

# 항공전자의 기술 동향

金炳鏞  
空軍本部 航空事業團

## I. 머리말

전투기에서 항전장비 역할의 중요성은 현재 취역중이며 세계적인 명작으로 이름을 날리는 F-15, 16, 18 전투기들에서 그 예를 쉽게 찾아볼 수 있다. 조종장치를 전기적 신호를 이용하여 자동으로 제어하는 Digital Flight Control System(DFCS)이 없으면 전자동 저고도 비행을 할 수 없으며, 주의를 분산시키지 않고 조종하면서 항공기의 모든상태를 확인할 수 있는 Head Up Display(HUD)와 자신의 현재 위치파악이나 목표물 위치를 정확히 알 수 있는 Global Positioning System(GPS)이 없다면 비행 목적을 달성하는데 조종사가 많은 부담을 가질 것이다. 항공기에서 쓰이고 있는 항전장비의 일부분은 다른 분야에도 적용하여 쓰고 있는데 HUD와 GPS처럼 자동차, 극지탐험, 일반 항법용으로 전용되어 일반인들에게 점차 친숙해지고 있는 것들도 있다.

전통적으로 항전장비란 통신, 항법, 적아식별장비, 레이더, 전자전장비, 사격통제장비, 조종석 통제 및 지시기, 디지털 비행조종장치 등을 이야기한다. 전투기에서 항전장비가 차지하고 있는 비중은 30-40% 정도이며 그 비중은 점차 더 많아지리라고 전망된다. 항전장비의 발전은 다른 전자장비처럼 하드웨어와 소프트웨어가 함께 발전하여 왔으나 군용이라는 특수성 때문에 일반화되지 못하고 소량생산에 그치고 있으며 소프트웨어는 실시간 작동을 최우선으로 하고 있다.

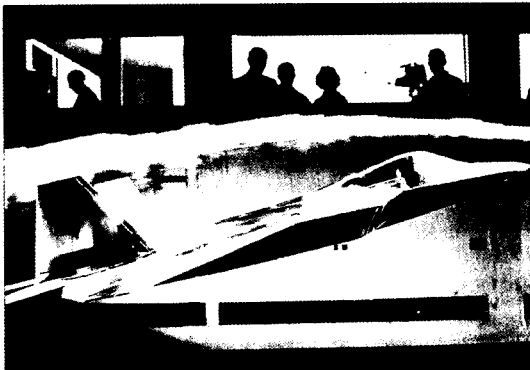
독자적인 항공기 개발을 위해서 갖추어야 할 핵심 기술의 대부분이 항전장비에 집중되어 있다는 점에서 항공전자 기술의 중요성을 찾을 수 있다. 현재 독자적으로 항전장비를 개발하고 운용하는 나라는 미국, 러시아, 일본, 유럽 선진국, 이스라엘 등을 꼽을 수 있으나 신개념의 발전 및 신장비의 개발은 미국이 앞장서서 주도하고 기타 선진국은 보조를 맞추고 있는 형편이다. 우리나라가 진정한 항공산업 발전을 바란다면 항전장비 기술확보에 눈을 돌려 주도국 대열에 동참할 기반을 우선 구축하여야 할 것이다.

## II. 차세대 전투기 항전장비

2000년 이후에 등장할 것으로 예상되는 주요 전투기로 F-22, JSF(Joint Strike Fighter), EF-2000, Rafale 등을 들 수 있다. F-22는 미공군에서 개발 중인 항공기로 EMD(Engineering Manufacturing & Development) 단계에 있으며 JSF는 미공군, 미해군/해병, 영국 공동으로 개발 추진 중이며 개념 설계 단계에 있는 것으로 알려져 있다. EF-2000은 영국, 독일, 이태리, 스페인 4국에서 공동 개발 중이며 Rafale은 프랑스에서 개발하여 곧 실용화될 예정이다.

### 1. F-22

F-22는 F-15C의 후속 차세대 전투기로 ATF (Advanced Tactical Fighter) 란 명칭하에 개발되어 스텔스, 초음속 순항성, 기동성을 중시하여 설계 되었다. 항공기 개발 및 생산은 Lockheed와 Boeing사가 공동으로 담당하며 개개의 항전장비 개발은 Lockheed에서, 전체 항공전자 연동은 Boeing사에서 담당하고있는 것으로 알려져있다. F-22에서 사용될 최신의 항전장비로는 고속의 Integrated Circuit을 이용한 Modular Mission Computer(MMC), Active Phased Array Radar, DFCS (Digital Flight Control System), Infrared Search & Tracking(IRST), Missile Approach Warning(MAW), Intra Flight Data Link(IFDL) 등이 있는 것으로 알려져 있다.



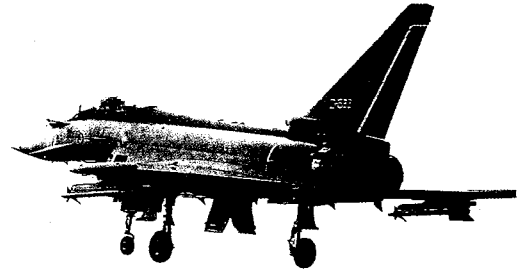
〈그림 1〉 공동 실험중인 미국의 F-22 전투기

### 2. JSF(Joint Strike Fighter)

JAST(Joint Advanced Strike Technology) 계획에 의거 개발 추진중인 JSF는 F-16, F-18 및 영국의 Harrier기(수직 이착륙기)를 대체할 목적으로 미국과 영국이 공동으로 개발을 추진 중인 항공기로 F-22 항전장비 개발 개념 보다는 발전된 형태의 기술을 사용할 전망이다. 예를들면 Electro-Optic과 Microwave Sensor를 하나로 결합시킨 Shared Aperture를 항공기 표피로 통합하는 새로운 기술 등이다. 현재 Lockheed, Boeing, McDonnell Douglas 3개사가 경쟁적으로 제안서를 제출할 예정이며 금년말이면 개발 개념의 형태가 들어날 전망이다.

### 3. EF-2000

영국, 독일, 이태리, 스페인 4개국 공동으로 개발중인 전투기로 약 70%가 복합소재등 첨단 소재를 사용하였으며 항전장비로는 Multi-mode Pulse Doppler Radar(GEC Marconi사의 ECR90), DFCS, IRST, MAW, Laser Warning, HUD, Helmet Mounted Sight (HMS), Voice Activated Control 등을 사용할 것으로 알려져 있다.



〈그림 2〉 영국, 독일, 이태리, 스페인 4개국 공동 개발 중인 EF-2000 전투기

### 4. Rafale

프랑스에서 개발중인 전투기로 공대공/공대지 다목적용이다. 복합소재를 일부 사용하고 스텔스 기능도 일부 갖추고 있으나 F-22와 같은 본격적인 스텔스용 전투기는 아닌 것으로 판단된다. 항전장비로는 Phased Array Radar (RBE2), DFCS, EO/IRST, HUD, HMS 등을 사용할 것으로 알려져있다.



(그림 3) 프랑스의 Rafale 전투기

### III. 항공전자 발전 추세

차세대 전투기의 적용될 항전장비에서는 기존 장비의 성능 개량, 새로운 영역의 장비 개발, 신소프트웨어 개발에 치중하면서 차세대 항공전자 개념인 통합화 개념을 점진적으로 적용시키고 있다.

#### 1. 성능 개량

현재 취역 중인 항공기에 장착되어 활용되고 있는 레이더, HUD, GPS, DFCS 등의 성능 향상이 계속되고 있으며 그중에서 가장 주목 받고 있는 분야가 레이더이다. 레이더는 Pulse Radar에서 Pulse Doppler로, Pulse Doppler에서 Phased Array Radar로, Phased Array Radar에서 Active Phased Array Radar로 발전되고 있다. 지상레이더에서는 이미 Phased Array Radar를 쓰는 곳이 많지만 전투기에서는 공간상의 제약조건 등으로 이제야 실용화되고 있다.

영국에서는 GEC-Marconi와 Thomson-CSF 합동으로 2005년을 목표로 Active Phased Array Radar를 개발하고 있는데 작고 저렴한 T/R Module로 Gallium-Arsenide Monolithic

Microwave Integrated Circuit(MMIC)와 Hetero-Junction Bipolar Transistor (HBT)를 사용할 예정이다. 또한 Noise 와 Jamming에 강한 Adaptive Beam Foaming을 위한 Digital Signal Processing 연구하고 있으며 Computer로 Control 되는 Phased Array는 장거리에서 rank-order-targets, raid assessment, non-cooperative target recognition 등의 다양한 기능을 발휘하고 근거리에서는 발사 준비를 위한 automatic target aquisition 역할과 HMS (Helmet-Mounted Sight)나 다른 외부 Sensor와 연결하여 사용하는 방안을 고려하고 있다. 공대지 임무를 위해서 navigation, terrain avoidance, target detection, moving target indication 등의 기능이 개선되거나 추가될 예정이다.

현재 일본의 F-2(일명 FS-X)에서 Active Phased Array Radar를 사용하고있고 미국의 F-22용으로 Active Phased Array Radar를 개발중인 것으로 알려져있으나 구체적인 기술 자료는 알려져 있지 않다.

#### 2. 새로운 항전장비

음성조종장치, 밀리미터파 장비, 적외선 장비 등 새로운 전자 장비들이 개발되어 활용될 전망이나 현재 가장 활발히 진행 중인 전자 장비는 적외선 이용 장비이다. 그동안 전투기는 베트남 전투 기간 중에 개발된 RWR(Radar Warning Receiver)를 이용하여 레이더 유도 Missile 공격을 미리 인지하여 회피함으로써 전투중에 안전을 도모할 수 있었으나 Desert Storm 작전에서 견착식 적외선(IR) 유도 missile에 의해 동맹국 항공기의 80%가 희생된 것으로 추산되어 적극적 전자파 사용 영역의 확대를 가속화시키고있다.

저속 항공기에서는 이미 Missile Approach Warning System(MAWS)을 사용하여 적외선 위협에 대응하고있으나 전투기에서는 그 실효성이 의문시 되어왔었다. 수년전 부터 Eglin 미공군 기지에 있는 AWC(Air Warfare Center)에서 다섯 종류의 MAWS를 Drone에 달아 Flare-Decoy 대응 방식으로 시험한 결과 60여발의 공대공 Missile

에 대해 거의 모두 대응할 수 있었고 단지 시험 영역 밖에서 발사된 한발의 Missile에는 대응할 수 없었던 것으로 분석되어 MAWS의 중요성을 과시하였다.

앞으로 새로나올 Missile Seeker들은 Flare Decoy에 속지 않기 때문에 새로운 종류의 Smarter Decoy를 개발하고 있으며 전자전을 적외선 영역까지 확대하는 IR Jammer 즉 DIRCM (Direct Counter Measure) Jammer를 개발하고 있다.

1950년대 후반에 개발된 AIM-9 Sidewinder 공대공 미사일은 1 내지 2 마이크로 대역 즉 항공기의 엔진 Hot Section에서 발생된 적외선 영역을 탐지하기 때문에 적기의 후방에서만 발사가 가능하였던 것이다. 최근에 Cool Section에서 발생된 적외선을 탐지하는 Seeker의 등장으로 전방향에서 발사가 가능하게 된 것이다. 더군다나 추력으로 움직이는 비행체와 자유낙하하는 Decoy를 구분할 수 있는 Smart Logic을 추가하여 더 위협적인 존재가 되었다.

적외선 탐지 미사일을 교란하기 위해 flash-lamp를 쓰기도 하는데 고가의 광학 장비가 요구되어 레이저를 이용한 직접 교란 jammer를 생각해되었다. 현실적인 문제는 2.5 - 5 micron 대역의 안정된 소형 레이저 발생기가 아직은 존재하지 않는 것이다. 현재 두종류의 DIRCM을 생각하고 있는데 하나는 적외선을 미사일 Seeker에 직접 조사하여 교란시키는 방법 즉 Noncoherent DIRCM과 레이저파를 미사일 Seeker에 발사하여 반사된 결과를 분석하여 미사일 Seeker에 맞는 레이저 변조를 이용하는 Closed Loop Laser DIRCM이다. 두번째 방법이 더 효과적이나 보다 복잡하다. 이상적인 것은 적외선 미사일 Seeker가 작동하는 2 내지 5 마이크로 대역의 Solid-State Laser를 사용하는 것이므로 ARPA(Advanced Research Projects Agency)에서 개발을 시도하고 있다. 두종류의 DIRCM은 전제 조건으로 MAWS를 이용하여 미사일의 위치를 정확히 파악하는 것을 기본으로 하고 있다.

위에서 언급한 첫 번째 방법은 충분한 에너지 발생이 어려워 효과가 적고 소형 레이저 개발이

될 때까지는 광학장치를 이용하여 에너지를 좁은 빔으로 모아주는 방법을 시도하고 있다. 그러나 이것은 부피가 크기 때문에 전투기가 아닌 헬기나 수송기에서 사용할 예정이다.

다음 세대의 적외선 미사일은 Image Sensor를 사용할 것이고 이것은 Flare Decoy나 Noncoherent DIRCM을 무력화 시킬 것이기 때문에 Closed Loop Laser DIRCM이 더욱 개발 필요성을 갖게 된다. 중요한 문제는 Missile Seeker에서 반사된 레이저를 이용하여 미사일의 종류를 식별할 수 있고 발사되어 날아오는 미사일을 정확히 추적할 수 있어야 하는 것이다. 또 탐지 영역이 문제가 되는데 전영역을 탐지하기 위해 Phased Array Antenna와 비슷하게 레이저에서도 Noval Ball Lens와 Optical Fiber를 이용하여 시험하고 있다.

### 3. 소프트웨어

전투기에서 컴퓨터를 본격적으로 이용한 것은 최근의 일이다. 그 원인은 좁은 공간에서 실시간 처리가 가능한 항공기용 Processor 개발이 상대적으로 늦어졌기 때문이다. 지금까지 전투기용으로 개발된 소프트웨어는 기능 중심 구조 형태로 작성되었는데 취약한 처리능력에도 불구하고 Timing과 Scheduling을 잘 이용하여 실시간 처리가 가능토록 고안되어 사용되어 왔다.

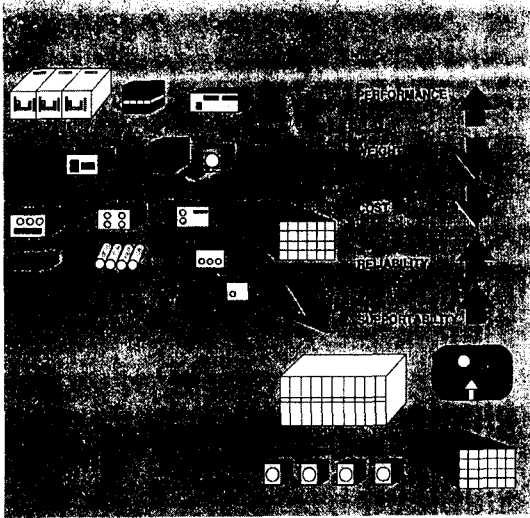
현재 개발중인 F-22 전투기에서는 항공기용 대용량 Processor를 개발하고 있으며 프로그래밍 언어를 Ada로 통일하여 사용하고 소프트웨어 작성도 기능중심 구조에서 객체중심 구조로 발전적으로 전환되고 있다. 객체 중심 구조의 장점은 소프트웨어의 유지 보수 비용이 절감되며 항전장비를 쉽게 공유할 수 있다는 데 있다. 즉 공군 항공기용으로 개발된 장비를 해군 항공기에서도 별 어려움이 없이 쓸 수 있다는 것이다.

### 4. 통합화(Integrated Avionics)

오늘날의 항공전자 개발 담당자는 장비의 크기는 작되 기능은 더 많게 하기위해 여러개의 장비를 통합하는 개념으로 소형화, Module화, 공동기

능화를 추구하여 장비 성능과 지원 능력은 향상시키고 무게, 크기, 가격은 줄일려고 노력하고 있다.

이제는 더 이상 전자전, 레이더, 통신장비를 개별적으로 개발하지 않으므로 개개의 장비는 전체의 항전장비의 일부분으로 역할을 할뿐이다. 따라서 공유 혹은 공통 장비를 개발하는데 공유 장비라 함은 여러가지 기능을 한 장비에서 수행할 수 있게끔 설계한 장비이다. 즉 Aperture, Receiver, Processor와 같은 장비가 필요에 의거 레이더에서 쓰일 수도 있고 전자전 장비에서 쓸 수도 있도록 설계하는 것이다. 공통 장비란 모든 기능을 똑같이 수행하는 장비를 공통화하는 것이다. 기능상으로 유사한 부분들을 공유장비로 통합함으로써 가격, 무게, 크기, 고장율을 줄일 수 있다.



(그림 4) 항공전자 장비의 통합화

공통 설계는 설계 요구를 줄이게되고 생산량을 줄임으로써 가격을 절감할 수 있다. 장비 공유보다도 통합된 항전장비에서는 상승효과(Synergism)를 기대할 수도 있다. 통합된 센서는 전체적인 성능요구 사항을 만족시키면서도 불필요한 개개의 기능을 제거함으로써 하드웨어를 줄일 수 있다. 예를 들면 유도탄 접근 신호를 제공받는 Flare기와 그렇지 않은 Flare기가 보유해야할 용량은 현저한 차이가 있는 것이다.

항전장비 통합은 5개 분야로 나눌수 있다. 즉

Data Integration, Integrated Control, Integrated Processing, Hardware Integration, Weapon System Integration 분야이다.

○ Data Integration

개별장비는 독립적으로 작동한다 하더라도 얻어진 정보는 통합하여 상황 예측을 향상시킬 수 있다. 적용가능 분야는 교란 신호 식별, 적어 식별, 위협 정보, 위협 평가, 시현 등이다.

○ Integrated Control

자료 통합과 통제를 위해 미 해군은 IDAP(Integrated Defensive Avionics Program)를 통해서 RWR, Missile Warning Radar, ECM, Dispenser, Decoy를 통합하는 계획을 추진하고 있으며 EWAT(Electronic Warfare Advanced Technology) 계획은 그 이후에 수행될 또 하나의 향상된 계획으로 Advanced Missile and Laser Warning Sensors, Algorithm과 Countermeasure Response Processing과의 통합을 구상하고 있다. 계획 추진을 위한 첫번째 단계에서는 CRO(countermeasure response optimization) 소프트웨어를 개발하고 두번째 단계는 Missile Warning, Laser Warning, CRO Software를 단일 Processor Module로 통합하는 것이다.

미 공군에서는 레이더와 EW를 통합하는 것을 연구 중이며 RWR, Jammer, 레이더 수신 기능의 통합을 통하여 Threat Detection 시간을 줄일려고 하고 있으며 F-22에 적용할 것을 고려하고 있다.

○ Integrated Processing

첫번째로 시도하고 있는 것이 기능의 통합이다. EW분야에서의 Pave Pillar, CSP(Common Signal Processor), AAA(Advanced Avionics Architecture) 계획등이 그러한 것이다. Integrated Processing의 이점은 비용, 지원 용이성, Fault Tolerance 등으로 잘 알려져있다. F-22를 포함한 미래의 체계개발에서 적용될 예정이다.

미공군의 Wright Lab에서는 기존의 항전장비에 적용할 수 있는 Modular, Multiprocessor Architecture, 64-bit Processor를 개발하여 Ada 뿐만 아니라 기존의 Code도 변경없이 사용할 수 있도록 시도하고 있다.

어떤면에서 전자전이란 정보전이다. 전자과 방해란 적이 항공기의 위치에 관한 정보를 획득하는 것을 거부케하고 Electronic Support Systems는 적 레이더에 대한 위치 정보를 획득하고 통신 도청은 전쟁 계획에 관한 정보를 획득하는 것이다. 미공군에서는 인공위성과 수많은 Airborne Platform에서 얻어진 정보를 결합하고 일치시켜 군 작전을 향상 시킬 Lance Project를 진행시키고 있다. 그 결과 전투기에서 사용할 수 있는 EWPE (Electronic Warfare Processing Element)라는 초고속 컴퓨터를 개발하였다. 이것은 AWACS, JOINT-STARS에서의 자료 뿐만 아니라 영상정보까지 통합하여 처리하고 조종석에 시현시키려는 것이다.

#### ○ Hardware Integration

하드웨어는 Mechanical, Electro-Optical, RF 분야로 세분할 수 있다. Mechanical Integration은 ECM Pod에 MWS(Missile Warning System)이나 Chaff/Flare dispenser를 결합시키는 일 등이 시도되고 있다. Electro-Optical 분야에서는 Laser와 Missile Warning 분야를 단일 Sensor로 통합화하고 있다. RF Integration 분야는 INEWS라는 이름 하에 EW RF Hardware를 Multifunction EW System으로 통합하여 무게는 줄이고 대응기능을 강화시킬 예정이다.

가장 대담한 RF integration은 모든 RF기능을 하나의 통합된 체계에 연동시키는 것이다. Shared Aperture, Common Processor 개발과 함께 RF Sensor/Transmission Hardware의 통합은 Pave Pace 계획으로 추진되고 있다. 주목적은 요구성능은 만족하면서 무게, 부피, 비용을 줄이는 것이다.

#### ○ Weapon System Integration

앞에서 언급된 통합 개념들이 모든 Weapon System Integration과 관련하여 적용된다.

### 5. 통합화 계획

항전장비 1세대는 아날로그를 이용하는 것이었다면 항전장비 2세대는 미공군의 DAIS(Digital Avionics Information System) 계획에 의거 아날로그에서 디지털로 변혁적인 출발을 하여 MIL-

STD-1553 Data Bus, MIL-STD-1750A Data Processor MIL-STD-1589B Jovial Language 등이 B-1B, F-15, F-16 최초로 적용된 것이었다.

항전장비 3세대는 Pave Pillar 계획으로 VHSIC (Very High Speed Integrated Circuits) 과 VLSI (Very Large Scale Integration) 기술을 이용하여 Interconnecting Cable 과 Connector 수를 줄임으로써 신뢰도를 높이고 공간을 35% 정도 줄이는 것이다. 또한 Ada Programming Language에 근거한 Fault Tolerance Operating System과 Fibre-Optic Databus을 도입하는 것이다.

Pave Pillar 계획은 Hardware와 Software Design, Modular Packaging 개념 개발을 포함한다. Pave Pillar 계획의 4가지 목표는 첫째, 신뢰도 향상이며, 둘째는 신기술 적용과 중복된 Sensor, Processor, Power Supply, Subsystem 제거를 통해서 크기, 무게, 전력소모를 줄이는 것이며, 셋째는 비용을 절감하고, 넷째는 조종사의 부담을 줄여 주는 것이다.

최초의 적용은 F-22의 INEWS/ICNIA (Integrated Electronic Warfare System / Integrated Communications Navigation Identification Avionics)에서 볼 수 있을 것이다. INEWS는 미래의 전자전에서 항공기를 보호하고 통합된 Multi-Spectral Warning과 전자동 전자전 대응능력을 보유하고 Digital Optical Databus를 사용할 것이다. 또한 저전압에서 작동이 가능한 MIMIC (Microwave/millimeterwave monolithic integrated circuits) 기술을 사용하며 진일보된 Antenna Array 기술로 작고 가벼우며 보다 신뢰성이 높은 Solid State Jammer를 만들 수 있을 것으로 전망하고 있다.

ICNIA는 각종 통신장비, 적아식별장비, 착륙보조장비, 항법장비를 통합하여 Box의 수와 중복의 정도, Power Supply, Display등을 줄여 무게, 부피, 전력, 비용을 절감하는 것이다.

Pave Pillar 계획은 보다 완전한 통합 항전 장비 구조를 지닌 4세대 항전장비인 Pave Pace 계획으로 발전되고 있다. Pave Pace에서는 Pave Pillar에서 달성한 신뢰도를 7배이상 향상시키고, 60%

까지 하드웨어 비용을 절감하려고 하고 있다.

#### IV. 맺음말

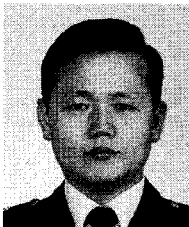
항공전자의 발전은 하드웨어와 소프트웨어가 함께 발전되어 왔다. 새로이 개발되는 항공기들에서 적용되는 통합화라는 개념도 하드웨어 통합과 더불어 소프트웨어의 통합을 목표로 하고 있다. Rafale, EF-2000, F-22에서는 초기의 통합화 개념이 적용되고 JSF에서는 보다 진보된 항공전자 통합화 개념이 실용화되어 2000년대 전반의 핵심 기술로 등장할 것으로 전망된다.

#### 참 고 문 헌

[1] David Brinkman, Modular Avionics - the key to the future, Defense Systems International, pp 265-267, 1993.  
 [2] T. Watts and Curtis Milton, The Many Faces of Integrated Avionics, Journal of

Electronic Defense, pp 34-40, Sept. 1993.  
 [3] P. J. Klass의 다수, Electronic Warfare 특집, Aviation Week & Space Technology, pp 38-70, Oct. 1994.  
 [4] B. D. Nordwall의 다수, British Avionics Special Report, Aviation Week & Space Technology, pp 56-60, July 1995.  
 [5] S. W. Kandebo & David Hughes, F-22 Special Report, Aviation Week & Space Technology, pp 38-56, July 1995.  
 [6] Paul Proctor, Avionics Lab Begins F-22 Cockpit Tests, Aviation Week & Space Technology, pp 52, Nov. 1995.  
 [7] S. R. Gourly, Nemesis : imaging technology provides countermeasures to defeat the IR missile threat, Defense & Security Electronics, pp 28-31, Dec. 1995.  
 [8] Philip J. Klass, Industry Ponders Impact of Size on EW Business, Aviation Week & Space Technology, pp 40-43, Feb. 1996.  
 [9] S. M. Hardy, Building the Information Cuisinart, Journal of Electronic Defense, pp 42-55, June 1996.

#### 저 자 소 개



金炳鏞

1955年 2月 20日生  
 1977年 3月 공군사관학교 졸업  
 1984年 12月 미해군 대학원 졸업(전자공학 석사)  
 1989年 12月 미퍼듀 대학교 졸업(전자공학 박사)

1977年 4月~현재 전투조종사  
 1985年 1月~1986年 7月 연구분석실  
 1990年 1月~1992年 6月 항공사업단  
 1992年 6月~1995年 3月 미 록히드사 KFP 소프트웨어 담당 근무  
 1995年 3月~현재 항공사업단

주관심 분야 : 항공전자, 신호처리