

인간-컴퓨터 작업에서 감시체계의 상황인지과정에 관한 연구 - A Study on the Cognitive Process of Supervisory control in Human-Computer Interaction -

오 영진 *
이 근희 **

Abstract

Human works shift its roll from physical condition to the system supervisory control task. In this paper safety-presentation configuration is discussed instead of well-known fault-warning configuration. Of particular interest was the personal factor which include the cognitive process.

Through a performance between each person, information processing(d') and decision process(β) was pointed out to explain the sensitivity of personal cognitive process. Impact of uncertainty effect the supervisor having doubt situations. These facts are released by the use of flat fuzzy number of β and its learning rate R .

1. 서론

과학기술의 진보와 전자 및 컴퓨터 기술의 발전은 종래의 인간의 작업형태를 육체적인 노동에서 점차 자동화된 환경의 작업조건에 맞추어 지도록 변해지고 있다. 특히 제조환경에서 인간의 작업은 고도의 정신작용을 요구하는 작업으로 강하게 의존관계를 형성하게 되었으며 이러한 작업은 시스템의 상황을 감시하는 부분의 중대가 예견되고 있다. 즉 제조과정은 로봇, 자동반송장치, CNC머신, 자동창고 등의 장치가 주로 이용되고 이를 관리하기 위해서는 모든 장치를 네트워크로 연결하여 종국에는 제조계획 및 통제가 컴퓨터에 의해서 행해지고 제조현장에서는 점차 인간의 육체적인 노동의 현상이 극격히 감소하게 된다.

이러한 자동화된 시스템에서 인간의 역할은 시스템의 상태를 감시하고 상황에 따라 알맞은 조치를 취하는 방향으로 전환될 것이다. 그러므로 인간과 컴퓨터의 효율적인 작업의 설계를 위해서 감시제어(supervisory control) 체계의 중요성이 대두된다. 인간은 시스템의 목표를 달성하기 위해 작업에 대한 정보를 계속적으로 얻고, 시스템의 정보를 통합하여 상황을 판단한다. 그리고 이에 따라 시스템과 의사소통을 하는 컴퓨터를 통해 상황에 적절하도록 각각의 장치를 제어한다.

인간공학에서 추구하는 것은 사용자와 도구, 기계 및 환경을 설계함에 있어서 적절한 인터페이스를 제시하는 일이라고 볼 수 있다. 이를 통해 보다 편리하고 인락하며, 안전함을 제공하는 효율적인 인간-기계 시스템(man-machine system)을 만들어 낸다. 이를 위해 주로 휴먼 인터페이스에 관심을 두고서 심리학, 생리학, 해부학, 공학 등의 학제적(interdisciplinary) 연구를 수행하고 있는데, 최근에 와서는 사용자와 컴퓨터 시스템 사이에 존재하는 인터페이스를 위해 다양한 방면에서 접근하고 있다. 넓은 의미에서 사용자 인터페이스란 인간-기계시스템에 있어서 기계의 상태나 운용정보를 사용자에게 제공하고 또 사용자가 시스템을 제어할 수 있도록 하는 장치들을 포괄적으로 의미한다. 특히 컴퓨터 시스템이 있어서 컴퓨터와 사용자간의 대화, 여러가지의 입출력장치, 그리고 이를 둘러싼 물리적 환경 등을 지칭한다.

* 상지대학교 산업공학과

** 한양대학교 산업공학과

접수 : 1993년 4월 28일

확정 : 1993년 5월 10일

컴퓨터와 관련된 작업에 관한 연구는 작업의 종류에 따라 크게 text editing, information searching, performance 산출에 대한 방향으로 전개된다. Gould & Alford(1984)는 이러한 연구에서 개인간의 작업 수행도에 variance가 존재함을 밝혀 냈다. 그후 Gomez Egan 등(1986)은 이러한 개인간의 차이를 정량화시켜서 최대, 최소의 variance를 구해 내었으며 그 결과, 모집단의 75%가 약 두배의 수행도 차이가 있음을 알아내었다.

본 연구에서는 시스템에서 컴퓨터를 통하여 감시제어 작업을 행할 때 인간이 시스템으로부터 얻은 정보를 어떠한 과정을 거쳐 인지하게 되고 판단을 내리는가에 관해서 살펴보고자 한다.

2. 감시제어

감시제어에서는 시스템의 상황에 따라 인간이 명령을 지시하고 이에 따라 컴퓨터에서는 적절한 프로그램이 실행되어 자동적으로 시스템을 제어한다. 이러한 제어 시스템에서는 인간은 시스템의 목표에 따라 제어를 계획하고, 수행도를 감시하며 필요할 때 관여하는 계획(plan), 교시(teach), 감시(monitor), 간섭(intervene), 학습(learn) 등의 기능을 수행한다[이순요]. Fig.1에서는 이러한 일련의 과정이 이루어 지는 계층적 구조를 보여주고 있다.

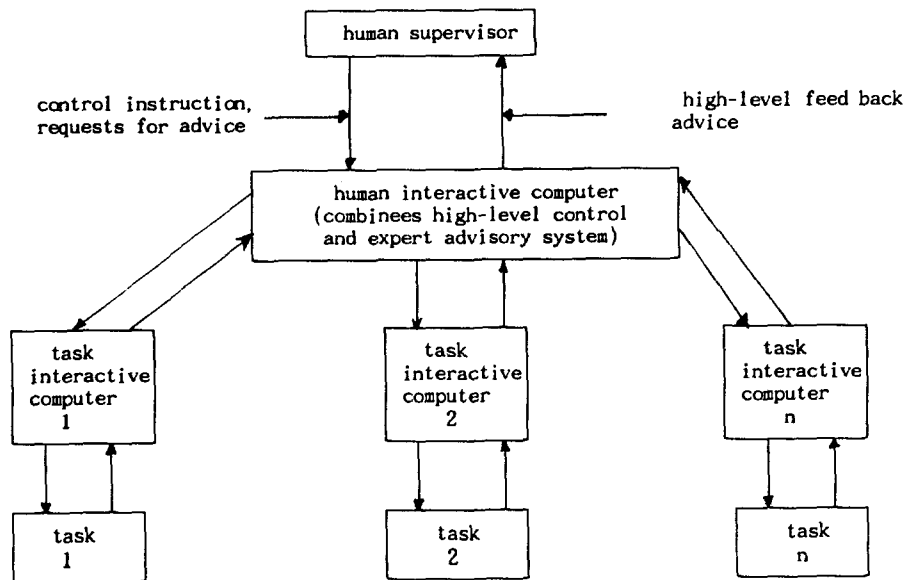


Fig. 1. Hierarchical nature of supervisory control

시스템의 상황 정보를 나타내는 감시체계를 구성하기 위해서는 시스템의 안정상태 뿐만 아니라 이상상태에 대해서도 이를 감지하고 디스플레이상에 메시지를 표시해주는 센서가 필수적으로 필요하다. 본 체계에서는 시스템은 2가지 상태를 센서는 4가지, 디스플레이는 2가지 상태를 갖는다고 본다 [8].

- 1) 시스템
 - ① S : 정상가동 상태
 - ② U : 불안정상태. 시스템을 정지시키는 등의 조치를 취해야만 재해를 예방할 수 있음.
- 2) 센서
 - ① NM : 정상상태
 - ② PF : 시스템이 U임을 나타냄. 그러나 실제 시스템 상태는 S임.
 - ③ NF : 시스템이 S임을 나타냄. 그러나 실제 시스템 상태는 U임
 - ④ D : 시스템이 S에서 U로 전환될 때 파괴된 상태. 이 경우 디스플레이상에서도 아무런 메시지가 나타나지 않음.

3)디스플레이

- ① W : 정상작동
- ② F : 비작동상태

감시작업의 종류로서는 위험경고체계와 안전표시체계의 두가지를 고려한다. 위험경고 체계에서는 디스플레이에 나타나는 시스템의 상태는 다음의 규칙에 따른다.

- ①시스템이 상태 S일 때는 아무런 메시지를 나타내지 않는다.
- ②시스템이 상태 U일 때는 센서가 이를 감지하여 디스플레이에 경고 메시지를 나타낸다.

안전표시체계에서는 다음의 규칙을 따른다.

- ①시스템이 상태S일 때는 디스플레이가 계속 안전메세지를 나타낸다.
- ②센서가 시스템이 상태 U임을 감지하면 디스플레이상의 안전 메세지는 경고 메세지로 전환된다.

위의 두 체계 모두 공통적으로, 디스플레이의 상태가 F일 때와 센서가 상태 D가 되면 디스플레이상의 모든 메세지는 소멸된다. 이상의 각 경우를 나타낸 것이 Fig.2이다.

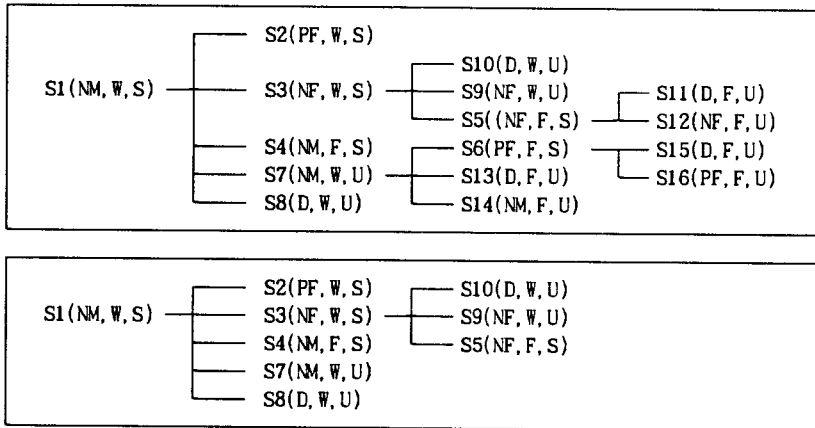


Fig.2. System state transition for fault-warning configuration(up) and safety-presentation configuration(down)

여기서 시스템의 상태 S4,S5,S8,S10은 디스플레이로부터 모든 메시지가 소멸되는 상황을 나타내고 있다. 이러한 상황은 디스플레이의 고장(S4,S5 :시스템의 상태는 S) 인 경우와 시스템이 상태 U로 되면서 센서상태가 D가 되는 경우(S8,S10 :디스플레이는 W)로 나누어 진다. 이 경우에 시스템의 감시자는 시스템의 상태를 나타내는 보조 정보가 없다면 자신이 직면한 상황이 어떤 경우에서 유발되었는지 알수가 없으므로 불확실한 상황에서 조치를 취해야 함을 요구받게 된다. 이 때에는 다음과 같은 정책이 사용된다. 우선 디스플레이상의 메시지가 사라짐과 동시에 시스템의 가동을 중지시킬 수 있다. 또는 메시지가 소멸될 때 주변의 다른 정보를 이용하여 시스템의 상태를 평가한다. 시스템의 상태가 U이면 가동 중지시키고 S이면 시스템을 계속 가동시키면서 부속조치를 취한다. 결과적으로 정상가동 상태를 중지시키는 것(inappropriate mission abort)과 위험한 시스템을 중지시켜 재해를 방지하는 것(hazard prevention), 그리고 위험한 시스템을 방지하여 재해를 유발시키는 것(catastrophic accident) 등의 세가지 형태를 지닌다.

이러한 감시체계에서 감시자의 성공적인 임무수행은 매우 중요하며 이들의 판단과정을 규명하여 시스템의 안전한 운영 뿐만 아니라 이들의 훈련과정에 응용하여 요원 배치 및 행동예측에 도움이 된다. 그러므로 이에 대한 수행도에 관한 연구[오영진 외]에 이어서 본 연구에서는 보다 상세하게 이러한 일련의 판단과정을 인지과정에 주안점을 두고 설계될 수 있도록 모형을 제시한다.

3. 시스템 상황 판단과정

3.1 정보의 인식과정

인간의 정보취득은 자신의 감각기관을 통하여 1차로 인식이 되고 이러한 정보는 대뇌로 전달되어 저장, 탐색, 판단의 과정을 거친다. 그런후에 판단 결정에 따라 인체의 근육기관을 통하여 조치가 취해진다 (Fig.3).

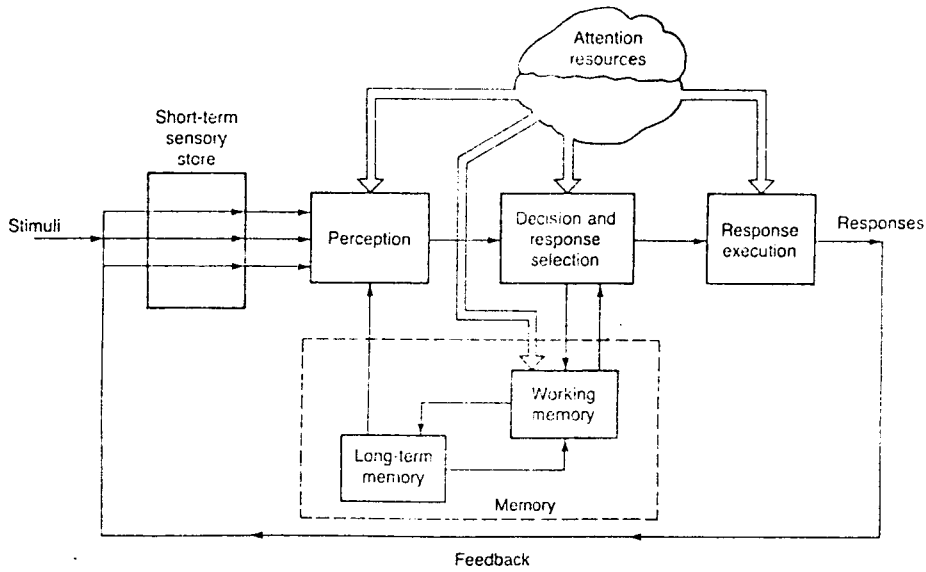


Fig. 3. Model of human information processing [Wickens,1984]

시스템의 감시자가 행하는 판단 행위는 우선 디스플레이에 나타난 상태를 진단(diagnosis)하고 선택(selection)하는 과정을 따른다. 이러한 과정에는 본질적으로 불확실성과 시스템 상태 감시의 태만 등으로 인해서 에러가 내재되어 있다. 즉 감시자는 판단의 최적해를 구하고자 하지만 인지능력의 제한과 bias 때문에 고전을 하고 있다. 그러므로 경우에 따라서는 불확실성이 증가될수록 판단에 자신감 부족이나 위험성(risk) 내재의 문제가 있다. Fig.4에서 doubt의 경우에 판단이 요구되는데 감시자는 시스템을 평가하여 결정을 내릴 때 정보가 부족하거나 불확실한 경우에 있어서 판단을 해야 할 때에 시스템의 평가치를 모호한 상태로 인지하고 있으므로 개인간의 차이와 평가의 오차 또는 실수가 있게 된다.

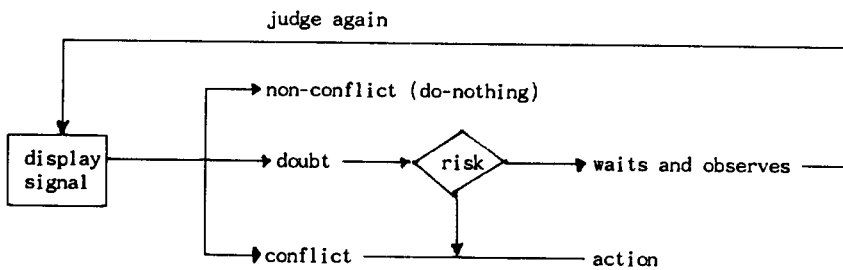


Fig. 4. perceptive judgement on uncertainty

3.2 시스템 상황인지과정

디스플레이의 정보를 보고 상황을 판단하는 과정은 감시자의 인식에 따라 비정상(conflict : C)과 정상(non-conflict : \bar{C})로 표시가 된다. 그러므로 이러한 디스플레이상의 신호가 중첩이되는 경우가 생기고(Fig. 5) 이를 판단하는 감시자는 Fig. 4의 상황에 처하게 된다.

이상에 대한 이론적인 형태에서 두개의 파라메타를 생각할 수 있다.

1)정보의 처리 : 두 분포의 평균의 차이를 d' 라 하면 d' 가 클수록 불확실성을 제거하는 상태가 된다.

d' 값은 시스템의 상황에 따른 특성 변수이기는 하지만 감시자의 분별 능력에도 다소간에 영향을 받는다.

2)판단 과정 : 디스플레이의 신호를 나타내는 특정한 x 값을 β 라 하면 이 값을 판단을 좌우하는 결정기준이 된다.

이론적으로 β 값을 정하는 것은 우선 판단에 따른 코스트를 고려해야 한다. 감시자의 판단은 자신의 판단에 의한 코스트(V)를 최소화하는 방향이라고 가정할 때 β 값은 다음과 같다[Ackerman].

$$\beta = \frac{p(\bar{c})}{p(c)} \cdot \frac{V(c/\bar{c}) - V(\bar{c}/\bar{c})}{V(\bar{c}/c) - V(c/c)}$$

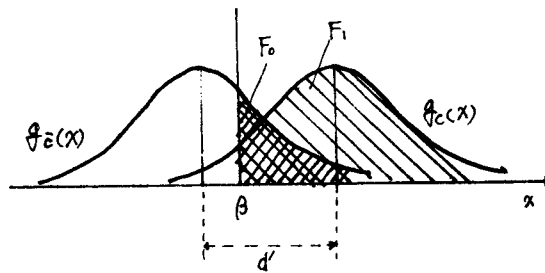
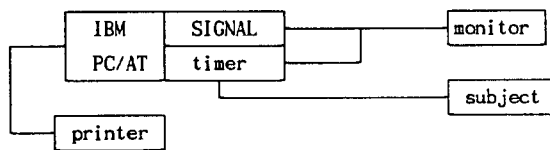


Fig. 5. Theoretical diagram of conflict decision

F_1 :frequency of conflict responses if conflict(c/c)

F_0 :frequency of conflict responses in non conflict(\bar{c}/\bar{c})

여기서 감시자의 경험 유무에 따른 반응 속도를 알아보는 실험을 한 결과 보통 경험자의 인식속도(0.58)가 비숙련자(0.65)보다 빠르다는 것을 알아냈다. 실험은 컴퓨터 사용에 익숙한 대학생 20명과 초보 사용자인 학부1년생 20명에 대해서 모니터 상에 나타나는 신호에 따라 반응을 하도록 하였다.



*** ANALYSIS OF VARIANCE ***

REACTION TIME BY SIGNAL

Source of variance	Sum of squares	DF	Mean square	F	Signif of F
Main Effect	4.683	1	4.683	245.196	.000
EXPERT	4.683	1	4.683	245.196	.000
Explained	4.683	1	4.683	245.196	.000
Residual	80.172	4198	.091		
Total	84.855	4199	.020		

Fig. 6. Experiment setting and its result

Bisseret(1981)의 연구에 의하면 파라메타 d'와 β가 상황인지를 평가하는데 보다 민감한 지수로 사용될 수 있음을 밝혔다. 그리고 비숙련자의 경우 숙련자보다 판별력이 좋으나(d') 주의력이 떨어지므로 값이 β값에 차이가 있음을 알아냈다. 그러므로 β값이 상황인지에 민감하다는 것을 알 수 있다. 즉 β값에 대한 상세한 묘사는 인지과정을 민감하게 반영한다고 말할 수 있다.

인지과정은 디스플레이에서 얻은 정보를 유지하는 시간과 유지되는 정보의 양, 그리고 탐색과정을 포함하고 있다. 개인간의 수행도의 차이에서 나타나는 인지과정은 β값에 대한 확신의 정도에 좌우된다. 그 정도를 퍼지 숫자로 처리하고 이러한 과정을 블랙 박스로 놓고서 산출된 결과를 반응시간에 한정하여 본다면 수행도는 학습현상을 나타낸다. 이 경우 학습률 R은 감시자의 β값에 대한 확신에 따라 다음과 같이 된다.

$$T_n = T_1 N^\alpha \quad \text{where} \quad T_n : \text{reactime of nth trial}$$

$$\alpha = -\ln R / \ln 2$$

$$R : \text{learning rate}$$

$$R = \mu(x) = \begin{cases} \frac{x-a}{a+b} & a < x < m \\ \frac{b-x}{a+b} & m < x < b \end{cases}$$

인지과정은 그 자체가 수리적인 모형으로 정형화하기가 어려운 문제이다. 그러므로 위 식에서 나타난 T와 R값을 인지과정이라는 블랙박스를 통과한 결과수치로 볼 때 개인별로 차이가 나는 인지수행도를 비교할 수 있으며 또한 인지과정에 대한 민감도 분석에도 사용할 수 있을 것으로 본다.

4. 결론

인간의 판단과정을 세부적으로 살펴보면 정보의 입력과 이를 바탕으로 판단작용이 일어난다. 자동화로 인해 감시작업이 많아지는 상태에서 이에 대한 훈련 및 평가도 중요한 요소로 등장하게 되는 현대에 있어서 인지과정의 개인적인 차이를 수량화함으로써 보다 안전하고 효과적인 시스템의 관리를 꾀할 수 있다고 본다.

특히 인간과 컴퓨터가 함께 작업을 하는 경우에는 automatic conflict detection과 같은 방법이 고안되면 컴퓨터에 의해 시스템을 진단하여 F₀를 줄이므로써 인간의 인지한계를 극복하고 bias를 감소시킬 수 있을 것이다. 이러한 일련의 작업은 normative한 전개로만은 크게 제약점이 있으므로 descriptive한 모델과 연결할 수 있는 방법이 고안되어야 한다. 현재 인지과정에 대한 일반적인 합의점으로는 공학적인 응용에 사용하기에는 크게 미흡한 실정이다. 우선은 이러한 인지과정이 통합장(統合場)에서 이루어지는 것이 가능한가의 문제를 해결해야 할 것으로 본다. 그러므로 귀납적인 방법의 많은 연구가 종합되어야 한다. 본 연구에서는 감시제어에 대한 상황판단인지를 살펴보고 이로부터 인지과정의 개인적인 차이를 나타는 β의 확신 정도를 학습률에 의한 퍼지 숫자로 표현하였다. 감시자의 평가나 훈련 수행도에 이 값을 이용할 수 있다고 본다. 그러나 이러한 값이 여러 작업에 대해 일관적인 경향을 갖는다고는 말할 수 없다.

참고문헌

- [1] 오영진, 이근희, "인간-컴퓨터 작업에서 안전감시체계의 시스템 평가 수행도 지수에 관한 연구", 공업경영학회지, 14(24), 1991.11.
- [2] 이순요, 미래지향적 인간공학, 박영사, 1992.3
- [3] Dubois, D. and Prade, H., Fuzzy Set and System, Academic Press, 1980.
- [4] Gavrial Salvendy, Handbook of Human Factors, Wiley-Interscience, 1987.

- [5] Joseph Wohl et al., "Human Cognitive Performance in Antisubmarine Warfare: Situation Assessment and Data Fusion", IEEE on SMC, 18(5), 1988.
- [6] Martin Helander, Handbook of Human-Computer Interaction, Elsevier Science Publ., 1988.
- [7] Stuart K. Card et al., The Psychology of Human-Computer Interaction, Laerence Erlbaum Asso., 1983.
- [8] Toshiyuki Inagaki and Yuhito Ikebe, "Amethematical Analysis of Human-Machine Interface configuration for a Safety Monitoring System", IEEE on Reliability, 37(1), 1988.