이름: 박민정 학번: 202220775

액정 디스플레이(Liquid Crystal Display, LCD)는 오늘날 가장 많이 쓰이는 화면 기술로, 스마트폰이나 노트북, TV 등 다양한 전자기기에서 볼 수 있다. LCD는 스스로 빛을 낼 수 없는 비발광형(non-emissive) 구조이기 때문에 뒤쪽에서 빛을 비춰주는 백라이트(backlight)가 반드시 필요하다. 백라이트의 빛은 편광판과 액정층을 지나면서 조절되고, 마지막에 색 필터(color filter)를 통과해 우리가 보는 영상이 만들어진다. 액정은 전압이 걸리면 배열이 바뀌는데, 이로 인해 빛이 어느 정도 통과할지가 달라진다. 이렇게 각 화소(pixel)의 밝기와 색을 조절하며 화면이 표현된다. LCD는 한 화소를 제어할 때 하나의 박막 트랜지스터(Thin Film Transistor, TFT)만 필요해 안정성이 높고 대형 화면 제작에도 유리하다.

LCD가 본격적으로 널리 쓰이기 시작한 것은 1970년대다. 1968년에 RCA 연구팀이 초창기 LCD 기술을 발표했고, 곧이어 꼬임 네마틱(Twisted Nematic, TN) 방식이 개발되면서 저전력·대량 생산에 적합해졌다. 이런 기술 발전을 바탕으로 일본과 미국 기업들이 계산기나 전자시계, 휴대용 TV 같은 제품에 적용하기 시작했다. 1988년에는 Sharp가 풀 컬러 TFT LCD를 개발하면서 대형 평판 TV와 모니터 제작이 가능해졌고, 1990년대에는 컬러 LCD가 노트북, 모니터, TV에 본격적으로 쓰이면서 CRT를 빠르게 대체했다. 얇고 가볍고 전력 소모가 적다는 특성 덕분에 LCD는 정보화 시대를 대표하는 디스플레이 기술로 자리 잡았다.

LCD는 응용 분야도 다양하다. 텔레비전, 모니터, 노트북 같은 가전제품은 물론이고, 자동차의 내비게이션과 계기판, 대형 광고판, 병원의 진단 장비 등에서도 널리 쓰인다. 학교나 교육기관에서는 전자칠판이나 프로젝터에 활용되며, 휴대용 게임기나 게임용 모니터 같은 엔터테인먼트 기기에도 활용된다. 또한 스마트워치나 피트니스 밴드 같은 소형 웨어러블 기기에도 LCD가 탑재되어 있다. 일상생활과 산업 전반에서 LCD는 여전히 중요한 역할을 맡고 있다.

OLED(Organic Light Emitting Diode)는 LCD와 달리 스스로 빛을 내는 발광형(emissive) 디스플레이다. 전류가 흐르면 유기물층에서 빛이 발생하기 때문에 별도의 백라이트가 필요 없다. 이 덕분에 OLED는 구조가 단순하고 얇게 만들 수 있으며, 접히거나 휘는 화면 같은 새로운 형태의 제작도 가능하다. 또한 픽셀 하나하나를 독립적으로 켜고 끌 수 있어 완벽한 블랙을 표현할 수 있고, 명암비와 색 표현력이 매우 뛰어나다. 응답 속도도 빨라서 영상이나 게임에서 화면 잔상이 적다.

OLED는 장점이 많아 스마트폰, 태블릿, 프리미엄 TV, 게이밍 모니터뿐만 아니라 자동차 계기판이나 헤드업 디스플레이(HUD), 웨어러블 기기에도 쓰이고 있다. 최근에는 투명 OLED가 건물 유리창이나 쇼윈도우, 지하철 객실 창문 등에 적용되면서 새로운 디스플레이 활용 가능성을 보여주고 있다. 그러나 OLED도 단점이 있다. 청색 발광체의 수명이 짧아 화면 수명이 LCD보다 짧다는 점, 제조 공정이 복잡하고 비용이 높다는 점, 밝은 야외에서 가독성이 떨어질 수 있다는 점 등이 대표적이다. 또 같은 화면을 오래 표시하면 번인 현상이 발생할 수 있다. 이런 문제를 해결하기 위해 RGB OLED, WOLED, 번인 보상 기술 등 여러 개선이 이루어지고 있다.

LCD의 한계를 보완하기 위해 등장한 기술이 로컬 디밍(Local Dimming)이다. 일반 LCD는 백라이트 전체가 동시에 켜지고 꺼지기 때문에 어두운 장면에서 완벽한 블랙을 표현하기 어렵다. 로컬 디밍은 화면을 여러 구역으로 나누어 각 구역의 백라이트를 따로 조절하는 방식이다. 덕분에 어두운 부분은 더 어둡게, 밝은 부분은 더 밝게 표현할 수 있어 명암비가 크게 향상된다. 특히 풀 어레이 로컬 디밍(Full-Array Local Dimming, FALD)은 수백 개 이상의 구역을 세밀하게 제어할 수 있어 HDR 표현에 효과적이다. 최근에는 미니 LED(Mini-LED)를 적용해 구역 수를 수천 개까지 늘리고, 블루밍 현상을 줄이려는 연구도 이루어지고 있다.

로컬 디밍은 프리미엄 TV, 게이밍 모니터, 고급 노트북뿐 아니라 산업용 대형 디스플레이와 디지털 광고판에도 적용된다. HDR 콘텐츠 감상이나 게임 환경에서 더욱 뛰어난 시각 경험을 제공하며, OLED와 달리 번인 걱정이 없고 더 높은 최대 밝기를 낼 수 있다는 장점이 있다. 하지만 구역 수의 한계로 인한 블루밍 현상, 구조가 복잡해지면서 생기는 발열과 두께 증가, 제조 비용 상승 같은 문제도 있다.

최근에는 LCD와 OLED 모두 성능을 높이기 위한 기술이 활발히 개발되고 있다. LCD는 미니 LED 백라이트와 퀀텀닷(Quantum Dot) 기술을 접목해 색 재현력과 밝기를 크게 높였고, AI 기반 백라이트 제어로 장면에 맞게 조명을 조절해 화질과 에너지 효율을 동시에 향상시키고 있다. OLED는 새로운 발광 재료와 공정을 통해 수명과 밝기를 개선하고, AI 화질 엔진을 이용해 콘텐츠에 따라 색과 명암비를 최적화하고 있다. 최근 출시된 프리미엄 TV에서는 실제로 HDR 영상에서 눈에 띄는 차이를 보여주고 있는데, 예를 들어 어두운 영화 장면에서 별빛 하나하나가 뚜렷하게 보이는 경우가 있다. 이는 소비자가 직접 체감할 수 있는 기술 발전의 대표적인 사례다.

전력 효율과 발열도 중요한 과제다. LCD는 백라이트가 항상 켜져 있어 전력 소비가 높고 열이 쉽게 발생한다. OLED는 어두운 화면에서는 전력 소모가 거의 없고 발열도 적지만, 밝은 화면에서는 전력 사용량이 늘어난다. 이를 해결하기 위해 회로 설계 최적화, 방열 소재 적용, AI 기반 전력 제어 같은 방법이 연구되고 있으며, 특히 OLED는 내열성과 발광 효율이 높은 신소재 개발이 활발히 이루어지고 있다. 이런 개선은 스마트폰 배터리 효율이나 대형 디스플레이의 안정성과 직결된다.

시장 상황을 보면, OLED는 스마트폰, 프리미엄 TV, 웨어러블, 자동차 디스플레이 등에서 점유율을 점점 높이고 있다. LCD는 가격이 상대적으로 저렴하고 대량 생산이 가능해 자동차나 산업용, 교육용 시장에서 여전히 강세를 보인다. 최근 한국 기업들이 LCD 사업을 줄이면서 중국 기업들이 글로벌 LCD 시장을 주도하고 있고, OLED는 고급 시장에서 한국 기업이 여전히 우위를 점하고 있다. 또한 사용자 입장에서 보면, OLED는 영화나 게임처럼 화질이 중요한 콘텐츠에서 장점이 크고, LCD는 장시간 문서 작성이나 웹 서핑처럼 밝은 화면이 지속되는 환경에서 눈의 피로가 덜하다는 평가도 있다. 이는 단순히 기술의 차이가 아니라, 사용자가 어떤 환경에서 어떤 목적을 위해 기기를 쓰는지에 따라 느끼는 장단점이 다를 수 있음을 보여준다.

차세대 디스플레이 기술도 활발히 연구되고 있다. LCD는 미니 LED와 고정밀 로컬 디밍으로 화질을 개선하고 친환경성과 저전력 설계를 강화하고 있으며, OLED는 신소재와 AI 기반 최적화 기술을 통해 성능을 높이고 있다. 또 마이크로 LED처럼 픽셀 하나하나가 스스로 빛을 내는 새로운 기술은 LCD와 OLED의 장점을 모두 결합한 차세대 디스플레이로 기대를 모으고 있다. 특히 최근에는 가상현실(VR)이나 증강현실(AR) 기기에도 고해상도 OLED와 미니 LED LCD가 도입되면서, 차세대 디스플레이 경쟁이 단순히 TV와 스마트폰을 넘어 다양한 분야로 확대되고 있다.

종합적으로 보면, LCD는 안정성과 대형화, 저렴한 가격이라는 장점을 살려 여전히 중요한 기술로 자리 잡고 있고, OLED는 얇고 유연하며 뛰어난 화질로 프리미엄 시장을 이끌고 있다. 로컬 디밍은 LCD의 단점을 보완하며 HDR 시대에 중요한 역할을 하고 있다. 앞으로 디스플레이 기술은 단순히 화질 경쟁을 넘어서 IoT, 자율주행차, 가상현실 등 다양한 산업과 연결되며 발전할 것으로 보인다. 이는 소비자에게 더 나은 시각적 경험을 제공할 뿐 아니라 산업 전반의 성장에도 크게 기여할 것이다.

참고문헌

1. 신백균, 오범환. (2010.5). OLED의 발광원리 및 백색구현기술. 한국조명전기설비학회.

2. 김종찬. (2024.1). 청색 유기 발광소자(OLED)의 기술 동향. 한국정보디스플레이학회.

3. Chen, H., Zhu, R., Li, M.-C., Lee, S.-L., & Wu, S.-T. (2017). Pixel-by-pixel local dimming for high-dynamic-range liquid crystal displays. Optics Express, 25(3), 1973–1984.

4. unisystem. (2024, April 26). Local Dimming – improving LCD displays. https://unisystem.com/uni-abc/local-dimming-improving-lcds

5. 김상호. (2019). OLED, LCD 스마트폰 디스플레이의 컬러 화질 선호도에 관한 연구.

6. 삼성 디스플레이 뉴스룸. (2017). [디스플레이 톺아보기] ⑤ OLED의 원리와 구조. https://news.samsungdisplay.com/4660

7. NewHavenDisplay. (2023). OLED – 유기 발광 다이오드. https://newhavendisplay.com/ko/blog/oled-organic-light-emitting-diode-/

8. ITDongA. (2021). [IT강의실] 미니LED, 로컬 디밍은 무슨 기술일까?. https://it.donga.com/31960/

9. orientdisplay. (2025년 9월 15일 접속). LCD 기술의 역사. https://www.orientdisplay.com/ko/knowledge-base/lcd-basics/lcd-history/

10. NewsWire. (2025). 2025년 LTPS TFT 및 OLED 디스플레이 매출, 자동차 디스플레이 시장의 50% 초과… 옴디아 보고서 발간. https://www.newswire.co.kr/newsRead.php?no=1016361

11. theelec. (2024). IT OLED의 힘… 세계 OLED 장비투자 2027년까지 지속 상승. https://www.thelec.kr/news/articleView.html?idxno=31280

12. 조남성. (2019). Current Status of OLED Technology and Market. Polymer Science and Technology, 24(2).

13. Hsiang, E.-L., Yang, Z., Yang, Q., Lan, Y.-F., & Wu, S.-T. (2021). Prospects and challenges of mini-LED, OLED, and micro-LED displays. Journal of the Society for Information Display. https://doi.org/10.1002/jsid.1058