

Digital Human Simulation 을 통한 인간공학적 헬리콥터 조종실 설계 평가 방법 개발*

Development of Ergonomic Assessment Method of Helicopter Cockpit Using Digital Human Simulation

박장운**, 정기효**, 이원섭**, 강병길***
엄주호***, 이정효***, 박세권****, 유희천**

** 포항공과대학교 기계산업공학부

*** 한국우주항공산업

**** 공군사관학교 산업공학과

ABSTRACT

인간공학적 제품 설계 및 평가를 위해 Digital Human Simulation(DHS) 방법이 사용되고 있으나, 기존의 DHS 방법은 시각적인 분석에만 의존하고 종합적이고 정량적인 분석은 미흡하였다. 본 연구는 DHS 을 사용하여 헬리콥터 조종 작업에 대한 조종사의 신체부하를 종합적이고 정량적으로 측정하여 이를 통해 헬리콥터 조종실 설계를 인간공학적으로 평가하는 방법을 개발하였다. 본 연구에서 개발된 DHS 평가 방법은 평가 척도 개발(예: 자세 안락도, 도달 용이성, 시계 적절성, 여유공간 적절성), 인체 모델 생성(예: 5, 50, 95th%ile 한국인 조종사 대표인체모델), 자세 추정 및 생성, 문제점 파악 및 개선의 4 단계로 구성된다. 본 DHS 설계 평가 방법은 현재 진행중인 Korean Utility Helicopter (KUH) 개발 사업의 설계 평가에 적용되어 조종사 신체 부하 분석 및 인간공학적 설계 개선 항목 파악에 활용되었다.

Keyword: Digital Human Simulation, 신체부하 평가, 헬리콥터 조종실

1. 서론

Helicopter 조종실은 효과적인 조종 임무 달성을 위해 인간공학적인 설계가 필요하다. Helicopter 조종실 설계 요소들(예: cyclic control, instrument panel 등)은 조종사의 비행 자세, 비행 동작, 신체적 작업부하 등에 영향을 미친다(MIL-STD-1333, 1987). 그러므로, 조종실 내부 설계 요소들은 조종사의 신체 부하를 줄이면서 안전하게 비행할 수 있도록 인간공학적으로 설계되어야 한다.

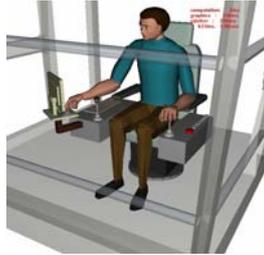
제품 개발 초기부터 인간공학적 설계를 위해 digital human simulation (DHS) 방법이 활용되고 있다. You et al. (1996)은 버스 운전 공간을 Jack[®]을 이용하여 평가하였다. 또한, 이상기 외(2005)는 천장 크레인 운전석의 설계를 그림 1 과 같이 DHS를 적용하여 평가하였다.

기존 DHS방법은 정량적이고 종합적인 인간공학적 분석이 미흡하다. 이상기 외(2005)는 천장크레인 설계를 그림 1.b에 나타낸 것과 같이 Jack[®] 시뮬레이션을 통해 정성적으로 평가하였다. 그러나, 인간공학적 설계 타당성 검토 및 설계 개선 사항을 체계적으로 파악하기 위해서는 제품 설계를 정량적으로 종합적으로 평가할 수 있는 방법이 필요하다.

* 본 논문은 2006년 KHP 위탁연구과제의 지원을 받아 수행되었습니다. 본 내용은 주요 방산기밀자료임으로 무단으로 사진 촬영 및 복제·복사를 할 수 없으며, 업무상 관련 없는 자에게 누설을 금합니다.



(a) 버스 운전석 평가 (You et al., 1996)



(b) 헬리콥터 조종석 평가 (이상기 외, 2005)

그림 1. DHS를 통한 인간공학적인 평가 사례

본 연구에서는 헬리콥터 조종실 설계의 인간공학적인 평가를 위해 종합적이고 정량적인 DHS 평가 방법을 개발하였다. 그리고 개발된 평가 방법은 Korean utility helicopter (KUH)의 조종실 개발에 적용되어 조종실의 종합적 평가 및 인간공학적인 설계 개선 항목 파악에 활용되었다.

2. DHS를 이용한 평가 방법

2.1 평가 절차

본 연구의 DHS를 통한 인간공학적인 조종실 설계 평가 방법은 4 단계 절차(평가 척도 개발, 대표인체모델 생성, 조종 자세 생성, 설계 문제점 파악)로 구성된다(그림 2 참조). 먼저, 설계 요소의 종합적이고 정량적인 평가를 위해 평가 척도를 개발한다. 그리고, 평가에 사용될 대표인체모델을 한국인 인체 크기에 맞춰 생성한다. 세 번째로 추정된 조종 자세를 인체모델에 반영하여 컴퓨터 가상환경에 시각화한다. 마지막으로, 앞서 개발된 평가 척도를 활용하여 각 대표인체모델의 조종 task를 분석함으로써 인간공학적인 설계 평가를 수행한다.

2.2 신체부하 평가 척도

헬리콥터 내부 설계에 대한 인간공학적인 평가를 위해 4가지 평가 척도(자세 안락도, 도달 용이성, 시계 적절성, 여유공간 적절성)가 개발되었다(그림 3 참조). 첫째, 자세 안락도 평가 척도는 Kroemer et al.(1994)과 Diffrient et al.(1981)에 제시된 편안한 동작 범위(comfortable range of motion, CROM)와

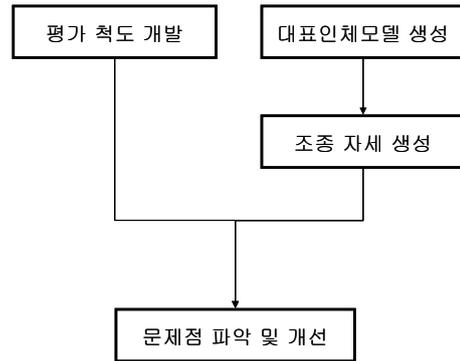


그림 2. DHS를 활용한 조종실 평가 절차

최대동작범위(range of motion, ROM)를 기준으로 7개 신체 부위별(목, 어깨, 팔꿈치, 손목, 엉덩이, 무릎, 발목) 자세 안락도 평가 체계(5개 등급)가 개발되었다(그림 4 참조). 둘째, 도달 용이성 평가 척도는 MIL-STD-1333(1987)와 Sanders and McCormick(1992)을 참고하여 신체(팔꿈치, 어깨, 몸통)를 사용했을 때 손이 도달할 수 있는 영역을 5개 등급으로 구분되었다(그림 5 참조). 셋째, 시계 적절성 평가 척도는 신승우(2004)에서 제시된 신체동작범위(눈, 목, 몸통)가 고려된 5개 등급 시계 적절성 평가체계가 적용되었다(그림 6 참조). 마지막으로 여유공간 적절성 평가 척도는 신체와 조종실 설계요소 간의 접촉 여부에 따라 5점 체계 3등급(1점: 매우 낮음, 3점: 보통, 5점: 매우 높음)의 평가 체계가 개발되었다.

평가척도	정의
자세 안락도 (posture)	조종사가 조종작업 수행시 편안한 자세를 유지하는 정도
도달 용이성 (reach)	조종사가 조종실 설계요소로 용이하게 도달할 수 있는 정도
시계 적절성 (visibility)	조종사가 조종실 계기를 편안하게 볼 수 있는 정도
여유공간 적절성 (clearance)	조종사의 신체와 설계요소 간의 여유공간 정도

그림 3. 신체부하 항목 및 정의

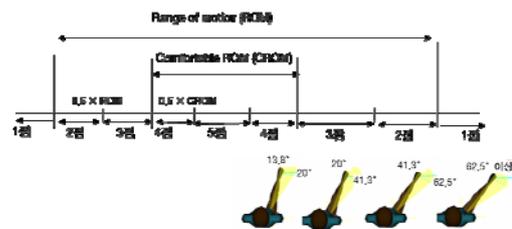


그림 4. 자세 안락도 평가 체계

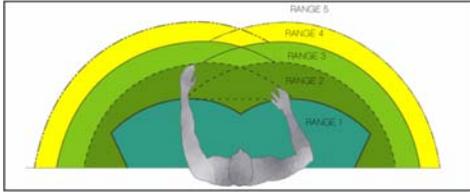


그림 5. 도달성 평가 척도

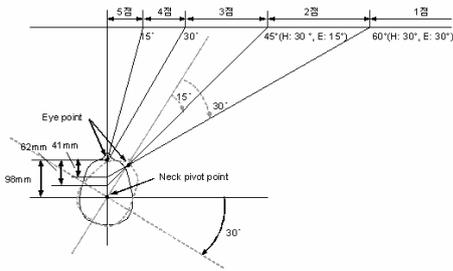


그림 6. 시계성 평가 척도(신승우, 2004)

2.3 대표인체모델

디지털 환경상 헬리콥터 조종실 평가하기 위해 설계 대상 인구를 대표하는 대표인체모델을 생성한다. 대표인체모델 (representative human models, RHMs)이란 제품 설계 대상 모집단의 인구크기 다양성을 통계적으로 적합하게 대표하는 인체모델을 의미한다(정기효와 유희천, 2006). 예를 들면, 대표인체모델은 그림 7과 같이 percentile을 적용하여 생성될 수 있다.

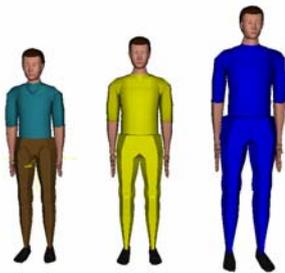


그림 7. Percentile을 이용한 대표인체모델 생성 예시

2.4 조종 자세 추정

헬리콥터 조종실의 평가를 위해 조종 작업에 따른 대표인체모델의 조종 자세를 추정한다. 조종 자세 추정에는 자세 손실 함수를 이용하여 자세 불편을 최소화하는 자세를 생성하는 정기효 외(2007)가 개발한 방법이 활용될 수

있다. 예를 들면, 헬리콥터의 cyclic control 조작 자세는 그림 8과 같이 설정된 기본자세에 근접하는 자세로 생성될 수 있다.

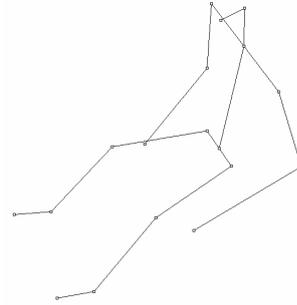


그림 8. 기본 조종 자세 (50th%ile)

3. KUH 조종실 평가 사례

본 연구를 통해 개발된 평가 방법은 KUH 조종실의 정량적 신체부하 평가에 적용되었다. Cyclic control 조작 평가를 예로 들면, 본 연구에서는 그림 9와 같이 cyclic control의 조작 위치 9 개에 대해 신체부하 3 가지 측면이 파악되었다. 또한, 정량적 분석 결과로부터 cyclic control을 좌측 상단으로 최대 조작했을 때 작은 조종사(5th %ile 대표인체모델)는 허리를 숙여야 도달이 가능하다는 것이 파악되었다(그림 10 참조).



그림 9. 정량적 분석 예시

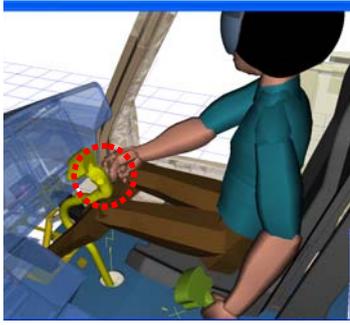


그림 10. 도달 용이성 분석 예

본 연구는 다양한 헬리콥터 조종 작업에 대해 평가한 신체부하 점수를 중요도 및 빈도를 고려한 통합을 통해 종합적 신체부하가 분석되었다. 종합적 신체부하를 평가하기 위해 본 연구에서는 조종 작업별, 신체부하별, 신체부위별 분석한 결과를 중요도 및 발생빈도를 고려하여 가중 평균하였다. 그리고 난 후, 산출된 가중 평균 점수를 100 점 기준으로 환산하여 종합적 신체부하 점수가 파악되었다. 조종실의 종합 점수는 향후 신규 기종의 헬리콥터 개발 시 상대적인 신체부하의 비교 기준으로 활용될 수 있을 것이다.

본 연구를 통해 분석된 정량적 신체부하 정보는 KUH 설계의 보완 사항 파악 시 유용하게 활용되었다. 그림 11을 예로 들면, KUH의 collective control은 길이가 짧아 조작 시 팔 자세 점수가 낮은 것으로 파악되었으며, 팔 자세를 보완하기 위해 collective control 길이 설계가 개선되었다. 또한, 그림 12.a와 같이 center console의 높이가 낮아 switch 및 lever 조작 자세 및 도달성 점수가 낮은 것으로 파악되어 그림 12.b와 같이 center console의 높이가 상향 조정되었다.

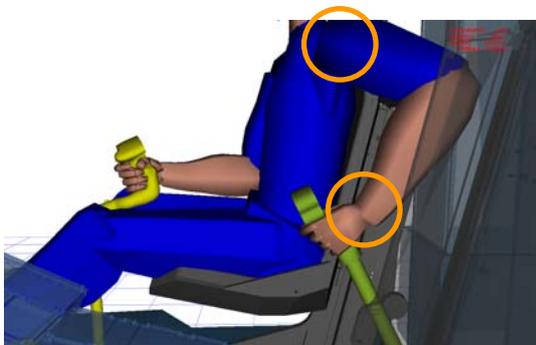
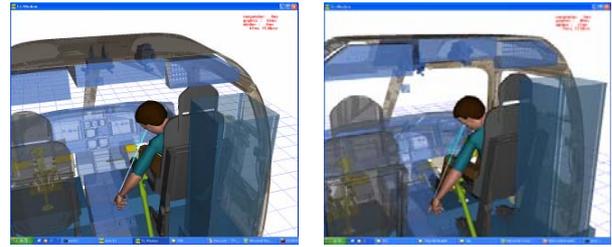


그림 11. Collective control 조작 자세 예



(a) 개선 전

(b) 개선 후

그림 12. Center console 높이에 따른 자세 분석

참고문헌

- 신승우, (2004). 인체모델을 이용한 자동차 내장 설계의 시계성 평가 시스템 개발. 석사학위논문
- 이상기, 이민정, 조영석, 권오채, 박정철, 유희천, 한성호 (2005). Digital human simulation 을 통한 overhead crane 의 인간공학적 설계 개선 및 평가. 대한인간공학회/ 한국감성 과학회 2005 춘계학술대회 및 제 8 회 한일 공동 인간공학 심포지움, 57-60.
- Sanders, M. S., and McCormick, E. J. (1992). *Human Factors in Engineering and Design*. McGraw-Hill.
- Diffrient, N., Tilley, A. R. and Bardagjy, J. G., *Human Scale 1/2/3*, Cambridge, MA, The MIT Press, 1974.
- MIL-STD-1333 :1996, AIRCREW STATION GEOMETRY FOR MILITARY AIRCRAFT
- Kroemer, K.H.E., Kroemer, H.B., Kroemer-Elbert, K.E., 1994. Ergonomics: How to Design for Ease & Efficiency. Prentice-Hall, New Jersey.
- You, H., Lowe, B. D., Oesterling, B., Freivalds, A., Gilmore, B. J., 1996. Computer Simulation for Ergonomic Transit Operator's Workstation Design Using JACK®. In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 40th Annual Meeting*. Santa Monica, CA: The Human Factors and Ergonomics Society.