

POP 시스템 개발에 있어서의 체계적인 임베디드 서브시스템 개발방법론

조영효¹ · 한관희^{2*} · 최상현²

¹(주)프로봇 SI 사업부 / ²경상대학교 산업시스템공학부 · 공학연구원

Systematic Embedded Subsystem Development Methodology for POP System

Young Hyo Jo¹ · Kwan Hee Han² · Sang Hyun Choi²

¹SI Department of Probot co. Ltd., Masan, Gyeongnam, Korea

²Department of Industrial and Systems Engineering, Engineering Research Institute Gyeongsang National University,
Jinju, Gyeongnam 660-701, Korea

This paper presents a structured framework for developing the embedded subsystem, called ESDMP (Embedded Subsystem Development Methodology for POP), which is one of core components at the development of POP (Point Of Production) system. It is essential that embedded subsystem development methodology must be closely related to the general information system development methodology from the early stage of system development. Therefore, this paper investigates the PSDM (Production System Development Methodology) that is developed by Korea Technology and Information Promotion Agency for SMEs and widely utilized at the fields of POP system development, and proposes the embedded subsystem development methodology aligned with each step of PSDM. The main characteristics of proposed methodology are as follows : First, it is developed to link each step of embedded subsystem development with relating steps of PSDM from the early stage of feasibility study. Second, it provides the procedure for designing and implementing hardware and software simultaneously. Third, it includes the method of reusability for developed products and modules.

Keyword: information system development methodology, embedded, POP, 4M, PSDM

1. 서론

최근의 급속한 기업 환경의 변화를 요약하면 공급자에서 고객으로의 힘의 이동, 국경을 초월한 기업 간의 경쟁, 기술과 시장의 급격한 변화로 특징지어질 수 있다(Hammer and Champy, 1993). 이러한 환경 변화로 인해 기업간 경쟁이 심화되면서 이제 정보시스템은 기업 경영을 단순히 지원하는 수준에서 벗어나 기업

생존의 전략적 도구로 자리매김하고 있다. 1990년대부터 기업 관리 영역을 전체적으로 연결하는 ERP(Enterprise Resource Planning) 시스템의 도입으로 촉발된 정보시스템의 전략적 활용은 최근 들어 제조생산성 향상을 위한 POP(Point Of Production) 시스템의 도입으로 고도화되고 있는 추세이다. POP 시스템은 제조현장의 생산설비, 검사장비 및 기타 장치들의 가동상황과 작업지시 명령처리, 제조공정 간의 제품 이동, 작업자의 작업 현

본 연구는 교육과학기술부와 한국산업기술진흥원의 지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구결과임.

*연락처 : 한관희 교수, 660-701 경남 진주시 가좌동 900 경상대학교 산업시스템공학부 · 공학연구원, Fax : 055-762-6599,

E-mail : hankh@gnu.ac.kr

투고일(2009년 09월 23일), 심사일(1차 : 2009년 12월 22일), 게재확정일(2009년 12월 31일).

항 등을 실시간으로 처리하는 정보시스템이다.

POP 시스템은 1990년대 중반 대기업에서부터 구축되기 시작하여 2002년도에 정부에서 중소기업 생산정보화 지원사업의 실시로 매년 160여 개의 중소기업에서 신규로 구축되고 있다. 이 사업은 중소기업 생산정보시스템 확산의 계기가 되었고, IT 기술의 발전에 따라 POP 시스템의 내용도 심화되어 중소기업 생산성 향상에 매우 큰 역할을 하고 있다.

또한 정보시스템 개발에 있어 필요한 요소인 개발방법론도 생산정보화 지원사업의 시행에 따라 중소기업에 적합한 개발방법론을 중소기업기술정보진흥원에서 2003년도에 개발하여 PSDM(Production System Development Methodology)이라는 이름으로 보급하였다. PSDM의 보급은 중소 IT 업체 측면에서 POP 시스템 개발에 있어서 고객과의 의사소통 문제, 형상관리 문제, 신뢰성 문제, 유지보수 측면의 추적성 문제를 보다 효과적으로 해결할 수 있는 계기를 마련해 주었다.

생산현장의 정보화 관점에서 보면 생산 활동 자원은 크게 4가지로 분류될 수 있는데, 이를 4M이라 하며 Man(작업자), Machine(생산설비), Material(자재), Method(생산절차)로 구성된다. 이러한 4M은 다양한 생산 활동에 대한 데이터 수집의 주된 원천이 되며, POP에서는 이들 데이터의 실시간 수집을 목표로 PLC(Programmable Logic Controller), 바코드, RF-ID 등 다양한 기술들이 활용되고 있다. 최근 IT 기술의 발전 추세에 맞추어 POP 시스템의 4M 데이터 수집 방법이 기존의 전통적인 방법인 PLC 중심에서 TCP/IP 기반의 실시간 통신 프로토콜을 사용한 임베디드 서브시스템 중심으로 변화함에 따라 POP 시스템 개발방법론도 임베디드 서브시스템의 특징을 고려한 개발방법론이 필요하게 되었다.

그러나 기존의 PSDM뿐만 아니라 정보시스템 개발과 관련된 방법론 중 대부분은 소프트웨어 중심의 개발방법론이기 때문에 임베디드 시스템 개발에 관한 체계적 방법론으로 활용하기에는 어려운 실정이다. 더욱이 임베디드 시스템의 특성상 제약 부분과 특화 부분이 존재하기 때문에 POP 시스템 개발과 연계 가능한 임베디드 서브시스템 개발방법론은 더욱 더 찾아보기 힘들다. 이러한 문제점을 타개하기 위해 대부분의 대기업들은 자사의 특정 임베디드 시스템을 위한 자체 개발방법론을 사용하고 있지만 POP 시스템을 개발하고 있는 중소 IT 기업 입장에서는 가용 자원의 제약으로 자체 방법론을 개발하여 사용하기 힘든 실정이다.

임베디드 시스템 개발에 적합한 개발방법론은 임베디드 시스템의 특성을 충분히 고려한 방법론이 되어야 하며, POP 시스템에 중속된 임베디드 서브시스템의 특징을 고려 해볼 때, 반드시 개발 초기부터 상위 소프트웨어 시스템 개발과 밀접하게 연계되어야 한다. 따라서 본 논문은 실시간 생산정보 처리를 목적으로 하는 POP 시스템 중에서 생산 데이터를 실시간 수집하여 전달하는 역할을 하는 임베디드 서브시스템 개발을 위한 체계적인 개발 절차를 제시하고자 하며, 이는 PSDM을 근간으로 하고 있다.

2. 기존 연구

이 장에서는 생산정보 시스템 개발방법론인 PSDM의 특징과 각 단계별 내용을 설명하고 임베디드 시스템 개발방법론에 관한 기존의 연구들을 정리한다.

2.1 생산정보 시스템 개발방법론(PSDM)

중소기업 생산정보화를 위한 시스템 개발방법론인 PSDM은 중소기업기술정보진흥원에서 2002년 생산정보화 사업을 시작하면서 그 필요성을 인식하여 2003년에 개발하여 IT 업체에 배포한 중소기업용 개발방법론으로서 현재 2009버전까지 제시되어 있다. 생산정보화 사업에 참여하는 중소 제조업체 및 중소 IT 업체는 이 개발방법론에 따라 의사소통, 형상관리, 일정관리 등을 체계적으로 진행할 수 있어 체계적인 프로젝트가 가능하게 되었다. PSDM은 <그림 1>과 같이 크게 6단계로 구분되어 있으며, 이는 다시 상반부 3개 단계와 하반부 3개 단계로 나누어지고 각 단계별 업무 연관도를 통하여 개발 관련 업무를 지원한다. 생산정보 시스템 구축을 위한 PSDM의 6단계는 다음과 같다(Korea Technology and Information Promotion Agency for SMEs, 2009):

- (1) 1단계 : 타당성 조사(FS : Feasibility Study)
- (2) 2단계 : 업무 분석 및 설계(AD : Business Analysis and Design)
- (3) 3단계 : 기술 설계(TD : Technical Design)
- (4) 4단계 : 코딩(CD : Coding)
- (5) 5단계 : 테스트 및 이행(TI : Test and Implementation)
- (6) 6단계 : 운영 지원(OS : Operation and Support)

PSDM의 세부 단계 및 주요 결과물을 자세히 살펴보면 <표 1>과 같이 정리할 수 있다.

2.2 임베디드 시스템 개발방법론의 기존 연구

임베디드 시스템 개발방법론과 관련한 기존 연구들은 임베디드 소프트웨어 개발 중심의 방법론에 대한 연구가 주를 이루고 있다. 일부 연구에서 H/W와 S/W의 동시 개발을 강조하고



그림 1. PSDM의 절차적 구성 요소

표 1. PSDM의 세부 단계 및 주요 결과물

단계	세부 단계	주요 결과물
FS : 타당성 조사	FS1. 타당성조사 계획 수립 FS2. 현행업무 파악 FS3. 대체안 작성 및 선택 FS4. 개념적 시스템 구성 FS5. 투자 대비 효과 분석 FS6. 결과 보고서 작성	범위기술서, 일정/인력/장비/비용 계획표 현행 업무절차 및 시스템 흐름도(개요) 새로운 업무기능 흐름도, 입출력 일람표 시스템 개념도 및 네트워크 구성도 투자 대비 효과 산정표 타당성조사 결과 보고서
AD : 업무분석 및 설계	AD1. 프로젝트 관리계획 수립 AD2. 현상분석 AD3. 업무 요구사항 정의 AD4. 논리적 데이터 분석 AD5. 사용자 입출력 명세 AD6. 결과 보고서 작성	개발계획표, 범위 기술서, 투입인력 계획표 현행 업무 절차 및 시스템 흐름도(상세) 새로운 업무 기능 및 시스템 흐름도(상세) ERD, CRUD, 자료 사전 입출력 정보 일람표, 메뉴, 스크린 Layout 업무 분석 및 설계 결과 보고서
TD : 기술설계	TD1. 물리적 데이터 설계 TD2. 상세 설계 TD3. 전환 계획 수립	시스템 구성도, DB 테이블, 코드 일람표 프로그램 일람표 및 사양서, 사용자 인터페이스 전환계획서
CD : 코딩	CD1. 프로그램 작성 CD2. 단위 테스트	프로그램 Source List 단위 테스트 케이스 및 데이터, 결과보고서
TI : 테스트 및 이행	TI1. 시스템 요구사항 검증 TI2. 지침서 작성 TI3. 시스템 설치 TI4. 사용자교육 실시 TI5. 프로젝트 완료 검토	테스트 계획서 및 결과보고서 사용자/운영자 지침서 이행 및 비상대책 계획서, 설치결과 보고서 사용자교육 실시 계획서, 결과보고서 완료검토 보고서
OS : 운영지원	OS1. 운영지원 계획 수립 OS2. 시스템 운영 및 통제	운영지원 계획서 정보처리 지원요청서

있으나 POP 시스템 내의 임베디드 시스템과 같이 특화된 부분을 고려한 방법론이 제시되지는 않고 있다(Jóźwiak *et al.*, 2009). 임베디드 시스템 개발 방법론의 주요한 연구들을 살펴보면, 형식 언어 기반의 임베디드 소프트웨어 개발 기법의 효율성에 관한 연구(Seol, 2006)와 임베디드 시스템을 위한 동기적 언어 기반 하드웨어/소프트웨어 통합 설계 및 검증에 관한 연구(Lee *et al.*, 2006), 자원 지향 디자인 프레임워크 개발에 관한 연구(Kim *et al.*, 2008), 실물 프로토타이핑 기법을 적용한 임베디드 실시간 시스템 소프트웨어 개발 방법론에 관한 연구(Jeong *et al.*, 2004) 및 임베디드 시스템 개발 방법론 및 재사용 체계에 관한 연구(Yang *et al.*, 2006; Park, 2006) 등이 있다.

이 중에서 Seol(2006)는 형식언어 기반의 임베디드 소프트웨어 개발 절차를 제시하였다. 이는 형식언어인 SDL(Specification Description Language)을 이용한 통합 개발 도구를 활용하여 소프트웨어를 개발하는 절차를 제시하였으나, 임베디드 소프트웨어에만 중점을 두었고 H/W와의 통합이나 상위 시스템과의 연계 방안에 대한 내용은 포함하지 않았다.

Lee *et al.*(2006)의 연구에서는 H/W와 S/W의 동시개발을 강조하고 있는데, 요구분석 단계에서 H/W와 S/W의 요구분석이 동시에 실행되어 설계 단계에서 H/W 검증을 실시하고 통합 설계 단계에서 시뮬레이션과 통합 검증을 실시하고 있다. 이 연

구의 장점은 H/W와 S/W의 통합 설계가 가능하도록 되어 있고 시스템 요구사항으로부터 각 단계별 연계가 지속되어 검증이 실시된다는 점이다. 그러나 이 연구에서는 이미 정해진 H/W 사양을 가지고 H/W 설계를 진행하였고 검증을 실행한 뒤에 H/W와 S/W를 분할구현 하였는데, POP 시스템의 임베디드 서브시스템 개발은 처음부터 H/W와 S/W를 동시에 개발해야 하므로 제시한 개발 절차를 적용하기에는 어려운 점이 있다. 또한 응용 시스템과 통합 관점에서의 개발 절차와 모듈 재사용성에 대해서는 다루고 있지 않다.

Kim *et al.*(2008)의 연구에서는 자원지향 디자인이라는 임베디드 시스템 디자인을 위한 틀을 제시하였다. 이 연구에서 제시한 틀은 소프트웨어 행태 모델, 소프트웨어 지향 모델, 자원 모델이라는 세 개의 임베디드 시스템 구성 모델들을 포함한다. 자원의 행태는 기능성과 제약성이라는 특성을 가지며, 자원의 기능성은 S/W 기능과 관련된 H/W의 기능과 H/W와 S/W간의 상호작용을 의미한다. 자원의 제약성이란 자원의 필요시기 및 가용성에 기준하여 정해진다. 이 연구에서는 임베디드 소프트웨어 요소들이 특정한 H/W에 국한되지 않고 다양한 플랫폼에서 사용될 수 있도록 재사용성을 고려해야 한다고 주장하였다.

Jeong *et al.*(2004)의 연구에서는 H/W와 S/W의 통합 개발 방법을 제시하였는데, 요구분석 단계와 설계 모델에서 요구조건들

을 명세하였고 개발 도구를 사용하여 가상 프로토타이핑 기법을 적용하였다. 초기 단계에서는 요구조건을 정형화하여 피드백하고, 실물 프로토타이핑 기법을 적용하였다. 제안한 개발 방법론에서는 개발 중간에서부터 H/W와 S/W 개발자가 동시에 작업을 진행하면서 최종 결과물에 대한 품질을 보장할 수 있다고 언급하고 있다. 그러나 개발 초기 단계의 상위 시스템 통합 측면은 다루지 않고 있으며 프로토타이핑을 지원하는 도구를 가지고 진행하므로 도구에서 지원되지 않는 모형은 다룰 수가 없다. 또한 POP 시스템의 임베디드 서브시스템은 그 특성상 생산 라인의 생산 설비와 생산 형태, 관리 방안, 자재 형태에 따라 개발 형태가 변하기 때문에 수많은 특성이 나타날 수가 있는데 이 방법론에서는 이러한 특성들을 효과적으로 처리하기 어렵다.

Yang *et al.*(2006)의 연구에서 제안하는 개발방법론은 제품 계열 개념에 기반 하여 일련의 유사한 제품들을 동시에 개발하는 프레임워크인 EMMA(임베디드 Marmi)에 대해 언급하고 있다. 이는 유사 제품군에서 공통적으로 재사용될 모듈을 추출하여 핵심 자산화 하여 재사용하고 임베디드 시스템들을 신속하고 빠르게 개발, 출시하는데 초점을 두었으며 구성 요소의 일부분을 재사용하는 체계를 언급하고 있다. 그러나 POP 시스템 내의 임베디드 서브시스템 개발에서와 같이 처음부터 통합 개발되어야 하는 부분에 대한 처리 방법은 제시되지 않고 있으며, 또한 재사용해야 할 모듈 자산에 대한 구체적인 개발 절차와 방법에 대해서는 언급하고 있지 않다.

기존 연구들을 정리해보면 <표 2> 상단에서와 같이 세 개의 방법론 유형으로 분류할 수 있는데, 세 개의 유형 모두 POP 시스템 개발의 특성을 반영할 수 있는 임베디드 개발방법론으로서 한계를 노출하고 있다. 그러므로 POP 시스템 개발에 유용한 임베디드 시스템 개발방법론은 <표 2> 하단에 정리된 것과 같이 개발 초기 단계부터 상위 시스템 개발방법론과 연계하여 진행되고, 각 단계에서는 S/W와 H/W의 통합 관점에서

동시에 개발되어야 하며, 차후에 재사용 가능한 모듈에 대한 활용 체계를 마련해야 한다는 새로운 요구사항들을 만족시켜야 한다.

3. POP 시스템 개발에서의 임베디드 서브시스템 개발방법론 요구사항

이 장에서는 임베디드 서브시스템의 특징과 기존 관련 연구에서 분석한 방법론들의 특징을(<표 2> 참조)을 정리하여 POP 시스템 개발에 있어서의 임베디드 서브시스템 개발방법론을 위한 새로운 요구사항을 상세 정의하고 이러한 조건들을 만족할 수 있는 방안을 제시한다.

3.1 개발방법론에 대한 요구사항 정의

제2장의 관련 연구에서 분석 정리한 임베디드 시스템의 특성을 기초로 하여 POP 시스템과의 통합 개발 특성에 적합한 임베디드 서브시스템 개발방법론이 갖추어야 할 요구사항들을 정의하면 아래와 같다.

(1) 요구사항 1

PSDM의 타당성 조사 단계(FS)에서부터 상위 시스템과 임베디드 서브시스템 개발의 각 활동이 밀접하게 통합 연계 되어야 한다. POP 시스템 개발에 있어 FS 단계는 4M을 포함한 현시점의 환경이 새로운 시스템으로 변화가능한지 여부와 경제성 및 효율성을 검토하고 분석하는 단계이다. 이 단계에서는 임베디드 서브시스템이 4M 관점에서 목적에 맞게 데이터를 실시간으로 수집하여 전달하고 명령을 실행할 수 있는지에 대해서도 동시에 분석되어야 한다.

단지 S/W적인 관점에서만 타당성을 분석하게 되면 임베디드 서브시스템의 데이터 취합 특성과 명령 전달 특성, 각 기기의 데이터 인터페이스 특성을 반영하지 못하여, POP 시스템의 요체인 원시 데이터 수집과 상위 시스템과의 명령 전달 체계가 제대로 이루어지지 않아 POP 시스템 프로젝트가 실패하게 되는 주된 원인을 제공하게 된다. 이를 극복하기 위해서는 PSDM의 타당성 조사 단계에서부터 임베디드 서브시스템의 요구사항들이 통합 연계되어야 한다.

(2) 요구사항 2

H/W와 S/W가 동시에 개발되어야 한다(Lee *et al.*, 2006; Jeong *et al.*, 2004; Yang *et al.*, 2006). 설계 단계에서는 분석 단계에서 결정된 필요 기능들을 S/W나 H/W에 분할 할당하여야 하는데 이를 위해서는 H/W와 S/W가 동시에 개발되어야 한다.

(3) 요구사항 3

모듈 재사용 체계가 이루어져야 한다(Jeong *et al.*, 2004; Yang *et*

표 2. 기존 임베디드 시스템 개발방법론 분류 및 POP 시스템 개발 요구사항

방법론	장점	단점
형식언어 기반(SDL)	- S/W 개발 중심	- H/W와 통합 미흡 - 상위시스템 연계 미흡
동기적 언어 기반	- 통합 설계 가능 - 단계별 연계 지속	- 기존 H/W 스펙 사용 - 통합설계 후 분할구현
실물 프로토타이핑 방법	- 통합개발 방법 - 요구/설계에서 요구조건 명세화	- 초기 단계 통합 미흡 - 지원 도구에 제한됨 - 개발 특성 반영 미흡

POP 시스템 개발에서의 새로운 요구사항

1. 개발 초기 단계부터 상위 시스템과 통합 연계
2. S/W와 H/W 통합 관점의 동시개발
3. 모듈 재사용 체계 마련

al., 2006; Kang et al., 2004). 생산 현장에서의 데이터 수집 방법은 생산 품목의 차이에도 불구하고 유사한 부분이 많기 때문에 POP 시스템의 임베디드 서브시스템은 제조업에 공통적으로 적용할 수 있는 기능이 상당 부분 존재한다. 이러한 이유로 공통부분을 자산화 하고 체계적으로 관리하여 중복개발을 방지하고 일정을 단축시킬 수 있는 모듈 재사용 체계가 이루어져야 한다.

3.2 개발방법론 요구사항 정의에 따른 구현 방안

제3.1절에서 설명한 요구사항을 만족하기 위해 본 논문에서 제시하는 개발방법론은 개발방법론의 일반적 구성 요소인 개발 절차, 기법, 산출물, 도구를 포함하고 있으며 현장에서 널리 사용되는 생산정보시스템 개발방법론인 PSDM을 기반으로 이를 확장하여 구현한다.

첫째, 요구사항 1은 <그림 2>와 같이 PSDM의 절차적 구성 요소(<그림 2>의 좌측)와 제시한 임베디드 서브시스템의 절차적 구성 요소(<그림 2>의 우측)를 통합 연계함으로써 구현하였다. 예를 들면, PSDM FS 단계에서의 타당성 조사 계획 수립 업무, 현행 업무 파악 업무, 대체안 작성 및 선택 업무, 개념적 시스템 구성 업무와 임베디드 서브시스템 요구사항 정의 단계에서의 임베디드 서브시스템 범위 파악 업무, 생산 공정 4M 구성 파악 업무, 제조 현행 시스템 흐름도 파악 업무, 각 공정별 작업 기능 분석 업무, 현행 시스템 장비 조사 업무, 4M별 입출력 파악 업무, 논리적/물리적 관점의 임베디드 서브시스템 기능 파악 업무를 연계하였다.

둘째, 요구사항 2는 개발 첫 단계인 요구사항 정의 단계에서부터 H/W와 S/W의 분석 내용들이 동시에 표현되고 관련 분석

이 이루어지며 그 결과로 산출물이 만들어지는 동시개발 절차를 제시함으로써 만족된다. H/W와 S/W의 동시개발에 따른 임베디드 서브시스템 개발 절차를 <그림 3>에 나타내는데, <그림 3>에서와 같이 요구사항 정의 단계에서는 임베디드 서브시스템의 범위 기술서와 4M별 입출력 명세서를 기초로 H/W 개발자는 물리적인 관점의 하드웨어 구현부 명세서를 정리하고 S/W 개발자는 논리적인 관점의 소프트웨어 구현부를 정리하여 명세서를 작성한다. 그 결과를 바탕으로 분석 및 설계 단계에서는 H/W 개발자와 S/W 개발자가 각 업무별로 통합과 분리 작업을 거듭하여 개발 단계를 진행하고 이에 따른 산출물들을 정의하게 된다.

셋째, 요구사항 3의 구현 방안은 H/W에 S/W가 결합되어야만 기능을 발휘할 수 있는 단위들을 하나의 통합 모듈로 구성하여 재사용하는 것이다. 하나의 시스템을 구성하는 전체 체계 내에서 구성 Level 1에서 Level N까지의 각각의 단위 모듈들을 부품화 하여 H/W와 S/W를 통합하여 모듈화 시키면 필요시 그 통합 모듈들을 재사용할 수 있게 되는 것이다.

4. 임베디드 서브시스템 개발방법론

이번 장에서는 본 논문이 제안하는 POP 시스템 개발에 있어서의 체계적인 임베디드 서브시스템 개발방법론(ESDMP, Embedded Subsystem Development Methodology for POP)의 상세 구현 방안을 제시한다. 개발방법론의 구성 요소 중에서 관리 기법은 PSDM의 관리 기법을 따르고 있으며 이를 기반으로 임베디드 서브시스템의 개발 절차, 작업 방법, 산출물, 작업 도구를 제안한다. 제안 개발방법론은 운영 지원 단계를 제외했을 때, 기존

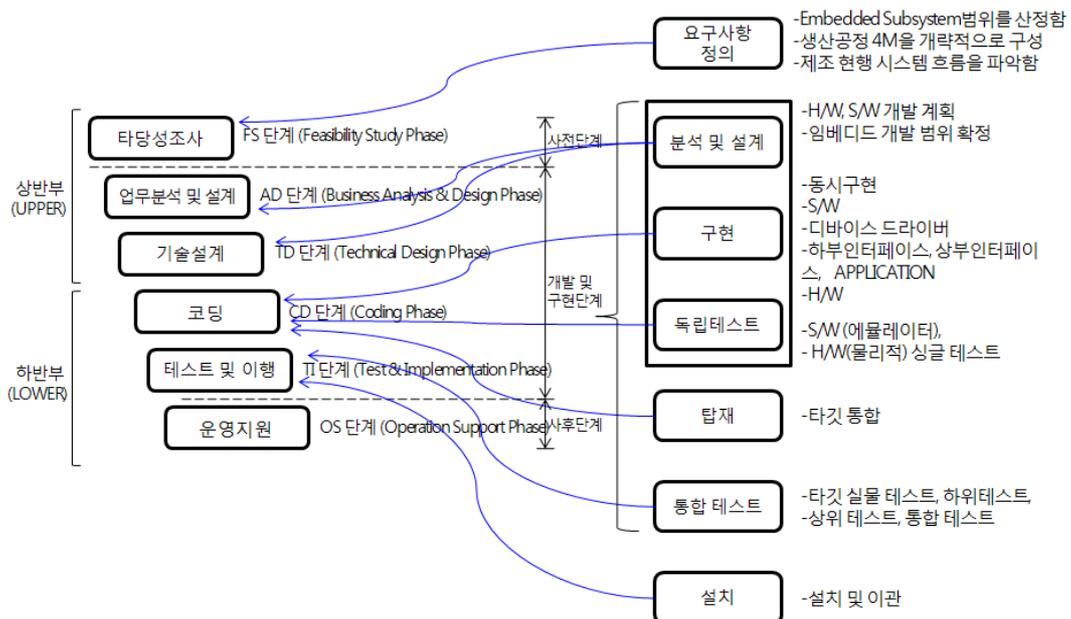


그림 2. PSDM과 임베디드 서브시스템 개발의 절차적 구성요소 연계도

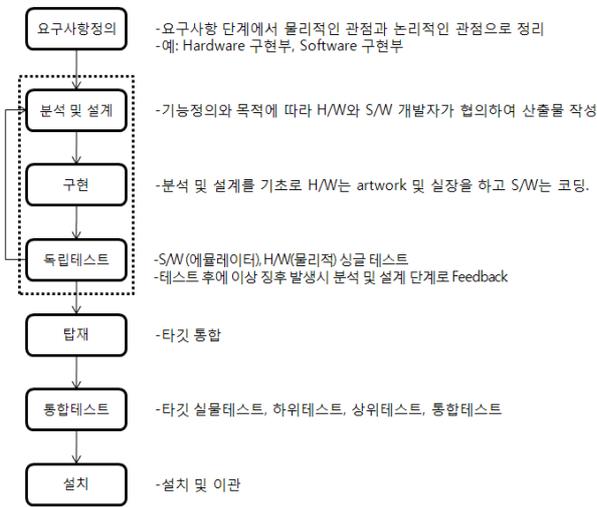


그림 3. 임베디드 서비스시스템 개발 절차

PSDM의 5단계 22스텝을 H/W 개발과의 통합을 포함한 7단계 25스텝으로 확장하였다. PSDM의 ‘업무 분석 및 설계 단계’와 ‘기술 설계’ 단계는 수행 업무의 유사성으로 인해 ESDMP에서는 ‘분석 및 설계’ 단계로 통합하였다. ESDMP에서는 H/W와 S/W를 동시에 구현해야하므로 코딩 및 테스트 단계를 보다 세분화하였다. 즉, PSDM의 ‘코딩’ 단계는 ‘구현’과 ‘독립 테스트’ 및 ‘탑재’의 3단계로 분화하고, PSDM의 ‘테스트 및 이행 단계’는 ‘통합테스트’와 ‘설치’의 2단계로 세분화하였다.

4.1 ESDMP 단계

제안하는 개발 방법론은 크게 아래와 같이 총 7단계 25스텝

으로 구성 된다 : 1) 요구사항 정의 단계, 2) 분석 및 설계 단계, 3) 구현 단계, 4) 독립 테스트 단계, 5) 탑재 단계, 6) 통합 테스트 단계, 7) 설치 및 이관 단계.

(1) Phase 1 : 요구사항 정의 단계

요구사항 정의 단계는 4개의 스텝으로 구성되며 <그림 4>는 ESDMP 요구사항 정의 단계 절차(우측)와 PSDM(좌측)과의 연계 관계를 나타내고 있다.

- ① Step 1-1 : 임베디드 서비스시스템 범위 파악 스텝에서는 4M 레벨에서 원시 데이터 취합 범위와 개략적 제약사항을 도출하고 이를 PSDM의 범위 기술서에 포함시킨다. 산출물로는 임베디드 서비스시스템 범위 기술서를 들 수 있다.
- ② Step 1-2 : 현행 자동화 장비 및 4M별 기능/업무 파악 스텝에서는 4M 관점에서 생산 공정의 흐름을 작성하고 생산 현장에서 SCADA, HMI 등의 단위 자동화 시스템 장비 보유 현황과 기능 명세서를 작성하고 자동화 시스템의 현행 시스템 흐름도를 작성한다. 산출물로는 생산 공정 4M 개략적 구성도와 현행 제조 시스템 개략적 구성도, 각 공정별 개략적 작업 기능 명세서, 현행 제조 시스템 장비 보유 현황 등이 있다.
- ③ Step 1-3 : 현행 4M별 입출력 내용 구성 스텝에서는 이전 까지 파악된 4M의 내용을 분석하여 주요 입출력 일람표를 작성한다. 산출물로는 4M별 주요 입출력 일람표가 있다.
- ④ Step 1-4 : 논리적/물리적 구성의 분리 스텝에서는 H/W의 구현에 있어 각 Chip의 기능이 충분하지 못할 경우 S/W에서 구현할 수 있는 부분을 분석 정리하여 논리적/물리적 관점의 명세서를 작성한다. 산출물로는 논리적/

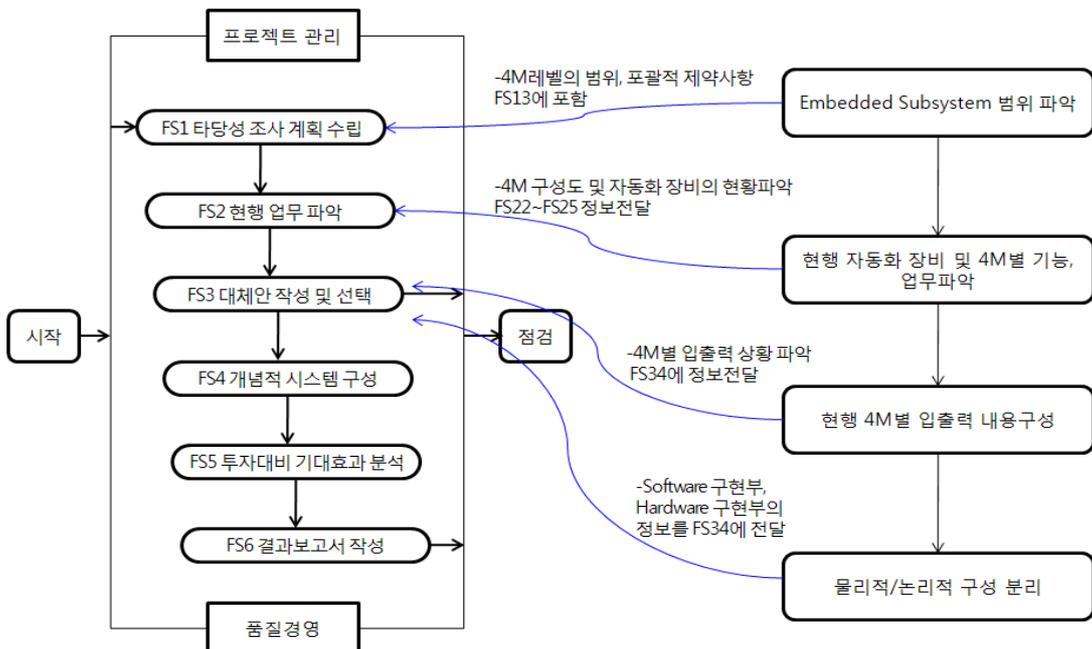


그림 4. Phase 1 : 요구사항 정의 단계

물리적 관점 명세서가 있다.

(2) Phase 2 : 분석 및 설계 단계

ESDMP 분석 및 설계 단계는 9개의 스텝으로 구성되며 스텝 2-1에서 2-5 까지는 <그림 5>에서 PSDM과의 연계 관계를 나타내었고 스텝 2-6에서 2-9까지는 <그림 6>에서 연계 관계를 나타냈다.

- ① Step 2-1 : 임베디드 서브시스템 개발 관리 계획 스텝에서는 H/W와 S/W의 동시 개발 계획표를 작성하고 개발과 관련된 각각의 투입 인력에 대한 상세 계획표를 작성한다. 개략적 범위 기술서를 바탕으로 4M 범위를 분석하고 재사용성에 대해서도 검토를 실시한다. 검토가 완료되면 상세 개발 일정을 작성한다. 산출물로는 재사용 가능 모듈 검토 보고서가 있다.
- ② Step 2-2 : 생산 현장의 4M 상세 분석 스텝에서는 요구사항 정의 단계에서의 개략적 입출력 내용과 범위를 분석하여 상세 입출력 명세를 작성하고 단위 자동화 시스템의 기능들을 정리하여 현행 제조 시스템의 흐름을 분석하여 작성한다. 산출물로는 4M별 상세 입출력 명세서가 있다.
- ③ Step 2-3 : 요구사항과 제약조건 분석 및 정의 스텝에서는 상세 입출력 명세서에 작성된 내용을 바탕으로 하위 레벨의 데이터 수집 방법 정의와 상위 POP에서 전달받을 데이터의 종류를 정의한다. 또한, 상위 시스템 연계 업무 흐름을 분석하고 기능을 분해한다. 산출물로는 상/하위 연계 업무 흐름도가 있다.
- ④ Step 2-4 : 재사용 모듈 정의 스텝에서는 기존 분석된 자

료를 바탕으로 분석하여 Core Chip과 OS를 결정 한 후에 각 기능별 재사용 모듈을 정의한다. 산출물로는 Core chip 및 OS 정의서, 기능별 재사용 모듈 정의서가 있다.

- ⑤ Step 2-5 : <그림 5>의 사양 확정 스텝에서는 임베디드 서브시스템의 H/W와 S/W의 사양을 확정한다. 이는 다음 단계의 레벨별 매핑 구성도를 작성하는 기초가 된다. 산출물로는 제약사항 기술서, H/W와 S/W 사양 확정서가 있다.
- ⑥ Step 2-6 : <그림 6>에서의 H/W-S/W 동시 설계 및 매핑 구성 스텝에서는 임베디드 서브시스템의 Core Chip, 운영 체제, 각 기능별 Chip, 드라이버 등 각 구성 요소들을 서로 매핑하여 연계시킨다. 산출물로는 H/W와 S/W 사양 레벨별 구성도가 있다. 레벨별 구성도에서는 먼저 레벨1에서부터 레벨 2, 레벨 3, 레벨 4 순으로 연계 구성한다. <그림 7>은 BOM(Bill Of Material) 트리 형태로 표현한 H/W-S/W 매핑 구성도이다.
- ⑦ Step 2-7 : 상/하위 인터페이스 설계 스텝에서는 상위 시스템인 POP 시스템의 작업지시서 통신 프로토콜을 정의하고 명령어 규약을 정의된 규정에 따라 설계하고, 하위 인터페이스를 정의된 I/O에 따라 설계하며 H/W 기관은 정의된 기능 및 항목에 따라 설계 도구를 이용하여 설계한다. 산출물로는 S/W 상/하위 인터페이스 설계서, H/W PCB 설계서가 있다.
- ⑧ Step 2-8 : 프로그램 사양 및 일람표 작성 스텝에서는 각 기능 드라이버, H/W 설계 파일, Artwork 파일, 응용 프로그램의 프로그램 일람표를 작성하고 응용 프로그램 사양서를 작성한다. 산출물로는 프로그램 일람표와 응용

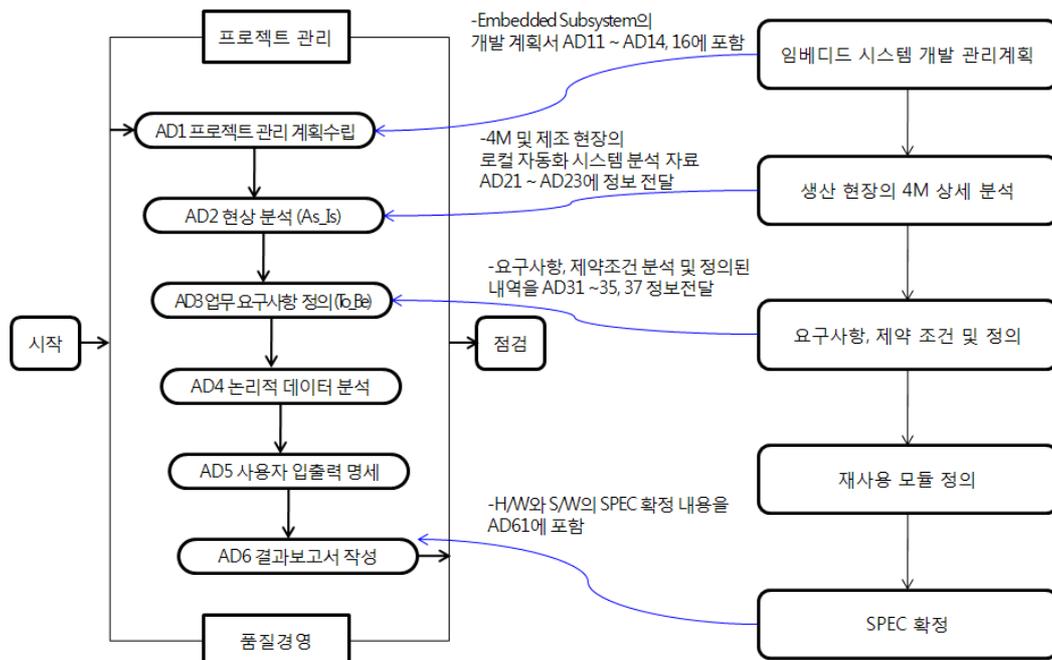


그림 5. Phase 2 : 분석 및 설계 단계-1(스텝 2-1 ~ 스텝 2-5)

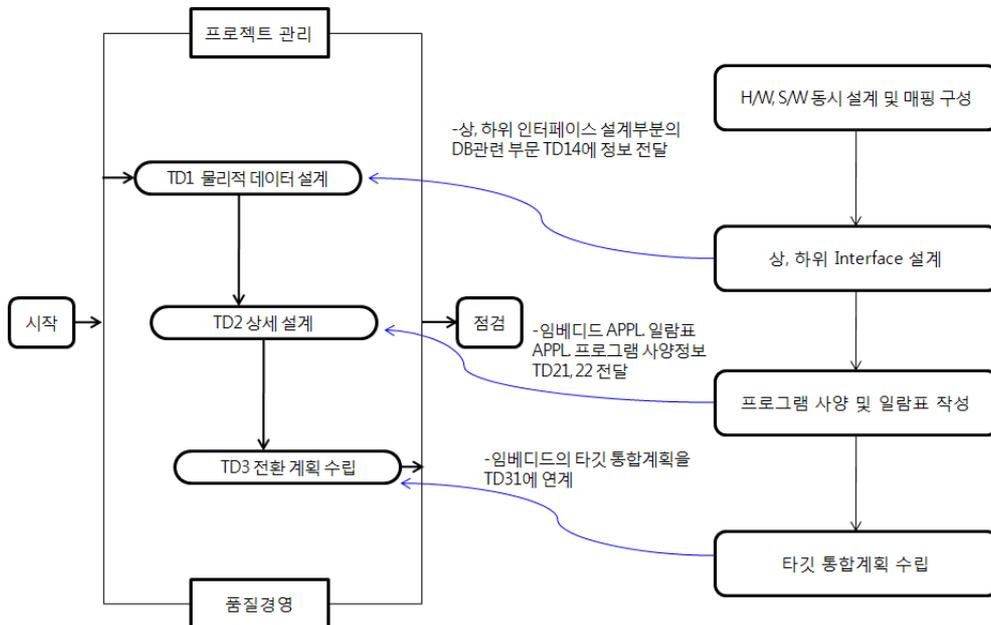


그림 6. Phase 2 : 분석 및 설계 단계-2(스텝 2-6 ~스텝 2-9)

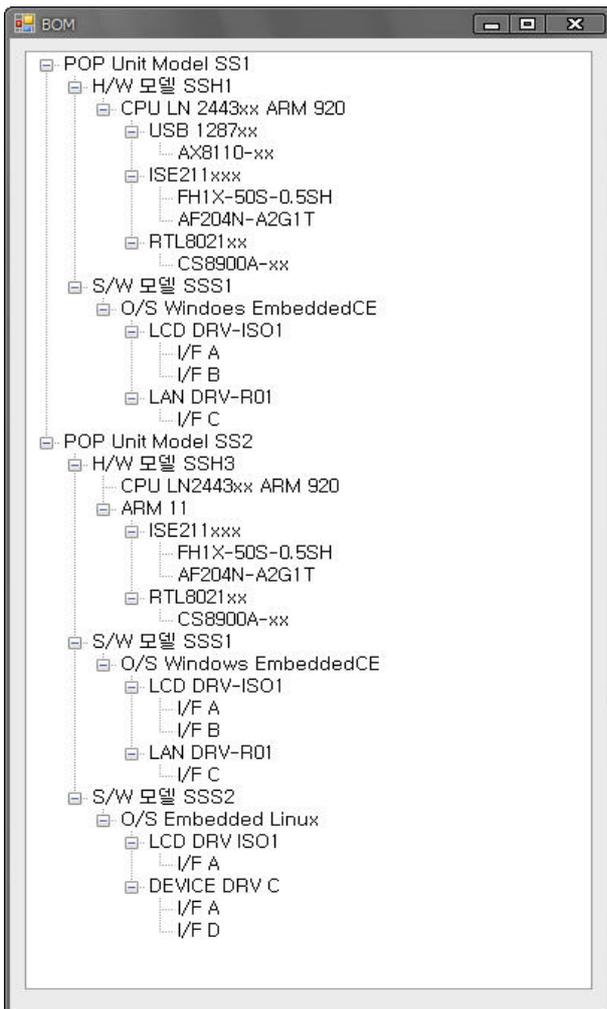


그림 7. BOM 트리 형태의 H/W-S/W 매핑

프로그램 사양서를 들 수 있다.

⑨ Step 2-9 : 타깃 통합 계획 수립 스텝에서는 임베디드 S/W 인 OS, 드라이버 및 응용 프로그램을 H/W에 탑재하는 타깃 통합 계획을 수립한다. 산출물로는 타깃 통합 계획서 가 있다.

(3) Phase 3 : 구현 단계

ESDMP 구현 단계는 2개의 스텝으로 구성되며 <그림 8>의 우측 상단에 PSDM과의 연계를 나타낸다.

- ① Step 3-1 : 소프트 작업 스텝에서는 S/W 파트는 드라이버, 응용 프로그램의 코딩을 실시하고, H/W 파트는 CAD 설계 작업, Artwork 작업을 실시한다.
- ② Step 3-2 : 하드 작업 스텝에서는 S/W 파트는 작성된 원시 언어에 대해 컴파일 작업을 실시하여 타깃 시스템에 탑재 가능한 파일로 만든다. H/W 파트는 기관 제작 후 실장을 실시하여 H/W를 완성한다.

(4) Phase 4 : 독립 테스트 단계

ESDMP 독립 테스트 단계는 2개의 스텝으로 구성되며 PSDM과의 연계는 <그림 8>의 우측 중간에 나타나 있다.

- ① Step 4-1 : 독립 테스트 계획 수립 스텝에서는 단위 테스트 케이스를 작성하고 타깃 실물 테스트 데이터를 작성한다. 산출물로는 타깃 단위 실물 테스트 케이스, 테스트 데이터가 있다.
- ② Step 4-2 : 독립 테스트 실행 스텝에서는 S/W 파트는 에뮬레이터를 통해 독립 테스트를 실시한다. H/W 파트는 FCT 및 오실로스코프 등을 통해 테스트를 실시한다. 산출물로는 에뮬레이터 테스트 결과 보고서, 물리 테스트

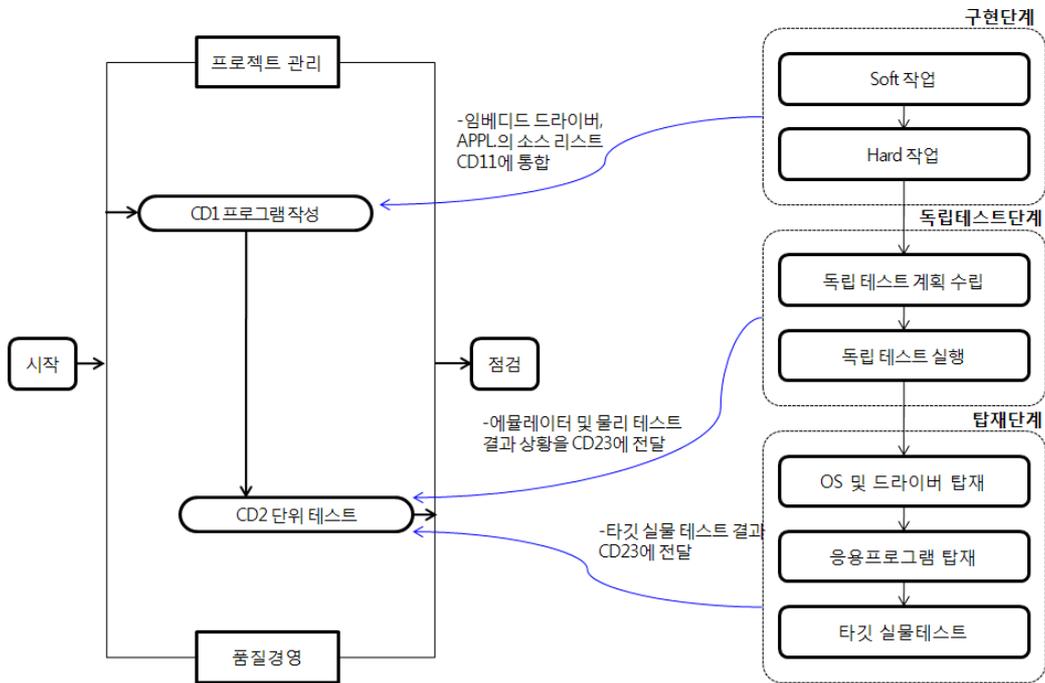


그림 8. Phase 3, 4, 5 : 구현, 독립 테스트, 탑재 단계

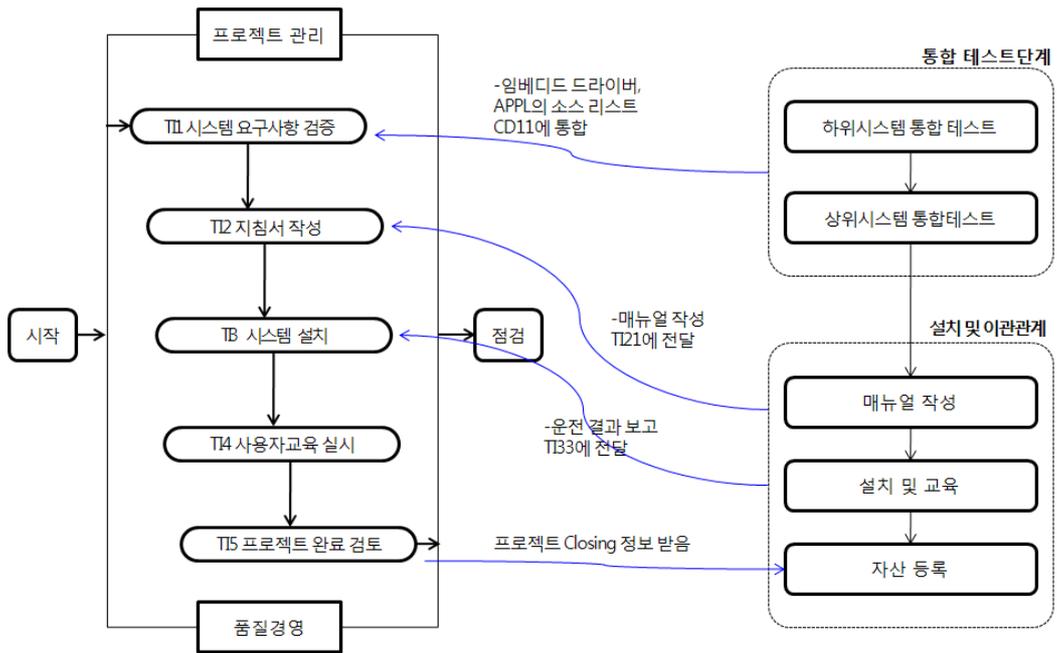


그림 9. Phase 6, 7 : 통합 테스트, 설치 및 이관 단계

결과 보고서가 있다.

(5) Phase 5 : 탑재 단계

탑재 단계는 3 개의 스텝으로 구성되며 PSDM과의 연계는 <그림 8>의 우측 하단에 나타나 있다.

① Step 5-1 : OS 및 드라이버 탑재 스텝에서는 정해진 메모리 맵을 참조하여 OS를 필요한 부분만 추출해서 가장 가

벼운 상태로 탑재하고 필요 드라이버를 탑재한다.

② Step 5-2 : 응용 프로그램 탑재 스텝에서는 미들웨어와 응용프로그램을 탑재 한다.

③ Step 5-3 : 타깃 실물 테스트 스텝에서는 타깃 단위 실물 테스트 케이스와 타깃 실물 테스트 데이터를 가지고 각 기능별 동작을 점검한다. 산출물로는 타깃 실물 테스트 보고서가 있다.

(6) Phase 6 : 통합 테스트 단계

ESDMP 통합 테스트 단계는 2개의 스텝으로 구성되며 <그림 9>의 우측 상단에 PSDM과의 연계를 나타내고 있다.

- ① Step 6-1 : 하위 시스템 통합 테스트 스텝에서는 하위 4M 관련 데이터가 정확하게 취득되는지를 체크리스트를 통하여 확인한다.
- ② Step 6-2 : 상위 시스템 통합 테스트 스텝에서는 상위 시스템의 명령이 정확히 전달되는지를 체크한다. 산출물로는 임베디드 통합테스트 결과 보고서가 있다.

(7) Phase 7 : 설치 및 이관 단계

설치 및 이관 단계는 3개의 스텝으로 구성되며 <그림 9>의 우측 하단에 PSDM과의 연계를 나타내고 있다.

- ① Step 7-1 : 메뉴얼 작성 스텝에서는 응용 프로그램의 각 화면을 캡처하여 사용자가 알기 쉽게 표현하여 작성한다. 산출물로는 임베디드 서브시스템 사용자 매뉴얼이 있다.
- ② Step 7-2 : 설치 및 교육 스텝에서는 교육계획서 및 실물 제품을 구비하여 사용자 교육을 하며 현장 교육을 병행한다.
- ③ Step 7-3 : 자산 등록 스텝에서는 재사용 가능한 모듈을

표 3. PSDM과 ESDMP간의 연관 관계

PSDM		주요 산출물	ESDMP	
세부 단계		PSDM 산출물	세부 단계	
		ESDM 산출물		
FS1 FS2 FS3 FS4 FS5 FS6	→ ←	범위기술서, 일정, 인력/장비/비용 계획표 현행 업무절차 및 시스템 흐름도 새로운 업무기능 흐름도, 입출력 일람표 시스템 개념도 및 네트워크 구성도 임베디드 서브시스템 범위 기술서, 4M 개략 구성도, 4M별 주요 입출력 일람표, 논리적/물리적 관점 명세서	→ ←	1.1 ES(Embedded Subsystem) 범위 파악 1.2 현행 자동화 장비 및 4M별 기능, 업무 파악 1.3 현행 4M별 입출력내용 구성 1.4 물리적, 논리적 구성분리
AD1 AD2 AD3 AD4 AD5 AD6	→ ←	개발계획표, 범위 기술서, 투입인력 계획표 현행 업무절차 및 시스템 흐름도(상세) 새로운 업무기능 및 시스템 흐름도(상세) ERD, CRUD, 자료 사전, 입출력 정보일람표 재사용 가능 모듈 검토 보고서, 4M별 상세 입출력 명세서, 상/하위 연계 업무 흐름도, Core chip 및 OS 정의서, 제약사항 기술서	→ ←	2.1 ES 개발 관리계획 2.2 생산 현장의 4M 상세분석 2.3 요구사항, 제약조건 분석 및 정의 2.4 재사용 모듈 정의 2.5 SPEC 확정
TD1 TD2 TD3	→ ←	시스템 구성도, DB 테이블, 코드 일람표 프로그램 일람표 및 사양서, UI H/W-S/W 사양 레벨별 구성도, H/W-S/W 매핑 구성도, S/W 상위/하위 응용 프로그램 사양서, 인터페이스 설계서, 타깃 통합 계획서	→ ←	2.6 H/W 및 S/W 동시설계 및 매핑 구성 2.7 상/하위 Interface 설계 2.8 프로그램 사양 및 알람표 작성 2.9 타깃 통합계획 수립
CD1 CD2	→ ←	프로그램 Source List, 단위 테스트 케이스 및 데이터, 테스트 결과보고서 타깃 단위 실물 테스트 케이스, 테스트 데이터, 예물레 이터 테스트 결과 보고서, 타깃 실물 테스트 보고서	→ ←	3.1 Soft 작업 3.2 Hard 작업 4.1 독립 테스트계획 수립 4.2 독립 테스트 실행 5.1 OS 및 드라이버 탑재 5.2 응용 프로그램 탑재 5.3 타깃 실물 테스트
TI1 TI2 TI3 TI4 TI5	→ ←	테스트 계획서 및 결과보고서, 사용자/운영자 지침서, 이행 및 비상대책 계획서, 설치결과보고서, 사용자교육 실시 계획서, 완료검토 보고서 임베디드 통합테스트 결과 보고서, 임베디드 서브시스템 사용자 매뉴얼	→ ←	6.1 하위 시스템 통합테스트 6.2 상위 시스템 통합테스트 7.1 메뉴얼 작성 7.2 설치 및 교육 7.3 자산 등록

추출하여 최종 검수 확인을 거친 후에 자산으로 등록 관리한다.

이상과 같이 총 7단계에 걸친 ESDMP와 기존 PSDM과의 연관 관계를 정리하면 <표 3>과 같다.

4.2 ESDMP 활용 구축 예시

제4.1절에서 제시된 ESDMP 방법론을 활용하여 실제 POP 시스템 개발 프로젝트에 적용하였다. 대상 기업은 자동차 부품을 생산하는 기업으로 2007년 기준 매출액 200억 원, 종업원 70명 규모의 기업으로서 생산 물량의 확대에 의해 집중 관리공정의 통계적 공정관리, 실시간 생산현황과 공정별 CAPA 분석을 필요로 하였다. 이러한 요구 조건을 바탕으로 개발 프로젝트는 2007년 11월부터 2008년 10월까지 12개월에 걸쳐 진행되었으며 주요 적용 기능은 생산지시 관리, 생산 공정 관리, 통계적 공정 관리 및 실시간 현황 모니터링이다.

제안한 개발방법론 적용 예로서 <그림 10>은 임베디드 S/W와 H/W의 매핑에 의한 모듈 구성 예를 나타낸 것으로 Level 1, 2에서는 사용자 요구사항을 근거로 제품 형태로 재사용 가능성을 파악하여 재사용할 수 있다. Level 3은 각 CPU 특성별로 기능 구성 Chip들을 포함하고 있고 그 Chip들은 각 드라이버 S/W를 포함시켜 통합하여 재사용한다. 또한 기능구성 Chip들은 일반적으로 특정 CPU에 종속되어 있지만 여러 CPU에 적용되는 것도 있다.

<그림 10>의 예를 보면 Level 1에서 개발 정의된 임베디드 서브시스템의 모델명을 SS1으로 명명하였는데, Level 2에서는 명명된 모델 SS1의 H/W 모델인 SSH1을 명세화하고 S/W모델인 SSS1을 명세화한다. 이러한 이유는 차후의 프로젝트에 유사 기능 구현에 있어 재사용성을 강화하고 보다 쉽게 검색하기 위한 것이다. Level 3에서 정의된 CPU LN2443xx는 USB 기능을

구현하기 위한 부품 USB1287xx와 이더넷을 구현하기 위한 RTL8021xx를 선택하였다. S/W단에서는 LN2443xx의 OS에 대해 윈도우 임베디드 CE를 선택하였고 이를 CPU와 매핑시켰다. 또한 RTL8021xx는 S/W단의 LAN DRV-R01과 매핑시켰다. 이러한 모듈 구성을 통해 각 모듈내 H/W와 S/W간의 상호연관 관계를 보다 쉽게 검색할 수 있으며 프로젝트 완료시 자산으로 등록되어 향후 유사 프로젝트 진행시 재사용을 가능하게 한다.

또한, 각 단계에서 필요한 산출물은 <그림 11>과 같이 통합 관리 보고서 양식을 따라서 작성하였다. <그림 11>은 요구사항 정의 단계에서 사용되는 'embedded subsystem 범위 기술서'로서 산출물 이름과 유형, 개발 단계 및 연계되는 PSDM 산출물 번호 등을 표기하도록 하였으며 POP 시스템의 4M 데이터 수집 방법을 자세하게 기술하도록 구조화하였다.

본 연구에서 제시한 개발방법론을 실제 프로젝트에 적용한 결과 PSDM만을 사용했을 때보다 시스템 개발 시간이 10% 정도 단축되었는데, 이는 주로 ESDMP 요구사항 정의 단계에서

PSDM 연계번호 : FS13	Embedded Subsystem	작성자 : 김선형
구분 : □통합 □S/W □H/W	범위 기술서(개략적)	작성일 : 2008. 6. 7.
Rev : 1-1-0		Page : 2/20

4M 구분	데이터 취합 범위	제약사항
Man	1. 각 공정별 작업자 투입에 대한 사항 : 각 공정별 작업자에 대한 파악은 RFID Tag를 사용하여 파악할 수 있으나 본 프로젝트에서는 제조현장 특성상 불필요한 사항임. 2. 각 설비 운전자 파악 : 각 설비의 운전자는 현재 상태에서는 수동으로 운전자를 선택	
Machine	1. 각 설비 가동, 비가동 파악 : 각 설비의 PLC 직접 통신 및 릴레이 접점을 통한 상태	1. 설비의 워밍업 제외
Material	1. 투입자재 파악 2. 자재종류 30여개(자재별 특성 분류해야 됨)	
Method	1. 작업지시서 단말기를 통하여 실시간 자동전달 2. 설비 가동 비가동 자동파악 3. 작업자 설비운전 수동 파악 4. 자재 투입 자동파악 5. 생산 수량 자동 파악	

그림 11. ESDMP 산출물 작성 예시

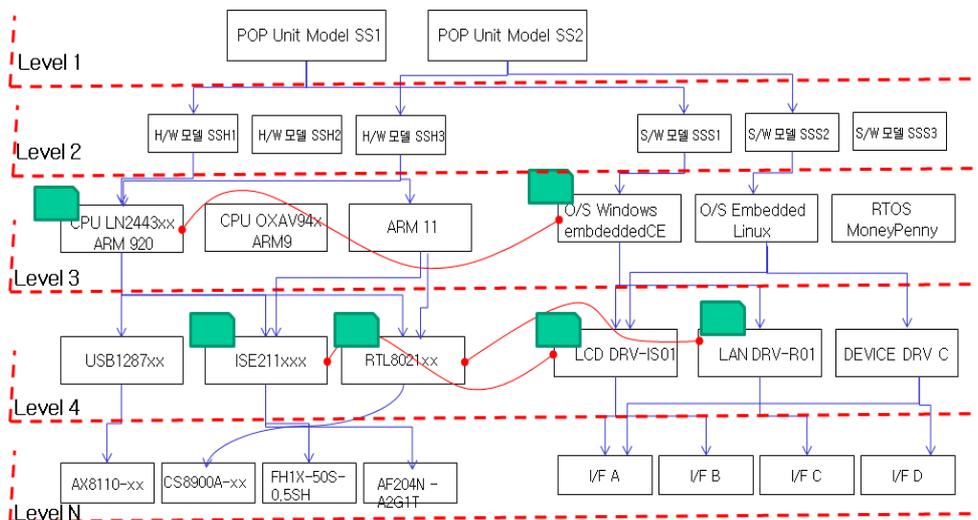


그림 10. 임베디드 S/W-H/W 매핑에 의한 모듈 구성 예

의 임베디드 서브시스템을 고려한 4M 분석, 분석 및 설계 단계에서의 H/W-S/W 동시 설계 및 매핑, 구현 단계에서의 재사용 모듈의 사용 및 통합 테스트 단계에서의 상위 시스템과 임베디드 서브시스템과의 통합 테스트 등을 체계적으로 수행함으로써 이루어졌다. 또한, ESDMP의 적용으로 재사용 가능한 모듈에 대해 보다 체계적인 라이브러리를 보유할 수 있게 되었으며, 이를 통해 향후 중복 개발 노력을 최소화하고 보유 기술의 가치를 지속적으로 증대시킬 수 있는 가능성이 제시되었다.

5. 결론 및 추후 연구 방향

본 논문에서는 일반적인 임베디드 시스템 개발방법론이 아닌 POP 시스템에 종속된 임베디드 서브시스템 개발에 적합한 개발방법론을 제시하였는데, 제안 방법론은 기존의 생산정보 시스템 개발방법론인 PSDM의 한계점을 보완하여 확장한 것이다. 제안한 방법론은 임베디드 서브시스템의 특성을 반영하여 타당성 조사 단계에서부터 각 활동을 PSDM과 연계시켜 산출물을 공유하게 하였고, 임베디드 서브시스템의 H/W와 S/W를 동시에 개발하게 하는 절차를 수립하였으며, 개발된 제품 및 모듈의 재사용 기법을 포함하고 있다.

또한, 제안 방법론은 중소 IT 기업에 무료로 배포되어 널리 사용되고 있는 S/W 개발방법론인 PSDM을 근간으로 하여 개발되었고 POP 시스템 개발에 있어서 기존 방법론의 애로사항을 개선하였기 때문에 제조현장 관리 시스템을 개발하는 중소 IT 기업들이 본 연구에서 제시한 개발방법론을 POP 시스템 구축에 사용하면 많은 도움이 될 것으로 사료된다.

추후 연구로서, 본 논문에서 제시한 제안 방법론을 여러 개의 POP 시스템 프로젝트에 적용하여 개발 절차, 지원 도구 등

을 보다 상세화하고 세부 산출물을 표준화하는 연구가 추가적으로 진행될 필요가 있다.

참고문헌

- Hammer, M. and Champy, J. (1993), *Reengineering the Corporation : a Manifesto for Business Revolution*, Harper Business, New York.
- Jeong, K. H., Chae, H. Y., Kim, J. K., Lee, J. S., and Kang, S. J. (2004), Embedded Real-Time System Software Development Methodology Applying Physical Prototyping Method, *Journal of IEEK*, 31(11), 1386-1397.
- Jóźwiak, L. Nedjah, N., and Figueroa, M. (2009), Modern development methods and tools for embedded reconfigurable systems : A survey, *Integration, the VLSI Journal*, In Press, www.elsevier.com/locate/vlsi.
- Kang, K. C., Lee, J. J., Kim, B. K., and Kim, S. J. (2004), Software Product Line Engineering for Productivity Improvement in Embedded Systems Development, *Journal of KIISE*, 22(6), 25-35.
- Kim, J. H., Sim, J. H., and Choi, J. Y. (2008), Resource-Oriented Design Framework for Embedded System Components, *Electronic Notes in Theoretical Computer Science*, 215, 171-189.
- Korea Technology and Information Promotion Agency for SMEs (2009), *Production System Development Methodology (PSDM)*.
- Lee, S. Y., Kim, J. H., and Choi, J. Y. (2006), Hardware/Software Co-Design and Verification by Synchronous Language for Embedded System, *Proceedings of 2006 Korea Information Science Society Fall Conference*, 33(2), 469-474.
- Park, C. S. (2006), *Construction of the Framework for Developing Embedded System*, Electronics and Telecommunication Research Institute.
- Seol, J. H. (2006), A Study on Efficiency of Embedded Software Development Method Based on Formal Language, Master Thesis, *Department of Computer Science, Gyeongsang National University*.
- Yang, Y. J., Jo, J. H., Ha S. J., and Cha, S. J. (2006), Development Methodology and Reuse Supporting System for Embedded System, *Electronics and Telecommunication Trend Analysis*, 21(1), 82-93.



조영효

경상대학교대학원 산업시스템공학과 석사
가온소프트, 신라정보기술 근무
현재 : (주)프로봇 대표이사
관심분야 : 위크플로, POP, MES, 지능형로봇



한관희

아주대학교 산업공학과 학사
한국과학기술원 산업공학과 석사
한국과학기술원 자동화 및 설계공학과 박사
대우전자, 대우정보시스템 근무
현재 : 경상대학교 산업시스템공학부 교수
관심분야 : BPM, Digital Manufacturing,
Enterprise Modeling



최상현

한양대학교 산업공학과 학사
한국과학기술원 산업공학과 석사
한국과학기술원 경영정보공학과 박사
LG CNS 엔트루컨설팅 근무
현재 : 경상대학교 산업시스템공학부 부교수
관심분야 : 데이터마이닝, 의사결정지원
시스템, 전략정보시스템