

熱像裝備의 現況과 發展趨勢

丁 海 一 譯

머 리 말

熱像裝備의 구성은 裝備가 사용되는 목적에 따라 多樣하게 變할 수 있다. 그러나 일반적으로 大氣條件 및 熱輻射特性에 따라 普通 溫度範圍(300°K=27°C)에 있는 目標物의 監視에는 10 μ m 波長範圍의 熱像裝備가 가장 有效한 것으로 알려져 있다. 그 理由로는 다음 3가지를 들 수 있다.

- 8~14 μ m 波長領域이 大氣透過 特性이 좋다 (大氣窓).
- 300°K의 물체에서 黑體熱輻射의 最大放出波長이 10 μ m 이다(Plank의 法測).
- 物體 自體의 溫度差에 따른 黑體輻射線 差異를 判別하는 最適條件이 300°K 溫度부근 領域에 있는 物體에 대해서 10 μ m 波長부근에 存在한다.

특히 주목할 만한것은 熱像裝備는 完全 受動形이라는 것이다. 주위의 밝기에 관계없이 單目標的과 주위의 溫度差에 따른 熱對照比를 이용함으로써 빛이 전혀 없는 환경에서도 戰鬥車輛을 광범위하게 探知할 수 있으며, 赤外線 領域의 波들은 可視光線보다 비교적 안개에 대한 透過도가 좋고 標的에 대한 煙幕遮障에도 효과적이다.

觀測者는 銃口の 閃光때문에 관측방해를 받지 않으며, 흐린날에도 일반 光學裝備에 비해 熱像裝備가 유용한 것으로 알려졌다.

이것은 美軍 및 獨逸軍에 의해 경험적으로 立證되었으며 또한 晝夜間 裝備적용비율이 40 : 60으

로 夜間쪽에 運用비중을 높게 두고 있는데 이러한 사실은 戰術適用面 뿐만아니라 軍需의인 면에서도 중요한 의미를 갖는다.

熱像裝備의 走査形態

原理의인 면에서 走査方式은 並列走査와 直列走査의 기본적인 두가지로 나눌 수 있다. 並列走査方法에 있어서 映像視界는 수직으로 배열된 檢出器들에 의해 결정된다.

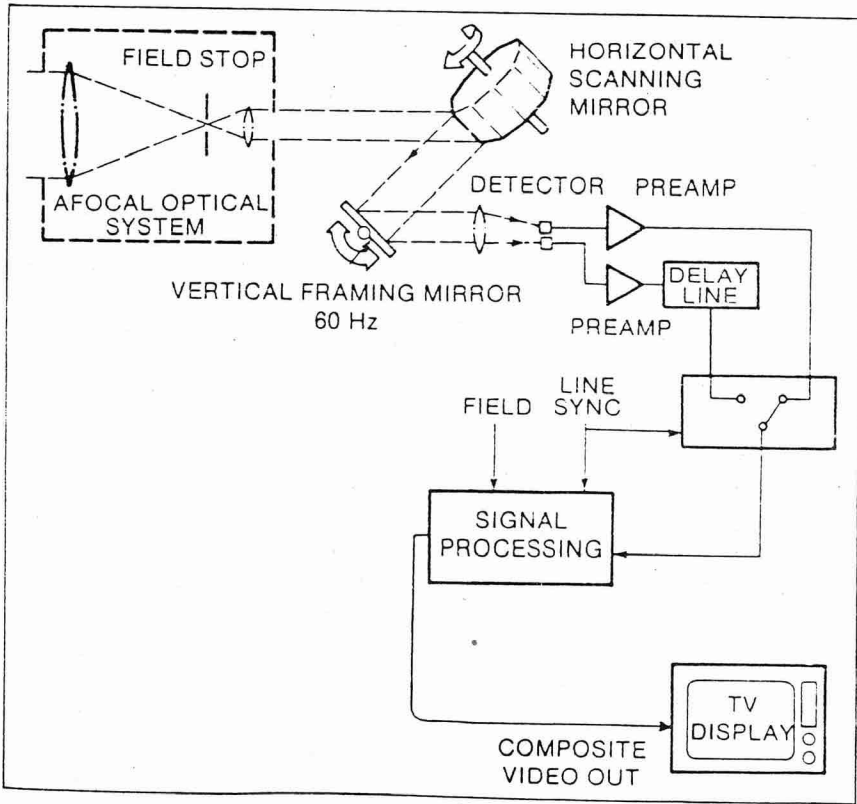
排列檢出器의 사용은 感度가 다소 약하고 像情報의 손실을 초래하며 한方向으로 走査時에는 배열된 單一檢出器들의 수만큼 같은 數의 映像線(Image Line)이 나온다.

檢出器가 충분히 빠르다면, 즉 時定數가 대단히 작다면 한 檢出器로 여러개의 映像을 얻게하는 飛越走査方法도 가능하게 된다.

映像의 走査에는 前後方走査方法을 쓰거나 돌아오는 時間이 짧은경우 前方走査方法만을 쓸수 있으며 後者の 경우 回歸時間은 調整命令을 보내는데 주로 使用한다.

並列走査時에는 일련의 檢出器 배열중 한개가 고장나면 한 映像線(Image line)이 손상되며 특히 多重飛越走査時에는 여러개의 映像線의 손상을 초래케 한다. 美國에서는 並列走査方法이 소위 共通모듈化되어 모든 陸軍武器體系中 熱像裝備의 기본이 되어있다.

直列走査方法에 있어서는 檢出器 배열이 走査方向으로 整列되어 있어 映像의 모든 點이 각 檢出器에 의해 연속적으로 走査될 수 있도록 되어있다.



Honeywell 社の **FLIR** 에 쓰이는 열상장비의 직렬주사원리 구성도

排列돼 있는 모든 檢出器의 像點으로부터 정 상으로 重疊된 信號를 얻을 수 있도록 遲延回路 를 써서 개개의 檢出器로부터 나오는 信號를 지 연시킨다. 이 방법의 잇점은 檢出器 配列數 n 에 관 계된 信號對雜音比의 향상을 가져온다는 점이 다.

直列走査의 적당한 例로서는 Hoey Well 社의 Mini FLIR 를 들 수 있다. Mini FLIR 는 Bun deswehr 에서 試驗을 위하여 運用中이며 그중 에 서도 헬機 등의 새로운 射擊統制概念의 시험연 구에 운용중이다. 또한 이스라엘陸軍에서는 車 輔用으로 개조된 Mini FLIR 를 광범위하게 M 60 戰車에 사용하도록 시도하고 있다.

回轉거울, 렌즈 및 프리즘 등이 走査裝置에 쓰 여지고 있는데 이런 모든 方法들이 각각 固有 의 長點과 短點을 갖고 있다. 並列走査와 直列 走査의 長短點을 살펴보면 대략 다음表와 같다.

生産이라는 측면에서 技術的인 요소도 당연히 고 려되어야 한다. 並列走査檢出器의 생산이 直 列走査檢出器 生産보다 복잡하게 생각된다. 그 反面에 시스템의 중요한 性能을 결정하는 높은 溫度識別力이라는 長點도 고려요소가 돼야할 것 이다. 지금까지 說明한 走査方法의 長短點을 보 완한 새로운 走査方法이 SMT(System Modula ire Thermique)라는 이름으로 프랑스에서 最初 로 채택되었다.

| 並列走査(Parallel Scan) | 直列走査(Serial Scan) |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> · 높은 溫度 識別力 · 비교적 走査裝置 소음이 작다 · 機械的 走査裝置가 간단하다 · 檢出器 개수가 많다 · 感도가 均一치 않을때 映像이 不均一하다 · 前斷 增幅器와 多重器 價格比重이 높다 | <ul style="list-style-type: none"> · 낮은 溫度 識別力 · 높은 走査速度로 인해 소음이 많다 · 走査裝置가 비교적 복잡하다 · 檢出器 개수가 적다 · 均一한 映像을 갖는다 · 遲延回路價格에 비해 增幅器 價格比重이 낮다 |

이 시스템은 走査方向에 대해 水平과 垂直方向으로 배열된 몇개의 檢出器 素子들로 구성되어 있는데 技術的인 제약으로 使用可能한 檢出器 素子數가 제한되어 있다.

熱像裝備의 모듈化 現況

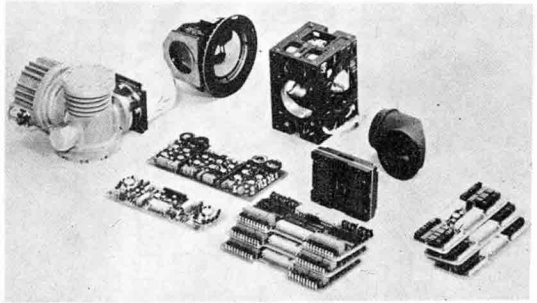
10 μ m 波長 領域에서 運用적합한 熱像裝備의 개발은 많은 時間과 투자가 요구된다. 이것은 高度의 技術을 요하는 赤外線 檢出器(HgCdTe), 77°K(197°C)까지 檢出器 溫度를 냉각시키는 問題 및 機械的 走査裝置의 精密度등에 기인한다.

最近 數年동안의 개발을 통해 熱像裝備의 内部 부분품이 軍의 모든 분야에 다양하게 적용될 수 있도록 노력해 왔다. 그 동안에 이러한 概念形態의 구체화된 努力結果 世界的으로 다음의 3가지 모듈화된 시스템들을 개발하게 되었다.

- Common Modules(미국)
- Système Modulaire Thermique(프랑스)
- Modular System With Strip Detectors(영국)

Common Modules

Common Modules 는 1972年에서 1976年 사이에 美國에서 개발되었다. 오늘날 이것은 美國의 주요 武器體系에 결합된 夜視裝備의 根幹을 이루고 있는데 예를 들면 M60A3 戰車, M1 戰車, 對戰車미사일 DRAGON, TOW, 歩兵戰鬪車輛 및 高性能 공격헬機 등이다. 그동안 1,200개 이상의 Common Modules 이 美國에서 生産조달되었다. 獨逸軍 武裝車輛(Leopard 2, Leopard 1,



Common Modules 장비의 주요 부분품들

그림은 時計方向으로 냉각기, 結晶 光學계, 주사기, 기준기, 3개의 전단증폭기, 주증폭기, 바이어스 조종기, 주사, 비행 전자회로 등이다.

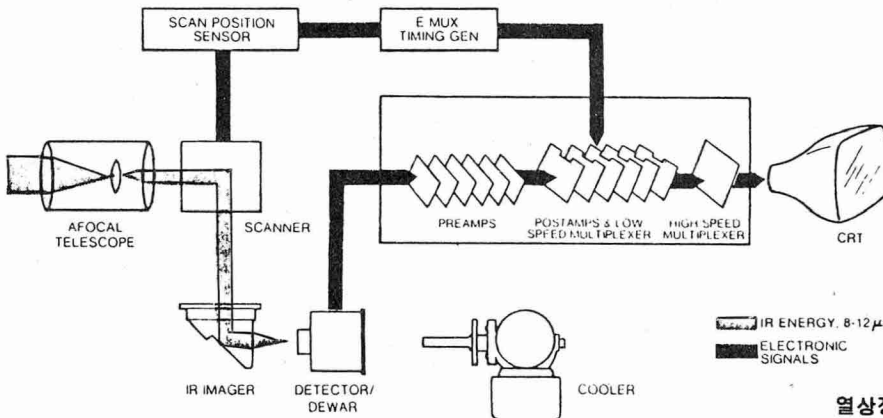
Luchs Apv and MARDER MICV)의 熱像裝備도 Common Modules 에 의하여 完全하게 組立되었다.

1977年 10월에 시작된 獨逸의 熱像裝備開發은 매우 成功的으로 進行되었다. Leopard 2 戰車에 裝착될 熱像裝備 1,000대가 Carl Zeiss 에 의해 조달되었으며, 스위스도 또한 獨逸 熱像裝備를 裝착한 Leopard 2를 채택할 것을 提案하였다.

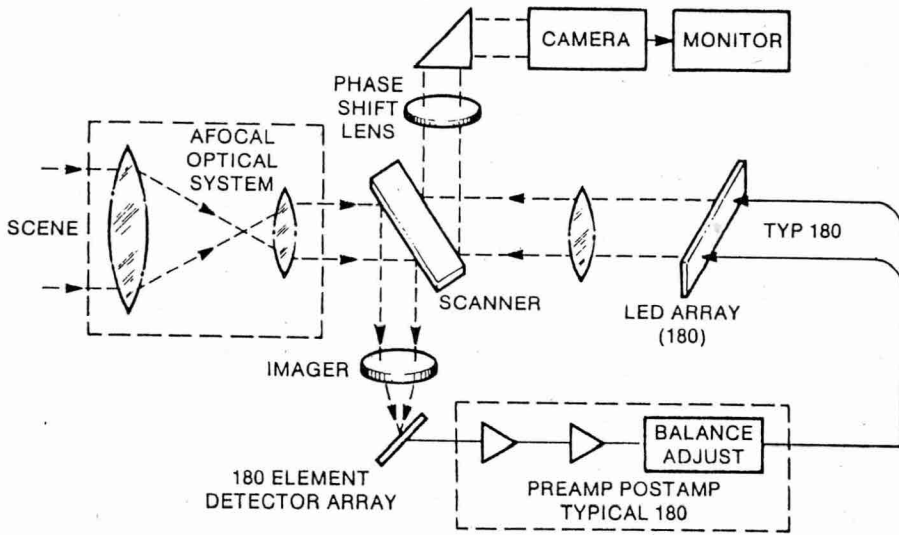
裝備開發과 병행하여 獨逸의 共通모듈 生産이 Heilbronn 에 있는 AEG-Telefunken 에 의해 추진되었다. 生産工程이 확립된 이후 오늘날 AEG-Telefunken 은 Leopard 2는 물론 Marders와 Luchs 用 熱像裝備의 정비유지를 위한 모든 檢出器와 冷却器를 공급한다.

System Modulaire Thermique(SMT)

1975年 以來 System Modulaire Thermique 라 불리우는 共通모듈이 프랑스政府와 계약으로 TRT 와 SAT(검출기)에 의해 개발되어 왔다. 프랑스 共通모듈의 構成은 대략 다음과 같다.



열상장비의 개략 구성도



Common Module 장비에 사용된 병렬주사 원리의 구성도

- 5×11로 구성된 檢出器 排列과 그에 따른 前段 增幅器
- 垂直과 水平走査 System
- 主 增幅器 및 走査回路
- 625 line 信號處理 모듈(CCIR 標準映像出力)
- 試驗 및 檢診모듈
- 직접 映像再現 모듈(Mini-Monitor)
- Stirling 혹은 Joule Thomson 原理에 의한 冷却器(정확하게는 冷却器는 SMT 共通모듈 概念에 포함 안됨)

SMT 모듈은 AMX 30/B2, VAB, EPC, HAC 등의 武器體系에 광범위하게 쓰이며 量産은 1984년에 시작할 예정이다.

現在 알려진 바로는 裝備자체에 관한한 2,000대의 量産이 1985年 中반에 이루어질 계획이며, 따라서 지난 몇年동안 프랑스에서는 熱像裝備의 개발과 生産능력을 키우는데 많은 資本이 投資되었다.

Modular System With Strip Detectors

英國에서는 TED(Tom Elliot Dedector)나 SPRITE(Signal Processing in the Element)로 불리우는 檢出器가 Mullard社에 의해 지난 數年동안 개발되었다. 이 개발에 앞서서 Barr & Stroud社는 모듈化 概念의 熱像裝備를 개발하였다.

그러나 이 裝備는 主要 構成品(檢出器를 포함한 走査裝置, 電子回路系, 光學系, 電源供給器, 冷却시스템)이 표준화되지 않았고 社製化 되었다는 측면에서 英國 共通모듈과는 다르다. 또한 이 장비에는 Joule-Tomson 冷却裝置 만이 부착되어 있다.

SPRITE 檢出器는 3개의 電氣端子를 가진 사파이어 위에 赤外線 感應物質(MCT)을 입힌 것이다. 이 感應物質조각은 直列로 배열된 재래식 檢出素子에 대신하는 기능을 갖는다.

이 조각이 赤外線에 노출되면 勵起電流가 생기고 이 電流는 조각을 따라 끝단을 향해 바이어스 電流와 조각의 特性에 比例하는 속도로 이동하게 된다. 이 이동속도는 매우 빠르며 映像 走査速度에 맞춰 조절되게 된다.

이러한 방법으로 勵起된 電流는 동시에 檢出器 끝단으로 모이게 된다. 따라서 遲延素子 같은 별도의 電子部品들은 사용할 필요가 없다. 여기서 檢出器 斷熱容器(Dewar) 제작기술은 容器로부터 連結線이 적기 때문에 물론 간단해진다.

原則적으로 서로 연결된 여러개의 SPRITE 檢出器는 直並列走査形態를 이루게 된다. Mullard社는 현재 8개의 素子로 된 檢出器를 공급한다.

SPRITE 檢出器와 熱像裝備의 大量生産準備에 관한 精確한 現況을 알수는 없지만 아마도

프랑스의 準備段階과 비슷한 수준일 것으로 생각 된다.

이제까지 설명한 세가지 共通모들의 기술개발을 生産段階나 價格에 관계없이 비교한다면 간단하게 다음과 같이 말할 수 있다.

—많은 개수의 檢出器 素子로 인해 CM 기술은 惡天候에도 좋은 性能을 제공할 수 있다.

—SMT 기술은 檢出素子が 작은 크기를 갖기때문에 光學系를 작게할 수 있고 직접 CCIR-TV 映像出力을 제공할 수 있다.

—SPRITE 檢出器는 장비제작 기술의 單純化를 가능케 했다.

유럽의 장래 武器體系에 있어서 여러가지 기술의 相互 利用이라는 측면에서 效率性을 판단하고 評價한다면 특히 凡國家의인 生産능력을 보유하고 있는 獨逸의 AEG-Telefunken, 프랑스의 SAT, 英國의 Mullard 등은 相互 否定的인 觀點으로 대할 수도 없으며, 대해서도 안될 것이다.

그러나 經濟的, 政治的인 이유로 上記 세國家들은 自國의 生産품목을 사용해야 될것이다. 이것은 결국 유럽의 夜視裝備體系를 위해서는 이 세國家가 상호간에 生産許可를 주도록 협조해야 한다는 것을 의미한다.

次期世代 熱像裝備의 技術趨勢

앞으로 예상되는 技術開發趨勢은 檢出器 素子の 숫자를 늘리는 것이다. 이러한 경향의 개발에서 오는 잇점은 技術的, 戰術的인 면에서 다음과 같이 명백히 들어난다.

- 認知와 探知의 範圍를 늘림
 - 探知距離에 영향을 주지않는 視界의 擴大
 - 많은 感知器와 信號處理部의 보충으로 순수한 기술적인면 뿐만아니라 自動目標追跡(裝備에 짧은 反應時間附與) 같은 특수한 기능의 전달을 가능케 함으로써 運用者의 감소를 가져옴
 - 機械的 시스템 사용을 피한 裝備의 簡單化
- 現在 수많은 기술개발 경쟁이 熱像裝備分野에서 이루어지고 있는데, 특히 3~5 μm 및 8~12 μm 두 波長에 걸쳐서 冷却裝置의 여러 作動溫度 및 機械的 走査裝置를 가진 시스템들에 관한

여러 意見들이 제시되고 있다. 그러나 양자택일하는 式의 長短點에 관한 討論은 문제를 대단히 심각하게 만들 수가 있다.

檢出器에 관한한 능률적인 檢出器(二次元的인 焦點面 排列)로써 單一形態(信號處理: MCT-CCD) 뿐만 아니라 複合形態(信號處理: Silicon CCD)로 된 Photovoltaic MCT(Hg Cd Te)가 주로 적용될 것이다. 基本的인 구성은 다음과 같다.

—넓은 視野와 範圍를 갖는 走査裝置(例: 탱크)
—넓은 範圍가 요구될지라도 작은 視野로 충분한 固定된 시스템(例: 檢出器 Head)

熱像裝備의 사용화에는 檢出器의에도 冷却裝置가 굉장히 중요한 의미를 갖는다. 이에 관한한 가장 큰 문제점은 높은 MTBF, 낮은 人力電壓, 小型 輕量 및 가능한 싼 價格등의 많은 制約下에서 作動溫度가 77°K(-197°C) 이하로 요구될때 예상된다. 이것은 또한 生産技術的인 면에서 長點이 돋보이는, 예를 들어 Silicon 같은 單一形態의 개발이 제한받게 되는 主要原因이기도 하다.

次期世代 熱像裝備가 1980年 후반기에 실용화될 것이라는 전망으로부터 비롯된 최근의 熱氣는 점차 식어가고 있다. 좀더 현실적인 觀測에 의하면 1990年代 中반까지는 實用化가 어려울 것으로 보여진다.

이미言及한 바와같이 晝夜間에 걸쳐 觀測能力의 향상이 미래 戰鬪車輛의 射擊統制시스템에서는 요구된다. 이것은 우선적으로 熱像裝備의 識別能力과 探知距離의 증대를 의미하게 된다.

따라서 현재 獨逸에 導入되어 있는 CM(Common Modules)시스템에 대해서 性能增大의 가능성을 연구해 보는것이 필요하다. 다음은 이미 개발되었거나 研究中에 있는 사항들이다.

- 4:1 飛越走査 시스템
- 디지털 走査變換
- 檢出素子の 小型化
- 180개의 CCD-CM 檢出器導入(TDI 回路: 時間遲延 및 積分回路)

오늘날 CCD-CM 檢出器에 있어서 各 檢出器素子は n개의 연결된 排列形態로 바뀌게 될것이다. n개의 檢出器로부터 나온 信號는 直列方

向으로 走査되고 檢出器에 부착되어 있는 電子回路에 의해 正位相의 순서로 倍加되므로 이론적으로 이런 장비의 感度は n 因子 만큼 향상될 수 있다. 현재 CCD 檢出器에 대한 기술적인 사항은 對外的으로 공개되고 있지않은 실정이다.

最新 半導體技術로 제작된 부품을 사용한다면 소위 디지털走査變換裝置(DSC)라 불리는 것을 이용하여 共通모듈 시스템에서 水平方向으로 生成된 최대 180개에 아날로그 檢出信號를 디지털信號로 變換시킬 수 있다. 기본적으로 DSC는 두개의 主要構成品으로 되어있다.

—並列을 直列方向으로 變化시키기 위한 多重器 (MUX)

—信號를 生成시키는 아날로그 디지털變換器 (ADC)

裝備에 디지털信號處理 방법을 導入한다면 다음과 같은 機能들이 추가될 수 있다.

- CCIR-TV 標準映像出力
- 檢出器 各段에 대한 增幅 및 對照比自動調節
- 輝度 및 焦點 自動調節
- 自動 目標追跡 및 識別

이것은 별도의 모니터가 요구되는 시스템(電子光學的인 多重器)에 TV 카메라(高價)를 부착시키는 문제를 해결하게 한다.

赤外線 映像의 垂直走査時에는 走査公式이라고 불리는 $fa > 2fg$ 가 일반적으로 지켜지지 않는다. 위 式은 走査周波數 fa 는 走査되는 스펙트럼의 周波數 fg 보다 적어도 두배 이상이어야 한다는 것이다.

上記 요구조건이 지켜지지 않는경우 원래 존재하지 않았던 周波數가 통과중에 생겨나는 現象인 Aliasing Effect가 일어나며 기존의 信號들은 전부 혹은 부분적으로 지워진다(干涉現象). CM에 있어서 지금까지는 LED 素子 크기를 크게하여 Aliasing Effect를 많이 줄일 수 있었다.

그러나 이 방법은 垂直 MTF(變調傳達函數)를 나쁘게 하는 단점이 있다. 이 문제를 해결하기 위해 4:1 飛越走査를 쓴 走査裝置를 도입하여 전달되지 않은 周波數 範圍로 간섭을 변화시켜 垂直 MTF를 크게 향상시켰다. 檢出器 素子の 크기를 줄임으로써 光學系의 크기를 줄이는 가능성에 대해서는 이미 언급한바 있다.

맺 음 말

현재 獨逸은 熱像裝備 기술개발 分野에서 先導的 역할을 담당하려고 노력하고 있다. Common Modules 같은 적절한 熱像裝備의 도입으로 獨逸軍의 夜間戰鬥能力은 크게 향상되었다.

次期世代 熱像裝備의 소개가 늦어짐에 따라 기존의 導入된 技術發展이 가능하게 되고 따라서 기존장비의 性能向上에 주력해야 될것이다.

凡유럽的인 夜視裝備體系의 도입에 대해서는 최근까지 形成된 國家的인 生産能力이 고려되어야만 한다.

참 고 문 헌

(Military Technology 11/1983)

