributions of Psychophysiology to Media Research: Review and Recommendations. Media Psychology, 6(2), 193-235.

Usability (사용성)

- Virtual Reality-Induced Symptoms and Effects (VRISE)
 - 가상현실로 인한 증상 및 효과
- Questionnaires
 - System Usability Scale (SUS)
 - Bangor, Aaron, Philip T. Kortum, and James T. Miller. "An empirical evaluation of the system usability scale." Intl. Journal of Human-Computer Interaction 24.6 (2008): 574-594.
 - Usability assessment에 가장 널리 쓰임
 - 10 items, 5 Likert scale

Participant ID: _____ Site: _____ Date: ____/____/____

System Usability Scale

Instructions: For each of the following statements, mark one box that best describes your reactions to the website *today*.

	Strongly Disagree				Strongly Agree
1. I think that I would like to use this website frequently.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. I found this website unnecessarily complex.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. I thought this website was easy to use.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. I think that I would need assistance to be able to use this website.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. I found the various functions in this website were well integrated.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. I thought there was too much inconsistency in this website.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. I would imagine that most people would learn to use this website very quickly.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. I found this website very cumbersome/awkward to use.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. I felt very confident using this website.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. I needed to learn a lot of things before I could get going with this website.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Please provide any comments about this website:

Embodiment (1/2)

- Embodiment (구체화)
 - The experience of a user feeling their **virtual body (avatar)** in a VE as if it were their real body
 - Important concept in social VR
 - Helping users to immerse themselves more deeply in VE and enhance social interactions
- Metrics for the Embodiment experience
 - Agency (주관성): 사용자가 가상 몸을 자신의 의지로 제어할 수 있다고 느끼는 정도
 - Ownership (소유감): 사용자가 가상 몸을 자신의 실제 몸처럼 느끼는 정도
 - Self-Location (자기 위치 인식): 사용자가 자신의 위치를 가상 몸과 동일시하는 정도
 - Body Coherence (몸의 일관성): 가상 몸이 자연스럽게 현실적으로 느껴지는 정도
 - Autonomy (자율성): 가상 몸이 사용자의 의도에 따라 독립적으로 움직일 수 있다고 느끼는 정도
 - Awareness (자기 인식): Avatar가 하고 있는 행동이 실제 자신이 하고 있는 것이라 느끼는 정도

Embodiment (2/2)

- SoE (Sense of Embodiment)
 - K. Kilteni, R. Groten, and M. Slater. The sense of embodiment in virtual reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 21(4):373–387, 2012.
 - Questionnaire for Agency, Ownership, Self-Location
- Avatar Embodiment Questionnaire
 - M. Gonzalez-Franco and T. C. Peck. Avatar embodiment. towards a standardized questionnaire. *Frontiers in Robotics and AI*, 5:74, 2018.
 - Questionnaire for Body ownership, Agency and motor control, Tactile sensation, Location of the body, External appearance, Response to external stimuli
- Psychometric (싸이코메트릭: 심리측정학) approach
 - Longo, Matthew R., et al. "What is embodiment? A psychometric approach." *Cognition* 107.3 (2008): 978-998.

Social VR Experiences (1/2)

- Metrics
 - Social Interaction
 - 사용자가 다른 이용자와 효과적으로 상호작용하는 정도
 - Social Presence
 - 사용자가 다른 사람들 과의 상호작용을 통해 실제로 함께 있는 것처럼 느끼는 정도
 - Sense of Community
 - 사용자가 소셜 VR 환경 내에서 소속감과 공동체 의식을 느끼는 정도
 - User Engagement
 - 사용자가 social VR 활동에 적극적으로 참여하는 정도

Social VR Experiences (2/2)

- References

- Bailenson, J.N., Yee, N., Blascovich, J., Beall, A.C., Lundblad, N., & Jin, M. (2008). The Use of Immersive Virtual Reality in the Learning Sciences: Digital Transformations of Teachers, Students, and Social Context. *Journal of the Learning Sciences*, 17(1), 102-141.
 - Social VR이 학습 환경에서 social interaction과 engagement에 미치는 영향
- Oh, C.S., Bailenson, J., & Welch, G. (2018). A Systematic Review of Social Presence: Definition, Antecedents, and Implications. *Frontiers in Robotics and AI*, 5, 114.
 - Social presence의 정의, 선행 연구, 영향에 대한 체계적 검토
- Zhao, S. (2003). Toward a Taxonomy of Copresence. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 12(5), 445-455.
 - 다양한 형태의 협존감(co-presence)과 social presence를 구분하고 정의
 - Co-presence (existence)
 - 사용자가 다른 참가자들과 같은 가상 공간을 공유하고 있는 느낌의 정도
 - 단순히 다른 사람이 같은 가상 공간에 존재한다는 인지에 초점
 - Social presence (emotional connection)
 - 가상 환경에서 다른 사람의 존재가 '실제같이' 느껴지는 정도
 - 상호작용이 실제 대인 관계에 가까운 정도

Cognitive Load

- 인지 부하
 - 사용자가 특정 작업을 수행하면서 경험하는 정신적 노력의 양
 - 사용자의 학습 효율성, 작업 수행 능력, 전반적인 VR 경험의 질에 영향
 - 너무 높으면 사용자가 정보를 효과적으로 처리하거나 학습하는 데 어려움
 - 너무 낮으면 사용자가 지루해 하거나 관심을 잃을 수 있습니다.
- 측정방법
 - Self-report: 인지부하의 정도를 사용자가 직접 report (ex, NASA-TLX (Task Load Index))
 - Physiological: 심박수 (심박수 변동이 가장 높은 관련), 피부전도도, 뇌파, Eye-tracking
 - Performance-based Measures
 - 완료시간, 맞힌 점수 등을 측정

Spatial Knowledge (1/2)

- 사용자가 가상 또는 증강된 환경 내에서 객체와 환경의 위치, 크기, 관계 등 공간적 속성을 인식하고 이해하는 능력을 의미
- Types of Spatial Knowledge
 - 구체적 지식(Declarative Knowledge)
 - 특정 위치, 랜드마크, 객체의 특성과 같은 명시적인 공간 정보에 대한 지식
 - 사용자가 환경 내에서 방향을 찾거나 특정 장소나 객체를 식별하는 데 도움
 - 절차적 지식(Procedural Knowledge)
 - 환경을 효율적으로 탐색 (navigate) 하는 방법에 관한 지식
 - 경로 찾기, 장애물 회피 등의 기술을 포함
 - 구성적 지식(Configural Knowledge)
 - 환경의 전체적인 구조와 공간적 관계에 대한 이해
 - 여러 위치와 객체들 사이의 상대적인 위치를 포함
 - 환경의 전반적인 '지도'를 마음속에 그리는 데 도움

Spatial Knowledge (2/2)

- Evaluation Methods
 - Self-report: 장소, 방향을 찾는데 얼마나 어려웠는지 사용자가 직접 보고
 - Hegarty, M., Richardson, A. E., Montello, D. R., Lovelace, K., & Subbiah, I. (2002). Development of a self-report measure of environmental spatial ability. *Intelligence*, 30(5), 425-447.
 - Performance-based measure
 - 특정 공간 탐색 작업 수행의 성능 (시간, 성공 횟수 등) 측정
 - ex) 미로 탐색 시간, 정확도, 경로 선택 등
 - Cognitive mapping
 - 사용자에게 탐색한 환경의 지도를 그리게 하고
 - 랜드마크 등을 표시
 - Physiological Measure
 - fMRI, EEG, Eye tracking, 심박수 등
 - Reference Book
 - Waller, D., & Nadel, L. (Eds.). (2013). *Handbook of Spatial Cognition*. Washington, DC: American Psychological Association.

사이버 멀미 (Cybersickness) - 부작용

- VR/AR의 부작용들
 - 두통 (headaches)
 - 식은땀 (cold sweat)
 - 창백함 (paleness)
 - 타액 분비 증가 (increased salivation)
 - 메스꺼움 (nausea)
 - 구토 (vomiting)
 - 운동 조정 장애 (ataxia)
 - 졸음 (drowsiness)
 - 현기증 (dizziness)
 - 피로 (fatigue)
 - 무기력 (apathy)
 - 방향 감각 상실 (disorientation)

사이버 멀미 - 용어

- Motion sickness (멀미)
 - 자동차, 배, 항공기 등을 타고 움직일 때 발생하는 멀미
- Simulator sickness (시뮬레이터 멀미)
 - 비행 시뮬레이션 (특히 초기 버전) 조종 시 조종사가 느끼는 멀미
- Cybersickness (사이버 멀미) = VR sickness = 3D sickness
 - VR/AR 체험 도중에 발생

사이버 멀미 – 원인 – 감각 갈등 이론

- 감각 갈등 이론 (Sensory conflict theory)
 - 여러 감각 인식들이 서로 일치하지 않을 때 문제가 발생
 - ex) 창이 없는 선실 안에 있는 사람
 - 배의 흔들림을 몸은 느낌
 - 눈에 보이는 방안은 거의 변화가 없음
 - 시각과 전정감각의 불일치
 - ex) 달리는 차 안에서 책을 보는 경우
 - 멀미를 피하기 위해서는 창을 통해 바깥 풍경을 바라보아야 함
 - VR에서의 감각 갈등
 - 신체의 움직임과 HMD를 통해 보이는 view의 움직임이 실제 세계에서의 경험과 일치하지 않을 때

사이버 멀미의 촉진 요인 – 개인적 요인

- 나이, 성별, 민족, VR 및 AR에 대한 개인의 이전 경험 등
- 사용자의 불안감
- 자세 - 사용자가 누워 있는지, 서 있는지

사이버 멀미의 촉진 요인 – 시스템 요인

- 이미지 대비 (contrast)
- 깜박임 (flickering)
- 재생 빈도 (refresh rate)
- 추적 오류 (tracking error)
- 시스템 보정 (calibration) 품질
- 스테레오 디스플레이 사용 여부
- 주변시야 (field of view) : 클수록 멀미 심함(?) 아래 Note 참조
- 지연시간 (latency time) : 40ms 이상이면 멀미 심함. 20ms 이하 필요

사이버 멀미의 촉진 요인 – 콘텐츠 요인

- 프로그램 계속 시간: 오래 VR 환경에 머물수록 심함
- 사용자가 발 앞의 영역을 직접 내려다 볼 수 있는지
- 사용자가 멀리 까지 볼 수 있는지
- 고정된 참조 프레임 (reference frame) 이 있는지
- 사용자의 움직임 빈도와 속도, 속도 변화
- 선형, 진동 움직임 물체 존재 여부
- 머리 회전 빈도, 멀티 축 기준 회전 여부, 회전 축 기울임 여부
- 벡션 (vection) 에 기반한 콘텐츠인지 여부
 - 시각환경이 움직이고 관찰자가 정지해 있을 때 관찰자가 자신이 움직이는 것처럼 느끼는 것



from MS flight simulator forum

사이버 멀미의 촉진 요인 – 제어의 정도

- 사용자가 가지는 제어의 정도
 - 이동이 이상과 일치 하는 정도 이기 때문
 - ex) 운전자나 조타수가 멀미를 덜 느낌

사이버 멀미 감소/대응 방법

- 기술적 구현
 - latency 감소
 - teleport 증가: 사용자의 움직임 줄임
 - 회전 시 인공 blur 삽입
- 경험적 구현
 - 서서히 콘텐츠의 움직임을 늘려 나감
 - 사용자 적응력을 증가
- 사용자 대응 기능
 - 긴급 종료 기능 반드시 필요
 - 껌을 씹거나 멀미약, 수분 섭취, 생강 (메스꺼움과 구토 줄임)
 - 사용자의 명시적 동의를 얻음

사이버 멀미의 측정

- Questionnaires: Kennedy 등 1993
 - SSQ (Simulator Sickness Questionnaire)
 - MSAQ (Motion Sickness Assessment Questionnaire)
- 증상감지
 - 심박수 (heart rate)
 - 피부 전도도 (skin conductivity) – 피부의 전기적 특성 변화를 지속 측정
 - 스트레스, 우울증, 거짓말 탐지기



from Almagest