

The Effects of Types of Knowledge on the Performance of Fault Diagnosis

함동한, 윤완철

한국과학기술원 산업공학과

ABSTRACT

With respect to the effectiveness of types of knowledge on human diagnostic performance, the results of several experiments claimed that training with diagnostic rules (procedural knowledge) is more effective than training that provides theoretical knowledge (principle knowledge). However, we usually have the idea that understanding the principles of system dynamics is necessary for diagnosis in some situations. In this study, we pointed out some problems in the previous experiments that force to reinterpret their experimental conclusions. Accordingly, we conducted an experiment to reinvestigate the value of theoretical knowledge in two problem situations. A simulator system, which is named DLD, that is to diagnose an electronic device was created for this purpose. It is a context-free digital logic circuit which includes forty-one gates of three basic types. Our experiment investigated the marginal effects of theoretical knowledge over common diagnostic rules. The experimental results showed that the effectiveness of the instruction in theoretical knowledge is dependent on the complexity of diagnostic situations. This adds up an experimental evidence against the presumed ineffectiveness of theoretical knowledge and forward reasoning in fault diagnosis. Furthermore, the result suggests the source of the use of theoretical knowledge.

I. 서론

인간과 기계의 통합된 시스템을 대상으로 하는 인간-기계 시스템 (Human-Machine Systems)의 연구는 인간의 능력과 한계를 이해하고 인간의 수행도를 향상시켜줄 수 있는 시스템 개발에 초점을 맞추어 가고 있다 [10]. 한편, 점점 정보기술이 발전해감에 따라서 우리가 접하게 되는 시스템들은 점점 대규모화, 자동화되어 가고 인간의 역할은 감시, 제어, 진단 등의 고도의 문제해결을 해야하는 의사결정자로 바뀌어 가게 된다 [8, 10]. 즉, 인간의 물리적 작업과 자동화가 용이한 정신적 작업들은 컴퓨터가 인간의 그것을 대신하게 되고 결국 인간은 컴퓨터로서 대신할 수 없는 고도의 정신적 작업을 수행하게 되는 것이다. 이런점을 고려할때 인간의 인지적 행위의 특성 (능력과 한계)을 연구해서 적합한 정보 지원 시스템을 설계하는 것은 매우 중요한 의미를 갖게 된다.

한편, 고장진단은 인간의 의사결정 문제중에서 가장 어려운 분야임이 여러 연구결과에 의해 알려져 있다 [13]. 이때문에 인지공학, 인공지능의 분야에서 고장진단의 수행도를 향상시키기 위한 노력이 행해져 왔다. 그런데, 고장진단은 아직까지 기계에 의한 완전 자동화가 어려우며 인간의 여러 인지적 능력을 요구하는 분야이다 [15]. 그러므로, 현재 고장진단의 수행도를 향상시키기 위한 연구의 바람직한 방향은 고장진단 과정에서 나타나는 인간의 인지적 특성을 연구해서 최적의 정보 지원 시스템을 설계하는 것으로 받아들여지고 있다 [14, 15]. 인간이 고장진단의 주체로서 효율적으로 진단을 수행하기 위해서는 충분한 훈련과 정보 지원을 필요로 하게 된다.

진단자의 훈련과정에서 가장 중요한 문제는 어떠한 지식을 진단자에게 제공하느냐 하는 것이다 [6]. 즉, 진단자의 수행도와 진단자가 가지게 될 지식과

의 관계에 대한 문제가 될 수 있다. 그런데, 인간이 가지게 되는 지식은 그 형태에 따라서 크게 두가지로 나누어 지게 된다 [1]. 첫째는 원리적 지식 (Principle Knowledge)으로 한 시스템의 구조와 기능에 관한 것이다. 즉, 시스템 설계의 기반이 되는 이론에 관한 지식인 것이다. 두번째는 절차적 지식으로 인간의 행동절차를 유도하는 지식이다. 결국, 진단자가 가지게 되는 지식의 형태와 고장진단의 수행도와의 관계가 중요한 연구주제로 생각될 수 있다. 본 논문은이 문제를 다루고 있다.

본 논문에서는 위에서 언급한 사항에 관한 기존의 연구 결과들을 고찰해 보고 그 문제점을 제시하고 있다. 제시된 문제점을 바탕으로 위 연구과제에 대한 새로운 가설을 제시하고 이 가설을 검증하기 위한 실험을 설명하고 있다. 이에선 실험 시뮬레이터, 실험계획, 실험 결과 및 분석이 포함된다. 마지막으로, 실험결과를 바탕으로 지식의 형태와 고장진단의 수행도에 관한 새로운 연구결과와 그 의미를 설명하고 있다.

II. 연구의 배경이론 및 연구의 목적

2-1. 지식의 형태

지식의 형태에 대해서는 서론에서 언급을 했지만 다시 한번 설명하고자 한다. 지식공학 분야에서는 여러 기준에 의해서 지식을 분류하고 있지만 인간이 인지적 행위를 할때 그 인지적 행위를 직접적으로 유도하느냐에 따라서 절차적 지식(Procedural Knowledge)과 원리적 지식 (Principle Knowledge)으로 나누고 있다 [9]. 절차적 지식은 어떠한 행위절차를 규정해서 많은 인지과정을 거치지 않고도 요구되는 행위를 할 수 있도록 해주는 형태의 지식을 말하는 것이다 [7, 11]. 절차적 지식의 예로서 어떤 device의 이용절차, 특수한 고장형태에 대한 진단과정의 행위규정등을 생각할 수 있다. 이 절차적 지식은 일반적으로 IF_THEN의 형식을 가지게 된다. 절차적

지식을 다른 용어로 Shallow Knowledge, Surface Knowledge로 부르기도 한다. 원리적 지식은 우리가 대하게되는 한 시스템의 설계원리를 바탕으로 이루어진 지식이다 [2, 3, 4]. 즉, 시스템의 구조 (Structure)와 기능 (Function)에 관계된 지식인 것이다. 인간이 원리적 지식을 이용할때는 절차적 지식에 비해서 많은 인지적 과정을 거치게된다. 이것은 요구되는 행위를 하기위해서는 원리적 지식을 기능적 지식으로 바꿀 필요가 있기 때문이다. 이 원리적 지식을 다른 용어로 Deep Knowledge, Declarative Knowledge로 부르기도 한다.

2-2. 인간의 고장진단 행위

우선, 인간의 고장진단 행위는 일반적으로 다음과 같은 순서로 이루어 진다고 말할 수 있다 [12]. 1) 고장발생 증상의 인식, 2) 고장의 결과가 어느정도로 심각한가에 대한 판단, 3) 발생가능한 고장후보들의 설정, 4) 설정된 후보들에 대한 가능성의 순위매김, 5) 테스트, 6) 수리 및 결과의 판단, 7) 평가. 이러한 순서는 항상 순차적으로 일어나지도 않고 많은 피드백과 반복이 일어날 수 있다는 것을 주의해야 한다.

우리는 일반적으로 인간의 행위를 숙련정도에 따라서 지식기반 행위 (Knowledge-Based Behavior), 규칙기반 행위 (Rule-Based Behavior), 기술기반 행위 (Skill-Based Behavior)로 분류할 수 있다 [8]. 인간이 어떤 분야의 행위를 처음으로 하게될 때는 그 분야의 지식을 이용해서 지식기반 행위를 하게되지만 점점 그분야에 익숙해지면서 익숙해진 행위의 절차를 갖게되고 규칙기반행위를 하게된다. 이 단계를 지나면 전문가가 되면서 기술기반 행위를 하게되는 것이다. 여기서 우리는 지식기반 행위에서는 원리적 지식이 이용되고 규칙기반 행위 및 기술기반 행위에서는 절차적 지식이 이용된다는 것을 알 수 있다. 고장진단을 할때 진단자가 절차적 지식을 이용할 때를 규칙기반 진단 (Rule-Based Diagnosis)을 한다고 하고

원리적 지식을 이용할 때를 지식기반 진단 (Knowledge-Based Diagnosis)을 한다고 한다 [9].

한편, 우리가 접하게 되는 고장도 그 특성에 따라서 크게 두가지로 분리할 수가 있다. 첫째로, 가장 많이 발생하는 고장으로 일상적 고장 (Routine Fault, or Familiar Fault)이다. 이것은 진단자가 훈련 및 경험등에 의해서 접해본 고장으로서 그 고장의 가능성을 예측할 수 있는 고장이다. 두번째로, 시스템 설계시에 전혀 예측을 하지 못하여 진단자가 그 고장에 대해서 전혀 진단절차를 갖고 있지 않은 고장을 생각할 수 있다. 이러한 고장을 진기한 고장 (Novel Fault, or Unfamiliar Fault)으로 부르고 있다 [15]. 지식의 형태와 고장의 형태를 함께 고려할 때 일상적 고장에는 절차적 지식이, 진기한 고장에는 원리적 지식이 이용된다고 생각할 수 있다 [9, 15].

2-3. 기존의 연구 결과 및 문제점

본 연구의 주제인 지식의 형태와 진단자의 수행도와와의 관계에 대해서 많은 연구들이 이루어져 왔다. 그 중에서 1985년에 Morris 에 의해 이루어진 연구결과가 주목할만하다 [7]. Morris는 자신의 연구에서 이 문제를 다루기 위해 다음과 같은 실험을 했다. 우선, 실험을 위해서 PLANT라는 process plant의 시뮬레이터를 만들어서 피실험자에게 생산량을 최대 로 하면서 고장이 발생했을 때는 진단을 수행하여 공정을 안정시킬 수 있도록 하였다. 이 실험에서의 이용가능한 지식은 1)시뮬레이터에 관한 기본적 지식, 2)일상적 고장에 대한 진단절차, 3) PLANT구현에 관련된 원리에 관한 지식의 3가지로 나눌 수 있었다. 위 3가지중 어떤지식을 훈련과정에서 습득했는가에 따라서 피실험자를 4그룹으로 나누었다. A 그룹은 1)의 지식을, B그룹은 1)과 2)의 지식을, C그룹은 1)과 3)의 지식을, D그룹은 모든지식을 습득하도록 하였다. 피실험자에 대한 훈련이 끝난뒤에 4회에 걸쳐서 고장진단을 수행하게 했다. 4회중에서 일

상적 고장이 2회, 진기한 고장이 2회로 설정되어 있었다. 실험결과는 다음과 같았다. 1) 일상적 고장의 진단에서 B그룹과 D그룹이 A그룹과 C그룹보다 우수했다, 2) 진기한 고장의 진단에서 B그룹이 C그룹 및 D그룹과 비슷한 수행도를 보였다. 3) B그룹과 D 그룹이 A그룹과 C그룹에 비해서 전체 수행도면에서 우수했다. 4) B그룹과 D그룹은 전체 수행도면에서 별로 차이가 없었다. 5) C그룹이 A그룹보다 전체 수행도면에서 우수했다. Morris는 이러한 실험결과를 바탕으로 1) 원리적 지식과 절차적 지식 모두 진단수행도를 향상시키는데 효과적이다, 2) 원리적 지식이 진기한 고장을 진단하는데 별로 효과적이지 못하다, 3) 절차적 지식이 원리적 지식보다 진단수행도를 향상시키는데 더욱더 효과적이다라고 결론을 내렸다. 즉, Morris는 진단수행도와 지식의 형태와의 관계에 대한 문제를 절차적 지식의 우월성으로 결론을 내린것이다. 그리고, 자신의 연구결과를 더욱더 뒷받침해줄수 있는 증거로 다른 기존의 연구결과들도 함께 예로 들었다. 이 기존의 연구들도 모두 절차적 지식의 우월성을 연구결과로서 제시하고 있다.

그러나, 우리는 일상적 고장의 진단에는 절차적 지식이, 진기한 고장의 진단에는 원리적 지식이 이용되어야 한다는 생각을 가지게 된다. 즉, 많이 접해본 일상적 고장을 진단할 때는 절차적 지식을 이용해서 즉각적으로 어떤 규정된 진단의 절차를 따르게 되어서 진단의 수행도를 높이고, 전혀 규정된 절차를 갖고 있지 않은 진기한 고장을 진단할 때는 원리적 지식을 이용해야 한다는 생각을 하게된다. 이러한 생각을 바탕으로 우리는 Morris의 연구와 다른 기존의 연구들이 몇가지 문제점을 지니고 있음을 알 수 있었다. 우선, 이 연구들에서 설정된 진기한 고장이 복잡도 면에서 충분히 복잡하지 않았다는 것이다. 진단자가 진기한 고장이라고 느끼기에는 너무나 복잡도가 낮아서 원리적 지식을 이용할 필요를 많이 느끼지 못했다는 것이다. 그래서, 원리적 지식의 가

치를 제대로 평가하지 못했다는 것을 알 수 있었다. 또한 연구에서 이용되었던 시뮬레이터가 일련의 규칙을 이용해서 거의 완벽하게 제어될 수 있었다는 점도 문제점으로 지적할 수 있었다.

2-4. 연구의 목적

2-3에서 지적인 기존연구들의 방법론적인 문제점을 바탕으로 우리는 원리적 지식이 진단수행도에 대해서 가지는 가치를 다시 한번 연구해야 할 필요성을 느끼게 되었다. 즉, 고장진단의 수행도를 향상시키기 위해서 진단자가 갖게되는 지식의 형태와 그 효과에 대하여 새로운 사실을 얻고자 함이 본 연구의 목적이다. 구체적으로, 본 연구는 2가지 사실을 밝히고자 하였다. 1) 원리적 지식의 여분의 효과(Marginal Effect)가 존재한다. 2) 어느 한가지 형태의 지식이 일방적으로 우월한 것이 아니고, 고장의 복잡도에 따라서 그 효과가 달라질 수 있다. 이러한 두가지의 가설을 입증하고자 우리는 전자회로를 기초로 한 시뮬레이터를 이용해서 실험을 수행하였다.

III. 실험 및 결과

3-1. 실험 시뮬레이터

기존의 연구들에서 발견할 수 있었던 결점을 보완해서 실험을 하기 위해서는 몇가지 특성을 만족하는 시뮬레이터의 개발이 요구되었다. 그 특성은 다음과 같다. 1) 피실험자들이 시뮬레이터를 인식하는 것이 동일하게 어떤 특정한 의미를 갖는 것이 아니고 개개인이 인지하는 것이 모두 다른 의미를 갖는 'context-free'한 성격을 갖는 시뮬레이터. 2) 충분히 복잡한 정도의 진기한 고장을 설정할 수 있는 시뮬레이터. 3) 모든 고장의 진단이 설정되어진 규칙들로 모든 해결할 수 없어서 시스템의 설계지식을 이용해야 되는 시뮬레이터. 4) 피실험자가 시뮬레이터와 상호작용하며 진단을 수행해야 할 것.

이러한 성격을 만족하는 시뮬레이터를 설계하기

위해 우리는 전자회로의 기본적인 6개의 gate중에서 AND, OR, X-NOR의 3가지 gate로 구성되고, 총 41개의 gate로 이루어진 가상회로(DLD : Digital Logic Diagnosis)를 구성하였다. 이 회로는 4개의 입력 포인트와 4개의 출력 포인트를 가지고 있다. 정상적으로 이 회로가 작동이 되면 입력이 들어간대로 출력이 나오도록 설계가 되어있다. 예를들면, 입력으로 '0-1-1-0'가 들어 갔다면 출력은 그대로 '0-1-1-0'가 나와야 하는 것이다. 만일, 회로 어디에선가 한 gate가 고장이 났다면 출력은 입력과 다르게 나오게 된다. gate의 고장은 그 gate에 연결된 두개의 입력 line중에서 어느 하나가 절단 되어서 그 gate가 원래 기능을 할 수 없도록 만드는 고장을 말한다. 절단된 line으로는 항상 '0'가 흐르는 것이 된다. 예로서, 어떤 AND gate에서 고장이 발생했으면 '1-1'이 입력되었더라도 '1'이 아닌 '0'를 출력시키게 되는 것이다. 여기서, 이런 회로에서 일어나는 고장은 피실험자가 전혀 예상을 할 수 없으므로 진기한 고장의 형태라고 생각할 수 있다. 입력과 다른 출력의 형태를 보고 피실험자는 고장나 gate를 진단해야 하는 것이다. 단, 본 시뮬레이터에서는 고장이 한 gate에서만 일어나는 'single-fault'만 설정하였다. 그리고, 피실험자가 시뮬레이터와 상호작용 하면서 진단하도록 10개의 gate에 test-point를 설정을 해서 이를 이용하도록 했다. 이 test-point는 그 gate의 출력을 보여주도록 되어있다. 결국, 피실험자는 입력의 패턴과 다른 출력의 패턴 및 10개의 test-point를 이용해서 고장난 gate를 진단해내야 하는 것이다. 그리고, 피실험자는 고장난 gate를 진단해내기 위해서 입력의 패턴을 변경해서 고장난 gate상태 하에서 새로운 출력을 얻을 수도 있다. 이 기능 역시 시뮬레이터와 상호작용하면서 진단을 하는 성격을 반영한 것이다.

이 DLD에서 우리는 두가지 형태의 지식을 생각해야 한다. 첫째로, DLD에서는 절차적 지식으로 다시 세가지 형태의 것을 생각할 수 있다. 진단절차의

제어 규칙에 관한 지식, test-point이용에 관한 지식, 입력변화 설정에 관한 지식으로 이루어지게 된다. 이 지식들은 pilot test 및 여러 고찰을 통해서 이루어진 것으로서 절차적 지식의 의미를 충분히 반영한 것이라 말할 수 있다. 두번째로, 원리적 지식은 다음과 같이 설명될 수 있다. DLD는 회로이론에서 나오는 기본적인 간단화 법칙 (simplifying rules)을 이용해서 설계가 되어있다. 간단화 법칙이란 여러개의 gate로 이루어진 sub-circuit이 하나의 gate로 간단화될 수 있는 법칙을 말한다. DLD는 입력과 출력이 동일한 기능을 갖도록 이 간단화 법칙을 철저히 이용했다. 여기서, 간단화 법칙은 DLD설계의 기본이 되는 원리이므로 이 법칙에 관한 지식이 바로 원리적 지식이 되는 것이다.

3-2. 실험계획

(1) 가설

가) 피실험자를 두 그룹(K-group, R-group)으로 나누고 K-group에는 절차적 지식과 원리적 지식을 혼련시키고 R-group에는 절차적 지식만을 혼련시켰을 때 K-group의 수행도가 R-group의 수행도보다 더 우수할 것이다. 이것은 원리적 지식의 여분의 효과 (marginal effects)가 존재함을 의미하는 것이다.

나) 고장의 형태를 K-type과 R-type의 두가지(나중에 설명)로 나누었을 때 K-group의 수행도가 R-group보다 우수한 것은 K-type의 경우에서만이다. R-type의 경우에는 두 그룹의 차이가 유의하지 않다.

다) K-group이 R-group보다 더 적은 정보획득으로 고장을 진단한다.

(2) 피실험자

KAIST 산업공학과 학부생들 20명이 실험에 참여했다. 그러나, 예비실험과 훈련을 마친 뒤에 주 실험(main session)에서는 14명을 선발해서 실험에 참여시켰다. 이것은 실험의 정확도를 더욱더 높이기

위함이었다. 14명 모두 전자회로에 관한 기본적인 지식이 없었다. 이것은 우리가 앞에서 설명한 시뮬레이터의 'context-free'한 성격이 만족됨을 의미한다.

(3) 수행도의 척도

고장진단의 수행도를 평가하기 위한 척도로서 우리는 1) 고장진단의 시간, 2) test-point이용의 수, 3) 입력변경 테스트의 수, 4) 벌점의 4가지를 이용했다. 벌점은 진단시간과 test-point이용의 수에 관한 함수로써 두 척도의 trade-off를 보완하고자 도입한 것이다. 우리는 고장진단의 시간을 제일 중요한 척도로서 이용을 했다.

(4) 문제의 구성

주 실험 (main session)에서 총 8문제의 고장이 발생하도록 하였다. 물론, 모두 다른 gate에서 고장이 발생하도록 설정하였다. 이 8문제는 크게 두가지 형태의 문제로 나누어지게 된다. 4문제는 R-type으로 이 문제들은 2개의 고장 후보를 가지며 입력 변경을 하지 않고도 test-point의 이용만으로 진단이 가능한 문제들이다. 즉, 복잡도가 낮아서 절차적 지식의 이용만으로 진단을 할 수 있는 문제들이다. 반면, 나머지 4문제는 K-type으로 4개의 고장후보를 가지며 정확한 고장을 진단하기 위해서 입력변경 테스트를 해야하는 복잡도가 높은 문제들이다. K-type의 문제들은 절차적 지식의 이용만으로는 진단을 할 수 없는 문제들이 된다.

(5) 실험계획

그룹과 문제가 주 요인 (main factor)으로 이용되었다. 그리고, 그룹의 실험자들은 각 그룹내에서 'nested' 되었다. 이러한 실험계획을 'nested-factorial design'이라고 부른다. 그리고, 실험가설의 검증을 위해 각 그룹간 피실험자들의 수행도가 비교되므로 'between subject' 실험이 된다.

(6) 실험의 절차

가) 1단계 훈련으로서 모든 피실험자에게 시뮬레이션에 관한 기본적인 지식과 진단의 절차적 지식을 가르쳐 주고 총 8문제를 진단하게 한다. 8문제에는 K-type과 R-type의 문제가 모두 포함되어서 모든 난이도의 문제를 진단하도록 하였다.

나) 1단계 훈련의 수행도를 기준으로 K-group과 R-group으로 피실험자를 나누었다. 개인적 차이를 없애기 위해 두 그룹의 수행도가 거의 동일하도록 나누었다.

다) 2단계 훈련으로서 K-group에게만 원리적 지식을 가르쳐 주고 두 그룹 모두 총 6문제를 진단하게 했다. 역시 모든 난이도의 문제를 진단하게 했다. 이 단계에서 K-group은 익힌 원리적 지식을 진단에 이용하는 것을 훈련하고 R-group은 절차적 지식을 이용한 진단을 계속 훈련할 수 있도록 하였다.

라) 주 실험단계 (main session)로서 두 그룹 모두 K-type의 4문제와 R-type의 4문제의 총 8문제를 진단하게 했다.

마) 이 실험에서 모든 피실험자에게 verbal protocol을 하도록 하였다.

3-3. 실험결과 및 분석

우선, 문제의 형태에 상관없이 전체적인 수행도를 고려했을 때 K-type의 문제가 R-type의 문제보다 더 많은 진단시간과 (Fig. 1) 정보획득을 요구함을 알

수 있었다. 여기서 정보획득이란 gate의 출력상태나 입력변경에 따른 출력의 변화상태등을 알아보는 것을 말한다. 제일 중요하게 생각했던 진단시간에서 K-group이 R-group보다 유의한 차이로 더 빠름을 보였다 ($p = 0.0223$). 다른 수행도 척도에서는 유의한 차이가 나지는 않았지만 K-group이 R-group보다 모두 우월함을 보였다. 게다가, K-group이 R-group보다 더 안정된 진단수행을 보였다. 이것은 각 문제별 진단시간 평균의 표준편차를 비교했을 때 K-group이 R-group보다 훨씬 작다는 점으로 설명될 수 있다 (Fig. 1). 그리고, K-group내의 개인적 표준편차도 R-group내의 그것보다 훨씬 작았다. 두 그룹의 동질성 (homogeneity)을 보장했다는 점을 고려하면 이 결과는 매우 중요한 의미를 갖는다. test-point이용의 수를 비교했을 때 K-group은 문제의 형태에 따라서 큰 차이를 보이지 않았지만 R-group은 K-type의 문제를 진단할 때 R-type보다 훨씬 많은 test-point이용의 수를 보였다. K-type의 4문제만 고려했을 때 K-group이 R-group보다 시간척도에서 유의한 차이를 보였고 ($p = 0.0259$), 다른 척도에서도 유의하지는 않지만 큰 차이로 우수한 수행결과를 보였다. 이 K-type의 문제에서 진단수행의 안정도를 비교했을 때 매우 큰 차이를 나타냄을 알 수 있었다 (Fig. 2). 한편, R-type의 경우는 두 그룹이 별다른 큰 차이를 보이지 않았고 모두 안정된 진단수행도를 보였다 (Fig. 2). 이것은 전체 8문제에 대한 두 그룹의 수행결과의 차이는 결국 K-type문제에 의한 것이라는 의미하는 것이다.

Time (secs)	Knowledge group							
	R-1	K-1	K-2	R-2	K-3	R-3	K-4	R-4
Avg.	234	443	452	309	992	284	367	250
Std.Dev	117	184	199	89	277	201	147	149

Time (secs)	Rule Group							
	R-1	K-1	K-2	R-2	K-3	R-3	K-4	R-4
Avg.	402	525	1092	232	1062	288	472	250
Std.Dev	330	267	753	79	442	124	222	113

Figure 1. 각 문제별 각 그룹의 진단시간

K-i : K-type 의 i번째 문제
R-i : R-type 의 i번째 문제

Time (secs)

	K-Group	R-Group
Avg.	416	540
Std.Dev	45	117

(1) All 8 Problems

	K-Group	R-Group
Avg.	563	788
Std.Dev	55	227

(2) K-type Problems

	K-Group	R-Group
Avg.	269	293
Std.Dev	74	92

(3) R-type Problems

Figure 2. 각 문제유형별 각 그룹의 진단시간

이상과 같은 실험결과를 바탕으로 우리는 실험의 가설을 입증할 수 있었다. 즉, 원리적 지식의 여분효과가 존재했고, 문제의 복잡도에 의해서 효과가 있었음을 알 수 있었다. 문제의 난이도가 낮아서 절차적 지식의 이용만으로도 진단이 가능한 고장의 경우 원리적 지식의 효과는 나타나지 않은 반면, 복잡도가 높아서 시스템의 원리를 생각해서 진단을 해야 하는 고장의 경우 원리적 지식 습득의 효과는 존재했다. 또, 원리적 지식을 익힌 그룹이 보다 안정된 진단 수행도를 보인것은 원리적 지식이 고장진단과정에서 흔히 나타나는 인지적 편향(cognitive bias)을 감소시켜 준다는 것을 의미하는 것이다. 이로서, 우리는 절차적 지식이 진단 수행에 더 우수한 효과를 보인다는 기존의 연구결과가 잘못된 것임을 알 수 있었다.

VI. 결론 및 추후 연구방향

이번 연구에서의 주 목적은 진단 수행에 대한 원리적 지식의 여분효과(marginal effect)가 존재하고, 그것은 진단 상황(고장의 복잡도)에 의존함을 보이는 것이었다. 이를 위해 가상적인 전자회로인 DLD라는 시뮬레이터를 이용해서 실험을 수행하였다. 실험결과는 절차적 지식만을 습득한 피실험자보다 원리적 지식을 추가적으로 습득한 피실험자가 진단 수행도에서 더 우수함을 보였고, 어려운 진단 상황일수록 원리적 지식의 효과가 많음을 보여주었다. 이는 절차적 지식이 원리적 지식보다 절대적으로 효과적이라는 기존의 연구결과가 잘못된 것임을 말해주는 것이다. 실험결과에 의해 우리는 다음과 같은 결론을 결론을 내릴 수 있다.

첫째, 진단 수행도에 대한 한 형태의 지식의 효과가 다른 형태의 지식의 효과보다 절대적으로 더 우수하지 않다.

둘째, 원리적 지식의 여분효과는 진단 상황의 복잡도에 의존해서 존재한다.

셋째, 원리적 지식의 이용이 진단자의 정신적 작업부하를 줄여주는 진단상황이 존재했는데, 이는 원리적 지식의 이용이 진단자가 가질 수 있는 인지적 편향(Cognitive Bias)에서 빨리 빠져나오는데 도움이 됨을 말해주는 것이다.

이번 실험에서 우리는 프로토콜 분석(protocol analysis)을 위해 피실험자의 진단 수행과정을 소형 비디오 카메라로 모두 촬영하였다. 프로토콜 분석을 통해 기능적 지식만 습득한 피실험자의 전략과 원리적 지식을 추가적으로 습득한 피실험자의 전략에 대한 특성과 차이점이 밝혀지리라 기대된다. 이는 진단 수행에 대한 효과적인 의사결정 지원을 위해 필수적인 연구이며, 프로토콜 분석으로 다른 더 흥미 있는 연구 결과를 도출해낼 수 있을 것이다.

References

- [1] Chandrasekaran, B. and Mital, S., " Deep versus compiled knowledge approaches to diagnostic problem solving," *Int. J. of Man-Machine Studies*, Vol. 19, pp. 425-436, 1983.
- [2] Davis, R., "Diagnostic Reasoning based on Structure and Behavior," *Artificial Intelligence*, Vol. 24, pp. 347-410, 1984.
- [3] Davis, R., "Reasoning from first principles in electronic troubleshooting," *Int. J. of Man-Machine Studies*, Vol. 19, pp. 403-423, 1983.
- [4] Genesereth, M.R., "The use of Design Descriptions in Automated Diagnosis," *Artificial Intelligence*, Vol. 24, pp. 411-436, 1984.
- [5] Milne, R., "Strategies for diagnosis," *IEEE Trans. Systems, Man, and Cybernetics*, Vol. 17(3), pp. 333-339, 1987.
- [6] Morris, N.M. and Rouse, W.B., "Review and evaluation of empirical research in troubleshooting," *Human Factors*, Vol. 27 (5), pp. 503-530, 1985.
- [7] Morris, N.M. and Rouse, W.B., "The effects of type of knowledge upon human problem solving in a process control task," *IEEE Trans. Systems, Man, and Cybernetics*, Vol. 15(6), pp. 698-707, 1985.
- [8] Rasmussen, J., "Skills, rules, and knowledge : signals, signs, and symbols, and other directions in human performance models," *IEEE Trans. Systems, Man, and Cybernetics*, Vol. 13(3), pp. 257-266, 1983.
- [9] Rasmussen, J., "Diagnostic reasoning in action," *IEEE Trans. Systems, Man, and Cybernetics*, Vol. 23(4), pp. 981-992, 1993.
- [10] Rouse, W.B., "Model of human problem solving : detection, dianosis, and compensation for system failures," *Automatica*, Vol. 19(6), pp. 613-625, 1983.
- [11] Sanderson, P.M., "Knowledge acquisition and fault diagnosis : Experiments with PLAULT," *IEEE Trans. Systems, Man, and Cybernetics*, Vol. 20(1), pp. 225-242, 1990.
- [12] Schaafstal, A., "Knowledge and strategies in diagnostic skill," *Ergonomics*, Vol. 36(11), pp. 1305-1316, 1993.
- [13] Wickens, C.D., *Engineering Psychology and Human Performance*, Columbus, OH: Charles E. Merrill, 1984.
- [14] Yoon, W.C. and Hammer, J.M., "Aiding the operator during novel fault diagnosis," *IEEE Trans. Systems, Man, and Cybernetics*, Vol. 18(1), pp. 142-147, 1988.
- [15] Yoon, W.C. and Hammer, J.M., " Deep-reasoning fault diagnosis : an aid and a model," *IEEE Trans. Systems, Man, and Cybernetics*, Vol. 18(4), pp. 659-676, 1988.