손 제스처 인식을 통한 인체 아바타의 지능적 자율 이동에 관한 연구

김종성(金鍾成)*, 박광현(朴洸賢)**, 김정배(金亭培)**,
도준형(都俊亨)**, 송경준(宋慶俊)*, 민병의(閔丙義)*, 변증남(卞增男)**
* ETRI 멀티미디어 연구부 입체정보연구팀
** 한국과학기술원 전기및전자공학과
전화 : (042) 860-6750 / 팩스 : (042) 860-6671 (김종성)

Study on Intelligent Autonomous Navigation of Avatar using Hand Gesture Recognition

Jong-Sung Kim*, Kwang-Hyun Park**, Jung-Bae Kim**, Jun-Hyeong Do**,
Kyung-Joon Song*, Byungeui Min*, Zeungnam Bien**
* MIT Team, Multimedia Dept., ETRI
** Dept. of Electrical Engineering, KAIST
E-mail : joskim@etri.re.kr (Jong-Sung Kim)

Abstract

In this paper, we present a real-time hand gesture recognition system that controls motion of a human avatar based on the pre-defined dynamic hand gesture commands in a virtual environment. Each motion of a human avatar consists of some elementary motions which are produced by solving inverse kinematics to target posture and interpolating joint angles for human-like motions. To overcome processing time of the recognition system for learning, we use a Fuzzy Min-Max Neural Network (FMMNN) for classification of hand postures.

I. 서론

최근에 3차원 장비 등과 같은 새로운 입력 장치의 개발에 따라 가상 세계와 직접적이고 사실적인 상호 작용이 가능해지면서 극도의 몰입감을 느낄 수 있게 되었고, 가상 세계에서 사용자를 대신하는 아바타의 연구가 활발히 진행되었다[1]. 사용자가 거부감을 갖지 않고 가장 친근하게 받아들일 수 있는 형태가 자기 자신의 모습과 유사한 인체 형태라는 점에서 인체 아바타가 널리 사용되고 있으며[2, 3], 인체 아바타를 사용할 때 사용자의 의도가 쉽게 표현되는 등의 유리한 점이 많이 있다. 하지만, 인체 아바타는 사용자 자신의 모습을 닮았기 때문에 매우 사실적으로 표현하지 않으면 현실감을 느끼기 어려우며 몰입감이 없어지게 된다. 인체 아바타를 사실적으로 표현하기 위해서는 몸체, 얼굴, 옷 등을 상세하게 모델링하는 것도 중요하지만 자연스러운 동작을 만들어 내는 것 또한 중요하다. 인체 아바타의 동작을 생성하는 방법은 여러 가지가 있을 수 있는데, 대표적인 것으로 동작을 포착하는 방법과 관절 각의 보간이나 역운동학, 동역학과 같은 방법을 사용하는 동작 합성 방법 등이 있다. 동작을 포착하는 방법은 실제 사람과 거의 유사한 동작을 만들어 낼 수 있는 장점을 가지고 있지만 동작 포착 장비가 매우 고가이며, 동작이 일반적이지 않고 그 동작을 실제로 행한 인체의 특성에 크게 좌우된다는 단점이 있다. 본 논문에서는 로보틱스 분야[4]에서 오랜 시간 동안 연구되어 온 역운동학 방법을 사용하여 목표 위

치에 대한 각 관절의 회전각을 생성하는 방법을 사용한다. 이러한 방법을 사용하였을 때에는 생성된 동작이 약간의 부자연스러움을 가질 수 있는데, 이를 해결하기 위하여 각 관절의 시간에 대한 회전각을 비선형적인 보간법에 의해 생성함으로써 보다 자연스러운 움직임을 생성한다.

한편, 사용자의 몰입감을 위해서는 사용자가 자연스럽고 쉽게 사용할 수 있는 고수준의 입력장치가 제공되어야 하는데, 아바타의 진행 방향 지시 등의 동작 제어를 위한 능동적인 입력 장치로써 손 제스처가 하나의 해답이 될 수 있다. 손 제스처 입력 방식은 적은 수의 직관적이고 친근한 명령만으로도 여러 가지 다양한 모드의 아바타의 이동을 실현할 수가 있다.

본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 제 2 절에서는 전체 시스템의 구성을 소개하고 각 부분의 기능을 설명한다. 제 3 절에서는 인체 아바타의 기본적인 동작 모드를 소개하고 명령을 내리기 위한 손 제스처의 인식 방법에 대하여 설명한다. 제 4 절에서는 인체 아바타 각 관절의 회전각을 계산하기 위한 방법을 소개한다. 마지막으로 제 5 절에서는 결론과 추후 연구 과제에 대하여 논한다.

II. 전체 시스템의 구성

본 논문은 인체 아바타의 동작을 현실감 있게 표현하기 위한 사용자의 손 제스처 인식 및 인체 아바타의 자율적 이동을 통한 실시간 합성 기술 개발을 목표로 하고 있다. 전체 시스템 구성은 그림 1과 같으며 손 움직임을 인식하는 부분과 인식된 결과를 해석하여 아바타의 동작을 생성, 화면으로 보여주는 동작 처리 부분으로 구성되어 있다. 또한, 동작 처리 부분은 내부적으로 그림 2와 같이 인식된 손 제스처를 명령어로 해석하는 부분과 명령어에 따라 아바타의 동작 경로를 생성하는 부분, 동작 단위를 생성하는 부분, 동작과 동작 사이의 움직임을 보간법으로 처리하는 부분, 전체 동작을 합성하는 부분, 3D 그래픽으로 처리하여 화면에 보여주는 부분으로 구성되어 있다.

손 제스처 해석부에서는 사이버 글러브 시스템을 통해 얻은, 손 운동과 손 모양과 같은 3차원 공간 데이터를 지능적 인식 기법으로 처리하여 정의된 동작 모드에 매핑 시킨다. 이러한 손 제스처 명령 방식은 마우스나 키보드와는 달리 사용자에 대해 전문적인 교육이 필요 없는 인간의 직관적 명령 입력 방식이다. 인체 아바타의 동작 모드로 본 노문에서는 정지, 전후좌우로 한걸음 옮기기, 걷기, 달리기, 뒤로 돌기 등의 2D 동작과 계단 오르내리기, 허리 굽히기 등의 3D 동작이 정의되어 있다. 이와 같이 동작 모드가 결정된 후에는 아바타의 이동 경로가 생성되고 이동 경로에 따른 동작은 동작 단위로 세분화되어 기본 움직임을 형성한다. 각 동작 단위마다 역운동학의 해를 도출함으로써 각 관절이 움직여야 하는 목표 각도가 결정되고, 현재 관절 각에서 목표 각으로의 움직임은 비선형 보간법에 의해 자연스러운 움직임을 생성한다. 생성된 동작 단위는 에너지가 최소화되는 움직임이 되도록 합성이 되어 전체적인 움직임을 형성하게 된다. 마지막으로 계산된 결과를 3D 그래픽으로 처리하여 화면상에 보여준다.

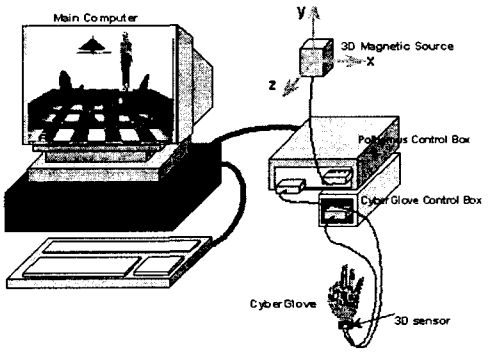

그림 1 전체 시스템 구성도
Fig. 1 Overall Structure

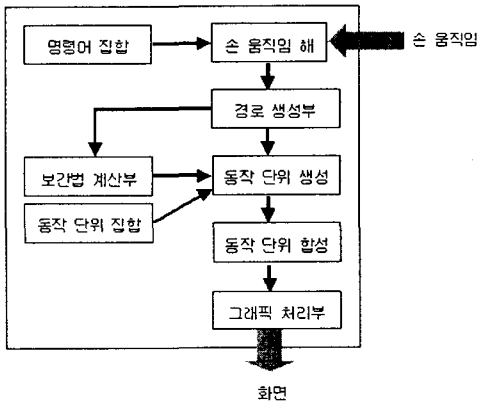

그림 2 동작 처리부의 구성도
Fig. 2 Structure of Motion Synthesis

III. 손 제스처 인식

손 제스처의 데이터를 감지하는 장치로는 최근에 가상현실 분야에서 주요한 입력 장치로 사용되고 있는

CyberGlove™[5]라는 장갑 장치를 이용하였는데, 이 장치로 각 손락 관절의 굽힘 정도를 실시간으로 측정할 수 있으며, 장갑의 손등에 부착되어 있는 폴리머스 센서로 손의 3차원 공간상의 자세를 측정할 수 있다. 모두 13개(손가락 굽힘정보 10개, 손의 공간상의 좌표 3개)의 손에 대한 정보가 1/15초마다 측정되어 손 제스처 인식을 위한 입력 데이터로 사용된다. 본 논문에서의 손 제스처는 손 모양과 손 운동만을 사용하는데, 각각 손 모양 분류기와 손 운동 분류기로 구분하여 인식을 하고, 이들 두 개의 인식 결과를 결합하여 동적 손 제스처 인식기를 구성하고 있다.

제스처의 의미를 알기 위해서는 먼저 연속적으로 이루어지는 제스처들을 단일한 제스처로 분리(segmentation)하는 작업이 이루어져야 한다. 이는 제스처의 시작이 정지로부터 속력이 커진다는 점, 제스처의 진행은 속력이 계속 크다는 점, 제스처의 끝은 속력이 큰 상태로부터 정지로 변해간다는 점, 그리고 의미 없는 제스처는 속력의 크기가 작다는 점을 고려하여 제스처의 속력 변화를 측정하여 의미 있는 제스처를 구분해 낸다. 추출된 제스처로부터 그림 3과 같은 4가지의 손 모양과 그림 4와 같은 7가지의 손 운동을 인식해야 하는데, 손가락의 외형 및 물리적 구조가 사람마다 다르기 때문에 하나의 손 모양이 사람에 따라 다른 측정값을 나타내는 문제가 있다. 이를 해결하기 위해 본 논문에서는 P. K. Simpson이 제안한 FMMNN을 사용하고 있다. 손 운동에서 상대적으로 큰 전후 운동은 걷기와 달리기를 구분하기 위한 것이다. 본 논문에서 사용하는 동작 모드와 각 동작 모드에 대한 손 제스처는 그림 5와 같이 16개로 구성이 되는데, 이는 앞에서 설명한 것과 같이 제스처의 분리, 손 모양 결정, 손 운동 결정의 3가지 단계를 통해서 제스처의 명령을 인식하게 된다.

IV. 역운동학을 이용한 동작 제어

인체 아바타는 많은 수의 관절로 이루어져 있기 때문에 역운동학의 해를 구하는 데에는 굉장한 어려움이 있게 된다. 이를 해결하기 위해서 본 논문에서는 인체 아바타의 각 관절들을 그룹으로 구성하여 각 그룹에 대한 해를 구하는 방법을 사용하였다. 기준 좌표계를 하나로 해서 전체 관절의 해를 한번에 구하지 않고, 부분적으로 여러 개의 기준 좌표계를 두고 각각에 대한 해를 구한 후, 전체를 합성하는 방법을 사용하면 역운동학의 해를 구하는 식도 상대적으로 간단해질 뿐 아니라 동작에 따라 불필요한 해는 구하지 않아도 된다는 잇점을 가지게 된다. 본 논문에서는 인체 아바타의 각 관절을 몸통부와 머리부, 왼팔부, 오른팔부, 왼다리부, 오른다리부로 구성하고, 허리와 목, 어깨, 골반 양끝을 각 그룹의 기준 좌표계로 설정하여 각 그룹별로 역운동학의 해를 구한 후, 각 그룹의 기준 좌표계 간의 관계를 구하였다. 즉, 양어깨, 양 골반의 위치는 몸통부에서의 말단부로 보면 된다. 인체 아바타의 팔과 다리는 관절의 가동 범위와 링크의 길이만 다를 뿐 같은 종류의 관절로 구성되어 있으며 양팔과 양다리가 각각 서로 대칭적인 관계에 있으므로 왼팔에 대한 역운동학의 해를 구한 후, 이를 오른팔, 왼다리, 오른다리에 적용하기로 한다. 역 운동학의 해를 구할 때 고려해야 할 점들이 있는데, 그 중 하나는 역운동학의 해에 대한 재고찰이다. 역운동학의 해를 구하였다고 하더라도 구해진 해가 인체 아바타 관절의 회전각 범위를 넘어설 수가 있으며, 관절의 회전각 범위 내에 다수의 해가 존재할 수 있기 때문에 어떠한 해를 선택할 것인지가 결정되어야 한다. 이는 인체 아바타의 관절 수가 많아 자유도가 크기 때문에 주어진 말단부의 위치와 방향에 따른 6개의 수식만으로는 완전한 해를 구할 수 없다. 실제로 이러한 해의 선택은 인간의 행동 양상이나 습관에 좌우되기 때문에 각 관절에서 소모되는 에너지를 최소화하는 방법만으로는 실제 사람의 동작과 비교해 볼 때, 매우 어색해 보일 수도 있다. 이에 대한 해결책으로 각각의 기준 좌표계로부터 전체 공간을 8등분을 하여 26가지 경우에 대해 자연스러운 자세를 취할 수 있는 규칙을 만들었다. 실제 말단부의 위치가 주어지면 역운동학 문제를 풀고 해가 각 관절의

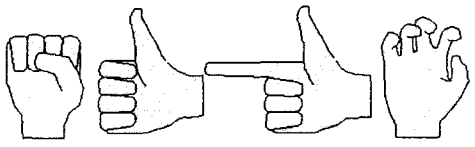

그림 3 4가지 손 모양
Fig. 3 4 kinds of hand posture

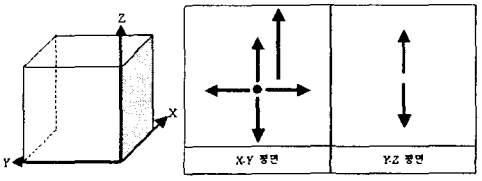

그림 4 7가지 손 운동
Fig. 4 7 kinds of hand motion

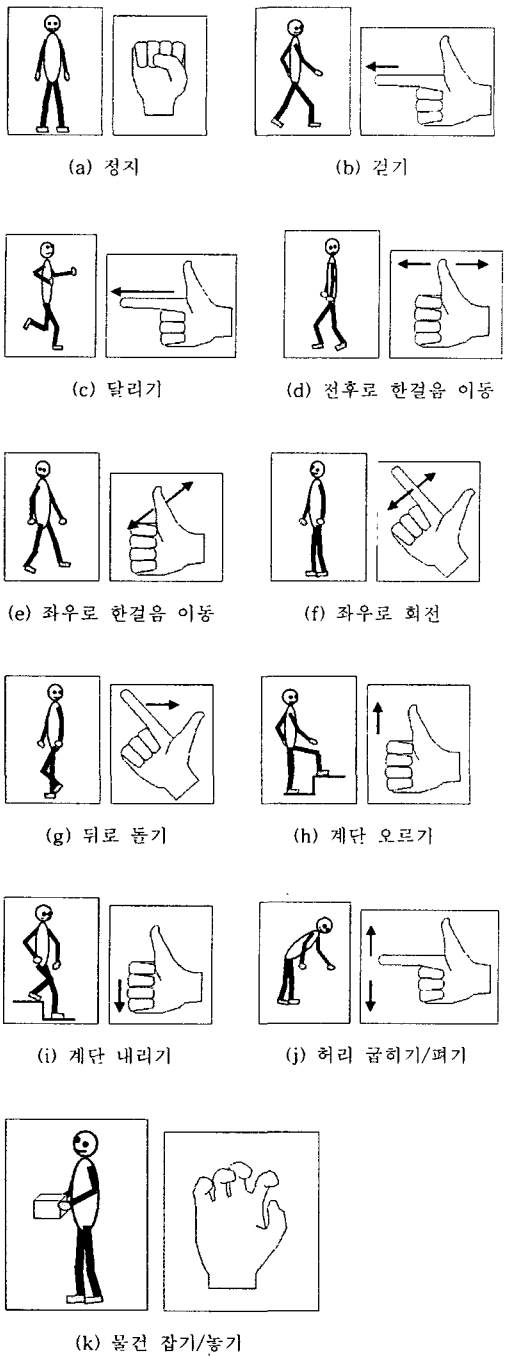

그림 5 16가지 동작 모드와 손 제스처 명령어
Fig. 5 16 kinds of motion modes and hand gesture commands

회전각 범위 내에 존재하는지 판별한다. 만약 범위 내에 존재하지 않으면 역운동학 문제에 대한 해가 없는 것이며, 다수의 해가 존재하는 경우에는 말단부의 위치가 26가지의 경우 중 어떠한 경우에 해당하는지를 판별한 후 주어진 규칙에 따라 해를 선택함으로써 자연스러운 동작을 생성한다.

V. 결론 및 추후 연구 과제

본 논문에서는 손 제스처의 명령을 인식하여 가상환경에서 인체 아바타의 동작을 제어하는 시스템을 개발하였다. 우선, 손 제스처 명령을 인식하기 위하여 제스처 분리, 손 모양 인식, 손동작 인식의 3단계 정보를 이용하였으며, 인체 아바타의 동작 제어를 위해 인체 아바타를 모델링하고 각 부분별로 역운동학의 해를 구한 후 도출된 해를 합성하는 방법을 개발함으로써 임의의 위치에 신체 말단부를 위치시킬 수 있는 알고리즘을 개발하였다. 또한 역운동학의 해를 통해 구해진 각 관절의 회전각을 비선형적으로 보간 함에 따라 실제 인간의 동작과 유사한 동작을 생성하였다.

개발된 시스템을 바탕으로 좀더 다양한 동작을 생성할 수 있는 일반화된 시스템으로의 확장이 필요하며 각 아바타의 동작에 개성을 인가하는 방법을 개발하는 것은 앞으로 연구되어야 할 과제이다.

참고문헌

[1] S.Benford, L.E.Fahlen, J.Bowers, C.Greenhalgh and D.Snowdon, "Embodiments, Avatars, Clones and Agents for Multi-user, Multi-sensory Virtual Worlds," *ACM Multimedia System*, 5(2), pp.93-104, 1997

[2] N.Badler, M.Hollick and J.Granieri, "Real-time Control of a Virtual Human using Minimal Sensors," *Presence*, 2(1), pp. 82-86, 1993

[3] S.Stansfield, "Distributed Virtual Reality Simulation System for Situational Training," *Presence*, 3(4), pp. 360-366, 1994

[4] J.J.Craig, *Introduction to robotics: Mechanics and Control*, Addison-Wesley, 1989

[5] Virtual Technologies, Inc., *CyberTouch™ User's Manual*, CA, 1997