

# 시각정보의 인지과정에서 정보량 증가에 따른 정신부하 측정 -Mental Workload Evaluation in the Cognitive Process of Visual Information Input-

오 영 진\*

이 근 희\*\*

## Abstract

Mental workload has a important place in modern work environment such as human-computer interaction. Designing man-machine system requires knowledge and evaluation of the human cognitive process which controls information flow during our works. Many studies estimate reaction time as a index of mental workload. This paper investigates what reflects the workload of human information handling when the informations grow its degree. Experiment result introduce the memory time that explain the information-load more sensitive than react time. And react time shows learning effect but memory time does'nt show that effect. So it can be concluded that cognitive learning or work schema needs more time to achieve dexterity than motor skill.

### 1. 정신부하

정신부하(mental workload)에 관한 관심과 연구가 많은 분야에서 일어나고 있다. 특히 컴퓨터와 같은 단말기 작업이 많아지는 현대의 작업환경에서 작업자는 얼마나 바쁜가, 업무는 얼마나 복잡한 것인가, 작업자는 다음 과업을 부수적으로 수행할 수 있는가, 예기치 않은 자극에 적절히 반응할 수 있는가 등에 관한 문제에 대해 많은 연구가 이루어지고 있다(Leplat & Welford,1978; Morat,1979; Wierwille & Williges,1978; Wilson & Rutherford,1989; Wierwille & Eggemeier,1993). 미국 항공노조에서는 DC-9, Boeing 737 기내의 조종실이 2명이 통제하도록 되어 있는데, 그 인원만으로는 업무가 과중하므로 3명이 통제할 수 있도록 요구하였다. 그러나 항공사에서는 2명이면 충분하다고 했다(Lerner,1983). 이후에 항공 통제국과 공군에서도 과연 조종하는 일에 따른 업무의 부하가 어느 정도인지 조사하는 계기가 되었다.

현대와 같이 많은 업무가 자동화되고 인간은 전체 시스템을 관리,감시하는 역할을 하고 있는 작업환경에서는 작업으로 인한 피로나 스트레스가 육체적인 것에서 기인하기보다는 정신적인 정보 처리의 부하에서 발생하기가 쉽다. 그러므로 차후 작업의 생산성 및 안전의 문제를 생각할 때 작업에 요구되는 정신부하가 얼마나 되며 또한 어느 정도가 합당한지 측정과 분석이 필요하다.

정신적인 부하를 측정하고자 하는 문제는 지난 수십년간 심리학자와 인간공학자(Hancock & Meshkati,1988; Lysaght et al.,1989; Moray,1988; O'Donnel & Eggemeier,1986) 사이에서 오랫동안 관심을 가진 분야이다. 그리하여 보다 효과적인 측정 기법들이 소개되고 있으며 보다 심도있는 연구가 이루어지고 있다.

정신부하를 측정하는데 있어서 무엇보다도 어려운 점은 우선 그 측정기법이 너무 많아서 이중에 어느 기법을 선택하여 이용할 것인가의 문제가 있으며, 또한 정신부하라는 의미에서 그 정의와 범위가 명확하지 못한 점과 또한 복잡성도 문제가 된다.

일반적으로 측정기법을 분류하는데 있어서 크게 다음과 같이 세가지 범주로 나누어 본다.

- 1)주관성의 측정(subjective procedure) : 이는 피실험자(또는 작업자)의 판단에 근거를 두고 있음.
- 2)수행도 기준 측정(performance-based techniques) : 작업을 수행하는 피실험자의 능력을 측정.
- 3)생리학적인 측정(physiological techniques) : 피실험자의 생리적인 반응을 측정.

\* 상지대학교 산업공학과 전임강사

\*\* 한양대학교 산업공학과 교수

접수 : 1994. 4. 12.

확정 : 1994. 4. 27.

이러한 여러 기법들이 중요시하는 것은 측정을 행할 때 목표로 하는 측정의 특성치(properties : sensitivity, intrusion, diagnosticity, globalsensitivity, transferability, implementation requirement)의 문제이다(Casali & Wierwille, 1983; Gawron, Sciflett, and Miller, 1989). 많은 특성치중에서도 민감도(sensitivity)가 가장 우선된다고 볼 수 있다.

수행도 기준 측정에는 주작업(primary task) 측정과 부수작업(secondary task) 측정이 있다. 주작업만을 측정할 때 문제가 되는 것은 작업요구가 낮은 수준일 때와 보통의 수준일 때는 수행도가 덜 민감(Insensitive)할 수도 있다는 점이다(Hart & Wickens, 1990; O'Donnell & Eggemeier, 1986). 이러한 민감도의 문제는 작업요구가 증가할 때 피실험자가 여분의 능력(extra processing resource)을 동원하여 사용하므로 이 때의 작업수행도가 정량적인 민감도를 반영하는데 영향을 끼치기 때문에 발생한다. 부수작업 측정은 정상적인 시스템의 기능과 함께 수행되는 부수적인 작업의 측정을 말한다. 그러므로 보통은 주작업을 수행하는데 필요로 하는 인간의 정보처리(human information processing) 과정을 알아보고자 할 때 이용된다. 이 때 측정하는 것은 memory, mental mathematics, interval production, reaction time, time estimation, tracking 등이다. 여기서도 물론 민감도의 문제가 있으며 그외에도 주작업의 영향이 유입(intrusion)되어 부수작업 측정에 영향을 줄 수 있다는 점을 유의해야 한다. 그러므로 부수작업을 측정할 때 어느 것을 부수작업으로 정할 것인가의 문제는 주작업에 부과되는 resource demand를 고려하여 결정해야 한다.

생리적인 측정에서는 심장의 운동을 관찰하는 방법과 두뇌 활동을 알아보기 위하여 EEG(electro-encephalographic) 기록을 보는 방법, 그리고 눈의 깜박거림을 관찰하는 방법이 많이 쓰인다. 눈의 깜박거림은 일반적으로 시각적인 작업부하가 증가함에 따라 시간의 지연, 횡수의 감소를 나타내는 경향이 있다(Kramer, 1991; Wilson and Eggemeier, 1991). 눈의 운동은 시각, 청각, 인지와도 관련이 깊다는 연구결과가 있다(Wilson and Eggemeier, 1991).

하나의 측정기법만을 이용할 경우에는 그 기법이 아무리 인정되는 안정된 방법이라 하여도 새로운 측정 환경에서는 안정성이 떨어질 수도 있다. 그러므로 여러가지 측정방법을 고려하여 결정해야 하며, 필요시 다양한 측정을 위해 동시에 여러 측정방법을 이용하도록 한다.

본 연구에서는 정보의 전달과정에서 작업자에게 부과되는 양을 측정하고 작업의 부하를 증가시킬 때 작업자의 정보부하를 반영하는 기준을 살펴보고자 한다.

2. 기억 체계

자극이 감지되면 이를 변형시켜서 저장을 한 후, 인간의 정보처리 과정을 통해 반응을 발생시킨다. 이러한 자극은 몇가지의 암호화과정을 통해 인간의 기억체계로 입력된다. 작업중에 일어나는 자극은 보통 눈과 귀를 통해 감지된다. 그러나 암호화과정중에 입력양식(modality of input)이 계속 유지되는 것은 아니다(그림 1 참조). 즉 시각정보는 눈을 통해서 들어오지만 이것이 작업기억(working memory) 장소에 저장될 때에는 음성적(phonetic)인 형태와 시각적(visual) 형태로 기억이 되며 이것이 장기기억(long-term memory) 장소로 저장될 때에는 의미적(semantic)으로 기억이 된다.

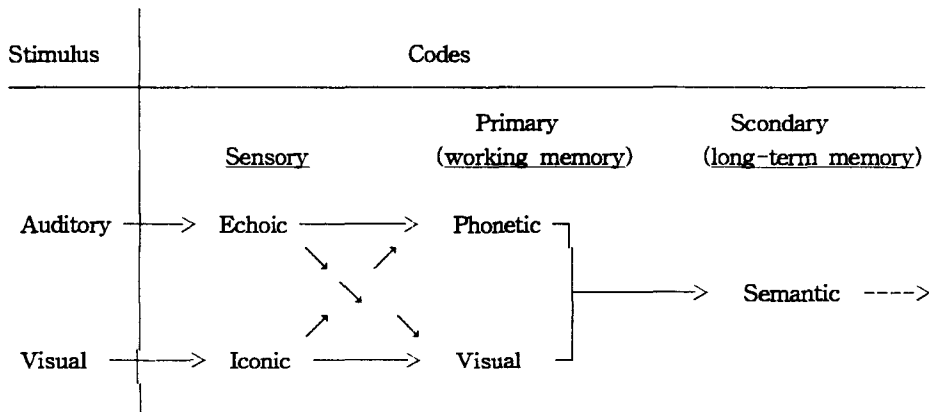


Fig 1. Relation between the five codes of memory. [Wickens, 1983]

이러한 기억의 양식중에서 일반적으로 시각적으로 암호화된 자극이 음성적으로 암호화된 자극보다 기억유지시간이 짧다(Posner,1978). 자극이 감각되어 일시적으로 감각기억체계에 전달된 정보는 거의 제어가 불가능하고 짧은 시간동안에도 시간의 경과에 따라 급속하게 소멸한다(Kantowitz, Sorkin,1983).

그러므로 기억체계에 전달된 정보를 더 긴 시간동안 유지하기 위해서는 작업기억체계의 이용이 불가피하다. 감각기억체계에서는 정보를 유지한다기 보다는 작업기억체제로 전달한다고 볼 수 있다. 다만 여기서 정보의 전달이 얼마나 제대로 이루어지는가(information transmission)의 문제가 수행도와 직접관련이 깊은 부분이다(그림2). 만일 정보의 전달이 충실하게 이루어진다면  $H_S=H_T=H_R$ 의 이상적인 관계를 나타낼 것이다. 이러한 관계는 감각기억체계에서 작업기억체제로 정보가 전달될 경우에도 생각해 볼 수 있다. 전달되는 정보의 용량(bandwidth)은 인간의 인지한계(cognitive limits)를 초과할 수는 없다. 이러한 정보의 전달은 작업의 수준이 높아질수록, 즉 작업부하가 커질수록 일정한 양상을 나타낼 것이다. 본 연구에서는 이러한 정보부하와 전달용량의 관계를 살펴본다.

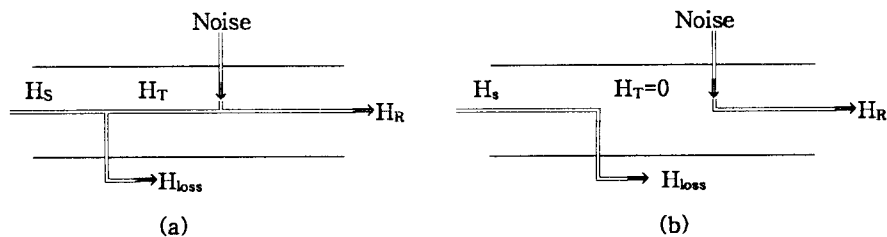


Fig.2 Information transmission and channel concept:  
 (a) information transmitted through the system;  
 (b) no information transmitted.

### 3. 반응 체계

대부분의 시스템에서 인간 작업자는 작업환경에서 감지한 정보를 적절하게 변화시켜 이를 행동으로 나타낸다. 종종 이러한 행동은 자극에 대한 즉각적인 반응을 보인다. 또한 이러한 반응은 사고(thought)과정을 거친후에 나타나기도 하고, 현 상황을 파악하기 위해 시간을 요하기도 하며, 장기간에 축적한 정보를 검색하여 이를 평가한 후 반응을 보이기도 한다.

이처럼 반응은 입력된 자극에 그 근원을 두고 있으며, 이는 반응에 영향을 주는 많은 요소들 중의 하나인 입력자극의 형태(stimulus modality)라고 설명된다. Woodworth와 Schlossberg(1965)에 의하면 청각 자극은 시각 자극보다 30 msec에서 50 msec 정도 더 빠르다고 하였다. 그러나 Kohlberg(1971)은 실험조건이 잘 통제된 상태에서 두 입력형태의 강도(intensity)가 같으면 반응의 차이가 나타나지 않는다고 주장했다.

반응시간에 영향을 주는 또다른 요소로서는 불확실성이 있다. 이러한 불확실성의 정도는 정보이론(information theory)에 의해 측정할 수 있다. Klemmer(1957)는 처리할 정보의 양과 평균반응시간의 선형적인 관계를 알아내었다. Hick의 법칙에 의하면 반응시간과 불확실성 사이의 관계를 수식적으로 나타내고 있는데, 반응시간(RT)은  $RT \propto \log_2(n)$  or  $\log_2(n+1)$ 의 관계를 가짐을 밝혀냈다. 여기서 n은 동일한 발생확률을 갖는 대안의 수이다. (n+1)이 되는 이유는 반응을 할 것인가 아닌가를 또 하나로 넣기 때문이다. Drazin(1961)은 자극의 간격이 긴 경우에는 반대의 경우보다 빠른 반응을 나타낸다는 사실을 알아냈다. 자극간격과 반응시간이 반비례하는 현상은 기대(expectancy)효과라 한다. 즉 자극 간격 시간이 길수록 피실험자는 즉각 반응을 하려는 기대상태를 지닌다는 의미이다. Danaher(1980)는 시계(視界)가 나쁜 상태에서 조종을 하는 경우, 낮은 고도에서 운항중인 비행기가 자신보다 높은 고도에서 비행중인 비행기와 충돌하는 사고를 분석했다. 높은 고도의 비행기가 낮은 고도에서 운항중인 조종사의 시계에 갑자기 나타나면, 그 조종사는 즉각 충돌을 방지하기 위한 반응을 한다. 이 의미는 평상의 비행 상태에서 위험신호의 발견에 따라 바로 반응하는 기대효과를 말하는 것이다.

정보의 부하가 커질수록 반응시간은 당연히 늦게 나타난다. 정보 전달 작업에서 인간의 반응 시간에

관한 연구는 정보의 양이 증가할수록, 작업이 복잡해질수록 긴 반응시간을 나타냄을 밝혔다 (Hingendorf,1966; Bartz,1976).

이상의 연구는 정보부하에 대한 측정치를 모두 반응시간(response time)을 대상으로 하였다. 그러나 정보에 대한 부하를 받는다는 것은 정보처리의 시간을 기억체제간의 통과시간만으로 측정하기에는 부족한 면이 있다. 인간의 인지과정(cognitive process)은 정보를 감지한 후 이를 검토하고 이에 따라 의사결정을 내려 반응을 한다. 그러므로 정보부하의 정도를 측정할 때 반응시간이라는 커다란 테두리에서만 한다면 보다 상세한 정보를 놓칠 수도 있으며 민감한 측정에 둔할 수도 있다. 본 연구에서는 정보부하의 측정을 위해 반응시간외에도 최초 자극이 감지되었을 때부터 이를 기억하기까지의 시간을 함께 측정함으로써 보다 상세한 정보부하의 측정을 시도해 본다.

4. 자 기 속 도 조 절(self-pace)

수행도측정에서 가장 중요한 요소인 속도조절(pacing)은 피실험자의 반응을 관찰할 때 피실험자가 한 자극에서 다음 자극의 출현을 조절하는 일이다.

시스템이 자극의 출현을 제어할 때(force-paced stimulus)에는 일정시간(ISI :interstimulus interval)마다 자극이 발생되며 그 빈도는 피실험자의 반응시점과는 독립적으로 나타난다. 피실험자 스스로 자극 발생 속도를 조절할 때(self-paced stimulus)에는 종속적으로 다음의 자극이 발생된다. 이 때의 간격을 반응-자극 간격(RSI : response-stimulus interval)이라 한다.

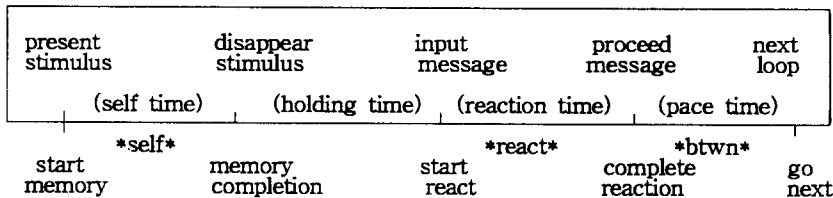
만일 RSI가 거의 영(零)에 가까워진다면(또는 ISI가 거의 평균 반응시간에 가까워진다면) 피실험자는 심한 스트레스를 받게 된다. 실제로 RSI가 영에 가까워지는 것은 force-paced 스케줄에서 피실험자가 빠른 반응을 나타내는것과 같다.

Welford(1976)는 반응시간의 변화가 클 때는(의사결정의 복잡도와 자극의 표시상태 및 피실험자의 효율 등이 심하게 변화할 경우) 일반적으로 피실험자는 self-paced 스케줄을 선호한다고 하였다. 그리고 한번 즉시 반응을 하였을 경우에는 이를 보상하는 마음으로 한번은 천천히 반응하는 여유를 갖는데 이는 force-paced 스케줄에서는 볼 수 없는 유연성(flexibility)을 가진다고 했다.

본 연구에서는 하나의 자극이 출현했을 때 이에 대한 반응을 완료한 후에는 매번 다음 테스트를 하겠는가를 물어보고 피실험자가 이에 대해 동의했을 때(실험에서는 enter 키를 치는 것)에만 다음 자극을 발생시켰으며 이 물음을 대답하는 시간을 측정하였다. 이로써 피실험자가 반응을 끝낸 후 다음 자극을 발생시킬 수 있도록 하여 RSI시간을 측정했다. 이를 바탕으로 정보부하의 수준과 RSI시간을 고려하여 정보부하량의 분석을 시도했다.

5. 실험 방법

본 실험에서는 4단위 숫자를 모니터에 제시한 후 이를 기억하여 일정시간이 지나면 제시된 숫자를 회상(recall)해 내는 과정을 행한다. 숫자는 4단위 수준에서에서 8단위 수준까지 증가시킨다. 정상적인 시력을 가진 대학생 8명이 실험에 참가하였으며, 이들은 매학기마다 컴퓨터 관련 과목을 수강했으므로 컴퓨터 환경에는 익숙하다고 본다. 개인당 매 수준에서 10회씩 반복했으며, 모두 2일동안 실험을 행하여 4



(\* denotes time variables to be gathered)

Fig. 3 Flow diagram of experiment.

종류(react, self, btwn, error)의 총3,200개의 실험데이터를 얻었다. 실험장비는 개인용 컴퓨터(IBM PC

compatible 386기종, 칼라 모니터)를 이용했으며 시간측정은 c언어로 작성한 프로그램상에서 clock()함수를 이용하였다. 프로그램에서 제시되는 실험의 순서는 그림 3과 같다.

만일 제시된 자극을 입력하는데 실패할 하면 다시 수행하도록 했으며 이 때의 시간치는 제거했다. 그러므로 한 수준에서 수행횟수는 (10+실패횟수)가 된다.

정보부하를 얼마나 받고 있는가를 알아보기 위해 특정 수준의 정보부하를 자기 스스로 나타낼 수 있도록 자극의 기억시간은 스스로 통제하도록 하였다. 즉 자극이 출현했을 때 이를 기억하고 기억이 끝났다고 판단되면 키보드의 enter키를 치도록 했다. 이는 기존의 연구와는 차이가 나는 점인데, 기존의 방법은 정보의 제시 시간을 일정단위로 변화시키면서 반응을 조사했었다. 이럴 경우 우리가 얻을 수 있는 것은 단지 반응시간이라는 한가지 측정치밖에 없었다. 그러나 자기가 기억을 마쳤을 경우 이를 나타내도록 한다면, 정보부하의 수준이 점차 증가될 경우 피실험자가 느끼는 작업요구시간(즉 여기서는 기억하는 작업이므로 기억하는데 요구되는 시간이 됨)을 알아볼 수 있다. 그러므로 보다 민감한 정보부하의 양을 알아낼 수 있으므로 단위정보부하의 증가에 대해 인간이 이를 처리하는데 필요로 하는 부하량(또는 스트레스의 양)을 알아내는데 보다 정밀한 결과를 얻을 수 있다.

자극에 대한 반응이 완료되면 다음 자극을 발생시킬 것인지를 피실험자에게 물어보고 피실험자가 enter키를 쳐야만 다음 자극이 발생되도록 했다. 이 때 RSI시간치를 구해도록 했으며 이를 보고 정보부하와의 관계를 알아볼 수 있도록 했다.

6. 실험 결과 및 분석

본 실험의 데이터는 다음의 통계적인 처리를 하여 분석하였다(SAS,SPSS/PC+사용).

- 1)제시되는 정보의 각 레벨 수준에 따라 종속변수인 반응시간(react),기억시간(self),다음 단계로 넘어가는 자기 속도 조절 시간(btwn), 에러의 수(error)가 차이가 나는지 ANOVA분석을 함.
- 2)레벨의 수준과 위에서 밝힌 종속변수간의 회귀분석
- 3)단위 레벨 수준의 변화에 대한 종속변수의 변화량 분석

6.1 레벨에 대한 종속변수들의 ANOVA 분석

분석을 시작하기 전에 취합된 데이터가 정규분포이며 각 그룹의 분산이 같은지 알아보기 위해서 Shapiro-Wilks test를 한 결과 데이터가 정규분포를 암할 수도 있다는 결론이 나와 Kruskal-Wallis test를 이용하였다. 표 1을 보면 react, self, btwn, error 모두가 레벨의 변화에 따라 평균치의 차이가 있다는 결론을 얻었다. 각 수준에 대한 시간치들의 평균값을 그림 4에 나타냈다(단 error는 횟수를 나타냄, 이하 같음). 이 중에서 btwn은 레벨에 대한 변화치가 가장 적게 나타났는데 이는 실험중에 느끼는 피로나 스트레스의 양이 적거나 또는 실험이 정교한 제어 상태를 지니지 못했다고 볼 수 있다.

Table 1. K-W 1-way ANOVA of react self btwn error by level.

Var	$\chi^2$	Sig. level	mean rank(level 4~8)				
react	347.002	0.000	185.18	287.04	406.58	514.58	609.12
self	401.233	0.000	170.96	282.32	404.93	507.68	636.61
btwn	15.423	0.0039	414.51	346.65	348.79	416.81	439.74
error	155.052	0.000	266.75	292.06	444.25	515.50	483.94

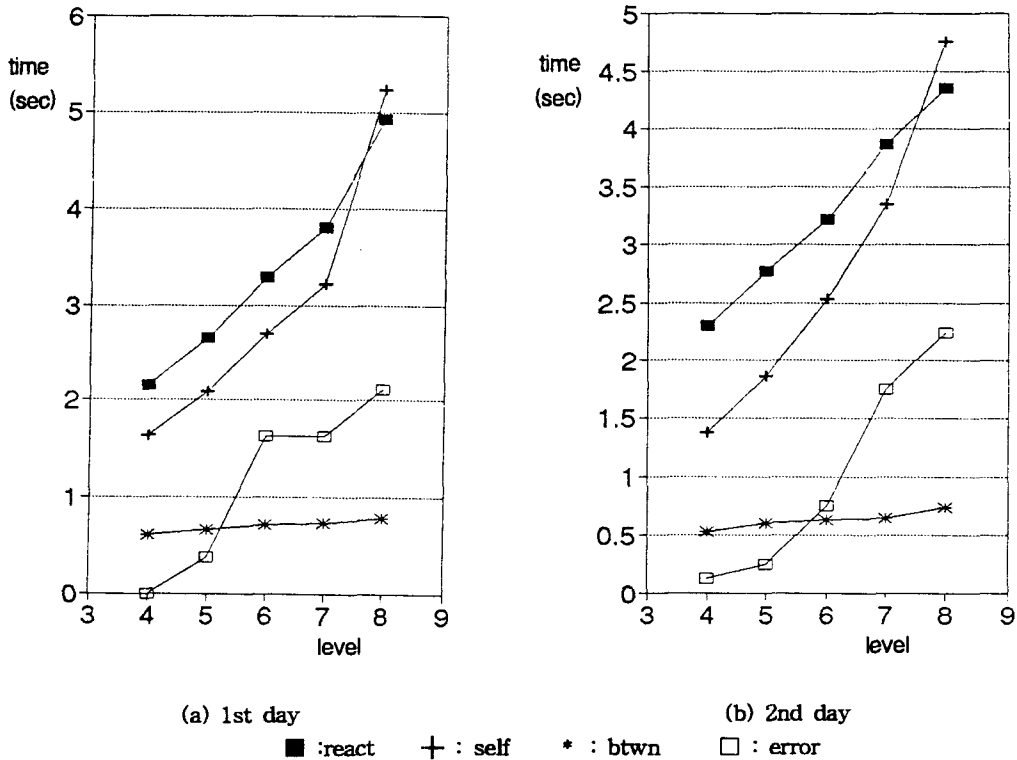


Fig. 4 Dependent times of each level

6.2 레벨에 대한 종속변수들의 회귀분석

레벨에 대한 시간치들의 회귀분석은 표 2에 요약되어 있다. 정보부하가 많아질수록 이에 대한 시간치의 증가는 반응시간보다는 기억시간이 더 큰 것을 볼 수 있다. 즉 정보부하에 대한 민감한 정보는 반응시간보다는 기억시간이 더 잘 보여줌을 알 수 있다.

그런데 이에 대한 설명력(R square)은 기억시간이 반응시간보다 떨어지는데 이는 그림 4에서 볼 수 있듯이 정보부하가 레벨 7에서 레벨 8로 증가될 때 기억시간이 급격한 상승을 보이고 있기 때문인 것으로 추측된다. 이로부터 숫자에 대한 인지능력은 7자리까지 한 단위의 chunk로 다루고 있음을 짐작할 수 있다. 제시되는 정보에 chunking 원리를 이용하면 인간의 회상수행도는 증가되고 단기 기억체계에 유지할 수 있는 정보량은 많아진다(Solso,1991). 최적 chunk의 크기는 공간 사이에 세네항목씩 묶는 것이라고도 한다(Thorpe & Roqland,1965).

보통 사람이 다루는 연속된 숫자의 단위가 전화번호의 경우와 마찬가지로 7자리가 8자리보다 더 친숙함(familiarity)을 보이고 있다는 점을 알려준다. 즉 이는 연속된 숫자를 처리하는 인지과정의 스키마(schema)는 평상시 많이 사용하는 7자리로 형성되었음을 말해준다. 이러한 스키마는 익숙함에 따라 변화되는 것이므로 앞으로 전화번호가 8자리로 늘어나서 이에 친숙해지면 그림 4에서의 같이 레벨 8에서 급격한 상승은 보이지 않을수도 있다. 그러나 아무리 친숙해져도 그 양이 인지한계를 넘는다면 정보부하를 크게 받게 되므로 인지한계 이상으로 레벨이 증가되면 기억시간(즉 인지과정에 요구되는 시간)은 비선형적으로 될 것이다.

반응시간이 일정한 증가치를 보이는 것은 레벨이 증가함에 따라 키보드 입력의 단위가 늘어나기 때문에 이를 처리하는 기능적 반응(motor skill)에 요하는 시간치의 증가분이 반영된 결과이다. 뒤에서 다시

는하겠지만 정보부하를 측정함에 있어서 단위 부하량에 대한 시간치의 증가분은 인지과정에서 더 큰 영향을 받게 되므로 반응시간보다는 기억시간의 측정이 더욱 상세한 정보를 나타낸다.

표 3에서 btwn과 error의 상관계수가 부(負)의 관계로 나타난 점은 흥미로운 사실이다. 자극에 대한 반응(회상)에 실패를 하면 이를 보상하고자 빨리 다음 단계로 들어가 성공하려는 마음을 갖게 된다고 추측할 수 있다. 그러나 본 연구에서는 이를 명확하게 밝혀내지는 못했다. 이러한 문제는 안전과도 중요한 관련이 있으므로 계속적인 연구가 필요하다.

종속변수간의 상관계수를 보면 react와 self가 가장 크게 나타났는데 이는 빨리 암기했으면 빨리 반응을 한다는 것을 알 수 있다. 그러므로 작업기억장소를 빈번히 이용하는 정신작업의 경우에는 자극의 형태가 기억하기 쉽도록 디자인될수록 빠른 반응을 기대할 수 있을 것이다.

Table 2. Regression of react self btwn error by level.

	regression equation	F	R square
react	-0.235 + 0.179 * level (p=0.1387) (p=0.000)	534.177	0.400
self	-2.103 + 0.250 * level (p=0.000) (p=0.000)	394.582	0.331
btwn	0.459 + 0.008 * level (p=0.000) (p=0.003)	9.060	0.011
error	-2.250 + 0.167 * level (p=0.000) (p=0.000)	196.663	0.198

Table 3. Correlation coefficient

correlation	react	self	btwn	error	level
react	1.000	0.439 0.000	0.350 p=0.000	0.067 p=0.058	0.6322 p=0.000
self	-----	1.000	0.089 p=0.012	0.395 p=0.000	0.575 p=0.000
btwn	-----	-----	1.000	-0.258 p=0.000	0.106 p=0.003
error	-----	-----	-----	1.000	0.445 p=0.000

6.3 단위 레벨 수준의 변화에 대한 종속변수의 변화량 분석

본 절에서는 레벨 1단위의 증가가 각 시간치에 미치는 영향이 어느 정도인지 알아보기 위하여  $\Delta react/\Delta level$ ,  $\Delta self/\Delta level$ ,  $\Delta btwn/\Delta level$  값을 이용하여 분석을 한다. 표 4에는 단위 레벨의 증가분에 대한 각 시간치의 증가치가 유의한가를 보여주고 있다. Mean rank에서 level 5\_4의 의미는 level 5의 각 시간치에서 level 4의 각 시간치를 뺀 값들의 mean rank를 말하는 것이다. 예를 들어 level 5\_4에서  $\Delta react$ 의 mean rank값이 299.43이란 의미는 level 5의 react값에서 level 4의 react 값의 차이들(case=160)의 mean rank를 뜻한다.

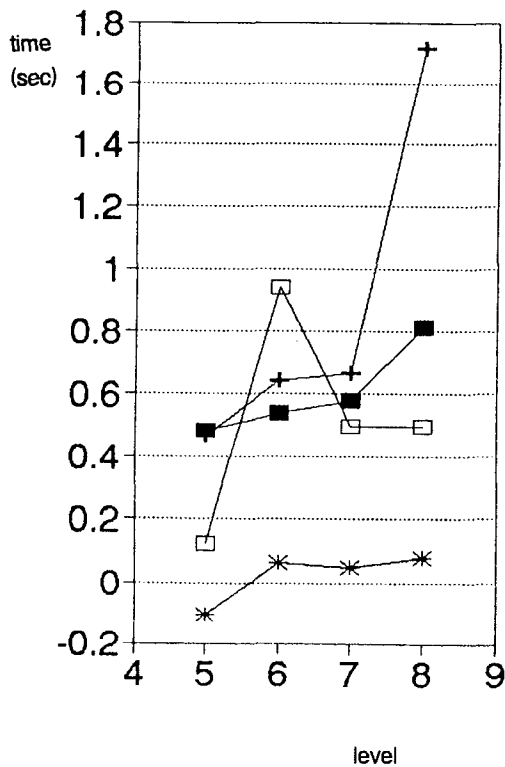
표에서 보듯이  $\Delta react$ 는 평균치의 차이가 있다고 말할 수 없다(p=0.262). 이 의미는 레벨의 증가에 따라

react의 증가분이 일정하다고 볼 수 있다는 뜻이다. 즉 정보부하가 한 단위씩 늘어나도 이에 대한 관측치의 증가분을 볼 수 없으므로 정보부하를 측정하는 종속변수로는 적당치 않다고 해석할 수 있게 된다.

인간이 정보를 처리하여 이에 따라 적절한 반응하는 것을 입력과정과 처리과정 그리고 반응과정으로 나누어 볼 때, 기존의 정신부하를 측정하기 위한 지표로 이용되었던 반응시간은 기능적인 과정이므로, 레벨 증가시 반응해야 할 대안의 수도 증가함에 따라(즉 키보드 입력 개수가 증가하므로)일정한 증가치를 나타내고 있을 뿐, 인간이 얼마나 정보부하를 받는가를 알고자 할 때에는 반응시간만으로는 상세한 설명이 어렵다는 점을 발견할 수 있다.

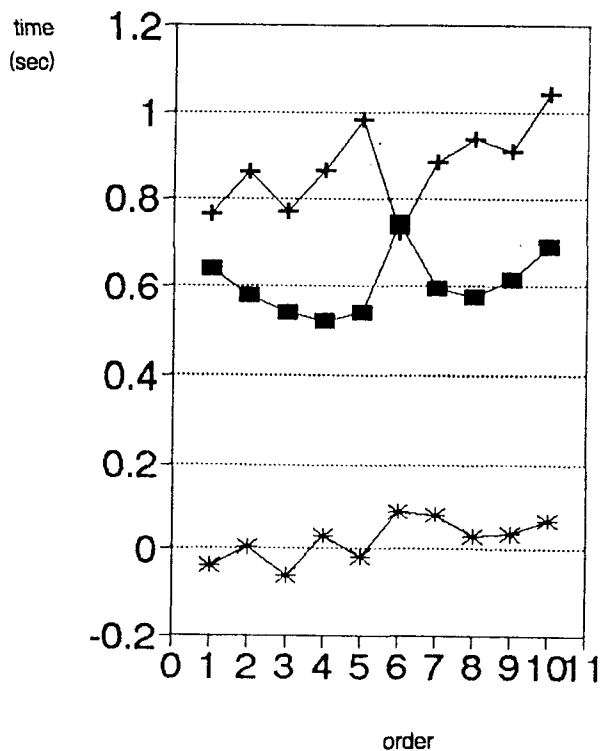
Table 4. K-W 1-way ANOVA of  $\Delta$ react  $\Delta$ self  $\Delta$ btwn  $\Delta$ error by  $\Delta$ level.

Var.	$\chi^2$	Sig. level	mean rank			
			(level 5_4,	6_5,	7_6,	8_7)
$\Delta$ react	3.998	0.262	299.43	316.48	326.74	339.35
$\Delta$ self	29.701	0.000	287.19	298.63	307.86	388.32
$\Delta$ btwn	34.476	0.000	246.97	354.98	338.08	341.97
$\Delta$ error	28.359	0.000	279.25	383.00	320.50	299.25



■:react +:self \*:btwn  
(5 denotes level between 4 and 5, and so on)

Fig. 5 Increased time by adjacent level



■:react +:self \*:btwn  
(5 denotes level between 4 and 5, and so on)

Fig. 6 Increased time by order



그림 5를 보면 레벨의 증가에 따라 시간치들의 증가분이 나와 있는데 정보부하가 커질 때 기억시간의 증가분이 더욱 큰 값을 나타낸다는 것을 볼 수 있다. 특히 레벨 8에서는 그 증가분이 더욱 큰 차를 나타냄을 관찰하면 연속적인 숫자를 처리할 때 인간이 느끼는 인지한계가 8단위 숫자임을 알 수 있다. 실제로 피실험자에게 문의한 결과 7단위까지는 전화번호를 외우는 식으로 3, 4항목씩 끊어서 두 단위의 chunk를 사용했다고 응답했다. 그러나 8단위의 숫자는 일관성이 없게 3, 4, 5 항목씩 외워서 입력했다고 말했다. 그리고 두 단위의 chunk를 사용했을 때는 빨리 기억하기 위하여 한 chunk는 음성적 암호(phonetic code)로, 다른 한 chunk는 시각적 암호(visual code)로 분리하여 기억했다고 응답했다. 즉 몇 가지의 chunk를 동시에 사용할 경우에도 서로 다른각각 형태(modality)를 이용하여 인지적인 한계를 극복하고자 했다고 볼 수 있다. 그러므로 실제 작업현장에서 시각 또는 청각 감지에 바탕을 둔 업무가 있다면 이 두 형태가 절대로 인지한계를 넘어서는 안된다는 것을 유추해 낼 수 있다. 특히 음성적인 암호가 시각적인 암호를 덮어버리는 Conrad 효과(Conrad & Hull, 1964)를 고려할 때는 경고표시보다는 경고음의 사용이 바람직하며, 일상작업에서도 중요한 시각정보가 청각정보에 mask되지 않도록 유의해야 한다.

그림 6은 10회의 반복실험에 대한 평균치를 그래프로 나타내었다. 약하게나마 react는 학습현상을 나타내고 있는데 self는 일정한 경향을 찾기가 어렵다. 이는 정신작업의 특성상 일단 손, 신체 등의 숙달이 두뇌의 정보처리상의 숙달보다 신속히 이루어짐을 알 수 있다. 정신작업에서 보다 신속한 학습효과를 얻기 위해서는 motor skill과 함께 인지과정에 의한 작업도 숙달되어야 한다. 아직은 인지과정의 학습(스키마)에 대한 연구가 충분치 못하는데 이에 대한 추후 연구를 통해 복잡한 정신작업에서의 수행도 예측을 가능케 해야겠다.

## 7. 결 론

본 연구에서는 작업환경이 컴퓨터 단말기를 이용한 정신작업을 행할 때 정보부하가 커짐에 따라 인간이 느끼는 정신부하를 측정하는 방안으로서 기존의 반응시간이 아닌 인지처리시간(실험의 예에서는 기억시간)을 제시하였다.

실험의 결과 반응시간보다는 인지처리시간이 정보부하의 증가에 대한 정신적 부하를 더욱 민감하게 나타내 주었음을 알 수 있었다. 또한 학습현상은 인지작업의 능숙도가 반응작업의 능숙도보다 낮게 나타나므로 효과적인 수행도를 얻고자 할 때에는 고도의 정신작업일수록 작업에 내포된 인지과정을 중점 교육, 훈련시키는 것이 우월함을 알 수 있다. 이는 업무가 바뀌거나 새로운 기계를 조작하게 되는 경우 중점적으로 강조되어야 할 것이라 본다.

본 연구에서는 인지과정의 많은 분야중에서도 기억과 회상이라는 작은 부분을 다루었지만 보다 효과적인 결론을 얻기 위해서는 연산(numeric operation), 의사결정(decision), 주의배분(attention allocation), 정보배환(information feedback) 그리고 실수(error)에 대한 연구가 필요하며 궁극적으로는 이를 종합화하는 일이 요구된다.

## References

1. Bartz, A. E.(1976), "Peripheral Detection and Central Task Complexity", Human Factors, 18, 63~70.
2. Card, S. K., and Moran, T. P.(1983),The Psychology of Human-Computer Interaction, NJ., Lawrence Erlbaum Associates.
3. Casali, J. G., and Wilerwille, W. W.(1983). "A Comparison of Rating Scale, Secondary Task, Physiological, and Primary Task Workload Estimation Techiques in a Simulated Flight Task Emphasizing Communications Load", Human Fators, 25, 623-641.
4. Conrad, R. and Hull, A. J.(1964), "Information, Acoustic Confusions, and Memory Span", British J. of Psychology, 55, 75~84.
5. Danaher, J. W.(1980), "Human Error in ATC Systems Operation", Human Factors,22, 535~545.

6. Gawron, V. J., Schiflett, S. G., and Miller, J. C.(1989), "Measures of In-Flight Workload", In R. S. Jensen(Ed.), Aviation Psychology, Alderhot, England, Gower.
7. Hancock, P. A., and Meshkati, N.(Eds.),(1988), Human Mental Workload, Amsterdam, North-Holland.
8. Hart, D. G., and Wickens, C. D.(1990), "Workload Assessment and Prediction", In H.R.Booher (Ed.), Manprint : An Approach to System Integration, N.Y., Van Nostrand Reinhold.
9. Hingendorf, L.(1966), "Information Input and Response time, Ergonomics, 9,31~37.
10. Kantowitz, B. and Sorkin, R.(1983), Human Factors, N.Y., John Willey & Sons.
11. Klemmer, E. T.(1957), "Simple Reaction Time as a Function of Time Uncertainty", J. of Experimental Psychology, 54, 195~200.
12. Kohlberg, D. L.(1971), "Simple Reactime as a Function of Stimulus Intensity in Secibel of Light and Sound", J. of Experimental Psychology, 88, 251~257.
13. Leplat, J., and Welford, A. T.(Eds.) (1978), Eronomics, 21(3).
14. Lerner, E. J.(1983), "The Automated Cockpit", IEEE Spectrum, 20.
15. Moray, N.(Ed) (1979), Mental Workload:Its theory and measurement, N.Y., Plenum Press.
16. Moray, N.(1989), "Mental WorkloadSince 1979", In D. J. Osborne(Ed.), International Reviews of Ergonomics, London, Taylor & Francis.
17. O'Donnell, R. D., and Eggemeier, F. T.(1986), "Workload Assessment Methodology", IN K. R. Boff, L. Kaufman, and J. Thomas(Eds.), Handbook of Perception and Human Performandce:VII, Cognitive Processes and Preformance, N.Y., Wiley.
18. Posner, M. I.(1978), Chronometric Analysis of the Mind, NJ., Erlbaum Associates.
19. Solso, R. L.(1991), Cognitive Psychology, MA., Allyn and Bacon.
20. Thorpe,C. E.(1965),"The effect of 'Natural' grouping of numbers on short-term memory", Human Factors, 7, 38~44.
21. Wickens, D. C.(1984), Engineering Psychology and Human Performance, Ohio,Charles E. Merrill Co.
22. Welford A. T.(1976), Skilled Performance, IL., Scott Forseman.
23. Wierwille, W. W. and Eggemeier, F. T.(1993), "Recommendation for Mental Workload Measurement in a Test and Evaluation Environment", Human Factors, 35,263~281.
24. Wierwille,W.W., and Williges, B. H.(1978), Survey and Analysis of Operator Workload Assessment technique, Blacksburg, VA., Systemetrics Inc..
25. Wilson, G. F., and Eggemeier, F. T.(1991), "Psychological Assessment of Workload in Multitask Environments, In D. L. Damos(Ed.) Multiple Task Performance, London, Taylor & Francis.
26. Wilson, J. R. and Rutherford, A.(1989), "Mental Models : Theory and Application in human Factors", Human Factors, 31, 617~634.
27. Woodworth, R. S., and Schlossberg, H.(1965), Experimental Psychology, N.Y., Holt Rinehart and Winston.