

## 캐릭터 애니메이션의 기술 동향

신현준 (아주대학교)

### 차례

1. 서론
2. 배경: 동작 포착 기술
3. 최근 연구 동향
4. 기술의 적용과 한계
5. 결론

### 1. 서론

캐릭터 애니메이션은 2차원 혹은 3차원 기하 정보로 표현된 캐릭터가 시간에 따라 어떻게 움직일 지를 지정하여 캐릭터가 마치 살아있는 것과 같이 움직이게 하는 과정을 말한다. 수작업에 의한 2차원 애니메이션과 컴퓨터 애니메이션, 특히 3차원 애니메이션의 가장 큰 차이점은 시간적인 연관성에 있다. 수작업에 의한 애니메이션은 기본적으로 "키 프레임 보간법(key-frame interpolation)"이라 불리는 기술을 이용한다. 키 프레임 보간법은 애니메이션의 중요한 시점인 키 프레임에 캐릭터의 자세를 그리고 두 키 프레임 사이를 연결하는 그림을 그려 넣는 방법이다. 이때 두 자세간의 대응 관계는 그림에만 나타나 있기 때문에 숙달된 애니메이션 제작자가 직관을 이용하여 그림을 구성하는 선과 면을 부드럽게 움직이는 것처럼 보이도록 새로운 선과 면을 배치하는 과정을 거친다. 따라서 각 키 프레임은 그리는 과정과 키 프레임 사이를 보간하는 과정에서 관련이 없는 선과 면들을 이용하여 연속적인 애니메이션을 만드는 것은 많은 숙련과 노력이 요구된다.

반면에 컴퓨터를 이용한 애니메이션 기법, 특히 3차원 애니메이션에서는 캐릭터를 구성하기 위한 기하형태를 지정하고 이들을 움직임으로써 시간적인 상관관계를 유지할 수 있다. 따라서 이와 같은 특징을 이용하면 애니메이션 제작자가 키 프레임에서의 캐릭터 자세를 지정하면 기하 정보의 움직임에 따라서 키 프레임 사이의 애니메이션을 자동으로 생성할 수 있다. 따라서 애니메이션은 매 프레임의 그림을 생성하는 대신 키 프레임만을 지정하여 애니메이션을 생성할 수 있기 때문에 적은 노력으로 애니메이션을 생성할 수 있다.

컴퓨터를 이용한 3차원 애니메이션의 또 다른 특징은 한 자세를 지정하기 위해 일일이 기하 모델을 변경할 필요가 없다는 점이다. 캐릭터가 인간이나 동물처럼 내부에 골격을 가진 캐릭터나 로봇처럼 몇 개의 관절로 이루어진 캐릭터 등은 그 움직임이 골격과 관절의 움직임으로 대표된다. 따라서 캐릭터를 나타내는 기하모델 내부에 골격 구조와 관절을 지정하고 골격의 상태를 조정하여 캐릭터의 자세를 지정할 수 있다. 이때 관절의 움직임에 따른 기하 모델의 각 정점의 위치는 변형 모델(deformation model)에 따라 자동으로 계산된다. 이와 같은 다관절체(articulated body)의 특징을 이용하면 일일이 기하 모델을 변형하는 대신 다관절체의 자세를 지정하는 것으로 애니메이션을 생성할 수 있다.

이와 같은 다관절체를 이용한 키 프레임 방식은 애니메이션 제작 방식에 큰 변혁을 이루어냈으며, 기존의 애니메이션에 비해 사실적인 애니메이션을 비교적 낮은 비용으로 제작할 수 있게 되었다. 뿐만 아니라 간단한 애니메이션은 일반 사용자도 약간의 교육과 숙련을 통하여 제작할 수 있게 되었다. 이와 같은 배경에서 최근 10년간 애니메이션 관련 연구 결과는 주로 사용자가 보다 간단하게 사실적인 애니메이션을 제작할 수 있도록 도움을 주는데 주로 초점이 맞추어졌다. 특히 1995년경부터 널리 사용되기 시작한 동작 포착(motion capture) 기술을 애니메이션 제작에 활용하는 방식에 관한 많은 연구가 진행되었다. 본 고에서는 최근 10여 년간 주요 논문지나 학술대회에 발표된 캐릭터 애니메이션 기술을 기술적인 관점에서 분류하고 정리한다.

## 2. 배경: 동작 포착 기술

동작 포착이란 사람이나 동물의 움직임은 수치화하여 컴퓨터에 입력하는 방법을 통칭한다. 생체 역학, 의료, 인간공학 등의 분야에서 먼저 사용되기 시작한 동작 포착 기술은 사람이나 동물의 사실적인 움직임은 효과적으로 수치화하여 애니메이션에 적용할 수 있다는 특징에 기인하여 1985년 경 부터 컴퓨터 애니메이션 분야에 널리 사용되고 있다.

최근 가장 많이 사용되는 동작 포착 방식은 동작 포착 기술의 초기부터 사용되던 위치 추적 방식과 최근 새로 대두되고 있는 자세 추적 방식으로 구분될 수 있다. 위치 추적 방식은 포착 대상에 특정한 표지 점(marker)을 부착하고 이 표지 점의 위치를 3차원으로 측정하여 이를 수치적으로 저장하는 방법이다. 표지 점을 정확하게 찾아내기 위해 다양한 방법이 제시되었고, 이들 중 평행 반사체(retro-reflective material)로 제작한 표지 점에 적외선을 비추고 적외선에 민감한 필터를 적용한 많은 수의 광학 카메라와 컴퓨터 비전(computer vision) 기술을 이용하여 표지 점의 3차원 좌표를 얻는 방식이 최근 가장 널리 사용되고 있다[1]. 이러한 방식은 다른 연기자나 스스로에 의해 일부 표지 점이 카메라에 보이지 않는 경우에는 표지 점의 3차원 위치를 찾을 수 없다는 단점과 각 표지점을 구분할 수 없어 표지 점들이 일정한 거리보다 가깝게 위치시키면 정확한 동작을 얻을 수 없다는 단점이 있다. 이런 단점에도 불구하고 시간적으로 정밀한 동작을 얻을 수 있다는 점과 표지 점이 포착 대상의 움직임에 거의 영향을 주지 않는다는 장점이 있어 널리 사용되고 있다.

최근 상업적으로도 이용되기 시작한 자세 추적 방식은 사람이 골격과 관절로 이루어 졌다는 점에 착안하여 사람의 몸에 각 관절의 구부린 정도를 측정하기 위한 보철 기구(prosthetics)를 착용하고 관절의 움직임 정도를 수치화하여 컴퓨터에 전달하는 방식이다[2]. 과거에는 가변저항기(potentiometer) 등의 부피가 크고 움직임에 방해가 되는 장비를 이용하여 대중화 되지 못했지만 최근에는 구부린 정도를 전기신호로 변환하는 박막(thin plate)이 개발됨에 따라서 포착 대상의 움직임에 큰 지장 없이 동작을 포착하는 것이 가능해 졌다. 뿐만 아니라 여러 사람의 움직임을 효과적으로 포착할 수 있으며 무선 기술을 적용하면 넓은 범위의 움직임 역시 쉽게 포착할 수 있다는 장점이 있어 많은 부분에서 광학 포착 방식을 대체하고 있다.

하지만 근육의 정밀한 움직임이나 얼굴 표정 등은 포착할 수 없고 골격이 정의되지 않는 포착 대상의 움직임 역시 포착할 수 없다는 단점 때문에 적용 분야에는 제한이 있다. 그럼에도 불구하고 손과 같이 적은 범위에서 섬세하게 움직이는 골격의 움직임을 포착하기 위한 최적으로 방법이다.

## 3. 최근 기술 동향

### 3.1 동작 변형 기술

동작 변형이란 동작 포착을 통하여 얻은 동작 정보를 일부 사용자의 요구에 따라 실제 애니메이션에 적용할 수 있도록 변경하는 기술을 말한다. 이와 같은 동작 변형은 1987년 Michael Gleicher가 처음 제안하였으며 이후 지속적으로 발전해 왔다. Michael Gleicher는 동작 포착에서 얻어진 동작이나 숙련된 애니메이션 제작자가 생성한 동작 데이터를 기하학적 제약 조건을 기반으로 변형시키는 연구를 진행하였고, 시공간 제약조건(space-time constraint)를 이용하여 제약조건에 부합하며 원래 동작의 성질과 자연스러움을 유지하기 위한 방법을 제안하였으며[3], 이 방법을 동작이 생성된 대상 캐릭터와 다른 캐릭터에 동작의 성질과 자연스러움을 유지하면서 대입하기 위한 동작 대입(motion retargeting) 문제에 적용하였다[4]. 이체희 등은 동작 변형이나 대입의 문제를 많은 시간과 계산을 필요로 하는 시공간 제약조건 대신 역운동학(inverse kinematics)와 다단계 곡선 근사(hierarchical curve approximation) 기술을 이용하여 효율적으로 해결하는 방법을 제안하였다[5]. 2002년에는 동작 변형, 특히 동작 대입 문제를 사용자의 개입 없이 실시간으로 해결하기 위한 방법도 제안되었다[6]. 이들 기술들은 발의 위치나 손의 위치, 캐릭터가 움직이는 경로 등 사용자가 지정한 기하학적인 특징을 만족하도록 동작을 변형하기 위한 방법들이다. 이와 같은 방법을 통하여 애니메이션 제작자가 생성한 동작이나 동작 포착을 통해 얻은 동작을 손쉽게 변형하여 애니메이션에 적용하는 것이 가능해졌다. 이는 실제 동작 포착 기술로 얻어진 동작이 애니메이션에 사용해야 할 동작과 다른 경우에도 약간의 변형을 통해 동작을 다시 생성하는 과정 없이 동작을 "재사용"하는데 응용할 수 있기 때문에 많은 수의 동작 데이터가 주어지면 원하는 동작을 약간의 노력으로 생성하는 것을 가능해

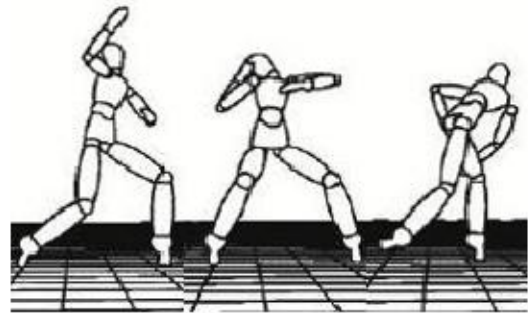
켰다고 할 수 있다. 이들 결과는 동작을 사용자의 요구에 맞게 변형하는 것뿐만 아니라 동작에 특정한 조작성 가해 동작의 변화 된 경우에도 원래 동작의 자연스러움을 회복 하는데 사용될 수 있기 때문에 이후 동작 데이터를 조작 하는 다양한 방법들이 나타나는데 결정적인 역할을 하였다고 할 수 있다.



▶▶ 그림 1. 동작 대입 기법을 이용하여 캐릭터 동작을 실시간으로 생성하는 예

이와 같은 기하학적인 정보 외에도 다양한 동작의 특징을 변화하기 위한 방법들이 제안되었는데, 특히 애니메이션의 사실성 보다는 기존 2차원 애니메이션에서 나타났던 표현력 있는 애니메이션에서 사용되던 기법들을 동작 포착 정보 등 사실적인 애니메이션에 적용하여 다양한 효과를 나타내기 위한 방법들이 주를 이루었다. 1995년에 Bruderlin과 Williams가 제안한 동작 신호 처리(motion signal processing)에서는 동작 포착 정보를 주파수 대역으로 분할하고 대역 별로 세기를 조절하여 성질이 다른 동작을 생성하는 연구를 발표하였다[7]. Uruma 등도 같은 해에 푸리에 변환(Fourier transform)을 동작의 적용하여 동작의 성질을 변경하는 방법을 제안하였다[8]. 이와 같은 연구는 동작의 특성 자체를 변경하려는 연구의 시발점이 되었고, 이후 다양한 방법으로 동작의 특성(style)을 변경하기 위한 연구가 진행되었다. 특히 이미 만들어진 동작의 특성을 자동으로 변경하여 원하는 특징을 가지는 동작을 생성하는 방법이 활발히 연구 되었다. Karen 등은 동작 정보를 획득 한 후 새로운 대상 캐릭터의 역학적인 특징이 다른 때 역 동력학과 동력학을 거쳐 동작의 특성을 변경하기 위한 연구를 진행하였다[9]. 보다 직접적으로 동작의 특성을 변경하기 위해서 Hsu들은 한 쌍의 내용은 비슷하지만 세부적인 특성(style)이 다른

동작으로 부터 동작의 특성을 나타내는 부분을 추출하고 이를 다른 동작에 대입하기 위한 방법을 제안하였다[10]. 이러한 방법은 동작의 전반적인 내용은 동작 포착 등의 방법으로 획득한 후 세부적인 특징을 조절함으로써 원하는 동작을 빠르고 쉽게 생성하는데 적용할 수 있다. 뿐만 아니라 기존의 동작을 자동으로 변경하여 동작에 새로운 특성을 부여하기 위한 연구도 최근 진행되었다. 특히 기존의 2차원 애니메이션에서 널리 사용되던 기대 효과(anticipation)와 반동 효과(reacton)를 추가하여 동작을 역동적으로 보이게 하기 위한 연구가 진행되었다. 김종혁 등은 캐릭터의 무게 중심을 동작의 진행 방향과 반대로 움직임으로써 동작에 자연스러운 기대효과를 추가하는 방법을 제안하였다[11]. 또한, Wang 등은 간단한 가우시안 라플라시안(Laplacian of Gaussian)을 동작에 적용하면 기대 효과와 반동 효과를 얻을 수 있음을 보였다[12].



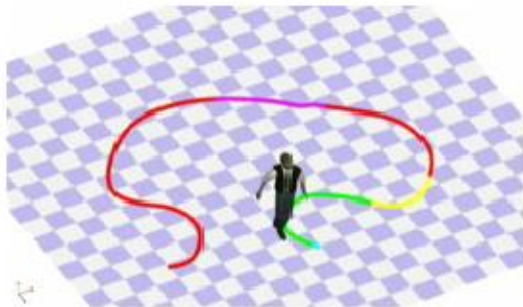
▶▶ 그림 2. 동작에 기대효과를 추가 한 예

### 3.2 동작 혼합 및 연결

동작 혼합(motion blending)이란 두개 이상의 동작을 적절한 비율로 혼합하여 새로운 동작을 생성하기 위한 기술이다. 즉 성질이 다른 두개 이상의 동작을 적절히 혼합하여 중간적인 성질을 가지는 동작을 생성할 수 있기 때문에 동작 포착 등에서 얻어진 동작들을 기반으로 다양한 동작들을 생성할 수 있다. 이와 같이 동작 보간, 연결, 후술 할 동작 점합 등의 방법은 통하여 동작 포착으로 얻어진 동작 데이터베이스를 확장하여 사용자의 요구에 따라서 다양한 동작을 생성할 수 있게 하기 위한 연구가 1990년대 말부터 2000년대 중반 까지 활발히 이루어졌다. 최근에도 유사한 연구가 진행되고 있으며 다양한 환경이나 사용자 조작에 반응하여 동작을 생성하기 위한 연구로 발전되고 있다.

동작 혼합의 개념은 Willey와 Hahn이 처음 제안하였다

[13]. 이들은 다양한 동작을 포착하고 동작들의 기하학적 특징이 연구의 초점을 맞추었다. 즉, 손을 뻗는 다수의 동작을 포착하고 손이 최종적으로 닿는 위치를 각 동작의 특징으로 지정하였다. 새로운 손의 위치가 주어지면 유사한 위치에 손을 뻗은 동작들을 혼합하여 새로운 동작을 합성하였다. 이와 같은 방법을 통하여 특정 위치에 손을 뻗는 동작뿐만 아니라 자전거 페달을 돌리는 동작 등을 합성하였다.



▶▶ 그림 3. 동작 보간을 이용하여 지정된 경로를 따르는 동작을 합성한 예

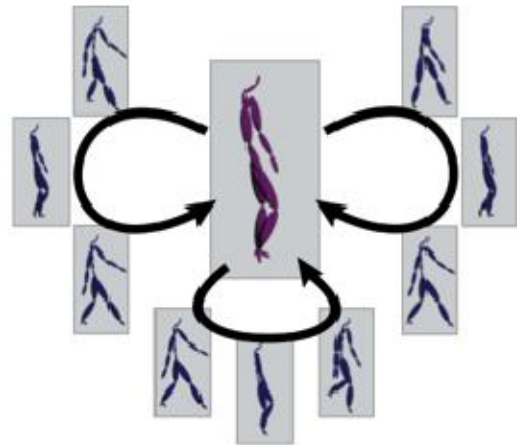
Rose 등은 동작의 다양한 특징들을 고려할 수 있도록 동작의 주된 내용(동사:verb)을 공유하는 다양한 특징(부사:adverb)을 가지는 동작들을 성질에 따라 다차원 공간 내에 배치하고 사용자가 원하는 동작 특성이 주어지면 공간상에 산재되어 있는 동작들을 방사 구간 함수(radial basis function)를 이용하여 계산된 혼합 비(weight)를 적용하여 동작을 생성하는 방법을 제안하였다[14]. 이는 실제 응용에 사용되던 두 개의 동작을 보간(interpolation)하는 방식을 크게 개선한 것으로 평가되었다. 이와 같은 방법을 응용하여 걸어가는 동작의 방향과 속도, 스타일에 따라서 자동으로 동작을 3차원 공간상에 배치하고 개선된 시간 조절 방식(time warping)과 관점각 합성법을 적용하여 실시간으로 사용자가 지정한 보행 동작을 생성하기 위한 방법이 제안되었다[15:16:17].

Lucas와 Gleicher는 동작 데이터베이스에서 혼합이 가능한 유사한 내용을 가지고 있는 동작을 선택하는 것이 매우 어렵다는 점에 착안하여 상당한 분량의 동작 데이터베이스에서 사용자가 지정한 동작과 혼합할 수 있는 비슷한 동작을 비교적 빠른 시간에 자동으로 검색하기 위한 방법을 제안하였다[18]. 결과로 얻어진 동작들은 서로 혼합 가능하기 때문에 이들의 특징을 자동으로 분석하고 사용자가 지정한 특징을 만족하는 동작을 생성하기 위한 방

법을 제안하였다. 이 밖에도 동작 혼합에 지형 통계적 보간(geostatistical interpolation) 기법을 적용하는 연구 [19]나 등록 커브(registration curve)를 이용한 동작 혼합 프레임워크(architecture)에 관한 연구 [20]도 진행되었다.

동작 보간 기법은 동작 혼합 비율을 시간에 따라 적절히 조절함으로써 두 개의 동작을 부드럽게 연결하는데 사용할 수 있다. 이와 같은 동작 연결 기법은 정교한 동작 혼합 기법과 더불어 동시에 발전할 수 있었으며 보다 자연스럽고 부드럽게 동작을 연결하는 것이 가능해졌다. 이와 같은 동작 연결 기술은 다음 절에서 서술할 동작 접합 및 그래프 기술의 모태가 되었다.

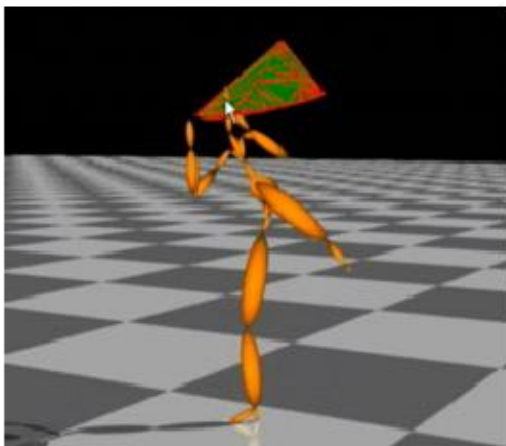
### 3.3 동작 접합 및 그래프



▶▶ 그림 4. 실시간 제어를 위한 간단한 동작 그래프

동작 접합은 두 개의 동작을 순차적으로 재상할 때 연결 부위를 자연스럽게 처리하는 기술로 동작 클립들을 연결하여 긴 동작을 만드는데 사용된다. 동작 접합 기술을 이용하면 동작 포착 등을 통해 얻은 동작 데이터베이스로부터 동작을 추출하여 이를 적절히 연결하여 원하는 동작을 생성할 수 있게 된다. 따라서 충분한 동작 데이터베이스가 주어지면 이를 연출(directing)하여 애니메이션 시나리오에 적합한 동작을 전문적인 애니메이션 기술 없이 생성할 수 있다. 이와 같은 동작 접합 관련 기술은 접합 방식 자체 보다는 동작 데이터베이스로부터 연결 가능한 동작을 추출하는 방법, 수작업으로 동작을 일일이 선택하는 대신 사용자가 지정한 동작의 특징에 따라서 자동으로 동작을 선택하는 방법, 동작 연결 기법을 이용하여 사용자의 간단한 입력에 따라 실시간으로 동작을 생성하기 위한 방법 등이 주 연구 대상이 되었다.

동작 그래프(motion graph)는 데이터베이스에 있는 동작의 각 프레임들의 상관관계와 연결 가능성을 분석하여 연결 가능한 점들을 그래프 구조(graph structure)로 표현하는 방법이다. 이와 같은 그래프 기반의 동작 연결 구조 표현 방법은 Kovar 등[21]과, Lee[22] 등, Arikan[23] 등이 2002년 SIGGRAPH에 각각 발표하였다. 이들은 공통적으로 동작의 프레임 또는 단위 동작들의 연결 가능성은 그래프의 형태로 표현하고 이 그래프상의 그래프 경로(graph path)를 선택하여 각 정점(node)과 간선(edge)에 저장되어 있는 동작을 연결하여 동작을 생성한다. 연속적인 동작을 그래프의 형태로 표현하였기 때문에 사용자가 지정한 동작을 데이터베이스에서 원하는 동작을 탐색하는 문제는 그래프 경로 탐색(graph search) 문제로 해결할 수 있다. 이들은 각각 평면의 경로를 따르는 동작, 장애물 등을 고려하여 사용자가 지정한 지점에 도달하는 동작, 비디오 입력과 가장 유사한 동작 등을 생성하기 위해 적절한 그래프 탐색 방법을 제안하였고, 그 결과로 동작을 생성하기 위한 방법을 제안하였다.



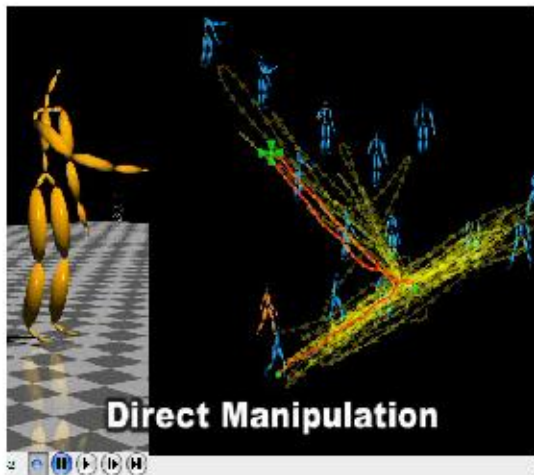
▶▶ 그림 5. 2차원 연속 제어를 위한 동작 혼합 공간

동작의 연결 구조를 저장하고 이를 이용하여 동작을 조합하여 애니메이션을 생성하는 방법은 이 외에도 다양한 응용에 적용되었다. 특히 각각의 동작 성질과 내용을 표시(annotate)하고 이 정보를 이용하여 동작을 생성하는 방법[24]으로 확장되었다. 이강훈 등은 그래프에 동작 정보뿐만 아니라 동작이 나타나는 주변 환경에 관한 정보를 동시에 저장하는 연구를 진행하였다[25]. 동작 데이터를 수집하는 과정에서 환경을 격자나 구역으로 구분하고 각 구역에 따라 동작을 분할하여 구역에 해당되는 동작을

업였다. 이러한 동작과 구역 정보에 따라서 구역의 특징과 동작의 특징이 연결될 수 있는지를 판단한 후 이를 그래프 형태로 저장한다. 사용자가 동작을 획득한 환경 구역들을 구성 단위(building block)로 이용하여 재조합하여 새로운 환경을 구성하면 새로운 환경에 나타날 수 있는 다양한 동작도 그래프 형태로 나타나게 된다. 따라서 새로 생성된 그래프를 탐색하여 동작을 생성하면 이는 새로운 환경에 적절한 동작이 되고 기존의 동작 그래프에서 사용하던 다양한 기술을 그대로 사용할 수 있게 된다. 또한 생성되는 동작이 환경에 정확하게 부합되기 때문에 지형지물이나 건축물 등과의 상호 작용(interaction)을 보존하는 동작을 생성할 수 있다.

2003년에는 실시간으로 동작을 제어하기 위해 동작 그래프를 탐색하는 대신 그래프의 간선을 사용자가 선택하게 함으로써 동작을 실시간으로 제어할 수 있게 하기 연구가 발표되었다[26]. 동작 데이터베이스에 포함되어 있는 동작들의 연결 구조를 그래프로 표현하는 기존의 방법에서 가급적이면 적은 수의 정점을 사용하게 함으로써 그래프의 형태를 최대한 간단하게 한다. 이때 나타난 동작들 중 주요한 몇 개의 동작만을 선택하여 사용자가 이중 하나를 선택하게 함으로써 사용자가 간단한 입력으로 동작을 제어할 수 있게 하였다. 특히 동작을 부드럽게 연결하는 과정을 전처리 과정(preprocessing)에서 자동적으로 처리함으로써 빠르게 동작을 생성할 수 있게 하였다.

이와 같은 연구 결과를 보다 발전 시켜 2006년에는 이와 같은 간단한 그래프를 이용한 동작 생성 기법과 동작 혼합 기법을 결합하여 연속적인 동작 제어를 가능하게 하는 연구 결과가 발표되었다[27]. 이 연구에서는 동작 데이터베이스를 간단한 형태의 그래프로 구성하는 과정에서 같은 정점 쌍을 연결하는 동작들 중 유사한 동작을 묶어서 동작 혼합에 사용할 수 있는 상태로 만든다. 동작 혼합에서 각각 동작의 가중치를 지정하기 위해 동작의 특성을 기하학적인 정보를 기준으로 매개변수화(parameterization) 하고 마우스나 조이스틱(joystick) 등의 간단한 2차원 입력 장치로 동작을 제어할 수 있게 하였다. 이와 같은 방법을 통해 연속적으로 변화하는 다양한 동작을 실시간으로 제어하여 원하는 동작을 생성할 수 있으며 게임 등의 사용자의 상호작용에 의해 동작이 생성되어야 하는 경우에 적절히 사용될 수 있다.



▶▶ 그림 6. 2차원 곡선에 의한 동작 생성 기법의 예

### 3.4 상호 작용을 이용한 동작 생성

기존의 데이터를 이용하여 동작을 생성하는 방식들의 가장 큰 장점은 기존의 동작들을 적절히 선택하고 처리를 가하는 과정만으로 자연스러운 애니메이션을 생성할 수 있다는 것이다. 이러한 장점은 간단한 상호작용을 이용한 애니메이션 생성 방법들에서 적절히 사용되었다. 이들 방법에서는 사용자가 간단한 입력을 통해 원하는 동작의 특징을 지정하면 이 특징에 맞는 애니메이션을 자동으로 생성한다. 앞서 약속한 동작 그래프에 기반 한 애니메이션 제작 방식의 경우에도 캐릭터가 따라갈 경로나 동작의 목표점 등을 지정하면 자동적으로 애니메이션을 생성한다. 동작 혼합을 응용한 보행 동작 생성 기법에서도 역시 캐릭터가 움직일 경로를 지정함으로써 자동적으로 동작을 생성한다. 이와 같이 동작 제작 기술의 상당수가 간단한 입력에 따라 애니메이션을 자동 생성하기 위한 방법을 제안하고 있다.

이러한 기반 기술에 근거한 접근 방법 외에도 기반 기술들을 응용하여 상호작용에 초점을 맞춘 연구도 소개된 바 있다. Throne 등은 직관적인 스케치를 통하여 캐릭터 애니메이션을 자동으로 생성하기 위한 방법을 제안했다 [28]. 즉, 캐릭터의 경로뿐만 아니라 간단한 몇 개의 제스처(gesture)를 입력하면 적절한 동작을 연결해서 보여주는 방식이다. 이와 같은 방법은 일반 사용자가 비교적 간단하고 즐겁게 애니메이션을 만들 수 있게 하는 방법을 제안하였다. 또한 동작 포착 기술에 사용되는 장비와 유사한 장비로 비디오 게임 인터페이스를 만들 것을 제안한 경우도 있다[29]. Chai와 Hodgins가 제안한 이 방법은

몇 개의 표지 점을 부착한 게임 참가자가 동작을 취하면 표지 점 정보와 유사한 특징을 가지는 동작을 데이터베이스로부터 추출하고 이를 적절히 연결하여 동작을 생성한다. 이와 같은 방법은 최근 발달하고 있는 3차원 추적 장치를 통하여 실제 게임에도 효과적으로 사용될 수 있는 것으로 기대한다. 최근에는 동작 데이터베이스에 저장되어 있는 동작들의 일부 혹은 전부를 분석하고 이를 2차원 등의 낮은 차원으로 투영하여 구조를 가시화 하고, 낮은 차원 상에 사용자가 그린 곡선에 대응되는 동작을 생성하는 기술도 제시되었다[30]. 이와 같은 기술은 기본적으로 동작 데이터베이스를 차원 감소 기술을 이용하여 축약하고 이를 적절히 사용하여 사용자의 입력이 간단한 경우에도 원하는 동작을 추출하는 방법으로 동작의 최적화나 역문동학 등의 기존의 애니메이션 관련 연구에도 적용된 바 있다.

## 4. 기술의 적용과 한계

앞서 본 바와 같이 1990년대 중반 동작 포착 기술이 애니메이션 분야에 적용 될 수 있는 가능성이 나타나면서 상당한 비중의 연구가 동작 데이터베이스에 저장되어 있는 이미 만들어져 있는 동작들을 활용하여 최소한의 노력으로 원하는 동작을 생성하기 위한 연구에 집중되어 있었다. 이는 동작 포착 기술이 실제 사람의 동작으로 부터 애니메이션을 생성하기 때문에 자연스러운 동작을 생성할 수 있고 실제 연기자를 통하여 동작을 생성하기 때문에 특별한 애니메이션 제작 기술이 없어도 빠른 시간 내에 적은 비용으로 애니메이션을 만들 수 있다는 장점에 기반한다. 반면 동작 포착 등의 기술로 얻은 애니메이션은 애니메이션 제작자나 연출가가 원하는 정확한 동작과 다소 다를 수 있고, 데이터의 특성 상 기존의 방법으로는 동작의 수정이 어려웠기 때문에 대부분의 연구는 동작에 수정을 가하거나 사용자의 입력에 따라 동작 데이터베이스에 있는 동작들을 이용하여 동작을 자동 혹은 반자동으로 생성하는데 초점이 맞추어졌다.

이러한 동작 포착의 강력한 장점과 더불어 단점을 보완하기 위한 많은 연구가 있었음에도 불구하고 실제 동작 포착 기술이 애니메이션 산업계에서 사용되는 경우는 비교적 제한적이다. 상업적 애니메이션, 특히 극장 상영용 애니메이션의 경우에 주연급 배우의 대부분은 수작업은

통해 동작이 지정되고, 경우에 따라 배경 인물이나 군중 등의 캐릭터들에 동작 포착을 사용하는 경우가 있다. 예산이 제한적이거나 캐릭터의 동작의 품질이 전체 품질에 큰 영향을 끼치지 않는 비디오 게임이나 또는 특정 문동 선수의 문동 동작과 같이 동작의 특성이 수작업에 의해 쉽게 재현되기 어려운 문동 경기 게임 등의 응용에서만 제한적으로 동작 포착 기술이 사용되고 있다.

극장용 애니메이션에 동작 포착이 널리 사용되지 않는 이유는 많이 있겠지만 그 중 대표적으로 거론되고 있는 세 가지 이유로 각각 대상 캐릭터의 특성, 표현력, 유사 사실성 등을 들 수 있다. 먼저 애니메이션에서 사람 대신 가상 캐릭터를 사용하는 이유 중 하나가 캐릭터가 사람이 아니라 사람과 유사하거나 의인화 된 생명체라는 것이다. 사람이 아닌 캐릭터에 사람의 사실적인 동작이 어울리지 않는 경우가 대부분이고 동작의 세부에서 사람과 다른 특성이 나타나는 경우가 많기 때문이다. 따라서 숙련된 연기자가 가상 생명체의 동작을 모사하여 연기할 수 있는 경우에만 제한적으로 동작 포착을 적용되고 있다. 하지만 여전히 숙련된 연기를 고음하기 위한 비용이 발생한다는 문제점이 남아 있다.

애니메이션에서 사용되는 동작은 사실적인 동작 이외의 요소가 필요하다는 것이 일반적인 애니메이션 제작자들의 주장이다. 실사 영화에 비해 3차원 애니메이션이 보다 희극적이고 강한 느낌을 주는 이유는 캐릭터의 움직임이 실제 사람의 동작과 다르게 약간 과장되어 있으면서 독특한 리듬과 배분을 가지고 동작의 흐름을 적절하게 표현하기 때문이다. 따라서 캐릭터의 움직임에는 실제 사람의 동작에 비해 애니메이션의 느낌을 살리기 위한 독특한 표현력이 있기 때문에 사람의 동작을 포착하는 대신 애니메이션 제작 전문가가 수작업에 의해 이러한 효과를 표현하는 것이 보다 보기 좋은 애니메이션을 제작할 수 있다.

마지막으로 유사 사실성은 동작이 수치적인 사실성과 관람자가 느끼는 사실성이 선형적이지 않은데서 나타나는 현상이다. Mori가 주장한 기괴한 계곡 이론(uncanny valley theory)에 의하면 일반적으로 관람자는 동작이 휴머노이드 로봇 수준의 움직임은 보일 때 까지는 사실성을 느끼지만 이보다 더욱 사실적인 동작에 대해서는 실제 사람의 동작 수준이 되기 전까지는 오히려 상당히 어색하게 느낀다[31]. 따라서 동작 포착 등의 방법으로 얻은 거의 사실적인 동작이 실제 관람자에게는 손으로 만든 수치적으로는 약간 더 비사실적일 수 있는 동작보다 더 어색하

게 보일 수 있다는 것이다. 따라서 동작 포착을 적용한 애니메이션이 수작업에 만든 애니메이션에 비해 좋지 않은 관객 반응을 얻을 수도 있다.

이와 같은 여러 가지 이유로 동작 포착 기술과 이를 응용하기 위한 기술은 실제 극장용 애니메이션에 널리 사용되지 못하고 있다. 이와 같은 상황을 고려 할 때 향후 애니메이션 관련 기술, 특히 동작 포착 데이터를 처리하는 관련 기술의 향후 발전 방향을 예측할 수 있다. 먼저 동작 포착의 수준을 한 차원 높이는 연구가 있을 것으로 예상된다. 즉, 기존의 동작 포착 기술은 연기자의 주요 부위에 표지 점을 부착하고 이들의 움직임은 통해 골격의 자세를 얻는 것을 목표로 하였다. 하지만 최근에는 기존의 동작 포착 장비를 이용하여 골격의 움직임뿐만 아니라 피부의 변형을 동시에 포착하여 애니메이션에 대입하는 연구나 [32] 3차원 스캐너(3D scanner) 등의 장비를 이용하여 골격과 근육, 피하 조직들의 움직임으로 나타나는 피부의 미세한 움직임을 측정하고 그 결과를 애니메이션에 적용하는 연구가 활발히 진행 중이다[33]. 이와 같은 연구는 연구 방향은 기본적으로 동작 포착으로 생성한 애니메이션의 사실성을 기괴한 계곡 밖으로 움직이게 하여 관람자가 사실적으로 느끼게 하는 방법이라 할 수 있다.

또한 극장용 애니메이션 수준의 사실적인 애니메이션이 요구되지 않는 경우에 간단한 방법으로 그럴듯한 애니메이션을 빠르게 생성하는 기술로의 발전도 예상할 수 있다. 기존의 동작 포착 방식을 그대로 유지하면서 간단한 사용자 인터페이스 기술을 이용하여 사용자가 원하는 동작을 빠르게 생성하는 방법은 극장용 애니메이션의 군중 동작을 생성하는 분야나 주연급 캐릭터의 동작의 프로토타입(prototype)을 제작하는 경우, 비디오 게임 등의 상호작용적 디지털 콘텐츠를 제작하는 경우에 적절히 적용될 수 있다.

기존의 2차원 애니메이션에서 사용되던 효과를 생성하기 위한 연구도 진행 중이다. 동작 데이터에 기대효과나 반동 효과 등을 추가하기 위한 연구는 이미 다수의 연구 결과가 발표되었고 향후 보다 다양한 효과들로 확장될 것이 예상된다. 이와 같은 과정을 통하여 수작업에 의해만 들어지던 독특한 효과를 가진 애니메이션은 동작 포착 데이터에 효과를 추가하여 자동으로 생성할 수 있을 것으로 기대한다.

## 5. 결론

본 고에서는 캐릭터 애니메이션 관련 기술, 특히 동작 포착 데이터를 기반으로 한 기술의 최근 연구 동향을 요약, 정리하였다. 대부분의 기술은 숙련되지 않은 사용자가 가급적이면 빠르고 간단하게 사실적인 캐릭터 애니메이션을 생성할 수 있게 하는가에 초점이 맞추어져 있다. 하지만 이들 중 대다수의 기술은 실제 극장용 애니메이션을 제작하는 제작자들에게 크게 환영받지 못하고 있는 현실이다. 이는 동작 포착에서 얻은 사실적인 동작 자체가 가지는 특징이며 한계로 귀결될 수도 있는 문제이다. 하지만 향후 캐릭터 애니메이션 관련 연구는 이와 같은 한계를 극복하는 방향으로 진행 될 것으로 감히 예상한다. 특히 최근 SIGGRAPH나 Symposium on Computer Animation 등의 컴퓨터 그래픽스 분야의 주요 학술대회나 Transactions on Graphics 등의 학술지에서도 이와 같은 움직임이 나타나고 있고 멀지 않은 미래에 보다 수준 높고 사실적인 애니메이션을 빠르게 제작하는 것을 돕는 새로운 기술이 개발되어 현재처럼 연구의 결과와 산업계의 움직임이 각각의 길을 가는 것이 아니라 콘텐츠 제작자가 실제로 사용할 수 있는 기술, 현업에 적용되어 생산성을 향상시키는 기술, 더 나아가서는 일반 사용자도 보다 다양하고 아름다운 콘텐츠를 손쉽게 제작할 수 있는 기술로 발전할 것을 기대한다.

### 참고 문헌

- [1] Vicon Homepage, <http://www.vicon.com>
- [2] MoCap Homepage, <http://www.mocap.com>
- [3] Gleicher, M. 1997, Motion editing with spacetime constraints. In *Proceedings of the 1997 Symposium on Interactive 3D Graphics* (Providence, Rhode Island, United States, April 27 - 30, 1997), SIG3D '97, ACM, New York, NY, 139-ff.
- [4] Gleicher, M. 1998, Retargetting motion to new characters. In *Proceedings of the 25th Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques SIGGRAPH '98*, ACM, New York, NY, 33-42.
- [5] Lee, J. and Shin, S. Y., 1999, A hierarchical approach to interactive motion editing for human-like figures. In *Proceedings of the 26th Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques International Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques*, ACM Press/Addison-Wesley Publishing Co., 39-48.
- [6] Shin, H. J., Lee, J., Shin, S. Y., and Gleicher, M. 2001, Computer puppetry: An importance-based approach. *ACM Trans Graph* 20, 2 (Apr. 2001), 67-94.
- [7] Bruderlin, A. and Williams, L., 1995, Motion signal processing. In *Proceedings of the 22nd Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques S. G. Mair and R. Cook, Eds. SIGGRAPH '95*, ACM, New York, NY, 97-104.
- [8] Unuma, M., Anjyo, K., and Takeuchi, R. 1995, Fourier principles for emotion-based human figure animation. In *Proceedings of the 22nd Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques S. G. Mair and R. Cook, Eds. SIGGRAPH '95*, ACM, New York, NY, 91-96.
- [9] Liu, C. K., Hertzmann, A., and Popović, Z. 2005, Learning physics-based motion style with nonlinear inverse optimization. *ACM Trans Graph* 24, 3 (Jul. 2005), 1071-1081.
- [10] Hsu, E., Pulli, K., and Popović, J. 2005, Style translation for human motion. *ACM Trans Graph* 24, 3 (Jul. 2005), 1082-1089.
- [11] Kim, J., Choi, J., Shin, H. J., and Lee, I., Anticipation Effect Generation for Character Animation. In *Proceedings of Computer Graphics International 2006*, 639-646.
- [12] Wang, J., Drucker, S. M., Agrawala, M., and Cohen, M. F. 2006, The cartoon animation filter. *ACM Trans Graph* 25, 3 (Jul. 2006), 1169-1173.
- [13] Witley, D., and Hahn, J., Interpolation Synthesis of Articulated Figure Motion. *IEEE Computer Graphic and Applications* 17, 6, (Nov./Dec. 1997), 39-45.
- [14] Fose, C., Cohen, M. F., and Bodenheimer, B. 1998, Verbs and Adverbs: Multidimensional Motion Interpolation. *IEEE Comput Graph Appl* 18, 5 (Sep. 1998), 32-40.
- [15] Park, S. I., Shin, H. J., and Shin, S. Y. 2002, On-line locomotion generation based on motion blending. In *Proceedings of the 2002 ACM Siggraph/Eurographics Symposium on Computer Animation* (San Antonio, Texas, July 21 - 22, 2002), SCA '02, ACM, New York, NY, 105-111.
- [16] Park, S. I., Shin, H. J., Kim, T. H., and Shin, S. Y. 2004, On-line motion blending for real-time locomotion generation: Research Articles. *Comput Animat Virtual Worlds* 15, 3-4 (Jul. 2004), 125-138.
- [17] Kwon, T. and Shin, S. Y. 2005, Motion modeling for on-line locomotion synthesis. In *Proceedings of the 2005 ACM Siggraph/Eurographics Symposium on Computer Animation* (Los Angeles, California, July 29 - 31, 2005),



- SCA '05, ACM, New York, NY, 29-38.
- [18] Kovar, L. and Gleicher, M. 2004, Automated extraction and parameterization of motions in large data sets, *ACM Trans Graph* 23, 3 (Aug. 2004), 559-568.
- [19] Mikai, T. and Kuriyama, S. 2005, Geostatistical motion interpolation, *ACM Trans Graph* 24, 3 (Jul. 2005), 1062-1070.
- [20] Kovar, L. and Gleicher, M. 2003, Flexible automatic motion blending with registration curves. In *Proceedings of the 2003 ACM SIGGRAPH/Eurographics Symposium on Computer Animation* (San Diego, California, July 26 - 27, 2003), Symposium on Computer Animation, Eurographics Association, Aire-la-Ville, Switzerland, 214-224.
- [21] Kovar, L., Gleicher, M., and Pighin, F. 2002, Motion graphs. In *Proceedings of the 29th Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques* (San Antonio, Texas, July 23 - 26, 2002), SIGGRAPH '02, ACM, New York, NY, 473-482.
- [22] Lee, J., Chai, J., Reitsma, P. S., Hodgins, J. K., and Pollard, N. S. 2002, Interactive control of avatars animated with human motion data, *ACM Trans Graph* 21, 3 (Jul. 2002), 491-500.
- [23] Arikan, O. and Forsyth, D. A. 2002, Interactive motion generation from examples. In *Proceedings of the 29th Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques* (San Antonio, Texas, July 23 - 26, 2002), SIGGRAPH '02, ACM, New York, NY, 483-490.
- [24] Arikan, O., Forsyth, D. A., and O'Brien, J. F. 2003, Motion synthesis from annotations, *ACM Trans Graph* 22, 3 (Jul. 2003), 402-408.
- [25] Lee, K. H., Choi, M. G., and Lee, J. 2006, Motion patches: building blocks for virtual environments annotated with motion data, *ACM Trans Graph* 25, 3 (Jul. 2006), 898-906.
- [26] Gleicher, M., Shin, H. J., Kovar, L., and Jepsen, A. 2003, Snap-together motion: assembling run-time animations, *ACM Trans Graph* 22, 3 (Jul. 2003), 702-702.
- [27] Shin, H. J. and Ch, H. S. 2006, Fat graphs: constructing an interactive character with continuous controls. In *Proceedings of the 2006 ACM SIGGRAPH/Eurographics Symposium on Computer Animation*, Aire-la-Ville, Switzerland, 291-298.
- [28] Thorne, M., Burke, D., and van de Panne, M. 2004, Motion doodles: an interface for sketching character motion, *ACM Trans Graph* 23, 3 (Aug. 2004), 424-431.
- [29] Chai, J. and Hodgins, J. K. 2005, Performance animation from low-dimensional control signals, *ACM Trans Graph* 24, 3 (Jul. 2005), 686-696.
- [30] Shin, H. J. and Lee, J. 2006, Motion synthesis and editing in low-dimensional spaces: Research Articles, *Comput Animat Virtual Worlds* 17, 3-4 (Jul. 2006), 219-227.
- [31] Mori, Masahiro. 1970, Bukirri no tani The uncanny valley (K. F. MacDorman & T. Mnato, Trans.), *Energy*, 7, 4 (1970), 33 -35.
- [32] Park, S. I. and Hodgins, J. K. 2006, Capturing and animating skin deformation in human motion, *ACM Trans Graph* 25, 3 (Jul. 2006), 881-889.
- [33] Anguelov, D., Srinivasan, P., Koller, D., Thrun, S., Rodgers, J., and Davis, J. 2005, SCAPE: shape completion and animation of people, *ACM Trans Graph* 24, 3 (Jul. 2005), 408-416.

#### 저자 소개

##### ◆ 신 현 준(Hyun Joon Shin)



- 1995년 2월 : 한국과학기술원 전산학과 (공학사)
- 1997년 2월 : 한국과학기술원 전산학과 (공학석사)
- 2002년 2월 : 한국과학기술원 전산학과 (공학박사)

• 2005년 3월 ~ 현재 : 아주대학교 미디어학부 교수

<관심분야> : 컴퓨터 그래픽스, 컴퓨터 비전, 영상 처리