

# 캐릭터 애니메이션을 위한 기대 효과의 자동 생성

김 중혁<sup>1</sup> 최 정주<sup>2</sup>  
아주대학교 미디어학과<sup>1 2</sup>  
{naidem<sup>1</sup>, jungju<sup>2</sup>}@ajou.ac.kr

## Automatic Anticipation Effect Generation for Character Animation

Jong-Hyuk Kim<sup>1</sup> Jung-Ju Choi<sup>2</sup>  
Department of Digital Media, Ajou University<sup>1 2</sup>

### 요약

전통적으로 3차원 애니메이션에서 캐릭터의 동작에 관한 연구는 주로 동작의 사실적인 표현에 중점을 두고 있다. 그러나 이러한 사실적인 애니메이션은 전통적인 2차원 애니메이션에 익숙한 관객들이 어색함을 느끼는 원인이 되기도 한다. 이로 인해 전통적인 2차원 애니메이션의 기법을 3차원 애니메이션에 적용하는 비사실적(non-photorealistic) 애니메이션 기법이 연구되고 있다. 본 논문에서는 전통적인 2차원 애니메이션 기법 중 하나인 기대 효과(anticipation effect)를 3차원 애니메이션의 캐릭터 동작에 적용하는 자동화된 방법을 제시한다. 전통적인 2차원 애니메이션 기법에 따르면 기대 효과는 애니메이션을 더 설득력 있고 풍부하게 만드는 역할을 한다고 알려져 있다. 기대 효과는 주요한 동작이 일어나기 이전에 반대 방향의 동작이 이루어지는 것으로 나타난다. 3차원 애니메이션에서 캐릭터의 동작은 각 관절의 회전과 캐릭터 중심의 이동으로 표현되기 때문에, 주요한 동작에 대하여 각 관절의 회전과 캐릭터 중심의 이동에서 반대 방향의 움직임을 찾아 주요한 동작 이전에 연결하는 것으로 기대 효과의 동작을 표현할 수 있다. 모션 캡처나 키 프레임 방법을 통해 미리 제작된 애니메이션 파일로부터 기대효과를 생성하기 위해 동작 데이터를 분석하여, 기대 효과의 추가가 필요한 주요 동작의 각 관절별 회전을 외삽하여 반대 방향의 회전 움직임을 생성하고, 무게 중심의 이동을 예측하여 주요 동작과 반대 방향의 움직임을 갖는 기대 동작을 생성한다. 이후, 생성된 기대 동작과 원래의 동작을 기대 효과의 타이밍을 고려하여 합성하는 것으로 기대효과가 포함된 자연스러운 애니메이션 동작을 얻을 수 있다.

Keyword : animation, anticipation

## 1. 서론

최근까지 컴퓨터 그래픽스 애니메이션 분야에서 캐릭터 동작에 관한 연구는, 캐릭터가 보다 사실적으로 움직이도록 하는 것에 주된 목적을 두고 이루어져 왔다. 사실적인 동작 표현을 위하여 물리학, 특히 역학 분야의 많은 연구결과들이 컴퓨터 애니메이션에 적용되어 왔다[1, 2]. 최근에는 직접 배우의 움직임을 특수한 카메라로 촬영하여 매우 사실적인 동작 데이터를 얻는 이른바 동작 획득(motion capture) 방법과, 획득한 동작 데이터를 가공하여 다양한 애니메이션

의 캐릭터에 적용하는 방법들에 대해 많은 연구가 이루어지고 있다.

사실적인 동작 표현을 위한 기존의 다양한 연구에도 불구하고, 이러한 사실적인 동작 표현들은 애니메이션의 관객들에게 큰 만족감을 주지 못하였다. 이는 기존의 전통적인 2차원 애니메이션의 표현 기법에 익숙한 관객들이 3차원 애니메이션의 움직임에서 오히려 이질감을 느끼기 때문이다. 이에 따라 렌더링 분야로부터 시작된 비사실적 표현 기법이 최근 들어 애니메이션 분야에 적용되고 있는 모습을 볼 수 있다. 비사

실적 애니메이션 연구들은 주로 전통적인 2차원 애니메이션 제작에 사용하던 원리를 3차원 애니메이션에 적용하는 방법을 통해 비사실적인 3차원 애니메이션의 효과를 얻고 있다[3, 4, 5, 6].

전통적인 2차원 애니메이션 기법을 적용하여 애니메이션을 제작하는 것이 사실적인 3차원 애니메이션 보다 관객의 만족도가 높은 이유는 관객이 애니메이션을 인식의 차이에 기인한다. 관객은 애니메이션을 인식할 때, 사실적인 그림의 연속으로서가 아니라 상황의 연속으로 인식한다고 알려져 있다. 기존의 2차원 애니메이션은 행동의 과장(exaggeration), 행동 전후의 기대효과(anticipation)와 반응효과(reaction)를 묘사함으로써 상황을 좀 더 효과적으로 전달할 수 있다. 인간의 인식 시스템의 특징도 관객의 만족도에 영향을 미치고 있다. 인간은 특정 행동의 전후에 나타나는 기대효과와 그 반응효과를 통해 전체적인 상황을 인식하며, 행동 자체가 인식에 미치는 영향은 그다지 크지 않다. 숙련된 애니메이터들은 이러한 기대효과와 반응효과, 과장을 적절히 사용하여 더 만족스러운 애니메이션을 만들어 낼 수 있다. 그러나, 숙련된 애니메이터를 양성하는 데에는 많은 시간과 비용이 필요하며, 좋은 애니메이터에게도 기대효과와 반응효과 등을 적절히 사용하는 작업은 시간이 많이 소요되는 작업이다.

본 논문에서는 기존의 전통적인 2차원 애니메이션 제작기법 중 하나인 기대효과를 3차원 애니메이션에 등장하는 다관절체(multi-linked body) 캐릭터에 적용하는 방법을 제시한다. 먼저 입력 동작 데이터를 검색하여 기대효과를 적용할 구간을 찾아 이를 원본 동작 데이터로 설정한다. 원본 동작 구간 내에서 캐릭터를 이루는 각 관절의 회전과 무게 중심의 이동을 분석하여 초기 프레임(initial frame)으로 부터의 극점(extreme point)을 구하고 이를 기준 프레임(reference frame)으로 설정한다. 초기 프레임과 기준 프레임 사이의 관절 회전과 무게 중심 이동의 반대 방향으로 관절을 회전하고 무게 중심을 이동하여 기대동작 프레임(anticipatory frame)을 설정한다. 초기 프레임과 기대동작 프레임, 기준 프레임 사이를 위치와 속도를 고려하여 보간하면 원본 동작 데이터에 기대효과를 적용한 데이터를 얻을 수 있다. 본 논문

의 연구결과는 모션 캡처나 키프레임 애니메이션을 통해 기대효과에 대한 고려 없이 만들어진 동작 데이터로부터 기대 효과를 자동으로 생성하여, 원본 애니메이션 동작에 기대 효과가 추가된 보다 만족스러운 애니메이션을 손쉽게 얻을 수 있다. 사용자가 기대효과가 추가될 원본 동작의 범위를 지정하거나 기대 동작(anticipatory motion)이 진행되는 동안 움직임 제한할 관절을 선택하여, 기대효과에 사용자의 의도를 반영할 수 있다.

## 2. 연구의 배경

### 2-1 관련 연구

디즈니와 같이 오랜 역사를 가진 애니메이션 제작사들은 만화적인 비사실성에 입각한 전통적인 애니메이션 제작기법을 개발하고 관련 기술을 축적하여 왔으며, 상당 수의 원리들이 오늘날의 3차원 애니메이션 제작에도 그대로 적용되고 있다[6].

Chenney는 물체의 질감 및 무게의 표현에 적합한 원리로 잘 알려진 squash-and-stretch 기법을 물리 모의 실험을 통하여 적용하는 방법을 제시하였다[4]. Rademacher는 2차원 애니메이션에서 관찰되는 모델의 불규칙한 변형을 키프레임으로 지정하여 키프레임 사이를 보간하는 방법으로 3차원 캐릭터의 비사실적 변형을 얻는 기법을 제시하였다[7]. Bregler는 2차원 애니메이션 비디오로부터 직접 동작을 획득하여 3차원 애니메이션에 적용하는 방법을 사용하였으며[8], Agarwala는 직접 실사영상으로 부터 획득한 동작을 만화적 애니메이션에 적용하는 반자동화된 기법을 제안하였다[5]. 국내에서는 얼굴 표정 애니메이션 데이터를 중요요소분석법에 기반하여 기대효과를 적용하는 방법을 제시한 사례가 있다[3].

기존의 비사실적인 애니메이션 기법들은 3차원 애니메이션에 등장하는 주변 물체 혹은 주요 캐릭터의 일부분에 대한 만화적 효과를 얻기 위한 경우가 대부분이다. 대개 애니메이션 관객은 주요 등장 캐릭터에 집중하는 경향이 있으며, 애니메이션을 제작할 때 이러한 집중에 맞추어 중심 캐릭터를 중앙에 위치시키는 경향이 있다. 따라서 애니메이션에 주로 등장하는 사람과 유사한 형태의 캐릭터 혹은 의인화된 캐릭터의 주된 동작에 대한 비사실적 표현은 시선을 이끌

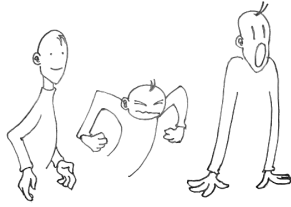


그림 1: 기대 효과의 특징

고 애니메이션의 표현력을 증대시키는 중요한 효과가 될 수 있다.

## 2-2 기대효과와 특징

본 논문에서 제시하는 기대효과와 자동 생성 방법은 기대효과와 시각적 특징에 근거하고 있다[9]. 대개의 애니메이션 제작자들은 어떤 특정한 행동이 기대효과(anticipation)와 실제 행동을 수행하는 동작(action), 그리고 동작의 결과로 얻어지는 반응효과(reaction)의 세부분으로 구성되어 있다고 보고 있다. 이때 기대효과는 특정한 행동을 수행하기 위한 준비동작으로 인식된다. 관객들은 대개 기대효과를 보면서 이후에 발생한 동작에 대한 인식을 미리 진행하고, 동작이 발생하였을 때 자연스럽게 행동을 이해하게 된다. 따라서 기대효과가 없는 동작은 급작스러운 행동으로 인식하여 부자연스러운 느낌을 받게 된다.

인간의 행동에서도 기대효과는 손쉽게 관찰된다. 인간은 어떤 행동을 하는데 있어서 의식적으로 혹은 무의식적으로 단위 시간당 적은 힘(force)을 사용하여 동작을 진행하며, 이에 따라서 동작을 수행하는 길이(motion path)가 길어지게 된다. 이때 인위적으로 늘어나는 동작이 대개의 경우 기대효과로 관찰된다. 일반적으로 기대효과는 항상 주요 동작이 일어나려고 하는 동작의 반대 방향으로 나타나며, 원래의 동작에 비해서 상대적으로 작고 느리게 표현된다(그림 1 참조). 본 논문에서는 이러한 관찰에 근거하여, 다관절체 캐릭터의 동작을 분석하고 이에 따라서 반대 방향의 동작을 생성하여 원래의 동작과 합성하여 기대효과를 얻는 새로운 방법을 제시한다.

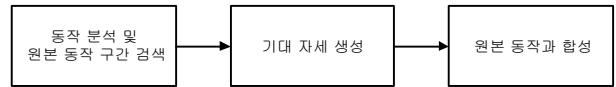


그림 2: 기대효과를 생성하기 위한 개략적인 절차

## 3. 기대효과와 생성

일반적인 애니메이션 데이터는 캐릭터를 이루는 각 관절의 회전과 전체 캐릭터 중심(root)의 이동으로 구성되어 있다. 입력 애니메이션 데이터를 이용하여 기대효과를 생성하는 개략적인 방법은 다음과 같다(그림 2 참조).

1. 각 관절의 회전을 분석하여, 기대 효과가 추가 될 동작이 발생하는 구간을 찾는다.
2. 각 관절의 회전 및 이동의 반대 동작을 생성하여 기대동작으로 설정한다.
3. 기대효과와 시간간격을 고려하여 기대 동작과 원본 동작을 합성한다.

### 3-1 동작 분석 및 원본 동작 구간 검색

애니메이션에서 캐릭터의 동작은 각 순간의 여러 자세들이 순차적으로 나열되어 있는 형태이다. 애니메이션 동작 데이터 역시 캐릭터의 자세들의 나열로 나타나며, 각 자세들은 중심의 이동과 회전, 각 관절의 부모로부터의 거리와 회전으로 표현된다. 각 관절의 회전으로 표현된 동작에서, 관절의 회전 방향이 유지되는 동안의 동작을 하나의 행동으로 볼 수 있다. 본 논문에서는 동작데이터의 첫 프레임에서부터 특정 행동이 시작된다고 가정하고, 첫 프레임의 자세로부터 각 관절이 동일한 방향으로 회전하는 구간의 동작을 기대 효과가 추가되어야 하는 원본 동작(original motion)으로 본다.

임의의  $i$ 번째 관절에 대하여 회전의 방향이 바뀌는  $j$ 번째 프레임은 다음과 같은 식을 사용하여 구할 수 있다.

$$\ln(\mathbf{q}_{i,j}^{-1} \mathbf{q}_{i,j-1}) \cdot \ln(\mathbf{q}_{i,j+1}^{-1} \mathbf{q}_{i,j}) < 0, \quad (1)$$

이때  $\mathbf{q}_{i,j}$ 는  $i$ 번째 관절의  $j$ 번째 프레임에서의 회전을 나타내는 단위 회전 사원수(unit rotation quaternion)이다. 캐릭터를 구성하는 모든 관절에 대하여 회전 방향이 바뀌는 프레임을 찾고, 이들 프레임의 평균

프레임을 구하여 전체 캐릭터의 동작이 변하는 지점을 얻어 이를 기준 프레임(reference frame)으로 설정한다. 애니메이션 동작의 첫 프레임부터 기준 프레임까지의 동작이 기대 효과 추가가 필요한 원 동작이 된다.

### 3-2 기대 자세 생성

앞서 2-2절에서 언급한 바와 같이 기대효과의 시각적 특성은 원본 동작에 대해서 반대 방향의 움직임으로 규정지어질 수 있다. 따라서 앞서 초기 프레임으로부터 기준 프레임에 이르는 회전 방향의 반대 방향으로의 회전과, 중심 이동의 반대 방향으로 이동한 자세를 기대효과로 설정한다.

#### 3-2-1 관절별 회전

각 관절에 대한 반대 방향의 회전을 구하기 위해 먼저 원본 동작에서 각 관절이 회전하는 방향과 크기를 구한다. 임의의  $i$ 번째 관절에 대하여 첫번째 프레임으로부터 기준 프레임에 이르는 회전을 나타내는 단위 회전 사원수  $\mathbf{q}_{i,r}$ 을 구한다. 원본 동작의 첫번째 프레임의 회전을 나타내는 단위 회전 사원수  $\mathbf{q}_{i,0}$ 와  $\mathbf{q}_{i,r}$ 을 외삽(extrapolation)하여 기대효과의 회전을 나타내는  $\mathbf{q}_{i,a}$ 는 구면선형보간(spherical linear interpolation) 방법을 사용하여 다음과 같은 식으로 표현된다[10].

$$\mathbf{q}_{i,a} = \text{slerp}(\mathbf{q}_{i,r}, \mathbf{q}_{i,0}, t), \quad -1 \leq t < 0. \quad (2)$$

#### 3-2-2 중심 이동과 관절 회전의 관계

앞서 3-2-1에서 구한 각 관절의 회전을 반대 방향으로 바꾸었을 때, 생성되는 동작은 실험적인 결과에 의하면 기대 효과의 모습을 어느 정도 보여줄 수 있지만, 원본 동작에서 보여지는 움직임의 이동 방향에 대하여 반대로 이동하는 효과는 상대적으로 작게 나타난다. 따라서 적절한 기대효과를 위해서 캐릭터의 무게 중심을 운동 방향의 반대 방향으로 적절히 보정하는 방법이 필요하게 된다.

경험적인(heuristic) 관찰에 의하면 캐릭터의 국소 좌표계를 기준으로  $x$ -축 방향의 중심 이동이 이루어질 때  $y$ - 또는  $z$ -축을 기준으로 하는 관절이 회전하고,  $y$ -축( $z$ -축) 방향의 이동은 각각 관절의  $z$ -축 또는  $x$ -축( $x$ -축 또는  $y$ -축) 기준의 회전이 일어남을 볼 수 있

다(그림 3 참조).

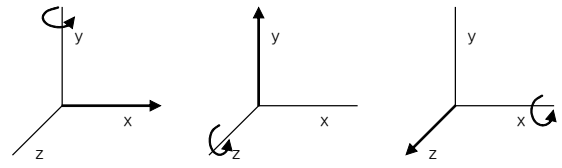


그림 3: 관절의 회전과 무게 중심 이동의 관련성

따라서 캐릭터의 중심 관절(root joint)에 대하여 회전을 수행하여 캐릭터 전체의 무게 중심 이동의 반대 방향 이동을 얻을 수 있다. 이를 위해서 3-2-1절에서 구한 캐릭터 중심 관절의 위치와 회전을 초기값으로 하여 식(3)을 풀어 캐릭터의 무게 중심을 원본 데이터에서 발생한 이동 방향의 반대 방향으로 이동시켜 준다.

$$\begin{aligned} \text{Minimize} \quad & G(\theta) = w_1 \|p(\theta) - p_a\|^2 \\ & + w_2 \|\ln(\mathbf{q}_a^{-1} \mathbf{q}(\theta))\|^2, \quad (3) \\ \text{Subject to} \quad & C_a = C_0 - C_r, \end{aligned}$$

이때,  $p$ 는 중심 관절의 위치,  $\mathbf{q}$ 는 중심 관절의 단위 회전 사원수이며,  $C_a, C_0, C_r$ 은 각각 기대효과 프레임, 초기 프레임, 기준 프레임에서의 캐릭터 무게 중심을 나타내며,  $w_1 + w_2 = 1$ 인 임의의 상수이다.

#### 3-2-3 관절 움직임 제한

앞서 3-2-1 및 3-2-2에서 구하는 기대효과의 자세는 항상 올바른 자세를 구할 수 있는 것은 아니며, 때에 따라서는 여러 동작이 해(solution)로 구해질 수 있다. 각 관절은 관절의 종류에 따라서 회전의 축과, 회전 각도가 제한 될 수 있으며, 무게 중심의 이동을 위한 중심 관절의 회전이 불가능한 경우도 있을 수 있다. 특히 원본 동작의 수행 중에 움직임이 고정되어 있는 관절의 경우는 반대 방향으로의 회전이 불가능하거나, 반대 방향으로의 회전에 따라서 비정상적인 동작이 발생할 가능성이 있다.

따라서 관절의 회전이나 무게 중심의 이동을 위한 문제해결에서 원본 데이터에서 움직임이 제한된 관절을 검색하여 회전에 제한을 두는 제한 관절(constrained joint)로 설정한다. 기대 동작이 일어나는 동안 움직임이 제한되는 관절은 주로 바닥이나 다

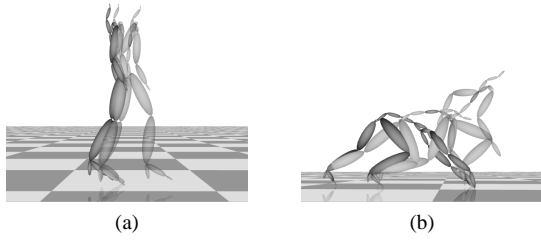


그림 4: (a) 걷기 동작과 (b)출발 동작의 원 동작(반투명)에 대한 기대자세, 걷기 동작의 경우 왼 발의 움직임이 제한되었고, 출발 동작은 양 발, 양 손의 움직임이 제한되었다.

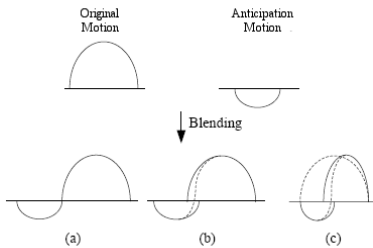


그림 5: 기대 동작을 원 동작에 추가하는 방법

른 사물과 닿아 있는 부분이 해당된다. 걷는 동작의 경우 발 바닥을 지지하는 관절 중에 하나는 항상 바닥에 닿아 있어야 하는 경우를 예로 들 수 있다.

반대로 원본 동작에서는 큰 제약 없이 움직이지만 기대효과를 만들기 위해서는 실제로 제한될 필요성이 있는 관절들이 있다. 이러한 관절들은 기대 동작의 시작부분에서는 움직임이 제한되지만, 끝 부분의 원본 동작과 합성될 때에는 제한에서 벗어나는 경우가 많다. 달리기 준비자세에서 뛰는 동작으로 전이될 때, 양 손의 움직임은 원본 동작에서 자유롭게 움직이지만 실제로 준비자세에서 기대효과 자세로의 전이 시에는 양손의 움직임이 제한될 필요가 있다. 이러한 특성을 갖는 관절들은 사용자가 직접 제한된 관절로 선택할 수 있도록 하여 문제를 해결하였다.

### 3-3 보간 및 합성

지금까지 각 관절의 회전과 중심의 이동 및 회전을 이용해 원본 동작과 반대되는 적절한 기대 자세를 생성하였다. 이제 원본 자세의 첫번째 프레임 자세로부터 기대자세로, 다시 기준 프레임의 자세로 이동하는 동작을 합성하는 것으로 원본 동작에 대한 기대효과를 완성한다.

완성된 기대 동작을 원 동작에 추가하는 방법은 그

림 5의 세 가지 경우를 들 수 있다. 그림 5(a)의 방법은 기대 동작과 원본 동작을 단순히 연결하는 방법으로, 원본 동작과의 동작변화의 연속성을 기대할 수 없는 단점을 가지고 있어 부적절한 합성 방법이다. 그림 5(c)의 방법은 원본 동작과 기대 동작을 합친 결과가 원본 동작의 처음 길이와 같도록, 두 동작의 길이를 변화시켜 합성하는 방법으로서 음성을 애니메이션에 맞추어 동기화 작업을 해야 하는 경우와 같이 애니메이션의 길이가 중요한 경우에 적합한 방법이다. 그러나 원본 애니메이션 동작이 상대적으로 급격히 진행되는 단점을 가지고 있다. 본 논문에서는 그림 5(b)의 방법을 사용하여 두 동작을 합성하였다. 이 방법은 애니메이션 동작 전체의 길이가 다소 길어진다는 단점이 있지만, 그림 5(c) 방법을 사용하였을 때 기대효과가 표현된 동작의 다음 동작과의 속도 차이로 인해 생길 수 있는 이질감을 줄일 수 있고, 원본 동작의 이전에 느린 속도의 기대 동작이 생성되고, 기대 동작보다 빠른 속도의 원본 동작이 나타나도록 하는 기대 효과의 성질을 표현하는데도 적합하다. 합성을 위한 보간 방법으로는 초기 프레임, 기준 프레임 및 기대효과 프레임에서의 관절의 위치와 각도 값, 위치의 변화 벡터, 각도의 변화 벡터를 사용한 3차 Hermite 보간 방법을 사용하였다.

## 4. 결과

본 연구에서 제시한 기대효과 생성 방법을 키프레임 기법 혹은 동작 획득에 의해 기대효과를 고려하지 않고 제작된 애니메이션 데이터에 적용하였다.

그림 6은 달리기 전에 출발하는 동작으로 양 발과 양 손의 움직임이 제한되었기 때문에, 캐릭터 무게 중심의 이동이 기대동작의 대부분의 성격을 구성하고 있다. 무게 중심이 위쪽 방향으로 움직이는 것에 대한 기대효과로 상체를 구부리는 회전 동작을 표현해 좀 더 역동적인 결과를 얻었다. 그림 7은 공을 던지는 동작에 기대 효과를 추가한 동작을 나타낸다. 무게 중심이 캐릭터의 앞쪽으로 움직이는 것에 대하여 몸 전체를 오른쪽으로 회전하는 것으로 기대효과가 더 잘 표현된다. 그림 8은 의자에서 일어나는 동작으로 중심 이동에 제한이 있다. 위쪽 방향의 움직임은 상체를 구부리는 것으로 기대동작이 표현된다. 기대 동작

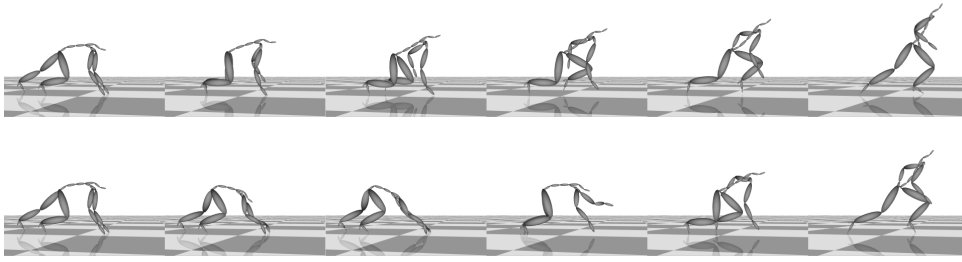


그림 6: 출발 동작(위)에 기대 동작을 추가한 그림(아래): 양 발, 양 손 관절의 움직임이 제한된다.

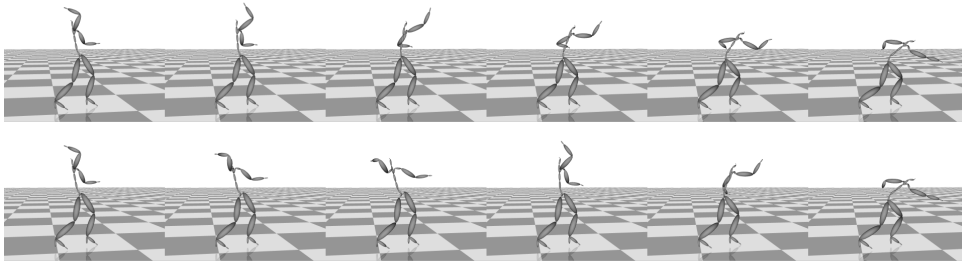


그림 7: 던지기 동작(위)에 기대 동작을 추가한 그림(아래): 양 발의 움직임이 제한된다.

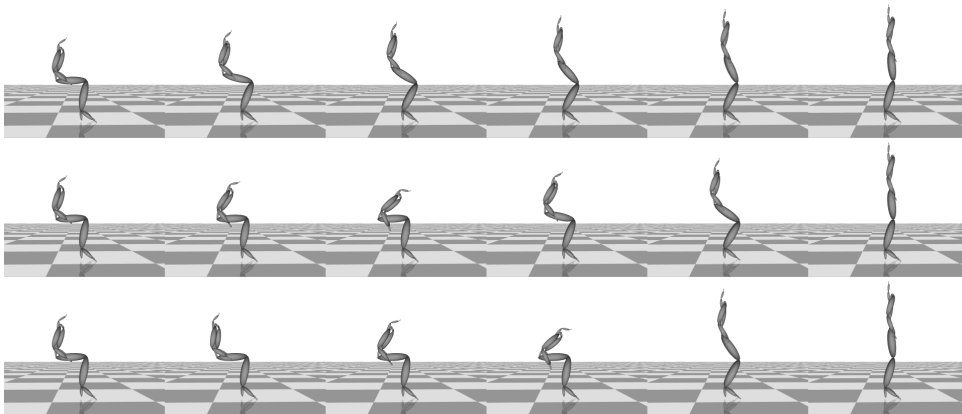


그림 8: 의자에서 일어나는 동작(위)에 기대 동작을 추가한 그림(중간), 기대동작을 한번 더 추가한 그림(아래): 중심과 양 발의 움직임이 제한된다.

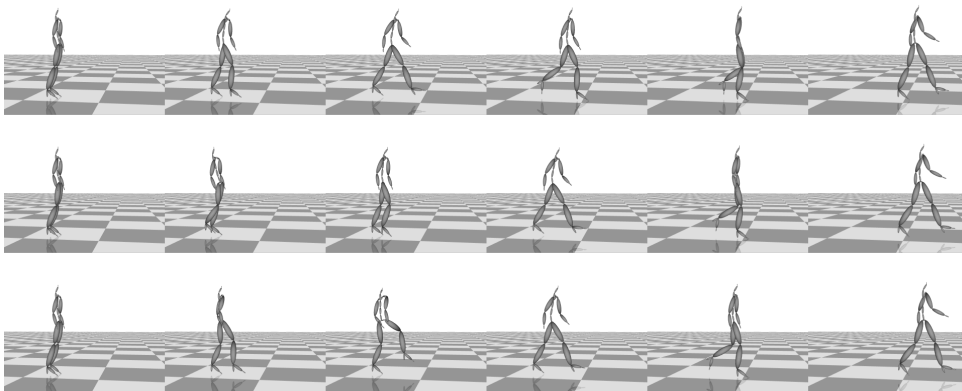


그림 9: 걷는 동작(위)에 기대 동작을 추가한 그림(중간), 진행방향의 기대동작을 추가한 그림(아래): 왼쪽 발의 움직임이 제한된다.

이 추가된 동작에 좀 더 작은 크기의 기대동작을 재차 추가하여 전체 동작의 효과를 좀 더 자연스럽게 표현할 수 있다. 그림 9는 걷는 동작에 대한 기대효과이다. 통상의 반대 방향으로 움직이는 기대효과를 대신해, 앞으로 움직이는 동작에 대한 캐릭터의 좌, 우측으로의 회전 방향을 달리하여 색다른 느낌의 기대효과를 표현할 수 있다.

## 5. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문에서는 전통적인 2차원 애니메이션 기법 중 하나인 기대효과를 3차원 애니메이션에서 다관절체 캐릭터의 애니메이션 데이터에 적용하는 방법을 제시하였다. 기대효과와 시각적 특징에 기초하여 캐릭터 운동을 구성하는 관절의 회전과 무게 중심 이동 방향의 반대 방향으로의 회전 및 이동을 통하여 기대자세를 생성한다. 본 논문에서 제시된 기대효과 생성 방법은 기존의 3차원 애니메이션 제작 도구와 함께 사용하면 비교적 덜 숙련된 애니메이션 제작자들도 기대효과가 적용된 보다 풍부한 표현력을 갖는 애니메이션을 손쉽게 만들어 낼 수 있다.

본 논문에서 제시한 방법은 기대효과와 시각적인 특징을 그대로 적용하여 얻어진 결과이다. 문제의 해결과정에서 캐릭터의 무게 중심을 원하는 위치로 이동시키기 위해서 캐릭터 중심 관절의 회전 만을 경험적(heuristic) 관찰에 근거하여 회전하는 역운동학적 방법을 사용하였다. 잘 알려진 바와 같이 역운동학의 결과는 항상 올바른 자세를 얻을 수 있는 것은 아니며, 여러 개의 비정상적인 자세를 얻게 되는 경우도 있다. 특히 중심 관절 만을 대상으로 역운동학을 적용하여 캐릭터의 무게 중심이 항상 원하는 위치로 옮겨가지 않는 문제점을 가지고 있다. 현재 캐릭터의 무게 중심의 위치를 제한사항으로 하고 모든 관절의 회전과 위치를 역운동학적 방법으로 (국소) 최적값을 찾는 방향의 연구가 진행되고 있다.

전통적인 2차원 애니메이션 제작기법은 Lassetter에 의하여 약 10개 정도의 원리로 구분되어 있다. 이 중에서 다관절 캐릭터에 적용할 수 있는 원리로 Slow-in-Slow-out, overlapping 등 다수의 원리가 3차원 애니메이션에 적용될 가능성이 있다. 이러한 원리들은 전통적인 애니메이션 관객들에게는 매우 친숙한

내용으로 3차원 애니메이션에 적용하면 보다 풍부한 표현 효과를 얻을 수 있어, 향후 비사실적 애니메이션 분야에 적용될 수 있을 것이다.

## 감사의 글

본 연구는 대학 IT연구센터 육성지원사업의 연구 결과로 수행되었음.

## 참고 문헌

- [1] Zoran Popović and Andrew P. Witkin. Physically based motion transformation. In *Proceedings of SIGGRAPH 99*, pages 11–20, August 1999.
- [2] C. Karen Liu and Zoran Popović. Synthesis of complex dynamic character motion from simple animations. volume 21, pages 408–416, 2002.
- [3] Jung-Ju Choi, Dong-Sun Kim, and In-Kwon Lee. Automatic anticipation generation for 3D facial animation. *Journal of Korean Information Science Society : Computer Systems and Theory*, 32(1-2):39–48, February 2005.
- [4] Stephen Chenney, Mark Pingel, Rob Iverson, and Marcin Szymanski. Simulating cartoon style animation. In *Proceedings of Non-Photorealistic Animation and Rendering*, pages 133–138, 2002.
- [5] Aseem Agarwala. SnakeToonz: a semi-automatic approach to creating cel animation from video. In *Proceedings of Non-Photorealistic Animation and Rendering*, pages 139–148, 2002.
- [6] John Lasseter. Principles of traditional animation applied to 3D computer graphics. In *Proceedings of SIGGRAPH 87*, pages 35–44, 1987.
- [7] Paul Rademacher. View-dependent geometry. In *Proceedings of SIGGRAPH 99*, pages 439–446, 1999.
- [8] Christoph Bregler, Lorie Loeb, Erika Chuang, and Hrishikesh Deshpande. Turning to the masters: Motion capturing cartoons. *ACM Transactions on Graphics (SIGGRAPH 2002)*, 21(3):399–407, 2002.
- [9] Richard Williams. *The Animator's Survival Kit*. Faber and Faber, 2001.
- [10] Ken Shoemake. Animating rotation with quaternion curves. In *Proceedings of SIGGRAPH 87*, pages 245–254, 1987.