

## 대칭형 자유동작에 의한 3D 아바타 실시간 제어 알고리즘

장희동  
호서대학교 게임공학전공  
dooly@office.hoseo.ac.kr

An algorithm for real-time control of a 3D avatar by symmetry-formed motions  
Hee Dong Chang  
Dept. of Game Engineering in Hoseo Univ.

### Abstract

The market of digital avatar with internet and digital technology is increasing rapidly. The users want to express any free-formed motion of their avatars in the cyber space. The user's motion capturing method as the avatar's motion can express any free-formed motion of the avatar in real-time but the methods are expensive and inconvenient. In this paper, we proposed a new method of expressing any free-formed motion of the avatar in real-time. The proposed method is an algorithm for real-time control of a 3D avatar in symmetry-formed free motion. Specially, the algorithm aims at the motion control of a 3D avatar for online dancing games. The proposed algorithm uses the skeleton character model and controls any one of two hands of the character model by a joystick with two sticks. In the symmetry-formed motion, the position and orientation of one hand can determine the position and orientation of the other hand. And the position and orientation of a hand as an end-effector can determine the pose of the arm by Inverse Kinematics. So the algorithm can control the symmetry-formed free motions of two arms by one joystick with two sticks. In the dance game, the algorithm controls the arm motion by the joystick and the other motion by the motion captured DB.

Key Words : Motion Control, 3D avatar, Skeleton, Inverse Kinematics

### 1. 서론

아바타(avatar)는, 가상공간에서 사용자의 분신이라는 개념으로, 포털사이트와 게임사이트에서 수익측면에서 중심 역할을 하고 있을 뿐 아니라 그 적용범위가 더욱 확대되고 있다[1].

현재 아바타는 다양한 모습으로 꾸밀 수 있고 감정을 표

현할 수 있고 음악에 맞추어 춤(예: 넥슨의 비트댄스)까지 출 수 있다. 하지만 이러한 아바타의 기능들은 아바타의 DB를 미리 구축한 후에 사용자가 이를 선택하는 방식이기 때문에 사용자가 원하는 자유로운 표현방법을 제공하지 못하고 있다.

따라서 본 연구는 사용자가 원하는 아바타의 동작을 실시간으로 표현하고 제어하는 방법을 개발하는 것이다.

인간의 자유로운 동작표현과 제어는 무한개의 3차원 위치와 방향정보를 결정하고 제어하는 문제이기 때문에 근원적으로 해결하기 어려운 본질을 갖고 있어 획기적인 연구 결과들은 아직 존재하지 않는다[2].

본 연구와 관련된 연구결과는, 모두 모션캡처(motion capture) 장비를 통해 사용자의 모션을 캡처하여 아바타의 동작을 표현하고 제어하는 방법을 사용하고 있다[3-6].

하지만 모션캡처장비는 고가일 뿐 아니라 액션을 위한 특별한 공간이 필요하기 때문에 비경제적이다.

본 논문에서는 모션캡처장비와 같은 특별한 장치없이 기존의 PC 혹은 비디오 게임기에서 사용할 수 있는 새로운 3D 아바타의 실시간 동작 제어 알고리즘을 제안하였다.

이 알고리즘은 댄스 게임용 아바타의 댄스동작을 실시간으로 표현하고 제어할 수 있다. 또한 듀얼 스틱을 지원하는 조이스틱만으로 자유로운 동작표현과 제어가 가능하다.

본 논문은 2에서는 다관절 스켈레톤(skeleton)을 가진 3D 아바타 모델에 대한 중요 내용을 정리하고 3에서는 제안하는 알고리즘의 아이디어와 내용을 제시하고 4에서 결론을 내린다.

## 2. 다관절 스켈레톤(skeleton)의 3D 아바타

### 2.1 스켈레톤 아바타 모델 개념

3D 아바타 애니메이션의 방법은 크게 키프레임(key-frame) 애니메이션과 다관절체(articulated figures) 애니메이션으로 나눌 수 있다[6].

키프레임 애니메이션은 2차원 셀애니메이션의 원리와 동일하다. 즉, 동작에 대한 대표적인 모습들의 아바타 모델 정보들인 키프레임들을 통해 움직이는 동작을 표현하는 방법이다.

본(bone) 애니메이션이라고도 불리는 다관절체 애니메이션은, 그림 1과 같이, 아바타 내부의 다관절체인 스켈레톤(skeleton)의 움직임을 통해 아바타의 움직임을 표현하는 방법이다. 다관절체인 스켈레톤은 조인트(joint)로 연결된 객체(linked objects)들이기 때문에, Forward Kinematics와 Inverse(Backward) Kinematics의 이론들을 사용하여 스켈레톤의 움직임을 유연하게 표현하거나 제어할 수 있다.

특히 다관절체 애니메이션을 통해 아바타 동작을 제어하고자 할 때는 Inverse Kinematics 이론이 주로 사용된다.

Inverse Kinematics 이론은 다관절체의 연결위치상 최하위의 끝 부분(end effector)의 위치와 방향이 주어지면 상위 조인트들의 위치와 각도에 대한 최적해를 찾는 이론이다. 다관절체의 끝부분(end effector)이란 예를 들면 아바타가 인간인 경우 손이나 발 부분이 end effector가 된다.

상위조인트들의 위치와 각도에 대한 최적해를 구하기 위해서 일반적으로는 iterative method를 사용하기 때문에 실시간 처리가 어려웠다. 하지만 아바타 애니메이션을 위한 경우에는 실시간으로 최적해를 구할 수 있는 방법들[4,5]이 연구발표되었다.

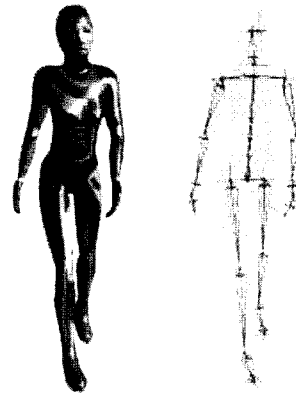


그림 1. 아바타 외부모습(좌), 내부 스켈레톤 모델(우)  
(출처: [http://www.xsikorea.com/support/down/anim\\_pdf/ik.pdf](http://www.xsikorea.com/support/down/anim_pdf/ik.pdf))

본 논문에서 사용하는 아바타 스켈레톤 모델은 그림 2와 같다.

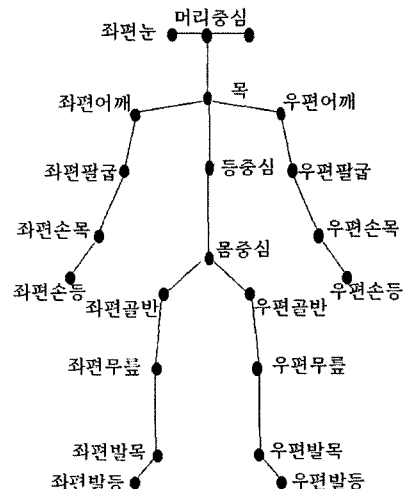


그림 2. 제안하는 아바타 스켈레톤 모델

**2.2 대칭형 동작 개념**

우리 인간의 몸은 근본적으로 대칭형 구조를 갖고 있기 때문에 모든 동작들을 관찰해 보면 대칭적인 모양을 갖는 동작들이 대부분을 차지하고 있음을 알 수 있다. 이는 몸의 균형을 유지하기 쉽기 때문이다.

아바타 스켈레톤 모델의 일부분에서 대칭형 동작이란 그 부분이 대칭형 모양을 유지하면서 움직이는 경우의 동작을 의미한다. 예를 들면 그림 3과 같이, 팔동작이 대칭형인 경우와 비대칭형인 경우가 있고 다리동작이 대칭형인 경우와 비대칭형인 경우가 있다.

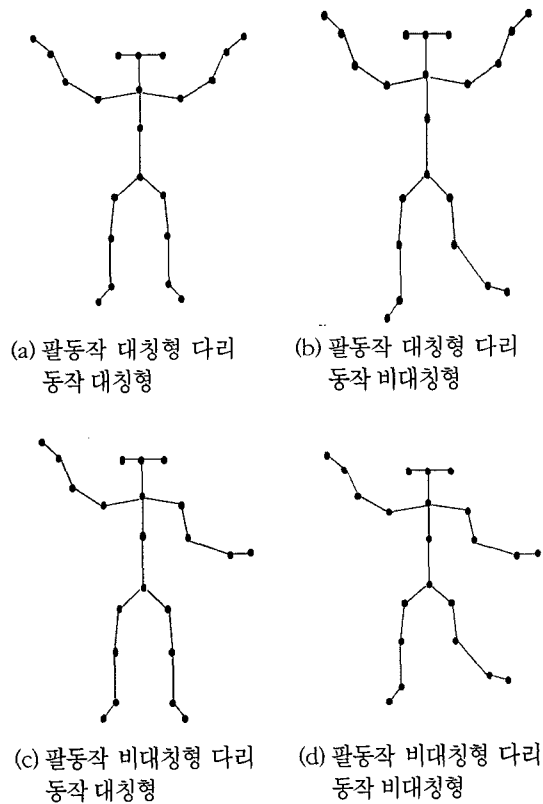


그림 3. 스켈레톤 모델의 대칭형동작과 비대칭형 동작 예제

대칭형 동작들은 다시 대칭방식에 따라 점대칭형 동작, 선대칭형 동작으로 나눌 수 있다.

또한 더욱 다양한 동작유형들을 수용하기 위해 선분대칭형 동작과 선분이동형 동작을 사용한다. 여기서 선분대칭형 동작이란 선분의 양끝점들을 하나의 대칭점으로 해석하여 점대칭을 이루는 동작을 의미하고 선분이동형 동작이란,

그림 4의 (d) 예제와 같이, 선분의 양끝점을 기준으로 한 스켈레톤의 양 끝부분의 모양이 동일한 모습을 갖고 있어 마치 하나의 모양이 선분 끝에서 끝으로 이동한 모습을 한 경우를 나타낸다.

본 논문에서 사용되는 동작유형은 4가지로 선대칭형 동작, 점대칭형 동작, 선분대칭형 동작, 그리고 선분이동형 동작들이 있으며 그 예제는 그림 4에 나타나 있다.

이들의 동작 모두 한쪽 팔의 동작만 결정하면 다른 팔의 동작을 결정할 수 있다는 특징을 갖고 있다.

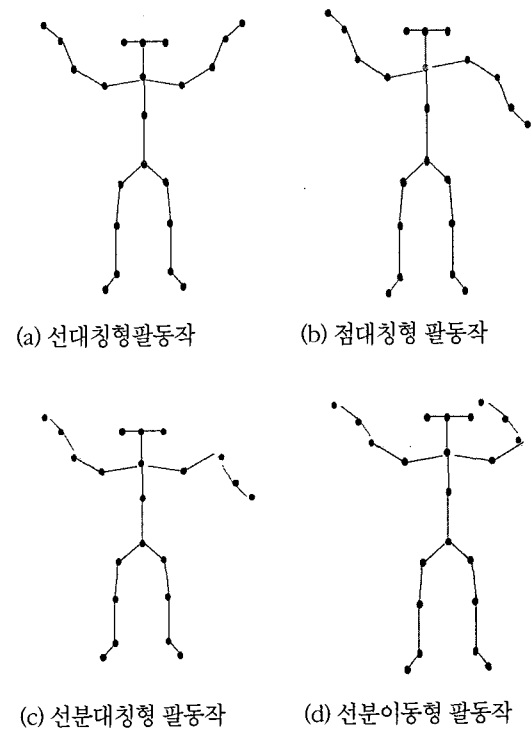


그림 4. 제안하는 방법에서 사용되는 팔동작 유형 예제

**2.3 아바타의 댄스동작 표현 방법**

본 논문에서 제안하는 아바타의 댄스 동작 표현방법은 아바타의 머리, 몸통, 다리의 댄스동작은 모션캡처 데이터를 사용하고 두 팔의 댄스 동작은 사용자가 직접 조이스틱을 통해서 실시간으로 자유롭게 표현하는 방식이다.

이 방법에서 사용자에게 아바타의 팔동작을 직접 제어하게 한 것은 아바타 댄스 동작의 고유성의 결정은 팔동작이 가장 큰 역할을 할 것으로 판단하였기 때문이다.

본 연구에서 사용하는 아바타의 두 팔동작은, 4가지 유형에서 표현되기 때문에, 한 팔의 동작에 의해 결정된다. 또한 본 연구에서는 다관절체인 스켈레톤 모델을 사용하기 때문에 한 팔의 동작은 제일 끝 부분(end effector)인 손의 움직임에 의해 결정된다. 결국 아바타의 두 팔의 움직임의 제어 문제는 아바타의 한 손의 움직임의 제어 문제로 매우 단순해 지게 된다. 따라서 아바타의 한 손의 움직임은 조이스틱에 있는 2개의 스틱을 동시에 사용하면 3차원 공간상의 움직임을 완벽하게 표현할 수 있다.

### 3. 제안하는 알고리즘

#### 3.1 아바타 동작 표현 및 제어 시스템 구조

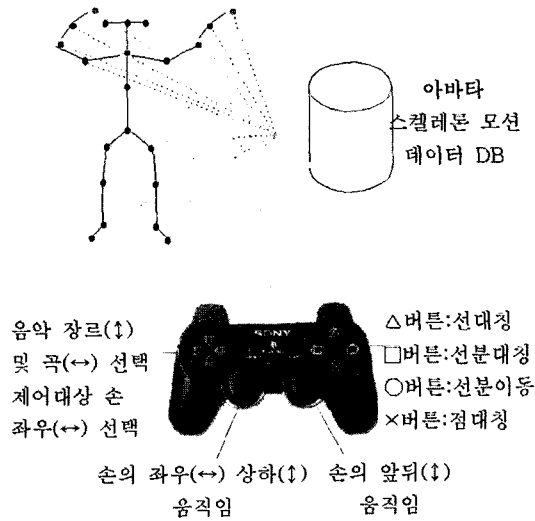


그림 5. 아바타 동작 표현 및 제어 시스템 구조

본 논문에서 제안하는 아바타 동작 표현 및 제어 시스템은 크게 아바타 모델, 아바타 스켈레톤 모션 데이터 DB, 제어인터페이스로 구성되어 있다.

아바타 모델은 그림 2와 같은 다관절 스켈레톤 모델을 가진 3D 아바타이고 본 애니메이션을 통해 움직임을 나타낸다.

아바타 스켈레톤 모션 데이터는 각 배경음악에 대한 아바타 스켈레톤의 end effector들의 위치와 방향 그리고 각 조

인트들의 위치와 각도에 관련된 움직임 정보들이다.

제어인터페이스는, 그림 5와 같이, 듀얼 스틱과 4개 이상의 버튼과 방향키를 지원하는 조이스틱을 통해 제어가 이루어진다.

특히 듀얼 스틱의 단위 시간당 움직임 양에 따라 아바타 손의 움직임에 대한 상대적인 이동 방향과 속도 및 가속도 모두를 표현할 수 있다

#### 3.2 아바타 동작 표현 및 제어 알고리즘

본 연구에서는 그림 5에서 제시된 시스템을 통한 아바타의 댄스 동작 표현 및 제어 알고리즘은 다음과 같다.

- (1) 사용자는 메인메뉴에서 방향키를 통해 배경음악과 아바타 모션 캡처 DB에서 아바타의 댄스동작을 선택한다.

이때 스켈레톤 모션 캡처 데이터 구조는 아래와 같다.

time	좌편손등	우편손등	...	머리
t	위치정보	위치정보		위치정보
	-	-		방향정보

손등과 발등과 같이 end effector의 역할을 하는 것의 방향정보는 초기에 설정된 상수값을 사용함

- (2) 배경음악과 함께 아바타가 댄스를 추기 시작하면 사용자는 제어대상인 손을 방향키를 통해 오른손 혹은 왼손을 선택하고 △, □, ○, × 버튼들 중 하나를 선택하여 팔 동작 유형을 선택한다
- (3) 사용자는 조이스틱의 스틱 2개를 동시에 음악에 맞추어 움직여서 아바타의 한 쪽 손의 3차원 움직임을 표현한다.

조이스틱의 2개의 스틱 움직임을 통한 동작표현 및 제어 방법은 다음과 같다.

- 타임  $t_0$ 에서의 두 스틱으로부터 입력받은 좌표값을  $(x_0, y_0, z_0)$  이라 하고, 아바타 손의 위치를  $(hx_0, hy_0, hz_0)$  이라 하자.
- 타임  $t_1$ 에서의 입력받은 두 스틱의 좌표값을  $(x_1, y_1, z_1)$  이라 하면,  $t = t_1 - t_0$  시간동안의 두 스틱의 움직임의 량은  $(dx = x_1 - x_0, dy = y_1 - y_0, dz = z_1 - z_0)$  이다.
- 타임  $t_1$ 에서의 아바타 손(end effector)의 위치는

$(hx_0 + dx, hy_0 + dy, hz_0 + dz)$  로 결정하고 제한 조건을 만족하는 지 점검한다. 즉 아바타 손의 위치가 가능한 범위를 벗어나면 타임  $t_0$ 의 위치에서 움직임 벡터  $(dx, dy, dz)$ 의 방향에있는 가능한 범위의 한계 위치로 보정한다.

- ㉔ 타임  $t_1$ 에서 제어대상인 손의 유효 위치가 결정되면 가해진 방향값을 함께 사용해 실시간 처리용 Inverse Kinematics 알고리즘(4)을 통해 손목 조인트의 위치와 방향, 그리고 팔굽 조인트의 위치와 방향을 구한다. 선택한 팔동작 유형에 따라 대칭성질을 이용하여 다른 팔의 손의 위치와 손목 조인트의 위치와 방향, 그리고 팔굽 조인트의 위치와 방향을 구한다.
- ㉕ 타임  $t_1$ 에서의 스켈레톤 모션 데이터 값을 ㉔에서 구한 팔 조인트들의 위치와 방향 값들로 갱신시킨다.
- ㉖ ㉔에서 갱신된 스켈레톤 모션 데이터 값을 사용하여 타임  $t_1$ 의 아바타의 동작을 표현한다.
- ㉗ 타임의  $t_1$  아바타의 선택된 손 위치의 좌표값들을 변수  $(hx_0, hy_0, hz_0)$ 에 저장한다. 좌표값  $(x_1, y_1, z_1)$ 를  $(x_0, y_0, z_0)$  변수에 저장한다.
- 타임  $t_1$ 의 값을 타임변수  $t_0$ 에 저장하고 모션캡처DB에서 다음 모션 타임값을 타임변수  $t_1$ 에 저장한다.
- ㉘ 만약 댄스동작 제어를 중단하고 싶을 경우에 사용되는 지정되지 않은 특정버튼(예: Select버튼)이 눌러진 경우는 (4)로 간다. 그렇지 않은 경우에는 ㉗로 간다.
- (4) 배경음악이 중단되고 메인메뉴로 돌아간다.  
만약 다른 댄스를 하고 싶으면 (1)로 간다.  
만약 끝내고 싶으면 방향키를 사용하여 메인메뉴에서 종료를 선택한다.

#### 4. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 3D 아바타의 댄스동작을 실시간으로 자유롭게 표현하고 제어할 수 있는 방법에 대하여 연구하였다. 기존의 방법에서는 모션캡처장비를 사용하여 사용자가 아바타의 동작을 연기하여 표현하거나 제어하는 방식이어서 비경제적이고 사용하기가 매우 불편하여 컴퓨터게임에 적용할 수 없었다.

본 연구에서 제안하는 방법은 조이스틱 입력장치를 지원하는 비디오게임기 혹은 PC 플랫폼에서 조이스틱 장치만으로

로도 아바타의 팔동작을 대칭형이라는 조건하에서 자유롭게 실시간으로 표현하고 제어할 수 있었고 댄스게임에서 사용할 수 있는 알고리즘 형태로 제시하였다.

본 논문에서는 알고리즘 형태로 아바타의 동작 표현 및 제어방법을 제시하였기 때문에 실제 게임으로 구현하여 다양한 댄스동작을 얼마나 충분히 표현할 수 있는지 동작 제어의 정확도와 편리성은 어느 정도인지를 실험관찰하여 댄스 동작의 표현과 제어 방법을 최적화시키는 연구가 필요하다.

#### 참고문헌

- [1] 디지털콘텐츠산업백서 2002, 한국소프트웨어진흥원, 2002.
- [2] Norman I. Badler, Cary B. Phillips, Bonnie L. Webber, "Simulating Humans: Computer Graphics, Animation, and Control," Oxford University Press, 1999.
- [3] Norman I. Badler, Michael J. Hollick, John P. Granieri, "Real-Time Control of a Virtual Human Using Minimal Sensors," Presence vol. 2, No.1, 1993.
- [4] Sudhanshu K. Semwal, Ron Hightower, Sharon Stansfield, "Mapping Algorithms for Real-Time Control of an Avatar Using Eight Sensors," Presence Vol. 7, No. 1, 1998.
- [5] Kwang-jin Choi and Hyeong-seok Ko, "On-line motion retargeting," Proceedings of International Pacific Graphics '99, Seoul Korea, October, 5-7, 1999.
- [6] 정재용, 백성민, 김정현, 박찬모, "동작예측을 이용한 아바타 변환," Preceedings of HCI Conference 2001, 2001.
- [7] Mark Giambruno, "3D Graphics & Animation," New Riders, 2002.



장희동

1984년	계명대학교 수학과 졸업 (학사)
1987년	한국과학기술원 응용수학과 졸업 (석사)
1995년	포항공과대학 수학과 졸업(박사)
1987 ~ 1990년	한국전자통신연구소 연구원
1995 ~ 1997년	한국전자통신연구소 선임연구원
1998 ~ 2002년	숭의여자대학 컴퓨터게임과 교수
2002 ~ 2003년	호서대학교 게임공학과 교수
관심분야	컴퓨터 게임 설계, 게임 시스템 모델링 및 분석, 게임 알고리즘

---