

VR, AR 최신 기술 동향



이하섭 || 건국대학교 연구원

본 고에서는 VR, AR의 기술적 발전을 이해하고 방송, 콘텐츠 개발에 응용하기 위해 가장 최근에 공개, 발표된 관련 기술 동향 중 특히 인터페이스에 관해 중요하다고 생각되는 것들을 소개하고 설명하도록 하겠다. 최근 메이저 VR 헤드셋들은 모션 컨트롤러를 가지고 있고 그것을 추적하는 기능을 갖고 있다. 독일 Virtual Dimension Center 연구그룹에서 이런 추적 시스템의 성능을 비교하는 테스트 결과를 발표하였다. 스위스 EPFL의 연구그룹에서는 기름으로 채워진 소프트 액티브 서피스를 이용하여 VR 환경의 물체나 아이템과 상호작용할 수 있게 만들었다. Facebook Reality Labs에서는 초점을 조절할 수 있는 광학 장치의 연구가 얼마나 진척되었는지를 발표하였다. 또한, HDR을 구현한 헤드셋용 디스플레이 장치에 관한 내용과 눈동자 조절 망막 디스플레이의 연구 내용도 자세히 공개하였다. 본 고에서는 이러한 내용을 중심으로 최근 연구 내용을 살펴보고, 결론 및 시사점을 제시한다.

I. 서론

최근 몇 년간 VR, AR 관련 기술들이 방송, 콘텐츠 산업에 적용되기 시작하면서 이미 소비자에게 그 결과물이 널리 퍼지고 있는 단계에 이르렀다. 하지만 모두가 생각하는 VR, AR의 형태는 영화, 애니메이션, 드라마와 같은 미디어에 등장하는 모습과 비슷하다고 할 수 있다. 그런 대중이 생각하는 모습이 VR, AR 기술이 추구해야 할 궁극의 목표에 가까우

* 본 내용은 이하섭 연구원(☎ 02-455-4515, hasups@konkuk.ac.kr)에게 문의하시기 바랍니다.

** 본 내용은 필자의 주관적인 의견이며 IITP의 공식적인 입장이 아님을 밝힙니다.

며, 현재 VR, AR의 단계는 아직도 가야 할 길이 멀다고 할 수 있다. 하드웨어 측면에서는 더욱 가벼워지고, 성능은 높아지고, 해상도가 높아지는 등의 방향으로 연구되어야 하며, 소프트웨어 측면에서는 더욱 현실적인 콘텐츠가 만들어지고 상호작용이 가능해야 한다. 또한, 가상 세계에서의 움직임과 현실의 움직임을 어떻게 동기화할 것인지, VR 멀미 현상을 어떻게 극복할 것인지 등과 같은 부차적 문제를 해결해야 한다. 이러한 VR, AR의 기술적 발전을 이해하고 방송, 콘텐츠 개발에 응용하기 위해 가장 최근에 공개, 발표된 관련 기술 중, 특히 인터페이스에 관한 주요 기술들을 소개하고 설명하도록 하겠다.

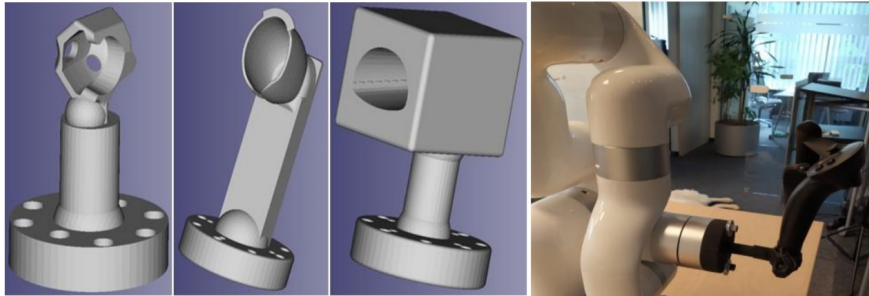
본 고에서는 II장에서 주요 VR 헤드셋의 컨트롤러 추적 성능 비교를, III장에서 소비자용 수준의 얇은 VR 햅틱 장갑 기술 연구 관련 동향을, IV장에서는 가변 초점 옵틱스, HDR 헤드셋, 눈동자 조절 망막 디스플레이 연구 동향을 각각 살펴보고, 마지막으로 V장에서 결론 및 시사점을 제시한다.

II. 주요 VR 헤드셋의 컨트롤러 추적 성능 비교

주요 VR 헤드셋들은 대부분 모션 컨트롤러를 가지고 있고 그것을 추적하는 기능이 있다. 하지만 이런 추적 시스템의 성능을 비교한 연구는 거의 없었다. 독일의 Virtual Dimension Center 연구그룹에서 이런 추적 시스템의 성능을 비교하는 테스트 결과를 발표하였다[1]. 실시한 테스트 결과에 따르면 HTC Vive Cosmos의 인사이드아웃 광학 시스템이 계속해서 추적 상태가 흔들리면서 상대적으로 가장 정확하지 않은 추적 시스템으로 평가되었다.

추적 시스템의 입력 정확도 측정은 로봇팔을 사용하여 컨트롤러를 정확히 움직이고 그것을 측정하는 방법으로 진행되었다. 3차원 프린터로 만든 머리 모형에 헤드셋을 씌운 후 테이블에 고정했고, 로봇팔로 컨트롤러를 x축 상의 직선으로 500mm 이동시키는 비교적 간단한 궤적으로 50번 왕복시켰다. [그림 1]과 같은 로봇팔에 3차원 프린터로 제작한 컨트롤러 어댑터를 장착하고 측정을 하였다. 실제 로봇팔을 사용하였으므로 같은 궤적을 반복하게 하여 표준 편차를 측정할 수 있었다. 연구에서 평균과 편차의 최대값도 계산하였지만 유사한 결과를 보였다고 한다.

실험 방법은 [그림 2]의 P.1과 P.2 지점을 왕복하게 하면서 헤드셋에서 추적하게 만든 것이다. 로봇팔은 OpenVR을 기반으로 한 in-house 소프트웨어로 제어되었다. 이 소프

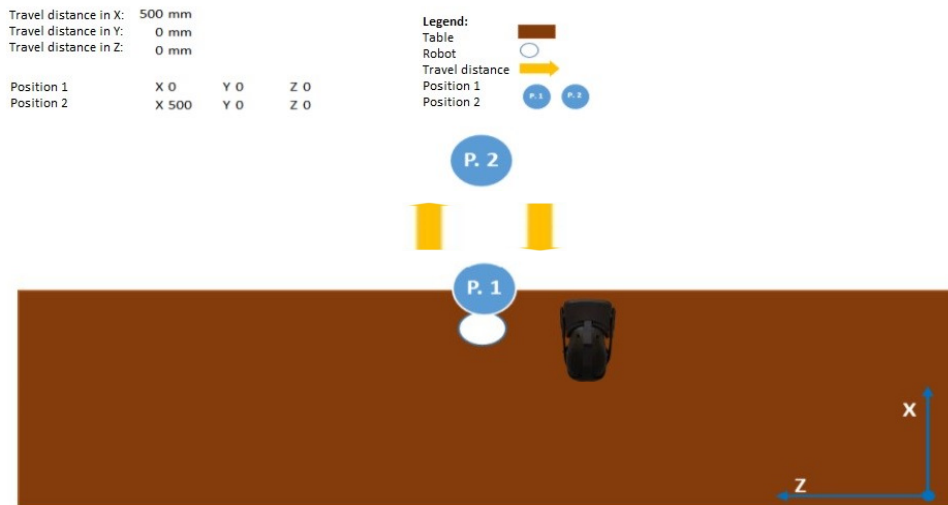


〈자료〉 ROAD TO VR, “Vive Cosmos Rated Least Accurate Among Top Headsets in Controller Tracking Test,” 2020. 8. 6.

[그림 1] 로봇팔과 컨트롤러 어댑터

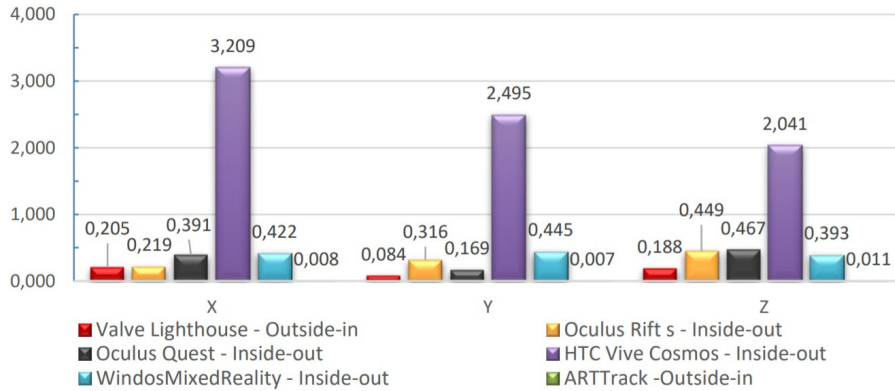
트웨어를 사용하여 로봇팔의 위치와 헤드셋으로 측정된 위치 등을 수집하였다.

비교의 대상이 된 시스템은 Oculus Rift S, Oculus Quest, Windows Mixed Reality, Valve의 SteamVR(Lighthouse) 추적 및 HTC Vive Cosmos의 추적 시스템이다. 그리고 전반적인 추적 시스템과의 비교를 위해 ART의 산업 등급 추적 카메라도 비교 대상에 포함했다. 그런데 이 ART의 산업용 추적 카메라가 헤드셋 중 가장 견고한 SteamVR 레이저 기반 추적 시스템보다 전반적으로 좋은 성능을 보여준 것으로 나타났다.



〈자료〉 ROAD TO VR, “Vive Cosmos Rated Least Accurate Among Top Headsets in Controller Tracking Test,” 2020. 8. 6.

[그림 2] 모션 컨트롤러 추적 성능 비교 실험환경 구성

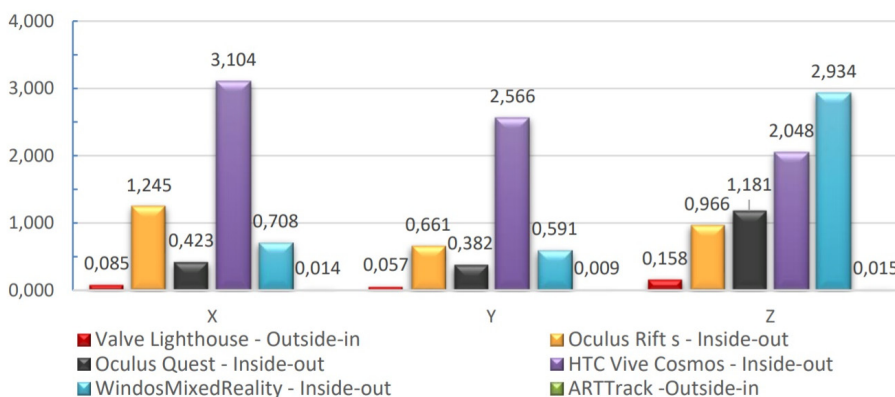


<자료> ROAD TO VR, "Vive Cosmos Rated Least Accurate Among Top Headsets in Controller Tracking Test," 2020. 8. 6.

[그림 3] P.1 지점의 X, Y, Z축 방향 측정 결과 표준 편차

[그림 3]의 그래프는 P.1 지점에서 X, Y, Z축 방향 측정 결과의 표준 편차를 보여준다. 레이저 기반의 아웃사이드인 측정 시스템인 Valve의 SteamVR은 헤드셋 시스템 중에 가장 좋은 결과를 보여준다. 하지만 산업용 추적 카메라인 ART의 아웃사이드인 광학 추적 솔루션은 아주 정확하여서 수치가 매우 작아 초록색 막대가 표시되지 않은 것처럼 보일 정도다. Oculus의 컨트롤러는 방향에 따라 조금씩 다른 결과를 보여주지만, HTC Vive Cosmos가 워낙 큰 표준 편차를 보여주어서 나머지는 비슷해 보일 정도다.

P.2 지점에서의 결과는 조금 다른 결과를 보여준다. [그림 4]의 그래프처럼 전반적으로



<자료> ROAD TO VR, "Vive Cosmos Rated Least Accurate Among Top Headsets in Controller Tracking Test," 2020. 8. 6.

[그림 4] P.2 지점의 X, Y, Z축 방향 측정 결과 표준 편차

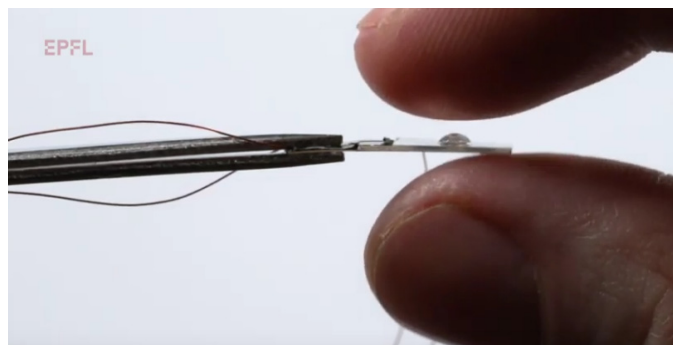
는 HTC Vive Cosmos가 가장 큰 표준 편차를 보여주고 있지만, Z축 방향의 값은 Windows Mixed Reality가 1mm 정도 큰 값을 보여주었다. 이렇듯이 아웃사이드인 방식의 추적 시스템은 거리가 멀어져도 성능을 유지했지만 인사이드아웃 방식의 추적 시스템은 성능이 확연히 감소하는 경향을 보였다. 또한, 산업용 추적 카메라는 여전히 표시가 안 될 정도의 정확성을 보여주었다.

로봇팔을 이용하였으므로 소프트웨어를 잘 조작하여 실제 VR 환경에서 사용자가 컨트롤러를 자주 이용하는 동작에 가깝게 궤적을 작성하는 것도 의미가 있어 보인다. 앞으로 움직이는 동작이나 좌우로 움직이는 동작, 두 컨트롤러를 다른 방향으로 움직이는 동작인 줌인, 줌아웃 등으로 구성하는 것도 실사용에서 추적 시스템이 어떤 성능을 보여주는지 측정할 수 있을 것으로 예상된다.

III. 소비자용 수준의 얇은 VR 햅틱 장갑 기술 연구

Swiss Federal Institute of Technology Lausanne(EPFL)의 Soft Transducers Laboratory에서는 기름으로 채워진 소프트 액티브 서피스를 이용하여 VR 환경의 물체나 아이템과 상호작용할 수 있게 만들었다[2]. 이것을 장갑의 말단에 장착해 햅틱 장갑으로도 활용할 가능성을 보여주고 있다[3],[4].

이 장비는 [그림 5]와 같은 기본적인 액추에이터를 사용하는데, 그 원리는 전기 충격을

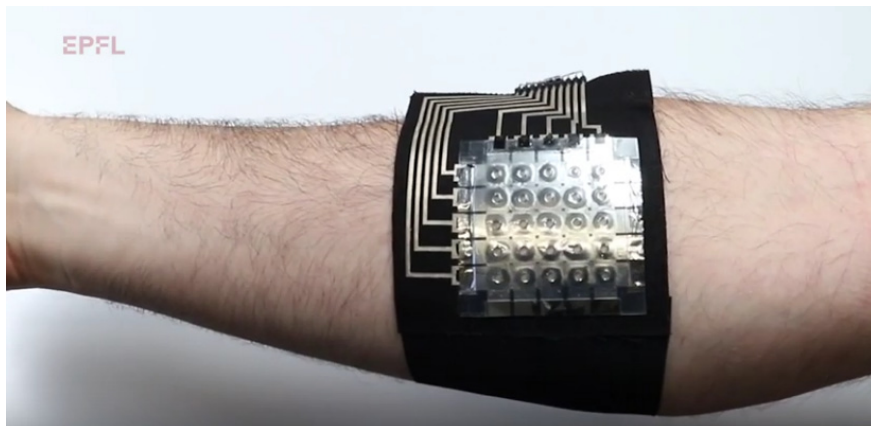


〈자료〉 Leroy, E., R. Hinchet, and H. Shea, "Multimode Hydraulically Amplified Electrostatic Actuators for Wearable Haptics," *Advanced Materials*(Deerfield Beach, Fla.), 2020, pp.e2002564–e2002564.

[그림 5] 소프트 액티브 서피스를 이용한 햅틱 액추에이터

사용하여 신축성 박막으로 만든 포켓에 들어있는 소량의 식물성 기름을 조작하는 것이다. 전압이 높아지면 기름이 압축되어 손가락에 압력을 느끼게 하는 방울을 만들게 된다. VR 환경에서 물체에 닿는 경우 이러한 조작을 한다면 그 느낌을 전달할 수 있을 것이다. 전압의 조절을 빠르게 반복하면 진동의 느낌을 만들 수도 있다. 다른 질감을 많이 생성할 수 있다면, 그만큼 더 다양한 햅틱 느낌을 전달할 수 있게 된다.

기름방울의 높이는 3~20mm 정도이고 현재 [그림 6]과 같이 최대 25개의 액추에이터로 격자를 만들었다고 한다. 이것을 이용하여 장갑 전체를 덮는 디자인의 장갑을 개발하는 중이라고 한다. 손에 전달되는 느낌이 사용 가능할 정도로 좋은 결과를 보여준다면 가볍고 얇은 소비자용 햅틱 장갑이 탄생할 수 있을지도 모른다. 아직 초기 단계이지만 기름 액추에이터가 실제 동작하는 모습은 동영상으로 확인할 수 있다[5].



<자료> Leroy, E., R. Hinchet, and H. Shea, "Multimode Hydraulically Amplified Electrostatic Actuators for Wearable Haptics," *Advanced Materials*(Deerfield Beach, Fla.), 2020, pp.e2002564-e2002564.

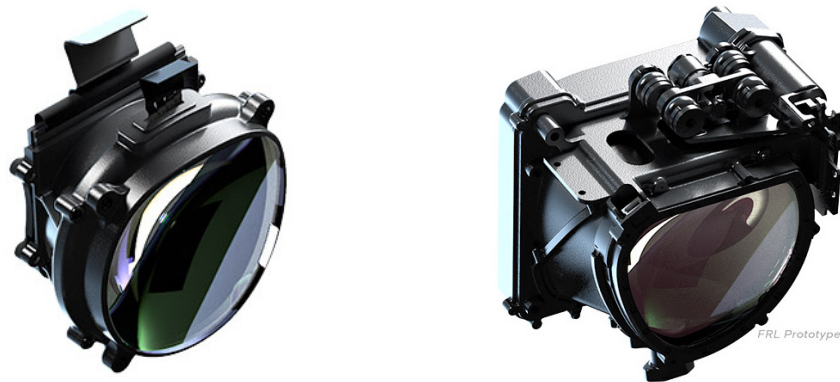
[그림 6] 5×5 햅틱 액추에이터 격자

VR, AR 관련 장비들은 몸에 부착해서 시각, 청각, 촉각 등의 감각기관을 속이는 기능을 한다. 그러나 현재까지는 헤드셋을 포함해서 너무 무거운 상황이다. 무게가 무거우면 장착해서 동작하는 데도 불편하지만, 무게감으로 장비의 존재를 인식하게 되므로 가상 환경에 몰입하는 것을 방해한다. VR 헤드셋의 경우는 가벼운 헬멧, AR 안경의 경우는 일상생활에 자연스럽게 녹아든 실제 안경 정도의 무게까지 줄이지 않으면 안 될 것이다.

IV. 가변 초점 광학 기기, HDR 헤드셋, 눈동자 조절 망막 디스플레이 연구

Facebook Reality Labs에서는 초점을 조절할 수 있는 광학 기기 Half Dome의 프로토타입을 이미 공개한 바 있으며, 최근에는 그 연구가 얼마나 진척되었는지를 발표하였다 [6],[7]. 또한, High Dynamic Range(HDR)을 구현한 헤드셋용 디스플레이 장치에 관한 내용과 눈동자 조절(Pupil Steering) 망막 디스플레이의 연구 내용도 자세히 공개하였다 [8],[9].

Half Dome 헤드셋은 가변 초점 디스플레이를 사용하여 사용자가 콘텐츠를 이용하면서 안구의 수렴(vergence)과 적응(accommodation)을 적절하게 할 수 있도록 해주는 기능을 구현하였다[7]. 이 기술이 적용된 상용 헤드셋은 아직 시장에 나오지 않았다. 이번 발표에서 공개한 기술은 Half Dome 3인데 이 프로젝트의 최신 프로토타입이다. 지금까지는 기계식 디스플레이 모듈을 사용하였지만, Half Dome 3에서는 폴디드 광학 기술을 사용하여 모듈의 크기를 상당히 줄였다. [그림 7]을 보면 크기를 비교할 수 있다. 이전 프로토타입처럼 기계식 가변 초점 디스플레이를 사용하는 대신 액정 크리스털 렌즈를 다수 사용하여 정적 가변 초점 디스플레이를 구현하였다. 이에 따라 헤드셋의 광학 시스템이 64개의 개별 초점면 사이에서 변동될 수 있게 개발되었다.



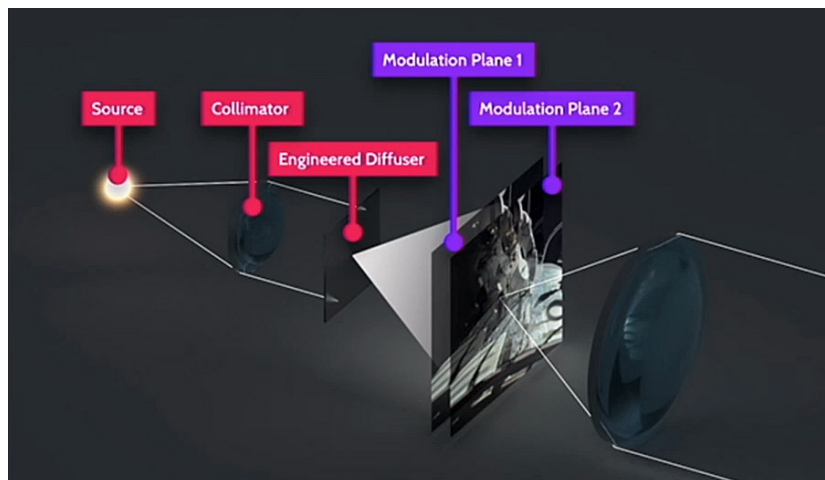
(a) Half Dome 3 - 폴디드 광학 기술을 사용한 정적 초점 조절 디스플레이 모듈 b) Half Dome - 기계식 초점 조절 디스플레이 모듈

〈자료〉 Lanman, Douglas R., "Display Systems Research at Facebook Reality Labs(Conference Presentation)," International Society for Optics and Photonics, Optical Architectures for Displays and Sensing in Augmented, Virtual, and Mixed Reality(AR, VR, MR), Vol.11310, 2020, pp.1131025.

[그림 7] Half Dome과 Half Dome 3 크기 비교

HDR은 High Dynamic Range의 약자로 가장 밝은 곳부터 가장 어두운 곳까지 사람이 눈으로 보는 것과 최대한 유사하게 밝기의 범위를 확장하는 기술이다. HDR 기술 덕분에 아주 밝은 장면부터 아주 어두운 장면까지 자세히 볼 수 있다. 이 기술은 이미 디지털카메라를 비롯하여 우리 주변에 널리 사용되고 있다. 가장 간단한 구현 방법은 밝은 부분과 어두운 부분의 밝기를 조절해 이미지를 여러 장 찍은 후에 합성하는 것이다.

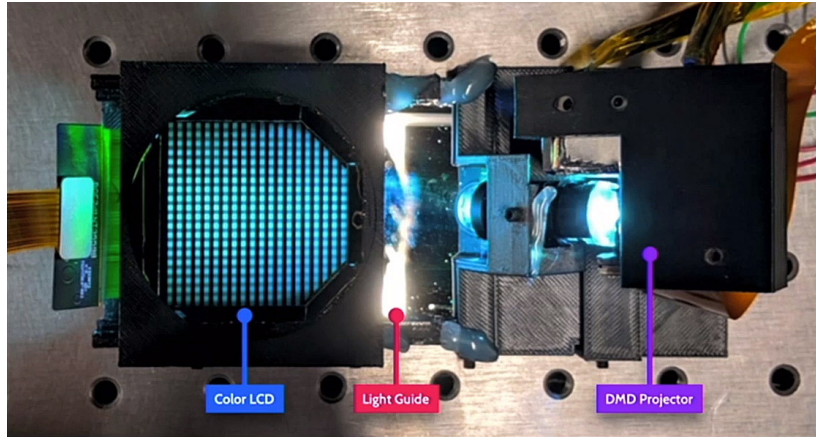
이 HDR 기술을 적용한 디스플레이를 헤드셋에 적용하려는 연구를 Facebook Reality Labs에서 진행 중이다[8]. 광원으로부터 디스플레이까지 빛을 최대한 유지하는 파이프라인을 만들었다고 한다. 새롭게 개발한 콜리메이터(collimator)와 디퓨저를 사용하며, 그 다음 단계에서는 이미지를 이중 변조하여 명암비를 높인다. 마지막 단계에서는 특별히 설계된 렌즈를 이용하여 명암비를 유지한다. [그림 8]은 개발한 광학 파이프라인의 개념도이다.



〈자료〉 Yang Zhao, Nathan Matsuda, Xuan Wang, Marina Zannoli and Douglas Lanman, "High dynamic range near-eye displays," International Society for Optics and Photonics, Optical Architectures for Displays and Sensing in Augmented, Virtual, and Mixed Reality(AR, VR, MR), Vol.11310, 2020, pp.113100X.

[그림 8] HDR 광학 파이프라인 개념도

연구그룹에서는 이 광학 파이프라인의 유효성을 검증하기 위해 [그림 9]와 같은 실험실 수준의 프로토타입을 만들었다. 이 HDR 디스플레이의 밝기는 6,000니트($\text{nt}=\text{cd}/\text{m}^2$)이며 보통의 VR 헤드셋의 경우는 100니트 정도라고 한다. 그러나 이 프로토타입에서는 아직 마지막 단계의 렌즈가 너무 커서 헤드셋에 들어갈 정도로 소형화하는 것은 불가능해 보인

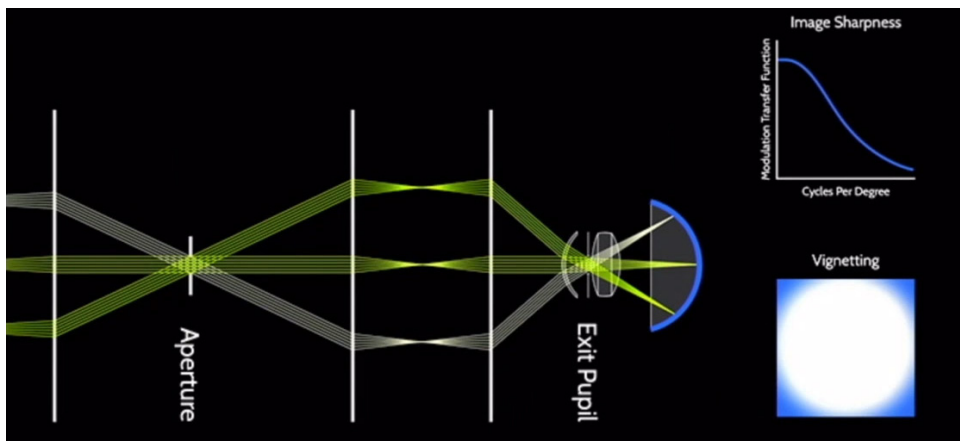


〈자료〉 Yang Zhao, Nathan Matsuda, Xuan Wang, Marina Zannoli and Douglas Lanman, "High dynamic range near-eye displays," International Society for Optics and Photonics, Optical Architectures for Displays and Sensing in Augmented, Virtual, and Mixed Reality(AR, VR, MR), Vol.11310, 2020, pp.113100X.

[그림 9] HDR 광학 파이프라인 유효성 검증 프로토타입

다. 그래서 현재는 이 렌즈를 폴디드 버전으로 개발하는 중이라고 한다[8].

눈동자 조절(Pupil Steering) 망막(Retinal) 디스플레이는 AR 헤드셋에서 안구가 움직이는 방향으로 망막 디스플레이를 움직여서 보이지 않는 부분을 최소화하여 넓은 시야를 확보한다는 개념의 기술이다. 눈동자 조절 시스템을 개발하기에 앞서 현재는 어떤 기본적



〈자료〉 K. Ratnam, R. Konrad, D. Lanman, and M. Zannoli, "Retinal image quality in near-eye pupil-steered systems," Optics Express, Vol.27(26), 2019, pp.38289-38311.

[그림 10] 눈동자 조절 망막 디스플레이 모델링

인 요구사항이 있는지를 이해하는 단계이다. 어느 각도까지 망막 디스플레이가 움직여야 최적의 성능을 가져올 것인가를 알아내기 위해서 망막 디스플레이 시뮬레이션을 제작하여 실험 중이다. 얼마나 밝아야 하며 어느 정도의 속도로 움직여야 시선이 잘 따라올 것인가 등 여러 가지 실험에 관한 내용이 논문으로 발표되었다[9]. [그림 10]은 망막 디스플레이에 적용될 이미지 모델링이다.

이 연구그룹의 연구 내용은 가까운 시일에 그 결과를 적용할 수는 없는 주제일 수도 있다. 하지만 VR, AR 관련해서 세계에서 가장 많은 지원을 받고 최신 연구를 주도하는 그룹 중의 하나라는 것은 분명하다. 앞으로도 이들의 연구가 어떤 방향으로 진행되는지를 계속 주시해야 할 것이다.

V. 결론 및 시사점

본 고에서는 가장 최근에 공개, 발표된 VR, AR 관련 기술 동향 중 중요하다고 생각되는 것들을 인터페이스 기술 위주로 소개하고 설명하였다.

독일 Virtual Dimension Center 연구그룹에서는 메이저 VR 헤드셋에 포함된 모션 컨트롤러의 추적 기능을 비교하였다[1]. 로봇팔을 이용한 실험으로 추적 시스템의 성능을 비교하여 테스트 결과를 발표하였다. 실시한 테스트 결과에 따르면 HTC Vive Cosmos의 인사이드아웃 광학 시스템이 계속해서 추적 상태가 흔들리면서 상대적으로 가장 정확하지 않은 추적 시스템으로 평가되었다.

EPFL의 Soft Transducers Laboratory 연구그룹에서는 기름으로 채워진 소프트 액티브 서피스를 이용하여 VR 환경의 물체나 아이템과 상호작용할 수 있게 만들었다[2]. 이것을 장갑의 말단에 장착하여 햅틱 장갑으로도 활용할 가능성을 보여주고 있다.

Facebook Reality Labs에서는 초점을 조절할 수 있는 광학 장치 Half Dome의 프로토타입을 이미 공개한 바 있으며, 최근 그 연구가 얼마나 진척되었는지를 발표하였다[7]. 또한, High Dynamic Range(HDR)을 구현한 헤드셋용 디스플레이 장치에 관한 내용과 눈동자 조절(Pupil Steering) 망막 디스플레이에 관한 연구 내용도 자세히 공개하였다 [8],[9].

VR 헤드셋의 모션 컨트롤러 성능 비교는 실험환경을 꾸밀 때 어느 정도 정확성이 필요

한지에 따라 어떤 장비를 사용할 것인가에 대한 정보를 제공한다. 더욱 정밀함이 필요한 실험이라면 산업용 측정 장비를 사용해야 한다는 것도 알려주고 있다. EPFL 연구그룹의 햅틱 소자 기술과 Facebook 연구그룹의 광학 장치와 디스플레이에 관한 연구는 아직도 초기 단계로 해결해야 할 과제가 많이 남아 있다.

현재 국내 VR, AR 분야는 단기적인 성과를 가져오는 콘텐츠 분야에 투자가 집중되고 있다. 하지만 세계적인 선두그룹의 연구 동향을 예의 주시하면서 미래지향적인 기술 개발에도 연구 역량을 집중한다면, 아직 크게 차이가 나지 않고 있는 VR, AR 분야의 원천 기술 분야에서도 앞서갈 수가 있을 것이다.

[참고문헌]

- [1] ROAD TO VR, "Vive Cosmos Rated Least Accurate Among Top Headsets in Controller Tracking Test," 2020. 8. 6.
- [2] Leroy, E. R. Hinchet, and H. Shea, "Multimode Hydraulically Amplified Electrostatic Actuators for Wearable Haptics," Advanced Materials(Deerfield Beach, Fla.), 2020, pp.e2002564-e2002564.
- [3] EPFL NEWS, "Technology that makes it feel like you're touching virtual objects," 2020. 7. 23.
- [4] UPLOAD VR, "New VR Haptics Research Could Lead To Thinner Glove Controllers," 2020. 7. 27
- [5] EPFL YOUTUBE CHANNEL, "Technology that makes it feel like you're touching virtual objects," 2020. 7. 23.
- [6] ROAD TO VR, "Facebook Reality Labs Says Varifocal Optics Are 'almost ready for primetime,' Details HDR Research," 2020. 7. 28.
- [7] Lanman, Douglas R., "Display Systems Research at Facebook Reality Labs(Conference Presentation)," International Society for Optics and Photonics, Optical Architectures for Displays and Sensing in Augmented, Virtual, and Mixed Reality(AR, VR, MR), Vol.11310, 2020, pp.1131025.
- [8] Yang Zhao, Nathan Matsuda, Xuan Wang, Marina Zannoli and Douglas Lanman, "High dynamic range near-eye displays," International Society for Optics and Photonics, Optical Architectures for Displays and Sensing in Augmented, Virtual, and Mixed Reality(AR, VR, MR), Vol.11310, 2020, pp.113100X.
- [9] K. Ratnam, R. Konrad, D. Lanman, and M. Zannoli, "Retinal image quality in near-eye pupil-steered systems," Optics Express, Vol.27(26), 2019, pp.38289-38311.