

평판 표시기를 지향하는 군수용 디스플레이 기술

서론

미국의 남북 전쟁에서 정보를 전달하기 위한 수단으로 열 기구가 사용되었듯이 전쟁터에서 정보는 곧 전투력으로 직결되며, 이러한 정보들이 보다 많은 전투 인력들에게 신속하게 제공될 때 전투력이 배가될 수 있다. 따라서 전쟁에서 우위를 점하기 위해서는 필요한 정보를 거리-시간에 무관하게 동시 다발적으로 제공할 수 있는 기술이 절대적으로 필요하게 되는데, 이러한 정보 제공 매체는 위성, 항공 레이더, 정찰기, 레이저 탐색기, 자동 목표물 인식 장치 등과 같이 실로 다양하다. 이들로부터 얻어진 정보는 전자 시스템을 통해 저장-처리되어 개별 전투 인력들이나 군수 장비에 제공되며, 이러한 정보의 표시 수단으로서 내구성이 강한 고성능 디스플레이가 요구되고 있다. 예를 들어 그림 1은 군수용 목표 인식 시스템에 있어서 정보(목표물)가 주변 환경-센서-디스플레이를 거쳐 관찰자에게 전달되는 과정을 나타낸 것이다. 이와 같이 거친 환경

현대전투는 전자정보전이라고 할 정도로 전자 정보산업이 얼마나 우위에 있느냐에 따라서 승패가 좌우된다고 해도 과언이 아닐 것이다. 이 때문에 전투에 관련된 수많은 정보들을 적시적소에 제공하고 가공하는 것이 필요하다. 이러한 정보의 표시수단으로서 내구성이 강한 고성능 디스플레이가 요구되고 있다. 본고에서는 전투력향상에 큰 역할을 할 수 있는 군수용 디스플레이 기술동향에 대하여 알아본다.

주병권 박사/KIST 정보재료·소자연구센터

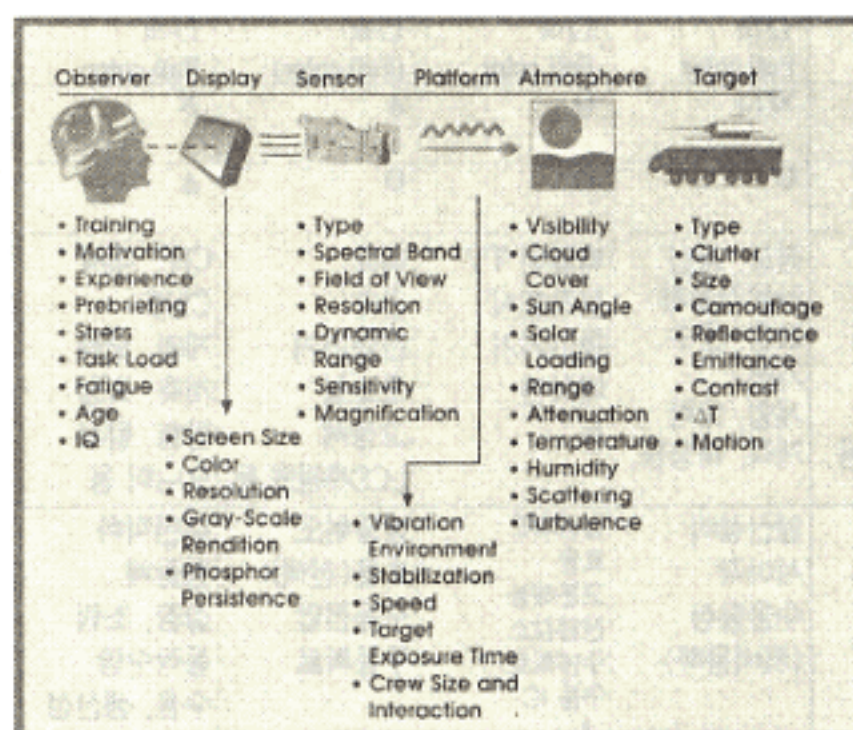


그림 1. 목표 인식계에 있어서 정보 전달 과정

에서 유동성 있는 목표물을 신속, 정확하게 표시하기 위해서는 부피가 작고 가벼우면서, 환경 변화에 민감하지 않으며 내구성이 강하고, 응답 속도가 빠를 뿐 아니라 분해능이 우수한 디스플레이가 반드시 필요하게 된다.

최근의 디스플레이 동향

한 때에는 TV로만 인식되었던 디스플레이가 최근에는 소형의 비디오 촬영기나 차량용 항법 장치로부터 중형의 노트북 컴퓨터, 그리고 대형 TV나 옥외 광고판에 이르기까지 우리의 일상 생활과 매우 밀접한 관계를 이루고 있다. 현재에는 수십 여년동안 사

용되어 온 종래의 음극선관(CRT : Cathode Ray Tube)이 주류를 이루고 있지만, 평판 표시기(FPD : Flat Panel Display)로 일컬어지는 무게가 가볍고 부피가 적은 디스플레이들이 CRT가 점하고 있는 상당 부분을 대체할 전망이다. CRT의 경우 음극선 발광(Cathodo-luminescence)에 의해 동작하므로 자체적으로 광을 발생하고, 효율이 높고, 광의 휘도를 효율적으로 조절할 수 있으며, 발생된 광은 매우 넓은 시야각과 색 순도, 휘도, 그리고 색 대비율을 갖는 등 여러 장점이 있다. 반면에 CRT가 지닌 고유 문제점들도 간과할 수 없는데 가장 치명적인 단점으로 부피가 크고 중량이 무겁다는 점을 꼽을 수 있다. 예를 들어 화면의 크기가 L일 경우 부피는 약

명칭	CRT Cathode Ray Tube 브라운관 디스플레이	LCD Liquid Crystal Display 액정 디스플레이	PDP Plasma Display Panel 플라즈마 디스플레이	ELD Electroluminescent Display 전계발광 디스플레이	FED Field Emission Display 전계방출 디스플레이	VFD Vacuum Fluorescent Display 형광표시관 디스플레이	LED Light Emitt- ing Diode 발광 다이오드 디스플레이
크기(inch)	수~50	수~30	40~60	수~20	수~20	수~10	~100
동작 전압 (V)	DC 20000~30000	AC 2~5	AC: 90~150 DC: 180~250	AC 100~200	DC 200~1000	DC 10~40	DC 2~5
소비 전류 (/cm ²)	~1μA	수μA	수 mA	수 mA	수μA	수 mA	수십 mA
대조비	~100	PM: 10~25 AM: 50~80	20~50	~100	~100	~50	~40
응답 시간 (μs)	~1	PM: 30~200ms AM: 20~60ms	수~20	수~50	수~20	~10	~1
휘도 (cd/m ²)	140~500	O(Δ)	70~220	70~200	200~500	180~3000	170~1600
표시색	흑백 다색 Full color	단색 다색 Full color	단색 다색 Full color	단색 다색 (Full color)	단색 다색 Full color	단색 다색	단색 다색 (Full color)
메모리 기능	X	X(Δ)	O	Δ	X	X	X
동작 수명	O	O	O	O	Δ	O	O
응용분야	정보, 통신 사무자동화 교통, 운수 가전 게임, 오락 계측, 측정등.	정보, 통신 사무자동화 교통, 운수 가전 게임, 오락 계측, 측정등.	벽걸이 TV 문자표시 광고기기 대화면 등	의료 군수 산업기기 초소형 고정세 LCD후광원 등	CRT 대체 CNS 게임, 오락 계측, 측정 탐험, 탐사 모니터 등	문자표시 그래픽 가전 사무기기 계측, 통신 등	표시램프 신호기 광원 정보안내판 대화면 등
향후과제	소형, 경량 평판 HDTV 저소비전력 안전성	양산설비 시야각 수율향상 (저비용화)	발광휘도 효율 고분해능 전압감소 주변회로 구동 IC	발광휘도 효율(청색) 구동전압 구동회로	대면적화 형광체 실장, 조립 동작수명 수율, 생산성	Full color 고화질	청색발광 집적화

표 1. 디스플레이 소자의
특징 비교

L3 정도로 비선형적으로 증가하게 되며, 또한 화면의 크기가 증가할수록 외관상의 크기 뿐만이 아니라 내파를 방지하기 위해 유리의 두께도 함께 증가하여야 함은 물론 빔의 편향이나 자성 차폐 등과 관련된 부품들의 크기 및 무게도 증가하게 된다.

이러한 CRT 고유의 한계점을 극복하기 위하여 FPD가 등장하게 되었는데, 액정 표시기(LCD : Liquid Crystal Display)를 비롯하여, 플라즈마 표시기(PDP : Plasma Display Panel), 전계발광 표시기(ELD : Electroluminescent Display), 전계 방출 표시기(FED : Field Emission Display), 형광표시기(VFD : Vacuum Fluorescent Display), 그리고 발광 다이오드(LED : Light Emitting Diode) 등이 이에 속하며 표 1에 보인 바와 같이 각각 고유의 특징들을 지니고 있다. 이들 디스플레이 들은 각각의 특징에 맞게 가정, 사무실, 산업현장, 그리고 야외 공공 장소 등 모든 생활 영역에서 활용되고 있는데, LCD의 경우 현재에 이르기까지 장시간 동안 축적된 기술적 배경과 생산성을 토대로 가전, 정보, 교통, 오락, 계측 등 소-중형 표시기 분야에서 CRT와 병용되고 있다. 또한, PDP의 경우 대형화를 장점으로 하여 벽걸이 TV, 대화면 표시기 분야에서 우위를 점하고 있으며, ELD의 경우 의료, 군수, 산업기기 등과 같이 가격보다는 강한 내구성과 신속함을 요구 받는 분야에서 사용 중이다. FED는 휘도-시야각-응답 속도-동작 온도 범위 등에서 강점을 지니고 있으며, 연구 개발이 종료되는 대로 차량 항법 장치, 휴대용 TV, IMT2000 등의 소형 제품으로부터 시작하여 모니터, TV 등의 중대형 제품에 이르기까지 응용도를 넓힐 전망이다. 이외에도 VFD는 가전, 사무 기기 등의 문자 표시용으로, LED는 램프를 수백 개에서 수십만 개까지 나열하여 최근에 흔히 볼 수 있는 대화면 옥외 정보 안내판이나 신호기 등에 응용되고 있다.

디스플레이 응용사례

상술한 바와 같이 우리의 생활 깊숙이 관계되어 있는 여러 종류의 디스플레이들이 최근에는 안정된 환경이 아닌 전쟁터와 같은 매우 불안정한 상황에서도 효용을 발휘하기 위해 매우 활발하게 개발되고 있다. 이러한 군수용 디스플레이는 개별 전투 인력들에게 제공되는 개인용 표시기와 전차나 항공, 전함 등의 군수 기기에 탑재되는 기기용 표시기로 구분되고 있다.

개인용 표시기

■ HMD(Head Mount Display)

개인용 표시기로는 그림 2에 나타난 것처럼 HMD(Head Mount Display)가 대표적인데, 이는 전장에서의 전투 인력용 이외에도 가상 조종실, 비행 시뮬레이터, 모의 전투, 3차원 항공 제어, 모의 작전 수행, 수술 등과 같은 가상 현실용으로도 이용되고 있다.

그림 2. HMD(Head Mount Display)



표 2. 미국 국방부의 HMD 용 FPD 개발 프로젝트

프로그램명	응용도	연구 목표	연구 기간
Miniature Flat Panel HMD for Aviation	비행체	비행체 용 HMD 로서 FPD 의 응용도 조사	1994.3-1997.3
Aircrew Integrated Helmet System(AIHS) Comanche Compatibility	비행체	HGU-56/P helmet 용 HMD 설계/개발	1995.8-1999.12
Advanced Visionics System (AVS) for Covert Night/Day Operations for Rotorcraft (CONDOR)	비행체	다양한 주변 여건이 표시기 성능에 미치는 영향을 조사하기 위한 tool 개발	1994.1-1997.3
Combat Vehicle Crew(CVC) Head Mount Display	전투용 차량	전차 지휘자에게 외부 정보를 제공할 수 있는 HMD 개발	1992.7-1995.7
Enhanced User Demonstration of CVC HMD	전투용 차량	전투용 차량과 HMD 의 집적화 기술 개발 및 효용성 조사	1994.3-1997.8
Advanced Flat Panel HMD	의료용	고분해능(640×480, 1280×1024) 칼라 및 초고분해능(2560×2048) 단색 HMD 개발	1994.6-1997.7
Hand-Held/Body-Worn Graphical Display System	보병용	개별 사용을 위한 고분해능 휴대용 표시기 및 제어기기개발	1996.6-1998.6
Integrated Helmet Assembly Subsystem for the Generation 2(GEN II) Soldier System and Force XXI Land Warrior	보병용	HMD/방탄기구/안테나/야간 관측용 센서가 집적화된 helmet 개발	1994.12 LW&Force XXI LW 로 발전
Maintenance and Repair Support System((MARSS)	유지 보수용	개인-유지보수용 전자 시스템이 탑재된 경량-인체부착형 장치 개발	1995.5-1997.5
Advanced Microdisplays for Portable Systems	R&D / 복합응용	구동 및 제어회로부가 집적화된 칼라 표시 장치 개발	1996.6-1998.6
Micro-Opto Electro-Mechanical(MOEMS) for Soldier-Based System	R&D / 복합응용	HMD 및 휴대용 표시 장치를 위한 MOEMS 개발	1996.6-1998.6
Advanced Technology for 2000 DPI HMDs	R&D / 복합응용	12μm pixel pitch 를 이용한 1 인치급 2560×2048 AMEL 및 AMLCD 실현 가능성 조사	1994.5-1997.7
Combat Cueing(CBT-Q)	R&D / 복합응용	전투용 휴대용 전술-정보 시스템 개발	1996.6-1998.12

이러한 HMD에는 현재까지 CRT가 사용되어 왔으나 CRT가 신뢰성이나 가격, 그리고 화질면에서

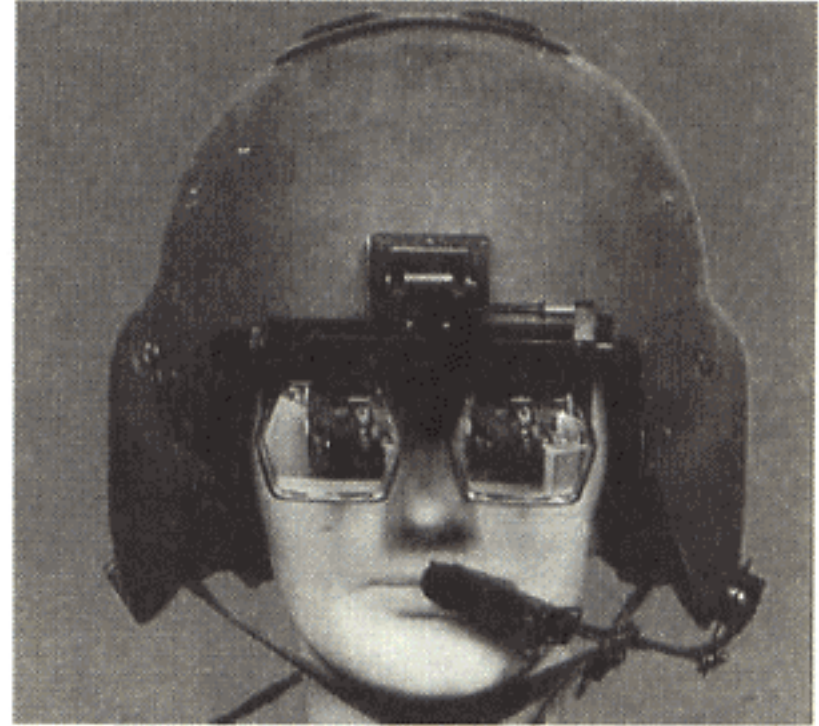
우수할지라도 HMD에 응용하기 위해서는 여러 한계점을 내포하고 있다. CRT의 한계점은 특히 중

량, 부피, 그리고 전력 소모 측면에서 확연하게 드러나고 있는데, 예를 들어 HMD용 1인치급 CRT의 중량은 동일 규격의 LCD에 비해 20배 이상이 되며, 동작 전압 측면에서도 CRT의 경우 7,000~35,000V에 이르나 FPD는 20~200V의 전압으로도 동작이 가능하다. 또한 CRT의 경우 자계를 발생시켜 특히 군용 장비의 핵심 소자인 위치 추적용 자기 센서 등에 영향을 줄 수 있고, 열로 인해 인체 부착이 바람직하지 않으며, 중량 및 공간 점유율이 크다. 이와 함께 인체를 대상으로 할 경우 인체와 바로 부착되는 부분에는 바람직하지 않은 고전압이 인가된다는 점 등의 기술적 한계로 인해 금후 HMD용 2인치급 이하의 표시기 부문에 있어서는 LCD와 ELD를 위시한 FPD 표시기들이 채용될 전망이다. FPD를 이용한 21세기의 군수용 HMD 부문의 연구 개발은 주로 미국 국방부에서 매우 강하게 추진되고 있으며 이를 간단히 살펴보자.

미 국방부의 FPD를 이용한 군수용 HMD와 관련된 프로그램의 연구 개발 범위는 표 2에 보인 바와 같이 매우 넓다. 개발될 제품군은 응용될 군용 부품이나 기기들에 따라 항공기용, 전투 차량용, 의료용, 보병용, 그리고 유지 보수용 등으로 분류되며, 이 외에도 복합 응용이나 기초 연구 개발에 관한 연구도 일부 지원을 받고 있다. 이러한 프로그램들의 최종 목표는 군수 시스템과 호환성 있는 집적화 된 HMD 제품을 개발하는 것으로, 미국의 DARPA(Defense Advanced Research Projects Agency)를 통해 관리되고 있다. 1991년도에 착수된 이 프로그램에서는 FPD 분야에서도 집적화 가능성이 높은 능동형 ELD(AMEL : Active-matrix ELD)와 능동형 LCD(AMLCD : Active-Matrix LCD)를 HMD 용으로 채택하고 있다.

항공기용 HMD의 경우 조종실 내부나 혹은 조종사의 헬멧 등에 최소의 공간 점유율과 중량이 요구

그림 3. 항공기 응용을 위한 초소형 평판 HMD의 일례



되는 만큼 FPD가 가장 필요한 분야이다. 대표적인 것이 1280×1024개의 픽셀을 갖는 AMEL을 이용한 초소형 평판 HMD(MFP HMD : Miniature Flat Panel HMD)로, 조종사용 헬멧에 부착되며 모양은 그림 3에 보인 바와 같다. 이는 Honeywell사에서 개발되었으며, 관찰 영역이 수평 방향으로 52°, 수직 방향으로 30°로 현재 사용 중인 HGU-56/P 헬멧에 탑재된다.

전투용 차량과 관련된 CVC(Combat Vehicle Crew) HMD 프로그램을 통하여 개발된 head-out HMD는 그림 4와 같은 모양을 갖는데, 이를 이용하여 전투 요원이 종래에는 M1A2 전차의 내부에서 별도의 표시기를 통해서만 얻을 수 있던 정보를 보다 신속, 정확하게 얻을 수 있게 되었다. 이 시스템에는 Kopin사에서 제조된 640×480 픽셀의 단색 AMLCD가 부착되어 있으며, 총 시스템의 무게는 700 그램 정도에 불과하다.

최근 들어 진단이나 수술 등에 내시경을 이용하는 경우가 많아지면서 내시경에 의해 얻어진 영상을 나타내기 위한 군수용 HMD표시기들과 관련한 프로그램도 있다. Honeywell사의 AFP (Advanced Flat Panel) HMD 프로그램에서는 보다 양질의 영상을 의료진에게 제공하기 위한 수단으로서 AMEL

그림 4. 전차용 HMD의 모양



및 AMLCD를 HMD에 부착하고 있다. 이러한 HMD는 그림 5에 보인 바와 같이 의료 요원에게 기존의 21 인치급 CRT에 버금가는 양질의 칼라 영상을 제공하고, 사용에 편안함을 느끼게 할 뿐 아니라, 눈과 손의 움직임을 조화롭게 하며, 아울러 각종 의료 장비 등과 호환성이 있다.

개별 전투 인력, 즉 보병으로 하여금 전장에서의 활동 영역을 넓혀주기 위한 통합 시스템 중의 하나로 그림 6과 같은 IHAS (Integrated Helmet Assembly Subsystem)를 들 수 있는데, 여기에는 방탄 기구, 통신 수단, 야간 투시용 센서, 컴퓨터 및 센서 데이터와 영상 수집 기능이 일체화되어 있다. Hughes Defense System사와 Honeywell사에 의해 공동 개발되는 이 시스템에는 640×480 픽셀의 소형 FPD가 부착되어 있다.

이 외에도 McDonnell Douglas사에서 군용 기기의 유지 및 보수를 위해 개발된 것으로 컴퓨터, 계측 기기, 전자 매뉴얼 등의 전자 시스템이 집적된 경량의 개인용 의복이 있는데, 이 시스템의 입력과 출력은 부착형 음성 송수신기와 HMD를 이용하여 이루어진다. 한편, MicroDisplay사는 휴대용 표시기

그림 5. 미군 병원에서 HMD를 이용하여 수술을 하는 모습



그림 6. 보병용 HMD 시스템의 모양



를 위한 1인치급 이하의 초소형-고분해능 표시기를 개발하였으며, 이외에도 표시기와 관련된 종속 시스템 개발이나 분해능 향상, 마이크로 전자-광학 분야의 연구들이 진행 중이다. 이러한 초소형-고분해능 표시기에 초소형 광학-전자-기계 장치(MOEMS: Micro-Opto-Electro-Mechanical-System) 기술이 접목될 경우, 표시기, 광학 소자, 센서 등의 무게 및 부피 감소와 더불어 고성능화를 지향할 수 있으며, 그 응용 기기도 HMD는 물론 전투용 안경, 손목 시계, 전장 등으로 확장될 수 있다.

군수용 디스플레이의 요구특성

군수 기기에 탑재되는 기기용 표시기의 경우 일반적인 FPD의 성능을 유지하면서도 고내구성을 지향하는 기술이 뒷받침되어야 한다. 즉, 사용자의 목적에 따른 FPD의 제품화는 주로 두 분류로 형성되는데, 먼저 노트북 컴퓨터 등과 같이 대중을 대상으로 하여 대량 생산이 가능하고 성능보다는 가격이 구매력을 결정하는 부문과 이와는 대조적으로 고정된 수요자에 대해 가격보다는 성능이 우선되는 부문으로 볼 수 있다. 전통적으로 군수용 디스플레이 기기는 후자에 속하며, 특히 강조되어야 할 점이 고내구성이다. 고내구성 디스플레이란 다양하고 열악한 환경(온도, 습도, 주변 광도, 그리고 물리적인 충격)하에서도 성능의 변화가 없이 정확한 정보를 제공할 수 있는 표시기를 일컫는다. 이러한 군수용 고내구성 디스플레이는 DARPA를 중심으로 연구 개발되고 있으며 금후 항공기, 전차, 전함 등에 탑재되어 광범위하게 운용될 FPD 제품이 등장할 전망이다.

그림 7은 고내구성 FPD의 일례로 현재 미 공군의 C-141 항공기에 탑재되어 있는 AMLCD 패널들을 예시한 것이다. 또한 그림 8에 보인 바와 같은 미 해군의 EP-3E 항공기의 경우 1377 파운드나 되는 소형 CRT(각각의 무게는 165 파운드)들을 내장하고 있으며, 이와 같은 과도한 중량으로 인해 날개를 비롯한 기체의 피로도가 증가하고 있는 것으로 판단되어 곧 경량의 LCD들로 대체할 예정이다. 이와 함께 전자파 장애나 신뢰성 또한 CRT에 있어서 문제점으로 나타나고 있으며, 제반 여건들을 고려할 때 FPD가 미군의 전함, 잠수함, 항공기, 차량 등에 탑재된 CRT를 대체해 나갈 것임은 매우 확실하다.

이상을 통해 살펴본 바와 같이 군수용 디스플레이는 HMD를 중심으로 한 개인용 표시기와 기기용

그림 7. 미 군용기에 탑재된 고내구성 AMLCD

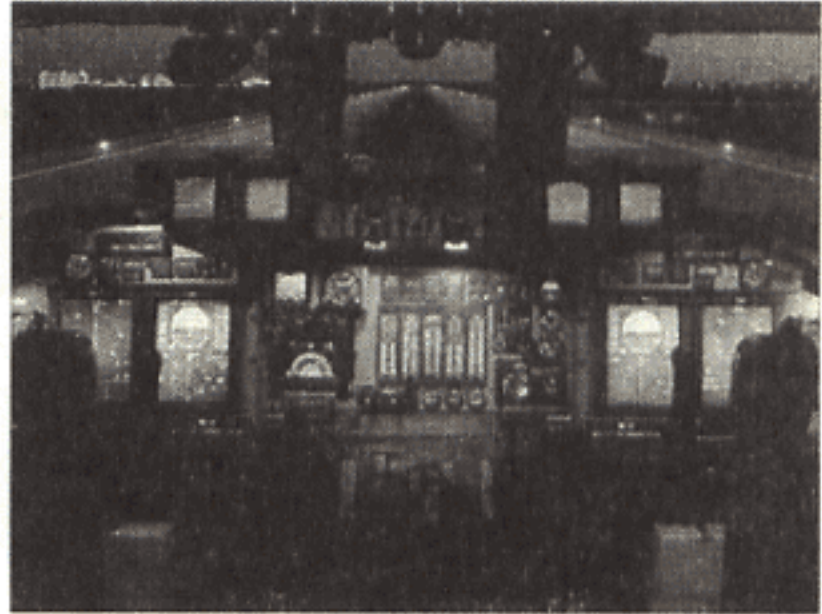
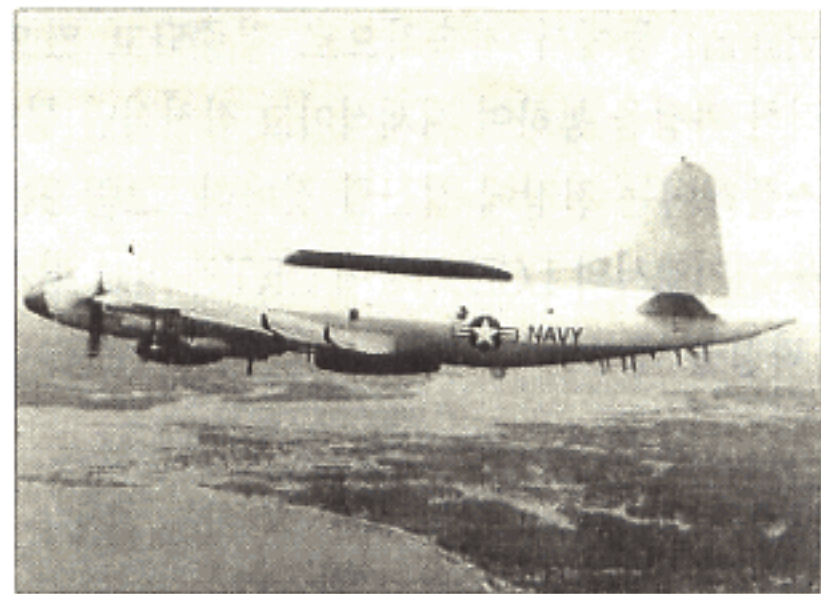
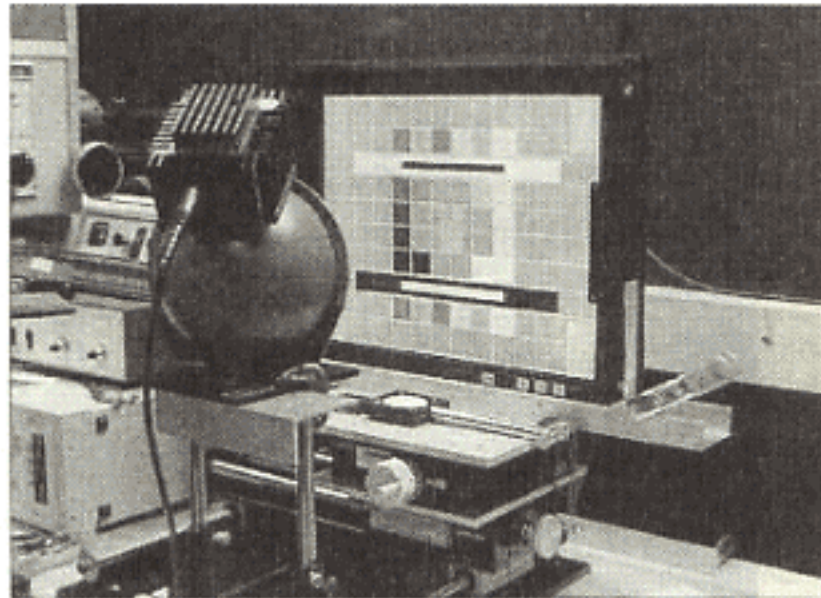


그림 8. 내장된 CRT를 LCD로 대체할 예정인 미 해군의 EP-3E ELINT 항공기



표시기 모두에 있어서 부피 및 중량, 전력, 발열 등의 문제점들을 내포하고 있는 CRT로부터 FPD 쪽으로 옮겨 가고 있음은 확실하다. 그러나 FPD가 CRT를 대체하는 과정에 있어서 고려하여야 할 여러 요소가 있음은 부인할 수 없다. 이러한 점들은 가격보다는 특히 성능면에서 발생하며, 궁극적으로는 FPD가 CRT의 한계점들을 극복함과 동시에 CRT에 상당하는 성능을 유지하는 쪽을 지향함은 물론이다. 최근 군수용 FPD로서 가장 앞서 나가고 있는 LCD를 생각해 보자. LCD가 과연 CRT에 버금가는 해상도, 색도, 밝기, 응답 속도와 전반적인 유연성들을 지니고 있는가? 또한 CRT 형광체 및 구동 회로 등과 무리 없이 적응되어 온 주변 시스템에 얼마만큼 집적화 될 수 있는가? 신뢰성 및 수명은


그림 9. 미 해군에서 평가중인 NEC 20.1인치 LCD와 전자-광학 센서로부터 출력된 신호의 CRT 대비 LCD 성능 비교



우수한가? 이상과 관련된 제반 평가는 미국의 NAWCAD(Naval Air Warfare Center, Aircraft Division) 등에서 지속적으로 검증되고 있으며, 이러한 과정을 통하여 체계적이고 점진적인 형태로 디스플레이는 전장에 접근할 것이다. 그림 9는 군수용 기기로서의 LCD 성능이 CRT와 비교 평가 받는 과정을 예시한 것이다.

결론

결론적으로 기술적인 측면에서 볼 때 군수용 고내구성 디스플레이는 세 종류의 기술 부문을 중심

으로 개발될 전망이다. 현재 상업화된 FPD(AMLCD와 AMEL)를 적용하여 시스템 개발을 앞당기는 것, 기술적으로 가장 강세인 AMLCD에 보다 내구성 개념을 강조하는 것, 그리고 AMLCD와 비교하여 성능과 가격에서 경쟁력이 있는 새로운 FPD 기술을 발전시키는 것으로 볼 수 있다. 새로운 FPD 기술에 있어서 주목 받는 소자로는 FED가 대표적인데, 이는 군수용뿐만 아니라 민간 부문에서도 성능(시야각, 동작속도, 동작온도 등)과 가격 면에서 LCD와 경쟁할 잠재력이 높아 현재 미국의 Motorola, Raytheon, 프랑스의 PixTech, 일본의 Futaba, 한국의 삼성, 대우 등에서 집중 개발되고 있다. 

참고 문헌

- (1) R.L.Lombardo, Jr., Target acquisition : Its not just for military imaging, Photonics Spectra, pp.123-126 (1998.7)
- (2) J.M.Constantine, Jr., Designing head-mounted displays for virtual reality, Information Display, pp.10-12 (1996.9)
- (3) H.H.Girolamo et al., Advanced information displays for the 21st-century warrior, Information Display, pp.10-17 (1997.3)
- (4) R.Ellis, Marketing rugged displays : opportunities and options, Information Display, pp.12-15 (1998.3)
- (5) K.E.Sola, The military display dilemma, Information Display, pp.28-31 (1998.12)
- (6) Electronic Display, edited by S.Matsumoto et al., Ohmsha, Ltd., Japan (1998)