

VDT 畫面設計特性의 定量化 및 使用者 遂行度의 比較分析 A Method of Quantification of VDT Display Design and Comparative Analysis of User Performance

황 우 상*

Hwang, Woo-Sang

부 진 후*

Bu, Jin-Hoo

이 동 춘**

Lee, Dong-Choon

Abstract

It is a common tool to use alphanumeric displays on CRT for documentation, search, and communication. So, it is very important to design ergonomic displays for enhancing user performance.

This paper concerns with a method of quantifying the four VDT design parameters such as total density, local density, grouping and layout complexity. A case study to demonstrate the procedure of quantifying parameters and a comparative analysis between the ready made and the newly designed displays are provided in this paper.

Concludingly, ergonomic displays which were designed in accordance with the scientific procedure were much more better than the ready made exampled displays in both of processing time and error rate.

1. 서 론

오늘날에는 대부분이 CRT를 통한 문서작성, 정리, 검색, 점검 및 통신을 행하고 있으며, 이들은 거의 문자-숫자 화면(alphanumeric display)을 이용하고 있다. 따라서 화면을 통한 정보 전달과 사용자의 수행도(user performance)를 향상시키기 위하여는 인간공학적인 화면설계가 되어야 한다.

VDT 작업자의 수행도 향상을 위한 연구는 많이 있었으나 주로 환경적 요인과 시각적 측면에서의 문자형상(character type)에 관한 연구였으며, 화면에서 각 요소의 배치와 복잡성등 화면 자체의 설계에 관하여는 충분한 연구가 되어있지 않은 실정이다[1].

Tullis[7][8][9]는 화면설계특성에 대하여 전체밀도(overall density), 부분 밀도(local density), 그룹화 및 그룹수(grouping) 그리고 배치복잡성(layout complexity) 등 4가지를 제시한 바 있으며, 이는 곧 화면 설계의 평가 척도가 되기도 한다.

보다 나은 화면 설계로 정보 전달의 효율을 높이고 VDT 작업자의 수행도를 향상시키기 위해서는, 설계된 화면의 특성을 정량적으로 평가하여 상대비교의 기준을 명확히 하는 것이 중요하다.

* 동아대학교 산업공학과 박사과정
** 동아대학교 산업공학과 교수

따라서 본 연구에서는 Tullis가 제시한 4가지 화면 설계 특성을 정량적으로 파악하는 방법을 나타내 보이고, 또한 기존의 화면과 인간공학적 기준에 의하여 새롭게 설계된 화면을 대상으로하여 업무처리시간과 오류율 기준의 사용자 수행도를 비교평가해 보고자 한다.

2. 화면의 설계특성 및 정량화

2.1 전체 밀도(Overall density)

화면의 전체 밀도는 화면에 표시가능한 문자 총갯수에 대한 표시된 문자수의 비율을 백분율(%)로 나타낸다. Galer[5]와 Staggers[6]는 전체밀도가 높은 화면은 인간의 개념적인 경로에 과부화가 걸리고 혼란이 발생하여 오류율(error rate)을 증가시키기 때문에 적절한 표시량을 유지시켜야 한다고 주장하였다.

또한 Danchak[4]는 경험적으로 전체 화면 영역에 대해 25%를 넘지 않아야 하고, 정량적인 값을 읽어들이는 CRT 화면에서는 15%정도의 밀도가 가장 좋게 나타난다고 주장하였다. 반면에 Staggers[6]는 병원 컴퓨터 시스템의 터미널 화면 평가에서 약 30%의 밀도가 정확성과 사용자의 만족도 면에서 가장 좋은 결과를 나타내는 것으로 보고하고 있으며, Smith는 CRT 화면(해상도 24×80)을 다음과 같은 3가지 수준으로 구분하였다.

- 고밀도(high density) 수준 -- 전체밀도 31.2% 이상(600문자 이상)
- 중밀도(moderate density) 수준 -- 고밀도와 저밀도 사이
- 저밀도(low density) 수준 -- 전체밀도 15.6% 이하(300문자 이하)

2.2 부분밀도(Local density)

부분밀도는 화면상의 항목들 혹은 문자들간의 여백에 기초하여 개개의 문자 인접공간에 가까이 채워진 문자 갯수로서 표현한다. 이 부분밀도는 전체밀도의 증가에 따라 일반적으로 증가될 수 있지만, 전체밀도가 동일한 2개의 화면에서도 항목들을 한쪽으로 집중시키느냐 혹은 분산시키느냐에 따라 부분밀도 값은 달라질 수 있다.

부분밀도는 개개의 목표문자(target character) 주위로 얼마나 많은 배경문자(surrounding character)들이 있는가에 대한 평균비율(%)로 표시될 수 있다. 목표 문자 주위의 범위 한계는 많은 연구에서 시각 5° (0.088rad)인 원으로 표시하는데 그 원에 표시가능한 문자 총갯수에 대하여 실제 포함된 문자갯수의 비율로 계산한다. 목표문자를 중심으로 하는 원의 중앙과 가장자리는 눈의 민감도에 밀접하게 관련되어 있으므로 일반적으로 목표문자로부터 떨어진 거리의 역수인 가중치를 포함하여 계산되어진다.

많은 연구 문헌에서 이 부분 밀도를 화면의 구조에 영향을 주는 것으로 규정하면서도 분명한 정의가 어려울 뿐만 아니라 분석도 용이하지 않기 때문에 최적의 수행도를 주는 부분밀도의 수준을 제시한 연구는 거의 없는 실정이다[8].

2.3 그룹화(Grouping)

그룹화는 화면상의 비슷한 항목들을 서로 모아 다른 항목과 뚜렷하게 구분하는 것을 의미한

다[5]. 그룹화를 함으로써 정보를 조직화하여 화면 구조를 향상시키고, 읽힘성을 증가시키며, 서로 다른 데이터 그룹간의 관계를 명확히 할 수 있다.

화면의 그룹화와 관련하여 주된 논제는 그룹의 수와 그룹의 크기이다. 그룹의 크기는 시각의 5° (0.088rad) 범위를 유지하여야 한다. 소수의 그룹은 다수의 그룹보다 더 좋고 그룹의 수가 다수인 화면에서는 그룹의 크기가 작을 때 정보를 구별하는 수행도가 증가되지만, 그룹의 갯수가 적은 화면에서는 각 그룹의 크기가 클수록 수행도를 감소시킨다[8].

Zahn[10]은 Gestalt의 근접성의 원칙을 이용하여 다음 순서로 그룹의 수를 산출하였다.

- i) 화면에 표시된 i 개의 문자와 인접한 문자들 사이의 거리 평균 d_i 를 구한다.
- ii) d_i 의 평균 d_{avg} 를 산출한다
- iii) 각 개별 문자에 대하여 인접한 문자와의 거리가 d_{avg} 의 2배를 넘지 않으면 그 문자와 쌍을 이루는 그래프를 작성한다.
- iv) 이 그래프에 의해 쌍으로 연결되지 않은 것의 수가 바로 그 화면의 그룹 갯수가 된다.

2.4 배치복잡성(Layout complexity)

일반적으로 화면에 대한 설계 특성 중 가장 일반적인 것이면서도 정량화하는데 가장 어려운 것이 전체 화면양식의 배치복잡성이다. 화면의 복잡성을 최소화하는 것은 사용자의 시각적 예측성을 최대화하는 것이다[9].

즉, 화면상의 어떤 항목의 위치에 대한 지식을 기초로 하여 다른 것들의 위치를 예측 가능하여야 빠른 검색이 이루어진다. 이 배치복잡성은 그 수준이 적으면 적을수록 높은 수행도를 가져오고, 클수록 낮은 수행도를 가져오게 된다.

배치복잡성을 정량화하는 기법으로서는 Marcus의 grid system, Brown & Monk의 background dot 방법, 그리고 Bonsiepe의 정보이론에 기초한 방법이 있다[5][8]. 그 중 가장 널리 사용되는 Bonsiepe의 방법에서는 우선 각 항목들 주위로 직사각형을 작성하고 이들 직사각형으로부터 system order와 distribution order의 두 가지 형태의 규칙의 척도를 정한다. System order는 페이지 상의 직사각형의 폭과 높이를 재면 구해진다. 또 distribution order는 화면에 표시된 항목의 배치에 관계되며 화면의 시작점에서 각 항목(실제로는 직사각형)의 수직거리와 수평거리를 측정한 후 정보이론으로부터 식(1)과 같은 수식을 이용하여 이들 수직거리와 수평거리의 분포의 복잡성을 계산한다.

$$C = -N \sum_{n=1}^m P_n \log_2 P_n \quad (1)$$

여기서,

C = bit로 표현되는 시스템의 복잡성

N = 사상의 수(직사각형 수)

m = 사상의 종류(class)(동일한 폭 혹은 동일한 높이의 수)

P_n = 사상의 빈도에 기초한 n 번째 사상의 발생률

3. 사례 및 분석

3.1 사례 화면과 개선된 화면의 설계

본 연구에서 화면 특성의 계량화를 위한 비교집단으로서의 사례 화면으로는 세 은행에서 사

용하는 on-line 입출금 화면을 선택하였다. 이는 동일한 업무 내용이면서도 서로 다른 화면 설계 특성을 취하고 있기 때문에 비교평가 하기에 알맞기 때문이다. 또한 실험화면으로서는 인간 공학적 설계절차에 따라 구성된 개선된 화면으로 하였다.

Fig.1은 I, II, III 세 은행의 저급(Task A) 화면과 입금(Task B)화면이며, Fig.2는 개선된 화면이다.

J - A

J = B

(0003)	지	급	(요구분)	ZI
제작부문 제작 담당부 전반 전반	제 제 제 제	1-1 1-2 1-3 1-4	3 3 3 3	3 3 3 3
제작부문 제작 담당부 전반 전반	제 제 제 제	1-1 1-2 1-3 1-4	3 3 3 3	3 3 3 3
제작부문 제작 담당부 전반 전반	제 제 제 제	1-1 1-2 1-3 1-4	3 3 3 3	3 3 3 3
제작부문 제작 담당부 전반 전반	제 제 제 제	1-1 1-2 1-3 1-4	3 3 3 3	3 3 3 3

$$\Pi = A$$

II-B

$$III = A$$

III. D

Fig. 1. The Exampled Displays for Quantification.

02-04-1220		보송여관	비	금
제작번호 :	>			
제작일 :	>	총	액	
제작번호 :	>	총	수출수수료	
주문번호 :		(총인장인 경우 '부'입력)		
 (3)제작 일정:				
제작번호 :		총	액	
수출수수료 :		주문상입장 :	(총입장료 '부'입력)	
 (4)기타 일정:				
수출수수료 :				
수출수수료 :				
 방법수수료 :				
내선국내 :	세수	수출번호	내선국내	세수

New-A

02-00-1120	부동산증	부동산증
제작번호 : 33		
대 . 대 :	주 . 주 :	
부기장면번호 :	부호 . 아동 :	
가족수번호 :	(조회방법) :	
부동산주소 :		
승용차수번호 :		(부인과 차대번호 . 가연과 차대번호와수호)
주유증명번호 :		(주유증명과 차량증여 유통번호 및 주수 . '1'을 기본)
기타번호 :		
기타번호 :		

New-B

Fig.2 The Newly Designed Displays for Task A and Task B

3.2 화면설계특성의 계량화

(1) 전체밀도

대상 화면에 대하여 산출된 전체밀도는 Table 1과 같다.

Table 1. The Overall Density of the Examined and Newly Designed Displays.

Office	Task A			Task B		
	available	present	density(%)	available	exit	density(%)
I	1920	504	26.3	1920	507	26.4
II	690	195	28.3	690	203	29.4
III	690	210	30.4	690	210	30.4
New	1920	439	22.9	1920	417	21.7

산출된 결과를 보면 기존의 화면들은 일정한 수준의 밀도를 유지하고 있으나, 각기 Danchak의 권고수준인 25%를 넘어서고 있고, 새롭게 설계된 화면은 A 업무 화면이 22.9%, B 업무화면이 21.7%이다. 특히 유의할 것은 각 사무실의 A,B 업무의 화면이 거의 동일한 밀도를 가지고 있다는 것이다. 이것은 A, B 업무가 거의 동일한 정보로 이루어지기 때문이라고 볼 수 있다.

(2) 부분 밀도

본 연구에서의 대상화면들에 대한 부분 밀도는 Table 2와 같다.

Table 2. The Local Density of the Examined and Newly Designed Displays(%).

Office \ Task	Task A	Task B
I	33.7	36.2
II	21.4	19.0
III	30.9	22.8
New	22.0	24.6

이 결과와 전체 밀도와의 관계를 비교해 보면, 전체 밀도가 크다고 해서 반드시 부분 밀도가 크다고는 할 수 없다. 이는 부분 밀도는 화면 상에서 목표문자를 중심으로 그 배경문자들이 치우쳐 있는 정도에 따라 달라질 수 있기 때문이다.

(3) 그룹화

본 연구에서의 화면들에 대한 그룹화 결과는 Fig.3과 같다. 이 결과를 보면 I-A 화면의 그룹 갯수가 4개이고, I-B 화면의 그룹의 갯수는 6개이다. 그리고 II-A 화면의 그룹 갯수는 1개, II-B 화면도 1개이다. III-A 화면은 2개, III-B 화면은 3개이다. 이에 비하여 Fig.4의 새로 작성된 A 업무에서의 화면의 그룹은 9개이고, B 화면은 8개이다. 이 결과에서 주목되는 것은 각 사무실(특히 II,III)의 화면들이 그룹의 수가 적은 대신 그 그룹의 크기, 즉 한 그룹안에 대단히 많은 항목과 문자들이 있음을 알 수 있다. 이는 인간의 작업 수행도를 감소시킬 우려가 있다. 이에 비하여 새롭게 작성된 화면들은 상대적으로 그룹의 수를 많게 하고, 그룹의 크기를 가능한한 시각 5° 내로 축소하였다.

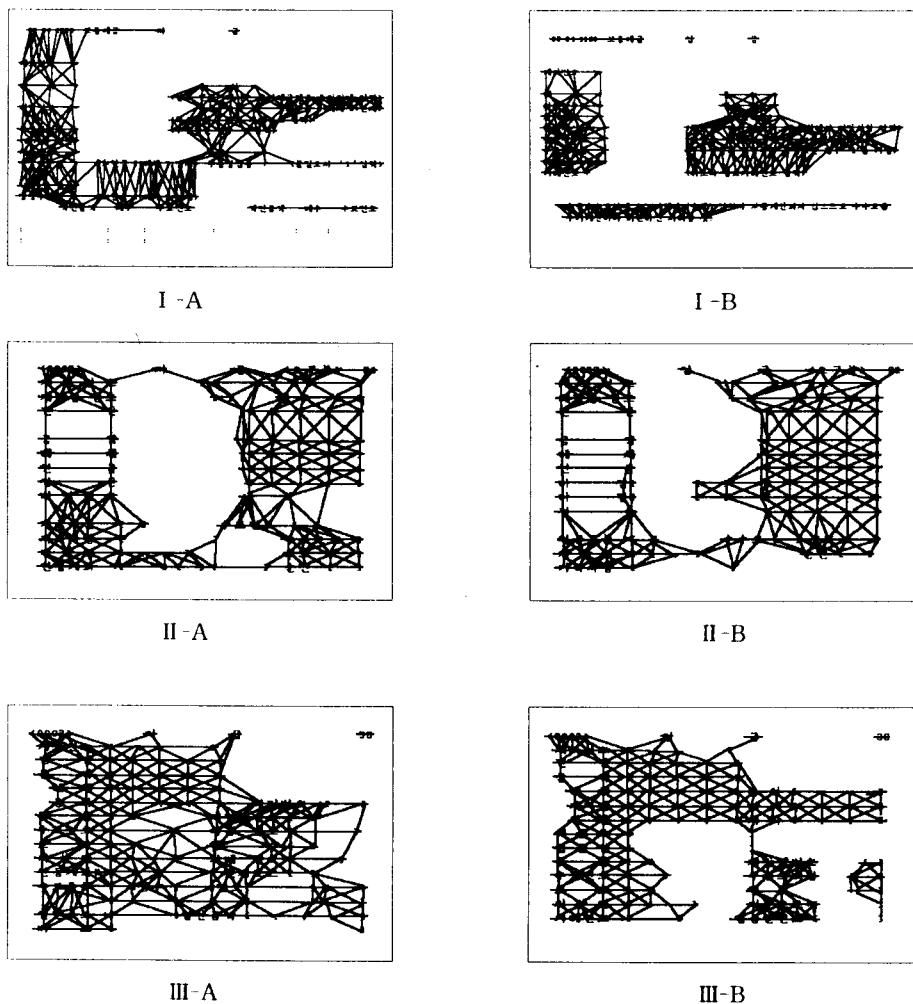


Fig.3. Illustration of Grouping for the Examined Displays.

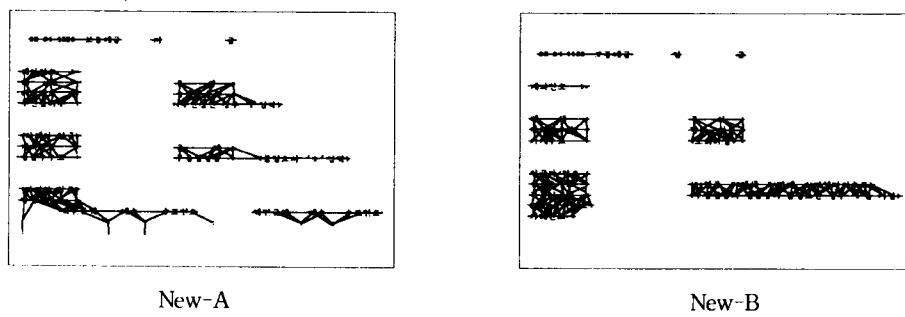


Fig.4. Illustration of Grouping for the Newly Designed Displays.

(4) 배치 복잡성

각 화면에 대한 배치 복잡성을 계량화한 결과는 Table 3과 같다.

Table 3. The Layout Complexity of the Examined and Newly Designed Displays.

	task	N	Vertical		Horizontal		Total Complexity(bit)
			class	complexity	class	complexity	
I	A	25	13	121.7	11	96.6	218.3
	B	20	11	91.7	7	41.5	134.2
II	A	27	13	147.8	8	44.8	192.6
	B	27	13	146.2	7	18.7	164.9
III	A	24	14	127.3	10	76.0	203.3
	B	23	14	114.3	6	7.0	121.3
New	A	19	11	64.0	7	40.6	104.6
	B	17	10	54.7	5	29.3	84.0

이 결과를 보면 전체 항목 수 N과 위에서 나열한 다른 특성들과는 무관하다. 일반적으로 A 업무 화면보다는 B 업무 화면의 복잡성이 작은 경향이 있는데, 이것은 A 업무 화면이 B 업무 화면보다 항목 부류(class)가 많고, 질서정연하지 못하기 때문이다. 이들 화면의 복잡성은 그 값이 작으면 작을수록 수행도가 증가하는 것은 당연하므로 A 업무 화면들보다는 B 업무 화면에서의 시각 예측성이 월등하기 때문에 B 업무 화면이 시각 이동과 정보 기입 및 탐색 등이 수월하게 된다.

3.3 인간수행도의 비교분석

(1) 실험 방법

피실험자로는 시력이 정상(교정시력 포함)인 남·여 대학생 24여명을 선정하였다. 기존의 3 가지 화면과 새롭게 만들어진 화면이 무작위로 나타날 수 있는 시뮬레이션 프로그램을 작성하여, 실제 업무와 동일한 절차로 각 화면에 대해 1회씩 작업을 시키면서 그 수행시간과 오류수를 계산하였다.

(2) 실험 결과 및 분석

각 업무 화면에 대한 평균 수행시간과 평균 오류수는 Table 4와 같다.

Table 4. The Average Processing Time and Error Number.

Task Office	Task A		Task B	
	Mean(sec.)	Error	Mean(sec.)	Error
I	56.6 ± 15.5	1.278	61.2 ± 16.3	1.222
II	54.7 ± 19.3	1.167	60.3 ± 13.5	1.222
III	53.0 ± 19.0	1.333*	65.4 ± 11.3	1.389*
New	43.7 ± 12.6	0.889	46.3 ± 11.4	1.118

이 결과를 보면 A 업무에서 새롭게 만들어진 화면은 기존의 화면에 비해 그 수행시간이 약 20% 감소하였음을 알 수 있다. 이것은 위에서 분석된 각 화면의 특성 비교에서 그 효과가 이미 예상되었다. 또한 평균 오류수는 약 20-30% 감소하였다.

또한 B 업무에서 새롭게 만들어진 화면은 기존의 화면에 비해 그 수행시간이 약 25% 줄어들었으며, 평균 오류수는 약 10-20% 감소되었음을 알 수 있다.

그러나 앞에서 계산된 각 화면의 4가지 화면설계 특성치들과 본 실험의 수행도 결과와 연관시켜 볼 때 각 특성치들과 수행시간과 오류수와 어떠한 상관관계도 나타나지 않는다. 이 결과는 화면설계의 특성들이 수행도에 영향을 미치지 않는다는 보다는, 개별 특성들이 독립적으로 수행도에 영향을 미치는 것이 아니라 종합적으로 영향을 미친다는 것을 의미한다. 또한 본 실험의 결과로는 전체 수행도에 각 특성치들이 어느 정도의 영향을 미치는지는 알 수 없다.

4. 결 론

오늘날의 사무작업, 특히 문서작성 및 정리, 검색 및 점검, 그리고 통신 등은 거의 대부분이 CRT상의 문자-숫자 화면에 의존하고 있다. 따라서 이들 화면은 인간공학적 설계가 되어야 정확하고 빠른 정보 전달이 가능하며, 사용자의 수행도를 향상시킬 수 있다.

그러나 기존의 화면이 인간공학적으로 얼마만큼 잘 설계되었는지 특히 계량적으로 파악하여 비교 평가하는 것은 매우 중요하나 쉬운 일은 아니다.

따라서 본 연구에서는 화면설계 특성을 전체밀도, 부분밀도, 그룹화 및 그룹수, 그리고 배치복잡성 등으로 잡고, 동일업무임에도 서로 다른 화면을 설계하여 사용하는 사례를 들어 계량적으로 평가하였다. 또한 Tullis의 인간공학적 화면 설계 절차에 따라 보다 개선된 화면을 설계하여 계량평가하고, 기존의 사례화면과 비교분석하였다. 본 연구 결과 인간공학적 설계절차에 따라 설계된 화면은 기존의 화면에 비해 업무수행시간과 여러 발생건수에서 현저히 향상됨을 알 수 있었다. 특히, 전체밀도와 배치복잡성은 낮고, 부분밀도는 어느 정도의 수준을 유지하여야 하며, 그룹의 수는 많더라도 시각 5° (0.088rad) 범위이내가 되도록 화면을 설계하는 것이 훨씬 효율적이라는 것이 확인되었다.

그러나 본 연구에서는 사용자의 수행도에 영향을 미칠 수 있는 4가지 설계 특성을 종합하여 실험했기 때문에 각각의 특성이 얼마만큼의 영향을 미치는가를 파악하지는 못하였다. 이에 관해서는 계속적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

- [1] 圖解에르고노믹스, 한국표준협회, 1991
- [2] Brown,B., and Monk,T.H. 'The Effect of Local Target Surround and Whole Background Constraint on Visual Search Times.', *Human Factors*, 17, pp.81-88, 1975
- [3] Carter,R.C., 'Search Time with a Color Displays:Analysis of Distribution Functions.', *Human Factors*, 24, pp.203-212, 1982
- [4] Danchak,M.M., CRT Displays for Power Plant., *Instrumentation Technology*, 23, pp.29-36, 1976
- [5] Galer,I.A.R., *Applied Ergonomics Handbook(Second Edition)*, Butterworth & Co. Publishers Ltd., 1987
- [6] Staggers, N., Impact of Screen Density on Clinical Nurse's Computer Task Performance and Subjective Screen Satisfaction, *Int. Man-Machine Studies*, 39, pp.775-792, 1993
- [7] Tullis,T.S., 'An Evaluation of Alphanumeric, Graphic, and Color Information Displays.', *Human Factors*, 23, pp.541-550, 1981
- [8] Tullis,T.S., 'The Formatting of Alphanumeric Displays:A Review and Analysis.', *Human Factors*, 25(6), pp.657-682, 1983
- [9] Tullis,T.S., Screen Design., In.M.Helender, Ed. *Handbook of Human-Computer Interaction*, Amsterdam : Elsevier, pp.377-411, 1988
- [10] Zahn,C.T., 'Graph-theoretical Methods for Detecting and Describing Gestalt Clusters.', *IEEE Trans. on Computer*, C-20, pp.68-86, 1971