

시스템 설계 업무 반복시간을 최소화하는 통합된 시스템 설계 프로세스 연구

김진훈 · 박영원

아주대학교 대학원 시스템공학과

Research of Integrated System Design Process for Minimize Iteration Time of System Design Activities

Jin-Hoon Kim · Young-Won Park

Dept. of Systems Engineering, Graduate School, Ajou Univ.

This paper will describe design process and its results that are minimized unaddressed feature of product development processes. This process provides integrated system design process by context analysis of EIA 632 standard process, interface definition from activity decomposition, integration of related activities, and definition of concurrency & sequential activities flow. This process and method application will contribute to minimize time loss that is emerged from activities iteration by not definitely definition of activities interface.

Keywords : Process Integration, Process Improvement, EIA 632, Design Structure Matrix.

1. 서 론

CMMi, EIA/IS732, ISO15288, EIA 632 등과 같은 표준들은 시스템 개발과 관련된 대표적인 프로세스로서 많은 모범 사례들을 제시하고 있다. 이러한 사례들은 실현 가능하고 비용 효과적인 시스템 솔루션을 제공할 수 있도록 하는 완전하고 일관성 있는 요구사항을 지원하며, 비용, 일정 및 리스크의 제약사항 내에서 시스템의 요구사항을 만족할 수 있도록 한다. 이를 달성하게 하는 것은 표준에서 제시된 프로세스의 규정된 요구사항들이다. 프로세스는 업무들 간의 동시적이며 순차적인 흐름을 통해 구현되며 업무들 간에 오가야 할 정보를 가이드하고 있다. 제품을 개발하는 엔지니어링 프로세스는 수많은 업무들과 이들 간의 복잡한 인터페이스가 존재함에 따라 수행해야 할 업무가 잘 정의되지 않은 상태에서 진행되는 경우가 발생하고, 이로 인해 이미 수행했던 업

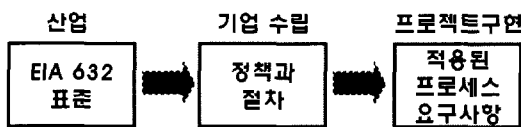
무를 다시 반복 수행해야 함으로써, 일정 지연 및 비용 손실이 발생하곤 한다. 이러한 낭비를 제거하기 위해서는 수행하고자 하는 업무의 누락이나 불필요한 반복이 없도록 업무 및 일정 계획이 수립되어야 한다.

본 연구에서는 시스템을 엔지니어링 하는 프로세스의 표준인 EIA 632로부터 시스템을 설계하는 프로세스를 분석하여 업무 반복에 따른 낭비를 제거하기 위한 순차적 프로세스를 구현하는 것이다. 시스템 설계 프로세스는 이해당사자의 요구사항을 식별하여 시스템 기술요구사항을 개발하는 요구사항정의 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 평가와의 인터페이스 되는 업무들은 시스템 설계 프로세스에 필요한 정보를 제공하거나, 시스템 설계 프로세스로부터 나오는 결과물을 분석 및 평가하거나, 또는 결과

물을 통해 시스템을 구현하는 기능을 가지고 있다. 이러한 EIA 632 표준의 시스템설계 프로세스의 업무를 분석하고 관련된 타 프로세스 업무를 식별하며, 식별된 업무들 간의 인터페이스를 정의하여 통합된 업무를 도식적으로 표현하는 절차와 방법을 통해, 설계 업무 반복시간을 최소화할 수 있는 통합된 시스템 설계 프로세스를 제시하고자 한다.

1.1 EIA632의 산업 적용 개념과 한계

EIA632는 시스템을 엔지니어링 하기 위한 프로세스로 개발되었다. 이 표준에서는 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. 본 표준을 적용하기 위해서는, <그림 1>과 같이 EIA 632에서 제시되고 있는 적용 지침을 따르는 것이 좋다. EIA 632의 요구사항을 구현한다는 것은 표준으로부터 적용 가능하며 개선이 가능한, 적절한 EIA 632 요구사항으로부터 정책과 절차를 마련하는 것이다. EIA 632 표준 개발에 참여한 Martin[2]은 이러한 정책과 절차는 계획되고 일정이 수립됨으로써 프로젝트가 구현된다고 가이드하고 있다. 그러나 구체적인 업무 수행 방법이나 도구를 제시하지 않고 있으며, 프로젝트에서 수행할 수 있는 동시적이거나 순차적 업무 순서를 규정하고 있지 않고 있다.



<그림 1> EIA 632 프로세스 적용 개념[2]

복잡한 시스템 개발 프로젝트에서 가장 큰 문제점 중에 하나는 연계된 수많은 프로세스 활동들을 효율적으로 연결하여 조정하는 것이다. 표준에서 제시되고 있는 프로세스를 기업에서 필요로 하는 프로세스로 통합하고, 프로세스들 간의 복잡한 인터페이스에 의한 업무반복시간을 단축하기 위한 방법이 필요하다. INCOSE[3]에서는 시스템엔지니어링 프로세스를 적용하기 위해서는 기업 자신의 용어, 개발 및 지원 방법으로 조정할 것을 권장하고 있다. 이를 위해서는 표준 프로세스로부터 식별된 업무들 간의 인터페이스를 분석하는 과정에서, 기업에서 수행할 수 있는 업무로의 조정이 가능하다. 조정된 업무는 순차적인 업무 흐름으로 변환하고, 업무의 누락

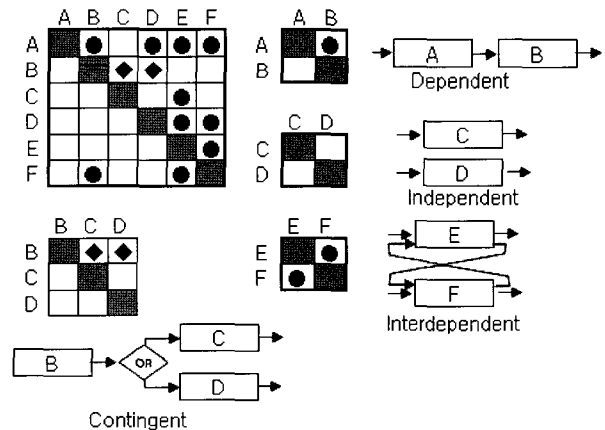
이나 뒤늦은 업무의 반복을 제거함으로써 효율적이며 기업에 적용 가능한 통합된 프로세스 및 프로젝트 계획이 확보된다. Tyson[7]을 비롯한 여러 논문에서 프로세스는 시스템의 한 종류로 간주하고 있다. Dennis[1]는 이러한 시스템을 정의하고 새로운 가치를 만들어가는 프로세스는 분해(decomposition)와 정의(definition)의 반복 과정이며, 정황분석을 통해 시스템 개발의 경계(Boundary)가 정의된다고 설명하고 있다. 이를 바탕으로 다음과 같은 연구 절차가 수립되었다.

- 표준으로부터 시스템설계 프로세스업무 식별
- 정황분석(타 프로세스와의 인터페이스 식별)
- 업무 분해를 통한 입출력 정의
- 통합 및 업무순서 정의

정황분석, 입출력 정의, 업무분해, 그리고 통합 및 순차적 업무정의를 위한 방법으로 도식적인 모델을 제시하고 있는데, 사용된 방법으로 DSM(Design Structure Matrix)을 적용하였으며, MS Excel[®]과 미국 problematics사의 PSM[®]도구를 활용하였다.

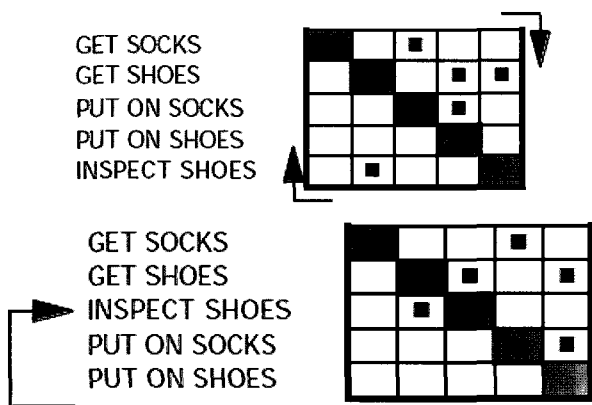
1.2 DSM(Design Structure Matrix)

DSM 용어는 dependency structure matrix 또는 dependency source matrix라고도 불리어진다. DSM은 분해와 통합의 목적으로 시스템 모델링을 위해 분석하는 방법이다. 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 <그림 2>에 나타내었다.



<그림 2> DSM에서 표현되는 활동 및 관계[5,6]

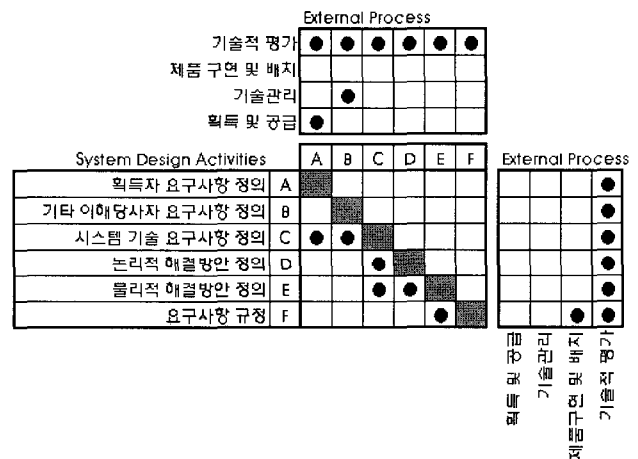
DSM에서 좌측 상단에서 우측 하단까지의 대각선에 위치한 각 칸들은 순서가 정해지지 않은 활동들을 나타내고 있다. 대각선에 위치한 칸들을 제외한 매트릭스의 나머지 부분들은 다른 프로세스의 요소 또는 활동들 간의 의존적 관계, 즉 정보의 흐름을 나타낸다. 각 칸에서 우측으로 정보가 나오며, 아래 방향으로 정보가 입력되는 시계방향의 정보흐름을 갖는다. 이러한 방향은 반대로 반 시계방향의 정보흐름으로 표현될 수도 있다. 정보 흐름에 대한 예로 <그림 2>에서 설명하면, 활동 A는 활동 B, D, E, F에 정보를 제공한다. 활동 B는 활동 A와 F로부터 정보를 받고, 활동 C, D에 정보를 제공한다. DSM에서는 <그림 2>에서와 같이 활동들의 관계를 독립적(Independent), 종속적(Dependent), 상호 의존적(Interdependent), 그리고 조건적(Contingent)으로 나타낼 수 있다. <그림 2>에서 독립적 관계는 활동 A와 B의 관계로 도식화되며, 종속적 관계는 활동 C, D의 관계로, 상호의존적 관계는 활동 E, F의 관계, 그리고 조건적 관계는 활동 B, C, D의 관계로 표시되어 나타난다. A에서 F까지의 순차적 업무흐름에서 F에서 B로의 정보 흐름은 업무 반복이 크게 발생하고 있음을 보여주고 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. <그림 3>은 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 개선되었음을 확인할 수 있는 사례이다.



<그림 3> DSM 행과 열의 이동 사례

2. EIA 632 설계 프로세스와 정황 분석

EIA 632 표준의 시스템 설계프로세스에는 반드시 만족되어야 할 6개의 요구사항을 제시하고 있다. 이 프로세스 요구사항의 기능을 수행해야 할 업무로 식별하였다. 식별된 결과는 획득자 요구사항 정의, 기타 이해당사자 요구사항 정의, 시스템 기술 요구사항 정의, 논리적 해결방안 정의, 물리적 해결방안 정의 그리고 요구사항 정의로 <그림 4>와 같이 매트릭스의 좌측에 표현하였으며, 이들 업무간의 관계가 매트릭스 안에 '●'로 표현하였다. 앞에서 설명한 DSM의 방법에서 정보의 흐름 방향이 시계방향에서와는 달리 반 시계방향으로 도식화되었다. 이는 본 논문에서 활용하게 될 PSM[®]도구는 반 시계방향으로 모델을 구성하여 해석하도록 되어 있기 때문이다.



<그림 4> 시스템 설계 프로세스 정황

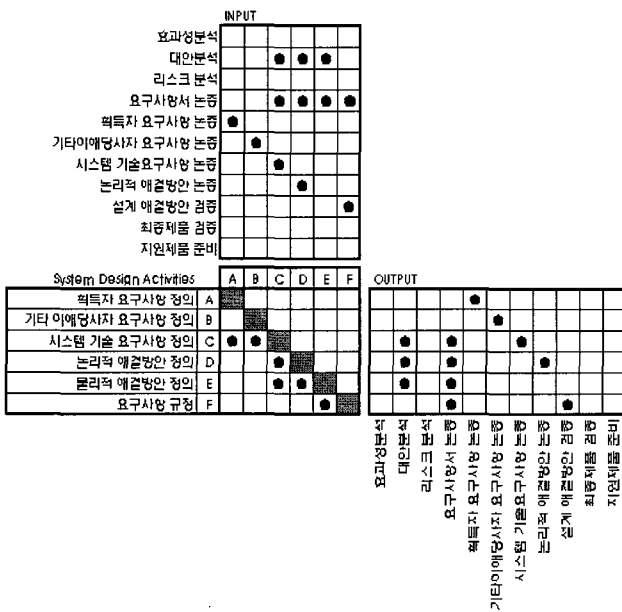
<그림 4>의 우측에 있는 매트릭스는 시스템설계 프로세스의 결과물이 기타 프로세스에 전달되는 관계를 나타내고 있으며, 상부에 있는 매트릭스는 기타 프로세스로부터 설계 프로세스에 입력되는 관계를 나타내고 있다. 정황분석에서는 연관된 프로세스와의 관계를 모두 식별하기 위한 것으로, EIA 632의 모든 기타 프로세스를 표기하고 있다. 기타 프로세스는 획득 및 공급, 기술관리, 제품 구현 및 배치와 그리고 기술평가이다. <그림 4>는 시스템 설계 프로세스 업무와 그 업무들 간의 정보 흐름, 그리고 기타 프로세스와 시스템 설계 프로세스와의 입력 및 출력 흐름 관계를 한눈에 파악할 수 있도록 모델로 표현하고 있다.

<그림 4>의 정황 분석결과, 제품 구현 및 배치는 시스템 설계 프로세스의 결과물을 받고, 기술관리 및 획득 및 공급 프로세스는 시스템 설계 프로세스에 입력을 제

공한다. 그러나 기술적 평가 프로세스는 시스템 설계 프로세스와 입력 및 출력 관계가 동시에 발생하여 시스템 설계 프로세스에 밀접한 관계가 있는 것으로 분석되었다. 따라서 입력 및 출력 관계가 명확히 구분된 기술관리, 획득 및 공급, 그리고 제품 구현 및 배치 프로세스는 시스템 설계 프로세스 내부 업무 수행에 영향을 주지 않는다. 그러나 기술적 평가 프로세스는 시스템 설계 프로세스 업무에 입력과 출력 모두와 연관되어 있어, 상세한 업무 분석이 요구된다.

3. 업무 분해 및 입출력 정의

<그림 4>로부터 분석된 결과에서 기술적 평가 프로세스의 입력 및 출력물을 명확히 하기 위해, 기술적 평가 프로세스를 하부 업무로 분해하는 것이며, 이를 <그림 5>에 나타내었다.



<그림 5> 시스템 설계 업무의 입력과 출력

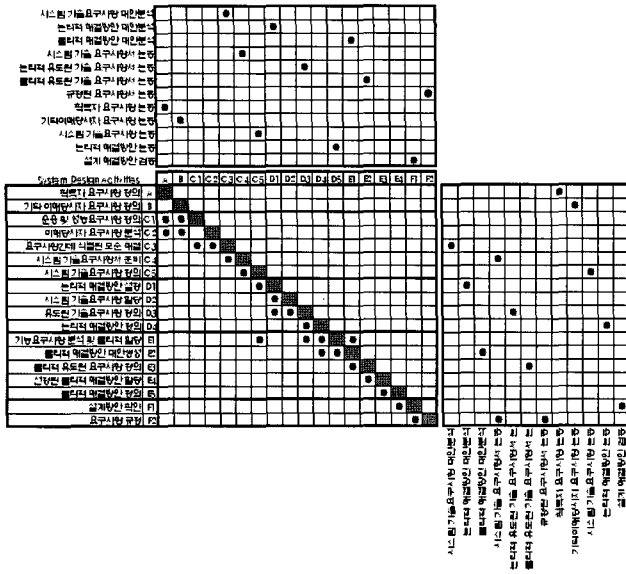
기술적 평가 프로세스의 하부 업무 분해 기준은 시스템 설계 프로세스로부터 업무를 식별하는 방법과 동일하게, EIA 632에서 제시하고 있는 반드시 수행해야 할 요구사항을 기준으로 식별하였다. 또한, 시스템 설계 프로세스의 업무와 정보 흐름이 나타나는 기술적 평가 프로세스의 입력 및 출력 관계를 나타내었다.

<그림 5>에서 시스템 설계 프로세스 업무와 기술적 평가 프로세스 업무와의 입력 및 출력관계 유무가 한눈에 확인된다. 효과성 분석, 리스크 분석, 최종제품 검증,

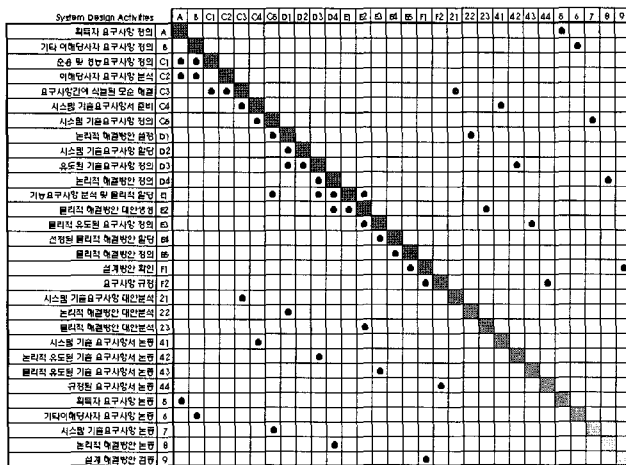
지원제품 준비 업무는 시스템 설계 프로세스와 직접적인 정보흐름이 나타나지 않는다. 기술적 평가 프로세스의 나머지 업무는 시스템 설계 프로세스 업무와 정보흐름을 갖지만, 시스템 설계 업무별로 중첩되어 이루어져야 할 정보흐름이 나타나고 있어, 추가적인 업무 분해가 필요하다. 추가적인 업무 분해는 EIA 632에서 제시되는 각 요구사항에서 요구하는 고려해야 할 과업을 대상으로 하였다. 이 때, 업무 분해는 시스템 설계 프로세스 및 기술적 평가 프로세스 관련 업무 모두가 하향 분해되었다. 이는 시스템 설계 프로세스 업무만 분해했을 때, 시스템 설계 업무별 중첩된 정보 흐름 관계가 개선되지 않았기 때문이다. 이와 같이 하부로 분해된 결과는 <그림 6>에 표현하였으며, 시스템 설계 업무에서 나가는 정보와 시스템 설계 업무로 유입되는 정보가 명확하게 표현되고 있음을 확인할 수 있다. 시스템설계 프로세스에서 분해된 하부 업무가 어떤 것인지 식별하기 위해 일련번호 앞에 상부업무 번호를 같이 붙였다. 즉, <그림 5>에서 시스템기술 요구사항 업무가 'C'로 표기되어 있으면, <그림 6>에서 분해된 업무는 'C1'에서 'C5'로 표기되어 있음을 볼 수 있다. 이러한 추적관계는 하부의 업무가 변경될 경우에, 상부에서 정의된 업무에서 외부 프로세스와의 인터페이스를 다시 정의해야 하기 때문이다. 이와 같은 업무 변경에 따른 업무 프로세스 재설계에 대해서는 본 연구에서 다루지 않는다.

4. 통합 및 업무 순서 정의

<그림 6>에서 표현된 시스템 설계 업무와 이와 연계된 타 프로세스의 업무 관계는 하나의 도표로 표현될 수 있다. 18개의 시스템설계 프로세스 업무와 12개의 연관프로세스의 하부 업무는 행과 열이 30x30인 매트릭스에 표현된다. 표현된 결과를 <그림 7>에 나타내었다. 이때의 30개의 업무는 업무 순서와 무관하게 업무를 매트릭스 좌측 칸에 나열시켰다. <그림 6>에서 정의된 시스템 설계프로세스와 입력 및 출력 정보의 관계를 <그림 7>에서와 같이 매트릭스의 대각선을 기준으로 우측상면과 좌측하면에 각각 나타낼 수 있다. 좌측하면은 시스템 설계 업무로부터 나오는 결과가 시스템 평가 업무로 전달되는 정보를 나타내며, 우측상면은 시스템 평가 업무에서 처리된 정보가 시스템 설계 업무로 전달되는 정보를 나타낸다. 이러한 업무간의 오가는 정보가 <그림 7>의 매트릭스 한 장에 모두 표현된다. <그림 7>의 결과는 업무의 동시성이나 순차적 흐름이 잘 정편되어 있는 상태는 아니다.



<그림 6> 시스템 설계 업무의 분해

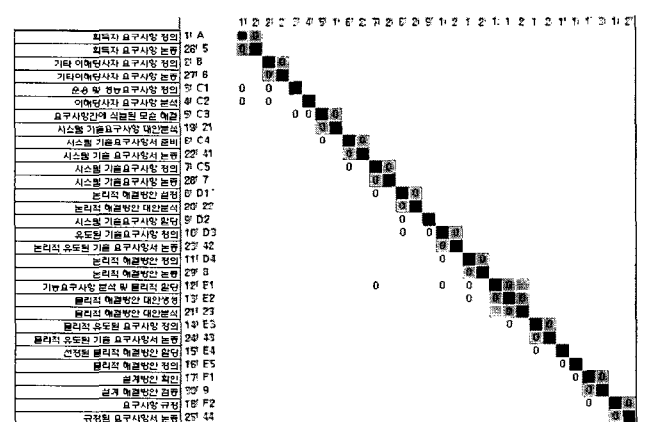


<그림 7> 시스템 설계프로세스와 연관된 프로세스의 단순 통합 결과

<그림 7>과 같이 업무를 모아 나열한 결과를 기업에서 수행해야 할 업무 순서로 결정한다면, 반복 수행되는 업무로 인해 많은 시간적 낭비가 나타날 것이다. 한 예로, <그림 7>에서 제일 처음에 수행되는 업무인 획득자 요구사항 정의는 순차적 업무에 따라 25번째까지 업무가 진행된 후, 26번째 업무인 획득자 요구사항 논증에서 다시 첫 번째 업무인 획득자 요구사항 정의 업무를 다시 수행해야 한다. 다행히, 요구사항 논증결과가 만족스러울 수 있겠지만, 심각한 결함이 발생하여 획득자 요구사항 정의 업무를 다시 수행해야 한다면, 모든 업무가 다시 수행되어야 하는 큰 오류와 시간적 낭비를 발생시킬 것이다.

DSM 방법은 이러한 업무 진행순서에서 정보의 흐름

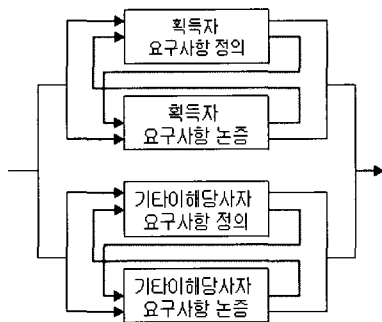
상 이미 수행된 업무로 되돌아가야 하는 흐름을 최소화시키는 방법이다. 이와 같은 업무반복에 따른 시간적 손실을 최소화 하기위해, <그림 7>에 나타나 있는 업무순서를 변경함으로써, 매트릭스의 대각선을 기준으로 우측 상단에 위치한 업무흐름 정보들이 대각선에 근접하거나, 대각선의 좌측하단으로 이동하도록 조정하는 것이다. 이러한 과정은 MS Excel[®]에서 행과 열을 이동함으로써 구현되는데, 예를 들면, 앞의 예에서 26번째 업무인 획득자 요구사항 논증 업무의 경우, 행과 열 모두를 25번째로 옮기면, 대신 25번 업무인 규정된 요구사항 논증 업무가 26번째로 이동할 것이다. 계속해서 획득자 요구사항 논증 업무를 행과 열 모두를 좌측 상방향으로 옮겨, 획득자 요구사항 업무 다음인 2번째 위치까지 옮기면, 획득자 요구사항 논증업무로 인한 정보의 흐름이 획득자 요구사항 업무와의 관계로만 축소된다. 이로 인한 다른 업무들의 업무 흐름은 이전과 동일한 결과를 유지하기 때문에, 26번째 업무를 2번째로 순서를 변경하여도 무방하다. 이러한 업무순서 변경을 나머지 업무에도 동일하게 적용하여, 매트릭스의 행과 열을 변경하면 정보흐름의 관계가 강한 업무끼리 근접시킬 수 있게 된다. 이와 같은 반복적인 업무순서 변경과 분석은 상용 프로그램인 미국 problematics사의 PSM[®] 도구를 활용하면 업무순서 변경 및 분석을 자동적으로 수행하여 최적의 업무순서를 도출할 수 있다. PSM[®] 도구를 활용한 분석 결과를 <그림 8>에 나타내었다. <그림 8>의 좌측에 있는 업무 내용은 통합된 시스템 설계 프로세스의 업무가 위에서 아래로 진행되도록 정의되어 나타난다. 그리고 매트릭스 내부에서는 업무 간에 오가는 정보의 흐름을 살펴보면, 업무 반복이 나타나는 우측상변의 정보흐름들이 대각선방향에 근접하여 나타나고 있음을 확인할 수 있다.



<그림 8> 통합된 시스템 설계 프로세스의 순차적 흐름

<그림 8>에 나타난 상호의존적(Interdependent) 관계는 동시에 업무가 이루어져야 하는 특성을 나타내거나 아

다면, 업무가 더 분해 되었을 때 순차적 업무 흐름이 나타날 수 있는 경우이다. EIA 632에서는 시스템 설계 프로세스가 기술적 평가 프로세스를 구동하고, 시스템 설계 프로세스의 결과물을 기술적 평가 프로세스에서 분석 및 논증과 검증을 거쳐, 시스템 설계 프로세스나 기타 다른 프로세스에 분석 및 논증/검증 결과를 통보하도록 구성되어 있다. 따라서, <그림 8>에서 나타나 있는 상호의존적 관계는 업무수행이 다르다면, 동시 공학적 개념에서 동시적인 업무수행이 필요한 부분이다.



<그림 9> 상호의존적 및 독립적 업무의 흐름

상호의존적 관계 이외에 동시적인 업무수행이 가능한 독립적(independent) 관계가 있다. 요구사항 정의 및 논증 업무와 기타 이해당사자 정의 및 논증 업무는 병행하여 진행되며, 운용 및 성능 요구사항 정의와 이해당사자 요구사항 분석 또한 병행하여 진행할 수 있는 업무이다. 특히, 요구사항 정의 및 논증업무와 기타 이해당사자 정의 및 논증업무는 각각 상호의존적 관계이면서, 독립적 관계이기도 하다. 이를 도식화하면 <그림 9>와 같다.

<그림 8>의 결과로부터 EIA 632 시스템 설계 프로세스를 기반으로 한, 통합된 시스템 설계 프로세스의 동시적인 업무와 순차적 업무 흐름이 정의되었다. 이러한 결과는 기업 또는 프로젝트에서 사용되는 시스템 설계단계에 필요한 마스터 일정(Master Schedule)계획 수립이나 조직의 업무를 할당하는데 필요한 기준으로 활용될 수 있다.

5. 결론 및 향후 과제

EIA 632는 시스템을 엔지니어링하기 위한 프로세스를 제공하고 있다. 이러한 표준 프로세스들은 일반적으로 기업 정책과 절차에 따라 프로세스를 구현하기 위한 계획을 수립하도록 하고 있다. 본 연구에서는 EIA 632를 대상으로 하여 프로젝트에서 구현할 수 있는 순차적 업무 프로세스를 개발하였다. 정황분석에서부터 하부 업무

로 분해하면서 업무의 입출력을 정의하는 과정은 복잡하게 얽혀있는 업무들을 상부에서부터 하부로 전개하는 하향식(Top-down) 전개이다. 이는 상부의 명확한 정황(Context)을 만족할 수 있는 하부 업무를 식별 가능하게 한다. 분해과정에서 식별된 시스템 설계 프로세스와 기술적 평가 프로세스의 하부 업무들은 통합되어, 동시적이거나 순차적으로 구현 가능한 업무순서와 정보의 입출력이 명확하게 나타난 통합된 시스템 설계 프로세스를 제시하고 있다. EIA 632의 시스템 설계 프로세스를 적용하지 않은 기업에서 시스템 설계 프로세스를 도입하고자 하는 경우, 본 논문에서 제시한 방법에 따라 EIA 632 프로세스와의 통합에 의한 프로세스 개선이 가능하다고 판단되며, 이에 대한 추가적인 연구가 필요하다.

참고문헌

- [1] Dennis M. Buede, "The Engineering Design of Systems", John Wiley & Sons Inc., New York, USA, 1999.
- [2] EIA 632, "Process for Engineering a System", Electronic Industries Alliance, Arlington, USA., 1999.
- [3] INCOSE, "Systems Engineering Handbook", INCOSE, Seattle, USA., 2000.
- [4] James N. Martin, "Processes for Engineering a System : An Overview of the ANSI/EIA 632 Standard and Its Heritage", John Wiley & Sons, Inc., New York, USA., 2000.
- [5] Tyson R. Browning, "Modeling and Analyzing Cost, Schedule, and Performance in Complex System product Development", Ph. D, Massachusetts Institute of Technology, USA, 1998.
- [6] Tyson R. Browning, "Process Integration Using the Design Structure Matrix", Journal of Systems Engineering, 5 (8), pp. 180-193, 2002.
- [7] Tyson R. Browning and Steven D. Eppinger , "Modeling Impacts of Process Architecture on Cost and Schedule Risk in Product Development", IEEE Transactions on Engineering Management, 49 (4), 428-442, 2002.