

추상화계층에 기반한 작업영역분석의 모델링 개념 및 적용 원칙

함 동 한*

*전남대학교 산업공학과

Work Domain Analysis Based on Abstraction Hierarchy: Modelling Concept and Principles for Its Application

Dong-Han Ham*

*Dept. of Industrial Engineering, Chonnam National University

Abstract

As a work analysis technique, Work Domain Analysis (WDA) aims to identify the design knowledge structure of a work domain that human operators interact with through human-system interfaces. Abstraction hierarchy (AH) is a multi-level, hierarchical knowledge representation framework for modeling the functional structure of any kinds of systems. Thus, WDA based on AH aims to identify the functional knowledge structure of a work domain. AH has been used in a range of work domains and problems to model their functional knowledge structure and has proven its generality and usefulness. However, many of researchers and system designers have reported that it is never easy to understand the concepts underlying AH and use it effectively for WDA. This would be because WDA is a form of work analysis that is different from other types of work analysis techniques such as task analysis and AH has several unique characteristics that are differentiated from other types of function analysis techniques used in systems engineering. With this issue in mind, this paper introduces the concepts of WDA based on AH and offers a comprehensive list of references. Next, this paper proposes a set of principles for effectively applying AH for work domain analysis, which are developed based on the author's experiences, consultation with experts, and literature reviews.

Keywords : Work Domain Analysis, Cognitive Work Analysis, Abstraction Hierarchy, Functional Modeling, Human-System Interaction, Cognitive Task Analysis

1. 서 론

작업영역분석(WDA: Work Domain Analysis)은 인간-시스템 인터페이스의 설계 및 평가, 시스템 사용성과 안전성의 평가, 시스템 안전사고 해석 등을 위한 가장 기본적인 작업분석 중의 하나이다 [8, 26]. 작업영역 분석은 인간이 상호작용해야 하는 대상 시스템(Work Domain)에 대한 분석이다 (본 논문에서는 작업영역과

대상 시스템을 동일한 의미로 혼용해서 사용한다) [28, 29]. 인간이 대상 시스템을 효과적으로 상호작용하기 위해서는 대상 시스템이 어떻게 설계되어 있는가를 제대로 이해할 필요가 있다 [27]. 이런 점에서 작업영역 분석은 대상 시스템의 설계 지식에 대한 체계적인 모형화 과정이라고 해석할 수도 있다 [10, 26, 28].

작업영역분석은 대상 시스템을 바라보는 관점에 따라 다양한 방식으로 이루어질 수 있다. 그러나 대상 시

† 이 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구 사업 지원을 받아 수행된 것임(과제번호: NRF-2012R1A1A2042146)

† Corresponding Author: Dong-Han Ham, Dept. of Industrial Engineering, Chonnam National Univ., 77 Yongbong-Ro, Buk-Gu, Gwangju, M · P: 016-417-4607, E-mail: donghan.ham@gmail.com

Received July 18, 2013; Revision Received September 2, 2013; Accepted September 5, 2013.

추상화수준	표현되는 기능 및 속성	
기능적 목표 (Functional Purpose)	시스템이 설계된 궁극적인 목표 시스템과 환경과의 상호작용에서 고려되어야 하는 제약조건	정상적 기능의 이유 비정상 상황 및 고장 의 원인
추상적 기능 (Abstract Function) (Value and Priority Measures)	질량, 에너지, 정보, 가치 등의 흐름 관점에서의 인과관계 구조 하위의 일반적 기능들의 우선순위 및 기능적 목적 기여도에 대한 가치지표 등	
일반적 기능 (General Function) (Purpose-related Function)	기능적 목적을 달성하기 위해 구현된 기본적인 시스템의 기능	
물리적 기능 (Physical Function)	기능적 목적을 달성하기 위해 보다 구체적으로 구현되어 물리적 행위 및 상태의 규명이 가능한 기능 물리적 형태 수준에서의 시스템 구성 요소와 그들의 관계들에 대한 특성에 대한 정보 제공	
물리적 형태 (Physical Form)	실제적이면서 가시적으로 구현된 시스템 구성 요소의 물리적 형태 및 공간적 위치	

<Figure 1> Five Abstraction Levels of Abstraction Hierarchy

시스템의 기능적 지식의 추상화 관점에서 분석하는 것이 매우 유용함이 여러 연구결과에 의해 알려져 있다 [6, 27]. 시스템 설계활동의 관점에서 본다면 대상 시스템의 대부분의 요소가 기능적 요구사항을 중심으로 설계된다는 점에서 일면 타당한 사실일 것이다 [16]. 그런데 시스템의 기능은 다양하고 그들 간의 관련성 또한 여러 관점에서 파악될 수 있다. 그러나 설계의 본질이 시스템의 궁극적 목표를 달성하기 위해 필요한 수단을 찾아가는 과정의 연속이라고 본다면 목적-수단(goal-means)관계를 근거로 한 추상화 관점에서 기능을 분류하고 그들 간의 관련성을 파악하는 것이 대상 시스템의 설계 지식을 파악하고 모형화 하는 데 매우 합리적인 방법일 것이다 [3, 7].

추상화계층(Abstraction Hierarchy : AH)은 인지시스템공학 분야에서 발전해온 대상 시스템의 지식 모형화를 위한 개념적 도구이다 [3, 28]. 추상화계층은 시스템의 기능적 지식을 다양한 추상화 수준에서 모형화 할 수 있는 이론적 기반을 제공한다 [28, 31]. 추상화계층은 그동안 대형 시스템을 위한 정보화면 설계, 훈련 시스템 설계, 정보지원시스템 설계, 시스템 안전사고 해석 등에 폭넓게 활용되어 왔다 [26].

그러나 광범위한 활용에도 불구하고 아직까지도 많은 시스템 분석가 및 설계자들이 추상화계층을 이해하고 이를 활용하는데 적지 않은 어려움을 겪고 있는 것이 사실이다 [26]. 특히 추상화계층에 기반한 작업영역

분석에 익숙하지 않은 연구자 및 실무자는 더 큰 어려움을 겪고 있다. 이러한 문제의식을 갖고 본 논문은 추상화계층 및 추상화계층에 기반한 작업영역분석의 본질과 개념을 체계적으로 설명한다. 더불어 추상화계층에 기반한 작업영역분석의 다양한 사례를 관련 문헌과 함께 소개한다. 이 문헌들은 연구자 및 실무자들이 추상화계층을 제대로 이해하는데 큰 도움이 될 것이다. 또한 연구자 및 실무자들이 추상화계층을 이용해 작업영역을 분석할 때 유용하게 활용할 수 있는 원칙들을 제안한다. 제안하는 원칙들은 저자의 이 분야에서의 오랜 경험, 전문가와의 면담, 관련 문헌들의 분석결과에 기반해 도출된 것이다. 이 적용원칙들은 추상화계층을 이용해 작업영역분석을 하고자 하는 실무자들에게 실제적인 활용지침으로 활용될 수 있을 것이다.

2. 추상화계층 및 에 이에 기반한 작업영역분석 개념 및 적용사례

추상화계층은 작업영역 혹은 대상 시스템의 기능적 구조를 기술하기 위한 다단계의 계층적인 지식표현의 틀이다 [3]. 추상화계층은 작업영역 지식을 모형화할 때 시스템 기능의 여러 추상화 수준에서 분석할 필요가 있음을 명시한다. <Figure 1>은 추상화계층에서 일반적으로 구분되는 5개의 추상화 수준 및 그 의미를

보여준다. 추상화계층을 이용해 작업영역을 분석할 때 반드시 5개의 추상화 수준을 구분해야 하는 것은 아니다. 그러나 복잡한 시스템의 경우 <Figure 1>과 같은 5개의 추상화 수준을 구분하는 것이 의미가 있으며 다

른 종류의 시스템에서도 유용함이 여러 연구결과에 의해 알려져 있다 [28, 30]. <Table 1>은 5개의 추상화 수준을 이용한 세 가지의 다른 작업영역(시스템)에 대한 분석의 예를 보여준다.

<Table 1> Examples of Abstraction Hierarchy-Based Work Domain Analysis [27]

추상화수준	세탁기	생산공장	컴퓨터시스템
기능적 목표	세탁 및 적절한 에너지 사용에 대한 요건	시장 수요 충족 제품 공급 에너지 및 폐기물 관련 제약사항 안전 요건	정보처리, 문제해결 및 의사결정
추상적 기능	에너지, 물, 세제의 흐름	에너지, 물질, 제품, 금전적 가치의 흐름, 물질 및 에너지의 균형 시스템 및 조직에서의 정보 흐름 구조	정보흐름, 불 로직 및 진위표 방식의 연산, 기호적 대수 기능 및 연산
일반적 기능	세탁, 배수, 건조, 가열, 온도조절	생산, 조립 및 유지보수, 열 제거 및 발화, 전기 공급, 피드백 루프	기억장소 및 레지스트리, 자료 입력처리 및 출력, 연산장치, 증폭 및 아날로그 통합 및 합산, 피드백 루프, 전기공급
물리적 기능	기계적 드럼 드라이브, 펌프 및 밸브 기능, 전기/가스 가열 회로	장비 및 기계의 물리적 기능, 장비의 성능 및 특성, 사무실 및 작업장 활동	회로의 전기적 기능, 입력 및 출력 장치의 기계적 기능
물리적 형태	(요소들의) 형상, 무게, 크기, 스타일, 색상	부품 및 구성요소의 형태, 무게, 색상, 위치 공장건물 내 레이아웃 및 형태	구성요소의 형태, 공간적 배치 및 관계

최상위 수준의 기능적 목표는 시스템이 설계된 궁극적 목표 및 시스템이 그 환경과 상호작용할 때 고려되어야 하는 제약조건을 나타낸다. 시스템의 목표는 단순하면서 정량적인 입력-출력의 관계식의 형태로 표현될 수도 있고 제반 환경의 맥락 하에서의 시스템의 기능을 중심으로 표현될 수도 있다. 즉, 환경에 대한 시스템의 의도된 기능상의 목표가 이 수준에서 표현된다.

시스템의 기능적 목표를 달성하기 위해 여러 기능이 필요하다. 기능적 목표 달성을 위해 구현되어야 하는 기능들은 일반적 기능의 수준에서 파악된다. 일반적 기능에서 표현되는 기능들은 물리적인 구현 내지는 프로세스와는 무관하다는 점에 주목해야 한다. 예로 <Table 1>에서 세탁기의 일반적 기능중의 하나인 배수(drain)는 기능적 목표를 위해 반드시 필요한 기능이다. 그러나 배수라는 기능은 다양한 방식으로 물리적으로 구현될 수 있다. 따라서 보다 구체적인 물리적인 상태나 프로세스 정보보다는 더 추상화된 일반화된 기능을 이 수준에서 파악해야 한다.

일반적 기능들이 기능적 목표의 달성을 위해 어떠한 방식으로 어떠한 우선순위를 갖고 작동하는가에 대한

정보는 추상적 기능의 수준에서 파악된다. 또한 일반적 기능들이 기능적 목표를 얼마나 잘 달성하는데 기여하는가에 대한 지표도 추상적 기능의 수준에서 파악된다. 무엇보다도 추상적 기능의 수준에서 파악되어야 하는 중요한 기능적 정보는 물질, 에너지, 정보 및 가치 등의 인과관계에 근거한 흐름이다. 이러한 흐름에 대한 내용은 시스템의 기능적 목표가 제대로 달성되고 있는가에 대한 직접적인 정보를 제공한다.

일반적 기능이 실제로 구현되었을 때의 물리적 객체 혹은 부품에서 파악될 수 있는 물리적 상태 기반의 기능(기계적, 화학적, 전기적 기능)과 그 한계가 물리적 기능 수준에서 모형화된다. 예로 세탁기의 예에서 일반적 기능인 배수 기능은 다양한 물리적 형태로 구현될 수 있다. 펌프 및 밸브를 활용해 배수 기능을 구현했을 경우 펌프 및 밸브의 성능, 용량 및 한계 등이 이 수준에서 파악된다.

최하위 수준의 물리적 형태에서는 실제로 구현되었으면서 가시적인 구성요소(부품 및 컴포넌트)의 형태적 정보가 파악된다. 예로 세탁기의 예에서 실제로 구현된 펌프 및 밸브의 크기, 위치, 무게, 형상 등이 이

수준에서 파악된다.

추상화계층을 이용한 작업영역 분석에서 주목해야 할 세 가지가 있다. 첫째로 인접한 추상화 수준 간에는 구조적인 목적-수단(structural goal-means)관계가 존재한다는 점이다. 특정 수준의 기능은 상위 수준의 기능에 대한 수단이 됨과 동시에 하위 수준의 목적이 된다. <Figure 2>는 추상화 수준 간의 목적-수단 관계를 보여준다. 그런데 이 목적-수단 관계가 구조적 관계라는 점에 주목할 필요가 있다. 이는 행위적 목적-수단 관계와는 분명히 구분되는데 많은 경우 추상화계층을 이용한 작업영역 분석 모형에서 행위적 목적-수단 관

계를 발견하게 된다. 이는 추상화계층의 기본 개념에 어긋나는 것이다. 단순한 예로 난방이라는 기능을 위해 필요한 수단적 객체로 난로와 아궁이를 생각해볼 수 있다. 이 경우 난로와 난방, 아궁이와 난방은 구조적 목적-수단 관계로 설명된다. 그런데 집을 따뜻하게 하려는 목적을 달성하는데 필요한 행위적 수단은 벽난로에 가기, 벽난로에 불붙이기 등으로 생각해볼 수 있다. 이는 행위적 목적-수단 관계로 설명된다. 비슷한 것 같지만 미묘한 차이가 두 형태의 목적-수단 관계에는 존재한다.

전체-부분관계 추상화수준 (목적-수단관계)	전체 시스템	하위시스템	기능적유닛	컴포넌트
기능적 목표	Why	Why		
추상적 기능	What	What	Why	
일반적 기능	How	How	What	Why
물리적 기능		How	How	What
물리적 형태			How	How

<Figure 2> Goal-Means Relationships in Abstraction Hierarchy

추상화계층을 이용할 때는 구조적 목적-수단 관계 파악에 초점을 두어야 한다. 구조적 관계이기때 추상화 수준에서의 목적-수단 관계는 특정 사건이나 행위에 따라 변화하지 않는 특성을 보인다.

둘째로 시스템의 추상화수준은 전통적인 시스템공학 분야에서의 전체-부분(whole-part)관계와는 개념상 구분되어야 한다. 전통적인 시스템분석은 전체-부분의 계층구조를 중심으로 이루어졌다. 그러나 <Figure 2>에서 보여지는 바와 같이 시스템의 전체-부분의 계층구조는 추상화 수준과는 별도의 관점에서 파악되어야 한다. 추상화수준과 전체-부분의 계층구조는 개념적으로는 독립적이나 실제적으로는 많이 결합(coupling)되어 있어 기능적 목표는 대부분 전체시스템에서 파악되고 물리적 형태는 컴포넌트 수준에서 파악된다. 중간 추상화 수준의 기능은 전체시스템과 컴포넌트의 중간 계층수준에서 파악된다.

셋째로 각기 다른 추상화 수준의 정보는 다른 시스템을 기술하는 것이 아니고 동일한 시스템을 다른 관점에서 바라본다는 점이다. 그런데 상위수준으로 갈수록 시스템이 설계된 이유를 설명하기에 정상적으로 작동하는기능의 이유의 근거가 된다. 반대로 하위수준으

로 갈수록 시스템의 기능적 목표를 달성하기 위한 수단이기 때문에 비정상적 기능 혹은 고장의 원인에 대한 직접적인정보를 제공하게 된다 <Figure 1>.

추상화계층은 작업영역 분석을 위한 다른 모형화 개념 내지는 기법과 차별되는 특징을 갖는다. 이러한 특징으로 인해 특히 안전중시 혹은 임무중시 시스템에서 많이 활용되어 왔으며 복잡해지고 있는 여러 시스템에서 점점 그 활용도가 높아진다고 할 수 있다. 추상화계층은 특정 사건에 독립적이고(event-independent), 특정 기기/도구에 독립적이고(device-independent), 심리적으로 적합한 작업영역 모형을 만들어내는데 유용하다 [30]. 대부분의 전통적인 시스템분석 혹은 과업분석(task analysis) 기법들은 특정사건에 종속적이거나 특정 기기/도구에 독립적이다 [8, 16]. 무엇보다 추상화계층에 표현된 내용은 심리적으로 적합하다. 즉 작업영역과 상호작용하는 사람들의 지식구조가 추상화계층으로 설명이 가능하고 사람들의 인지적 프로세스가 추상화계층에 의해 의미 있게 기술될 수 있다는 것이 연구 결과에 의해 알려져 있다 [27].

위와 같은 이유로 대규모 시스템의 분석 및 설계를

위해 인지시스템공학 분야에서 개발되어온 방법론 중에서 가장 유명한 인지적 작업분석(Cognitive Work Analysis)에서도 추상화계층은 가장 핵심적인 지식모형화 기법으로 사용되고 있다 [30]. 추상화계층의 위와 같은 장점 때문에 추상화계층에 기반한 작업영역 분석의 결과는 인간-시스템 인터페이스, 훈련시스템, 직무절차서의 개발 등에 매우 유용한 정보를 제공하고 안전사고 해석이나 시스템 안전성 예측 및 평가에도 중요한 정보를 제공한다 [6, 23, 26, 32].

추상화계층은 현재까지 다양한 작업영역 및 시스템 공학 문제에 적용되어 왔다. 추상화계층에 기반한 작업영역 분석의 대표적인 연구들이 <Table 2>에 정리되어 있다. 이 연구들은 추상화계층을 활용해 작업영역을 분석하거나 시스템 설계 및 평가에 응용하고자 하는 연구자 및 실무자들에게 유용한 기본정보를 제공해줄 것으로 판단한다.

2000년대 초반까지만 하더라도 추상화계층을 활용한 작업영역 분석은 대규모의 공학시스템 (예: 공정제어 및 항공관제)에 국한되어 이루어져 왔다. 또한 분석결과 활용 목적도 인간-시스템 인터페이스 설계 및 평가에 주로 초점을 맞추어 연구가 이루어져 왔다. 그러나 그 이후에는 다양한 종류의 작업영역에서 추상화계층을 활용한 연구가 이루어져 왔고 분석결과 활용 목적도 훈련시스템 개발, 팀 조직체계 설계, 사용성 평가요소 도출처럼 다양해지고 있다. 이는 추상화계층이 작업영역분석을 위한 유용한 도구 이전에 시스템 사고를 지원하는 유용한 생각의 도구(thinking tool)이라는 점을 간접적으로 입증한다고 할 수 있다.

<Table 2> Representative Studies of Using Abstraction Hierarchy

작업영역 혹은 응용문제	참고문헌
공정제어 시스템	[11, 12, 19]
항공관제 시스템	[2]
헬스케어 시스템	[9, 22]
군사통제 시스템	[20]
네트워크 관리 시스템	[5]
지능형자동차	[15]
금융 시스템	[1]
훈련시스템 개발	[23]
소프트웨어 시스템	[17, 18]
정보검색 및 디지털도서관	[34]
제조 시스템	[14]
시스템 설계자의 설계과정 분석	[4]
자동화 시스템의 설계	[21]
설계 제안서의 평가	[24]
조직 내의 팀 및 조직체계 설계	[25]
IT 시스템의 사용성 평가요소 도출	[13]
데이터 시각화를 위한 자료 분석	[33]

3. 추상화계층 적용의 원칙

2절에서 기술한 바와 같이 추상화계층은 기존의 시스템 분석 및 모형화 기법 및 개념들의 단점을 보완해 줄 수 있는 장점이 많이 있다. 그러한 장점으로 인해 최근에 그에 기반한 작업영역 분석이 점점 증가하고 있다. 그러나 추상화계층에 대한 올바른 개념 이해와 이의 올바른 적용은 아직도 연구자 및 실무자들에게 어려움으로 남고 있다 [19, 26]. 특히 전통적인 시스템 공학적 원리와 기법에 익숙해져 있는 연구자 및 실무자들은 2절에서 기술한 추상화계층의 개념을 잘못 이해할 가능성이 더 크다. 설사 추상화계층을 올바르게 이해했다고 하더라도 이를 효과적으로 적용하는 것은 또 다른 어려움으로 남아 있다. 다른 분석 기법과 마찬가지로 많은 분석 경험이 가장 효과적인 해결책이지만 추상화계층 적용에 대한 경험에 근거한 원칙을 알고 있다면 많은 도움이 될 것이다. 이에 이 절에서는 추상화계층의 효과적인 적용을 위한 원칙을 설명한다. 이 원칙은 저자의 원자력산업 및 IT시스템 분야에서의 추상화계층 적용의 오랜 경험, 원자력산업 및 모바일기기 산업에서 추상화계층을 적용해본 전문가들과의 면담, 추상화계층 적용 연구를 국제적으로 선도하고 있는 캐나다의 토론토 대학 및 워터루 대학 연구팀과의 면담, 관련 문헌 분석결과를 기반으로 도출하였다.

원칙 1) 추상화계층을 이용해 작업영역을 분석할 때 가장 먼저 결정해야 하는 것은 몇 개의 추상화수준으로 구분하고 분석을 할 것인가이다. 이 문제에 대해서 정해진 해결책은 없으나 그동안 이 분야를 연구해온 대부분의 연구자들의 공통적인 의견은 <Figure 1>에 기술된 바와 같이 5개의 추상화 수준이면 충분하다는 점이다. 또한 많은 실무자들이 궁금해 하는 문제는 어느 수준에서 분석을 시작하는 것이 좋은가이다. 이 문제에 대해서도 정해진 해답은 없으나 기능적 목표를 먼저 파악하고 일반적 기능부터 분석을 시작하는 것이 좋다는 것이 대부분의 연구자들의 공통적인 견해이다. 일반적 기능이 기능적 목표에 직접적으로 관련된 기능들이라는 점을 고려하면 일반적 기능부터 시스템의 기능적 지식을 파악하는 것은 타당하다 할 수 있다. 또한 많은 경우에 일반적 기능 수준에서의 기능들이 해당 작업영역과 상호작용하는 사람들이 수행해야 하는 과업(직무)과 밀접한 관련을 갖는다.

원칙 2) 공학적 시스템의 일반적 기능을 파악할 때 생명시스템이론(Living Systems Theory) [29]에서 제 공하는 20개의 시스템 기능을 참조하면 큰 도움이 된다. 20개의 시스템 기능 중에서 8개는 물질-에너지를

처리하고 (예: 저장소(storage)), 10개는 정보를 처리한다 (예: 의사결정자(decider)). 나머지 2개는 물질-에너지와 정보를 동시에 처리한다 (예: 재생산자(reproducer)).

원칙 3) 앞서서도 기술했듯이 추상화 수준 간에는 구조적 목적-수단 관계가 존재한다. 따라서 추상화계층을 이용해 작업영역을 분석할 때 여러 추상화 수준의 관점에서 해당 시스템을 모형화 하는 것 못지않게 다른 추상적 수준의 기능들 간에 존재하는 목적-수단 관계 파악에 많은 노력을 기울여야 한다. 이러한 구조적 목적-수단 관계는 해당 작업영역을 설계한 설계자의 설계지식의 본질을 이해하는데 결정적 단서가 되기 때문에 이의 명시화는 매우 중요하다.

원칙 4) 추상화계층을 처음 접하는 연구자와 실무자들이 그 개념을 이해하는데 가장 어려움을 겪는 부분 중의 하나가 5개의 추상화 수준 중에서 추상적 기능이다. 기능적 목표, 일반적 기능, 물리적 기능, 물리적 형태는 그 개념이 상대적으로 명확하지만 추상적 기능은 모호한 면이 다소 있다. 추상화계층이 제안되고 이용되던 초창기에는 추상적 기능을 파악할 때 물질, 에너지, 정보 및 가치의 인과관계에 주로 초점을 두어 왔다. 추상화계층이 많이 적용되던 공정제어시스템의 경우는 이러한 인과관계에 근거해서 추상적 기능을 파악하는 것이 어렵지 않았다. 그러나 다른 유형의 시스템 (특히 인간행위 중심의 시스템 (예: 헬스케어 시스템))의 경우에는 이러한 인과관계를 모형화하는 것이 쉽지 않고 일반적 기능이 기능적 목표에 어떻게 기여하는가를 파악하는데 다른 정보들 (일반적 기능들 간의 우선순위, 한정된 자원 활용, 기능적 목표 달성지표 관점에서의 역할 등)이 더 의미를 갖는다. 이러한 이유로 최근에 추상적 기능의 의미는 상당히 유연성을 지닌다. 이러한 점을 염두에 두고 추상적 기능을 파악하면 도움이 될 것이다.

원칙 5) 원칙 4와 관련해서 분석하고자 하는 시스템의 유형을 이해할 필요가 있다. 공정제어 시스템이나 제조시스템 같은 경우는 기능 및 물리적 변수들의 명확한 인과관계 기반으로 분석이 가능하다. 그러나 헬스케어나 교육시스템 같은 경우는 시스템의 기능적 목표부터 공학적인 인과관계 중심보다는 인간의 행위에 기반한 과업목표 중심으로 분석하는 것이 더 의미가 있다. 이렇게 대별되는 두 개의 작업영역을 분석할 때 가장 차이가 나는 부분은 추상화 기능 수준에서 파악되는 기능 및 정보이다. 따라서 분석자는 분석 대상의 작업영역을 시스템 유형의 관점에서 이해할 필요가 있다.

원칙 6) 추상화계층을 이용해 작업영역을 분석한다는 것은 그 작업영역을 설계한 설계자 (예: 원자력발전소의 경우 원자력발전소의 설계자)가 해당 시스템을 설계

할 때 가졌던 지식모형을 파악한다는 의미로 해석할 수 있다. 분석자가 자신이 작업영역에 대해 이해하는 내용을 모형화하는 것이 아니고 그 해당 작업영역의 설계자의 지식구조 속에 있는 설계 지식을 파악하고자 하는 것이 추상화계층에 기반한 작업영역 분석의 본질이다. 이 점은 시스템 분석자가 반드시 기억할 필요가 있다.

원칙 7) 어느 작업영역 분석과 마찬가지로 추상화계층을 이용한 분석에서도 시스템의 경계를 분명하게 할 필요가 있다. 시스템의 경계를 중심으로 시스템이 주위 환경적 맥락에서 어떠한 기능을 갖는가는 바로 최상위 수준인 기능적 목표에 중요 단서를 제공한다. 따라서 분석의 대상이 되는 작업영역의 범위와 작업영역에 관련되어 있는 이해당사자(stakeholder)들의 작업영역에 대한 관심사항을 명확하게 할 필요가 있다.

원칙 8) 추상화계층은 시스템을 분석하고 분석된 결과를 표현하는데 활용할 수 있는 지식표현의 도구이지 지식획득을 위한 도구는 아니라는 점을 이해해야 한다. 추상화계층을 이용해 작업영역을 분석하기 위해서는 설계지식과 관련 지식 등을 수집해서 분석하는 것이 필수적이다. 이러한 과정이 추상화계층에 기반한 작업영역 분석이 되는 것이다. 그런데 관련 지식을 획득 및 수집하는 것은 그렇게 쉬운 일이 아니다. 비슷한 상황의 예로 지식공학 분야에서 전문가의 지식획득 과정이 얼마나 어려운 작업인가를 고려한다면 이 과정이 쉽지 않은 일임을 이해할 수 있다. 다양한 지식획득 방법이 이용될 수 있지만 주로 활용되는 것은 설계지식이 기술되어 있는 설계문서 분석, 작업영역 설계자와의 인터뷰, 작업영역과 오랜 기간동안 상호작용해온 전문가와의 인터뷰 및 관찰 등이다. 하나의 지식획득 방법으로 얻고자 하는 정보를 모두 얻을 수 없는 경우가 많으므로 다양한 방법을 통합적으로 잘 활용해야 한다.

원칙 9) 추상화계층을 이용해 작업영역을 분석할 때 추상화수준에만 집중해 분석하는 경우가 많다. 그러나 시스템 설계 및 평가에 보다 유용한 정보를 제공하기 위해서는 전체-부분의 계층적 구조 관점에서도 작업영역을 분석할 필요가 있다. 즉 분석결과가 <Figure 2> 처럼 시스템 기능의 추상화수준을 한 축으로 전체-부분의 계층적 구조를 한 축으로 하는 매트릭스 형태에서 기술되도록 하는 것이 바람직하다.

원칙 10) 다수의 추상화계층 모형을 구축하는 것이 필요한 경우가 있다. 원칙적으로 하나의 작업영역은 하나의 추상화계층 모형을 갖는다. 그런데 시스템의 범위를 정한 후에 관심의 대상인 작업영역과 관련되어 상호작용하는 주변 환경 내에 존재하는 다른 작업영역들을 분석할 필요가 있을 수 있다. 이 경우 환경 내에 존재하는 다른 작업영역도 추상화계층에 기반해 분석한

후 다수의 추상화계층 모형을 갖고 작업영역들 간의 관련성을 파악할 때 시스템 개발 및 평가를 위한 정보요건이 더 명확해질 수 있다.

원칙 11) 작업영역 분석결과가 나오면 이 것이 타당한지 반드시 검증해야 한다. 타당한 작업영역 모형은 한번에 쉽게 구축되는 경우는 거의 없다. 시스템이 복잡하고 대규모일수록 모형구축 및 검증의 반복과정은 더 필요해진다. 검증을 위해 해당 작업영역의 전문가 및 설계자의 도움을 받을 필요가 있다. 또한 다양한 시나리오를 개발한 후에 구축한 작업영역 모형이 모든 시나리오에서 요구되는 작업영역 지식을 제공하는지 검토하는 것도 타당성 검증을 위한 좋은 방법이다.

4. 결론

작업영역분석은 시스템 설계 및 시스템 안전문제를 다루기 위해 필수적으로 요구되는 시스템 분석과정이다. 지식모형화 관점에서 본다면 작업영역분석은 인간이 상호작용하며 통제하는 대상 시스템이 설계된 설계 지식의 모형화라고 해석할 수 있다. 다양한 개념 및 기법이 작업영역분석을 위해 활용될 수 있지만 추상화계층에 기반한 작업영역분석이 최근에 많은 관심의 대상이 되고 있다. 이는 추상화계층에서 제공하는 개념이 기존의 시스템 및 과업분석의 기법과 차별되며 점점 복잡해지고 다양해지는 시스템에 적합하기 때문이다.

현재까지 다양한 작업영역 및 응용문제에서 추상화계층에 기반한 작업영역분석이 이루어져 왔다. 그러나 아직도 실무자들이 추상화계층을 활용해 작업영역을 분석하는 것은 매우 어려운 과제로 인식되고 있다. 이는 추상화계층의 개념 자체가 난해하고 이에 기반한 작업영역분석 과정이 아직은 분석자의 경험과 기술에 의존하기 때문이다. 본 논문에서는 연구자 및 실무자들에게 도움이 되고자 추상화계층 및 이에 기반한 작업영역분석의 본질 및 개념에 대해 체계적으로 설명하였다. 더불어 다양한 사례연구를 관련 문헌과 함께 소개하였다. 또한 추상화계층 활용의 실제적인 활용지침으로 사용될 수 있는 적용원칙들을 제안하였다. 이 원칙들은 저자의 오랜 경험, 전문가와의 면담, 관련문헌 분석결과를 종합해서 도출한 것으로 추상화계층을 활용하는데 유용하게 활용될 것이다. 그러나 제안한 적용원칙들의 적용과정을 구체화하고 그 유용성을 평가할 수 있는 구체적인 적용사례들이 추가적으로 확보되어야 할 것이다.

5. References

- [1] Achonu, J and G.A. Jamieson. (2003). "Work Domain Analysis of a Financial System: An Abstraction Hierarchy for Portfolio Management.", Proceedings of the 22nd European Annual Conference on Human Decision Making and Control.
- [2] Ahlstrom, Ulf. (2005). "Work Domain Analysis for Air Traffic Controller Weather Displays.", Journal of Safety Research, 36(2): 159-169.
- [3] Bisantz, Ann M and Kim J. Vicente. (1994). "Making the Abstraction Hierarchy Concrete.", International Journal of Human-Computer Studies, 40(1): 83-117.
- [4] Burns, Catherine M and Kim J. Vicente. (1995). "A Framework for Describing and Understanding Interdisciplinary Interactions in Design.", Proceedings of the 1st Conference on Designing Interactive Systems.
- [5] Burns, Catherine M, Johnson Kuo, and Sylvia Ng. (2003). "Ecological Interface Design: a New Approach for Visualizing Network Management.", Computer Networks, 43(3): 369-388.
- [6] Burns, Catherine M, Ann M. Bisantz, and Emilie M. Roth. (2004). "Lessons from a Comparison of Work Domain Models: Representational Choices and Their Implications.", Human Factors, 46(4): 711-727.
- [7] Cowan, F. Scott, Janet K. Allen, and Farrokh Mistree. (2006). "Functional Modelling in Engineering Design: a Perspectival Approach Featuring Living Systems Theory.", Systems Research and Behavioral Science, 23(3): 365-381.
- [8] Diaper, Dan and Neville Stanton. (Eds.). 2004. The Handbook of Task Analysis for Human-Computer Interaction, Lawrence Erlbaum.
- [9] Hajdukiewicz, John R, Kim J. Vicente, D.J. Doherty, Paul Milgram, and Catherine M. Burns. (2001). "Modeling a Medical Environment: an Ontology for Integrated Medical Informatics Design.", International Journal of Medical Informatics, 62(1): 79-99.
- [10] Hajdukiewicz, John R and Kim J Vicente. (20

- 04). "A Theoretical Note on the Relationship between Work Domain Analysis and Task Analysis.", *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 5(6): 527-538.
- [11] Ham, Dong-Han and Wan Chul Yoon. (2001). "The Effects of Presenting Functionally Abstracted Information in Fault Diagnosis Tasks.", *Reliability Engineering and System Safety*, 73(2): 103-119.
- [12] Ham, Dong-Han and Wan Chul Yoon. (2001). "Design of Information Content and Layout for Process Control Based on Goal-Means Domain Analysis.", *Cognition, Technology, and Work*, 3(4): 205-223.
- [13] Ham, Dong-Han, Jeongyun Heo, Peter Fos sick, William Wong, Sanghyun Park, Chiwon Song, and Mike Bradley. (2006). "Conceptual Framework and Models for Identifying and Organizing Usability Impact Factors of Mobile Phones.", *Proceedings of OZCHI 2006*.
- [14] Higgins, P.G. (1999). *Job Shop Scheduling: Hybrid Intelligent Human-Computer Paradigm*. Unpublished Ph.D. Thesis, The University of Melbourne.
- [15] Jansson, Anders, Eva Olsson, and Mikael Erl andsson. (2006). "Bridging the Gap between Analysis and Design: Improving Existing Driver Interfaces with Tools from the Framework of Cognitive Work Analysis.", *Cognition, Technology and Work*, 8(1): 41-49.
- [16] Kossiakoff, Alexander and William N. Sweet. (2003). *Systems Engineering: Principles and Practice*, Wiley.
- [17] Kwon, Gyuhyun, Dong-Han Ham, and Wan Chul Yoon. 2007. Evaluation of Software Usability Using Scenarios Organized by Abstraction Structure. *Proceedings of European Conference on Cognitive Ergonomics*.
- [18] Leveson, Nancy. 2000. Intent Specifications: A n Approach to Building Human-Centred Specifications, *IEEE Transactions on Software Engineering*. 26(1): 15-35.
- [19] Lind, Morten. (2003). "Making Sense of the Abstraction Hierarchy in the Power Plant Domain.", *Cognition, Technology and Work*, 5(2): 67-81.
- [20] Lintern, Gavan. (2006). "A Functional Works pace ofr Military Analysis of Insurgent Operations.", *International Journal of Industrial Ergonomics*, 36(5): 409-422.
- [21] Mazaeva, N and A.M. Bisantz. (2007). "On the Representation of Automation Using a Work Domain Analysis.", *Theoretical Issues in Ergonomics*, 8(6): 509-530.
- [22] Miller, Anne. (2004). "A Work Domain Analysis Framework for Modelling Intensive Care Unit Patients.", *Cognition, Technology and Work*, 6(4): 207-222.
- [23] Naikar, Neelam and Penelope M. Sanderson. (1999). "Work Domain Analysis for Training System Definition and Acquisition.", *The International Journal of Aviation Psychology*, 9(3): 271-290.
- [24] Naikar, Neelam and Penelope M. Sanderson. (2001). "Evaluating Design Proposals for Complex Systems with Work Domain Analysis.", *Human Factors*, 43(4): 529-542.
- [25] Naikar, Neelam, B. Pearce, D. Drumm and Penelope M. Sanderson. (2003). "Designing Teams for First-of-a-Kind Complex Systems Using the Initial Phases of Cognitive Work Analysis: A Case Study.", *Human Factors*, 42(2): 202-217.
- [26] Naikar, Neelam. (2013). *Work Domain Analysis: Concepts, Guidelines, and Cases*, CRC Press.
- [27] Rasmussen, Jens. (1986). *Information Processing and Human-Machine Interaction: An Approach to Cognitive Engineering*, North-Holland.
- [28] Rasmussen, Jens, Annelise Pejtersen, and L. P. Goodstein. (1994). *Cognitive Systems Engineering*, John & Wiley Sons.
- [29] Skyttner, Lars. (2005). *General Systems Theory*, World Scientific.
- [30] Vicente, Kim J. (1999). *Cognitive Work Analysis*, Lawrence Erlbaum Associates.
- [31] Vicente, Kim. J. (1999). "Wanted: Psychologically Relevant, Device- and Event-Independent Work Analysis Techniques.", *Interacting with Computers*, 11(3): 237-254.
- [32] Vicente, Kim and Jens Rasmussen. (1992). "Ecological Interface Design: Theoretical Fo

- undations.”, IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, 22(4): 589-606.
- [33] Wright, H, C. Mathers, J.P.R.B. Walton. (20 13). “Using Visualization for Visualization: A n Ecological Interface Design Approach to I nputting Data.”, Computer & Graphics, 37(3): 202-213.
- [34] Xu, Wei, Marvin J. Dainoff, and Leonard S. Mark. (1999). “Facilitate Complex Search Ta sks in Hypertext by Externalizing Functional Properties of a Work Domain.”, International Journal of Human-Computer Interaction, 11 (3): 201-229.

저 자 소 개

함 동 한



현재 전남대학교 산업공학과 조 교수. 인하대 산업공학과 공학사, KAIST 산업공학과 공학석사 및 공학박사를 취득하였음. 2001 ~ 2005년 ETRI 선임연구원 재직. 2005 ~ 2012년 영국 미들섹스대학교 공학 및 정보과학부 종신연구중심교원 재직. 연구 분야는

인지시스템공학, 지식서비스공학, 서비스과학, 인간-컴퓨터 상호작용, 시스템 안전공학 등
주소: 광주광역시 북구 용봉로 77 전남대학교 공과대학 산업공학과