

# 가상현실

(2024. 05. 14)

이 종 원

(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

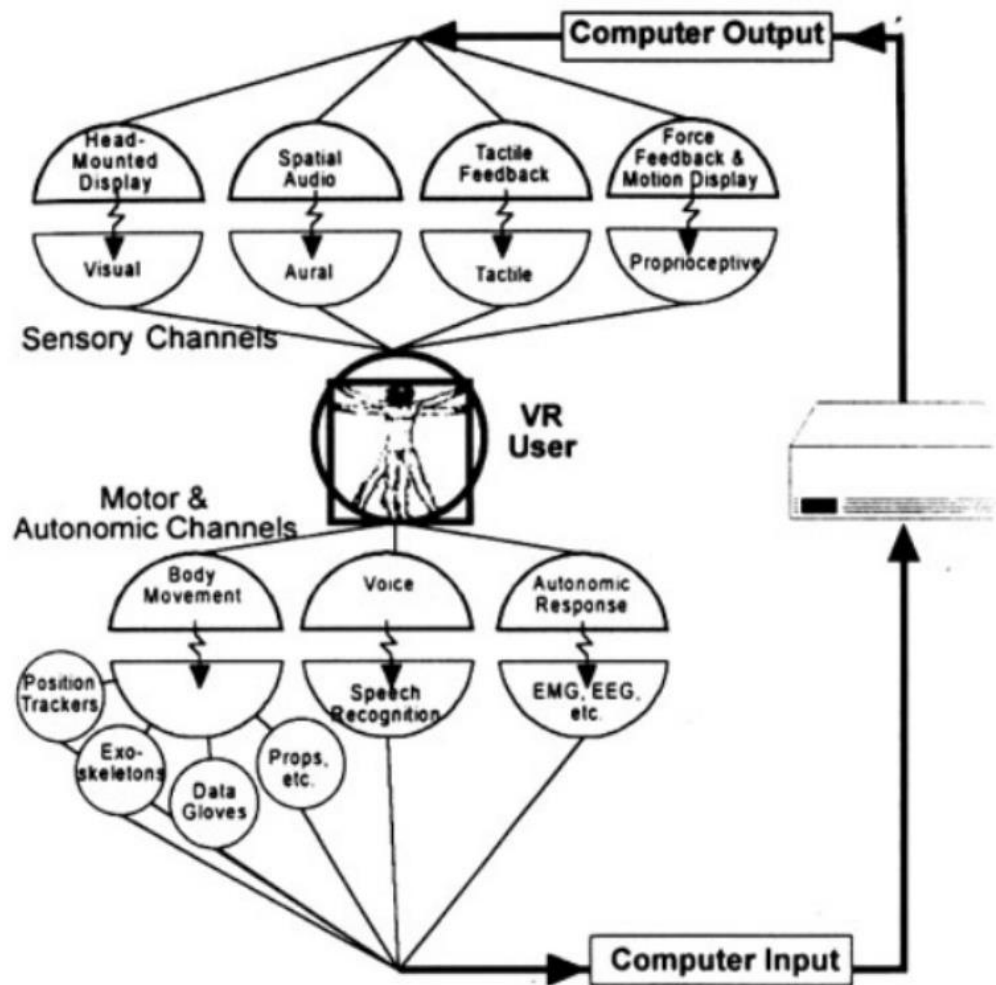
사용자에게  
정보 전달

*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 폈다 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-Tracker 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
  - 자기수용감과 수동적인 햅틱 터치 큐 제공
  - 실제 손 움직임에 직접적인 매핑



*HTC Vive Controllers*



*Oculus Touch Controllers*

# 자기수용감각



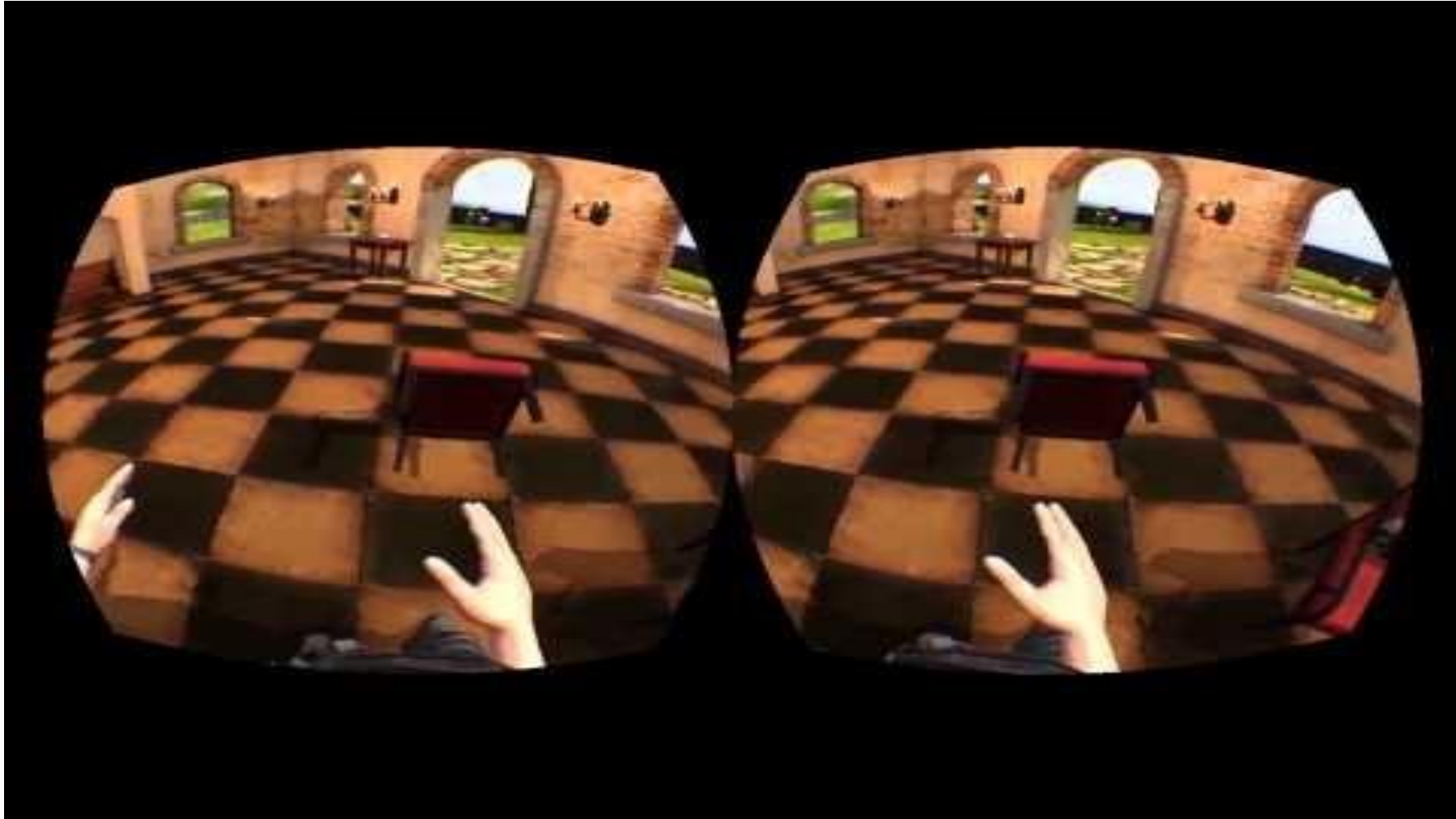
<https://youtu.be/PMm7G0il5oc> 2017. 08. 16. (1:38)

# Sixense STEM

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



# Sixense Demo Video



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



# WMR Handheld Controllers

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



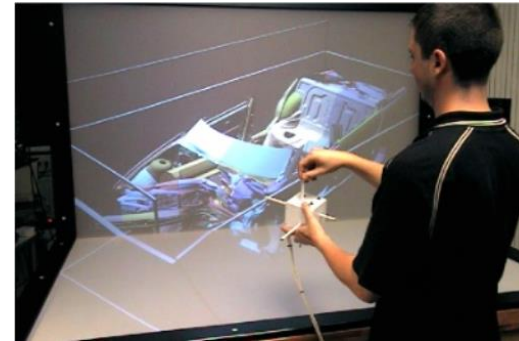
# WMR Handheld Controllers





# 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



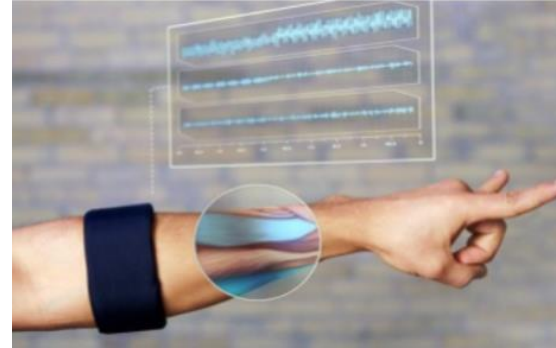
Fröhlich, B., & Plate, J. (2000). The cubic mouse: a new device for three-dimensional input. In Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in Computing Systems (pp. 526-531). ACM.

# Hand Worn Devices

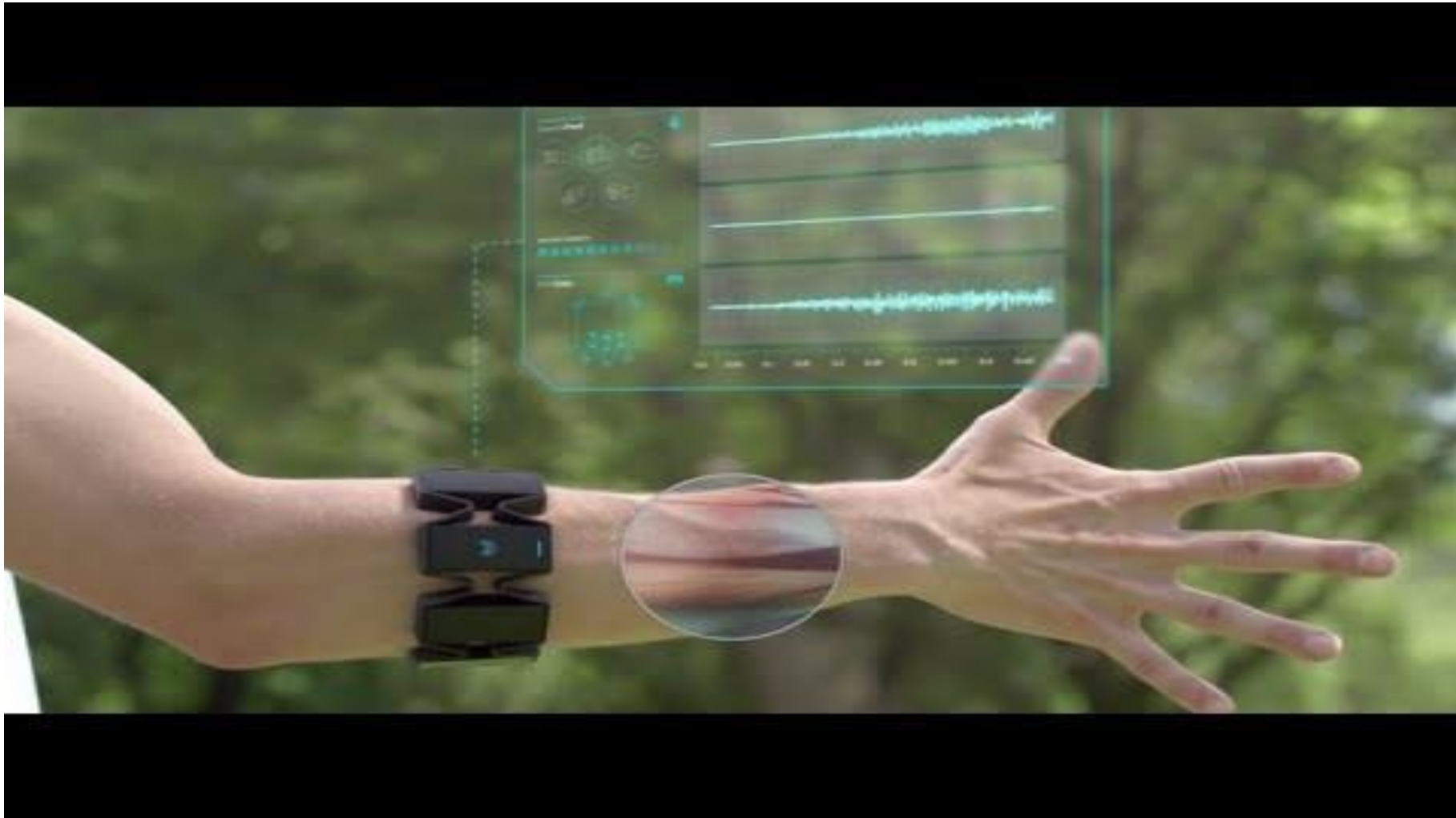
- 손과 팔에 착용하는 장치
  - 장갑, 근전도(EMG) 센서, 반지 등

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





# StretchSense Glove Demo





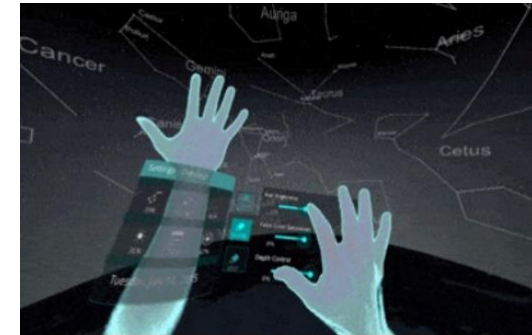
# Optical vs. StretchSense



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

# 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

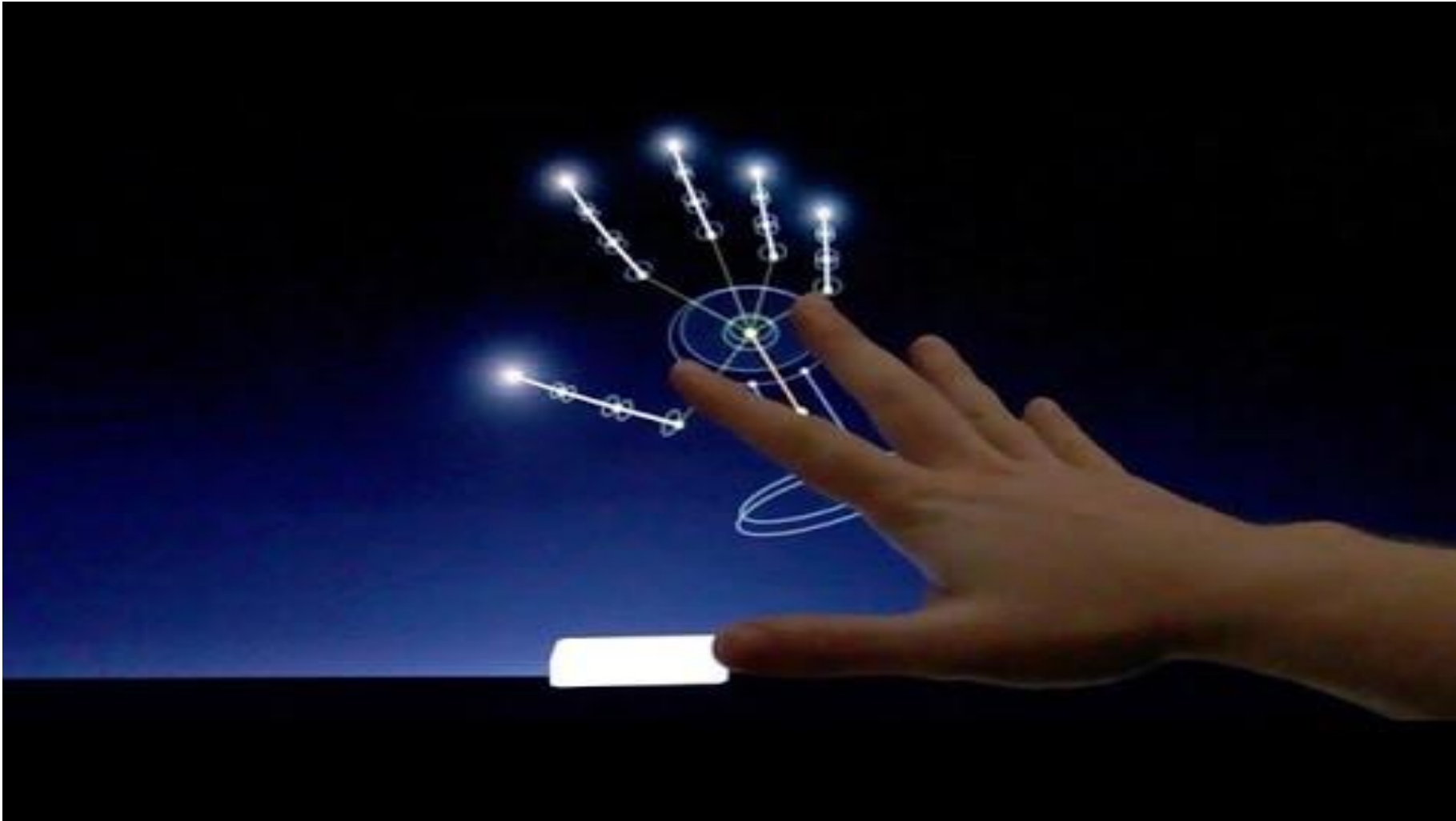


# Leap Motion

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



<https://vrscout.com/news/meta-reveals-hand-tracking-2-0-for-the-meta-quest-2/>

# Hand-Tracking 2.0 for the Meta Quest 2



<https://youtu.be/K-l-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

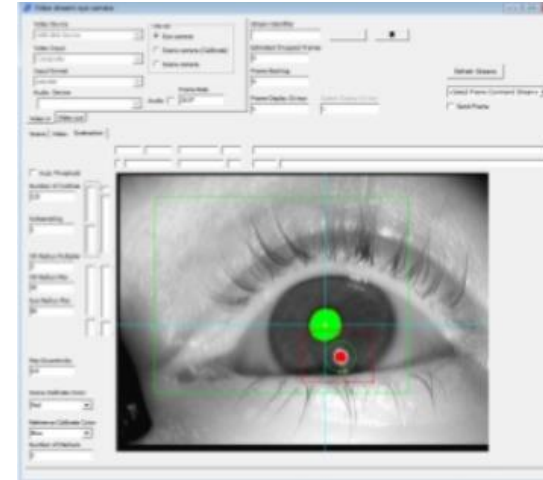
# Eye Tracking

- 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

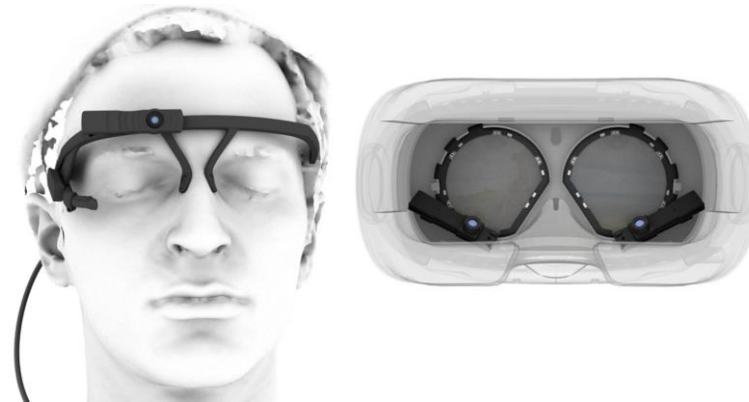
- 시선 추적이 가상현실 HMD에 통합됨
- 시선 기반 사용자 상호작용, foveated rendering



<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, 0.6° 시선 추적 정확도
  - 시선 추적을 위한 소프트웨어는 오픈 소프트웨어 라이선스 적용
- <https://pupil-labs.com/pupil/>

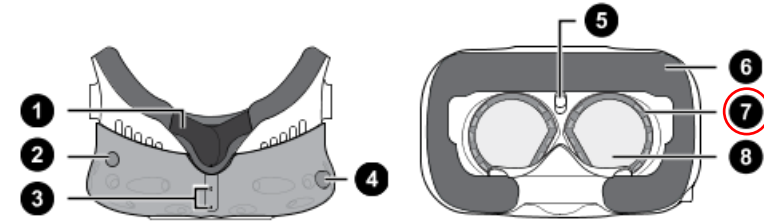


# Vive Pro Eye Tracking

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



# Vive Pro Eye Tracking



<https://youtu.be/eyal9l9ydEY> (2019. 01. 09, 4:27)

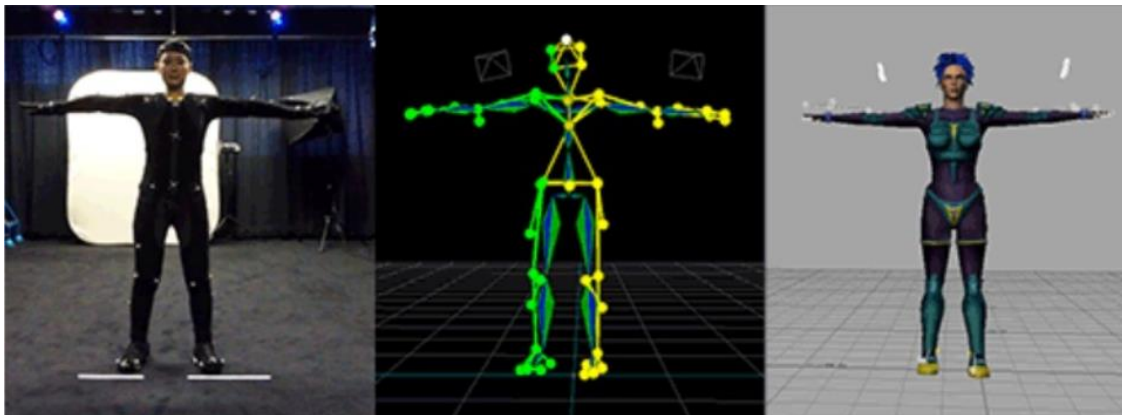
# Full Body Tracking

- 가상현실에 전신 입력 추가

- 자신이 환경에 존재한다는 환상 생성
- 존재감을 현저하게 향상시킴

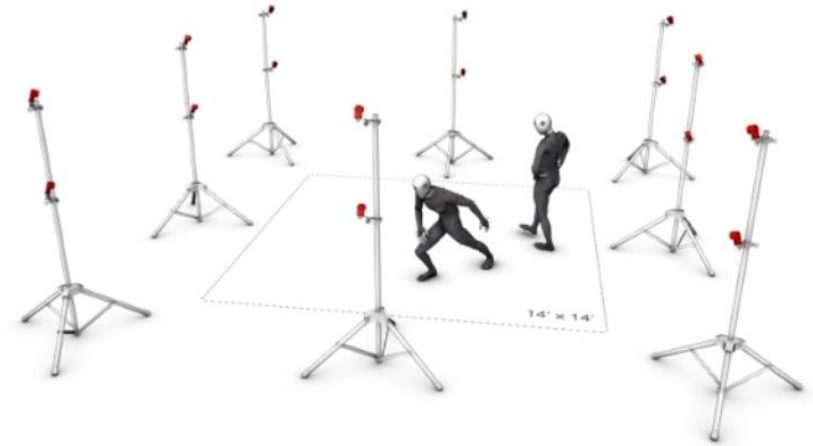
- 기술

- 모션 캡처 슈트, 카메라 기반 시스템
- 많은 수의 중요한 특징점 추적 가능



# Camera Based Motion Capture

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



# Optitrack Video



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

# Optitrack Video

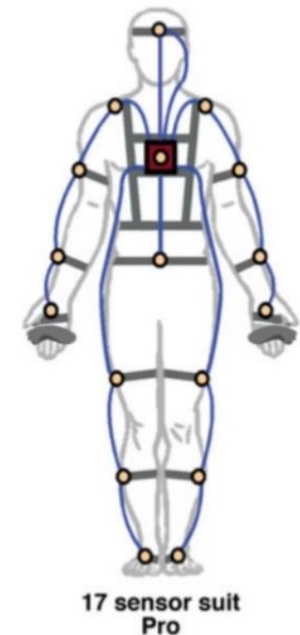


<https://youtu.be/aK1cpr6ShPE> 2021. 08. 10



# 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](http://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\\_stepintothe\\_game\\_trailer.mp4](https://omni.virtuix.com/video/omnione_stepintothe_game_trailer.mp4)

# Cyberith Virtualizer



<https://www.youtube.com/watch?v=R8lmf3OFrms> 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](http://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
<b>Hand Input Device Class</b>								
World-Grounded Devices	✓	✓		✓	✓	✓	✓	
Non-Tracked Hand-Held Controllers		✓	✓	✓		✓		
Bare Hands	✓				✓		✓	✓
Tracked Hand-Held Controllers	✓	✓	✓	✓		✓		✓
Hand Worn	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓
<b>Non-Hand Input Device Class</b>								
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