

# 위치정보 제약에 의한 애니메이션 자동화

이관희<sup>o</sup>, 이철우

전남대학교 컴퓨터 공학과

## Automatic Animation Using Position Data as Constraints

Ran-Hee Lee, Chil-Woo Lee

Dept. of Computer Engineering, Chonnam National Univ.

E-mail : leerh@hanmail.net

### 요 약

본 논문에서는 트래커(tracker)라고 불리는 자기센서 내장 모션캡처 장치(장치명 INSIDETRAK)로 취득한 모션 데이터를 이용하여 캐릭터를 애니메이션 하는 방법에 대해 기술한다. 이 방법은 PC를 이용하여 간단히 취득되는 저해상도의 위치 데이터를 스플라인 보간법에 의해 보간하고, 추정된 위치를 제약으로 inverse kinematics 방정식을 풀어 연속적인 동작을 재현한다. 이 기술은 최소의 모션 데이터로 리얼리스틱한 움직임을 재생하는 것이 가능하며 그 결과를 상호작용이 가능한 인터페이스에 적용시키거나 실시간 애니메이션에 활용하는 것이 가능하다.

## 1. 서 론

컴퓨터그래픽스 분야에서 가장 실현이 어려운 기술의 하나는 인체나 동물체와 같은 다관절물체의 움직임을 자연스럽게 재생하는 것, 즉 사실적 애니메이션 기술이다. 기존의 방식은 키 프레임을 기준으로 하여 애니메이터들의 수작업을 통하여 시공간상의 움직임을 일일이 묘사하는 것이었으나 이 방법은 시간이 많이 걸리고 작업결과를 재사용할 수 없을 뿐만 아니라 복잡한 3차원 운동에는 사실성(reality)가 결여된다는 점에서 효과적이지 못하다. 이러한 문제를 해결하기 위해 최근 들어 모션캡처(motion capture) 기술이 도입되어 애니메이션 분야의 가장 각광 받는 기술로 자리잡아가고 있다.

모션캡처란 분석 또는 재생을 목적으로 인체와 같은 복잡한 관절체의 움직임을 중요 위치의 수치 데이터로 기록하는 기술이다. 이 방법을 사용하면 필요로 하는 움직임 또는 동작 데이터를 실시간으로 쉽게 얻을 수 있고 일단 취득된 데이터는 데이터 베이스화하여 나중에 재사용할 수 있다. 그러나 모션캡처에 사용되는 장비가 고가이어서 특정한 움직임에 대한 데이터를 개별적으로 얻기에는 경제적인 부담이 따를 뿐만 아니라 데이터 베이스 내의 데이터는 단편적(연속동작을 여러개의 부분동작으로 나누어 놓은 모션 데이터를 모션조각이라고 함)이고 특정한 것이어서 기록된 데이터를 가공하고 편집하여 사용자의

요구에 맞추는 기술이 시급히 요구되고 있다. 모션조각을 사용자의 목표에 맞추어 가공하는 기술, 즉 모션 편집을 위해서는 많은 연구들이 발표되어 있다. 현재 제안된 방법들은 크게 나누어 수치적 방법과 해석적 방법으로 나눌 수 있다. 수치적 방법은 동적방정식(dynamic equation)의 해를 구하는 것을 기본을 하기 때문에 매우 정확한 결과를 얻을 수는 있으나 계산량이 많고 복잡하며 경계치 문제를 해결하기 어렵다는 것이 단점이다. 해석적인 방법은 사실묘사를 위한 복잡한 계산을 하기보다는 캐릭터가 지니고 있는 기하학적 구조 특성 및 움직임 특성을 면밀히 관찰하여 주어진 모션데이터를 해석적으로 변형하여 최적의 모션을 재생하기 때문에 고자유도를 지닌 캐릭터의 실시간 애니메이션에 적합하다. 기존 연구의 구체적인 예로는 변위부가법을 이용하는 법[1], motion warping을 이용하는 법[2], multi-target 보간을 이용하는 법[3], Fourier 변환을 이용하는 방법, 선형보간을 이용하는 법[4] 등을 들 수 있다.

본 논문에서는 트래커(tracker)라고 불리는 자기센서 내장 모션캡처 장치(장치명 INSIDETRAK)로 취득한 모션 데이터를 이용하여 캐릭터를 애니메이션 하는 방법에 대해 기술한다. 이 방법은 장래에 모션캡처 기술이 PC를 기반으로 하여 일반화될 경우를 상정하여 최소의 모션 데이터로 리얼리스틱한 움직임을 재생하는 것을 목표로 하고 있다. 즉 복잡한 중간 관절체

의 움직임을 end-effector 즉, 손목에 부착된 센서의 위치 정보로 결정하여 이를 상호작용이 가능한 인터페이스에 적용시키거나 실시간 애니메이션에 활용하는 것이 가능하다. 취득한 3차원 위치를 계층적인 스플라인 보간에 의해 추정하고 그 결과를 제약으로 하여 inverse kinematics 이론에 의해 팔꿈치의 위치를 결정하여 다관절물체의 애니메이션이 가능하도록 한다.

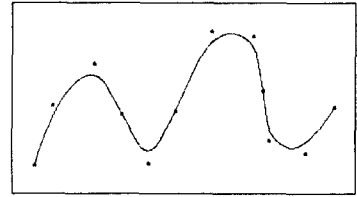


그림 2. B-Spline Curves

## 2. 모션 데이터와 애니메이션 자동화

### 2.1 모션 데이터

트래커를 사용하여 캡처하는 모션 데이터는 각 트래커 별로 매 순간 공간상의 위치(x,y,z) 및 각도로 표현되는 자세(yaw, roll, pitch) 등 6개씩의 데이터가 얻어지게 되어 이를 각 관절 부위의 제어에 직접 사용할 수 있다. 모션을 캡처할 때에는 트래커에 부착되어 있는 마그네틱 필드가 철 등의 물체에 의해 영향을 받아 신호가 왜곡 될 수 있으므로 실험실 주위 환경에 세심한 주의를 기울여야 한다. 또한 캡처된 데이터에는 센서 noise가 포함되어 있어 원하지 않는 동작이 만들어 질 수 있기 때문에 필터링 과정을 거쳐야 하며, 왜곡되거나 유실되어 있는 데이터를 바르게 퍼주거나 고쳐주는 후처리 과정이 필요하다. 하나의 동작을 캡처하기 위해 그림1처럼 팔을 옆으로 펴고있는 자세를 기준 위치로 하여 동일한 동작, 예를들면 팔을 올렸다 내렸다하는 동작의 모션 데이터를 생성한다.



그림 1. 모델의 기준 위치

### 2.2 Cubic B-Spline에 의한 위치 보간

B-Spline curve는 몇 개의 제어점을 데이터로 입력받아, 이 제어점의 좌표값으로부터 다항함수를 만들어 냄으로써 연속적인 곡선을 만들어 낸다. 흩어져 있는 데이터 점들과 유실된 중간 위치정보를 보간하기 위해 B-Spline 곡선을 사용할 수 있으며 손의 운동 궤적에 이 방법을 도입함으로써 연속적이고 어색함이 없는 모션 표현이 가능해진다.

캡처된 모션 데이터의 좌표값을 제어점으로 적용하여 곡선함수를 생성한다. B-Spline 곡선은 그림2와 같은 형태로 곡선이 제어점으로 형성된 다각형내에 위치하고, 제어점에 가깝게 위치하도록 곡선을 근사시킨다. B-Spline curves의 장점으로는 제어점의 수가 많아져도 곡선을 생성하기 위한 곡선의 차수는 늘어나지 않아 계산량을 줄일 수 있다는 것이다.

$n+1$ 개의 제어점  $P_k(k=0, \dots, n)$ 을 데이터로 입력받으면 B-Spline 곡선상의 점은 식(1)의 근사 함수  $P(u)$ 에 의해 구할 수 있다.

$$P(u) = \sum_{k=0}^n P_k B_{k,d}(u), \quad u_{\min} \leq u \leq u_{\max}, \quad 2 \leq d \leq n+1 \quad (1)$$

윗 식에서  $B_{k,d}$ 는 다음과 같다.

$$B_{k,d}(u) = \frac{1}{6} \begin{bmatrix} (1-u)^3 \\ 4-6u^2+3u^3 \\ 1+3u+3u^2-3u^3 \\ u^3 \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$\sum_{k=0}^n B_{k,d}(u) = 1, \quad (0 \leq u \leq 1, 0 \leq B_{k,d}(u) \leq 1)$$

### 2.3 팔 모델과 관절 회전각

조작기(manipulator)의 기준 좌표계에 대한 공구단(End-pointer)의 위치와 자세가 주어진 경우 각 관절 변수들은 inverse kinematics를 이용하여 구할 수 있다. 본 논문에서는 손목의 위치를 시간별로 입력하여 어깨와 손목을 통해 이것들의 축과 활동반경을 따라서 팔꿈치의 움직임을 구하는 것이 된다. 팔의 운동에 대한 기하학적 모델을 그림3과 같이 표현한다. 이 그림은 2차원만을 고려한 것이나 동일한 방법을 다른 축에 대해 고려하면 3차원 회전각을 구할 수 있다.

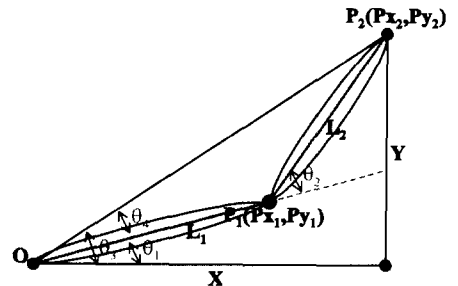


그림 3. 관절각을 구하기 위한 팔의 위치

어깨의 위치를 O, 손목의 위치를  $P_2$ , 팔꿈치의 위치를  $P_1$ 이라고 한다. 이 때 문제는 가변하는  $P_2$ 에 대해 이를 만족하는 관절각  $\theta_1$ 과  $\theta_2$ 를 구하는 것이다.  $\theta_1$ 과  $\theta_2$ 는 아래 식들로부터 구할 수 있다.

먼저,

$$\theta_2 = \arccos\left(\frac{Px_2^2 + Py_2^2 - L_1^2 - L_2^2}{2L_1L_2}\right) \quad (4)$$

다음으로 관절각  $\theta_1$ 은  $\theta_3$ 과  $\theta_4$ 에 의해서 식(5)와 같이 구할 수 있다.

$$\theta_1 = \theta_3 - \theta_4 \quad (5)$$

$$\tan(\theta_3) = \frac{Y}{X} \quad (6)$$

$$\tan(\theta_4) = \frac{L_2 * \sin(\theta_2)}{L_2 * \cos(\theta_2) + L_1} \quad (7)$$

식(6)과 (7)이용하면  $\theta_1$ 은 식(8)에 의해 구해진다.

$$\theta_1 = \arctan\left(\frac{Y(L_2 * \cos(\theta_2) + L_1) - X(L_2 * \sin(\theta_2))}{X(L_2 * \cos(\theta_2) + L_1) + Y(L_2 * \sin(\theta_2))}\right) \quad (8)$$

$\theta_1$ 과  $\theta_2$ 가 구해지면 손목의 움직임에 따른 팔꿈치의 움직임 위치를 구할 수 있다.

### 3. 실험 및 관찰

모션 데이터는 센서 두 개를 사용하여 하나는 손목, 다른 하나는 팔꿈치에 부착하고 팔의 움직임을 캡처하여 생성하였다. 팔꿈치에 데이터는 제안하는 방법에 의해 생성된 모션의 정확도를 측정하기 위해 사용된다. 이 정확도는 캡처된 모션 데이터의 팔꿈치의 위치값과 본 논문에서 제안한 손목의 위치의 차로 계산된다.

그림5.에서 보여주고 있는 결과의 데이터와 모션 캡처에 의해 캡처된 데이터를 표1에서 비교하였다. 표1에 나타난 것처럼 윈도우 픽셀로 비교한 결과 각각의 x값과 y값이 약 10픽셀정도(약2~3cm)의 차이를 보인다. 좌표값이 거의 근사되어 나타나는 것을 볼 수 있다.

(단위:pixel)

IK에 의해 계산된 좌표값		캡처된 좌표값	
x	y	x	y
86.9	29.3	109.2	18.3
86.4	30.7	109.8	20.5
86.2	31.5	108.3	22.0
85.3	33.7	107.7	23.8
84.2	36.5	106.8	25.3
82.6	40.0	104.1	27.0
80.9	43.3	102.3	28.7
79.1	46.5	100.8	29.1
76.4	50.8	97.5	30.5
74.8	53.2	96.9	31.1

표 1. 팔꿈치 위치 좌표값 비교

### 4. 실험 결과 및 향후 연구 방향

그림 4는 시스템 초기 화면을 보여주고 있으며, 그림 5는 센서로부터 얻어진 손목의 좌표값으로부터 팔꿈치의 위치를 구하여 오브젝트에 적용한 결과로 팔의 움직임을 보여주고 있다.

본 논문에서는 캡처된 모션 데이터를 사용하여 손목의 위치로부터

팔꿈치의 위치를 찾아내는 간단한 기법을 제안하였다. 위의 표1에서 보았듯이 캡처된 위치값과 계산에 의해 얻어진 위치값에 커다란 차이가 없다. 결과적으로 이 방법은 몇 개의 센서만 가지고도 사실적인 사람의 움직임을 표현할 수 있으며, 비용 절감에도 효과적이라는 장점이 있다. 앞으로의 연구 방향은 보다 현실적이고 사실적인 애니메이션 구현을 위하여 3차원 공간상에서의 움직임과 자연현상의 물리적 변화에 대한 상황과 각 관절들에 대한 제약조건을 고려하여야 보다 더 자연스러운 애니메이션이 가능하도록 할 것이다.

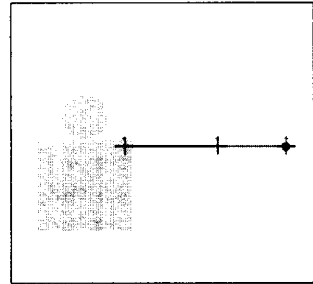


그림 4. 시스템 초기 화면

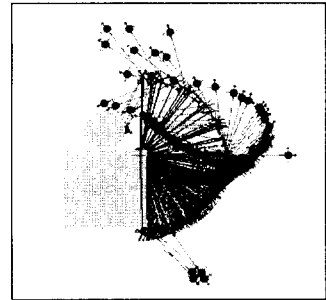


그림 5. IK를 적용한 결과

### 참고 문헌

- [1] A. Brudelin and L. Williams, "Motion Signal processing" in *ACM SIGGRAPH '95*, (Los Angeles, CA), pp.97-104, August 1995.
- [2] A. Witkin and Z. Popovic, "Motion warping", *Computer Graphics (Proceedings of SOGGRAPH 95)*, 29:105-108, August 1995
- [3] C. Rose, M.F. Cohen and B. Bodenheimer, "Verbs and Adverbs: Multidimensional motion interpolation", *IEEE CG&A*, 18(5):32-40 October 1998
- [4] D.J. Wiley and K. Hahn, "Interpolation synthesis for articulated figure motion". In *Proceedings of IEEE Computer Society Press*, 1997
- [5] D. Tolani and N.I. Badler, "Real-time inverse kinematics of the human arm", *Presence*, 5(4) : 393-401, 1996
- [6] Jehee Lee and Sung Yong Shin, "A Hierarchical Approach to Interactive Motion Editing for Human-like Figures", *Proceedings of SIGGRAPH '99*