

技術論文

J. of The Korean Society for Aeronautical and Space Sciences 42(12), 1045-1050(2014)

DOI:http://dx.doi.org/10.5139/JKSAS.2014.42.12.1045

ISSN 1225-1348(print), 2287-6871(online)

공대공 모드에서 HUD 심볼 시인성 개선을 위한 설계 방안

이혁준*, 최정동

Design to improve HUD symbol visibility in air-to-air mode

Hyuk Jun Lee* and Jung Dong Choi

LIGNEX1

ABSTRACT

A Head-Up-Display is an avionic equipment to identify targets and flight data at same time the pilot looks over the external environment outside canopy. The HUD displays various symbols to depend on avionic mode which is composed of navigation mode, air-to-air mode, air-to-ground mode. In air-to-air mode, HUD should provide the intuitive symbols for pilot to aim the target exactly in a short time. In this paper, we propose a design method to improve the visibility of the HUD Symbols.

초 록

HUD(Head-Up-Display)는 조종사가 전방 캐노피 외부 환경을 보면서 동시에 목표물 및 비행정보를 식별하도록 정보를 시현하는 항공전자 장비이다. HUD는 항법 모드, 공대공 모드, 공대지 모드에 따라서 전시하는 심볼이 달라지는데 공대공 모드에서는 짧은 시간에 정확한 판단으로 목표물을 격침시켜야 함으로 조종사에게 보다 직관적인 HUD 심볼을 제공해야 한다. 본 논문에서는 공대공 모드에서 HUD 심볼의 시인성을 개선하기 위한 설계 방안을 제안한다.

Key Words : HUD(Head up display), Avionics(항공 전자), Gaze Distribution(시선 분포), Air-to-Air Mode(공대공 모드), Visibility(시인성)

1. 서 론

조종사가 실제 상황을 보면서 동시에 비행정보를 식별 가능하도록 하기 위해 HUD(Head-up Display : 전방시현장치)가 개발되었다. HUD는 조종석 전방 계기판 중앙상부에 위치하여 각종 항법 및 무장, 타겟 정보를 심볼로 전시한다. HUD 정보 표시 방식에 관한 표준화 노력이 이루어 졌는데, 1984년도에 미 공군 비행센터(USAF Instrument Flight Center)에서 항공 전시 심볼에 관한 표준 MIL-STD-1787A에 제정 및

1787B/1787C로 개정하였다[1]. 이후에도 HUD 심볼에 디자인에 관한 연구는 계속되었는데 Peter Chudy, Karol Rydlo는 비행기의 합성영상 장치에 곡면 벨트 스케일을 적용하는 아이디어를 제시했다[2]. Lei Zhang 은 비행 시뮬레이터에 색상, 위치, 언어에 대한 부호화 정보를 연구하고 성능 평가 지표로 피 실험자의 정확한 속도, 반응시간 및 눈의 운동데이터를 측정하였다[3]. Ma Chunxia, Zhuang Damin, Wanyan Xiaoru, Deng Fan은 비행 시뮬레이터 및 HUD 시스템의 인체공학적 디자인 개선방안을 연구하여 HUD

† Received : October 1, 2014 Revised : October 29, 2014 Accepted : November 18, 2014

* Corresponding author, E-mail : hyukjun.lee@lignex1.com

심볼에 전시하는 문자의 색상과 크기에 따라 반응시간을 측정하였다[4]. Xu Xiao, Xiaoru Wanyan, Damin Zhuang, Zongmin Wei 은 항공기 HUD의 인체 공학적 설계 및 평가에서 4가지의 다른 항공기 심볼과 벨트 스케일의 변화 및 속도와 고도에 박스 추가, HUD 심볼의 색상 및 스트로크 폭 조정의 변화에 따른 사용자의 반응 시간 및 정확도를 측정하였다[5]. Xiaodong Liu Lijing Wang Xiaodong Li은 보다 효과적인 HMD(helmet mounted display) 심볼 디자인을 위해 NDFR (nondistributed flight reference)[6]을 만들어 테스트를 하고 이 NDFR를 보다 개선한 ANDFR (Advanced NDFR)[7] 만들어 반응 시간 및 정확도와 피드백을 통해 새로 디자인된 심볼을 검증하였다.

이러한 연구를 통해서 HUD 심볼에 대한 디자인 개선 및 가시성을 높이기 위한 연구는 진행되었으나 무장에 관련된 HUD 심볼에 대한 연구는 많이 이루어지지 않았다. 특히 공대공 미사일의 중요성은 높아지고 있는데 1982년 포클랜드 분쟁 [8]과 레바논 전투[9]는 공대공 미사일의 중요성을 명백하게 입증해 준 중요한 실전사례로 평가되고 있다. 공대공 모드에서는 조종사가 짧은 시간에 정확한 판단을 해야 되는 관계로 보다 가시성이 더 뛰어난 HUD 심볼 전시가 이루어져야 한다. 본 논문에서는 기존에 고정된 사이즈로 전시되는 TD Box를 타겟의 거리에 따라서 가변적으로 전시하고 각 부분에 분산되어 있는 항법정보를 TD Box 주위에 전시하여 HUD 심볼 시인성 개선을 위한 방안을 제시한다. 그리고 개선된 설계 방안에 대한 검증을 디지털 HUD 시뮬레이션 시스템을 사용하여 수행한다.

II. 본 론

2.1 항공용 디지털 HUD 시뮬레이션 시스템

항공용 디지털 HUD(이하 DHUD) 시뮬레이션 시스템은 DHUD의 성능 검증을 지원하기 위한 장비들의 집합체로서 타 시스템을 포함한 시스템 구성도는 Fig. 1이다.

DHUD 시뮬레이션 시스템은 항공기 시뮬레이터(Flight Simulator), 시나리오 생성기(SM: Simulation Manager), 영상발생기(OTW IG), DSG(Display Symbol Generator), 무장조준 컴퓨터(WAC:Weapon Aiming Computer), 모의심볼생성기 (SSG:Simulated mSymbol Generator), DHUD로 구성된다.

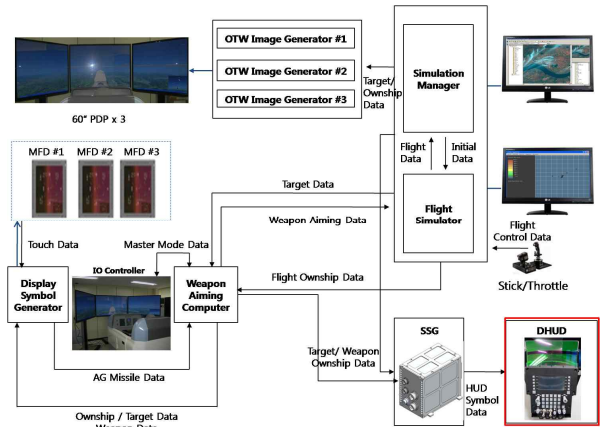


Fig. 1. System Architecture of Digital HUD

DHUD에 영상을 전시하기 위해선 모의심볼 생성기(SSG)가 무장조준 컴퓨터와 시나리오 생성기에서 HUD 전시에 필요한 데이터를 수신 받아 DHUD에 전시되는 영상을 생성한다. 그리고 생성한 영상을 DHUD에 DVI로 영상을 전송한다. DHUD는 수신한 영상을 받아 HUD 심볼을 전시한다. 본 논문에서는 항공용 DHUD 시뮬레이션 시스템을 사용하여 설계한 심볼 검증을 수행한다.

2.2 제안하는 공대공 HUD 심볼 개선방안

2.2.1 공대공 무장조준 알고리즘

공대공 무장조준 알고리즘은 Pseudo 6-DOF 모델을 바탕으로 공대공 유도탄의 교전 가능 범위 및 전투기 HUD 심볼 전시에 필요한 정보가 산출된다. Fig. 2는 무장조준 알고리즘의 절차에 대해 설명한다. 무장조준 알고리즘은 최대 교전 거리가 짧을 경우 계산을 수행하는 절차의 반복 횟수가 줄어들기 때문에 계산 수행속도 및 정확

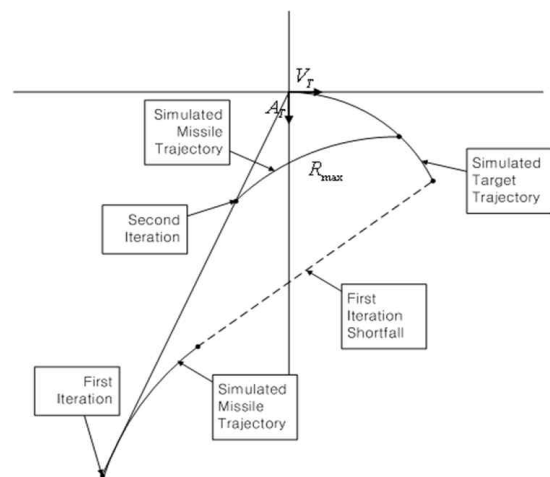


Fig. 2. Max engagement distance calculation in Air-to-air

도가 올라가게 된다. 이에 따라 타겟의 거리 관련된 심볼을 가시성을 높이는 방향으로 설계할 경우 조종사는 보다 효과적으로 전투기를 운용할 수 있다. 조종사가 타겟과의 거리를 보다 쉽게 인지할 수 있도록 타겟을 조준할 때 사용하는 HUD 심볼인 TD Box를 이용하여 HUD 심볼을 개선하겠다.

2.2.2 공대공 HUD 심볼

공대공 모드에서 전시되는 HUD 심볼은 Fig. 3에 있다. Heading은 상단 중앙에 전시되며 전투기 속도 및 고도는 좌우 상단에 전시된다. TD Box는 조종사가 타겟의 위치를 추적하기 위한 심볼로 레이더가 타겟의 정보를 잡았을 때 발생한다. TD box의 위치는 타겟을 추적하는 각도에 따라서 결정된다.

Off Target Symbol은 TD Box가 FOV(Field of View)를 벗어났을 때 전시하는 심볼이다. Shoot Cue는 무장조준 알고리즘에서 계산된 미사일을 발사하기 위한 최적의 거리에서 전시되는 심볼이다. 조종사는 TD Box 및 Off Target Symbol, Shoot Cue 심볼을 사용하여 타겟을 조준하고 무장을 발사한다. 그런데 공대공 모드에

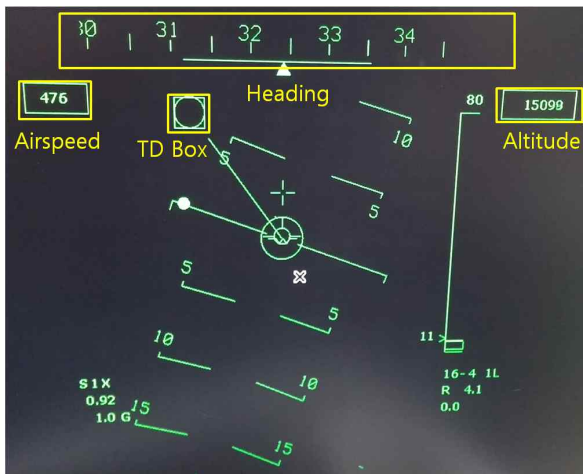


Fig. 3. Air-to-Air HUD Symbol

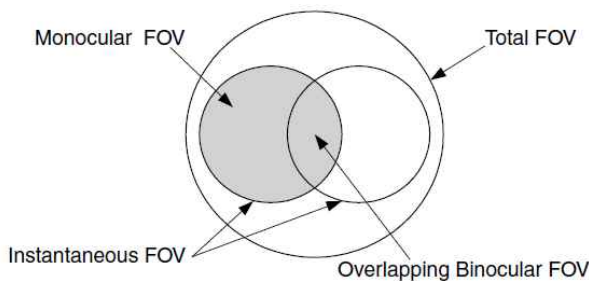


Fig. 4. HUD fields-of-view defined[10]

서 기존 HUD 심볼은 두 가지 문제점이 존재한다. 첫째는 타겟을 조준할 때 타겟과 거리를 식별하는 것은 쉽지 않다. 두 번째는 타겟을 조준할 때 TD box에 많은 신경을 써야 되는 관계로 현재 비행기의 항법 정보를 식별하기 어렵다. 비행속도, 비행고도, heading 정보의 경우 순간 관측범위(Instantaneous FOV)에 상단 및 좌우측에 분산되어 있다. Fig. 4처럼 자 항공기에 중요한 정보가 분산되어 있을 경우 가시성이 떨어진다.

공대공 모드에서는 짧은 시간에 정확한 판단으로 타겟을 조준해야 함으로 조종사에게 보다 직관적인 HUD 심볼을 제공해야 한다. 그래서 직관적이고 가시성이 높은 HUD 심볼 개선 방안에 대해서 제안하고자 한다.

2.2.3 제안하는 공대공 HUD 심볼 개선방안

본 논문에서 제안하는 HUD 심볼 개선 방안은 타겟과의 직거리인 Slant Range를 이용하여 TD Box 및 Off Target Symbol의 사이즈 변화를 통해서 보다 직관적으로 타겟과의 거리를 알 수 있도록 개선하고 Fig. 5와 같이 TD Box 좌측에 비행속도, 우측에 비행고도 상단에 heading을 전시한다.

기존 HUD 심볼은 항법관련 정보가 Fig. 3과 같이 분산되어 있으나 개선된 HUD 심볼은 항법 정보가 TD Box 근처에 전시됨으로 조종사가 타겟을 조준하면서 항법 정보를 한눈에 볼 수 있다. TD Box 사이즈는 MIL-STD-1787B에 25mr으로 규정되어 있는데[11] 타겟이 최소 사거리일 경우 크기를 2배로(50mr) 증가시키고 타겟이 최대 사거리 밖을 벗어날 경우 사이즈를 0.5배(12.5mr) 증가시켜 TD Box 사이즈에 따라서 타겟과 거리를 알 수 있게 설계한다. 따라서 조종사는 TD Box의 사이즈를 통해서 타겟과의 거리를 가시적으로 인지할 수 있고, 항법 정보가 TD Box 주위에 있기 때문에 순간 관측범위(Instantaneous FOV) 안에서 항법 정보를 인지할 수 있다.

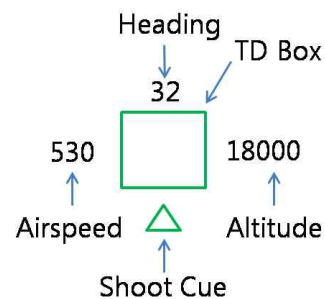


Fig. 5. Design to improve HUD symbol

2.3 실험 및 결과

2.3.1 실험 방법

실험을 위한 피 실험자는 KFX 무장조건 알고리즘 과제를 수행할 때 시뮬레이터를 운용했던 담당자 2명이 직접 시뮬레이터를 운용하여 반응 시간을 측정하였다. 공대공 모드 운용 실험은 시뮬레이터 및 전투기 운용에 대한 사전 지식이 필요한 관계로 제한된 인원만이 실험에 참여할 수 있었다. 실험 횟수는 기존의 HUD 심볼 및 개선된 HUD 심볼에 대해 10회씩 수행하였다. 실험은 먼저 시나리오 생성기를 사용하여 자항공기의 위치를 "N34'42.53", "E126'35.07"로 설정하고 2개의 타겟을 (T1 : "N34'47.35", "E126'35.49", T2 : "N35'24.59", "E126'49.36") 설정한다. 그리고 무장은 AIM-9X 기준으로 유효사거리를 결정한다. AIM-9X 유효사거리는 1~18Km 로[12] 최소사거리 일 때 TD Box를 최대 크기인 2배로 최대사거리 일 때 TD Box를 최소 크기인 0.5배로 사이즈를 설정한다.

유효사거리를 벗어난 상태에서 타겟을 조준할 경우 16nm(29km) 일 때 Fig. 6과 같이 HUD 심볼이 전시된다. 타겟과의 거리가 1.6nm(2.8km) 정도로 매우 근접해 있을 경우 Fig. 7과 같이 TD box와 Shoot Cue가 기존 HUD 심볼에 비해서 2배 크게 전시된다. TD box 및 Shoot Cue 사이즈가 최소 사거리 일 때보다 훨씬 커짐으로 인해 조종사는 심볼의 사이즈를 통해서 타겟과의 거리를 직관적으로 알 수 있다. 또 현재 속도 및 고도, heading정보를 타겟을 조준하면서 볼 수 있기 때문에 시선이 분산되는 것을 막을 수 있다.

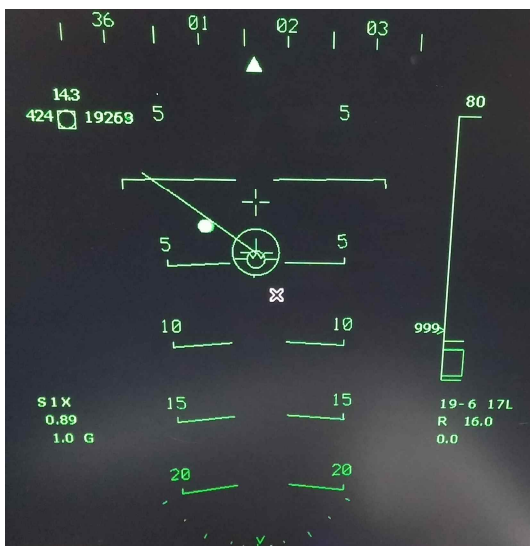


Fig. 6. TD box out range



Fig. 7. TD box in range

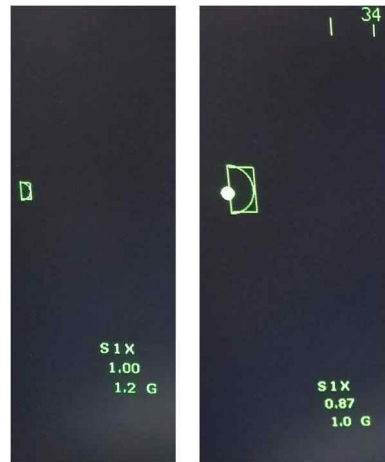


Fig. 8. Off target symbol

Off Target 심볼 역시 사거리에 따라서 심볼 사이즈가 변화하는데 Fig. 8 좌측은 최소 사거리일 때, 우측은 최대 사거리일 때 심볼이다. 타겟이 FOV를 벗어나더라도 타겟과의 거리를 직관적으로 알 수 있기 때문에 기존의 HUD 심볼보다 가시성이 높다. 실험 방법은 자항공기가 T1/T2과의 조우에서 타겟을 조준하고 Shoot cue 심볼이 전시되는 시간을 측정하고 이 상황에서 Off-Target 심볼이 전시되는 전시 시간을 측정하였다.

2.3.2 실험 결과

첫 번째 실험은 현재 자항공기의 위치에서 ("N34'42.53", "E126'35.07"), T1("N34'47.35", "E126'35.49")을 조준하고 Shoot Cue가 전시되는 시간을 측정하였다. 그리고 10번을 수행하는 평

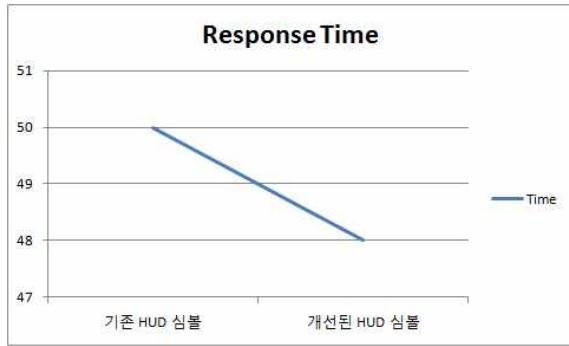


Fig. 9. Response Time of T1

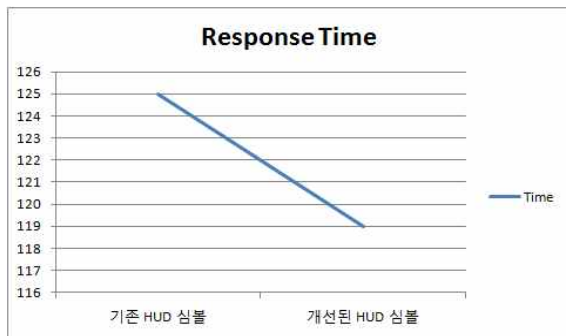


Fig. 10. Response time of T2

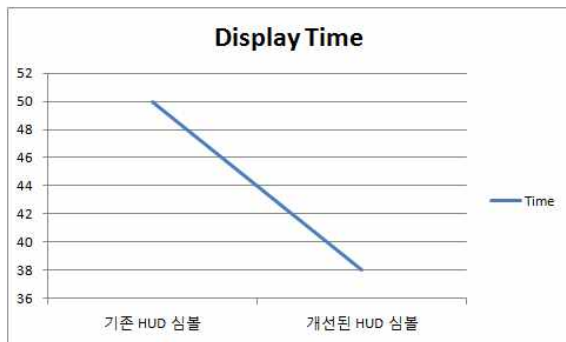


Fig. 11. Off Target Symbol

균 값이 Fig. 9에서 나와 있다. 기존 HUD 심볼의 경우 50초 그리고 개선된 HUD 심볼의 경우 48초가 측정되었다. 비교적 거리가 가까운 상황이지만 시간의 차이가 발생하는 것을 확인할 수 있다.

두 번째 실험 T2("N35'24.59", "E126'49.36") 타겟 반응 시간은 Fig. 10에 나와있다. 기존 HUD 심볼은 125초 개선된 HUD 심볼은 119초에서 Shoot Cue가 전시되었다. 거리가 증가할 경우 심볼 변화에 따라 반응시간이 개선됨을 알 수 있다. 개선된 HUD 심볼을 사용하는 경우 타겟을 조준하여 미사일을 발사하는 시간이 줄어든다.

Off Target Symbol은 타겟이 FOV를 벗어날

때 전시되는 심볼이다. HUD 심볼의 가시성이 떨어질 경우 Off Target Symbol이 전시되는 시간은 증가된다. T1/T2 실험에서 Off Target Symbol 전시되는 시간은 상당한 차이가 있었는데 10번을 수행하는 평균 값이 Fig. 11에 나와있다. 기존 HUD 심볼의 경우 50초, 개선된 HUD 심볼의 경우 38초 동안 전시되었다. 개선된 HUD 심볼을 사용할 경우 Off-Target 심볼이 전시되는 시간이 감소되어 가시성 높아지는 것을 확인할 수 있다.

III. 결 론

이상으로 타겟과의 거리에 따라서 TD box 및 Shoot Cue 사이즈 조절 및 TD box에 항법정보를 전시하여 공대공 모드에서 HUD 심볼 시인성 개선에 대한 방안에 대해 연구하였다. 실험은 HUD 심볼 변화에 따라 반응 시간 및 Off-Target 심볼 전시 시간을 측정하였는데 개선된 HUD 심볼이 기존의 HUD 심볼에 비해 가시성이 높다는 결과를 도출할 수 있었다. 추후에는 Eye Tracker를 통해서 눈의 운동데이터를 측정하여 개선된 HUD 심볼이 시선의 움직임이 적다는 것을 검증하겠다. 그리고 조종사들이 직접 시뮬레이터를 운용하여 보다 신뢰성 높은 데이터를 통해 시스템을 검증하고 HUD 심볼 설계에 대한 피드백을 받아야 할 것이다.

References

- 1) MIL-STD-1787B, "Military Interface Standard Aircraft Display Symbolology"
- 2) Peter Chudy and Karol Rydlo, "Intuitive Flight Display for Light Aircraft," Modeling and Simulation Technologies Conference, AIAA Press, Aug. 2011. pp. 1-10.
- 3) Lei Zhang, "Information Coding for Cockpit Human-Machine Interface," Chinese Journal of Mechanical Engineering, vol. 24, May. 2011, pp. 707-712
- 4) Ma Chunxia, Zhuang Damin, Wanyan Xiaaoru, Deng Fan "Development of Flight Simulation and Head-up Display System for Ergonomics Evaluation" Image and Signal Processing (CISP), 2011 4th International Congress on (Volume:1), 15-17 Oct. 2011, pp. 483-486

- 5) Xu Xiao, Xiaoru Wanyan, Damin Zhuang, Zongmin Wei, "Ergonomic Design and Evaluation of Visual Coding for Aircraft Head-up Display" Biomedical Engineering and Informatics (BMEI), 2012 5th International Conference on, 16-18 Oct. 2012, pp. 748-752
- 6) Xiaodong Liu Lijing Wang Xiaodong Li "Comparative Study on Flight Reference Symbology for Helmet-mounted Display Based on Eye Tracking Technology" Industrial Informatics (INDIN), 2012 10th IEEE International Conference on, 25-27 July 2012, pp. 459-463
- 7) Xiaodong Liu Lijing Wang Xiaodong Li "Research on Climb-Dive Angle and Roll Symbology of Non-Distributed Flight Reference for Helmetmounted Display", Industrial Informatics (INDIN), 2012 10th IEEE International Conference on, 25-27 July 2012, pp. 490-494
- 8) Republic of Korea Air Force "http://www.airforce.mil.kr:8081/user/indexSub.action?codyMenuSeq=58852&siteId=airforce&menuUIType=tab"
- 9) Republic of Korea Air Force "http://www.airforce.mil.kr:8081/user/indexSub.action?codyMenuSeq=58853&siteId=airforce&menuUIType=sub"
- 10) Cary R. Spitzer "Avionics Elements, software and Functions", 2006, pp 7-3
- 11) MIL-STD-1787B "Military Interface Standard Aircraft Display Symbology" , pp.120
- 12) wikipedia AIM-9 "http://ko.wikipedia.org/wiki/AIM-9"