▩ 응용논문

자판기의 인간공학적 설계
Ergonomic Design of Vending Machine

권 영국*
Kwon, YoungGuk

Abstract

A current design trend of a vending machine is pursuing easy manufacturing and large capacity of holding cans. Therefore this study aims to ergonomically redesign vending machine and to analyze the motion of awkward posture to take out cans.

Using Vision 3000 system, after investigating which motion can affect users, a new ergonomically designed vending machine, which was based on anthropometric data and guideline for control panel and exit of cans. New design shows a significantly improved usability and less stress. With new ergonomically designed vending machine at figure 3 can give a benefit for both users and manufactures.

1. 서 론

자판기를 설계할 때, 사용자의 입장이 아닌 제조자의 입장에서 만들기 때문에 문제가 발생된다. 캔자판기를 사용할 때의 동작을 4단계로 구분해 보자면 다음과 같다. 1) 동전을 투입한다. 2) 원하는 음료캔을 선택한다. 3) 원하는 버턴을 누른다. 4) 캔음료수를 허리 숙여 꺼낸다. 이 과정의 마지막 단계인 자판기에서 허리숙여 캔음료수를 꺼내는 동작이 문제점으로 지적된다.

즉, 대부분의 자판기들은 허리를 거의 90도로 굽혀야 캔을 꺼낼 수 있는 반면, 사용자들은 이러한 자세를 취하는 것에 별로 신경을 쓰지 않는다. 그러나 이러한 나쁜 자세를 반복하게 되면 과도한 허리압박을 느끼게되며, 결국 다른 문제와 합병되어 요통을 야기시킬 수도 있다. 따라서 본 논문의 목적은 동작분석시스템인 VISION 3000 System을 이용한 자판기 사용동작을 분석한 결과에 의거하여 허리에 무리를 주지 않는 인간공학적인 새로운 자판기를 설계하고자 한다.

2. 연구방법

자판기 설계를 위한 인간공학 가이드라인을 작성하기 위해 본 연구는 우선 자판기의 인간요소를(human factor)들을 추출하였다. 여러 요소 가운데 가장 우선적으로 음료출구의 위치, 조작패널들의 위치 및 범위, 동전 투입구의 위치 및 형태 이러한 분야의 연구를 수행하기 위해 2차원 동작분석, 사용성평가, 인체측정 데이터 분석 등의 방법을 사용하였다.

2.1 실험설계

먼저 자판기를 사용할 때 사용자에게 어떠한 영향을 미치는지 동작분석을 하기 위하여 VISION 3000 System을 사용하여 동작분석을 실시하고(이후 1차 동작분석이라 함), 그 결과를 판단하여 인체측정 데이터를 활용 인간공학적인 가이드 라인을 설정한다. 설정된 가이드라인을 통해 새로운 자판기의 모형을 설정한다.

* 관동대학교 산업시스템공학과 ieman@netsgo.com

설정된 자판기의 데이터를 평가하기 위해 다시금 VISION 3000 System을 사용하여 동작분석을 실시하고(이후, 2차 동작분석이라 함) 결과를 평가한다. 새로운 데이터와 기존의 데이터의 비교, 검정을 위해 분산분석을 실시하여 통계적으로 검증한다.

자판기를 사용할 때 모든 사용자가 자판기로부터 50cm 떨어진 상태에서 조작패널을 사용한다는 가정 하에 실험을 실시하였다. 50cm의 위치결정은 기존 사용자들 30명을 직접 관찰하여 가장 많은 사용자들이 50cm정도에서 패널을 조작하는 데에서 정하여 졌다.

2.2 피실험자

인체측정 데이터에 나타나 있는 한국인 표준 체형에 가까운 피실험자를 대상으로 실험을 실시하였고, 실험에 앞서 평소 사용하는 자연스러운 동작을 얻기 위해 피실험자에게 교육을 실시하였다.

2.3 실험도구

(1) VISION 3000 System

이 실험에서 과연 자판기에서 캔을 꺼내는 동작이 어떠한 영향을 미치는가를 알기 위해 VISION 3000 System을 이용하여 2차원 동작분석을 실시하였다.

VISION 3000 System은 인간공학적 또는 생체 역학적인 작업분석을 위해 수많은 서로 다른 형태의 산업 또는 임상에서의 평가를 수행할 수 있도록 도와주는 도구이다. 이 시스템은 컴퓨터 초보자도 사용하기 편하도록 만들어져 있다. 향상된 그래픽과 데이터 베이스 기술은 소프트웨어의 어 부분에서도 비디오 프레임을 간단히 처리할 수 있도록 도와주며, Key요소 또한 매우 다루기 쉽게 되어 있다.

(2) AutoCAD

실험을 통해 얻어진 데이터들을 가지고 가이드라인을 만들고 이 가이드라인을 바탕으로 인간공학적 요소가 가미된 자판기를 디자인하기 위한 실험도구이다. AutoCAD는 주로 설계 분야에서 이용되고 있다. AutoCAD의 이용분야는 이제 건축분야를 넘어 가구, 자동차, 선박, 항공회사에서도 그 진가를 발휘하고 있으며, 이제는 없어서는 안 되는 부분으로 자리 잡아가고 있다.

(3) 인체측정 자료

자판기의 외관의 치수, 즉 캔(CAN)의 출구, 동전투입구, 조작 패널 등의 위치를 설정하기 위하여 한국 성인(나이: 18세 ~ 50세)의 인체측정 데이터(이영숙, 1999a)를 이용하여 각 부분의 최소치, 최대치 등을 설정하였다. 여서의 경우는 16세부터 50세까지인데, 그 이유는 1999년의 자료가 18세가 아닌 16세부터였기 때문이다(이영숙, 1999b). 인체측정 데이터에서는 자판기를 사용할 때 관련이 깊은 8개의 신체부위를 추출하여 (표 2 참조) 활용하였다.

3. 결과

이 연구는 기존 자판기의 캔 출구의 위치, 조작패널의 범위, 동전투입구의 위치 등이 과연 사용자에게 어떠한 영향을 줄 것인가에 대한 연구와 더불어 사용자 인터페이스(user interface)를 증가시킬 수 있는 방법을 연구하였다. 그러므로 기존 자판기를 사용하는 사용자의 동작분석을 통하여 사용자에게 주어지는 영향을 분석하고, 그 영향에 따라 인체측정 데이터를 분석하고, 사용자 인터페이스를 증가시키기 위하여 개선된 치수를 설정하고, 얻어진 결과들의 유의차를 통계적 검증을 통해 알아본다.

3.1 VISION 3000 System을 이용한 1차 동작분석

이 실험은 자판기의 요소가 사용자의 동작에 어떠한 영향을 주는지 알아보기 위한 1차적인 실험이므로 4명의 피실험자를 선택하여 그 영향을 파악하였다. 자판기를 사용할 때 이용되는 인체 세 개의 부분(shoulder, waist, knee)에 형광물질인 마커(marker)를 부착한 후 피실험자가 캔을 꺼내는 동작을 8mm 카메라를 이용하여 촬영하여 동작분석을 실시하였다.

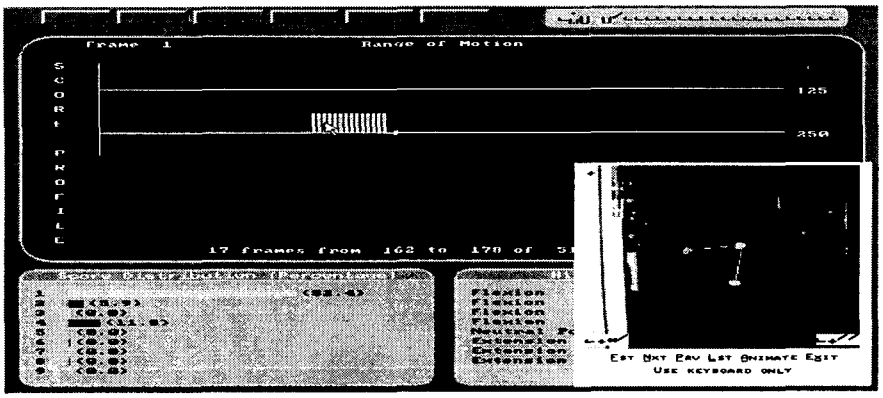

그림 1. Vision 3000을 이용한 1차 동작분석 결과

위의 결과에서 score distribution box를 보면 5를 기준으로 1부터 4는 내전(flexion)의 정도(rating)와 6부터 9까지는 외전(extension)의 정도를 나타내고, 1(far left)과 9(far right)가 가장 좋지 않은 자세를 뜻하며, 5는 중립(neutral) 자세를 의미한다. 막대그래프의 수치는 전체의 동작 중 각각의 score의 percentage 값을 나타낸다. 동작분석을 실시한 결과, 82.4%가 좋지 않은(awkward) 동작으로 판명되었고, score(2)는 처음 캔을 집으려 가는 동작에서 나타났고, Score(4)는 캔을 집고 똑바로 서있기 위한 바로 전 단계에서 나타났다. 결과의 그림1에서 보는 바와 같이 90°이상 허리를 구부려야 하는 동작들로 이루어져 있다. 각 실험결과(표 1 참조)를 살펴보면 동작중 75%이상이 score(1)을 차지하고 있다.

표 1. 1차 동작분석의 Score결과 (단위: %)

Score	1차 동작분석 Score 결과							
	1차	2차	3차	4차	5차	6차	7차	8차
빨간색(1)	90	84.6	76.5	85.7	87.5	82.3	78.6	81.3
주홍색(2)						5.9		
노란색(3)		7.7		4.8				
연두색(4)			11.8		12.5	11.8	7.1	6.3
녹색(5)	10	7.7	11.8	9.5			14.3	12.5

1차 동작분석의 결과, 새로운 기준의 가이드라인(guideline) 설정의 필요성이 대두되었고, 이러한 결과를 바탕으로 인체측정 데이터를 분석, 가이드라인을 설정하였다.

3.2 인체측정 데이터의 분석

인체측정 데이터는 자판기를 주로 사용하는 성인층 남자 18세-50세와 여자 16세-50세이하의 데이터를 사용하였고, 자판기의 가이드라인을 작성하기 위해 상위 95%, 하위 5%까지의 인체측정 데이터를 이용하였다. 손바닥길이는 손둘레/2로 추정하였다.

(1) 인체측정 데이터 중 5%와 95% 확률에 있을 데이터들의 값

1) 상한값 (95%의 데이터 값을 구하는 공식)

$$U = \mu + \sigma * Z_{0.05}$$

2) 하한값 (5%의 데이터 값을 구하는 공식)

$$U = \mu - \sigma * Z_{0.05} \quad \text{여기서 } Z_{0.05} = 1.645$$

따라서 가이드라인을 만들기 위한 인체측정 데이터를 정리하면 표 2와 같은 값을 가지게 된다.

표 2. 인체측정 데이터 (남성:18세 - 50세, 여성:16세 - 50세)

측정항목	성별	평균	S.D.	Percentile		
				5%	50%	95%
키	남	169.9	5.1	161.4	169.8	178.4
	여	157.9	4.9	149.8	158.1	166.0
눈높이	남	158.1	5.1	149.9	158.1	166.4
	여	147.2	4.5	139.6	147.3	154.7
팔굽힌 팔꿈치 높이	남	104.2	4.0	97.5	104.2	111.0
	여	97.3	3.6	91.2	97.3	103.2
어깨높이	남	137.8	4.9	129.8	137.8	146.0
	여	128.2	4.5	120.7	128.2	135.4
팔길이	남	54.0	2.3	50.5	54.6	58.8
	여	50.5	2.2	46.8	50.4	54.0
어깨점 팔꿈치길이	남	33.3	1.6	30.6	33.3	35.9
	여	30.8	1.4	28.4	30.8	32.4
팔꿈치 손끝길이	남	44.4	2.0	41.0	44.5	47.8
	여	41.2	1.8	38.3	41.2	44.2
손바닥길이	남	10.5	1.0	9.2	10.3	12.7
	여	9.6	1.0	8.4	9.4	11.4

3.3 인체측정 데이터를 이용한 자판기 설계의 가이드라인 결정

인간공학적 요소들의 위치 및 범위 결정방법을 위하여, 사용빈도가 가장 높은 부분인 캔 출구의 위치, 조작패널의 범위, 동전 투입구의 위치 등의 세 가지를 추출하였다.

(1) 조작패널의 위치

1) 좌우 범위

문자 및 기호의 판별은 좌우 시야의 30°범위 안에서 식별이 가능하고, 또한 머리를 쉽게 돌릴 수 있는 범위는 45°이다 (이호진외, 1995). 조작패널의 범위가 넓어야 하므로 그 위치는 머리를 쉽게 돌릴 수 있는 범위로 결정하면 문자 및 기호의 판별이 용이해진다. .

최대허용치 = 거리 * tanθ * 2 = 50 * tan45° * 2 = 100 cm

2) 상하 범위

Weston은 "평상시 안구는 정면시선으로부터 15°하방으로 향하며, 선호되는 각도는 30°,허용각도는 45°"로 제안하였다 (Pheasant, 1986).

머리를 쉽게 움직일 수 있는 범위는 상하 양 방향으로 30°이다. 사물을 살필 때 우리는 안구의 자유로운 회전각도 이상이 되면 자연히 머리를 움직이므로 조작패널의 넓이를 적용하면, 최소허용치는 안구의 허용각도인 45°를 적용하고 최대허용치는 안구의 상향 최대한계인 25°를 적용한다 (이호진외, 1995).

최소허용치 = 가장 큰 사람의 눈높이(남자 95%의 눈높이) - 50 * tan45° = 116.4cm
적정위치 = 여자의 평균 눈높이(여자 50%의 눈높이) - 50 * tan15° = 134.3cm
최대허용치 = 가장 작은 사람의 눈높이(여자 5%의 눈높이) + 50 * tan25° = 162.9cm

(2) 캔 출구의 위치

1) 상하의 범위

최대허용치 = 가장 작은 사람의 어깨높이(여자5%의 어깨높이)
= 120.7cm
최소허용치 = 가장 큰 사람의 어깨높이(남자95%의 어깨높이) - 팔 길이
= 146-58.8 = 87.2cm

(3) 동전 투입구

동전투입구는 표 3에 보이는 바와 같이 역시 캔 출구의 범위 안에 있으면 사용자에게 무리한 동작을 요구하지 않는다.

표 3. 인간공학적 자판기의 가이드라인과 기존 자판기의 비교

자판기 항목	관련인체	범위	위치할 범위			기존자판기
			최소치	중앙치	최대치	범위
조작패널	눈높이	상하범위	116.4cm이상	134.3cm	162.9cm이하	114 -165cm
	눈높이	좌우범위			100cm이하	84cm
캔 출구*	어깨높이	상하범위	87.2cm		120.7cm	27cm부터
	팔길이	위치	오른쪽 팔 쪽으로 위치			중심
동전투입구	어깨높이	상하범위	87.2cm		120.7cm	98cm
	팔길이	위치	오른쪽 팔 쪽으로 위치			왼쪽

3.4 2차 동작분석

기존의 자판기의 치수 데이터와 새로운 가이드라인의 치수를 비교해 본 결과 조작패널의 위치와 동전투입구의 위치는 모두 가이드라인의 범위 안에 있어 이 부분에 관한 실험은 필요성을 느끼지 못해서 생략하였으며, 캔 출구의 위치만은 많은 차이를 보인다는 것을 알 수 있었다 (표 3참조).

2차 동작분석에서는 캔 출구의 위치만을 동작분석하여 과연 사용자의 자세변화가 동작에 어떠한 변화를 가져오는가를 다시 알아보기 위하여 인체측정 데이터의 조건에 맞는 남녀 각각 2명의 피실험자를 선택하여 (표 4 참조) 각각 2회의 동작의 반복을 랜덤(random)하게 실시하였고, 실험의 동일성을 부여하기 위하여 각각의 치수에 맞는 높이를 가상으로 설정하여 캔을 놓고, 이 캔을 잡기 위한 동작분석을 실시하여 데이터의 자료로 활용하였다.

표 4. 피실험자와 인체측정 데이터의 신체비교 (단위: cm)

측정항목	성별	Percentile			피실험자의 인체 데이터			
		5%	50%	95%	남자1	남자2	여자1	여자2
키	남	161.4	169.8	178.4	172	169	163	161
	여	149.8	158.1	166.0				
눈높이	남	149.9	158.1	166.4	159	156	144	141.5
	여	139.6	147.3	154.7				
어깨높이	남	129.8	137.8	146.0	141	138	131	128
	여	120.7	128.2	135.4				

3.5 통계적 실험 가설

캔 출구 위치가 사용자의 동작에 영향을 주는 것으로 생각되어 캔 출구 위치의 변화에 따라서 사용자 동작에 어떤 변화를 주는가를 알아보기 위하여 분석을 실시하였다. 피실험자는 인체측정 데이터의 95%와 5%사이 수준의 남녀 각각 2명씩을 선정하였고, 피실험자 남녀를 A인자로 각 인자의 수준은 A_1: 피실험자1, A_2: 피실험자2, A_3: 피실험자3, A_4: 피실험자4로 취하였고, B인자는 각 자판기의 캔 출구 위

치를 B_1: 38cm, B_2: 87.2 수준으로 정하여, 각 위치에서 2회씩 반복하여 전체 16회의 실험을 랜덤화 순서로 행하여 각각의 인자간에 서로 유의차가 있는지, 또 교호작용은 존재하는지를 알아보기 위하여 VISION 3000 System으로 분석한 1차 동작분석과 2차 동작분석에서 얻어진 그래프 결과를 수치화 하여 SAS를 이용한 분산분석을 실시하였다.

4. 실험결과

4.1 VISION 3000 System을 이용한 동작분석의 결과

남녀 각각 2명씩을 대상으로 동작분석을 하였다. VISION 3000 System을 이용한 결과는 아래와 같이 색그래프로 되어있다. 기본적인 Color Assignment는 다음과 같다.

빨간색 : 아주 심함
주홍색 : 심함
노란색 : 보통
연두색 : 자연스러움
녹색 : 아주 자연스러움

(1) 기존 자판기의 동작분석결과의 그래프

실험의 동일성의 부여하기 위하여 기존의 자판기의 캔 출구 높이를 모형화하여 실험을 실시하였다. 2차 동작분석 또한 같은 방법으로 실시하였다 (그림 2 참조).

왼쪽 score distribution box에서 나타난 결과치는 75%가 score(1)에 나타난다. 피실험자 4명의 결과치 역시 비슷한 결과를 나타내고 있다 (표 5 참조).

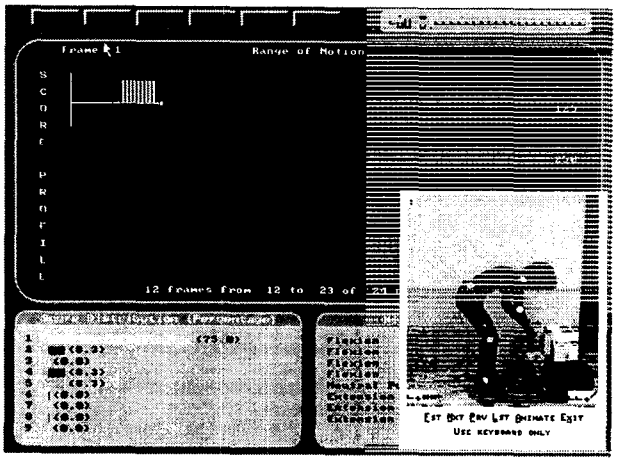

그림 2. Vision 3000 System을 이용한 2차 동작분석 결과

표 5. 기존 자판기의 동작분석 Score 결과표 (단위: %)

Score	피실험자1 (남)		피실험자2 (남)		피실험자3 (여)		피실험자4 (여)	
빨간색(1)	80	81.8	77.8	72.7	81.8	75	66.7	78.6
주홍색(2)		9.1		9.1		8.4		7.1
노란색(3)	10						8.3	
연두색(4)			11.1	9.1	9.1	8.3		14.3
녹색 (5)	10	9.1	11.1	9.1	9.1	8.3	25	

각각의 피실험자의 score 결과치를 나타낸 것으로써 빨간 색의 score가 가장 좋지 못한 자세를 나타내고 있다. 대부분의 자세가 score(1)에서 70%이상이 나타나고 있으며, 현재 자판기의 캔 출구 위치가 적당하지 못하다는 것을 나타내주고 있다 (표 5 참조).

(2) 가이드라인을 적용한 동작분석의 결과 그래프

새로운 인간공학적 고려를 한 자판기의 사용하였을 때의 동작분석결과가 아래의 그림3과 표6에 제시되어 있다.

각각의 동작분석을 비교하여 보면 새로운 가이드라인을 적용한 자판기의 사용자 인터페이스가 개선이 되었다는 결과를 얻을 수 있다. 즉, 50-75%의 무리한 동작의 향상이 이루어졌다.

캔 출구의 위치를 상향 조정함으로써 사용자들에게 오는 무리한 동작들을 줄일 수 있게 되었다. 2차 동작분석 결과 약 70%이상을 차지하던 score(1)의 동작들이 약 15% 이내로 줄어들었다.

기존자판기의 동작분석은 빨간 색의 score가 70%이상을 차지하고 있었다. 그러나 가이드라인을 적용한 자판기의 동작분석에서는 60%이상이 자연스러운 자세를 취하고 있다. 그림3에서 보는 바와 같이 캔을 꺼내는 동작중 허리의 움직임 각도가 많이 줄어들었다.

표 6. 새로운 가이드라인을 적용한 동작분석의 결과 (단위: %)

Score	피실험자1 (남)		피실험자2 (남)		피실험자3 (여)		피실험자4 (여)	
빨간색(1)					10	16.7	16.7	
주홍색(2)			28.6	17.6	30	16.7		14.3
노란색(3)			14.3	23.5			25	21.4
연두색(4)	50	42.9	50	58.8	30	33.3	41.7	35.7
녹색 (5)	50	57.1	7.1		30	33.3	16.7	28.6

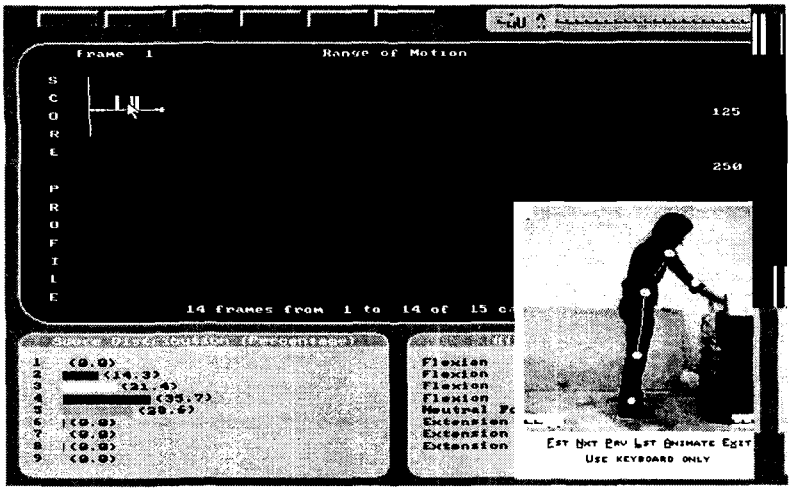

그림 3. 인간공학적 가이드라인을 적용한 동작분석의 결과 그래프

4.2 통계적 검정 결과

동작분석을 통해 얻어진 결과를 수치화하여 인자들간에 어떠한 영향이 있는지 분산분석을 실시하였다 (표 7 참조).

귀무가설: $\sigma^2_A = 0$ (or $\sigma^2_B = 0$)

대립가설: $\sigma^2_A > 0$ (or $\sigma^2_B > 0$)

A인자(피실험자)간에는 유의차가 없으므로 각 자판기 사용자들에게는 별다른 영향이 미치지 않았고, B인자(캔 출구 위치)간에는 $F_0 > F$이므로 유의차가 매우 크므로, 캔 출구의 위치는 그 위치에 따라 사용자에게 영향을 미친다라는 결론을 내릴 수 있다. 그 영향은 캔 출구 위치가 87.2cm일 때, 사용자의 동

작이 더 자연스럽고 편안하다는 것을 나타내 준다.

4.3 인간공학적 자판기의 가이드라인

실험결과에 의하여 다음과 같은 가이드라인이 사용자의 편의성을 높인다는 결론을 얻을 수 있었다 즉, 사용자들이 좋은 사용자 인터페이스(HCI)를 가질 수 있다는 것을 의미한다.

인간공학적 자판기의 가이드라인은 앞선 표 3에 제시되어 있다. 여기서 특히 캔출구의 위치에 주의하여 디자인하는 것이 인간공학적이라 하겠다.

표 7. 분산분석 (ANOVA)의 결과

요인	제곱합	자유도	평균제곱	F_0	F(0.01)
A(피실험자)	10245.607	3	3415.2	3.71	7.59
B(캔출구위치)	148571.702	1	148571.702	161.5	11.3
A×B	16297.828	3	5432.61	5.91	7.59
E	7358.48	8	919.81		
T	182473.617	15			

4.4 AutoCAD를 이용한 자판기 설계

위의 가이드라인을 적용한 후, AutoCAD를 활용하여 그림 4에 제시된 바와 같이 디자인 및 렌더링 하였다.

5. 토의

본 연구는 2차원 동작분석과 CAD를 활용하여 제품평가 및 신제품설계를 하였다. 그러므로, 인간공학적 평가방법이 제품의 디자인에 잘 활용될 수 있다는 것을 보여주었다. 본 연구의 대상은 자판기로서, 이 분야에서는 아직까지 인간공학적인 디자인 원칙이나 가이드라인으로 뚜렷한 것이 없는 형편이다. 따라서 본 연구는 그러한 작업의 한 기초로서 의의가 있다고 생각되며, 향후 새로운 자판기 설계시 참고할 수 있도록 가이드라인을 작성하였다.

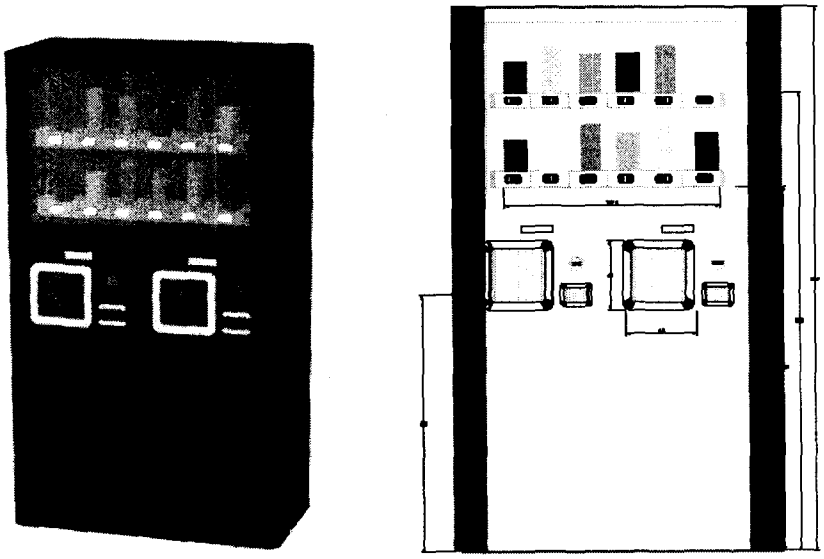

그림 4. 새로운 인간공학적인 자판기의 설계

디자인 작업에 있어 인간공학에 대한 고려는 필수적으로 이루어져야 하고, 그러한 추세는 소비자의 요구 증대와 함께 더욱 확대되고 있다. 따라서 앞으로 디자이너와 인간공학자의 긴밀한 협력이 절실히 요구된다.

본 연구에서는 자판기에 사용자 편의성을 증가시키기 위한 인간공학적인 요소를 가미하여 새로운 가이드라인을 설정하였다. 기존의 자판기와 새로 설정된 자판기를 분석한 결과 새로 설정된 자판기의 사용자 편의성을 증가시키고, 피로감을 줄일 수 있었다. 이러한 조건들은 다음과 같다.

조작패널, 캔 출구, 동전투입구 등은 가이드라인을 기준으로 정하도록 한다.
특히, 캔출구의 위치는 인간공학적 설계를 위해 가장 중점을 두어야 한다.
손이 사용되는 부분은 가능하면 중심위치에서 오른쪽에 위치하는 것이 사용자 편의성을 증가시킬 수 있다.

이러한 인간공학적인 새로운 설계는 소비자뿐만이 아니라 제조자에게도 도움이 될 것이다. 소비자는 허리에 부담이 가지 않아서 좋고, 제조자는 이러한 신제품의 개발로 새로운 소비의 창출과 앞으로 시행될(2002년) 제조물 책임법(PL)에서 자유로울 수 있을 것이다.

실제 제품설계시에도 기존의 drop-down방식은 소음도 있으므로, 스프링식으로 하여 항상 처음의 캔이 맨위에 위치하도록 설계상에 기계적인 변화를 주도록 한다면 소음의 문제도 해결하고, 별도의 보충의 문제도 해결할 수 있을 것으로 사료된다.

참고 문헌

[1] 박재희, 냉장고 설계의 인간공학적 평가방법, '96 춘계인간공학회 학술 논문집, 1996.
[2] 이호진, 허병이, 신동근 번역, 인간척도와 실내 공간 설계(Human Dimension & Interior Space), 원저자: Juliuspanero & Martin Zelnik, 대건사, 1995.
[3] 이현준, 알기쉬운 AutoCAD, 정보문화사, 1996.
[4] 박수찬, 김진호, 김철중, '92국민인체측정조사에 따른 한국인의 신체 발육 변화에 관한 연구, 체질 인류학회지, 6:177-189. 1993.
[5] VISION 3000 System 매뉴얼, Promatek 회사, Canada, 1996.
[6] 정병용과 박경수, 자세의 유지성 및 안정성에 관한 해석, Ergonomics, Vol. 15, No.1, 1996.
[7] S. Pheasants, Body Space, Taylor & Francis, 1996.
[8] Vision 3000 user manual, Promatek, Canada, 1996.
[9] WATBAK Users Manual, Dept. of Kinesiology, University of Waterloo, Canada, 1996.
[10] Marlene J Adrian and John M. Cooper, Biomechanics of Human Movement, Brown & Benchmark, 1995.
[11] YoungGuk Kwon, Motion Analysis using Vision 3000, 97 International Conference on Clinical Motion Analysis, 1997.
[12] 이영숙, 제품설계를 위한 한국남성의 인체치수 데이터, 신선사, 1999a.
[13] 이영숙, 제품설계를 위한 한국여성의 인체치수 데이터, 신선사, 1999b.