

심리학 측면에서 바라 본 인적 오류

곽호완 | 경북대 심리학과 교수*



서론

1979년 3월 28일 오전 4시, 펜실베이니아의 해리스버그 부근 TMI (Three Mile Island) 원자력발전소에서 터빈 1호기의 송수관이 일시적으로 막혀 송수펌프와 터빈의 작동이 급작스럽게 자동적으로 중단되었다.

이 시스템에 중복적으로 설치된 안전 장치는 즉시 대체 송수원을 제공할 수 있도록 정상 가동되고 있었으나 이때 네 가지의 결정적인 에러가 연달아 발생하였다.

이와 같은 사고는 복잡한 시스템의 수행 과정에서 오퍼레이터의 행동이 얼마나 취약한가를 보여주었다.

사건 발생 뒤 조사 및 청문회 등을 통해 세 가지 사실이 분명히 밝혀졌다.

첫째, 어떤 잘못이나 실수, 사건 또는 이상 작동들 중 어느 한 가지가 이 사건을 유발시킨(cause) 것은 아니며, 원인은 여러 요인들이 복합적으로 작용한 것이었다.

둘째, 비상 냉각 장치를 끄는 결정으로부터, 해제 밸브 시스템이 조작자에게 그 밸브가 무엇을 하는지 아니라 무엇을 하도록 명령을 받았는지를 알려주도록 시스템 설계자에 의해 설계되도록 결정되기까지 휴먼 에러가 여러 수준에 걸쳐 개입되었다.

셋째, 가장 중요한 사실은 휴먼 오퍼레이터에게 부여되는 정보의 가공할 만한 복잡성과 혼돈을 초래하는 정보 제시 양식은 주의하고 지각하고 기억하고 결정하고 행동하는 인간 능력의 근본적인 한계가 어느 시점에서 과부하될 수 있다는 것을 보여주었다는 것이다(진영선과 곽호완, 1994에서 재인용).

대부분의 인적 오류는 일반적으로 사고 상황 내에

* 서울대학교 농업교육학과, 서울대학교 심리학과 석사, 미국 Johns Hopkins 대학교 심리학과 Ph. D, 미국 Johns Hopkins 대학교 객원교수, 경북대학교 심리학과 교수(1993~)

있는 구성원들의 인지 과정과 관련되어 있다.

예컨대, 경고/대피 신호를 내려야 하는 인지적 판단 오류, 화재 상황에 대한 필요 정보의 지각 및 관련 기억/인지 정보의 인출 실패, 패닉 상황에서의 커뮤니케이션 기술 결여 등의 인지적 정보 처리 오류가 많은 재난 사고의 대형화에 기여한다.

최근 국내에서는 크고 작은 사고·재난이 빈발하였다. 수 년 내에 발생한 굵직한 사고만 하더라도, 성수대교 붕괴(94), 대구 지하철 가스 폭발 사고 및 삼풍백화점 붕괴 사고(95), 대한항공기 관 공항 추락 사고(97), 화성 씨랜드 및 인천 호프집 화재 사고(99) 등을 들 수 있다¹⁾.

지하철, 비행기, 선박, 기차, 원자력발전소 등 많은 현대 장비들은 복잡하고 개별 요소들이 긴밀히 연결된 시스템이며, 이는 많은 부분들이 자동화되어 있어서 사용에 능숙하지 못한 사람에게는 재앙을 불러올 수 있다.

문제는 이러한 시스템들이 정교해지고 복잡해지는 속도는 인간의 인지 정보 처리 능력이 적응하기 힘들 정도로 빠르다는 데 있다.

그리고 많은 경우에 이 시스템들은 성능 향상을 목표로 한 기술 혁신에 치중하며, 사용자/승객들의 안전과 수행 안정성은 그에 따르지 못한다는 점이다.

우리나라에서는 대형 사고가 날 때마다 ‘안전 불감증’ 운운하면서 전체적인 사회 문화적 결함을 지적하곤 했다.

교통 사고가 나면 안전 운행 습관을 나무라는 이러한 비판 시각은 일반적으로 안전 사회의 정착에 크게 기여할 수 없다.

도로교통망 설비 정도 및 차량 수에 따라 도심의

교통 정체는 결정되며 그에 따라 교통 사고율이나 양보 운전 경향도 영향 받는다.

마찬가지로, 안전 의식 결여가 대구 지하철 화재 사고의 직접적인 원인이라기보다는 사고를 효율적으로 예방하고 사고 대형화를 줄이는 인간-기계 시스템이 제대로 장착되고 운용되지 못했기 때문에 사고가 대형화되었던 것이다.

성능 좋은 안전 관련 설비가 있어도 그것을 운용하는 인간의 인지적 정보 처리에서 여러 가지 실수가 따르게 되면 사고가 나기 마련이다. 인간은 작용 기억이나 주의 폭의 제한 때문에 한꺼번에 여러 대상을 감시하지도 못하고, 한꺼번에 여러 가지 행동을 하지 못한다. 긴급한 상황이 되면 이러한 인지 능력의 제한은 실수로 이어질 수 있으며 치명적인 사고를 유발한다.

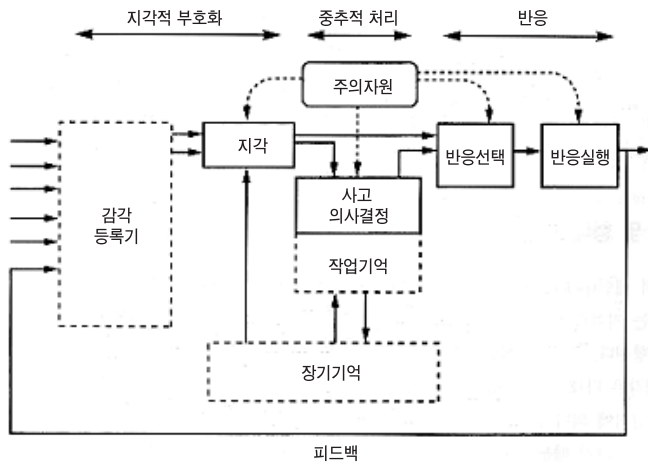
본고는 각종 인적 오류와 관련 있는 인간의 인지 정보 처리 과정을 검토해보고, 인적 오류를 줄이는 시스템의 설계에 대해 고찰해보고자 한다. 우선 인간 정보 처리 과정을 살펴보고, 인적 오류를 줄이는 몇 가지 안전공학적인 시스템 설계 사례들을 제시할 것이다. 그 다음 인적 오류의 인지공학적인 분류 분석을 제시한 후, 이를 기초로 대구 지하철 사고에 대한 오류 분석을 시도할 것이다.

인간 정보 처리 모형과 오류

1. 감각과 지각

지각적 재인(perceptual recognition)은 정보를 범주화하기 위해, 저장되어 있는 지식과 들어오는 자극

1) 특히 2003년 2월에 발생한 대구 지하철 화재 사고는 한 방화자의 사소한 방화가 관련 구성원들(행정 부서, 제조 회사, 운전자, 통제실 요원, 승객 등)의 대책 소홀이나 실수에 의해 얼마나 큰 재난으로 귀결되는지 적나라하게 보여주는 사고였다. 즉 대구 지하철 사고는 이들 모든 구성원들이 함께 저지른 사고라고 볼 수 있다. 예를 들어, 관련 화재/재난 방지 법규들이 바르게 시행되도록 관리해야 하는 관청이 지하철 차량의 내연재 사용을 제대로 점검하지 않았고, 제조 회사는 내연재를 제대로 사용하지 않고 형식적 규격만 통과되도록 차량 제조를 하여 화재/위험 방지 예비 테스트를 제대로 하지 않았다. 화재징후를 포착하고도 역내로 진입하고 승객 대피의 기본 임무를 소홀히 한 채 도피한 기관사의 책임이 가장 크지만, 화재 탐지 및 경보/구난 활동을 제대로 관리/지시하지 못한 중앙사령실 요원의 과실도 크다고 볼 수 있다. 덧붙여, 방화 행동에 대해 대피 신호 및 소화 작업 등을 적절히 행하지 못하고, 특히 비상문 개폐/탈출 행동 등의 기본 안전 수칙도 적용하지 못한 승객들도 사고의 대형화에 기여하였다고 볼 수 있다.



<그림 1> 인간 정보 처리 모형의 도해

정보를 비교하는 처리 과정이다.

여기에서는 지각적 재인 과정 중에 (1) 세부 특징 분석을 통한 지각 과정과 (2) 동시적인 상향 처리와 하향 처리 과정의 특징을 살펴 본 후 이러한 특징이 시스템 설계에 어떻게 응용되는지 알아본다.

가. 세부 특징 분석

복잡한 자극은 구성 요소 혹은 세부 특징들(features)로 쪼개질 수 있다. 자극에 의미를 부여하기 위해서는 그 자극의 세부 특징들이 개별적으로 분석되고, 장기 기억 속에 저장되어 있는 세부 특징들과 비교되고, 저장되어 있는 형태 중 어느 것이 가장 잘 맞는지를 결정하여 최적의 대응이 이루어지는 대상을 재인한다²⁾.

예를 들어, 낱자 A에 대한 시각 자극 들은 ‘/’ 그리고 ‘-’와 같은 세부 특징 들로 나누어질 수 있다. A의 윗 부분에 있는 각도 역시 세부 특징으로 생각할 수 있다. 우리가 낱자 A를 볼 때, 대문자 A의 세부 특징에 대해 저장되어 있는 지식 과, A의 세부 특징들을 비교한다. 만일 A에 대해 저장되어 있는 기억 세부특징과, 지금 보고 있는 A의 세부 특징들이 다른 낱자에 비해 더 많이 가깝다면, 우리는 그 낱자를 대문자 A라고 재인한다는 것이다.

나. 하향 처리 및 상향 처리

자극이 갖는 감각 정보의 질(quality)에 영향을 주로 받아 정보가 처리되는 경우를 상향 처리라고 부른다. 예를 들어, 시력의 상실은 상향 처리의 저하시키는 요인인 반면, 자극이 갖는 높은 대비 민감도는 이 처리의 향상을 가져오는 것으로 기술할 수 있을 것이다.

상향 처리와는 다른 방식을 취하면서도, 정보 처리에 똑같은 중요성을 갖는 것이 있는데, 이것을 하향 처리라고 부른다.

하향 처리는 주로 관찰자의 기대나 환경적 맥락과 같은 요인에 의해 발생한다. 하나의 감각 패턴이 상이한 환경 아래에서 다른 대상으로 재인될 수도 있는 것은 하향 처리의 영향 때문이다.

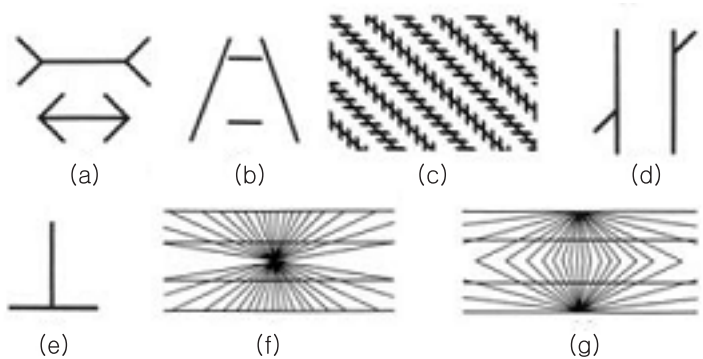
하향 처리는 상향 처리와 동시에, 그리고 자동적으로 일어난다. 하향 처리와 상향 처리는 종종 서로 득

2) 심리학적 관점에서 이러한 세부 특징 분석의 특징은 인쇄물로 된 디스플레이의 설계에 대해 몇 가지 시사점들을 준다. 먼저, 재인의 정확성 및 속도는 디스플레이 속의 세부특징들이 기억 속의 세부특징이나 단위들과 부합되는 형태일 때 최대가 될 것이다. 예를 들어, 자극이 갖는 세부 특징들은 기억 속의 인쇄된 단어들에 대한 세부 특징들과 서로 부합할 때 더 빠르고 쉽게 지각될 것이다. 둘째, 단어들을 보게 되는 경우, 대문자가 소문자에 비해 더 쉽게 재인된다. 그러나 문장인 경우에는 대문자와 소문자를 같이 혼용하는 것이 가장 쉽게 지각된다. 셋째, 인쇄체로 된 텍스트는 필기체보다 더 쉽게 읽혀지고 재인된다. 넷째, 일반적으로 디스플레이에는 생략된 단어보다는 전체 단어가 사용되어야 한다. 마지막으로, 단어들 사이 혹은 임의적인 낱자나 숫자 사이의 공백은 지각을 정확하게 하는 데 매우 중요하다. 특히 임의적인 문자와 숫자열이 디스플레이가 된다면, 자동차의 번호판과 같은 경우처럼 이들을 세 개 내지 네 개로 "군집화(chunk)"하는 것이 가장 효율적이다.

실 관계(trade-offs)에 있다³⁾.

그 외에 지각의 오류로서 착시(visual illusion)가 있는데 이는 사물의 크기나 길이 등의 속성이 실제와는 다르게 지각 되는 현상이다(〈그림 2〉).

착시는 일반적으로 대상의 속성을 항상적으로 지각하려는 지각 항등성의 법칙 때문에 일어나므로 일상생활에서는 대부분 문제가 되지 않지만, 디스플레이나 그래프의 지각에 영향을 주므로 시스템 설계에서 고려될 필요가 있다.



〈그림 2〉 기하학적 착시들
(a) 뮐러-라이어 착시 (b) 폰조 착시 (c) 피르너 착시
(d) 폰조 착시 (e) 거꾸로 된 T 착시 (f) 헤링 착시 (g) 폰트 착시

2. 작업 기억

정보가 일단 재인되면, 정보는 (일종의 자동적인 자극-반응 연합으로) 직접 반응을 이끌어 내거나 더 처리되기 위해 작업 기억(working memory) 속으로 들어간다.

작업 기억은 임시적인 마음의 ‘작업대’라고 볼 수 있는데, 여기에서 정보들은 변형되고, 다른 처리들에 의해 영향을 받게 된다.

작업 기억과 관련하여 인지 심리학에서 확고하게 밝혀진 것들 중의 하나는, 작업 기억은 이것이 처리할 수 있는 정보의 용량과 저장 시간에 한계가 있다는 점이다.

예를 들어, 연구자들은 작업 기억의 용량(capacity)은 정보의 7 ± 2 군집(chunks) 정도이고, 지속 시간은 아무리 길어야 30초를 넘지 못한다.

따라서 디스플레이 설계에서도 이러한 인지적 한계들이 고려되어야 한다⁴⁾.

3. 장기 기억

우리는 정보를 즉시 사용하기 위해 작업 기억 속에 항상 정보를 유지하고 있어야 한다. 그러나 우리가 추후에 정보를 사용하기 위해서는 정보를 저장하고, 인

3) 자극의 질이 좋으면 상향 처리가 우세할 것이다. 자극의 질이 저하됨에 따라, 더 많은 하향 처리가 높은 수준을 유지하게 할 수 있도록, 맥락이나 중복의 증가가 필요해질 것이다. 하향 처리와 상향 처리의 상대적인 영향은 텍스트 디스플레이나 아이콘, 혹은 다른 자극들의 설계에 중요하다. 상향 처리이든 하향 처리이든 어느 한 쪽에 지나치게 치우치는 것은 효율적이지 못하다. 예를 들어 상향 처리를 위해 자극의 질을 높이고자 한다면 때로는 비경제적인 디스플레이의 설계가 될 가능성이 있는 반면 지나치게 하향 처리에 의존하고자 한다면 정보의 왜곡이 발생할 수 있다. 따라서 이 두 가지 처리 방식 사이의 득실관계를 평가하는 것이 중요하다.

4) 몇 가지 중요한 방안들은 다음과 같다. 첫째, 과제를 수행할 때, 인간 오퍼레이터가 작업 기억 속에 유지하고 있어야 하는 시간과 용량(문자나 숫자의 수)을 모두 최소화해야 한다. 한 예로 버튼 누름식 전화기가 이전의 다이얼식 전화기 보다 더 좋은 이유 중의 한 가지는 전자가 후자에 비해 전화 번호를 작업 기억 속에 저장해야 하는 시간을 더 짧게 해줄 수 있기 때문이다. 둘째, 작업 기억 속에 유지될 수 있는 재료의 수를 증가시켜 장기 기억으로의 전이가 더 많이 될 수 있게 하는 방법으로 군집화(chunking)를 적절히 사용해야 한다. 군집화를 사용할 때는 군집 당 3개 내지 4개로 항목을 하나의 군집으로 하는 것이 바람직하고, 군집화된 항목들이 의미를 갖도록 하는 것이 좋다(예를 들어, “800-663-5900”과 같은 숫자만으로 구성된 번호보다는 문자를 사용한 “800-GET-HELP”의 형태가 작업 기억에 부담을 더 줄여주고 이에 따라 나중에 기억하기가 더 용이하다). 마지막으로, 때로 많은 정보를 처리해야 할 경우에는, 모든 정보를 시각적으로만 혹은 청각적으로만 제시하는 것보다, 상이한 자원을 통해 정보를 분산시킴으로써(예를 들어, 청각 정보와 시각 정보를 같이 이용하는 것) 정보 처리가 더 많이 촉진될 수 있다.

출할 수 있는 기제도 요구된다.

이러한 기제는 장기 기억(long-term memory) 혹은 장기 저장이라고 불린다.

학습(learning)은 정보를 장기 기억 속에 저장하는 과정이며, 학습을 촉진하기 위한 특수한 절차들이 설계되었을 때, 이 절차를 훈련(training)이라고 부른다.

앞에서 살펴본 작업 기억의 기능이 주로 정보를 좀 더 처리하고 이들을 장기기억으로 전이시키는 것이 라면, 장기 기억의 역할을 저장되어 있던 기억 내용들을 인출하는 것이다. 장기 기억에서의 문제는 대개의 경우 이러한 인출의 실패에 기인한다.

그렇다면 장기 기억으로부터의 빈약한 인출 때문에 생길 수 있는 문제, 예러, 사고, 그리고 불편함을 사람들이 겪지 않도록 하기 위해, 우리는 환경이나 시스템을 어떻게 설계해야 하는가?

첫째 사용 빈도와 신근성⁵⁾을 증가시키기 위해 정보를 정기적으로 사용하도록 해야 한다.

둘째, 장기 기억의 부담을 감소시킬 수 있는 한 가지 방법은 제어장치, 디스플레이, 상징들, 그리고 조작 절차와 같은 것들을 포함하여, 환경이나 장비를 표준화하는 것이다.

셋째, 과제가 자주 수행되는 것이 아니거나 과제를 정확히 수행하는 것이 매우 중요할 때, 설계자들은 컴퓨터를 통해 제시해 주거나, 아니면 종이에 인쇄하여 제시하든지 하는 방법으로 기억 보조 수단들을 제공해 주어야 한다.

4. 의사 결정

가. 의사 결정의 본질

우리는 일상 생활에서 거의 매일 의사 결정 과제를

수행하게 된다. 예를 들어, 점심에 무엇을 먹을 것인지 결정하는 것과 같은 비교적 단순하고 심각하지 않은 문제에서부터 거대한 공장의 제어실 디스플레이를 통해 제공되는 정보를 통해 공장에 어떤 오류가 있는지를 진단하는 것과 같은 복잡하고 중요한 문제에 이르기까지 우리가 일상 생활에서 의사 결정해야 하는 것들은 그 중요도나 복잡성에서 매우 다양하다.

의사 결정을 통해 최종적인 인간 수행이 선택되고 수행되며, 이러한 수행의 결과를 통해 주어진 과제 수행의 전반적 질이 결정된다는 점에서 의사 결정 과제는 인간 정보 처리 과정 중에서 매우 중요한 요소이며, 인지 심리학에서 중요하게 다루어지는 주제 중의 하나가 되어 왔다.

대부분의 연구자들은 의사 결정 과제를 (a) 수많은 선택 중에서 한 가지를 선택하고, (b) 그러한 선택에 대해 사용할 수 있는 어느 정도의 유용한 정보가 있으며, (c) 처리 시간이 비교적 길고(1초 이상), (d) 그 선택이 불확실성과 연합되어 있을 때(즉 어느 선택이 최선의 선택인지 분명하지 않을 경우), 이 과제를 의사 결정이라고 가정한다.

인지 심리학의 응용 영역에서 자주 연구되는 의사 결정의 사례들은 의학적 진단 및 치료와 결부된 선택, 조종사의 비행 판단, 배심원의 의사 결정, 인적 혹은 장비 자원의 할당, 처리 제어, 기계적 혹은 전기적 시스템에서의 진단 과정, 소비자 행동, 그리고 위험 감수 혹은 안전 보호 장구를 착용할 것인지를 결정하는 것과 같은 안전-관련 행동들이다⁶⁾.

나. 의사 결정 과정

이렇게 의사 결정 과제들은 매우 다양하지만, 이러한 과제들을 수행할 때 사용되는 기본적인 인지적 활

5) 신근성(primacy effect)이란 가장 최근에 학습한 내용이 잘 기억되는 현상이다. 예를 들어 20개 정도의 단어를 들려주고 3분 후에 기억나는 단어를 말하게 했을 때 마지막 부분에 위치한 단어들에 잘 기억되는 것이다.

6) 연구자들에 따라서는 의사 결정 과제의 본질이 어떠한지에 따라 의사결정 과정을 구분하기도 한다. 예를 들어, 도로 위의 장애물을 발견하고 자동차의 핸들을 돌리는 것을 결정하는 것과 같은 빠르고 비교적 자동적인 의사결정 과정과, 환자의 방사선 사진을 판독하여 종양의 여부를 결정하는 것과 같이 좀 더 느리고, 노력이 들어가며, 분석적인 의사결정 사이에 구분이 가능할 것이다. 특히 전자의 경우를 직관적 의사결정(intuitive decision making) 과정으로, 그리고 후자의 경우를 분석적 의사결정(analytical decision making)이라고 부르기도 한다.

등의 유형들은 모두 서로 유사한 것으로 보인다.

의사 결정은 일반적으로 (1) 의사 결정에 필요한 정보들을 환경으로부터 수집하고 통합하여(단서 수용 및 통합), (2) 그러한 정보들의 의미가 무엇인지에 대한 하나 이상의 가설 혹은 추측들을 생성하고(가설 생성), (3) 이렇게 생성된 다양한 가설들이 얼마나 정확한 것인지 평가하여 그 중에서 가장 유력한 가설을 선택한 다음(가설 평가 및 선택), (4) 이를 토대로 한 가지 이상의 대안적 행위들이 생성하는(행위들의 생성과 선택) 과정들을 통해 이루어진다고 할 수 있다.

다. 의사 결정에서의 오류

우리가 일상 생활에서 흔히 경험할 수 있듯이, 의사 결정은 때로 매우 어렵고 복잡한 과제임이 분명하다. 의사결정을 이렇게 어렵게 하는 요인들은 매우 다양하다.

예를 들어, 의사 결정에 사용될 수 있는 정보가 거의 없거나 잘못된 정보가 제공된 경우, 의사 결정을 하는데 너무 시간이 촉박하거나 주어진 정보를 처리하는 데 인지적으로 부하가 높은 경우, 정보 단서들이 역동적으로 변화하는 경우, 목표들 사이의 갈등, 그리고 너무 새롭고 특수한 상황의 발생으로 인해 기존의 지식을 적용할 수 없거나 기억으로부터 지식을 인출하지 못하는 경우 등에서는 의사 결정을 하기가 매우 힘들 것이다.

이러한 모든 요인들은 대부분 인간의 인지적 능력에 있어서의 한계와 밀접하게 관련되어 있다.

이 때문에 사람들은 인지적 발견법(heuristics)이라고 불리는 대체적으로 매우 강력하고 효율적이기는 하지만, 최상의 해결책이라는 것을 항상 보장할 수는

없는 손쉬운 사고 방식을 취하기도 한다. 불행하게도 발견법들은 의사 결정을 매우 단순화하는 경향이 있기 때문에 때로 편파나 잘못된 지각을 이끌기도 한다.

사람들이 사용하는 발견법들을 위에서 언급한 일반적인 의사 결정 과정을 토대로 살펴보자.

먼저, 의사 결정에 필요한 정보(혹은 단서)를 획득과 사용하는 과정에서 사람들은 일반적으로 제한된 수의 단서들에 대해서만 주의를 기울이고, 처음에 받아들였던 소수의 정보 단서들에 대해서는 다른 정보 단서들에 비해 평균치보다 더 큰 비중을 두며, 이에 따라 후속 단서들에 대해서는 평균보다 과소한 비중을 즐뿐만 아니라, 때로는 완전히 무시하는 경향을 보이기도 한다.

또한 지각적으로 현저한 단서들에 대해 더 많은 주의를 주고 신뢰롭지 못한 단서들에 대해 과다한 비중을 주기도 한다. 가설을 생성하는 단계에서 사람들은 작업 기억의 한계성 때문에, 한 번에 겨우 몇 개의 가설들만을 고려할 수 있고, 가장 최근에 고려했거나, 혹은 가장 빈번하게 고려했던 가설들을 가장 쉽게 인출하며, 주어진 정보에 비추어 가장 전형적인 특징을 “대표” 하는 것이라고 여겨지는 가설을 생성하고(예를 들어, 아랫배가 아프다고 호소하는 환자들에 대해 의사는 맹장염이라고 쉽게 판단할 수 있지만, 사실은 그렇지 않을 수도 있다), 자신이 생성한 가설에 대해, 그 가설이 맞을 것이라고 너무 믿는 쪽으로 편파를 보이기도 한다⁷⁾.

라. 의사 결정의 항상 방안들

앞에서 우리는 사람들이 의사 결정 과정의 많은 부분에서 종종 어려움과 편파를 보인다는 것을 지적한

7) 또한 일단 가설을 생성하여 선택하면, 사람들은 추가적인 단서들의 활용을 소홀히 하는 경향을 보이고(기능적 고착, functional fixedness), 자신이 사용하는 가설을 반증할 수 있는 정보가 더 중요한 것임에도 불구하고, 이러한 반증적 정보보다는 자신의 가설을 확증해 주는 정보들만 찾는 경향을 보인다(확증 편향, confirmation bias). 이러한 가설을 토대로 필요한 행위를 선택하는 과정에서도 소수의 행위만을 인출한 다거나, 쉽게 인출 가능한 혹은 행위의 결과가 즉각적으로 관찰될 수 있는 행위들을 더 빈번하게 인출하는 경향과 같은 편파를 보인다. 또 다른 인지 오류로서 인지적 통로화(cognitive tunneling)를 들 수 있는데, 이는 주의가 어느 곳에 쏠려서 중요한 다른 일이 일어나는 것을 알아차리지 못하거나 결정 과정에 고려하지 못하는 현상으로서 예를 들어 조종사가 중요하지 않은 계기판을 감시하고 패널을 조작하느라 비행기 착륙시에 랜딩 기어를 내리지 않거나, 지면에 추락하는 줄 모르는 현상이다. 매몰 비용 오류(sunk cost fallacy)는 나쁜 결정의 결과로 큰 손실을 입은 후 그 결정을 중단하지 못하고 만회하려다가 계속 손실을 입는 경우인데, 예를 들어 냉정하지 못하고 머리 나쁜 투자자, 바보같은 노름가, 고집스런 기업가 등이 이에 해당하는 오류를 범한다.

바 있다.

사람들이 의사 결정에서 종종 좋지 못한 수행을 보인다는 것은, 바꾸어 말하면 사람들이 더 나은 의사결정을 할 수 있도록 우리가 도와주어야 한다는 것을 시사한다.

사람들의 의사 결정 수행을 도와줄 수 있는 방안들은 위에서 언급한 인지 심리학 영역에서의 연구 결과들이 중요한 기초 자료로 사용될 수 있는데, 이들은 대개 인간이 갖는 인지적 한계를 극복할 수 있도록 하는데 초점이 맞추어져 있다.

인간이 갖는 인지적 한계 때문에 의사 결정의 질이 떨어진다면, 가장 일차적인 의사 결정 지원 방안은 인간이 사용하는 시스템들을 인간의 능력 범위 안에서 사용 가능하도록 재설계하는 것이다.

예를 들어, 낙하산을 언제 펴야 할지를 알려주는 장치나, 특정 고도 이하에서도 낙하자가 낙하산을 펴지 않을 경우(혹은 펴지지 않는 경우) 자동적으로 보조 낙하산이 펴지도록 하는 장치 등은 낙하산을 이용한 낙하와 같은 매우 스트레스 높은 상황에서 사람들의 의사 결정을 도와줄 수 있다.

이러한 시스템 재설계를 통한 의사 결정 지원 방안이 도움이 되는 것은 사실이지만, 여러 가능한 상황에서 최선의 의사 결정 수행을 보일 수 있도록 사람들을 훈련시키는 것도 때로는 매우 효율적일 수 있다.

이러한 훈련 내용 중에는 사람들에게 주어진 의사 결정 문제 상황이 갖는 제약이 무엇인지 제대로 파악하도록 하거나, 의사 결정에 다양한 편향이 있을 수 있다는 것 등을 인식시키거나, 혹은 사람들의 수행에 이해하기 쉽고 즉각적인 피드백을 제공하는 것 등이 포함될 수 있다. 이러한 훈련을 통해 사람들이 사용하는 발견법이나

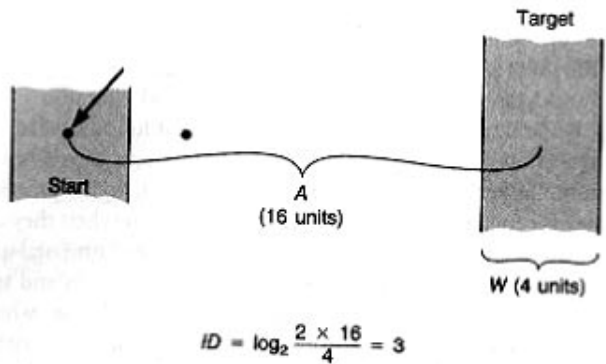
편파들을 어느 정도 극복할 수 있다⁸⁾.

5. 반응 실행과 제어

대부분의 인간-기계 상호 작용에서 공통적인 과제 중의 하나는 공간상에 어떤 실체를 위치시키는 것이다. 이러한 과제들의 예들로는, 스크린상의 특정 지점으로 커서를 이동시킨다거나, 어떤 대상과 접촉하기 위해 로봇 팔을 이용하여 접근한다거나, 혹은 새로운 주파수를 맞추기 위해 라디오의 다이얼을 움직이거나 설정하는 것 등이 포함될 수 있다.

일반적으로 이러한 공간적 과제들은 위치 조정(positioning) 과제, 혹은 가리키기(pointing) 과제들이라고 불린다. 마우스나 조이스틱과 같은 다양한 종류의 제어 장치들이 그와 같은 과제의 수행을 위해 사용될 수 있다.

제어되는 실체(흔히 '커서'라고 불림)를 목적지(흔히 '타겟'이라고 불림)까지 이동시키는 과제(pointing task)의 기초가 되는 인간 수행 기술의 본질을 이해하는데 'Fitts의 법칙'이라고 알려진 모델이 유용하게 사용될 수 있는데, 이 모델을 수식으로 표현하면



<그림 3> Fitts의 법칙

8) 사람들의 의사 결정을 도와줄 수 있는 좀 더 적극적인 방법은 의사 결정 보조 수단들을 사용하는 것이다. 의사 결정 보조 수단들에는 (1) 사람들이 특정한 의사 결정의 가능한 결과들, 확률, 그리고 대안적 행위들의 활용 가능성에 대한 목록들을 사용할 수 있도록 해주는 의사 결정 표, (2) 의사 결정 과정과 이에 따른 결과가 순차적으로 제시되는 의사 결정 순서도, 그리고 (3) 한 가지 이상의 전문가 지식을 컴퓨터에 저장하여, 사용자가 자문을 구했을 때 이에 대한 해답을 제공해 줄 수 있는 형태로 설계되어져 있는 전문가 시스템 등이 포함된다.

다음과 같다(그림 3).

$$MT = a + b \log_2(2A/W)$$

여기서 A는 동작의 진폭(일반적으로, 출발점에서 표적 사이의 거리)을, 그리고 W는 표적의 너비 혹은 요구되는 정확성의 정도를 나타낸다. 다시 말해, 동작 시간은 (2A/W)의 로그함수와 선형적인 관계가 있다. 특히 $\log_2(2A/W)$ 는 동작의 난이도 지수(Index of Difficulty)라고도 불린다⁹⁾.

가. 제어 행위에 영향을 주는 요인들

사람들이 외부 환경으로부터 정보를 받아들이고 처리한 후 그 정보의 내용에 따라 최종적으로 어떤 행위를 수행하게 된다.

정보 처리 모델에 비추어 본다면, ‘제어’란 행위의 선택과 실행을 포함하며, 여기에 제대로 제어 반응이 실행되었는지 알 수 있도록 해주는 피드백의 제공이 수반된다. 하나의 반응 혹은 행위가 얼마나 어려운 것인지 혹은 그것들이 얼마나 빠르게 실행될 수 있는지는 몇 가지 변인들에 의해 영향을 받는데, 그 중에서 의사 결정의 복잡성, 기대, 부합성, 속도-정확성 교환, 그리고 피드백 등이 시스템 설계와 관련하여 특히 중요하게 다루어지는 변인들이다.

① 의사 결정의 복잡성

하나의 행위가 선택되는 데 소요되는 속도는, 주어진 맥락 안에서 선택되어질 수 있는 가능한 대안들의 수에 의해 강하게 영향을 받는다.

예를 들어, 단지 두 가지의 대안 중에서 한 가지만을 선택해야 하는 모르스 부호 오퍼레이터의 각 행위는, 26개의 알파벳 중에서 한 가지를 선택해야 하는

타이피스트의 각 행위들보다 훨씬 단순한 선택을 하게 되고, 이에 따라 모르스 부호 오퍼레이터는 주어진 시간 안에 훨씬 더 많은 키 입력 횟수를 보일 수 있다.

공학 심리학자들은 의사 결정의 복잡성에 따른 반응 선택 시간의 차이를 반응 시간에 대한 Hick-Hyman 법칙으로 설명하고자 하였다.

그러나 단순한 의사 결정을 하도록 설계된 시스템이 더 우수하다는 것을 의미하는 것은 아니다. 실제로, 사용자에게 의해 전달되어야 하는 특정한 양의 정보가 있다면, 다수의 단순한 의사 결정을 하는 것보다는, 소수의 복잡한 의사 결정을 하는 것이 일반적으로 더 효율적이다(이것은 의사 결정 복잡성의 이점이라고 불린다).

예를 들어, 타이피스트는 모르스 부호 오퍼레이터에 비해 같은 메시지를 더 빠르게 전달할 수 있고, 다수의 주 메뉴 속에 소수의 명령어들이 있는(즉, ‘넓고-얕은’ 구조) 컴퓨터 메뉴 시스템이, 소수의 주 메뉴 속에 다수의 명령어들이 제시되도록 되어있는(즉, ‘좁고-깊은’ 구조) 메뉴 시스템보다 더 효율적이다.

② 반응 기대

우리는 기대되는 정보를 더욱 빠르게 (그리고 정확하게) 지각한다. 마찬가지로 방식으로, 우리는 수행하기를 기대하고 있지 못한 행위들에 비해, 수행하기를 기대하고 있는 행위들을 더 빠르고 정확하게 선택한다.

예를 들어, 우리는 고속도로에서 앞서 달려가고 있는 자동차가 특별한 이유 없이 갑작스럽게 멈출 것이라고는 기대하지 않는다. 만일 고속도로에서 앞 차가 갑자기 멈추어 섰다면, 교차로의 신호등이 노란등으로 바뀌었을 때(이러한 상황은 항상 기대 가능하다) 브레이크를 밟는 속도보다 더 느리게 브레이크를 밟게 된다.

9) Fitts 법칙은 어떤 제어 장치들을 사용하여 스크린 상에 있는 표적으로 커서를 이동시키는 것과 같이(예를 들어, 마우스를 이용하여 컴퓨터 메뉴의 특정 항목 위치에 커서를 옮겨다 놓는 것), 손을 사용하여 표적까지 도달하는 신체적 동작을 설명하는데 잘 적용된다. 뿐만 아니라, 이 모델은 발을 특정한 페달로 이동시키는 것과 같은 비교적 세밀함을 요구하지 않는 동작들이나, 현미경을 보면서 조립하거나 조작하는 것과 같이 매우 세밀함을 요구하는 동작들에도 적용이 가능하다. 이러한 일반화 가능성 때문에 Fitts의 법칙은 다양한 상황에서 키보드 형태나 표적의 크기를 달리했을 때 발생할 수 있는 비용을 설계자들이 예언하게 할 수 있다는 점에서 매우 큰 가치를 가진다.

③ 자극-반응 부합성

자극-반응 부합성(혹은 디스플레이-제어 부합성)은 제어 장치의 위치 및 제어 반응의 동작과 이러한 제어와 관련된 자극 혹은 디스플레이의 위치 및 동작 사이의 관련성을 설명하는 개념이다. 일반적으로 자극과 반응 사이의 부합성이 높을수록 사용자의 수행 효율성이 증가한다.

예를 들어, 어떤 제어 장치는 제어되고 있는 대상 혹은 그러한 대상을 나타내주는 디스플레이와 서로 근접하도록 위치해야 하고, 제어 장치가 움직이는 방향과 디스플레이상의 지시계가 움직이는 방향(혹은 시스템 자체가 움직이는 방향은) 서로 일치해야 한다.

④ 속도-정확성 교환

만일 우리가 어떤 행위를 매우 빠르게 실행하고자 한다면 에러를 유발할 가능성은 더 커진다. 반면에 에러를 범하지 않는 것이 중요하여 매우 조심스럽게 행위를 수행하고자 한다면, 그 행위의 수행 속도는 느릴 것이다.

따라서 이러한 두 가지 사례에서는 속도와 정확성 사이에 부적인 상관 관계 혹은 교환 관계(trade-offs)가 있다고 할 수 있으며, 이러한 교환 관계는 대개의 경우 사용자의 수행 방략 때문에 발생한다.

⑤ 피드백

우리가 취하는 대부분의 제어나 행위들은, 시스템이 제어 장치들에 의해 반응하였다는 것을 나타내 주는 어떤 형태의 피드백과 연합되어 있다.

예를 들어, 자동차의 속도계는 가속기 제어에 대한 시각적 피드백을 제공해 준다. 그러나 좋은 제어 장치의 설계가 되기 위해서는 제어 상태 자체에 대한 좀 더 직접적인 피드백의 제공도 또한 고려해야 한다.

이러한 직접적인 피드백에는 촉각적(예를 들어, 버튼이 눌러졌을 때의 '느낌'이나, 레버를 움직였을 때의 저항력)인 것뿐만 아니라, 청각적(스위치의 '딸깍' 하는 소리, 혹은 전화 버튼을 눌렀을 때 나는 '뿍' 소리), 혹은 시각적(스위치 옆에 부착되어 장치가 켜져 있음을 보여주는 'on' 표시, 혹은 누름 버튼이 눌러졌다는 것을 나타내주는 분명하고도 특징적인 시각

적 표시들)인 것들이 모두 포함될 수 있다.

나. 음성 제어

최근 몇 년 동안, 정교한 음성 재인 기술의 발달로 인해, 음성 입력 장치들이 제어의 수단으로서 유용하게 사용되고 있다. 이러한 음성 제어 장치들도 나름대로 장점과 단점들을 가지고 있다.

무엇보다도 음성 제어는 손과 발을 이용한 수동 제어 과제를 수행하는 데 매우 '바쁜' 상황에서 매우 큰 가치를 가질 수 있을 것이다. 실제로 이러한 설계가 매우 성공적이었음을 밝혀준 사례들이 있다.

그러나 음성 제어는 사용할 수 있는 어휘의 크기에 제한이 있고 시스템이 음성 명령을 혼동할 수 있으며, 음성을 재인하는 시스템의 속도가 느리며, 소음 등과 같은 외부 요인에 영향을 받을 수 있다는 단점도 가지고 있다.

그러나 음성 제어가 갖는 이러한 단점 때문에 수동 제어 장치들에 비해 음성 제어 장치들이 더 열등하다고 말하기는 어렵다. 또한 음성 재인 시스템들이 갖고 있는 주요 단점들을 해결할 수 있는 정교한 컴퓨터 알고리즘들이 현재 많이 개발되고 있기 때문에, 음성 제어는 앞으로 많이 사용될 수 있는 제어의 한 형태가 될 수 있을 것이다.

다. 원격 조작 혹은 텔레로보틱스

인간이 직접 수행해야 하지만 이것이 가능하지 않은 제어 상황들이 많이 있다. 이러한 상황과 관련하여 두 가지의 예를 들 수 있다.

원격 조작(remote manipulation)은 무인 심해 탐사선이나 우주 탐사선을 오퍼레이터가 원격으로 제어하는 것이고, 위험 조작(hazardous manipulation)은 매우 위험한 물질(예를 들어, 방사능 물질)을 다룰 때의 조작 방식이다.

텔레로보틱스(Telerobotics)라고도 알려진 이러한 과제는 직접 보지 않으면서 시스템을 제어해야 하기 때문에 몇 가지 특징적인 문제에 직면한다.

그 중에서 가장 중요한 문제는 오퍼레이터가 원격

조작 환경을 실제 환경 속에 있는 것처럼, 그리고 자신의 팔이나 손의 ‘확장’으로서 직접 조작을 제어하는 것처럼 느낄 수 있도록 하는 것이다.

그러나 텔레로보틱스 혹은 가상 현실 영역에서 이러한 목표가 쉽게 달성되는 것을 곤란하게 하는 몇 가지 제어 특징들이 있다.

먼저 원격 제어 시스템들은 종종 제어 장치의 조작이 효과를 발휘할 때까지와 시각적 피드백이 제공될 때까지의 시간적 지연에 직면한다.

둘째, 원격 조작은 대개 3차원 안에서의 추적과 조작 과제를 포함하지만 3차원적인 이미지의 질을 높일 경우 이미지의 갱신 속도가 떨어지는 단점이 있다.

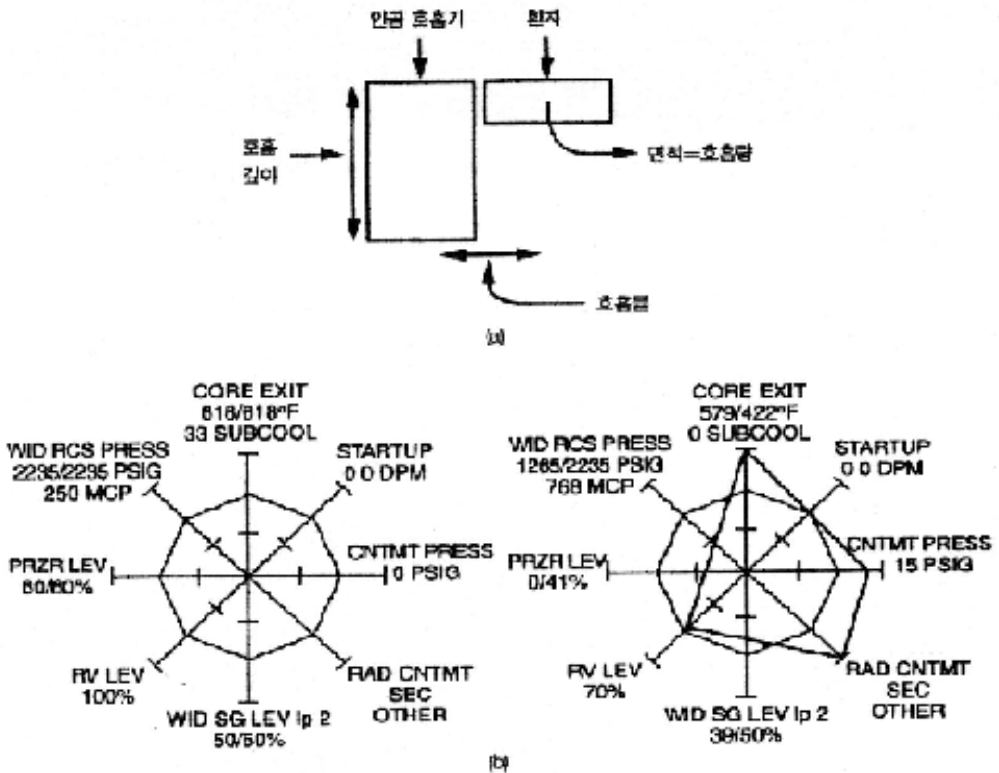
셋째, 비록 시각적 피드백이 과제의 수행에 절대적으로 중요하긴 하지만, 원격 조작의 경우 촉각적 피

드백과 같은 추가적인 피드백이 제대로 전달되지 못하는 경우가 대부분이다.

많은 원격 조작 장치들이 갖는 가장 심각한 문제는 아마도 시간 지연일 것이다. 우리가 살펴보았듯이, 이 문제에 대한 가장 효율적인 해결책은 시간 지연을 줄이는 것이다.

이러한 지연이 그래픽의 복잡성 때문에 발생하는 것이라면, 그러한 복잡성의 일부를 줄임으로써 시간 지연의 문제도 해결 가능할 것이다.

그래픽의 복잡성을 감소시키는 것이 현실감이나 ‘실재감’을 낮추는 결과를 초래할 수도 있지만, 이것은 사용성을 향상시킬 수 있는 일종의 방법이기도 하다.



〈그림 4〉 (a) 정상적 호흡 감시 디스플레이; (b) 원자력 발전소에서의 주요 안전 변인들을 감시하기 위한 통합적 "바퀴살형(spoke)" 혹은 "극성(polar)" 디스플레이. 왼쪽: 정상 작동; 오른쪽: 냉각수 부족 사고 발생시에 제시되는 형태.

공학심리학의 응용 사례들

1. 디스플레이 설계

실제 세계에서 많은 시스템들은 매우 복잡하게 구성되어 있다. 전형적인 핵 반응로가 제대로 작동하는데 필수적인 변인들의(따라서 오퍼레이터들이 반드시 감시해야 하는 변인들) 수는 최소한 35개 정도이고, 항공기가 매우 정기적인 작동을 하는 상황에서도 조종사들이 꼭 감시해야 할 변인들은 최소한 7개는 된다고 여겨진다.

따라서 중다 디스플레이의 설계에서 중요한 문제는 이러한 디스플레이들을 어떻게 구성해야 하는가의 문제이다.

중다 디스플레이 문제를 해결하기 위해 매우 효과적인 방법 중의 하나는 형상 디스플레이를 이용하는 것이다.

때때로 '원자로'에 관한 중다 디스플레이들은 감시 과제에 필요한 어떤 속성들이 원래 변인 값들의 조합으로부터 '출현될 수 있는' 공간이나 형태로 배열되어질 수 있다.

이러한 디스플레이의 한 가지 사례가 <그림 4>에서 보여지고 있는데, 이것은 Cole(1986)에 의해 개발된 환자의 호흡 감시용 디스플레이이다.

각각의 직사각형에서 높이는 호흡의 양 혹은 호흡의 깊이를, 그리고 너비는 호흡의 비율을 나타내 준다. 따라서 직사각형의 전체 넓이는 환자가 흡입한 전체 산소량(오른쪽)과 인공호흡기가 제공한 전체 산소량(왼쪽)을 나타낸다는 것을 알 수 있는데, 왜냐하면 산소량 = 호흡률 × 호흡의 깊이이고, 직사각형의 면적 = 높이 × 너비이기 때문이다.

따라서, 이러한 디스플레이는 출현 속성(emergent feature)이라고 불리는 것을 만들어내는 방식으로 형상화된(configured) 것이다;

즉 원래 변인들이 형상화된 결과, 원래의 변인들(이 경우에는 깊이와 비율)에는 존재하지 않았던 또 다른 속성이 '출현'하여, 수행되어야 하는 과제와

보다 직접적으로 관련되고 또한 통합적인 형태로 새로운 변인(이 경우 직사각형의 넓이 혹은 환자가 호흡한 전체 산소량)의 변화에 대한 정보를 제공해 준다.

이 그림에서는 또한 직사각형의 모양을 통해 지각될 수 있는 두 번째의 출현 속성이 있다는 것도 주목하기 바란다. 즉, 직사각형의 모양을 통해 환자가 알고 빠른 호흡을 하고 있는지, 아니면 깊고 느린 호흡을 하고 있는지(즉, 호흡의 유형이 어떠한지)를 알 수 있다.

<그림 4>에서 보이는 또 다른 예는, 원자력발전소의 통제실에서 사용되는 안전 파라미터 감시용 디스플레이로서 Woods, Wise, 그리고 Hanes(1981)에 의해 개발된 것이다.

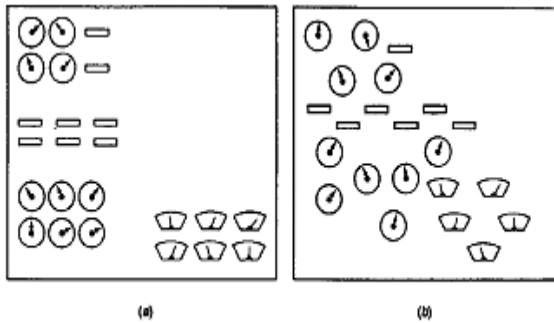
여기서 8개의 주요 안전 파라미터들은 하나의 팔각형으로 형상화되도록 배열되었는데, 이러한 안전 파라미터들이 모두 정상적인 안전 범위 안에 있으면 전체적으로 대칭성이라고 하는 새로운 출현 속성을 쉽게 지각할 수 있게 되어 있다.

더구나 일종의 시스템 오류의 결과에 의해 파라미터들이 정상적인 값들에서 멀어지게 되면, 다각형의 찌그러진 형태가 작동 오류의 본질에 대한 독특한 신호를 보내주게 된다.

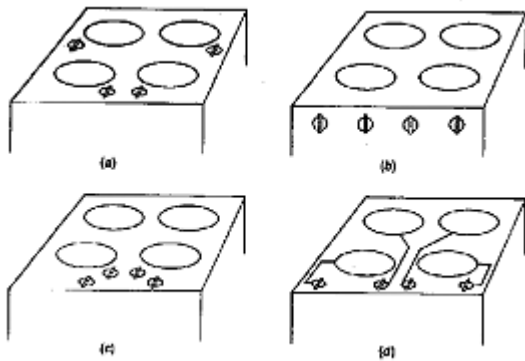
2. 지각과 주의

형태주의 심리학자들은 시각장의 여러 대상들이 전주의적으로 집단화하여 새로운 전체적 특성을 가지는 점에 주목했다. 이러한 특징을 이용하면 디스플레이나 계기판의 패널이 효율적으로 배치되어 조작이나 감시를 용이하게 해 준다. 그 한 예가 <그림 5>이다.

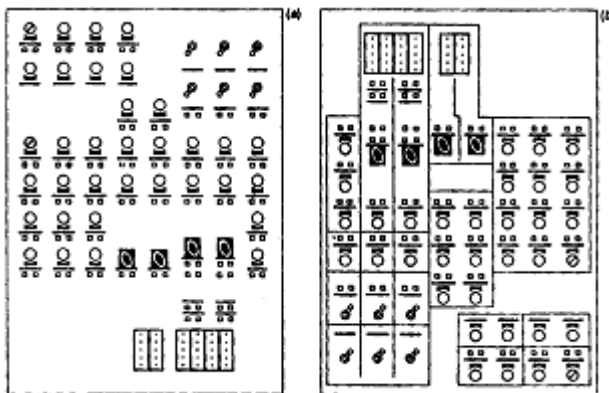
이 그림에서 왼쪽의 계기판은 지각 체제화가 잘 되도록 배열되어 계기판의 침이 정상에서 벗어나 있는지 아닌지를 탐지하는 것이 용이하지만, 오른쪽의 그림은 개개의 계기판을 일일이 검사해야만 하도록 배열되어 있어 비효율적이고 오퍼레이터의 작업 부하



<그림 5> 디스플레이 체제화를 이용한 계기판의 배열 (a)과 무선적인 배열(b)



<그림 6> 위치 부합에 따른 가스 스토브의 제어기 배열. a) 병치 원리에 따름 b) 전통적 배열로서 혼동을 초래 c) a,b)의 타협 d) 시각적 연결로 부합성 문제를 해결.



<그림 7> a) 향상되기 전의 제어 패널 배치 b) 집단화 및 기능적인 군집화를 시킨 제어 패널 배치.

를 가중시킨다.

기기를 조작하는 여러 가지 상황에서 고려할 점은 기기의 조작 스위치와 그 기기의 조작의 결과가 나타나는 부위나 계기 패널이다.

따라서 조작 스위치의 작동 원리(예를 들어 누름 스위치, 회전 스위치, 쫓힘 스위치 등의 유형 및 조작방향)와 계기판이나 작동기의 운동 방향이나 그 위치의 설계는 오퍼레이터의 조작을 용이하게 하도록 설계되어야 한다.

이는 인지심리학에서의 자극-반응 부합성의 원리에 따르는 것으로서 자극과 반응의 양상이나 방향 또는 위치가 일치할수록 정보처리는 더 정확하고 빠르게 진행된다.

이 자극-반응 부합성은 다시 위치 부합과 동작 부합으로 나누어진다.

위치 부합을 따르도록 가스 스토브의 제어 장치를 배열한 것이 <그림 6>의 a이다. 그러나 조작의 위험성을 높이거나 실제적 설계상의 난점이 있기 때문에 <그림 6>의 d처럼 시각적 연결로 문제를 해결하거나 c처럼 타협하는 배열이 나온다.

3. 처리와 제어

복잡한 시스템의 제어에는 앞에서 언급한 수동 제어보다 처리 지체가 더 크고 불연속적 위계적인 과정을 밟는 처리 제어에 따른다.

예를 들어 원자력발전소의 제어가 처리 제어의 전형적인 예인데, 제어되는 여러 변인들이 위계적으로 조직되어 있고 제어 행위 자체는 발전소의 여러 추상적 제어 목표보다 훨씬 요소적이고 말초적이다.

따라서 원자력발전소 오퍼레이터는 개개 조작 스위치의 조작이 발전소 상태를 전체적으로 어떻게 변화시키는지에 대한 적절한 정신 모형을 갖고 있어야 한다.

또한 발전소의 제어실에는 무수히 많은 조작

스위치들과 계기판들이 있는데, 발전소의 과부하나 과열 핵반응 등의 위기 상황이 발발할 때는 오퍼레이터의 인지적 능력을 초과할 수도 있는 정보가 제시되고, 그에 따라 요구되는 제어 행동이 주의 용량을 벗어날 수도 있다.

전형적인 원자력발전소 제어실에서는 많은 스위치 패널과 계기판을 동시에 감시하고 제어해야 하므로 오퍼레이터의 작업 부하는 아주 클 것이라는 것을 쉽게 상상할 수 있다.

다행히 특별히 위기 상황이 아닌 대부분의 상태는 정상적으로 작동하고 있고, 빈번히 제어되는 스위치나 감시되는 계기판은 소수이다.

특히 원자력발전소의 안전 운행에 필수적인 조작 스위치들은 실수가 일어나지 않도록 세심히 고려되어 배치되고 설계되어야 한다.

그런데, 중요한 제어 장치의 명칭과 부호가 불일치하거나 제어운동의 방향이 비관직적이면 치명적인 제어 실수가 일어날 수도 있다.

TMI 원자력발전소 사고의 원인을 분석한 결과, 인간공학자들은 제어실의 패널이 이러한 결함들을 갖고 있음을 발견하고 제어 조작과 감시를 용이하게 할 수 있도록 <그림 7>과 같이 제어패널의 배열을 향상시켰다.

인적 오류의 인지공학 접근

에러는 인간의 작업 수행의 모든 단계에서 발생한다. 이 분야의 여러 연구들을 살펴보면 대형 사고들과 원자력발전소 처리 제어 및 비행과 같은 복잡한 시스템 사고에서의 주요 요인 중 60~90퍼센트가 인적 오류에 의한 것이라 추정된다.

시스템 조작에서 범하게 되는 많은 인간의 에러들은 무책임한 행동에 기인한다. 기보다는 잘못된 시스템 디자인 구조에 있다(곽호완, 김영진, 박창호, 남종호, 이재식, 2003).

노만(1981)과 리슨(1984)은 행동상의 에러와 무의식적 에러라는 중요한 양분법을 제안하였다. 이러한 양분법의 이해를 돕기 위한 맥락이 <그림 8>에 소개되고 있다.

작업자는 상황 자극들을 제대로 이해할 수도 그렇지 못할 경우도 있다. 이러한 해석의 에러나 행위 선택의 에러는 착오(미스테인크, mistakes)라 부른다.

대구 지하철 화재 사고에서 기관차의 잘못된 상황 판단(화재 상황을 모르고 역 구내로 차량 진입)은 바로 행동적 실수의 사례이다.

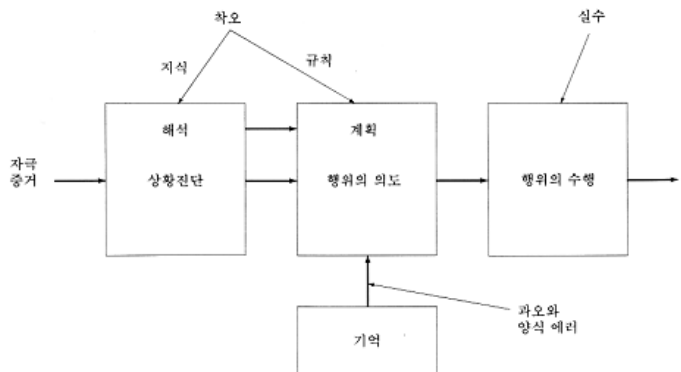
또 기계의 버튼 조작이나 전자식 전화기 버튼에 대한 잘못된 이해도 부정확한 사용의 결과를 초래하는 행동적 실수의 예이다.

행동적 실수와는 다른 에러가 슬립(무의식적 실수, slip)인데 이것은 상황에 대한 이해 자체는 올바르게 이루어지고 행동 선택도 제대로 이루어졌으나 행동 자체가 부적합하게 이행되는 경우를 의미한다.

가장 흔한 예 중 하나는 타이피스트가 키를 잘못 누르거나 비행사가 착륙 바퀴가 아닌 날개의 플랩 조정 손잡이를 움켜쥐는 경우와 같은 것이다.

<그림 8>에서와 같이, 한 조작 상황에서 위에서 논의한 두 종류 중 어느 한 가지 혹은 두 가지 에러가 동시에 발생할 수 있다.

이 두 유형의 에러는 여러 가지 흥미로운 특징이나 분명히 구분되는 특성을 지니고 있지만, 인간의 정보 처리 과정에서의 에러를 완전히 이해하기 위해서는



<그림 8> 인적 오류를 설명하는 정보 처리 맥락의 도해

기억 실패에 관련된 것들을 포함한 광범위한 유형의 에러들을 범주화하는 것이 필요하다¹⁰⁾.

슬립과 미스테인크 및 양식 에러간의 중요한 차이는 어떤 유형의 에러를 가장 손쉽게 탐지할 수 있는가 하는 데 달려 있다.

슬립은 비교적 쉽게 눈치 챌 수 있는데 그 이유는 사람들이 자신들의 근육 활동에 대해서는 의식 혹은 무의식적으로 모니터하고 있으며 그러한 행동 결과에 대한 피드백이 기대하는 결과(정확히 형성된 의도에 비추어보아)와 일치하는지를 견주어 보게 되므로

차이가 쉽게 파악되는 것이다.

반면에 의도 자체가 잘못 되었을 경우(실수) 혹은 어떤 단계가 빠진 경우(양식 에러) 에러에 대한 피드백은 훨씬 늦게 나타나므로 에러는 즉각적으로 탐지될 수 없다.

리슨(1990)은 다른 경험적 연구들을 종합하여 에러 탐지는 물론 에러 수정의 용이성에서 미스테인크 보다 슬립의 경우 훨씬 높다고 결론을 내렸다.

슬립과 미스테인크 간의 여러 가지 차이점에 비추어 보아 이 두 가지 유형의 에러를 개선하기 위해서

10) Norman과 Reason의 연구에서 제시된 보다 자세한 도식에 근거하여 종합된 다섯 가지 에러의 범주를 소개한다. (1) 미스테인크 (착오, mistake) : 미스테인크는 지각, 기억, 그리고 인지의 취약성에서 기인한다. 리슨(1990)은 미스테인크를 지식 기반 실수(knowledge-based mistakes)와 규칙 기반 실수(rule-based mistakes)로 구분하였다. 전자는 상황을 제대로 이해하지 못하였기 때문에 부정확한 행위 계획을 수립하게 되는 의사 결정상의 에러와 같은 것들이다. 그러한 실패는 예를 들어 작업자들이 의사 소통 과정에서 혼동을 일으키거나(잘못 이해하거나), 작용 기억의 한계를 초과하게 되거나, 모든 대안들을 다 고려하지 못하거나, 어느 한 쪽으로 치우친 편견에 집착하게 되는 경우가 이에 포함된다. 요약하자면, 작업자가 주로 정보의 복잡성에 압도당하거나 그 정보들을 올바르게 해석하기 위한 지식이 결여되었을 때 실수가 나타나는 것이다. 반면에 규칙 기반실수는 작업자가 자신이 처한 상황에 대한 자신감이 있거나, 상황 대처법이 정형화/고착화 되어 있을 때 발생한다. 즉 작업자는 상황을 대처하기 위한 규칙이나 행동을 스스로 유발시킨다. 규칙의 선택은 "if-then"의 논리를 따른다. 환경적 상황에 대한 이해(진단)가 규칙의 "if"부분과 일치하거나 혹은 그 규칙이 이전에 성공적으로 사용된 사례가 있다면 "then"부분은 곧장 활성화된다. 그러면 어떤 경우에 규칙이 성공적으로 적용되지 못하는가? Reason(1990)은 세 가지 가능한 경우를 들고 있다. 첫째, 좋은 규칙이라 할지라도 만일 "if" 부분이 환경과 부합되지 못한다면 잘못 적용될 수 있다. 즉 그 규칙은 여태껏 대체로 성공적으로 이용되기는 하였지만 만일 환경이나 작업맥락 상에 조그마한 변화라도 일어나게 되면 그것은 적절치 못한 규칙이 되어 버리는 것이다. 예를 들어, 자동차의 조향 방향은 운전자가 진행하고자 하는 쪽으로 맞추는 것이 맞지만 노면이 얼어붙은 경우에는 그렇지 않은 것이다. 그런 경우에는 자동차의 움직임 통제를 위해 핸들을 미끄러지는 쪽으로 틀어야 하는 것이다. 둘째로 규칙 기반 실수는 "잘못된 규칙"이 적용될 때 발생한다. 그 원인은 환경의 "if"부분이 단순히 잘못 해석되는 약화화 결어일 수 있다. 셋째로 규칙의 "then"부분이 부정확하거나 잘못 선택된 경우이다. (2) 슬립(실수, slip) : 미스테인크는 의도한 행위가 잘못된 경우를 의미하는 반면(진단이 잘못이건 아니면 행동 선택의 규칙이 부정확했던 간에), 슬립은 올바른 의도가 잘못 실행된 경우를 의미한다. 슬립은 세 가지 이유로 인해 발생한다. 첫째, 의도된 행위(혹은 일련의 행위들)가 일상적으로 빈번히 행해지는 행동에서 조금 이탈될 때이다. 둘째, 자극 환경이나 행위 계열 자체의 어떤 특징들이 부적합한(그러나 더욱 빈번한)행동과 관련되어 있을 때이다. 셋째, 행위 계열이 비교적 자동화되어 있고 따라서 주의 깊게 모니터 되지 않고 있을 때이다. 신문을 읽고 있는 동안 외플에 시럽 대신 오렌지 주스를 붓는 행위는 무의식적 실수의 대표적 예이다. (3) 랩스(과오, lapse) : 슬립이 부정확한 행동의 수행을 의미한다면 랩스는 행동의 불이행을 의미한다. 랩스는 일상 용어로는 건망증(forgetfulness)으로 표현할 수 있다. 예를 들면, 우리가 방으로 들어가는 순간 다른 어떤 일로 방해받아 그 방에 들어간 이유를 잊어버리는 경우이다. 여러 과정이 연계적으로 이루어져 있는 절차의 수행에서도 그 과정 중 어떤 부분을 빼먹는 경우가 있는데 이것 역시 이러한 에러의 유형에 속한다. 디트로이트 시의 공항 외곽에서 발생한 Northwest 항공사 소속 MD-80기의 추락 사고를 분석한 결과, 일상적인 착륙 점검 과정을 거치는 도중 조종사들은 항공 관제사의 활주로 변경명령으로 인해 일시적으로 그들의 행동을 중단하게 되었다. 다시 그 과정을 속개하였을 때, 양 날개의 플랩 각도를 조정하는 절차를 생각하게 되었는데 이것이 바로 추위 비행 사고의 원인이었다. (4) 양식 에러(mode error) : 양식 에러는 순간적 기억 실패와는 다른 종류의 기억 실패로 인해 발생한다. 즉, 작업자가 그 상황에 적합한 맥락을 제대로 이해하지 못하였기 때문에 부적합한 조작 양식이 된 것이다. 예를 들면 아직 비행기가 활주로에 있는데도 조종사가 이륙한 것으로 잘못 판단하여 착륙 기어를 올리려고 시도하는 경우와 같은 것이다. 양식 에러는 여러 가지 자동 순환 조절 기능이 부작한 현대식 비행기의 조종실애어 점차 그 문제점이 심각히 부각되고 있다. 한 예로, 간단한 타자기에서도 숫자들을(예를 들어, 1965) 치려는 것이 그만 대문자 쪽으로 양식을 바꾼 채로 자판을 두드리는 바람에 !(!%와 같이) 찍게 되는 일이 발생하기도 한다. (5) 에러 범주간의 구분 : 이러한 에러 범주들은 여러 가지 관점에서 구분될 수 있다. 예를 들어 이미 언급된 바와 같이 지식 기반 실수의 특징은 상황을 제대로 파악하지 못하였거나 과제에 대한 과도한 주의 집중 요구 등이라 할 수 있는 반면 규칙 기반 실수 및 무의식적 실수는 고도의 기술 수준과 관련된다. 또 문제 장면에서 다른 쪽으로 주의를 돌리는 때에 발생하는 실수이다.

는 각기 다른 처방이 필요할 것이 분명하다.

슬립의 예방을 위해서는 자극-반응 부합성과 자극 통제 유사성의 문제와 같은 시스템 및 과제 디자인에 가장 역점을 두어야 한다.

반면 미스테인크의 예방을 위해서는 효과적 디스플레이(정신모형의 구조를 정확하고 신속하게 보여 주는)와 관련된 시스템 특성이나 훈련 등에 초점을 맞추어야 할 것이다.¹¹⁾

맺음말

각종 사고/재난을 방지하기 위해서는 여러 가지 관리/법규 또는 제조 기술들의 정비/훈련/발전이 중요하다. 그러나 인간이 유발하는 재난(인재)의 경우에는 대부분의 경우 인간의 에러가 개입하고, 이 에러를 방지하거나 예방하는 것은 사고의 대형화를 줄이는 데 크게 이바지 한다.

특히 위험 상황에서의 인간의 각종 에러를 차단/방지하는 것은, 인간 정보 처리 이론에 근거한 실험 결과와 현대의 첨단 전자 기술이 융합될 때 비로소 가능하다 할 것이다.

이러한 인지공학적 기반에서 제안하고 있는 여러 안전 보조 시스템 디자인 기술들¹²⁾을 사용한다면 인적

오류를 줄이고 사고의 대형화를 막을 수 있을 것이다. ☺

<참고 문헌>

- 권영국. (2002). 산업안전공학. 형설출판사.
- 이재식(역). (2001). 인간공학. 시그마프레스.
- 진영선 · 곽호완(역). (1994). 공학심리학: 시스템 설계와 인간수행. 성원사.
- 곽호완 · 김영진 · 박창호 · 남종호 · 이재식 · (역). (2003). 공학심리학(3판). 시그마프레스.
- Norman, D. A. (1981). Categorization of action slips. *Psychological Review*, 88, 1-15.
- Reason, J. (1990). *Human Error*, Cambridge University Press.
- Goodstein, L. P., Andersen, H. B., & Olsen, S. E. (1988). *Tasks, Errors and Mental Models*. Taylor & Francis Ltd.
- Sanders, M. S., & McCormick, E. J. (1987). *Human factors in engineering and design* (6th ed.). New York: McGraw-Hill.
- 웹 소스: [http:// kr.dir.yahoo.com/Society_and_Culture/ Issues_and_Causes/ Society/ daegu_subway_tragedy/ Daegu_Subway_Accident_News/\(kwak@knu.ac.kr](http://kr.dir.yahoo.com/Society_and_Culture/Issues_and_Causes/Society/daegu_subway_tragedy/Daegu_Subway_Accident_News/(kwak@knu.ac.kr)

11) 현대에서 보다 큰 문제는 대부분의 사용자(승객)들이 지하철이나 대형 선박의 시스템 특성을 이해할 수 없을 정도로 복잡하여 위험 요소 발생시 적절한 대피 행동을 하기 곤란하다는 데 있다. 그 이유는 부분적으로, 순진한 사용자와 시스템 간의 괴리를 메울 수 있는 보조 장치가 결여된 때문이다. 예를 들어, 지하철 승차 칸 내부에 적정 농도 이상의 연기가 차면 자동으로 문이 열린다든지, 전원이 꺼지면 비상 전원을 통해 비상문 개폐기의 위치를 알려주는 깜박임 전등과 경보음이 울리도록 장치하는 것이 그리 어려운 일이 아니다. 사용자의 안전을 위해 여러 보조 시스템을 개발하기 위해서는 위험 상황에서 인간의 인지적 처리 방식을 먼저 이해하여 인지적 상황 판단과 의사 결정을 용이하도록 하여야 한다. 특히 재난으로 연결될 수 있는 오퍼레이터의 조작 행위(예: 기관사가 마스콘 키를 뽑는 행위, 또는 전투기의 비상 탈출 레버)는 실수 행동의 경우 그것을 탐지하고 교정하는 보조 시스템이 필요하다. 즉 많은 재난은 오퍼레이터의 조작 에러에 기인하고, 이러한 에러는 특정 인지 정보 처리 단계에서의 처리 실패 특성을 드러낸다.

12) 인적 오류 탐지 및 방지 인지 기술, 주의 및 기억 정보 처리 부하 관리 기술, 작업자의 경험, 지식 및 전문성 정도에 따른 오류 분석 및 관리 기술, 자동차 시스템과의 상호 작용에서 발생하는 인지적 오류 탐지-관리 기술, 긴급 상황 및 스트레스하의 인간 오류 분석-관리 기술, 인적 오류 방지를 위한 정보/센서 보조 시스템 기술, 위험-위기 상황 커뮤니케이션 인지 시스템 효율화 기술, 작업자의 인지/감정 특성 및 생체 신경 신호에 기반한 위험 정도 예측 기술, 상황 의존적 대처 정보 활용 실패에서 기억 요인 분석 및 교정 인지 기술, 위험/위기 상황 대처 인공물 디자인 인지공학 기술, 상황 의존 집단내/간 커뮤니케이션 양식 판별 기술