

# 인체 전신 레이저 스캔 데이터를 대상으로 한 인체 애니메이션 연구

윤근호<sup>†</sup>, 조창석<sup>\*\*</sup>

## 요 약

본 연구는 3D레이저 스캔 방식으로 계측된 인체 데이터를 대상으로 하여 인체의 여러 동작들에 대한 애니메이션 모듈 구현을 목표로 하였다. 이를 위하여 애니메이션 회전을 위한 기준점인 인체의 골격 기준점을 추출하고 추출된 기준점을 이용하여 골격을 잡고 각 골격에 따른 계층트리를 구성하였다. 구성된 계층트리의 골격에 해당되는 오브젝트 정점들을 골격과 연결하고 주어진 애니메이션 3차원 정점들에 행동 패턴을 적용하여 스캔데이터에 애니메이션을 구현하였다.

## A Study for Animation Using 3D Laser Scanned Body Data

Geun-Ho Yoon<sup>†</sup>, Chang-Suk Cho<sup>\*\*</sup>

## ABSTRACT

An implementation of animation module using the 3D body data scanned by laser scanner is reported in this paper. Characteristic points of the skeleton in human body were picked up as pivot point for 3D rotation. The body data set was reconstructed as objects built in hierarchical tree structure, which is based on skeleton model. In order to implement the 3D animation of the laser scanned body data, the vertexes of the objects were connected as skeleton structure and animated to follow dynamic patterns inputted by user.

**Key words:** 3D animation,(3차원 애니메이션) laser scanned body data(레이저스캔 인체데이터), hierarchical tree structure(계층형 트리 구조)

## 1. 서 론

최근 영화, TV, 게임, 의류산업 관련 시장 속에서 가상 인물을 이용한 영상물 제작이 증가하고 있는 추세이다. 특히 사실적 동작 생성 기술이 발달함에 따라 인체 애니메이션 시스템은 더욱 활발하게 보급되고 있다. 3차원 인체 오브젝트로 애니메이션을 구현하기 위해서는 폴리곤(Polygon)의 각 정점(vertex)들을 인체의 모션정보에 따라 개별적으로 이동시켜 피부를 변형한다. 이러한 변형은 골격의 움직임이 피

부 표면의 폴리곤 각 정점에 어떠한 방식으로 영향을 미치는지 정의하고 정점의 이동 및 회전 연산이 실시간으로 이루어져야 한다.

인체 애니메이션의 방법으로는 각 프레임에 해당되는 3차원 좌표를 번갈아 가면서 출력하는 메시 연속 출력 애니메이션, 신체의 각 부분을 따로 보관하면서 자세에 맞는 움직임을 매트릭스로 구현한 비계층형 애니메이션, 각 부분을 부모-자식관계의 트리 형태로 구성하여 구현한 계층형 애니메이션, 기본 뼈대와 그 위에 입히는 메시지를 분리해 처리하고 캐릭터

※ 교신저자(Corresponding Author) : 조창석, 주소 : 경기도 오산시 양산동 한신대학교 정보통신학부(447-791), 전화 : 031)379-0652, FAX : 031)379-0735, E-mail : cscho@hs.ac.kr

접수일 : 2012년 7월 31일, 수정일 : 2012년 8월 22일

완료일 : 2012년 8월 29일

<sup>†</sup> 준회원, 한신대학교 정보통신학부  
(E-mail : 2rmsgh2@naver.com)

<sup>\*\*</sup> 정회원, 한신대학교 정보통신학부

를 구성하고 있는 각각의 메시와 정점들이 뼈대에 얼마의 영향을 받는지 계산하여 구현하는 골격 애니메이션 등이 있다. 이러한 인체 애니메이션에 대한 기존의 연구로는 아바타의 모션제어 개선에 관한 연구[1-5], 아바타 스킨을 사실적으로 표현하기 위한 인체 변형기법 연구[6-8], 인체 해부학을 기반으로 한 애니메이션 제작 연구[9] 등이 보고되어 왔다.

기존의 인체 애니메이션 작업 시, 인체 모델링의 대부분은 골격 및 계층구조 등의 정보를 MAYA나 3D MAX 등의 그래픽 제작 패키지를 이용하여 기술자들의 수작업을 통해 만들어진다. 이러한 제작환경은 실제 인물을 이용할 경우가 아닌 아바타 모델이어서 현실감이 떨어진다. 따라서 서비스에 제약이 있고 애니메이션 정보 추가에 시간적, 비용적 문제점이 따른다. 본 연구에서는 인체 전신 레이저 스캐너를 통해 계측된 인체 3차원 데이터를 대상으로 인체의 여러 동작을 표현하는 애니메이션 시스템을 구현하는 것을 목표로 한다. 이를 위해서 정점의 3차원 위치 데이터와 텍스처 정보만으로 이루어진 인체 계측 데이터에 애니메이션에 필요한 골격, 계층구조 등을 구성하고 구성된 정보들을 이용하여 인체의 여러 가지 행동패턴을 표현할 수 있는 인체 애니메이션 방식을 제안한다.

## 2. 애니메이션의 구현

### 2.1 골격 기준점 검출

본 연구에서 사용되는 인체 데이터는 여성의 전신

레이저 스캔 데이터이다. 이 인체 데이터는 인체를 구성하는 점과 그들의 연결로 이루어진 삼각 폴리곤으로 구성되어 있는 ASE 파일형식이며 본 연구에서 샘플로 사용되는 데이터는 정점 113392개, 폴리곤 226170개로 구성되어 있고 파일크기는 42.8M이다.

그림 1은 인체 스캔 데이터를 대각선 네 방향에서 바라본 그림이다. 레이저 스캔 시 가려지는 부분을 최소화하기 위하여 다리를 30cm 정도 벌리고 양팔을 30° 각도로 뻗은 자세에서 스캔 한다. 스캔 장비로는 3D 인체 레이저 전신스캐너인 Cyberware사의 WB4가 사용되었다.

애니메이션을 구현하기 위해서는 인체 오브젝트에 골격을 구성해야 한다. 인체 골격을 구성하기 위해서는 골격의 기준점이 검출되어야 한다. 이러한 골격기준점을 검출하기 위해서 픽킹(Picking)을 사용하였다. 픽킹은 윈도우 화면의 마우스 포인터에서 카메라 방향과 평행인 임의의 반직선을 생성한 뒤 생성된 반직선과 교차하는 오브젝트를 선택하는 기능을 한다[10]. 픽킹의 과정은 그림 2와 같다.

그림 2의 과정에서 화면좌표계 마우스 위치 검출은 투영변환 행렬과 뷰포트변환행렬의 역변환을 이용하여 검출하고, 임의의 반직선과 3D오브젝트의 충돌여부는 삼각형 점 포함테스트를 이용한다. 또한 본 연구에서는 픽킹을 통한 기준점 추출 시 충돌된 지점을 포함하는 폴리곤의 세 정점 중 임의의 한 점을 기준점을 추출하였는데 이는 인체 스캔데이터를 이루고 있는 폴리곤의 세 정점의 거리가 0.002이하여서 연산을 통해 검출되는 충돌점과의 오차가 크지 않기



그림 1. 3D 인체 스캔 데이터

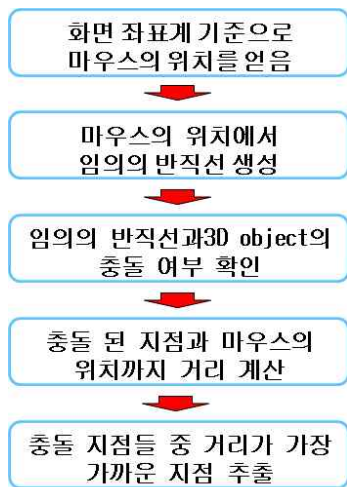


그림 2. 픽킹 과정

때문이다.

본 논문에서 픽킹을 사용하여 검출하는 골격 기준점은 14개의 기준점을 검출한다. 검출된 기준점을 바탕으로 구성된 골격을 구성한다. 구성된 기준점과 골격은 그림 3과 같다.

그림 2에서의 검출점은 척추 연결점(backbone), 골반(Pelvis), 어깨 (shoulder), 팔꿈치(Elbow), 손끝(Fingertip), 무릎(knee), 발목(Tiptop)등 좌우 대칭으로 2개씩 검출한다.

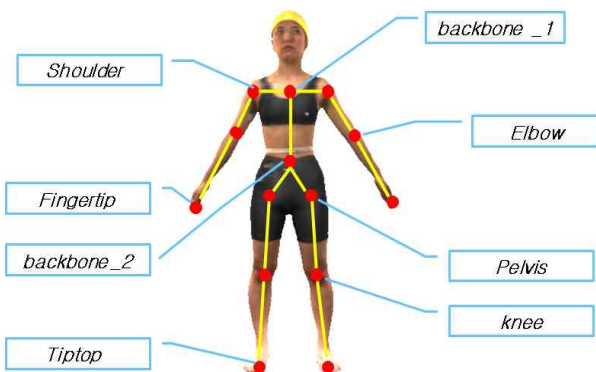


그림 3. 골격 기준점 및 골격

### 2.2 골격 계층구조의 형성과 클러스터링

3차원 레이저 전신 스캐너로 얻어진 3차원 인체 데이터로 인체 애니메이션을 구현하기 위해서는 인체 내부에 골격을 구성하고 각 골격에 계층구조 관계를 지어 주어야한다. 하지만 현재 인체 파일은 골격과 골격이 이루고 있는 계층구조에 대한 내용을 포함하고 있지 않다. 그리하여 앞서 픽킹으로 검출한 기

준점을 바탕으로 계층 클러스터를 형성한다. 픽킹의 기능상 인체 오브젝트의 표면 좌표값을 검출하는데 인체 내부의 정확한 골격의 기준점을 획득하기 위하여 픽킹으로 검출한 표면의 좌표값과 같은 y값을 가지는 정점들의 최대 z값과 최소 z값의 평균을 계산하여 인체 내부의 골격 기준점으로 삼았다. 인체 내부에 정확한 골격 기준점이 잡히면 이를 바탕으로 인체 내부를 표현하는 골격을 구성한다. 골격이 구성되면 각 골격과 여기에 속하는 인체 오브젝트 폴리곤을 연결시켜 주어야 하는데, 이를 위해서는 하나의 오브젝트로 구성되어 있는 인체 3차원 스캔 데이터를 분할 해 주어야 한다. 오브젝트 분할은 골격 기준점을 기준으로 하여 일정 범위의 정점들을 묶어서 분할하는 방식을 사용한다. 본 논문에서는 인체를 10개의 오브젝트로 분할하는데 분할된 오브젝트는 그림 4과 같다.

인체 3D 오브젝트를 분할하면 오브젝트와 골격을 연결하고 각 오브젝트에 부모-자식 관계의 계층구조를 형성해야 한다. 계층구조는 부모계층 오브젝트가 이동이나 회전을 할 경우 하위 자식계층의 오브젝트가 부모계층의 이동에 영향을 받아 부모 오브젝트를 따라 움직이도록 제어한다. 계층구조를 사용함으로써 각 오브젝트에 주는 제어를 효율적으로 관리하고 자연스러운 애니메이션을 구현하는 것이 가능하다 [11].

본 논문에서는 골반 오브젝트를 최상위 계층으로 지정하고 지정된 최상위 계층에서 형성되는 전체 인체 오브젝트들의 계층구조도는 그림 5와 같다.

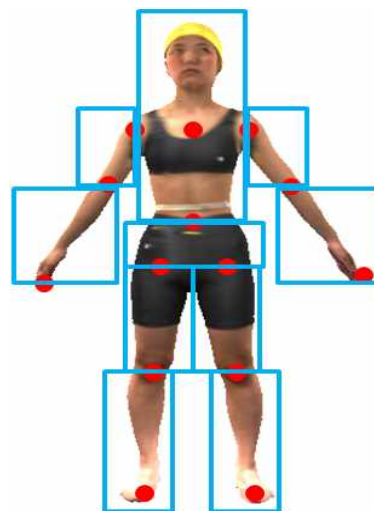


그림 4. 인체 오브젝트 분할

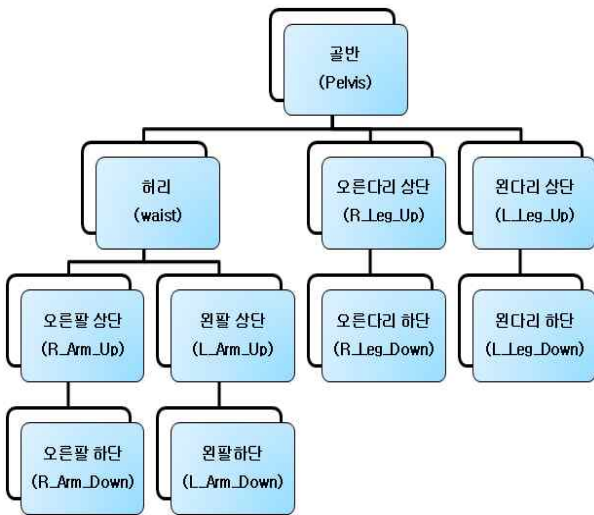


그림 5. 계층구조도

2.3 애니메이션 제어

인체 애니메이션을 구현하기 위해서는 계층관계로 묶여 있는 골격을 회전시키고 회전된 골격에 인체를 이루고 있는 다각형의 정점들을 각 골격에 맞게 상대적으로 회전 시켜 구현해야 한다. 여기서 골격의 회전은 계층구조에 따라 제어 해주어야 한다. 즉 하위계층의 움직임은 상위계층의 움직임에 따라 유기적으로 움직여야 한다는 것이다. 계층구조에 따른 애니메이션 제어식은 식 (1)과 같다.

$$P_{end} = M_{자식} M_{부모(n)} M_{부모(n-1)} \dots M_{부모(1)} P \quad (1)$$

식 (1)에서  $P = (x, y, z, 1)^T$  와  $P_{end} = (x', y', z', 1)^T$  는 정점  $(x, y, z)$  의 운동 전후의 위치를 나타내는 3차원 위치 벡터이다. 여기서 윗첨자  $T$  는 행렬의 전치를 의미하고 인체의 3차원 형상은 3차원 형상모델의 정점으로 기술되어 있기 때문에  $P$  와  $P_{end}$  는 3차원 운동 전후의 정점  $(x, y, z)$  의 좌표가 된다.  $M_{자식}$ ,  $M_{부모}$  는 해당 계층에 대한 변환 매트릭스다.

여기서 변환 매트릭스  $M$  을 풀어서 정리한 공식은 식 (2)와 같다.

$$P_{end} = T^{-1} R(\theta_0) TP \quad (2)$$

$$R_x = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\theta & \sin\theta & 0 \\ 0 & -\sin\theta & \cos\theta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad R_y = \begin{pmatrix} \cos\theta & 0 & -\sin\theta & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ \sin\theta & 0 & \cos\theta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$R_z = \begin{pmatrix} \cos\theta & \sin\theta & 0 & 0 \\ -\sin\theta & \cos\theta & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

식 (2)에서  $P$  와  $P_{end}$  는 3차원 운동 전후의 정점  $(x, y, z)$  의 좌표이며,  $T$  는 회전 중심으로 관절의 위치를 원점으로 이동하는 평행의 이동 행렬이다.  $R(\theta_0)$  는  $x, y, z$  축을 중심으로 한 회전 운동을 나타내고 각 축에 대한 회전 운동을 나타내는 행렬은  $R_x, R_y, R_z$  이다.  $\theta$  는 각 축에 대한 회전각이다[6-8].

위의 회전 변환 공식은 팔꿈치, 무릎, 허벅지등에서 인체 구부러짐 표현에 적용하기에는 용이 하지만 인체의 팔과 다리의 비틀림, 몸통의 모션을 표현하는데 지금의 회전 행렬식만으로는 운동을 제어하기 어렵다. 특히 다수의 척추 뼈로 이루어진 몸통의 경우에는 척추 뼈들 간의 유기적인 움직임은  $x, y, z$  의 회전공식만으로 제어 하는 것에 많은 어려움이 있다. 팔과 다리, 몸통의 여러 운동을 표현하기 위해 임의의 축에 대한 회전이 필요한데 그에 대한 수식은 식 (3) 같다[11-12].

$$P_{end} = T^{-1} R_x(\alpha)^{-1} R_y(\beta)^{-1} R_z(\theta) R_y(\beta) R_x(\alpha) TP \quad (3)$$

식 (3)에서  $\alpha, \beta$  는 각각 회전 중심축이  $x$  축,  $y$  축과 이루는 각도이며  $R_x, R_y$  는 각각  $x$  와  $y$  축을 중심으로 한 회전 행렬이다. 실제 인체에서의 비틀기 등의 운동 회전은  $z$  축을 중심으로 한 회전  $R_z$  로 이루어진다. 하지만 이와 같은 임의의 축 회전 연산은 한 번의 회전에 행렬연산을 7번 거쳐야 하기 때문에 연산 과정의 면에서 매우 비효율적이다. 또한 오일러 회전의 과정에서 다수의 축이 겹쳐 축의 자유도를 잃는 짐벌락(Gimbal Lock) 현상이 일어난다. 그리하여 4원수 표현법을 사용하여 지금의 회전공식을 보다 효율적으로 수행 할 수 있도록 한다. 사원수 표현법에 따른 회전 수식은 식 (4)와 같다[11-12].

$$P_{end} = T^{-1} M_R(\theta) TP \quad (4)$$

$$M_R(\theta) = \begin{pmatrix} u_x^2(1-\cos\theta) + \cos\theta & u_x u_y(1-\cos\theta) - u_z \sin\theta & u_x u_z(1-\cos\theta) + u_y \sin\theta & 0 \\ u_y u_x(1-\cos\theta) + u_z \sin\theta & u_y^2(1-\cos\theta) + \cos\theta & u_y u_z(1-\cos\theta) - u_x \sin\theta & 0 \\ u_z u_x(1-\cos\theta) - u_y \sin\theta & u_z u_y(1-\cos\theta) + u_x \sin\theta & u_z^2(1-\cos\theta) + \cos\theta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

식 (4)에서  $u_x, u_y, u_z$  는 회전축에 대한 단위벡터  $u$  의 각 방향 성분이다. 여기서 두 점에 대한 임의의 축의 단위 벡터  $u$  는 회전축의 각 벡터 성분을 계산하여 알 수 있다. 회전축의 각 벡터 성분과 단위 벡터  $u$  에 대한 수식에서  $V$  는 회전축의 각 벡터 성분이고  $u$  는 회전축의 단위 벡터이다. 벡터 성분  $(a, b, c)$  는 회전축과 일치하는 방향이다[11-12].

### 2.4 관절 보간

인체 오브젝트에 회전 변환을 거친 후의 구현 결과를 보면 관절에서 정점과 정점사이에 간격이 벌어지거나 몸통이나 팔·다리의 비틀림 운동에 대한 결과도 부자연스러운 모습을 보여준다.

이러한 현상은 각 계층에 소속된 정점들의 제어기 다르기 때문에 각 계층의 경계에서의 정점들 간의 간격이 벌어지게 되는 것이다. 이를 보정하기 위해서 본 논문에서는 주어진 회전각을 정점의 위치에 따라 단계적으로 적용, 인체를 변형하는 회적각 보간 모델을 적용한다. 피부가 변화되는 모습은 각 관절의 위치마다 모두 다르기 때문에 그림 6과 같이 관절에 회전각 보간을 위한 정점들의 보간 영역을 설정한다.

이러한 보간 영역에서 정점들은 0과 1사이의 가중치를 가지며 이 가중치 값은 골격의 회전각을 얼마의 비율로 정점 회전에 적용할 것인지를 결정하는 것을 나타낸다. 즉 골격의 회전각이  $\theta$ 이고 가중치의 값을  $w$ 라 할 때 정점에 적용되는 회전각은  $\theta w$ 가 되어 회

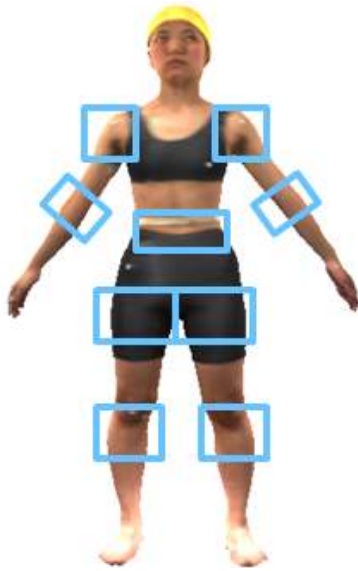


그림 6. 정점 보간 영역

전하게 된다. 그러나 보간 영역의 가중치가 일정한 비율의 차이를 가지며 적용될 경우 보간 영역의 정점들이 일정한 기울기를 가지며 보간이 이루어져 부자연스러운 모습을 보인다. 이것을 보정하기 위해서는 가중치의 비율을 처음에는 완만하게 변화 시키다가 밑으로 내려갈수록 급격하게 변화하도록 적용해야 한다. 이를 위해서 가중치를 허마이트 곡선 보간법을 사용하여 계산한다. 허마이트 곡선 보간법은 식 (5)와 같다.

$$w = -2S_v^3 + 3S_v^2 \quad (S_v = \frac{|\ell_v|}{|L_v|}) \tag{5}$$

식 (5)에서  $\ell_v$ 는 골격 기준점에서 가중치 적용을 받을 정점까지의 거리이고  $L_v$ 는 보간 영역의 상·하위 경계의 거리이다. 보간 영역 이외의 정점의 가중치는 1로 적용하여 보간 영역의 안과 영역 밖의 인체 폴리곤이 자연스럽게 연결되도록 한다[2, 6-8].

그림 7에서 (A)와 (B)는 골반과 허벅지 계층의 경계를 보여주는 그림이고 (D)는 허벅지와 종아리 사이의 무릎 관절의 경계를 보여주는 그림이다. 세 그림 모두 각 계층 사이의 구부러짐 회전에 대한 구현 화면으로 각 계층의 회전에 의해 관절 사이의 경계가 벌어지는 현상을 볼 수 있다. (C)와 (E)는 골반과 허벅지 계층의 경계, 허벅지와 종아리 사이의 무릎 관절의 경계에 식 (5)의 보간법을 적용한 가중치 값을 적용한 후의 화면이다. 보간법 적용 전과 후의 화면을 비교하면 각 관절 사이의 경계부분이 눈에 띄게 자연스러워진 모습을 볼 수 있다.

### 3. 결과 및 검토

본 본문에서는 픽킹을 이용하여 골격을 구성하고 이를 바탕으로 하는 골격계 애니메이션을 구현하였다. 그림 8은 본 연구의 애니메이션 시스템에 보행 운동학에서 보행 주기에 따른 관절 각 변위를 적용한

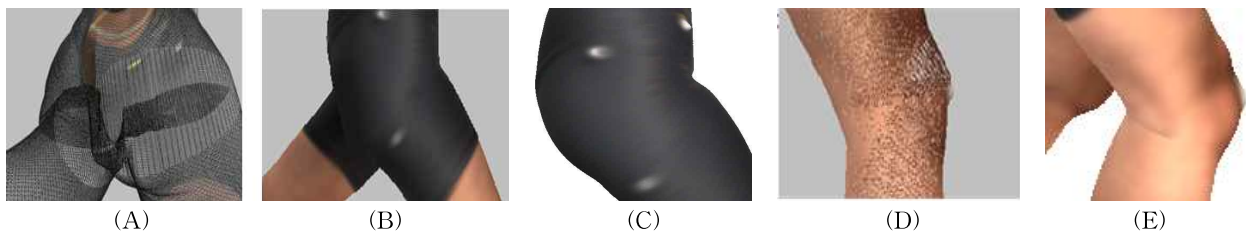


그림 7. 보간 전과 후의 회전 운동 구현화면



그림 8. 관절 각 변위에 따른 보행 애니메이션

구현화면이다. 보행 주기에 따라 골반 관절과 무릎, 어깨, 팔꿈치의 굽힘 운동이 계층 관계에 상호 작용하여 인간이 걷는 모습이 사실과 같이 표현된 것을 알 수 있다.

그림 9는 좌측 상단에 있는 인체 데이터를 인체의 각 관절에 대한 여러 가지 운동을 구현한 화면이다. 그림 상단의 결과는 골반 관절의 굽힘 운동과 비틀기 운동을 표현한 것이며, 하단은 어깨 관절의 굽힘 운



그림 9 인체의 여러 관절 움직임에 대한 구현화면

동과 비틀기 운동을 표현한 결과이다. 따라서 인간의 골반, 무릎, 어깨, 팔꿈치 관절이 표현할 수 있는 비틀기 운동과 굽힘 운동이 구현 가능하다는 것을 알 수 있다.

또한 서로 맞물리는 각 관절끼리의 굽힘 및 비틀기 운동 시 정점 사이의 거리가 벌어지는 현상을 보정하기 위하여 허마이트 곡선 보간법을 사용하였다. 이러한 허마이트 곡선 보간법을 이용하여 가중치의 값을 계산하고 이를 각 관절의 보간 영역에 위치하고 있는 정점들의 회전각에 부여하여 보간 영역에 있는 정점들이 관절 운동 구현 시 자연스러운 곡선을 그리며 위치할 수 있도록 하였다.

#### 4. 결 론

본 논문에서는 레이저 스캔하여 얻은 인체 데이터에 골격계를 포함한 애니메이션 정보를 추가하여 인체의 여러 동작을 표현 할 수 있는 시스템 구현을 제안하였다. 픽킹을 사용하여 인체의 골격 기준점을 검출하고 검출된 골격 기준점을 바탕으로 하여 골격과 계층구조를 구성을 제시하였고, 골격의 회전을 구부러짐과 비틀림으로 구분하여 움직임을 표현하였다.

본 연구는 인체의 여러 동작을 표현하는 에디터 모듈의 제작과 가상의 아바타를 사용하는 것이 아닌 인체 전신 레이저 스캐너로 계측된 인체 데이터를 대상으로 한다는 면에서 인체 애니메이션을 사용하여 하는 서비스 제공에 많은 이점을 가져다준다. 특

히 이 시스템을 영화나 드라마에서 엑스트라가 필요한 위험한 장면을 촬영하는 경우 배우의 계측 데이터를 디지털 배우로서 활용하여 안전하게 촬영하는 것이 가능해진다.

참 고 문 헌

[1] 박동우, 옥수열, 강영민, “3차원 캐릭터 애니메이션의 저수준 모션 제어 시스템의 구현,” 2006년 한국멀티미디어학회 춘계학술발표논문집, pp. 178-181, 2006.

[2] 조은규, 수화동작을 위한 인체의 3D 제스처 애니메이션, 명지대학교 석사학위논문, 2002.

[3] 정철희, 이명원, “호환성 있는 인체 애니메이션을 위한 모션 데이터정의,” 한국컴퓨터그래픽스학회, 제14권, 제2호, pp. 35-41, 2008.

[4] 안영국, “Inverse Kinematics에 의한 3차원 인체 걸음걸이의 애니메이션 제작 기법에 관한 연구 : IK를 사용한 인체 관절의 자연스러운 모션 표현기법에 관한연구,” 울산대학교 석사학위논문, pp. 13-43, 1999.

[5] 조창석, 장재건, “시계열 스테레오 얼굴 영상의 특징점 추적에 의한 얼굴 표정 그래픽 자동제작 연구,” 한국멀티미디어학회논문지, 제4권, 제3호, pp.44-52, 2000.

[6] 신승협, 신성용, “회전각 보간에 기반한 실시간 인체 변형,” 한국정보과학회 춘계학술발표회, 제27권, 제1호(B), pp. 625-627, 2000.

[7] 강인구, 한정현, “실시간 대규모 군중 애니메이션,” 한국인터넷정보학회논문지, 제7권, 제1호, pp. 359- 362, 2006.

[8] 현대은, 윤승현, 성준경, 장정우, 김명수, Bert Juttler, “스윙 기반 인체 형상 모델링 및 변형,” 한국컴퓨터그래픽스학회 춘계학술대회 논문집, pp. 93-99, 2004.

[9] 백승만, “인체 해부학을 바탕으로 한 3D캐릭터 애니메이션 제작 방법에 대한 연구,” 디자인학 연구, 제17권, 제2호, pp. 87-94, 2004.

[10] 최현호, DirectX 9를 이용한 3D GAME 프로그래밍 입문, 정보문화사, 서울, 2004.

[11] 정희경, 컴퓨터 애니메이션, 아진, 서울, 2008.

[12] 최윤철, 고건, 임순범, 컴퓨터 그래픽스 배우터, 생능출판사, 경기도 파주, 2003.



윤 근 호

2006년~현재 한신대학교 IT대학 정보통신학부 재학  
관심분야 : 컴퓨터 그래픽스, 영상처리



조 창 석

1985년 연세대학교 응용통계학과 학사  
1992년 일본 게이오대학 이공학 대학원 생체의공학 공학 석사  
1995년 동 대학원 공학박사

1985년~1995년 한국전자통신연구원 컴퓨터소프트웨어 연구소 선임연구원  
1995-현재 한신대학교 IT대학 정보통신학부 교수  
관심분야 : 컴퓨터비전, 컴퓨터그래픽스