

항공기산업의 CALS체제 도입방안

국방대학원 교수 김 철 환

연재순서
1. CALS의 개념과 발전추세
2. 항공기 산업의 CALS구현 사례
3. 항공우주산업에서 CALS 적용방향
4. 국내 항공기 산업에 대한 CALS 구축방안
5. 결언

항공산업의 CALS 구현사례

가. B-2 항공기

1970년대 후반에 새로운 항공기를 만드는 계획으로 B-2 프로그램이 시작되었을 때 요구되었던 특성은 첨단 항공기술을 사용하여 적정 무장탑재 상태로 세계 어느곳이든 무착륙비행이 가능하며, 레이더 탐색으로부터 스텔스능력을 갖고 복합 방공망을 침투할 수 있도록 하는 것이었다.

B-2는 스텔스 폭격기로서 설계단계에 복잡한 CAD시스템이 필수적인데 이러한 CAD시스템과 디지털 기술자료들을 CALS를 구현하면서 제공하였다.

처음 시작하는 B-2프로그램에는 많은 장애가 있었다. 15년전, B-2사업자

에게는 CALS표준이 없었고, 공군과는 기능적으로 별개의 정보시스템을 독립적으로 개발하고 있었다. 시스템 사용자들은 디지털 데이터를 어떻게 사용할지에 대한 명확한 개념이 없었으며 공군에서도 기술자료들을 분배하거나 저장, 관리할 수 있는 기반이 없었다. 이러한 것들을 해결하기 위해 국방성은 기술정보를 저장하기 위한 JEDMICS와 전역 기술자료관리를 위한 JCALS 프로그램을 시작했다.

CALS에 의한 디지털환경의 즉각적인 이점으로는 항공기의 구조나 날개 등의 모형제작이 CAD에 의해 점차 필요없어진 것인데, 이것은 CAD에 의해 생산된 제품으로 증명될 수 있으며, 그 결과는 놀랍도록 정확했다.

CALS기반에 의한 또 하나 향상된 것은 군수지원분석으로부터 텍스트와 CAD데이터의 그래픽을 사용하여 기술교범을 만드는 것이다. 이러한 기술교범들은 획득과정 초기에 만들어져 전체적인 수명주기상의 운영비용을 크게 줄여주고 있다. B-2의 통합기술자료시스템(ITDS)은 정비사들이 직접 공구들로 정비하는 단계에 까지 성공적으로 사용되었다.

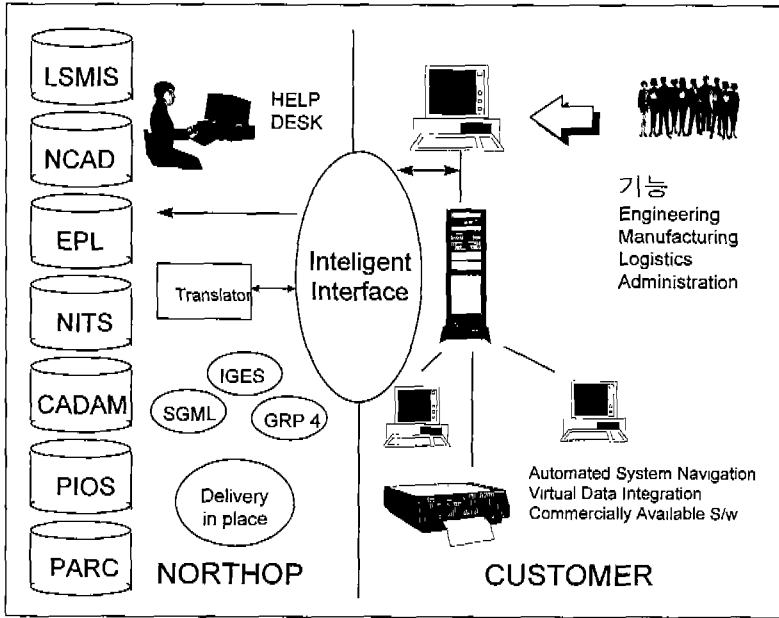
항공산업에 관련된 회사는, 프로젝트의 개발 그룹에 참여하며, 공동개발

및 생산의 형태로 프로젝트를 완성시킨다. 따라서 최신기술을 이용한 항공기의 개발 제조시스템은 항공산업에 관련된 여러 회사들로 구성되어 있다. 이러한 관련회사들은 공동개발을 위한 항공기 제작사를 중심으로 기능부품, 표준부품, 재료, 소재, 전기전자 등 다양한 분야에 걸쳐있다. 또한 운용단계의 항공기도 각종 전문업체가 참여하여 운용 및 수리, 정비 등 각종 후속 지원에 관여한다. <그림1>참조

B-2프로그램에서 사용된 CITIS는 사업자가 계약지침에 따라 B-2의 무기 시스템을 지원하기 위해 전자자료 전송을 통해 구매자료를 참조하도록 하는 서비스로서 모든 공학자료들은 디지털화되는데 대부분은 CAD시스템을 통해 디지털화 된다. 소규모 사업자들의 데이터는 다시 디지털 형태로 전환하고 주요 공학자료는 주계약자에 의해 유지된다. 첫 적용에는 공군에서 사용한 CITIS규격이다.

현재 B-2의 "데이터시스템"은 운영지역과 주계약자 및 공군이 전자적으로 연결되어 있다. 공학데이터는 이들 부서간에 공유되고, 이러한 것은 공학적인 분석과 수정에 지대한 이점을 가져다 준다. 데이터에 대한 접근은 시간단위에서 분단위로 향상되고 수정

〈그림 1〉 B-2 프로그램의 CIMS



주기는 25%이상 감소되었다.

B-2프로그램의 LSMIS(Logistics Support Management Information System)에서는 원격터미날을 이용한 실시간 처리를 기본으로하여 온라인 전송, 검토, 데이터 처리승인 및 상위 부분에 대한 자동적인 검토까지 이루어 지도록 구축되었다. 이를 통해 319,000개 부품의 조달, 예비부품의 전자주문, OC-ALC를 통한 직접적인 전자인쇄능력, 군수지원 자료에 대한 실시간 접근이 가능하게 되었다. LSMIS는 군수지원분석 정보와 공급에 관련된 내용을 공군과 계약자간에 온라인으로 분석 및 검토를 하도록 해준다. 부품조달은 컴퓨터 네트워크를 통해 자동적으로 필요부품을 인식하여 조달자료를 승인하도록 모든것이 전자적으로 수행도록 되어있다.

나. F-22 전투기

F-22 전투기개발 프로그램은 무기 체계획득 및 군수지원 자동화·통합화(CALS:Computer-aided Acquisition and Logistic Support) 개념을 적용한 주요 시범 사업의 일환으로 F-22 전투기의 체계획득 및 수명주기 지원비용을 감소시킬 뿐만 아니라, 다원화된 정부/계약팀의 개발 환경에서 전반적으로 효율을 증가시키고 있다.

이러한 F-22 전투기개발 프로그램은 미군이 현재와 미래의 각종 위협에 대처하기 위하여 개발하고 있는 차세대 공중우세 전투기 개발 프로그램으로 개발체계는 〈그림 1〉와 같다.

F-22 전투기 시스템 프로그램 오피스(SPO: System Program Office)는 성능, 생존성, 신뢰성, 정비성 그리고 가용성(RAM) 등을 균형있게 강조하고

있다. 이 프로그램은 통합생산팀(IPTs: Intergrated Product Teams)으로 조직되어, 정부와 다양한 기능을 가진 계약구성원이 협동하여, 우수하고 비용대 효과가 큰 제품을 개발하는데 중점을 두고 있다.

F-22 전투기개발 프로그램의 첫번째 목표는 CALS 표준을 사용한 디지털 형태의 기술자료를 생산 및 전송하게 하는 것이다.

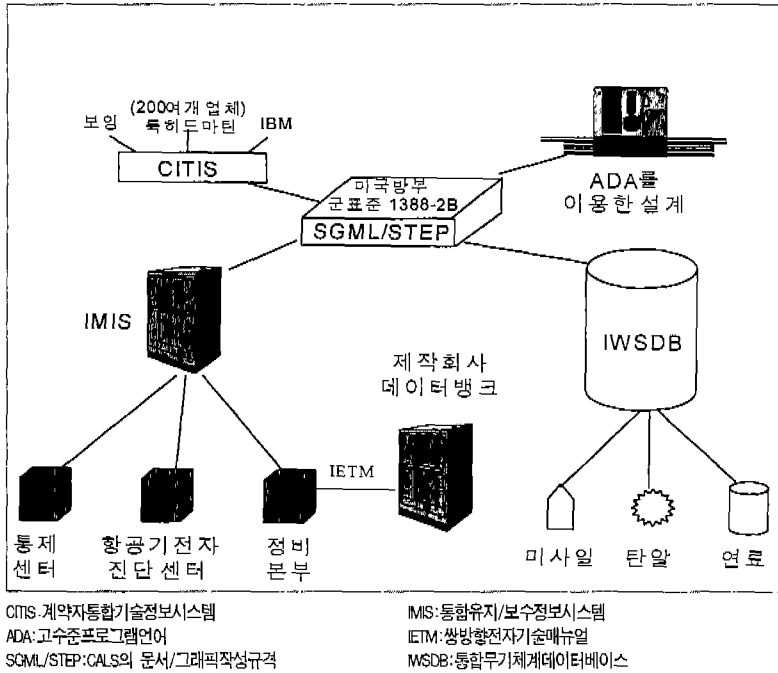
두번째 목표는 설계, 개발 및 운영에 관련된 자료를 나중에 야전에서 운영시에도 동일한 자료로 분석하고 문제 해결도 가능하도록 종합적인 자료(IDB:통합데이터베이스)로 관리하게 하는 것이다.

전체적인 F-22 프로그램 내에서 CALS의 적용은 설계 및 제작개발(EMD: Engineering and Manufacturing Development) 단계에서 주로 구현되었다. 여기에서는 CALS의 주요 시범사업으로 선정된 F-22 전투기개발 내용 중 CALS 개념이 적용된 9개의 주요 분야에 대해서만 설명 하겠다.

(1) 관리/기술정보체계(M/TIS)

M/TIS(Management/Technical Information System)는 정부와 계약자 사이에 전자우편(E-Mail)으로 상호 교류하는 계약자 통합기술정보서비스(CITIS)이며, 정부관리는 계약자 데이터베이스에 디지털 형태로 전자정보를 넣어준다. 이러한 전자정보는 비용/일정관리 표준(C/SCSC), 군수지원분석(LSA), 기술성능평가(TPMS), 종합관리계획/통합된 주요계획(IMP/IMS),

〈그림 2〉 F-22의 개발 체계



계약자료 요구목록(CDRL), 추적체계, 엔진부품정보체계, 그리고 활동 항목 등이 포함된다.

(2) 체계/소프트웨어 공학환경(S/SEE)

S/SEE(Systems/Software Engineering Environment)는 모든 F-22 전투기개발팀들에게 시스템공학(SE: System Engineering)과 소프트웨어 개발활동을 지원해 주는 도구 환경이다. 이 S/SEE는 COTS (Commercial-Off-The-Shelf) 도구들의 핵심 도구들과 함께 다양한 프로세스 형태의 소프트웨어를 생성시키는 F-22의 특정 범위로 구성되어 있다.

COTS 도구의 핵심 집합은 양방향 요구 추적 능력, 소프트웨어 설계, Ada개발, 인터페이스 정의, 형상관리, 측정 기준 수집과 작성, 프로젝트 관

리, 소프트웨어 개발 화일들, 교리 및 통신 등의 항목을 완벽하게 지원하고 있다.

S/SEE는 F-22 전투기의 통합생산개발(IPD: Integrated Product Development)의 원리와 전 수명주기 적용 범위를 완전하게 지원하고 있다. 이 S/SEE는 비행시험과 전자자료 전송의 지원 뿐만 아니라 체계공학기능을 포함하기 위한 소프트웨어 공학 환경으로까지 그 영역을 확장시킴으로써 IPD 개념을 지원하고 있다.

이 S/SEE는 안전한 광대역 통신망을 제공받음으로써 지리적으로 서로 떨어져 분산된 IPTs의 통신요구도 지원한다. 이는 계약자와 정부간에 제품의 동시개발(Concurrent Development)을 가능하게 하고 시행착오를

감소시키며 개발 프로세스를 최적화한다.

(3) 군수지원분석(LSA) 자료

CALS 환경에서 F-22 전투기의 무기체계 자료에 대한 통합된 데이터베이스(IDB)의 개발과 사용은 F-22 전투기의 LSA 프로그램이 제시하고 있는 것처럼 혁신적인 과정을 거쳐 진행되고 있다.

F-22 프로그램은 CALS 표준인 MIL-STD-1388-2B LSAR 표준을 적용(개념화)하는 국방부의 첫번째 새로운 CALS 시범사업으로 이는 LSAR을 관계형 DB구조로 입력하는 것이다.

F-22 전투기는 기능적이고 물리적인 LSA Control Number(LCNs)를 사용해서 시스템자료의 새로운 전개를 제공하고 있으며, 기능적인 numbering 시스템은 MIL-STD-1808, 즉 System, Subsystem이 사용된다. 이러한 기능 분류와 자료의 연결은 군수 관련 결정을 아주 쉽게 해주며, 클라이언트/서버 환경으로 통합됨에 따라 팀 구성원은 그들의 기지(Site)에서 실시간에 LSAR에 대한 정보를 공유하게 됨으로써 훈련 및 장시간 소요되는 정비시간을 줄일 수 있게 할 것이다.

(4) 기술교범(TM)

F-22 전투기 개발 프로그램은 IETM의 형태의 기술교범(TM: Technical Manual) 데이터를 개발하고 있으며(비행교범은 예외) 사용자 요구에 따라 전자적이며, Page-based 형태로 개발되고 있다. 데이터 개발에 안에서로서 표준전자교범과 관련된 규

격(MIL-M-87268, MIL-D-87269, MIL-Q-87270)을 사용하며, 이 IETM은 PMA(Portable Maintenance Aid)라고 불리우는 휴대용 항공라인 컴퓨터를 사용하고 있는 기능공 및 항공기와 호환운용을 가능하게 한다.

(5) 통합정비정보체계(IMIS)

F-22 전투기 IMIS(Integrated Maintenance Information System)는 정비를 위한 의사결정 지원체계를 결정하고 업무를 배분하며 이를 통합하는 시스템이다.

F-22 IMIS 구성품은 상호전환이 가능하고 창운영시 이용가능하며, 이는 MSCs(Maintenance Support Cluster), PMAs(Portable Maintenance Aids), MSWs(Maintenance Support Workstations) 및 통합 소프트웨어 응용 등으로 알려진 워크스테이션의 Basic building block으로 사용한다.

F-22 전투기 IMIS는 소프트웨어 적응성개발과 응용을 위해 개방체계 구조를 사용하며, 구조(Architecture)는 근본적으로 modular형이고 객체에 기초한 패러다임을 수용하며 사용자 기능의 분리과 적용을 쉽게 한다.

F-22 전투기 IMIS는 야전에서 운영체대와 창급정비를 지원하는 통합 Toolset를 제공하는데 이러한 기능은 F-22 전투기의 주요 정비 목표에 의해 연동되고, 산업 표준 인터페이스의 이점을 가진 소프트웨어 설계에 의해서 이루어지게 되며, 상업용 컴퓨터 플랫폼으로 휴대가 가능하도록 유연성을 제공한다.

(6) 디지털 생산의 정의(DPD)

DPD(Digital Product Definition)은 전자 기술자료 패키지를 표준화된 자동 포맷(MIL-T-31000) 형태로 공군의 군수지원창으로 전송하는데 필요한 하드웨어, 소프트웨어, 장비, 교보재, 초보자 훈련, 교리를 포함한 종합 체계이다. TDP 데이터는 수명주기 동안 무기체계의 설계, 제작, 평가, 야전정비, 수리, 지원을 위해 요구되는 기술 정보이다. DPD체계는 aperture card, 재설계(design re-engineering), 종이 재생 등의 제거를 통하여 비용절감을 유도한다. DPD체계는 사용자를 위해서는 알기 쉽게 표준에 기초한 다양한 데이터베이스로부터 관련된 정보를 연계시키며 이의 액세스를 가능하게 할 것이다. 이를 위하여, DPD IPT는 군수지원창과 정부 에이전시(Agency)들에 의해 사용을 최적화 할수 있도록 국제 표준을 최대한으로 사용하여야 할 것이다. 새로운 자료변환표준은 언제라도 사용가능해야 할 것이고, COTS프로세서/트랜스레이터 제품은 이러한 목적을 달성할 수 있어야 한다.

공군이 수명주기 동안 지능적인 전자 포맷 형태로 기술자료 패키지를 받으면 효과적이고 효율적으로 F-22 무기체계의 지원이 가능할 것이다.

(7) 저장관련 통합분배전자(PRIDE) 체계

PRIDE(Provisioning Relational Integrated Distributed Electronics) 체계는 야전 F-22 전투기와 무기체계에 대한 예비 부품의 초기공급을 위해 개발된 표

준(MIL-STD-1388-2B)에 근거한 정보 체계이다.

PRIDE 체계는 계약자와 정부의 군수조직원에게 있어서의 개발, 검사, 공급 관련 교리와 예비부품조달 등의 승인에 관련된 비용을 최대한 줄이기 위해 자료체계 인터페이스를 사용할 것이다. PRIDE 체계를 통해 계약자 그룹과 설계, 재정, 재료 그리고 공급지원 부서간의 자료체계 인터페이스는 문서개발지원등 대부분이 자동화할 것이다.

한편 정부기관은 분배 데이터베이스와 지원 기술도면을 전자 온라인망을 통해 지원받게 될 것이다. 그리고 사용자(user)가 친밀하게 문서를 검사하고 승인할 수 있게 하며, 이러한 절차와 과정을 통해 소요시간을 감소시킴은 물론 참고철 등을 만들어서 이용할 필요성도 없애준다.

이 소프트웨어는 검토할 필요가 있는 모든 문서(텍스트, 그래픽)에 대해서 팀의 구성원 모두가 확인하고 평가하며 거부할 수 있는 권한을 부여하며, 이 방법은 현재 모든 F-22 지원시스템 공동체에 의해 고려되어지고 있다.

(8) 고성능 하드웨어 묘사언어(VHDL)

미 국방부는 1983년에 초고속통합회경(VHSIC) 하드웨어 묘사언어(VHDL: VHSIC Hardware Description Language) 프로그램을 추진하면서 VHDL 사업에 자본을 투자하기 시작하였다.

1987년 12월 IEEE에 의한 VHDL의 채택과 미 공군 F-22 전투기 무기체계 획득의 한 부분으로 VHDL을 포함한 결과로 이 언어가 매우 넓게 사용되어지면서 성장하기 시작하였다. VHDL은 현재 미 국방부의 MIL-STD-1840B인 CALS 표준언어로 고려되고 있다.

VHDL은 GLSS(Gate-Level System Simulation)을 통해 F-22 무기체계의 획득과 연계된 응용명세 세목 통합환경(ASIC: Application Specific Integrated Circuit)의 개발을 위한 하향식 설계 접근법으로 고려되고 있다. 이를 위해 F-22 전투기 무기체계 프로그램에서는 전 수명주기 동안에 사용될 수 있는 VHDL 적용안을 만들기 위하여 모든 ASICS의 개발자들에게 요구하고 있다.

(9) 통합무기체계 데이터베이스 (IWSDB)

F-22 전투기의 IWSDB(Intergrated Weapon System Data Base)는 장기 수명주기 비용의 절감을 추구하고, 정보 통합구조의 구성을 통해 생산성의 개선을 추구한다.

CALS의 다른 노력과 비교해 볼 때, IWSDB는 전반적으로 F-22 전투기 정보자원에 초점을 맞추고 있으며, IWSDB는 통합설계, 제작, 군수, 야전 데이터로 개선된 지식 베이스 중간 매개 소프트웨어를 사용하는 논리적으로 통일된 체계의 통합을 추구한다. 주요 무기체계의 적절한 개발자료는 잘 획득, 관리되어지며, 시험, 운용, 지원하는 동안에 전자적으로 이용할 수

있게 하는 프로그램 개발이 초기에 시도 되었다.

F-22 전투기 IWSDB의 비전은 단일 데이터, 단일 프로그래밍 인터페이스를 요구하고, 사용자 조희 인터페이스를 강화하는 것이다. 이는 전국에 걸친 F-22 전투기 프로그램팀과 지원 Site들에게 논리적으로 통합된 수많은 자료저장번호부를 포함하며, 이 프로그램은 F-22 설계사를 위하여 특별히 고안된 CAD 워크스테이션으로부터 온라인 설계/복구가 동시에 CATIA 모델에 제공된다. 이러한 개발활동은 정보통합문제에 대해 획기적으로 접근하는 것이며, ARPA (Advanced Research Projects Agency)로부터 지원을 받고 있는, 학술연구소와 많은 사업자들을 선도하고 있는 것이다.

다. B-777 항공기

보잉사는 1990년 가을에 착수한 중거리 신형 여객기 보잉 777기의 개발부터 전적으로 컴퓨터를 이용하여 능률적으로 항공기를 제작하는 방법을 도입하기 시작했다. 이에 따라 보잉사는 처음부터 실물크기의 모형제작 없이 컴퓨터로 CAD를 이용한 모형을 작성했고 전체적인 규모는 보잉사를 비롯하여 가와사키 중공업 등 12개국 이 참여한 글로벌한 프로젝트였다.

대략 1000개의 하청업자와 CAD자료를 서로 교환하면서 느끼는 어려움은 디지털 정보의 교환에 대한 CALS를 적용하지 않는다면 해결이 불가능

할 것이다. 보잉 777 항공기는 CATIA를 이용하여, 국제 공동개발을 성공시키고 있다. 항공기의 설계는 CAD/CAM 시스템을 통해 설계도면의 전자화가 이미 일반화 되어 있다.

보잉 777 프로그램에서도 데이터에 대한 STEP 표준을 사용하기 전에는 서로 다른 기종의 CAD/CAM자료를 자사의 기종에 맞게 Conversion 과정을 거쳤어야 했으며, 거래 상대방이 가지고 있는 여러종류의 CAD/CAM 기종에 따라 각각의 기종에 맞는 Conversion 프로그램을 준비해야 했기 때문에 작업의 진행이 어려운 상태였다. 이에 따라 CAD/CAM 분야에 있어서 STEP표준을 선택하여 많은 파트너 간에 여러종류의 CAD/CAM 자료를 중간의 복잡한 변환과정을 거치지 않고 교환할 수 있도록 했다.

STEP의 도입으로 변환처리비용의 절감, 교환자료의 SIZE 축소, 복수개의 CAD/CAM 시스템 도입비용 절감 등이 이루어졌다. 현재 STEP이외에 사용 중인 표준은 그래픽용으로 CGM을, Document용으로는 STEP을 이용하고 있다. STEP표준으로 작성한 CAD/CAM자료는 56Kbyte의 전용선을 이용하여 주로 야간에 일괄작업으로 거래 회사와 교환을 하고 있지만 초고속통신망이 활성화 되는 단계에서는 일반 VAN을 이용할 것이다.

또한 보잉사는 보잉 777 프로젝트와 관련하여 EDI시스템을 구축하였는데 현재 사용 중인 VAN은 GE, AT&T, MCI, SPRINT 등으로 주로 3rd Party

망을 이용하고 있다. 보잉사와 EDI로 거래관계가 있는 회사는 주로 메인 프레임이나 미니 컴퓨터를 보유한 비교적 규모가 큰 회사가 대부분이며 프로토타입을 PC에서 충분히 시험한 후 메인 컴퓨터를 사용하여 처리한다. 송장은 100% EDI로 처리하고 있으며 고객처리 업무는 EDI로 인해 업무절차가 47단계에서 현재 7단계로 줄어든 상태이다. B-777 동체의 20% 제작을 맡은 일본의 5개 협력업체들은 일본 나고야에 개설된 JAI센터를 통해 미국 시애틀의 보잉사와 연결되고 도면 데이터, 부품 데이터, 관리 데이터, 연락 데이터 등의 정보를 교환했다.

현재 활용 중인 전자서류는 Freight Invoice, Invoice, Payment Orders, Remittance Advice, Acknowledgements, Purchase Order 등이고, 향후 US Customs Manifest, Purchase Change 등이 개발 중에 있다.

이러한 CALS를 적용한 B-777의 개발효과는 엄청난 이점을 가져다 주었는데 구체적으로 개발기간이 1년반 단축되었고, 인건비가 30% 감소되었으며 설계변경 및 오류발생 건수가 종래에 비해 60% 줄어들었다. 이때 만들어진 모든 기술교범은 13권의 3만 페이지에 달하는 매뉴얼을 CD-ROM 1장에 수록했다.

라. 국내 삼성항공

삼성항공은 KFP기종 전투기의 조립 생산을 맡고 있으며 부품수만해도

30만여종에 해당하는 그런 부품을 다루어야 되고 한달에도 약 200여종의 설계변경이 생긴다. 이것을 과거와 같은 수작업 방식으로는 불가능하다고 판단되어 CALS개념의 전산화를 추진하게 되었다.

사내 표준으로 문서부문은 SGML을, 제조업부문은 STEP을, 도면관리시스템 부문은 미 ILT사 도면관리시스템인 MEDIS를 현업에 적용하는 등 사내 표준안 설정과 이를 통한 국내외 표준 제정에 관여할 전담조직을 가동하며 CALS구축에 박차를 가하고 있다.

KFP전투기 설계도면을 CALS규격에 맞추어 광파일 시스템으로 저장 관리해주는 MEDIS라는 시스템을 이용해 F-16제작과 관련해 한달 평균 약 200여건 발생하는 설계변경 내용은 OCR카드 형태로 미국의 록히드마틴에서 한국의 삼성항공으로 보내진다. 이 카드 자체가 미국의 국방성이 제정한 CALS규격에 의해 만들어진 것으로 카드에 입력된 내용은 카드판독기에 입력되어지고 컴퓨터시스템을 거쳐 광파일로 전환되어 저장장치안에 입력 관리되어 진다. 이 시스템이 관리할 수 있는 설계도면은 약 16만장, 현재 약 8만장 정도가 입력되어 있다. 삼성항공의 전직원은 현장에 있는 단말기를 통해 여기MEDIS시스템에 의해 만들어진 설계도면을 언제든지 받아볼 수가 있고 미국에서 보내온 도면 정보 이외에 서면으로된 정보도 함께 처리하고 있다.

삼성항공은 미국 록히드마틴사와 공동으로 데이터베이스를 만들어 기술, 생산, 구매, 품질과 관련된 정보를 공유하기 위한 SAMIS라는 통합물류 생산정보시스템이라는 CALS체제를 가동하고 있다. 현재 이 데이터베이스 안에는 도면만 8만2천여종이 기록돼 있고 자재정보전수만 18만종이 들어있으며 한달에 구매정보만 1만6천여건을 처리하고 있다.

설계변경에 따른 형상관리(Configuration Management)를 위해 비행기 제작이 끝나 출고된 뒤라도 관련 부품이나 정비가 필요할 경우 몇초기 인가를 따져 정확한 설계도면을 컴퓨터로 검색해 볼 수 있다. 또한KFP전투기의 설계변경이 우리 실정에 맞는가를 검증하기 위해 전문적인 분석내용은 대전의 항공우주연구소와 연결된 CALS핫라인으로 주고 받고 있다. 만약 CALS가 아니면 이같은 설계변경작업은 모든 도면을 찾아다니며 일일이 수작업으로 해야 할 것이다. 이같은 모든 작업을 컴퓨터를 이용해 통합 처리함으로써 과거에는 변경된 기술을 관리하는데만 5일이나 걸렸지만 지금은 즉시 처리되고 있다.

생산공정을 관리하고 설계하는것만 해도 220명이 3년이나 걸리던 작업을 현재는 80명이 20개월안에 마무리짓고 있으며, 구매정보도 7일에서 하루로 단축됐다. CALS는 이처럼 삼성항공에 가히 생산혁명을 가져오고 있는 것이다.