

# 운동관절 데이터베이스를 이용한 3차원 인체모형의 동작제어

°김 시 중†      국 태 용†

† 성균관대학교 전기전자 및 컴퓨터 공학부

## Motion Control of 3D Human Character Using Motion Database

°Si-Jung Kim†      Tae-Yong Kuc†

† School of Electrical and Computer Engineering, SungKyunKwan University

Chunchun-dong 300, Changan-gu, Suwon, Kyungki-do, 440-746, KOREA

(Tel:0331-290-7202; Fax:0331-290-7190; E-mail:sjkim@icon.skku.ac.kr)

### 요 약

A hierarchical motion control system for animation of 3D human character is implemented using the motion database in realtime. The proposed motion control system consists of coordination controller for gait timing and balancing of walking motion, joint servo controller for realistic limb movement, and motion database for goal-directed character animation which makes time-consuming animation relatively easy task. As one example among the various applications of the proposed motion control system, we present a simple virtual reality system in which the motion control system plays a central role in generating realistic motion of virtual human character.

**keywords** motion control, human character animation, procedural animation, virtual human

### I 서 론

3차원 캐릭터 애니메이션(character animation)은 컴퓨터를 이용한 과거의 전통적 애니메이션 방법의 확장뿐만 아니라 물리적 법칙을 적용한 사실적인 인간 행위(human behavior)를 표현하는데 응용되고 있다.

이러한 인간행위를 모의실험 하는 캐릭터 모델(character model)은 크게 실제사람과 동일하게 표현하는 사실적 모델(realistic model)과 특징만을 묘사하여 표현하는 특징적 모델(stylized model)로 분류된다.[1][4][10] 이러한 사실적 모델 또는 특징적 모델을 애니메이션 하는 방법에는 Image-based keyframe

animation기법, 해당객체와 카메라, 조명등을 파라미터(parameter)화 하여 keyframe방식으로 애니메이션 하는 Parametric keyframe animation기법, 그리고 rotation, translation등의 transformation 알고리즘을 이용하여 물리적 법칙을 script 언어로 구현하는 Procedural animation기법 등이 있다.[9] 이와 같은 방법을 이용하여 인간행위를 모의실험하고 애니메이션 하는 3차원 human character는 가상현실에서 사용자와 가상공간에서의 정보전달매체로 매우 중요한 역할을 수행한다. 가상현실에서 3차원 human character animation(avatar)을 위한 3차원 인체모델을 얻는 방법에는 motion capture장비를 이용하는 방법, Polygon, Nurbs등의 알고리즘이 구현된 모델링툴(modeling tool)을 이용하는 방법, motion script 언어를 이용하는 방법, 그리고 그래픽 라이브러리(graphic library)를 이용하여 직접 계층적 모델(Hierarchical kinematic model)을 생성한 후 이를 제어하는 방법들이 있다. 3차원 human character 동작 제어에 대한 연구로는 사람이 지면과의 접촉시 발생하는 관절의 변화를 연구하는 걷기 동작 및 달리기 동작에 대한 연구, 체조선수 및 다이빙 선수 등과 같은 사람과 지면이 떨어졌을 때의 공간상에서의 동작 제어에 대한 연구, 인간이 보조물을 이용하는 자전거 등을 타는 동작에 대한 연구, 그리고 이러한 모든 동작을 수행할 때 이차적으로 영향을 받는 옷, 머리 카락 등의 움직임에 관한 연구등이 진행되고 있다.[1][2],[5][6]

본 논문에서는 가상 인간행위에 대한 동작제어에 운동학(forward kinematics) 및 역운동학(inverse kinematics) 알고리즘과 각 운동관절에 모션 데이터를 설정함으로써 목적 지향적 애니메이션(Goal-directed animation system)을 구현하는데 손쉬운 가상인간의 걷기 동작을 관절모션 데이터베이스를 사용하여 구현하였다.[3][7][8] 본 논문에서 구현된 운동관절 데이터베이스를 이용한 목적 지향적 동작제어 시스템은 역기구학기법을 부분적으로 이용하는 동작제어 방법들이 대부분 keyframe을 위주로 보간하는 정도의 수준에서 역기구학을 사용하나 Goal-Directed 동작제어를 구현하기에는 미흡하고, 또한 단순한 Keyframe에 의한 object link 및 보간법(interpolation)보다는 동작생성의 용이함 면에서 보다 진보된 기능을 제공한다. 또한 역기구학을 부분적으로 이용하는 개선된 Keyframe이 유연한 애니메이션

제작을 위해서는 아직도 제작자의 많은 시간과 노력을 필요로 하고 있다는 점과도 대비된다.

## II 동작제어 시스템

관절 데이터베이스를 이용한 동작제어 시스템은 가상인간이 전체적으로 균형잡인 동작들과 여러 가지 일들을 선별하여 수행하기 위하여 Coordination Controller와 Joint Servo Controller로 구성된 Human body controller, 충돌알고리즘에 의하여 Inverse hierarchy와 Forward hierarchy구조를 가지는 Human Body 그리고 가상인간을 구성하고있는 각 Segment에 Motion trajectory database의 관절모션을 제공하여 원하는 Action을 생성하는 관절 데이터베이스로 구성되며 그림 1. 과 같다.

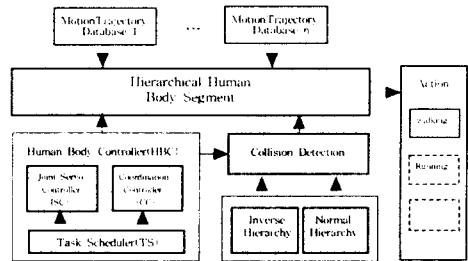


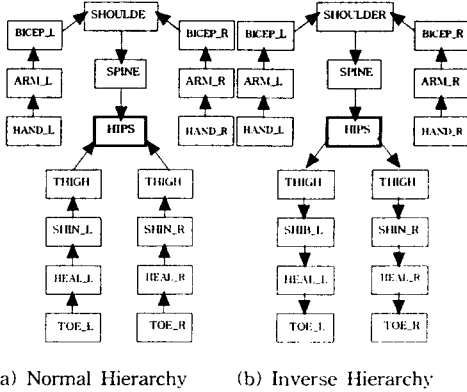
그림 1. 운동관절 DB를 이용한 3차원 인체 동작제어 시스템의 전체 블록도

Fig. 1 Block Diagram for 3D Human Character Motion Control System

### 1. Hierarchical Human Body

본 논문에서는 특정기능 또는 핵심요소관을 표현하는 stylized design기법의 segmented human character모델을 생성하였다. 가상인간은 표현방법과 동작제어방식에만 차이를 줄 뿐 최종적인 동작행위에는 아무런 영향을 주지 않는 normal hierarchy 구조와 inverse hierarchy구조를 가지고, 16개의 마디와 18개의 자유도를 가진다. 그림 2. 는 본 논문에서 구현한 동작생성시 이루어지는 normal hierarchy구조와

inverse hierarchy 구조를 나타낸 것이며 그림 3은 본 논문에서 구현된 stylized character model의 관절과 자유도들을 나타낸다.



(a) Normal Hierarchy (b) Inverse Hierarchy

그림 2 계층적 인체모형의 변형[4]  
Fig. 2 Inverting the hierarchy in forward kinematics[4]

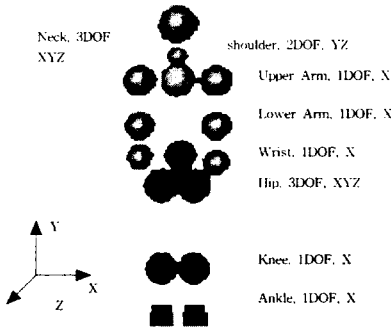


그림 3. 인체모형의 자유도와 관절  
Fig. 3 Degree of Freedom and number of links of Human Body

## 2. Data Structure of Human Character

가상공간에 존재하는 3차원 인체모형은 그림 4와 같이 자기 자신의 데이터 구조뿐만 아니라 가상환경과 접촉하는 다른 환경요소들의 데이터 구조를 가진다. 이는 가상인간이 자기 자신을 구성하는 머리, 몸

통, 다리 등과 같은 국부 데이터 구조(local data structure)와 가상환경에서 이루어지는 모든 동작들을 상호 연관적으로 구성하고 목적 동작을 생성하기 위해서이다.

```
Human {
    *Current Root;
    Parents Node;
    *Parents;
    Sons Node;
    Number of Sons;
    **Son;
    Environment Node;
    Number of Environment;
    **Environment;
    *Goal
    Task Num;
    ...
}
```

그림 4. 3차원 인체모형의 자료구조  
Fig. 4 Data Structure of 3D Human Character

## 3. Motion Database Structure

모션 데이터베이스를 사용한 가상인간의 동작제어는 그림 5와 같이 사용자가 모션 데이터베이스에서 원하는 동작을 선택한 후 동작을 생성하고자 하는 각 관절에 데이터 베이스를 연결함으로써 이루어진다.

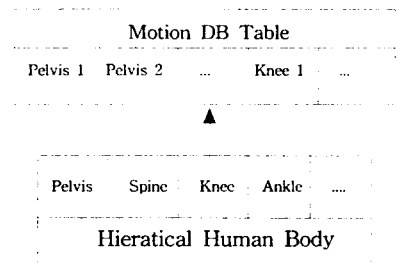


그림 5. 관절 모션 데이터베이스의 적용  
Fig. 5 An usage of motion DB

가상인간의 계층적 동작제어를 하기 위해서는 Coordination control(CC)의 High-level control과 Joint servo control(JSC)의 Low-level control을 필요로 한다.[11]

일반적인 경우 CC와 JSC는 동작이 발생하는 과정에서 각각의 제어목적에 맞는 Balancing control, Gait control, velocity matching등의 일들을 수행한다. 그러나 본 논문에서는 이러한 CC와 JSC제어기의 기능을 해당되는 관절에 설정함으로써 일일이 각 관절을 제어해야 하는 불편을 제거하였다. 그림 6.은 관절 모션 데이터베이스를 구성하는 모션데이터의 구조를 나타낸 것이다.

CC	Coordination Control
JSC	Joint Servo Control
Duty	Duty
N_Seg	Next Segment
N_mtn	Next Motion
Dir	Direction

그림 6. 모션 데이터베이스의 구조  
Fig. 6 Structure of Motion Database

4. 관절 모션 데이터베이스의 적용

가상공간에서 움직이는 가상인간은 목적행위에 따라 인체를 구성하는 각 관절의 모션이 결정된다. 가상인간의 특정 목적행위에 대한 각 관절의 궤적은 크게 주기적인 궤적과 비주기적인 궤적의 두 유형으로 분류할 수 있다. 걷기 동작에 있어 3차원 인체모형의 상위 다리 관절의 모션은 그림 7.과 같이 주기적인 운동특징을 가진다.

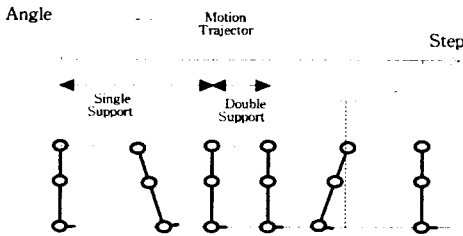


그림 7. 주기적인 관절운동의 예  
Fig. 7 An example of periodic joint motion

즉 그림 7.과 같은 형태를 가지고 있는 모션 데이터베이스들은 가상인간의 각 관절에 공급되어 하나의 동작을 수행한다. 그림 8.은 본 논문에서 적용된 가상인간과 모션 데이터베이스간의 관계를 나타낸 것이다.

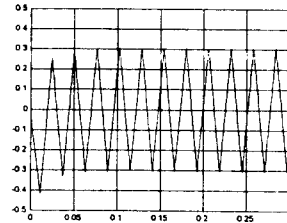
```

Current Node == Segment Num {
    관절 [2] = MDB_2;
    관절 [3] = MDB_3;
    관절 [8 ] = MDB_8;
    관절 [12] = MDB_12;
    관절 [13] = MDB_13;
    관절 [14] = MDB_14;
    관절 [16] = MDB_16;
    관절 [17] = MDB_17;
}
    
```

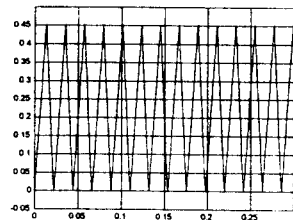
그림 8. 모션 데이터베이스의 적용 : 걷기 동작  
Fig. 8 : An application of motion DB : Walking

III 모 의 실 험

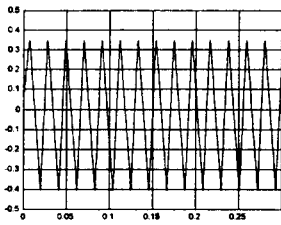
가상인간의 걷기 동작은 최적의 모션데이터베이스를 임의로 구성하여 인체를 구성하고 있는 어깨, 팔, 다리 등의 총 8부분에 적용하였다. 그림 9.는 실제로 가상인간의 각 관절에 모션 데이터베이스를 적용하였을 때의 각 관절에 해당하는 출력 궤적을 나타낸 것이다.



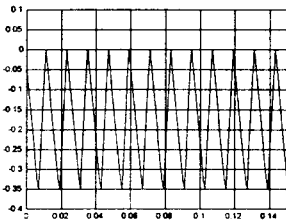
(a) 어깨 출력궤적



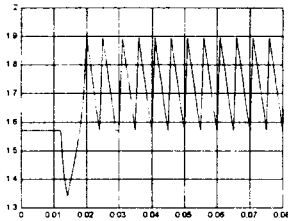
(b) 팔꿈치 출력 궤적



(c) 골반 출력궤적



(d) 무릎관절의 출력궤적



(e) 발목의 출력궤적

그림 9. 관절의 출력궤적

Fig. 9 Motion trajectory of each joint

그림 9의 결과에서도 알 수 있듯이 가상인간은 모션 데이터부에서 설정한 각 마디관절의 운동궤적에 따라 걷기 동작의 목적행위를 수행하고 있다.

#### IV 결 론

본 논문에서는 Stylized기법을 이용하여 다관절체로 구성된 3차원 인체모형의 동작제어중 걷기 동작에 관하여 소개하였다. 본 논문에서 제안된 운동 관절 모션데이터베이스를 이용한 가상인간의 동작제어 시스템은 각 관절 데이터베이스의 주기 또는 특정 파라미터만을 바꾸어 손쉽게 동작제어를 구현할 수 있으며 가상인간의 목적에 해당하는 속도, 주기 등 해당목

적에 따른 전체적 의미를 가지는 파라미터만을 변경하여 동작제어를 구현하는 목적 지향적 동작제어와는 파라미터 조정 관점에서 조금 다르다고 할 수 있다. 본 논문에서 제안된 시스템은 주기적 특징을 가지는 동작제어에 매우 효과적으로 적용될 수 있다. 앞으로의 과제는 본 동작제어 시스템을 수정 보완하여 비주기적인 가상인간의 동작제어를 수행할 수 있도록 확장하는 것이다.

감사의 글 : 본 연구는 한국전자통신연구소와 첨단영상연구조합의 연구비지원으로 이루어졌습니다.

#### 참 고 문 헌

- [1] D. C. Brogan, J. K. Hodgins. "Group Behaviors for Systems with Significant Dynamics", *Journal of Autonomous Robotics*, 4, 1--17, 1997
- [2] A. Bruderlin, T. Calvert. "Knowledge-Driven, Interactive Animation of Human Running", *Computer Graphics(SIGGRAPH '97 Proceedings)*, 1997
- [3] A. Bruderlin, T. W. Calvert. "Goal-Directed, Dynamic Animation of Human Walking", *Computer Graphics (SIGGRAPH '89 Proceedings)*, vol. 23, pp. 233-242, 1989
- [3] M. F. Cohen. Interactive spacetime control for animation. In E. E. Camull, editor, *Computer Graphics(SIGGRAPH '92 Proceedings)*, vol. 26, pp.293-302, July 1992.
- [4] M. George, *Digital Character Animation*, New Rider, 1996.
- [5] J. K. Hodgins, "Three-Dimensional Human Running", College of Computing, Georgia Institute of Technology.
- [6] J. K. Hodgins, W. L. Wooten, D. C. Brogan, J. F. O'Brien. "Animating Human Athletics", *Computer Graphics (SIGGRAPH '95 Proceedings)*, 1995
- [7] J. U. Korein and N. I. Badler, " Techniques

- for Generating the Goal-Directed Motion of Articulated Structure.", *IEEE CG&A*, pp71-81, 1982.
- [8] Mark W. Spong, and M. Vidyasagar, Robot Dynamics and Control, *JOHN WILEY & SONS Inc*, 1989.
- [9] N. M. Thalmann, D. Thalmann. *Interactive Computer Animation*, Prentice Hall, 1996.
- [10] J. Wilhelms, A. V. Gelder. "Anatomically Based Modeling", *Computer Graphics (SIGGRAPH '97 Proceedings)*, pp 173-180, 1997
- [11] 김시중, 국태용. "인체보행의 기구학적 애니메이션", *한국정보과학회 HCI'98 학술대회*, 1998.