

모션 캡처 시스템을 이용한 가상 스튜디오 시스템의 설계 및 구현

윤수미^o 전호철 김상철
한국외국어대학교 컴퓨터 공학과
yoonsm98@hanmail.net^o, {phbear, kimsa}@hufs.ac.kr

Design and Implementation of Virtual Studio System with Motion Capture System

Soomi Yoon, HoChel Jeon, Sangchul Kim

Dept. of Computer Science and Engineering, Hankuk University of Foreign Studiesungjin Han^o
Dept. of Computer Science and Engineering, Hankuk University of Foreign Studies

요 약

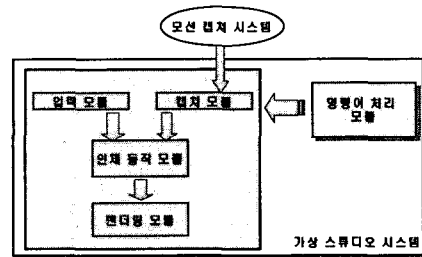
최근 가상현실을 이용한 응용에 대한 수요가 증가하고 있다. 특히, 모션캡처 시스템을 이용해서 가상현실 공간상의 인체 캐릭터를 동작시킬 수 있는 콘텐츠는 교육용, 오락용등으로 활용 범위가 많다고 할 수 있다. 본 논문은 그래픽, 3D 사물 객체, 3D 인체 캐릭터, 소리로 가상현실 공간을 구축할 수 있고, 모션 캡처 장비로부터 실시간 획득되는 모션데이터를 이용해서 3D 인체 캐릭터를 동작시킬 수 있는 시스템 (가상스튜디오 시스템이라 부름)을 제안한다. 참고로, 우리의 조사에 의하면, 본 시스템과 같은 연구결과는 거의 발견할 수 없었다. 본 시스템을 가상현실을 이용한 성경콘텐츠 제작에 활용해 본 결과 만족할 만한 성과를 얻었다.

1. 서 론

최근 가상현실의 응용에 대한 관심이 높아지고 있고, 특히 게임, 방송 등 많은 분야에서는 모션캡처 시스템을 이용한 응용에 대한 수요가 높아지고 있는데, 이제까지 그래픽, 3D 사물 객체, 3D 인체 캐릭터, 소리로 가상현실 공간을 구축할 수 있고, 모션캡처 장비로부터 실시간 획득되는 모션데이터를 이용해서 3D 인체 캐릭터를 동작시킬 수 있는 시스템에 대한 연구결과는 거의 발표되지 않았다. 본 논문은 이런 시스템 (가상스튜디오 시스템이라 부름)을 제안한다. 우리는 이 시스템을 이용해서, 예수와 마귀의 싸움을 나타내는 성경콘텐츠를 성공적으로 개발하였다. 또한, 본 논문에서는 기계식 모션캡처 장비의 문제점인 두발이 모두 바닥에서 떨어 진 경우의 인체 캐릭터의 위치를 계산하는 알고리즘도 제안한다.

2. 가상 스튜디오 시스템

가상 스튜디오 시스템의 전반적인 구조는 다음과 같다. 가상공간을 명시한 파일들을 읽어 들이는 입력 모듈, 모션캡처 장비로부터 모션데이터를 획득하는 캡처 모듈, 모션캡처 데이터로부터 3D 캐릭터의 자세를 생성하는 인체 동작 모듈, 가상공간의 요소를 화면상에 가시화하는 렌더링 모듈, 사용자의 명령어를 처리하는 명령어 처리 모듈로 구성된다.



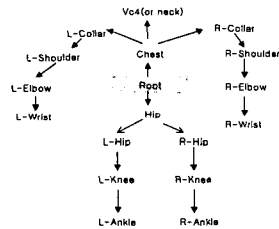
[그림1] 가상 스튜디오 시스템

3. 인체 모델

가상현실응용의 사실감을 높이고자 화면에 인체 캐릭터를 등장시키고, 이런 캐릭터를 모션캡처 장비로부터 입력되는 실시간 모션데이터를 이용해서 애니메이션하게 된다. 기존 연구에서 다수의 인체 캐릭터의 모델이 제안되었는데, 이들의 공통점은 실제 사람의 뼈와 근육 구성을 반영하는 다관절 구조이고, 몸의 중심점을 정점으로 해서 뼈 마디를 연결하는 각종 관절(즉, 신체 마디들의 연결점) 들 간의 계층구조로 기술된다. HUMANOID 인체 모델 [8]은30개 이상의 관절로 구성되면 손을 제외하고

도 74개의 회전 자유도(degree of freedom)를 가진다.

본 논문에서는 그림 2와 같이 HUMANOID 모델을 단순화시킨 인체 모델을 사용하는데, 이는 18개의 관절로 구성되며 거의 관절마다 3축 회전을 허락한다. 여기서 3축 회전이란 피치(pitch), 요(yaw), 트위스트(twist)를 지칭한다. 이 모델은 국내 기계식 모션캡처 장비에서 사용하고 있고, 우리의 경험에 의하면 게임 속의 캐릭터 애니메이션에 지장이 없을 수준이다. 모션 데이터 자체는 모션캡처 장비에서 채택하고 있는 인체 모델에 의존적이다. 그래서, 어떤 모션캡처 장비에서 획득한 모션 데이터를 그대로 그 장비의 인체 모델과는 다른 인체 모델의 애니메이션에 적용시키고자 한다면, 두 인체 모델간의 매핑이 필요하다. 우리의 경험에 의하면, 모션데이터의 인체모델이 적용하고자 하는 모델보다 간단한 경우에는 두 모델들간의 대응되는 관절을 파악하는 것으로 충분하였다. 예를 들면, 이 인체모델에서 한 관절인 L_Collar는 HUMANOID 인체모델의 L_Clavicle에 해당된다. 대응되는 관절 쌍은 실험을 통해서 밝힐 수 있다



[그림 2] 인체 골격 모델

4. 기계식 모션 캡처 시스템의 문제점 해결

4.1 모션 캡처 시스템

모션캡처시스템의 동작원리는 크게 광학식 및 기계식으로 나눈다. 광학식 시스템은 여러 대의 카메라를 이용해서 사람 몸에 부착된 마커(marker)들을 인식함으로써 사람 동작을 캡처하고, 기계식 시스템은 사람이 입은 센서도구에서 관절각, 몸 방향 및 발바닥 스위치의 상태(발이 바닥에 닿았는지 아닌지를 말함)에 관한 데이터를 직접 얻는다.

기계식 모션 캡처 시스템은 광학식 모션 캡처 시스템에 비하여 부정확한 것은 사실이지만, 우리의 가상스튜디오 시스템의 경우에는 시스템 전체를 이동하여 설치하고 콘텐츠를 사용하여야 하기 때문에, 이동성이 뛰어나고 설치 및 해제가 용의하며, 비교적 가격이 저렴한 기계식 모션 캡처 방식의 시스템을 사용하였다.

4.2 몸의 위치 계산 알고리즘

기본적으로 기계식 모션캡처 장비의 기능은 각 관절의 회전각을 구하는 것이다. 앞에서 언급한 대로, 몸 위치의 변화는 두 발이 땅에 붙어 있을 경우에는 관절들의 회전각을 이용해서 계산할 수 있다. 두 발이 공중에 떨어져 있는 경우에는 다른 방식으로 몸 위치의 변이를 구해야 한다. 우리의 조사에 의하면, 이에 대한 기존 연구는 문헌에서 발견할 수 없었다.

두발이 공중에 떨어지면 그 순간의 몸 진행 방향과 속도를 구한 후, 발이 바닥에 닿기 전까지 물리 법칙을 이용해서 몸의 위치를 자동으로 계산하는 방법을 고안했다. 물리 법칙이란 물체가 공중으로 던져질 때 초기 속도와 지면과 이루는 각도를 알면 그 물체의 비행 궤적을 구하는 방법을 말한다. 두발이 처음 바닥으로부터 떨어지기 시작한 프레임 N에서의 몸의 속도 벡터 v_N 는 다음과 같은 방법으로 구한다. 여기서, (t_i, P_i) 를 프레임 i 의 시점과 몸 위치를 나타낸다.

$$v_i = (P_{i+1} - P_i) / (t_i - t_{i-1}), i = N-1, N-2,$$

$$a_i = v_i - v_{i-1}, i = N-1, N-2,$$

$$m_a = a_{N-1} + a_{N-2} + \dots + a_{N-k}$$

$$v_N = v_N + m_a * (t_N - t_{N-1})$$

속도 벡터 v_N 은 v_{N-1} 과 평균 가속도 벡터 m_a 로부터 구해진다. 평균 가속도 벡터는 k 개의 지난 가속도 벡터들로부터 정의되고, k 는 실험적으로 구해질 수 있다. 우리의 실험에 의하면, 일반적인 점프동작에서는 $k=2$ 가 충분했다. 너무 큰 k 값인 경우에는 일반 보행 동작에서의 몸 위치 이동이 고려되고, 너무 작은 k 값인 경우에는 마지막 가속도 값만 고려되어서 계산상 수반될 수 있는 에러에 너무 민감한 것이 약점이다.

5. 시나리오 실행 엔진

시나리오 실행 엔진은 가상스튜디오용 시나리오를 구성하는 파일들을 읽어 들어서, 화면을 구성하고, 인체 캐릭터의 동작을 제어하면서 필요시 사운드를 생성한다. 표 1은 가상스튜디오용 시나리오를 구성하는 파일들을 기술한 것이다.

확장자 명	용도
SES	한 시나리오를 기술함
CHA	인체 캐릭터에 대한 기술
ICE	이미지들에 대한 기술
SCE	3차원 객체들에 대한 기술
TXT	모션 파일에 대한 기술
WAV	사운드 파일

[표1] 파일 확장자 및 용도

SES 파일은 한 개의 시나리오를 기술한다. 한 시나리오는 여러 프레임이 구성되고, 각 프레임은 등장인물과 배경 및 사운드 및 주석이 결정된다. 다음은 SES 파일에 대한 예과 그 파일을 구성하는 요소에 대한 설명이다.

```
.0 //0번째 인체 캐릭터(cally) 정의 cally.cha
.1 //1번째 인체 캐릭터(paladin) 정의 paladin.cha
.s0 //0번째 3차원 객체(cessna) 정의 cessna.sce
.io //0번째 이미지(cliff) 정의 cliff.ice
.i1 //1번째 이미지(announcer) 정의 announcer.ice
.w0 //0번째 사운드파일(long) 정의 long.wav
.m0 //0번째 모션파일(Shin) 정의 Shin.txt
.c //카메라의 앵글 지정 0 500 0 0 0 0 0 1
.f1 //1번째 프레임의 시작
.i //이미지 지정 1
.s //3차원 객체 지정 0
.a //주석 지정 20 900 0 -50 arial 36 1.0 0.0 0.0
.[1 Jesus 1
.r0 //모션파일로 동작하는 0번째 캐릭터 지정
0 200 0 0 0 0 -180 0.3 0.3 0.3 0
.w //사운드파일 지정 1 1
.F //프레임 종료
.e //e타입 프레임 시작
... //세부 사항 생략
.E //e타입 프레임 종료
%
```

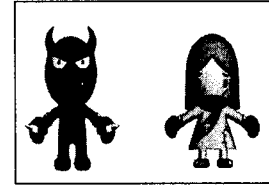
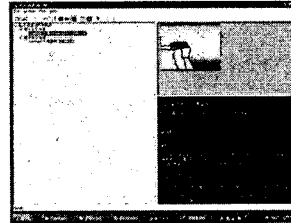
요소	설명
.f	프레임의 시작
.F	프레임의 끝
.e	e 타입 프레임 시작. f와는 달리 전 프레임과의 차이점만을 기술함.
.E	e 타입 프레임의 끝
%	파일의 끝(End of File)
.I	$I = 0, 1, 2, \dots, N$ CHA 파일 정의
.s	SCE 파일 정의 또는 지정
.i	ICE 파일 정의 또는 지정
.m	동작파일 정의 또는 지정
.w	소리파일 정의 또는 지정
.p	모션캡처 장비에서 획득되는 모션데이터로 동작되는 캐릭터를 지정
.r	동작파일로 움직일 캐릭터를 지정
.a	주석문을 지정

[표2] SES 파일의 구성 요소

6. 성경 콘텐츠 제작

성경콘텐츠는 콕핏 (cockpit) 프로그램과 성경콘텐츠를 구성하는 파일(SES, CHA, ICE, SCE, TX) 로 구성된다. 콕핏 프로그램은 성경콘텐츠 시나리오 라이브러리를 사용자에게 보여주고, 그 중에서 하나를 실행하는 역할을 담당한다. 성경 콘텐츠로는 마귀의 유혹에 관한 내용을 개발했다. 한 개의 모션캡처만을 동작할 수 있기 때문에, 화면에 마귀 캐릭터와 예수 캐릭터가 동시에 등장하는 경우에는 한 캐릭터는 모션캡처 장비에서 획득되는 데이터로 움직임을 제어하지만 다른 한 캐릭터는 움직임을

파일을 이용한다. 그림 3와 4는 콕핏 프로그램의 화면 예제 및 캐릭터 예제이다.



[그림3]. 콕핏 프로그램의 화면

[그림4] 마귀 및 예수 캐릭터

7. 결론

모션 캡처 시스템은 최근 주목받고 있는 가상현실 시스템, 가상현실 콘텐츠의 제작에 유용하게 사용되어지고 있다. 하지만 캡처 시스템과 콘텐츠 제작을 포함하는 일련의 기능의 시스템은 아직 그 수가 많지 않고, 실시간으로 캡처하여 콘텐츠에 적용하는 시스템은 개발되어 있지 않은 실정이다.

본 논문에서는 기계식 모션 캡처 시스템을 적용하여 콘텐츠를 제작할 수 있는 가상 스튜디오 시스템을 설계하였고, 이를 개발하여, 실제로 성경의 일부를 재현하는 성경 콘텐츠를 제작해 보았다. 본 시스템은 콘텐츠 제작에 전반적인 기능을 포함하고 있기 때문에, 콘텐츠 제작 시간이 단축 되었고, 실시간 캡처를 이용한 콘텐츠의 제작이 가능하게 되었다. 앞으로는 시스템 운용에 따른 편의성을 보완하고, 보다 많은 콘텐츠 제작을 지원하여, 본 시스템의 상용화를 시도하고 가상현실 콘텐츠 개발 환경의 국산화를 이루어야 하겠다.

참고문헌

- [1] Witkin, A., Popovic, Z., "Motion Warping," In Computer Graphics (SIGGRAPH'95 Proceedings), Aug. 1995, pp.105-108
- [2] Bruderlin, A., Williams, L. "Motion Signal Processing," In Computer Graphics(SIGGRAPH'95 Proceedings), Aug. 1995, pp97-104
- [3] Witkin, A., Kass, M., "Spacetime constraints," Computer Graphics(SIGGRAPH'88 Proceedings), Aug. 1988., p159-168.
- [4] Unuma, M., Anjyo, Takeuchi, R., "Fourier principles for emotion-based human figure animation," Computer Graphics (SIGGRAPH'95 Proceedings), Aug. 1995.
- [5] Gleicher, M., "Motion Editing with space-time constraints," Symposium on Interactive 3D Graphics, Apr. 1997, pp139-148.
- [6] Lui, Z., et. al, "Hierarchical spacetime control," Computer Graphics (SIGGRAPH'94 Proceedings), July 1994.
- [7] Rose, C., et. al, "Efficient generation of motion transitions using spacetime constraints," Computer Graphics (SIGGRAPH'96), Aug. 1996.
- [8] Lee, S., Wolberg, G., and Shin, S.Y., "Scattered data interpolation with multilevel b-splines," IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, 3(3), 1997.