

가상현실 기반에서 차량 운전자 거동의 가시화

정윤식*, 조봉조*, 손권**

*부산대 기계설계공학과, **부산대 기계공학부

Motion Visualization of a Vehicle Driver Based on Virtual Reality

Yun-Seok Jeong*, Bong-Jo Cho*, Kwon Son**

*Dept. of Mechanical Design Eng., Pusan National Univ.,

**Dept. of Mechanical Eng., Pusan National Univ.,

ABSTRACT

본 연구에서는 가상환경 및 시뮬레이션에서 확용이 가능한 인체 모델을 개발하였다. 한국인 인체 측정 자료를 바탕으로 각 지체에 대한 기구학적 특성치와 상관관계를 얻고 인체 모델을 구성하였다. 인체 모델은 17개의 독립된 지체들로 구분되며 조인트로 연결된다. 구성된 모델은 가상환경의 신 그래프(scene graph)상에 자료화되고 DCS를 이용하여 애니메이션이 가능하도록 하였다. Madymo를 이용하여 차량 운전자의 전방 충돌 및 범퍼 통과시 지체의 거동을 해석하고 그 결과 값을 변환하여 OpenGL Performer 라이브러리를 통해 가상 공간에 가시화하였다.

Keyword : Dummy, Scene graph, Frontal crash, Bumper passing, Virtual reality

Madymo(MAThematical Dynamic MOdel), GEBOD(GENERATOR of BOdy Data)

1. 서론

가상현실(virtual reality)이란 컴퓨터를 이용하여 구축한 가상공간(virtual environment)속에서 현실세계에서는 직접 경험하지 못하는 상황을 간접 체험할 수 있도록 만든 정보활용 분야의 새로운 패러다임중 하나이다. 컴퓨터 그래픽스 기술의 발전과 하드웨어 가격이 저렴해짐에 따라 제품의 설계에서도 이러한 가상현실 기술을 응용하는 것이 보편화되었다. 차량 분야

에서도 시간 및 경비를 절약하기 위해 시제품 이전에 가상공간에서 충돌 모의 실험을 통해 운전자의 거동을 관찰하거나, 자동차의 운전석을 설계할 때 운전자의 사용성 평가를 수행하는 등 여러 가지 형태로 확용되고 있다.[1]

본 연구에서는 가상현실 기술을 바탕으로 인체 모델과 차량의 통합 시스템을 구축하였다. 한국인의 인체측정자료를 바탕으로 GEBOD를 이용하여 15개 지체의 인체 모델을 생성하였고,

모델의 동작성을 보완하기 위해 17개 지체 모델을 구성하였다. 구성된 인체 모델을 차량에 탑승시키고 정면 충돌과 범퍼 통과시 운전자의 거동을 Madymo로 해석하였다. 가상공간상에 신 그래프(scene graph)를 이용하여 인체 모델을 자료화하고 DCS를 이용해 애니메이션 기능을 개발하여, 차량 내 운전자의 거동을 가시화하였다. 마지막으로 암 마스터를 이용하여 외부 입력에 대응할 수 있도록 시스템을 확장하였다.

2. 인체 모델의 기구학적 구성

2.1 모델의 데이터 생성

인체모델의 데이터를 생성하기 위해 비 공군에서 개발한 인체자료 생성 프로그램인 GEBOD(Generator Of Body Data)을 사용하였다[2]. GEBOD은 지체들의 형상, 질량, 조인트의 위치와 기계적 특성을 계산한다. GEBOD의 데이터는 모두 지역 좌표계를 기준으로 기술되며 각각의 지체 좌표계의 원점은 지체의 질량 중심으로 정의한다.

GEBOD에서 인체모델은 15개의 지체와 14개의 조인트로 구성되고, 형태는 접촉 타원 반축(contact ellipsoid semiaxis)과 조인트의 상대 위치에 의해 결정된다. 각 지체들은 접촉 타원의 형태로 표현되며 분리적 조인트로 결합되어 있고 질량과 관성모멘트를 가진다. 그리고, 접촉 타원은 외부와 지체 사이의 접촉을 정의한다. 인체모델의 조인트와 지체 구성은 그림 1과 같고, 조인트는 지체를 연결하고 회전축의 중심이 된다.

GEBOD은 프로그램에 포함되어 있는 인체측정학적 조사와 입체사진술 연구에 기초한 데이터가 아닌, 특정한 인체자료의 입력에 의해서도 인체 데이터의 생성이 가능하다. 입력자료는 32개의 인체치수를 가지고 있어야 하며, 그림 2와 같이 4가지 그룹의 회귀방정식을 이용하여 15개의 지체를 가진 인체모델의 치수, 조인트 위치좌표, 지체의 제적, 수관성 모멘트에 대한 데이터를 얻을 수 있다.

본 연구에서는 위의 과정을 통해 25-39세의 50%ile 한국인 성인 남성에 대한 인체모델의 기구학적 데이터를 생성하였다. 인체 모델의 구성을 위해 입력자료로 사용한 32개 인체치수는 국민 표준체위 조사 보고서의 120개 항목과 비

교하여 정의가 가장 유사한 것을 사용하여 한국인의 인체 치수가 반영되도록 하였다.[3]

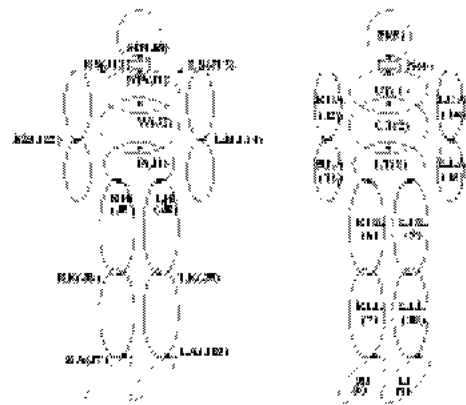


그림 1. 인체모델의 조인트와 지체

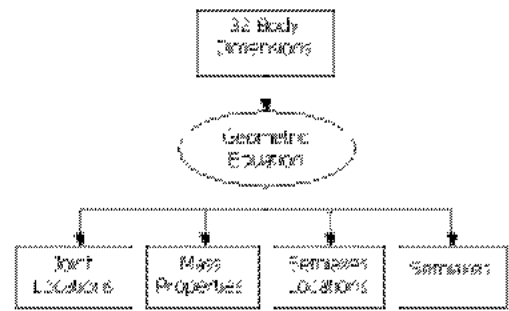


그림 2. 인체 관성 데이터 생성 과정

2.2 손의 분리

GEBOD으로 구성된 인체모델의 아래팔(lower arm)은 손을 포함하여 하나의 지체로 구성되어 있다. 손의 조작과 관련하여 정적 및 동적 평가를 위해 아래팔에서 손을 분리하고 손과 아래팔을 각각의 독립된 지체로 구성하여 17개 지체의 인체모델을 완성하였다. 기하학적 데이터는 국민 표준체위 조사 보고서로부터 얻어진 결과를 사용하였다.

질량은 Clauser의 연구 결과로부터 얻어진 인체의 전체 질량에 대한 각 지체의 질량비를 이용하여 계산하였고[4-5] 관성모멘트는 McConville의 연구 결과로부터 얻어진 다음의 회귀방정식을 사용하여 계산하였다[6].

$$\begin{aligned} \text{계산값} &= \text{Coeff.} \cdot \text{Stature} \\ &\pm \text{Coeff.} \cdot \text{Weight} \pm \text{Const.} \end{aligned} \quad (1)$$

식 (1)의 회귀방정식으로부터 인체의 신장파 제증을 입력 값으로 하여 각 지체의 관성모멘트를 계산한다.

3. 그래픽 환경 구성

인체 모델의 가시화를 위해 OpenGL Performer 그래픽 라이브러리를 이용하였다. OpenGL Performer 라이브러리는 고속 렌더링, 실시간 화면 생성, 자유로운 물체이동, 안정적인 화면 제시(fixed frame rate display), 고성능 렌더링 기능을 제공한다.[7]

인체 모델은 GEBOD에서 생성한 기구학적 데이터를 바탕으로 가상환경 내에 계층적 구조를 가진 실시간 3차원 모델 데이터 베이스인 신 그래프를 이용하여 구현된다. 구성된 인체 모델의 신 그래프는 팔만의 위치를 전역 좌표계에 대해 정의하고, 각 지체는 팔만의 위치로부터 지역 좌표계로 표시되는 조인트에 의해 묶인 트리 구조를 가지게 된다. 구성된 인체 모델의 신 그래프 구성은 그림 3과 같다.

신 그래프내의 각 노드(node)들에 애니메이션 기능을 부여하기 위해 DCS(Dynamic Coordinate System)을 이용하였다. DCS에서는 신 그래프상의 상위 노드가 하위 노드의 위치를 결정하고 각각의 노드는 병진, 회전, 스케이링이 가능하기 때문에, 이를 이용하여 입력 데이터에 따라 인체 모델이 자유롭게 거동할 수 있는 환경을 구축하였다. 그리고, 인체 모델에 차량 모델을 추가하여 통합 시스템을 구축하였다.

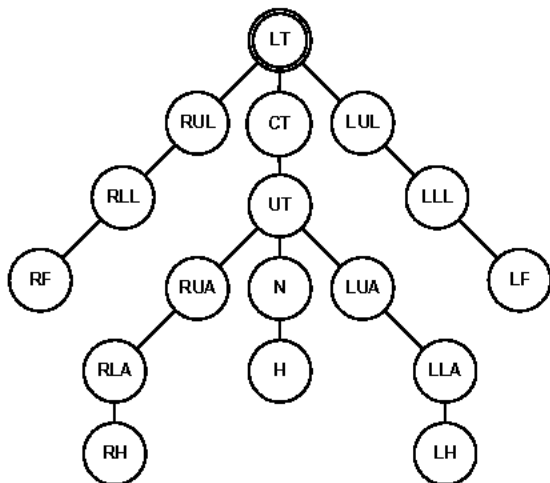


그림 3. 인체모델의 신 그래프 구성

4. 운전자 거동해석 시뮬레이션

4.1 정면충돌 시뮬레이션

정면충돌을 위한 50%ile 한국인 성인 남성 인체모델의 구성과 해석은 충돌 시뮬레이션

해석 프로그램인 TNO사의 MADYMO(V 5.41)를 사용하였다[8]. GEBOD로부터 얻어진 결과로부터 MADYMO 입력 데이터 파일을 작성하였다. 17지체 인체모델의 기하학적 데이터와 질량 및 관성모멘트는 GEBOD에서 생성된 데이터를 그대로 사용하였고, 그리고 기계적 특성은 전면충돌용 국제표준 인체모델인 Hybrid III의 데이터를 수정하여 사용하였다.

정면충돌을 위한 50%ile 한국인 성인 남성 인체모델의 해석 환경은 인체 모델을 차량에 탑승시키 안전벨트를 부착하고, 앉은 자세에서 인체모델이 움직임이 없이 동적 평형을 이루도록 하였다. 모델에 대해 20 g, 50 km/h의 정면충돌 상황에 대해 200 msec동안 해석을 수행하였다.

MADYMO는 해석 결과로 모델의 각 조인트 정보를 오일러 파라미터(Euler parameters)의 형태로 보여준다. 이 정보들이 DCS에서 사용이 가능하도록 브라이언트 각(Bryant angles)의 형태로 변환되었고, OpenGL Performer 라이브러리를 이용하여 해석결과를 가시화 하였다. 그림 4는 정면충돌 시 차량 내 인체 거동을 보여주고 있다.

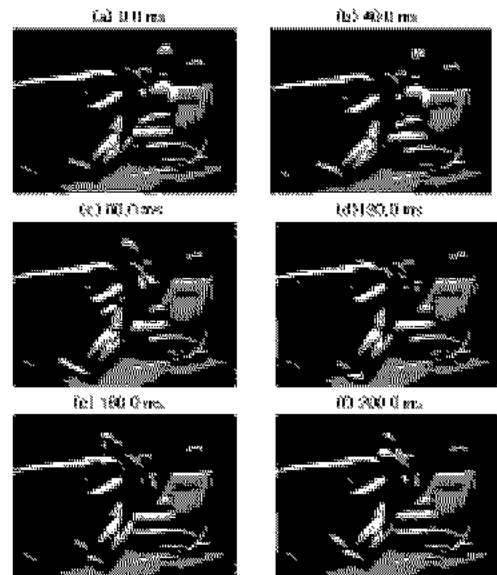


그림 4. 정면 충돌 시뮬레이션

4.2 범퍼통과 시뮬레이션

범퍼 통과시 운전자의 거동을 해석하기 위해서는 차량의 가속도 데이터가 필요하며, 이를 위해서는 전차량 모델링을 통한 차량동역학 해석이 수행되어야 한다. 본 연구에서는 맥퍼슨 현가장치를 장착한 차량 모델을 MDI사의 아담스(ADAMS)를 이용하여 해석한 결과를 사용하였다.[9]

주행 환경으로 차량은 너비 2 m, 높이 0.1 m의 반사인키브 모양의 장애물을 일정속도(5m/s)로 통과하는 것으로 가정하였으며, 이 때 좌표계 설정은 차량의 진행방향을 x, 차량의 측면방향을 y, 그리고 x와 y 평면에 대해 수직인 z축으로 구성된다.

사용한 인체 모델은 정면 충돌시의 모델과 동일하며 MADYMO에 차량 가속도를 가속도장의 형태로 삽입하여 해석을 수행하였다. 그림 5는 범퍼 통과시 차량 내 인체 거동을 가시화한 것이다.

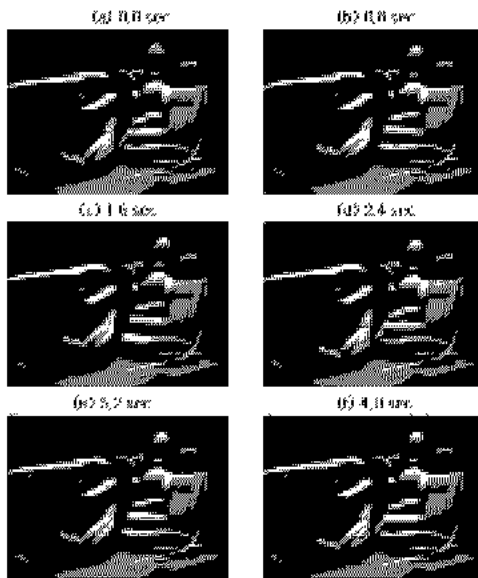


그림 5. 범퍼통과 시뮬레이션

5. 암 마스터를 이용한 응용

그래픽 환경 시스템에 암 마스터를 추가하여 외부입력에 대응할 수 있는 가상 현실 시스템을 구축하였다. 그림 6에 암 마스터의 구조가 나타나 있으며, 사람의 팔 구조와 동일하다. 어깨에 3개의 관절축을 일치시키고, 팔꿈치에 1개의 관절, 그리고 허벅지에 1개의 관절이 직렬 구조의 링크로 연결되어, 총 7자유도 중

손목부의 2자유도를 제외한 5자유도로 구성되어 있다. 암 마스터는 사람의 제형에 따라 길이 조절이 가능하다. 사람의 팔은 각 개인의 제형에 따라 차이가 발생하며, 설계에 반영하여야 한다.[10]

운전자의 조작에 의해 암 마스터로부터 발생하는 위치 정보는 조인트 각의 형태로 변환되며, 가상환경으로 전달되어 팔의 움직임을 표현하게 된다. 실시간 렌더링이 시간지연 없이 수행되도록 하기 위해 UDP통신 프로토콜을 이용하였다. 그림 7은 구축된 시스템을 이용하여 차량에 탑승한 운전자 테스트 장면을 보여주고 있다.

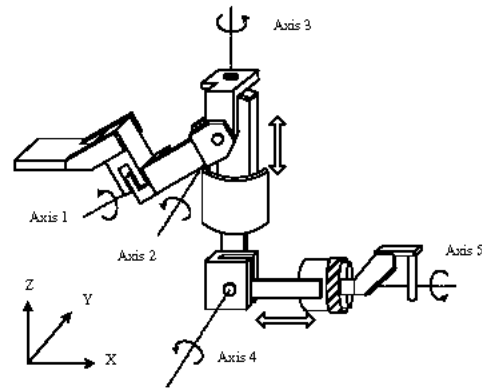


그림 6. 암 마스터의 구조



그림 7. 운전자 테스트

6. 결론

구축된 시스템은 차량 충돌 테스트시 운전자의 거동을 가시화 하는 것이 가능하고, 차량 인테리어 평가 및 차량 내부 기기의 조작성을 테스트하는데 활용이 가능하므로, 이를 통해 여러 가지 관점에서 차량 설계 시 자료로 활용하는 것이 가능하다.

시스템을 활용성을 높이기 위해서는 전방 충돌 외에도 측면 및 후방 충돌 등 각 응용분야의 특징에 따라 활용이 가능한 다양한 모델의 개발이 필요하다. 물입감의 향상을 위해 실사에 근접한 모델 개발 및 향상된 가상환경의 구축을 위해 고성능의 하드웨어뿐만 아니라 그래픽 처리능력의 향상이 필요할 것으로 보인다.

후 기

본 연구는 과학기술부 선도기술개발 사업연구비(가상 환경 제시 시스템 구축을 위한 감성 측정 및 평가 지원, M1-9817-01-0003)의 지원으로 수행되었습니다.

참 고 문 헌

- [1] Case, K., Bonney M. C. and Poster J. M., "Computer Graphics Standards for Man Modeling," Computer Aided Design, Vol. 23, No. 4, pp. 257-268, May 1991
- [2] Cheng, H., Rizer, A and Obergefell, L., Generator of Body Data Manual, Springfield, NTIS, 1994
- [3] 한국표준과학연구원, 국민표준채워 조사보고서, 국립기술연구원, 1997.
- [4] Clauser, C. E., McConville, J. T. and Young, J. W., Weight, Volume and Center of Mass of Segments of the Human Body, AMRL-TR-69-70, WPAFB OH, 1969.
- [5] Chandler, R. F., Clauser, C. E., McConville, J. T., Reynolds H. M. and Young J. W., Investigation of Inertial Properties of the Human Body, AMRL-TR-74-137, WPAFB OH, 1975.
- [6] McConville, J. T., Churchill, T. D., Kaleps, I., Clauser, C. E., and Cuzzi, J., Anthropometric Relationships of Body and Body Segment Moments of Inertia, AMRL-TR-80-119 (AD A097238), Aerospace Medical Research Laboratory, WPAFB OH, 1980.
- [7] Eckel, G. and Jones, K., OpenGL

Performer Programmers Guide, Mountain View, SGI, 2000

- [8] TNO Automotive, Madymo Manual Version 5.4, TNO Automotive, 1999.
- [9] 엄성숙, "동역학을 기반으로 한 차량 시뮬레이터의 감성공학적 평가," 석사학위논문, 부산대학교, 2001.
- [10] 민두기, 정웅철, 송재복, 김용일, "팔운동감 제시기의 개발 및 능동임피던스의 구현," 한국정밀공학회 추계학술대회논문집, Vol. I, pp. 68-71, 1999.