

탐색작업에서 한글 VDT 화면의 최적설계 모수의 결정 -Determination of the Optimal Design Parameters for Search Task with VDT Screen Written in Korean-

황 우 상*
Hwang, Woo-Sang
이 동 춘**
Lee, Dong-Choon

Abstract

There are four parameters (i.e. overall density, local density, grouping, layout complexity) to consider in designing screen of a visual display terminal. Among these, only the optimum level of overall density is known to be about 25~30% by some studies. Therefore, the present experiment is conducted to define the optimum levels of the other parameters to achieve the user's best performance in visual search task. The results are as follows:

- (1) The function related to the levels of local density and user's search times is shown to be U-shaped. When the level of local density is about 40%, the search time is shorter than those of any other levels.
- (2) In the experiment of grouping, user's performance is best when the number of group is 5, and the size of group does not exceed visual angle 5° (0.088rad).
- (3) The user performance is improved as the layout becomes less complex.

1. 서론

컴퓨터에 의한 사무환경 또는 정보 통신에서는 CRT 화면을 이용한 탐색 작업이 중요한 일부분을 차지하고 있다. CRT 화면들은 일반적으로 텍스트 화면이 주종을 이루고 있고, 텍스트 화면에서의 정보 검색 혹은 탐색 작업에 대한 작업자의 수행도는 화면의 배경색이나 문자색, 문자체, 혹은 문자크기와 같은 문자형상 요인에 따라 영향을 받으며[4][14], 역상대비일 때보다 정상대비일 때가 탐색수행시간이 오히려 더 느린 경향을 나타내고 있다[1].

CRT 화면의 설계 및 배치시에는 표시되는 정보의 내용이나 정보량을 결정한다든지, 표시정보의 우선순위와 더불어 어떻게 정보를 배치할 것인가 하는 것과 같은 화면설계 특성의 요인을 결정하는 것이 매우 중요한 문제이다[3][14].

이러한 화면설계 특성을 Tullis[13]는 전체밀도(overall density), 부분밀도(local density), 그룹화(grouping) 및 배치복잡성(layout complexity) 등으로 구분하여 제시하였고, 이 4가지 설계특

* 동아대학교 산업공학과 박사과정
** 동아대학교 산업공학과 교수

성에 따라 작업자의 수행도가 달라진다고 하였다. 황 우상등[2]은 실제 사용되고 있는 몇 개의 화면들과 Tullis의 화면 설계 지침에 따라 작성된 새로운 화면을 비교한 결과, 화면설계특성에 따라 수행도가 변한다는 것을 확인하였다.

Danchak[7]는 효과적인 탐색을 위하여는 전체밀도가 25%를 넘지 않아야 한다고 하였고, Stagers[10]는 병원전산 시스템의 터미널 화면에서 약 30%의 전체밀도가 사용자의 정확성과 만족도 면에서 가장 좋은 결과를 나타낸다고 보고하였다. 그러나 전체밀도를 제외한 다른 특성들에 대한 연구는 거의 없어 그 최적수준을 알 수 없다. 그러므로 효율적인 작업을 위해서는 각 특성들의 최적수준을 고려하고 적용하는 것이 중요하다.

따라서 본 연구에서는 이러한 전체밀도를 제외한 3개의 특성치의 최적수준을 실험을 통하여 제시함으로써 효율적인 화면을 설계하는 기초자료로 제공하고자 한다.

2. 화면 설계 모수 및 실험 방법

2.1 부분밀도 실험

부분밀도는 화면상의 항목들 간에 “어느정도 근접하였는가”와 같은 개념이다. Stewart[11]는 화면 속의 여백과 공백은 사용자가 화면의 논리적인 순서 혹은 화면의 구조를 인식하고 유지하는데 도움을 준다고 하였다. Kolars[9]은 단일 공백(single spacing: 문자높이 대 행간격비가 1:0.3)과 이중 공백(double spacing : 문자높이 대 행간격비가 1:1.7)을 가지는 텍스트(text) 화면을 비교하여, 단일 공백을 가지는 화면에서 행(line)당 더 많은 화면 주시가 필요하고, 주시당 읽혀지는 단어가 더 적으며, 총 읽는 시간이 더 길다는 것을 알았다.

이러한 항목들 혹은 문자들간의 여백에 기초하여 개개의 문자 인접공간에 가까이 채워진 문자 갯수로서 부분밀도를 표현한다. 부분밀도의 정량화와 관련하여 Brown & Monk[5]는 목표 문자 주위 3×3 매트릭스내의 배경문자 갯수로 계산하였다. 이 연구에서 배경 문자 수가 증가함에 따라 탐색시간이 증가한다는 것을 알았다.

Tullis[13][14][15]는 인간의 주시점 및 시야, 그리고 시력의 감각에 관련하여 화면의 부분밀도를 정량화하였다. 그 방법에 따르면 각 목표문자 주위의 0.088rad(시각 5°)의 원에 포함된 문자의 평균(%)으로 계산한다. 그리고 0.088rad 원의 중심에 더 근접한 문자의 효과는 눈의 서로 다른 민감도와 문자 은폐 때문에 가장자리의 문자보다 영향이 더 클 것이다. 그러므로 부분밀도의 더 구체적인 값은 중앙에 있는 문자에게 바깥에 있는 문자보다 더 큰 가중치를 부여하는 것이다. 즉 0.088rad 원 중앙의 목표문자는 10의 가중치를 할당하고, 원의 바깥쪽에 위치한 문자들에게는 0의 가중치를 할당한다.

부분밀도와 관련된 수행도 함수는 역 U-함수(inverted U function)를 이룬다[15]. 높은 수준의 부분밀도에서 점차적으로 수행도가 감소하는 것은 목표문자가 배경문자에 의해 은폐(masking)되는 것으로 설명할 수 있고, 낮은 수준에서는 안구운동(eye movement)의 이동으로 설명될 수 있을 것이다.

본 연구에서는 각 화면의 부분밀도 수준에 따른 수행시간을 측정하기 위하여 Danchak가 제시한 25% 수준을 중심으로 22.91%, 26.04%, 28.65%로 선정하고, 전체밀도의 각 수준에 따라 부분밀도를 8가지로 변화시킨 컴퓨터 시뮬레이터(총 24개 화면)를 작성하였다. 각 화면의 그룹수는 4개로 고정하였고, 그룹크기 또한 일정하게 하였다. 피실험자는 정상시력(교정시력 포함)을 가진 24명의 대학생으로 하였다. 각 전체밀도에서의 실험화면의 예는 그림 1~3과 같다.

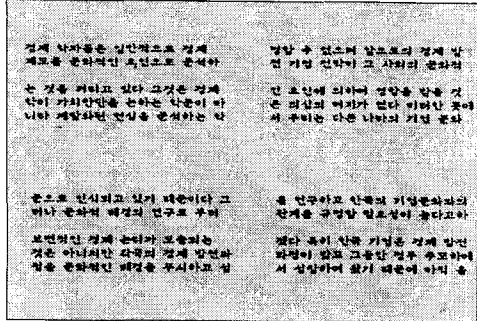


그림 1. 전체밀도 26.04%에서의 실험화면 예

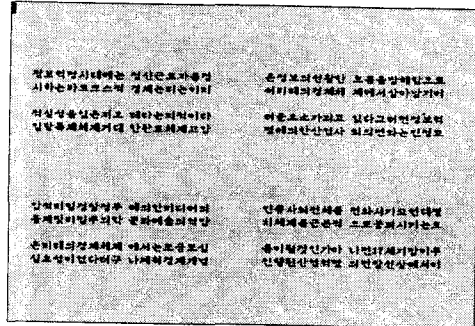


그림 2. 전체밀도 22.91%에서의 실험화면 예

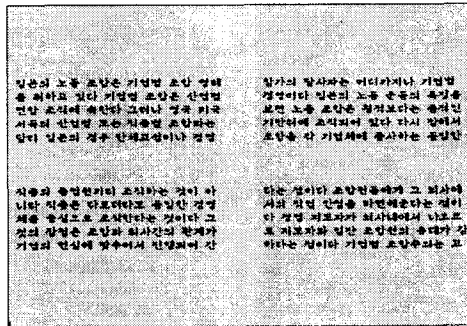


그림 3. 전체밀도 28.65%에서의 실험화면 예

2.2 그룹화 실험

그룹화는 화면상의 비슷한 항목들을 서로 모아 다른 항목과 뚜렷하게 구분하는 것을 의미한다. 화면을 그룹화 한다는 것은 화면내의 정보를 조직화하여 화면구조를 향상시키고, 읽힘성을 증가시키며, 서로 다른 데이터 그룹간의 관계 비교를 명확히 할 수 있으나, 그룹들간의 여백이 있기 때문에 부분밀도와 밀접한 관계가 있다. 그룹화에 영향을 미치는 요인으로서는 그룹의 크기와 그룹수를 들 수 있다. 그룹 수에 있어서 Treisman[12]은 그룹화와 관련하여 36개의 문자를 1, 4, 9, 18, 36개의 그룹으로 표현하여 목표문자를 검출하는 시간이 그룹의 수가 증가될수록 증가한다는 것을 확인하였다. 그러나 일반적으로 그룹수와 관련한 수행도는 역U-함수를 이룬다[15].

그룹크기는 주로 시각적 크기로 결정되고, Zahn[16]은 Gestalt의 근접성의 원칙을 이용하여 그룹의 수를 산출하였고[2], 그룹의 크기가 작은 화면이 그룹의 크기가 큰 화면보다는 수행도가 좋을 것이다. CRT 화면의 작업에서 그룹화와 관련하여 그룹의 크기와 그룹의 수를 감안한다면 그룹의 수가 적을 경우, 각 그룹의 크기가 클수록 정보를 구별하는 수행도는 감소되고, 또한 그룹의 크기가 작은 경우에 있어서 그룹의 수가 다수인 화면에서 수행도는 감소된다[15].

그룹수와 그룹크기에 따른 화면의 수행시간을 알아보기 위하여 전체밀도를 28.58 ~ 28.88%로 고정시키고, 부분밀도의 실험결과를 중심으로 부분밀도는 38.52~42.67%로 하여 그룹수를 1~6개로 변화시킨 화면을 9개 작성하여 실험하였다. 그림 4-1과 4-2는 작성된 실험화면의 예이다. 그룹의 크기는 그 크기가 그림 4-1과 같이 적으면 소라하고 그림 4-2와 같이 한 행의 길이가 큰쪽을 대라 하였다. 피실험자는 정상시력을 가진 대학생 27명으로 하고 각 화면은 문장에서 단어를 탐색하는 작업으로 하였다.

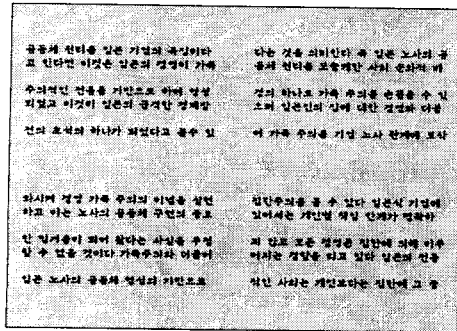


그림 4-1. 그룹화 실험화면 예(화면-4: 전체밀도 28.69%, 부분밀도 42.30%, 그룹수 4, 그룹크기 小)

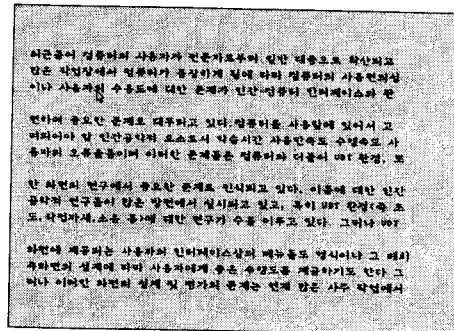


그림 4-2. 그룹화 실험화면 예(화면 5: 전체밀도 28.74%, 부분밀도 41.86%, 그룹수 4, 그룹크기 大)

2.3 배치복잡성 실험

화면에 표시하여야 할 내용을 적절하게 배치한다는 것은 화면의 복잡성을 최소화하고 시각적 예측성을 최대화하는 것이다. 즉, 화면상의 어떤 항목의 위치에 대한 지식을 기초로 하여 다른 것들의 위치를 예측가능하여야 한다는 것이다. 항목의 위치를 예측가능하다는 것은 그만큼 더 빠른 탐색이 이루어진다.

‘도표로 작성된 데이터는 사용자가 그 내용을 이해하기 쉽다’, ‘빠른 시각 탐색을 위해서는 단어나 글자는 왼쪽 정렬을, 숫자는 소수점을 중심으로 오른쪽 정렬을 사용한다.’ 등과 같은 일반적인 개념은 CRT 화면 혹은 페이지(page) 배치 복잡성과 관련하여 널리 알려져 있는 사실이다.

이들 개념의 효과는 화면상의 항목의 위치(혹은 수치상에서 소수점의 위치에 대한 예측성)에 대한 예측성을 증가시켜준다. 예를 들어, 도표 양식에서 표내에 위치한 어떤 내용은 열과 행 위치에 대한 지식으로부터 예측될 수 있다. 반대로 문장 양식(text format)에서 어떤 항목의 위치는 충분하게 예측될 수 없다.

일반적으로 화면에 대한 설계특성 중 가장 일반적인 것이면서도 정량화하는데 가장 어려운 것이 전체 화면양식의 배치복잡성이다. 이 배치복잡성은 그 수준이 적으면 적을수록 높은 수행도를 가져오고, 클수록 낮은 수행도를 가져오게 된다[15].

배치복잡성을 정량화하는데 널리 사용되는 기법으로서는 Bonsiepe의 정보이론에 기초한 방법이 있다[2][15]. 이 방법에서는 화면의 시작점에서 각 항목(실제로는 직사각형)의 수직거리와 수평거리를 측정한 후 정보이론을 이용하여 이들 수직 복잡성(vertical complexity)과 수평 복잡성(horizontal complexity)을 계산하여 이들을 합산함으로써 화면의 전체 복잡성(total complexity)을 계산할 수 있다[13][15].

배치복잡성에 따른 단어탐색 작업수행도를 살펴보기 위하여 각각의 Zahn의 공식에 따라 화면복잡성을 계산하여 282.20, 305.45, 314.82, 328.48(bit)인 화면 4개를 작성하였다. 앞의 실험의 결과에 따라 각 화면에 대해 전체밀도는 26.34%로, 부분밀도는 38.08~40.81%로 고정하였고, 그룹수는 1개, 그룹크기는 동일한 크기를 하였다. 피실험자 수는 정상시력을 가진 대학생 23명으로 하였다.

3. 실험결과 및 분석

3.1 부분밀도

부분밀도 실험에서 결과는 표 1과 같다. 또한 실험결과에 따라 각 전체밀도에서의 부분밀도 수준을 횡축(x)으로 두고, 그에 따른 수행시간을 종축(y)으로 한 그래프는 그림 5~7과 같다.

표 1. 전체밀도 및 부분밀도에 따른 수행시간

Density Display	Total Density : 22.91%		Total Density : 26.04%		Total Density : 28.65%	
	Local Density(%)	Search Time	Local Density(%)	Search Time	Local Density(%)	Search Time
1	28.65	13.177	30.84	14.110	27.835	14.175
2	35.57	12.736	34.37	10.645	32.520	13.065
3	39.78	10.641	37.66	11.167	38.200	13.057
4	42.86	10.976	42.02	9.267	41.680	12.350
5	44.58	13.500	48.75	9.865	46.665	12.212
6	52.82	14.686	53.00	12.336	52.440	13.806
7	57.61	16.300	58.64	14.161	55.385	15.690
8	60.22	17.769	60.53	6.029	59.430	17.170

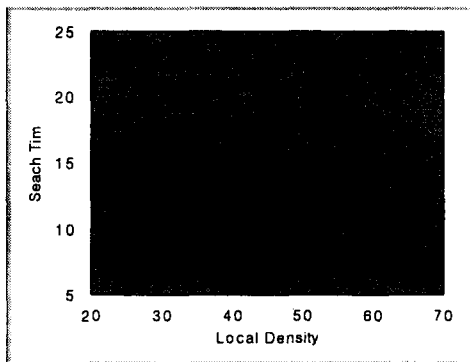


그림 5. 전체밀도 22.91%에서의 수행시간

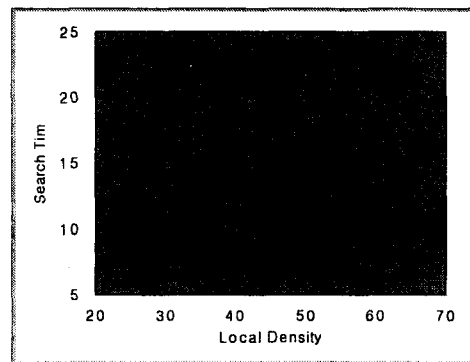


그림 6. 전체밀도 26.04%에서의 수행시간

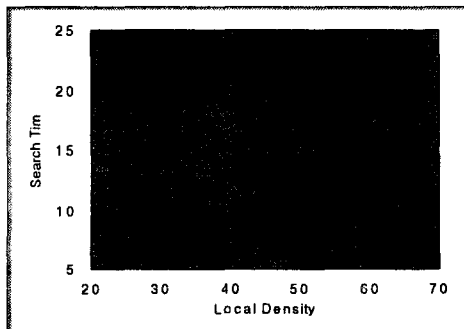


그림 7. 전체밀도 28.65%에서의 수행시간

표 2. 각 화면의 2차회귀분석 방정식과 최소 부분밀도 수준

Overall Density (%)	Regression Equation	결정계수 (R^2)	표준오차 (S_e)	Minimum (x)
A = 22.91	$y_A = 30.6 - 0.963 x_A + 0.0123 x_A^2$	0.865	1.071	39.15
B = 26.04	$y_B = 54.6 - 2.05 x_B + 0.0234 x_B^2$	0.924	0.776	43.80
C = 28.65	$y_C = 34.0 - 1.07 x_C + 0.0133 x_C^2$	0.943	0.484	40.23

표 1에서 부분밀도를 독립변수로 하고 수행시간을 종속변수로 하여 2차 회귀방정식을 구한 결과가 표 2이다.

그림 5-7에서 보는 것과 같이 각 실험 결과들은 U-함수를 이루며, 표 2의 결과에서 각 방정식의 적합도를 설명하는 결정계수의 값이 대체적으로 1에 가깝다. 이것은 결정된 각 회귀방정식으로 수행시간을 예측하는 정도가 높음을 의미한다. 위 식에서 최소의 y 값, 즉 탐색시간이 최소일 때의 x (부분밀도의 수준)를 구해보면 표 2의 minimum x 값이며 이것은 각 전체밀도에 서 수행도(탐색시간)에 최적의 영향을 미치는 부분밀도의 수준이라 할 수 있다. 따라서 부분 밀도가 약 40%일 때 인간의 수행도가 가장 좋을 것을 알 수 있다.

3.2 최적 그룹수/그룹크기

각 화면에 따라 수행시간은 표 3과 같다.

표 3의 결과에 따르면 각 화면에 대한 수행시간간의 유의차가 있다($p=0.000$). 동일한 그룹수 이더라도 그룹의 크기에 따라 그 수행시간의 유의차를 살펴보면, 그룹수가 4개일 때 그룹의 크기가 다른 화면-4(그룹크기는 小)와 화면-5(그룹크기는 大)의 수행시간은 유의한 차이가 있고 ($P=0.031$), 그룹수가 5개일 때 그룹의 크기가 다른 화면-6(그룹크기는 小)과 화면-7(그룹크기는 大)의 수행시간 또한 유의한 차이가 있었다($P=0.001$). 반면에 그룹수가 6개일 때 그룹의 크기가 다른 화면-8(그룹크기는 小)과 화면-9(그룹크기는 大)의 수행시간 차이는 유의하지 않다 ($P=0.305$).

표 3. 그룹화에 따른 탐색시간

Display	Overall Density(%)	Local Density(%)	Grouping		Search Time(sec)
			No. of Group	Group Size.	
1	28.74	41.18	1	大	15.359
2	28.74	38.75	2	大	16.500
3	28.45	41.45	3	大	17.430
4	28.69	42.30	4	小	13.560
5	28.74	41.86	4	大	18.820
6	28.88	41.95	5	小	8.576
7	28.74	40.38	5	大	12.049
8	28.58	38.52	6	小	15.930
9	28.74	42.67	6	大	17.682

위의 전체적인 결과로 보면 작업자의 수행도는 그룹수가 많고 적음과는 관계없이 그룹의 크기가 작을수록 전반적으로 향상된다는 것을 알 수 있다. 또한 그룹크기가 작고 그룹수가 다른 화면-4와 화면-6을 비교하면 그룹수는 화면-6이 많지만 그 수행도가 현저히 낮음을 알 수 있는데 이것은 화면-6의 그룹의 크기가 화면-4의 그룹의 크기보다 더 작았기 때문으로 설명된다. 마찬가지로 화면-4와 화면-8을 비교해보면 화면-4에서의 수행시간이 더 짧음을 알 수 있는데 이것은 비록 화면-8에서의 화면의 크기가 화면-4보다는 더 작지만 그룹수에 영향을 받은 것으로 예측할 수 있다.

따라서 본 실험에서의 결과를 종합해보면, 탐색 화면에서의 그룹화 특성에 미치는 영향요인은 크게 그룹수와 그룹크기로 설명되며 각 요인이 미치는 영향을 알 수 없고, 대체적으로 그룹의 수가 5개 일 때 가장 좋은 수행도를 보이고 그룹의 크기는 작으면 작을수록 더 좋음을 알 수 있다.

3.3 배치복잡성

작업은 여러개 나열된 단어중에서 특정 단어를 찾는 실험으로 자동적으로 탐색시간과 오류수를 측정하였으며 그 실험결과는 표 4와 같다.

표 4. 각 실험화면에 대한 평균 탐색시간과 평균오류수

	Overall Density	Local Density	Grouping	Complexity			Search Time	Error No.
				Vertical	Horizontal	Total		
1	26.34	38.90	1(大)	116.10	166.10	282.20	20.661	0.0000
2	26.34	40.81	1(大)	113.50	191.95	305.45	22.281	0.0435
3	26.34	39.08	1(大)	127.72	187.10	314.82	23.085	0.0000
4	26.34	39.75	1(大)	128.31	201.17	329.48	24.133	0.0870

각 배치복잡성에 따른 수행시간 그래프는 그림 8와 같고, 이것에서 보면 배치복잡성이 커지면 커질수록 탐색시간은 커짐을 알 수 있다. 이 결과에 따라 배치복잡성을 독립변수로 하고 그 수행시간을 종속변수로 한 회귀방정식은 식 (1)과 같고, 이 회귀식의 결정계수 R^2 은 0.999이고, 표준오차 S_e 는 0.06236이다.

$$y = -0.177 + 0.073x \tag{1}$$

또한 오류수는 23명의 피실험자 중 1-2명에만 나타났기 때문에 분석에 의미가 없다.

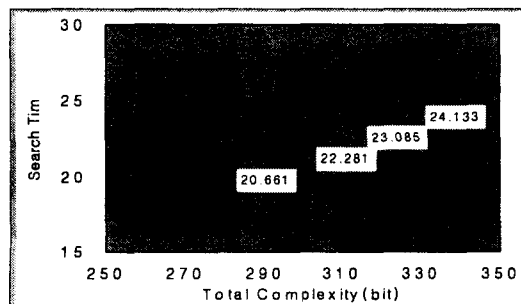


그림 8. 배치복잡성에 따른 수행시간

4. 결론

날로 증가되고 있는 VDT 화면 작업이 효율적으로 수행되기 위해서는 화면의 글자체 (typograph)와 더불어 배치 및 밀도와 같은 화면설계 특성에 대한 인간공학적 연구가 선행되어야 한다. 이들 화면설계 특성에 대하여 Tullis는 전체밀도, 부분밀도, 그룹화, 배치복잡성의 4가지 특성으로 구분하였고, 이들이 사용자의 수행도에 중요한 영향을 미친다고 하였다. 그럼에도 불구하고 이 특성에 대한 연구가 단순하지 않은 관계로 사용자에게 최적의 수행도를 주는 각 특성의 최적수준에 대한 연구는 거의 없는 실정이다.

본 연구에서는 탐색작업에 대하여 위의 4가지 특성 중 전체밀도를 제외한 3개의 특성치들에 대한 최적수준을 결정하기 위하여 그 특성치들을 정량화하고, 각 특성에 대한 실험을 행하였다. 그 결과는 다음과 같다.

첫째로, 부분밀도 각 수준과 수행도는 \cap -함수를 이루고(탐색시간과는 U-함수), 탐색시간이 가장 짧게 나타난 부분밀도의 최적수준은 약 40%이다.

둘째로, 그룹화에서 그룹수가 5개일 때 가장 좋은 수행도를 보였고, 그룹의 크기가 시각 5° (0.088rad)이내일 때 가장 좋은 수행도를 보였다.

셋째로, 배치복잡성은 그 수준이 작으면 작을수록 좋은 수행도를 보였다.

본 연구는 한 특성에 대한 실험을 할 때 다른 특성치들은 고정을 시켰기 때문에 전체 수행도에 대해 각각의 특성치들이 얼마 만큼의 영향을 미치는 지를 알 수 없었다. 이에 앞으로의 연구에서 엄격한 실험계획법에 의해 각 특성의 수준을 조합하여 각 특성이 미치는 정도를 파악하여 앞으로의 화면설계시 고려되어야 표준을 제정하는 데 기초자료로서 제공될 수 있을 것이다.

참고 문헌

1. 임관식·노재호, 'VDT의 문서작성, 교정, 탐색작업에서 정상대비와 역상대비가 사용자의 수행도에 미치는 영향', 대한인간공학회지, Vol. 11, No. 1, 1992, pp. 21-29.
2. 황우상·부진후·이동춘, 'VDT 화면설계특성의 정량화 및 사용자 수행도의 비교분석', 공업경영학회지, Vol. 19, No. 39, 1996, pp.155-162.
3. 菊池安行·山岡俊樹 編譯, 'GUIデザイン・カイトフシワ:畫面設計の實踐的アプローチ, 日本人間工學會・ア-コデザイン部會, スワリ-ンデザイン研究會, 1995.
4. 圖解에르고노믹스, 한국표준협회, 1991.
5. Brown, B., and Monk, T. H. 'The Effect of Local Target Surround and Whole Background Constraint on Visual Search Times.', *Human Factors*, 17, 1995, pp. 81-88.
6. Carter, R. C., 'Search Time with a Color Displays:Analysis of Distribution Fundtions.', *Human Factors*, 24, 1982, pp. 203-212.
7. Danchak, M. M., 'CRT Displays for Power Plant.', *Instrumentation Technology*, 23, 1976, pp. 29-36.
8. Galer, I. A. R., *Applied Ergonomics Handbook(2 Ed.)*, Butterworth & Co. Publishers Ltd., 1987.
9. Kolers, P. A., Duchnick, R. L. & Ferguson, D. C., 'Eye Movement Measurement of Readability of CRT Displays', *Human Factors*, 23, 1981, pp. 517-527.

10. Stagers, N., 'Impact of Screen Density on Clinical Nurse's Computer Task Performance and Subjective Screen Satisfaction', *Int. Man-Machine Studies*, 39, 1993 pp. 775-792.
11. Stewart, T. F. M., 'Displays and the Software Interface.', *Applied Ergonomics*, 7, 3, 1976, pp. 137-146.
12. Treisman, A. & Gelade, G., 'A Feature Intergration Theory of Attention', *Cognitive Psychology*, 12, 1980, pp. 97-137.
13. Tullis, T. S., 'An Evaluation of Alphanumeric, Graphic, and Color Information Displays.' *Human Factors*, 23, 1981, pp. 541-550.
14. Tullis, T. S., 'Screen Design.', *Handbook of Human-Computer Interaction*, Amsterdam :Elsevier, 1988, pp. 377-411.
15. Tullis, T. S., 'The Formatting of Alphanumeric Displays:A Review and Analysis.', *Human Factors*, 25(6), 1983, pp. 657-682.
16. Zahn, C. T., 'Graph-theoretical Methods for Detecting and Describing Gestalt Clusters.', *IEEE Trans. on Computer*, C-20, 1971, pp. 68-86.