

KF-16 항공기 SW개조사업 비용분석

KF-16 Software Upgrade COST ANALYSIS

민 성 기 박 사 (시스템 체계공학원)
이 철 우 연구원 (시스템 체계공학원)
Carl Dalton (GALOLATH INC.)



목차

- ◊ 사업개요
- ◊ 성능향상 전략
- ◊ 성능향상 추정비용
- ◊ 결론
- ◊ 권고안



사업 개요 - 비용 분석 목적

- ◊ 국방부에 F16 전투기 비행대의
여러 첨단 무장체계선택방안 사용을 지원코자
첨단 무장 성능향상대안들에 대한 독립적인 비용분석제공.
- ◊ 고려중인 F16 무장 성능향상대안에 관한 기술적, 재정적인
검토를 지원



사업 개요 - 공군의 SW성능향상대상 항공기 현황

	Delivered	out of service	Total F-16 capability
F-16 Block 32 항공기	00	0	00
F-16 Block 52 항공기	000	0	000
F-16 Block 52 항공기 (on order)	00		00
Total F-16 항공기	000	0	000



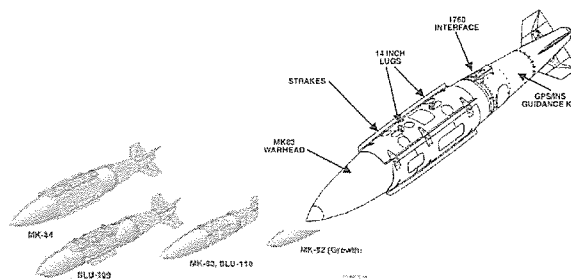
사업 개요 - 비용 분석 대안

- ◊ 비용분석에 포함된 성능향상 대안 시나리오
 - JDAM
 - AIM-9X&JHMCS
 - HTS TGT-POD
 - JDAM + AIM-9X&JHMCS
 - JDAM + HTS TGT-POD
 - AIM-9X&JHMCS + HTS TGT-Pod
 - JDAM+ AIM-9X&JHMCS + HTS TGT-Pod



사업 개요 -비용분석대상 무장내용

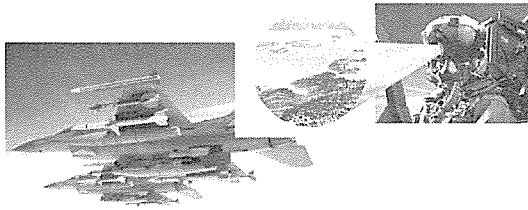
- ◊ JDAM(Joint Direct Attack Munition)
 - 기존 BLU-109/B를 GPS 정밀유도폭탄으로 향상



사업 개요 -비용 분석대상무장내용(계속)

◆ AIM-9X & JHMCS

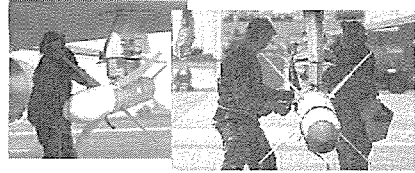
- 기존 AIM-9L,M,S를 헬멧 장착 화면형 신호체계와 통합된 측면 공격형 공대공 미사일 설치



사업 개요 -비용 분석대상 무장내용 (계속)

◆ HTS(HARM Targeting System)

- 기존 AGM-88(HARM)을 HTS로 향상



사업 개요 - 최초의 성능향상전략

◆ 전략1-소프트웨어만 변경

- 기존 항전 컴퓨터 체계 그대로 활용하고 S/W만 변경

◆ 전략2-미 ANG(Air National Guard)와 유사한 방식

- 기체내 주요 컴퓨터 체계를 성능향상
- 2가지 대안:최소 ANG방식/전면적 ANG방식

◆ 전략3-미 공군 성능향상과 유사한 방식

- CCIP (Common Configuration Implementation Plan)
- 기체의 변경을 포함하는 기체 내 주요 컴퓨터 체계 성능향상

◆ 단,항공전자관련비용은 제외



사업 개요 - 중간검토회의결과 전략2 수정사항

◆ 전략2:중간보고 때 합리적 비용으로 현저한 운용능력향상 가능성 확인

◆ 한국국방부가 전략2 수정 요구:

- 전체 전략2 무장 성능향상 비용추정치를 제시할 것. 현대화 향상별 세부 대안은 배제.
- 전략2의 사전 평가에서 확인된 바 능력범위 내에서 모든 프로세서를 성능향상 하는 비용을 추정할 것.
- 항전, 디스플레이 (CMFD, 지도 소프트웨어, 상황인식), 통신(링크16등) 성능향상을 위한 계획(비용 포함)을 제시
- 다기능 디스플레이 체계가 조기에 교체되도록 전략 2를 수립할 것. 왜냐하면 이는 정비상에 문제가 되어 현재 운용상의 쟁점임.

◆ 수정된 전략 2 :

- 전면적으로 모든 프로세서,디스플레이, 통신, 항법장치, 레이더 체계를 성능향상하는 계획



사업 개요 - 중간검토회의결과 전략1 수정사항

◆ 전략2 수정으로 전략1 성능향상 시나리오 수정 필요

- 하드웨어장비 추가와 이에 상응하는 소프트웨어 추가가 동시에 필요함
- AIFF(피어 식별기) 추가 -블록 32 향상용 전체 옵션 대상
- HTS옵션에 레이더 추가-블록 32 향상용
- JDAM옵션에 EGI 추가



사업 개요 - 본 분석의 제한범위

◆ 비용분석에 한계

- 명백한 타당성 제약이 문제가 되지 않는 한 운용능력에 관한 이슈는 반드시 논의의 초점으로 삼지는 않는다

◆ 대안별 비용분석형태로 결과 제공

◆ 그러나, 최소비용 옵션이 운용관점에서 최선의 옵션이 아닐 수 있다.

◆ 특정한 옵션이 합리적인 운용방안이 아닐 경우 운용능력 이슈 거론.

- 납득하기 어려운 특정 운용 이슈는 제한적으로 비용분석함.
- 이는 합리적인 비용/성능 이익이 있을만한 대안을 좀 더 전면적으로 분석하기 위함임.

◆ 본 분석의 결과는 명백한 비용효과적 접근법 구현을 위한 권고안과 함께 비용 추정안으로써 제시

- 미군에 많은 체계성능향상 사업경험 전문가와의 심도 깊은 협의와 각 전략 대안별 비용분석 결과로부터 권고안을 도출함.



사업 개요 - 비용추정 도구

- ◆ 각 대안의 비용추정에 사용된 도구들
 - SEER-SEM(소프트웨어비용추정도구)는 합리적으로.
 - 각 무장 대안용 OFP(Operational Flight Program)에 대해 비용 추정
 - 한국공군 OFP를 성능향상된 프로세서에 재 탑재하는 비용 추정
 - 소프트웨어 정비에 대한 합리적인 총 수명주기 비용 추정
 - SEER-H(하드웨어 비용추정도구)용도
 - 관련 하드웨어 획득비용(단, 개별 무장의 하드웨어요소 자체는 제외)
 - 정비 부품비와 하드웨어 부품 수리비용
 - 설치비용
 - 시스템 레벨 비용- 사업관리비, 시스템 엔지니어링비, 품질인증시험비 포함
 - 소프트웨어 비용을 포함하여 시스템의 총 수명주기비용을 합리적으로 수행
 - 기술 전문가의 입력값
 - HW 및 SW 성능향상 대안에 대한 입력(근거자료는 제시)
 - 비행시험비 추정모델
 - 실제 시험장(Edwards AFB, CA)에서의 지원비는 포함하지 않음.



사업 개요 - 비용추정 자료출처

- ◆ 각 대안에 대한 기술적 조언 제공자
 - Air Logistic Center, Hill AFB, Utah
 - Korean F-16 Program Office
 - Chief Engineer F-16 program Office
 - Software Development Avionics
 - Lockheed Martin Aeronautics Company, Fort Worth, Texas
 - Korean Program Office
 - EFW Incorporated, Fort Worth, Texas
 - Software Engineering Associates, Dayton, Ohio
- ◆ 소프트웨어 규모추정 출처
 - 소프트웨어 개발사업 데이터베이스
 - 제작자: Aerospace Corporation for the USAF SMC at LA AFB, CA.
 - Galorath 소유 데이터베이스
 - 공학적 추정
 - 출판된 복잡도/숙성도 매트릭스(Complexity/maturity matrix)에 근거한 소프트웨어 예상 성장도 추정
- ◆ 납품업체 발간 자료 및 내용 문의
 - ◆ Jane's 자료
 - ◆ 인터넷 상의 F-16 기술 정보

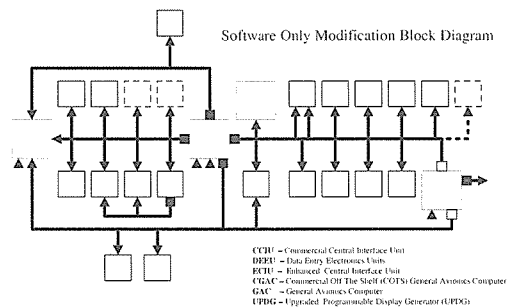


사업 개요 - 비용추정을 위한 일반적 가정

- ◆ SEER-SEM,H 모델링을 위한 일반적 가정과 전제
 - 모든 비용은 미화\$ 2005년 경제조건 기준
 - 노동임용에 여유포함 허용
 - 개발 부과금(development levy)는 제외
 - 수출 부과금(export levy)는 제외
 - 모든 분석은 80%의 유의수준범위내에서 판단(통상 유의수준범위는 50%)
 - 한미간 환율은 고려하지 않음
 - SW성능향상에 연관장비(enabling equipment) 추가가 고려됨
 - 정비지원기간은 20년간으로 가정해 모델링
 - 한국 임용을 미화로 환산해서 하드웨어 및 소프트웨어 정비비에 포함



전략1:소프트웨어만 성능향상

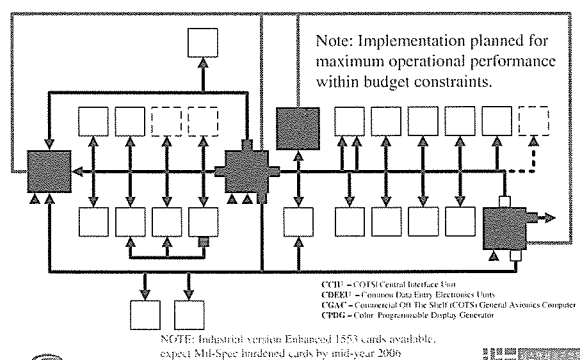


전략1:소프트웨어만 성능향상(계속)

- ◆ 기존 향전 처리능력 내에서 소프트웨어 성능향상만 하기
 - 최소비용의 전략대안
 - 준비일 연어 유지
 - LM로부터 성능향상 설계내용 획득가능
 - 한국 공군이 소스코드 보유.
 - 미래의 합당한 성능향상 경로를 제공치 않음- 추후 성능향상 시 본 전략1 성능향상 방식을 다시 반복해야 함.
 - MMDG와 같이 정비 리스크 면에서 취약한 컴포넌트의 교체계획을 제공하지 않는다.
 - 미국 및 여타 운용중인 F-16 애플리케이션과는 다른 한국공군 특유의 F-16이 만들어짐.

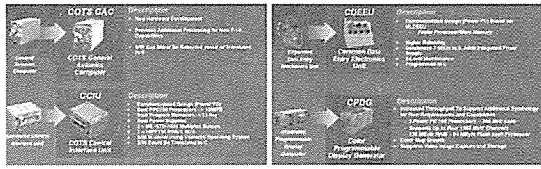


전략2 - 플러그 호환되는 전장품으로 전면적 성능향상



전략2- 플러그 호환되는 전장품으로 전면적 성능향상(계속)

◆ 연관 프로세서 및 하드웨어의 성능향상



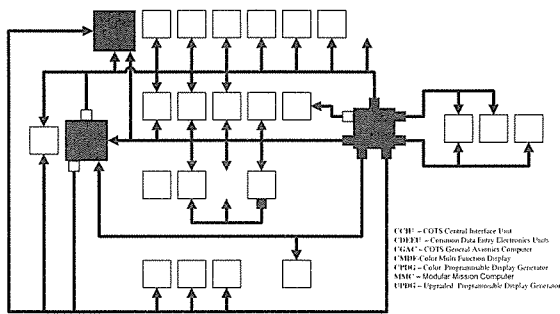
(자료: Lockheed Martin 제공)

전략2 - 플러그 호환되는 전장품으로 전면적 성능향상(계속)

◆ 미국 ANG, AFRC와 공통성을 최대한 유지하도록 “플러그 호환성” 있는 전장품으로 교체하는 성능향상

- F-16에 무장, 항전, 링크16 등 전면적 성능향상 능력 제공-예산 한도내에서 최대한의 운용능력 향상 전략임.
- 기존 프로세서 전장품을 최첨단 COTS 32비트 내장형 프로세서로 업데이트
- “플러그 호환성” 있는 전장품으로 프로세서를 업데이트
- 미 ANG와 최대한 유사성이 있는 형상 유지
- 기 개발, 시험된 전장품 및 소프트웨어 체계를 최대한 사용하는 전략
- 블록 32 와 블록52 항공기에 공통적인 성능향상 방법을 최대한 적용

전략3 - CCIP 접근법



전략3 - CCIP 접근법(계속)

◆ 미 공군의 CCIP를 적용

- 미 공군이 계획중인 성능향상 전략과 일치하는 형상 유지 - CCIP: Common Configuration Implementation Plan
- 선진 무장, 항전, 디스플레이, 통신 등 모든 면에서 블록52 항공기를 전면적으로 성능향상
- 블록32 항공기의 경우에는 CCIP적용 불가하여 다른 F16과 상이한 형상을 보유하게됨
- 개조작업에 대당 9~12개월 소요- 5개의 CCIP 개정가지(현재 사용이 불가)를 활용하더라도 모든 블록52 항공기 개정기간은 20년 이상 소요

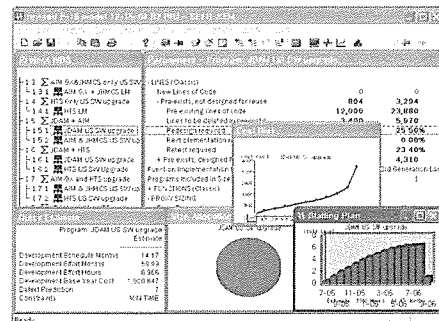
전략1,2-비행 시험

◆ 전략1,2의 가정하에 비행시험

- 미 ANG의 접근법에 따른 성능향상 가정하에 최소한의 시험
- 무장 성능향상은 이 프로그램 시작 전에 전면적으로 시험됨.
- OFF 변경과 독특한 프로세서 형상에 대한 검증용 위해 한국공군의 성능향상 내용을 시험
- 전략 1은 무장 성능향상 수량에 따라 100~200시간의 비행시험을 가정함
- 전략 2은 가장 비용효과적으로 200시간의 2세트의 비행시험을 가정함

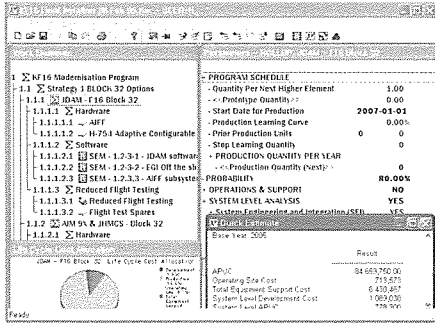
비용분석:SEER 모델 소개

본 비용분석에 사용된 SEER-SEM 모델 소개



비용분석: SEER 모델 소개 (계속)

본 비용분석에 사용된 SEER-H 모델 소개



비용분석: 성능향상 전략1

	JDAM US\$K	AIM-9X US\$K	HTS US\$K	JDAM AIM-9X US\$K	JDAM HTS US\$K	AIM-9X HTS US\$K	JDAM AIM-9X HTS US\$K
Block 32 Aircraft	28,037	40,199	92,239	53,853	106,589	118,803	131,122
Block 52 Aircraft	20,481	54,190	24,156	74,046	44,438	78,346	97,480

(Note: 소프트웨어 성능향상 개발비에 관한 비용과
필요시 AIFE/EGLRADAR 등 연관 하드웨어비용을 포함.)

비용분석: 성능향상 전략2

- 무장체계 향상 대안은 고려하지 않음.

총 체계 성능향상 비용(US\$K)

Block 32	211,052
Block 52	329,423
Total upgrade Strategy 2	540,475

- 전략2의 추정 비용은 반복적인 하드웨어 생산비에 따라 결정됨.
 - 그러나 전체 일정은 소프트웨어 개발프로그램에 따라 결정됨.
 - 이 일정은 다시 비용에 큰 영향을 준다.

비용분석: 성능향상 전략2 (6년간 사업예시)

Cost in US\$K	Base year cost estimate	year 1	year 2	year 3	year 4	year 5	year 6
Software development	17,550	2,300	5,800	6,500	2,000	950	
Hardware Production Costs	368,789		20,000	50,000	125,000	125,000	49,000
System Level Costs	23,436	4,500	5,000	7,000	5,000	1,200	750
Flight Test	16,432				16,450		
Software Maintenance	69,419					3,470	3,470
Hardware Support	44,849					2,240	2,240
Totals	540,475	6,800	30,800	64,500	148,450	132,610	54,710

비용분석: 성능향상 전략3

- 총 비용 US\$K

Block 32 upgrade	Not Applicable
Block 52 Upgrade	1,300,000

- 블록 52 항공기에 CCIP 프로그램 적용가능
- 블록 32 항공기에는 적용불가
- 무장과 환경에 전면적 성능향상함
- 기체에 큰 물리적 변경을 필요로 함

결론

- 전략1은 최소비용 방안이지만 권고하지 않음

- 장래 성능향상시 비용상 불리함
 - 정전 성능향상시 GAC을 CGAC으로 대체 필요. 이는 또 다시 무장 성능향상 사업을 할 필요가 제기됨.
- 기체내 프로세서는 낮은 16비트 내장형 프로세서로 F16회역때 까지
조비알 컴파일러를 사용해야 함
- 장래의 성능향상시 성능이 소요 프로세서 채택범위를 넘는 결과 예상

결론(계속)

◆ 전략2는 전면적 성능향상으로 미 F16 항공기와 호환성을 유지함

- 조비알언어로 성능향상 - 소프트웨어에 영향이 제한적이어서 소프트웨어 시험 필요성과 잠재적 결함이 생길 가능성이 적다.
- 미 ANG와 형상이 일관성을 갖는다.
- 미 공군이 개발한, 무장 성능향상용 소프트웨어 디자인을 수용할 수 있는 형상.

결론 (계속)

◆ 전략3: 미공군 CCIP 접근법

- 상당히 고비용
- F-16 기체에 대해 주요한 수정작업 필요.
- 항전 성능향상과 배선망 재 작업으로 매우 표광적인 비행시험 필요.
- 블록32 F16s 항공기는 성능향상 불가.
- 매 항공기마다 상당한 운항중지기간 필요(대당 9~12개월 추정)

결론(계속)

◆ 위험 문제 -전략2의 경우

- 전략2에 대한 비용추정 요청시 6년짜리 성능향상 전략 계획이 포함됨.
- 반복적인 하드웨어 비용이 사업비용결정요인임.
- 소프트웨어 성능향상 개발기간이 전체 사업일정 결정요인.
- LM 제안 초기 사업모델은 최소 7년간의 소프트웨어 개발프로그램 제시.
- 6년짜리 프로그램 요구 시 소프트웨어 개발일정상 현저한 위험이 야기됨.
- 성능향상 사업 위험도 수준을 낮추기 위해서 상세 사업계획필요.

권고안

◆ 전략2안 구현을 권고

- 회계년도별로 계획, 일정 및 예산할당하여 개발과 성능향상을 단계적으로 구현할 완전한 계획을 만들어야 한다.
- 단계별 성능향상 전략으로 미래의 사업계획을 위한 예산소요를 최적화할 수 있다.
- 공식적인 구현계획을 세워야 한다.

권고안(계속)

◆ 구현계획 수립: F16 성능향상 사업 팀을 설립

- F16 성능향상 사업에 대해 예산 한도내에서 전면적으로 계획 과 내용을 규정도복합
 - 보유중인 000대의 F16 상세한 소요 성능향상 운용능력을 작성
 - 각 항공기마다 상세한 현황 문서화
 - 항공기별로 체계 성능향상 예비 계획 수립
 - 가능한 성능향상 구성종과/또는 공급원 확인
 - 블록별로 독특한 요구사항의 확인과 함께 비행대를 위한 성능향상 전략 문서화
 - 비용-성능 계획수립을 위해 하드웨어 및 소프트웨어 상세 획득 모델을 갖는, 비용을 포함한 현실적인 성능향상 계획 수립
 - 운용상 요구사항과 예산제약에 부합하는 다년간의 획득계획 수립
- 구매업무에 근거가 될 상세한 획득 SOW(Statement of Work) 작성

권고안(계속)

◆ 획득 및 통합을 위한 상세 실행사업계획 작성

- 사업계획으로 한국공군의 공학적 능력, 할 미공군기지의 지원, LM같은 민간 납품업체 상호간에 비용-효과적인 과제 할당이 가능해짐.
- 특정 성능향상 방안에 대한 이해관계가 없는 미국 SE전문가로 팀을 구성하고 한국 국방부와 공군이 감독하는 사업계획 수립을 권고함.
- 사업 계획 모델은 EAC (Estimate at Completion) 비용추정과, 합리적인 일정계획, 리스크의 정량화, 대안전략의 질중분석을 제공한다.
 - 사업 계획 모델은 개발 성능 평가를 제공한다.
 - 사업 계획 모델은 ETC (Estimate to Complete) 예산 요구사항을 수립하고 이를 사업 기간 내내 지속적으로 평가하게 해준다.
 - 프로세스를 효과적으로 모니터링해서 위험도 평점을 확인하는데 사업모델이 사용될 수 있다.
 - 위험도 평점 발생시 최적의 대안전략을 효과적으로 확인, 선택하는데 사업모델이 사용될 수 있다.