다중치수제품 설계를 위한 산포대표인체모델 생성 및 분석 시스템 개발

이백희[1] · 정기효[2] · 유희천[1]
[1]포항공과대학교 기계산업공학부 / [2]Pennsylvania State University 산업공학과
x200won@postech.ac.kr, khjung@postech.ac.kr, hcyou@postech.ac.kr

Development of a Distributed Representative Human Model Generation and Analysis System for Multiple-Size Product Design

Baekhee Lee[1], Kihyo Jung[2], Heecheon You[1]
[1]Department of Industrial and Management Engineering, POSTECH, Pohang, 790-784
[2]Department of Industrial and Manufacturing Engineering, Pennsylvania State University, University Park, PA, USA 16802

ABSTRACT

산포대표인체모델(distributed representative human model, DRHM)은 의복과 같은 다중치수제품(multiple-size product) 및 대량맞춤생산(mass customization)을 위한 치수체계 개발에 활용되고 있다. 다양한 DRHM 생성 방법들이 통계적 기법을 적용하여 개발되고 있으나, DRHM 생성 방법들이 용이하게 제품 설계에 적용될 수 있도록 하는 시스템 개발은 미흡한 실정이다. 본 연구는 인체측정자료를 사용하여 DRHM을 생성하고 성능을 통계적으로 평가하는 시스템(DRHM 생성 및 분석 시스템)을 개발하였다. DRHM 생성 및 분석 시스템은 문헌 조사를 통해 파악된 세 가지 방법(grid, cluster, and optimization method)을 적용해 DRHM을 생성할 수 있도록 개발되었다. DRHM 생성 및 분석 시스템의 인터페이스는 세 단계의 대표인체모델 생성 절차(중요변수 선정, 대표격자 형성, 그리고 대표인체모델 치수 추정)에 따라 입력 값을 선택하도록 설계되었으며, 생성된 DRHM은 3차원 시각화와 인구 수용 성능을 통계적으로 분석할 수 있도록 개발되었다. 마지막으로, 개발된 DRHM 생성 및 분석 시스템은 비행복 치수체계 개발 및 인구수용 성능 분석에 적용되어 타당성이 평가될 예정이다. 본 연구의 DRHM 생성 시스템은 설계 대상 인구의 인체크기를 통계적으로 적합하게 대표하는 치수체계 개발에 유용하게 활용될 수 있을 것이다.

Keywords: Distributed representative human model, Sizing system, Multiple-size product design

1. 서 론

Digital human model (DHM) simulation system (예: Jack®, RAMSIS®)은 가상환경상에서 대표인체모델(representative human model, RHM)을 생성하여 인간공학적인 제품과 작업공간의 설계 및 평가를 위한 효율적인 도구로 사용되고 있다. 예를 들면, 박장운 외(2008)와 이백희 외(2010)는 percentile RHM (5^{th}, 50^{th}, and 95^{th} percentiles)을 기반으로 한국형 헬리콥터 조종실과 방사성폐기물처리장 주제어실을 각각 인간공학적으로 평가하고 설계 개선에 반영하기 위하여 DHM simulation system을 활용하였다(그림 1 참조).

(a) 헬리콥터 조종실 평가 (박장운 외, 2008) (b) 방폐장 주제어실 평가 (이백희 외, 2010)

그림 1. DHM simulation system을 통한 인간공학적 평가 및 설계

일반적으로 DHM simulation system의 RHM 생성은 percentile 방법과 custom-built 방법으로 구분되나 각각 설계대상인구(target population)에 대한 RHM의 대표성(representativeness)과 생성 효율성(generation efficiency)측면의 한계점을 지니고 있다(Jung et al., 2010). DHM simulation system은 대부분 대표적으로 사용되는 3개의 percentile RHM (5^{th}, 50^{th}, and 95^{th} percentiles)만 제공하고 있다. 또한, custom-built 방법은 인체변수(예: 26개, Jack; 21개, RAMSIS)별로 생성목적에 맞는 RHM의 인체크기를 사용자가 직접 입력하는 인터페이스를 제공하고 있다. 이 경우, 인체변수들의 인체크기 결정방법(예: boundary 방법, distributed 방법)을 적용하여 입력하는 시간이 많이 소요된다.

특히, custom-built RHM의 인체크기 결정을 위한 RHM 생성 방법 중 산포대표인체모델(distributed representative human model, DRHM)의 생성은 의복과 같은 다중치수제품(multiple-size product) 및 대량맞춤생산(mass customization)을 위한 치수체계(sizing system) 개발에 활용되고 있다. 따라서, 치수체계 개발에 특화된 시스템의 개발은 개발 비용 절감 및 시간 단축과 함께 개발된 치수체계의 효율적인 분석측면에서 유용하게 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구는 다중치수제품 설계를 위한 산포대표인체모델 생성 및 분석 시스템을 개발하였다. 먼저, DRHM과 관련된 문헌조사 및 기존 DHM simulation system의 특성을 파악하였다. 그리고, DRHM 생성 절차 및 방법을 적용하여 DRHM 생성에 특화된 인터페이스가 구현된 시스템을 개발하였다.

2. 문헌 조사

2.1 산포대표인체모델(DRHM)

DRHM은 치수체계가 있는 인체측정학적 제품을 설계 및 평가 시에 적용된다. DRHM 생성은 인구 분포 전반에 배치된 격자들의 내부에 포함된 인구의 비율이 지정된 비율이 되도록 격자를 생성한 후 각 격자의 중앙에서 RHM을 생성하는 방법이다(그림 2 참조). Jung (2009)은 표 1과 같이 DRHM 생성 기법(grid, cluster, and optimization) 및 적용 현황을 정리하였다. 또한, DRHM 생성 절차를 그림 2와 같은 3단계(중요변수 선정, 대표격자 형성, 그리고 대표인체모델 치수 추정)로 파악하였다(Jung et al., 2010).

표 1. DRHM 생성 기법 및 적용 현황(Jung, 2009)

Application area	Determination method of key dimensions	Generation method	Studies (year)
Multiple-size product design	Regression Analysis (or correlation analysis)	Grid	Robinette and Annis (1986), Rosenblad-Wallin (1987), Moon (2002), Kwon et al. (2004), Zheng et al. (2007)
		Optimization	McCulloch et al. (1998)
		Cluster	Laing et al. (1999)

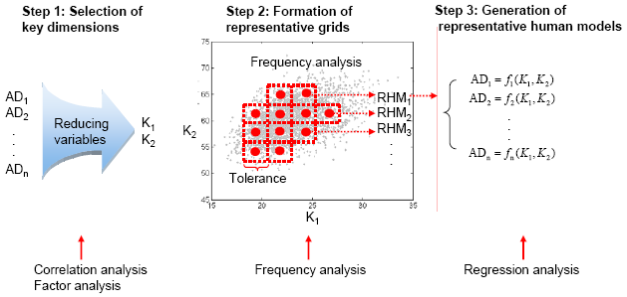

그림 2. DRHM 생성 절차
(AD: anthropometry dimensions, K: key dimension)

2.2 DHM simulation system의 RHM 생성 방법

본 연구에서는 기존 대표인체모델 생성 시스템의 특성을 파악하기 위하여 세 가지 대표적인 DHM simulation system (Jack, RAMSIS, and CATIA Human)의 특성을 파악하였다. 예를 들면, Jack (SIEMENS Co., Germany)은 US Army (1988) 인체측정 database를 기반으로 성별(female, male, child) 및 percentiles (1^{st}, 5^{th}, 50^{th}, 95^{th}, and 99^{th})을 선택하여 percentile RHM을 생성하거나, 키와 몸무게 등 26개 인체크기를 직접 입력하여 custom-built RHM을 생성 할 수 있도록 인터페이스를 제공하고 있다.

3. 시스템 개발

본 시스템은 Microsoft Visual Studio C# 2008과 MATLAB (ver. 7.6)을 활용하여 개발되었으며, MS Windows XP (32 bit)이상에서 설치 및 사용이 가능하다. 본 시스템은 기본적으로 DRHM 생성을 위한 입력 인터페이스가 그림 3과 같이 구성되어 있으며, 인체측정 data로 부터 선정된 설계대상인구와 설계대상인체변수를 사용하여 DRHM 생성하고, 수용비율(accommodation rate) 등과 같은 분석결과 및 3차원 시각화를 제공한다.

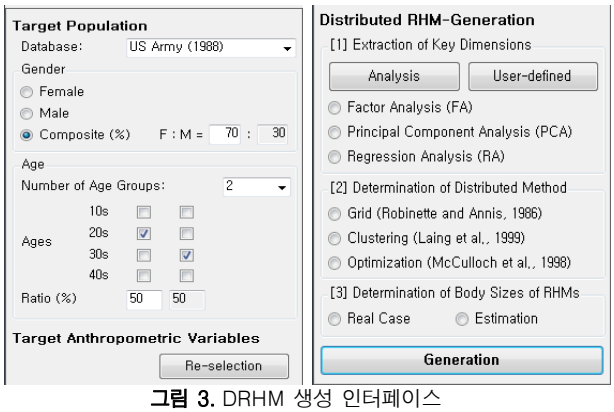

그림 3. DRHM 생성 인터페이스

3.1 Target population 선정

설계대상인구는 인체측정 data로 부터 성별과 연령대를 선택하여 선정한다. 인체측정 data는 3가지(US Army, 1998; US Army Pilot, 1998; Korean Pilot, 2007)가 구축되어 있으며, 성별은 남성과 여성의 혼성(composite) 비율을 선택할 수 있고, 연령대 또한 10대부터 40대까지 각 연령대별 비율(ratio)을 선택할 수 있도록 구성되어 있다. 본 시스템은 선택된 인체측정 data로 부터 2가지 조건(성별, 연령대)을 만족하는 최대의 인구수를 추출할 수 있도록 설계되었다.

3.2 Target anthropometric variables 설정

설계대상인체변수는 대분류, 소분류, 그리고 치수유형으로 분류(You and Ryu., 2005)되어 사용자가 용이한 선택을 할 수 있다. 예를 들어, 가슴둘레(chest circumference)를 선택하고 싶은 경우 trunk (대분류), chest (소분류), circumference (치수 유형) 순으로 선정하며(그림 4 참조), 소분류 인체변수 중 2개 이상의 인체변수와 연관이 되면 'combined' (예: forearm-hand length)로 분류되었다. 또한, 사용되는 인체변수의 개수는 US Army (1988)와 US Army Pilot (1988)은 132개, Korean Pilot (2007)은 16개이다.

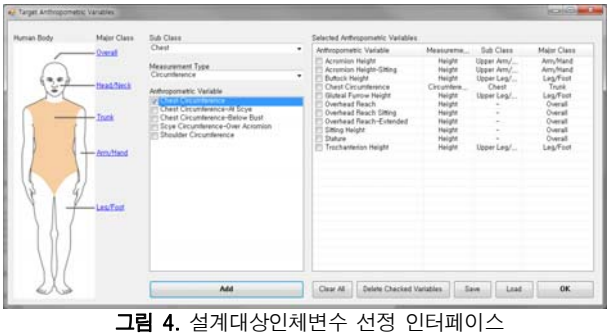

그림 4. 설계대상인체변수 선정 인터페이스

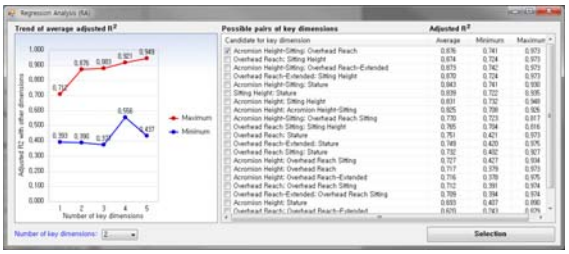

그림 5. Regression analysis 인터페이스

3.3 DRHM generation 생성

DRHM은 3단계(Extraction of key dimensions, determination of distributed method, and determination of body sizes of RHMs) 절차에 따라 단계별 적용되는 통계적 기법들을 사용하여 생성된다.

3.3.1 key dimensions 추출

중요변수(key dimension) 추출단계는 대표적으로 사용되는 3가지 통계적 분석방법(factor analysis, principal component analysis, regression analysis)을 적용할 수 있는 각각의 인터페이스를 제공한다. 예를 들어, regression analysis 인터페이스는 선택된 설계대상인체변수들로부터 중요변수 개수(1~5개)에 따른 평균수정회귀계수(possible key dimensions and the others)의 경향을 graph 및 table로 제공한다(그림 5 참조). 또한, 사용자가 중요변수를 알고 있는 경우 'User-defined' 버튼(그림 3 참조)을 사용하여 직접 선택 할 수 있다.

3.3.2 Distributed method 선정

DRHM 생성 방법 선정단계에서는 3가지 DRHM 생성 방법(grid, cluster, optimization method)을 적용할 수 있는 각각의 인터페이스를 제공한다. 예를 들어, grid method 인터페이스는 선정된 중요변수들의 8가지 기술적 통계치(예: mean, percentile)를 제공(Kwon et al., 2009)하고, 생성될 grid의 설계허용공차(fitting tolerance)와 수용비율(accommodation rate)을 선택할 수 있도록 구현되었다(그림 6 참조).

3.3.3 RHM body sizes 결정

인체크기 추정단계에서는 DRHM 생성 방법에 의해 생성된 격자들을 대표할 수 있는 인체크기 추정의 2가지 방법(real case or estimation)이 제공된다.

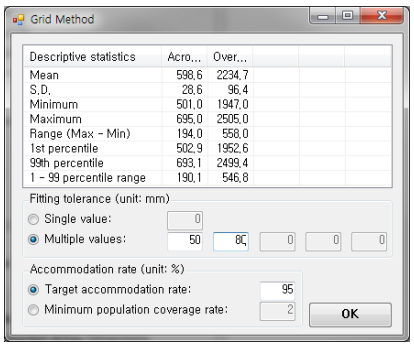

그림 6. Grid method 인터페이스

3.4 DRHM 생성 결과

본 시스템은 생성된 DRHM에 대하여 3가지 결과(인체크기, 수용비율, 시각화)를 제공한다. 본 시스템은 설계대상인체변수들의 인체크기를 table로, 분석결과(예: 수용비율, 설계대상인구수 등)를 report로 제공된다. 또한, 생성된 DRHM에 대한 통계적 방법 적용 결과 및 3차원 인체모형이 제공된다(그림 7 참조).

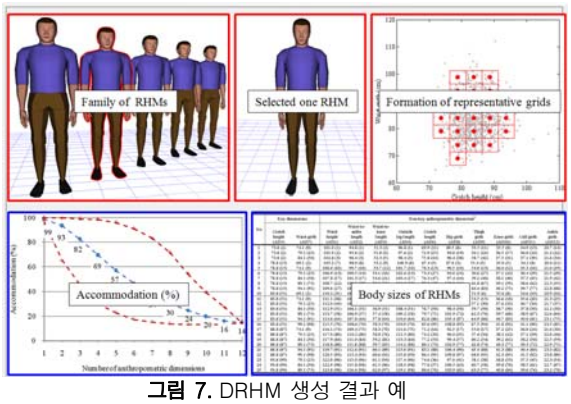

그림 7. DRHM 생성 결과 예

4. 토의

본 연구에서는 다중치수제품 설계를 위한 산포대표 인체모델 생성 및 분석에 특화된 시스템이 개발되었다. 본 시스템은 치수체계가 있는 제품(예: 의복, 장갑)을 대상으로 설계대상인구 및 인체변수 선정에 용이한 인터페이스 개발과 DRHM 생성 방법 및 절차에 사용되는 통계적 기법을 총체적으로 제공하였다. 또한, 본 시스템은 생성된 DRHM의 수용비율 및 3차원 인체모델을 제공하였다. 따라서, 본 연구를 통해 개발된 시스템은 DRHM을 활용한 치수체계 개발 시 유용하게 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구에서는 기존문헌을 조사하고 대표적인 DHM simulation system의 특성을 파악하여 시스템이 개발되었다. 그러나 개발된 시스템을 통하여 개발된 치수체계에 근간한 인간공학적 제품 평가 및 설계의 진행은 미흡한 실정이다. 따라서, 본 연구에서 개발된 시스템은 기존 치수체계 개발 연구와의 비교 검증 및 전문가에 의한 검증이 필요하다.

본 연구에서 개발된 시스템은 주변부대표인체모델(boundary representative human model, BRHM) 생성 및 분석 시스템의 개발과 함께 DHM simulation system과의 연동이 필요하다. BRHM은 자동차와 같은 단일치수제품(one-size product)의 인간공학적 설계 시 유용하게 활용될 수 있으므로 DRHM 생성 및 분석 시스템과 같은 시스템 개발이 필요하다. 또한, 개발된 시스템을 통해 생성된 DRHM 및 BRHM의 인체크기는 DHM simulation system의 custom-built RHM 생성 인터페이스의 인체크기 입력부분과 연동되어 인간공학적 평가 기준(예: 도달성, 여유공간)을 적용할 수 있도록 시스템간의 연동이 필요하다.

참고 문헌

박장운, 정기효, 이원섭, 강병길, 이정효, 엄주호, 박세권, 유희천, Digital Human Simulation을 통한 인간공학적 헬리콥터 조종실 설계 평가 방법 개발, *대한인간공학회 2008 춘계학술대회*, 2008.

이백희, 장윤, 정기효, 정일호, 유희천, Digital Human Model Simulation을 활용한 방사성 폐기물 처리장 주제어실의 인체공학적 평가, *대한인간공학회*, 29(3), 383-391, 2010.

Dassault Systems, CATIA User's Manual: Human Builder, 2005.

EDS, Jack User's Manual, 2008.

Gordon, C., *et al*, 1988 Anthropometric Survey of US Army Personnel: Methods and Summary Statistics, Technical Report NATICK/TR-89/044, 1988.

Jung, K., You, H., and Kwon, O., Evaluation of the multivariate accommodation performance of the grid method, *Applied Ergonomics*, 42, 156-161, 2010.

Jung, K., Kwon, O., and You, H., Development of a digital human model generation method for ergonomic design in virtual environment, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 39(5), 744-748, 2009.

RAMSIS, RAMSIS User's Manual, 2008.

You, H., and Ryu, T., Development of a hierarchical estimation method for anthropometric variables, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 35(4), 331-343, 2005.