

가상현실

(2024. 5. 7.)

이종원

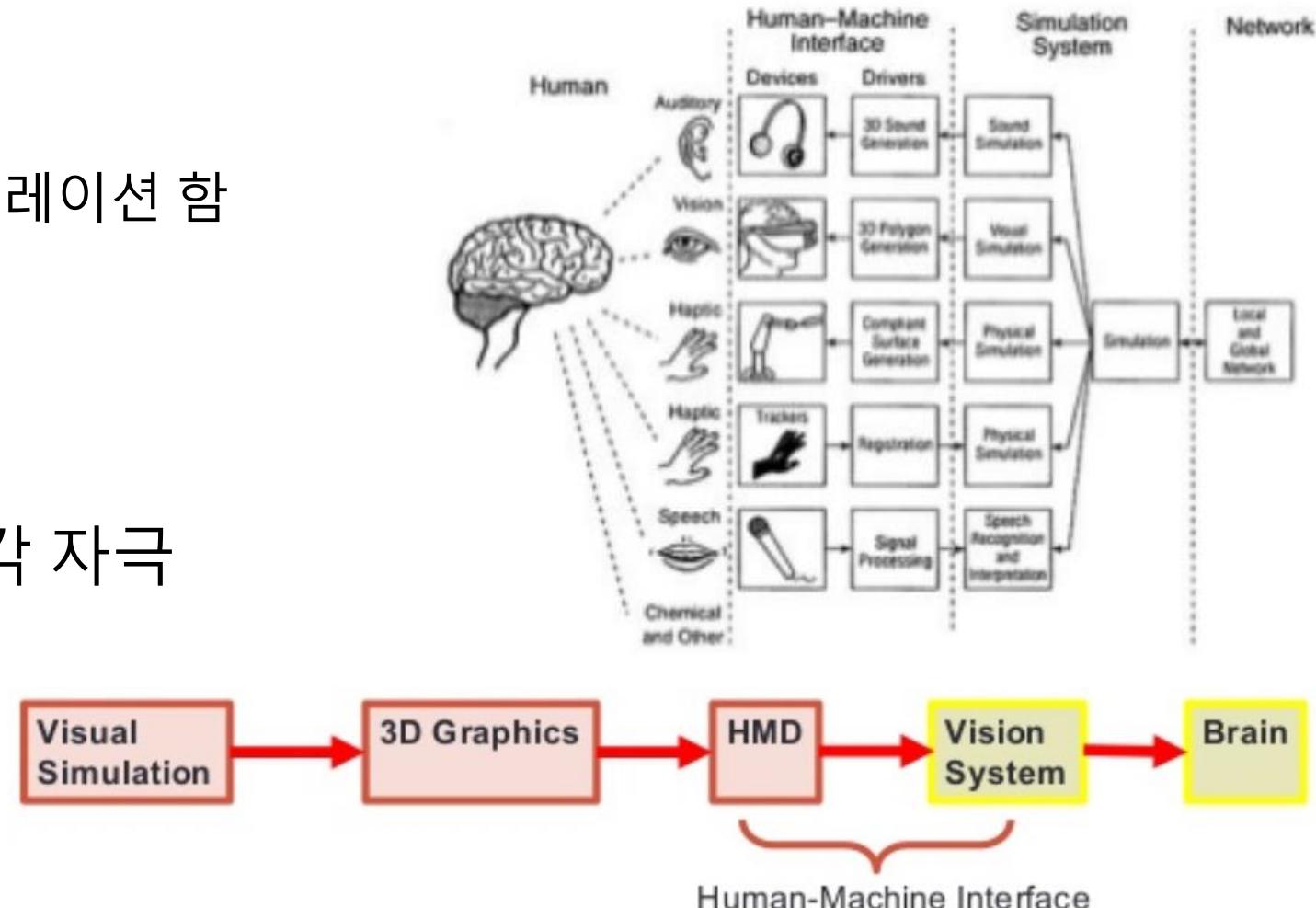
(jwlee@sejong.ac.kr)

VR Technology

* This lecture is prepared based on the lecture of Prof. Mark Billinghurst at University of South Australia

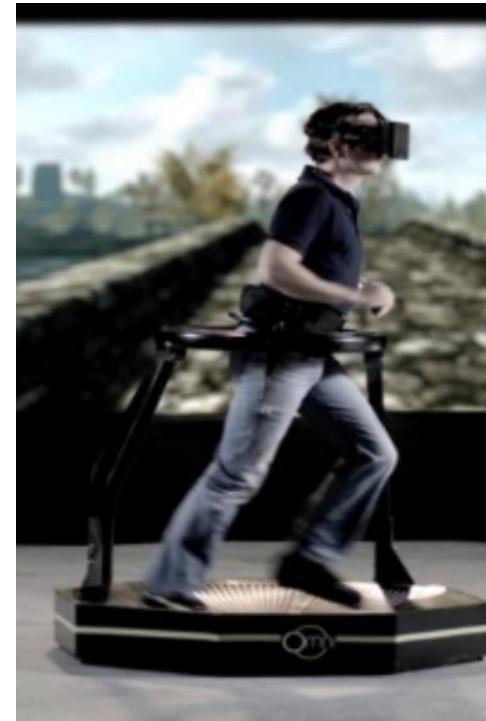
기술을 이용한 감각 시뮬레이션

- 출력 시뮬레이션
 - 예: 실제 감각을 시뮬레이션 함
- 출력을 장치에 매핑
 - HMD로 그래픽 출력
- 장치를 사용하여 감각 자극
 - HMD는 눈을 자극



가상현실 구현 주요 기술

- 디스플레이
 - 시각 디스플레이: 시각적 감각 자극
 - 오디오/촉각 디스플레이: 청각/촉각 자극
- 추적
 - 시점 변경
 - 사용자 입력
- 입력 장치
 - 사용자 상호작용 지원



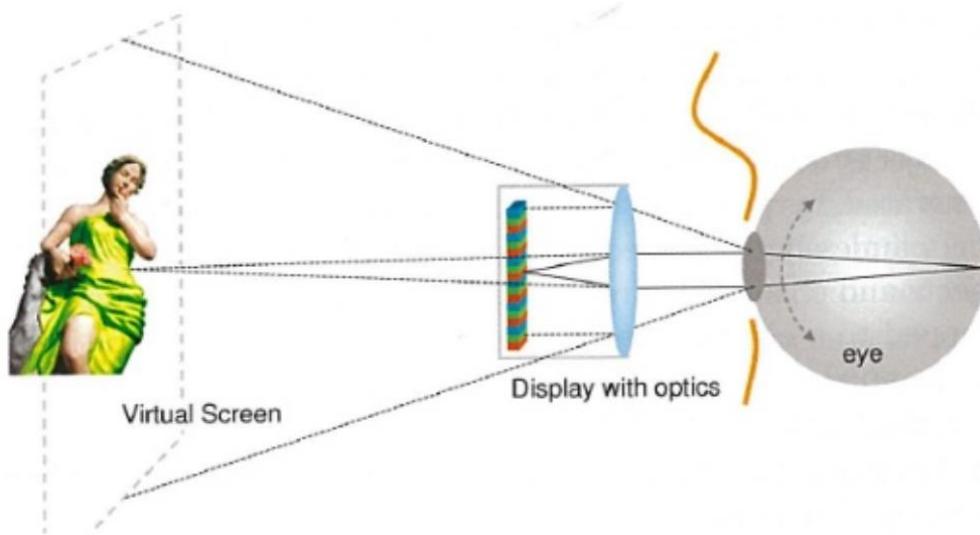
시각 디스플레이 (Visual Display)

몰입 경험 생성

- Head Mounted Display (HMD)
 - 시각 몰입
- 프로젝터/대형 스크린
 - 머리/몸 몰입
- 미래 기술 방향
 - 신경 이식
 - 콘택트 렌즈 디스플레이 등

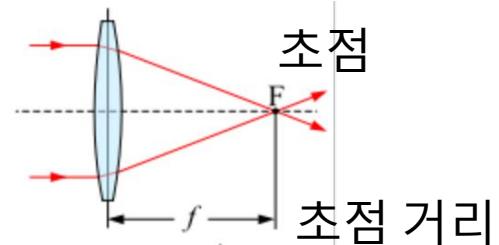
HMD 기본 원리

- 가상 환상을 생성하기 위해 광학장치가 포함된 디스플레이 사용



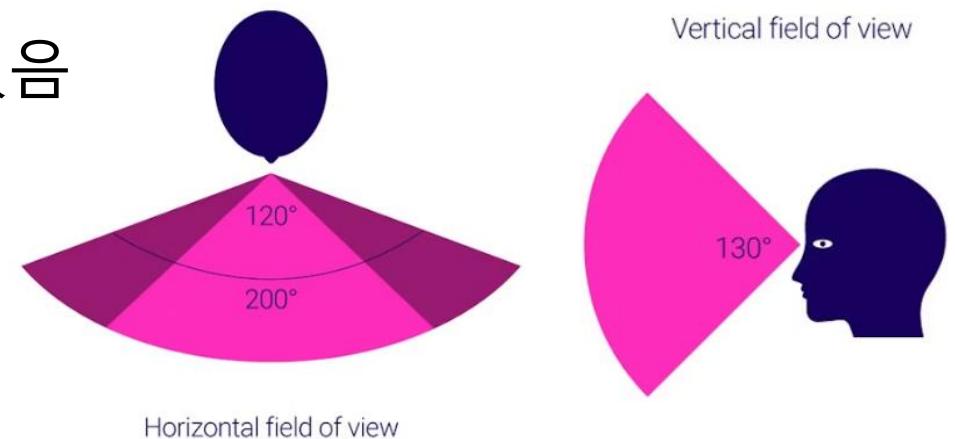
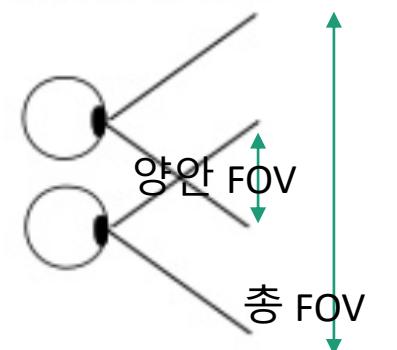
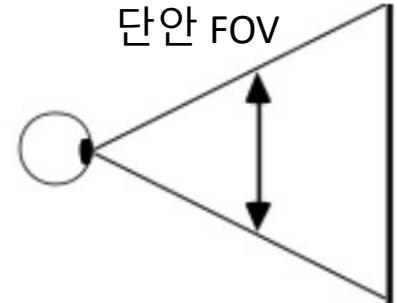
HMD 주요 속성

- 렌즈
 - 초점 거리, 시야 (FOV)
 - 동공 사이 거리
- 인간공학
 - 크기, 무게
 - 착용 성
- 디스플레이
 - 해상도, 대비
 - 파워, 밝기
 - 리프레시 비율



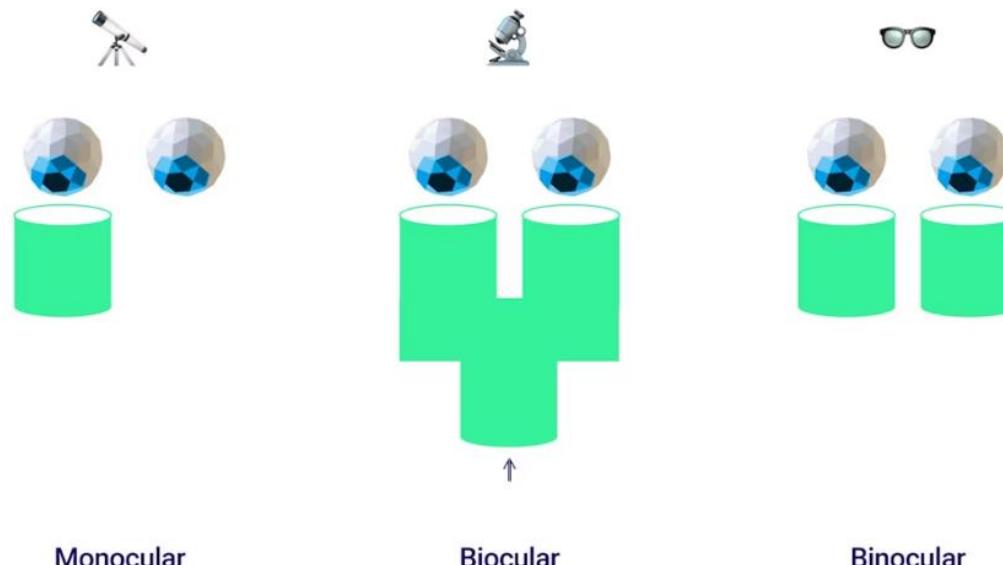
시야 (Field Of View: FOV)

- 단안 FOV: 한쪽 눈의 동공에서 측정된 보여진 이미지의 각 거리 (일반적으로 각도로 표시)
- 양안(or 입체) FOV: 두 눈에 동시에 보여지는 이미지 부분의 각 거리
- 총 FOV: 양 눈에 보여지는 이미지의 각 거리
- FOV는 수평, 수직 또는 대각으로 측정 할 수 있음



안 (Ocularity)

- 단안 (Monocular) – HMD 이미지를 한 눈에 보여줌
- Biocular – 동일한 이미지를 양 눈에 보여줌
- 양안/입체 (binocular/stereoscopic) – 각각의 눈에 적합한 다른 이미지를 보여줌



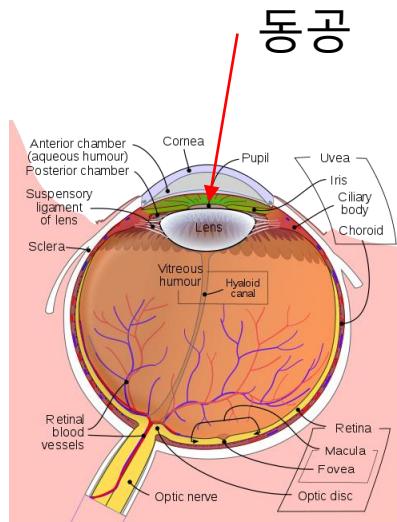
Monocular

Biocular

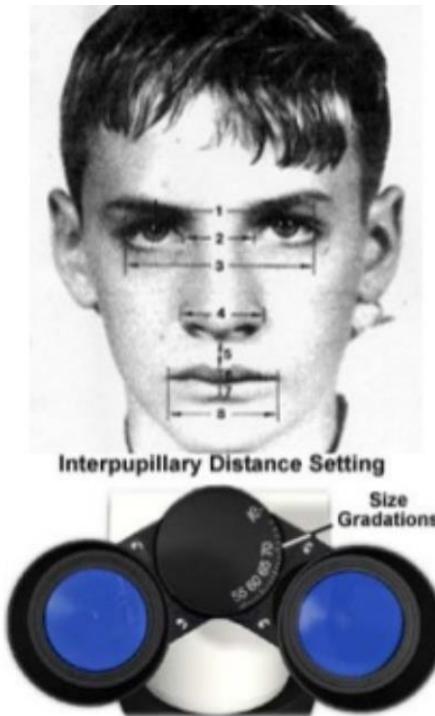
Binocular

동공 사이 거리 (Interpupillary Distance: IPD)

- IPD는 사용자의 두 눈 사이의 수평 거리
- IPD는 양안 시스템의 두 광축 사이의 거리

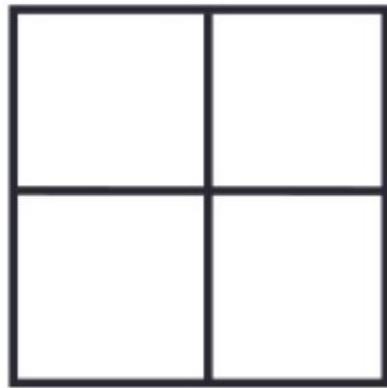


Gender	Sample size	Mean	Standard deviation	Minimum	Maximum
Female	1986	61.7	3.6	51.0	74.5
Male	4082	64.0	3.4	53.0	77.0



렌즈 광학 왜곡

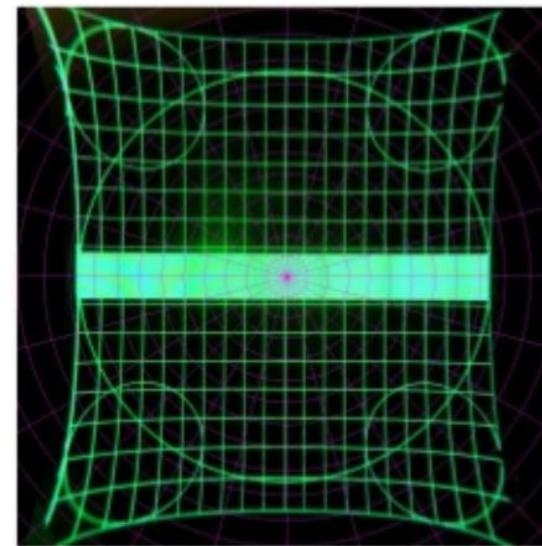
- HMD 광학 장치는 이미지를 왜곡 함



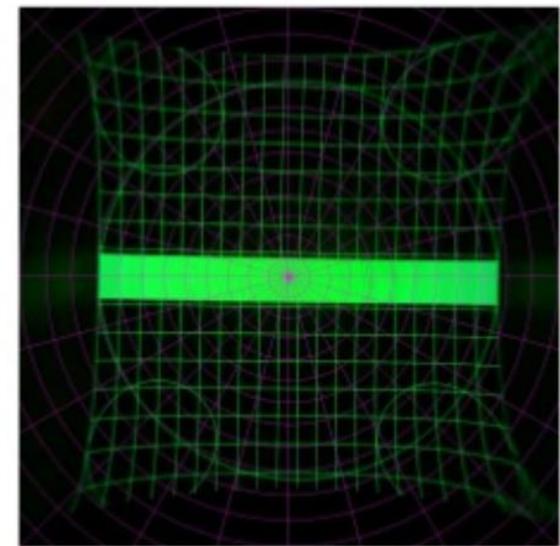
A rectangle



Maps to this



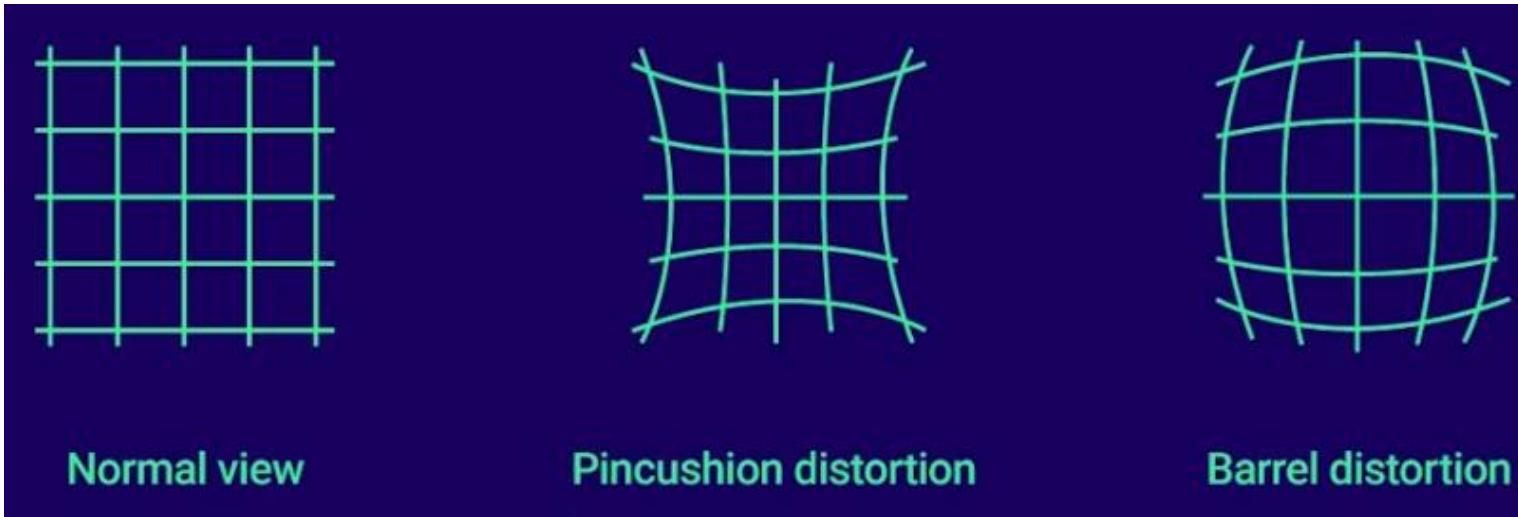
Oculus Rift DK2



HTC Vive

왜곡 예

왜곡 종류



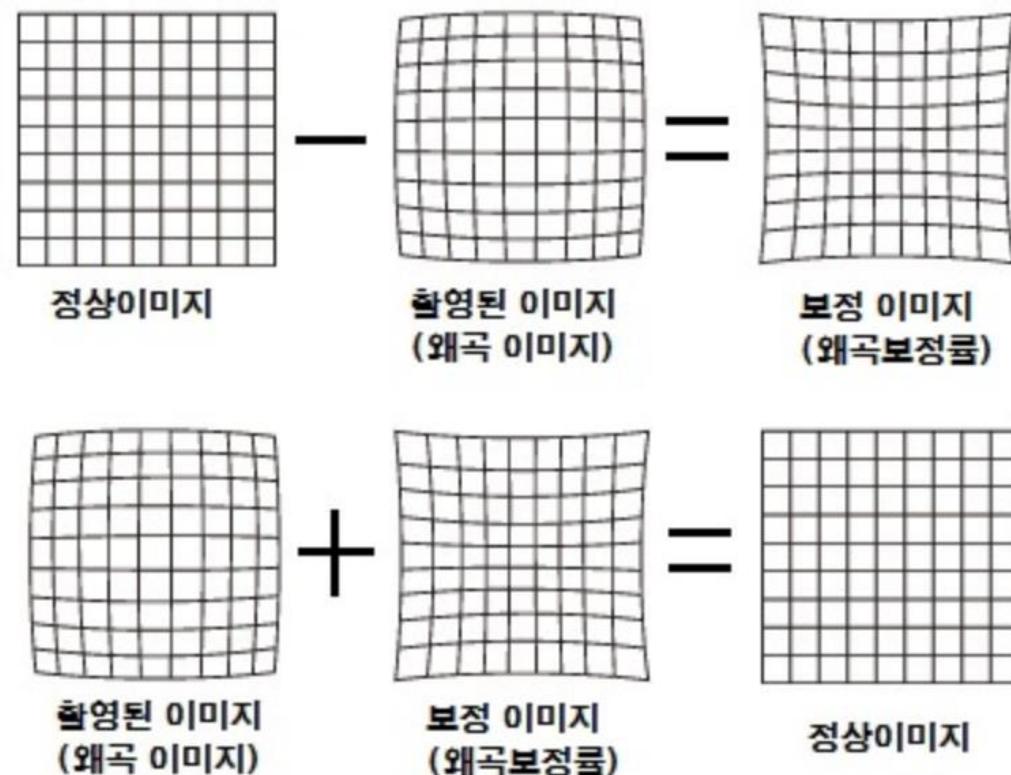
Normal view

Pincushion distortion

Barrel distortion

왜곡 보정 방법

- 이미지를 사전에 왜곡
- 픽셀 기반 왜곡
- 셰이더 프로그래밍 사용



[https://m.blog.naver.com/PostView.nhn?blogId=pamtek&logNo=220683130003&p
roxyReferer=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F](https://m.blog.naver.com/PostView.nhn?blogId=pamtek&logNo=220683130003&proxyReferer=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F)

HMD Design Tradeoff

- 해상도 vs. 시야(FOV)
 - 시야가 증가함에 따라 고정 픽셀의 해상도가 감소 함
- 크기, 무게 및 파워와 다른 모든 요소 비교

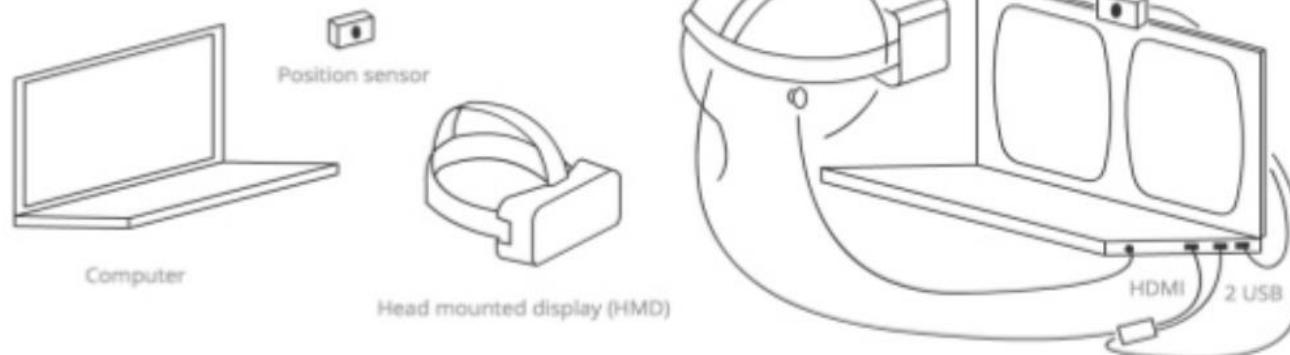


vs.

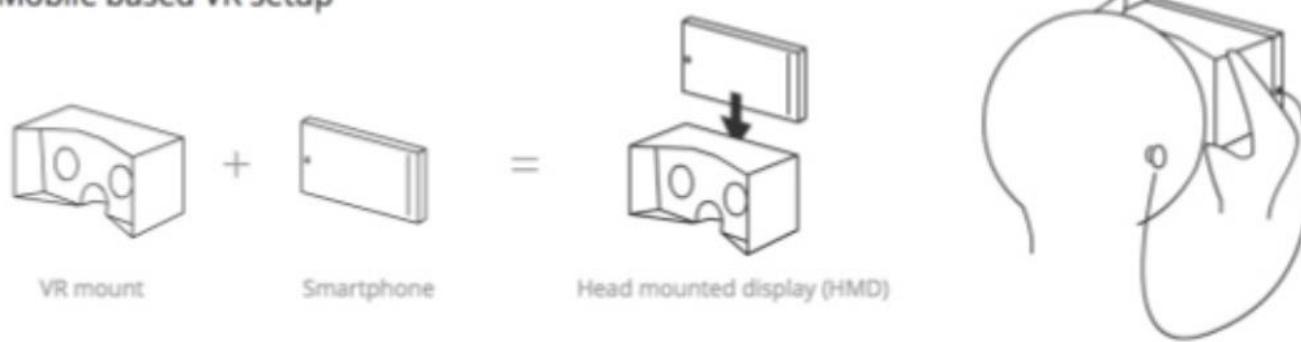


PC-Based vs. Standalone VR Displays

Computer based VR setup

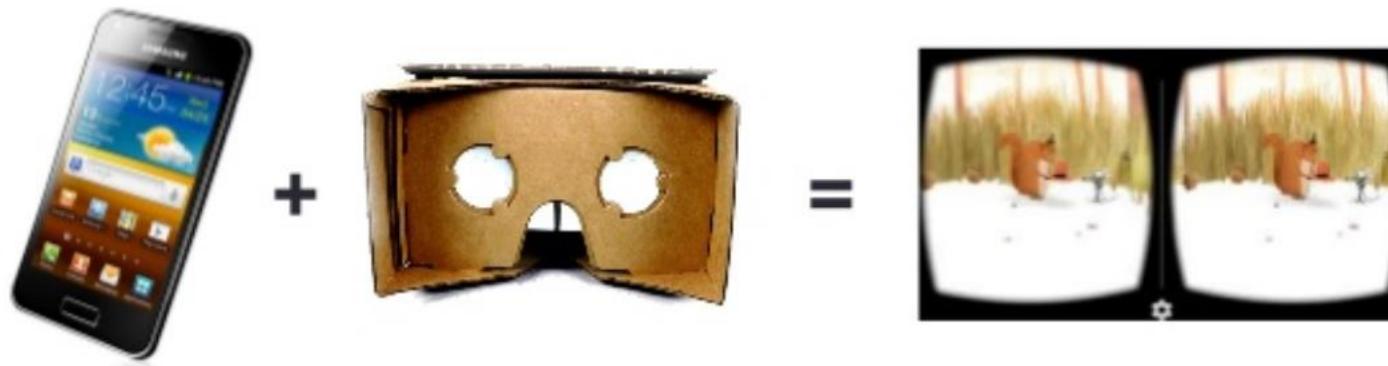


Mobile based VR setup



Google Cardboard

- 2014년 출시 (Google 20% 프로젝트)
- 5백만 개 이상 사용됨
- 사용하기 쉬운 사용자 개발 툴 제공



다양한 HMD

- The best VR Headset for 2024

- <https://www.cnet.com/tech/gaming/best-vr-headsets/>



Oculus Quest2



Valve Index

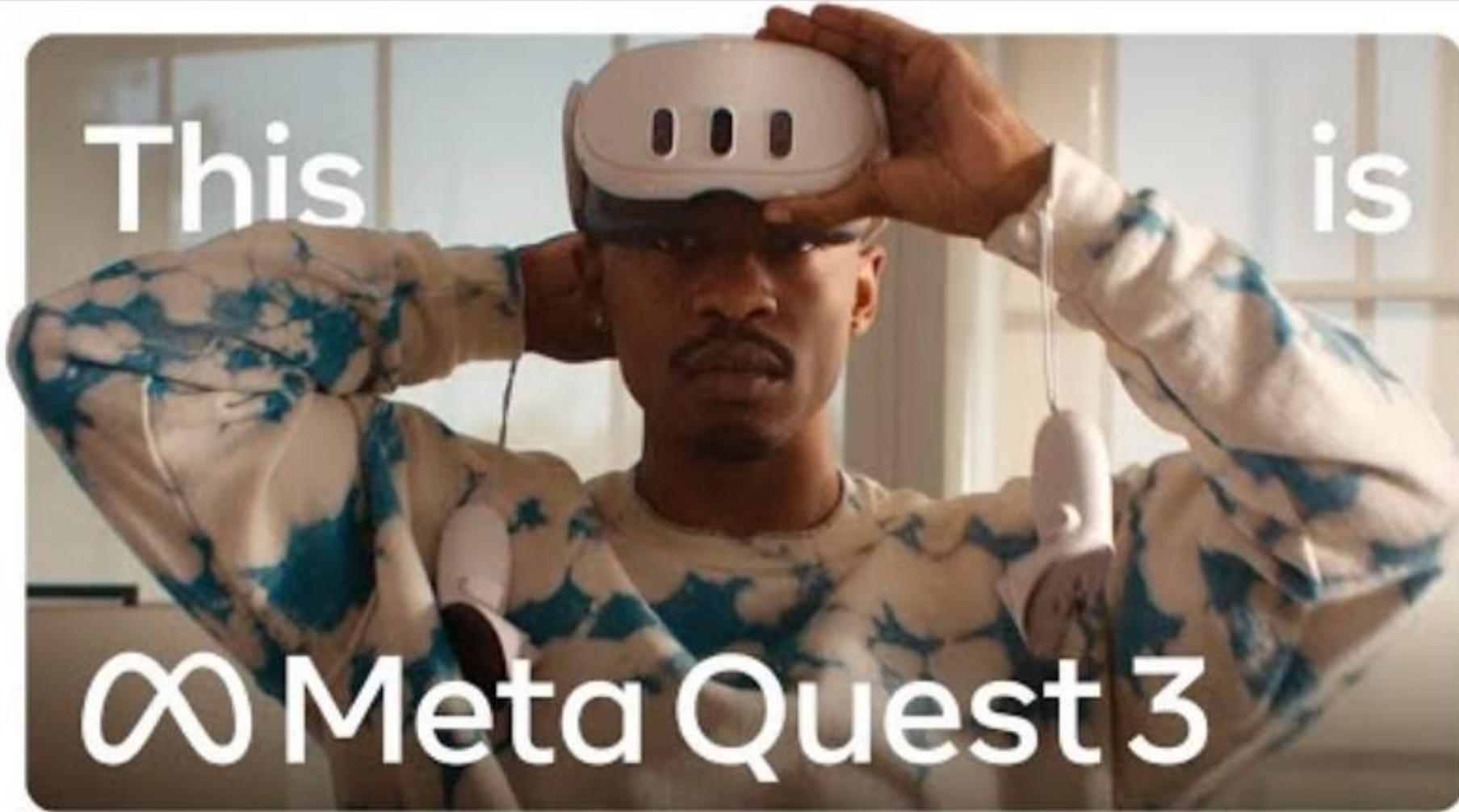


HP Reverb G2

- VR Headset Comparison Table 2023

- <https://www.threesixtycameras.com/vr-headset-comparison-table/>

Oculus Quest3

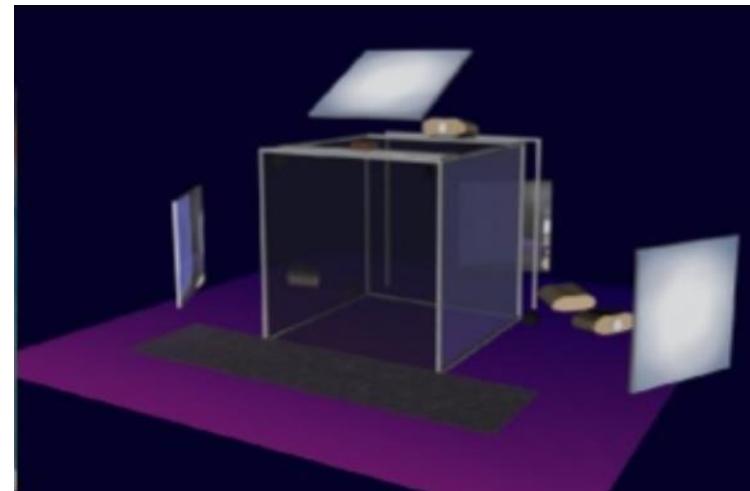
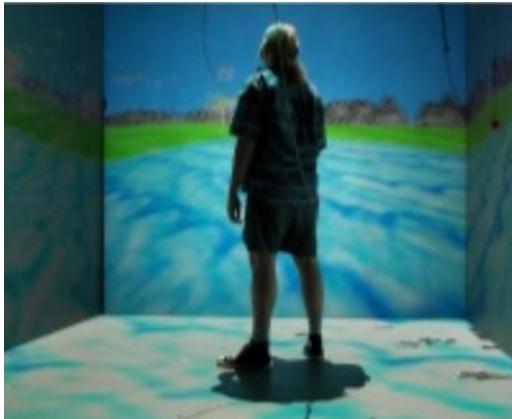


프로젝션/대형 디스플레이 기술

- 방 크기 프로젝션
 - CAVE, 다중 벽 투영 환경
- 차량 시뮬레이터
 - 창에 시뮬레이션 된 이미지 표시
- 돔 프로젝션
 - 반구형/구형 디스플레이
 - 머리/신체 전부

CAVE

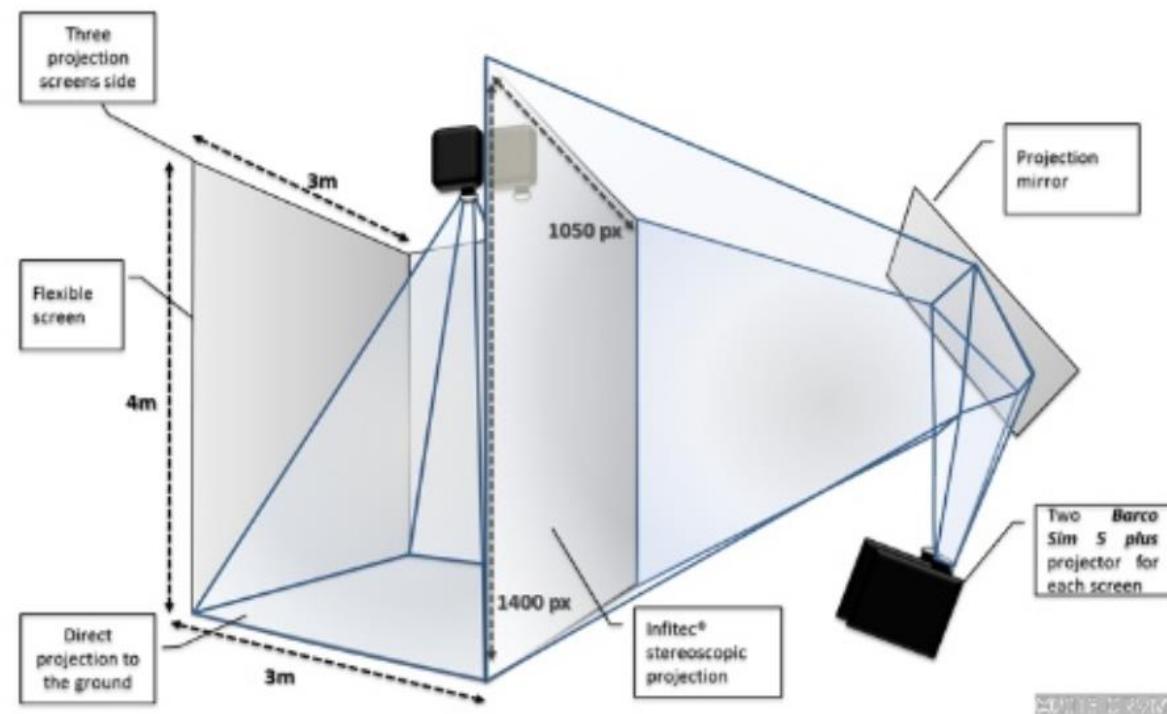
- 1992 ELV University of Illinois-Chicago에서 개발
- 다중 벽에 스테레오 프로젝션
 - 머리 움직임 추적



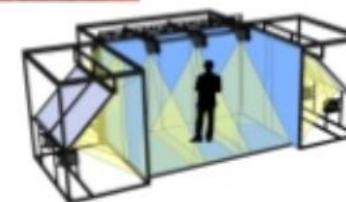
C. Cruz-Neira, D. J. Sandin, T. A. DeFanti, R. V. Kenyon and J. C. Hart. "The CAVE: Audio Visual Experience Automatic Virtual Environment", *Communications of the ACM*, vol. 35(6), 1992, pp. 64–72.

전형적인 CAVE 설정

- 4면
- 후면 투사 스테레오 이미지



다양한 CAVE



Wisconsin CAVE



<https://youtu.be/mBs-OGDoPDY>

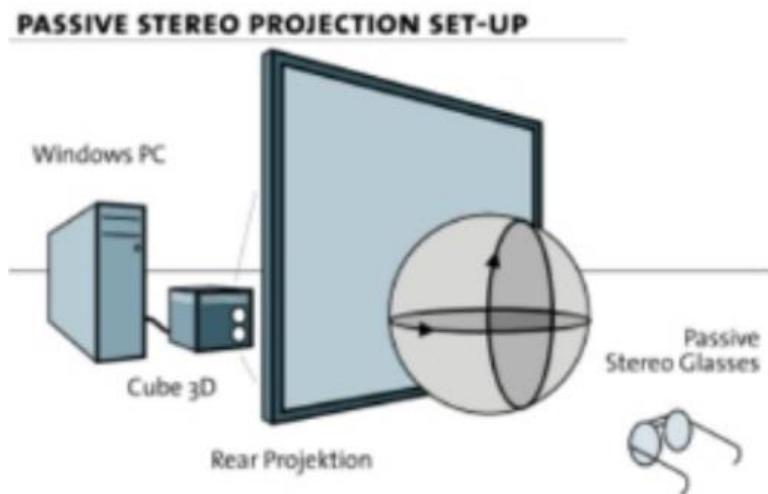
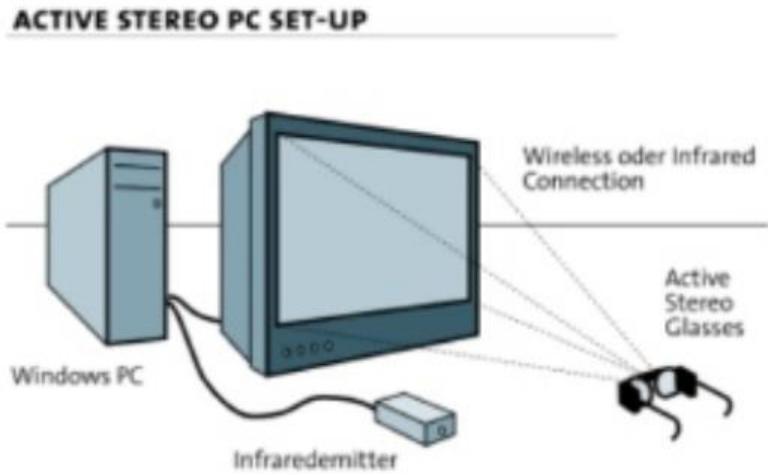
Caterpillar's CAVE VR System



<https://youtu.be/r9N1w8PmD1E>

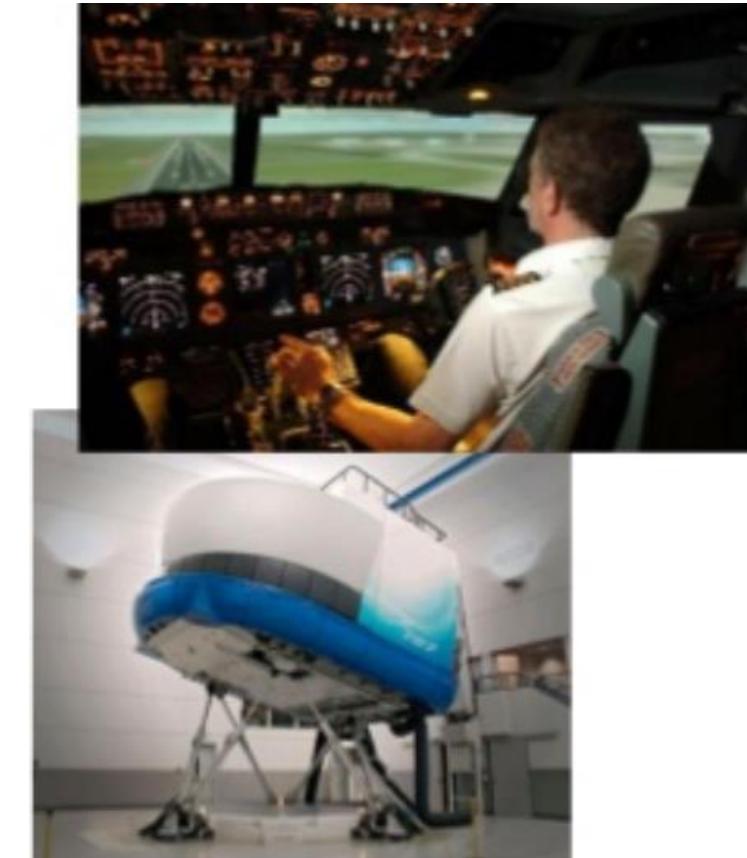
스테레오 투영

- 액티브 스테레오
 - 액티브 셔터 안경
 - 시간 동기화된 신호
 - 더 밝은 이미지
 - 고가
- 패시브 스테레오
 - 편광 이미지
 - 두 대의 프로젝터 (한 대/눈)
 - 저렴한 안경 (파워 필요 없음)
 - 저해상도/ 어둡게 보임
 - 저가



차량 시뮬레이터

- 가상현실 디스플레이와 차량 결합
 - 창에 디스플레이 함
 - 햅틱 피드백을 위한 모션베이스
 - 오디오 피드백
- 물리적 차량 제어
 - 핸들, 비행 제어 스틱 등
- 통합적인 차량 시뮬레이션
 - 비상 상황, 일반적인 조작 등
 - 무기 조작
 - 교육 시나리오



Boeing 787 Flight Simulator



https://youtu.be/3iah-blsw_U

햅틱/촉각 디스플레이 (Haptic/Tactile Displays)

햅틱 피드백

- 사실성 대폭 향상
- 손과 손목이 매우 중요함
 - 고밀도 터치 감각
- 두 종류의 피드백
 - 터치 피드백
 - 질감, 온도 등의 정보
 - 사용자 저항에 저항하지 않음
 - 힘 피드백
 - 무게, 관성 등의 정보
 - 사용자의 동작에 적극적으로 저항



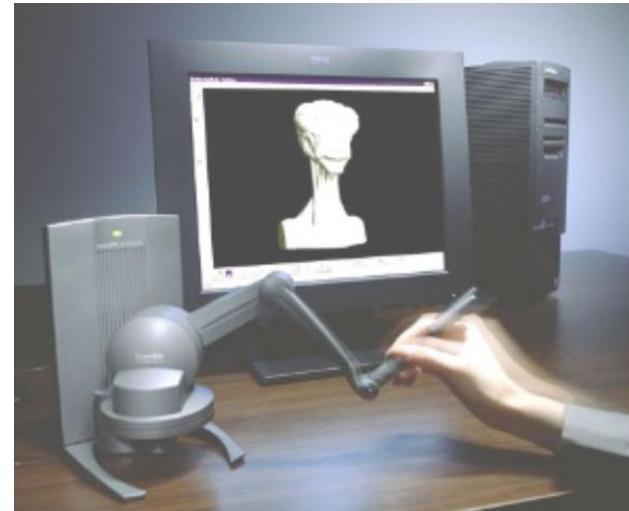
Active Haptic

- 적극적으로 움직임에 저항
- 주요 속성
 - 힘에 대한 저항력
 - 응답률
 - 자유도(DOF)
 - 자연시간



Phantom Omni

- 스타일러스 입력과 햅틱 출력 결합
- 6 DOF 햅틱 피드백



Haptic Device

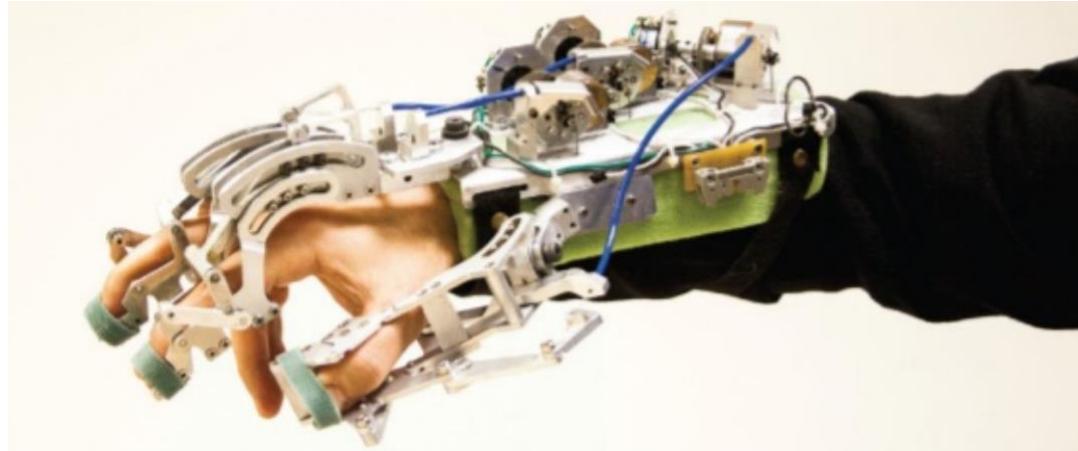


https://youtu.be/C_rHAbJJggM?si=eChvTnLbsT9H9liG

2003 - 2024 © MR&I Lab. SEJONG Univ. Seoul, Korea

Haptic Glove

- 다양한 햅틱 글로브가 존재함
- 일반적으로 햅틱 피드백을 제공하기 위해 기계 장치가 사용됨



Haptic Gloves: Fluid Reality

FLUID REALITY™

High-Resolution, Untethered Haptic Gloves
using Electroosmotic Pump Arrays

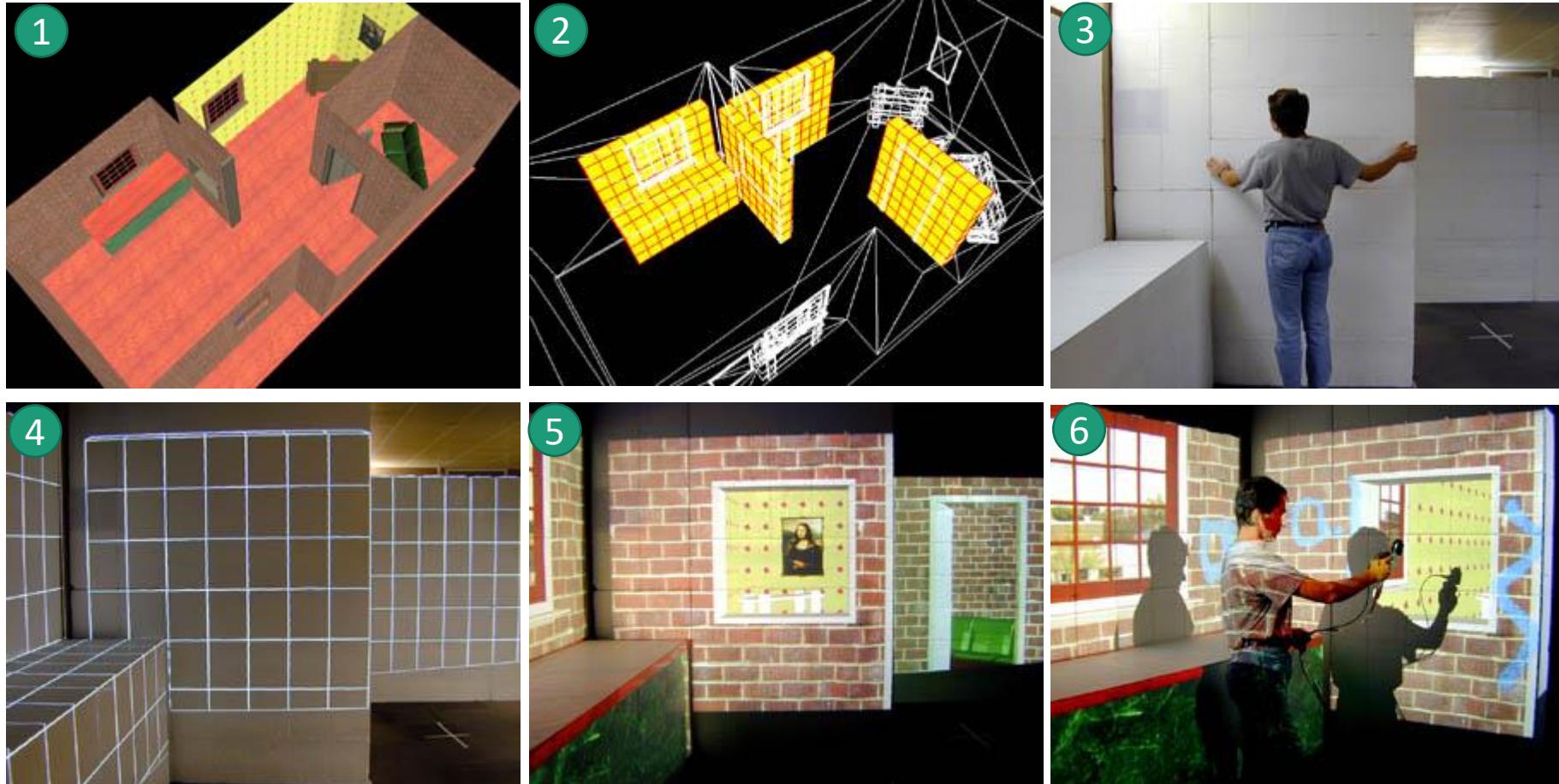


Passive Haptics

- 시스템에 의해 제어되지 않음
 - 실제 소품 사용
- 장점
 - 저렴함
 - 정확함
- 단점
 - 역동적이지 않음
 - 제한된 사용



UNC Being There Project



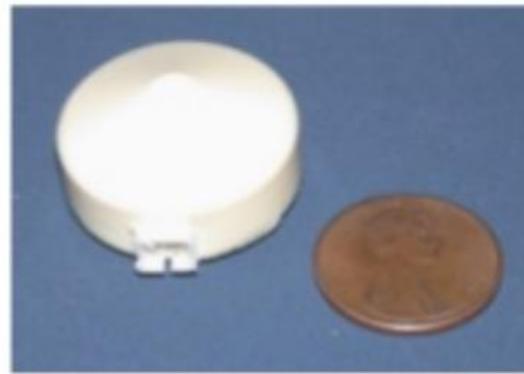
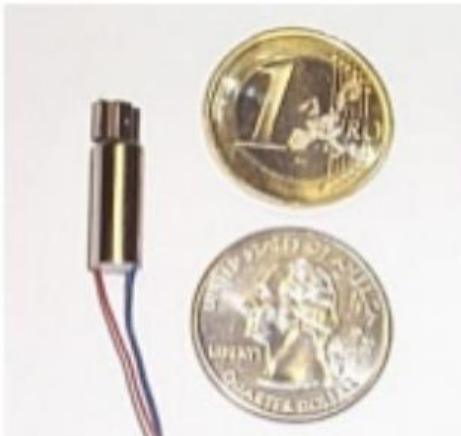
<http://www.cs.unc.edu/Research/stc/Projects/beingthere.html>

Haptic Feedback Interface

- 목표: 피부 촉각 수용체 자극
- 다양한 기술 사용
 - Air bellows
 - Jets
 - Actuators (commercial)
 - Micropin arrays
 - Electrical (research)
 - Neuromuscular stimulation (research)

진동 촉발 장치

- 진동 촉각 피드백은 많은 기기에 통합되어 있음



진동 촉각 피드백 프로젝트



Navy TSAS Project



TactaVest with Tactor Locations



VIRTE Immersive VR System

Lindeman, R. W., Page, R., Yanagida, Y., Sibert, J.L. (2004). Towards Full-body Haptic Feedback: The Design and Deployment of a Spatialized Vibrotactile Feedback System, Proc. of ACM Virtual Reality Software and Technology (VRST) 2004, pp. 146-149

HaptX Glove



https://youtu.be/4K-MLVqD1_A

촉각 사진기



<https://youtu.be/6wJ9Akddng>

오디오 디스플레이 (Audio Displays)

Audio Display

- Spatialization vs. Localization
- Spatialization: 공간의 한 지점에서 나오게 처리하는 기술
 - 기술 관점
- Localization: 사람이 사운드 소스의 위치를 식별할 수 있는 능력
 - 사람 관점
 - 사람에 따라 차이가 존재함

Audio Display 특징

표현 방식 특징

- 채널 수
- 사운드 스테이지
- 마스킹
- 증폭

논리적 특징

- 소음 공해
- 사용자 이동성
- 추적 장치와 상호작용
- 통합
- 이식성
- 처리량
- 안전
- 비용

Audio Displays: Head-worn



Ear Buds



On Ear



Open
Back



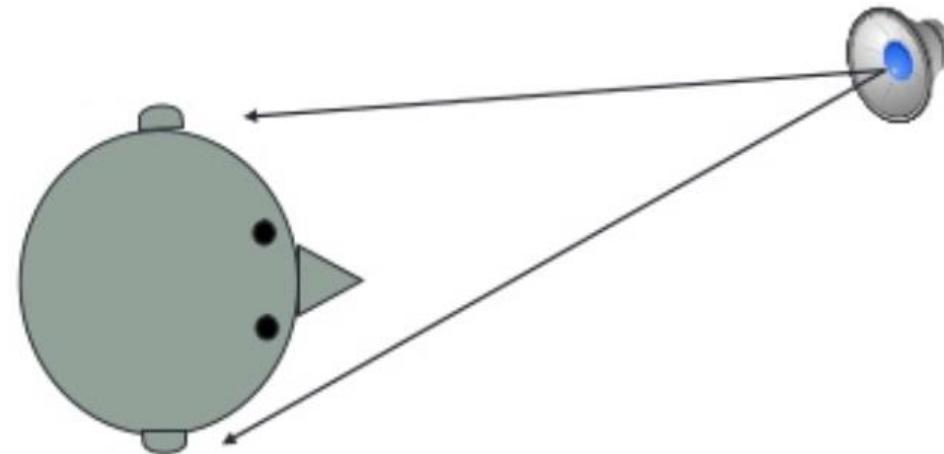
Closed



Bone
Conduction

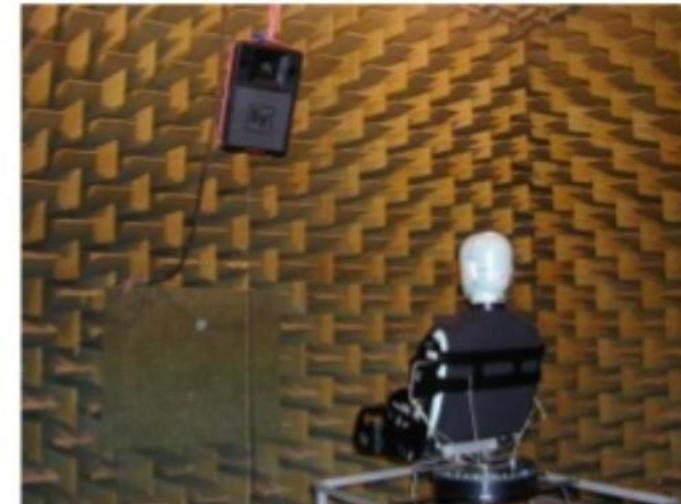
Head-Related Transfer Functions (HRTFs)

- 알려진 위치에 있는 소리가 고막에 도달하는 방식을 정리한 함수



HRTFs 측정

- 마네킹 또는 사람의 귀에 마이크 삽입
- 정해진 위치에서 사운드 재생
- 반응 기록



How 3D Audio Work?



<https://youtu.be/fpcDXdkJ7vU?si=8ibQKc09rnCswLiG> (21. 05, 05:03)

49

Q/A

가상현실

(2024. 05. 09.)

이종원

(jwlee@sejong.ac.kr)

과제 7: 프로젝트 중간보고서

- 제공되는 양식을 기반으로 작성
- 5월 28일 오후 11:59
- 발표 (10분)
 - 5월 28일 수업시간
 - 중간보고서 활용

VR Technology

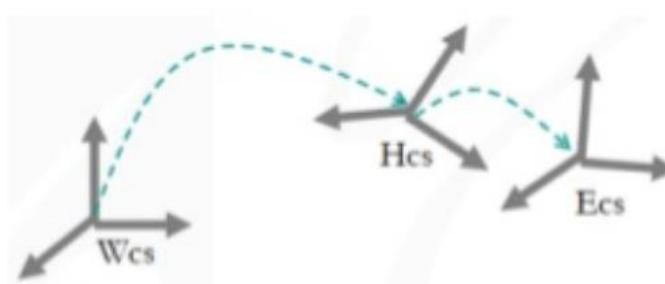
* This lecture is prepared based on the lecture of Prof. Mark Billinghurst at University of South Australia

2003 - 2024 © MR&I Lab. SEJONG Univ. Seoul, Korea

추적 (Tracking)

가상현실 환경에서 추적

- 정합 (Registration)
 - 실제/가상 객체에 대해 가상 객체 배치
- 추적
 - 사용자 시점/입력을 지속적으로 추적
 - 위치, 보는 방향



기계적인 트래커 (Mechanical Tracker)

- 아이디어: 조인트 센서를 갖고 있는 기계식 팔
- 장점: 고정밀, 햅틱 피드백
- 단점: 고가, 번거로움



Sutherland



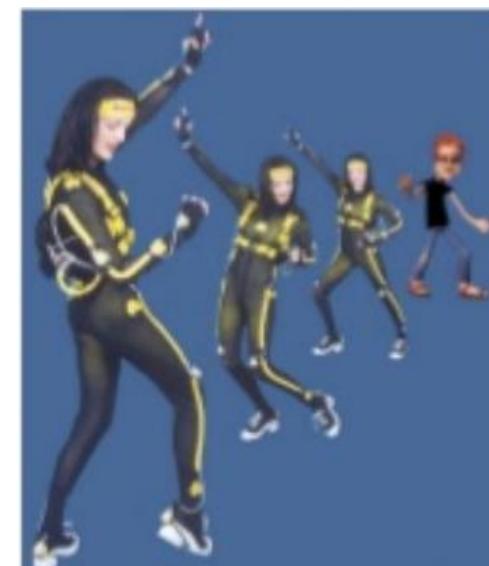
Microscribe

마그네틱 트래커 (Magnetic Tracker)

- 아이디어: 자기 송신기와 수신기 사용
- 장점: 강건함, 6DOF 추적
- 단점: 유선, 금속에 민감함, 시끄럽고 고가, 거리에 따른 오차 증가



Flock of Birds (Ascension)



Razer Hydra

- Sixense에 의해 개발됨
- 마그네틱 소스 + 2개의 유선 컨트롤러
 - 단거리 (1-2m)
 - 1mm/1° 정확도
- \$600 USD



Oculus Rift DK2 + Razer Hydra

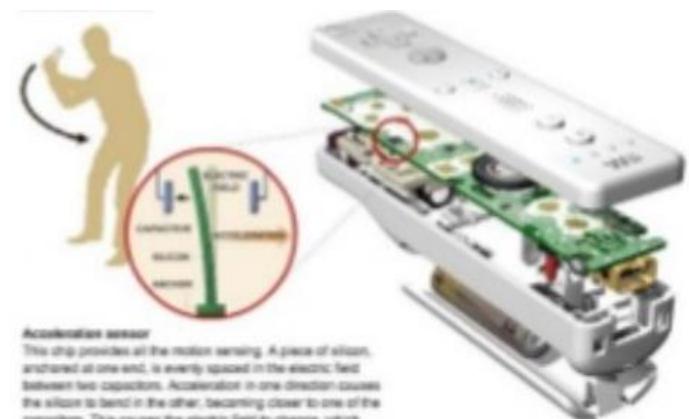


관성 트래커 (Inertial Tracker)

- 아이디어: 선형 및 각 방향 속도 변화 비율 측정
 - 가속도 센서, 자이로 스코프
- 장점: 송신기 없음, 저렴함, 소형, 빠른 측정 속도, 무선
- 단점: 오류 축적, 3DOF 측정



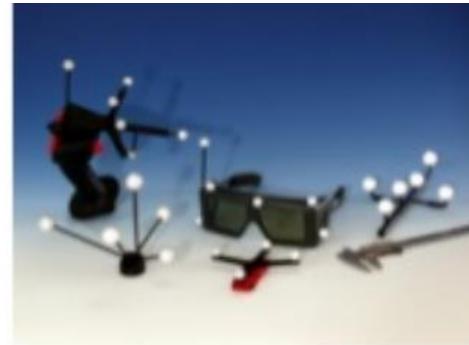
IS300 (Intersense)



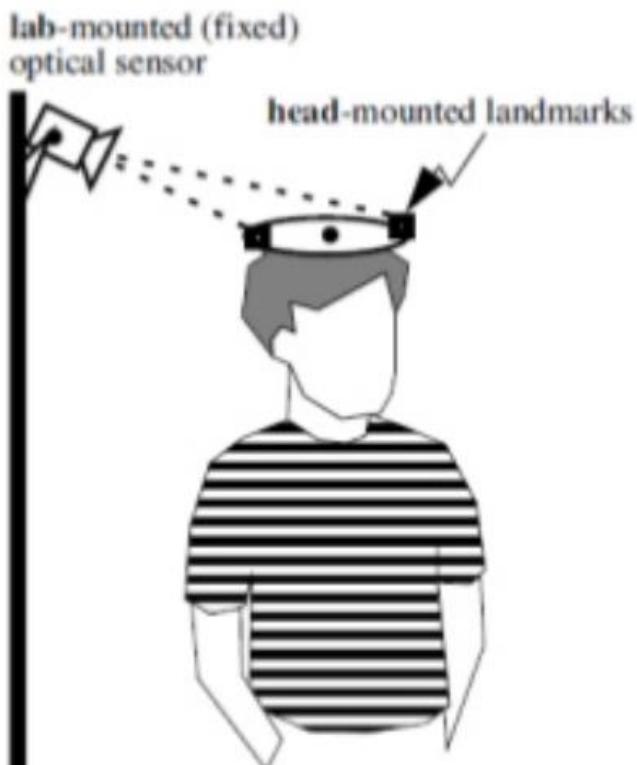
Wii Remote

광학 트래커 (Optical Tracker)

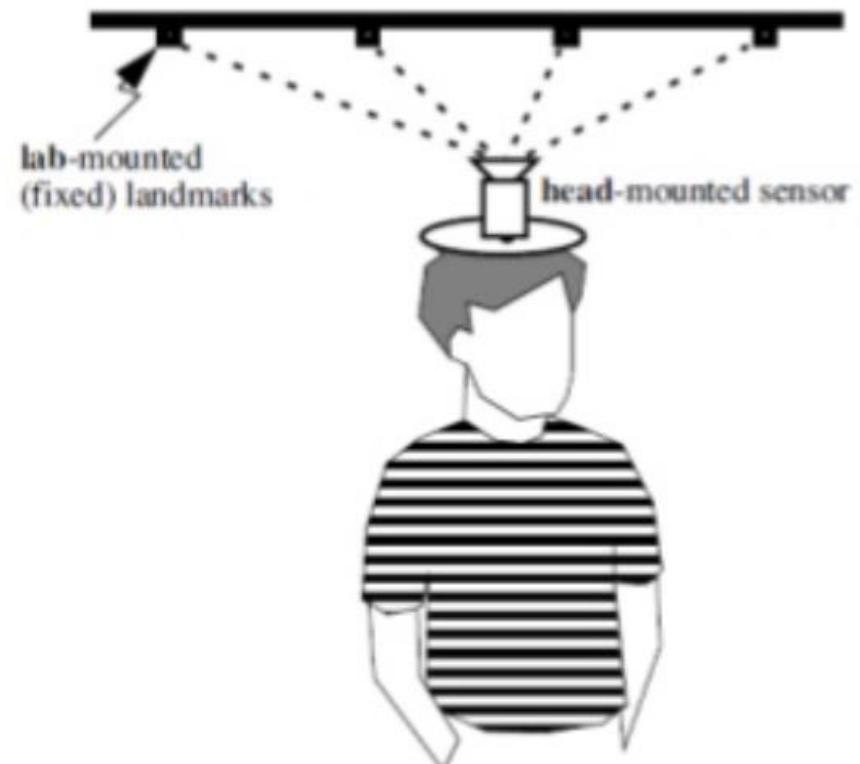
- 아이디어: 이미지 프로세싱 및 컴퓨터 비전 기술 활용
- Infrared, retro-reflective, stereoscopic



Outside-in vs. Inside-out Tracking



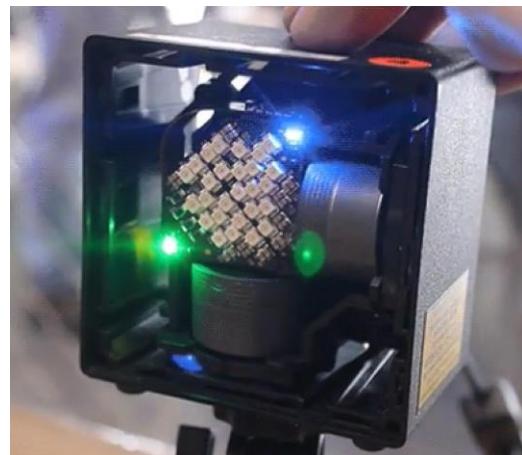
Outside-Looking-In



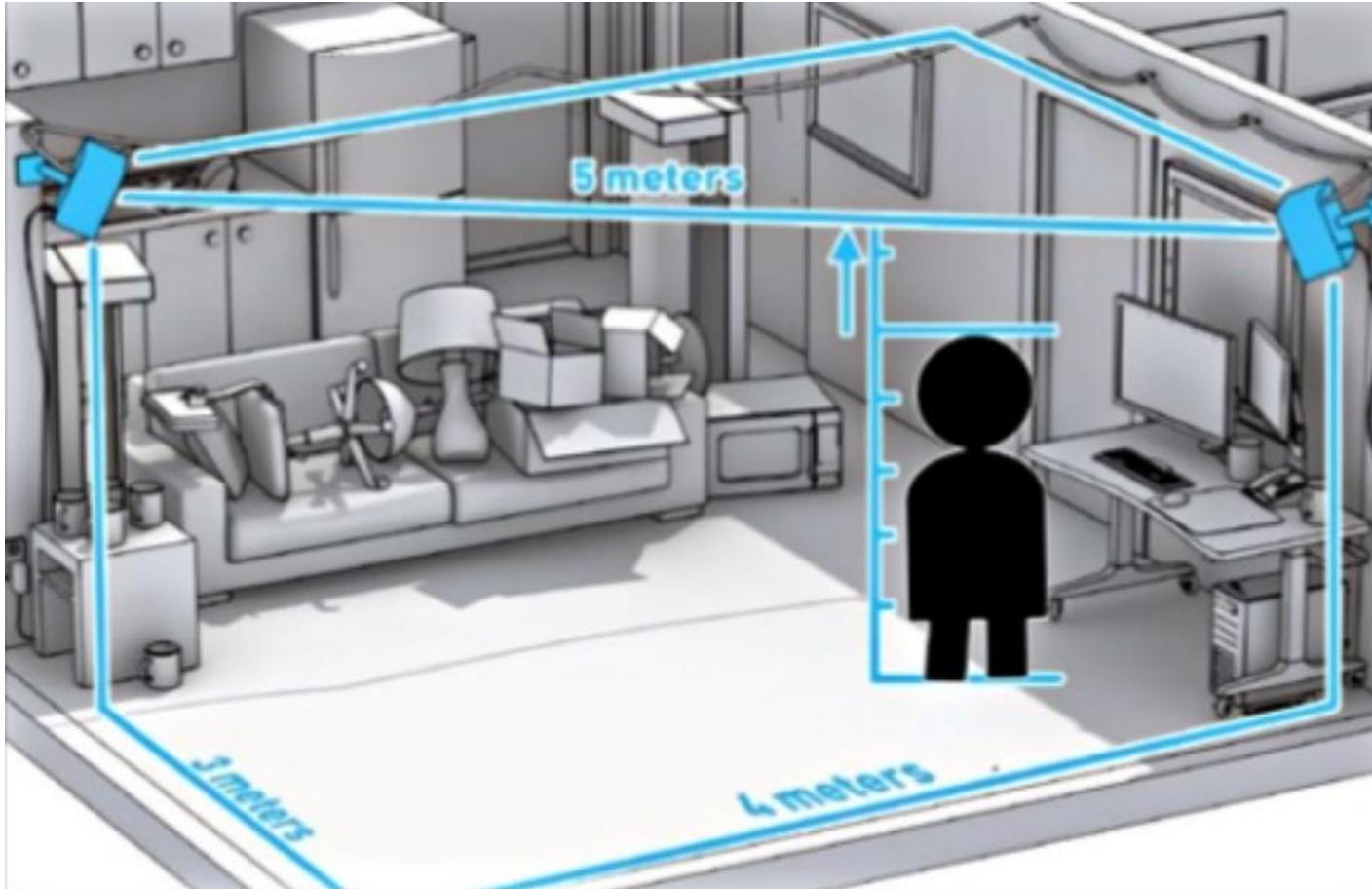
Inside-Looking-Out

Vive Lighthouse Tracking

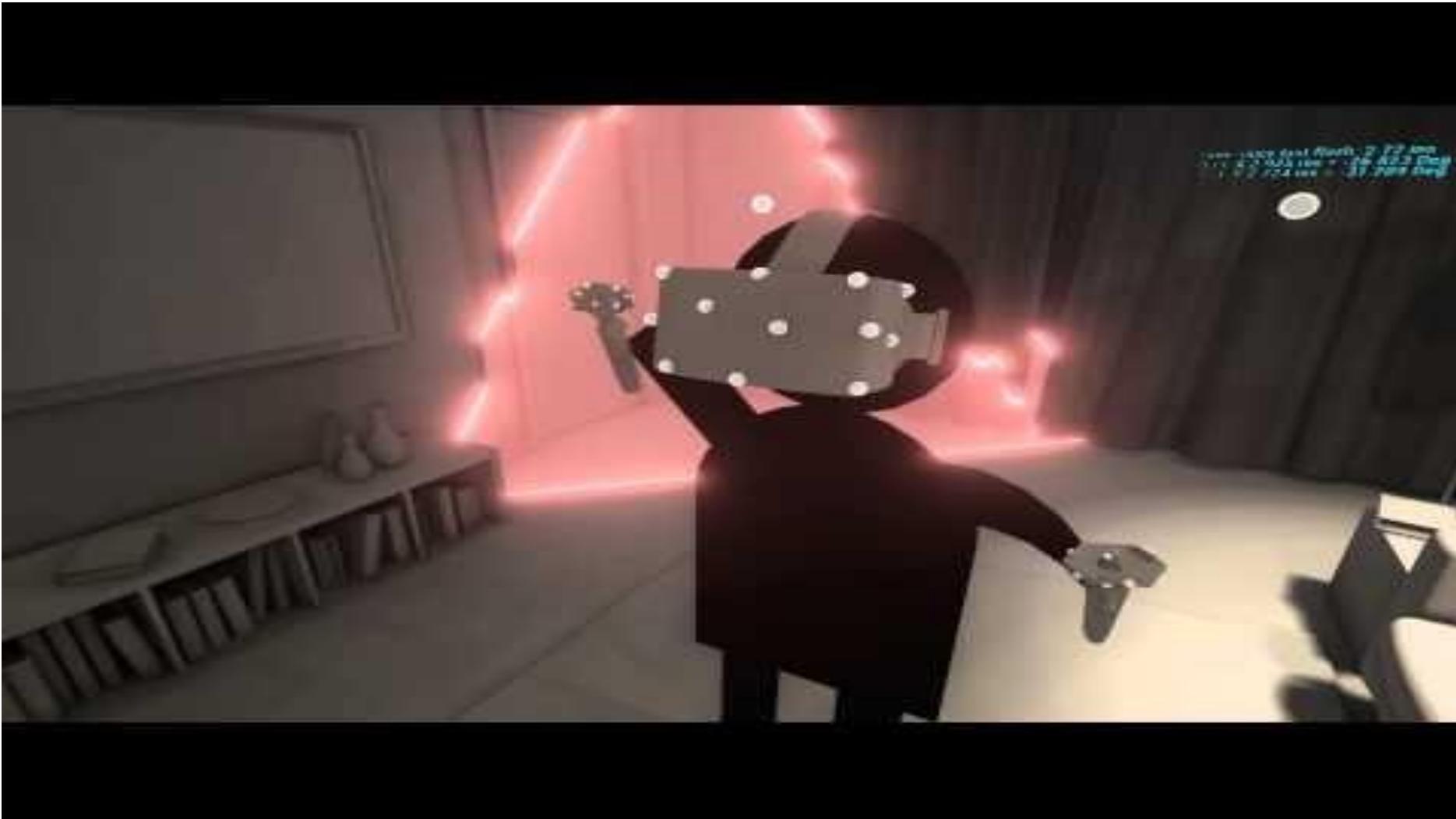
- Outside-in 트래킹 시스템
- 2개 기지국
 - 각각 2개의 레이저 스캐너 포함
 - LED 배열
- HMD/핸드 콘트롤러 장치
 - HMD에 37개 포토 센서
 - 핸드 콘트롤러에 17개 포토 센서
 - 추가적인 IMU 센서 (500Hz)
- 성능
 - 4ms 지연, 250Hz



Lighthouse Setup



Lighthouse Tracking



<https://youtu.be/J54dotTt7k0>

2003 - 2024 © MR&I Lab. SEJONG Univ. Seoul, Korea

Windows Mixed Reality

- Inside-out 트래킹
- HMD에 두 대의 카메라 부착
 - IMU 데이터와 결합
- 환경 매핑 사용
 - 시각적 특징점을 기반으로 추적



Dell Visor



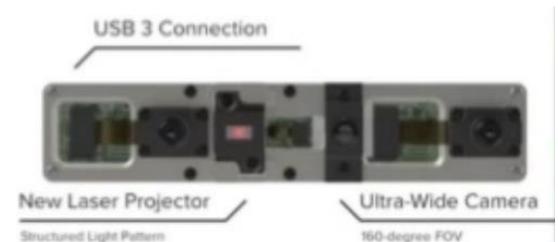
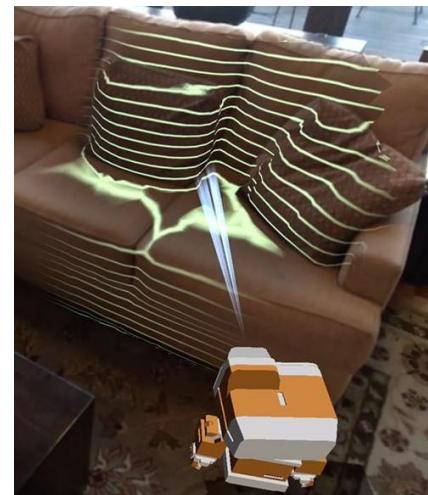
Samsung Odyssey

Occipital Bridge Engine/Structure Core

- Inside out 트래킹
 - 구조 광 (structured light) 사용
 - 방 크기 트래킹보다 좋음
- Structure Core가 Bridge HMD로 통합



Occipital Bridge



Structure Core
Embeddable Depth Sensor

Structured light 사용 예

Structure Core



Occipital Bridge



<https://youtu.be/lys8yo0sjYg>

2003 - 2024 © MR&I Lab. SEJONG Univ. Seoul, Korea

Q/A

가상현실

(2024. 05. 14)

이종원

(jwlee@sejong.ac.kr)

가상현실 입력 장치 (VR Input Devices)

가상현실 입력 장치

- 어플리케이션에 정보를 전달
- 가상현실과 상호 작용을 지원하는 물리적 장치



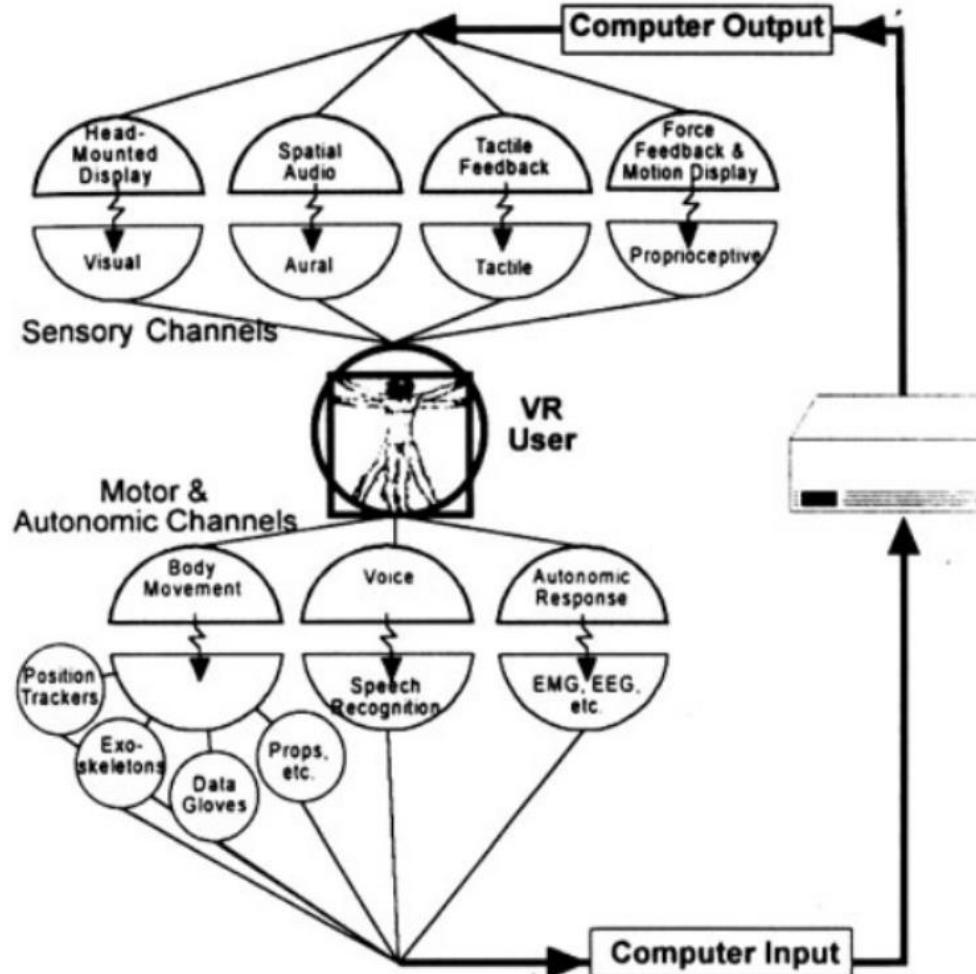
입력과 출력 간의 매핑

사용자에게
정보 전달
Input

↓

Output

컴퓨터에게
정보 전달



동기

- 마우스와 키보드는 데스크톱 UI 작업에 적합함
 - 텍스트, 선택, 드래그 앤 드롭, 스크롤 등
 - 2차원 윈도우를 위한 2차원 마우스
- 가상현실에서 3차원 입력에 가장 적합한 장치는 무엇인가?
 - 다수의 2D 입력 장치 사용?
 - 새로운 유형의 장치 사용?



vs.



입력 장치 특성 (1/2)

- 크기, 모양, 번거로움 정도
- 자유도: 통합 vs. 분리
- 직접 조작 vs. 간접 조작
- 상대적 입력 vs. 절대적 입력
 - Relative: 현재 입력과 마지막 입력 간의 차이 측정 (마우스)
 - Absolute: 기준점에 대한 상대적인 값을 측정 (태블릿)

입력 장치 특성 (2/2)

- 속도 제어 vs. 위치 제어
 - 조이스틱 vs. 마우스
- Isometric vs. isotonic
 - Isometric: 실제 움직임이 없는 압력 또는 힘 측정
 - (예: 컵을 들고 있는 상태에서 물을 컵에 더해도 움직임은 없으나 근육이 일을 함)
 - Isotonic: 중심점에서 굴절 측정
 - (예: 팔을 굽혔다 펴다 하는 동작에서 발생하는 근육의 움직임)

손 입력 장치

- 손 움직임을 가상현실 환경으로 전달하는 장치
- World-ground 입력 장치
 - 실 세계에 고정된 입력 장치 (예. 조이스틱)
- 추적되지 않는 손에 들고 사용하는 컨트롤러
 - 손에 들고 있지만 3차원 공간에서 추적되지 않음 (예: Xbox 컨트롤러)
- 추적되는 손에 들고 사용하는 컨트롤러
 - 6DOF 추적이 가능한 물리적인 장치 (예. Vive 컨트롤러)
- 손 착용 형 장치
 - 장갑, EMG 밴드, 반지 또는 손과 팔에 착용하는 장치
- 맨 손 입력
 - 자연스러운 손 입력을 인식하는 기술 활용

World Grounded Devices

- 실 세계에서 제약되거나 고정된 장치
- 가상현실에 적합하지 않음
 - 사용자 움직임을 제한함
- 가상현실 차량 메타포에 적합
 - 위치 기반 엔터테인먼트에 사용됨 (예: Disney Aladdin ride)



Disney Aladdin Magic Carpet VR Ride



Non-Tracked Handheld Controllers

- 손에 들고 사용하는 장치
 - 버튼, 조이스틱, 게임 컨트롤러 등
- 전통적인 비디오 게임 컨트롤러
 - Xbox 컨트롤러



Tracked Handheld Controllers

- 6 DOF 추적이 가능한 손에 들고 사용하는 컨트롤러
 - 버튼/조이스틱 입력 + 추적 기능
- 가상현실 어플리케이션에 적합한 입력 장치 중 하나임
 - 물리적 소품은 가상현실 존재감 강화
 - 자기수용감각과 수동적인 햅틱 터치 큐 제공
 - 실제 손 움직임에 직접적인 매팅



HTC Vive Controllers



Oculus Touch Controllers

자기수용감각



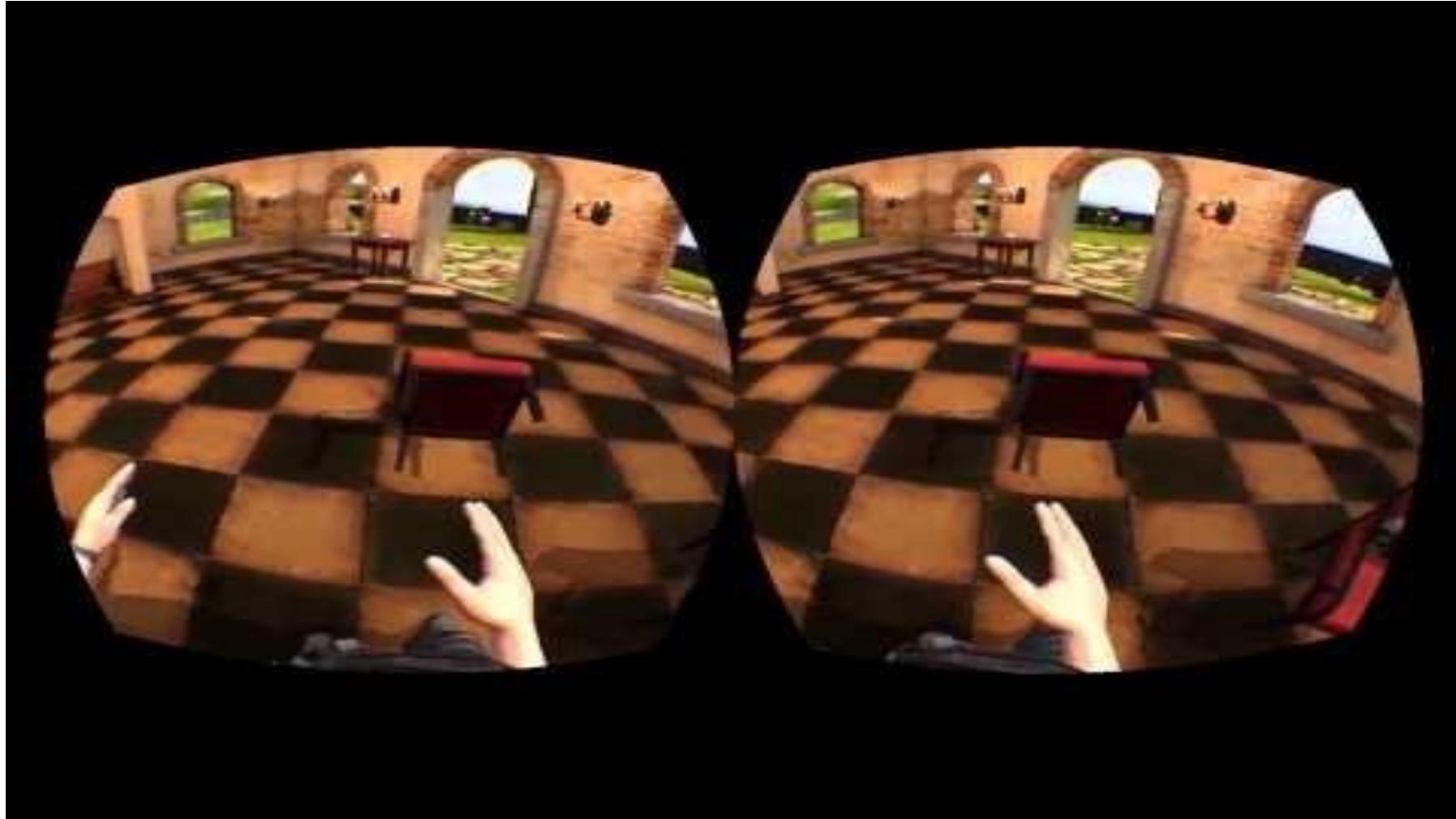
<https://youtu.be/PMm7G0il5oc> 2017. 08. 16. (1:38)

Sixense STEM

- 무선 모션 추적 + 버튼 입력
 - 전자기 추적 (Electromagnetic tracking), 8 피트 범위, 5개의 추적 수신기
- <http://sixense.com/platform/hardware> (삭제됨)



Sixense Demo Video



<https://youtu.be/SUqyPYN-pJ4>

WMR Handheld Controllers

- Windows Mixed Reality 컨트롤로
 - 왼손, 오른손
- Computer vision 기술과 IMU 기반 추적 결합
 - 시야에 있거나 없는 경우에도 추적
- 버튼 입력, 진동 피드백

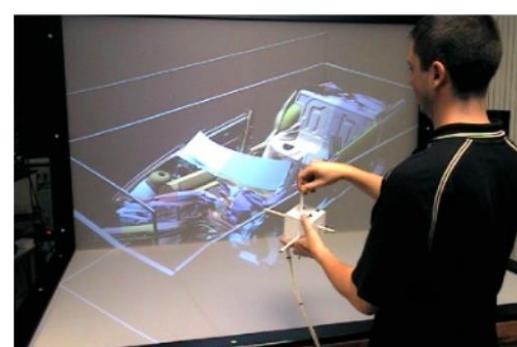


WMR Handheld Controllers



Cubic Mouse

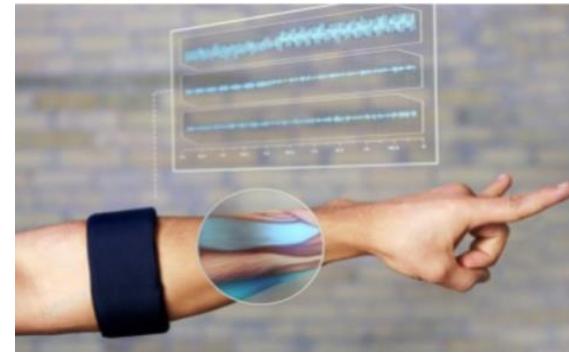
- 플라스틱 박스
 - Polhemus Fastrack 장치 포함 (magnetic 6 DOF tracking)
 - 3개 translation rods, 6개 버튼
- 양손을 사용하는 상호작용 장치
 - 객체 회전, 확대/축소, 절단면 등 지원



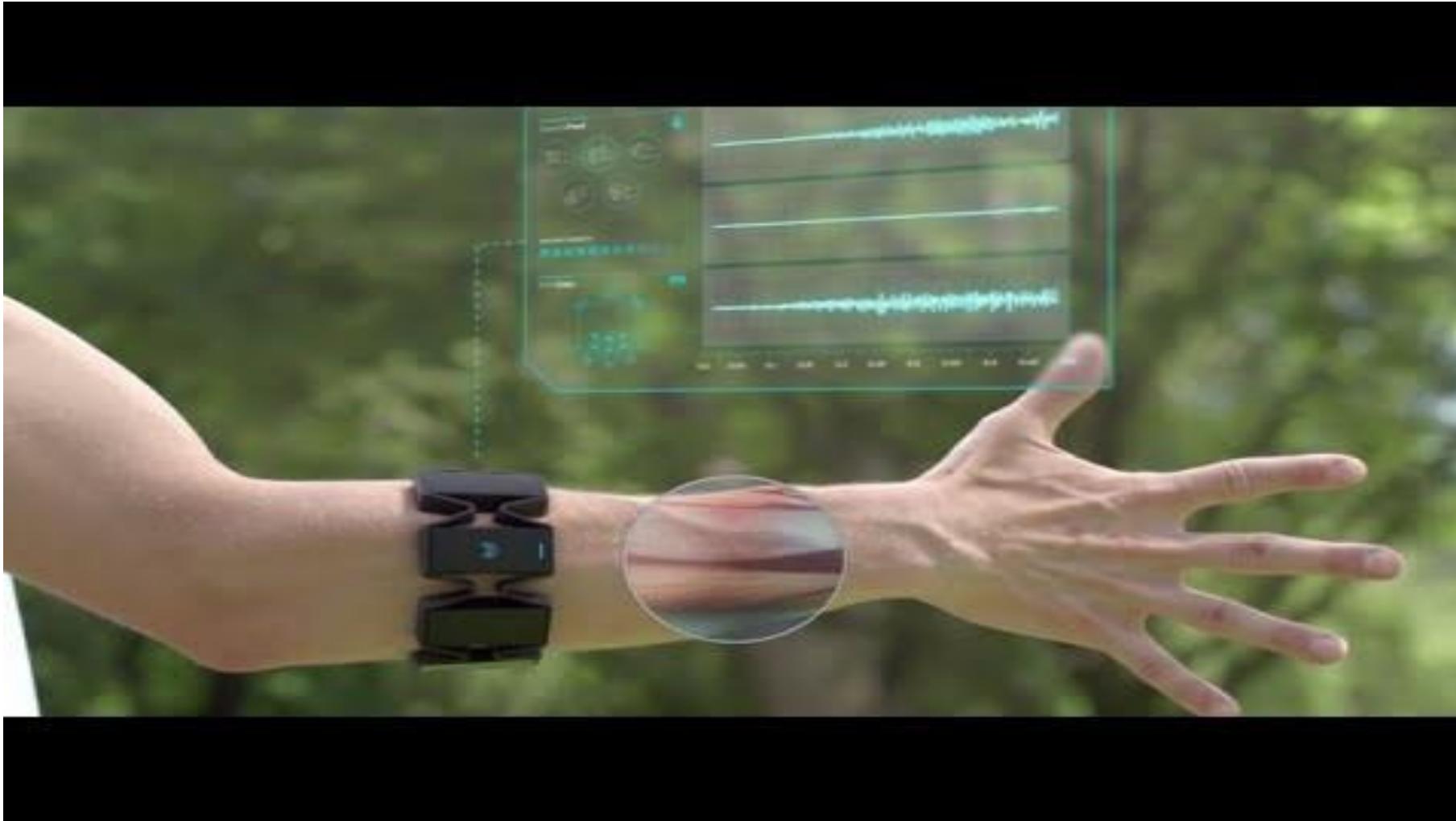
Fröhlich, B., & Plate, J. (2000). The cubic mouse: a new device for three-dimensional input. In Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in Computing Systems (pp. 526-531). ACM.

Hand Worn Devices

- 손과 팔에 착용하는 장치
 - 장갑, 근전도(EMG) 센서, 반지 등
- 장점
 - 풍부한 제스처 상호작용이 가능한 자연스러운 입력이 될 수 있음
 - 편안한 자세로 손을 유지할 수 있음 – 시야에 들어오지 않아도 됨
 - 손과 손가락이 실제 물건과 완전한 상호작용이 가능



Myo Arm Band



<https://youtu.be/ecDlv6R9hR0> 2016. 10. 27.

Data Gloves

- 구부림 감지 장갑
 - passive 입력 장치
 - 손 자세와 제스처 감지
 - 구부림 센서로부터 지속적인 데이터 획득
 - 자연스러운 손 출력, 다수의 DOF 제공
- Pinch gloves
 - 손끝에 전도성 물질 포함
 - 손가락 끝이 터치하는지 확인함
 - 불연속적인 입력에 사용됨
 - 객체 선택, 모드 전환 등



CyberGlove

- 수화를 지원하기 위해 발명 됨
- 기술
 - 손가락 부위에 얇은 전기적 압력 게이지
 - 구부림 센서가 저항을 변화 시킴
 - 장갑에 18-22 센서, 120 Hz로 값을 읽음
 - 센서 해상도 0.5°
- 매우 고가임
 - $>\$10,000$
- <http://www.cyberglovesystems.com>

CyberGlove II



CyberGlove III

CyberGlove



<https://www.youtube.com/watch?v=IUNx4FgQmas> 2013. 08. 01.

StretchSense

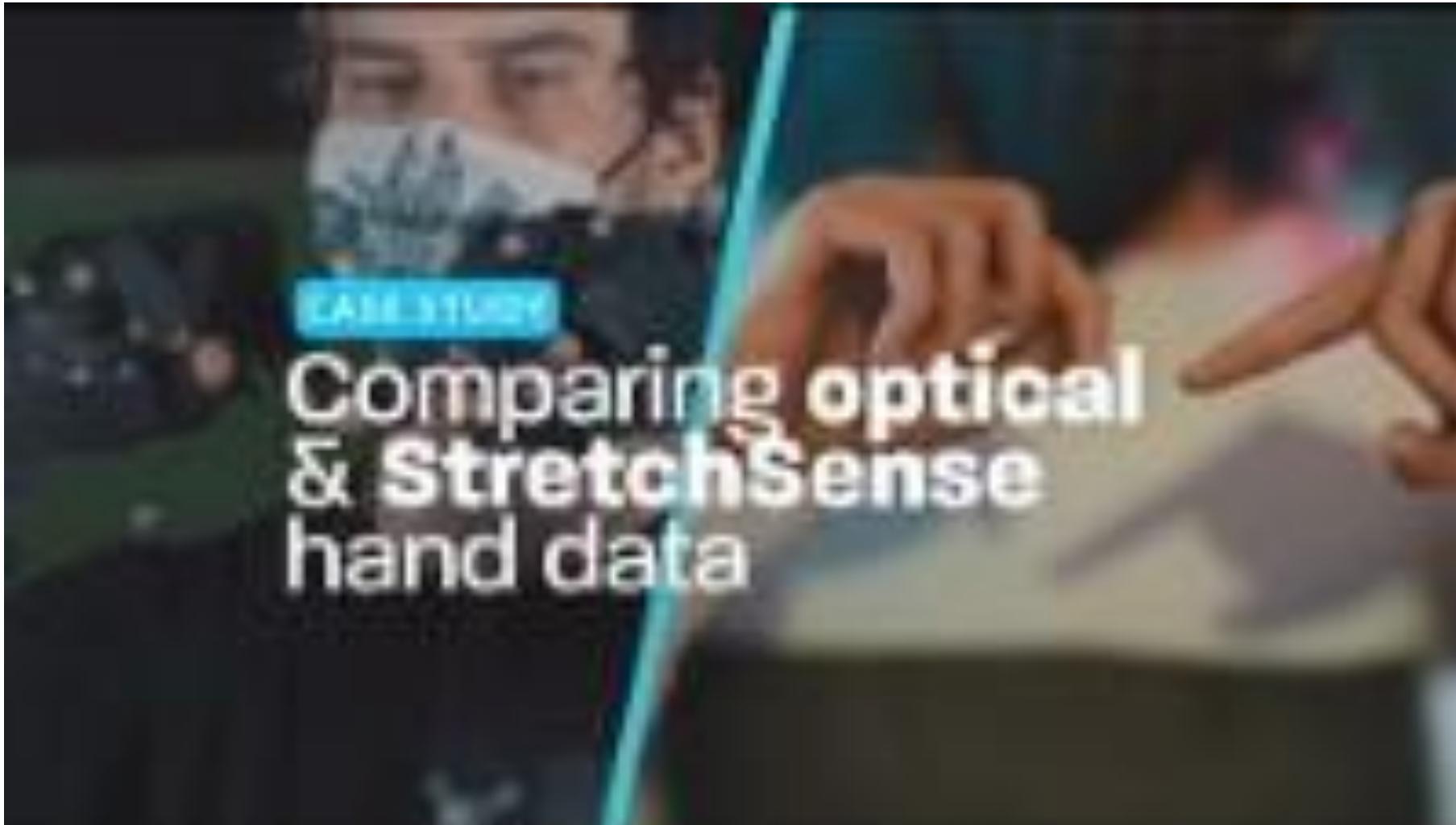
- 착용식 모션 캡쳐 센서
 - 정전식 감응 센서
 - 스트레치, 압력, 구부림, 전단 측정
- 다양한 응용 프로그램
 - 의류, 장갑 등
- <http://stretchsense.com/>



StretchSense Glove Demo



Optical vs. StretchSense



<https://youtu.be/XggaorLfJU0> 2021. 12. 22

25

Bare Hands

- 컴퓨터 비전 기술을 사용하여 맨손 입력 추적
- 존재감이 높은 자연스러운 상호작용 생성
- 해결해야 할 과제가 존재함
 - 터치 느낌이 없음
 - 센서에서 직선으로 보여야 함
 - 센서 앞에 손을 들고 있어 발생하는 피로감

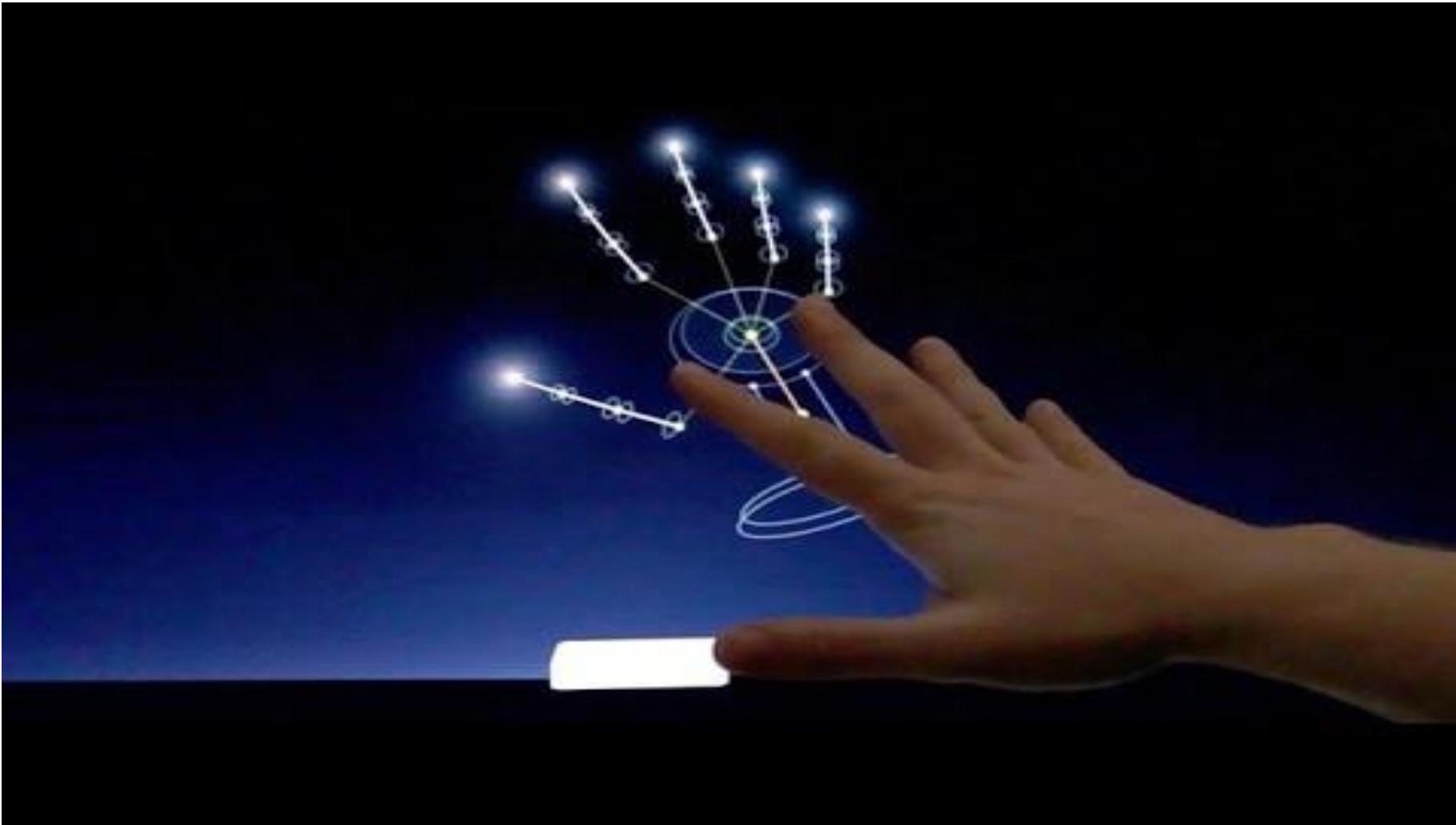


Leap Motion

- 손 추적을 위한 IR 기반 센서 (\$50 USD)
 - HMD + Leap Motion = Hand input in VR
- 기술
 - 3개 IR LEDS와 2개 광각 카메라
 - LED들은 정해진 패턴이 없는 IR 빛 생성
 - IR 반사를 카메라가 감지
 - 소프트웨어를 통한 손 추적
- 성능
 - 1m 거리에서 0.7mm 정확도, 200Hz
 - <https://www.leapmotion.com/>



Leap Motion Video



<https://www.youtube.com/watch?v=QD4qQBL0X80>

Hand-Tracking 2.0 for the Meta Quest 2

- 2022년 4월 향상된 Hand Tracking 업데이트 발표
 - 안정된 Tracking
 - 향상된 제스처 인식
 - “Hand-over-hand” interaction
 - 손의 일부만 카메라에 보여도 제스처 인식



Hand-Tracking 2.0 for the Meta Quest 2



<https://youtu.be/K-I-RXxYnzs> 2022. 04. 20.

Non-Hand Input Devices

- 몸의 다른 부분을 통한 입력
- 머리 추적: 머리 움직임을 입력으로 사용
- 시선 추적: 가상현실에서 많이 다루어지지 않음
- 마이크: 오디오, 음성 입력
- 전신 추적: 모션 캡처, 몸의 움직임

Eye Tracking

- 기술
 - IR 빛을 비추고 반사되는 빛 검출
- 장점
 - 자연스러운 hands-free 입력 제공
 - 시선은 사용자의 관심 정보 제공
 - 다른 입력 기술과 결합 가능



FOVE VR Headset

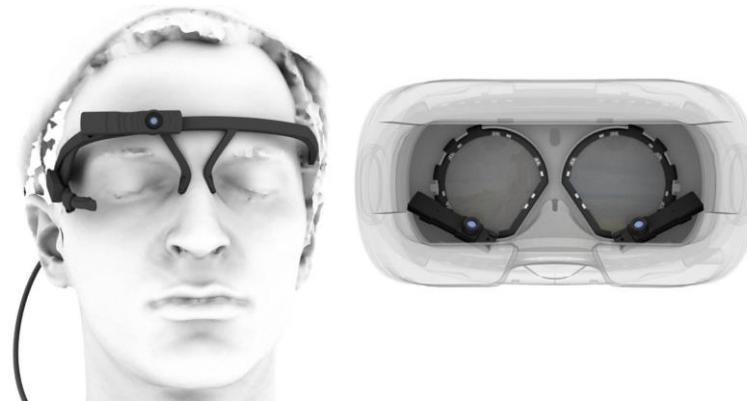
- 시선 추적이 가상현실 HMD에 통합됨
- 시선 기반 사용자 상호작용, foveated rendering



<https://youtu.be/dWTLSEfdEXU>

Pupil Labs VIVE/Oculus Add-ons

- HTC Vive/Oculus Rift HMD에 시선 추적 장치 추가
 - 모노 또는 스테레오 시선 추적
 - 120Hz 시선 추적, 0.6o 시선 추적 정확도
 - 시선 추적을 위한 소프트웨어는 오픈 소프트웨어 라이선스 적용
- <https://pupil-labs.com/pupil/>

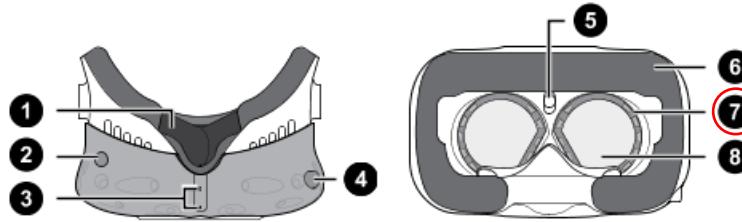


Vive Pro Eye Tracking

- 시성 데이터 출력 주파수 (쌍안): 120Hz
- 정확도: 0.5 ~ 1.1도 (FOV 20도 이내)
- 추적 가능한 시야각: 110도

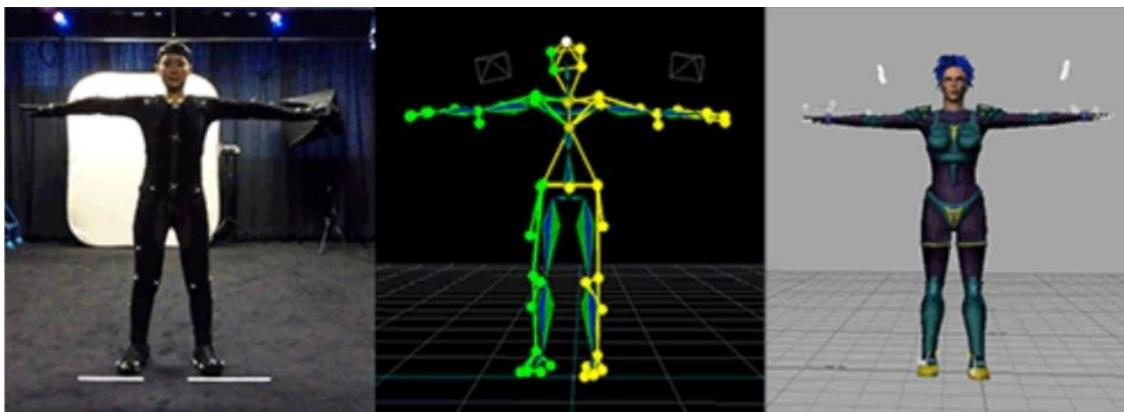


Vive Pro Eye Tracking



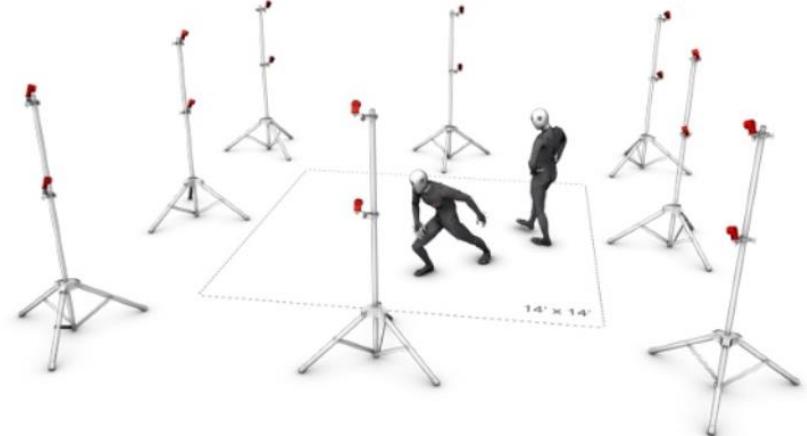
Full Body Tracking

- 가상현실에 전신 입력 추가
 - 자신이 환경에 존재한다는 환상 생성
 - 존재감을 현저하게 향상시킴
- 기술
 - 모션 캡쳐 슈트, 카메라 기반 시스템
 - 많은 수의 중요한 특징점 추적이 가능



Camera Based Motion Capture

- 다수의 카메라 사용
- 몸에는 반사되는 마커 부착
- 예: Optitrack (www.optitrack.com)
 - 120 ~ 360 fps, < 10ms 지연 속도, < 1mm 정확도



Optitrack Video



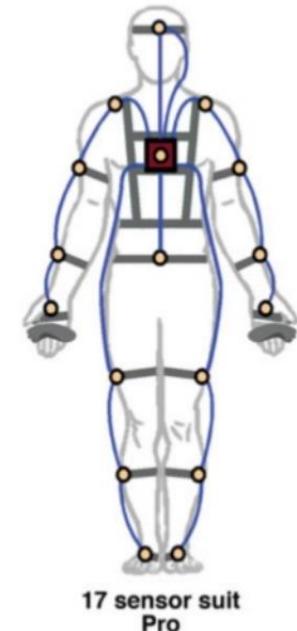
<https://www.youtube.com/watch?v=tBAvjU0ScuI> 2013. 1. 10

Optitrack Video



Wearable Motion Capture: PrioVR

- 착용형 모션 캡처 시스템
 - 8 – 17 관성 센서 + 무선 데이터 전송
 - 30 – 40m 범위, 7.5 ms 지연 시간, 0.09° 정밀도
 - 모든 범위의 동작 추적 가능, 가려짐 문제 없음
- www.priovr.com (변경됨)



Pedestrian Devices

- 가상현실에서 보행자 입력
 - 가상환경에서 걷기/달리기
- Virtuix Omni
 - 특수 신발
 - <http://www.virtuix.com>
- Cyberith Virtualizer
 - 양말 + 미끄러운 바닥
 - <http://cyberith.com>



Virtuix Omni



https://omni.virtuix.com/video/omnione_stepintothegame_trailer.mp4

Cyberith Virtualizer



<https://www.youtube.com/watch?v=R8Imf3OFrms> 2014. 07. 09

Cyberith Virtualizer



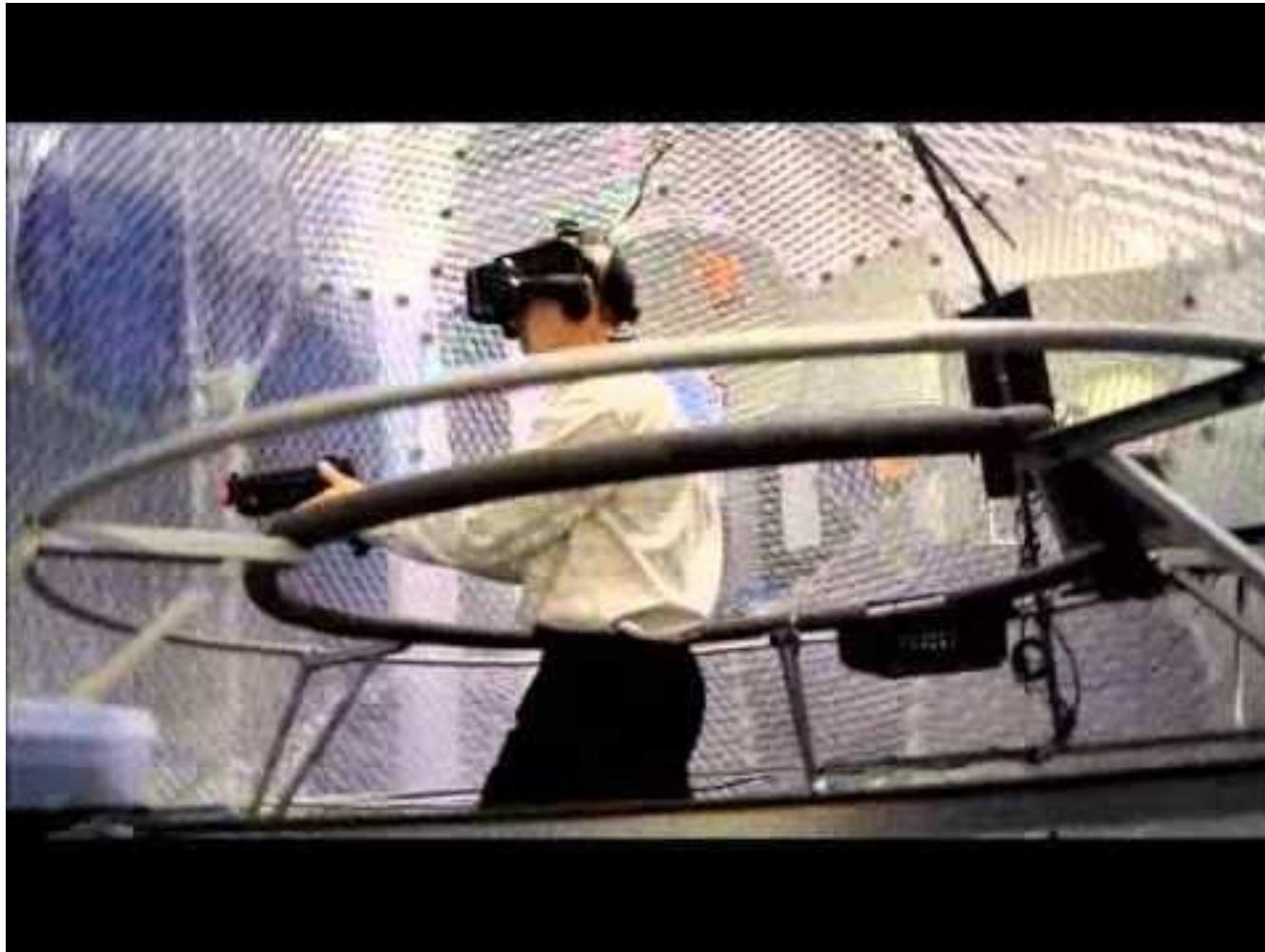
<https://youtu.be/bHEXGGnuZtA> 2020. 03. 07.

Virtusphere

- 완전 몰입형 구
 - 가상현실에서 걷기/달리기 지원
 - 트랙볼 내부로 사람이 들어감
- <http://www.virtusphere.com>



Virtusphere Video



<https://www.youtube.com/watch?v=5PSFCnrk0GI>

Omnidirectional Treadmills

- Infinadeck
 - 2 축 트레드밀, 유연한 물질 사용
 - 사용자 추적을 통해 사용자를 중심에 둠
 - 가상현실에서 제한 없는 걷기 가능
- www.infinadeck.com



Infinadeck Video



<https://www.youtube.com/watch?v=seML5CQBzP8> 2016. 02. 11.

Infinadeck Video



<https://youtu.be/TEu-dZkSdso> 2021. 03. 09.

Comparison Between Devices

	Proprioception	Consistent	Usable in Lap or the Side	Haptics Capable	Unencumbered	Physical Buttons	Hands Free to Interact with Real World	General Purpose
Hand Input Device Class								
World-Grounded Devices	✓	✓		✓	✓	✓	✓	
Non-Tracked Hand-Held Controllers		✓	✓	✓		✓		
Bare Hands	✓				✓		✓	✓
Tracked Hand-Held Controllers	✓	✓	✓	✓		✓		✓
Hand Worn	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓
Non-Hand Input Device Class								
Head Tracking		✓	✓				✓	✓
Eye Tracking							✓	
Microphone				✓	✓		✓	✓
Full-Body Tracking	✓	✓	✓	✓			✓	✓
Treadmills	✓	✓			✓		✓	

입력 장치 분류

- 선택에 도움을 줌
 - 어떤 장치를 사용할 것인가?
 - 특정한 작업에 어떤 장치를 사용할 것인가?
- 다양한 접근법
 - 상호작용 기술로부터 입력 장치 분리 (Foley 1974)
 - 기본 입력 작업을 장치와 매핑 (Foley 1984)
 - 기본 작업 – 선택, 위치 지정, 방향 지정
 - 장치 – 마우스, 조이스틱, 터치 패널 등
 - 감각 장치의 자유도와 성질 고려 (Buxton 1983)
 - 동작, 위치, 압력
 - 절대/상대적 값, 개별적 회전축 (Mackinlay 1990)
 - 자유도를 사용하는 대신에 이동, 회전 축 분리

Q/A

가상현실

(2024. 5. 21.)

이종원

(jwlee@sejong.ac.kr)

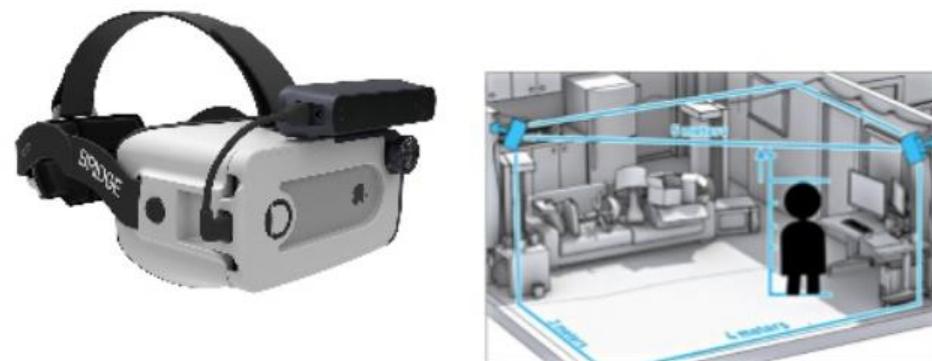
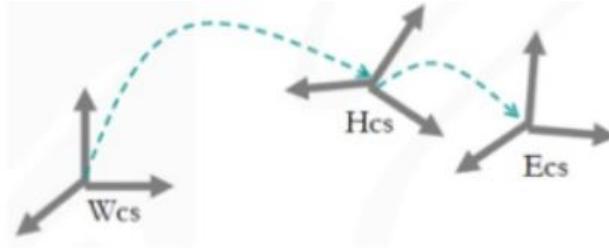
남은 일정

주차	일자	내용
12	5/21 화	강의
	5/23 목	강의
13	5/28 화	최종 프로젝트 중간발표
	5/30 목	강의
14	6/4 화	최종 프로젝트 검토
	6/6 목	휴강(현충일)
15	6/10 월	최종 프로젝트 발표 동영상(10분) 업로드
	6/11 화	최종 프로젝트 발표 (동영상 시청 및 질문/답변)
	6/13 목	최종 프로젝트 체험(다른 팀의 작품 체험)
16	6/18 화	기말고사
	6/20 목	최종 Project 보고서 제출

3D User Interface for VR

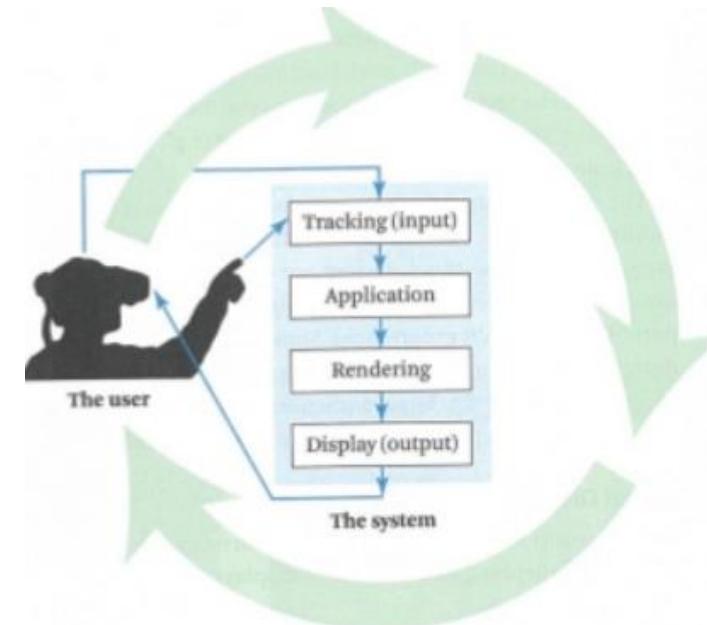
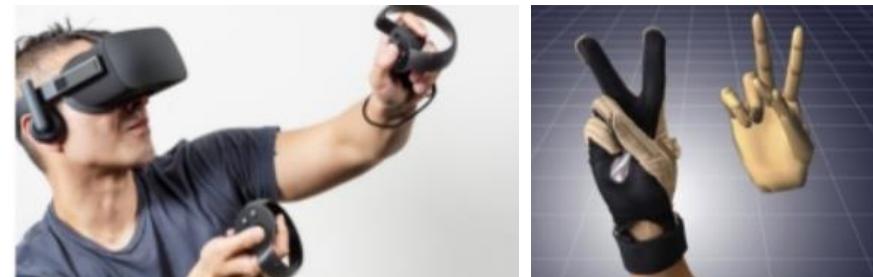
Recap - Tracking

- 트래킹 장비
 - Mechanical
 - Magnetic
 - Inertial
 - Optical
- Inside out vs. Outside in
 - Windows Mixed Reality
 - HTC Vive Lighthouse



Recap – VR System

- VR 입력 장치
 - 몸, 발, 핸드 헬드, 제스처, 시선
 - 상호작용 기술과 장치 분리
- VR 시스템
 - 여러 구성요소
 - 콘텐츠, 소프트웨어, 사용자 I/O 모듈
 - VR 시뮬레이션 루프
 - 시스템 지연이 병에 원인이 됨
 - 시스템 지연 감소
 - 예측 추적, 더 빠른 구성요소



Interaction in VR

Typical VR System



How can we interact in VR?

- VR 시스템은 어떻게 자연스러운 사용자 경험을 생성할 수 있을까?



Background: Human-Computer Interaction

- HCI는 의사 소통 방법을 연구함
 - 사용자와 컴퓨터는 인터페이스를 통해 의사 소통함
- 전통적인 UI 디자인 문제
 - 입력 장치
 - 상호작용 스타일
 - 사용자에게 피드백
 - 실행의 격차 / 평가의 격차
- 이 모든 것이 3D/VR 사용자 인터페이스와 연관이 있음

실행의 격차 vs. 평가의 격차

- 실행의 격차
 - 사용자의 의도와 시스템이 사용자에게 허용하는 정도의 차이 또는 시스템이 얼마나 사용자의 의도를 잘 지원하는지를 의미함
 - 시스템의 행위 가능성이 사용자의 의도된 행동과 얼마나 잘 일치하는지가 중요함
- 평가의 격차
 - 시스템 상태 평가의 어려움과 생성된 객체가 해당 상태를 발견 및 해석을 얼마나 잘 지원하는지를 의미함
 - 시스템이 해석하기 쉽고 사람이 시스템에 대해 생각하는 방식과 일치하는 형태로 상태에 대한 정보를 제공할 때 간격이 작음

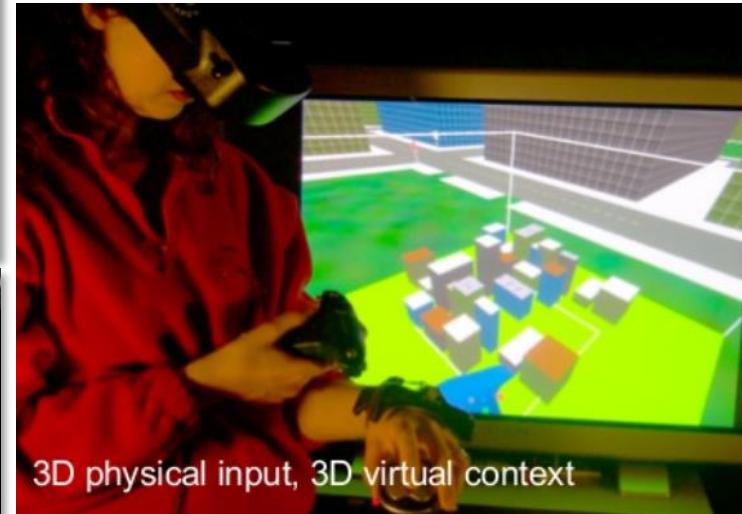
Why 3D Interaction?

- 3D/VR 어플리케이션은 유용해야 함
 - 몰입감 지원
 - 자연스러운 기술 사용
 - 시각화된 내용을 즉각적으로 보여줌
- 하지만 많은 기존의 VR 앱은 다음 중 하나임
 - 단순한 상호작용만 지원
 - 또는 심각한 사용성 문제를 갖고 있음
- 좋은 3D 사용자 인터페이스 가이드라인이 필요함

Some Definitions

- 3D 상호작용
 - HCI를 통해 사용자의 작업을 3D 공간 상황에서 수행
 - 3D 입력 장치, 3D로 매핑되는 2D 입력 장치
- 3D 사용자 인터페이스 (3D UI)
 - 3D 상호작용을 포함하는 UI
- 3D 상호작용 기술
 - 사용자가 3D UI를 사용하여 작업을 완성할 수 있도록 지원하는 방법 (하드웨어와 소프트웨어)

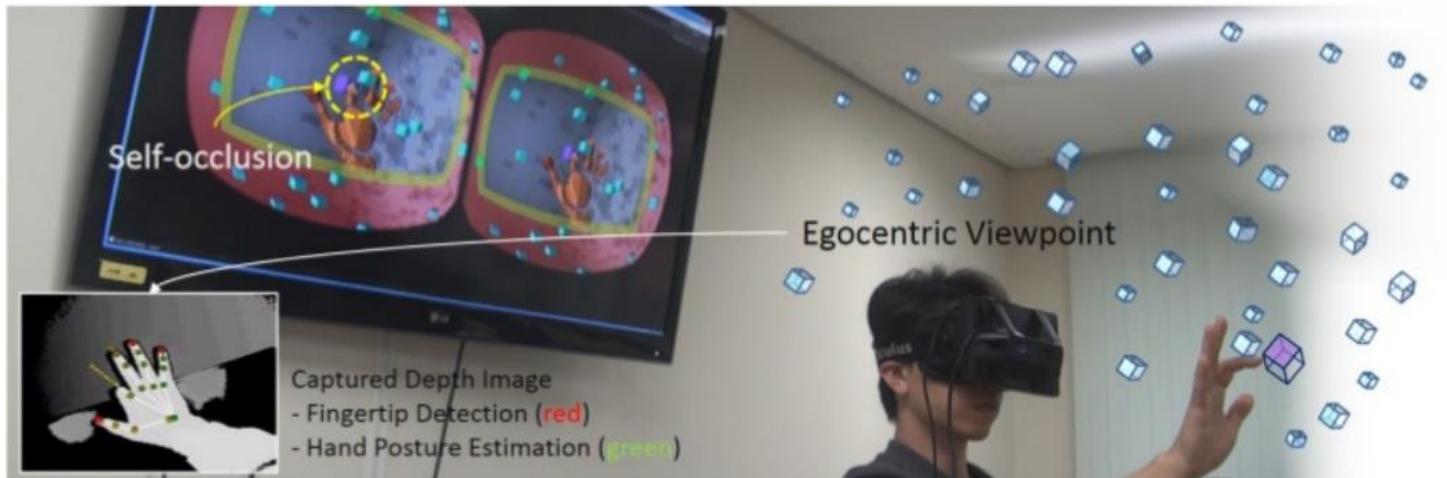
Examples of 3D UIs VR and non-VR



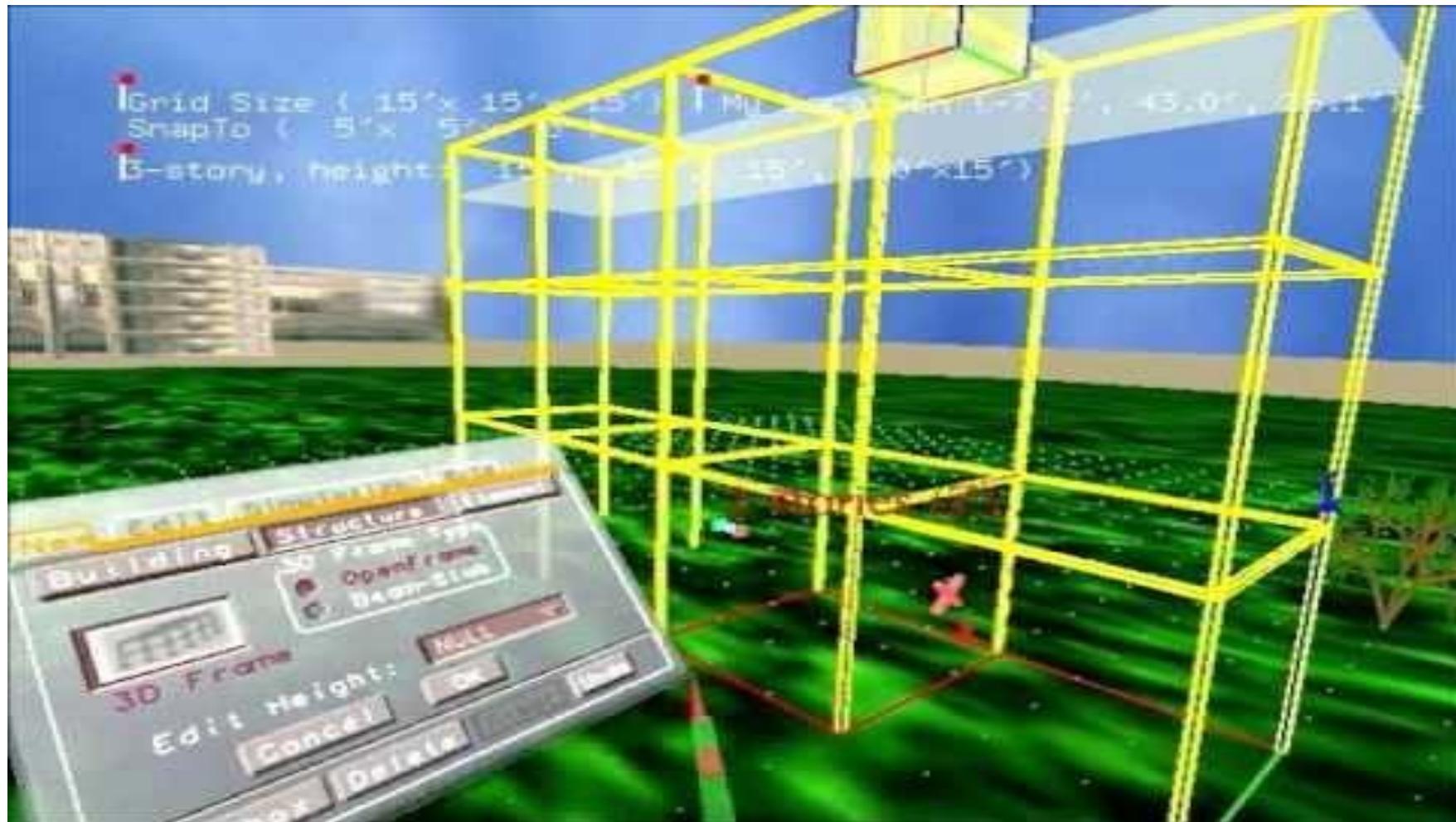
3D physical input, 3D virtual context

What makes 3D interaction difficult?

- 공간 입력
- 제약 부족
- 표준 부족
- 도구 부족
- 정밀도 부족
- 피로
- 더 복잡한 레이아웃
- 지각, 인식

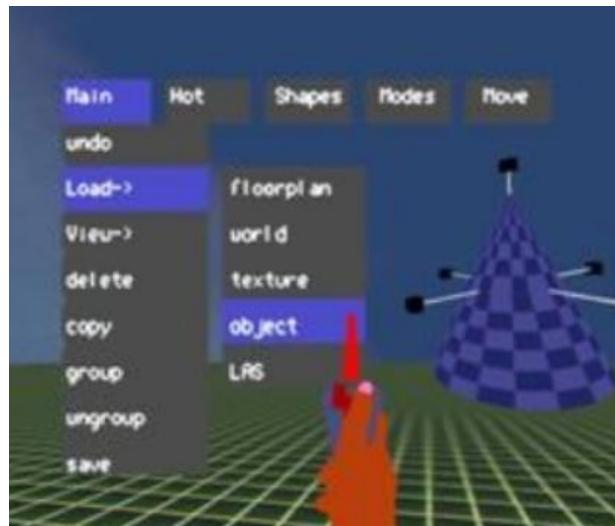


Example: Virtual-SAP

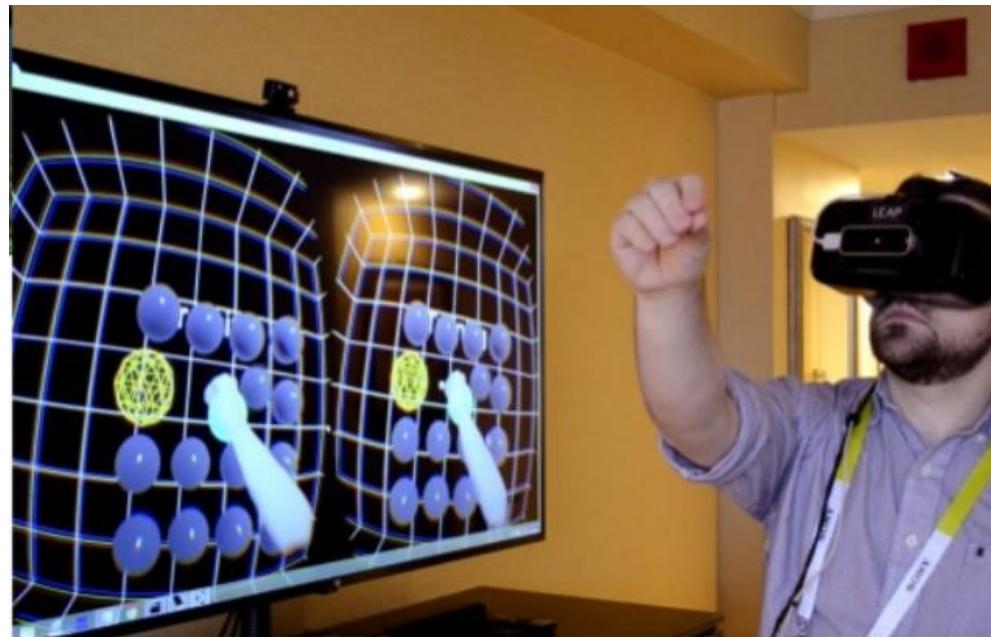


https://www.youtube.com/watch?v=Xz_JOEK8LLs (1:09)

Moving from Mouse to Natural Interaction



2D UI in 3D



Natural 3D interaction

Natural Interface Concept - WorldBuilder



World Builder Today (Available on Steam)



<https://www.youtube.com/watch?v=65u3W7wjXs0> (2017. 1. 26.)

Vision vs. Reality – Still Work to Do



Natural interface
Gesture, speech
Wide field of view
Full body input



Limited input
Wireless, limited range tracking
Reduced field of view
2D GUI in VR

Universal 3D Interaction Tasks in VR

- 객체와 상호작용
 - 선택: 다수의 객체 중 하나 이상의 객체 선택
 - 조작: 객체 속성 수정
- 탐색 (Navigation)
 - 여행 (Travel): 시점 변경을 위한 운동 구성요소
 - 길 찾기 (Wayfinding): 인지 구성 요소; 의사 결정
- 시스템 제어
 - 시스템 상태 또는 모드를 변경하는 명령 실행

Object Interaction

Selection and Manipulation

- 선택
 - 세트에서 하나 이상의 객체 지정
- 조작
 - 객체 속성 수정
 - 위치, 방향, 크기, 모양, 색상, 질감, 행위 등



Goals of Selection

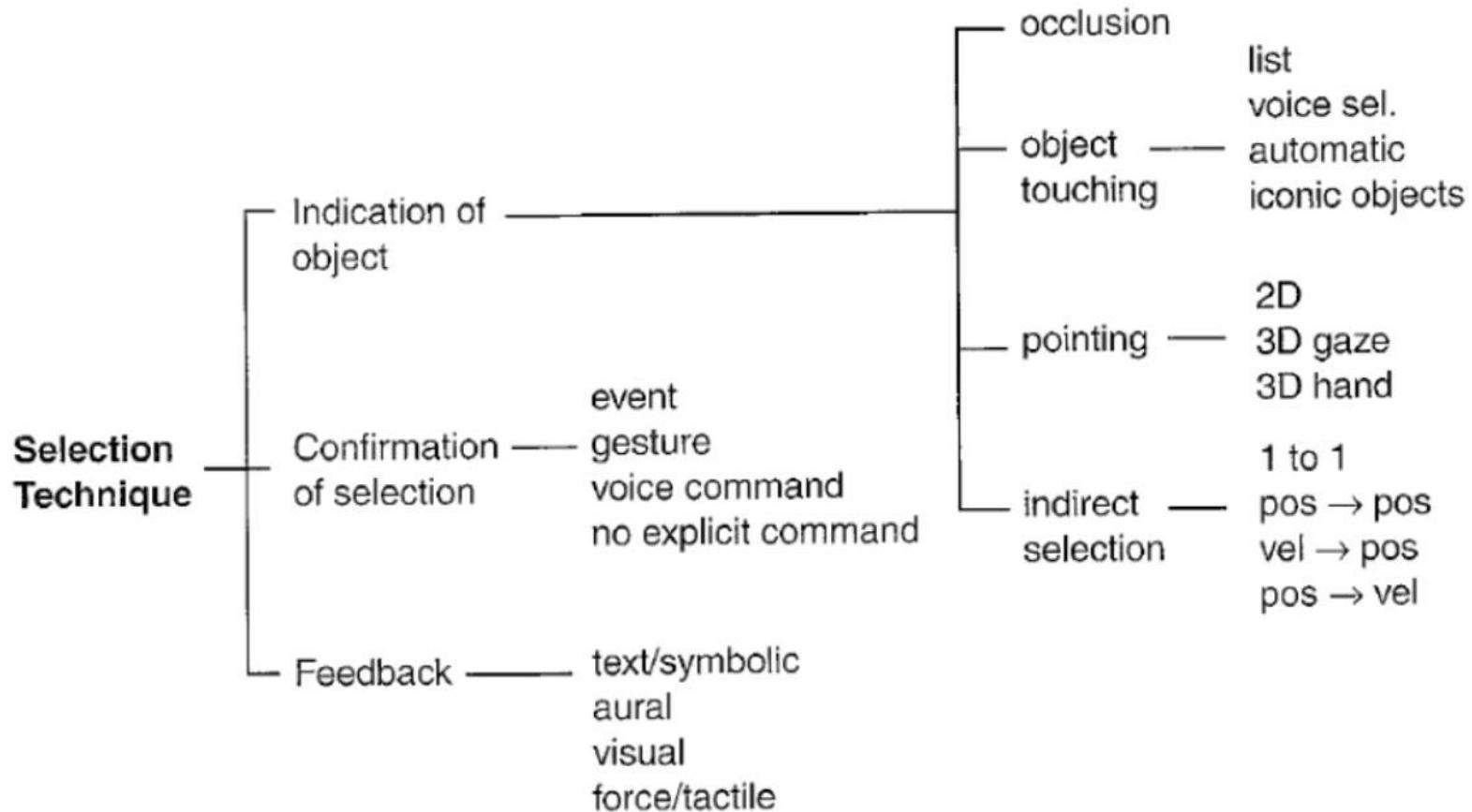
- 객체에 액션을 표시함
- 객체에 대한 질의
- 객체 활성화
- 객체 위치로 이동
- 조작 설정

Selection Performance

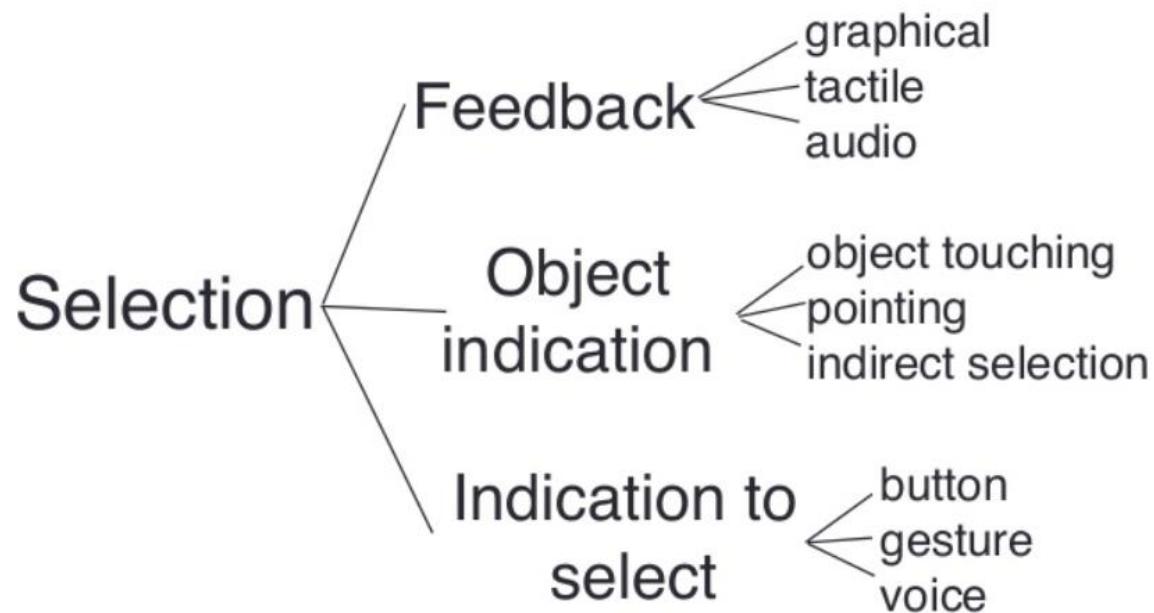
- 사용자의 수행 능력에 영향을 미치는 변수들
 - 사용자로부터 객체까지 거리
 - 객체 (시각적) 크기
 - 영역에 존재하는 객체의 밀도
 - 방해물



Classification of Selection Techniques



Selection Classification



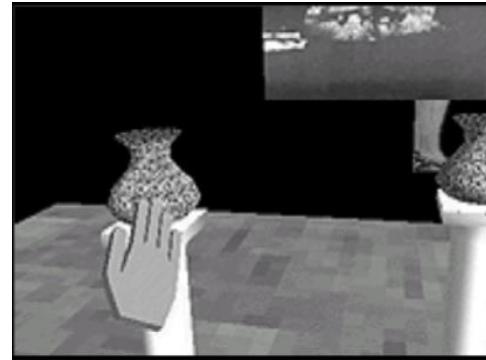
Common Selection Techniques

- 간단한 가상 손
- 광선 캐스팅
- Occlusion (가림)
- Go-go (팔 연장)

Simple Virtual Hand Technique

- 과정

- 물리적 손과 가상 손 사이에 일대일 매핑
- 객체는 가상 손으로 터치하여 선택할 수 있음
- 자연스러운 매핑



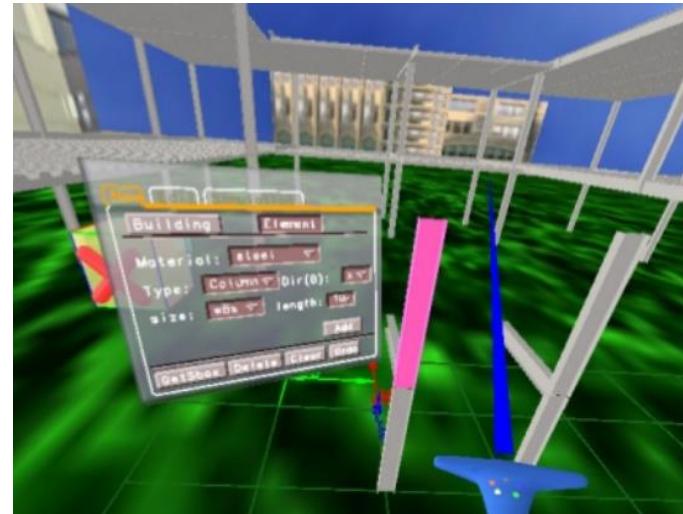
- 단점

- 손이 닿는 범위 안에 있는 객체만 선택 가능



Ray-Casting Technique

- 가상의 손에 레이저 포인터가 붙어 있음
 - 광선과 처음으로 교차하는 객체가 선택이 됨
 - 사용자는 2DOF만 제어하면 됨
- 원거리 선택에 적합한 것으로 입증 됨
- 변형
 - 원뿔 캐스팅
 - Snap-to-object rays



Example Ray Casting



Occlusion Technique

- 이미지 평면 기법 – 진정한 2D
- 선택 객체 (예: 손가락)을 사용하여 원하는 객체를 가림
- 눈에서 출발한 광선이 손가락을 통과하여 만나는 가장 가까운 객체 선택

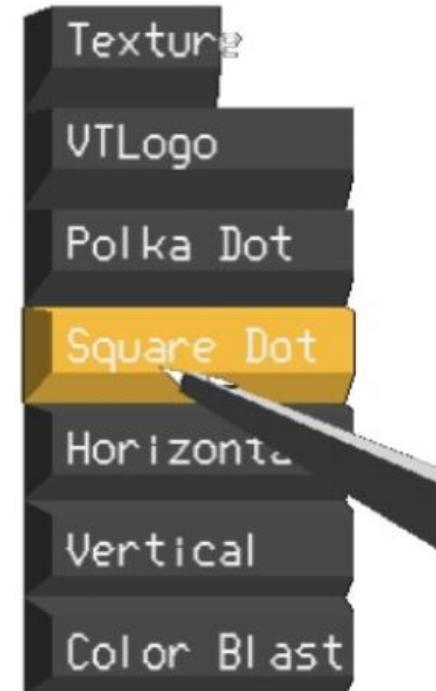
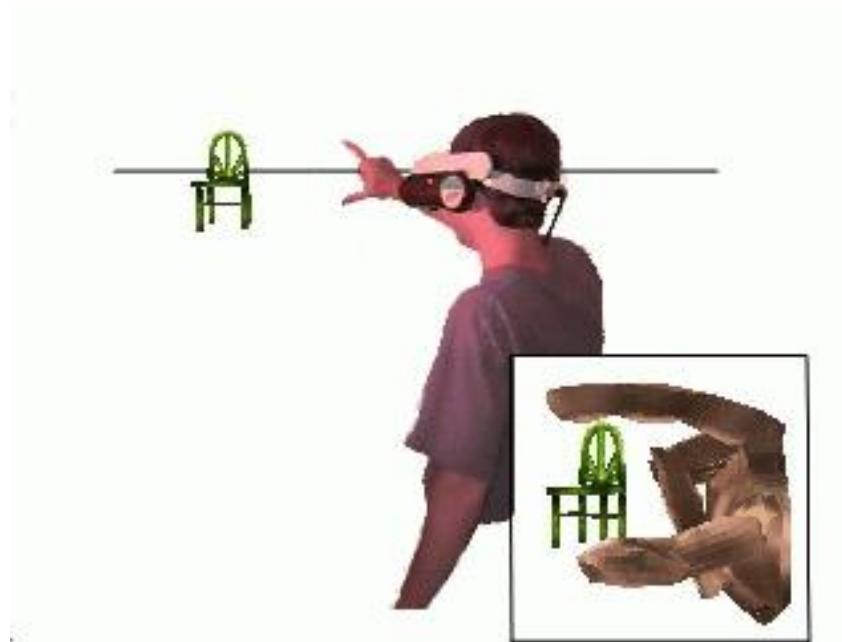
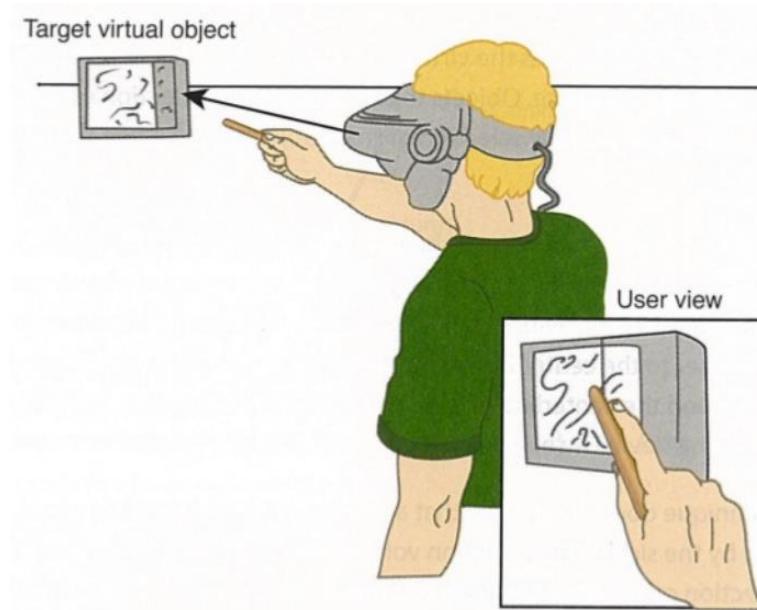


Image Plane Interaction



Head Crusher technique



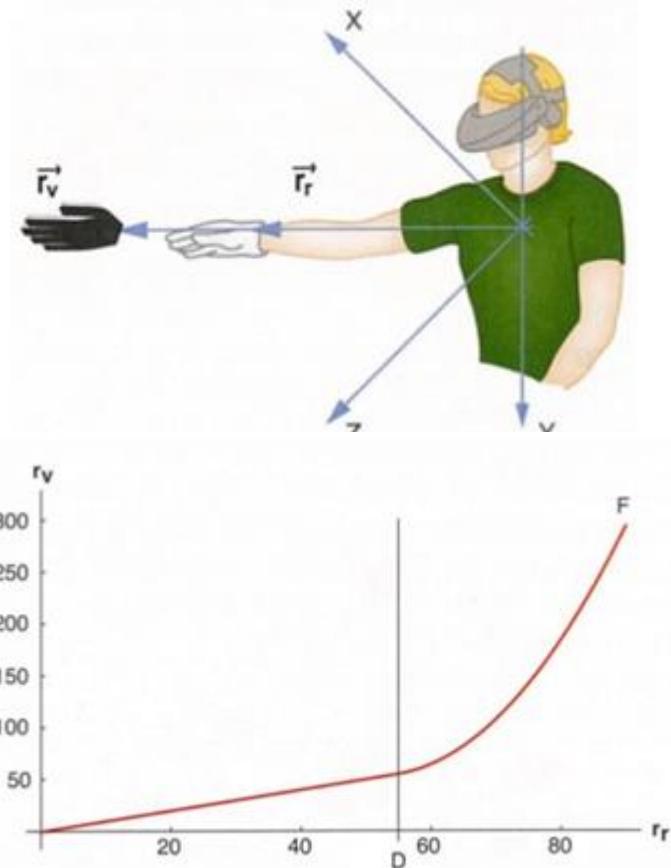
Sticky Finger technique

Pierce, J., Forsberg, A., Conway, M., Hong, S., Zelaznik, R., & Mine, M. (1997). Image Plane Interaction Techniques in 3D Immersive Environments. Proceedings of the ACM Symposium on Interactive 3D Graphics, 39-44.

<http://www.cs.cmu.edu/~stage3/publications/97/conferences/3DSymposium/HeadCrusher/>

Go-Go Technique

- 팔 연장 기술
- 물리적 손과 가상 손 사이에 비선형
매핑
- 근 거리와 원거리 구분
- (선형 $< D$, 비선형 $> D$)



Poupyrev, I., Billinghurst, M., Weghorst, S., & Ichikawa, T. (1996). The Go-Go Interaction Technique: Non-linear Mapping for Direct Manipulation in VR. Proceedings of the ACM Symposium on User Interface Software and Technology, 79-80.

Precise 3D Selection Techniques

- 선택 영역 증가

- Cone-casting (Liang, 1993)

복잡한 환경 (고밀도, 가림)에
적합하지 않음

- Snapping (de Haan, 2005)

- 3D Bubble Cursor (Vanacken, 2007)

신중한 상호작용이
필요할 수 있음

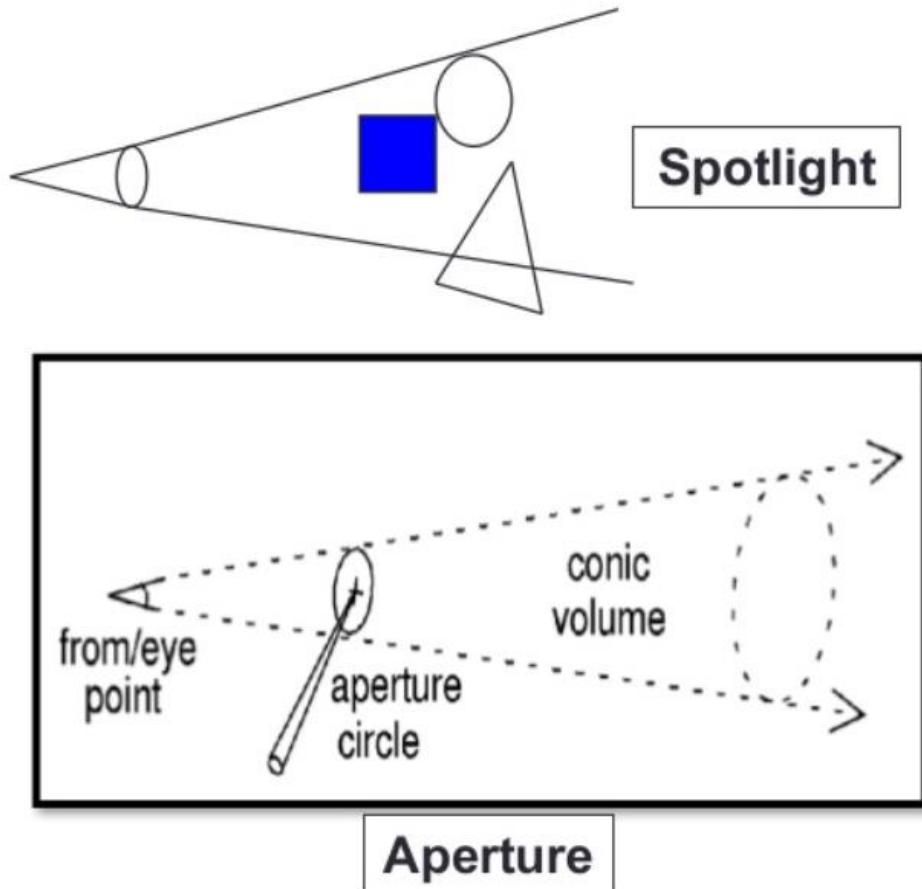
- Sphere-casting (Kopper 2011)

- 제어/표시 비율 증가

- PRISM (Frees, 2007)

- ARM (Kopper, 2010)

Cone-Casting Spotlight Aperture



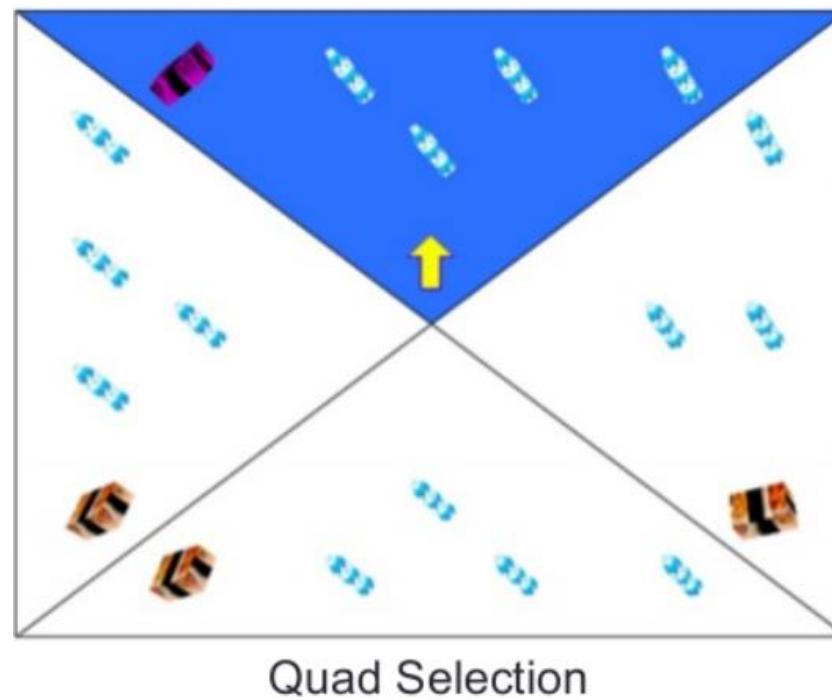
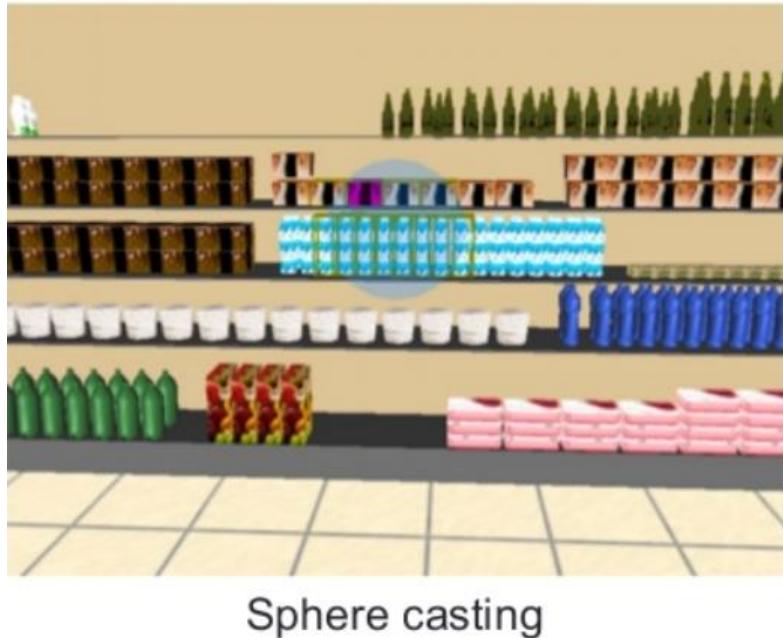
Sphere-casting (SQUAD)

- 2단계 과정
 - 구 캐스팅 후 QUAD-메뉴 선택
- 특징
 - 다수의 저 정밀도 선택
- 단점
 - QUAD-메뉴 단계가 공간 환경 외부에서 수행됨
 - 대상은 고유하거나 동일한 항목 중에서 선택 가능해야 함

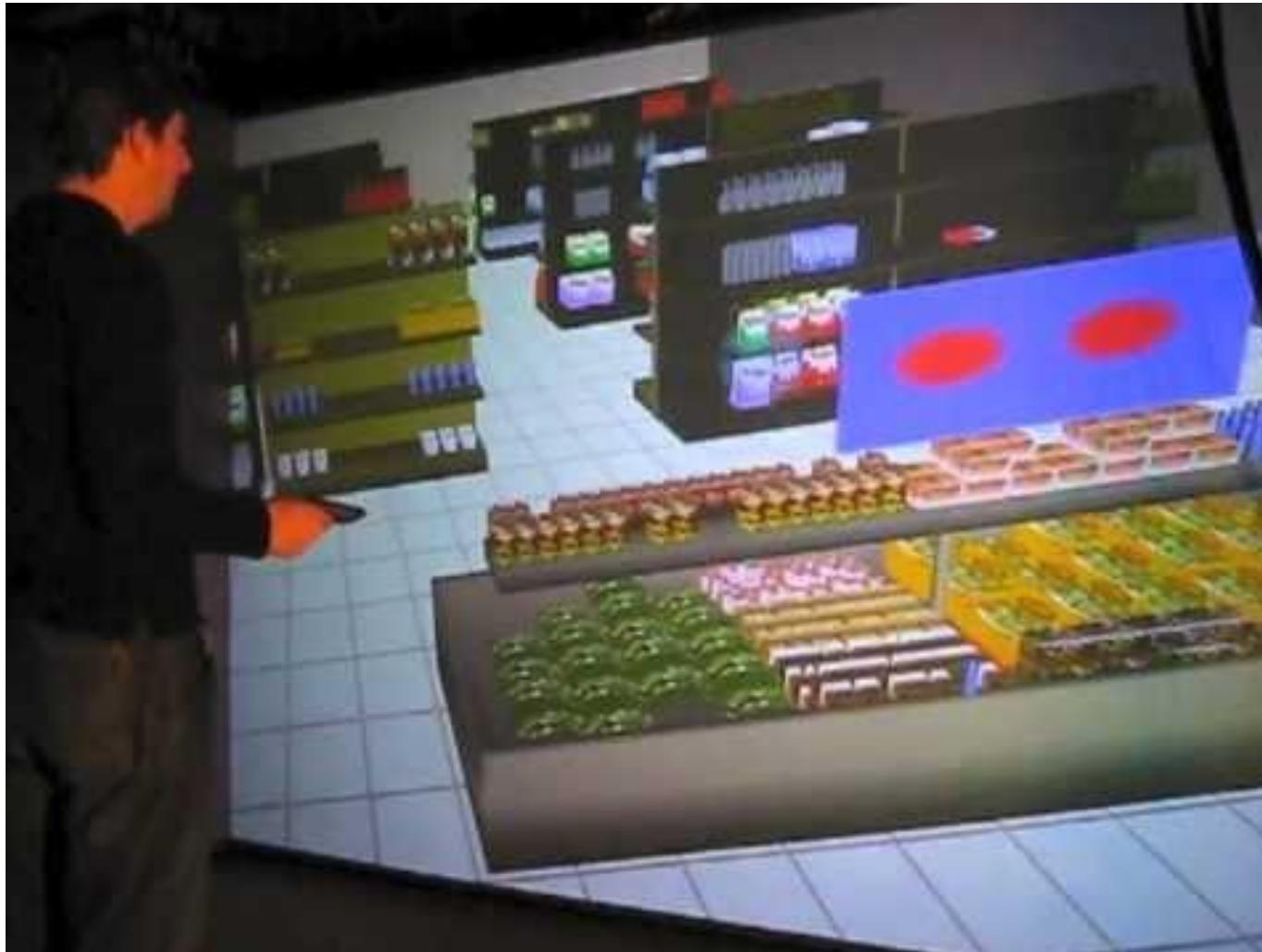
Kopper, R., Bacim, F., & Bowman, D. A. (2011). Rapid and accurate 3D selection by progressive refinement. In 3D User Interfaces (3DUI), 2011 IEEE Symposium on (pp. 67-74). IEEE.

SQUAD Selection

Sphere Casting Quad Selection



Example: SQUAD Selection

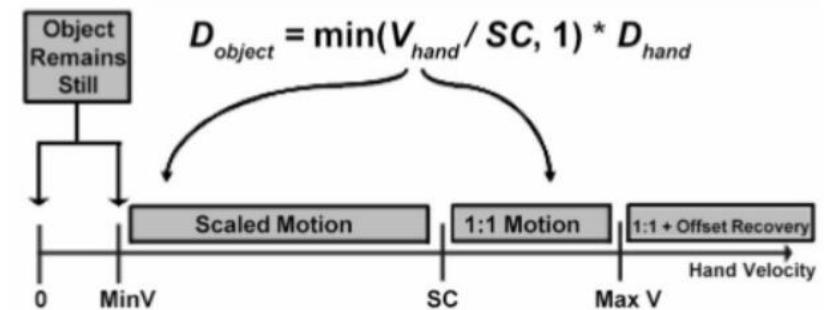


PRISM (Frees 2005)

- 손의 속도에 따라 제어/이득 비율 변경
 - 손의 움직임이 느려짐에 따라 객체의 움직임도 느려짐
 - 손의 움직임이 빨라지면 1:1 모션 매팅 사용
- 객체 결합 작업의 성능이 두 배가 됨



D_{object} is the distance the controlled object will move
 D_{hand} is the distance the hand itself moved since the last frame
 V_{hand} is the velocity of the hand over the last 500 milliseconds
SC is Scaling Constant (meters per second)



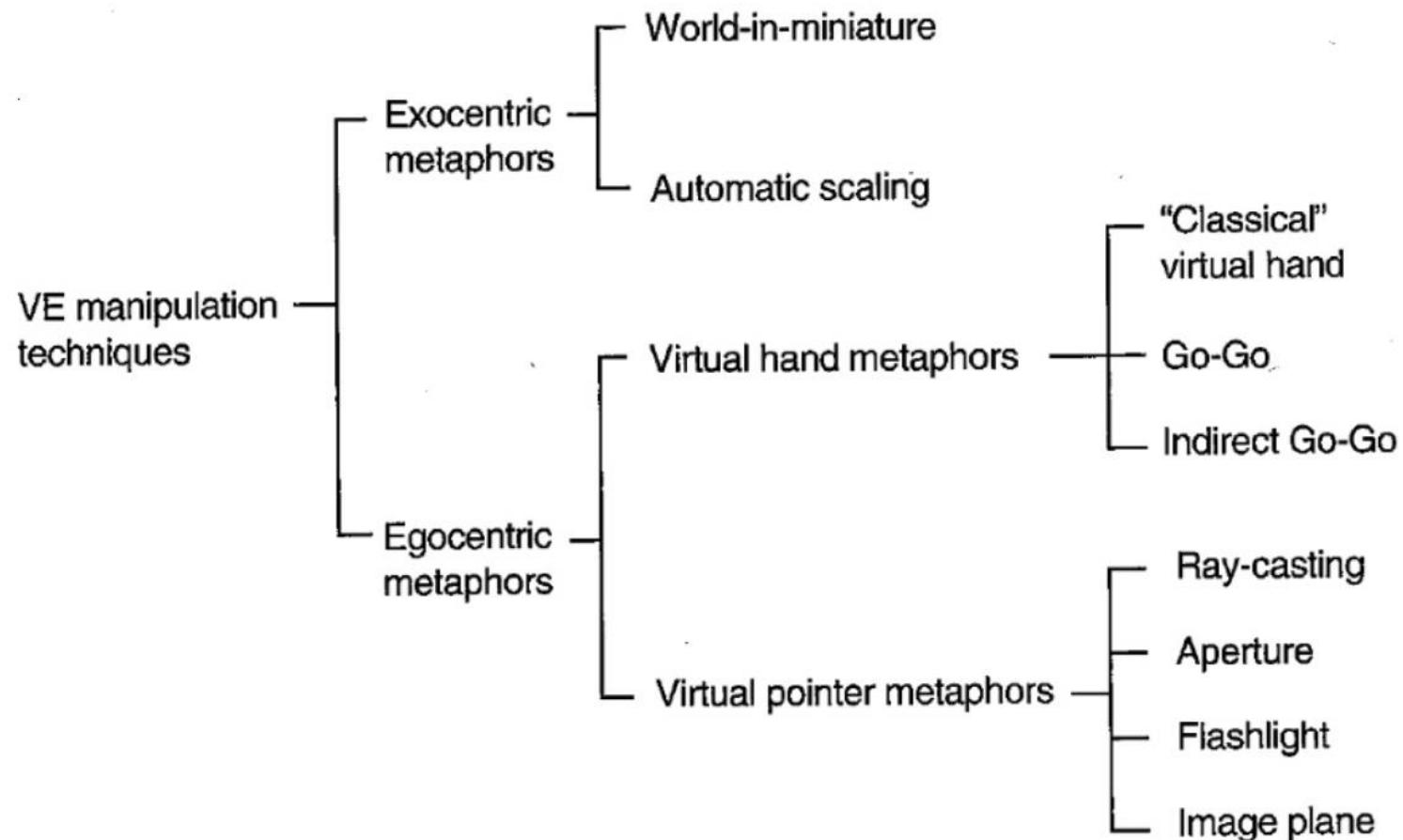
Frees, S., & Kessler, G. D. (2005). Precise and rapid interaction through scaled manipulation in immersive virtual environments. In Virtual Reality, 2005. Proceedings. VR 2005. IEEE (pp. 99-106).
<https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.92.3296&rep=rep1&type=pdf>

Goals of Manipulation

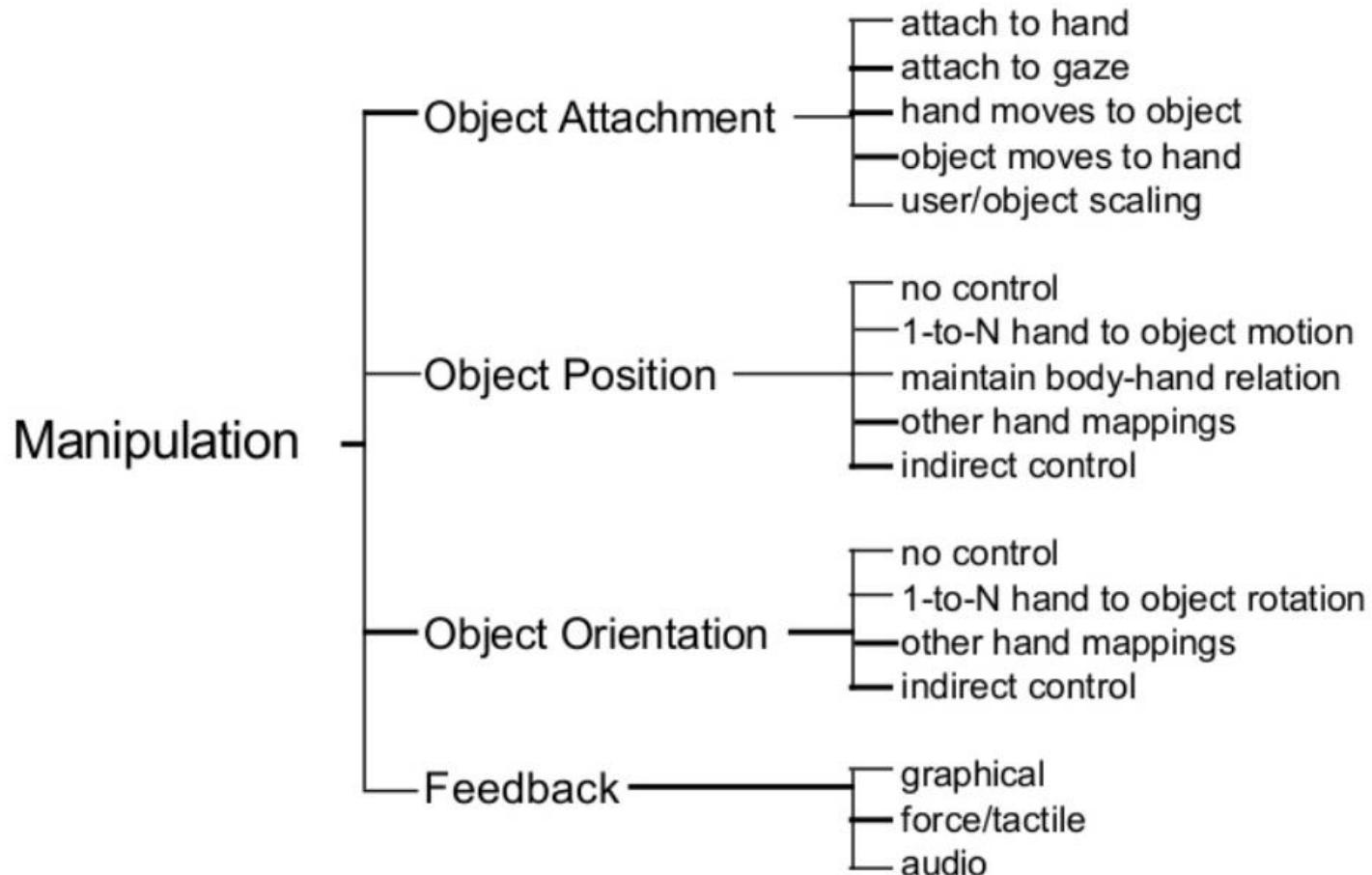
- 객체 배치
 - 디자인
 - 배치
 - 그룹화
- 도구 사용
- 탐색



Classification of Manipulation Techniques



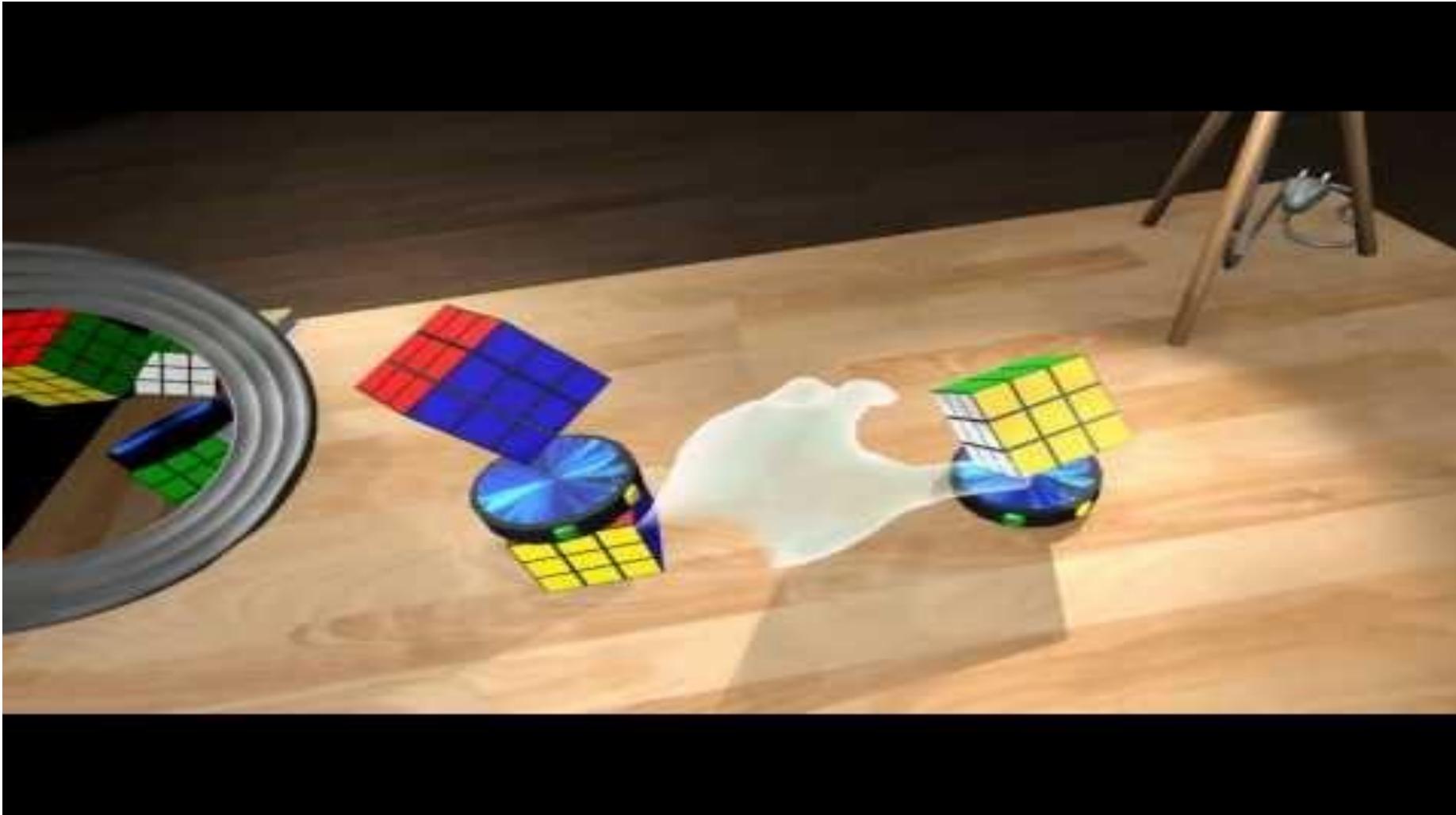
Technique Classification by Components



Common Manipulation Techniques

- Simple virtual hand
- HOMER
- Scaled-world grab
- World-in-miniature

Simple Virtual Hand Manipulation



HOMER Technique

Hand-Centered

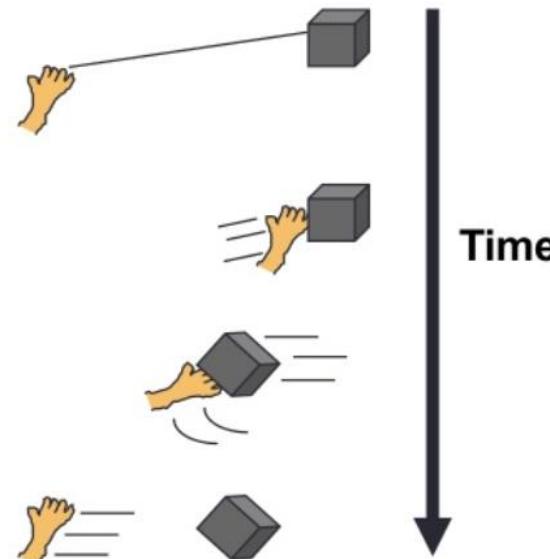
Object

Manipulation

Extending

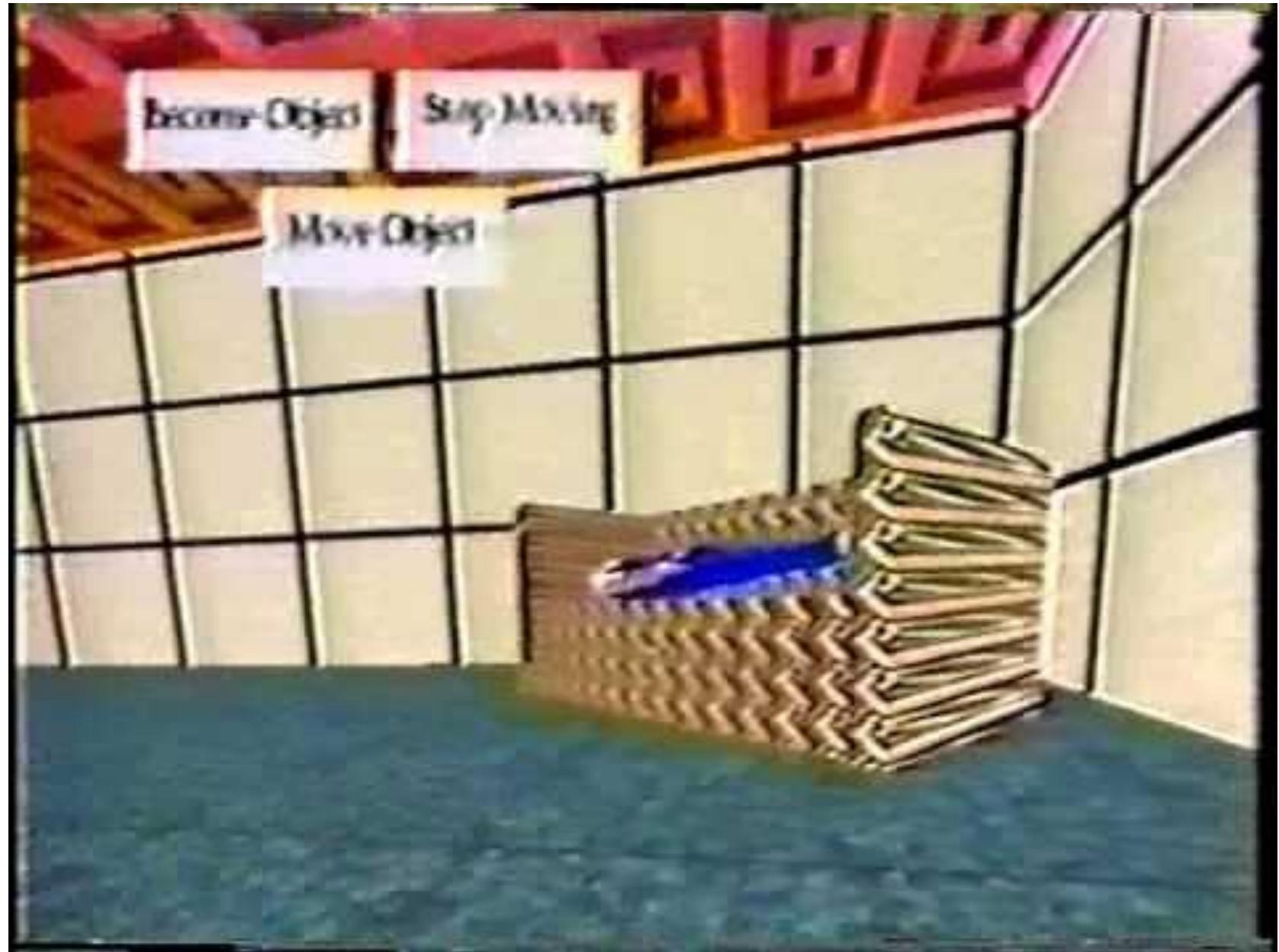
Ray-Casting

- 선택: 광선 투사법
- 조작: 가상 손으로 직접 조작
- 넓은 범위의 깊이에서 조작이 가능하도록 하기 위하여 선형 매핑을 포함함



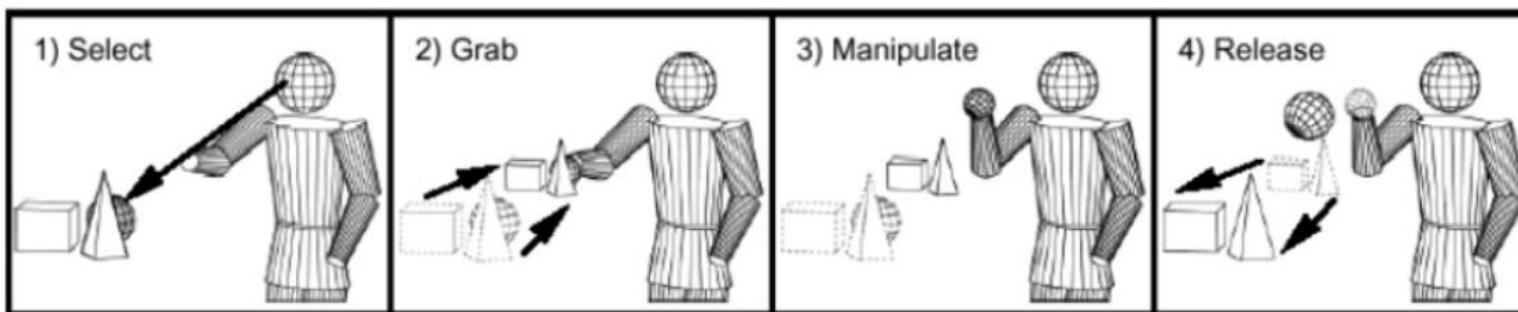
Time Bowman, D., & Hodges, L. (1997). An Evaluation of Techniques for Grabbing and Manipulating Remote Objects in Immersive Virtual Environments. Proceedings of the ACM Symposium on Interactive 3D Graphics, 35-38.

Example



Scaled-World Grab Technique

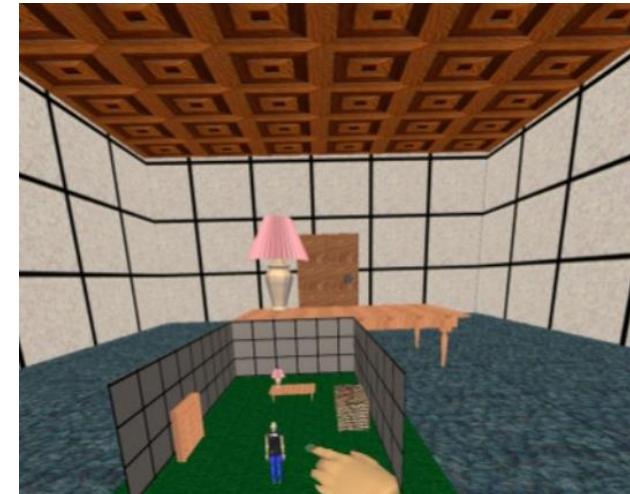
- 종종 가려짐과 함께 사용됨
- 선택을 위해 사용자를 확대 (또는 세계 축소) 함
- 사용자는 움직이기 전까지 이미지의 변화를 느끼지 못함



Mine, M., Brooks, F., & Sequin, C. (1997). Moving Objects in Space: Exploiting Proprioception in Virtual Environment Interaction. Proceedings of ACM SIGGRAPH, 19-26

World-In-Miniature (WIM) Technique

- 사용자의 손에 인형 집이 연결되어 있음
- 축소된 객체는 직접 조작될 수 있음
- 축소된 객체의 이동은 실제 크기의 객체에 영향을 줌
- 탐색에도 사용될 수 있음



Stoakley, R., Conway, M., & Pausch, R. (1995). Virtual Reality on a WIM: Interactive Worlds in Miniature. Proceedings of CHI: Human Factors in Computing Systems, 265-272, and Pausch, R., Burnette, T., Brockway, D., & Weiblen, M. (1995). Navigation and Locomotion in Virtual Worlds via Flight into Hand-Held Miniatures. Proceedings of ACM SIGGRAPH, 399-400.

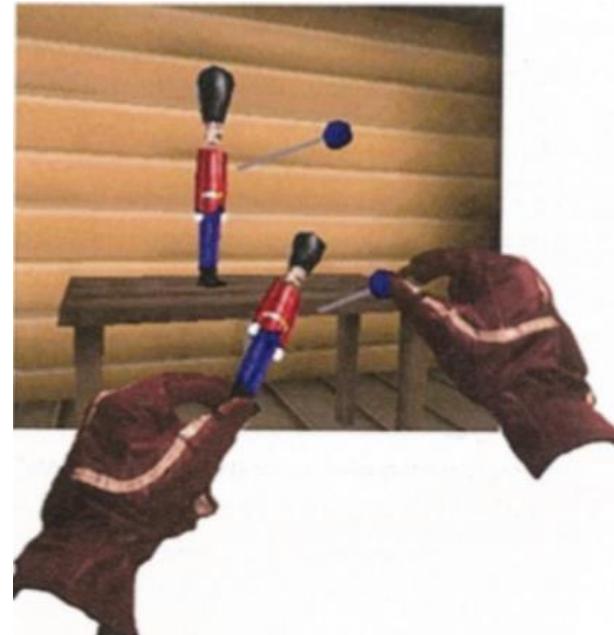
Example



<https://www.youtube.com/watch?v=Ytc3ix-He4E> (2:12)

Voodoo Doll Interaction

- 축소된 객체 조작
 - 객체의 복사본 적용
 - 실제 객체에 복사된 작업이 적용됨
 - 원거리 조작을 지원함
- 양손 기술
 - 한 손은 정지된 기준 프레임 설정
 - 다른 손으로 객체 조작



Pierce, J. S., Stearns, B. C., & Pausch, R. (1999). Voodoo dolls: seamless interaction at multiple scales in virtual environments. In Proceedings of the 1999 symposium on Interactive 3D graphics (pp. 141-145). ACM.

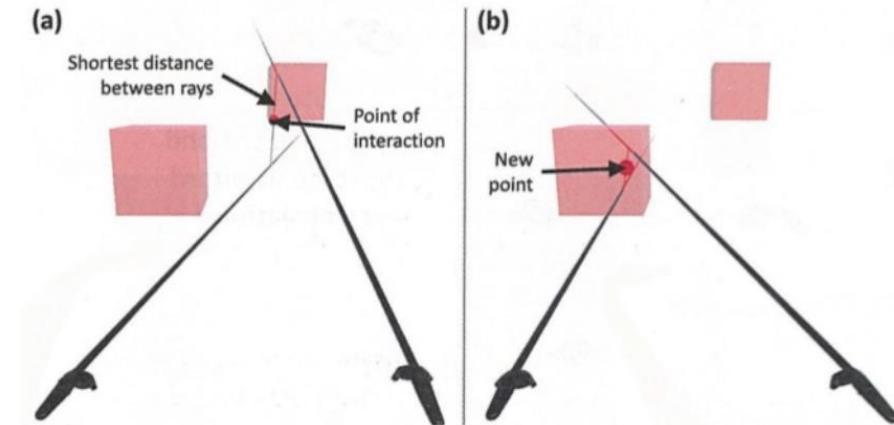
Two-Handed Interaction

- 대칭 vs. 비대칭
 - 대칭: 양손이 동일한 행동을 수행함
 - 비대칭: 양손이 서로 다른 동작을 수행함
- 주 사용 손 vs. 부 사용 손
 - Guiard's 원칙
 - 부 사용 손은 기준 프레임 제공
 - 부 사용 손은 대략적인 작업에 사용되고 주 사용 손은 세밀한 작업에 사용됨
 - 조작은 부 사용 손으로부터 시작됨

Guiard, Y., "Asymmetric Division of Labor in Human Skilled Bimanual Action: The Kinematic Chain as a Model," *J. Motor Behavior*, 19 (4), 1987, pp. 486-517.

Symmetric Bimanual Technique

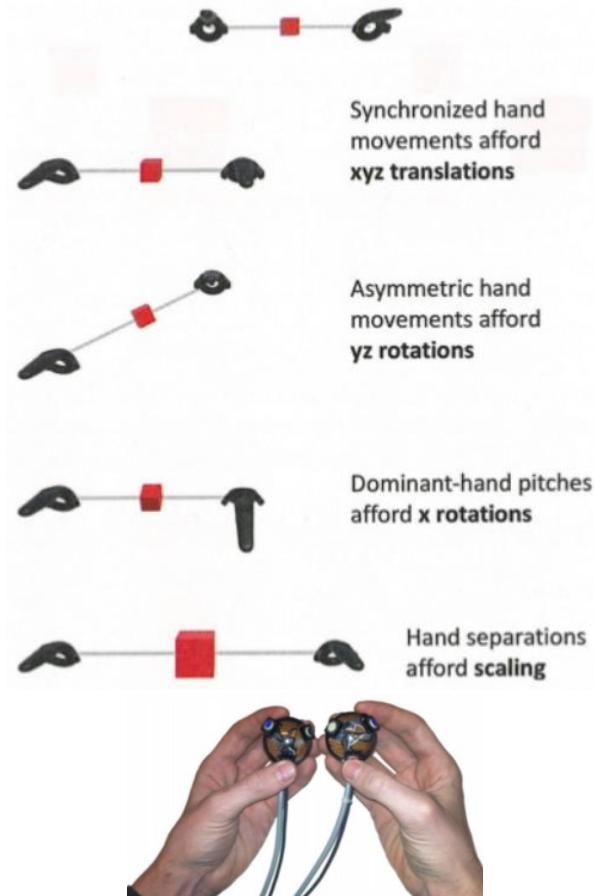
- iSith (Wyss 2006)
- 광선 투사법이 포함된 두 개의 6 DOF 컨트롤러 사용
- 두 개의 광선 교차점이 상호작용 되는 지점을 결정함



Wyss, H. P., Blach, R., & Bues, M. (2006, March). iSith-Intersection-based spatial interaction for two hands. In 3D User Interfaces, 2006. 3DUI 2006. IEEE Symposium on (pp. 59-61). IEEE

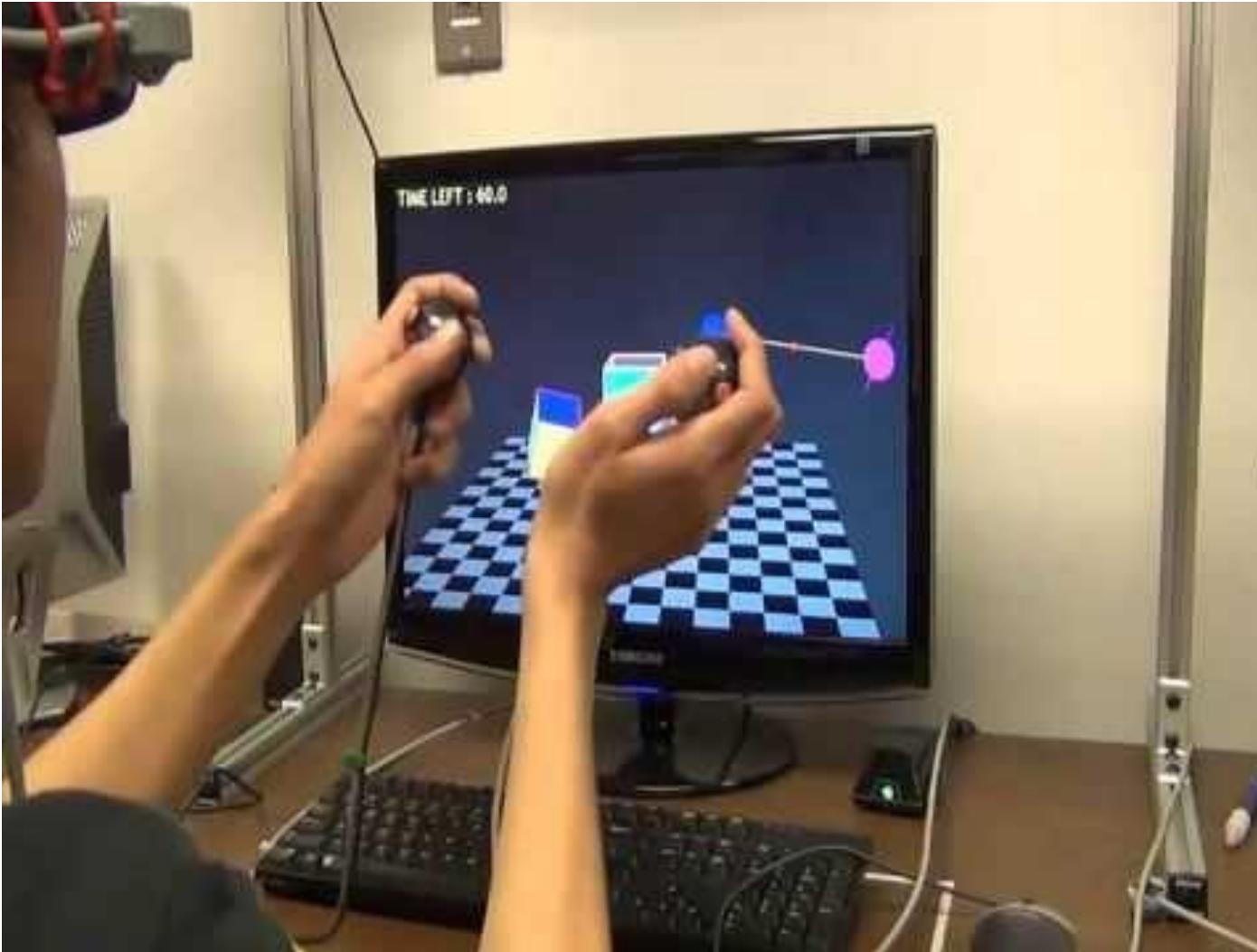
Asymmetric Bimanual Technique

- Spindle + Wheel (Cho 2015)
- 손에 들고 사용하는 컨트롤러
 - 두 개 6DOF
 - 주 사용 손과 부 사용 손
- 다른 손을 기준으로 하는 손의 움직임
을 통해 7 DOF 입력 제공



Cho, I., & Wartell, Z. (2015). Evaluation of a bimanual simultaneous 7DOF interaction technique in virtual environments. In 3D User Interfaces, 2015 IEEE Symposium on (pp. 133-136). IEEE.

Demo: Spindle + Wheel 7 DOF Input



<https://www.youtube.com/watch?v=nF4egFHyLYM> (3:04)

Design Guidelines for Manipulation

- 모든 경우에 적용할 수 있는 하나의 최고의 조작 기술은 없음
- 상호작용 기술을 장치에 매팅 함
- 가능한 경우 자유도 축소
- Clutching을 줄일 수 있는 기술 사용
- 잡기에 민감함(grasp-sensitive) 객체 선택 방법 사용 고려
- 조작을 위한 선택 및 잡기를 위한 포인팅 기술 사용
- 새로운 어플리케이션에 특화된 방법을 디자인하는 장점이 큰 경우가 아니라면 기존 기술 사용

Q/A

가상현실

(2024. 5. 23)

이종원

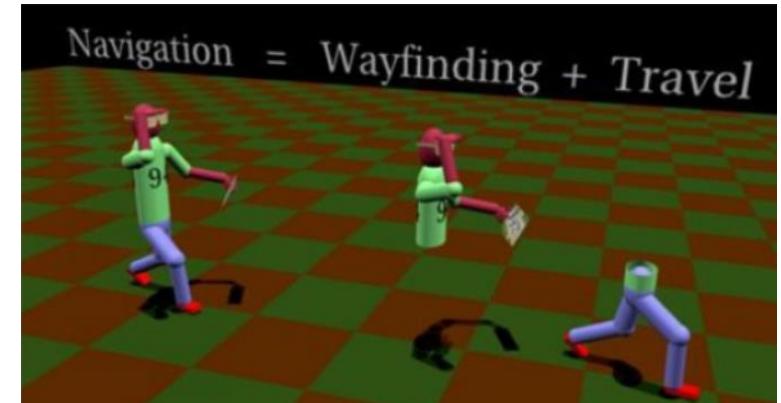
(jwlee@sejong.ac.kr)

Interaction in VR

Navigation

Navigation

- 환경 안에서 장소에서 장소를 어떻게 이동할 것인가?
- 여행과 길 찾기의 결합
 - 길 찾기: 항해(navigation)의 인지 구성요소
 - 여행: 항해(navigation)의 운동 구성요소
- 길 찾기 없는 여행: "탐험", "방황"



Travel

- 탐색의 운동 구성요소
- 사용자 시점에서 위치(와 보는 방향) 설정하고 두 위치 사이 이동
- 가장 일반적인 가상현실 상호작용 기술로 대부분의 대규모 가상현실에서 사용됨

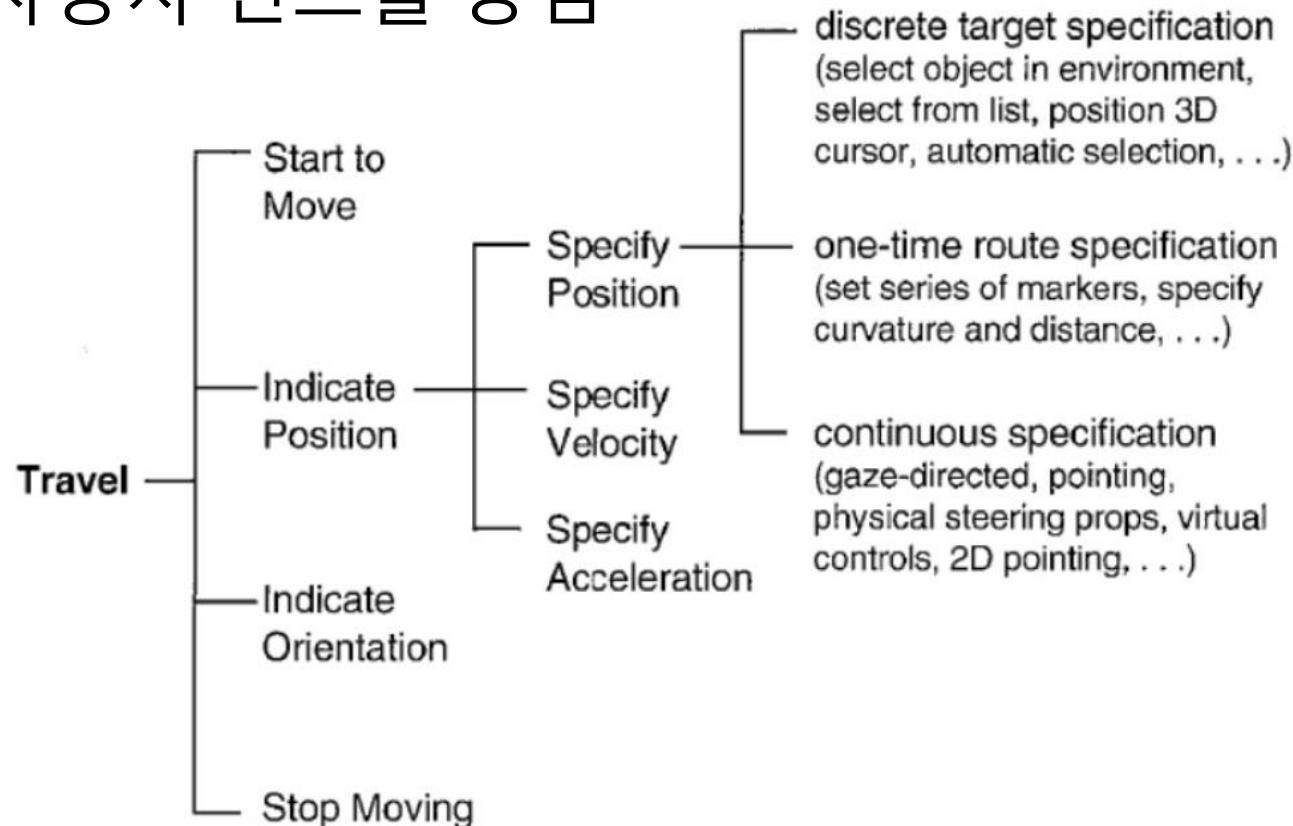


Types of Travel

- 탐색
 - 움직임에 명백한 목표 없음
- 수색
 - 특정 대상 위치로 이동
 - 준비가 없는 경우 – 타겟 위치를 알 수 없음
 - 준비가 된 경우 – 타겟 위치가 알려짐
- 조종
 - 시점 변경을 위한 짧고 정확한 움직임

Movement Process

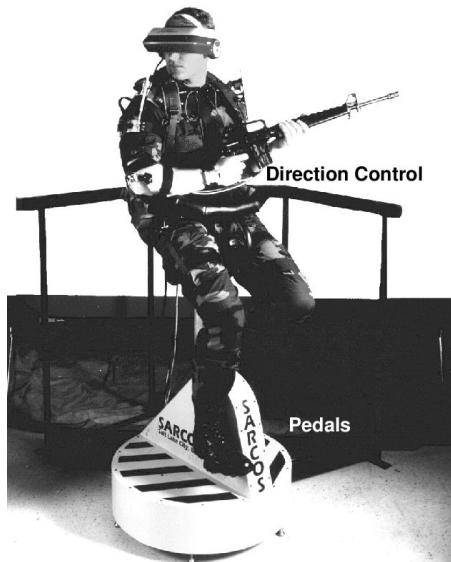
- 사용자 컨트롤 중심



Different Locomotion Devices



Different Locomotion Devices



UniPort



Treadport



Omni-Directional Treadmill

Classification of Travel and Locomotion

- 실제 여행과 가상 여행의 관점에서 운동 장치를 분류 할 수 있음

	Virtual turning	Real turning
Virtual translation	Desktop VEs Vehicle simulators CAVE wand	Most HMD systems Walking in place Magic Carpet
Real translation	Stationary cycles Treadport Biport	Wide-area tracking UNIPORT ODT

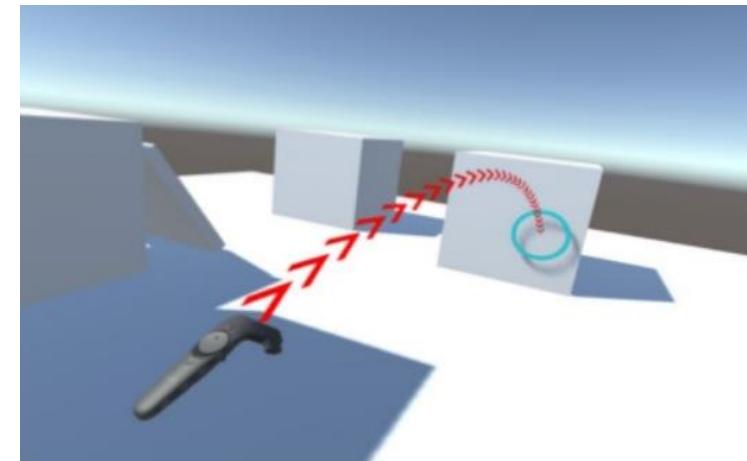
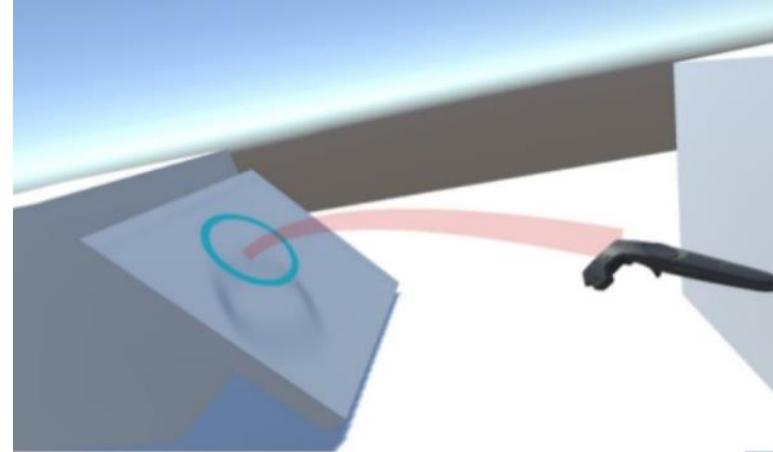
Gaze Directed Steering

- 보고 있는 방향으로 이동
- 매우 직관적이고 자연스러운 탐색
- 단순한 HMD에서 사용할 수 있음 (예:
구글 카드보드)
- 단점: 이동하며 다른 방향을 볼 수 없음

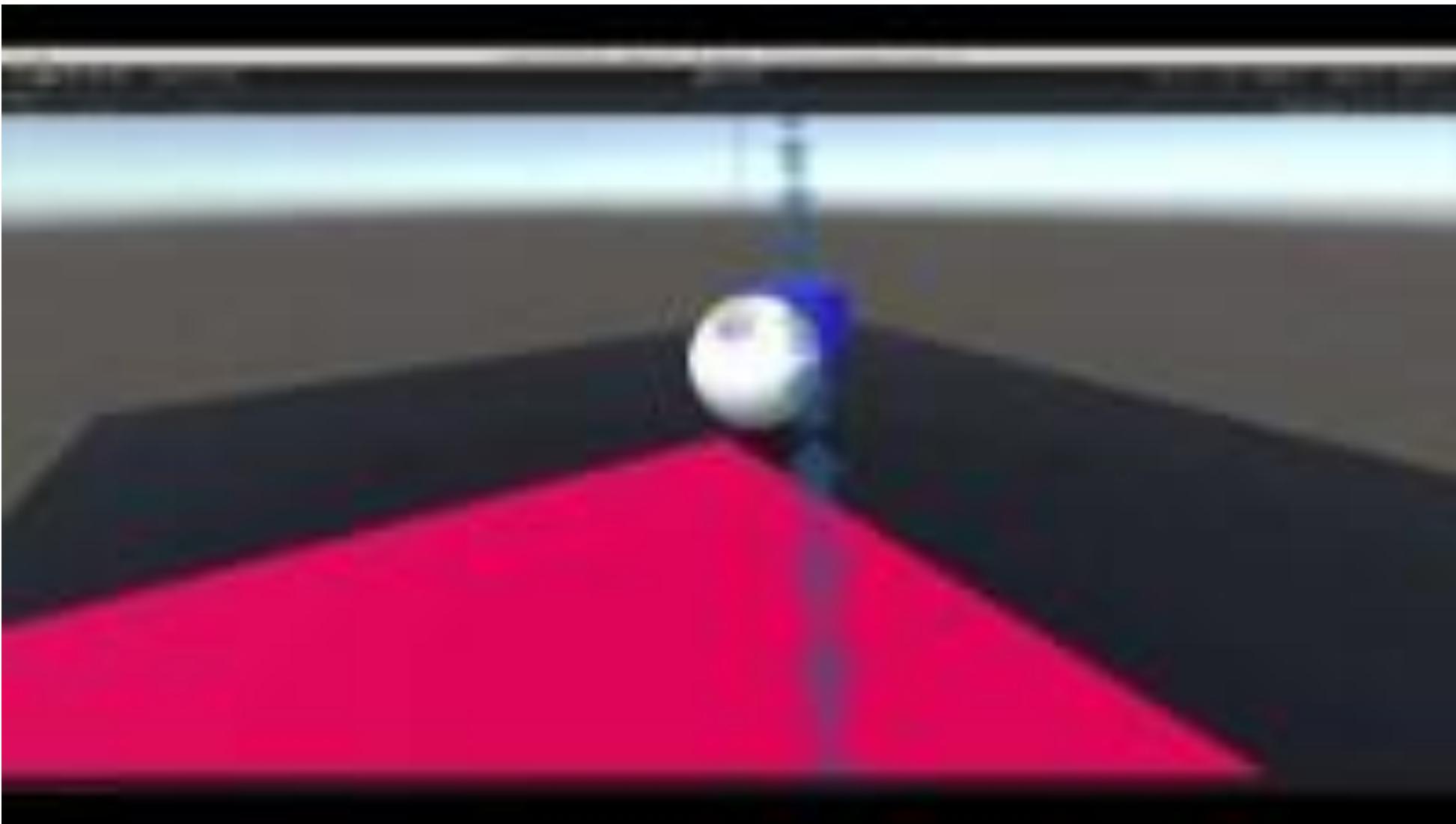


Teleportation

- 컨트롤러 사용 선택과 가리킴
 - 3DOF 컨트롤러로 사용 가능
- 가상환경에서 특정 지점으로 점프
- 연속적이지 않은 동작은 혼란과 멀미의 원인이 됨

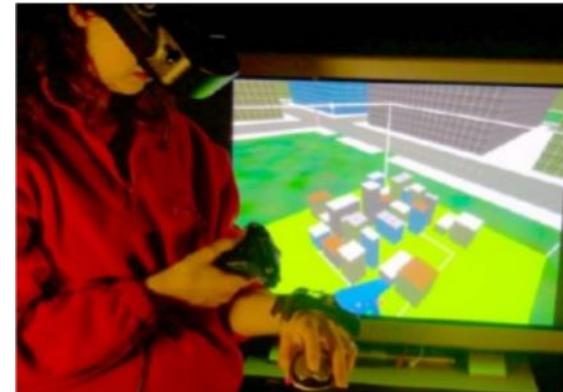


Example



Pointing Technique

- 조정장치 (steering) 기술
- 머리 추적 대신 손 추적
 - 원하는 방향으로 가리킴
- 시선 기반 조정보다 약간 더 복잡함
- 서로 다른 이동 방향과 보는 방향을 가질 수 있음
 - 상대적인 움직임에 좋음
 - 한 방향으로 보고 다른 방향으로 움직일 수 있음

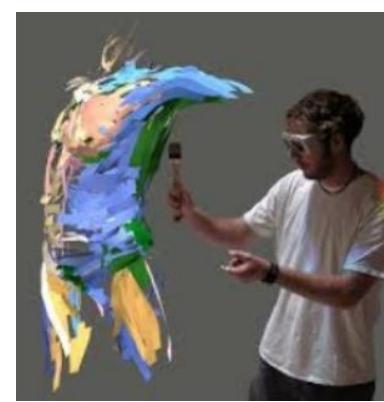


Example: VIVE Thrust



Grabbing the Air Technique

- 사용자 자신의 손 제스처를 사용하여 가상세계에서 이동
- 뱃줄을 당기는 메타포
- 자주 양손 기술 적용
- Pinch Glove 사용하여 구현 가능



Mapes, D., & Moshell, J. (1995). A Two-Handed Interface for Object Manipulation in Virtual Environments. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 4(4), 403-416.

Moving Your Own Body

- 자신의 몸을 움직일 수 있음
 - 미니어처 월드 또는 지도 보기
- 아바타를 잡고 원하는 위치로 이동
- 가상환경에서 새로운 위치로 바로 순간 이동

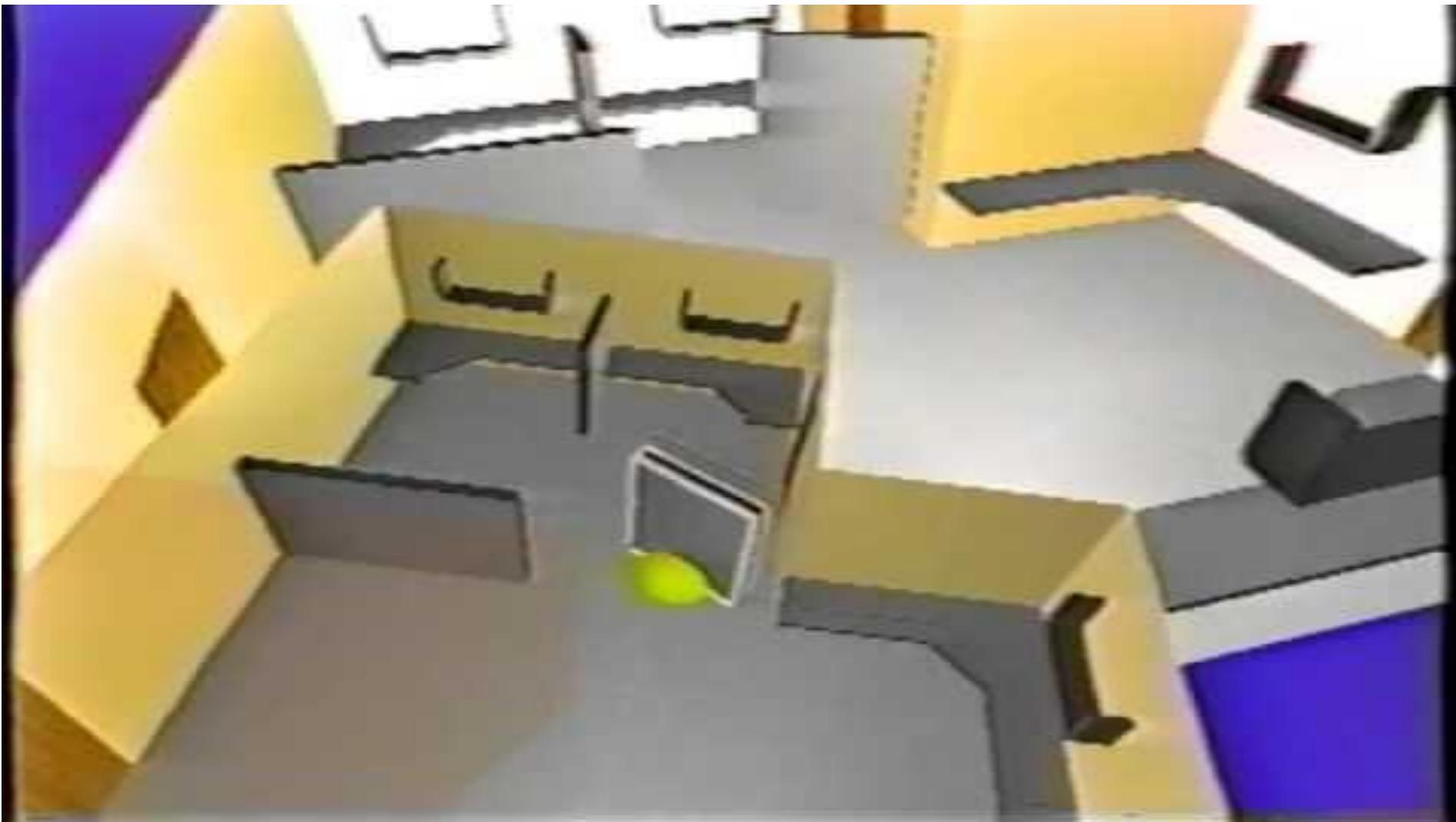


Moving avatar in Map View

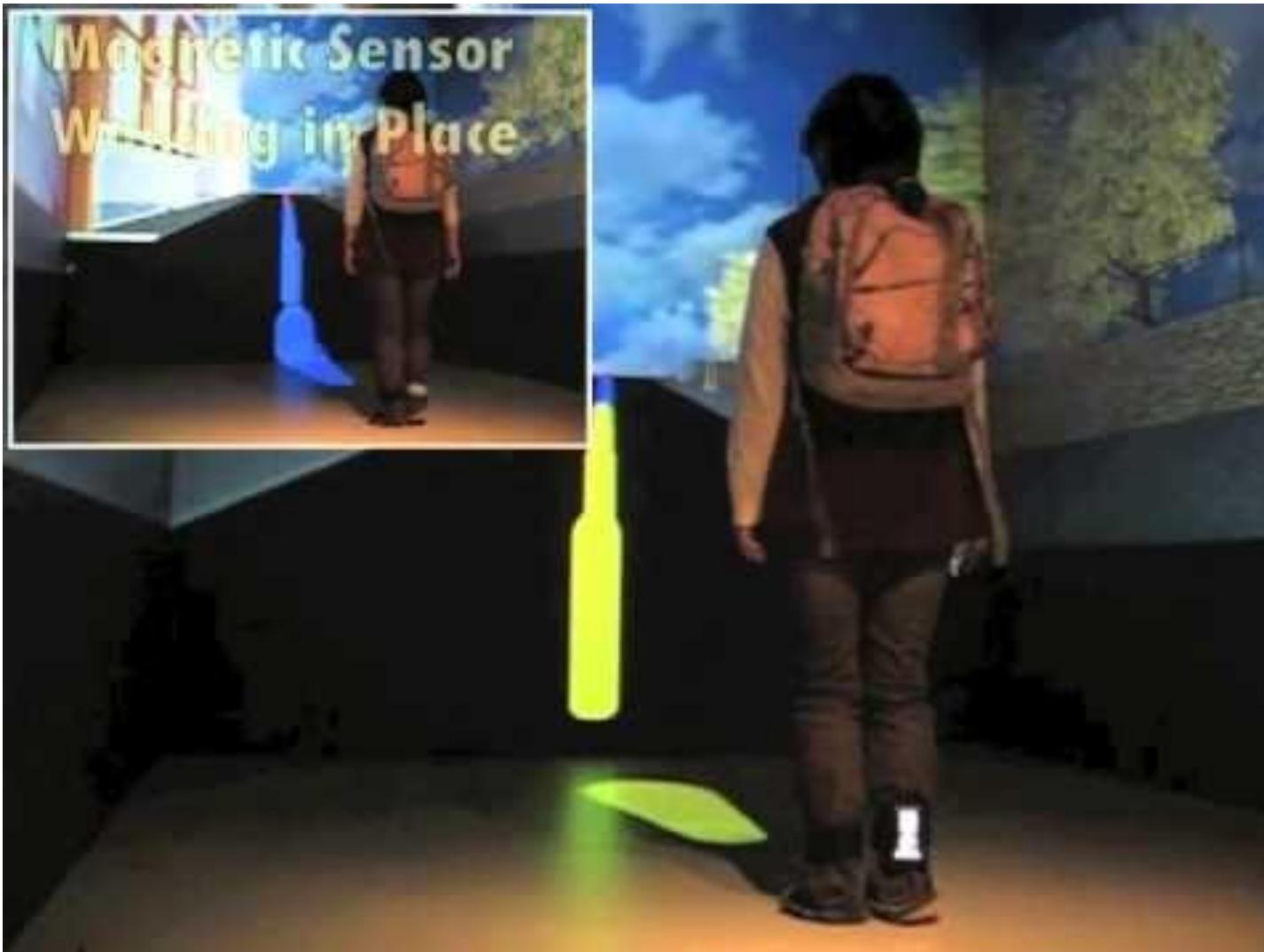


Moving avatar in WIM view

Example: Navigation Using WIM



Walking in Place

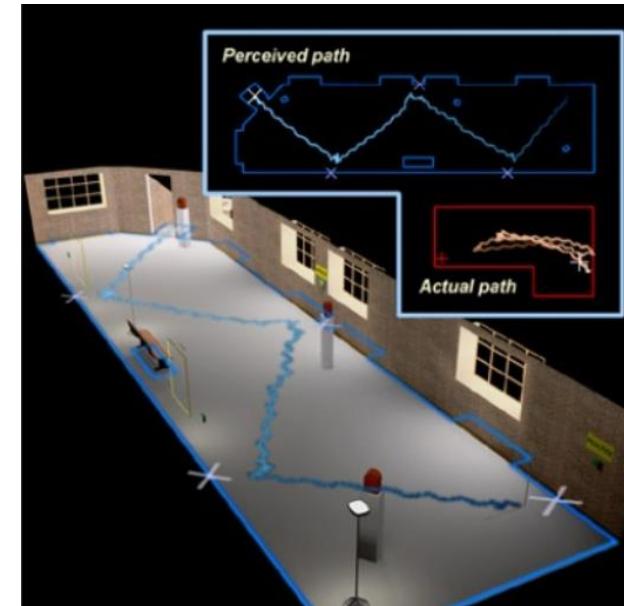


Real Walking



Redirected Walking

- 제한된 보행 공간에서 문제점 해결
- 공간의 가상현실 그래픽을 휘게 함
- 원으로 걸으면서 똑바로 걷는듯한 환상 생성



Razzaque, S., Kohn, Z., & Whitton, M. C. (2001, September). Redirected walking. In Proceedings of EUROGRAPHICS (Vol. 9, pp. 105-106).

Redirected Walking

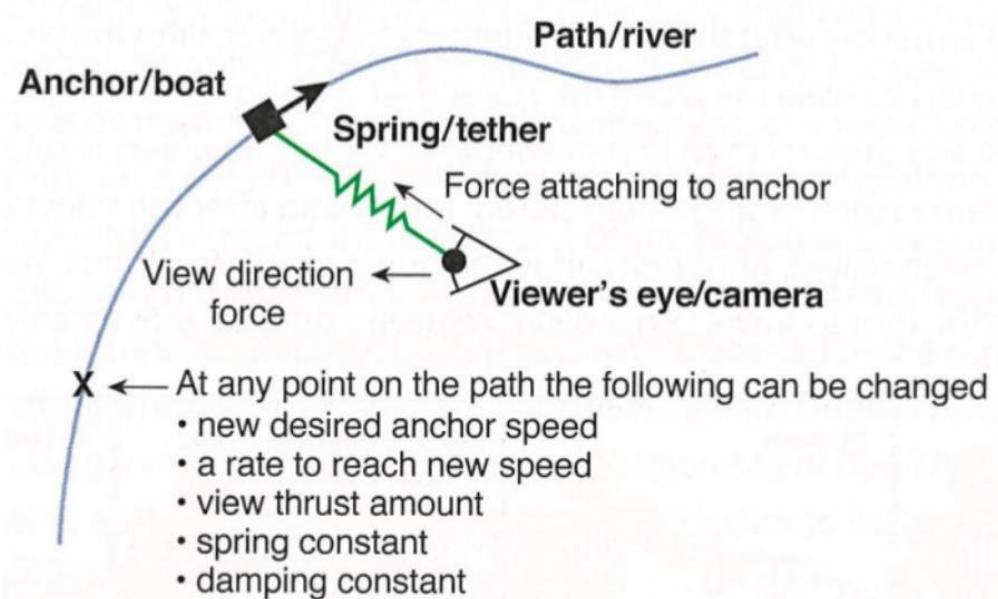


Redirected Walking with Walls



Guided Navigation Technique

- 가상현실 움직임을 위한 수상 스키 메타포
- 사용자에게 일정 정도의 통제력을 부여하면서 고정된 방향으로 이동하는 데 적합



Example

- Virtual Jungle Cruise, DisneyQuest
indoor theme park



Virtual Jungle Cruise



Wayfinding

- 다음의 수단으로 사용
 - 공간과 시간에 대하여 사람이 어디에 있는지에 대한 의식 결정 (그리고 유지)
 - 환경에서 원하는 목적지를 향한 경로를 확인 함
- 문제: 6DOF가 길 찾기를 어렵게 함
 - 사람은 환경에서 자신의 위치를 인지하는 능력이 다름
 - 추가적인 자유도는 사람을 쉽게 혼란 시킬 수 있음
- 가상환경에서 길 찾기 작업의 목적
 - 공간적 지식을 활용
 - 복잡한 환경에서 탐색 경험을 통한 다른 작업 지원

Wayfinding: Making Cognitive Maps

- 길 찾기의 목적은 정신 모델(인지 지도)을 구축하는 것임
- 정신 모델의 공간 지식 유형
 - 주요 지형지물에 대한 지식
 - 절차적 지식 (경로를 따르기 위해 요구되는 일련의 행동)
 - 지도와 같은 지식
- 정신 모델 구축
 - 지도의 체계적인 연구
 - 실 공간 탐사
 - 실 공간의 사본 탐사
- 문제: 가상환경 안에서 지각적 판단 오류
 - 예: HMD를 착용한 사용자는 제한된 시야로 인하여 공간의 크기를 종종 과소 평가 함

Kevin Lynch: The Image of the City

- 실제 도시에 존재하는 다섯 가지 요소
 - 경로, 가장자리 (Edge), 구역, 교점 (Node), 주요 지형지물
- 가상환경도 동일함

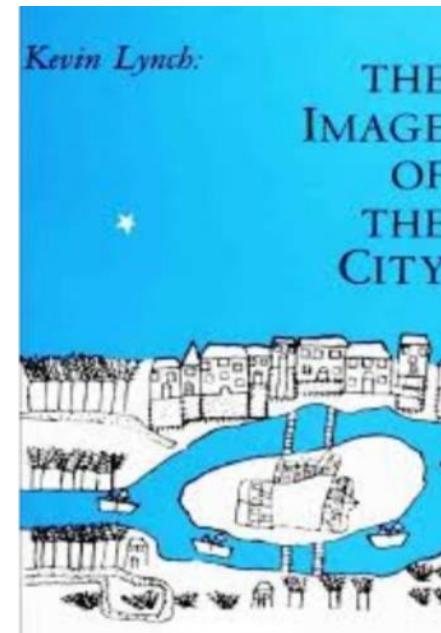
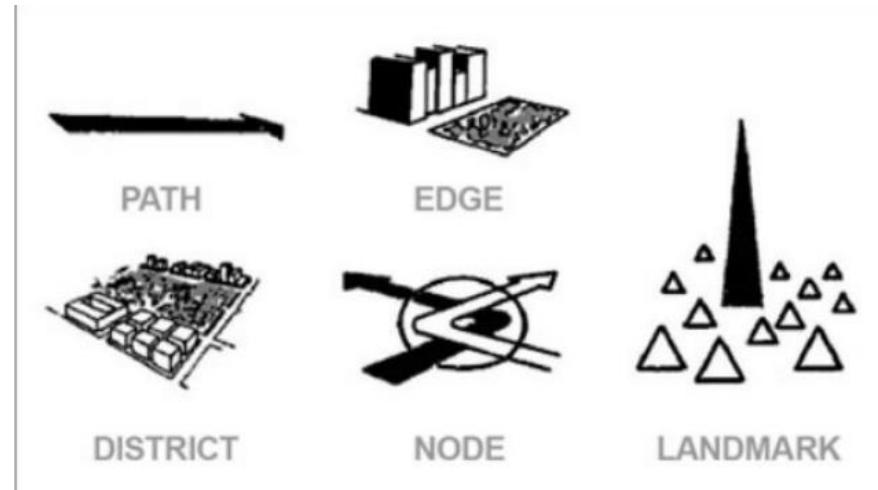
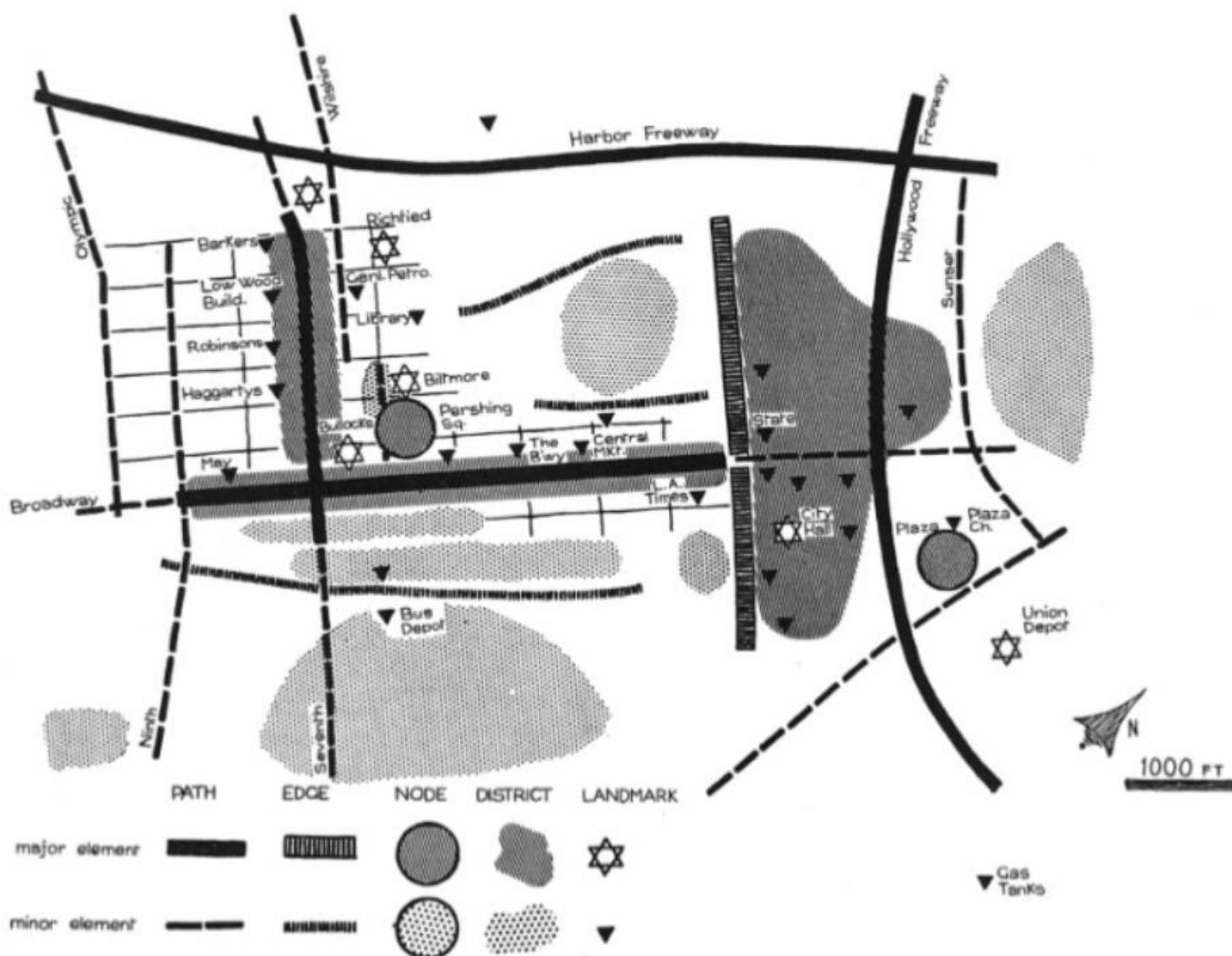
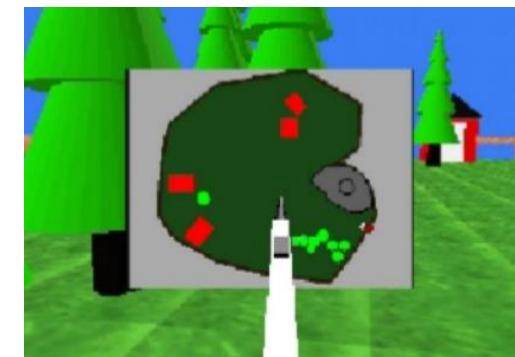


FIG. 14. *The visual form of Los Angeles as seen in the field*

Designing VE to Support Wayfinding

- 주요 지형지물 제공
 - 분명하고 뚜렷한 이동하지 않는 객체는 주요 지형지물 역할을 할 수 있음
 - 좋은 주요 지형지물은 여러 위치에서 볼 수 있음 (예: 높음)
 - 오디오 비콘 또한 주요 지형지물 역할을 할 수 있음
- 지도 사용
 - 실 세계 지도 복사
 - 자기 중심적 vs. 세계 중심적
 - 미니어처 세계
 - 지도 기반 탐색



Wayfinding Aids

- 경로 따라가기
 - 쉬운 길 찾기 방법
 - 단일 공간에서 여러 개의 경로는 색상으로 표시 될 수 있음
 - 예: 색상 선을 사용하여 특정 위치에 도달하는 방법을 사용하는 병원
- 빵 가루 (흔적을 남김)
 - 마커로 흔적을 남김 – 헨젤과 크레텔
 - 사용자에게 이전에 어디에 있었는지를 알 수 있게 함
 - 너무 많은 마커를 사용하면 공간을 지나치게 복잡하게 만들 수 있음
- 나침반
 - 다른 형태의 방향 표시 방법 (예: 인공 수평선)
 - 2D 공간 또는 3D 공간에서 방향을 지정할 수 있음

Examples



Design Guidelines for Navigation

- 여행 기술을 어플리케이션에 맞춤
- 여행 기술, 디스플레이 장치와 입력 장치의 적절한 조합 사용
- 가장 일반적인 여행 작업은 사용자의 노력을 최소화 해야 함
- 사용자의 노력과 자연스러움이 필요한 경우 실제 이동 기술을 사용함
- 목표 지향적인 여행은 목표 기반 기술을 사용하고 탐색 및 수색을 위해서는 조정장치 기술 사용
- 하나의 어플리케이션에서 다른 종류의 여행 업무에 대하여 다양한 여행 기술 제공
- 어플리케이션에서 다른 상호작용 기술과 쉽게 통합할 수 있는 여행 기술 선택

Q/A

가상현실

(2024. 5. 30.)

이종원

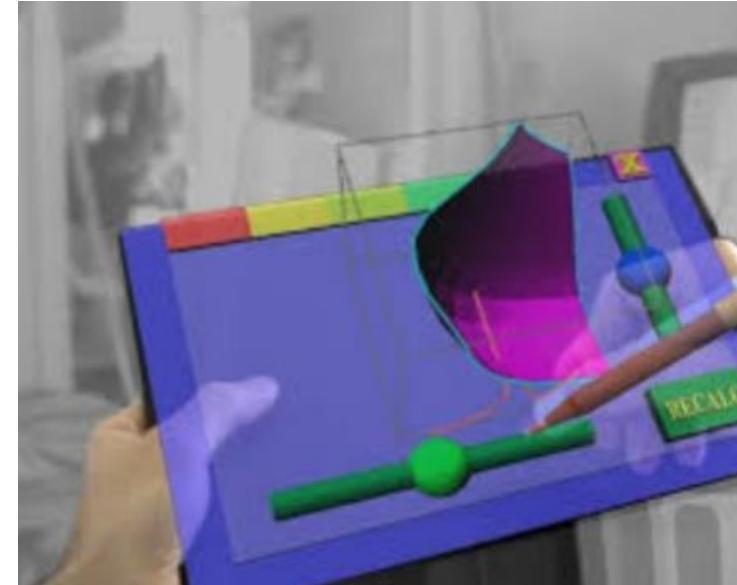
(jwlee@sejong.ac.kr)

Interaction in VR

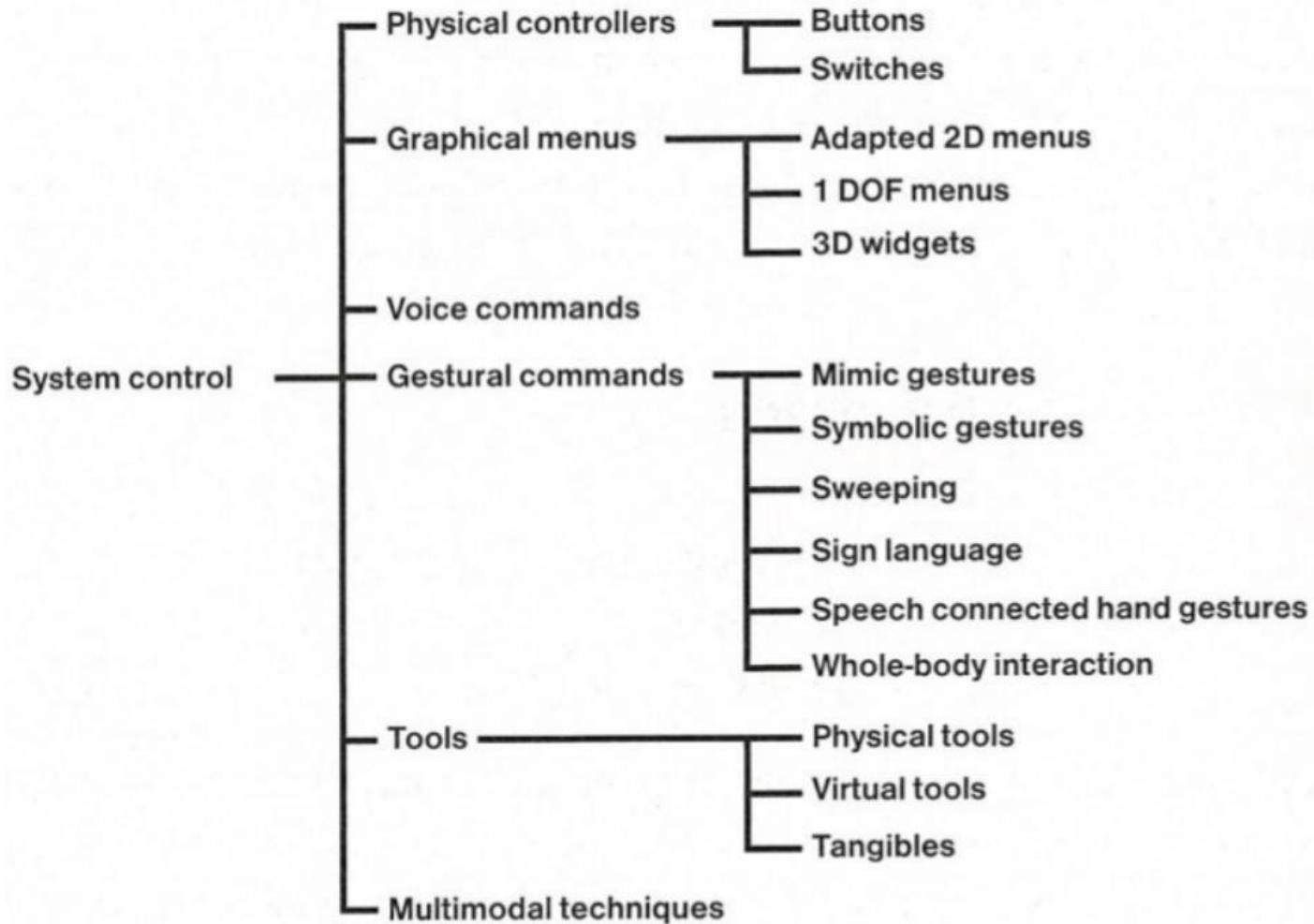
System Control

System Control

- 시스템 상태 또는 모드 변경을 위해 명령 실행
- 예
 - 어플리케이션 실행
 - 시스템 설정 변경
 - 파일 열기 등
- 주요 포인트
 - 사용자에게 명령 보이게 하기
 - 쉬운 선택 지원



System Control Options



Example: GearVR Interface

- 3D 환경에서 2D 인터페이스
- 헤드 포인팅과 클릭하여 선택

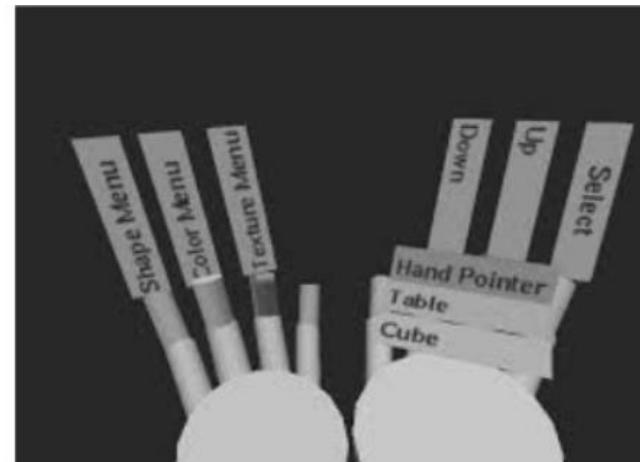
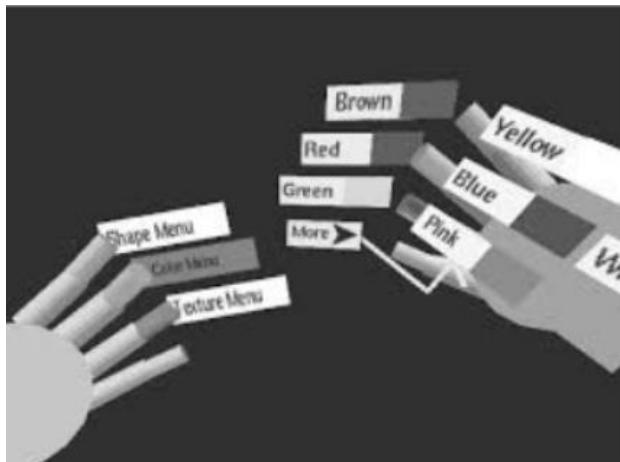


Example



TULIP Menu

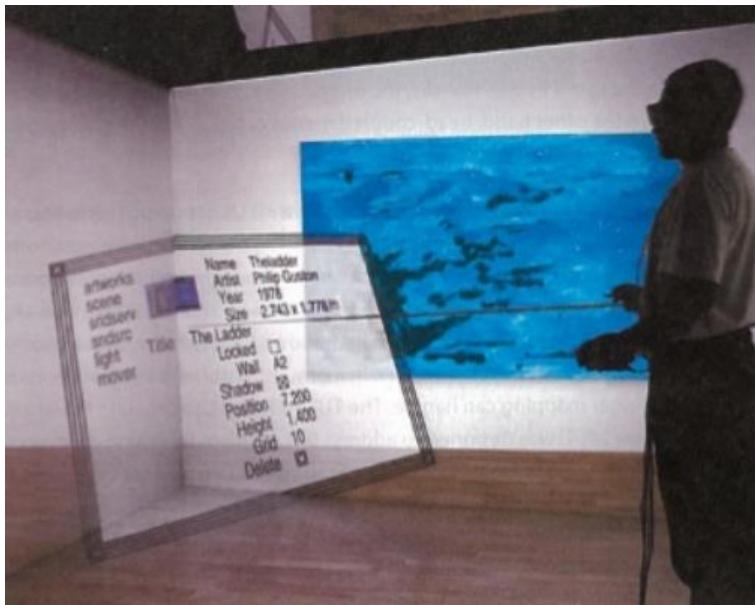
- 가상 손가락 끝에 메뉴 항목 연결
- 핀치 글러브 상호작용에 이상적임
- 한 손가락으로 다른 손가락의 메뉴 옵션 선택



Bowman, D. A., & Wingrave, C. A. (2001, March). Design and evaluation of menu systems for immersive virtual environments. In Virtual Reality, 2001. Proceedings. IEEE (pp. 149-156). IEEE.

2D Menus in VR

- 가상환경에서 2D GUI 및 떠다니는 메뉴

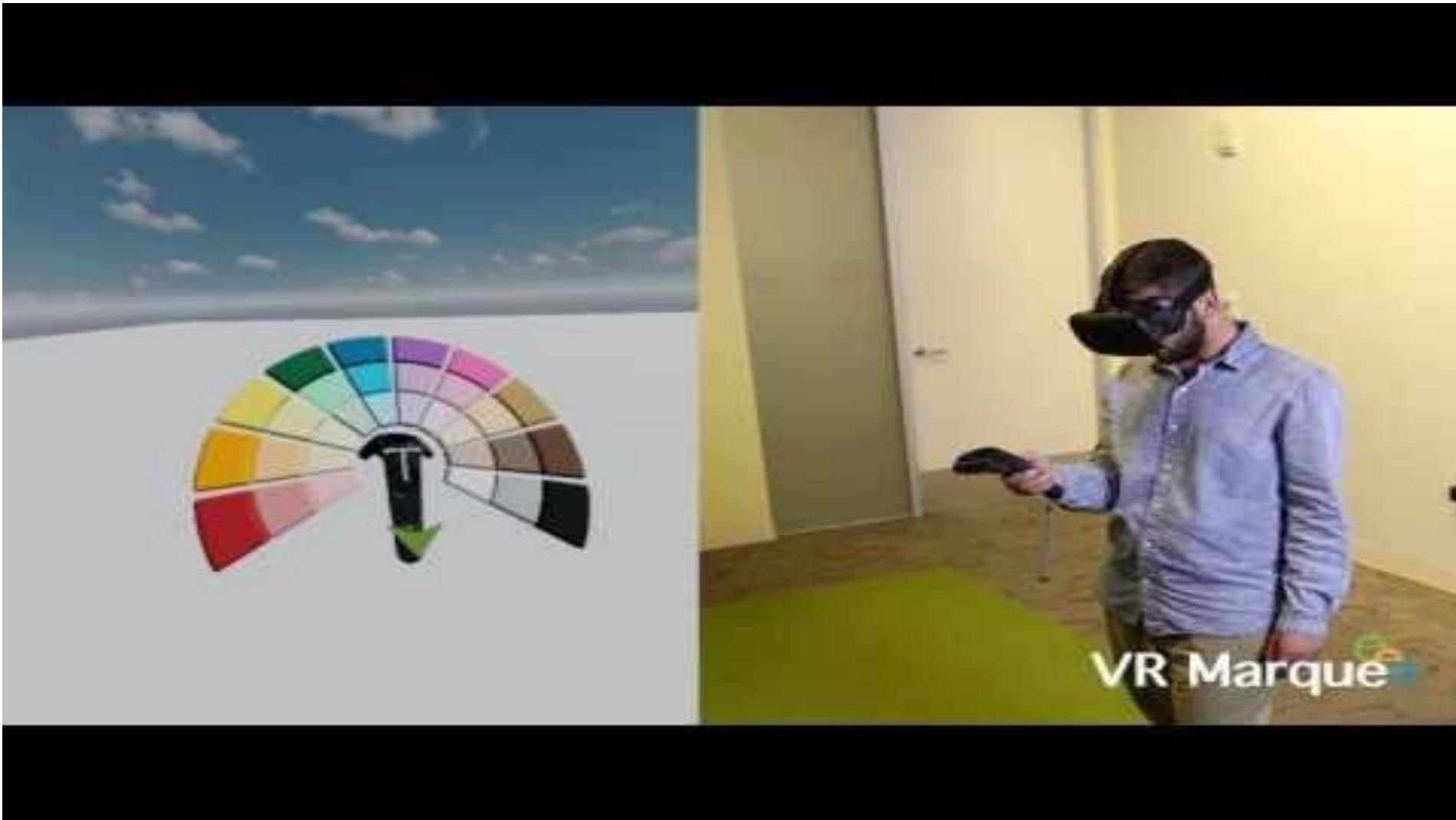


2D Menu in VR CAVE



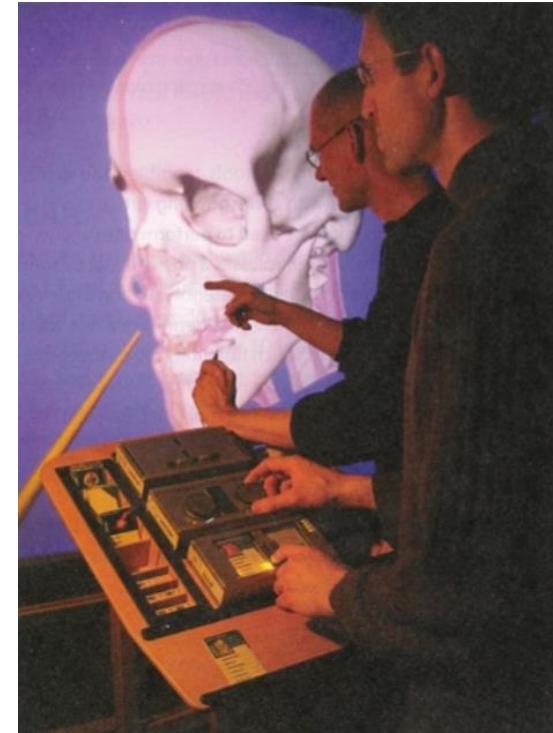
Nested Pie Menu

Example: Marking Menu in VR



Tools

- 시스템 명령을 위한 도구 사용
 - Tangible user interfaces (real tools)
 - Virtual tools (3D objects)
- 디자인 문제
 - 물리적 행동 유도성 사용
 - 익숙한 물건에 기반을 둠
 - 촉각 피드백 제공
 - 가상 작업에 실제 도구 매핑



Tangible interface for CAVE

Voice Input

- 구현
 - 광범위한 음성 인식 엔진 사용 가능
 - 예: 유니티 음성 인식 플러그인, IBM VR 음성 sandbox
- 고려해야 할 요소
 - 인식률, 배경 잡음, 사용자 의존성/독립성
- 디자인 이슈
 - 사용자에게 보이지 않는 음성 인터페이스: UI 행동 유도성 없음. 사용 가능한 함수 개요
 - 사용자 대화에서 시스템 명령의 모호함 제거: 말하기 위해 누름 동작 또는 키워드 사용
 - 제한된 명령 – 음성 인식 사용
 - 복잡한 어플리케이션 – 대화형 시스템 사용

Example – IBM VR Speech Sandbox



<https://vimeo.com/196604174> (2:20)

Conclusions

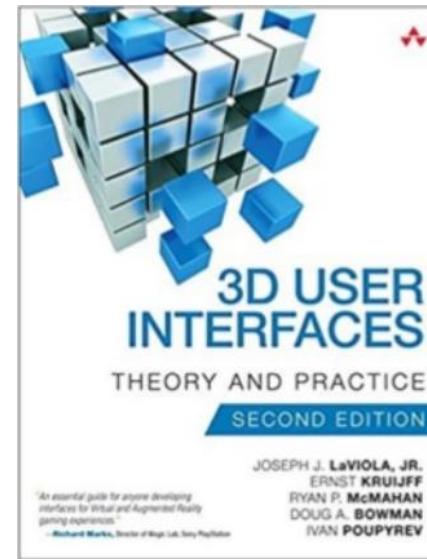
- 사용성(usability)은 가상현실 어플리케이션이 직면한 가장 중요한 이슈 중 하나임
- 사용성을 보장하는데 구현 세부 사항은 중요함
- 코딩 용이성과 사용 편의성과 동일하지 않음
- 단순히 2D 인터페이스를 적용하는 것은 충분하지 않음

Conclusions

- 사용자 인터페이스는 좋은 가상현실 경험에 매우 중요함
 - 3D 사용자 인터페이스 기술이 필요함
- 디자인이 필요한 분야
 - 선택/조작
 - 탐색
 - 시스템 제어
- 좋은 디자인 지침 따르기
 - 가상현실 환경에 단순히 2D 기술을 적용할 수 없음

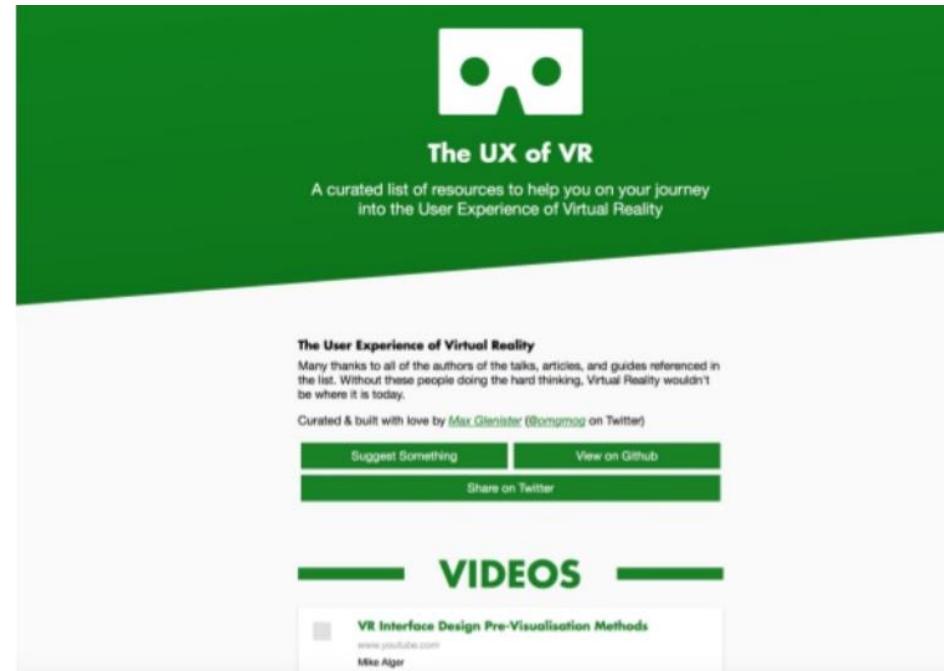
Resources

- Excellent book
 - 3D User Interfaces: Theory and Practice
 - Doug Bowman, Ernst Kruijff, Joseph, LaViola, Ivan Poupyrev



UX of VR Website - www.uxofvr.com

- Many examples of great interaction techniques
- Videos, books, articles, slides, code, etc..



Q/A