

지게차 계기판의 인지성 평가에 관한 연구¹⁾

A study on the recognition of the dashboard in forklift

최진봉*, 윤용구**, 정명철***, 박 범***

* 아주대학교 산업공학과 violet99@ajou.ac.kr

** (주) 삼성전자 시스템 LSI 환경안전 그룹 yonggu1124.yoon@samsung.com

*** 아주대학교 산업정보시스템공학부 mcjung@ajou.ac.kr

*** 아주대학교 산업정보시스템공학부 ppark@ajou.ac.kr

Abstract

This paper studies on the visibility of dashboard in forklift. As part of the real setting devised for this study, 1. Important evaluation by males experience in forklift driving, 2. Icon cognition experiment, 3. Gage cognition experiment, subjects were asked to estimate the important evaluation, sketched to icon and gage position on the screen. Subjective evaluations were carried out by semantic differential method, sketch method, sketch method, then analyzed by consistency test, frequency rate and T-test. I gather the results concerning the relationship between consistent answers and cognition rates of dashboard understand the conditions which create a desired instrument panel.

1. 서론

최근 지게차의 기본적인 기능이 향상됨에 따라, 지게차 사용자들의 요구사항도 기능적인 측면에서 운전자를 고려한 사용 편의성 측면으로 변화하고 있다. 이는 제품 설계 시 인간중심의 설계 보다는 기계중심의 발전에 인간을 맞추게 함으로 제기된 문제이다. 즉, 디자이너의 심미적 외관 위주 설계와 관련 분야 설계자들의 기능적 설계를 기반으로 수행되어 왔기 때문이며(Wulff et al., 1999), 지게차 설계 시 Human-Machine Interface System이 충분히 고려되지 않았음을 뒷받침 하고 있다(Godthelp et al., 1993).

최근 들어 자동차는 인간공학적인 인터페이스의 중요성을 인식하여 많은 산·학연구가 진행되고 있지만, 자동차에 비해 수요량이 적은 지게차의 경우 기능적인 측면의 소음과 진동 분야에서만 연구가 이루어지고 있으며(이승구 외, 1999), 지게차에 대한 각각의 조작 장치에 대한 인간공학적인 접근은 이루어지지 않고 있는 실정이다. 따라서, 사용자들이 원하는 사용 편의성을 고려한 지게차를 설계하기

위해 지게차 cockpit interior의 핸들, 시트, 레버, 페달, 계기판 등 다양한 측면을 고려한 인간공학적인 연구 중에서 안전에 가장 큰 영향을 미치는 계기판 요소에 초점을 두고 연구를 진행했다.

운전자에게 차량의 현 상태 정보를 알려주는 지게차 계기판은 크게 게이지, 심볼과 LCD로 구성되어 있으며, 시인/시계성이 떨어지는 계기판에서 제공되는 정보는 운전자의 정신적 과부하를 증가시키며, 이는 작업효율의 저하나 사고로 이어질 수 있다. 1982년 Whitehurst는 black-on-white dial과 white-on-black dial 비교에서 dial reading time을 측정한 결과 reading time은 거의 동일하나, error는 white-on-black dial이 높은 결과로 나타났다(Whitehurst et al., 1982). 같은 연구에서 display panel의 설계 요소를 이루는 눈금 숫자의 단위 및 크기, interpolation은 reading time에 유의한 영향을 미치지 않는 것으로 제시되었다(Whitehurst et al., 1982). 이외에 1987년 analog, digital, verbal 형태의 표시장치가 반응시간에서 가장 빠르게 나왔으며(Boles et al., 1987), 1991년 rapid communication(RAP COM) display와 spatial display에 관한 연구를 통해 RAP COM display의 경우 반응시간은 짧지만 반응시간에 비해 error가 많이 발생한다고 밝혔다(Payne et al., 1991).

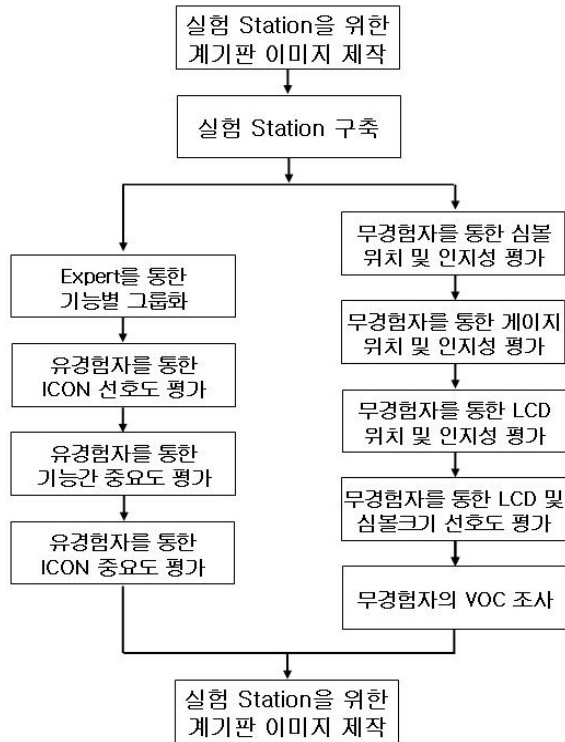
따라서 본 연구에서는 기능간 중요도와 기능대 심볼의 중요도 평가, 게이지·아이콘의 인지성과 가독성 평가와 크기에 대한 선호도 평가를 통해 운전자에게 시인/시계성이 좋은 최적의 지게차 계기판 layout을 도출하고자 한다.

2. 실험설계 및 방법

지게차 계기판은 크게 세부분(게이지, 심볼, LCD)으로 구성되어 있다. 게이지는 지게차의 현 상태를 알려주는 것으로 주유·냉각수온도·트랜스미션 게이지로 구성되어 있으며, 심볼은 4개의 기능별(엔진·전기·경고·안전 및 서비스 기능)로 분류되며 14개의 심볼로 구성되어 있다. 또한, LCD는 3개의 정보(차량정비·속도·기능표시)로 구성되어 있다.

1) 본 논문은 2005년 두산인프라코어의 지원으로 이루어졌습니다.

본 연구에서는 시인성 및 가독성이 뛰어난 계기판 Objects layout을 찾고자 지게차 유경험자와 무경험자를 통해 연구를 수행 했다. 이는 [그림 1]과 같이 간단히 나타낼 수 있다.



[그림 1] 지게차 계기판 연구 Process

2.1 유경험자에 의한 선호도 및 중요도 평가

지게차 계기판에만 존재하는 ICON의 특성상 지게차 전문가를 대상으로 각 항목 평가 전에 14개 ICON의 기능별 그룹화를 실시한 후, 현업(지게차 운전자)에 종사하는 운전자 30명(평균 운전경력: 6년, 평균 연령:40세)을 대상으로 ICON 중요도 평가, 기능별 중요도 평가, ICON 중요도 평가를 했으며, 기능별 중요도와 ICON 중요도를 평가하기 위해 7 Scale Differential Method (SDM)을 사용하였다.

2.1.1 전문가를 통한 기능별 그룹화

유경험자를 대상으로 설문을 진행하기 전 지게차 전문가(지게차 설계 경력자, 지게차 운전자 각 2명)를 대상으로 계기판에서 제공하는 14개의 ICON을 기능(전기, 엔진, 경고, 안전 및 서비스)별로 유경험자 평가에 앞서 분류 하였다.

2.1.2 ICON 선호도 평가

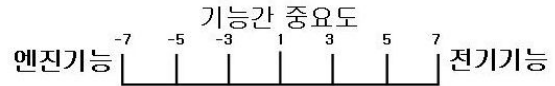
14개의 ICON중 다양하게 표현될 여지가 있는 4개의 ICON을 D사 설계자들과 함께 선정하여 ISO에서 규정하고 있는 표준안과 D사의 표준안을 바탕으로 제작하여 유경험자를 통해 선호도 평가를 했다. 선호도 평가 설문 예는 [그림 2]와 같다



[그림 2] ICON의 선호도 평가 설문지

2.1.3 기능간기능내 ICON 중요도 평가

지게차 계기판에서 나타내는 기능은 크게 전기·엔진·경고·안전 및 서비스 기능으로 분류 할 수 있으며, 기능간 중요도 설문은 [그림 3]과 같다. 또한, 각 ICON에 대한 Icon과 Indication 정보는 [표 1]과 같다.



[그림 3] 기능간 중요도 설문지

[표 1] ICON의 기호 및 기능

Icon	Indication
	경고
	차량상태
	차량상태
	경고
	경고
	경고
	차량상태
	차량상태
	경고
	경고
	경고
	차량상태
	차량상태
	경고

[표 1]을 바탕으로 기능내 심볼의 중요도 평가를 실시하였으며, 설문은 [그림 4]와 같다.



[그림 4] 기능내 심볼의 중요도 설문지

분석에 앞서, 피험자가 질문에 일관성 있게 응답하였는지 확인하기 위하여 정합비 C.R. 값을 비교 하였다. 정합비 C.R. 값은 식(1)[Saaty et al., 1980]을 사용하여 계산하였다.

$$C.R. = \frac{C.I.}{R.I.} = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \times \frac{1}{R.I.} \dots \text{식(1)}$$

여기서 R.I 값은 Satty에 의해 구해진 값을 사용하였으며, n의 값은 비교대상의 계수에 따라 결정되며, [표 2]와 같다.

식 (1)을 이용하여 피험자 30명에 대해 각 응답자의 설문 결과에 대한 C.R. 값을 바탕으로 일관성 여부를 판단하였으며, 일관성 여부의 판단은 한 사람의 응답자에 대해 계산되는 C.R. 값이 0.1 보다 작을 때 그 응답자는 질문에 일관성 있게 응답하였다고 판단한다[Satty et al., 1980].

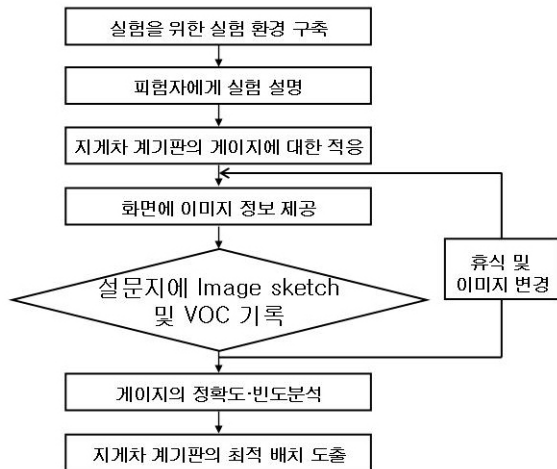
2.2 무경험자에 의한 Objects layout

[표 2] Satty에 의해 제시된 표

행렬 크기(n)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
R.I	0.0	0.0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.48	1.56	1.57	1.59

과거 지게차 운전 경험이 없고 시력장애, 색맹 및 착시현상이 없는 대학생 및 대학원생 52명(평균 연령: 24.79±3.8)을 대상으로 심볼 위치 인지성 평가, 게이지 인지성 평가, LCD 인지성 평가, 심볼 크기 선호도 평가를 실시하였다. 이상의 실험을 간단히 설명하면 아래와 같으며, [그림 5]는 실험절차에 대한 도식화를 나타낸 것이다.

- ① 실험을 위한 Station 구성
- ② 피험자에게 실험에 대한 내용과 계기판 Objects에 대해 사전 교육
- ③ PC에 계기판 실험 이미지를 각각의 시간동안 투사
- ④ 피험자는 PC를 통해 획득한 정보를 설문지에 기입
- ⑤ Refresh Time을 두어 피험자의 인지·시각적 부하 감소
- ⑥ 각각의 Task를 ③~⑤ 과정을 반복
- ⑦ 위 과정으로 얻은 데이터를 분석하여 계기판의 layout 결정
- ⑧ 유경험자의 설문을 통해 도출된 결과와 Mapping
- ⑨ 계기판의 최적 layout 도출

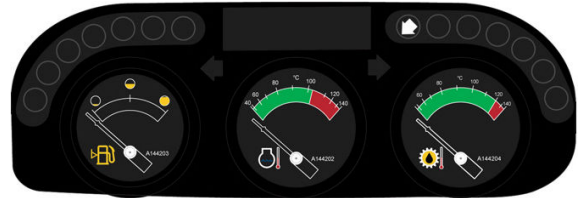


[그림 5] 무경험자에 의한 Objects layout 실험절차

2.2.1 심볼 위치 인지성 평가

지게차 계기판의 아이콘은 총 14개로 구성되어 있다. 무경험자는 이 아이콘을 본다 해도 정확히 인지가독할 수 없기 때문에 대체 이미지를 알파벳(A~Z)과 화살표(상, 하, 좌, 우 및 대각선 방향)로 제작하였으며, 모니터에 심볼이 나타났다 사라지는 시간은 0.25초와 0.2초로 구성하여 실험을 진행했다. 이때, 시간을 달리하면서 평가 한 이유는 문헌 조사[윤한경 외, 1998]와 대학원생 7명을 대상으로 Pilot Test를 통해 얻은 결론으로 지게차 계기판의 심볼에 대한 인지 유·무를 판별하는데 가장 적당한 시간이라고 결정했기 때문이다. 피험자의 인지·시각적 부하를 줄이기 위해 실험 종료 후 휴식 시간을 두었으며, 피험자의 VOC(Voice Of

Customer)를 기록했다. 본 실험을 위해 총 28개 심볼(알파벳 14개와 화살표 14개)을 만들었다. [그림 6]은 심볼 인지성 평가를 위해 제작된 샘플 중 하나를 나타낸 것이다.



[그림 6] 심볼 인지성 평가를 위한 샘플

28개의 샘플을 14개, 두 집단으로 분리하여 2번 실험을 진행했으며, 첫 번째 실험에서는 알파벳이 무작위 추출로 0.25초 동안 제공되었으며, 두 번째 실험에서는 화살표가 무작위 추출로 0.2초 동안 제공되었다.

지게차 계기판의 14개 ICON별 위치 인지성을 통해 빈도율을 도출하였다.

2.2.2 게이지 인지성 평가

지게차 계기판의 게이지는 연료게이지, 냉각수 온도게이지와 트랜스미션 온도게이지로 구성되어 있으며, 이는 자동차 계기판에는 없는 냉각수 온도게이지와 트랜스미션 온도게이지가 추가된 것이다. 게이지의 객관적인 인지성 평가를 위해 실제 지게차 계기판 크기와 동일한 실험용 계기판 이미지를 컴퓨터 그래픽으로 12개 제작하였으며 [그림 7]는 게이지의 인지성 평가를 위한 샘플들 중 하나를 나타낸 것이다.



[그림 7] 게이지 인지성 평가 샘플

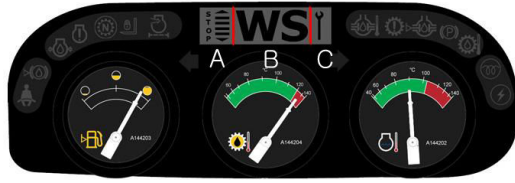
12개의 샘플을 6개, 두 집단으로 분리하여 2번 실험을 진행했으며, 지게차 계기판의 이미지가 모니터에 투영되어 사라지는 시간을 1초와 0.7초로 조정했다.

지게차 계기판의 게이지를 3개 영역으로 구분하여 각각의 게이지가 A, B, C에 각각 위치했을 때 각 게이지의 인지성을 통해 빈도율을 구하고 집단 간 빈도율 차이가 있는지 알아보기 위해 T-test를 하였다.

2.2.3 LCD 인지성 평가

지게차의 계기판은 아날로그와 LCD가 함께 공존하는 것으로 LCD는 [그림 8]과 같이 3개 영역(정비, 속도, 기능수행)으로 분류된다. 이때, A, B, C 중 인지성이 좋은 곳을 파악하기 위해, 각 Objects를 A, B, C에 위치시키며 각각의 인지성을 통해 빈도율을

구하고 집단간 빈도율 차이가 유의한지 알아보기 위해 T-test를 하였다.



[그림 8] LCD 인지성 평가 샘플

2.2.4 ICON 크기 선호도 평가

계기판의 ICON 크기 선호도 평가를 위해 4개(110, 100, 90, 80%)의 샘플 이미지를 제작하였으며, 피험자를 대상으로 선호도 평가를 실시하였다.

3. 실험분석 및 결론

3.1 유경험자에 의한 선호도 및 중요도 평가

3.1.1 전문가를 통한 기능별 그룹화

지게차 계기판의 14개 ICON을 전문가에 의한 4가지 그룹화 결과 엔진 2개, 전기 2개, 경고 7개, 안전 및 서비스 3개로 그룹화 되었으며, 그 결과는 [표 3]과 같다.

[표 3] ICON의 기호, 특징, 그룹 및 기능

Icon	Indication	Grouping	Function
	경고	엔진	엔진
	차량상태	전기	전기충전
	차량상태	전기	예열
	경고	경고	트랜스미션온도
	경고	경고	브레이크오일부족
	경고	경고	안전벨트미착용
	차량상태	경고	파킹잠김
	차량상태	안서	기어중립
	경고	경고	브레이크드라이브 액션 오일부족
	경고	경고	브레이크드라이브 액션 오일이상시 사용안함
	경고	엔진	엔진이상
	차량상태	경고	트랜스미션이상
	차량상태	안서	마스터장금장치
	경고	안서	필터청소

3.1.2 ICON 선호도 평가

D사 설계자-엔지니어 함께 선정한 4가지 ICON (Break Oil Lever, Seatbelt Indicator, Driveaxle Oil, Master Interlock)에 대해서 ISO에서 규정하고 있는 정의와 D사의 규정을 바탕으로 다양하게 제작하여 지게차 유경험자를 대상으로 4개의 ICON에 대해 선호도 조사를 하였다. 그 결과 Break Oil Lever를 제외한 나머지는 기존에 사용하던 것을 선호하였다. Break Oil Lever는 기존()의 것 보다 새로운 것()을 더 선호(70%) 하였다.

3.1.3 기능간 기능내 ICON 중요도 평가

유경험자를 통해 기능간 중요도(전기-엔진-경고-안전 및 서비스)를 분석한 결과 30명의 응답자

중 19명의 응답자가 일관성이 있는 것으로 분석되었으며, 그 결과는 다음과 같다.

[표 4] 기능간 중요도 분석

범 주	중요도	가중치
전기기능	1	0.3426
엔진기능	2	0.3065
경고기능	3	0.1803
안전 및 서비스 기능	4	0.1706

유경험자를 통한 기능내 ICON의 중요도 평가는 30명의 응답자중 전기와 엔진 ICON의 중요도 평가는 30명, 경고 ICON의 중요도 평가는 15명 그리고 안전 및 서비스 심볼에 대해선 21명이 일관성 있게 응답한 것으로 분석됐으며, 이 응답자를 대상으로 기능내 ICON의 중요도 분석 결과는 다음 [표 5], [표 6], [표 7]과 같다.

[표 5] 기능내 전기/엔지 심볼 중요도 분석

전기기능	중요도	엔진기능	중요도
충전	1	다목적 경고	1
예열	2	엔진오일압력	2

[표 6] 기능내 경고 심볼 중요도 분석

경고기능	중요도	가중치
안전벨트	1	0.2432
트랜스미션온도	2	0.1840
브레이크드라이브액션오일이상시 사용안함	3	0.1609
주차	4	0.1426
브레이크드라이브액션오일부족	5	0.1218
브레이크수준오일	6	0.0793
트랜스미션	7	0.0682

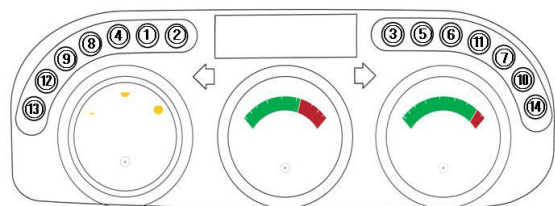
[표 7] 기능내 안전 및 서비스 ICON 중요도 분석

안전 및 서비스 기능	중요도	가중치
필터청소	1	0.4231
기어중립	2	0.3585
마스터장금장치	3	0.2184

3.2 무경험자에 의한 Objects layout

3.2.1 심볼위치 인지성 평가

유경험자를 대상으로 계기판에서 인식률이 가장 높은 곳부터 인식률이 떨어지는 곳까지의 인식률을 파악하기 위해 피험자의 인식률을 실험한 결과는 [그림 9]와 같다.



[그림 9] 심볼에 대한 인식률 순위

3.2.2 게이지 인지성 평가

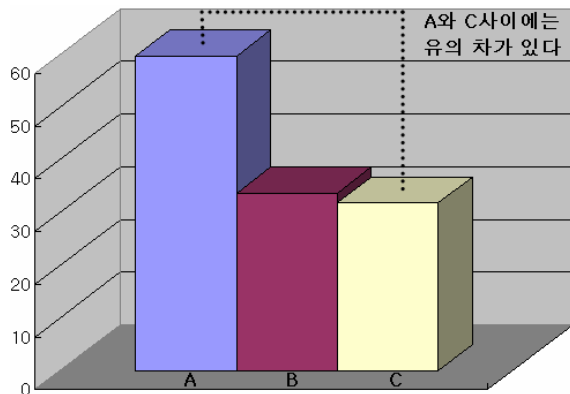
계기판의 게이지를 [그림 7]과 같이 3개의 영역으로 분류하여 각 Objects가 A, B, C 각각에 위치했을 때 빈도율을 구하였으며, 빈도율에 유의한 차이가 있는지 알아보기 위해 T-test를 하였다. T-test를 위한 가설은 다음과 같다.

- H₀: 두 집단의 빈도율은 동일하다.
- H₁: 두 집단의 빈도율은 유의한 차이가 있다.

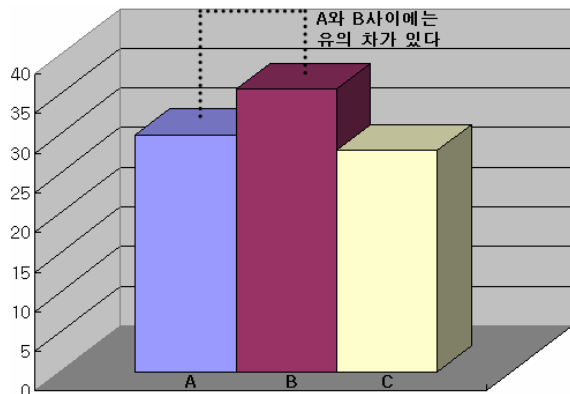
게이지의 인지율은 첫 번째 실험이 두 번째 실험보다 좋은 결과를 얻었으며, 다음 결과[표 8], [그림 10], [그림 11], [그림 12]는 첫 번째 실험을 바탕으로 한 결과이다.

[표 8] 각 게이지의 빈도분석

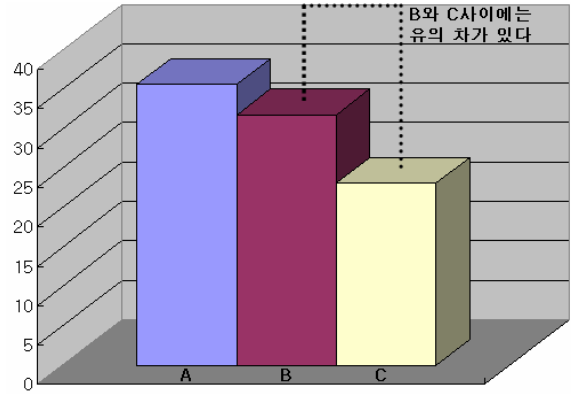
게이지	A		B		C	
	이미지	빈도율	이미지	빈도율	이미지	빈도율
연료	3	63.46	2	28.85	1	36.54
	5	55.77	4	38.46	6	26.92
	평균	59.62	평균	33.66	평균	31.73
냉각수	1	34.62	3	40.38	4	26.92
	2	25	6	30.77	5	28.85
	평균	29.81	평균	35.58	평균	27.89
트랜스미션	4	30.77	1	21.15	2	17.31
	6	40.39	5	42.31	3	28.85
	평균	35.58	평균	31.73	평균	23.08



[그림 10] 연료게이지 빈도율 및 T-test



[그림 11] 냉각수 온도게이지 빈도율 및 T-test



[그림 12] 트랜스미션게이지 빈도율 및 T-test

3.2.3 LCD 인지성 평가

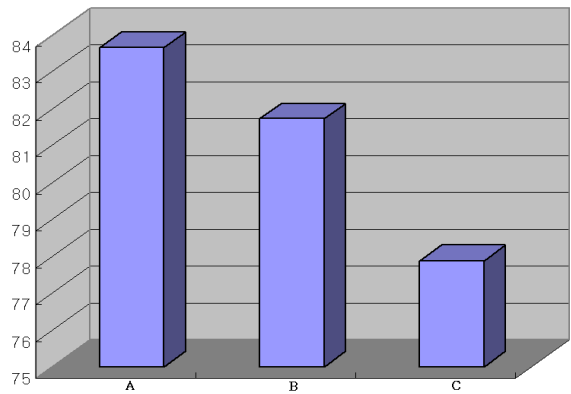
계기판의 LCD를 [그림 8]과 같이 3개 영역으로 분류하여 각 Objects가 A, B, C 각각에 위치했을 때 빈도율을 구하였으며, 빈도율에 유의한 차이가 있는지 알아보기 위해 T-test를 하였다. T-test를 위한 가설은 다음과 같다.

- H₀: 두 집단의 빈도율은 동일하다.
- H₁: 두 집단의 빈도율은 유의한 차이가 있다.

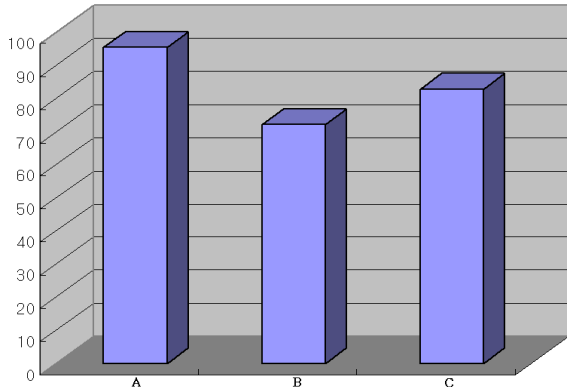
LCD의 인지율은 첫 번째 실험이 두 번째 실험보다 좋은 결과를 얻었으며, 다음 결과[표 9], [그림 13], [그림 14], [그림 15]는 첫 번째 실험을 바탕으로 한 결과이다.

[표 9] LCD의 빈도분석

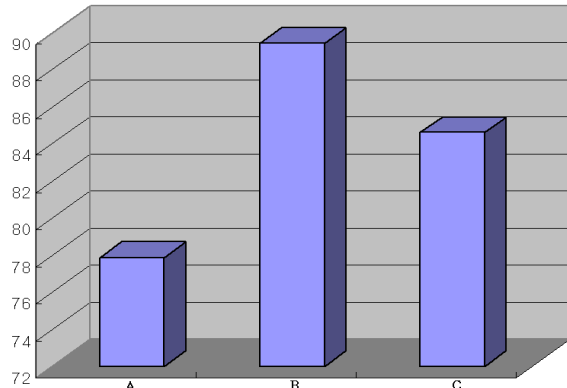
LCD	A		B		C	
	이미지	빈도율	이미지	빈도율	이미지	빈도율
속도	1	75	4	71.15	2	78.85
	5	72.31	6	92.31	3	76.92
	평균	83.66	평균	33.66	평균	77.88
정비	3	96.15	1	65.39	4	78.85
	6	94.23	2	78.85	5	86.54
	평균	95.15	평균	72.12	평균	82.70
기능	2	78.85	3	86.54	1	78.85
	4	76.92	5	92.31	6	90.38
	평균	77.89	평균	89.43	평균	84.62



[그림 13] 위치에 따른 속도 ICON의 빈도율 및 T-test



[그림 14] 위치에 따른 차량정비 ICON의 빈도율 및 T-test



[그림 15] 위치에 따른 기능 아이콘의 빈도율 및 T-test

3.2.4 ICON 크기 선호도 평가

계기판의 ICON 크기에 대한 선호도 평가를 위해 실제 계기판의 100%(가로: 10.7mm, 세로: 13.2mm) 크기를 기준으로 110, 100, 90, 80%의 이미지를 각각 제작하여 피험자로부터 선호도를 측정된 결과 7.69, 30.77, 61.54, 0%의 결과를 얻었다. 이와 같은 결과는 원래 크기(100%)를 기준으로 했을 때, 사람들이 인식하기 좋은 것은 원래 크기보다 조금 적게 함으로 ICON과 ICON 사이의 공간을 확보함으로써 인식 및 외관이 더 좋다는 VOC의 결과와 일치하고 있다. 피험자가 가장 만족하는 계기판(90%)은 [그림 16]과 같다.



[그림 16] 선호도가 가장 높은 계기판 Image(90%)

3.3 계기판 최종 Prototype

유경험자를 통해 조사된 기능의 그룹화, ICON 선호도 평가, 기능간-기능내 ICON 선호도 평가와 무경험자를 통해 조사된 심볼 위치 인지성 평가, 게이지 인지성 평가, LCD 인지성 평가, ICON 크기 선호도 평가를 종합한 결과는 [그림 17]과 같다. 최종 Prototype 제작을 위한 절차를 간단히 정리 하면 다음과 같다.

- ① 유경험자를 통한 기능별 그룹화
- ② 유경험자를 통한 기능간 중요도 평가
- ③ 유경험자를 통한 기능내 ICON의 중요도 평가
- ④ 유경험자를 통한 ICON 선호도 평가
- ⑤ 무경험자를 통한 심볼의 위치 인지성 평가
- ⑥ ICON의 최종 위치 결정
- ⑦ 게이지의 위치 인지성 평가 및 위치 결정
- ⑧ LCD의 위치 인지성 평가 및 위치 결정
- ⑨ 각각 ICON 크기 선호도 평가 및 결정

위의 결과를 바탕으로 제작된 최종 지게차 계기판 Prototype은 아래 [그림 17]과 같다.



[그림 17] 지게차 계기판 Prototype

4. 토의 및 향후 연구

본 연구에서는 계기판의 바늘의 크기, 두께, 색상, 형태 등 계기판이 가지고 있는 기본적인 특성은 기존의 것을 따르기로 했다. 즉, 본 연구의 초점은 새롭게 만든 틀에 새롭게 ICON을 제작하였으며, ICON의 타당성, ICON의 배치와 크기를 고려하여 새로운 계기판을 제작하였다. 또한, 게이지와 LCD의 인지성에 따른 배치를 고려하였다.

다음 연구에서는 계기판의 바늘이 가지고 있는 기본적인 속성(바늘의 크기, 두께, 색상, 형태 등)과 ICON 및 게이지의 색상을 연구하여 운전자에게 시인성 및 가독성이 뛰어난 계기판 연구를 수행 할 것이다. 또한, LCD의 시인성 증가를 위한 배경의 색상 및 주위와의 고려를 연구를 추가적으로 진행 할 것이다.

참고문헌

과학기술부 (2001), 인간-기계-시스템 상호작용 모형 개발 및 시범 인터페이스구축, 과학기술부, 연구기관: 아주대학교, 127~141

기도형, (1998), 승용차 Combination Meter의 가독성 향상을 위한 색상 설계, IE Interface, Vol. 11, No. 2, 139-148

이승구의 (1999), 산업용 지게차 조향 휠 및 차체진동저감, 한국소음진동공학회 추계학술대회 논문집, pp553~558

산업자원부 (2004), 자동차용 Full Cockpit Module 기술 개발에 관한 연구, 38~41

산업표준심의회 (1998), KS A 3011 “조도 기준표”. 1~28

Boles, D.B., and Wickens, C.D., (1987), "Display formatting in information integration and non integration tasks", Human Factors, Vol. 29, No. 4, 395~406

Payne, D.G., and Lang, L.A. (1991), "Visual monitoring with spatially versus temporally distributed displays", Human Factors, Vol. 33, No. 4, 443~458

- Rasmussen, J., and Vicente, K. (1989), Coping with human errors through system design: Implications for ecological interface design, *International journal of Man-Machine Studies*, 31, 517~534
- Vicente, K.J., and Rasmussen, J. (1990), The ecology of Human-Machine System. II: Mediating "Direct Perception" in complex work domains, *Ecological Psychology*, 2(3), 207~249
- Whitehurst, H.O. (1982), "Screening designs used to estimate the relative efforts of display factors on dial reading", *Human Factors*, Vol. 24, No. 3, 301~310
- Wickens, C.D., and Andre, A.D. (1990), Proximity compatibility and information, display: Effects of color, space and objectness on information integration, *Human Factors*, Vol 32, No. 1, 61~78
- Wierwille, W.W. (1987), "Can dash instrumentation visual attentional demand be predicted using the design driver concept?", Paper presented at the Transportation Research Board Annual Meeting, Washington, DC
- Woods, D.D. (1991), The cognitive engineering of problem representations, In G.R.S. Weir and J.L. Alty(Eds.) *Human-Computer Interaction and Complex Systems*, London: Academic, 169~188
- Wulff, I. A., et al. (1999), Ergonomic criteria in large scale engineering design I. Management by documentation only Formal organization vs designers' perceptions" *Applied Ergonomics*, Vol 30, No. 3, 191~205