

산업용 자동화 시스템 컨트롤러의 인간공학적 디자인을 위한 연구

Aspects to improve on Ergonomic Design of Industrial Automation System Controller

석재혁

한양대학교 산업디자인학과

Seok, Jae-Heuck

Dept. of Industrial Design, Hanyang Univ.

한정완

한양대학교 산업디자인학과

Han, Jung-Wan

Dept. of Industrial Design, Hanyang Univ.

• Key words: Ergonomic Design, Human-Robot Interaction, Teaching Pendant

1. 서론

1-1. 연구배경

소득수준이 향상된 선진국에서는 노동력의 확보와 수급관계의 해결수단으로 산업용 로봇을 사용하게 된다. 산업용 로봇은 작업환경이 나쁜 곳에서 인간이 싫어하는 일과 인간의 노동능력을 초월한 극한 노동을 대신해주며 인간의 노동인력을 감소 시켜주는 성격을 지닌다. 이러한 이유로 산업전반에 걸쳐 자동화 시스템이 개발되었다. 자동화 시스템에 있어서는 인간과 산업용 로봇간의 상호작용을 돕기 위한 TP(Teaching Pendant)를 사용하는데 이들 각각의 제어스위치는 사용상 적합성과 편리성에 관한 정보가 부족하다. 따라서 본 연구는 작업자의 원하는 운동특성을 정확히 구현할 수 있도록 제어장치의 조작성을 높일 수 있도록 제시 하였다.

1-2. 연구목적

자동화 시스템을 사용하는 여러 분야 중 인간과 로봇간의 상호작용을 가장 요구하는 분야는 건설분야이다. 그중에서 커튼월 시공 자동화 시스템은 비교적 중량물에 속하는 장비와 아직도 인간의 노동력이 부가되어야만 하는 상황이다. 그러나 자동화 시스템의 머니플레이터를 통해 작업자가 원하는 운동 특성을 구현할 수 있는 TP(Teaching Pendant)의 디자인은 사용성과 편리성에 있어서 아직 미흡하다. 인간공학적인 디자인을 하기위한 요소로서 사용성에 따른 적합성은 생산성을 향상시키는 중요한 부분이 된다.

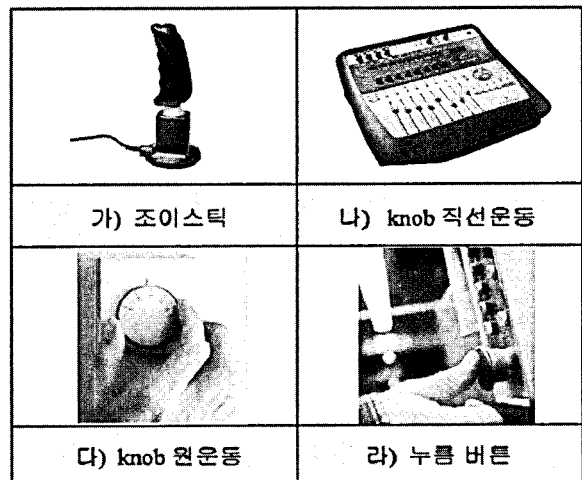
따라서 특수한 환경에서 인간과 로봇간의 상호작용을 극대화시키기 위해 각 제어스위치에 따라 구현하는 운동시간을 관찰하여 자동화 시스템의 자유도에 적합한 컨트롤러의 해결안을 찾고 기존 TP(Teaching Pendant)의 개량안을 토대로 인간공학적인 디자인을 마련하는데 있다.

1-3. 연구방법

커튼월 시공 자동화 시스템 TP(Teaching Pendant)를 개선하기 위해 건설현장 작업자 10명을 대상으로 표본조사가 이루어졌다. 조사대상은 제어용 스위치를 빈번하게 사용하는 만35세에서60세까지 노동 가능한 숙련공이다. 작업현장에서 시간대별로 10명의 숙련공을 관찰하여 각 운동에 따라 소요되는 시간을 측정하여 적합한 스위치를 찾아내어 사용자가 선호하는 컨트롤러를 디자인에 적용하도록 카이스퀘어 검증법을 이용하여 검증한다.

2. 본론

2-1. 평가 대상물



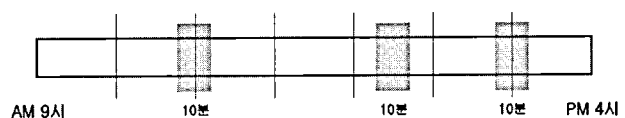
〈그림 1〉 각 운동에 적합한 제어스위치

평가 대상물은 커튼월 자동화 시스템 로봇의 기존 TP(Teaching Pendant)이며 기본적인 자유도를 구현하는 제어스위치인 조이스틱과 knob 그리고 누름버튼으로 이루어진다.

2-2. 평가 방법

데이터는 시간대별 TP(Teaching Pendant)에 속해있는 각각의 제어스위치를 기준으로 작업 공정상 이루어지는 운동시간을 측정하여 제어스위치와 운동 따른 적합도를 알아낸다. 즉 평가는 운동특성(직선운동, 회전운동, 연속운동, 미세조종, 패닝)별 가장 적합한 제어 스위치를 선정하기 위한 평가이다.

실험조건은 다음과 같다. 먼저 작업장에서 일하는 시간대에 3번을 나누어 10분동안 측정한다. TP(Teaching Pendant)를 조작하는 시간동안 나타나는 각각의 운동시간을 측정한다.

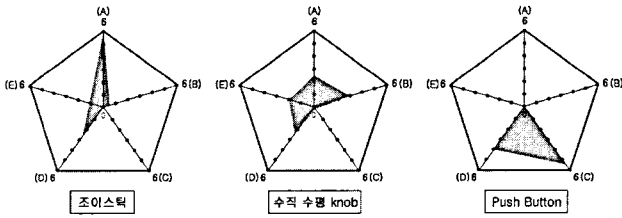


〈그림 2〉 평가 시간대

2-3. 평가결과

2-3-1 제어스위치에 따른 각 운동특성 분포

위의 그림은 제어기에 따른 각 운동의 소요시간의 평균값을



〈그림 3〉 각 제어기의 운동별 소요된 시간

나타낸 것이다. 조이스틱은 직선운동(A)이 6분, 회전운동(B)이 0.5분, 연속운동(C)이 0분, 미세조종(D)이 2.5분, 패닝(E)이 1분 이었고, 수직·수평 knob은 (A)이 2.5분, (B)이 3분, (C)이 0.1분, (D)이 2.4분, (E)이 2분이었고, 누름버튼(Push Button)은 (A)이 1.5분, (B)이 0분, (C)이 5.5분, (D)이 4분, (E)이 0분 이었다.

따라서 5가지 운동특성(x, y축 직선운동, z축 회전운동, 연속운동, 미세조종, 패닝)분포에 따른 제어 스위치 상관관계는 다음과 같다. 직선운동은 조이스틱과 상관관계가 높고 회전운동이나 미세한 조작은 knob과 상관관계가 있다. 그리고 연속운동과 미세조종은 누름버튼과 상관관계가 높다는 것을 알 수 있다.

직선운동에 가장 적합한 제어 스위치로는 조이스틱(Joystick)이라는 것을 알 수 있고 회전운동인 경우 knob이 적합하다는 것을 알 수 있다. 미세조종의 경우 누름버튼(Push button)이 가장 적합한 제어 스위치가 된다.

2-3-2 카이스퀘어(Chi-square)를 통한 적합도 검증

각 제어기의 사용에 있어서 소요되는 각각의 운동시간 값을 이용하여 각 운동에 맞는 제어스위치의 적합도 검증을 할 수 있다.

H₀ : 직선운동 시간에 따라 적합한 제어기의 패턴이 동일하다.
 ⇒ 귀무가설 (P1=0.2, P2=0.2, P3=0.2, P4=0.2, P5=0.2)

H₁ : 적어도 직선운동을 하는 시간에 따른 적합한 제어기는 있다.
 ⇒ 대립가설

[표 1] 유의수준 α=0.05에서 적합도 검증

	직선운동	회전운동	연속운동	미세운동	패닝	합계
관측값 (O _i)	60	5	0	25	10	100
H ₀ 하에서 칸 확률 (P _i)	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	1
H ₀ 하에서 기대도수 (E _i)	20	20	20	20	20	100

기대도수 (E_i) = nP_i ⇒ (i = 1.2.3.4.....n)

관측값 (O_i)는 계산하기 쉽도록 각 항마다 10을 곱하였다.

χ²의 검정 통계량은

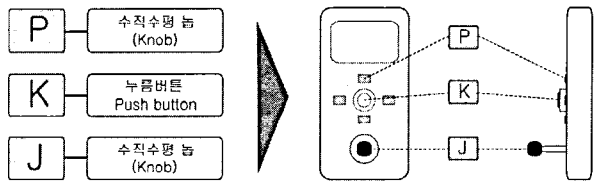
$$\chi^2 = \sum_{i=1}^5 \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} = \frac{(23 - 25)^2}{25} + \frac{(5 - 20)^2}{20} + \frac{(0 - 20)^2}{20} + \frac{(25 - 20)^2}{20} + \frac{(10 - 20)^2}{20} = 117.5 \text{ 이다.}$$

여기서 검정 통계량은 자유도(K-1)가 4일때 유의수준 0.05의 χ² 분포를 따르는 χ_{(k-1)α}² = χ_{(5-1)0.05}² = 9.49 조건에 의해 χ² ≥ 9.49 일때 기각력이 된다. 검정통계량 117.5는 기각조건인 9.49

보다 크므로 유의수준 α=0.05 에서 H₀(귀무가설)가 기각된다. 다시말해 적어도 직선운동을 하는 시간에 따른 적합한 제어기는 있다의 가설이 참인 명제가 된다. 조이스틱의 경우 직선운동에 적합하다는 결론을 알아 낼 수 있다. 이와같은 방법으로 검증하면 회전운동과 직선운동은 수직·수평 knob이 적합하고, 미세한조작과 연속운동은 Push Button이 적합하다.

3. 결론

인간과 로봇간의 연관성을 극대화시키기 위한 TP(Teaching Pendant) 적합도 검증은 정해진 작업환경에서 수행하는 로봇을 다루는 각 제어스위치 작동 시간과 밀접한관계를 갖는다. 즉 일련의 같은 작업을 반복하고 정해진 일을 수행하는 로봇의 자유도를 다루는 TP(Teaching Pendant)는 그 작업 공정에서 사용 빈도수가 많은 제어스위치를 중심으로 포지셔닝을 해야한다.



〈그림 4〉 검증에 따른 적합한 스위치의 포지셔닝

또한 운동에 따라 적합한 제어기가 우선으로 고려되어야 하지만 운동시에 가장 적합한 제어기를 제외하고 난 후 운전 상태나 특정 상황에 따라 다른 제어기가 고려된다.

예를들어 직선운동에는 조이스틱 형태의 제어기를 우선으로 하지만 조작중 미세한 조정이나 회전운동이 필요할때는 knob을 함께 사용할 수 있다는 것이다. 그리고 연속운동과 같은 경우도 누름버튼을 우선시 해야하지만 상황에 따라 미세한 조종도 가능해야 한다. 결국 검증에 따른 제어기의 적합한 포지셔닝을 위해선 기본적인 자유도를 구현하는 제어기를 고려하고 나머지 운전상황에 따라 같은 운동의 경우에 다른 제어기를 사용해야 한다.

따라서 TP의 적합한 제어스위치를 우선으로 고려하기 위해 정해진 작업 공정상 사용빈도수가 높게 나타난 스위치를 선택 해야하며 운동중 상황에 따라 같은 기능을 하는 다른형태의 제어기도 고려하는 것이 인간공학적인 디자인을 위해 선행되어야 하는 부분이다.

참고문헌

- Ae-Bok Lee, Min-Soo Choi, Ha-youon the Introduction of Mechanization, Automation Robotization in Construction works", *KSME*, Vol.11, No.2, pp 671~676
- Seung-Yel Lee, Bong-Soo Ko, Kye-Young Lee, Sang-Heon Lee and Chang-Soo Han, 2004, "The Application of a Robot for the Construction of Curtain Wall in a High Building", *Artificial life and robotics 2004*
- 강성복 외 6명, 응용통계학, 형설출판사
- 김동욱 외 4명, 통계학개론, 박영사, pp 356~365