

Development of Design Aiding System for the application of the Cognitive Interface for information displays

Doo Wan Ra, Woo Chang Cha

Department of Industrial Engineering, Kumoh National Institute of Technology, Gumi, Gyeongbuk, Korea

ABSTRACT

Objective: The purpose of this study is to develop the Design Aiding System (DAS) which may be used for the design of cognitive interface for an operator. **Background:** Limited human attention resources produce cognitive load and so critical human error. In particular, the case of large-scale systems due to human error from the limited attention resources had often very large accidental damage. So, it is necessary to develop the cognitive interface to reduce cognitive load. Nevertheless, it is difficult due to mis-communication of information between operators and interface designers. The DAS helps to prevent mis-communication. **Method:** The scope of the study is limited the steam generator of a nuclear power plant. We used a program builder and collect design factors to design the DAS. The builder constructs user interface, data base (fact & rule), inference engine, explanation facility, self-training facility, knowledge acquisition facility, etc. The design factors are represented by the hierarchical relationship between factors. **Results:** This study describes builder of the process for program development and a method for selecting factor. **Conclusion:** In future research, we will make the program and test verification through scenario. **Application:** Through this study, an operator is able to make easily the cognitive interface and the developer will be able to know enough the system requirements.

Keywords: Cognitive Interface, Ecological Interface Design, Nuclear Power Plant, Work Domain Analysis

1. Introduction

크고 복잡한 시스템(원자력 발전소)의 경우 운전원들은 수많은 정보를 받아들이며, 정보를 해석하여 상황에 맞는 판단과 행동을 취해야만 한다. 이러한 판단과 행동은 시스템이 복잡해질수록 운전원에게 더 많은 직무 부하(workload)를 주게 되며, 인적 오류(human error)로 이어지게 된다. 인적 오류는 운전원의 인지적 부하에 따른 상황인지 및 판단의 실수로 생각해 볼 수 있으며, 이러한 실수를 막기 위한 노력으로 자동화나 aiding등의 연구들이 많이 이루어지고 있다. 하지만 복잡한 시스템의 경우 모든 시스템을 자동화 하는 데는 한계가 있다. 또한 자동화는 운전원 측면에서 볼 때 인간 작업자가 모니터링해야 하는 시스템 상태 정보들이 증가하면서 이에 따른 인간의 작업부하가 증가하며, 자동화 수준이 높아질수록 인간 작업자는 자동화된 기계를 과도하게 신뢰하는 경향을 가지게 된다. 뿐만 아니라 기계가 아무리 자동화된다고 해도 기계 지식베이스에 시스템과 외부환경의 모든 정보를 프로그래밍하는 것은 거의

불가능하다(Cha, 2013). 따라서 인지적인 인터페이스를 설계하여 운전원에게 충분한 보조 화면을 제시하고 인지적 부하를 줄일 필요가 있다.

인지적 인터페이스란 인지공학적 원리를 이용해 설계된 인터페이스로 운전원의 인지모형에 기초하여 인터페이스를 최적화 시키는 설계방법이다. 현재 추상화된 정보를 시각화하여 인지적 작업부하를 줄이는 인지적 인터페이스 설계 방법은 크게 정보기반설계(IRD, information Rich Display)와 생태학적 인터페이스 설계(EID, Ecological Interface Design)의 두 가지 방법이 있다(Cha, 2013). 이와 같은 인지적 인터페이스를 설계하는 것은 쉽지가 않은데, 이것은 시스템의 추상적인 기능(abstract function)과 일반적인 기능(generalized function)을 연결하기 위한 지식을 습득하는 것이 어렵기 때문이다. 이러한 인지적 인터페이스를 설계하기 위한 프로젝트나 작업에 들어가기 전에 보통 도메인에 대한 정보를 습득하게 된다. 좋은 설계를 위해서는 이러한 정보를 충분히 습득할 필요가 있으나 매뉴얼, 인터뷰, 직무 분석 자료 등으로 얻어낼 수 있는 정보는 그렇게 많지 않다.

과거 EID라는 방법론을 이용하여 원자력 발전소 주 제어

실의 화면을 설계하였으나, 결과적으로 aiding 화면으로 사용은 할 수 있지만, 실제 운전원이 원하는 정보가 충분히 표현되지 못했다는 평가를 받았다. 이것은 복잡한 시스템의 도메인을 파악하고 학습하는 데는 많은 정보적, 시간적 한계가 있었기 때문이다(Yoon 2012).

인지공학자에게는 현장에 대한 지식이 부족하며, 현장 작업자에게는 인지공학적 지식이 부족하다. 두 지식 사이의 차이는 잘못된 설계안을 도출하게 되는 원인이 된다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 인지적 인터페이스 활용을 위한 DAS(design Aiding System)를 제안하고자 한다.

본 연구의 범위상 인지적 인터페이스의 적정 설계를 위한 가이드라인 제시를 목적으로 하고 있다.

2. Method

2.1 DAS building block

일반적으로 DAS는 지능형 시스템(intelligence system)의 구조를 따른다. User는 주어진 Interface를 통하여 질문을 하거나 해당 내용을 입력하게 되면 Data Base에 담겨져 있는 내용과 물에 기초하여 추론하고 그 결과를 다시 interface를 통하여 User에게 전달한다. 이러한 아키텍처에 지식획득기관(knowledge acquisition facility), 자기훈련기관(self-training facility), 설명기관(explanation facility) 등을 추가 하여, 데이터를 좀 더 수월하게 수집할 수 있는 지능형 시스템을 구현한다.

2.2 Java Programing

일반적으로 지능형 시스템은 객체지향적인 언어를 이용하여 제작된다. 본 연구에서는 Java언어를 이용하여 시스템을 구축하고자 한다. 이 언어는 객체 지향적이며, 최근 컴퓨터 기술의 발달로 과거 문제시 되었던 속도부분이 매우 향상되어 최근 많이 사용되는 언어이다.

2.3 Work Domain Analysis

시스템에 필요한 인자들은 Rasmussen(1992)이 제안한 추상적 계층(Abstract Hierarchy) 분석을 이용한다.

추상적 계층 분석의 상위 계층은 시스템의 목적을 표현하며, 하위 계층은 시스템의 목적달성을 위해 세분화된 여러 기능을 의미한다. (Figure 1)과 같이 각 단계의 관계는 Means-end 관계로 되어 있어 시스템의 목표달성을 위한 체계적인 정보구조를 취하게 된다.

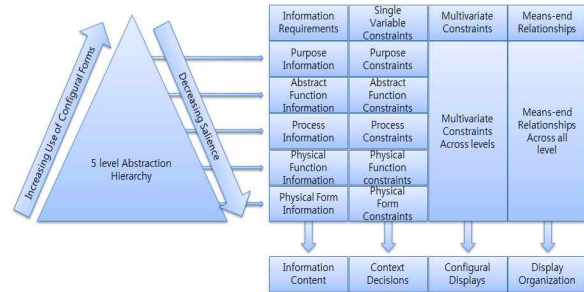


Figure 1. EID Process (Burns 2004)

상위 계층인 FP(Functional Purpose)단계에서는 목적을 정의하며, AF(Abstract Function)단계는 작업영역의 인과 관계 묘사와 목적 수행에 필요 에너지의 양이나 흐름, 균형과 관련된 일반적인 원리나 법칙을 나타낸다. GF(Generalized Function)단계는 AF단계의 내용에 대한 구체적인 서술로 시스템의 프로세스를 설명하며, 마지막으로 PF(Physical Function)단계는 ‘구성 요소(component)가 무엇인지?’, ‘요소의 능력(capability)은 어느 정도인지?’, ‘여러 프로세스를 어떻게 관련시키는지?’ 등에 대한 내용을 묘사하며, 마지막으로 PF(Physical Form)단계에서 장비의 물리적 외형과 위치 등을 묘사한다. Abstract Hierarchy를 통한 작업영역분석 결과를 토대로 각 단계에서 정보 요구사항(information requirements)들을 도출하고 화면설계를 하게 된다.

3. Results

3.1 DAS building block

DAS의 세부 세부 내용을 살펴보면, 대상 사용자(user)는 인지적 인터페이스를 설계 또는 사용하고자 하는 사람이 되겠다. 데이터베이스(database)는 크게 세 부분으로 나뉜다. 하나는 원자력 발전소의 정보와 사용자가 입력한 정보를 가지고 있는 Fact A, 인지적 인터페이스 설계의 가이드라인이 들어있는 Fact B, 마지막으로 인지적 이론을 기초하여 인자들을 계층적으로 나누는 정보를 가진 Rule이라는 데이터베이스이다. 이 데이터 베이스에 정보를 넣는 사람을 전문가(expert)라 하며, 전문가와 데이터베이스를 연결시켜주는 부분이 지식획득기관이 된다. 이곳을 통하여 원전 전문가들은 원자력 발전소 시스템의 인자에 관련된 정보와 각 인자들의 관계를 입력하며, 인지공학 전문가는 인지적 이론에 관련된 물과 가이드라인을 입력한다. 데이터베이스에 입력된 정보를 기반으로 추론엔진(inference engine)이 구축

되며, Fact A에 입력된 내용을 기반으로 User Interface를 통하여 결과물을 출력하게 된다. 이러한 결과물은 설명기관을 통해 사용자에게 어떠한 과정을 거쳐 다음과 같은 결과물이 나왔는지를 확인시키거나 수정할 수 있도록 도와주며, 자기훈련기관을 통하여 선택된 항목을 카운팅하여 이후 반복적인 작업에서 각 인자에 가장 많이 사용되는 그래프 등을 추천해 줌으로 더욱 효과적으로 화면을 설계할 수 있도록 도와주게 된다. 이 내용을 도식화한 내용은 아래 (Figure 2)와 같다.

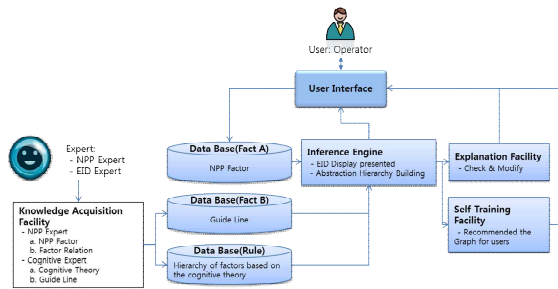


Figure 2. Diagram of DAS Building Block

3.2 Programming Concepts

사용되는 인터페이스와 추론엔진 등의 설계는 모두 자바언어를 사용한다. 첫 화면에서 사용자는 구현하고자 하는 인지적 인터페이스의 목적을 선택한다.

목적이 정해지면 다음은 화면에 표시할 인자들을 선택하게 된다. (Figure 3)은 밸브의 인자들 중 필요한 인자를 선택하는 화면이다. 기본적으로 주어지는 화면은 실제 사용자가 디지털 환경에서 사용하는 P&ID 화면을 제시하며, 화면에 나타난 밸브들을 클릭하여 인자를 선택하도록 한다.

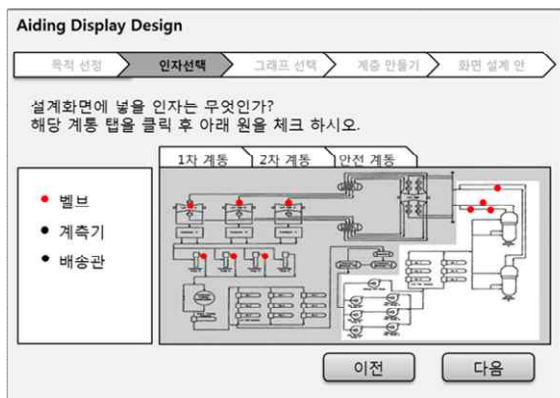


Figure 3. DAS display: information requirement

(Figure 4)는 선정된 인자를 어떻게 표현할 것인지를 정하는 화면이다. 온도나 습도와 같은 각각의 인자에 따라 실제 표현되고 있는 그래프의 형태를 제시하며, 그 중 사용자가 사용하고 싶은 그래프의 형태를 선택하도록 하는 화면이다. 여기에서 선택된 그래프들은 카운팅되어 일정한 데이터가 쌓이게 되면 자기훈련기관에 의해 인자 별로 가장 많이 사용되는 그래프를 사용자에게 제시하여 좀 더 정확한 결과 화면을 만들 수 있도록 도와준다.

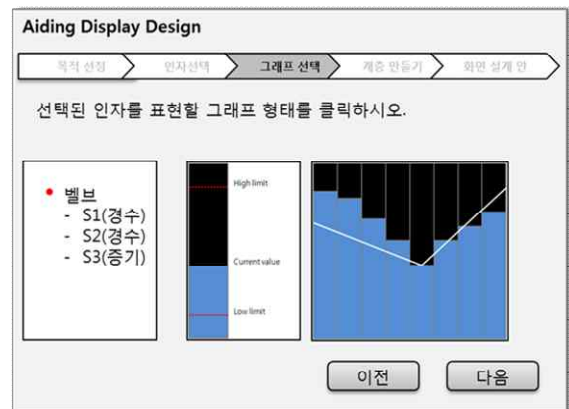


Figure 4. DAS display: information display

앞의 프로세스에서 모인 정보들은 추론 엔진에 의해 (Figure 5)와 같이 계층적으로 나타난다. 이와 같은 화면은 Fact B와 Rule 데이터베이스를 기초로 하여 정해지게 되며, 사용자의 요구에 따라 수정이 가능하다. 수정된 내용은 전문가들에게 피드백(Feedback)되어, 데이터베이스가 업그레이드 될 수 있도록 도와준다.

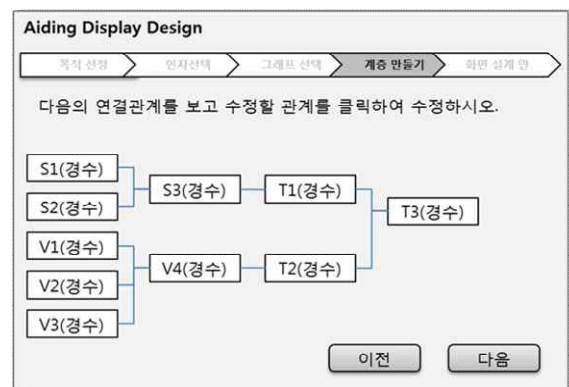


Figure 5. DAS display: system hierarchy

마지막으로 계층화된 인자들은 그래프로 표현이 되며, 그 결과는 (Figure 6)과 같은 화면으로 나타난다.

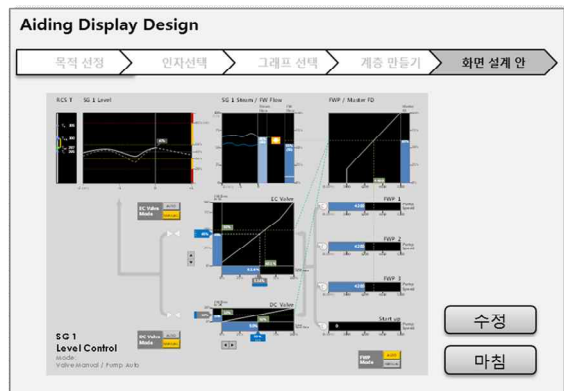


Figure 6. DAS display: result

3.3 Work Domain Analysis

추상적 계층 분석을 이용하여 먼저 물리적 기능에 해당하는 증기발생기의 인자들을 수집하였다. 인자들은 크게 세가지로 화면표시, 밸브, 펌프로 나누었으며, 선택된 인자는 다시 제어할 수 있는 인자와 제어할 수 없는 인자로 구분하여 수집하였다. 화면표시 인자는 SG Pressure PRV와 18가지, 밸브인자는 FWP Flow Valve와 14가지, 펌프인자는 FW Startup Pump와 6가지로 선택하였다. 증기발생기를 설명하기 위해서는 가압기나 원자로 등의 인자와 연관성이 크기 때문에 모두 나열을 해야 하지만 본 연구에서는 연구범위 상 증기발생기만을 대상으로 하였기 때문에 각 인자의 모든 관계를 파악하지 않았으며, 증기발생기 이외의 인자들은 모두 배제하였다.

4. Conclusion

최근 원자력 발전소의 환경이 아날로그에서 디지털 환경으로 바꾸는 과정에서 많은 연구가 이루어지고 있다. 디지털 환경은 한정적인 화면 내에서 필요한 정보들을 작업부하가 적도록 표현 해야 하지만 그 작업은 쉬운 것이 아니다. 본 연구를 통하여 인지적인 화면을 쉽게 설계할 수 있도록 도와줄 수 있다면, 인지적 인터페이스의 보급을 통하여 복잡한 직무를 좀 더 쉽게 처리 할 수 있도록 도와줄 것이다. 경우에 따라 운전원들은 작업 시 필요한 정보화면을 쉽게 만들고 사용할 수 있으며, 사용자에게 의해 사용된 정보는 데이터베이스로 구축되어 차후 화면 설계를 하는 경우 필요한 정보를 쉽게 알아 볼 수 있을 것이다. 이것은 기존에 매뉴얼이나 인터뷰를 통해서만 얻을 수 있는 정보를 좀더 체계적으로 정리하고 관리할 수 있으므로 정보누

락 등과 같은 오류를 최소화 시킬 수 있도록 도와줄 것이다.

References

- Burns, M. & Hajdukiewicz, R. *Ecological Interface Design*, CRC PRESS, p. 104, 2004.
- Vicente, K. & Rasmussen, J. "Ecological interface design: Theoretical foundation", *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, 22:1-18, 1992.
- Woo Chang Cha, *Cognitive System Design*, chaos book, pp.186-187, p.251, 2013.
- Yoon WC, *Development of Cognitive Engineering Display and Optimized Pattern Recognition Technique for Fault Detection*, A10NT01, KHNP technical report, 2012.

Author listings

Doo Wan Ra: greenpea78@kumoh.ac.kr

Highest degree: MS, Department of Industrial Engineering, KIT

Position title: PhD candidate, Department of Industrial Engineering, KIT

Areas of interest: Cognitive Systems Engineering

Woo Chang Cha: chaw@kumoh.ac.kr

Highest degree: PhD, Department of Industrial Engineering, OSU

Position title: Professor, Department of Industrial Engineering, KIT

Areas of interest: Cognitive Systems Engineering. HPP modeling