

# 복합 지형에서의 달리기 동작 생성에 대한 연구

송미영\*, 조형제

\*수원여자대학 멀티미디어통신과

동국대학교 멀티미디어학과

e-mail: \*songmy@swc.ac.kr, chohj@dgu.edu

## Generation of Running Motion on Complex Terrain

Mi-Young Song\*, Hyung-Je Cho

\*Dept of Multimedia Communication, Suwon Women's College

Dept of Multimedia, Dongguk University

### 요 약

이 연구에서는 동작 포착 데이터에서 최적의 동작을 얻기 위한 비용과 시간을 줄이고, 캐릭터의 체형 크기에 무관하게 복합 지형에서 적응적인 이동 동작을 빠르고 효율적으로 생성하는 방법을 제안한다. 즉 캐릭터의 신장이나 걷는 속도, 걸음폭 등의 매개변수들을 사용하여 평지면, 경사면, 계단면 그리고 굴곡면 등 다양한 지형에서의 달리기 동작을 생성하며 역운동학(Inverse Kinematics) 개념을 적용하여 관절들의 위치나 각도를 산출하고 관절의 이동 궤적을 계산하기 위해 큐빅 스플라인 곡선을 활용한다.

### 1. 서론<sup>1)</sup>

3차원 가상현실이나 게임 분야에서는 인체를 비롯한 다관절체의 동작 표현에 있어서 지형이나 다른 주변 환경에 의한 적응적인 동작에 사실성을 강조하고 실시간으로 자동 생성하는 처리 기술이 필요함으로 인해 많은 연구가 이루어지고 있다[1].

최근 3차원 가상현실 내에서 캐릭터 움직임 동작을 생성하는 동작 제어 기법중 신체의 동작을 사람과 가장 유사하게 표현할 수 있는 방법으로 모션 캡처 시스템에서 포착된 동작 데이터를 이용하는 것이다. 이는 실제 사람과 같이 움직이는 동작들을 자연스럽게 표현할 수 있지만 동작을 포착하기 위해서 많은 시간을 소비해야 한다. 또한 지형의 유형에 따라 모든 동작을 채 포착해야 하고 얻어진 동작 데이터를 다른 유형의 캐릭터에 적용할 경우, 동작 데이터를 다시 포착하거나 기존 동작 데이터를 재편집해

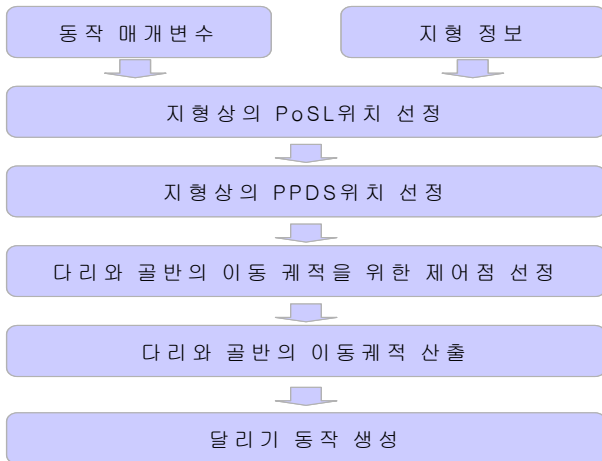
야 하는 어려움이 따른다.

따라서 연구의 목적은 게임이나 가상현실에서 캐릭터의 움직임을 표현하는데 있어서 캐릭터 이동 동작의 사실감을 높이고자 하는데 있다. 이러한 사실감을 높이기 위해서 실제 사람과 같은 뼈대 구조로 캐릭터 모델을 구성하고, 좀 더 발의 자연스러운 움직임을 위해서 발의 뼈대를 두 개로 나누어 구성한다. 그리고 캐릭터의 전신 움직임을 실제 사람의 움직임 자세를 분석하고[2] 이를 기반으로 다양한 지형의 변화에 따라 달리기 동작을 생성한다.

본 연구의 구성을 살펴보면, 2장에서는 다양한 지형에 따른 달리기 동작 생성을 위한 처리 과정, 3장은 달리기 동작시 전신의 움직임을 살펴보고 4장과 5장에서는 다양한 지형에 적응적인 달리기 동작을 생성하기 위한 동작 계획을 정의하며 6장에서는 제안한 다양한 지형에 따른 적응적인 달리기 동작 계획 방법을 통해 생성된 구현결과를 확인하고 7장에서 결론을 맺는다.

본 연구는 2002년도 한국과학재단 특정기초연구(과제 번호: R01-2002-000-00298-0) 내용의 일부임

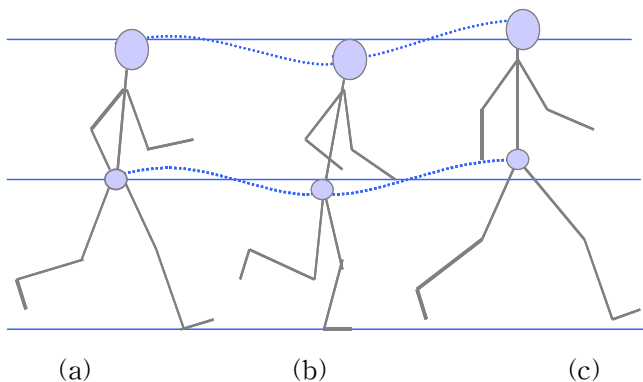
## 2. 다양한 지형에서 달리기 동작 생성 과정



[그림 1] 달리기 동작 생성의 처리 과정

다양한 지형에 따른 적응적인 달리기 동작 생성의 처리 과정[그림1]은 이동 동작에 필요한 매개변수와 다양한 지형에 대한 정보를 기반으로 지형과의 충돌을 회피하도록 지형상에서의  $PoSL$  위치를 선정하고, 선정된  $PoSL$ 과 지형의 높이를 고려하여  $PPDS$ 의 위치를 선정한다. 그리고 이동하는 다리와 골반의 움직임 궤적을 산출하기 위해서 우선, 지형에 발끝이 스며드는 등의 충돌을 피할 수 있도록 제어점을 선정하여 이동 궤적을 구한다. 이러한 지형에 따라 산출된 움직임 궤적과 동작의 매개변수를 통해 다양한 지형에서의 달리기 동작을 생성한다.

## 3. 전신의 움직임



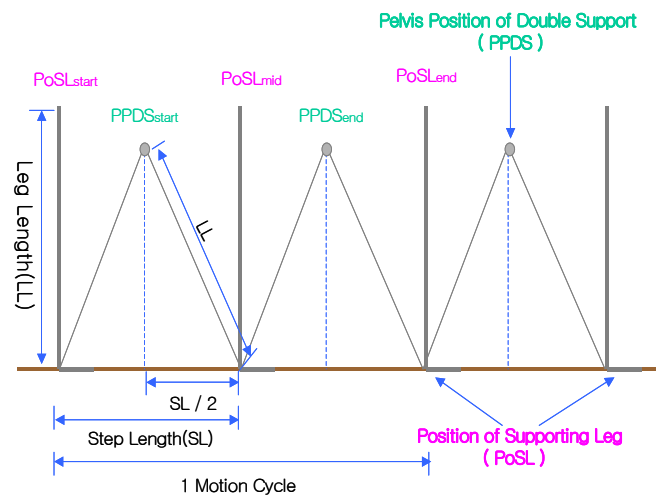
[그림 2] 달리기 동작

그림 2는 달리기 동작에 대한 전신의 움직임 모습으로 그림 2(a)는 앞으로 내딛은 다리가 지면에 닿아 움직이고, 다른쪽 다리는 공중에 떠 있는 상태로

이동한다. 그림 2(b)는 앞다리의 발이 완전히 지면에 닿고, 무릎은 충격을 완화시키기 위해서 가장 많이 구부러지는 상태로 골반과 머리의 위치는 이동 동작 주기에서 가장 낮게 위치한다. 그림 2(c)는 두 다리의 사이가 최대 걸음폭이 되는 상태로, 두 다리가 공중에 떠 있고 곧게 뻗은 모습을 취한다. 이 때 두 다리는 모두 지면에 비접촉하여 공중에 떠 있기 때문에 머리와 골반의 위치는 달리는 주기에서 가장 높게 위치한다.

달리기 동작은 걷기 동작과는 달리 두 다리가 지면에 접촉한 상태가 아닌 공중에 떠 있는 상태 (Flight)를 포함한다. 이러한 두 다리가 공중에 떠 있는 상태에 있다가 한쪽 다리는 지면에 접촉하여 움직인 후 다시 공중 상태가 될 때까지를 달리기의 한 주기(1 Running Cycle)라고 한다.

## 4. 복합 지형에서의 이동 동작 계획



[그림 3] 이동 동작 계획

그림 3은 다양한 지형에서의 달리기에 대한 이동 동작 계획을 표현한 것이다. 이동 동작 동안에 다리와 골반의 위치를 각각  $PoSL$  (Position of Supporting Leg)와  $PPDS$  (Pelvis Position of Double Support)로 정의하고 이를 기반으로 다양한 지형에 따른 적응적인 이동 동작을 계획한다. 여기서 지면으로부터  $PoSL$ 의 높이는 다리길이와 같으며,  $PPDS$ 의 높이는 두 다리가 최대 걸음폭일 때의 높이에 해당한다.

### 4.1 다리의 위치( $PoSL$ ) 선정방법

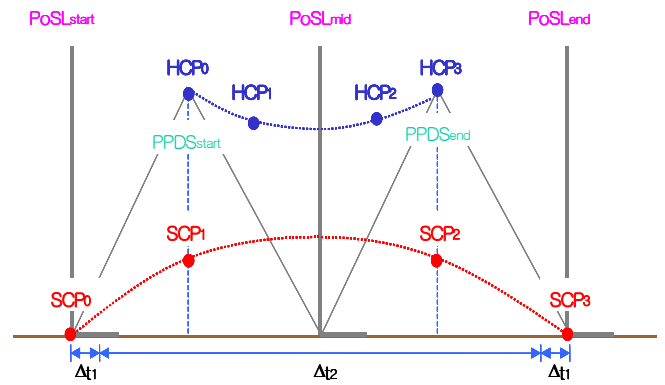
다양한 지형에서의 적응적인 이동 동작을 위해 우선, 지형에서의  $PoSL$ (Position of Supporting Leg) 위치점을 선정한다. 그림 3과 같이 이동 동작의 한 주기 동안에서 이동 동작 계획을 위한 지면에서의  $PoSL$  위치는 걸음폭의 간격으로 각각  $PoSL$ 의 시작지점( $PoSL_{start}$ ), 중간지점( $PoSL_{mid}$ ), 끝지점( $PoSL_{end}$ ) 등을 선정한다. 여기서  $PoSL_{mid}$ 는 다음 이동 동작 주기에서  $PoSL_{start}$ 가 된다.

#### 4.2 골반의 위치( $PPDS$ ) 선정방법

그림 3에서 보듯이, 이동 동작의 한 주기 동안에 두  $PoSL$ 의 위치에 따라 걷기 동작에서는 골반 위치가 가장 낮고, 달리기 동작에서는 골반의 위치가 가장 높은 지점인  $PPDS$ (Pelvis Position of Double Support)의 위치를 결정한다. 여기서  $PoSL_{start}$ 와  $PoSL_{mid}$ 의 사이를  $PPDS_{start}$ 로 하고,  $PoSL_{mid}$ 와  $PoSL_{end}$ 의 사이를  $PPDS_{end}$ 로 정의한다. 이 때, 지면으로부터  $PPDS$ 의 기준 위치를 두  $PoSL$ 의 중간지점인 지면에서부터 선정하는 경우, 중간지점의 지면 높이로 인해  $PPDS$ 의 위치가 높아져서 동작 주기 동안에 두 다리가 지면에 접촉하여야 하는 상태임에도 불구하고 다리가 지면에 비 접촉되는 경우가 발생한다. 따라서  $PPDS$ 의 기준 위치 선정은 두  $PoSL$  중에서 지면의 위치가 낮은  $PoSL$ 을 기준으로 하여  $PPDS$ 의 위치점을 결정한다.

### 5. 복합 지형에서의 골반과 이동하는 다리의 움직임 궤적

본 연구에서는 다양한 지형에 따라 골반과 이동하는 다리의 움직임 궤적을 쉽게 제어할 수 있고 자연스러운 이동 궤적의 곡선을 산출하기 위해 큐빅 스플라인(Cubic Spline) 곡선 방법을 이용한다. 이러한 큐빅 스플라인 곡선은 부드러운 곡선을 표현할 수 있고 제어점들을 반드시 통과하기 때문에 다양한 지형에서 지형과 충돌하지 않도록 이동 궤적을 위한 제어점을 적절하게 선정한다면 자연스러운 이동 동작을 생성할 수 있다.



[그림 4] 이동 동작의 움직임 궤적

그림 4는 선정된  $PoSL$ 와  $PPDS$ 에 따라 이동하는 다리와 골반의 움직임 궤적을 위한 각 제어점들을 표현한 것이다. 여기서  $HCP$ (Hip of Control Point)와  $SCP$ (Swing Leg of Control Point)는 각각 골반과 이동하는 다리의 이동 궤적을 위한 제어점이다.

골반의 이동 움직임 궤적을 산출하기 위한 큐빅 스플라인의 제어점은 그림 4와 같이  $PPDS_{start}$ 와  $PPDS_{end}$ 의 위치인  $HCP_0$ ,  $HCP_3$ 를 선정하고 나머지 두 제어점은  $PPDS$ 와  $PoSL_{mid}$ 의 사이로  $HCP_1$ ,  $HCP_2$ 를 선정한다.

#### 5.1 골반의 움직임 궤적

달리기 동작은 동작 주기 동안에  $PoSL_{mid}$  지점에서 무릎이 가장 많이 굽혀지고 골반의 위치가 가장 낮은 지점이므로 그림 4와 같이 두 제어점  $HCP_1$ 과  $HCP_2$ 의 높이는 다른 제어점으로부터  $PoSL_{mid}$ 와  $PPDS$  차의 1/2이 되는 지점을 선정한다.

#### 5.2 이동하는 다리의 움직임 궤적

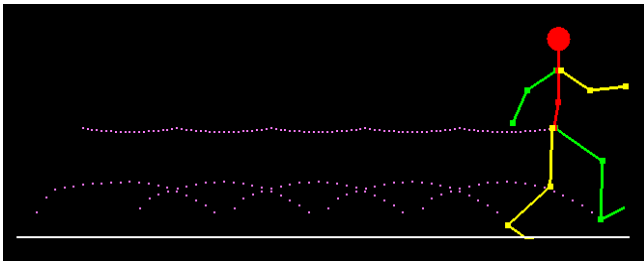
달리기 동작에서는 걷기 동작과는 달리 두 다리가 공중에 떠 있는 상태를 포함하고 있고, 발끝이 걷기 동작에 비해 높이 올라가기 때문에  $SCP_1$ 과  $SCP_2$ 의 위치는 걷기 동작보다 훨씬 높다. 이는 달리는 속도에 비례하여 발이 올라가는 위치와 두 다리가 공중에 떠 있는 위치가 모두 높아진다. 따라서 달리기 동작의  $SCP_1$ ,  $SCP_2$ 의 제어점에 대한 높이는 포물선 운동에서의 최대 높이를 산출하는 방법을 활

용한다

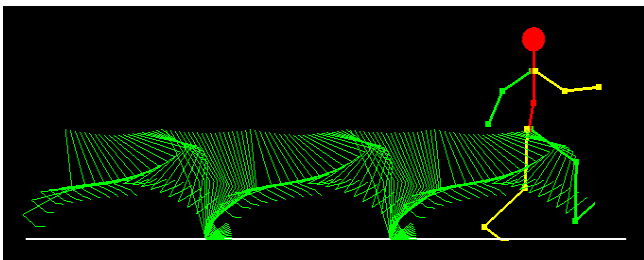
## 6. 실험 및 구현

실험은 PentiumIII-900급 PC에서 Windows 2000의 운영체제, Microsoft Visual C++ 6.0 그리고 그래픽 라이브러리 OpenGL을 사용하여 행해졌다.

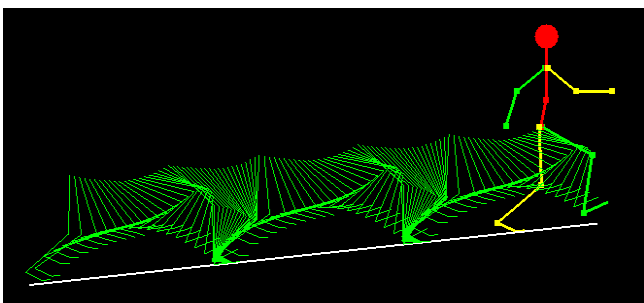
그림 6은 전신 움직임 동작[2]을 기반으로 앞에서 정의한 다양한 지형에서의 이동 동작 계획 통해 표현된 전신의 움직임 결과로 걸음폭은 0.34m/step, 걸음속도는 3km/h로 하여 동작을 생성하였다. 또한 평지면, 경사면, 계단면, 불규칙한 면 등의 지형에 대해 생성된 동작의 결과를 보여주고 있다.



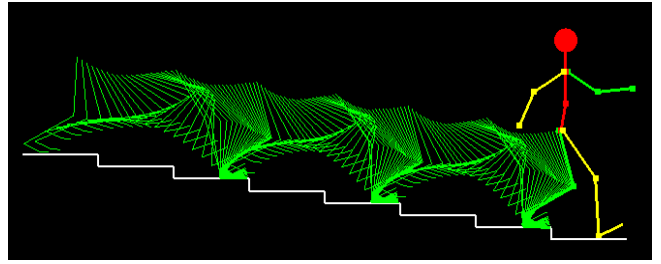
[그림 6] 골반과 이동하는 다리의 이동 궤적



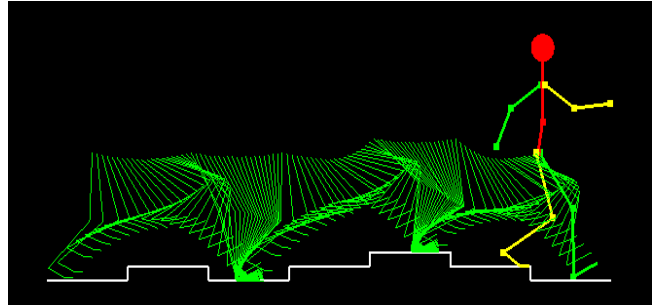
[그림 7] 평지면



[그림 8] 오르는 경사면 ( 지면과의 각도 : +6° )



[그림 9] 계단면



[그림 10] 기타 지형

## 7. 결론

복합 지형에 따른 적응적인 이동 동작을 위한 계획으로 *PoSL*(Position of Supporting Leg)와 *PPDS*(Pelvis Position of Double Support)를 정의하였고 이에 대한 다리 동작 계획 방법과 큐빅 스플라인 곡선으로 복합 지형에 적응적인 관절의 이동 궤적의 산출 및 지형 충돌의 문제를 보장할 수 있는 방법에 대해 제안하였다. 그리고 제안된 방법을 통해 평지면, 경사면, 계단면 등의 복합 지형에서의 뼈대 캐릭터를 통해 이동 동작을 생성하여 지형에 따른 적응적인 이동 동작을 확인하였다.

### [참고 문헌]

- [1] "CG 애니메이션", 정보과학회지 제17권 제2호 통권 제 117호 1999.02
- [2] 송미영, 이금희, 엄기현, 김준태, 조형제, "걷기 움직임을 위한 전신의 기본 동작 계획", 2003 동계학술발표 논문집, 한국게임학회, pages 243~248, 2003
- [3] S.Chung and J.Hahn, "Animation of Human Walking in Virtual Environments", Institute for Computer Graphics School of Engineering and Applied Science, The George Washington Uni, pages 4-15, 1999
- [4] J.K.Hodgins, "Three-Dimensional Human Running", In Proceedings of IEEE International Conference on Robotics and Automation, pages 3271-3276, 1996