

전신의 움직임을 표현한 캐릭터의 걷기 동작 생성

이금희, 송미영, 조형제
동국대학교 멀티미디어학과, 컴퓨터 공학과

Generation of Walking Motion Represented the Movement of the Human Body

Kum Hee Lee, Mi-Young Song, Hyung Je Cho
Dept. of Computer Multimedia Engineering, Dongguk University

요 약

게임이나 가상현실에서 캐릭터의 보행 동작의 움직임은 일정한 동작만을 생성하여 가상공간에 표현한다. 지형이나 다른 주변 환경에 의한 적응적인 동작을 실시간으로 자동 생성하는데 있어서 자연스러운 동작을 표현하기에는 매우 어려움이 따른다. 본 논문에서는 지질에 따른 캐릭터의 걷기 동작을 생성하는 방법에 대해 제안한다. 우선, 캐릭터의 기본 걷기 동작 생성은 inverse kinematics 방법을 적용하고, 지형 성질을 분석하여 이를 캐릭터의 걷기 동작 생성하는데 적용한다.

1. 서론

가상 현실이나 게임 제작 분야에서는 사실적이고 실시간으로 캐릭터의 동작을 생성해야 하는 경우가 빈번하다. 특히, 인체를 비롯한 다관절체의 동작 생성에 있어서는 지형이나 다른 주변 환경에 의한 적응적인 동작을 사실성을 강조하고 실시간으로 자동 생성할 필요성이 증가하고 있다. 동작의 생성 시에는 실제계의 물리 법칙을 적용하고, 이를 수치 해석 방법으로 해석함으로써 사실적인 동작을 생성하는 역학적 시뮬레이션 방법들이 주로 사용되고 있다[1][2].

가장 기본적인 방법은 Kinematics animation과 Dynamics, 모션 캡처를 이용한 방법들이 있다. Kinematics animation은 예전부터 많이 사용하던 방법으로 Key-frames를 이용하여 동작을 생성하는 것이다. 이는 기본적인 동작 생성은 할 수 있지만 적응적인 동작을 생성하기에는 부족하다. 이를 조금 더 보완한 것이 Dynamics와 Inverse Kinematics를 결합하여 사용하는 방법이다.

Dynamics는 물리 법칙인 뉴턴 법칙의 각속도와 각가속도, 회전력 등을 계산하여 역학을 적용함으로써

걷는 동작을 자연스럽게 생성하지만 실시간으로 지질에 따라 적응적으로 바뀌는 동작을 만들어 내기는 쉽지 않다는 단점이 있다.[3][5][6]

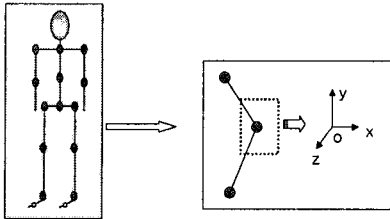
최근에 사용하는 방법인 모션 캡처 방법은 모션을 캡처하여 그 데이터를 사용한다. 이것은 사실적인 모션을 만들 수는 있지만 적응적인 동작을 생성하려면 많은 수작업의 편집이 요구되고 자연스러운 동작을 위한 보간이 필요하기 때문에 실시간으로 적응적인 동작을 추출하기는 어려움이 있다.[3][6]

본 논문의 구성은 2장은 캐릭터 모델 구조에 대하여 설명하고, 3장은 동작 생성하는 과정을 나타낸다. 4장은 걷기 동작의 생성 방법과 지형의 성질들을 정의하며 5장에서는 실험 결과 그리고 6장에서는 결론과 향후과제를 제시한다.

2. 캐릭터 모델 구조

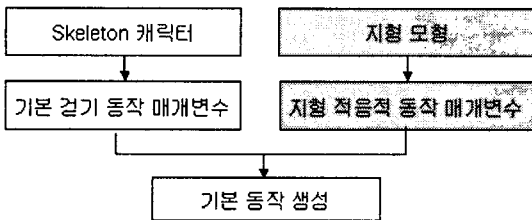
본 논문에서 지질에 따른 걷기 동작을 위한 캐릭터의 모델은 인체 모형과 같이 뼈대(skeleton)의 세그먼트로 구성한다. 즉, 세그먼트들이 서로 연결된 13개의 다관절체로 구성하고 관절의 연결 부분은 회절을

위한 자유도를 가진다. 또한 걷는 동작에서 발의 움직임 을 더 세밀하게 표현하기 위해 발의 중간점(middle foot)을 추가하여 15개의 관절로 구성한다. 그 캐릭터 모델이 <그림1> 과 같다.



< 그림 1 > 모델

3. 걷기 동작 생성 과정



< 그림 2 > 동작 생성 과정

동작 생성 과정은 skeleton 캐릭터가 기본 걷기 동작을 위해 필요한 신체 구조, 걸음의 폭, 걸음 주기의 등의 매개변수들을 통해 걷기 동작을 생성한다.

여기에 지형의 성질에 따른 걷기 동작을 생성하기 위해서 지형의 성질인 마찰력, 점착력 등의 매개변수를 결정하여 이를 기본 걷기 동작에 적용함으로써 지형 성질에 의한 적응적 걷기 동작을 생성한다.

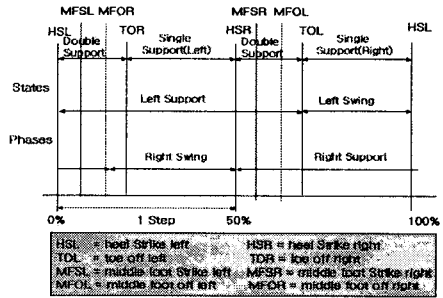
4. 걷기 동작 계획

4.1. 동작 주기

걷기 동작의 기본 주기는 2 단계로 이루어진다. 첫 번째는 한쪽 다리가 한 주기 동안 지면에서 지탱하여 중심을 잡아주는 Support 단계이다. 두 번째는 다른 한쪽 다리가 한 주기동안 지면에서 떨어져 이동하는 Swing 단계이다.

<그림 3> 는 왼쪽 다리가 지면에서 지탱하고 오른쪽 다리가 지면에서 떨어져 이동하는 한 주기의 예를

표현한 것이다. 또한 본 논문에서는 걷기 동작에서 좀 더 발의 움직임을 자연스럽게 상세하게 동작을 표현하기 위해 발의 중심점을 추가하여 한 주기에 표현한다. 즉, <그림3>에서 MFSL(R)은 발의 중간지점이 support단계에서 지면을 지탱하는 지점이고 MFOL(R)은 swing단계에서 지면과 떨어지는 지점을 표현한 것이다.



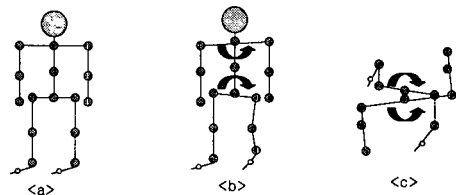
< 그림 3 > 걷는 주기

4.2. 기본 걷기 동작

걷기 주기 동안의 어깨와 골반의 회전되는 모습을 살펴보면 <그림 4> 와 같다.

<그림 4>의 <a>는 캐릭터가 걷기를 시작하기 위한 준비 자세이고 와 <c>는 한쪽 다리가 swing 단계에서 걷기 주기의 중간지점일 때를 표현한 것으로 각각 정면과 뒷면에서 바라본 경우를 나타낸 것이다.

는 swing하고 있는 다리의 골반은 아래로 향하고 그 때의 어깨의 방향은 골반과 반대로 위로 향한다. 또한 <c>는 골반과 어깨의 앞 뒤 회전을 표현한 것으로 swing하는 다리의 골반은 뒤에서 앞으로 회전하며 어깨는 그와 반대방향으로 앞에서 뒤로 움직인다.



< 그림 4 > swing 단계의 골반과 어깨의 회전

기본 걷는 동작 생성[5]에 걸음걸이 폭(보폭: Step Length), 걸음걸이 속도(Walking Speed), 신체 길이(Body Height), 한 주기 동안 걸음걸이 반복 횟수(주기: Step Frequency) 등의 매개변수들을 필요로 한다.

걷기 동작의 속도는 식(3)과 같이 걸음걸이 폭과 주기를 통해 얻어진다.

$$V(m/min) = \text{StepLength}(m) * \text{StepFrequency}(steps/min) \quad (식3)$$

또한 신체 길이에 따라 보폭과 걸음 주기가 달라지므로 보폭인 Step length의 산출은 식(4)이고 걸음 걸이 반복 횟수인 Step frequency는 식(5)와 같다.

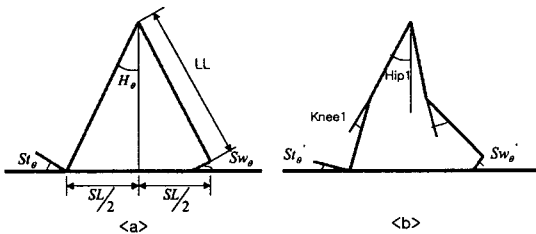
$$\text{StepLength} = \sqrt{\alpha * V * \text{body height}} \quad (식4)$$

$$\text{StepFrequency}^2 = \sqrt{\frac{V}{\alpha * \text{body height}}} \quad (식5)$$

여기서, α 는 신체길이에 따른 상수 값으로

$$\alpha = \frac{SSL}{SSF * \text{body height}} \quad (식6)$$

기본 걸음걸이의 폭인 SSL(Standard Step length), 기본 걸음걸이 주기인 SSF(Standard Step frequency) 그리고 신체 길이로 산출한다.



< 그림 5 >

걷는 동작을 생성하기 위해 <그림 5>의 (a)와 같이 초기치를 설정한다. 여기서 필요로 하는 매개변수는 보폭의 길이(Step Length)와 다리의 길이(Leg length)를 이용하여 엉덩이의 각도인 H_0 를 산출한다. 그리고 지면과 Support 다리와의 각도인 $St\theta$ 와 Swing하는 다리와 지면간의 각도인 $Sw\theta$ 의 초기치는 H_0 와 같이 설정한다. 또한 엉덩이의 위치는 HP 는 식(7)에 의해 구한다.

$$HP(t) = HP(t-1) + \frac{\text{StepLength}}{\text{StepFrequency}} \quad (식7)$$

Swing하는 다리의 발목 위치점(AP:Ankle Position)은 주어진 $Sw\theta$ 와 Sin곡선으로 산출하고 발의 위치점인 FP(Foot Position)은 주어진 $Sw\theta(St\theta)$ 를 가지고 자연스러운 발의 움직임에 결정한다. 또한 무릎의 위치점(KP : Knee Position)은 다리 길이와 HP와 AP 또는 FP로부터 역운동학(Inverse Kinematics) 방법으로 산출한다.

4.3. 지질에 따른 동작 생성

앞에서 정의된 기본 동작 생성은 평지에서 걷는 동작으로 간주하고, 걷기 동작에 지형 성질을 적용하기 위해서 진흙인 경우 마찰력과 점착력이 가장 높기 때문에 이를 기준으로 <표1>과 같이 얼음, 진흙, 모래 등의 성질을 정의한다.

	마찰 계수	점착력
평지	0.5	0.4
얼음	0.2	0.1
진흙	0.9	1.0
모래	0.8	0.7

< 표 1 > 지형의 성질

또한 평지의 걸음걸이 자세를 기반으로 <표2>는 보폭, 엉덩이 위치, 발목의 위치, 발의 지면시간, 속도 등의 각 지형에서의 걷기 동작의 자세를 각각 표현한 것이다.

이러한 지형의 마찰력, 점착력을 정의한 <표1>과 걸음걸이의 자세 등을 기술한 <표2>를 통해 지형에 따른 적응적인 걷기 동작의 매개변수를 산출한다.

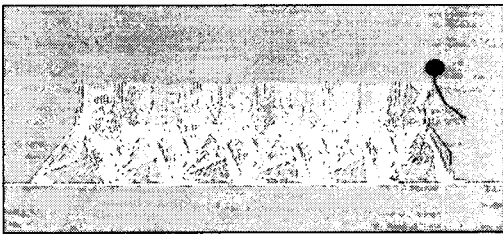
	description	보폭	Step frequency	엉덩이의 위치	무릎의 위치	발의 지면에서 떨어지는 시간	상체의 상태
평지	발이 거의 직각과 같고 발이 땅에 닿고 무릎의 각도 변화가 거의 없다.	발자보보다 넓다	발자보보다 높고 움직임은 작다.	발자보보다 높고 움직임은 작다.	발자보보다 높고 움직임은 작다.	발자보보다 높고 움직임은 작다.	앞으로 구부린 상태에서 상체의 움직임은 크다.
진흙 (약간) / 진흙 (강한)	발이 지면에서 떨어지기 전에 무릎이 땅에 닿는다. / Swing하는 발이 지면에서 떨어지는 시간과 무릎의 각도 변화가 크다.	발자보보다 넓고 움직임은 작다.	발자보보다 낮고 움직임은 작다.	발자보보다 낮고 움직임은 작다.	발자보보다 낮고 움직임은 작다.	발자보보다 낮고 움직임은 작다.	앞으로 구부린 상태에서 상체의 움직임은 크다.
모래	진흙과 비슷하지만 Swing하는 발이 지면에서 떨어지는 시간과 무릎의 각도 변화가 크다.	발자보보다 넓고 움직임은 작다.	발자보보다 높고 움직임은 작다.	발자보보다 높고 움직임은 작다.	발자보보다 높고 움직임은 작다.	발자보보다 높고 움직임은 작다.	앞으로 구부린 상태에서 상체의 움직임은 크다.

< 표 2 >

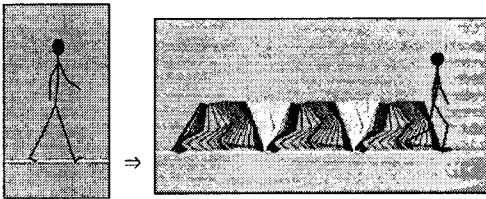
5. 실험 및 결과

본 논문의 실험 환경은 PentiumIII-700급 PC에서 Windows 2000의 운영체제, Microsoft Visual C++ 6.0 그리고, 그래픽 라이브러리 OpenGL을 사용하여 구현하였다.

<그림 6>은 앞에서 정의한 기본 걷는 동작 생성 과정을 통해 표현된 전신의 움직임 결과이고 <그림 7>은 기본 걷기 동작에서 오른쪽 다리의 이동 움직임만을 보여주고 있다.

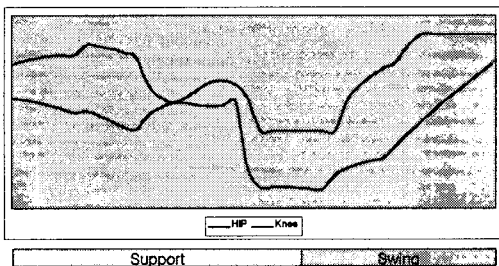


< 그림 6 > 기본 걷기 동작



<그림 7> 오른쪽 다리의 기본 걷기 동작

또한 <그림 8>은 기본 걷기 동작에서 한 걸기 주기동안 엉덩이, 무릎의 각도를 변화를 그래프로 한 것이다.



< 그림 8 >

6. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 가상현실이나 게임에서 걷기 동작

을 지형의 성질에 따라 매개변수를 산출하여 지질에 따른 적응적인 동작을 생성하는 방법을 제안하였다.

기본 걷기 동작을 생성하기 위해 적은 매개 변수 수를 사용하였으며 좀더 다리의 자연스러움을 표현하기 위해 발의 중간지점을 추가하여 생성하였다.

또한 앞으로 정의된 지형의 성질과 걸음걸이 자세를 기반으로 하여 주어진 환경에 맞는 적응적인 동작을 생성하고, 다양한 유형의 지형과 성질에 따른 걷기 동작 생성이 연구되어야 한다.

[참고 문헌]

- [1] D. Baraff and A. Witkin, Physically Based Modeling, SIGGRAPH'99 Course Note, 1999.
- [2] J. K. Hodgins, et al., "Animating human athletics". SIGGRAPH'95, pp.71-78, 1995.
- [3] A. Bruderlin and T. Calvert. Goal-directed, Dynamic Animation of Human Walking. In Computer Graphics (SIGGRAPH 89 Conference Proceedings), pages 233-242, 1989
- [4] Armin Bruderlin and Lance Williams. Motion signal processing. In Computer Graphics (SIGGRAPH '95 Proceedings), pages 97-104, August 1995.
- [5] Shih-kai Chung and James K. Hahn Animation of Human Walking in Virtual Environments Institute for Computer Graphics School of Engineering and Applied Science, The George Washington University.1999.
- [6] F. Multon, L. France, M-P. Cani-Gascuel, and G. Debunne. Computer Animation of Human Walking: a Survey. Journal of Visualization and Computer Animation, 10:39-54, 1999.
- [7] Filipe M. Silva, J.A. Tenreiro Machado. Kinematic Aspects of Robotic Biped Locomotion Systems
- [8] Harold C. Sun and Dimitris Metaxas, Automating gait animation, Conference proceedings on Computer graphics, August 2001
- [9] H. Sun, A. Goswami, D. Metaxas, and J. Bruckner. Cyclogram planarity is preserved in upward slope walking. In Proc. International Society of Biomechanics XVII Congress, page 514, Calgary, Canada,1999.