

자기 교차 회피를 고려한 동작 적응

정규만[○], 이승용
포항공과대학교 컴퓨터공학과

{misterq, leesy}@postech.ac.kr

Motion Adaptation with Self-intersection Avoidance

Kyuman Jeong, Seungyoung Lee
Dept of Computer Science & Engineering, POSTECH

모션 캡처 데이터를 이용하는 애니메이션에서 가장 큰 이슈는 재사용이다. 같은 동작이지만 약간의 변화가 있는 동작을 하는 데이터를 얻기 위해 다시 모션 캡처 장비를 가지고 작업을 해야 한다면 많은 시간과 돈의 낭비를 초래하게 된다. 모션 캡처 데이터의 재사용에 대한 연구 중 동작 적응은 이미 존재하는 모션 캡처 데이터를 다른 가상 캐릭터에 적용하는 문제를 다루고 있다. 지금까지의 연구는 동작 배우와 가상 캐릭터의 길이 차이에만 초점을 맞추어 진행되었다. 그러나 본 연구에서는 길이의 차이와 함께 부피의 차이를 모두 고려하였다.

1 서론

컴퓨터 그래픽스 분야에서 인간 애니메이션은 그동안 많은 연구가 수행되었다. 또한 인간의 동작에 대한 연구는 컴퓨터 그래픽스 이전에 생물학이나 로보틱스 등의 분야에서 많은 연구가 진행되어 왔다. 하지만 인간의 구조적 복잡성으로 인해 자연스러운 결과를 얻기가 쉽지 않았다. 컴퓨터 그래픽스에서 인간 애니메이션은 매우 중요하면서도 어려운 분야이다.

인간의 동작 애니메이션을 만드는데 가장 널리 쓰이고 있는 전통적인 방법은 키프레이밍 기법이다. 컴퓨터 애니메이션에서는 중요한 프레임에 대해서만 애니메이터가 동작을 정의해주고 중간 프레임은 컴퓨터가 자동으로 생성한다. 이 방법의 가장 큰 장점은 제어하기 쉽다는 것이다. 그렇지만 애니메이터의 입장에서 보면 작업량이 많아진다는 단점이 있다. 그리고 인간의 동작을 물리 법칙으로 설명하려는 방법도 있다. 물리 법칙에 기반하는 방법은 각종 물리적 요소들을 정의하고 그 물리적 요소들에 적용될 물리 법칙을 구해서 동작 제어 시스템을 만들어내는 것이라고 할 수 있다. 최근에 들어 모션 캡처라는 기술이 개발되면서 인간의 동작 애니메이션은 새로운 전기를 맞게 되었다. 실제 사람의 몸에 센서를 부착하여 사람이 움직임에 따라서 동작 데이터를 추출하기 때문에 아주 자연스러운 애니메이션이 생성되는 것이다.

하지만 모션 캡처 데이터를 이용하는 애니메이션에도 많은 문제점이 있다. 그 중에서도 가장 중요한 것이 재사용에 관한 것이다. 지금까지 연구된 동작 적응은 동작 배우와 가상 캐릭터의 신체 부위의 길이 차이에 의해 생기는 문제에 초점을 맞추어 진행되었다. 본 논문에서는 모양이나 부피가 다를 때 생기는 가장 큰 문제인 자기 교차 문제를 해결할 수 있는 새로운 알고리즘을 제시하였다. 본 논문에서 제시하는 알고리즘은 기본적으로 가상 캐릭터의 각 부위 사이의 충돌 검사와 회피에 기반하고 있다.

2 관련 연구

2.1 Spacetime Constraints

Witkin과 Kass [7]는 'Spacetime constraints'라는 방법을 제시하였다. 가장 핵심적인 생각은 동작을 시간에 따라 순차적으로 계산하는 것이 아니라 전체 애니메이션에 대해 한번에 계산해준다는 것이다. 이 방법은 전체 프레임에 대해 고려하기 때문에 부드러운 결과를 얻을 수 있지만 다음과 같은 단점이 있다. 먼저 미지수의 개수가 많기 때문에 계산 시간이 매우 오래 걸린다. 그리고 제약 조건과 목적식이 비선형적이기 때문에 계산이 원하는 값으로 수렴한다는 보장이 없다.

2.2 동작 적응(Motion Adaptation)

Motion retargetting이라고도 하는 기술로써 한 사람으로부터 얻은 모션 데이터를 다른 사람에게 적용시키는 기술이다. 모션 캡처 데이터를 얻을 때 실제 참가한 동작 배우와 그 데이터를 적용하는 가상 캐릭터는 같은 구조를 갖지만 신체 부위의 길이가 서로 다르다. 이 때문에 부자연스러운 애니메이션이 생성될 수 있다. 이것이 목표로 하는 것은 그 동작 데이터가 어떻게 생성되었는지에 관계없이 한 캐릭터에서 생성한 동작 데이터를 다른 캐릭터에 재사용하는 것이다.

2.3 동작 수정(Motion Editing)

언어진 모션 캡처 데이터를 부분적으로 수정해서 원하는 동작을 만들어내는 기술이다. 모션 캡처 데이터의 특징으로 인해 데이터를 수정하는 것이 매우 어렵기 때문에 이 분야에서는 모션 캡처 데이터를 효과적으로 수정하는 방법을 주로 연구한다.

2.4 동작 혼합(Motion Blending)

두 개 이상의 모션 데이터를 적당히 섞어서 새로운 (보통은 중간 형태의) 모션 데이터를 얻어내는 기술이다. 모든 동작에 대해 모션 캡처를 수행해야 한다면 너무나 많은 시간과 돈이 필요하게 된다. 이 분야에서는 이미 존재하는 두 개 이상의 모션 데이터를 이용해서 새로운 중간 형태의 동작 데이터를 얻어내는 방법에 대해 연구한다. Bruderlin 등[8]은 동작 데이터도 시간에 따라 변하는 신호라는 점에 착안하여 신호 처리(signal processing) 기법을 이용한 동작 혼합 방법을 제시하였다.

2.5 동작 변이(Motion Transition)

두 개의 모션 클립이 있을 때, 이 두 모션 클립을 연결하는 기술이다. 예를 들어 뛰어가던 모션 데이터와 걸어가던 모션 데이터가 존재할 때, 뛰어가다가 속도를 줄여 걸어가던 모션 클립을 얻기 위한 방법이다. 실제로 애니메이션을 만들다 보면 여러 개의 동작이 부드럽게 연결되어 전체 동작을 구성하는 것이 대부분이다. Bruderlin 등[8]은 신호 처리(signal processing) 기법을 이용한 동작 변이 방법을 제시하였다.

3 기본 알고리즘

본 논문에서는 이미 얻어진 모션 캡처 데이터를 가상 캐릭터에 적용하여 애니메이션을 만들 때 생기는 자기 교차 문제를 회피할 수 있는 알고리즘을 제시하려 한다. 여기서 말하는 자기 교차란 가상 캐릭터의 세그먼트끼리 충돌이 일어난다는 것이라고 정의할 수 있다. 먼저 자기 교차가 발생하였다는 사실을 알기 위해서는 자기 교차 검사 과정이 필요한데, 이것은 각 세그먼트 사이의 충돌 문제로 바꿀 수 있다. 따라서 먼저 세그먼트 사이의 충돌 검사 과정이 필요하다. 충돌 검사가 이루어진 후에는 충돌 회피 과정이 따라야 한다.

충돌 회피를 위해서는 먼저 방향이 지정되어야 한다. 가장 자연스러우면서 원래 동작 특성을 최대한 보존할 수 있는 방향의 선택이 필요하다. 방향이 결정되어 이동될 때 어떤 세그먼트가 이동될 것인지를 결정해야 한다. 이를 위해 우선 순위라는 개념을 도입하였다. 프레임과 프레임 사이의 연속성을 위해 충돌 검사는 모든 프레임에서 수행하지만 충돌 회피는 충돌이 가장 많이 생긴 프레임에서만 수행하도록 한다. 지금까지 설명한 것만을 고려하여 충돌 회피를 하게 되면 제 2, 제 3의 충돌이 발생할 수 있다. 최악의 경우 무한 루프에 빠지는 경우도 발생할 수 있다. 이런 문제를 해결하기 위해 다중 패스 알고리즘을 적용하였다. 그리고 자기 교차 회피 알고리즘의 결과로 나온 위치의 이동을 동작 적용의 제약 조건으로 바꾸어 동작 적용 알고리즘으로 풀어낸다. 결국 동작 적용에 그대로 적용할 수 있는 일관된 알고리즘이라고 할 수 있다.

4 자기 교차 검사

자기 교차 검사는 가상 캐릭터를 구성하는 세그먼트 사이의 충돌 검사 문제로 바꾸어 생각할 수 있다. 그런데 가상 캐릭터는 복잡한 모양의 세그먼트들로 이루어져 있다. 따라서 이런 복잡한 모양의 세그먼트 사이의 충돌 검사는 매우 많은 시간을 필요로 하는 작업이다. 따라서 빠른 충돌 검사를 위해 주어진 가상 캐릭터 모델을 간단한 프리미티브

들로 이루어진 모델로 바꾸어 주는 작업이 필요하다. 결국 가상 캐릭터의 각 세그먼트는 형태에 따라서 몇 개의 프리미티브로 변형된 후 충돌 감지 알고리즘을 적용한다.

본 알고리즘에서는 빠른 충돌 검사를 위해 가상 캐릭터의 각 세그먼트를 그 세그먼트를 가장 잘 표현할 수 있는 간단한 프리미티브로 간략화시켰다. 이렇게 되면 자기 교차 검사는 간략하게 표현된 각 세그먼트들 간의 충돌 검사 문제로 생각할 수 있게 된다.

프리미티브를 선택할 때 고려해야 할 사항이 두 가지 있다.

1. 가능한 세그먼트를 잘 표현할 수 있어야 한다.
2. 충돌 검사가 쉬워야 한다.

이 논문에서 위의 조건들을 고려하여 프리미티브로 구와 원통을 선택하였다. 왜냐하면 가상 캐릭터의 세그먼트들을 구나 원통으로 비교적 잘 반영할 수 있으면서 충돌 검사가 다른 프리미티브에 비해 쉽기 때문이다. 또한 충돌 회피의 방향을 정의하기도 쉽다는 장점이 있다.

충돌 검사는 간략화된 프리미티브의 기하학적 정보를 이용한다. 각 프리미티브 사이의 충돌 검사를 살펴보도록 하자.

- 구와 구 사이의 충돌 검사
두 구의 중심 사이의 거리 구하는 문제
- 구와 원통 사이의 충돌 검사
구의 중심과 원통의 중심선 사이의 거리 구하는 문제
- 원통과 원통 사이의 충돌 검사
두 원통의 중심선 사이의 거리 구하는 문제

5 자기 교차 회피

자기 교차 회피는 세그먼트간의 충돌이 발생하였을 경우 이 충돌을 회피할 수 있는 상태를 구하는 문제가 된다. 동작에 대한 제어를 할 때 고려해야 할 사항은 크게 두 가지가 있다.

- Intra-frame Relation
한 프레임 내에서 원하는 동작을 제대로 수행하는가의 여부.
- Inter-frame Relation
프레임과 프레임 사이에 부드러운 연결이 이루어지는지의 여부.

매 프레임마다 충돌 회피를 수행하면 한 프레임 내에서는 원하는 동작을 수행하게 되겠지만 근처 프레임을 고려하지 않기 때문에 부드러운 애니메이션을 얻을 수 없게 된다. 이런 문제를 해결하기 위해 자기 교차 검사는 모든 프레임에서 수행하지만 자기 교차 회피는 자기 교차가 가장 많이 일어난 프레임에 대해서만 수행한다.

본 논문에서 제시하는 자기 교차 회피 알고리즘은 다음과 같은 특징이 있다.

- 제약 조건
- 회피 방향
- 우선 순위
- 다중 패스

6 실험 결과 및 결론

6.1 실험 결과

그림상으로는 아직도 충돌이 발생하고 있는 것 같지만 자기 교차 회피 알고리즘이 팔을 몸통과 접촉하는 지점으로 이동시켰는데, 엘리머싱으로 인해 문제가 발생한 것일뿐 실제로는 회피가 제대로 된 것이다. 또한 회피를 위한 이동량의 비율을 사용자가 지정할 수 있으므로 이러한 문제는 쉽게 해결할 수 있다. 즉 팔과 몸통이 접촉하는 지점으로 이동하는 이동량에 사용자가 지정한 비율을 곱하여 이동시킬 수 있으므로 회피의 정도를 사용자가 조절할 수 있다.

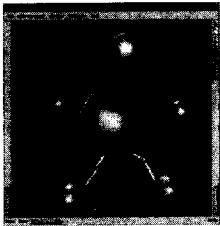


그림 1: 몸통과 팔이 충돌하는 경우

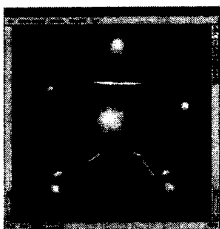


그림 2: 몸통과 팔의 충돌을 회피한 결과



그림 3: 머리와 손이 충돌하는 경우

6.2 결론

본 논문에서는 모션 캡처 데이터를 이용한 가상 캐릭터 애니메이션을 제작할 때 생길 수 있는 자기 교차 문제를 해결하는 방법을 제시하고 있다. 본 논문에서 제시하는 자기 교차 회피 알고리즘은 각 세그먼트 사이의 충돌 검사와 충돌 회피에 기반하고 있다. 본 알고리즘은 자기 교차 회피 문제를 동작 적응과 무관한 방법으로 보지 않고 일관된 방법으로 처리하고 있다.

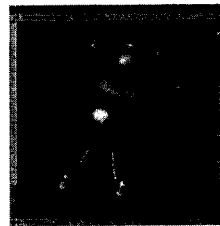


그림 4: 머리와 손의 충돌을 회피한 결과

본 알고리즘은 모션 캡처 데이터를 이용하는 애니메이션 뿐만 아니라 일반적인 휴먼 캐릭터를 이용한 애니메이션에도 그대로 적용할 수 있다. 마지막으로 가상 환경과의 캐릭터의 충돌 문제에도 확장하여 적용할 수 있다. 이런 확장으로 어떤 가상 환경이 주어졌을 때 그 가상 환경 내에서 자연스럽게 움직일 수 있는 애니메이션을 자동으로 생성할 수 있게 된다.

본 알고리즘은 오프라인 방법이다. 즉 모든 데이터를 가지고 있는 상태에서 작동하는 알고리즘인 것이다. 하지만 실제 모션 캡처를 이용한 많은 애니메이션에서는 온라인 방법을 필요로 하고 있다. 따라서 본 연구의 결과를 온라인 방법으로 확장하는 것이 필요하다.

참조 서적

- [1] BRUDERLIN, A., AND WILLIAMS, L. Motion signal processing. *Computer Graphics (Proc. SIGGRAPH '95)* (1995), 97-104.
- [2] FRANK MULTON, LAURE FRANCE, M.-P. C.-G., AND DEBUNNE, G. Computer animation of human walking: a survey. *The Journal of Visualization and Computer Animation 10* (1999), 39-54.
- [3] GLEICHER, M. Motion editing with spacetime constraints. *Proceedings of Symposium on Interactive 3D Graphics* (1997).
- [4] GLEICHER, M. Retargetting motion to new characters. *Computer Graphics (Proc. SIGGRAPH '98)* (1998), 33-42.
- [5] LEE, J., AND SHIN, S. A hierarchical approach to interactive motion editing for human-like figures. *Computer Graphics (Proc. SIGGRAPH '99)* (1999), 39-48.
- [6] S. LEE, G. W., AND SHIN, S. Y. Scattered data interpolation with multilevel b-splines. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics 3*, 3 (1997), 228-244.
- [7] WITKIN, A., AND KASS, M. Spacetime constraints. *Computer Graphics (Proc. SIGGRAPH '88)* (1988), 159-168.
- [8] WITKIN, A., AND POPOVIC, Z. Motion warping. *Computer Graphics (Proc. SIGGRAPH '95)* (1995), 105-108.