Journal of the Korean Institute of Industrial Engineers
Vol. 16, No. 2, Dec., 1990

CRT 방식 생산공정 제어용 계장시스템 설비의 인간공학적 고찰

정민근* · 최재현* · 정의승*

Ergonomic Considerations for the Design of a CRT-based Process Control System

Min-Keun Chung*, Jae-Hyun Choi* and Eui-Seung Jung*

Abstract

With a general trend toward larger and more complex systems with centralized control, an operator's role of supervisory decision making in the control room becomes more important. Identification of potential man-machine interface (MMI) problems with CRT-based process control systems was attempted using a structured questionnaire survey. Based on the survey results, a laboratory experiment was carried out to investigate the performance of alarm detection on a process control CRT display. The user performance was measured in terms of reaction time from the onset of an alarm sound until the completion of predefined response procedures. The results revealed that for a highly complex tasks, mean reaction time ($\overline{RT}$) with a color consistent display was 10.5% faster than that with the original display, and $\overline{RT}$ with a grouped display was reduced by 8.2% in comparison with the color consistent display.

1. 서 론

최근의 급속한 기술적 발전은 두가지 측면에서 주요 현대적 장비와 관련된 인간-기계 인터페이스(Man-Machine Interface)의 문제를 야기시켰다. 한가지 측면은 중앙제어 방식이 더욱 대형화되고 복합적인 시스템으로 변해가는 경향이다. 이러한 대형화되고 복합적인 시스템은 많은 양의 데이타,

* 포항공대 산업공학과/산업과학기술연구소 기계연구분야

에너지, 유해물질과 위험요소를 수반하게 된다[1]. 미국의 Three Mile Island 원자력 발전소나 인도 Bhopal의 화학공장에서 발생한 사고는 시스템이 대형화되고 복합화해짐에 따른 중앙제어실에서 시스템을 감독하고 의사결정하는 오퍼레이터의 역할의 중요성을 확인시켜 주는 사건이다. 이러한 중앙제어 방식의 자동화 시스템에서는 지극히 단순한 인간의 실수가 엄청난 손실을 초래할 수도 있다. 또 하나의 특기할만한 측면은 저가의 처리능력이 증대된 컴퓨터의 개발에 따른 정보기술의 급속한 발전이다. 이로 인하여 컴퓨터 중앙제어 방식의 자동화 시스템에서의 인간과 자동시스템간의 업무 배분에 변화가 왔다. 자동화 시스템에서도 인간은 완전히 제거될 수 없으며, 단지 시스템 운용의 직접적인 제어역할 대신에 고수준의 감시 및 관리기능을 하게 된 것이다. 따라서 이에 따른 작업자의 교육방법이나 시스템의 디자인에 변화가 요구되는 것이다[2, 3].

생산공정에 있어서 온도, 압력, 유량 등의 공정과정에 필요한 제 변수의 변동상태를 표시(Display)하는데 계기장치(계장) 시스템이 널리 사용되어 왔다. 이러한 공정과정의 상태측정 및 생산공정 제어에 사용되는 계장 시스템도 종래의 상태기록 및 단순 감시기능의 단계를 벗어나 컴퓨터에 의한 연속 감시제어 뿐만 아니라 복잡한 연산기능, 다량 정보처리 기능 등을 갖춘 단계로 발전하였다. 이러한 계장 시스템의 발전은 전기, 전자식의 Analog 계장방식(Panel Operation 방식)에서 컴퓨터를 이용한 Digital 계장방식(CRT Operation 방식)으로 개선됨으로써 이루어졌다[4]. 이로 인하여 시스템의 개조, 확장이 용이하게 되었고, 제어기능의 향상, 정보의 집중화, 성력화, 성에너지화 등을 이루며, 또한 Cable 공사비 등이 절감되는 등의 잇점을 가지게 되었다. 이러한 최첨단의 정보처리 방식을 이용한 시스템의 도입으로 종래의 지시계, 조절계, 기록계 등의 Panel 계기들이 CRT 디스플레이, 키보드, 프린터 및 Hard Copier 등의 새로운 기기로 대체되었다. 이러한 시스템의 변화는 전술한 바와 같은 긍정적인 효과와 함께 부정적인 효과도 가져왔는데, 예를들면 CRT 스크린에 다량의 정보를 제시하게 됨으로 인해서 오퍼레이터의 정보처리량이 증가하게 되어 정신적인 과부하가 증가된 점 등이다. 따라서 작업자-계기 인터페이스(Man-Machine Interface : MMI)와 관련된 제반 사항에 대한 인간공학적 견지에서의 연구가 시급히 요구된다.

본 연구에서는 포항제철소와 광양제철소의 공정제어실에 근무하는 작업자를 대상으로 하여, 본 연구에서 개발된 설문조사 방법을 통해서 주관적, 경험적 의견을 수렴하여 CRT 방식 계장시스템의 운용과 관련한 MMI 문제점을 체계적으로 조사, 분석하고[5], 이 설문조사 결과를 근거로 CRT 방식 계장시스템에서 사용되는 디스플레이 디자인과 관련하여 2가지의 중요한 디자인 요소를 고찰하고자 한다. 한가지 디자인 요소는 생산공정의 변동조건의 현황을 표시하기 위하여 사용되는 색상 코딩의 일관성에 관한 문제이다. 색상의 일관성은 Display Label과 그에 관련된 그래픽 심볼간의 색상 사용과 관계가 있다[6-10]. Loop Status를 표시하는 Alphanumeric Data와 수동으로 제어하는 변수의 그래픽 심볼간의 색상을 일치시킴으로써 오퍼레이터의 작업수행에 있어서 정확도 및 반응속도를 향상시킬 수 있다고 기대된다. 또 한가지는 서로 다른 데이타 그룹간의 판독성을 향상시키고, 그들간의 관계를 조명하여 정보 밀도를 높히기 위한 그룹화에 관한 것이다. 관련 정보를 그룹화 하거나 또는 관련자료를 도표로 나타내는 것은 정보 밀도를 감소시키거나 관련 매개변수간의 비교를 용이하게 함으로써 오퍼레이터의 이해를 증가시킨다[8, 9, 11].

본 연구의 목적은 다음과 같다.

1) CRT 조업방식 시스템을 운용하는데 있어서의 작업자-계기 인터페이스(MMI) 문제를 조사, 분석하기 위하여 포항제철소와 광양제철소의 공정제어실 작업자들을 대상으로 체계적인 설문조사를

실시하여 주관적이고, 경험적 견해를 수집한다.

2) 실험실에서의 모의실험을 통하여 CRT 디스플레이의 디자인 요소가 작업자의 수행도에 미치는 영향을 측정한다. 특히 색상코드의 일관성과 그룹화 기법의 두 디자인 요소가 경보상황을 탐지하는 반응시간에 미치는 영향을 조사한다.

2. 설문조사

본 설문조사는 포항제철소와 광양제철소에서 생산공정 분야를 담당하며, 주로 CENTUM 기종의 계장시스템을 사용하고 있는 작업자를 대상으로, CRT 조업방식의 현행 작업방식에서의 MMI 문제점에 대한 이론적 배경을 근거로 한, 실제 작업현장에서 근무하는 기술 전문가의 주관적이고, 경험적인 의견을 수렴하기 위하여 실시하였다.

2-1. 설문조사 문항의 내용

설문조사의 내용은 크게 일반적 선호도, 내용의 밀집도, 내용의 관련성, 화면구성, 인지적 용이도, 환경적 요소의 6가지 부문으로 이루어져 있으며 (그림 1), 총 43개의 설문 문항으로 되어 있다. 설문 문항의 구성은 예, 아니오의 두가지 답을 묻는 항목과 1-5점까지의 Scale로 점수가 배정된 항목이 있다. 1-5점 Scale의 항목은 앞절에서 기술한 여섯가지의 내용에 대해 각기 평균과 표준편차를 구함으로써 전반적인 의견의 정량적 평가결과를 얻고자 한다. 즉, 3점을 평균으로 기준하여 점수가 많을수록 작업자-계기 인터페이스(MMI)의 문제점이 많음을 시사한다. 따라서 여섯가지 부문에 대하여 어느 문항에 대해 문제점이 지적되는지를 조사할 수 있다.

표 1. 구조적 설문조사를 수행한 대상 공정

공 장	대상 공정	응답자수
포항제철	냉 연 부	47
	열 연 부	49
	제 강 부	13
	화 성 부	76
	제 선 부	33
	소 계	218
광양제철	전산시스템부	21
	에너지부	28
	제 선 부	18
	냉 연 부	23
	열 연 부	28
	소 계	118
총 계		336

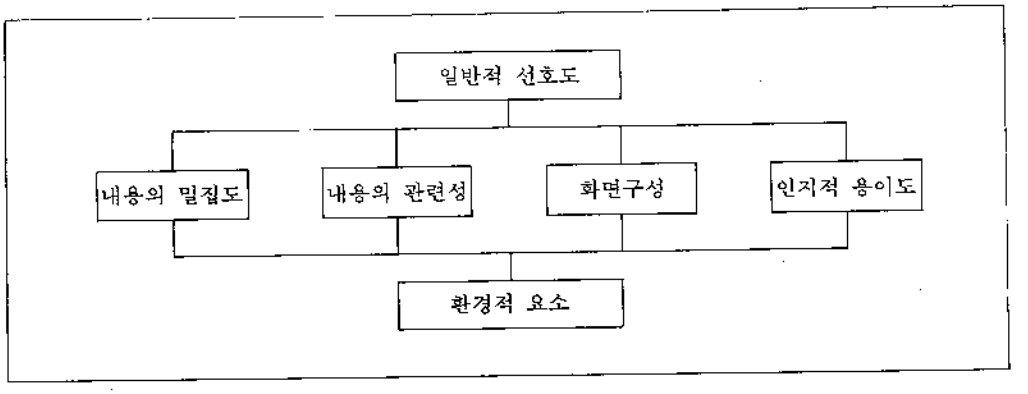


그림 1. 문항의 내용

표 2. 각 공장별 설문조사 결과

공장 / 차원	포항제철		광양제철	
	평균점수	표준편차	평균점수	표준편차
일반적 선호도	3.0170	0.4232	2.8496	0.5054
내용의 밀집도	3.0825	0.4690	2.9767	0.5086
내용의 관련성	3.1604	0.4261	2.9220	0.5366
화면구성	3.1962	0.3692	3.0702	0.3621
인지적 용이도	3.3886	0.4287	3.2692	0.5061
환경적 요소	3.1488	0.5775	3.0449	0.4696

2-2. 설문 응답자의 선정

현재 포항제철에서 사용하고 있는 CRT 방식의 계장시스템은 Yokogawa사의 CENTUM, Fuji사의 MICREX, BBC사의 VAX/77, 그리고, Toshiba사의 TOSDIC이다. 본 설문조사에서는 두 공장(포항과 광양제철소)의 설문조사 응답자로 CENTUM 기종을 사용하고 있거나, 또는 사용해 본 경험이 있는 작업자를 선정하였다. 설문조사 대상으로 선정된 부서 및 인원은 표 1에 요약하였다.

표 3. MMI 문제점을 시사하는 문항에 대한 응답결과

설 문 문 항	문항별 응답결과(%)		
	그렇지 않다 (1,2)	보통 이다 (3)	그렇다 (4,5)*
일반적 선호도			
– 공정 제어시스템을 운용하는데 MMI 문제가 있다.	22.82	35.46	41.72
– 초보자의 경우, 공정제어 시스템을 배우는데 어려움이 있을 것이다.	35.13	25.29	39.58
– 현행 시스템의 한글화가 이루어져야 한다.	17.86	11.90	80.24
내용의 밀집도			
– 좀더 정확한 공정상태를 파악하기 위하여 화면상의 정보 이외에 추가적인 정보가 필요하다.	12.15	17.33	70.52
내용의 관련성			
– 화면에 실제로 나타난 정보보다 많아 보인다.	23.80	30.95	45.25
– 화면에 나타난 심볼에 대한 설명이 필요하다.	9.51	13.69	76.80
화면구성			
– 화면의 심볼이 서로 다른 색으로 표현되었으면 좋겠다.	14.62	16.72	68.66
– 사용빈도에 따른 데이타의 구별이 분명하지 않다.	18.15	20.83	60.02
– 화면구성이 더 조직적으로 되어야 한다.	4.52	17.77	77.71
인지적 용이도			
– CRT 화면을 읽는데 어려움을 겪었다.	11.67	17.66	70.67
– 화면을 읽을때, 긴장된다.	27.76	20.89	51.35
– 화면이 다르게 구성되었다면, 조업에 대한 의사결정을 하기가 더 쉬울수 있다고 생각한다.	11.63	31.94	56.43
환경적 요소			
– Control Room의 조명으로 인해 CRT 화면을 보는데 있어 불편하다.	35.33	20.66	44.01

* 괄호안의 숫자는 각 문항에 대한 5-Scale의 점수

2-3. 설문조사 결과

CENTUM 기종을 사용하는 작업자들이 느끼고 있는 MMI 문제점에 대한 설문조사 결과를 표 2에 요약하였다. 점수가 높을수록 (최대 5점) 많은 MMI 문제점을 내포하고 있음을 의미한다. 두 공장 모두 6가지 부문 중에서 인지적 용이성과 화면구성에 대하여 비교적 MMI 문제가 존재함을 시사하고 있다. 표 3에서 MMI 문제점을 시사하는 몇가지 문항에 대하여 그 응답결과를 나타내었다.

설문조사 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 일반적 선호도에 대한 설문에서 대부분의 작업자들이 공정제어 시스템을 운용하는데 있어서 MMI 문제점을 인식하고 있으며, 특히 신참 작업자들이 시스템을 사용하는데 있어서 더욱 어려움을 겪고 있다는 것을 알수 있었다. 또한 많은 작업자들이 CRT 조업방식 공정제어 시스템의 한글화가 필요하다고 요구하고 있다.

2) 내용의 관련성에 대해서는 표시되는 자료의 양이 과다하지는 않지만 현 화면 구성형태가 과다하게 보인다는 지적이 있었다. 또한 정보를 나타내는 심볼에 대한 설명이 화면에 나타나야 할 것을 요구하고 있다.

3) 화면구성에 있어서는 심볼에 대한 새로운 디자인의 필요성이 지적되었다. 자주 읽히는 데이타가 그렇지 않은 데이타 보다 좀 더 분명하게 표시되어야 하는데, 현재의 시스템에서는 차이를 두고 있지 않았다. 많은 작업자들이 화면이 더 잘 구성되어야 한다고 지적하였다.

4) 인지적 용이도에 관하여는 화면상에 나타난 정보를 정확하게 이해하기 위해서는 정신집중이 필요하며, CRT 화면상의 정보를 읽거나 이해하는데 어려움을 겪었다고 많은 작업자들이 응답하였다.

3. 향상된 화면구성에 대한 실험적 고찰

설문조사 방법에 의해서 지적된 많은 MMI 문제점 중에서 특히 화면구성의 중요성이 대두되었다. 따라서 작업자의 수행도를 향상시키기 위하여, 두가지 디스플레이 디자인 요소를 고려한 새로운 디스플레이 디자인의 효과를 측정하기 위한 모의실험을 포항공대 인간공학 실험실에서 다음과 같이 수행하였다.

3-1. 공정제어 화면의 선정

공정의 형태에 따라 많이 사용되고 있는 다양한 화면이 있지만, 본 실험에서는 냉연 공정의 주 화면인 Heat Pattern Display(HPD)와 Control Group Panel Display(CGPD)를 선택하여(그림 2), 이 두 화면에 대하여 색상의 일관성과 그룹화의 두가지 디자인 요소를 고려하여 설계된 새로운 화면구성을 제시하였다. 따라서 HPD와 CGPD의 두가지 Display에 대하여 각각 네가지의 다른 화면구성 형태를 제시하였다. 이 네가지는 현재 사용중인 원래의 디자인과 색상의 일관성만을 고려한 디자인(색상 디자인), 그룹화만을 고려한 디자인(그룹화 디자인), 그리고 색상의 일관성과 그룹화를 함께 감안한 디자인(종합 디자인)이다. 현장의 여러가지 여건으로 인하여 모든 공정에 대한 모의실험을 수행할 수는 없었다.

3-2. 피실험자

본 실험에서는 10명의 포항공과대학 학부학생을 피실험자로 선정하였다. 피실험자의 나이는 21-22세로, 평균 21.3세이며, 컴퓨터 시스템을 사용해 본 경험이 2-3년 이상 되었다. 피실험자에 대한 시력/색맹검사를 실시한 결과 모두 정상으로 나타났다.

3-3. 실험기기

실험에 사용된 장비와 소프트웨어는 다음과 같

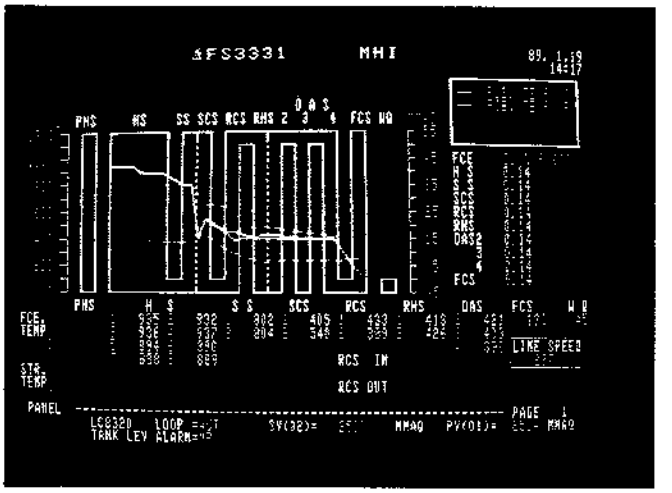
다.

1) 시력/색맹검사에 사용된 시력검사기(Lafayette Instrument Co., Model No. 14019).

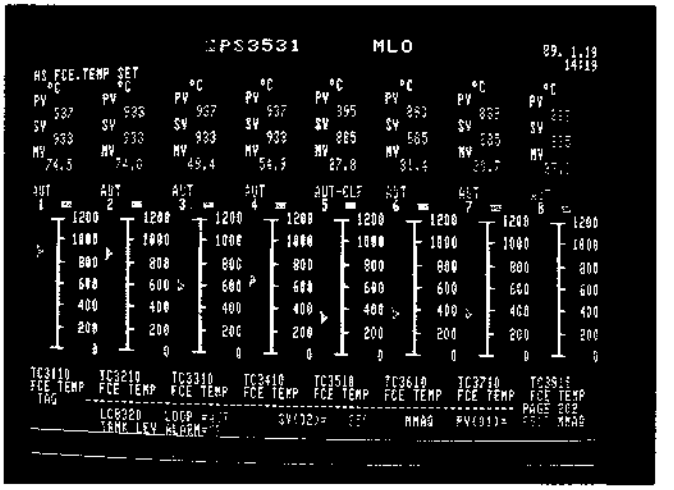
2) 디스플레이 디자인에 사용된 Macintosh II System 및 고해상도(640×480) RGB Color Monitor (Apple Computer Inc., 1986).

3) 프로그램 개발에 사용된 True BASIC(True BASIC Inc., 1988).

3-4. 실험과정



(b) Control Group Panel Display



(a) Heat Pattern Display

그림 2. 모의실험에서 사용된 공정제어 화면

피실험자는 먼저 약 20분간 2가지 형태의 공정 제어 화면(HPD와 CGPD)에 대해 설명을 듣는다. 실험설명에서는 경보상태가 감지되었을 때, 어떻게 일련의 정해진 키를 누르는가를 교육한다. 설명 후 피실험자는 키조작에 익숙하도록 약 15분간 실습한다.

예비교육 과정이 끝난 후, 피실험자는 디스플레이로부터 약 30cm 정도 떨어져 앉고 실험은 몇 초 후부터 시작된다. CRT 화면에서 경보음이 울리면, 피실험자는 경보 지점을 찾고 일련의 정해진 키를 누른다. 실험하는 동안 경보신호가 울릴 때부터 일련의 정해진 키를 모두 누를 때까지의 반응시간이 각각의 실행에 대하여 자동적으로 컴퓨터에 기록된다.

피실험자에 의해 수행되는 작업은 경보상태를 감지하고, 일련의 정해진 키를 누르는 것이다. 본 연구에서는 그룹화 되지 않은 디스플레이 디자인과 색상 불일치가 경보상태에 대처하는 반응시간을 증가시키고 있음을 검증하고자 한다. 반복이 있는 다원 배치법을 사용하였으며 주요 실험변수는 '색상일치', '그룹화', '작업의 복잡도'이다. 실험변수들이 반응시간에 미치는 영향을 측정하기 위하여, 색상일치의 유무, 그룹화의 유무, 그리고 작업의 복잡도의 세가지 수준이 고려되었다. 작업의 복잡도 수준은 경보상태의 수에 따라 구분한다. HPD에서 경보상태가 한번 나타나면, 낮은 수준의 복잡도이고, 경보상태가 두번 나타나면 중간 수준의 복잡도이다. 경보상태가 한번 나타날 때, CGPD의 경보상태가 포함되어 있으면 높은 수준의 복잡도이다. 이 실험에서는 총 36개의 화면이 무작위 순으로 피실험자에게 제시된다.

3-5. 실험결과

실험결과로 얻어진 색상의 일관성과 그룹화의 두가지 디스플레이 디자인 요소를 고려하여 새롭게 디자인된 네가지의 화면구성 형태와 작업의 복잡도에 대한 평균 반응시간($\overline{RT}$)을 그림 3에 제시하였다.

평균 반응시간은 일반적으로 작업의 복잡도가

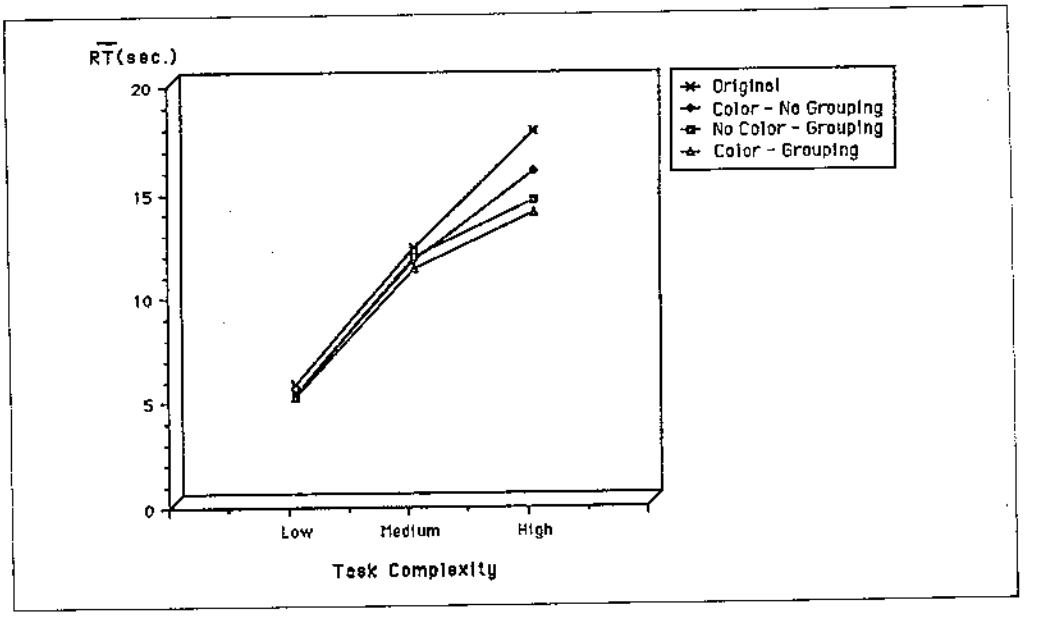


그림 3. 작업 복잡도에 따른 평균 반응시간

증가함에 따라 증가하였으며, 복잡도의 각 수준에 대하여는 색상의 일관성이나 그룹화가 사용되었을 경우에 감소하였다. 곡선이 평행하게 나타나지 않은 것은 화면구성 형태와 작업의 복잡도 수준사이에 교호작용이 있음을 가리킨다. 즉, 색상의 일관성이나 그룹화의 두가지 디스플레이 디자인 요소가 작업의 복잡도 수준이 낮은 경우에는 영향을 미치지 못하지만, 작업의 복잡도 수준이 높은 경우에는 이 두가지 디자인 요소가 평균 반응시간의 감소에 영향을 준다.

실험결과의 통계처리는 SAS(Statistical Analysis System) 프로그램을 사용하였으며, 평균 반응시간에 대한 두가지 디스플레이 디자인 요소와 작업의 복잡도의 분산분석 결과는 표 4와 같다. 표 4에 나타난 바와 같이 색상의 일관성 [$F(1,886)=15.66$, $p<0.001$], 그룹화[$F(1,886)=37.22$, $p<0.001$], 작업의 복잡도[$F(2,886)=1163.75$, $p<0.001$]에 대하여 주 효과가 모두 유의한 수준이었다. $\overline{RT}$에 대한 색상의 일관성과 그룹화간의 교호작용은 유의하지 않은 효과를 나타내었다[$F(1,886)=1.67$, $p=0.197$]. 또한, 그룹화와 작업의 복잡도간의 교호작용은 유의한 효과를 나타내었다[$F(2,886)=16.04$, $p<0.001$]. $\overline{RT}$에 대한 분산분석을 작업의 복잡도의 세가지 수준에 대하여 각각 수행한 결과 작업의 복잡도가 낮은 수준과 중간 수준에서는 두 디자인 요소에 대한 주효과와 교호작용은 유의하지 않았지만, 작업의 복잡도가 높은 수준에서는 유의한 주 효과를 얻었다(표 5).

작업의 복잡도 수준이 높은 경우에 대하여 평균 반응시간 분석으로부터 얻어진 주 효과와 교호작용에 대한 유의수준을 검정하기 위하여 Bonferroni Multiple Comparison Test를 사용하였다. 표 6에서 볼수 있듯이, 95%의 신뢰구간으로부터 다음의 결론을 얻을수 있었다.

1) 색상 디자인이 원래 디자인 보다 유의하게 짧은 평균 반응시간(1.842초)을 보였다.

2) 그룹화 디자인이 원래 디자인 보다 유의하게 짧은 평균 반응시간(3.129초)을 보였다.

3) 두 디자인 요소의 종합 디자인이 원래 디자인 보다 유의하게 짧은 평균 반응시간(3.768초)을 보였다.

4) 그룹화 디자인이 색상 디자인 보다 유의하게 짧은 평균 반응시간(1.287초)을 보였다.

5) 두 디자인 요소의 종합 디자인이 색상 디자인

표 4. 평균 반응시간($\overline{RT}$)에 대한 분산분석표

Source of Variation	Sum of Squares	Degrees of Freedom	Mean Square	Computed F value	Probability Pr>F
색상일관성 (CC)	110.7	1	110.7	15.66	<0.001*
그룹화 (G)	263.0	1	263.0	37.22	<0.001*
작업복잡도 (C)	16447.0	2	8223.5	1163.75	<0.001*
CC * G	11.8	1	11.8	1.67	0.197
CC * C	34.7	2	17.3	2.45	0.087
G * C	226.6	2	113.3	16.04	<0.001*
CC * G * C	15.4	2	7.7	1.09	0.337
Error	6260.9	886	7.1		
Total	23370.1	897			

표 5. 복잡한 수준에 따른 분산분석표

(a) 복잡도가 낮은 수준인 경우

Source of Variation	Sum of Squares	Degrees of Freedom	Mean Square	Computed F value	Probability Pr>F
색상일관성 (CC)	8.000	1	8.000	2.45	0.1185
그룹화 (G)	7.566	1	7.566	2.32	0.1289
CC * G	1.338	1	1.338	0.41	0.5225
Error	1090.599	334	3.265		
Total	1107.503	337			

(b) 복잡도가 중간 수준인 경우

Source of Variation	Sum of Squares	Degree of Freedom	Mean Square	Computed F value	Probability Pr>F
색상일관성 (CC)	20.031	1	20.031	2.22	0.1372
그룹화 (G)	13.494	1	13.494	1.50	0.2222
CC * G	0.079	1	0.079	0.01	0.9255
Error	2443.065	271	9.015		
Total	2476.669	274			

(c) 복잡도가 높은 수준인 경우

Source of Variation	Sum of Squares	Degree of Freedom	Mean Square	Computed F value	Probability Pr>F
색상일관성 (CC)	120.916	1	120.916	12.46	0.0005*
그룹화 (G)	466.891	1	466.891	48.11	0.0001*
CC * G	25.616	1	25.616	2.64	0.1054
Error	2727.189	281	9.705		
Total	3340.610	284			

보다 유의하게 짧은 평균 반응시간(1.926초)을 보였다. 그러나, 종합 디자인과 그룹화 디자인 사이에는 유의한 차이가 없었다.

4. 결 론

본 논문의 목적은 구조적 설문조사를 통하여 작업자-계기 인터페이스(MMI) 문제점을 밝히고, 작업자의 수행도에 영향을 미치는 디스플레이 디자인 요소의 효과를 측정하는 것이다. 본 연구에서 수행한 체계적 설문조사의 결과에 의하면 일반적

으로 CRT 화면상의 정보를 판독하는데 어려움을 겪었다는 지적이 많았으며 정보를 나타내는 심볼에 대한 설명이 좀 더 분명하게 되도록 요구하였다. 특히 신참 작업자들이 시스템을 배우는데 어려움을 겪었다는 지적이 많았으며 한글화의 필요성에 대하여는 대부분 공감하였다.

상기와 같이 설문조사에서 지적된 MMI 문제점 중에서, 특히 화면구성에 대한 중요성이 강조되었다. 화면구성의 여러가지 요인들 중에서, 색상의 일관성과 그룹화가 작업자의 수행도에 영향을 미칠 것으로 판단되어 이에 대한 실험을 수행하였다. 그림 2와 3은 작업의 복잡도가 증가되면서, 원래의 화면구성 디자인에 비해서 상기한 두가지 디자인 요소를 고려한 새로운 화면구성을 사용했을 때에 평균 반응시간이 훨씬 짧아진 결과를 보여주고 있다. 평균 반응시간에 대한 분산분석 결과, 두 디자인 요소와 복잡도가 유의한 효과를 미치고 있음이 밝혀졌다. 복잡도가 높은 수준에서는, 색상의 일관성만을 고려한 디자인에 대한 평균 반응시간이 15.70초로 원래 디자인의 17.45초보다 10.5% 짧으며, 그룹화만을 고려한 디자인은 색상의 일관성을 고려한 디자인 보다 8.2%, 두 디자인 요소가 복합된 디자인은 색상의 일관성만을 고려한 디자인보다 12.2% 짧은 것으로 나타났다. 이러한 결과는 공정제어실에서 근무하는 오퍼레이터가 처리해야 하는 정보량이 많을수록 색상의 일관성이나 그룹화와 같은 디자인 요소를 고려하여 향상된 화면구성이 작업자의 정확성이나 경보시에 대응하는 반응속도에 크게 도움을 주고 있음을 입증한다. 특히 색상코딩에만 의존하기 보다는 그룹화 기법에 의한 정보제시가 오퍼레이터의 인지과정에 더욱 도움을 주고 있음을 알 수 있다.

화면구성의 여러 요소 중에서 색상의 일관성과 그룹화가 작업자의 수행도에 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. 원래의 화면보다 색상의 일관성을 고려한 디자인, 그룹화만을 고려한 디자인, 그리고 색상의 일관성과 그룹화가 복합된 디자인을 사용하면 반응시간이 더 짧아지는 것으로 나타났다. 이러한 결과로부터, 현재 냉연공장에서 사용하고 있는 HPD와 CGPD가 색상의 일관성과 그룹화를 고려한 화면으로 교체된다면 오퍼레이터의 업무처리 능력이 향상될 것으로 기대된다.

표 6. 복잡도가 높은 수준에서의 화면구성 형태에 따른 RT 차이의 비교

Display Type	Lower Confidence Limit	Upper Confidence Limit	Difference Between Means
O - C	0.690	2.993*	1.842
O - G	1.986	4.272*	3.129
O - M	2.598	4.939*	3.768
O - G	0.102	2.472*	1.287
C - M	0.715	3.318*	1.926
G - M	-0.564	1.842	0.639

Note : O= 원래 디자인
C= 색상 디자인
G= 그룹화 디자인
M= 종합 디자인
*= 95% 신뢰수준에서 유의함

본 연구에서 사용된 두 디자인 요소에 덧붙여, Image Polarity의 변화나 화면 디자인의 방법에 따른 여러가지 효과를 측정하고, HPD와 CGPD의 두 디스플레이만이 아니라 최근에 사용되고 있는 전반적인 디스플레이에 대한 광범위한 관찰이 있으면 CRT 조업방식 공정제어 작업에서 사용되는 디스플레이의 개선이 더욱 큰 효과를 보게 될 것이다. 본 연구의 결과로 공정 제어기능을 향상시키고, 작업자의 정보처리를 정확, 신속하게 하여 생산증대와 공정관리 기능확대가 이루어질 것으로 기대된다.

참고문헌

[1] Rasmussen, J., K. Duncan and J. Leplat, *New Technology and Human Error*, John Wiley and Sons, 1987.

[2] Pine S.M., K.A. Schulz, T.R. Edman, T.G. Hanson, T.G. Evans, W. Gonzalez, D. Smith and J. Seminara, *Human Engineering Guide for Enahancing Nuclear Control Rooms*, NP-2411, Palo Alto, Electric Power Research Institute, 1982.

[3] Salvendy, G., *Handbook of Human Factors*, John Wiley and Sons, 1987.

[4] 광양1기 설비계획서, 포항제철 설비계획2부 전문설비실

[5] 정민근, 최재현, 생산공정 제어용 계장시스템 설비의 인간공학적 고찰, 8134F-48, 산업과학기술연구소, 1989. 3. 31.

[6] Schontz, W.D., G.A. Trumm and L.G. Williams, "Color Coding for Information Location," *Human Factors*, 13, 237-246, 1971.

[7] Christ, R.E., "Review and Analysis of Color Coding Research for Visual Displays," Human Factors, 17, 542-570, 1975.

[8] Danchak, M.M., "CRT Displays for Power Plants," *Instrumentation Technology*, 23(10), 29-36, 1976.

[9]Cakir, A., D.J. Hart and T.F.M. Stewart, *Visual Display Terminals*, John Wiley and Sons Ltd., Chichester, England, 1980.

[10] Macdonald, W.A. and B.L. Cole, "Evaluating the Role of Color in a Flight Information Cockpit Display," *Ergonomics*, 31, 13-37, 1988.

[11] Stewart, T.F.M., "Displays and the Software Interface," *Applied Ergonomics*, 7, 137-146, 1976.