

# 현 AR광학기술 및 디바이스의 개발동향

김지명<sup>1</sup>, 박순기<sup>2</sup>, 하정훈<sup>3</sup>

(주)레티널 기술연구소<sup>1</sup>, 삼성디스플레이 디스플레이연구소<sup>2</sup>, (주)레티널 기술연구소<sup>3</sup>)

## 1. 서론

### 1.1. 코로나 시대 이후의 메타버스에 대한 사회적 니즈 변화

메타버스라는 주제가 대두된 이유는 거대 IT기업들이 사용자의 사용시간을 늘리기 위해 발빠르게 대응한 결과였다. 게다가 코로나로 인한 사회적 거리두기가 발생하면서 사용자들은 서로를 연결해주는 원격 업무나 소셜 모임, 또는 대리 만족형 플랫폼 등에 더 많은 시간을 보내게 되었는데, 그로 인해 메타버스를 향한 대중의 관심도 급격하게 증가하게 되었다.<sup>[1, 2]</sup> 하지만 결국 코로나가 종식되면서 사용자들의 콘텐츠 소비 패턴은 이전과 같은 수준으로 돌아오게 되었고 대리 만족형과 같은 무거운 VR (virtual reality) 플랫폼에 대한 니즈는 줄어들고 일상 생활에 활용할 수 있는 가벼운 콘텐츠에 대한 니즈가 더욱 두드러지게 되었다. 실제로 전문가들은 메타버스 기기가 사용자의 삶에 실용적이게 활용되어 일상 생활의 일부가 되는 것을 전망하고 있는데<sup>[3]</sup> 이를 이루기 위한 핵심은 사용자들의 기기 사용시간을 늘리는 것이다. 이러한 요건을 달성하기 위해서는 단순히 디바이스의 동작시간을 증가시키는 것에 그치는 것이 아니라 장시간 착용해도 불편하지 않을 정도로 디바이스의 경량화가 필수적으로 이뤄져야 하며, 현재의 디바이스 기술 수준으로 이러한 요구사항을 만족시키는 해결책을 마련하기 위해서는

메타버스용의 무거운 기기보다 일상용 가벼운 무선 디바이스 형태로 접근하는 전략이 보다 적합하다.

### 1.2. 디바이스 설계의 제약 요소

AR (Augmented Reality), VR, MR (Mixed Reality) 하드웨어 업체들이 취하는 전략은 크게 사용자 경험을 극대화하는 전략, 그리고 사용성을 극대화하는 전략 이렇게 두 가지로 나뉜다. 첫 번째 전략의 경우 영상의 화질, 센서 등 성능적인 면과 기능에 중점을 뒀 사용자들의 메타버스 경험에 집중을 한 것으로 사용자에게 큰 몰입감을 제공한다. 하지만 그만큼 기기의 부피와 무게가 올라간다는 단점이 존재한다. 두 번째 전략의 경우 성능을 타협해 실제 착용하였을 때의 활용성과 범용성을 올리는 것이며, 사용자의 편의성을 만족시킬 수 있는 디바이스이다.

이와 같이 AR기기의 경우 고성능과 경량화를 동시에 이루는 것은 지금까지 업계의 큰 숙제로 남아있으며, 그를 이루기 위해 업체들은 신소재 개발, 새로운 광학적 구조 개발 등에 투자를 하고 있다. 현재 대부분의 업체들이 채택한 광학적 구조로는 많은 전반사와 복제를 사용하여 출사동을 확장하는 웨이브가이드 구조와, 반거울과 오목거울을 조합한 버드베스 구조가 있으며,<sup>[4, 5]</sup> 그 두 구조의 장점을 모두 가지고 있는 레티널에서 독자적으로 개발한 핀틸트 구조가 있다. 그림 1에서 각 구조를 채택한 제품들을 볼 수 있다. 본

문에서는 각 구조의 장단점을 알아보고 그 활용 가능성에 대해서 알아보고자 한다.

## 2. 본론

### 2.1. 사용자 경험 극대화

사용자 경험을 극대화하는 전략을 취하는 경우는

성과와 몰입도에 중점을 둔 비디오 시스루 방식이 있다. 비디오 시스루 방식은 일반적인 VR 기기에 카메라를 장착하여 사용자 눈 앞의 주위 환경이나 물체를 영상을 통해 보는 것으로 시스루 효과를 만들어 내는 기술이며 애플 비전 프로, 메타 퀘스트 프로 등에 적용되어 있다. 그림 2에서 볼 수 있듯이 이러한 방식은 카메라나 센서와 같은 추가적인 부품들을 필요로 하기 때문에 부피를 많이 차지하고 무거우며, 실시간 영

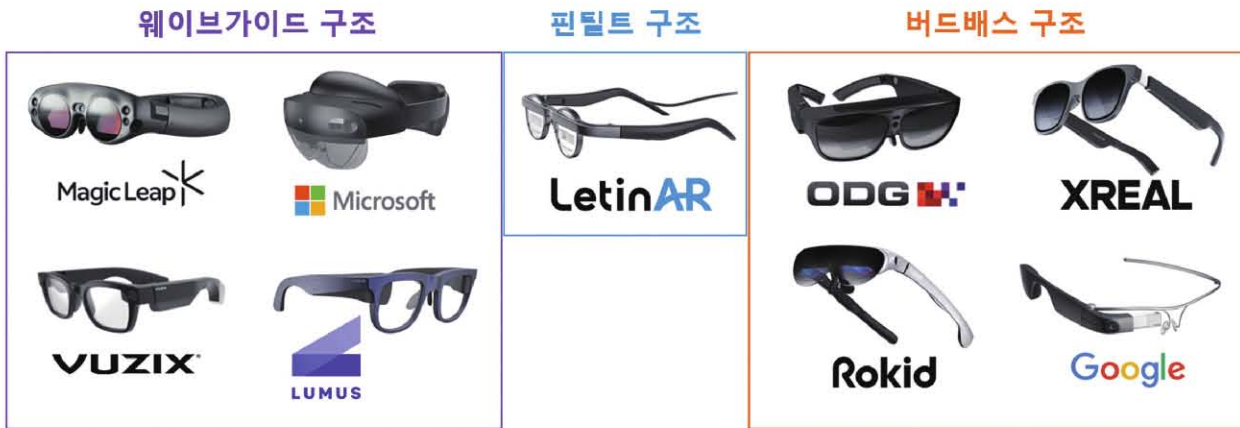


그림 1. 웨이브가이드, 핀틸트, 버드배스 기술 업체

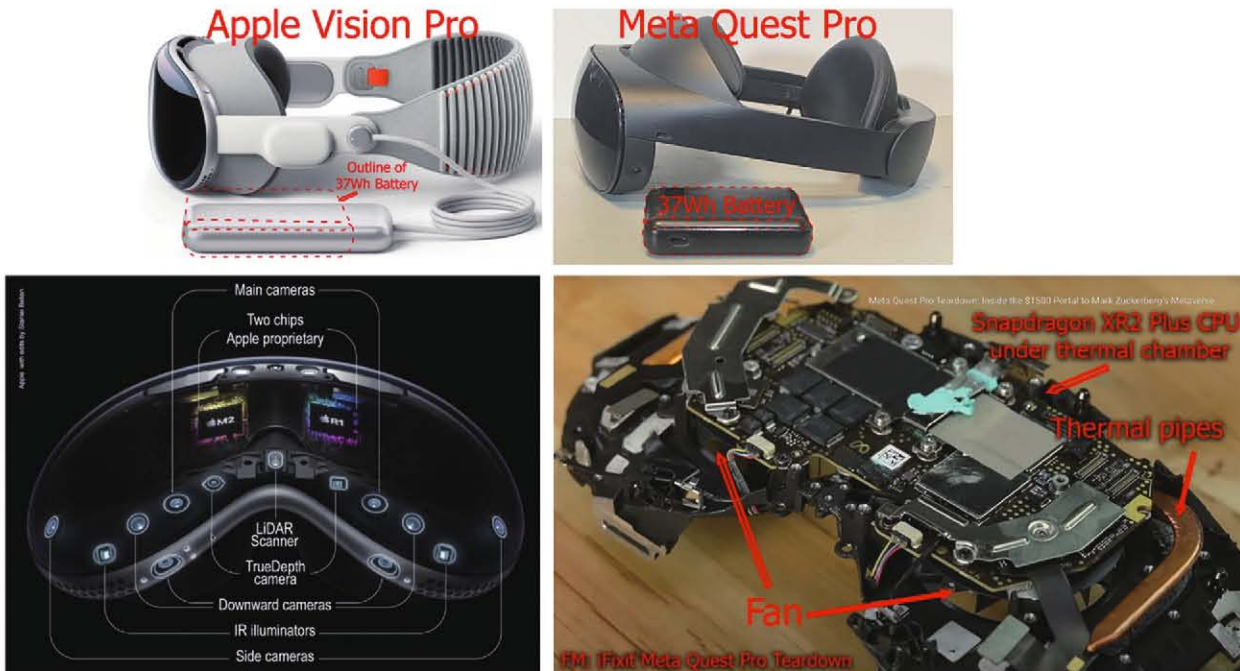


그림 2. 애플 비전 프로와 메타 퀘스트 프로의 큰 부피와 다양한 부품

이미지 출처: KGOnTech: Apple Vision Pro (Part 1) – What Apple Got Right Compared to The Meta Quest Pro (<https://kguttag.com/2023/06/13/apple-vision-pro-part-1-what-apple-got-right-compared-to-the-meta-quest-pro/>)

상 처리를 위한 고성능 칩셋의 전력소모량이 매우 커 사용 시간도 제약이 있다. 하여 현재의 기술로 비디오 시스루 기기는 사용자의 편의성과 사용시간을 만족시킬 수준의 소형화가 이뤄지기 힘들고, 이는 애플 비전 프로 제품의 주목적이 일상용보다 업무용 공간 컴퓨팅으로 출시되는 것을 보면 알 수 있다.

## 2.2 사용성 극대화

사용성 극대화를 목표로 하는 디바이스는 사용자 경험 극대화를 목표로 하는 디바이스보다 개발 난이도가 높다. 장시간 착용해도 편안할 수 있게 기기의 무게를 낮춰야 하지만 그와 동시에 장시간 구동을 위해 배터리가 크고 무거워져야 한다는 딜레마가 있기 때문이다. 이를 해결하기 위한 제품으로는 노스포컬, 뷰직스 등이 있는데 이는 동영상과 같은 콘텐츠가 아닌 빛을 극단적으로 적게 사용하는 텍스트 콘텐츠를 주로 사용하여 전력소비와 무게를 줄인 제품들이다. 이 같은 경우 그림 3에서 볼 수 있듯이 기기의 무게가 가벼워 장시간 사용은 가능하지만 소비자가 원하는 메인 콘텐츠용으로는 한계가 있다.

현실적인 사용성 극대화 디바이스로는 동영상 재생



그림 3. 뷰직스, 노스포컬 착용 사진

이미지 출처: Tom's Guide: Vuzix Blade Review: These \$1,000 AR Glasses Are Fun But Frustrating (<https://www.tomsguide.com/us/vuzix-blade-review-6065.html>)

Mashable: Focals by North review: Excellent AR glasses that fall just short of perfection (<https://mashable.com/review/focals-review>)

기능이 가능한 세컨드 모니터 AR글라스 방식이 있다. 일반적인 AR글라스를 구성하는 요소로는 크게 칩셋, 배터리, 그리고 출력장치가 있다. 사용성과 휴대성 극대화를 이루기 위해 고려되어야 할 가장 중요한 요소는 칩셋에 대한 전력소모에서 오는 사용시간의 한계치, 그리고 광학계의 전력소비에 대한 배터리 무게의 한계치이다. 출력장치는 디스플레이를 포함한 렌즈 광학계를 의미한다. 광학적인 측면에서 AR글라스의 신기술 개발에는 출력장치의 발전이 주가 되는데 전력소모가 심하지 않으면서 가볍고 성능이 좋은 AR글라스용 출력장치를 개발하기 위해 메타버스 시장에 뛰어들어 많은 업체들이 기술개발에 힘을 쓰고 있다. AR글라스에 활용되는 출력장치는 크게 회절이나 반사형식을 사용한 EPE 웨이브가이드 방식, 그리고 반거울과 오목거울을 활용한 버드베스 방식 이렇게 두 가지로 나뉘며,<sup>[6-8]</sup> 그 두 가지 출력장치의 장점을 모두 가지고 있는 핀틸트 방식이 있다.

웨이브가이드 구조를 사용하여 제품을 개발하고 있는 업체는 Magic Leap, Lumus, Digilens 등이 있다.<sup>[6, 7]</sup> 그림 4에서 볼 수 있듯이 웨이브가이드 구조는 많은 전반사와 복제를 사용하여 출사동을 확장하는 방식으로 얇고 가벼운 폼팩터를 가져갈 수 있는 대신 사용자의 눈으로 들어오지 않고 낭비되는 빛의 양이 많아 광효율이 낮아지기 때문에 보다 밝은 광원을 필수적으로 사용하게 되어 전력소모가 크다는 단점이

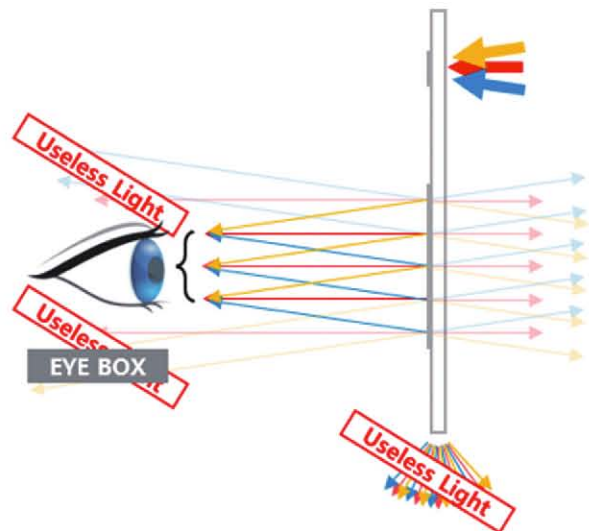


그림 4. 웨이브가이드 구조

표 1. 3시간 동영상 재생 기준 광학 구조에 요구되는 리튬이온 배터리 부피와 무게 계산

분류	항목	단위	광학 구조		
			웨이브가이드	버드배스	핀틸트
렌즈	광효율	%(nit/nit)	0.5	10	18
디스플레이/프로젝터	전력소비효율	nit/mW	0.0012	11	11
모듈	구동전력량	mWh	7200	3700	2100
칩셋	구동전력량	mWh	1200		
배터리	필요 부피	cc	12	7	5
	필요 무게	g	28	16	11

있다.<sup>[8]</sup> 표 1은 3시간 동영상 재생을 기준으로 각각의 광학 구조를 단순화시켰을 때, 각각의 광학 구조에서 요구되는 리튬이온 배터리의 부피와 무게를 요약한 내용이다. 결과를 보면 세 가지 광학 구조 중 웨이브가이드 방식에서 필요로 하는 배터리가 가장 부피가 크고 무게가 많이 나가는 것을 확인할 수 있다.

버드배스 기술을 사용하여 제품을 개발하고 있는 업체는 Xreal, Rokid, Google 등이 있다.<sup>[9, 10]</sup> 버드배스 구조는 그림 5에서 볼 수 있듯이 반거울과 오목 거울이 조합된 비교적 단순한 구조로 이루어져 있으며 광학계 구동에 필요한 에너지가 웨이브가이드 대비 약 절반 수준으로 아주 낮다는 강점이 있다. 반면 부피가 크고 무게 균형이 앞쪽인 쿨대로 쏠려 코가 가장 많은 무게를 지게 되어 장시간 착용했을 시 불편함을 야기할 수 있다는 단점이 있다.<sup>[9]</sup>

반면 레티널의 핀틸트 방식은 플라스틱으로 제조된 일체형구조 이므로 부피나 무게가 웨이브가이드 구조보다 작으며, 광학계의 에너지 소모의 경우 버드배스와 동일한 광원 (OLED 등)을 사용하기 때문에 그와 동일한 수준의 값을 갖는다.<sup>[8, 11, 12]</sup> 그림 6에서 나타내듯이 핀틸트 구조는 입사동의 각도를 조절하여 모든 출사동이 아닌 아이박스(eye box)로 전달되는 빛만을 복제하기 때문에 출사동 확장 (pupil expansion)과 동시에 퓨필포밍 (pupil forming) 효과를 가지게 되며, 그로 인해 광손실이 최소화되고 높은 광효율을 가지게 된다. 또한 핀틸트 고유의 구조 특성 덕분에 작은 크기의 콜리메이터로도 동작이 가능하고, 추가로 렌즈 내부 전반사를 활용하여 렌즈의 두께를 더욱 줄일 수 있게 된다. 핀틸트는 경량화와 고효율을 모두 구현한 기술로 사용자의 니즈인 경량화와 장시간 사용성 두 가

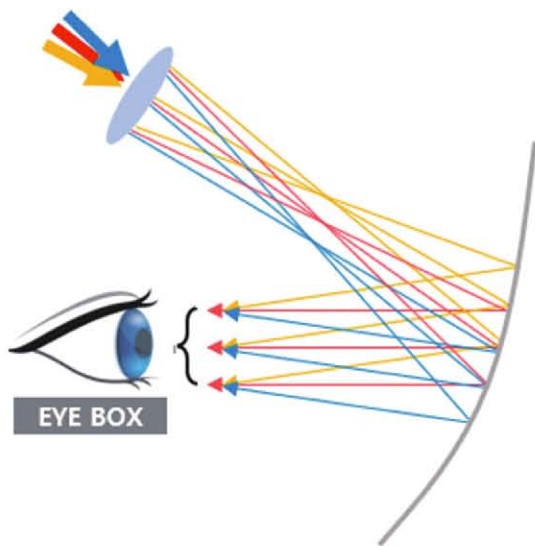


그림 5. 버드배스 구조

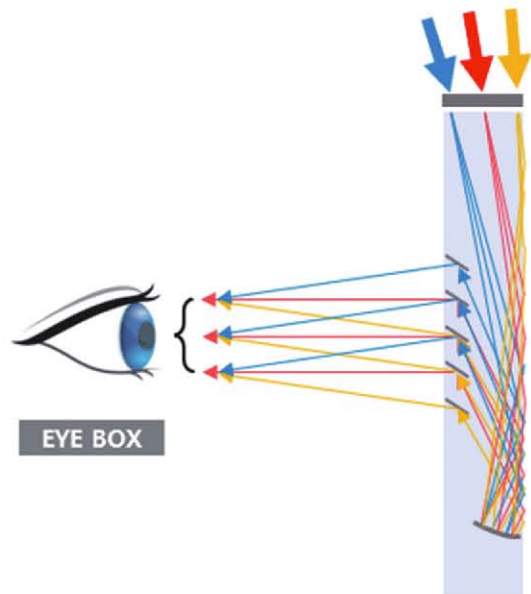


그림 6. 핀틸트 구조<sup>[13]</sup>

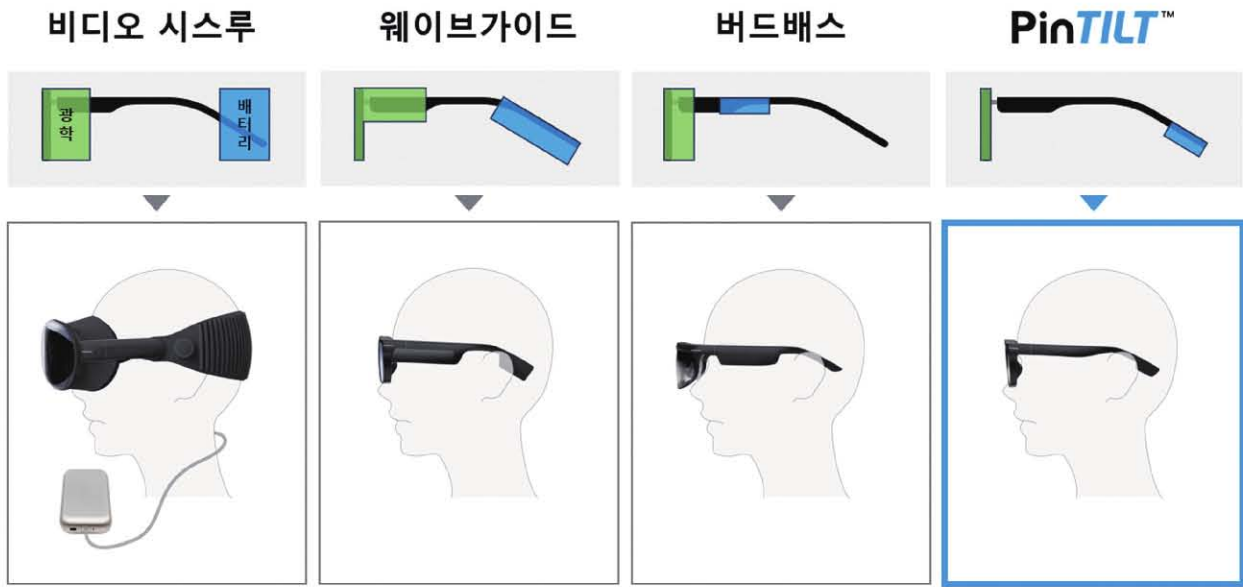


그림 7. 광학계 별 광학부품과 배터리의 부피 비교

지를 모두 만족시킬 수 있을 것으로 전망한다.

그림 7은 표 1의 AR/VR 광학계 별 광학부품과 그에 따라 요구되는 배터리의 부피를 도식화 하여 비교할 수 있도록 표현한 것이다. 사용자 경험을 극대화하는 비디오 시스템의 경우 기기와 배터리의 부피가 매우 커 일상생활 착용에 어려움이 있고, 웨이브가이드는 광학계의 부피는 작지만 에너지효율이 낮아 배터리 부피와 무게가 크다. 버드베스는 배터리 부피와 무게가 웨이브가이드 대비 현저히 낮지만 광학계의 두께가 두껍고 무게중심이 콧등보다 더 앞쪽으로 위치해 있어 장시간 착용하기에 불편함이 있다. 그에 반해 핀틸트는 웨이브가이드 방식이나 버드베스 대비 가장 작은 배터리 부피와 무게를 요구하며 가장 안경과 가까운 형태의 폼팩터를 가질 수 있게 된다.

### 3. 결론

현 AR기기 산업의 궁극적인 목표는 일상생활에 장시간 사용 가능하면서도 성능을 타협하지 않는 이상적인 형태로 기준이 높아지고 있으며, 이를 만족시킬 수 있는 새로운 형태의 하드웨어 개발의 필요성이 대두되고 있다. 특히 최근 급격한 발전을 통해 음성과 맥락

을 통해 사용자의 의도를 정확하게 이해할 수 있는 AI 기술의 등장과 함께 저전력 고효율 AR기기 개발이 더욱 구체화되어 가고 있는데, 이는 경량화와 전력소모 최소화를 가능케 하여 장시간 착용 가능한 AR기기 개발을 가능케 할 것이며, 추가적으로 핀틸트와 같은 저전력 고효율 출력 장치와 결합될 경우 사용성을 극대화하는 방향으로 발전할 수 있을 것으로 기대된다.

### 참고문헌

- [1] T. Allen, *Display Daily* 보도자료, "Pandemic Tempers Growth in AR/VR Spending, but the Long-Term Outlook is Positive, says IDC," (2020). <https://displaydaily.com/pandemic-tempers-growth-in-ar-vr-spending-but-the-long-term-outlook-is-positive-says-ids/e>
- [2] J. Maida, *Business Wire* 보도자료, "COVID-19 Impacts: Augmented Reality (AR) and Virtual Reality (VR) Market Will Accelerate at a CAGR of Over 35% Through 2020-2024," (2020). <https://www.businesswire.com/news/home/20200903005356/en/COVID-19-Impacts-Augmented-Reality-AR-and-Virtual-Reality-VR-Market-Will-Accelerate-at-a-CAGR-of-Over-35-Through-2020-2024%2%A0-The-Increasing-Demand-for-AR-and-VR-Technology-to-Boost-Growth-Technavio>

- [3] A. Malkovich, *AR Post* 보도자료, "Top 5 E-Commerce AR and VR Trends To Follow in 2023," (2023). <https://arpost.co/2023/04/11/top-5-e-commerce-ar-and-vr-trends-2023/#:~:text=And%20in%202023%2C%20we%20can,and%20share%20on%20social%20media>
- [4] B. C. Kress, *SPIE Press PM316*, 270 (2020).
- [5] K. Guttag, *Society for Information Display* **39(2)**, 20 (2023).
- [6] Lumus, *Technology - How It Works*. (2023). <https://lumusvision.com/how-it-works/>
- [7] Digilens. *Optics*. (2023). <https://www.digilens.com/optics/>
- [8] S. Park, *Society for Information Display* **37(4)**, 6 (2023).
- [9] K. Guttag, 2021, 보도자료, "Nreal Teardown: Part 1, Clones and Birdbath Basics," <https://kguttag.com/2021/06/01/nreal-teardown-part-1-clones-and-birdbath-basics/>
- [10] Rayneo. *TCL NXTWEAR S - XR GLASSES*. (2023). <https://www.rayneo.com/products/nxtwear-s>
- [11] LetinAR. *Technology*. (2023). <https://letinar.com/technology/>
- [12] S. Park, *SPIE AR, VR, MR Industry Talks* **11932**, (2022).
- [13] J. Ha, S. Park, J. Kim, *세라믹 코리아* **36(421)**, 46 (2023).

하정훈



- 2016년 : 홍익대학교 신소재공학과 학사
- 현재 : (주)레티널 창업자 및 기술이사
- 관심분야 : AR/VR, 광학

저자약력

김지명



- 2015년 : Calvin University 기계공학과 학사
- 2022년 : North Carolina State University 기계공학과 석/박사
- 현재 : (주)레티널 선행연구팀 연구원
- 관심분야 : AR/VR, 광학, 초음파, 구조안전모니터링

박순기



- 2009년 : 경희대학교 정보디스플레이 학사
- 2011년 : 경희대학교 정보디스플레이 석사
- 2015년 : 서울대학교 전기컴퓨터공학 박사
- 2016년 : 동경농공대학 박사후 연구원
- 2018년 : KIST 선임연구원
- 2023년 : (주)레티널 선행연구팀장
- 현재 : 삼성디스플레이 디스플레이연구소
- 관심분야 : AR/VR, 광학, 디스플레이