

사건 재연 시스템 개발

윤여천, 변혜원, 전성규
한국방송공사 기술연구소
서울특별시 영등포구 여의도동 18 번지

The Development of Reenactment System

Yoe-Cheon Yoon, Hye-Won Pyun and Seoung-Gyu Jeon
Technical Research Institute, Korean Broadcasting System
E-mail: ycyoon@kbs.co.kr

요약

본 논문에서는 실제 카메라 영상으로 획득하기 어려운 화재, 살인 등의 뉴스 사건을 시청자들에게 효과적으로 전달하기 위해서 다수의 가상캐릭터가 등장하는 애니메이션을 신속, 편리하게 제작할 수 있는 사건 재연 시스템의 개발 기법을 소개한다. 본 시스템은 미리 구축된 동작 및 모델 라이브러리를 이용하여 다수의 가상캐릭터 움직임을 제어함으로써 고가의 동작 포착 장비와 연기가 없어도 신속한 가상캐릭터 애니메이션 제작이 가능하다. 사건 재연 시스템의 가상캐릭터 동작 제어는 동작 지정, 동작 생성, 동작 편집의 세 단계로 구성된다. 동작 지정 단계에서는 사건 시나리오에 따라 모델 라이브러리부터 가상캐릭터와 배경 모델을 선택하고, 동작 라이브러리부터 가상캐릭터의 동작을 선택한다. 동작 생성 단계에서는 지정된 특정 사건을 기술하는 동작에 이동 동작을 연결함으로써 가상캐릭터의 부드러운 동작을 생성한다. 동작 편집 단계에서는 가상캐릭터 사이의 상호 작용 또는 가상캐릭터와 가상환경의 상호작용을 보다 정확하게 제어하기 위해서 특정한 시간에서의 가상캐릭터 위치와 자세 등을 조정한다. 본 시스템은 편리한 사용을 위해 대화형과 스크립트 기반의 인터페이스를 적용하였으며, 3차원 그래픽 소프트웨어인 Maya의 플러그인(Plug-in) 소프트웨어 형태로 개발하여 Maya의 고성능 그래픽 기능을 활용하였다.

1. 서론

TV의 보도 방송에서는 사건이나 실화 등을 시청자들에게 보다 생생하게 전달하기 위하여 실제 영상을 자료 화면으로 사용하고 있다. 그러나 교통 사고 현장이나 강도 사건 등과 같이 실제 카메라 영상에서 얻기 힘든 장면은 사건 당사자와의 인터뷰, 목격자의 증언, 사진 자료 등을 이용하고 있다. 이와 같은 자료를 이용한 사건 재연은 사건 현장과 사건 상황에 대한 상세한 정보를 수집한 후, 실제 연기와 소품 등을 이용하여 사건 내용을 표현한다. 이때, 교통 사고, 화재 사고 그리고 비행기 납치 등과 같이 극도로 위험한 상황을 재연하기 위해서 실제 연기가 출연하

기에는 큰 어려움이 있으며 그에 따른 비용도 적지 않다. 신속성이 요구되는 보도 방송에 있어서는 빠른 시간 내에 주어진 상황을 재연해야 하는데, 실제 연기가 출연하기에는 사건 재연을 제작하는 시간이 너무 짧다.

실제 영상을 획득하지 못하는 뉴스 사건은 컴퓨터 그래픽으로 사건의 내용을 시뮬레이션 함으로써 사건을 재연할 수 있다. 현재 TV에서 방송되는 뉴스 사건은 부분적이거나 컴퓨터 그래픽 기술을 도입하고 있다. 그러나 컴퓨터 그래픽에 의한 사건 재연은 자동차나 비행기 등 일부의 손쉬운 애니메이션을 제작할 수 있는 사물에 국한되었으며 사건에 등장하는 인물에 대해서는 이차원적인 간략한 묘사를 사용하는 기초적인 수준에 머물고 있다.

본 논문에서는 가상캐릭터 애니메이션에 관련된 사건을 신속하게 재연할 수 있는 사건 재연 시스템 개발 기법을 설명하고자 한다. 본 시스템은 카메라 영상에서 얻기 힘든 뉴스 장면을 빠른 시간 내에 3차원 가상캐릭터 애니메이션으로 제작함으로써 시청자들에게 사건의 내용을 효과적으로 전달하는데 목적이 있다.

최근에 대두된 연기 기반 애니메이션은 가상캐릭터의 자연스러운 동작 및 표정을 비교적 빠르고 쉽게 생성할 수 있지만 고가의 동작 및 표정 포착 장비를 필요로 한다. 따라서, 본 시스템은 미리 구축된 동작 및 모델 라이브러리를 이용하여 다수의 가상캐릭터 움직임을 제어함으로써 동작 포착 장비와 연기가 없어도 신속한 가상캐릭터 애니메이션 제작이 가능하다. 또한 사용자가 편리한 사용할 수 있도록 대화형과 스크립트 기반의 인터페이스를 개발하였다.

2. 시스템 구성

사건 재연 시스템은 그림 1과 같이 동작 지정, 동작 생성, 동작 편집의 세 단계로 구성된다 [6,7]. 본 시스템에서는 재연하고자 하는 시나리오에 따라 동작 라이브러리로부터 적절한 동작을 선택, 재배치함으로써 대략적인 모습을 갖춘 애니메이션을 생성하고, 대화형 조작으로 세부적인 동작 모습을 편집하여 최종적인 애니메이션을 제작한다.

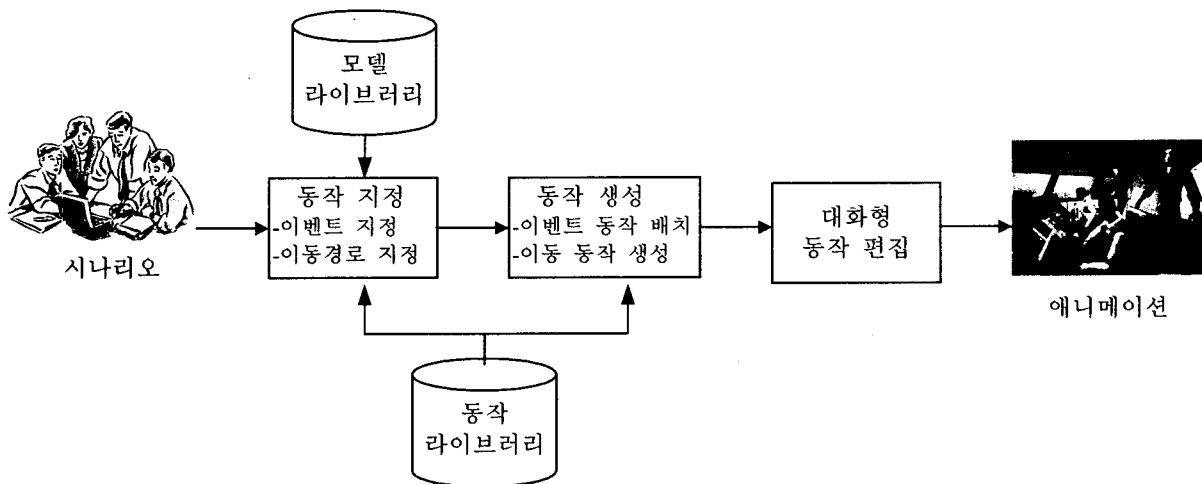


그림 1. 사건 재연 시스템 구성도

본 시스템은 기존의 애니메이션 시스템에서 가상 캐릭터의 동작을 직접적으로 제어하는 방식이나, 동작 포착 장비를 이용하여 가상캐릭터 애니메이션을 실시간으로 제작하는 방식에 비해서 매우 효율적인 제작 환경을 제공한다. 이러한 제작 과정을 지원하기 위한 가상캐릭터의 동작 편집 및 연결 기술은 본 시스템이 가지는 장점이다. 각각의 단계를 간략히 살펴보겠다.

2.1 동작 및 모델 라이브러리 구축

뉴스 사건을 3차원 그래픽으로 빠르고 효과적으로 제작하려면 그래픽 모델(가상캐릭터, 가상환경)과 동작 라이브러리를 사전에 구축하여야 한다. 뉴스 사건은 비행기, 테러, 교통사고, 강도 사건 등과 같이 다양한 분야에 발생하므로, 동작 및 모델 선정을 위해 사건을 주제별로 분류하는 과정이 필요하였다. 따라서 최근 뉴스에 방송된 사건 자료 화면을 주제별로 분석한 후, 이에 적합한 모델과 동작 라이브러리를 선정, 제작하였다.

2.2 동작 지정

사건 시나리오에 따라 모델 라이브러리에서 적절한 가상캐릭터 및 배경 모델을 선택하고 동작 라이브러리에서 가상캐릭터가 취할 동작들을 선택한다. 동작 라이브러리에서 선택된 동작들은 그 특성을 잃지 않도록 하기 위해 가상캐릭터와 가상환경에 맞게 재적용(Retargetting)되어야 한다.

본 시스템에서 다루는 동작들은 크게 특정 이벤트를 기술하는 이벤트 동작들과 이동 경로에 따른 이동 동작들로 구분된다. 이벤트 동작들은 시나리오 맞게 적절한 위치에 재배치되며, 각 이벤트 동작의 시작 시간 및 종료시간은 애니메이션의 절대 시간이나 다른 이벤트에 대한 상대적인 시간으로 기술된다. 각각의 이벤트가 발생하는 장소를 연결시켜 주기 위한 이동 동작은 이들 사이의 이동 경로로 지정되며, 이는 배경이 되는 모델의 평면도를 기반으로 보간 B-스플

라인(Interpolating B-spline)을 이용하여 표현된다.

2.3 동작 생성

동작 지정 단계에서는 단지 이벤트 동작과 이동 동작이 가져야 하는 기본적인 공간 및 시간 정보만이 기술되었으며 실제 동작은 생성되지 않았다. 동작 생성 단계에서는 각각의 가상캐릭터에 이벤트 동작 및 이동 동작을 대입한다. 먼저 이동 경로와 경로 상에서의 시간 정보를 바탕으로 이동 동작 계획기를 이용하여 이동 동작을 생성한 후, 이벤트 동작의 위치 및 방향을 이동 동작을 최소한으로 손상시키도록 배치한다 [2,6]. 이때, 동작 라이브러리로부터 가져온 동작들을 단순히 재배치하였기 때문에 각 가상캐릭터의 동작들이 가상환경과 올바르게 상호 작용하지 못하거나 또는 가상캐릭터 간의 상호 작용에서 시간적, 공간적 제약 조건이 정확히 만족되지 않을 수 있다. 이는 다음의 동작 편집 단계에서 해결된다.

2.4 동작 편집

동작 편집 과정은 대화형 동작 편집 기술(Interactive Motion Editing)을 이용한다. 대화형 동작 편집 기술은 특정한 시점에서의 가상캐릭터 위치와 자세를 조정함으로써 가상캐릭터들의 상호 작용과 가상캐릭터와 가상환경들 사이의 상호작용을 보다 정확하게 제어한다. 마지막으로, 동작 전이 기술을 이용하여 편집된 동작들을 부드럽게 연결함으로써 최종적인 애니메이션을 완성한다.

본 시스템은 SGI 사의 Zx10 VE 기종 PC 를 이용하고 있으며, 그래픽 보드는 3D Labs 사의 Wildcat5110, 운영 체제로는 윈도우 2000, 개발 언어로는 비주얼 C++ 6.0 을 사용하고 있다. 또한 3 차원 범용 그래픽 소프트웨어인 마야의 그래픽 기능을 이용하기 위해 마야의 플러그인(Plug-in)으로 개발하였다 [1].

3. 동작 및 모델 라이브러리 구축

뉴스 사건은 다양한 분야에서 발생되므로, 동작 및 모델 선정을 위해 사건을 주제별로 분류한 후, 이에 적합한 모델과 동작 라이브러리를 선정, 제작하였다. 교통 사고 현장이나 강도 사건 등에서 사용 가능한 동작들은 빠른 속도, 정확성 그리고 넓은 동작 포착 공간을 필요로 한다. 따라서 동작데이터는 전자기식 방식보다 광학식 모션 포착 장비를 사용하였으며, 동작을 제작한 후 후처리 과정을 거쳐 정확하고 사실적인 동작 라이브러리를 구축하고 있다.

사건 재연 시스템은 3차원 범용 소프트웨어인 마야의 플러그인(Plug-in)으로 개발 중이므로, 그래픽 모델은 마야 포맷으로 제작하였다. 실시간 그래픽 처리를 위해서는 모델 제작 과정에 많은 제한이 따른다. 그래픽 모델은 많은 다각형으로 구성되며 다각형 수가 많아지면 화면 처리 속도가 느려진다. 따라서 실시간 애니메이션을 유지하기 위해 모델의 다각형 수를 최소화하면서도 모델의 정교성을 유지하였으며, 고품질 텍스처를 사용하여 그래픽 품질을 향상시켰다. 또한 가상캐릭터의 각 관절을 분리하여 처리 속도를 빠르게 하였고, 관절과 관절 사이를 부드럽게 연결시켰다

4. 동작 지정

사건 재연 시스템의 동작 지정 단계는 사건의 전반적인 모습을 사용자의 간단한 조작이나 스크립트를 통하여 제작하는 것을 말한다. 사건을 기술하기 위한 기본적인 단위는 이벤트를 기술하는 이벤트 동작과 이동 경로에 따라 생성되는 이동 동작이다. 동작 지정 단계에서는 시나리오에 맞게 이벤트 동작과 이동 동작을 지정하여 준다. 이벤트 동작은 사건을 기술하는 가장 기본이 되는 동작들로 사용자가 동작 라이브러리에 있는 동작을 직접 지정하게 되며, 이동 동작은 사용자가 지정한 이동 경로를 기반으로 시스템이 생성하게 된다. 이러한 동작들을 시나리오에 맞게 배치하기 위해서는 각 동작들의 시간 관계와 공간 관계를 지정해 줄 수 있어야 한다. 먼저, 각 동작들의 공간 관계는 이동 경로를 기준으로 지정한다. 임의의 가상캐릭터가 가지는 전체 이동 경로상의 중간에 시나리오에 맞는 이벤트 동작이 위치하게 된다. 사용자는 이동 경로를 나타내는 B-스플라인 곡선을 전체 배경에 배치하여야 한다. 그러나 이벤트 동작은 해당 동작의 길이가 동작 포착 시에 결정되기 때문에, 각 동작들의 시간 관계는 이벤트 동작을 기준으로 기술하게 된다. 따라서, 이벤트 동작들의 시간 관계에 따라 시스템은 이동 동작의 지속 시간을 조정하여, 전체적인 시간 관계를 만족하는 애니메이션을 생성하게 된다

4.1 이벤트 생성

이동 동작을 제외한 가상캐릭터의 동작은 이벤트로 표현되며, 각 이벤트는 지정된 시간에 발생하거나 또는 다른 특정한 이벤트의 발생에 영향을 받아 발생

한다. 임의의 이벤트의 다음과 같이 정의된다.

```
Event = {Identification Number,
        Motion Clip Index,
        Occurrence Time,
        List of Next Events }
```

Identification Number 는 이벤트마다 주어지는 고유번호로, 시스템에서 다수의 이벤트를 구분하기 위해 사용된다. Motion Clip Index 는 이벤트 발생시 동작 데이터를 동작 라이브러리에서 지정하기 위한 동작 라이브러리의 동작 색인(Index)이다. Occurrence Time 은 이벤트가 발생하는 시간 즉, 지정된 동작을 수행하는 시간을 나타낸다. 본 시스템은 시간의 단위를 NTSC(30frames/sec) 프레임으로 표현한다. 발생 시간은 앞에서 설명한 것과 같이 절대적인 시간과 상대적인 시간으로 표현 가능하다. 임의의 이벤트는 타 이벤트의 발생에 영향을 받을 수 있으며 List of Next Events 에서 현재의 이벤트의 발생에 영향을 받아 발생하는 이벤트들의 리스트(List)를 저장한다.

4.2 이벤트간의 이동 경로 지정

이벤트는 사건 중 중요한 부분들의 정보만을 가지므로 각 이벤트가 지정하는 동작만으로는 전체 애니메이션을 구성할 수 없다. 이벤트들은 서로 다른 위치에서 독립적으로 결정되므로, 한 이벤트가 끝나면 다음 이벤트 발생 지점으로 이동하는 동작을 생성할 필요가 있다. 본 시스템에서는 가상캐릭터의 이동 경로를 보간 B-스플라인으로 지정하며, 그림 2와 같이 가상 캐릭터가 거쳐갈 지점들을 마우스로 클릭하여 지정함으로써 지정된 점들을 지나는 부드러운 곡선의 이동 경로를 생성한다.



그림 2. 가상캐릭터의 이동경로 지정

각 이동 경로가 어떤 이벤트 발생 지점에서 다른 이벤트의 발생 지점으로의 이동을 나타내는지 지정하기 위해 지정한 이동 경로를 선택하고 이벤트와 연결시켜준다. 하나의 이동 경로는 두 개 이하의 이벤트와 연결되며, 생성된 이동 동작의 길이는 경로의 시작과 끝에 연결된 이벤트 사이의 발생 시간 차이에 의해 정해진다.

5. 동작 생성

동작 생성 단계에서는 지정된 이벤트의 동작과

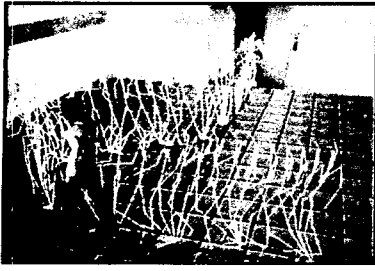


그림 3. 경로에 따른 이동 동작 생성

주어진 경로를 따라 이동하는 동작을 독립적으로 생성한 후 이들을 서로 연결해준다. 지정된 이동 경로를 따라 이동하는 동작은 이동 동작 생성 기법을 이용하여 얻는다. 본 시스템에서는 가상캐릭터가 시작 위치에서 목표 위치로 자연스럽게 이동하는 동작을 계획하기 위하여 포착된 동작들을 이용하는 방법을 사용하였다. 그림 3과 같이 사용자는 시작 위치와 목표 위치만을 지정함으로써 가상캐릭터의 이동을 고수준으로 편리하게 제어할 수 있다. 본 시스템에서 제시한 기법은 최종 동작의 발자국 시퀀스(Footprint Sequence)와 그에 해당되는 동작 시퀀스들을 찾은 후, 이들을 이음새 없이 매끄럽게 연결함으로써 원하는 이동 동작을 생성한다 [2,6].

각 이벤트에 해당하는 동작은 미리 준비되어 동작 라이브러리에 포함되어 있으므로, 동작 라이브러리로부터 해당되는 이벤트의 Motion Clip Index 정보를 이용한다.

각 이동 동작의 길이는 주어진 경로를 연결하는 두 이벤트의 발생 시간과 발생 길이로부터 얻을 수 있다. 이동 동작의 길이를 조절하기 위해 동작 신호를 다중 B-스플라인으로 근사하고, B-스플라인의 마디 배열(Knot Sequence)을 변형한다.

각 이벤트와 이벤트 사이의 경로 각각에 대해 생성된 동작 클립들을 연결하면, 각 동작 클립들의 연결 부위에서 가상캐릭터의 방향이 불연속할 수 있다. 따라서, 각 이벤트에 해당하는 동작 M 을 생성할 때, 각 프레임에서 M 의 자세가 갖는 방향 벡터들의 대표를 정하여 이를 M 의 대표 방향 벡터 t_M 이라 하고, t_M 을 M 과 연결하고자 하는 경로 P_1, P_2 의 끝점에서의 방향 벡터 t_1, t_2 를 동등하게 보간한 결과와 같도록 한다. 이 때, 동작 M 의 대표 방향 t_M 은 M 의 중간(median) 프레임에서의 자세가 갖는 방향 벡터로 정한다. 이와 같이 연결된 동작 클립들은 다음 절에서 설명할 동작 편집 과정을 통해 세부적으로 편집된다.

6. 동작 편집

동작 편집 단계에서는 애니메이션의 사실성을 높이기 위해 동작 지정 및 생성 과정을 통해서 생성된 동작을 세부적으로 편집한다. 각 이벤트에 해당하는 동작은 동작 라이브러리에 있는 동작 클립에서 얻을 수 있지만, 재연할 사건과 상황에 따라 조금씩 다른 동작을 생성해야 하므로 원하는 순간에서의 가상캐릭터의 자세를 수정할 필요가 있다. 또한, 동작 지정 및 생성 단계에서는 임의의 시점에서 어떤 가상캐릭터가

다른 가상캐릭터와 상호 작용하도록 정확히 지정하기 어려우므로, 세부적인 동작 편집에 의해 각 가상캐릭터의 자세 및 동작을 조정한다. 그림 4는 중년 남자의 왼손을 베란다 난간에 정확히 일치 시키는 동작 편집의 결과이다.

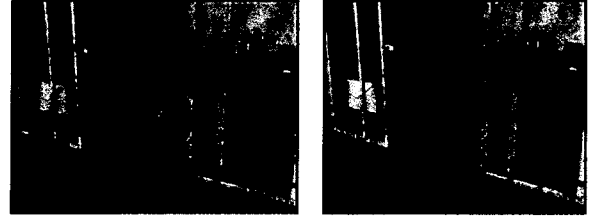


그림 4. 편집 전 동작과 편집 후 동작

동작 생성 단계에서 생성된 동작들을 동작 클립 단위로 회전 또는 평행 이동 시키거나 임의의 순간에서의 자세를 지정할 수 있으며, 동작의 발생 시점, 속도 및 길이를 조정할 수 있다. 다수의 동작 클립들의 연속으로 구성된 각 가상캐릭터의 동작은 각 동작 클립마다 서로 독립적으로 생성되었으므로 동작 클립들의 연결부위에서 자세의 불연속이 나타난다. 따라서, 최종적으로 각 캐릭터의 동작들에 대해 동작 이음(Stitch) 연산을 적용하여 연속된 하나의 동작으로 연결한다 [6].

6.1 동작 클립 및 자세 편집

동작 생성 단계에서 이벤트로 지정된 동작들과 이동 경로를 따라 움직이는 동작들을 독립적으로 생성하므로, 각각은 서로 구분된 하나의 동작 클립으로 구성된다. 동작 클립은 일정 시간 동안의 가상캐릭터의 움직임에 관한 정보를 가지며, 일반적으로 연속된 프레임에 대한 가상캐릭터의 자세들로 표현된다.

사건 재연시스템의 동작 편집 도구는 한 동작 클립 내에 포함되어 있는 자세들을 각각 하나의 골격체(Skeleton Figure)로 표현하여 하나의 동작 클립을 연속된 골격체들이 모인 하나의 3차원 물체로 나타낸다. 따라서, 사용자는 각 동작 클립을 일반적인 3차원 물체와 같이 간단한 조작만으로 회전 또는 평행 이동시킬 수 있다(그림 5 참조).

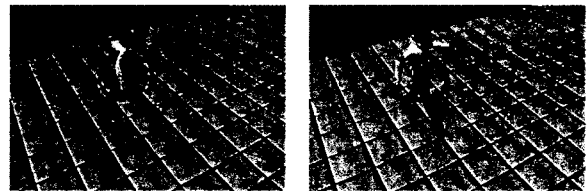


그림 5. 동작 클립 전체의 회전

가상캐릭터 자세 편집을 위해 운동학(Forward Kinematics)과 역운동학(Inverse Kinematics)을 도입하여, 사용자가 조정하고자 하는 관절체를 선택하고 위치나 방향을 수정함으로써 원하는 자세를 얻을 수 있다 [3].

임의의 시점에서의 자세가 바뀌면, 동작의 연속성을 유지하기 위해 인접한 프레임에서의 자세가 바뀌어야 한다. 본 시스템에서는 세밀한 동작 편집을 위해

다중 B-스플라인 맞춤 기법을 이용한 계층적 동작 편집 방식을 사용하고 있다 [2,4,5]. 계층적 동작 편집 방법은 원래 동작 m_0 와 제약 조건들의 집합 C 가 주어졌을 때 새로운 동작 $m = m_0 \oplus d$ 가 C 의 제약 조건을 만족시키도록 부드러운 변위 함수 d 를 구하는 것이다. 따라서 변위 함수를 일련의 보다 세밀한 변위 함수들 d_1, d_2, \dots, d_h 로 표현하면 이에 대응하는 일련의 동작들 m_1, m_2, \dots, m_h 를 정의할 수 있다.

$$m_h = (\dots((m_0 \oplus d_1) \oplus d_2) \oplus \dots \oplus d_h) \quad (1)$$

따라서 새로운 동작 m_h 은 이전 동작 m_0, \dots, m_{h-1} 을 이용하여 얻어진다.

6.2 동작의 시간 조절

동작 지정 단계에서는 가상캐릭터의 주요 동작만을 지정하고 이들간의 미세한 속도 조절이나 주요 동작의 길이를 지정하지 않으므로, 동작 생성 단계에서 얻은 동작은 모두 동작 라이브러리에서 얻은 동작이 갖는 길이와 속도를 그대로 갖게 된다. 그러나, 가상캐릭터의 상호 작용을 표현하는 과정에서 동작 라이브러리에서 얻은 동작과는 다른 속도가 요구될 가능성이 있다. 따라서, 가상캐릭터가 갖는 동작 클립들의 특정한 자세가 동작 생성 단계에서 정해진 시점과는 다른 시점에서 발생하도록 조정할 수 있어야 하며, 동작 클립마다 길이를 조정할 필요가 있다.

사건 재연 시스템에서는 각 동작 클립에 포함된 동작 신호들을 각각 다중 B-스플라인으로 근사하고, B-스플라인의 마디 배열을 변형함으로써 동작의 속도 또는 전체 시간을 조정할 수 있다. 또한, 한 동작 클립 내에서 속도가 불균일하게 지정되더라도 B-스플라인 맞춤 기법을 이용하면 간단히 원하는 동작을 생성할 수 있다.

7. 결론

본 논문에서는 다수의 가상캐릭터가 등장하는 애니메이션을 신속하고 편리하게 제작할 수 있는 사건 재연 시스템의 개발 기법에 대해 살펴보았다. 사건 재연 시스템은 미리 구축된 동작 및 모델 라이브러리를 이용하여 다수의 가상캐릭터 움직임을 제어함으로써 고가의 동작 포착 장비와 연기가 없어도 신속한 가상캐릭터 애니메이션 제작할 수 있는 장점을 지닌다.

본 시스템은 동작 데이터들을 시간적으로 배치하고 이들을 연결하는 동작을 자동으로 생성할 수 있으며, 특정한 시간에서의 가상캐릭터 위치와 자세 등을 미세하게 조정할 수 있으므로 애니메이션 제작 시간을 단축시킬 수 있다.

또한 사건 재연 시스템은 Alias|wavefront사에서 개발한 3차원 그래픽 소프트웨어인 Maya의 플러그인(Plug-in) 소프트웨어 형태로 개발하여 Maya의 강력한 그래픽 기능을 쉽게 사용 가능할 뿐 아니라 편리한 사용자 인터페이스를 제공한다.

향후에는 사용자가 편리하게 사용할 수 있도록 시스템의 기능을 보강하고, 모델과 동작 데이터를 더욱 다양하게 구축한 후 방송에 활용할 예정이다. 기존

의 보도 방송이 몇 장의 사진이나 2차원적인 간략한 그래픽 처리 등에 의존한다는 점을 고려할 때 사건 재연 시스템을 이용한 보도 방송은 시청자들의 흥미를 유발시킬 수 있을 뿐 아니라 정확한 정보를 현장감 있게 전달할 수 있을 것이다.

마지막으로 본 논문은 KBS 기술연구소가 한국과학기술원 전산학과 신성용 교수팀과 2년 동안 공동연구를 수행한 연구 결과이다.

참고 문헌

- [1] Alias|wavefront Document. "Using Maya : MEL," Alias|wavefront, May 1999.
- [2] M. Gleicher. "Retargetting motion to new characters," Computer Graphics(Proc. SIGGRAPH '98), 32:33-42, July 1998.
- [3] J. U. Korein and N. I. Badler. "Techniques for generating the goal-directed motion of articulated structures," IEEE CG&A, pages 71-81, November 1982.
- [4] S. Lee, G. Wolberg, and S. Y. Shin. "Scattered data interpolation with multi-level b-splines," IEEE Trans. Visualization and Computer Graphics, 3(3):228-244, 1997.
- [5] A. Witkin and Z. Popovic. "Motion warping," Computer Graphics(Proc. SIGGRAPH '95), 29:105-108, August 1995.
- [6] 한국과학기술원 전산학과. "동작 및 표정 라이브러리를 이용한 가상캐릭터의 제어," 산학공동연구 1차년도 최종보고서, September 2000.
- [7] 한국과학기술원 전산학과. "동작 및 표정 라이브러리를 이용한 가상캐릭터의 제어," 산학공동연구 2차년도 최종보고서, October 2001.