

# 스포츠클라이밍을 위한 역운동학 기반 자세 및 동작 생성 기법

신규철\*, 손중희\*, 김동호\*  
\*숭실대학교 대학원 미디어학과

e-mail: cg@su.ac.kr

## Inverse Kinematics based Posture Generation Method for Sports Climbing

Kyucheol Shin\*, Jonghee Son\*, Dongho Kim\*

\*Department of Digital Media, Graduate School, Soongsil University

### 요 약

본 연구에서는 역운동학(IK, Inverse Kinematics)을 이용한 스포츠클라이밍 자세생성과 동작제어를 통해 인간의 일반적인 동작 이외에 스포츠와 같은 특수 목적의 동작들을 삼차원의 가상공간에서 스포츠 클라이밍의 기본동작 절차를 이용하여 가상 인물(Virtual Character)의 자세 및 동작을 생성한다. 역운동학(IK, Inverse Kinematics) 알고리즘을 통한 자세 생성은 역운동학 함수(IK Function)와 실제 데이터를 통한 기본자세 애니메이션을 제작, 이를 활용하여 사실성을 더하고 자연스러운 자세 및 동작을 생성한다. 스포츠클라이밍은 특별한 제약사항이 없어 스포츠 클라이밍의 올바른 자세 생성에는 많은 문제가 있다. 예를 들어 자유로운 동작에 의한 무리한 형태의 자세 생성들이 그러하다. 본 논문에서는 이를 스포츠 클라이밍의 기본동작 절차를 이용하여 올바른 자세와 함께 실제와 유사한 동작을 생성한다.

### 1. 서론

컴퓨터 그래픽스(Computer Graphics)에서 삼차원 공간상의 캐릭터의 사실적인 움직임은 몰입도와 집중도를 향상시키는 대표적인 요소로서 많은 연구가 진행되어 왔다. 삼차원 공간에서 캐릭터의 자세와 동작에 대한 연구는 보편적으로 걷기, 뛰기, 달리기 등의 인간의 일상적인 동작으로 한정되어 있다[1]. 특히 스포츠클라이밍 같은 특수 목적의 자세 및 동작 생성에 관한 연구는 활발히 이루어지고 있지 않다.

우리는 이 연구를 통해 삼차원 공간상에서 역운동학(Inverse Kinematics)을 이용한 스포츠클라이밍 자세 및 동작을 생성하고 인간의 일반적인 동작 이외에 스포츠와 같은 특수한 상황에서의 인체의 동작들을 연구한다. 이를 통해 클라이머를 위한 학습 프로그램이나 클라이밍 게임 같은 다양한 형태의 스포츠클라이밍 콘텐츠를 제작하는데 도움이 되고자 한다.

### 2. 관련연구

컴퓨터 기술의 발달로 컴퓨터 그래픽스(Computer Graphics)의 연구 또한 활발히 이루어졌고 최근 들어서는 가상의 삼차원 공간을 실시간으로 애니메이션화할 수 있게 되어 이에 대한 연구들이 다시 각광받고 있다. 이에 따라 삼차원 공간에서 가상의 인물(Virtual Character)을 사

실적으로 표현하거나 사실적으로 자세나 동작을 생성하는 연구들 또한 많이 진행되고 있다[2~4]. 가상의 인물의 움직임을 위한 특정한 동작을 생성하거나 지정해 주는 것을 통칭하여 동작제어 기술이라 한다. 동작제어 기술은 가상 인물이 살아있다는 생동감이나 실제 존재한다는 사실감을 주는데 매우 중요한 역할을 한다[5].

삼차원 공간(3D) 상에서 가상 인물(Virtual Character)의 동작제어 기법에 대한 연구는 다양하다[6]. 동작 생성 혹은 제어 기술은 그 기술에 따라 크게 동작 포착(Motion Capture) 기법과 동역학 기반 기법으로 나누어 볼 수 있다. 동역학 기반 기법은 다시 정운동학(FK, Forward Kinematics) 기반 기법과 역운동학(IK, Inverse Kinematics) 기반 기법으로 나뉜다[7].

본 논문에서는 역운동학(IK, Inverse Kinematics)을 기반으로 하는 동작제어를 이용하여 자세 및 동작을 생성한다. 역운동학 기반 기법은 FK의 반대적 개념으로 목표점을 기준으로 관절의 상태를 재계산하는 기법이다. 다양한 제약조건에 맞춰 자세 및 동작을 실시간으로 재계산하기 때문에 다양한 변형 동작이 가능하고 단일 애니메이션 소스로 다양한 체형에 대응이 가능하다[8].

본 연구에서는 디지털 삼차원 공간에서 역운동학(IK, Inverse Kinematics)을 이용하여 가상의 캐릭터(Character)를 통해 스포츠클라이밍 자세를 생성하고 스포츠 동작절차를 이용하여 동작을 생성한다. 등반 역량에 관한 변수를 해소하기 위해 위치할 수 있는 손이나 발의 거리를 전문가의 조언과 실제 측량 데이터를 사용, 최대값, 최소값 범위로 한정한다.

### 3. 자세 생성

실제 자세 및 동작을 생성하기 위한 전제조건으로 초심자나 일반인들이 실제로 취하기 힘든 고난도 동작 등에 대한 변수는 배제하며 개개인의 차이에서 오는 등반 역량에 따른 차이 또한 전문가의 조언과 실제 측량 데이터 그리고 통계청 데이터를 이용하여 캐릭터의 등반 가능한 최소, 최대 거리를 구해 편차를 최소화한다.

#### 3.1 기본자세 생성

스포츠클라이밍에서 기본자세는 일반적인 상태(서있는 자세)와 다르게 반쯤 앉아 있는 자세로 무게 중심 또한 일반적인 상태와 매우 다르다. 본 연구에서는 다관절체나 인체 변형을 위한 역운동학(IK: Inverse Kinematics)을 기반으로 하는 역운동학 함수(IK Function)를 이용한다. 역운동학은 정운동학의 반대되는 개념으로 관절체 끝점(End Point)의 위치나 동작으로부터 각 관절의 위치나 동작을 구하는 방법이다. 자세의 생성은 양손과 양발을 지정한 위치에 생성한 후 몸체의 위치를 손과 발의 위치값과 실측 데이터를 이용한 기본적인 몸체의 위치값을 가지고 무게 중심을 추정하여 기본자세를 생성한다.

#### 3.2 자세 보정

역운동학(IK, Inverse Kinematics)을 이용한 자세생성의 가장 큰 문제점은 끝점에 대한 각 관절의 값이 하나 이상을 가질 수 있어 원하는 값이 아닌 다른 값을 가질 수 있다는 것이다. 즉 캐릭터 손이나 발의 관절이 잘못된 값으로 인해 뒤틀림(Twist) 등 잘못된 동작을 생성하게 된다. 또한 몸체의 생성 위치에 따라 불가능한 자세나 홀드(Hold)를 잡지 못하는 등의 많은 문제를 야기한다. 이를 해결하기 위해 실측 데이터와 통계청 데이터를 이용하여 기본자세의 무게중심을 얻어내고 관절 값을 최댓값과 최솟값으로 제한하여 각 관절 값이 오차 범위를 넘을 경우, 재계산하여 올바른 자세를 생성한다.

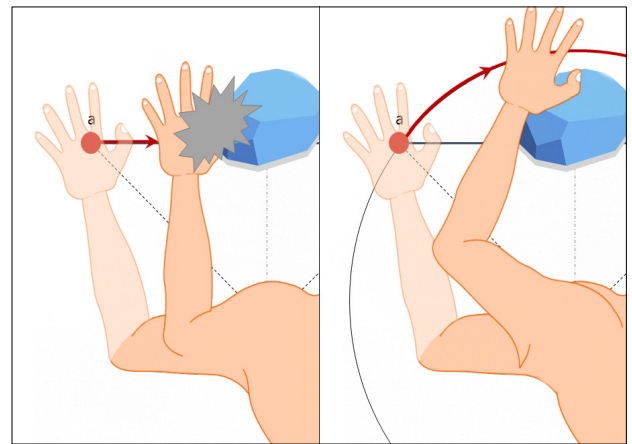
### 4. 동작 생성

기본적으로 캐릭터의 동작을 생성하기 위한 다양한 방

법들이 존재한다. 이 연구에서는 다관절체나 인체 변형을 위한 보간법(Interpolation) 중 역운동학(IK: Inverse Kinematics)기반 보간법을 사용한다. 또한 스포츠클라이밍에서 움직임은 기본 동작 절차가 확립되어 있다. 따라서 기본적인 동작의 절차를 이해하고, 이를 삼차원 공간상에서 캐릭터를 이용해 순차적으로 연속된 동작을 생성하여 실제 스포츠클라이밍과 같은 동작을 생성한다.

#### 4.1 동작 보간

동작생성은 보간법(Interpolation)중 하나인 구선형보간(Sphere Linear interpolation)법을 이용한다. 보간이란 알려진 지점의 값 사이에 위치한 값을 알려진 값으로부터 추정하는 것을 말한다. 지점 사이의 값을 선 형태로 보간하는 것을 선형보간(Linear interpolation), 원호를 따라 보간하는 것을 구선형보간이라 한다. 본 연구에서는 3.자세 생성 에서 생성된 자세와 다음위치의 자세의 동작을 구선형보간을 통해 생성한다. 일반적으로 사용되는 선형보간을 이용하여 동작 생성을 할 경우, 삼차원 공간에서 이동하는 거리 사이의 오브젝트(Object) 간섭, 예를 들어 손이나 발이 홀드(Hold)와 홀드사이에 큰 볼륨홀드에 걸리거나 홀드와 홀드사이에 다른 홀드가 있어 손이나 발이 홀드를 통과하는 문제가 발생한다(그림 1). 구선형보간과 함께 보간의 회전(Rotation) 값을 특정 상황에 따라 달리함으로써 위의 문제를 해결함과 동시에 더욱 자연스러운 동작을 생성한다.

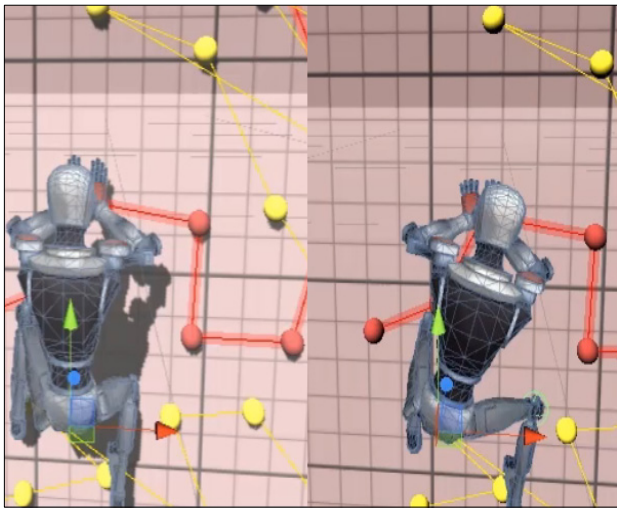


(그림 1) 선형보간(좌)과 구선형 보간(우)

#### 4.2 몸체의 위치 설정

동작 생성을 하는데 있어서 가장 중요한 부분이 이 몸체의 위치(Body Location) 설정이다. 특히 동작에 따라 몸체의 중심 위치가 끊임없이 변화하는데 비해 삼차원 공간에서 캐릭터의 몸체의 중심 위치는 항상 일정하다. 따라서 일반적인 몸체의 위치 계산으로 생성된 동작은 실제 동작과는 거리가 있다. 우리는 실시간으로 움직이는 손과 발에

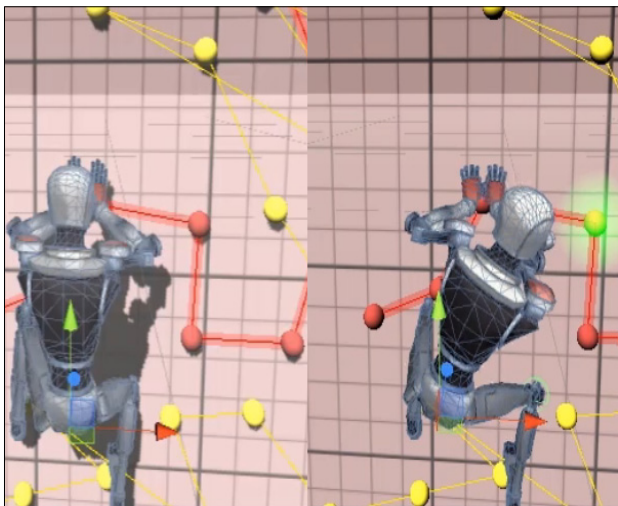
따른 삼각함수의 교차점을 통해 몸체의 위치를 계산하고 이를 전문가의 조언과 실제 데이터를 비율화하여 계산된 무게중심을 오프셋 값(Offset Value)으로 설정하여 동작을 생성한다.



(그림 2) 몸체기울기를 이용한 동작 생성(우)

#### 4.3 몸체 기울기 설정

몸체 기울기(Body Rotation)의 설정은 몸체 위치 설정(Body Location)과 함께 매우 중요한 요소로서 홀드 간 이동에 따라 생성되는 동작과 동작 사이를 채워 주는 연결체(Link)역할을 수행할 수 있다. 몸체 기울기 값은 현재 몸체의 위치와 진행되는 방향에 따라 몸체와 이동하려는 홀드 사이의 각도 값을 계산하여 몸체 기울기의 허용치에 맞게 상대값으로 변환, 적용하여 몸체의 기울임에 변화를 주게 되면서 실제와 흡사한 동작을 얻게 된다(그림 2).



(그림 3) 머리부 제어를 통한 자연스러운 동작(우)

#### 4.4 머리의 움직임

스포츠에 있어서 모든 행위의 80%는 시각으로 이루어진다.[9] 이로 인해 시선 혹은 머리의 방향과 위치는 그

동작의 자연스러움에 매우 큰 영향을 미친다. 우리는 스포츠클라이밍의 기본동작 개념 대한 머리 움직임(시선)이 미치는 영향을 연구하여 순서와 방향성에 대한 결과를 얻었다. 이를 IK 제어부의 Lookup 함수를 이용, 머리를 포함한 어깨까지 캐릭터 상부를 제어하여 동작을 생성하여 절차적 동작을 수행 시 동작의 완성도를 높인다(그림 3).

#### 4.5 스포츠클라이밍의 기본 동작 절차

실제 스포츠클라이밍의 기본적인 동작의 절차는 양발을 벌린 후 반쯤 서있는 상태에 양손을 한 홀드에 모아 이동변 삼각형을 만드는 기본자세에서 시작하여 아래 1~4 단계를 반복한다.

- 1) 기본자세에서 다음 홀드의 방향의 손을 다음 홀드로 이동한다.
- 2) 이동한 손의 반대되는 발을 반대 발위치의 홀드로 이동, 두 발을 모아 역삼각형 자세를 취한다.
- 3) 기존의 움직이지 않는 발을 1)에서 이동한 손의 홀드의 위치에 맞추어 이동변 삼각형이 이뤄질 수 있도록 적당한 홀드로 이동한다.
- 4) 이동하지 않았던 손을 기존에 이동한 손의 홀드 위치로 이동, 양손을 모아 기본자세를 취한다.

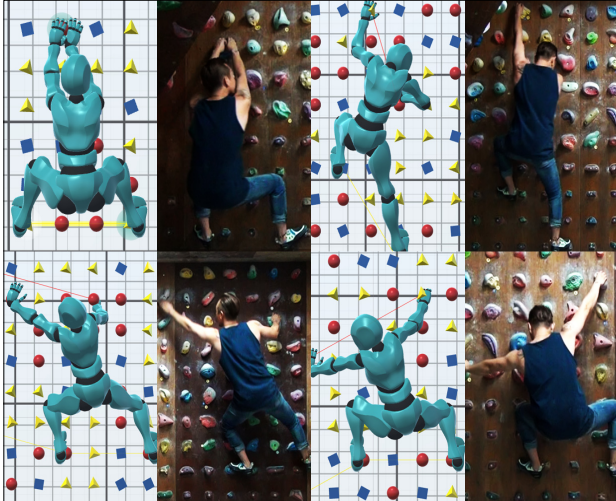
#### 4.6 절차에 따른 동작 생성

위의 실제 스포츠클라이밍의 기본동작 절차에 따라 동작을 생성할 경우, 부자연스럽고 인위적인 동작이 생성된다. 이는 실제 인체와 달리 가상 캐릭터 각각의 신체 부위가 각각의 움직임에 따라 연관적 제어가 되지 않기 때문이다. 우리는 캐릭터의 이동 방향이나 위치에 따라 각 부위별 연관 제어를 실시하고 실제 클라이밍 기본 동작 절차에는 없는 몸체 위치 설정(4.2)과 기울기 설정(4.3) 그리고 머리의 움직임(4.4) 등을 추가하여 삼차원 공간상의 기본동작 절차를 새롭게 구성하였다.

### 5. 결과

본 연구는 유니티 4(Unity 4) 엔진을 기반으로 PC로 개발하였으며 실제 스포츠클라이밍 전문가의 등반 자세와 비교 테스트를 실시하였다. PC의 개발 환경은 3.7GHz Intel Core i7 CPU와 NVIDIA GeForce GTX 680, 16GB RAM, 1920X1080 해상도이며 운영체제는 Windows7 Pro 64bit 이다. 비교 테스트의 환경은 태블릿 이며 1.46GHz Intel Atom Z3774 Intel GraphicHD(내장) 2GB RAM, 1366X768 해상도이며 운영체제는 Windows 10 Home

32bit 이다. 비교 테스트에서는 실제 암벽의 등반 루트를 삼차원 공간에 구현한 후, 전문가와 가상의 캐릭터가 각각 1번에서 20번 홀드까지의 동일한 등반 루트를 동일한 홀드를 이용하여 등반한다. 그 후 전문가가 등반 시 취하는 동작과 가상공간의 캐릭터에서 생성된 동작을 각 구간별로 비교한다.



(그림 4) 전문가 동작과 비교 테스트

결과는 1~20의 거의 모든 구간의 자세에서 유사한 동작을 실시간으로 생성하였으며 전 구간에서 적합하다는 평가를 받았다(그림 4). 저 성능의 태블릿을 이용한 한계 테스트도 평균 초당 30프레임 내외를 유지하였다.

## 6, 결론 및 논의

본 논문에서는 역운동학(IK, Inverse Kinematics)을 이용하여 스포츠클라이밍 자세와 동작을 연구하고 이를 스포츠클라이밍 동작 절차에 따라 가상의 삼차원 공간(3D)에서 가상의 인물(Virtual Character)을 통해 자세와 동작을 생성하였다. 이 과정에서 자세 생성의 문제를 실측 데이터와 통계청 데이터 이용해 각 관절 값을 제한하여 해결하고 구선형 보간을 통해 오브젝트(Object) 간섭현상 등의 문제를 극복하고 실제와 유사한 동작 생성을 제안하였다. 특히 실제 스포츠클라이밍의 기본 동작 절차에서는 볼 수 없는 머리의 움직임이나 몸체 기울임 부분을 추가하여 삼차원 공간상의 기본 동작 절차를 새롭게 구성함으로써 삼차원 공간에서도 실제 스포츠클라이밍에서 기본 동작 절차를 그대로 재현할 수 있었다는 것과 실제 스포츠클라이밍의 등반시의 자세와 동작을 실시간으로 삼차원 공간에서 생성하였다는 것은 본 논문의 성과라 할 수 있다. 또한 스포츠클라이밍에 관련된 다양한 콘텐츠 제작과 일반적인 자세 및 동작이 아닌 특수 상황 하의 다양한 자세나 동작을 연구하는데 도움이 될 것이다. 하지만 개인의

역량을 통한 특수한 동작이나 고난도 동작들은 배제했다는 점에서는 개선의 여지가 있을 것이다. 따라서 향후 추가 연구를 통해 특수한 상황에서의 동작이나 특수 동작 절차에 대한 연구가 진행될 필요가 있다.

## 7, 감사의 글

위 논문은 문화체육관광부의 스포츠산업기술개발사업에 의거 국민체육진흥공단의 국민체육진흥기금을 지원받아 연구되었습니다.

## 참고문헌

- [1] KumHee Lee. "Generation of Humanoid Walking Motion Adapted to the Ground's Sliding Properties," The KIPS Transaction, vol12, no.2, pp.157-166, 2005
- [2] Character Motion Generation and Control with Hierarchical Parametric Functions. Soo-Yol Ok. The journal of the Korea Institute of Information & Communication Engineering, vol12, no.7, pp.1193-1201, 2008
- [3] Motion Capture using both Human Structural Characteristic and Inverse Kinematics. Yung-Ho Seo. Journal of the Institute of Electronics and Information Engineers, vol.47, no.2, pp.20-32, 2010
- [4] Study of CG Character Animating Pipeline for Human IK and Kinect. Chul Young Choi. The Korean Journal of Animation, vol.9, no.4, pp.180-199, 2013
- [5] Trends in 3D Character Animation Technology. Woong-Soon Kim. The Communications of the Korean Institute of Information Scientists and Engineers, vol.17, no.2, pp.48-59, 1999
- [6] Posture Control of Virtual Actor. Hyun-joon Shin. Broadcasting and Media Magazine, Vol.3, no.2, pp.31-43, 1998
- [7] Human motion control using Dynamic Model. Chang-Hee Kim. Journal of Ergonomics Society of Korea, vol.18, no.3, pp.141-152, 1999
- [8] A study of converting FK animation data to IK animation data for efficient animation editing. Choi, Chul-Young. The Korean Journal of Animation, vol.3, no.1, pp.109-126, 2007
- [9] Mingle: Wearable Devices for Enhancing Communications and Activities between the Blind and Ordinary People through a Waltz. Yoonji Song. CHI EA'15, pp.367-370, 2015