

운동포착 및 재현 시스템 A Motion Capture and Mimic System

윤중신*, °최원수**

부산대학교 정밀기계공학과 Intelligence Information Control Lab.

*(Tel: (051)510-2456; Fax: (051)514-0685; E-mail: jsyoon@hyowon.pusan.ac.kr)

** (Tel: (051)510-3084; Fax: (051)514-0685; E-mail: wschoil@hyowon.pusan.ac.kr)

Abstracts A general procedure for motion capture and mimic system has been delineated. Utilizing sensors operated in the magnetic fields, complex and optimized movements are easily digitized to analyze and follow. Design concepts of the system are modular, open, and user friendly to ensure the overall system performance. The system consists of motion capture, visualization, plan, mimic and GUI modules. This procedure is currently being implemented on a virtual cyber cube.

Keywords Motion Capture, Motion Mimic, 6 DOF Magnetic Sensor

1. 서론

컴퓨터로 만들어낸 물체의 매우 어색한 움직임에 생동감을 주려면 복잡한 계산, 뛰어난 처리장치, 고통스러울만큼 지리한 작업을 필요로 했다[1]. 컴퓨터, 센서, 그래픽스 기술의 놀랄만한 발전은 생명체와 같은 놀랄만큼의 생동감을 가진 인공생명체를 만들어내고 있다.

80년대 말부터 컴퓨터 액션 게임 분야에서는 몸매 부착된 센서로 잡은 격투동작을 쉽게 그래픽 애니메이션으로 생동감있게 재현해내고 있다[2]. 시각, 청각, 촉각등의 감각을 더하여 실제와 같은 상황에 빠지게 하여 큰 시장을 형성하고 있다[3]. 영화계에서도 동물이나 사람의 동작을 컴퓨터 그래픽으로 만든 물체에 합성하여 살아있는 물체를 보는 듯한 영상을 만들어내어 이제 영화는 찍지 않고 만든다는 말이 나오고 있다[4].

컴퓨터 게임이나 영화와 같은 오락산업(entertainment business)과는 별도로 사람의 복잡한 행동양태를 과학분야에 응용하여 지능을 부여하려는 노력은 과학기술(science and technology) 분야에 오랫동안 있어 왔다. 원자력발전소의 처리장치와 같이 위험하고 복잡한 일을 간단한 사람의 동작을 따라함으로써 쉽게 처리하려는 telerobotics[5, 6]와 복잡한 일을 사람의 동작을 쫓아 하면서 신호의 증폭을 통해 큰 힘을 낼 수 있는 장치에 대한 연구인 extender[7] 분야가 그러하다. 90년대 들어서는 Gulf 전에 활용된 것과 같은 가상 전쟁(virtual war), 우주 작업의 모의실험(simulator), 93년 6월 이후 로봇을 쓴 원격 수술(virtual surgery)분야에서 활발히 연구되고 있어 21 세기의 대표적 기술로 떠오르고 있다[3].

또한 무용과 같은 예술(art) 분야[8, 9]와 육상, 수영, 구기등의 운동분야(biomechanical analysis)[10]에서는 최적의 움직임을 분석, 설계, 재현하여 좋은 동작(performance)을 얻으려는 연구가 활발하다. 그러나, 현재의 컴퓨터 게임과 영화와 같은 오락 분야에서의 운동 포착에 대한 시도[2, 4], telerobotics에서의 사람 동작의 응용[3], 무용과 운동 분야에서의 인체 움직임에 대한

연구[8]는 인접 분야에 대한 부분적인 관심만을 보여주고 있는 듯하다.

무용과 운동경기에서와 같은 인체의 움직임의 재현은 로봇에 매우 지능적인 행동양태를 덧붙일 수 있으리라는 기대를 하게 한다. 인체의 움직임은 오랜 경험(evolution)에서 쌓인 최적화된 움직임이라는 기대감과 기계적 움직임과는 다른 감정(emotion)이 스며들 여지가 있다는 데서 예술(art)과 공학(engineering)의 접목(marriage), 오락(entertainment)과 과학기술(technology)의 협력에서 나올 수 있는 예측할 수 없는 새로운 결과(emotional intelligence)에 대한 기대도 하게 한다.

이 연구는 지능 로봇을 위하여 포착된 인체의 최적 움직임을 재현하는 시스템의 개발에 관한 것이다. 3차원 동작은 3차원 직선운동과 3차원 회전으로 나타내고 재현된다. 생명체의 움직임을 자유도가 매우 많은 관절들의 움직임으로 보고 성능이 뛰어난 컴퓨터로 작동하려는 견해는 이미 잘못된 것으로 받아들여지고 있다[11]. 오히려 생명체의 움직임은 자세한 작동 원리는 알 수 없지만 오랜 경험의 축적(evolution)이라는 자연의 섭리에서 나온 최적화된 움직임을 보여준다는 것이다[3, 11]. 이러한 운동 원리를 로봇과 같은 기계의 운동에 적용하면 복잡한 움직임을 유연하고 쉽게 재현해 낼 수 있을 것이다. 사람의 팔, 관절, 어깨등의 움직임의 특징을 잡아서 기록하고 보여주는 것은 매우 어려우므로 인체의 움직임을 쉽게 잡아내는 센서 및 처리 시스템이 필요하다. 기존의 포인트 데이터에 의한 wire frame 기법 대신에 센서를 사용한 기법을 쓰면 부드럽고 자연스러운 움직임(animation)을 얻는다. 사람의 능숙하고 복잡한 움직임을 로봇이 포인터 데이터보다는 자세의 패턴을 재현하는 것이 쉬울 것이다.

운동 포착 및 재현 시스템(motion capture and mimic system)은 센서에 의한 운동포착(motion capture)부, 포착된 운동 정보의 자료화, 패턴 분류화, 분석 및 자동 생성등의 운동계획(motion plan)부, 3차원 그래픽스와 애니메이션에 의한 시뮬레

이선등의 운동 가시화(motion visualization)부, 포착되고 가공된 정보에 따라 움직임을 재현하는 운동재현(motion mimic)부, GUI 부로 이루어진다. 시스템의 구성 개념은 modular system, open system, user friendly system으로 각 모듈은 따로 개발, 차용, 통합(system integration)되며 시스템이 커짐에 따라 쉽게 확장될 수 있도록 한다.

운동포착 및 재현 시스템은 PC의 3차원 그래픽으로 만든 가상 로봇(virtual cyber cube)에 적용된다. 센서로 포착된 동작은 그대로 재현되거나 일련의 다른 움직임으로 바뀌어(mapping) 재현된다. 6자유도 센서 하나의 움직임을 virtual cyber cube의 위치 및 속도의 방향성 또는 구간 가속등 다양한 패턴의 움직임 제어 형태로도 쓰일 수 있다.

운동포착 및 재현 시스템의 일반적인 구조가 설명되고 움직임이 3차원 그래픽 도구를 쓴 가상환경(virtual environment)에서의 virtual cyber cube에 재현된다.

2. 운동포착 및 재현 시스템

운동 포착 및 재현 시스템(motion capture and mimic system)의 구성은 Fig. 1과 같다. 구성 개념은 modular system, open system, user friendly system이다. 하드웨어와 소프트웨어의 각 module은 독립적으로 개발되며 시스템이 커짐에 따라 쉽게 확장될 수 있는 구조로 되어있다. 개발된 각 module은 기존의 library module과 함께 통합(system integration)되어 뛰어난 성능을 발휘할 것이다.

각 module 및 system integration에 대한 연구내용 및 방법은 다음과 같다.

2.1 운동포착(Motion Capture)

사람의 팔, 관절, 어깨등의 움직임의 특징을 잡아서 기록하고 보여주시는 매우 어려우므로, 이를 쉽게 해주는 센서 및 처리 시스템이 필요하다.

운동 포착기(Motion Tracker)[10]는 transmitter를 기준 좌표로 하여 transmitter가 만들어 낸 자기장 안의 물체의 움직임을 receiver가 3차원의 위치(X, Y, Z)와 각도(azimuth, elevation, roll) 좌표를 재도록 하는 장치이다. 운동포착 소프트웨어는 측정된 3차원 자세 정보의 정확성을 위한 sensor 신호의 calibration 프로그램과 motion tracker에서 정리된 정보의 PC급의 주처리기로 흐름을 원활하게 할 communication 프로그램으로 구성된다. 복잡한 움직임을 여러개의 receiver로 잡을 때, 움직임 정보는 motion tracker의 병렬처리부를 거쳐 하나의 receiver의 경우와 같이 처리된다.

3차원 위치(X, Y, Z) 및 각도(azimuth, elevation, roll)의 운동 정보는 정지된 일련의 순간 자세(digitized motion)로 주 처리기로 보내져서 저장된다. 자료화(database)된 운동 정보는 3차원 그래픽과 애니메이션을 써서 움직임의 패턴분류(pattern classification), 움직임의 최적화(optimized motion), 안무(choreography)등 운동의 분석 및 재현에 쓰인다.

2.2 운동가시화(Motion Visualization)

포착된 물체의 운동은 3차원의 그래픽 기법을 써서 가상 물체

(virtual object)의 움직임(animation)으로 보여줄 수 있다. 3차원 애니메이션 기법은 포착된 움직임을 실제로 재현하기 전에 일어날지도 모르는 잘못된 동작이나 불가능한 동작을 미리 살펴 볼 시뮬레이션의 tool로 쓰인다.

기존의 포인트 데이터에서 만들어진 wire frame 방식의 그래픽 object modeling 및 애니메이션은 복잡한 계산, 뛰어난 처리 장치, 고통스러운만큼 지리한 작업을 필요로 한다[1]. 많은 포인트 데이터에 의한 wire frame modeling 대신 센서로 직접 받은 정보에 의한 object modeling 기법을 쓰면 부드럽고 자연스러운 3차원 애니메이션을 쉽게 얻는다.

2.3 운동계획(Motion Plan)

포착된 사람의 움직임을 로봇과 같은 물체의 움직임으로 바꾸려면 사람과 물체 사이의 움직임 관계(mapping)를 잘 따져야 한다. 유연한 인체의 포착된 움직임을 제한된 유연성을 가진 로봇이 그대로 재현할 수 없으므로 제한된 움직임으로의 변형과정(mapping)을 찾아야 한다. 즉 포착된 사람의 운동 좌표를 재현

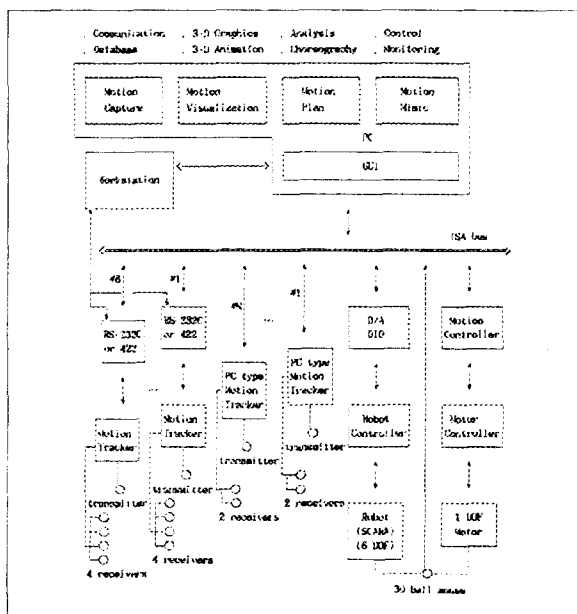


그림 1. 운동포착 및 재현 시스템
Fig. 1. Motion Capture and Mimic System

상치의 좌표계로 바꾸어야 한다. 또한 움직임의 포인트별 재현보다 패턴별 재현이 필요하다. 포착된 여러개의 비슷한 움직임을 분류하여 표준화하고 허용 패턴을 정한다.

2.4 운동재현(Motion Mimic)

재현 장치의 움직임 데이터를 직접 받아 재현하는 단순 teach and playback 방식[5]에서 한걸음 더 나아가서 유연한 인체의 뛰어난 동작을 그대로 받아 재현하여 매우 어려운 일도 쉽게 프로그래밍되도록 한다.

운동 재현 대상에 맞게 바뀌어진 움직임 정보, 주 처리기와 운동 재현계 사이의 interface부와 communication 프로그램, 재현된 움직임을 감시하는 monitoring 프로그램으로 이루어진다.

2.5 Graphic User Interface

주 처리기에서 운동 포착 및 재현 시스템을 제어하려면 운동의 포착(motion capture), 운동의 가시화(motion visualization), 운동의 계획(motion plan), 운동의 재현(motion mimic) module 이 정보(database)를 공유하며 쓰기 쉽게(user friendly) 통합(integration)되어야 한다. 각 module은 객체지향(object-oriented) [12] 프로그래밍 개념을 써서 만들어지고 통합된다.

3. 운동포착 시스템

운동포착 시스템으로 포착된 움직임 정보를 로봇과 같은 대상에 맞추어 다듬어 운동을 재현하는 것을 검증하여야 한다.

검증 대상으로는 PC 애니메이션으로 만들어진 가상 로봇(virtual cyber cube)이 선택되었다. 센서로 포착된 동작은 그대로 재현되거나 어떤 일련의 다른 움직임으로 바꾸어(mapping) 재현되도록 한다. 예를 들어 6자유도 센서 하나의 움직임을 가상로봇인 virtual cyber cube의 위치 및 속도의 방향성 또는 구간가속등 다양한 패턴의 움직임으로 재현할 수 있다.

3.1 구현(Implementation)

팔꿈치나 어깨와 같은 인체의 관절에 부착된 하나의 6자유도 receiver의 자기장(magnetic fields) 신호를 virtual cyber cube가 재현하기 위한 시스템은 다음과 같이 구성한다. 움직임을 포착하기 위한 PC board-level type[13] motion tracker 하나, receiver와 transmitter 각각 하나, 움직임 데이터 처리를 위한 PC급 주처리기와 C/C++[12]를 쓴 처리 프로그램, 움직임을 재현할 virtual cyber cube로 이루어진 운동 재현계, PC의 ISA-bus를 통한 communication 프로그램으로 이루어진다. 개념도는 Fig. 2와 같다.

운동의 포착은 운동포착 장치(Motion Tracker)[10]에 있는 transmitter가 발생한 자기장(magnetic fields)을 운동 물체에 부착된 receiver가 감지하여 이루어진다. transmitter와 receiver는 3각의 전자기 코일(triad of electromagnetic coils)로 만들어진 센서이다. receiver가 받아 들인 운동체의 3차원의 위치(X, Y, Z)와 각도(azimuth, elevation, roll)[14]를 transmitter로 발생된 기준좌표계 신호로 비교 측정해낸다. 운동 포착 장치인 PC AT-bus에 꼽아 쓸 수 있는 board-level type은 두개의 3차원 receiver data를 다룰 수 있고 복수개의 사용으로 2N개의 3차원 위치/각도 data를 받아 들일 수 있다. 운동포착 장치의 정보(specification)는 Table 1과 같다.

포착된 운동 정보(information)는 PC에 저장되어 운동의 분석과 재현에 활용될 것이다. 저장된 운동은 3차원 그래픽과 애니메이션 프로그램을 통해 가시화(visualization) 및 시뮬레이션에 쓰일 것이다. 포착된 운동의 정보(information)는 가공된 다음 virtual cyber cube가 운동체의 움직임을 재현하게 한다.

3.2 검증(Verification)

포착된 동작 정보는 3차원 그래픽으로 미리 만들어진 가상로봇(virtual cyber cube)의 움직임으로 재현된다. 포착된 움직임의

실제 로봇과 같은 대상의 움직임으로 재현되기 전에 발생될지도 모르는 잘못된 동작이나 불가능한 동작을 미리 살펴볼 수 있다. 예를 들어 오른팔, 왼팔 움직임과 같은 잘못된 형상(configuration)에 의한 동작이나 물리적인 구속조건(physical constraints)을 만족시키지 않는 불가능한 동작들이 미리 걸러져 실질적으로 가능한 동작의 재현이 될 수 있도록 할 것이다.

3차원 그래픽으로 virtual cyber cube를 만들어 낼 개발환경(development environment)으로 주처리기는 많은 양의 그래픽 데이터의 빠른 처리를 위하여 pentium급 PC가 쓰인다. 프로그래밍 환경(programming environment)으로는 C/C++ 언어[12]를 바탕으로 3차원 그래픽과 애니메이션 library를 활용하여 개발의 효율을 꾀한다. 로봇의 주변환경의 그래픽과 애니메이션을 위해서는 WorldToolKit[15]과 같은 virtual reality development tool을 사용하면 개발의 효율성을 높이고 현실감 있는 다양한 상황을 쉽게 점검할 수 있다.

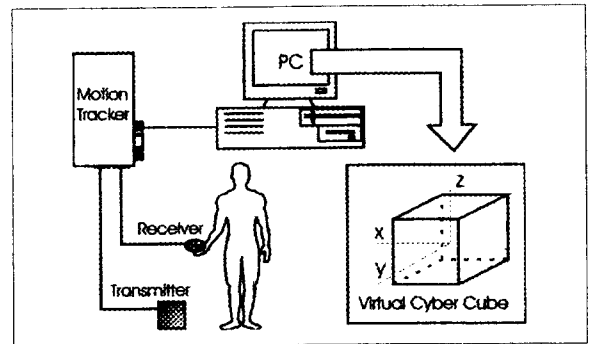


그림 2. 운동포착 시스템

Fig. 2. Motion Capture System

표 1. 운동포착계의 정보

Table 1. Specification of Motion Capture System

		Description	
Receivers	Position Coverage	30''(76.2 cm) (Regular) 60''(152.4 cm) (Reduced)	
	Angular Coverage	All-attitude	
	Static Accuracy	0.5''(1.3 cm) RMS (Position)	
	Resolution	2.0° RMS (Orientation) 0.0003 inches/inch of range 0.03° orientation	
	Transmitter	Carrier Frequency	12019 Hz
		Latency	12.0 msec
System Electronics Board	Output	Cartesian Coordinates of Position Euler Orientation Angles	
	Update Rate	60 updates/second ÷ number of receiver	
	Interface	ISA bus. 16bit wide FIFO(output) 8bit wide FIFO(input)	
Operating Environment	Temperature	10°C to 40°C	
	Humidity	10% to 95% relative humidity	

* InsideTRAK™'s Specification

4. 결론

포착된 복잡한 인체의 움직임을 재현하는 시스템의 개발에 관한 연구이다. 운동포착 및 재현 시스템의 일반적인 구조가 설명되었고 움직임의 재현이 PC의 3차원 그래픽 도구를 쓴 가상환경(virtual environment)에서의 virtual cyber cube에 구현되었다. 센서로 포착된 동작은 그대로 재현되거나 일련의 다른 움직임으로 바뀌어(mapping) 재현된다. 6자유도 센서 하나의 움직임을 virtual cyber cube의 위치 및 속도의 방향성 또는 구간 가속등 다양한 패턴의 움직임등 새로운 제어 형태로도 쓰일 수 있다.

패턴의 분석 및 재현 방법은 응용별로 다듬어(customization) 활용될 수 있다. 육상, 수영, 구기, 골프와 같은 스포츠의 경우 최적화된 인체의 운동 mechanism(optimized motion)을 써서 경기력 향상과 slump 극복에 좋은 결과를 보여주고 있다. 인체의 움직임은 오랜 경험(evolution)에서 나온 최적의 답이어서 이러한 인체의 최적 움직임은 많은 분야에의 응용 가능성을 보여준다. 인체의 움직임 최적화 분야의 하나인 무용에서는 안무(choreography)에 이러한 기법을 시도[8]하고 있으며 지능적 로봇 동작의 자동 생성 및 재생 즉 로봇 무용의 가능성을 시도해 볼 수 있다.

인체의 움직임을 음으로 바꾸어 작곡을 하거나 손의 지휘를 쫓아 연주를 하는 gesture based music composition and performance[16, 17]에서와 같이 음악과의 연계를 펼칠 수 있다.

3차원 운동 포착 센서만을 쓴 지능의 연구에서 6 자유도 힘/토크 센서[18]나 데이터 글로브(data gloves)[19]와 같은 촉각 센서, CCD 카메라나 Head-mounted Display(HMD)[20]와 같은 시각 센서, 청각 센서[21]를 더하면 실감있게 로봇을 조작할 수 있고 지능의 연구 레벨을 넓혀갈 수 있다.

개발된 운동 포착 시스템은 로봇의 복잡한 움직임의 바람직한 지를 미리 따져볼 수 있게 해주고 각종 감각 센서를 덧붙인 가상상황(virtual environment)은 실험 시스템으로 실제 상황을 실감있게 체험(rehearsal)하고 익히게 해 줄 교육용 시스템(educational simulator)으로 쓰일 수 있을 것이다.

또한 원격로봇(telerobotics)와 extender 분야의 응용에도 쓰일 수 있다. 가상 전쟁(virtual war), 우주 작업의 시뮬레이션(simulator), 로봇을 쓴 원격 수술(virtual surgery)분야의 기초 기술로 쓰일 수 있을 것이다.

운동 포착 장치와 3차원 청각 장치, GPS를 쓰면 시각 장애자, stranger, mobile robot등의 길을 이동을 도와주는(guidance) 시스템의 기초 기술로 쓰일 수 있을 것이다[3].

이미 쓰이고 있는 cartoon animation, object animation, computer generated graphics, virtual reality 분야에의 활용도도 클 것이다.

각 module은 독립적으로 만들어져서 통합(system integration)됨으로써 확장 가능한 구조에 따른 기능의 추가가 용이하다.

5. 참고문헌

1. Foley, J., et. al., *Introduction to Computer Graphics*, 2nd ed., Addison-Wesley, 1994.
2. “신년연속기획 4: 21C 신산업, 하이테크 놀이 문화”, KBS, 1996년 1월 11일.
3. “가상현실, 지금 미래를 간다.”, KBS, 1996년 4월 14일.
4. “신년연속기획 10: 영화 찍지않고 만든다”, KBS, 1996년 3월 1일.
5. Groover, M., et. al., *Industrial Robotics*, Sec. 1-3, McGraw-Hill, 1986.
6. 工業技術院機械技術研究所, “機械技術研究所のロボット”, ヒテオ 特集号, Journal of the Robotics of Japan, Vol. 9, August 1991.
7. Kazerooni, H., “Human Extenders”, *Journal of Dynamic Systems*, ASME, pp. 281-290, June 1993.
8. 박성희, “머스커닝햄: 컴퓨터안무의 새지평”, 조선일보, 93년 7월 12일.
9. Simon Fraser University, Lifeforms Movement Software for Character Animation, <http://fas.sfu.ca/css/groups/lifeforms.html>, January 1996.
10. Polhemus, 3D Measurement Systems for Motion Tracking and 3D Digitization, <http://www.polhemus.com/trackers/>, January 1996.
11. Levy, S., *Artificial Life : The Quest for a New Creation*, Sterling Lord Literary, 1992.
12. *Turbo C++: Library Reference*, Borland International, 1990.
13. 3SPACE[®] INSIDETRAK[™] User's Manual, Polhemus, Inc., 1993.
14. Spong, M. W., and Vidyasagar, M., *Robot Dynamics and Control*, John Wiley & Sons, Inc., NewYork, 1989.
15. WorldToolKit, Sense8 Corporation, 1995.
16. Machover, T., “Sensor Chair”, *Brain Opera*, <http://brainop.media.mit.edu>, August 1996.
17. Roads, C., *The Computer Music Tutorial*, MIT Press, Cambridge, 1996.
18. 박찬주, *지능제어를 이용한 로봇 힘제어*, 석사논문, 부산대학교, 1996.
19. CyberGlove[™] gloves brochure, Virtual Technologies, Inc., 1996.
20. VR4 Head Mounted Display brochure, Virtual Research Systems, Inc., 1994.
21. 3D Audio Systems: Bechtron[™]/Convolutron[™]/Acoustetron[™] brochures, Crystal River Engineering, 1996.