

동시적업무수행을위한통합된시스템설계프로세스연구 Research of Integrated System Design Process for Concurrency Design Activity

김진훈, 박영원
아주대학교, 수원

ABSTRACT

This paper will describe integrated system design process and its application. Integrated design process is performed activities concurrently and sequentially for product development. For a group of activities to be truly integrated, the flow of deliverables among them must be well defined, and committed to. For this purpose, the study will suggest procedure that is executed context analysis of standard process, interface definition from activity decomposition, integration of related activities, and definition of concurrency & sequential activities flow. This procedure and method will contribute to minimize time loss that is emerged from activities iteration by not definitely definition of activities interface.

1. 서론

CMMi, ISO15288, EIA632, IEEE 1220등과 같은 표준들은 시스템 개발과 관련된 대표적인 프로세스로서 많은 모범 사례들을 제시하고 있다. 이러한 사례들은 실현가능하고 비용 효과적인 시스템 솔루션을 제공할 수 있도록 하는 완전하고 일관성 있는 요구사항을 지원하며, 비용, 일정 및 리스크의 제약 사항 내에서 시스템의 요구사항을 만족할 수 있도록 한다. 시스템 개발과 관련된 표준 프로세스는 업무들 간의 동시적이며 순차적인 흐름을 통해 구현되며 업무들 간에 오가야 할 정보를 가이드하고 있다. 엔지니어링 프로세스는 수많은 업무들과 이들 간의 복잡한 인터페이스가 존재함으로 인해, 잘 정의되지 않은 상태에서 이미 수행했던 업무를 다시 반복 수행해야 하거나, 동시공학(Concurrent Engineering)적 접근이 이루어져야 할 업무가 순차적 반복 업무 형태로 진행됨에 따라 시스템 개발기간을 효율적으로 운용하지 못하는 경우가 발생하곤 한다.

본 연구에서는 시스템을 엔지니어링 하는 프로세스의 표준인 EIA 632로부터 시스템을 설계하는 프로세스를 분석하여 업무 반복에 따른 낭비를 제거하기 위해, 순차적이며 동시적 업무가 구현되는 프로세스를 제시하는 것이다. EIA 632(1999)의 시스템 설계 프로세스는 이해당사자의 요구사항을 식별하

여 시스템 기술요구사항을 개발하는 요구사항 정의 과정과, 정의된 기술요구사항으로부터 기능적, 물리적 해결방안을 도출하여 규정된 요구사항을 개발하는 해결방안 정의 과정으로 구성된다. 또한, 시스템 설계 프로세스와 연관된 기술적 관리, 제품 구현 및 배치, 획득 및 공급, 그리고 기술적 평가 프로세스들과의 인터페이스 되는 업무들은 시스템 설계 프로세스에 필요한 정보를 제공하거나, 시스템 설계 프로세스로부터 나오는 결과물을 분석 및 평가하거나, 또는 결과물을 통해 시스템을 구현하는 기능을 가지고 있다. 따라서, EIA 632 표준의 시스템 설계 프로세스의 업무를 분석하고 관련된 타 프로세스 업무를 식별하며, 식별된 업무들 간의 인터페이스를 정의하여 통합된 업무를 도식적으로 표현하는 방법을 통해, 순차적이며 동시적 업무가 식별된, 통합된 시스템 설계 프로세스를 제시하고자 한다.

1.1 표준 프로세스의 산업 적용 개념과 관계

일반적으로 시스템 또는 제품을 엔지니어링하기 위해 적용되는 CMMi, ISO15288, EIA632, IEEE 1220등의 표준에서 제시되고 있는 프로세스는 순차적인 업무 흐름이나 동시적으로 수행되어야 할 업무 흐름에 대한 규정을 하지 않고 있다. 시스템을 엔지니어링하기 위한 표준인 EIA 632(1999)의 경우, 기술적 관리, 획득 및 공급, 시스템 설계, 제품 구현 및 배치, 그리고 기술적 평가의 5개의 최상부 프로세스와 이의 하부에 13개의 프로세스, 그리고 33개의 요구사항을 제시하고 있으며, 각 프로세스를 구현하기 위해 수행되어야 할 대표적인 업무들을 정의하고 있다. EIA 632 표준을 프로젝트에 적용하기 위해 EIA 632에서 제시하고 있는 요구사항을 기업 정책과 절차를 수립하는데 적용하고, 이 때 프로젝트 구현에 필요한 요구사항을 정의하도록 하고 있으나, 구체적인 업무 수행 방법이나 도구를 제시하지 않고 있다. EIA 632 표준 개발에 참여한 Martin (2000)은 이러한 정책과 절차는 계획되고 일정이 수립됨으로써 프로젝트가 구현된다고 가이드하고 있다.

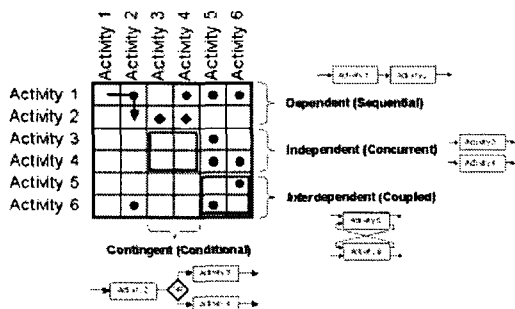
표준 프로세스를 산업에 적용하는데 있어, 복잡한 시스템을 개발하는 프로젝트에서의 가장 큰 문제점 중에 하나는 연계된 수많은 프로세스 활동들을 효율적으로 연결하여 조정하는 것이 어렵다는 것이다.

EIA 632의 경우도 최상부 5개의 프로세스가 복잡한 인터페이스를 가지고 있다. 표준에서 제시되고 있는 프로세스를 기업에서 필요로 하는 프로세스로 조정하고, 프로세스들 간의 복잡한 인터페이스를 반영하여 프로젝트에 적용 가능한 업무 절차를 수립한다는 것은 쉬운 일이 아니다.

따라서 기업이나 프로젝트에서 적용하고자 하는 표준 프로세스로부터 식별된 업무들을 적절히 통합하고, 동시적이며 순차적인 업무 흐름으로 전개함으로써 업무의 누락이나 뒤늦은 업무의 반복을 제거하는, 효율적이며 기업에 적절한 통합된 프로세스를 확보하기 위한 방안이 마련되어야 할 것이다. 특히, 시스템 설계 단계에서 이루어진 업무들은 동시적이며, 반복적으로 이루어져야 할 업무가 많은 단계이다. Tyson(1998)에 의하면, 시스템 설계 단계에서 나타나는 업무반복은 의도적(intentional)인 경우와 비의도적(unintentional)한 경우로 분리되는데, 의도적인 업무는 원하는 해결방안으로 수립할 수 있는 유용한 정보를 만들기 위해 상호 연계된 설계 프로세스를 수행하는 경우이며, 비의도적 업무는 프로세스 진행상에 실수나 시험의 실패 등의 잘못된 경우로 새로운 정보가 유입되어 반복이 발생하는 경우로 설명하고 있다. Clausing(1994)도 “창의적 반복”과 “원칙적 반복”, 그리고 “역기능 반복”으로 설계 단계에서 나타나는 업무반복 현상을 분류하고 있다. 이 또한, 의도적, 비의도적 관계로 크게 분류할 수 있다. 본 연구에서는 시스템 설계 단계에 적용될 수 있는 EIA 632 표준을 대상으로 하고 있으며, 이는 업무반복 분류에 따르면 의도적 반복 업무를 대상으로 연구가 진행되었다.

1.2 프로세스 설계 모델: DSM (Design Structure Matrix)

DSM 용어는 dependency structure matrix 또는 dependency source matrix라고도 불리어진다. DSM은 분해와 통합의 목적으로 시스템 모델링을 위해 분석하는 방법이다. Tyson(2002)에 의하면, DSM은 흐름도(Flow chart)나 IDEF 다이어그램에서의 표현의 복잡성과 한눈에 확인하기 어려운 복잡성을 매트릭스 형태로 한 장에 표현할 수 있는 장점을 가지고 있다. DSM은 행과 열로 구성된 정사각 형태의 매트릭스이며, DSM에 표현된 활동과 이의 관계 예제를 Figure 1에 나타내었다.

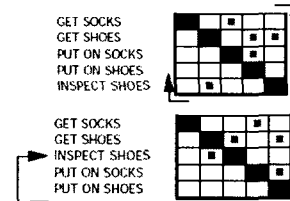


<Figure 1> DSM 활동 및 관계 표현

DSM에서 좌측 상단에서 우측 하단까지의 대각선

에 위치한 각 칸들은 순서가 정해지지 않은 활동들을 나타내고 있다. 대각선에 위치한 칸들을 제외한 매트릭스의 나머지 부분들은 다른 프로세스의 요소 또는 활동들 간의 의존적 관계, 즉 정보의 흐름을 나타낸다. 각 칸에서 우측으로 정보가 나오며, 아래 방향으로 정보가 입력된다. 이러한 방향 규칙은 반대로 사용될 수 있다. 정보 흐름에 대한 예로 Figure 3에서 설명하면, Activity 1은 Activity 2, 4, 5, 6에 정보를 제공한다. Activity 2는 2와6으로부터 정보를 받고, Activity 3, 4에 정보를 제공한다. DSM에서는 Figure 3에서와 같이 활동들의 관계가 독립적(Independent), 종속적(Dependent), 상호의존적(Interdependent), 그리고 조건적(Contingent)으로 나타낼 수 있다. 특히, 독립적 관계는 단독적이며 동시적으로 업무 수행이 가능한 관계이며, 상호의존적 관계는 동시적 업무 수행 관계이다. 동시 공학적 관점에서는 상호의존적 관계가 유관 부서와의 협력 업무를 통해 업무수행에 따른 질적 효과와 개발 기간을 단축할 수 있다는 점에서 더 의미 있는 관계라고 할 수 있다.

Figure 1에서 Activity 6의 경우는 Activity 1, 5, 6으로부터 정보를 받아, Activity 2와 5에 정보를 제공한다. Activity 1에서 6까지가 순차적인 활동 흐름이라고 보았을 때, Activity 6은 Activity 2에 정보를 제공함에 따른 업무 반복이 크게 발생하고 있음을 한눈에 확인할 수 있다. 이를 개선하기 위한 방법을 DSM에서 제공하고 있는데, 매트릭스의 대각선 방향의 각 칸에서 행과 열의 활동이 교차하는 것을 유지하는 상태에서, 행과 열을 동시에 이동시킨다. 이러한 결과는 활동의 순서가 바뀌면서, 정보 흐름관계 또한 위치가 변한다. 이러한 이동을 통해 종속적이고 의존적인 관계에 있는 활동들이 인접하도록 활동의 순서를 정할 수 있다[6, 7, 8]. Tyson(1998)은 Figure 2와 같은 사례를 통해, 행과 열의 이동을 통해 의존적인 관계에 있는 활동이 근접하게 됨으로써, 각 활동에서 발생하는 시간을 고려하였을 때, 반복에 따른 시간 손실을 줄일 수 있는 순차적 활동으로 개선할 수 있음을 제시하고 있다.



<Figure 2> DSM 행과 열의 이동 사례

2. 통합된 시스템 설계 프로세스 모델

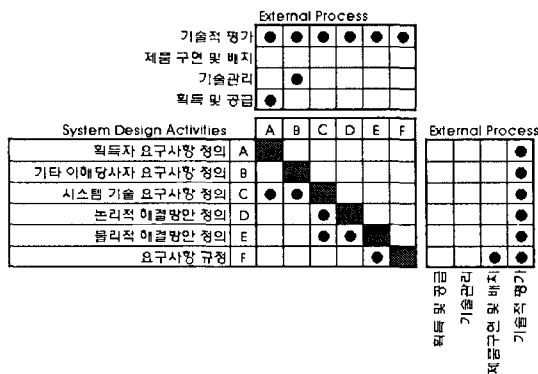
Tyson(2002)을 비롯한 여러 논문에서 프로세스는 시스템의 한 종류로 간주하고 있다. 시스템은 시스템 내부 요소들 간의 연계를 통해 가치를 만들어낸다. 이러한 시스템을 정의하고, 새로운 가치를 만들어가는 통합 프로세스는 분해(decomposition)와 정의(definition)의 반복 과정이다(Dennis, 1998).

EIA 632 표준으로부터 시스템 설계 프로세스와 이와 연관된 기타 프로세스를 통합하여 통합된 시스템 설계 프로세스를 개발하기 위한 절차는 시스템

템 설계 프로세스의 업무를 식별하고, 기타 프로세스와의 인터페이스를 식별할 수 있는 정황분석이 이루어지고, 최상위 수준에서 통합하고자 하는 시스템 설계 프로세스 모델의 경계(Boundary)를 정의한다. 정의된 경계와 정황으로부터 하부로 업무를 분해함으로써 업무들이 상세화되고 이들 간의 오가는 정보 또한 상세화된다. 이를 통해 시스템 설계 프로세스와 기타 프로세스의 업무와의 입출력 관계가 명확하게 정의된다. 이와 같이 정의된 업무는 동시적이고 순차적인 업무 흐름으로 구성이 가능하게 되면, 분석과정을 통해 통합된 시스템 설계 프로세스를 구현 및 일정계획을 수립할 수 있게 한다.

2.1 EIA 632 프로세스와 정황(Context) 분석

EIA 632 표준의 시스템 설계 프로세스에는 반드시 만족되어야 할 6개의 요구사항을 제시하고 있다. 이 프로세스 요구사항은 수행해야 할 업무로 식별할 수 있다. 예를 들어, EIA 632의 요구사항 14번(EIA 632에서는 33개의 요구사항이 각각 일련번호를 가지고 있다.)인 획득자 요구사항의 내용은 ‘개발자는 시스템 또는 시스템 일부분에 대해 논증된 획득자 요구사항을 정의해야 한다.’라고 표현하고 있으며, 이로부터 “획득자 요구사항 논증”이라는 업무를 식별할 수 있다. 이와 동일한 방식으로 요구사항들의 업무를 식별하여 정의할 수 있다. 식별된 결과는 획득자 요구사항 정의, 기타 이해당사자 요구사항 정의, 시스템 기술 요구사항 정의, 논리적 해결방안 정의, 물리적 해결방안 정의 그리고 요구사항규정으로 정의되며, Figure 4와 같이 Matrix의 좌측에 위치하여 표현하였다. 또한, 이들 업무간의 관계가 매트릭스 내부에 ‘●’로 표현하였다. 1.2절에서 설명한 업무 간의 정보흐름 표시의 방향은 시계방향의 흐름으로 설명되었으나, 본 연구내용에서는 반 시계방향으로 작성되었다. 이는 DSM 방법을 구현하는 도구(Tool)인 미국 problematics사의 PSM⁶⁾ 도구가 반 시계방향으로 모델을 구성하고 해석하도록 되어 있기 때문이다.



<Figure 3> 시스템 설계 프로세스 정황

Figure 3의 우측에 있는 매트릭스는 시스템 설계 프로세스의 결과물이 기타 프로세스에 전달되는 관계를 나타내고 있으며, 상부에 있는 매트릭스는 기타 프로세스로부터 설계 프로세스에 입력되는 관계를 나타내고 있다. 정황분석에서는 연관된 프로세스와의 관계를 모두 식별하기 위한 것으로, EIA 632의 모든 기타 프로세스를 표기하고 있다. 기타 프로

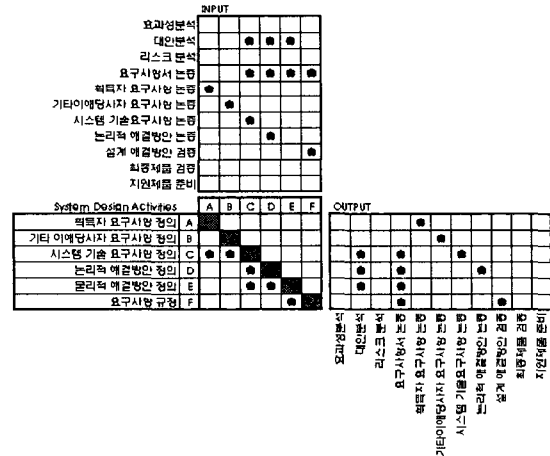
세스는 획득 및 공급, 기술관리, 제품 구현 및 배치와 그리고 기술평가이다. Figure 3은 시스템 설계 프로세스 업무와 그 업무들 간의 정보 흐름, 그리고 기타 프로세스와 시스템 설계 프로세스와의 입력 및 출력 흐름 관계를 한눈에 파악할 수 있도록 모델로 표현하고 있다.

Figure 3의 정황 분석결과, 제품 구현 및 배치는 시스템 설계 프로세스의 결과물을 받고, 기술관리 및 획득 및 공급 프로세스는 시스템 설계 프로세스에 입력을 제공한다. 그러나 기술적 평가 프로세스는 시스템 설계 프로세스와 입력 및 출력 관계가 동시에 발생하여 시스템 설계 프로세스에 밀접한 관계가 있는 것으로 분석되었다. 기술적 평가 프로세스 업무 모두가 시스템 설계 프로세스 업무로의 입력과 출력에 연관되어 있어, 분해에 의한 상세 업무 분석이 요구된다.

2.2 업무 분해 및 입출력 정의

Figure 3으로부터 분석된 결과에서 기술적 평가 프로세스의 입력 및 출력물을 명확히 하기 위해, 기술적 평가 프로세스를 하부 업무로 분해하였다. 이를 Figure 4에 나타내었다.

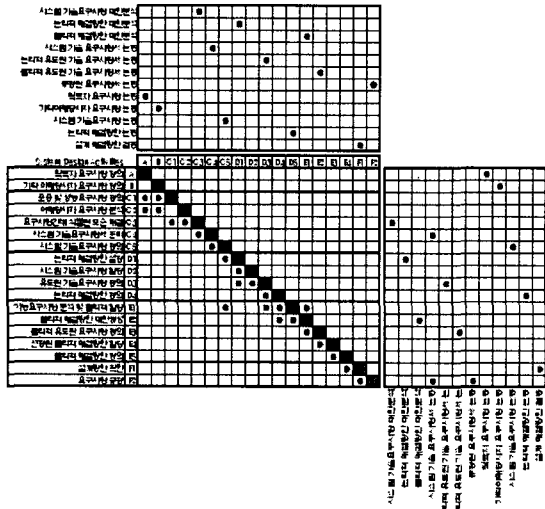
기술적 평가 프로세스의 하부 업무 분해 기준은 시스템 설계 프로세스로부터 업무를 식별하는 방법과 동일하게, EIA 632에서 제시하고 있는 ‘반드시 수행해야 할(Shall)’ 요구사항을 기준으로 식별하였다. 그리고 시스템 설계 프로세스의 업무와 정보 흐름이 나타나는 기술적 평가 프로세스의 입력 및 출력 관계를 나타내었다.



<Figure 4> 시스템 설계 업무의 입출력

Figure 4에서 효과성 분석, 리스크 분석, 최종제품 검증, 지원제품 준비 업무는 시스템 설계 프로세스와 직접적인 정보흐름이 나타나지 않는다. 기술적 평가 프로세스의 나머지 업무는 시스템 설계 프로세스 업무와 정보흐름을 갖지만, 기술적 평가 프로세스에서 대안분석과 요구사항서 분석 업무가 시스템 설계 프로세스 업무의 여러 업무로부터 결과를 받고, 다시 시스템 설계 프로세스 업무로 입력되고 있다. 이는 관련된 업무 간에 인터페이스가 완전하게 분해되지 않은 경우로, 추가적인 업무 분해가 필요하다. 추가적인 업무 분해는 EIA 632에서 제시되

는 각 요구사항에서 요구하는 '고려해야 할(should)' 과업을 대상으로 하였다. 이 때, 업무 분해는 시스템 설계 프로세스 및 기술적 평가 프로세스 관련 업무 모두를 하향 분해 하였다. 이는 시스템 설계 프로세스 업무만 분해했을 때, 시스템 설계 업무에서의 입력 및 출력되는 정보 흐름 관계 명확하게 개선되지 않았기 때문이다. 이와 같이 하부로 분해된 결과는 Figure 5에 표현하였으며, 시스템 설계 업무에서 나가는 정보와 시스템 설계 업무로 유입되는 정보가 명확하게 표현되고 있음을 확인할 수 있다.



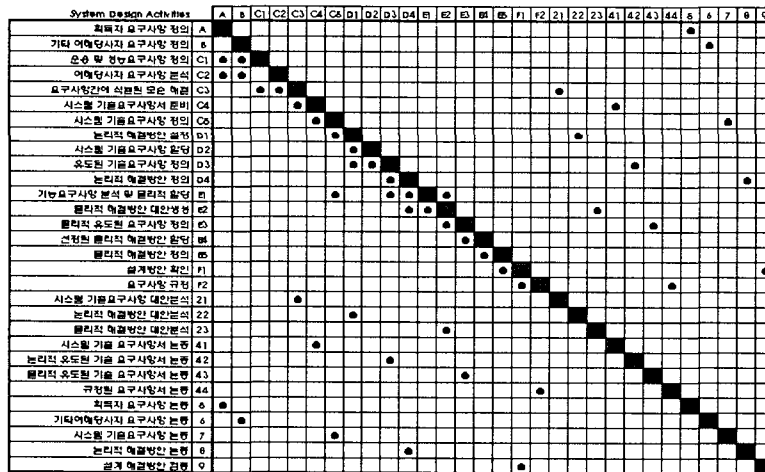
<Figure 5> 시스템 설계 업무의 분해

2.3 통합 및 동시수행업무정의

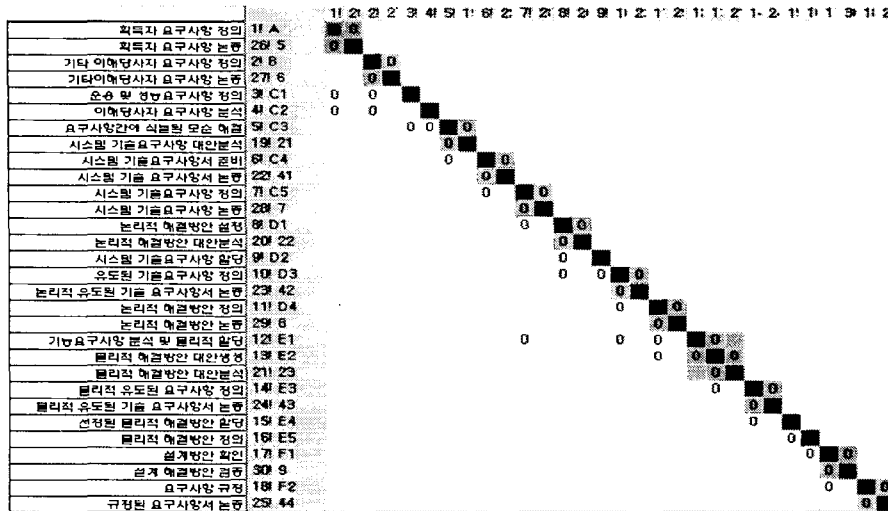
Figure 5에서 표현된 시스템 설계 업무와 이와 연계된 타 프로세스의 업무 관계는 하나의 도표로 표현할 수 있다. 종합(aggregation)된 결과를 Figure 6에 나타내었다. 이 때의 종합은 업무의 순서와 무관하게 업무를 매트릭스 좌측 칸에 나열하고, Figure 5에서 정의된 정보흐름 관계를 종합된 매트릭스인 Figure 6에 나타낸 것이다.

Figure 6의 결과로부터 업무 반복을 최소화하기 위한 DSM 방법이 적용된다. 이러한 과정은 MS Excel[®]과 같은 상용 프로그램을 통해 이루어질 수도 있지만, 미국 problematics사의 PSM[®]도구는 DSM방법을 구현하는 도구로, 자동으로 업무 반복을 최소화시키기 위해 정의된 업무 순서를 변경시킬 수 있는 기능을 갖고 있다. 이 도구를 활용하여 Figure 7과 같은 결과를 얻었다.

Figure 7의 기술적 평가 업무와 시스템 설계 업무가 통합된 결과는 업무 간에 상호의존적(Interdependent) 관계가 많으며, 좌측 상단에서 우측 하단까지 대각선에 밀집된 업무 흐름을 나타내고 있다. 상호의존적 관계가 많은 것은 Tyson(1998)과 Clausing (1994)에 의해 분류된 바 있는 의도적인 업무 반복에 해당된다. 표준프로세스인 관계로 이러한 결과는 당연하다고 판단할 수 있을 것이다. 이러한 결과를 바탕으로 Figure 7의 결과는 순차적 업무 흐름과 일정 계획을 수립할 수 있는 기초 자료가 된다.



<Figure 6> 시스템 설계프로세스와 연관된 프로세스의 종합 결과

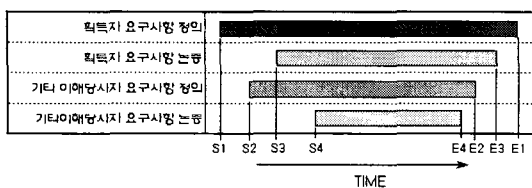


<Figure 7> 통합된 시스템 설계 프로세스의 순차적 흐름

2.4 일정계획

앞 절에서 정의된 동시적이며, 순차적 업무 순서를 통해 일정 계획을 수립하기 이전에 먼저, 업무가 동시적으로 수행될 수 있는 관계를 식별해야 한다. 1.2절의 Figure 1에서 정의된 DSM의 활동 및 관계에서 독립적(independent) 관계와 상호의존적(interdependent)관계가 업무수행이 동시 또는 중첩(overlapping)으로 진행될 수 있는 관계이다.

Figure 7에서 획득자 요구사항 정의업무와 획득자 요구사항 논증 업무는 Figure 1에 나타나 있듯이 상호의존적 관계이다. 운용 및 성능 요구사항 정의 업무와 이해당사자 요구사항 분석업무는 독립적 관계이다. 그리고 획득자 요구사항 정의 업무 및 획득자 요구사항 논증 업무와 이해당사자 요구사항 정의 업무 및 이해당사자 요구사항 논증 업무는 다시 독립적 관계이다. 이는 Figure 8에서와 같이 표현될 수 있다.

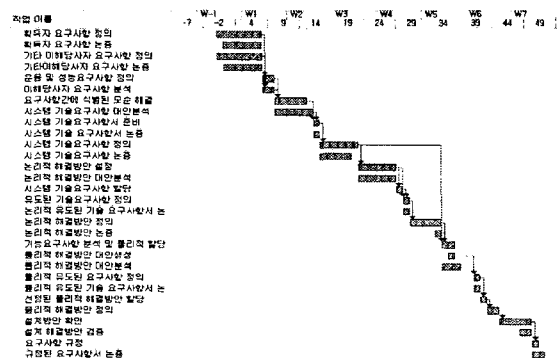


<Figure 8> 동시적 업무의 계획

Figure 8에서 표현된 업무들의 시작과 끝나는 시간을 S와 E로 표현하였다. 상호의존적 관계에 있는 획득자 요구사항 정의와 획득자 요구사항 논증 업무의 시작인 S1과 S3는 동일시점에서 시작할 수 있거나, S1이 먼저 수행된다. 종료되는 시점인 E1과 E3에서 업무의 종료는 E3결과가 E1에 통보됨으로써 종료되기 때문에 E3시점은 항상 E1보다 늦거나 동일 할 것이다. 그러나 E3가 E1보다 뒤늦게 종료되고, 이로 인해 획득자 요구사항 정의가 다시 일어나야 한다면, 이로 인한 업무지연이 발생하게 될 것이다. 이러한 상호의존적 관계는 기타 이해당사자 요구사항 정의와 기타 이해당사자 요구사항 논

증에서도 동일하다. 상호의존적 관계에 있는 업무는 그들 간의 관계에 따라 일정계획이 수립된다.

획득자 요구사항 정의 그리고/또는 획득자 요구사항 논증과 기타 이해당사자 요구사항 정의 그리고/또는 기타 이해당사자 요구사항 논증과는 독립적 관계이다. 한 예로, S1에의 시작시점과 S2 및 S4의 시작 시점은 상호 구속하지 않는다. 또한 종료되는 시점인 E1은 E2나 E4로부터 종료 시기를 구속받지 않는다. 그러나 독립적 관계는 해당업무의 선행 또는 후행되는 업무로부터 구속을 받을 수 있다. Figure 7에서 획득자 요구사항 정의와 기타 이해당사자 요구사항 정의 둘 다, 후행 업무인 운용 및 성능요구사항 정의 업무에 정보를 전달하여야 그 업무가 시작될 수 있다. 이는 Figure 8의 E1 및 E2 시점이 운용 및 요구사항 정의 업무 시작 전까지 종료해야 하기 때문이다. 따라서 독립적 관계에 있는 업무는 독립적 관계에 있는 업무 간의 관계보다는 후행 업무의 필요시점에 따라 일정계획이 수립된다. 이와 같이 상호의존적 관계나 독립적 관계를 포함한 Figure 7의 전체 업무는 동시적 또는 순차적인 일정으로 계획될 수 있다. 이를 MS Project®의 간트차트(Gantt Chart)로 표현한 예제를 Figure 9에 나타내었다.



<Figure 9> 일정계획 예제

Figure 7에서 정의된 업무들 MS Project®의 작업 이름에 옮기고, 각 작업에서 필요로 하는 작업시

간을 기입한 후, 작업 간의 순서에 따른 정보 흐름을 MS Project에서 제공하는 링크기능을 활용함으로써, 쉽게 일정계획 결과를 얻을 수 있다. 독립적 관계와 상호의존적 관계에 따라, 시작시점과 종료시점을 조정함으로써, Figure 9와 같은 결과를 얻게 된다.

3. 결론

모든 기업은 시스템을 개발하기 위해, 기업 정책과 절차에 적합한 구현 프로세스를 계획해야 한다. 본 연구는 시스템을 엔지니어링하는 EIA 632 표준으로부터 시스템을 설계하는 프로세스를 구현 가능하도록 하부업무와 이들의 순차적 흐름을 정의하였다. 본 연구의 상세 결과는 정황분석에서부터 하부 업무로 분해하면서 업무의 입출력을 정의하는 프로세스를 제시했다. 정의된 업무들은 DSM방법에 의해 간략한 형태로 표현되며, 이는 일정계획 수립의 기초 자료로 활용된다. EIA 632에서 요구하는 의도된 반복 업무를 수행함에 있어, 상호 연계가 강한 상호의존적 관계 업무들을 분석하여, 일정 수립에 반영할 수 있는 일정 단축 방안을 제시하였다. 순차적 업무, 독립적 업무, 그리고 상호의존적 업무로 구성된 통합된 시스템 설계 프로세스는 상용프로그램을 통해, 쉽게 일정계획이 수립되었다.

4. 참고문헌

- [1] Clausing, Donald(1994), "Total Quality Development: A Step-by-Step Guide to World-Class Concurrent Engineering", *ASME Press* New York.
- [2] Dennis M. Buede(1999), *The Engineering Design of Systems*, John Wiley & Sons Inc., New York.
- [3] EIA(1999), *EIA 632: Process for Engineering a System*, Electronic Industries Alliance, Arlington.
- [4] INCOSE(2000), *Systems Engineering Handbook*, INCOSE, Seattle.
- [5] James N. Martin(2000), "Processes for Engineering a System : An Overview of the ANSI/EIA 632 Standard and Its Heritage", *Systems Engineering*, Vol 3, pp 1-37
- [6] Tyson R. Browning(1998), *Modeling and Analyzing Cost, Schedule, and Performance in Complex System product Development*, Doctor of Philosophy in Technology, Management, and Policy, Massachusetts Institute of Technology.
- [7] Tyson R. Browning(2002), "Process Integration Using the Design Structure Matrix", *Systems Engineering*, Vol. 5, No. 8, pp 180-193
- [8] Tyson R. Browning and Steven D. Eppinger(2002), "Modeling Impacts of Process Architecture on Cost and Schedule Risk in Product Development", *IEEE Transactions on Engineering Management*, Vol. 49, No. 4, pp