
계층적 매개함수를 이용한 캐릭터 동작 생성 및 제어

옥 수 열*

Character Motion Generation and Control with Hierarchical Parametric Functions

Soo-Yol Ok*

본 논문은 2007년도 SK Telecom 재원으로 설립된 동명대학교 SKTU 차세대 통신연구소 학술 연구비 및 2007년도 한국문화콘텐츠진흥원의 CRC사업비의 지원에 의하여 이루어진 것입니다.

요 약

본 논문은 게임 등에서 요구되는 인간형 캐릭터의 보행 동작을 고수준의 매개함수 제어를 통하여 생성하는 기법을 제안한다. 제안된 기법은 다양한 스타일의 동작 특성을 직관적인 조작으로 생성할 수 있으며, 동작 변형과 편집 기법도 같이 제안된다. 또한 제안된 방법을 이용하여 개발한 캐릭터의 보행 동작 자동 생성 시스템을 소개하며, 이를 통해 제안된 기법의 유효성을 보인다. 제안된 기법은 다양한 스타일의 동작을 직관적 조작으로 얻을 수 있는 캐릭터 애니메이션 저작 도구로 사용할 수 있다. 본 논문에서는 보행과 관련된 동작만을 다루고 있으나 제안된 기법을 다양한 동작에 적용하여 환경의 변화에 따라 캐릭터의 상태가 변화하였을 때 최적의 동작을 자동적으로 생성하는 동작 엔진의 형태로 활용할 수 있어 3D 온라인 게임 등에서 필요로 하는 상태기반의 캐릭터 동작 데이터베이스 없이도 기존의 게임 보다 더욱 다양한 동작 표현이 가능하다.

ABSTRACT

In this paper, we propose a automated techniques for generating the gait animation of humanoid character model required in game applications. The proposed method can generate motion data of various styles with intuitive manipulation, and techniques for editing motion data are also proposed. In addition, we introduce an automated tool for gait animation of character model developed with the proposed method to verify the effectiveness of our method. The proposed method can be successfully employed in motion authoring tools. In this paper, only the gait animation was considered. However, the proposed method can be applied to various motions and can be utilized as a motion engine that automatically generates proper motion according to the state of the character. The motion engine can express various behavior of the character without requiring motion data base which is usually employed in 3D online games.

키워드

인간형 캐릭터, 고수준 매개함수, 동작변형, 자동동작생성

I. 서론

사실적이고 자연스러운 캐릭터의 동작 생성에 관한 연구는 로보틱스, 애니메이션, 게임 등의 다양한 분야에서 진행되고 있다. 다관절체 캐릭터의 움직임을 다양한 상황에 맞게 사실적으로 표현하는 기술에 대한 요구가 높아지면서 대화형의 상호작용적 인터페이스를 이용해 캐릭터의 동작 데이터를 생성하고 편집할 수 있는 편리한 동작 편집 도구에 대한 요구 역시 증대하고 있다.

이러한 요구에 따라 캐릭터 동작을 생성하는 다양한 기법이 제안되었다. 인간형 캐릭터의 다양한 동작을 컴퓨터를 통한 가상환경에서 생성하는 방법은 크게 세 가지로 분류 할 수 있다. 첫 번째는 모든 관절동작을 사용자가 직접 입력하는 방법이다. 이 방법은 생성할 수 있는 동작에 제약이 없는 반면, 숙달된 애니메이터가 오랜 시간 수작업을 해야 하며, 동작의 사실성도 보장되지 않는다는 단점을 가진다. 두 번째는 물리 시뮬레이션 등을 이용한 동역학적인 계산에 의해서 동작을 생성하는 방법이다. 매우 사실적인 동작을 생성하지만 역학 모델링의 어려움과 계산 효율의 문제로 실제 응용에는 많은 제약이 있다. 세 번째 방법은 동작포착(motion capture) 시스템을 이용한 방법이다. 이 방법은 사실적인 동작을 생성하지만 현실에서는 불가능하거나 배우의 연기가 어려운 동작을 생성하기는 어렵다.

동작 데이터 생성 방법과 함께 기존의 데이터에서 특징을 추출하고 이를 변형하여 동작의 다양성을 얻는 동작 데이터 변형 및 편집 기법 등도 제안되고 있지만, 기존의 기법들은 가상 캐릭터의 특성 및 감정을 직관적으로 조작하여 다양한 동작을 표현하는 능력이 부족하다.

본 논문에서는 동작의 기본적인 행태이며 게임 등의 응용에서 많이 요구되는 인간형 캐릭터 보행 동작을 고수준의 개개함수 제어로 생성 할 수 있는 기법을 제안한다. 이 기법은 캐릭터의 동작 특성, 예를 들어 연령, 성별, 신체, 그리고 감정 상태 등을 다루는 다양한 고수준 매개함수를 사용하고 있으며, 매개함수군의 관계를 정리해서 매개함수 네트워크를 구축해 조작할 수 있는 시스템을 개발했다. 이 네트워크는 어떤 매개함수를 통한 변화가 있을 때, 연결된 다른 매개함수에 변위정보가 전달되어 관계하는 모든 체형요소, 관절동작이 변경된다. 따라서, 몇 가지 매개 함수의 인자를 조작하는 것

만으로도 다양한 스타일 특성을 갖는 보행 동작을 생성할 수 있다. 이 기법은 매개함수를 이용해서 사용자가 직관적으로 조절 할 수 있기 때문에 상호작용을 통한 실시간 동작 제어에 매우 적합하다.

II. 관련연구

3차원 컴퓨터 그래픽스 분야의 애니메이션 연구에서 기확보된 동작 데이터를 효율적으로 재사용하는 것은 중요한 기술이다. 이를 위해 다양한 동작 생성 및 변형 기법이 제안되고 있다. 최근에는 캐릭터의 신체적 특성 및 스타일 등을 고려한 동작 편집 기술들이 특히 주목을 받고 있다. Liu 등은 이미 생성된 간단한 애니메이션을 참고하여 다양한 제약 조건을 만족하는 자연스러운 동작을 최적화 문제를 통해 생성하였다[9]. 이 기법은 구현이 간단하지 않고, 계산 복잡도도 높다는 단점을 가진다. 더 효율적인 기법들은 생성할 수 있는 동작이 제한되는 문제가 있다. 예를 들어 Unuma 등의 기법은 동작생성에 이용되는 동작데이터와 다른 동작과의 차이 나타내는 성분데이터를 미리 준비하지 않으면 안 된다[16].

Hsu 등은 동작 포착 기법을 통해 얻어진 자료를 빠르게 처리하고 상호작용적 응용에서 다양한 동작 스타일을 생성하기 위해 기존의 동작 콘텐츠를 유지하면서 새로운 스타일로 변환하는 방법을 제안했다[5]. 이 기법은 동작을 시간적으로 정합시키는 새로운 정합화 변환 알고리즘과 스타일 차이를 나타내는 선형 시불변 모델을 이용하여 스타일 변환 함수를 학습하는 방법으로 구현되었다. 이 방법은 매우 단순한 시스템 동정법을 사용하고 있기 때문에 동정 오차 및 부정합(misfitting)에 의한 잡음이 크다.

Bindiganavale 등은 모션 캡처 데이터의 특성을 추출하고 편집하는 방법을 제시하였다[1]. 이 알고리즘은 도함수 제로 교차법(zero crossing)을 사용하여 동작으로부터 의미 있는 부분을 자동으로 찾아내어, 이를 다른 캐릭터 동작 적용시에 제약 조건으로 이용하였다. 시각적인 주의 추적 및 제약 조건은 키 프레임에서는 역운동학(inverse kinematics) 문제로 풀고 나머지 프레임에서는 보간(interpolation)을 이용하였다. 이 기법은 키 프레임 간격이 넓을 경우 동작의 특징을 잃을 수 있다는 단점이 있다.

Hodgins 등은 다양한 동작 재사용에 대해서 신체적 시뮬레이션의 매개 변수를 적용하여 문제를 해결 하였다[7]. 질차 혹은 시뮬레이션 기반의 방법은 캐릭터와 독립적인 표현을 제공 하므로 새로운 캐릭터에 대해 새로운 동작을 만들어 낼 수 있다. 그러나 그러한 방법은 동작 변형을 해결하지는 못했다. 즉 새로운 캐릭터에 대해 새로운 동작을 만들 수는 있으나 기존 동작의 특성을 잃어버린다는 단점이 있다.

Mukai 등은 동작 보간 문제를 유한수의 샘플데이터를 이용해서 임의의 매개변수 공간 전체의 연속적인 데이터 분포를 예측하는 것과 같은 통계적 공간 예측문제로서 취급했다[15]. 이 알고리즘은 합성동작을 조작하기 위해서 매개변수의 범위량과 그것에 대응한 동작의 비유사도의 상관관계를 통계적으로 추정하는 수법으로서, 지구통계학에 제안되고 있는 일양 크리깅(universal kriging) 기법을 도입해 합성동작에 대한 기하학적인 구속위치를 매개변수공간의 좌표값으로써 표현하는 것으로 그 구속조건을 만족하는 동작을 거의 정확하게 예측할 수 있다. 따라서, 기존 기법에서 문제가 되었던 발 미끄러짐 등과 같은 부자연스러운 현상을 크게 개선하였다. 이 기법은 다수 동작 데이터의 합성에 관한 것으로 기본적인 아이디어는 Rose와 Kovar 등에 의해서 이미 제안되었다[3,8].

Gleicher는 체격이 다른 캐릭터에 대해서, 뼈대 마다의 길이 차이를 고려한 동작 변환 기법을 제안하였다[6]. 이 알고리즘은 시공간 제약기법을 사용하여 오프라인에서 목적함수 $g(x)$ 의 최적치를 구함으로써 동작 변환 문제를 푼다. 제약 조건은 매개 변수의 범위, 신체와 주위 환경과의 시공간적 관계 등을 포함하고 목적 함수는 두 개의 다른 동작의 차이를 적분한 값이다.

Lucas 등은 방대한 동작 데이터베이스로부터 유사 동작을 식별하여 연속적이고 직관적인 동작공간을 자동으로 구축하는 기법을 제안 했다[13]. 이 기법은 동작 블렌딩(blending) 계수를 적절하게 제한하여 대단히 복잡한 동작 매개변수 요구를 취급하고 동시에 입력 동작 수에는 의존하지 않고 실시간으로 결과를 생성할 수 있다.

Lee 등은 단단계 B-스플라인을 이용한 동작편집 기법을 제안하였으며[12], Choi 등은 닫힌 루프(loop) 역변화를 제어할 기반으로 관절체의 단말 작동체(end effector)의 궤적을 추적하여 캐릭터 사이의 궤적 차이를 최소화

하는 방식을 사용하였다[10]. 이러한 방법들은 크기가 변형된 캐릭터의 단말 작동체가 동일한 위치에 있어야 한다는 것이 제약조건이 되기 때문에 추가적인 작업이 필요하게 된다는 문제점이 있다.

III. 고수준 매개함수를 이용한 보행동작 생성

사람과 같은 캐릭터의 관절은 매우 복잡하기 때문에 이를 정확하게 시뮬레이션 하는 것은 매우 어렵다. 본 논문에서는 그림 1과 같이 보행과 주행동작의 생성에 충분하다고 여겨지는 17 개 관절로 이루어진 인간형 캐릭터 모델을 사용했다. 각 관절은 볼-소켓(ball-socket) 관절과 같이 회전자유도만을 갖는다. 본 논문에서 사용한 모델과 그 계층구조는 그림 2와 같다.

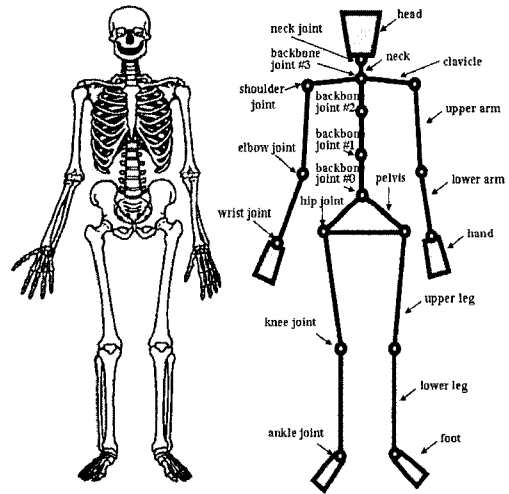


그림 1. 캐릭터의 기본 골격 모델
Fig. 1 Skeletal Model of a Character

인체와 같은 다관절 모델을 움직이게 할 때에는 그림 2와 같은 계층구조를 갖는 것이 대단히 중요하다. 이 모델은 Backbone-Joint #0(B0)을 루트(root) 노드로 하여 상반신, 수족으로 분기하고 있고, 각 관절의 기하 변환은 이 구조에 따라서 부모로부터 자식으로 상속된다. 본 연구에 사용된 캐릭터 모델의 등뼈는 5개의 관절을 이루어 졌다.

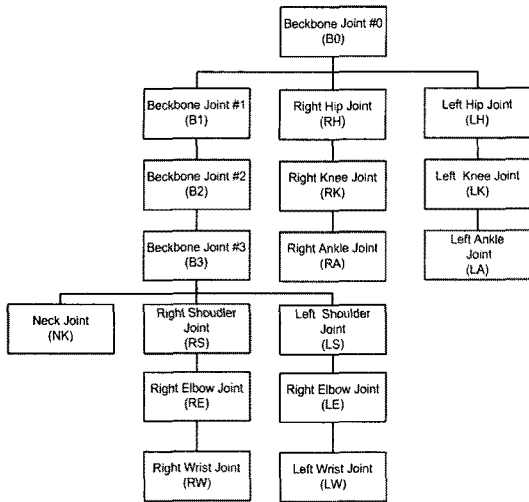


그림 2. 캐릭터 관절의 계층구조
Fig. 2 Joint Hierarchy of Character Model

각 관절 점의 데이터는 좌표와 링크정보가 기술되어 있으며, 이를 기술하는 데이터 파일은 표 1과 같은 정보를 담고 있다.

표 1. 기본 인체 모델 데이터 기술 정보
Table. 1 Description of Basic Character Model Data

정보	내용
관절위치	각 관절에 대한 3차원 위치 정보 기술
연결정보	각 관절의 부모, 형제, 자식 관절에 대한 관계 기술
자유도	관절의 자유도 기술(각 축에 대한 회전 허용범위)

본 논문의 기법은 고수준의 개념적 매개함수 제어를 통하여 다양한 스타일을 가진 보행 동작을 직관적인 조작으로 생성한다. 이를 위하여 캐릭터의 연령, 성별, 개성, 그리고 감정과 같은 다양한 매개함수에 따라 체형요소, 관절동작이 어떻게 변화하는가를 분석했다. 이를 통해 찾아낸 매개함수에 대하여 그림 3과 같은 계층적인 네트워크를 구축하였다. 이 계층화된 네트워크를 통해 다양한 수준에서 매개함수의 변수 조정이 가능하도록 했다.

매개함수 네트워크를 구성하기 위하여 성별이나 연령과 같이 동작에 주요한 영향을 미치는 매개함수를 상정한 뒤, 이들이 어떤 매개함수 요소 집합으로 구성되어 있는지를 고찰하였다. 이를 바탕으로 각각의 요소와 체

형요소 및 관절동작과의 관계를 정의하여 매개함수간의 연결정보를 정리한 뒤, 네트워크를 구축했다. 구축되어진 네트워크는 보행 동작을 제어하기 위한 조작 패널에 연결하여 사용자가 네트워크상의 매개함수의 변수를 조정하는 것으로 다양한 보행동작을 생성할 수 있게 하였다.

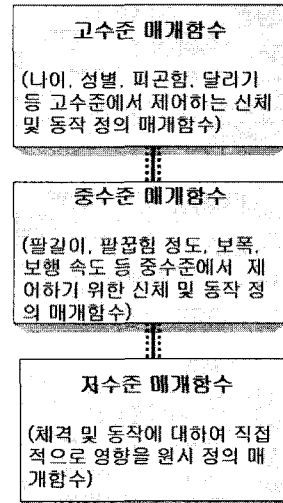


그림 3. 동작 제어를 위한 매개함수의 계층화
Fig. 3 Hierarchical Structure of Parametric Functions for Motion Control

본 연구에서는 인간형 캐릭터의 보행동작을 대상으로 하고 있기 때문에, 보행 동작의 범위 내에서 충분한 다양성을 표현할 수 있는 정도의 자유도를 가지도록 매개함수간의 연결 정보를 부여하였다. 계층적인 매개함수 네트워크를 이용함으로써 많은 수의 매개함수군을 소수의 고수준 매개함수 조절로 제어할 수 있으며, 캐릭터의 특성을 나타내도록 하는 섬세한 제어도 가능하다는 이점을 얻는다.

네트워크의 구축은 다양한 보행 관련 비디오 정보 및 관측 정보를 기초로 이루어졌다. 이러한 방식의 네트워크 구축은 매개함수 사이에 현실적으로 적합하지 않은 연결을 생성할 가능성이 있다는 단점을 갖는다. 즉, 다양한 매개함수의 변수를 조절하면 기본 동작이 가지고 있는 사실성이 감쇠할 우려가 있다는 것이다. 반면 동작포착 기법을 이용하는 방법에 비해 개별 매개함수의 변수 변경에 따라 영향을 받는 체형요소와 관절 동작이 명확하고 각각의 매개함수가 갖는 성질이 직관적으로 이해

할 수 있다는 이점이 있다.

본 논문의 기법은 캐릭터의 보행동작의 생성에 있어서 주관적 직관을 통한 조작으로 개성 있는 동작 변형을 얻는 것을 목적으로 있기 때문에 물리적 사실성을 엄밀하게 요구하지는 않는다. 하지만 물리 시뮬레이션 등의 도입에 의해 생성된 동작의 사실성을 높이는 작업이 추가적으로 이루어질 수도 있다.

표 2. 원시 매개 함수의 수
Table. 2 The Number of Primitive Parametric Functions

함수 수		함수 종류		
496		매개 함수 종류		
Σ	153	Π	17	관절의 수
			3	기하 변환 종류(RST)
			3	변환축
	340	Π	17	관절의 수
			4	각관절 키폰인트 수
			5	좌표 및 보간함수(R)
	1		보행 사이클당 프레임 수	
	1		점프의 높이 단계	
	1		체공시간	

매개함수의 종류는 크게 두 가지로 나뉜다. 하나는 원시 매개함수이며, 다른 하나는 신체 동작 매개함수이다. 캐릭터의 체격과 모션에 직접적으로 영향을 주는 매개함수를 원시 매개함수라 한다. 원시 매개함수는 매개함수의 최하위 계층에 속하는 것으로 직접적으로 캐릭터의 동작에 영향을 주게 된다. 원시 매개함수의 구성요소로는 관절(17 관절), 변환(회전, 확대축소, 평행이동, 제어점), 영향범위(x축, y축, z축, xyz축 모두, 시간축, 속도) 및 보행 사이클(cycle)당 프레임 수, 점프의 높이, 체공시간 등으로 구성되어 있다. 원시매개함수 다음과 같이 490여종의 매개함수가 있다.

원시매개와 함께 캐릭터의 신체적 스타일 특성을 표현하기 위해서 연령이나 성별, 체형 등의 인체 모델에 관한 21 종의 신체 매개함수와 개성 있는 보행동작의 생성하는데 있어서 필요한 23 종의 동작 매개함수를 준비했다. 이 중에서는 공통매개함수도 있다. 이것들을 표 3에 정리되어 있다.

표 3. 신체 매개함수와 동작 매개함수
Table. 3 Parametric Functions for Appearance and Motion Control

매개함수 구분	매개함수 종류
신체 매개함수	성별, 연령, 키, 체형, 어린 느낌, 손발길이, 머리카기, 목기울기, 등굽힘, 등 각도, 가슴 넓이, 어깨폭, 어깨높이, 팔길이, 팔벌림정도, 팔꿈치굽힘정도, 허리 높이, 허리 폭, 다리 길이, 다리 벌림 정도, 허벅지 벌림 정도
동작 매개함수	성별, 어린 느낌, 피로감, 주행, 점프의 높이, 체공시간, 걷는 속도, 보폭, 몸통 비틀기, 팔다리 리듬 정도, 상반신_굽힘, 상반신_비틀기, 상반신_흔들림, 어깨 흔들림의 리듬, 팔 흔들림 폭, 팔 흔들기 리듬 정도, 팔 흔들림 속도, 착지 시의 반동에 의한 팔 흔들림, 허리의흔들림, 엉덩이의 흔들림, 무릎 뻗힘 정도, 무릎의 유연성, 좌우 다리의 리듬

본 논문의 기법은 매개함수 사이의 연결을 통해 각 매개함수의 상태 변위를 전달하여 캐릭터의 다양한 동작을 생성한다. 이와 관련해 매개함수들 사이의 연결정보에는 매개함수가 취할 값의 범위, 연결된 매개함수에 변위를 전달할 때 사용되는 가중치와 전달함수의 종류 등이 포함되어 있고, 이들 정보가 체형요소, 관절동작의 자유도를 결정한다.

매개함수가 변위 상태를 전달하기 위해서는 먼저 매개함수 기술 파일을 읽은 뒤, 매개함수의 변위 정보를 전달하기 위한 네트워크를 구축한다. 개개의 매개함수는 표 4와 같이 기술된다.

표 4. 매개 함수 연결 정보 기술 방법
Table. 4 Parametric Functions Network Description

매개함수명 {최소값, 최대값, 초기값} { 연결매개함수명1(간섭역 하한, 간섭역 상한, 가중치, 전달함수) 연결매개함수명2(간섭역 하한, 간섭역 상한, 가중치, 전달함수) : }

표 4에 기술된 바와 같이, 각 매개함수는 인자로서 변위 전달을 위한 최대 및 최소, 그리고 초기값을 갖는다. 내부에는 관련 연결 매개함수 기술이 나타나며, 각 연결 매개함수는 간섭역 상한, 하한, 가중치, 전달함수를 인자로 갖는다. 간섭역은 정의하는 매개함수의 변수 값이 어느 정도 범위에 있을 때, 변위를 연결매개함수에 전달할

것인가를 결정하는 것이다.

가중치는 변위를 전달할 때의 가중계수이며, 전달 함수는 다음과 같은 선형함수, 지수함수, 삼각함수의 형태로 된 8종류의 함수를 이용하여 변위 상태를 전달한다.

$$P_{00} \leftarrow \frac{1}{5}(1 - \cos(f\pi)) \quad (1)$$

$$P_{01} \leftarrow 1 - \cos\left(f\frac{\pi}{2}\right)$$

$$P_{10} \leftarrow \sin\left(f\frac{\pi}{2}\right)$$

$$P_{11} \leftarrow f$$

$$M_{00} \leftarrow \frac{1}{5}(1 + \cos(f\pi))$$

$$M_{01} \leftarrow 1 + \cos\left(f\frac{\pi}{2}\right)$$

$$M_{10} \leftarrow 1 - \sin\left(f\frac{\pi}{2}\right)$$

$$M_{11} \leftarrow 1 - f$$

이때 f 는 매개함수의 변위를 정규화 한 값이다. 현재 변위를 d , 간섭역 하한을 m , 간섭역 상한을 M 이라고 할 때, f 는 $(d-m)/(M-m)$ 으로 계산된다.

네 가지 전달 함수값을 이용하여 변위 d 는 다음과 같은 식을 이용하여 계산할 수 있다.

$$d = rw(p_f - p_0) \quad (2)$$

이때, r 은 정의역의 폭, w 는 가중치, p_f 는 정규화된 최종 위치 전달 함수값, p_0 는 초기 위치 전달 함수값이다.

표 5. 매개 함수 연결 기술 예

Table. 5 Example of Parametric Functions Description

```

age(0, 100, 30) {
  backbone(60,100,0.5,P11)
  waiststature(60,100,1.0,P11)
  stature(0,30,1.2,P11)
  head(0,30,-0.6,P11)
  lalength(0,30,1.0,P11)
  baby(0,10,-4.3,P11)
}

backbone(0, 200, 50) {
  B1_R_X(0, 200, 0.006, P11)
  B2_R_X(0, 200, 0.006, P11)
  B3_R_X(0, 200, 0.006, P11)
  NK_R_X(0, 200, -0.018, P11)
  RE_R_X(0, 200, -0.018, P11)
  LE_R_X(0, 200, -0.018, P11)
}
    
```

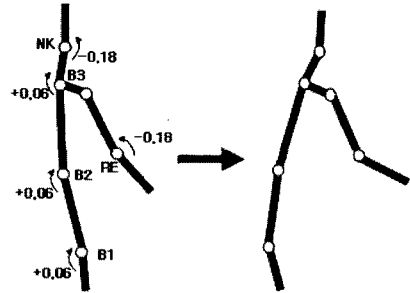


그림 4. 매개함수의 변위 상태에 따른 동작 변화 예
Fig. 4 Example of Motion Change according to the Parametric Function Displacement

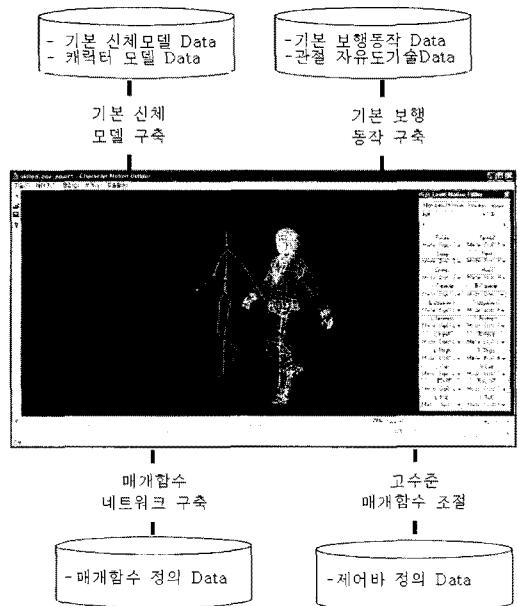


그림 5. 개발한 시스템의 구성
Fig. 5 Organization of the Developed System

매개 함수들 사이의 변위 전달을 이해하기 위해 표 5와 같은 매개함수 정의의 예를 살펴보자. 연령과 관련된 매개함수 연결매개함수 “backbone”에 관해서, “age” 함수의 값이 간섭범위 60에서 100사이의 범위에 있을 때 변위에 0.5를 곱해서 전달함수 P01에 따라서 영향 준다. 예로 초기값 30에서 조절바를 이용하여 80으로 변화한 경우, 연결 정의에 의해 매개함수 “backbone”에 전달되는 변위는 변위전달 함수를 이용하여 정의역 폭 40 $(100-60) \times$ 가중치 $(0.5) \times$ 정규화된 전달 함수 값의 차 $(0.5-0.0)$ 로 계산된다. 이 변위 값은 “backbone” 매개함수

의 초기값에 추가되어 변수값이 50에서 60으로 증가하게 된다.

“backbone” 매개함수의 연결매개함수에 대해서도 같은 방법으로 B_1, B_2, B_3 에 전달되는 변위 다음과 같다.

$$d_2 = 200 \times 0.006 \times (0.3 - 0.25) = 0.06$$

비슷한 방법으로 마찬가지로 NK, RE, \leq 에 대한 전달 변위는 다음과 같다.

$$d_3 = 200 \times 0.018 \times (0.3 - 0.25) = -0.18$$

이와 같은 방법으로 각각의 매개함수에 변위가 계층적으로 연결되어 있는 매개함수에 차례로 전달되어 아래의 그림 4와 같이 변위 상태의 변화를 통해서 캐릭터의 다양한 동작을 생성할 수 있다.

본 논문에서는 기본이 되는 보행 동작을 제공하기 위해서 각 관절에 대해서 xyz 세 개 축의 회전각에 대한 시계열 동작 데이터를 준비했다. 이 데이터의 주기는 120 프레임이다. 1주기는 네 개의 제어점이 있고 초기상태에서는 제어점 사이를 삼각함수로 보간 했다. 제어점의 위치 및 보간 함수는 원시 매개함수이고, 동작 매개함수에 의해서 이들이 조작되면 동작이 다양하게 변형된다. 또한 기본 모션 데이터의 주기는 원시매개함수에 의해서 관리되어진다.

IV. 캐릭터 보행 동작 자동 생성 시스템의 구현

본 연구에서는 다양한 보행 스타일 제어를 위한 매개함수의 계층적 네트워크화를 통해 캐릭터의 보행 동작 자동 생성 시스템을 개발하였다. 개발된 시스템은 크게 두 가지 핵심 모듈로 구성되어 있다. 첫 번째 모듈은 동작 생성에 필요한 기본 데이터 파일을 입력으로 받아 매개함수 네트워크를 참조하면서 캐릭터의 동작 합성과 가시화를 수행하는 모듈이며, 다른 하나는 외부 제어 입력을 받아들여 고수준 매개함수의 변수를 대화적으로 조작하는 모듈이다. 그림 5는 본 연구에서 개발한 시스템의 구성도를 나타내고 있다.

개발된 시스템은 펜티엄 윈도우 환경에서 VC .Net 2005 및 AutoDesk사에서 개발된 모션 전용 파일 포맷인 FBX와 OPENGL 라이브러리를 이용하여 개발하였다.

동작생성은 뼈대형태의 기본 신체 구조 및 기본 보행 동작을 변화시켜 이것이 캐릭터 모델데이터 및 동작데이터에 반영되도록 하였다. 본 연구에서 사용한 FBX 파일 형식은 일반 개발자 및 사용자가 사용할 수 있도록 공개되어 있으며, 일반적인 상용 모델링 도구와 호환이 가능하기 때문에 본 시스템에서 만들어진 캐릭터 동작 데이터를 다양하게 응용할 수 있다. 시스템의 동작 생성 절차는 다음과 같다.

1. 기본 신체 모델 Data, 관절 자유도 기술 파일 및 캐릭터 모델링 Data 을 읽어 들여 기본 신체 모델을 얻는다.
2. 기본 모션 Data 파일을 읽어 들여 기본 보행 동작을 얻는다.
3. 매개함수 기술 파일을 매개함수 간 네트워크를 구축한다.
4. 제어Bar정의 읽어 들여 조작 패널을 만든다.
5. 다양한 보행 동작의 변형과 시물레이션 표시 및 애니메이션 저장 FBX형으로 저장

개발된 캐릭터 보행 동작 자동 생성 기법은 실제 게임 환경에 적용되었다. 그림 6은 본 논문의 동작 생성기법을 이용하여 주인공의 다양한 동작을 실시간 생성하는 3차원 액션 게임의 화면을 보이고 있다. 이 게임은 주인공의 상황에 따라 직관적이고도 예측 가능한 고수준 매개함수의 조작을 자동으로 수행하여 다양한 보행 동작을 표현하였다.

그림 7은 고수준 매개함수의 하나인 연령(age) 매개함수의 변수값 변화에 따른 캐릭터의 보행 동작의 변화를 보여 주고 있다. 변수값이 0인 경우는 유아형태의 걸음 걸이를 보여 주고 있고 차츰 변수값이 증가함에 따라 연령에 따른 캐릭터의 보행 특징을 잘 나타내고 있다.

그림 8은 고수준 매개함수를 통해 주행(run), 보폭(step), 피로감(energy), 팔 흔들림 등을 제어한 결과를 보이고 있다. 그림에서 확인할 수 있는 바와 같이 직관적인 조작을 통해 다양한 스타일의 보행 동작을 자동생성할 수 있다.

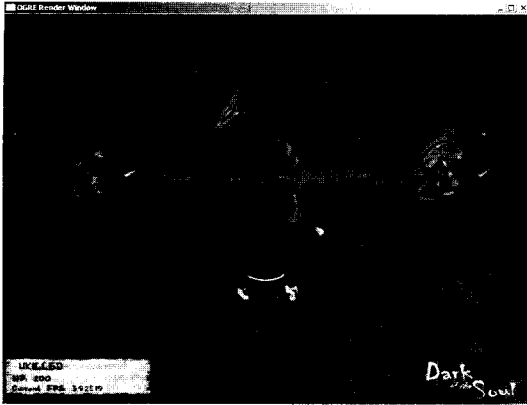


그림 6. 동작 생성 기술이 적용된 자체개발 게임
Fig. 6 Experimental Game with Proposed Method

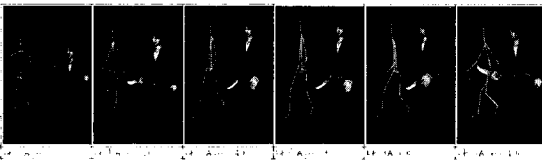


그림 7. 나이 매개함수를 통한 동작 제어
Fig. 7 Motion Control with Age Parametric Function

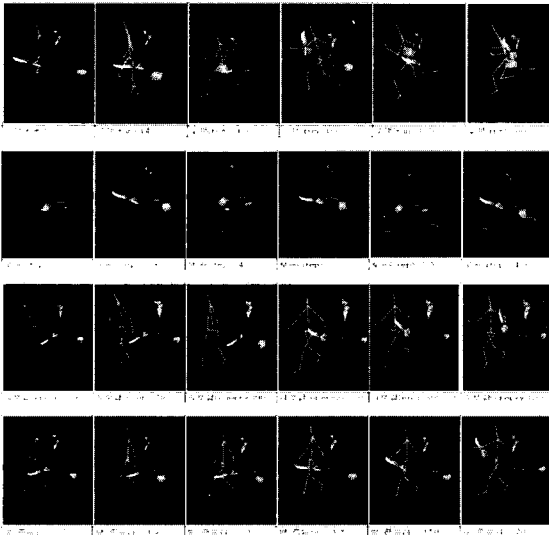


그림 8. 주행, 보폭, 피로감 등을 통한 동작 제어
Fig. 8 Motion Control with Running, Gait Step, and Fatigue Parameters

V. 결 론

3차원 게임 등에서는 캐릭터와 환경간의 상호작용이 매우 중요하다. 이러한 상호 작용은 다양한 게임 상황과 캐릭터 상태의 표현을 요구한다. 하지만 아직까지 동적 동작 생성이 게임 등의 분야에 효과적으로 적용된 예가 드물다. 다양한 상황과 캐릭터의 상태에 따라 자연스러운 동작을 동적으로 자동으로 생성할 수 있다면, 콘텐츠 제작의 비용을 절감하여 경제성을 제고할 수 있을 뿐만 아니라, 높은 수준의 몰입이 가능한 고품질 콘텐츠의 제작이 가능하다. 본 논문에서는 인간형 캐릭터 보행의 자동 생성 및 제어를 위한 계층적 매개함수 네트워크 구조를 제안하였으며, 이를 이용하여 3차원 캐릭터의 동작을 자동으로 생성하고 변형할 수 있는 기술을 제안하였다.

본 논문의 기법은 다양한 스타일의 동작을 직관적인 조작으로 생성하고 편집할 수 있다. 이 기술을 활용하면 게임 등에 활용되는 표준 동작에서 캐릭터의 상태나 이벤트의 변화에 따라 변형된 동작을 생성하는 모션엔진으로 활용할 수 있으며, 3D 온라인 게임 등이 방대한 규모의 동작 데이터베이스 없이도 다양한 동작을 표현할 수 있게 된다.

본 연구에서는 기본 보행 동작에만 자동 동작 변형 생성 기술을 적용하였지만, 앞으로 다양한 캐릭터 동작에 관해서도 자동 동작 변형 기술을 적용할 수 있도록 연구를 확장할 예정이다.

참고문헌

- [1] Bindiganvavale R. and Badler N. I., Motion abstraction and mapping with spatial constraints. In Modeling and Motion capture Techniques for Virtual Environments, International Workshop, CAPTECH'98, pages 70-82, Nov. 1998.
- [2] Bruderlin A. and Williams L., Motion signal processing. In Robert Cook, editor, SIGGRAPH 95 Conference Proceedings, Annual conference Series, pages 97-104, August 1995.
- [3] Charles Rose, Michael Cohen, Bobby Bodenheimer. "Verbs and Adverbs :Multidimensional Motion Interpolation." In IEEE Computer Graphics and

- Applications, 18(5), Sept/Oct 1998, pp. 32-40.
- [4] Cohen M. F., Interactive spacetime control for animation. Computer Graphics (Proceedings of SIGGRAPH 92), 26(2) pages 293-302, July 1992.
- [5] Eugene Hsu, Kari Pulli, Jovan Popovic, Style Translation for Human Motion, ACM Transactions on Graphics (SIGGRAPH 2005) 24, 3, 1082 - 1089.
- [6] Gleicher M., Retargeting motion to new characters. Computer Graphics (Proceedings of SIGGRAPH 98), Vol. 32, pages 33-42, July 1998.
- [7] Hodgins J. and Pollard N., Adapting simulated behaviors for new characters. In Turner Whitted, editor, SIGGRAPH 97 Conference Proceedings. pages 153-162, August 1997.
- [8] Kovar, L., and Gleicher, M. Automated extraction and parameterization of motions in large data sets. ACM Transactions on Graphics 23, 3 (Aug. 2004), 559-568. Proceedings of ACM SIGGRAPH 2004.
- [9] Kovar, L., And Gleicher, M. 2003. Flexible automatic motion blending with registration curves. In Proceedings of the ACM SIGGRAPH/Eurographics Symposium on Computer Animation, 214-224.
- [10] K. Choi and H. Ko. On-line motion retargetting. Journal of Visualization and Computer Animation, 11(5):223.235, 2000.
- [11] Liu, C. K., And Popovi'c , Z. 2002. Synthesis of Complex Dynamic Character Motion from Simple Animations. ACM Transactions on Graphics 21, 3 (July), 408.416. Proceedings of ACM SIGGRAPH 2002.
- [12] Lee J. H. and Shin S. Y., A Hierarchical Approach to Interactive Motion Editing for Human-like Figures. Computer Graphics (Proceedings of SIGGRAPH 99), pages 39-48, August 1999.
- [13] Lucas Kovar, M. Gleicher, Automated Extraction and Parameterization of Motion in Large Datasets, ACM Transactions on Graphics (SIGGRAPH 2004), 23(3), 559-568
- [14] Seungyong Lee, George Wolberg, and Sung Yong Shin, "Scattered data interpolation with. multilevel b-splines," IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, vol. 3, no. 3, pp. 228 - 244, 1997.
- [15] Tomohiko Mukai and Shigeru Kuriyama, "Geostatistical Motion Interpolation", Proc. ACM SIGGRAPH 2005, Vol.24, No.3, pp.1062-1070, July31-Aug4, 2005.
- [16] Unuma M., Anjyo K. and Takeuchi R., Fourier Principles for Emotion-based Human Figure Animation, Computer Graphics (Proceedings of SIGGRAPH 95), pages 91-96, 1995.
- [16] Unuma M., Anjyo K. and Takeuchi R., Fourier Principles for Emotion-based Human Figure Animation, Computer Graphics (Proceedings of SIGGRAPH 95), pages 91-96, 1995.
- [17] 옥수열, 강영민, 이용주, 추영열 "계층적 매개함수를 이용한 캐릭터 보행동작 자동 생성" 제10권 1호, 한국멀티미디어학회 추계학술발표대회 논문집, pp.64-67, 2007

저자 소개

옥수열(Soo-Yol OK)



1994 동아대학교 산업공학과 공학사
1998 쯔쿠바대학 이공학연구과 공학석사

2001 쯔쿠바대학 공학연구과 공학박사
2004년~동명대학교 정보통신대학 게임공학과
2001년~2004년 일본 통신종합연구소

※관심분야: 게임인공지능, 컴퓨터그래픽스, 가상현실