한국인 인체 모델의 개발과 적용

Development and Application of Korean Dummy Models

이상철**, 손 권***, 김성진**

ABSTRACT

Human dummies are essential tools in the development of such products as vehicle have been actively used not only in reach and view field tests, but also in impact perception evaluations. This study attempted to obtain geometric and dynamic model body segments from Korean anthropometric data. The investigation focused on the de both human and dummy for the geometric and inertial properties. The dynamic modeli being suggested is based on rigid body dynamics using fifteen individual body segments by joints. The segments are connected at the locations representing the physical joint body so that each segment has its mass and moment of inertia. For visual three-dimensional graphic technique was used for easier implementation of the dumr applications. For applications, proposed Korean dummies were used in dynamic crash and driver's view and reach test modules were developed in a virtual environment.

Keyword: human, dummy, ergonomics, anthropometry, dynamics

* 본 연구는 과학기술부 G7 감성공학과제의 연구비 지원을 받아 수행되었음.(과제번호 : M1-9817-01-0003)
** 부산대학교 기계설계공학과
주소 : 609-735 부산시 금정구 장전동 산30 부산대학교 기계기술연구소 309호
전화 : 051-510-3066
E-mail : vaper3@dreamwiz.com
*** 부산대학교 기계공학부 (전화 : 051-510-2308 E-mail : kson@pusan.ac.kr)

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

1. 서 론

인체 모델은 인간을 고려한 제품 및 환경 설계를 위한 기반기술로서 대단히 중요하다. 차량과 같은 사용자의 편의성과 안전성이 중요시되는 제품을 개발하기 위해서는, 제품과 환경에 대해 인체가 갖는 데이터를 확보하여야 한다. 인체 모델은 차량 제어장치의 조작 영역에 대한 리치평가 및 계기들에 대한 시야 평가 등 중요 인간공학적 평가에 사용된다. 또한 한계상황에서 차량의 거동에 의한 운전자의 거동 해석 및 인지 지각 능력 평가 등에 사용된다. 이러한 인체 모델을 이용한 연구는 차체, 운전석, 인체모형(dummy), 안전벨트, 에어백 등의 개발에 괄목할만한 발전을 이루었다.

인체 모델은 인체에 대한 광범위한 측정자료를 바탕을 개발되어 왔다. 일찍이 미국, 유럽 등 선진국에서는 자국인을 대상으로 한 인체 측정자료를 바탕으로 인체 모델의 개발에 관심을 쏟아왔다. 1987년 자동차 생산업체인 GM에서는 인체 상해치를 측정하기 위한 용도로 Hybrid Ⅲ 모델을 개발하였으며 (Backaitis and Mertz, 1994), 흉부와 어깨 부분을 개선할 목적으로 Hybrid Ⅳ 모형이 제안되어 개발 중에 있다. 최근에는 CAD 시스템에서 17개의 지체를 가지는 인체 모델을 사용하여 리치모션에 대한 동적인 인간공학적 평가 연구가 수행되었다(Chaffin, 2001).

외 국에서 개발된 인체 모델은 한국인의 체격과 기본적으로 차이를 보이고 있고 모델의 구성이 복잡하여 한국인의 체격을 고려한 제품의 설계 및 평가에 이용하기가 쉽지 않다. 한국인 체형에 대해서는 한국표준연구소 인간공학 연구실에서 한국인 인체측정에 관한 연구를 하였으며(김진호 등, 1989), 한국표준과학 연구원에서 산업제품 표준설정을 위해 4차에 걸쳐 국민 체위를 측정하였다(한국표준과학연구원, 1997). 또한 한국인의 인체분절의 질량, 질량중심, 관성모멘트에 관한 연구가 수행되었으며(이영신 등, 1994), 인체 모델의 컴퓨터 형상화 방법에 대한 연구가 발표되었다(한치근과 정의승, 1993).

본 연구에서는 한국인 체형에 맞는 인체 모델을 구성함으로써, 인간공학적 평가 및 인체 거동 해석에 사용할 수 있도록 하였다. 한국인 인체 모델 개발을 위해, 한국인의 인체측정자료를 수집하고 분류하여 인체 모델 생성의 기초 자료로서 사용하였다. 분류된 한국인 인체측정 자료들을 이용해 인체 각 지체들의 특성치와 상관관계를 얻고 이를 바탕으로 한국인 인체 모델을 생성하였다. 본 연구에서 제시되는 인체 모델링 방법은 인체를 15개의 독립된 지체들로 구분하여 각 지체들의 특성값을 기술하고 조인트를 통해 연결하는 강체 동역학이다. 구성된 인체 모델은 폭 넓은 분야에 대한 용이한 적용을 위해 3차원 그래픽 기술을 통해 가시화된다. 또한 인체 모델의 적용을 위해 정면충돌시의 각 지체의 거동을 해석하여 국외모델과 비교하며, 가시화된 인체 모델은 인간공학적 평가를 수행할 수 있도록 시야 및 리치 평가 기능이 제공된다.

본 연구에서 개발된 인체 모델은 기존의 인체

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

모델에 비해 구성이 간단하고 정적 평가와 동적 평가에 함께 사용할 수 있는 장점이 있고, 한국인의 체격을 고려한 인간공학적 평가에 활용할 수 있다. 한국인 인체 모델을 이용해 개개인의 인체 정보에 맞는 인체 모델을 생성하여 제품의 안전 해석 및 편의성 향상에 사용할 수 있을 것으로 예상된다.

2. 인체측정 자료

인체측정 자료는 시스템, 기계, 그리고 도구 등이 사용자에게 적합하도록 일반적인 설계 표준 작성을 할 수 있도록 하여준다. 인체측정은 크게 정적측정과 동적측정으로 나눌 수 있다. 정적 인체측정은 움직이지 않고 곧게 선 표준화된 자세로 신체크기를 재기 때문에 측정치를 비교적 쉽게 얻을 수 있으며 제품디자인에도 쉽게 적용된다. 동적 치수는 팔의 동작범위, 다리의 동작범위 등이며 측정하기가 복잡하고 어렵다. 본 연구에서는 정적인 인체측정 자료를 이용하여 한국인 인체 모델을 생성하며, 동적인 치수를 이용하여 인체 모델의 팔, 다리 동작범위를 표현하였다.

본 연구에서는 1997년에 실시된 국민 표준체위 조사의 자료를 한국인 인체 모델 생성을 위한 기초자료로서 사용하였다(한국표준과학연구원, 1997). 이 조사는 0세의 영아부터 70세까지의 노인 층에 이른 각 연령층의 전 국민을 모집단으로 하여 남자 6,578명, 여자 6,484명의 총 13,062명을 표본으로 선정하여 조사되었다. 측정방법은 마틴자를 이용하여 직접 측정되었으며, 측정항목은 키, 몸무게, 발등높이 등 121개 항목이었다.

인체 모델을 제품 평가 및 설계에 이용하기 위해서는 사용자 집단을 결정하고 만족비율 정도에 따라 인체 모델을 다르게 적용하여야 한다. 인간공학적 설계에 인체 모델을 이용할 수 있도록 하기 위해 범위를 가장 적절하게 나타내는 통계량인 백분위수(percentiles)를 이용하였다. 백분위수는 특정제품의 사용자 그룹을 선정하거나 제한하는데 이용될 수 있다.

수집된 자료는 연령, 성별, 백분위수에 따라 분류하여 인체 모델을 생성하였다. 연령별로는 17세까지는 급격한 신체성장을 고려하여 각 나이별 남녀 평균을 이용하였다. 18세부터는 청년1(18-24세), 청년2(25-39세), 장년(40-59세), 노년(60세이상)의 범주로 분류하여, 남녀 각각의 부위별 통계량을 평균과 백분위수(5, 10, 25, 50, 75, 90, 95%ile)로 나타내었다.

3. 인체 모델 구성

3.1 인체 모델의 기구학적 구성

인체 모델을 구성하기 위해서 인체를 관절(joint)과 지체(segment)로 구성되어 있는 관절모델(Articulated Model)로 표현하였다. 관절모델을 사용함으로써 인체에 동작을 부여할 수 있으며, 자동차 충돌 시뮬레이션 등의 동역학 해석에서 시간과 해석의 안정성을 확보할 수 있게 된다. 본 연구에서는 인체를 15개의 지체들로 나누고 각 지체를 14개

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

의 조인트로 연결하였다. 지체는 인체의 관절 사이의 부분이다. 손과 발은 하나의 지체이며 어깨에서 엉덩이에 이르는 부분은 3개의 지체로 구분한다. 각 지체들은 타원의 형태로 표현되며, 물리적 조인트로 결합되어 있고, 질량과 관성모멘트를 가진다. 인체 모델의 데이터를 생성하기 위해 미 공군에서 개발한 인체 자료 생성 프로그램인 GEBOD(Generator Of Body Data)을 사용하였다(Cheng, et al., 1994). GEBOD은 지체들의 형상, 질량, 조인트의 위치와 기계적 특성치를 계산한다. GEBOD의 자료는 모두 국소 지역 좌표계에 의해 기술되며, 각각의 지체 좌표계 원점은 지체의 질량 중심으로 정의한다. 발끝을 아래로 해서 서 있는 자세에서 국소 지역 좌표계의 +z축은 아래, +x축은 전방, +y축은 인체의 오른쪽으로 정의한다. 인체 모델의 형태는 접촉 타원 반축(contact ellipsoid semiaxis)과 조인트의 상대위치에 의해 결정되며, 접촉타원은 각 지체와 연관되어 있고, 주위환경과 지체 사이의 경계면이 된다. 조인트는 지체들을 연결하며 회전축의 중심으로서 회전운동을 가능하게 한다. 인체 모델의 지체와 조인트구성은 그림 1과 같다. GEBOD은 특정한 인체 치수 기입이 가능하며, 이 경우 내장된 인체측정학적 조사와 입체사진술 연구에 기초한 데이터가 아닌(Young and Chandler, 1983), 입력자료에 기초하여 인체 데이터를 생성한다. GEBOD입력자료는 32개 인체치수를 가지고 있어야 하며, 필요한 인체치수는 국민 표준 체위조사의 121개 항목과 비교하여 정의가 가장 유사한 것을 사용하였다. 이는 GEBOD이 정의하는 인체 측정

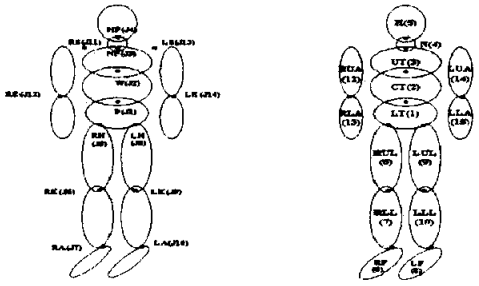

그림 1. 인체 모델의 지체 및 조인트 구성

학적 용어와 국민표준체위조사에서 사용한 용어가 정확히 일치하지는 않기 때문이다. GEBOD에 사용되는 인체측정치를 표 1에 나타내었다.

인체 치수가 입력으로 주어지면 GEBOD은 그림 2와 같은 4가지 그룹의 회귀방정식을 이용하여 지체의 질량, 타원반축, 조인트위치 좌표와 주관성 모멘트를 결정한다.

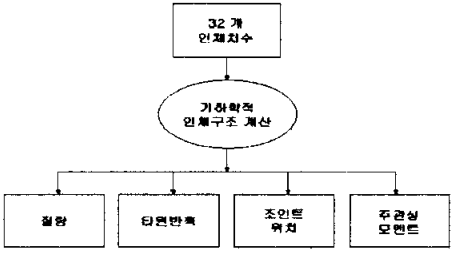

그림 2. GEBOD의 인체자료생성

3.2 인체 모델의 가시화

제품과 환경에 대해 인체가 갖는 감성에 대한 데이터를 얻기 위해서는 평가에 사용될 실

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

표 1. GEBOD에 입력되는 32개 인체치수

No.	GEBOD	한국국민표준체위조사보고서	
		번호	측정항목
0	Weight	120	몸무게
1	Standing height	1	키
2	Shoulder height	3	어깨높이
3	Armpit height	5	겨드랑점높이
4	Waist height	6	허리높이
5	Seated height	70	앉은키
6	Head length	90	머리두께
7	Head breadth	89	머리너비
8	Head to chin height	88	머리길이
9	Neck circumference	54	목둘레
10	Shoulder breadth	37	어깨너비
11	Chest depth	45	가슴두께
12	Chest breadth	39	윗가슴너비
13	Waist depth	46	허리두께
14	Waist breadth	40	허리너비
15	Buttock depth	48	엉덩이두께
16	Hip breadth, standing	41	엉덩이너비 (서있는 자세)
17	Shoulder to elbow length	84	어깨점-팔꿈치길이
18	Forearm-hand length	86	팔꿈치-손끝길이
19	Biceps circumference	57	윗팔둘레
20	Elbow circumference	58	팔꿈치둘레
21	Forearm circumference	59	아래팔둘레
22	Wrist circumference	60	팔목둘레
23	Knee height, seated	75	앉은무릎높이
24	Thigh circumference	67	넓적다리둘레
25	Upper leg circumference	(67+68)/2	(넓적다리둘레 + 무릎둘레) / 2
26	Knee circumference	68	무릎둘레
27	Calf circumference	69	장딴지둘레
28	Ankle circumference	115	발목최소둘레
29	Ankle height	118	바깥복사점높이
30	Foot breadth	111	발너비
31	Foot length	109	발길이

제 환경과 실물 모형의 제작이 요구된다. 하지만 실제의 인체 모델과 환경구성에는 많은 시간과 비용이 필요하다. 본 연구에서는 가상현실과 3차원 그래픽 기술을 이용하여 인체 모델을 가시화하고 평가할 수 있도록 하여 비용과 시간을 절약하고자 하였다. 인체 모델의

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

가시화는 PC 플랫폼 상에서 OpenGL 그래픽 라이브러리와 MFC라이브러리를 사용하여 구성하였고, 이를 다시 SGI 워크스테이션 플랫폼에서 OpenGL Performer 라이브러리를 사용하여 재구성함으로써, PC플랫폼의 그래픽 처리속도 문제해결과 다양한 채널구성이 가능하도록 하였다.

3.3.1 OpenGL을 이용한 가시화

OpenGL은 그래픽 전문회사인 실리콘그래픽스사에서 개발한 IRIS GL을 다른 시스템에서도 사용할 수 있도록 수정한 것으로 최근에 널리 활용되어 3차원 그래픽 라이브러리의 표준으로 자리잡고 있다(Fosner, 1996).

OpenGL은 3차원 데이터를 직접적으로 사용할 수 있으며, 하드웨어에 구속 받지 않으며, 다양한 환경에서 이용 가능하다.

Microsoft사에서 개발한 MFC라이브러리는 PC 플랫폼 상에서 MS Windows용 프로그래밍을 용이하게 한다. 개발된 프로그램은 MFC와 OpenGL을 이용하여 가상환경을 구현하였으며 PC플랫폼에서 원활히 동작한다.

가상환경 상에서 인체 모델의 15개 지체는 조인트로 연결된 타원으로 가시화되며, 와이어프레임 및 솔리드 프레임으로 표시 가능하다. 각 지체는 연결된 조인트의 회전을 통해 인체의 동작과 시점의 변경이 가능하도록 구성되었다. 그림 3에 OpenGL을 통해 가시화된 인체 모델을 나타내었다. 왼쪽부터 남자 청년2(25-39세) 50%ile, 어린이 6세 평균, 여자 청년2(25-39세) 50%ile 모델을 보여주고 있다.

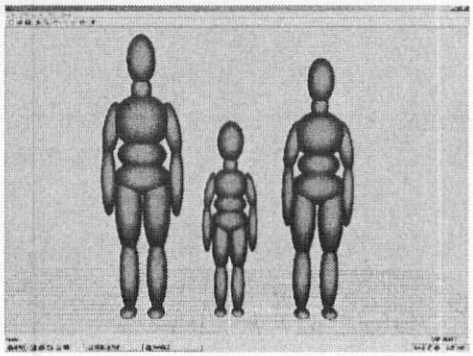

그림 3. OpenGL을 이용한 가시화

3.2.2 OpenGL Performer를 이용한 가시화

OpenGL Performer라이브러리는 SGI에서 개발된 실시간 3차원 그래픽 개발 환경으로 SGI 그래픽 워크스테이션에서 동작한다(Eckel and Jones, 2000). Performer와 그래픽 전용워크스테이션을 이용함으로써 얻는 이점은 PC에서의 자원한계로 인한 저속 그래픽처리 문제를 해결할 수 있으며, 다중채널을 구성함으로써 보다 현실적인 가시환경을 구축할 수 있다. 또한 OpenGL에서 지원하지 않는 Scene Graph구조를 사용할 수 있다. Scene Graph구조는 가상환경내의 각 물체간의 관계를 서로 연결된 자료구조로 구성하므로, 가상환경을 효율적으로 제어할 수 있어 각 지체가 조인트로 연결된 관절 구조에 적합하다.

구성된 인체 모델의 Scene Graph는 골반 위치를 전역 좌표계에 대해 정의하고, 각 지체는 골반의 위치로부터 지역 좌표계로 표시되는 조인트에 의해 묶인 사슬 구조를 가지게 된다. 구성된 인체 모델은 그림 4와 같다.

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

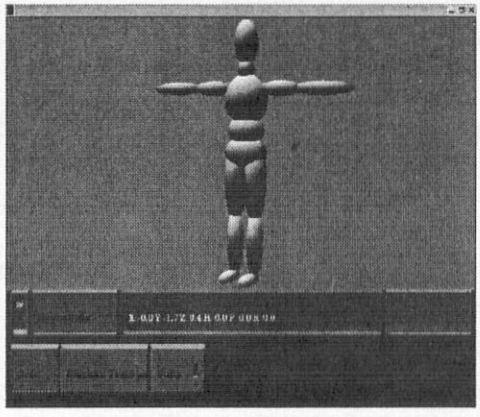

그림 4. Performer를 이용한 가시화

4. 인체 모델 적용

4.1 인체 모델의 동적 해석

한국인 표준 인체 모델의 동적 해석을 위하여 인체 거동 해석 프로그램인 TNO사의 MADYMO(V5.41)를 사용하였고, GEBOD에서 생성된 청년2(25-39세) 50%ile 모델의 인체 데이터를 사용하여 MADYMO의 입력 데이터 파일을 작성하였다 (TNO Automotive, 1999). 기하학적 데이터와 질량 및 관성모멘트는 GEBOD에서 생성된 데이터를 그대로 사용하였고, 조인트의 기계적 특성은 전방 충돌용 국제 표준 인체 모델인 Hybrid III의 데이터를 적절히 수정하여 사용하였다.

한국인 인체 모델의 동적 해석의 검증을 위해 Hybrid III의 전방 충돌 썰매 테스트와 동일한 해석 환경에서 시뮬레이션을 수행하였다. 한국인 인체 모델을 썰매에 앉히고 안전벨트를 부착하였고, 앉은 자세에서 인체 모델의 움직임이 없이 동적 평형을 이루도록 하였다. Hybrid III의 해석과 동일하게 20 G, 50 km/h의 전방 충돌 상황에 대해 200 msec동안 해석을 수행하였다. 그림 5는 Hybrid III(좌)와 한국인 인체 모델(우)의 전방 충돌시 인체의 거동을 보여준다. 그림 6

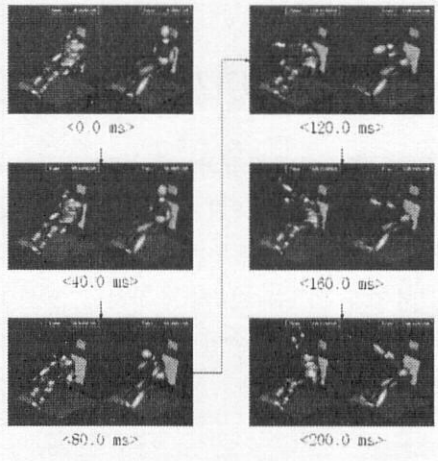

그림 5. 전방 충돌 시뮬레이션

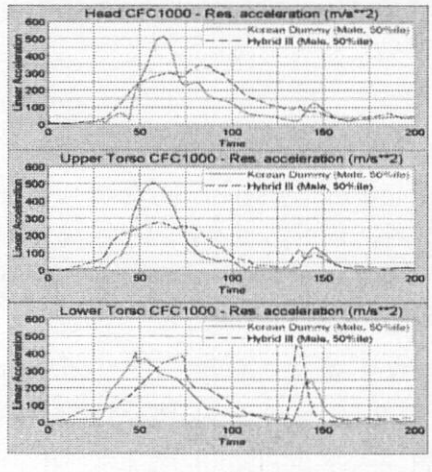

그림 6. 전방충돌시
머리, 흉부, 골반의 가속도

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

은 한국인 인체 모델과 Hybrid III의 머리, 흉부 및 골반의 가속도 변화를 보여준다. 한국인 표준 인체 모델의 거동은 Hybrid III와 유사하나 머리와 흉부에서 143%와 178%의 가속도가 발생하였다. 한국인의 체중이 미국인이나 유럽인보다 작으므로 동일한 충격에 대해 가속도가 크게 나타나는 것으로 판단된다.

4.2 인간공학적 평가기능

차량 내부 인테리어의 감성평가에 있어서, 시야나 팔과 다리의 리치는 인간의 감성 중 안락감, 개방감, 사용감 등을 평가하는데 중요한 변수가 될 수 있다. 조작하기 용이한 기어 쉬프트의 위치, 운전대에 가리지 않고 시야 확보가 가능한 계기판의 위치 등으로부터 인간 의 감성을 평가하는 연구가 진행 중이다. 본 연구에서는 인체 모델의 시야와 리치 평가기능을 개발하고 적용하였다.

4.2.1 시야평가 기능

인체 모델의 인간공학적 평가를 위해 시야 평가 기능을 개발하였다. 가상환경 내에서 인체가 가지는 시야를 표시함으로써, 계기의 시야각 내에서의 위치와 지시대상에 대해 인체가 가지는 표시방법, 표시범위, 정확도에 대한 감성측정 및 인간공학적 분석이 가능하다.

시야평가의 구현을 위해서는 먼저 시점의위치(인체 모델의 눈의 위치)를 결정하고, 시선의 방향을 인체의 정면을 바라보도록 하여야 한다. 그리고 사람이 볼 수 있는 범위를 일정한 각도 내로 제한하여야 한다. 시야평가는 수평, 수직 시야각을 변경함으로써 가능하다. 개발된 시야평가 기능은 인체 모델에서 눈의 위치를 얼굴전면에 고정하였으며 시야각 내에 위치하는 물체를 표시함으로써 시야평가가 가능하도록 하였다. 그림 7은 도요다 렉서스 차량의 내부를 운전자의 시야를 통해 바라본 모습을 보여주고 있다.

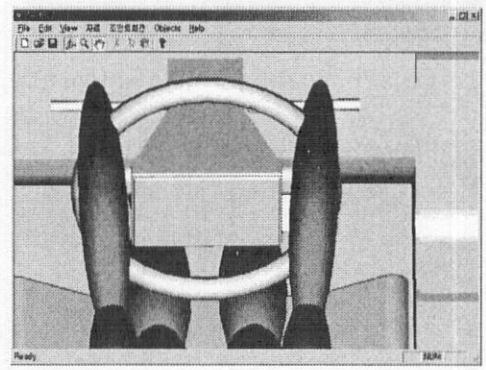

그림 7. 운전자의 시야에서 본 차량내부

4.2.2 리치평가 기능

인체 모델의 인간공학적 평가를 위해 리치평가 기능을 개발하였다. 대부분의 조작장치는 앉은 자세에서 작동하므로 운전자를 대상으로 팔과 다리의 리치를 표시하였다. 리치평가를 수행하기 위해서는 인체를 구성하는 관절의 회전범위를 모델링하여야 한다. 리치평가에 사용한 인체관절의 자유도와 운동영역은 Chaffin과 Andersson이 제시한 각 관절의 운동영역(제한각도)에서 평균값을 사용하였으며 표 2에 제시한 바와 같다(Chaffin and Andersson, 1984).

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

표 2. 관절의 자유도와 운동영역

관절	자유도	동작유형	운동영역			
			5%ile	95%ile	표준편차	평균
어깨	2	굴곡	168°	208°	12°	188°
		신전	38°	84°	14°	61°
		외전	106°	162°	17°	134°
		내전	33°	63°	9°	48°
팔꿈치	1	굴곡	126°	159°	10°	142°
고관절	2	내전	11°	51°	12°	31°
		외전	33°	73°	12°	53°
무릎	1	굴곡	92°	134°	13°	113°

개발된 리치평가기능에서는 어깨를 중심으로 회전하는 전체 팔의 리치, 앉은 자세에서 팔을 앞으로 뻗고 팔꿈치를 고정한 상태에서의 아래팔의 리치, 무릎과 고관절의 회전을 통한 다리의 리치를 포락면(envelope)의 형태로 표현하였다.

어깨관절에서의 운동에 의한 전체 팔의 리치는 운전대가 주 대상이 된다. 어깨관절의 운동은 굴곡/신전운동과 내전/외전 운동을 수행한다. 그림 8은 청년2(25-39세) 50%ile 모델의 전체 팔의 리치 포락면을 OpenGL Performer를 통해 가시화한 모습을 보여주고 있다. 아래팔의 리치는 운전자가 팔을 앞으로 뻗은 상태에서 아래팔의 회전운동(어깨 내회/외회)과 팔꿈치의 운동 영역을 제한하였을 때 도달할 수 있는 범위를 표시하였다. 그림 9에서 아래팔의 리치 포락면을 보여주고 있다. 다리의 리치평가는 운전실내의 페달을 그 대상으로 한다. 다리의 리치평가는 무릎의 수직높이를 고정시킨 상태에서 무릎의 수평위치와 무릎의 운동 한계 내에서 리치를 표시하였다.다리의 움직임은 고관절에서 2자유도를 가지고 있으나 무릎의 수직높이를 고정시켰기 때 문에 고관절의 굴곡/신전운동은 없으며, 고관절의 내전/외전 운동만을 주었다. 그림 10에서 다리의 리치 포락면을 보여주고 있다.

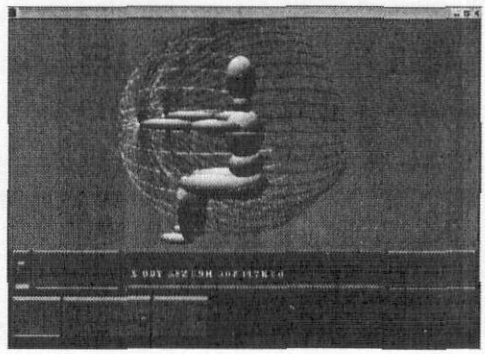

그림 8. 전체 팔의 리치 포락면

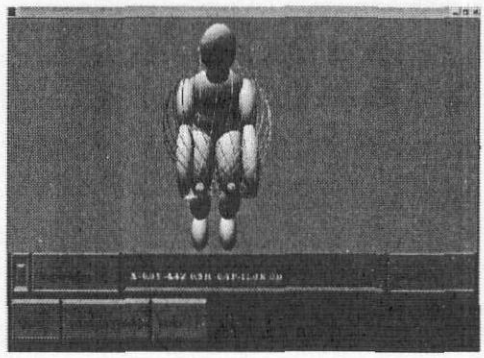

그림 9. 아래 팔의 리치 포락면

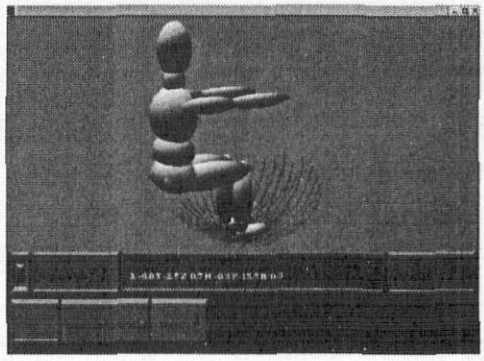

그림 10. 다리의 리치 포락면

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

5. 결 론

제품이나 환경에 대한 인간의 감성측정 및 평가에 적용하기 위해서, 한국인 체형에 맞는 인체 모델의 개발을 목적으로 한국인 인체 측정 자료를 수집하였다. 수집된 자료는 사용자 집단에 따른 백분위수로 분류함으로써 한국인 인체 모델의 기초자료로 하였다.

분류된 자료를 토대로 15개의 지체와 14개의 조인트로 연결된 인체 모델을 생성하였다. 생성된 인체 모델은 지체들의 형상, 질량, 조인트의 위치와 기계적 특성치를 포함하고 있어 동역학적 해석에 사용이 가능하며 인체 모형 제작에 기초자료로 사용될 수 있도록 하였다. 개발된 인체 모델을 3차원 그래픽 기술을 이용해 PC플랫폼과 SGI 워크스테이션에서 가시화하였다. 각 지체는 타원으로 표현되며 조인트의 회전을 통해 인체 동작구현이 가능하다.

인체 모델의 감성평가를 통하여 인간 친화적인 제품의 개발에 이용될 수 있다. 구체적으로는 한국인 인체 모델은 인간 감성을 만족시키는 제품개발을 위한 데이터를 제공할 것이며 가상현실에 사용자 자신을 대신하는 인체를 제공 할 수 있을 것이다. 인체 모델의 동적 거동해석은 한계상황에서 인체를 대신하여 보다 안전하고 안정된 결과를 제공할 것이며 시간적, 금전적 비용을 크게 절감할 것으로 기대된다. 감성 측정 및 평가에 다양하고 적합한 인체 모델을 제공함으로써 국내의 감성공학 연구의 기초연구로서 활력을 제공하고자 한다.

참고 문헌

김진호, 박수찬, 장명현, 김철중, "한국인 인체 측정에 관한 연구," 대한인간공학회지, 8(1), 19-30, 1989.

이영신, 임현균, 김철중, 이남식, 박세진, "한국인의 인체분절의 질량, 질량중심, 관성모멘트에 관한 연구," 대한 기계학회지, 18(7), 1952-1966, 1994.

한국표준과학연구원, 국민표준체위조사보고서, 국립기술연구원, 1997.

한치근, 정의승, "인체 모델의 컴퓨터 형상화 방법," 대한인간공학회지, 12(1), 57-73, 1993.

Backaitis, S. H. and Mertz, H. J., Hybrid III : The First Human Like Crash Test Dummy, SAE, 1994.

Chaffin, D. B. and Andersson, G. B. J., Occupational Biomechanics, John Wiley and Sons, 1984.

Chaffin, D. B., "On simulating human reach motions for Ergonomics analyses," Proceedings of the International Conference on Computer-Aided Ergonomics and Safety, Singapore, 2001.

Cheng, H., Rizer A. and Obergefell, L., Generator of Body Data Manual, NTIS, Springfield, 1994.

Eckel, G. and Jones, K. OpenGL Performer Programmer's Guide, Mountain View, SGI, 2000.

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

Fosner, R., OpenGL Programming for Windows 95 and Windows NT, Addison-Wesley, 1996.

TNO Automotive, Madymo Manual Version 5.4, TNO Automotive, 1999.

Young, J. W. and Chandler, R. F., Anthropometric and Mass Distribution Characteristics of Adult Female, NTIS, Springfield, 1983.

저자 소개

◈ 이 상 철

1998년 동아대학교 기계공학부 졸업.
부산대학교 기계설계공학과 석사(2002).
현재 한국항공우주산업(주) 근무.
관심분야는 감성공학, 인체 모델 및 시뮬레이션.

◈ 손 권

1978년 서울대 기계공학과 졸업.
한국과학기술원 생산공학과 석사(1980).
Univ. of Michigan at Ann Arbor 기계 및 응용역학과 박사(1988).
현재 부산대학교 기계공학부 교수.
관심분야는 생체역학, 가상현실을 이용한 주행 시뮬레이터, 오프라인 프로그래밍, 감성공학.

◈ 김성진

2001년 부산대학교 기계공학부 졸업.
현재 부산대학교 기계설계공학과 석사과정.
관심분야는 생체역학, 동역학적 인체 모델링 및 시뮬레이션.

논문접수일 (Date Received): 2002/01/08
논문게재승인일(Date Accepted): 2002/05/25

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.