

옵티컬 모션캡처 기술을 활용한 3D 캐릭터 애니메이션에서 제작과정상 문제점 및 해결방안에 관한 연구

A study about the problems and their solutions in the production process of 3D character animation using optical motion capture technology

이만우*, 김현종**, 김순곤**
한국관광대학*, 중부대학교**

Lee Man-Woo*, Kim Hyun-Jong**, Kim Soon-Gohn**
Korea Tourism College*, Joongbu Univ.**

요약

모션캡처는 사람이나 동물, 생물, 기계등과 같은 물체의 움직임을 컴퓨터가 사용가능한 형태로 기록하는 것을 말한다. 모션캡처시스템의 장점으로 기존의 키 프레임 방식으로는 영상표현이 어려운 인간이나 동물의 사실적인 움직임, 큰 스케일, 많은 경제적 부담이 소요되는 부분 등에 도입되어 새로운 표현 가능성을 보여주고 있어 디지털 엔터테인먼트 영역에서 게임을 중심으로 영화, TV, 광고, 다큐멘터리, 뮤직비디오 등 점차 그 활용 빈도가 증가하고 있다. 그러나 이와 같은 장점에도 불구하고 모션캡처를 활용한 디지털 영상표현에 있어서 많은 사전준비 작업, 마커의 부착, 모션데이터의 보정, 모션리타겟팅, 모션캡처 전문인력 부족 등의 문제점이 대두되고 있다. 이에 본 논문에서는 모션캡처를 활용한 영상제작 사례를 통하여 제작과정상 나타나는 문제점과 그 해결방안을 모색함으로써 보다 효과적인 모션캡처 디지털 영상제작의 방향을 제안하고자 한다.

Abstract

Motion capture means the recording of movement of objects such as human beings, animals, creatures, machines, etc in a form applicable to computer. Since the motion capture system can be introduced to the fields where realistic movement of human beings and animals, which cannot be attained with an existing key frame method is required, large scale is necessary or economical burden exists, it has a merit and possibility of new expression. For these reasons, this method is increasingly used in the field of digital entertainment such as movie, TV, advertisement, documentary, music video, etc centering around the game. However, in spite of such an advantage, problems such as too much advance preparation work in digital image expressions using motion capture, marker attachment, compensation of motion data, motion retargeting and lack of professional human resources, etc. are becoming a prominent figure. Accordingly, this study intends to suggest the way of more effective production of motion capture digital image through finding the problems and their draft possible solutions in the production process based on the image production examples using motion capture.

1. 서론

영상산업을 흔히 종합예술이라고 말한다. 영상이 주는 즐거움과 감동은 단순히 화면상에서 보여지는 움직이는 그림만이 아니며, 제작과정에서 도입된 신기술마저도 관객들은 영화 이면에 숨어있는 신화로서 동경하기도 한다.

특히 컴퓨터 그래픽과 정보통신의 발전은 이러한 인간의 상상력에 무게를 더하는 결과를 가져왔으며, 아울러 디지털 복제와 변형은 기존 아날로그 방식으로는 어려움이 많았던 영상 표현을 가능하게 하여 인간의 감정과 상상력의 세계를 한 차원 뛰어넘는 영상물을 만들어내고 있다. 또한 이러한 제작방식에

더하여 디지털 영상 표현수단의 하나인 모션캡처시스템이 3D 캐릭터 애니메이션 제작에 도입되어 활용됨으로써, 3D 캐릭터 애니메이션 영상 표현의 세계를 확장하는데 일조하고 있는 것이다.

모션캡처시스템은 기존의 제작 방식으로는 사고의 위험, 현실적인 제작 여건상 영상 표현이 어려운 큰 스케일이나 난해한 부분, 많은 경제적 부담이 소요되는 부분 등 제작과정상의 어려움으로 표현을 포기해야만 했던 많은 장면에 도입되어 새로운 표현 가능성을 보여주고 있다. 그러나 이와 같은 장점을 지닌 모션캡처시스템이 실제 제작 과정에서 하이 퀄리티 영상 표

현을 하기 위해서는 제작공정상 문제점과 영상 표현상 문제점, 더불어 다양한 모션캡처 영상 콘텐츠 확대 등 현실적으로 극복해야 할 많은 어려움을 안고 있다.[3]

이에 본 논문에서 모션캡처를 활용한 디지털영상 사례 분석을 통하여 제작공정상 문제점과 그 해결방안을 연구함으로써 보다 효과적인 모션캡처 디지털영상 제작의 방향을 모색하고자 한다.

II. 본 론

1. 모션캡처의 정의

모션캡처시스템이란 실제 사람이나 동물과 같은 생물, 또는 기계 등과 같은 물체에 대한 관찰대상을 정하고, 그 대상 위치, 속도, 방향 등의 특징 정보들을 추출하는 기능을 제공하는 최첨단 시스템이다. 이 시스템은 전용 뷰어 및 에디터를 활용하여 획득한 정보들의 3차원 가시화 및 정보에 대한 편집, 엑스포트 그리고 분석 기능을 제공할 수 있다. 이와 같이 획득된 특징 정보들을 모션캡처 데이터라고 한다. 따라서 모션캡처(Motion Capture)란 사람이나 동물, 생물, 기계등과 같은 물체의 움직임을 컴퓨터가 사용가능한 형태로 기록하는 것을 의미한다.[2]

2. 모션캡처의 유형과 방법

모션캡처의 유형으로는 음향을 이용하는 방법, 기계적 장치를 이용하는 기계적 방법, 적외선 반사체를 이용하는 광학적 방법, 퍼펫(Puppet, 인형)방식 등 다섯 가지 방법이 사용되어지고 있으며 본 논문에서는 광학식 모션캡처 방법을 기술한다.[4]

광학식 시스템은 연기자의 관절에 적외선에 반응하는 마커를 부착하고 여기에 적외선 빛을 비추어 반사되는 영상을 3~32대 가량의 카메라로 촬영하여 각 카메라에서 마커들의 2차원 좌표를 생성한다. 각 독립된 카메라에서 캡처된 2차원 데이터는 소프트웨어로 분석되어 3차원 공간상의 좌표를 계산한다. 광학식 시스템의 장점 중 하나는 높은 샘플링 빈도를 들 수 있는데, 스포츠선수의 동작이나 격투장면 같은 매우 빠르고 복잡한 움직임을 측정할 때 유용하다. 연기자의 몸에 부착되는 마커의 크기가 작고 케이블로 연결되지 않으며, 개수가 제한되지 않아 자유로운 움직임을 캡처 할 수 있다. 광학식 시스템의 단점은 사전에 많은 준비 작업이 필요하며 시스템의 가격이 상당히 비싸고 유지보수의 어려움이 있다. 그리고 상당히 넓은 모션캡처 전용 스튜디오가 필요하다는 점, 미리 캡처된 동작 외에 다른 동작을 필요로 할 경우 이를 해결하지 못하며, 특히 마커들이 오랜 기간 동안 맞물려 있을 때 동작을 캡처할 수 없다.

이러한 데이터의 충돌 문제는 3차원 좌표를 얻는 것이 불가능하여 많은 후처리과정이 필요로 한다.[4][5]

이러한 광학식 모션캡처시스템은 센서를 사용하지 않고 2차원 이미지를 촬영 분석하여 3차원 데이터를 추출하는 픽셀트레이싱(pixel tracing) 방식으로 발전하고 있다.

3. 모션캡처의 영상제작 과정

모션캡처 단계는 3단계로 이루어진다. 사전 단계(Pre-process), 본 단계(Main-process), 후처리 단계(Post-process)로 이루어진다.

사전 단계(Pre-process)에서는

1. 스토리보드와 촬영리스트 작성(Storyboards and shooting lists(client, director))
2. 전문 액터 섭외(Hire professional actors(client))
3. 리허설(Rehearsals(client, director))

본 단계(Main-process)에서는

1. 마커부착(Marker placement)
2. 캘리브레이션 과정, 테스트(Calibration measuring the actor's skeleton(wand, cube) & Test(operator))
3. 모션캡처 및 캠코더 촬영(Take shots, re-takes with MoCap and camcorder(director, operator, client))
4. 모션캡처 데이터(이름, 장면번호 등) 선별작업(Selecting takes(with file name & shot no. by director and client))

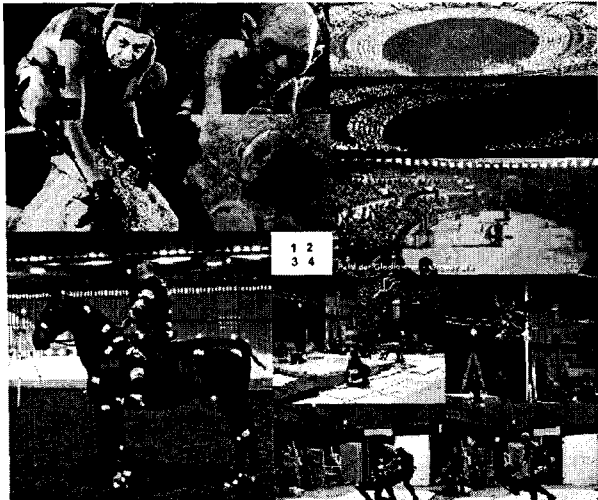
후처리 단계(Post-process)에서는

1. 비디오나 컴퓨터를 통해 선별된 데이터 체크(Review & check the selected takes with video(editor, director, client))
2. 모션데이터 수정 및 파일 변환과정(Editing the motion data of selected take(editor), File conversion(editor))
3. 애니메이션(Animation(animato))과정이 이루어진다.

4. 모션캡처의 활용과 영상분석 사례

초창기 대부분의 모션캡처시스템은 오락, 연예보다는 다른 분야에 적용함으로써 발전되어 왔다. 모션캡처시스템이 활용되어 이익을 얻을 수 있었던 주요시장은 의학, 스포츠, 엔터테인먼트 그리고 법조계였으며, 기술적인 진보를 통해 수요가 적은 시장인 인간 환경공학 디자인이나 자동차 사고 모형들의 동작을 캡처하여 분석하는 안전실험에도 활용되고 있다.[1] 본 논문에서 모션캡처 영상분석 사례로 엔터테인먼트 분야에서

영화 <Sinbad 2000 (Beyond the Veil of Mists)>, <반지의 제왕 3 - 왕의 귀환 (The Lord Of The Rings: The Return Of The King, 2003)>, <킹콩 (King Kong, 2005)>, <폴라 익스프레스 (The Polar Express, 2004)>, KBS 기획 다큐멘터리 <몽골리안 루트, 2001>, 리니지 에피소드 4 인트로 동영상 <History and Memory, 2006> 등 모션캡처를 활용한 영상 분석 하였다.



▶ 그림 1. (1) 영화<반지의제왕 3>의 엔디 서키스의 모션캡처 장면, (2) 영화<글라디에이터>의 군중시뮬레이션장면, (3) 말 모션캡처 장면, (4) 게임-격투동작 모션캡처-사진출처:[12-15]

5. 모션캡처의 제작공정상 문제점 및 해결방안

최근 대부분의 모션캡처 시스템은 광학식 시스템을 사용하므로 광학식 모션캡처의 제작공정상 문제점에 대해 모션캡처 단계별로 설명한다.

5.1 사전 단계(Pre-process)

모션캡처를 시행하기 위해서는 하드웨어와 소프트웨어의 오차를 최소화하기 위한 사전 준비 작업을 필요로 한다. 즉 하드웨어와 소프트웨어 사이에 데이터가 일치 되도록 미세조정하고 카메라의 위치정보를 이용해 액터가 움직일 수 있는 범위 (x, y, z)를 지정하는 것이다.

KBS의 다큐멘터리인 <몽골리안 루트>를 보면 전속력으로 말을 타고 달리는 장면이나, 기수가 탄 말이 앞 말을 높이 쳐드는 장면에서 연출의 어려움이 있었다. 말은 주위 환경에 매우 민감한 동물로 알려져 있어, 조명과 모션캡처 장비, 스텝 등이 말에게 스트레스를 주는 요인으로 작용하여 말의 움직임에 좋지 않은 영향을 주었다.[3] 또한 영화 <킹콩>의 모션캡처 영상 장면을 보면 고릴라 캐릭터의 연기를 위해 엔디 서키스는 고릴라의 행동습성을 세밀히 관찰하여 움직임을 표현하고 있다. 킹콩의 움직임을 사실적으로 표현해내는 것은 복잡한 기술을 요

하는 고난이도의 작업으로 엔디 서키스는 영화 <킹콩>의 촬영에 앞서 천연의 야생 고릴라를 관찰하기 위해 권위 있는 영장류 동물학자와 함께 르완다까지 날아갔고, 고릴라의 습성과 행동 양식뿐 아니라 심지어 17가지에 달하는 고릴라의 발성법까지 훈련하였다. 이러한 엔디 서키스의 연기는 킹콩의 자연스런 움직임을 얻기 위해 액터의 형태를 킹콩의 형태 및 움직임의 조건에 맞추어 모션캡처 기술을 진행하였다. 즉 모션캡처는 사람이 하고 보여주는 것은 킹콩이므로 골격이나 피부 행동 습성 등 캐릭터의 무게중심의 차이로 인하여 어색한 부분이 발생할 수 있다. 이러한 점은 킹콩의 골격구조에 맞게 액터를 변형하고 모션캡처시 액터가 캐릭터 비율에 맞추어 작업하면 효과적인 데이터를 얻을 수 있다. 현재는 액터의 움직임을 모션캡처 데이터를 활용한 인 하우스 프로그램을 자체 제작하여 사용하는 빈도가 늘어나고 있다.[8]

액터가 모션캡처를 실시하기 전에 반드시 리허설을 한다. 만약 댄서의 경우 리허설은 몸뚱기와 동시에 디렉터는 댄서에게 실제 보다 약간 과장되고 강한 동작을 요구할 수 있기 때문이다. 또한 <리니지 에피소드 4>의 애니메이션에서 모션캡처 촬영시 액팅이나 긴장감은 디지털 신호로 변환할 때 50%이상 감소했다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 전체 액션 장면의 액션 리허설을 구체적으로 기획하고 준비해 촬영하였다. 즉, 모션캡처를 하기 전에 모든 장면을 촬영 및 편집하여 모션캡처시 발생할 수 있는 에러를 최소화하기 위한 작업을 함으로써 이 촬영 본을 바탕으로 모션캡처를 실시하고 모션캡처데이터의 수정기준을 삼았다. 각 애니메이터들은 관련 컷에 대한 동작 촬영 본을 보며 수정 및 가공해 연출의도에 맞는 효과적인 작업을 할 수 있었으며, 또한 특정 캐릭터(주연급)의 다양한 동작 구성을 위해 감정이입에 따른 동작 타입을 나누고 촬영을 실시하여 각 캐릭터들의 연기에 개성을 주며 작업하였다고 한다. 즉 사전 리허설을 통해 액터의 움직임을 예측하여 제작과정상 시행착오를 줄여 보다 효과적인 동작표현을 유도해 내고 있는 것이다.[6][9]

영화 <신밧드 2000>의 사례에서 모든 요소를 동시에 작동시키고 통합하는 데 있어 합리적인 방법이 결여되어 제작스케줄이 연장되는 결과로 나타났다. 이와 같이 모션캡처 영상은 보통 모션캡처 단독으로 영상을 표현하는 경우보다는, 모션캡처와 키 프레임 또는 Procedural 기법이 결합된 형태로 각각의 장점을 살려 서로 보완하면서 최종 영상물이 만들어지므로 사전에 통합적인 시스템으로 계획하여 어느 부분 얼마의 비율로 제작할 것인지 철저한 계획을 세워 진행한다.[3]

KBS 다큐멘터리 <몽골리안 루트>의 예에서 광학식 모션캡처 장비의 경우 카메라가 마커를 추적할 수 있는 일정한 범위 안에서만 모션캡처 할 수 있으므로, 기수와 말이 함께 마커를 부착한 상태로 모션캡처가 가능한 사각 구역을 계속 달려가

게 하여 모션을 캡처할 수 있었다. <리니지 에피소드 4>의 모션캡처의 경우 기존 스튜디오보다 큰 규모의 스튜디오에서 20대의 카메라를 설치해 모션캡처가 이루어졌지만 실제 촬영할 수 있는 높이는 3.5m를 넘을 수 없어 와이어를 몸에 감고 액션을 취하기 위해 위로 날아다니거나 덤블링 등을 할 경우 4~5m 이상 되어 결국 재촬영하는 경우가 많았다. 이와 같이 동물 모션캡처나 하늘을 날아다니는 장면 등 모션캡처에서는 충분히 넓은 공간이 필요하다. 외국의 경우 비행기 경납 크기의 스튜디오에서 코끼리, 말, 시슴, 원숭이 등 국내에서 드문 동물의 움직임을 캡처한 경험이 있다. 대표적인 예로 영화 <반지의제왕 3>에서 필렌노르의 전투장면의 수많은 디지털말을 표현하는 군중시물레이션의 경우 말이 자연스럽게 동작할 수 있는 넓은 공간에서 모션캡처가 이루어졌다. 따라서 모션캡처 디렉터는 캡처 공간의 크기와 카메라 배치를 액터의 움직임 특성에 따라 조정 할 줄 알아야 한다.[3][11]

현재 광학식 모션캡처시스템은 여러 명을 동시에 캡처할 수도 있게 되었지만 이 또한 많은 문제점을 지니고 있다. 예를 들어 여러 명을 모션캡처 할 경우 서로 부딪치거나 엇갈리는 상황에서 데이터가 끊어져 많은 시간을 모션 에디팅에 할애해야만 한다. 따라서 아트디렉터는 사전에 전반적인 모션캡처 과정에 대해 좀더 세밀한 계획을 세워야 한다.

아트디렉터는 창조적이고 기술적인 면에서 충분한 사전지식을 갖추어야 한다. 즉 애니메이션과 모션캡처 기술뿐만 아니라 전기, 기계, 카메라, 캐릭터의 움직임 등 전반적인 지식을 갖추어야 한다. 이와 같은 경우 사소한 기술적인 문제가 전체 데이터 품질에 큰 영향을 미칠 수 있으므로 전반적인 기술적 기초가 반드시 필요하다. 아울러 아트디렉터는 서로 다른 다양한 사람들이 작업에 관여하기 때문에 서로간의 목적을 조율하여 한 방향으로 작업을 이끌어나가고 전반적인 모션캡처 과정을 액터나 스태프에게 설명하여야 한다.[3]

5.2 본 단계(Main-process)

모션캡처를 하는 동안에 전형적인 문제들로 전문액터의 부족과 마커들을 재배치하는 것 등을 들 수 있다. 스케일이 큰 프로젝트인 영화 <신밧드 2000> 등에서 정확한 마커의 위치를 배치하는 것이 매우 어려워, 이로 인해 모션 데이터의 불일치가 야기되었다. 이 부분은 현장에서 매우 중요한부분이다. 마커를 부착하는 작업도 액터와 캐릭터의 움직임을 이해 할 수 있는 숙련된 아트디렉터에 의해 이루어져야만 모션데이터를 효과적으로 얻을 수 있다.[3]

디렉터는 전체적인 상황과 목적에 맞게 마커의 위치를 부착하여야 정확한 데이터를 얻을 수 있다. 예를 들어 팔이 중심이 되는 동작에서는 팔 부분에 마커를 추가해야 하는 것이다. 또한 과격한 춤이나 격투 등을 모션캡처할 경우 마커 부착(45~55

개)의 방법은 먼저 반사 마커의 부착위치를 캐릭터 움직임을 예측하여 적절히 선정할 필요가 있고, 특정 모션이나 댄스 및 힙합과 같은 과격한 동작들을 고려하여 연기자에게 불편을 주지 않는 방법도 고려하여야 한다. 이와 같이 복잡한 움직임이나 위험을 동반한 움직임을 모션캡처 할 경우에는 한번에 완전한 데이터를 뽑아낼 수 있는 경우가 드물기 때문에 동작을 따로따로 촬영한 후 나중에 하나로 합성하는 기법을 사용하는 것이 효율적이다.[9]

다양한 동작에서 액터의 실제 관절 위치와 캐릭터의 관절 위치가 최대한 일치되도록 미세한 조정을 반복한다. 모션캡처할 경우 움직임이 자연스럽게 못한 데이터의 문제는, 기본적으로 캡처한 마커 위치를 절대적인 기준으로 하여 뼈대 데이터를 추출하고 있기 때문이다. 먼저 마커를 액터에 부착할 때부터 어떻게 데이터를 처리하겠다는 것을 미리 전제하고 작업에 들어가야만 한다. 어색한 동작의 원인이 특정 마커의 부착 위치에 의한 오류라면 동작이 자연스러울 때까지 마커의 위치 데이터를 다른 마커와의 상호 관계를 참고로 하여 보정한다. 특히, 데이터 보정을 원활하게 하기위하여 다수의 마커를 사용하는 것이 유리하다. 또한 페이스(페이스) 모션캡처의 경우 영화 <킹콩>에서처럼 액터와 캐릭터 얼굴 사이에 형태적 차이로 인해 모션캡처를 시행한 후 특정 부위를 키 프레임 방법으로 캐릭터에 맞게 조정하여 작업하는 것이 더 효율적이다.[3]

5.3 후처리 단계(Post-process)

광학식 모션캡처시스템은 신체에 부착하는 마커들을 적외선 LED카메라가 반사 거리값을 산출하는 방식이기 때문에 바닥에 앉드리거나 다른 신체 부위로 마커가 가려지는 경우에 데이터를 얻어낼 수가 없다. 물론 복원은 가능하지만 엔지니어가 많은 교정 작업을 거쳐야 하는 번거로움이 있다. 따라서 가려지는 마커 부위 이외의 인접한 신체 부위에 마커를 추가해서 캡처하는 방법이 있다. 또한 마커가 겹치거나 꼬이는 문제에서 카메라는 모든 마커에 대한 계층 구조를 유지할 수 없으므로 에디터가 이 부분을 연결시켜 주거나, 자연스럽게 모션데이터 보정 작업을 함으로써 캐릭터가 실제 애니메이션을 수행하게 된다.[3]

게임분야 모션에디팅 과정에서 모션블렌딩(Motion Blending)²⁾은 복수의 모션이 서로 다른 관절운동을 표현하고

1) 작업 특성과 상품에 맞는 적절한 마커의 개수와 카메라 대수를 설치한다. 그리고 마커 부착은 꽤 신중하게 이뤄진다. 물론, 이미 매뉴얼화된 세팅값대로 마커를 부착하는데, (주)스페이스일루션은 권장 마커 수보다 많은 44개의 마커를 부착한다고 한다. 경우에 따라서는 54개까지도 부착할 경우가 있다고 하는데, 모션캡처팀 권오성팀장은 "그동안 총 300여 차례에 걸친 모션캡처 작업을 통해 저희 상품에 맞는 댄스 캐릭터에 필요한 나름대로의 적절한 개수를 찾는 것이죠"라고 한다. 물론 이것은 아이덴스에서 서비스하고 있는 댄스의 특성에 맞춰진 것이다. 월간 3D Artisan, 2005, 2월, p.40.

있을 때 이를 부분적으로 추출하고 합성하여 새로 만드는 기술을 말하는데 각각의 클립(clip)을 이어 연결하였을 때 부자연스런 연결이 될 수밖에 없다. 이 경우 조금씩 튀는 현상과 clip의 접합부분의 동작을 자연스럽게 연결하기 위하여 pose를 이용할 수 있다. pose는 애니메이션 되지 않은 정지된 동작을 말하며 이 pose를 연결하여 clip으로 만들어 사용한다. 그 외 조명 환경과 카메라 위치가 일반적인 영화나 애니메이션에 쓰이는 촬영 환경과는 다르다는 것을 항상 유념해야 한다.[7]

III. 결론

정보통신의 발전은 모션캡처 기술을 센서를 사용하지 않고 2차원 이미지를 촬영 분석하여 3차원 데이터를 추출하는 픽셀 트레이싱 기법으로 발전하고 있다. 이러한 모션캡처는 엔터테인먼트를 중심으로 활용빈도가 더욱 증가할 것으로 예상되며 이에 모션캡처를 활용한 영상 사례분석을 통하여 제작공정상 문제점과 해결방안에 대하여 모션캡처 단계별로 살펴보았다.

먼저 사전단계에서는 모션캡처의 설치와 사람이나 동물의 골격형태나 행동습성, 움직임 등을 사전에 숙지하고 사람의 의인화 캐릭터(예 : 키크 등)를 연기할 때도 위와 같은 특성은 물론 액터의 형태를 의인화 캐릭터 비율에 맞추어 모션캡처 하여야 하며 그 외, 액터의 사전리허설, 모션캡처 공간 등의 문제를 점검해야 한다. 본 단계에서는 액터에게 마커 부착시 프로젝트의 성격과 동작유형에 따른 마커 개수와 마커 부착위치, 그리고 카메라 개수를 디렉터는 유념해야 한다. 후처리 단계에서는 광학식 모션캡처의 경우 바닥에 엎드리거나 다른 신체 부위로 마커가 가려지는 경우에 데이터를 얻어낼 수가 없기 때문에 가려지는 마커 부위 이외의 인접한 신체 부위에 마커를 추가해서 캡처하는 방법이 있다. 그 외에도 통합 모션캡처시스템 구현, 모션캡처 전문인력(디렉터, 액터), 모션캡처 영상콘텐츠 시장 확대, 인간이나 동물의 동작 특성에 대한 세심한 관찰이 이루어져 보다 효과적인 모션캡처 디지털 영상을 제작할 수 있을 것이다.

■ 참고 문헌 ■

- [1] Alberto Menache, "Understanding Motion Capture for Computer Animation and Video Games", Morgan Kaufmann, 2000, pp.1-59
- [2] 문건필, "모션캡처 시스템의 운동학적 활용방안", 연세대 대학원 석사학위논문, p.28, 2000.

- [3] 이만우, "디지털 엔터테인먼트에 있어서 Motion Capture 기술을 활용한 효과적인 3D 캐릭터 애니메이션에 대한 연구", 명지대학교 산업대학원 석사학위논문 pp.110-124, 2001.
- [4] 이인호, 박찬중, "모션캡처 기술의 현황과 응용분야", 한국멀티미디어학회지 제3권 제1호 1999년 5월, pp.38-46
- [5] 이용희, "모션 캡처 시스템을 활용한 게임 캐릭터 애니메이션", 정보과학회지 제24권 제2호 2006년 2월, pp.56-62
- [6] 월간 그래픽스 라이브 2006, 3월호 p.112
- [7] 송선희, 김찬수, "3차원 동작데이터 재활용 모델에 관한 연구", 한국디지털디자인학회, 디지털디자인학연구 Vol.4, p.60
- [8] <http://www.graphicslive.co.kr>
- [9] <http://www.3dartisan.com>
- [10] <http://www.movist.com>
- [11] <http://www.cgland.com>
- [12] http://www.scanline.de/_r_d/Sheep.htm
- [13] <http://www.equinemechanics.com>
- [14] <http://www.ign.com>
- [15] <http://mgs3.bonusweb.cz>

2) 예를 들어 첫 번째 모션이 걷는 모션이고, 두 번째 모션이 오른손을 흔드는 모션일 경우 모션섞기(Motion Blending)하면 걸으면서 오른손을 흔드는 새로운 모션으로 합성되어 이론적으로 무한한 새로운 동작생성이 가능해 질 것이다.