

# 생산혁신을 위한 CALS

서효원  
(한국과학기술원 산업공학과 조교수)

## 1. CALS의 개요

### 1.1. CALS출현 배경 및 개념

1980년대 초 미 국방성은 무기체계 획득 및 군수지원 업무와 관련하여 발생한 방대한 서류, 데이터의 중복 및 부정확성, 문서유지·관리를 위한 시간 및 비용소요, 그로 인한 과다한 행정지연 등으로 인해 문제점을 안고 있었다. 이러한 문제점들의 실례로, 국방성은 서류로 2억장의 기술도면을 소유하였으며, 군사 사양서의 부정확도는 전체의 25%이 이르렀고 이를 일관성 있도록 유지·관리하는데도 기술교범 건당 500일 이상, 수정비용이 페이지당 1000\$이상 소요되었다고 발표한 바 있다. 따라서 이를 해결할 필요성이 제기되었으며 연구를 시작한 결과, 무기체계 획득 및 군수지원 과정에서 발생하는 모든 정보를 디지털화하여 업무간 정보 공유 및 유통체계 개선을 통해 운용비용 절감, 군수지원 시간 단축, 종합 품질경영 능력을 극대화할 목적으로 CALS의 개념을 태동시켰다[표 1]. 즉 초기의 CALS는 군수지원의 진산화(Computer-Aided Logistic Support/Computer-aided Acquisition and Logistic Support)라는 개념에서 출발한 것인데 최근에는 CALS가 새로운 개념, 즉 체계 연속획득 및 수명주기 지원(Continuous Acquisition and Life-cycle Support)과 나아가 광속에 의한 상거래 (Commerce At the Light Speed)라는 개념으로 발전하였으며[표 2] 무기체계를 다루는 국방부와 방산업체 뿐 아니라, 물자를 제조하고 취급하는 모든 민간기업의 새로운 경영전략으로 발돋움하고 있으며 통상산업부, 정보통신부, 국방부 등 정부에서도 같은 관심을 보이고 있다.

### 1.2. CALS의 구조

CALS의 적용범위는 기업내부, 기업간, 기업과 정부간 등 전 산업의 인프라 부문이며 필요기술은 통신망, 데이터베이스, 프로세스, 표준 등 광범위하기 때문에 CALS를 추진하는데 있어서는 체계적인 추진 틀, 즉 CALS의 구조가 필요

표 1. 미국의 CALS 발전과정

년도	내용	비고
1982	미국방장관(케스퍼 와인버거)이 미국방예산과 운영유지비용 줄이기 위한 연구 지시	국방성
1983	국방분석가들은 낙후된 통신과 서류에 의한 행정이 비용을 유발하는 것으로 분석결과를 발표	국방성
1984.4	정부 및 업체의 Task Force에 무기체계 및 군수지원에 컴퓨터 기술을 이용하기 위한 연구 임무 부여	국방성
1984.12	미 국방분석 위원회에 의해 CALS의 연구가 시작	국방성
1985.6	Task Force의 최초 보고서가 발간	국방성
1985.9	국방차관(Taft)의 1차 CALS 구현 지침 발표	국방성
1985.10	공군의 사업관리 훈련에서 CALS 관리통합단(MIO)을 설치하여 CALS를 추진	공군
1986.2	CALS 개념 보고서 발간	국방성
1986.3	국방성의 제 1차 의회보고서 발표	국방성
1986.6	공군의 CALS 수행을 위한 계획 발간	공군
1986.7	국가안보산업협회(NSIA)에 의한 하계 CALS 모임 실시	민간
1986.10	국방성내에 CALS국 신설	국방성
1987.6	국방성의 제 2차 의회보고서 발표	국방성
1988.3	CALS 002 보고서 발간	국방성
1988.7	국방성의 제 3차 의회보고서 발표	국방성
1988.8	국방차관(테프트)의 2차 CALS 구현 지침 발표	국방성
1988.12	해군 CALS 전략계획 발표	해군
1989.3	ACALS를 위한 계약을 체결	육군
1989.10	CALS/CE Task Group이 형성	국방성
1991.1	해군 핵심그룹회의에서 해군 CALS 구조/작용계획 발간	해군
1992.8	해군에서 해군 CALS 구조 및 환경 보완 발간	해군
1993.11	5개 사이트에 통합 CALS(ICALS)의 Prototype 완성	유해공
1995.12	전세계 250개 site에 JCALS 연결	

표 2. CALS개념의 발전

	신개념	구조	부속, 소도면, 노드관리	상거래, 정보, 자동화	비고
Computer-Aided Logistic Support	진신화된 군수지원		●		
Computer-Aided Acquisition and Logistic Support	무기체계 획득 및 군수지원 진산화	●	●		-1987년 -무기체계획득전략규격 (MIL-STD-1700)에 규정됨
Computer-Aided & Life-cycle Support	지속적인 조달과 상품의 수명주기 지원	●	●	●	-1988년 -미 국방성 CALS국장 -인력부문 범위 확대 -MIL-Hirobok 3B에 언급
Commerce At the Light Speed	유통거래(통상)의 진산화	●	●	●	

하다. 이러한 구조의 예로서 미 국방성에서 추진하는 CALS의 구조를 살펴보기로 한다. 미 국방성의 CALS구조는 CALS의 적용이 신속히 이루어지도록 하기 위한 것으로서 크게 통제구조, 정보구조, 컴퓨터시스템 구조로 나누어져 있다.

**1.2.1 CALS 통제구조**

미 국방부가 CALS를 관리하기 위한 수행조직의 틀을 제공한다. CALS관리의 관점은 정보구조로 표현되는 정보의 요구를 컴퓨터시스템에 의한 정보처리 기술과 관련시키고, 정보의 공급을 규정하는 것이다. 통제구조는 정보구조의 프로세스 모델과 결합되는 데이터모델, 데이터 정의 및 표준, 기능적/기술적 표준, 요구되는 기능을 지원하기 위한 정보 자원 등을 정의하고 확보하는 정책을 포함한다. 또한 CALS 추진업무의 결정과 CALS 전략의 시행을 계획하고 인지된 문제와 제한사항을 확인한다. 데이터의 보호를 위한 보안도 통제구조의 중요한 요소이다.

**1.2.2 CALS의 정보구조**

기술정보를 무기체계 수명주기 기간 지원하는 프로세스(분야)는 6가지가 있는데 그것은 획득, 엔지니어링, 제조, 구성관리, 시험 및 평가, 그리고 군수 계획 및 지원이다. 한편 CALS 데이터 구성은 기술/생산품정의 데이터, 기술교범/훈련물자 데이터, 그리고 기타 군수지원 데이터 등 3가지 데이터형으로 분류되며, 그 내용은 다음과 같다.

- 기술/생산품정의 데이터 : CAD 정보, 제품구성관리
- 기술교범/훈련물자 데이터 : TM(Technical Manual) 제작/관리, 데이터 저장, 사용자 인터페이스
- 군수지원 데이터 : 정비, 신뢰도 관리, 시험분석, 훈련에 필요한 틀

위와 같이 분류되어 획득된 데이터들은 앞의 6가지 프로세스에 의한 무기체계 전 단계를 지원하게 되며, 결국 CALS의 정보구조는 IWSDB(Integrated Weapon System Data Base)로의 이행을 목표로 하고 있다.

**1.2.3 CALS의 컴퓨터 구조**

크게 네트워크와 데이터베이스로 구성되어 있다. 디지털 데이터의 교류를 가능하게 할 네트워크의 구성은 CALS 구현에 있어서 무엇보다도 중요하다. 미국방성의 네트워크는 1968년 DARPA가 일부 대학 및 연구소에 전산망을 위한 연구자금을 지원하여 이듬해인 1969년에 ARPANET라는 4개의 노드를 갖는 전산망이 최초로 탄생하게 되었다. 그 후 1970년대에 들어서면서 이용자 수가 증가함에 따라 전산망의 운영책임을 국방통신국으로 이전하면서 ARPANET은 무기체계 연구 및 개발망으로, MILNET는 군의 일상업무용(1983)

으로, 그리고 DDN(Defense Data Network)은 지휘통제용(1982)으로 분리 운영하도록 함으로써 군의 통신문제를 해결하였다. 한편, 네트워크의 구축이 점차 증대되고 이에 따라 프로토콜 구조가 다양해짐에 따라 정부에서 구축하는 네트워크의 프로토콜 구조를 OSI(Open Systems Interconnection)로 설정하여 업체로부터 구매시 정부에서 획득 가이드라인으로 활용하고 있다. 그리고 CALS의 DBMS는 RDBMS 및 OODBMS를 기반으로 GDMS(Global Data Management System)의 개발을 목표로 하고, 이 기종간의 호환성을 갖도록 개발하고 있다.

**2. CALS의 표준**

**2.1 표준의 제정단계**

디지털 데이터의 전송 및 CALS 통합환경 구축을 위한 초기의 CALS 표준의 제정은 정부와 업체와의 무기체계 개발 및 생산계약, 생성된 데이터의 통합화에 적용하기 위한 것으로, 단기적으로는 기존의 국가/국제표준을 적용하여 군의 하부구조에까지 기술정보의 디지털 흐름이 이루어지도록 하고, 장기적으로는 무기체계 계약자 및 정부의 데이터베이스를 통합하여 이를 설계, 제조, 그리고 군수지원활동에 이용하기 위한 것이다. 최근 들어 CALS를 민간산업에 적용하면서 표준의 제정도 기존의 군수 위주의 표준과 병행하여 산업표준을 활용/발전시키고 있다. 현행 미국 중심의 CALS 표준은 국제 및 국가표준을 부분적으로 통합하거나 그대로 반영하여 적용하고 있다.

이와 같은 CALS 표준을 정하고 개발하기 위해서 미국에는 NIST(National Institute of Standard and Technology)가 있으며, 이 기관이 관련업계나 기관들과 협력하여 표준제정을 진행시키고 있다. 이 과정에서 NIST는 국제표준은 국가표준에 우선하고, 국가표준은 산업협회나 무역단체의 표준에 우선하며, 산업협회 표준은 정부의 일부 부서나 국방성내의 한 단위의 표준에 우선한다는 개념을 가지고 있다. 물론 여기에는 여러 가지 예외 조항이 있을 수 있지만 이러한 우선 원칙에 따라 CALS 표준이 개발되고 있다.

**2.2 표준의 종류**

미 국방성이 제정 또는 개발하여 사용하고 있는 CALS의 표준은 프로세스 표준 및 컴퓨터관련 표준으로 크게 나눌 수 있는데 이러한 표준은 1)기능표준, 2)교환표준, 3)데이터표준 및 4)개방환경의 4개의 표준그룹으로 정리된다.

**2.2.1 기능표준**

특정한 기능수행에 필요한 과정(프로세스), 자료소요, 자

표 3. CALS 기능표준

기능표준	내 용
MIL-STD-1388-1A	: Logistic Support Analysis - 무기체계 획득과정에서의 CALS 구현에 필요한 업무요소의 정의 및 처리절차 - 사업특성별 CALS 구현 지침 제시
MIL-STD-1379D	: Military Training Analysis - 훈련프로그램의 개발절차 및 적용지침
MIL-STD-3167A	: Defence System Software Development - 소프트웨어 개발관리 지침
MIL-HDBK-59A/B	: CALS Implementation Guide - 무기체계 획득과정에서의 CALS 구현에 필요한 업무요소의 정의 및 절차 - 사업특성별 CALS 구현 지침 제시

표 4. CALS 교환표준

교환표준	내 용
MIL-STD-1840A	: Automated Interchange of Technical Information - 디지털 기술자료의 일반내용 및 형식(format) 정의 - 디지털 데이터 파일의 형식(format), 정보구조의 표준화 - 디지털 기술정보의 저장 및 전송 표준 정의 - 기술자료의 형태에 따른 적용 표준 정의
MIL-D-28000A (IGES)	: Initial Graphics Exchange Standard - 벡터 그래픽 형태의 데이터 교환을 위한 표준 - 상이한 CAD/CAM 시스템간의 디지털 기술도면 교환
MIL-M-28001B (SGML)	: Standard Generalized Markup Language - 컴퓨터 체계간의 기술 출판물 교환 - DoD와 업계간의 공통된 문서형식 정의
MIL-R-28002B (CCITT Group 4)	: CAD/CAM 체계간의 래스터 그래픽 교환을 위한 국제 표준 - 업계와 DoD내의 기술도면 전송에 사용
MIL-D-28003A (CGM)	: Computer Graphics Metafile - 상호 다른체계간의 벡터 그래픽 교환을 위한 표준 - DoD와 업계간의 기술교범 도해 그래픽 교환에 사용
MIL-STD-974 (CITIS)	: Contractor Integrated Technical Information Service - 국방성이 계약자에게 발주정보를 제공하는 제반 데이터 규정 - 정부가 업체의 기술정보체계를 검색할 수 있도록 구성 - 업체의 정보관리 형태 및 책임정의

료생성절차, 그리고 데이터 생산양식 및 내용에 대하여 정의하고 있는 군사표준과 규격(MIL-STD and MIL-SPEC) 및 자료항목 기술서(DID : Data Items Description)등이 포함되어 있으며 기능표준별 내용은 표 3과 같다.

2.2.2 교환표준

시스템간에 매체 및 자료의 교환과정을 통제하는 것으로 이러한 표준은 연방정부 표준, 군표준 및 규격, 그리고 기타 관리와 포맷팅을 위한 관련규칙, 문서, 그래픽, 문자/숫자식,

표 5. 데이터관리 표준

데이터관리	내 용
PDES/STEP	: Standard for the Exchange of Product model data - 생산모델의 물리적/기능적 특성을 완벽히 표현하는 중립형태
MIL-SPEC-IETM	: 대화형 전자식 기술교범 자료표준 IETM(Interactive Electronic Technical Manual) 내의 내용, 색인, 자료저장을 위한 표준
MIL-STD-1388-2B	: 군수지원분석 자료표준 (ILS 요소개발 관련 기술제원 저장)
EDIFACT/ANSI X.12	: 전자문서 교환을 위한 표준 - 100여종의 거래문서 전송 표준화

표 6. 개방/공유환경

개방/공유환경	내 용
IRDS	: Information Resource Dictionary System
GOSIP	: Government Open System Interconnection Profile
SQL	: Structured Query Language
RDA	: Remote Database Access
POSIX	: Portable Operating System Interface for Computer Environment

그 외 다른 양식의 디지털 자료의 원거리 통신과 규칙들이 포함되어 있으며 교환표준의 내용은 표 4와 같다.

2.2.3 데이터 관리표준

데이터의 요소정의, 데이터들간의 관계, 그리고 데이터사전의 양식에 나타나는 내용들의 특성, 그리고 데이터 통합 및 일치성을 다루는 규율을 정의하기 위한 표준으로 여기서는 파일구조의 정의, 색인키, 데이터베이스에 액세스 하는데 필요한 서술정보를 포함하고 있으며 데이터관리를 위한 표준내용은 표 5와 같다.

2.2.4 개방/공유환경

CALS가 국제무대에서 기능적으로 경쟁력을 갖추며 목표 단계인 통합데이터베이스(IDB: Integrated Data Base) 환경 구축을 위한 체계통합과 네트워킹에 관한 표준들로 그 내용은 표6과 같다.

초기에 군수지원을 위해 제정된 CALS 표준은 대부분 민간 제조업을 위해 적용될 수 있다. 제조업에서의 CALS 구현을 위해 필요한 표준은 1) 정부, 발주업체 또는 협력업체와 전자상거래를 위한 표준, 2) 기술/설계자료에 대한 표준, 3) 표준화된 디지털 자료를 바탕으로 기술자료 자동출판을 위한 표준, 4) 기술관련 데이터를 디지털로 생성하고 관리하는 표준 등으로 크게 분류할 수 있다.

### 3. JCALS(Joint CALS)

선진국의 CALS추진 사례는 군수 및 민간 부문에 다양한 사례가 있다. 그중 대표적인 JCALS에 대하여 살펴보기로 한다. JCALS(Joint CALS)는 미국에서 디지털 형태로 획득되고 전달되는 군수 기술정보를 육해공해병대 및 국방 군수본부의 사용자들에게 제공할 수 있는 자동화된 정보체계이다. 자동화의 섬(IOA:Island of Automation)으로 묘사되고 있는 현재의 개별적인 데이터 베이스와 군수 기술정보는 인가된 사용자들에게 원거리 네트워크를 통해 JCALS에 의하여 연결된다. 1차 적용 대상 범위는 Commanche 헬기의 기술교범(Technical Manual)의 개발, 수정, 운용 프로세스에 적용한다. 추진기관은 주계약자인 CSC(Computer Science Corporation)사를 포함하여 53개 업체에 이르며 소요비용은 7.84억불 (91년-96년) 이며 향후10년간 40억불을 추가 투자할 예정이다. 추진경위는 1993년 미 본토의 육해공해병대 5개 시범 Sites(Prototyping Sites)가 완성되었으며, 우리나라를 포함해 전세계 250개 사이트에 배치가 진행되고 있다. JCALS는 4단계로 개발되고 있으며, 각 단계별 주요 내용은 다음과 같다. 1단계는 개념 설계단계로서 4개의 경쟁사들이 상세한 체계설계를 개발하며, 2단계는 개념 증명 단계로서 2개의 경쟁사(CSC와 제록스)가 그들이 개발한 체계의 타당성을 증명하며, 선정된 개발 업체(CSC)는 3단계의 업무를 맡아 개념개발 단계로서 JCALS의 체계 개발이 완성되는 단계이며 5개 Site에 설치되었다. 마지막 4단계에서는 체계 배치 및 운용 단계로서, 주계약자가 국방성이 지정된 Site에 배치 운용하는 것이다.

#### 3.1 JCALS의 정보구조

한편 JCALS의 정보구조는 정보기반(Infrastructure)과 응용(Applications) 층(Layer)으로 구성되어 있으며[그림 1], 이들은 API(Application Programming Interface)로 연결되어 있다. 정보기반은 Level 1 으로서 기반기능층이 있고, Level

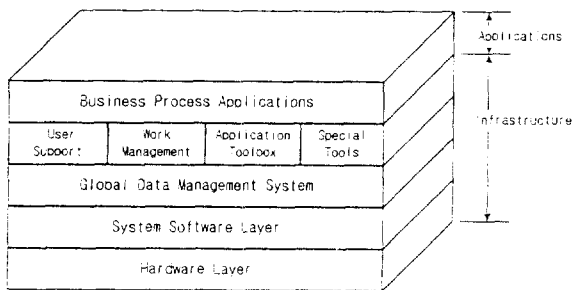


그림 1. JCALS Infrastructure

2 로서 광역 자료관리 시스템, Level 3 으로서 시스템 소프트웨어, Level 4 로서 하드웨어 기반의 4가지 Level로 나눌 수 있으며, 기반기능층은 응용층에서 생성되는 적용부문별 기술교범, 공학적 변경 관리 등을 지원하기 위한 유틸리티 기능들을 포함하고 있다.

#### 3.1.1 기반기능층 (Level 1)

Level 1은 정보기반 중 업무응용과 연계된 구조로서 사용자 지원, 업무관리, 응용도구, 특수도구 등으로 구분할 수 있으며, 각 분야는 의사결정 지원, 요구분석, 문제점보고, 작업관리, 데스크 및 화일 관리 등의 업무에 응용되고 있다.

#### 3.1.2 광역자료관리 서비스 층(Level 2)

Level 2은 기반기능층과 시스템 소프트웨어 층 사이의 광역 자료관리시스템(GDMS: Global Data Management System) 층으로서 GDMS엔진, 광역자료 목록, 관계형 DB, 기업의 Data Model, 현존체계의 연계, GDMS 클라이언트 서비스, 형상관리 등의 분야를 포함하고 있다.

#### 3.1.3 시스템 소프트웨어 기반 층(Level 3)

Level 3은 광역자료관리시스템과 하드웨어층 사이의 시스템 소프트웨어 층으로써 운영체계, 내부체계 서비스, 통신 및 통신망 서비스 등의 분야를 포함하고 있다.

#### 3.1.4 하드웨어 기반 층(Level 4)

Level 4 은 JCALS의 하드웨어 기반 구조로서 컴퓨터, 출력장치, 입력장치, 집단저장시스템, 워크스테이션, 통신망 등을 포함하고 있다.

### 3.2 JCALS 통신망

미국의 JCALS에서 추진되고 있는 통신망은 [그림 2]와 같다. 이들 통신망의 특징은 군에서 정한 표준, 통신 프로토콜이나 표준 MML, 표준 Security 등 획일적으로 통일을 강요하면서 사용하는 점, 보안 강화가 크게 요구되는 점, 군

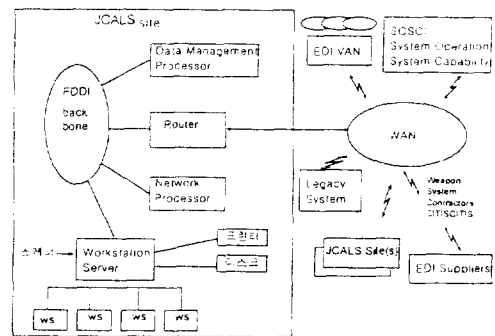


그림 2. JCALS Network Environment

특유의 규격을 사용하는 점등이다. JCALS 통신망의 특징을 살펴보면 다음과 같다. 첫째, JCALS 통신망은 분산 개방형 시스템이며, Backbone은 100Mbps를 송신할 수 있는 FDDI로 구성되어 있다. 둘째, JCALS 통신망은 Client-Server 구조로 되어 있으며, 레이블이 있는 보호 즉, 사용자는 자신의 레이블과 자원의 레이블이 동등한 경우에 쓰기(Write)가 허락되고 자신의 레이블이 상위인 경우에 접근할 수 있는 B1 수준의 보안과, 보안 감사에 기초를 둔 실시간 모니터링이 이루어지는 B3수준의 보안이 제공되는 시스템이다. 셋째, JCALS 통신망은 통합 무기체계 데이터베이스를 제공하며, 각종 국제 표준인 OSI, GOSIP 및 TCP/IP 표준을 적용하여 개발된 통신망이다. 넷째, 통신망에서의 간단한 각종 결함을 자체 진단하여 모니터에 제공할 수 있는 통신망 관리 시스템을 보유하고 있다. 다섯째, JCALS 통신망은 각종 통신 소프트웨어를 보유하고 있으며 데이터 저장 표준 및 문서교환 방법으로 개방형 시스템 환경하에서 널리 사용되고 있는 국제표준인 SGML, 복잡한 설계도면을 위한 IGES, 컴퓨터 그래픽 데이터의 통신을 위한 CGM 표준 등을 제작 도구로 이용하여 기술 교범(TM)을 제작한다.

#### 4. CALS의 효과

앞의 JCALS와 같은 통합된 정보공유 환경은 정보처리 및 교환을 위한 업무절차(Process)분석 및 개선을 바탕으로, 표준(Standard)에 따르는 정보화 기술(Information Technology)을 적용함으로써 구축할 수 있었다. CALS에서 목표로 하는 가상기업(VE: Virtual Enterprise)에 의한 전자상거래(EC: Electronic Commerce)를 구현하기 위한 통합 정보공유 환경은 다음과 같은 특성을 갖추어야 한다. 첫째: 통합된 사용자 지원 환경을 필요로 하고, 둘째: 동화상등의 실시간 처리를 위하여 초고속 정보 고속도로의 구축이 필요하며, 셋째: 개방적이고 구성관리가 가능한 유연한 시스템 구조를 갖추어야 한다. 이를 위하여 현재 객체지향 방법론을 바탕으로한 가상기업 프로토콜 등을 개발하고 있다.

한편 이러한 CALS를 추진하여 얻을 수 있는 기대효과는 다음과 같다. 첫째, 공유된 정보로부터 가장 최적의 선택을 할 수 있다. 둘째, 이형/분산 환경의 데이터베이스 및 응용 시스템을 사용자는 단일 시스템과 같이 운영할 수 있다. 셋째, 가상기업을 구축하는 과정에서 업무절차의 표준화 및 혁신은 필수적으로 병행된다. 넷째, 생산에서 배치에 소요되는 시간을 단축시킴으로써 기업의 경쟁력을 향상시킬 수 있다. 다섯째, 공통적인 필요 기술을 바탕으로 전 제조업 및 서비스업 등 여러 가지 응용분야에 적용할 수 있다.

#### 참 고 문 헌

[1] 김철환, 김규수, CALS구현 사례 현황 조사 연구, 한국

정보통신진흥협회, 1995, 2.  
 [2] 한국정보통신진흥협회, Proceedings of CALS KOREA 94, 1994. 9.  
 [3] 한국정보통신진흥협회, 중앙일보사, Proceedings of CALS KOREA 95, 1995. 10.  
 [4] 김철환, 김규수, "21세기 정보화 산업혁명 CALS - 이론과 실제", 도서출판 문원, 1995. 9.  
 [5] 미즈타 히로시(정석찬 역), CALS 트렌드, 21세기 북스, 1996. 1.  
 [6] 이시구로 노리히로, 오쿠다 고지(이신우 역), "산업의 인터넷 CALS", 중앙일보사, 1995. 9.  
 [7] 공업진흥청 전자정보표준과, "국제표준과 연계한 CALS 표준화 추진방안, 1995. 10.  
 [8] 25. Joan M. Smith, An Introduction to CALS, 1990. 5.  
 [9] U.S. NSIA, Proceedings of CALS EXPO 94, 1994. 12.  
 [10] U.S. NSIA, Proceedings of CALS EXPO 95, 1995. 10.  
 [11] U.S. NSIA, Spontaneous Electronic Commerce on the Internet, CALS EXPO 94, 1994. 10.  
 [12] U.S. NSIA, Standard for CALS, CALS EXPO 94, 1994. 12.  
 [13] Logistics Integration Agency, US Army CALS Implementation Plan, 1995. 9.  
 [14] Reed K., Harrod D., Conroy W., "The Initial Graphics Exchange Specification(IGES), Version 5.0", NISTIR 4412, National Institute of Standards and Technology, U.S. Dept. of Commerce, Sept. 1990  
 [15] Henderson, L.R., Mumford, A.M., "The Computer Graphics Metafile", Butterworths, 1990  
 [16] Arnold, D.B., Duce, D.A., "ISO Standards for Computer Graphics - The First Generation", Butterworths, 1990  
 [17] DoD. MIL-HDBK-59B: Continuous Acquisition and Life-cycle Support(CALS) Implementation Guide, 1994. 6.  
 [18] DoD, MIL-STD-1840B: Automated Interchange of Technical Information, 1992. 11.  
 [19] DoD. MIL-D-28000A: Digital Representation for Communication of Product Data: IGES Application Subsets, 1992. 12.  
 [20] DoD. MIL-M-28001B: Markup Requirements and Generic Style Specification for Electronic Printed Output and Exchange of Text, 1993. 6.  
 [21] DoD. MIL-R-28002B: Raster Graphics Representation in Binary Format, Requirements For, 1993. 9.  
 [22] DoD. MIL-D-28003A: Digital Representation for Communication of Illustration Data: CGM Application Profile, 1992. 8.  
 [23] DoD. MIL-M-87268: IETMI: General Content, Style, Format, and User-Interaction Requirements, 1992. 11.  
 [24] DoD. MIL-D-87269: Interactive Electronic Technical Manuals for the Support of, 1992. 11.  
 [25] DoD. MIL-Q-87270: Quality Assurance Program: IETM

and Associated Technical Information, 1992. 11.  
[26] JCALS Management Office, "CALS Architecture Study",  
Vol. II Appendices, 1991. 6.  
[27] Computer Science Corporation, JCALS Infrastructure

-Capabilities Description, Integrated Systems Division,  
1995.  
[28] NIIP Consortium, NIIP: Virtual Enterprise Computing,  
the Competitive Edge for the 21st Century

---

## 저 자 소 개



**서효원 (徐孝源)**

1957년 3월 11일생. 1981년 2월 연세대 공  
대 기계공학과 졸업. 1983년 8월 한국과학  
기술원 기계공학과 졸업(석사). 1991년 8  
월 West Virginia Univ. (U.S.A.) 산업공  
학과 졸업(공학박). 1983년 3월-1987년 6월  
대우중공업 기술연구소 주임연구원. 1987년 8월-1991년 8월  
West Virginia Univ. (USA), 산업공학과 연구조교. 1988년

8월-1990년 12월 Concurrent Engineering Research Center  
(USA) 연구조교. 1991년 9월-1992년 3월 한국과학기술원  
산업경영연구소 연수연구원. 1992년 3월-1992년 5월 한국과  
학기술연구원 정책·기획 본부 선임연구원. 1992년 6월-199  
5년 12월 생산기술연구원 생산시스템개발센터 수석연구원.  
1996년 1월-현재 한국과학기술원 산업공학과 조교수. 관심  
분야: Concurrent Engineering.