

## 모델휴먼프로세서를 활용한 인지과정 시뮬레이터 구축에 관한 연구

### A Study on Development of a Cognitive Process Simulator Based on Model Human Processor

이 동 하\* · 나 윤 균\*

Dhong-Ha Lee · Yoon-Kyoon Na

(1998년 5월 28일 접수, 1998년 10월 31일 채택)

#### ABSTRACT

Though limited, Model Human Processor (MHP) has been used to explain the complex users' behaviors during human-computer interactions in a simplified manner. MHP consists of perceptual, cognitive and motor systems, each with processors and memories interacting with each other in serial or parallel mode. The important parameters of memory include the storage capacity, the decay time, and the code type of a memorized item. The important parameter of a processor is the cycle time. Using these features of the model, this study developed a computerized cognitive process simulator to predict the cognitive process time of a class match task process. An experimental validity test result showed that the mean prediction time for cognitive process of the class match task simulated 50 times by the simulator was consistent with the mean cognitive process time of the same task performed by 37 subjects. Animation of the data flow during the class match task simulation will help understand the invisible human cognitive process.

#### 1. 서 론

한국산업안전공단 부설 산업안전교육원에서는 산업안전관리자를 대상으로 하여 신규, 전문 및 양성 과정의 교육과정을 운영하고 있다. 현행

안전관리자의 교육과정에는 사고예방원리에 대한 교육과정으로서 인간오류에 대한 강의가 이루어지도록 되어 있고 이 과정의 필수 코스로서 인간정보처리과정에 대한 교육도 함께 이루어지고 있다. 실제 교육대상이 되고 있는 산업안전관

\* 수원대학교 산업공학과

리자들은 학부과정에서 산업안전공학이나 산업 공학을 전공하지 않은 경우가 대부분이어서 이들이 짧은 시간 내에 인간정보처리과정에 대한 이해를 분명히 하기 어려운 실정이다. 특히 인간의 정보처리 과정은 눈에 보이지 않고 각각의 과정이 분명히 인식되지 않는 상태로 짧은 시간 내에 진행되므로 이해하기가 어렵다. 또한 인지 과정을 설명하는 주요 요소들-감지(perception), 인지(cognition), 재인(recognition), 시각이미지 저장소(icon), 청각이미지저장소(echo), 작업기억(working memory), 단기기억(short term memory), 장기기억(long term memory)-이 서로 구분하기 어려워 인간정보처리과정에 대해 처음 입문하는 안전관리자들에게 개념상 혼동을 줄 수 있다.

본 연구에서는 인간공학이나 인지공학을 전공하지 않은 산업안전관리자들이 인간정보처리 교육과정에서 인간의 인지과정을 쉽게 학습할 수 있고 인지과정에 소요되는 시간을 예측할 수 있는 인지과정 시뮬레이터를 구축하고 이를 群알아맞추기작업(class match task)에 적용하여 인지과정 시뮬레이터의 인지시간 예측 정밀도를 실험적으로 검증하였다.

인지과정에 대한 모형화 및 이를 이용한 컴퓨터 시뮬레이터 구축에 관한 이전의 연구는 미국 TMI 원전사고 이후 주제어실 운전원의 인지과정과 정신적 작업부하를 평가하기 위해 본격적으로 추진되었고 1980년대 이후 그 분야가 항공기 조종, 관계 및 화학공정통제에 이르기까지 다양하게 확장되고 있다. 인지과정에 대한 모형화 및 이를 이용한 컴퓨터 시뮬레이터 구축에 관한 이전의 연구는 용도에 따라 크게 (1) 인지신뢰도평가, (2) 정신부하/인지요구 측정, (3) 자동인지보조도구 설계, (4) 인지행위 평가, (5) 인지행위의 개인차 평가, (6) 인간-기계 인터페이스 설계, (7) 인지훈련 분야로 구분된다(Table 1).

Hannaman et al.<sup>1)</sup>은 인간신뢰도 평가를 명백히 하기 위해 인간인지신뢰도(Human cognitive reliability) 모형을 개발했고 서로 다른 종류의 인지과정에 대한 인간인지신뢰도 모형 계수에 대한 조정(calibration)을 위해 시뮬레이터를 사용한 바 있다.

Table 1 Classification of cognitive models/simulators published in the previous studies

Purposes	Authors	Models / Simulators
Human cognitive reliability assessment	Hannaman et al. <sup>1)</sup>	
Mental workload/cognitive requirement measurement	Hamilton & Bierbaum <sup>2)</sup> Ross & Wood <sup>3)</sup> Harris et al. <sup>4)</sup> Plocher et al. <sup>5)</sup> Ross et al. <sup>6)</sup> Cheon et al. <sup>7)</sup> Bi & Salvendy <sup>8)</sup>	TOSS HOS-IV CREWCUT CES
Design of automated cognitive aid	Visciola et al. <sup>9)</sup> Grau et al. <sup>10)</sup> Amalberti & Deblon <sup>11)</sup> Ryder et al. <sup>12)</sup>	AIDE IDATES
Evaluation of cognitive behaviors	Rasmussen <sup>13)</sup> Ujita et al. <sup>14)</sup> Lohse <sup>15)</sup> Pietras & Coury <sup>16)</sup> Ryder & Zachary <sup>17)</sup> Decortis et al. <sup>18)</sup> Furuta & Kondo <sup>19)</sup> Seamster & Edens <sup>20)</sup>	UCIE COGNET COSIMO
Evaluation of individual differences in cognitive behaviors	Ross & Wood <sup>1)</sup> Cacciabue et al. <sup>21)</sup> Ujita et al. <sup>14)</sup>	COSIMO
Evaluation of man-machine(computer) interface	Card et al. <sup>22)</sup> Cacciabue & Mancini <sup>23)</sup> Ross et al. <sup>6)</sup> Loman et al. <sup>24)</sup> Mullins & Treu <sup>25)</sup>	MHP SRA CES
Cognitive process training	Ryder et al. <sup>12)</sup> Kappler <sup>26)</sup>	IDATES

정신적 작업부하와 인지요구를 측정하기 위한 용도로 시뮬레이터를 사용한 사례로, Hamilton과 Bierbaum<sup>2)</sup>은 Task Analysis/Work Load (TAWL)라는 직무분석을 통해 운전원의 작업부하를 예측하는 모형을 개발하였고 이에 대한 시뮬레이션 체계(TAWL Operator Simulation System; TOSS)도 아울러 개발하였다. Ross와 Wood<sup>3)</sup>은 정보요원이 처리해야 하는 문제해결 환경으로부터 부과되는 인지요구를 기술하는 방법을 분석하고 전문가와 비전문가가 임무 요구

에 어떻게 대처하는가 그리고 대처 방법에 있어서 어떠한 차이가 나는가를 분석하는데 인지 시뮬레이션을 활용하였다. Harris et al.<sup>4)</sup>은 IBM PC AT에서 운용되는 4세대 인간 운전원 시뮬레이터(Human Operator Simulator; HOS-IV)를 개발했다. HOS-IV는 임무에 포함된 일련의 직무를 수행하는 운전원의 인지, 감지, 근 활동을 모델링하기 위한 다용도 시뮬레이터 성격을 지녔다. Plocher et al.<sup>5)</sup>은 CREWCUT이라는 시뮬레이터를 개발하여 체계 자동화가 운전원의 작업부하와 체계성능에 미치는 영향을 예측하였다. CREWCUT은 동적인 인간성능 시뮬레이션 과정에 작업부하를 통합하여 과도한 작업부하가 걸릴 때 성능이 어떻게 바뀌는지를 밝히기 위하여 가상 운전원이 작업부하에 대처하는 전략을 시뮬레이션하였다. Roth et al.<sup>6)</sup>은 Cognitive Environment Simulation(CES)이라는 인지과정 시뮬레이션 도구를 개발하여 이것이 인지적무분석의 한 부분으로써 문제 해결 과정에서의 인지요구를 분별할 수 있음을 보이고 또한 의도적 오류의 발생가능성과 인간/기계 체계상에서 개선이 요구되는 부분을 발견하는데도 인지과정시뮬레이션이 도움이 됨을 밝혔다. Cheon et al.<sup>7)</sup>은 한국 원자력발전소 주제어실의 운전원들이 제어 과정을 수행하는 과정에서 운전원 간의 상호작용, 비상운전 시 발생하는 인지적 요구를 평가하는 인지시뮬레이터를 개발하였다. 이 인지시뮬레이터는 운전원들이 주제어실 운전과정 중 발생하는 정신부하를 시간선(time line)으로 분석할 수 있도록 설계되었다. Bi와 Salvendy<sup>8)</sup>는 운전원의 작업부하를 예측하는 개념적 모형을 개발했다. 이 모형은 관제임무의 주요 특징인 동적, 이산적, 무작위 의사결정 임무분석에 적합하며 임무도착률(task arrival rate), 임무복잡성(task complexity), 임무불확실성, 및 임무성과요구를 주요 모수로 하여 임무부하와 인간의 작업부하를 예측하였다.

자동화된 인지보조도구 개발을 위해 인지시뮬레이션을 사용한 사례로, Visciola et al.<sup>9)</sup>은 비행조종사의 인지 과정과 의사 소통(communication) 과정을 모델링하여 비행임무를 시기 적절하게 도와 줄 수 있는 자동화된 인지 보조도

구(automated cognitive aid)를 설계하였다. 그들은 이 도구를 이용하여 인간-기계 상호 작용 분석방법에 대한 검증과 인간오류를 분류하는 데 사용하였다. Grau et al.<sup>10)</sup>은 AIDE라는 고속 저공 전투기 조종사의 추론을 도와주는 정보보조체계를 개발했으며 임무 복잡성(위험, 불확실성, 시간 압박)이 극단적인 상황에서 급속히 비행공정을 제어해야 하는 경우에 유용함을 보였다. Amalberti와 Deblon<sup>11)</sup>은 조종사들이 비행 중 상황 대처(진단)의 어려움을 최소화하기 위해 문제 예측을 위한 상황모형을 미리 설정해 두는 경향이 있으며 예측되지 않은 문제에 봉착했을 때는 임무 중단 내지 충돌에 이르는 경향이 있음을 전문가들에 대한 경험적 조사를 통해 밝혔다. 또한 이들은 조종사의 기능적 지식을 두 개의 수준으로 나누어 부수적 목표(sub-goals)와 단기활동을 처리하는 부분이 서로 상호 조정되도록 프로그래밍된 컴퓨터 인지모형을 개발하였다. 이 모형은 자동화 또는 전술적 지원체계로 기동하는 navigation 보조체계를 개발하는데 유용하게 사용되었다. Ryder et al.<sup>12)</sup>는 IDATES(Integrated Decision Aiding/Training Embedded System)이라는 이론에 기초한 인지모형 및 설계구조를 개발하였다.

인지행위를 평가하기 위해 인지 시뮬레이션을 사용한 사례로, Rasmussen<sup>13)</sup>은 원전의 비상운전시 운전원의 반응을 시뮬레이션하기 위한 인지과정모형을 개발하였다. 이 인지과정모형은 임무 순서목록 데이터베이스로 구현되며 운전과정을 완전히 묘사하고 있다. 인간요소는 인간과 오로부터의 교란기능을 통해 모형에 도입되었다. Ujita et al.<sup>14)</sup>은 Rasmussen의 의사결정모형에 근거하여 확률적 네트워크로 표현된 인지과정모형을 개발하였다. 네트워크의 각 노드(nod)는 인지과정의 각 요소인 관찰, 해석, 실행 등으로 구성되었다. 실험과 시뮬레이션을 통하여 운전원들이 임무 수행 후 발전소 모수(parameter)를 재확인하는 궤환(feedback) 과정이 있음을 확인하였고 궤환확률은 운전원 각 개인의 인지과정의 차이에 따라 달라지는 것을 확인하였다. 또한 운전원들의 인지수준이 Skill-base를 거쳐 Knowledge-base에 이르는 경향이 있음도 확인

하였다. Lohse<sup>15)</sup>는 그래프를 감지하는 과정을 시뮬레이션하는 UCIE라는 컴퓨터 프로그램을 개발하였다. 이 프로그램은 그래프로부터 정보를 decode하는 사람들이 사용하는 감지 및 인지 과정을 모형화하였다. 이 모형은 시선 고정, 단기 기억 용량, 해석시간 제한, 각 시선별로 주어진 정보를 써서 프로젝트 관리체계 계획을 세우는 인지모형 개발에 활용되었다. Pietras와 Coury<sup>16)</sup>는 interview와 관찰기법을 써서 프로젝트 관리체계 계획을 세우는 과정에 대한 인지모형을 개발했다. Ryder와 Zachary<sup>17)</sup>는 실시간으로 진행되며 실제 환경에서 운용되는 인간/컴퓨터 상호작용에 대한 COGNET이라는 인지모형을 개발하였다. 이들은 경쟁하는 임무요구와 동적 외부환경에 따라 컴퓨터 사용자가 주의를 전환한다는 COGNET의 주요 특징들이 타당함을 실험적으로 평가했다. Decortis et al.<sup>18)</sup>은 Steam Generator Heavy Water Reactor 운전임무를 수행하는 운전원 모형을 적용하여 문제 해결 상황에서 어떤 정보를 점검하고 어떤 조치를 취하는가에 초점을 맞추어 운전원의 운전과정을 분석하였다. Furuta와 Kondo<sup>19)</sup>는 그룹작업의 인지과정을 컴퓨터시뮬레이션 모형화하였다. 이 시뮬레이터는 그룹내 의사결정에 참가하는 개인들의 활동을 모형화하기 위해 각 개인의 지식베이스와 blackboard를 구비하고 있으며 각 개인의 개별적 또는 협동적 활동, 대화 채널을 통한 메시지 교환 활동을 묘사하였다. Seamster와 Edens<sup>20)</sup>는 경험있는 훈련교관이 조종사의 주요 행동에 주의를 기울이고 일관성 있게 조종사 자원관리를 평가하는 방법에 대한 인지모형을 개발하였다.

인지행위의 개인차를 평가하기 위해 인지 시뮬레이션을 사용한 사례로서 Cacciabue et al.<sup>21)</sup>을 들 수 있다. 이들은 컴퓨터를 이용한 인지모형인 COSIMO(COGnitive SIMulation MOdel)를 이용하여 문제해결 전략상의 운전원 간의 편차를 분석하였다.

인간-기계(컴퓨터) 인터페이스 체계 평가 또는 인지과정 훈련을 위해 인지 모형 또는 시뮬레이션을 사용한 사례로 Card et al.<sup>22)</sup>은 인간-기계 또는 인간-컴퓨터 인터페이스 평가를 위해

이전의 실험심리학적 경험에 바탕을 둔 Model Human Processor(MHP) 모형이 유용하다고 제안하였다. Cacciabue와 Mancini<sup>23)</sup>는 복잡한 인간/기계 체계에서의 상호작용을 분석하기 위한 체계반응분석기(System Response Analyser)라는 도구를 개발했는데 이것은 실제 원자력발전소 plant에 대한 시뮬레이션과 운전원 활동에 대한 인지모형 및 운전모형으로 구성되어 있다. Loman et al.<sup>24)</sup>은 Space Station Freedom(SSF) 선상에서 사용되는 인간-컴퓨터 인터페이스 설계를 위한 인지모형을 개발했다. Mullins와 Treu<sup>25)</sup>는 사용자-네트워크 상호작용의 일관성을 높이기 위한 인터페이스 설계를 위해 네트워크 사용자의 직무를 계층구조로 형성하는 인지모형을 개발했다. Kappler<sup>26)</sup>는 교통수단 훈련 시뮬레이터의 역할에 대한 견해를 피력하는 논문에서 훈련 skill보다는 인지과정에 대한 시뮬레이터의 효율이 더 크다고 주장했다.

이상의 대부분의 연구자들은 복잡한 제어공정 운전과정 중 운전원들이 받는 인지작업부하 예측, 인지행위 분별, 인간-기계(컴퓨터) 체계 설계 평가, 또는 인지과정 훈련에 활용하고자 여러 형태의 인지모형과 이를 기초로 한 시뮬레이터를 개발하였지만 인지과정 시뮬레이터를 인지과정 교육에 활용한 사례는 아직 없었다. 본 연구에서는 이전의 연구자들이 제안한 여러 인지모형 중에서 인지과정 교육에 적합한 인지모형으로서 Card et al.<sup>22)</sup>이 제안한 MHP를 채택하고 이를 기초로 하여 인지과정 교육에 적합한 인지과정 시뮬레이터를 개발하였다.

## 2. 모델휴먼프로세서를 이용한 인지 시뮬레이터의 구성

Card et al.<sup>22)</sup>이 제안한 MHP는 인간의 정보처리 특성에 관한 기존의 심리학적 이론을 종합하여 인간의 정보처리 과정을 단순화한 모형이다. 복잡한 인지과정 수행도 예측에 적용하기에는 정밀도가 다소 떨어지는 문제가 있을지라도 간단한 정보처리 직무-활동사진보기, 모르스부호청취, 독서, 계산기작업, 키보드작업, 단순반응작업, 군알아맞추기작업, 암기작업 등-에 관한

인간의 행동을 이해하고 이를 교육하는데 적합한 모형이라 할 수 있다. MHP는 감지체계(perceptual system), 인지체계(cognitive system), 및 근운동체계(motor system)으로 구성되어 있다. 인지과정에 참여하는 주요 구성 요소들에 대해서는 이전의 실험심리학적 실험결과를 바탕으로 한 적절한 수행시간 분포가 설정되어 있고, 본 연구에서 개발한 인지과정 시뮬레이터는 이들의 시간분포 자료를 입력자료로 활용하였다.

감지체계에서는 감지프로세서(perceptual processor)가 센서로부터 들어오는 정보를 처리하여 작업기억(Working Memory; WM) 내의 시각이미지저장소(Visual Image Store; VIS)와 청각이미지저장소(Auditory Image Store; AIS)에 물리적 표상 형태로 정보를 올려 놓는 역할을 한다. 감지프로세서의 처리시간은 약 100 [50-200] msec이다. VIS에 저장되는 정보는 알파벳으로 약 17 [7-17] 자이며 VIS에 잔류할 수 있는 시간은 200 [70-1000] msec이고 이후에 WM으로 옮겨져서 인지프로세서(cognitive processor)에 의해 처리되거나 아니면 소실된다. AIS에 저장되는 정보는 알파벳으로 약 5 [4.4-5.2] 자이며 AIS에 잔류할 수 있는 시간은 1500 [900-3500] msec이고 이후에 WM으로 옮겨져서 인지프로세서에 의해 처리되거나 아니면 소실된다.

인지체계는 WM, 장기기억(Long Term Memory; LTM), 및 WM 내의 정보와 LTM 내의 정보를 처리하는 인지프로세서로 구성되어 있다. 인지과정은 학습된 지식, 사실에 대한 기억 유추, 문제해결과 같은 복잡한 인지작업에 관여한다. WM에는 현재 고려 중인 정보, 현 상태에서의 사고과정의 산물, 감지체계로부터 수용된 정보, LTM으로부터 활성화된 정보가 보관되며 감지체계로부터 수용된 정보인 경우 3 [2.5-4.1] 단위정보(chunk), LTM으로부터 활성화된 정보인 경우 7 [5-9] 단위정보가 수용한계다. WM에 정보가 잔존하는 시간은 1 단위정보의 경우 73 [73-226] sec, 3 단위정보의 경우는 7 [5-34] sec이다. WM에 기록되는 정보는 주로 청각적 (또는 일부 시각적)으로 코딩된다. LTM의 정보 기억용량은 무한대이며 정보의 잔존시간 역시 무

한대로 간주할 수 있다. LTM에 1 단위정보를 기록하는데 소요시간은 7 sec 정도이며 LTM에 보관된 정보에 대한 접근시간은 70 msec이다. 인지프로세서는 WM내의 정보로부터 이와 연관된(associatively-linked) LTM의 정보를 활성화시키는 재인(recognize) 과정과 재인과정에 의해 활성화된 LTM내의 정보가 WM내의 정보를 수정하는 행동(act) 과정의 반복으로 작용된다. 이를 재인-행동사이클(recognize-act cycle)이라 부른다. 재인과정은 병렬과정이지만 행동과정은 직렬과정이므로 많은 사물을 한꺼번에 재인하지만 행위는 대개의 경우 하나씩 이루어진다. 인지프로세서가 재인-행동과정에 소요하는 시간은 숫자의 경우 33 [27-39] msec/단위정보, 문자의 경우 40 [24-65] msec/단위정보, 단어의 경우 47 [36-52] msec/단위정보, 무의미한 음절의 경우 73 msec/단위정보이다. 이를 종합하여 인지프로세서의 처리시간은 평균적으로 70 [25-170] msec/단위정보로 간주한다.

근운동체계는 인지프로세서가 처리한 정보를 근육의 움직임으로 전달하는 근운동프로세서(motor processor)가 관여하며 처리 소요시간은 70 [30-100] msec이다. 근운동 결과를 보고 행동을 수정하는 피이드백이 있는 경우에는 근운동에 소요되는 총 시간(감지프로세서소요시간+인지프로세서소요시간+근운동프로세서소요시간)은 240 msec이 된다.

### 3.群알아맞추기 직무 시나리오

본 연구에서는 群알아맞추기 직무를 시나리오로 하여 群알아맞추기 직무의 인지 과정을 단계별로 구분하였다. 群알아맞추기 직무는 수행 절차가 단순하여 모형화하기 쉬우면서도 인지과정의 주요 요소들이 빠짐없이 참여하고 있어 인지과정에서의 각 요소들의 역할을 교육하는 데 적합하다.

群알아맞추기 직무 시나리오는 다음과 같이 구성되었다. 모니터 앞에 피실험자가 앉아 있고 피실험자가 손가락으로 “YES”와 “NO”라는 단추를 누를 수 있도록 배치된다. 모니터에는 두 종류의 부호가 나타나며 한번에 하나씩 발생된

다. 첫 번째 부호가 발생된 후 1 sec 후에 두 번째 부호가 발생된다. 부호는 문자 또는 숫자 중 하나로 구성된다. 첫 번째 부호와 두 번째 부호가 동일한 문자 또는 숫자이면 피실험자는 "YES" 단추를 누른다. 그렇지 않은 경우에는 "NO" 단추를 누른다. 두 부호가 문자 또는 숫자군에 속할 확률은 각각 0.5이다. 군알아맞추기의 인지 과정에 소요되는 시간(Time of Cognitive process; TC)은 두 번째 부호가 발생한 후 피실험자가 단추를 누를 때까지의 소요시간으로 계산된다. 동일한 직무가 반복될 경우 다음 직무를 수행하기 전 30초의 여유시간을 두도록 설정하였다(Fig. 1).

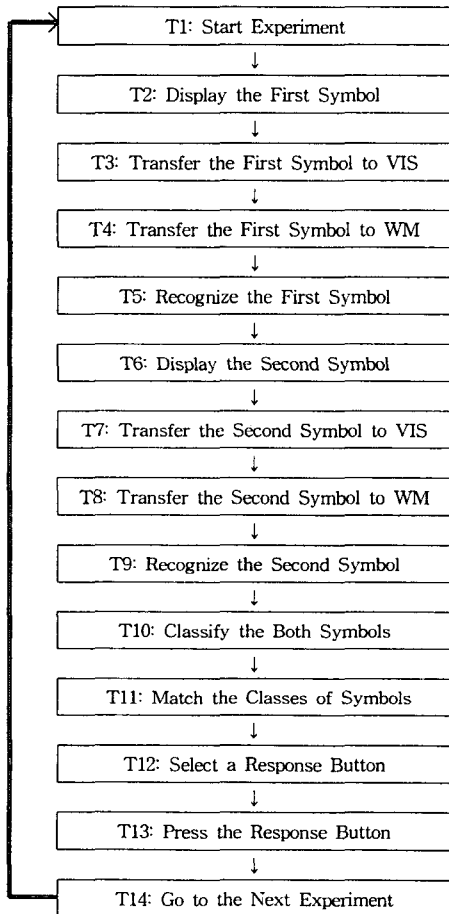


Fig. 1 Procedures in cognitive processes of a class match task

#### 4. 마이크로세인트를 사용한 군알아맞추기 과정의 시뮬레이션 모형

군알아맞추기의 인지과정을 모의하기 위하여 본 연구에서 채택한 시뮬레이터 저작 도구 Micro SAINT(MS)는 순서적으로 열거되는 직무구조를 나타내는데 적절하여 절차적인 직무의 표현에 주로 사용되어 왔다<sup>27)</sup>. MS의 일반적인 특성은 다음과 같다<sup>28)</sup>.

- 1) 직무 네트워크 사건구동 (event-drive)
- 2) 직무 수행시간 (평균, 표준편차) 표현 기능
- 3) 시뮬레이터의 기본기능 (구축, 실행, 분석, 애니메이션)
- 4) 시뮬레이터에 사용된 변수에 대한 최적화(Optquest)

MS로 구현된 군알아맞추기 직무 수행 시뮬레이션 모형은 Fig. 2와 같다.

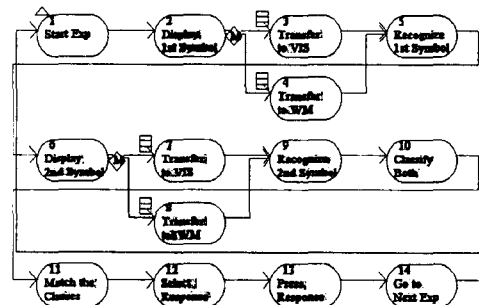


Fig. 2 The Cognitive processes of a class match task expressed by Micro-SAINT network model

군알아맞추기 직무 수행 시뮬레이션 모형의 정확성을 평가하기 위한 척도로서는 군알아맞추기 직무에 동원된 감지프로세서, 인지프로세서, 및 근활동프로세서의 수행이 모두 포함되는 단위 직무인 군알아맞추기 직무의 인지과정(모니터에 두 번째 부호가 발생된 후 반응단추를 누르기 직전까지의 과정)에 대한 소요시간으로 설정하였다. 이를 예측하기 위해 필요한 각 요소 직무 소요시간 분포는 이와 관련된 MHP의 각 프로세서의 시간자료를 사용하였다. 본래 MHP의 각 프로세서 시간 추정치 분포는 평균과 범위(range)로 주어졌으나 본 연구에서는 MS의

자료입력 형태에 맞추어 평균과 표준편차로 환산하여 사용하였다<sup>29)</sup>. 시나리오에 의해 모니터상의 첫 번째 부호 표시시간은 1000 msec(SD 0) (T2)으로 설정되었고 이 부호가 센서(눈)를 통해 들어와 감지프로세서에 의해 감지되어 WM와 WM 내의 VIS에 전달되는 시간에 대한 MHP의 평균 추정치는 각각 100 msec(SD 38)이다 (T3, T4). WM에 임시 저장된 첫 번째 부호를 인지프로세서에 의해 인지하는데 소요되는 시간에 대한 MHP의 평균 추정치는 70 msec(SD 37)이다(T5). 두 번째 부호가 모니터 상에 나타나서부터群알아맞추기 직무의 인지시간(TC) 측정이 시작된다(T6). 두 번째 부호가 센서(눈)를 통해 들어와 감지프로세서에 의해 감지되어 WM와 WM 내의 VIS에 전달되는 시간에 대한 MHP의 평균 추정치는 각각 100 msec(SD 38)이다(T7, T8). WM에 임시 저장된 두 번째 부호를 인지프로세서에 의해 인지하는데 소요되는 시간에 대한 MHP의 평균 추정치는 70 msec(SD 37)이다(T9). WM 내의 두 부호가 숫자군에 속하는지 또는 문자군에 속하는 지를 인지프로세서가 분류하는데 소요되는 시간은 인지프로세서의 한 사이클의 재인-행동소요시간으로 볼 수 있으므로 MHP의 평균 추정치는 70 msec(SD 37)이다(T10). 두 숫자 또는 문자가 같은 군에 속하는가를 판정하는 데 소요되는 시간은 인지프로세서의 한 사이클의 재인-행동소요시간으로 볼 수 있으므로 MHP의 평균 추정치는 70 msec(SD 37)이다(T11). 두 숫자 또는 문자가 같은 군에 속하면 “YES”, 그렇지 않으면 “NO”라는 단추를 누르는 반응을 선택하는데 소요되는 시간은 인지프로세서의 한 사이클의 재인-행동소요시간으로 볼 수 있으므로 MHP의 평균 추정치는 70 msec(SD 37)이다(T12). 선택된 반응을 근운동프로세서가 손가락에 전달하여 단추를 누르는데 소요되는 시간에 대한 MHP의 평균 추정치는 70 msec(SD 18)이다(T13). 다음 실험을 반복하기까지 30초의 여유시간을 가지도록 설정되어 있으므로 T14의 소요시간은 30000 msec(SD 0)이다. 이상의群알아맞추기 직무 시나리오에 대한 MS 시뮬레이션 모형의 입력자료를 요약하면 Table 2와 같다.

Table 2 Input data for simulation of a class match task

Task element	Process time (msec)	
	Mean	SD
T2	1000	0
T3	100	38
T4	100	38
T5	70	37
T6	TC	
T7	100	38
T8	100	38
T9	70	37
T10	70	37
T11	70	37
T12	70	37
T13	70	18
T14	30000	0

### 5. 실험적 평가

群알아맞추기 직무의 인지과정에 소요되는 시간에 대하여 본 연구에서 개발한 인지과정 시뮬레이터의 예측 결과가 타당함을 평가하기 위하여 본 연구에서는 5명의 여자가 포함된 37명의 학부 및 대학원생을 피실험자로 하여群알아맞추기직무의 인지과정 소요시간을 실험에 의해 측정하고 그 결과를 인지과정 시뮬레이터의 예측치와 비교하였다. 실험에 참여한 피실험자들의 평균 연령은 21.9세(SD 2.7)이었으며 이들의 컴퓨터 사용경력은 평균 3.1년(SD 1.7) 이었다. 피실험자들은 자발적으로 실험에 지원했으며 실험 참가자들은 학점에 일부 인센티브를 받게 하였다.群알아맞추기 직무에 대한 인지과정 소요 시간 측정 장비로는 200 MHz Pentium II PC (모델명: LG IBM D61)가 사용되었으며 LabVIEW(ver. 4.01)로群알아맞추기 직무가 프로그램되었다. 실험상황에 익숙해지도록 적응시키기 위하여 본 실험 시작 전,群알아맞추기 직무에 대한 예비시행을 각 피실험자마다 20회씩 시행하였다. 본 실험에서는 각 피실험자마다群알아맞추기 직무를 30회 시행하였다. 각 시행에 있어서 모니터상에 두 번째부호가 발생된 시점부터 피실험자가 반응 단추를 누를 때까지의 소요

시간을 측정하여 기록하고 30회 측정된 소요시간의 평균치를 계산하여 해당 피실험자의 群알아맞추기 직무 인지과정의 소요시간 척도로 사용하였다. 37명의 피실험자로부터 측정된 群알아맞추기 직무의 인지과정 소요시간 측정치 자료를 제1군으로 하고 50회 측정된 인지과정 시뮬레이터에 의한 群알아맞추기 직무의 인지과정 소요시간 예측치를 제2군으로 하여 두 집단의 시간자료를 SPSS(ver 7.5) 통계프로그램을 사용하여 t 검정을 실시하였다. 검정 결과 두 집단의 평균치(Table 3) 간에는 차이가 없는 것으로 확인되었다( $p=0.470$ ).

Table 3 Comparison of mean cognitive process times of a class match task performed by 37 subjects (Group I) and simulated 50 times by a cognitive process simulator (Group II)

	Group I (msec)	Group II (msec)
Mean	482	491
SD	39	73

### 6. 결 론

본 연구에서 제시하는 群알아맞추기 직무의 인지과정에 대한 네트워크 시뮬레이션 모형은 인간공학이나 인지공학을 전공하지 않은 일반 산업안전관리자들에게 인간정보처리과정의 학습에 도움을 주고자 구축되었다. MS로 구축한 인지과정의 네트워크 모형은 눈으로 확인할 수 없는 작업자의 인지 과정 구조를 간단 명료하게 표현할 수 있으며 각 요소 인지과정에 소요되는 시간 및 관여된 인지요소를 쉽게 분별할 수 있으며 인지 시간을 쉽게 예측 가능하게 하였다. 특히 인지과정에 대한 소요시간의 예측치는 실험에 의해 실측된 결과와도 잘 일치하므로 예측의 정밀도에 있어서도 별 무리가 없다고 볼 수 있다. 현재 입력된 자료는 MHP 모형에 기반을 두고 있는 대략적인 값이지만 실제 실험을 통하여 각 요소 직무에 소요되는 시간 분포를 좀 더 정밀하게 측정하여 수정하면 예측의 정밀도를 더욱 향상시킬 수 있을 것이다. 본 연구에서 개발한 인지과정 시뮬레이터의 학습 과정에서의 장점은 인지과정 학습자에게 제공되는 애니메이션

기능(Fig. 3)에 있다. 인지과정 시뮬레이터의 애니메이션 기능은 직무과정의 순차적 진행을 보여줌으로써 인지과정을 가시화 할 수 있다. 또한 요소직무의 수행순서의 변경이나 각 요소 직무수행에 소요되는 시간분포의 변화에 수반되는 인지과정의 전반적인 변화상황도 시뮬레이터의 what-if 분석 기능을 통해 쉽게 파악할 수 있다. 인지과정 시뮬레이터를 개발하기 위해서 본 연구에서 사용한 시뮬레이션 저작 도구 MS는 미시적 직무구조를 서브루틴으로 하여 이를 좀 더 복잡한 직무의 하부구조로 사용할 수 있는 기능이 있다. 이러한 기능을 활용하면 여러 개의 미시적 인지 직무를 하부구조로 하는 복잡한 인지과정에 대한 시뮬레이터 개발도 가능할 것이다.

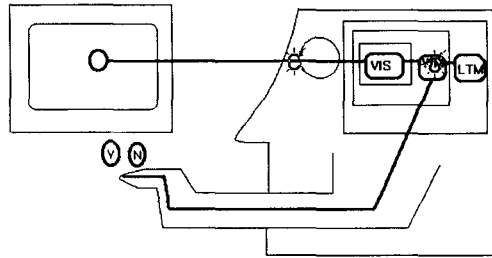


Fig. 3 Animation display of a class match task

### 참 고 문 헌

- 1) G.W. Hannaman, A.J. Sprugin, Y. Lukic, "A Model for Assessing Human Cognitive Reliability in PRA Studies", Conference Record for 1985 IEEE Third Conference on Human Factor and Power Plants, pp. 343~353, 1985.
- 2) D.B. Hamilton, C.R. Bierbaum, "Task Analysis/Workload(TAWL): A Methodology for Predicting Operator Workload", Proceedings of the Human Factors Society 34th Annual Meeting, pp. 1117~1121, 1990.
- 3) E.M. Roth, D.D. Woods, "Analyzing the Cognitive Demands of Problem-Solving Environments: An Approach to Cognitive Task



- Analysis", Proceedings of the Human Factors Society 34th Annual Meeting, pp. 1314~1317, 1990.
- 4) R.M. Harris, H.P. Iavecchia, L.V. Ross, S.C. Shaffer, "Microcomputer Human Operator Simulator(HOS-IV)", Proceedings of the Human Factors Society 31st Annual Meeting, pp. 1179~1183, 1987.
  - 5) T. Plocher, J.F. Lockett, P. Kovach, J. Powers, "CREWCUT: A new Tool for Predicting Human Performance in Conceptual Systems", Proceedings of the Human Factors Society 35th Annual Meeting, pp. 1206~1209, 1991.
  - 6) E.M. Roth, D.D. Woods, H.E. Pople, "Cognitive Simulation as a Tool for Cognitive Task Analysis", Ergonomics, 35, 10, pp. 1163~1198, 1992.
  - 7) S.W. Cheon, S.M. Suh, J.W. Lee, "Strategies of Modeling the Cognitive Tasks of Human Operators for Accident Scenarios in Nuclear Power Plant Control Rooms", Proceedings of the KNS, 1993.
  - 8) S. Bi, G. Salvendy, "Analytical Modeling and Experimental Study of Human Workload in Scheduling of Advanced Manufacturing Systems", International Journal of Human Factors in Manufacturing, 4, 2, pp. 205~234, 1994.
  - 9) M. Visciola, A. Armando, S. Bagnara, "Errors while Learning in Flight Simulation", Proceedings of the Second European Meeting on Cognitive Science Approaches to Process Control, pp. 381~390, 1989.
  - 10) J.Y. Grau, R. Amalberti, C. Valot, "AIDE: A Cognitive Model of Pilot Reasoning Implemented in a Computer", Proceedings of the 10th European Annual Conference on Human Decision Making and Control, pp. 187~198, 1991.
  - 11) R. Amalberti, F. Deblon, "Cognitive Modelling of Fighter Aircraft Process Control: A Step towards an intelligent On-Board Assistance System", International Journal of Man-Machine Studies, 36, 5, pp. 639~671, 1992.
  - 12) J.M. Ryder, A.L. Zaklad, W.W. Zachary, J.A. Purcell, "A Cognitive Framework for Integrated Embedded Training and Decision Aiding", Proceedings of the Human Factors Society 36th Annual Meeting, pp. 1269~1273, 1992.
  - 13) J. Rasmussen, "Development and Testing of a Model for Simulation of Process Operator Response during Emergencies in Nuclear Power Plants", Proceedings of the International Topical Meeting on Advances in Human Factors in Nuclear Power Systems, 1986.
  - 14) H. Ujita, M. Fukuda, R. Kubota, M. Hayashi, "Plant Operator Performance Evaluation Based on a Cognitive Process Analysis Experiment", Proceedings of the Topical Meeting on Advances in Human Factors Research on Man/Computer Interactions: Nuclear and Beyond, pp. 103~110, 1990.
  - 15) J. Lohse, "A Cognitive Model for the Perception and Understanding of Graphs", Proceedings of the Conference on Human Factors in Computing Systems, pp. 137~144, 1991.
  - 16) C.M. Pietras, B.G. Coury, "Cognitive Models of Planning in the Design of Project Management Systems", Proceedings of the Human Factors Society 35th Annual Meeting, pp. 416~420, 1991.
  - 17) J.M. Ryder, W.W. Zachary, "Experimental Validation of the Attention Switching Component of the COGNET Framework", Proceedings of the Human Factors Society 35th Annual Meeting, pp. 72~76, 1991.
  - 18) F. Decortis, J. Kjaer-hansen, J.A. Lockett, K.H. Wheatley, "Analysis of Operator

- Behaviour for Cognitive Model Implementation”, Analysis, Design and Evaluation of Man-Machine Systems, Edited by H.G. Stassen, Pergamon Press, pp. 61~63, 1993.
- 19) K. Furuta, S. Kondo, “Computer Simulation Model of the Cognitive Process in Group Work”, Human-Computer Interaction: Software and Hardware Interface, Edited by G. Salvendy and M.J. Smith. Elsevier, pp. 979~984, 1993.
  - 20) T.L. Seamster, E.S. Edens, “Cognitive Modeling of CRM Assessment Expertise: Identification of the Primary Assessors”, Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 37th Annual Meeting, pp. 122~126, 1993.
  - 21) P.C. Cacciabue, F. Decortis, B. Drozdowicz, “Simulation of Problem Solving Deviations by a Cognitive Model”, Proceedings of the Fifth European Conference on Cognitive Ergonomics, p. 15, 1990.
  - 22) S.K. Card, T.P. Moran, A. Newell, The Psychology of Human-Computer Interaction, Lawrence Erlbaum Associates, pp. 24~97, 1983.
  - 23) P.C. Cacciabue, G. Mancini, “Modelling Man-Machine Systems for Plants Safety: The Role of Cognitive Approaches”, Proceedings of the Conference on Human Reliability in Nuclear Power, p. 4, 1989.
  - 24) J.M. Loman, D.J. Bennett, C. Rogers, “Cognitive Model of Human-Computer Interface(HCI) Onboard Space Station Freedom(SSF)”, Human-Computer Interaction: Applications and Case Studies, Edited by M.J. Smith and G. Salvendy. Elsevier, pp. 201~206, 1993.
  - 25) P.M. Mullins, S. Treu, “A Task-Based Cognitive Model for User-Network Interaction: Defining a Task Taxonomy to Guide the Interface Designer”, Interacting with Computers, 5, 2, pp. 139~166, 1993.
  - 26) W.D. Kappler, “Views on the Role of Simulation in Driver Training”, Proceedings of the XII European Annual Conference on Human Decision Making and Manual Control, p. 6, 1993.
  - 27) Micro-SAINT, User’s Guide, Micro Analysis and Design, Boulder, Colorado, 1996.
  - 28) 서상문, 천세우, 이용희, 직무 네트워크 모형을 이용한 원자력발전소 제어실 운전원들의 수행도 분석, 대한인간공학회 93년 추계 학술발표회, 1993.
  - 29) 김영휘, 품질관리, 청문각, 서울, 1996.