

모션 캡처된 데이터의 동작 수정이 가능한 시스템의 설계 및 구현

정현숙^o, 이해진, 이일병
연세대학교 컴퓨터과학과

Design and Implementation of Motion Captured Data Motion Editing System

Hyun-Sook Chung^o, Hye-Jin Lee, Yill-Byung Lee
Dept. of Computer Science, Yonsei Univ.
E-mail : {hsch,hjlee,yblee}@csai.yonsei.ac.kr

요 약

본 논문에서는 광학식 모션 캡처를 이용하여 얻은 한국인의 발레 동작에 대한 모션 캡처 데이터를 사용하여 다른 모션으로 변형함으로써 새로운 형태의 동작을 생성하거나 원래 데이터의 에러가 생긴 경우에 보정이 쉽게 수정 가능하도록 하였다. 즉, 모션 캡처 데이터의 구조는 다양한 포맷들로 되어 있는 스퀘레톤 구조로서 관절의 각도나 위치에 대해 변형을 가하기 힘들다. 그러므로 모션 수정에 관련된 기술을 이용하여 선택된 조인트(joint), 엔드어펙터(end effector), 마커(marker)들을 보여주고, 오일러(Euler Angles), 쿼터니언(Quaternions), 지수 맵(Exponential Map) 보간이 가능하여 실시간에서도 재생 되도록 구현하였다.

1. 서론

요즘 인체의 동작을 정확하게 표현하고자 하는 연구에서 풀어야 할 가장 어려운 과제 중의 하나는 사실적이고 자연스러운 인체 동작을 표현하는 것이다. 가상 현실이나 게임 및 멀티미디어 콘텐츠 제작에는 다양한 종류의 동작이 필요하다. 특히, 3차원 컴퓨터 애니메이션의 모션 캡처 기술은 모션 데이터를 컴퓨터에 입력하기 위한 방법으로서, 다관절로 이루어진 복잡한 대상체의 움직임을 각 관절의 위치와 시간에 따른 변화를 측정함으로써 거의 자연스런 동작을 표현해준다[1].

가상 현실, 멀티미디어, 게임 제작 등에는 주 대상이 인간이므로 인간의 동작에 관련된 기술이 절실히 요구되고 있다. 그러므로, 모션 캡처 기술이 애니메이션 산업에서 부상되고 있으나 현실적으로 모션 캡처 데이터를 더 사실적으로 표현하고 수정할 수 있는 방법과 기술이 부족한 실정이다.

본 연구에서는 광학식 모션 캡처 시스템의[2] 데이터를 사용하기위해 다른 종류의 시스템과 달리 캡처시 인체 모델에 부착된 마커의 위치 데이터만 획득한다. 이 방식은 일반적으로 수치 계산법으로 풀어야 하는 복잡성이 있지만, 여기서는 24개의 마커를 부착한 발레전문가 액터(Actor)를 통해 발레 동작을

모션 캡처 받은 다음 다른 모션 동작을 생성하기 위해 원래 동작을 변형함으로써 게임이나 애니메이션 등에서 캐릭터의 모션 동작 제작을 용이하도록 하고자 한다. 따라서 본 논문에서는 2장에서 모션 캡처에 관련된 연구에 대해 설명하고, 3장에서는 본 연구에 사용한 시스템의 구조와 적용 원리에 설명하였다. 그리고 4장과 5장에서는 실험환경과 결론을 기술하였다.

2. 관련연구

2.1 푸리에(Fourier) 분석 기법 [3]

모션의 감정 상태를 포함하는 인체 동작의 걸음 걸이를 생성하는 방법을 Unuma[3]가 제안하였는데, 푸리에 분석으로 얻어지는 주파수 정보를 기반으로 하는 동작을 보간(interpolate) 또는 외보간(extrapolate)하였다. 하지만, 푸리에 기법을 사용하여 반복되는 동작에 대해서만 적용 가능하고, 제안된 논문에서는 걷기나 뛰기(locomotion)에 대해서만 중심으로 다루고 있다. 동작 캡처의 가장 큰 어려움은 사람들의 동작이 너무 다양하기 때문에 미리 모든 동작을 저장할 수 없다는 점이다. 이 논문에서는 이미 주어진 부분 동작들을 서로 혼합하거나 연결하여 새로운 동작을 생성함으로써 기본 동작들만을 캡처하고 이로부터 복합적인 동작을 생성하고자 하는 시도의 시발점이 되었다고 볼 수 있다.

2.2 이미지와 신호 처리의 기법 [4]

Unuma[3] 등의 논문과 유사한 소재를 다루고 있으나 이미지와 신호 처리의 기법들을 동작의 설계 및 편집에 적용 가능하게 하였다. 이를 위해 동적 시간 와핑(dynamic time warping)을 이용한 멀티타겟(multitarget) 보간, 파동 형태(waveshaping), 변위 매핑(displacement mapping) 등의 기법을 소개하였다. Unuma 등의 논문과는 주파수 공간에서 동작을 생성, 혼합 및 편집하는 점에서는 공통 부분이 있다. 하지만, 여기서는 다중 해상도 필터를 사용해서 각 주파수 구간 별로 정보를 추출하였다.

2.3 인체 측정학(anthropometry generalization)[5]

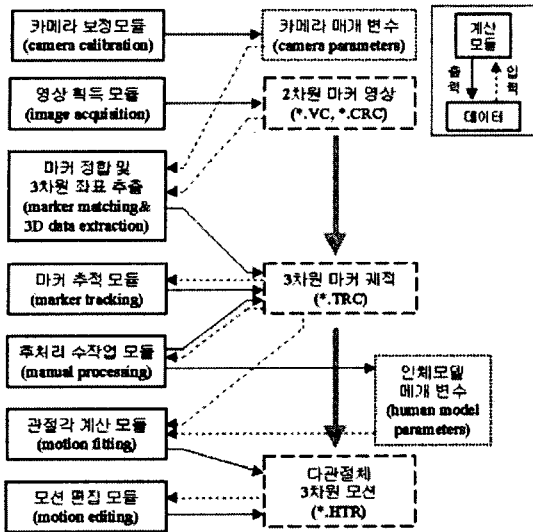
로토스코핑(Rotoscoping)은 사람이나 동물의 실제 동작을 촬영한 이미지를 애니메이션 키 프레임으로 사용하는 일련의 과정을 의미하므로 얻은 동작은 자연스럽게 사실적인 움직임을 보여준다. 로토스코핑의 문제점 중의 하나는 측정된 사람의 종아리 및 허벅지의 길이가 적용하고자 하는 임의의 대상과 다를 경우에 생기는 불일치성이다. 이 논문에서 다루는 문제는 인체 측정학의 일반화로써 특정 사람에게서 측정된 동작 데이터를 일반적인 사람에게 적용하기 위해 적절히 변형하는 것이다. 또 다른 하나의 일반화는 보폭 길이(step length) 일반화로 캡처된 데이터의 보폭을 바꿀 때 생기는 불일치성을 해결해 주었다. 일반화의 어려움과 불일치성은 모션 캡처의 중요한 문제점으로 널리 알려져 있다.

3. 모션 캡처 데이터의 수정 가능한 시스템

3.1 모션 캡처

모션 캡처는 3차원 공간에서 액터가 모션 캡처의 센서장치를 부착하고 연기하면 카메라나 빛의 위치와 장면 속의 다른 요소들을 포함하는 다양한 오브젝트의 움직임에 대한 위치와 방위를 측정하고 컴퓨터가 사용할 수 있는 형태의 정보로 기록하는 것이다[1,2]. 모션캡처는 크게 세가지로 기계식 방식, 자기장 방식, 광학식 방식으로 분류를 나누고 있습니다. 본 연구에서 사용하는 데이터의 형태는 광학식 모션 캡처를 이용하여 얻은 한국인의 발레 동작에 대한 것이다. 이 형태는 처음 카메라 보정한 후 카메라 매개변수를 얻으며, 다음으로 영상획득을 통하여 2차원 마커 영상(*.VC, *.CRC)을 추출하게 된다. 이 형태를 마커 정합 및 모션 분석과 수정 및 재사용을 가능하게 하는 틀인 3차원 좌표 추출, 마커 추적, 후처리 수작업 모듈을 Motion Analysis Corporation의 EVa(Expert Vision HiRES) 소프트웨어[3]를 사용해서 3차원 마커 궤적(*.TRC) 형태로 한국인의 발레 동작을 얻을 수 있다. 마지막으로 이것에 대한 관찰각 계산, 모션 편집을 위해 다관절체 3차원 모션(*.HTR) 형태의 한국인 발레 동작을 얻을 수 있었다. 이 과정의

흐름도는 그림 1과 같다[6].

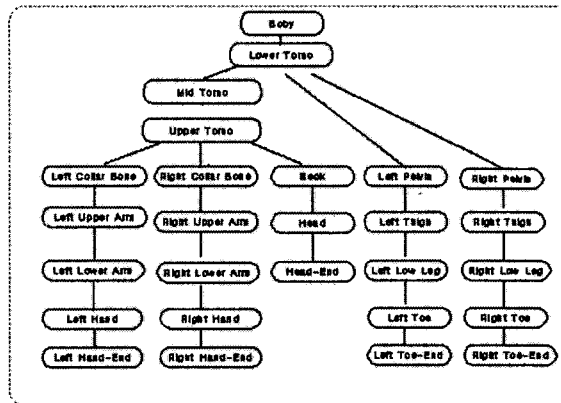


[그림 1] 모션 캡처 자료 흐름도

신체의 각 부위에 마커를 부착하여 액터가 보다 자연스러운 발레 동작을 수행할 수 있도록 하였다. 또한 절대 좌표 값을 구할 수 있으므로 동작 데이터의 에러를 적게 하고, 에러의 보정이 쉽게 할 수 있도록 하였다. 그러나 광학식 모션 캡처 시스템은 유지보수 비용이 많이 들며, 마커가 카메라의 사각지대에 위치하게 되는 경우에는 위치 계산이 어렵게 된다는 단점이 있다. 이를 해결하기 위한 방법으로서 모션 수정에 관련된 기술[7]을 이용하여 선택된 조인트, 엔드이펙터, 마커들을 보여주고, 오일러, 쿼터니언, 지수 맵 보간 기능이 지원 가능하여 실시간에서도 재생 가능하도록 구현하였다.

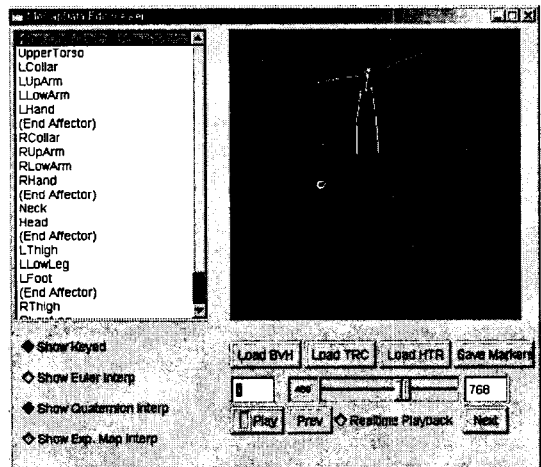
3.2 모션 데이터 수정 가능한 시스템

다양한 데이터의 파일 구조 중에서 본 논문의 모션 수정이 가능한 시스템에서 사용된 형태를 살펴보면, 모션 데이터뿐만 아니라 스켈레톤(skeleton) 계층 정보도 제공해 주고 있으며, 이 파일들은 프레임에 해당하는 모든 마커의 3차원 좌표 값을 가지고 있다. 발레 동작의 인체 계층 구조는 23 세그먼트 시스템으로 그림 2와 같다.

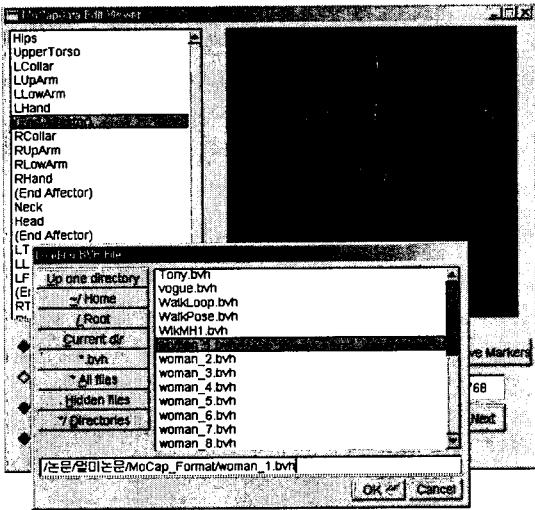


[그림 2] 인체 계층 구조

제안하는 시스템은 BVH,TRC, HTR 파일 포맷으로 저장된 모션 캡처된 데이터를 보여주는 것이 가능하고, 이 모션은 실시간 또는 프레임마다 재생이 가능하다. 또한 선택된 조인트, 엔드이펙터, 마커들의 경로도 보여주며, 마커들의 경로를 파일로 저장도 가능하다. 오일러, 쿼터니언, 지수 맵 보간 기능이 가능하다. 모션 캡처 파일에 기술된 실제 모션도 보여주고, 마우스에 의해 조작 가능하다. 그림 3과 그림 4에서 보는 바와 같이 관련기술에 관하여 4단계로 구현하였다.



[그림 3] 모션 수정 가능한 시스템



[그림 4] 다른 형태를 지원하는 시스템 메뉴

① 스켈레톤

모션 캡처된 파일 포맷에서 데이터를 읽어서 보여주는 것이 가능하다. 스켈레톤이 보여주는 데이터 구조는 일반적으로 조인트와 엔트이펙트로 구성되어 있다. 조인트가 포함된 모든 데이터는 트리(tree)안의 노드들로 저장된다. 트리안에 포함된 데이터의 어떤 오퍼레이션들은 반복적으로 선회한다. 또한, 모션들의 스켈레톤값들을 변경하여 수정하고자 하는 다른 동작의 위치로 마우스를 드래그하면 스켈레톤에 그 값을 할당할 후에 각 모션의 이전 프레임 위치와 현재 위치를 구해 그 값들을 수정하고 변경된 값만큼 방향도 변경되는 것을 보여준다.

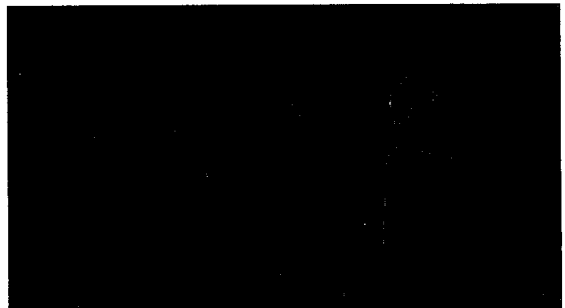
② 전운동학(Forward Kinematics)

어떤 방법으로 측정해서 얻었든지 간에 상관없이 조인트각들은 동작의 중요한 특징을 포함하고 있다. 그리고 전운동학에 의한 복구는 그러한 특징을 복원하는데 매우 효과적이다. 그러나 조인트 각의 측정치만을 가지고 동작을 복원했다면, 엔드-이펙터의 경로가 여러가지 이유로 부정확해 질 수 있다. 스켈레톤을 표현하기 위해 필요한 모든 계산들은 모션 파일내의 오일러 보간을 이용하였고, 쿼터니언 또는 지수 맵으로 변경 가능하고 저장은 가능하지 않다. 조인트와 엔드이펙터의 경로는 스켈레톤으로 보여주

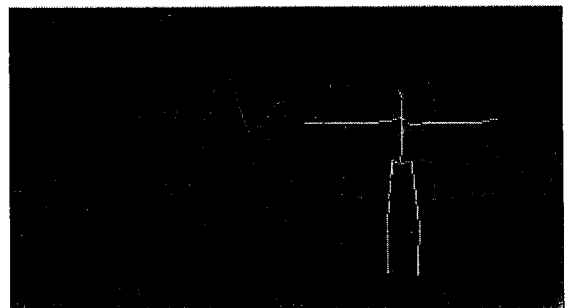
고 저장 가능하다.

③ 보간(Interpolation)

동작의 중간 단계를 계산하기 위해 쓰이는 가장 간단한 방법은 선형(Linear) 보간법으로 앞뒤의 프레임에서 사람의 자세를 일정한 비율로 변화시켜 장면을 연결하는 것이다. 또한 동작의 움직임 속도가 일정하지 않을 경우에는 스플라인(Spline) 보간법과 같은 좀 더 복잡한 보간법을 사용하기도 한다. 여기서의 보간에 대한 각 형태의 결과는 스켈레톤과 경로 궤적으로 다른 색상으로 표현하여 구별지어 그림 5처럼 나타내어진다. 데이터 구조는 오일러각만으로 회전키를 저장한다. 쿼터니언 또는 지수 맵이 사용될 때마다, 오일러 각이 먼저 적당한 형태로 변경된다. 오일러각이 쿼터니언으로의 변환과 보간되는 알고리즘은 Shoemake[8]에 의한 방법으로 수행하였다. 지수 맵 변환과 보간에 대한 알고리즘은 Grassia[9]을 기반으로 구현하였고, 지수 맵 변환은 오일러각이 먼저 쿼터니언으로 변경된 후에 가능하다.



(a) 적용전



(b) 적용후

[그림 5] 오일러각을 적용된 결과

④ 마커(Markers)

마커들로 된 TRC 데이터를 스켈레톤의 HTR 데이터로 변환해 주고, 스켈레톤의 일부인 마커는 스켈레톤 트리안에 삽입되어 있다. 이것은 트리내의 모든 노드들이 자동으로 수행되고 경로 궤적도 가능하도록 많은 연산들을 한다. 마커들은 연관성있는 조인트들의 자식이다. 마커들을 저장, 삭제가 가능하다.

4. 실험환경

본 시스템은 Windows 2000/XP 환경에서 Visual C++, OpenGL 그래픽 유저 인터페이스 라이브러리인 FLTK를 이용하여 구현하였다. 현재 본 시스템은 모션 데이터로부터 수정 변환 가능한 시스템에 응용되어 구현되었으나, 미래 인터넷상에서도 실시간으로 가상현실, 온라인 방송, 콘텐츠 교육, 캐릭터 애니메이션 등과 같은 실시간 정보 표현 분야에도 응용될 수 있을 것으로 예상된다.

5. 결론

본 연구에서는 광학식 모션 캡처 시스템 기반의 모션 캡처 데이터를 이용하여 얻은 한국인의 발레 동작에 대해 수정이 가능하여 시스템에 적용할 수 있도록 구현하였다. 한국인의 발레 동작에 대한 모션 캡처된 데이터의 사용하여 다른 모션에 변형하여 새로운 형태의 동작을 원하거나 원래 데이터의 에러가 생긴 경우에 보정이 쉽게 되도록 하였다. 시스템의 구현 결과로서, 3차원 형태의 모션 캡처된 데이터의 구조는 각 다양한 포맷들로 스켈레톤 구조로서 관절의 각도나 위치에 대해 변형을 가하기 힘들다. 그러므로 모션 수정에 관련된 기술을 이용하여 선택된 조인트, 엔드이펙터, 마커들을 보여주고, 오일러, 쿼터니언, 지수 맵 보간 기능이 지원되며, 실시간에서도 재생 가능하도록 구현하였다.

앞으로 모션 수정에 관련된 역운동학(Inverse

Kinematics)로 캐릭터의 한 점을 움직였을 때 루트(root)에서 부터 그 점 사이의 조인트가 이동할 수 있는 경우의 수가 여러 개 나올 수 있는데 그 중에 가장 최적화된 해를 구해서 모션의 질(quality)이 향상 가능하도록 연구가 진행되어야 할 것이다.

[참고문헌]

[1] 김용순, 김영수, “3차원 캐릭터 애니메이션 기술 동향”, 정보과학회지, 제17권, 2호(통권 제 117호), pp.48-59, 1999

[2] 정현숙, 이일병, 정문렬, “3차원 애니메이션 시스템을 위한 인체 동작의 변형”, KISS, 제26권, 2호, pp.518-520,1999

[3] Munetoshi Unuma, Ken Anjyo, and Ryozo Takeuchi, “Fourier principles for emotion-based Human figure Aimation”,Computer Graphics(Proceedings of SIGGRAPH '95), pp. 91-96,1995

[4] Armin Bruderlin and Lance Williams, “Motion signal processing”,Computer Graphics(Proceedings of SIGGRAPH '95), pp. 97-104,1995

[5] Hyeongseok Ko and Norman I. Badler, “Straight line walking animation based on kinematic generation that preserves the original characteristics”, Proceedings of Graphics Interface '93, Toronto, Ontario, pp. 9-16, May 1993

[6] BioVision Motion Capture Studios, BVH motion file format specification, 1996(<http://www.biovision.com/> or http://vr.knu.ac.kr/kor/mocap_kor.html#1)

[7] Michael Gleicher, "Retargetting Motion to New Characters", Proceedings of SIGGRAPH 98 In CGA Conference Series,PREPRINT April 27, 1998

[8] K. Shoemake. Animating rotation with quaternion curves. ACM Siggraph, 19(3),pp. 45-254, 1985

[9] F. Sebastian Grassia. Practical parameterization of rotations using the exponential map. Journal of Graphics Tools, 3(3),pp. 29-48, 1998