creative commons

COMMONS DEED

저작자표시 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이차적 저작물을 작성할 수 있습니다.
- 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:

저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 이용허락규약(Legal Code)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

Disclaimer

dCollection

[UCI]I804:24011-200000263626

2013年 2月
碩士學位論文

다중 센서를 이용한 실사 인체 크기 검출에 관한 연구

朝鮮大學校 大學院
制御計測工學科
金 珉 玖

다중 센서를 이용한 실사 인체 크기 검출에 관한 연구

A Study on the detection of realistic human body size using multi-sensor

2013年　2月　25日

朝鮮大學校 大學院

制御計測工學科

金 珉 玖

다중 센서를 이용한 실사 인체 크기 검출에 관한 연구

指導敎授　潘　聲　範

이 論文을 工學 碩士學位申請 論文으로 提出함

2012年　10月

朝鮮大學校 大學院

制御計測工學科

金 珉 玖

金珉玖의 碩士學位 論文을 認准함

委員長　朝鮮大學校 敎授 崔 漢 秀 印

委　員　朝鮮大學校 敎授 趙 昌 鉉 印

委　員　朝鮮大學校 敎授 潘 聲 範 印

2012年　11月

朝鮮大學校 大學院

목 차

표목차 iii

도목차 iv

ABSTRACT vi

제 1 장 서 론 1

제 1 절 연구 배경 및 목적 1

제 2 절 연구 방법 2

제 2 장 모션 캡쳐 4

제 1 절 광학식 모션 캡쳐 시스템 4

제 2 절 자기식 모션 캡쳐 시스템 5

제 3 절 기계식 모션 캡쳐 시스템 6

제 4 절 하이브리드 모션 캡쳐 시스템 7

1. 단일 카메라와 동작센서를 이용한 모션 캡쳐 7

2. 다중 카메라를 이용한 마커 추적 9

제 3 장 실사 인체 크기 검출을 위한 모션 캡쳐 13

제 1 절 실사 인체 크기 검출 방법 13

제 2 절 키넥트 센서와 관성 센서 17

제 3 절 모션 데이터 분석 22

제 4 장 실험 결과 27

제 1 절 실험 환경 27

제 2 절 결과 분석 33

제 5 장 결 론 36

표 목 차

표 1. 키넥트 센서 규격 18
표 2. BVH파일 세부기능 23

도 목 차

그림 1. 최근 모션 캡쳐 활용분야의 예 1
그림 2. 광학식 모션 캡쳐 시스템을 이용한 말과 기수의 동작 분석 5
그림 3. 자기식 모션 캡쳐 시스템 6
그림 4. 기계식 모션 캡쳐 시스템 7
그림 5. 카메라가 측정하게 되는 마커의 예 8
그림 6. 동작센서 구조 8
그림 7. OpenGL을 이용한 팔 움직임 표현 9
그림 8. 마커 추적에서 발생하는 문제점 10
그림 9. 마커 인식 시스템 구성 11
그림 10. ARToolkit와 다중 카메라를 이용한 방법의 성능 비교 12
그림 11. 관성센서로 출력된 대상의 크기 비교 13
그림 12. 모션 캡쳐 데이터의 크기 비교 14
그림 13. 적응형 모션 데이터 검출 흐름도 15
그림 14. 실제 높이 검출 방법 16
그림 15. 라벨링(Labeling) 검출 원리 17
그림 16. 키넥트 센서 18
그림 17. 키넥트 센서를 이용한 관절 검출의 예 19
그림 18. 키넥트 센서를 이용한 관절 검출 위치 20
그림 19. Depth 카메라의 인식 범위 20
그림 20. E2box사의 Ebmotion kit 21
그림 22. E2Box에서 제공하는 EBMotionplayer 22
그림 22. Header section의 예 24
그림 23. Motion section의 예 25
그림 24. BVH파일 관절 모델링 26
그림 25. 관성 센서 부착 위치 27

그림 26. 다양한 실험 환경 모습 28
그림 27. Depth 카메라에서 거리별 인식 결과 29
그림 28. 키넥트 센서를 이용한 대상과의 거리 측정 30
그림 29. Depth 카메라의 영상처리 결과 31
그림 30. 키넥트 센서를 이용한 크기 검출 결과 32
그림 31. 모션 뷰어 프로그램을 이용한 크기 비교 33
그림 32. 제안한 방법에 대한 성능 분석 34

ABSTRACT

A Study on the detection of realistic human body size using multi-sensor

Kim, Min-Gu
Advisor : Prof. Pan, Sung Bum Ph.D.
Department of Control & Instrumentation,
Graduate School of Chosun University

Motion capture is a technology that measures the specific information such as location, speed and direction for movement of a target in 3D space, and analyzes and applies by recording it into the form that can be used in computer [1]. In recent years this motion capture technology has increased its application field including medical field and sport coaching system which helps the rehabilitation of the physically disabled as well as games, movies and animation. The motion capture method developed until now can be divided into the mechanical, optical and magnetic. However, the equipment price is expensive and it has the problem that the output size of virtual character from the motion capture system is output to a certain size that was assigned by the user without considering the actual size of the target. In the past, in order to apply the actual size of the target on the virtual character the user measured the length between each joint of the target manually. In order to solve this problem, the study that automatically measures the actual size of the target is needed.

In this paper, we used Kinect sensor and the inertial sensor that provides three-dimensional location information of each joint to measure the actual

size of the target automatically. Kinetic sensor is able to acquire real-time imagery information by providing both Depth images and color images of 30 frames per second. Inertial sensor is a 9-axis MEMS sensor consisting of 3-axis gyro sensor, 3-axis accelerometer sensor and 3-axis geomagnetic sensor. It has no constraint on the experimental environment with its wired and wireless communication manner and it can detect accurate motion capture data because the sensor is attached to the body of the target. Motion data files output from two sensors are BVH files and can be divided into Header section and Motion section. Header section provides the location information of each joint and Motion section provides the information of X, Y and Z axis direction of each joint. Therefore, by integrating Header section of BVH file output by detecting the actual size of the target from Kinect sensor and Motion section of BVH file output from inertial sensor, one BVH file was regenerated. As a result of experiment of two targets with different height in accordance with the proposed method, the same result with actual height was detected. Existing method has applied the size of the target to the virtual character by measuring manually, but now using Kinect sensor the motion data file can be output by measuring the actual size of the target automatically so it is expected to be able to apply to the virtual character.

제 1 장 서 론

제 1 절 연구 배경 및 목적

정보기술 및 문화기술의 발전과 더불어 근래에 들어 각광을 받고 있는 분야가 모션 캡쳐 분야이다. 모션 캡쳐 기술은 영화, 애니메이션, 게임 등과 같은 문화 산업뿐만 아니라, 의학, 군사, 스포츠 등의 산업분야에 적용되고 있는 활용도가 높은 기술이다[2]. 하드웨어 및 소프트웨어 정보기술의 발달로 움직임을 추적할 수 있는 다양한 모션 캡쳐 시스템이 개발되어, 이러한 장비들은 실제동작을 가상현실상에 사실감 있게 재현하는 것이 가능하게 되었다. 그러나 이러한 추세에도 불구하고 모션 캡쳐를 활용한 영화 및 애니메이션 등 영상물 제작에 있어, 모션 캡쳐 관련 전문인력의 부족, 경제적 부담, 기술적 문제 등 현실적으로 극복해야 할 여러 가지 문제점들이 대두되고 있다[3]. 또한, 모션 데이터의 변형 및 합성과 같은 동작 데이터 조작 기술은 기술적인 난이도가 높아서 현재까지 완성된 연구 결과가 드문 실정이다. 특히, 모션 캡쳐 부분에서 풀어야 할 가장 어려운 과제 중 하나는 사실적으로 자연스럽게 사람의 동작을 표현하는 것이다.

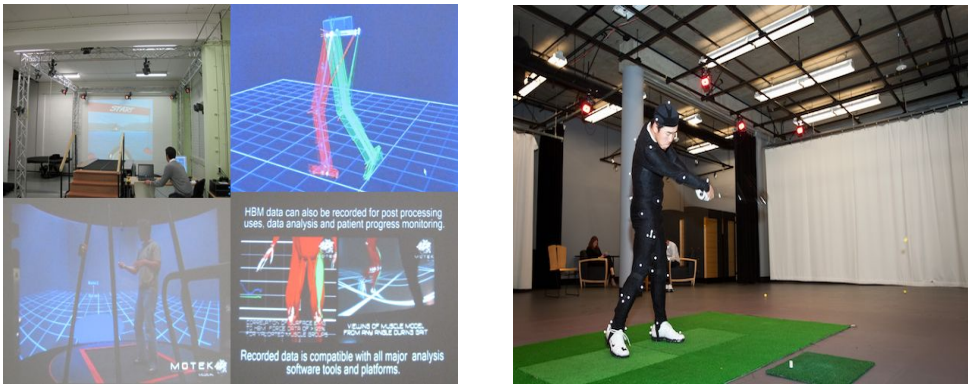


그림 1. 최근 모션 캡쳐 활용분야의 예

기존의 모션 캡쳐 시스템에서 출력된 모션 데이터의 경우 임의의 초기 관절 위

치값을 대입하기 때문에 실제 대상의 크기를 고려하지 않고, 같은 크기의 가상 캐릭터를 모델링하게 된다. 예를 들어, 어린이와 어른의 실제 크기는 크게 차이가 나지만 기존의 모션 캡쳐 장비를 이용하여 모션 캡쳐 할 경우 똑같은 크기로 검출되기 때문에 대상의 크기를 확인할 수 가 없다. 기존의 모션 캡쳐 시스템에서는 실제 대상의 크기를 가상 캐릭터에 적용시키기 위해 각 관절간의 길이를 수작업으로 실측하였다[4]. 대상의 각 관절간의 실제 크기를 자동으로 검출하는 연구가 필요하다.

제 2 절 연구 방법

기존의 모션 캡쳐 시스템에서 출력되는 모션 캡쳐 데이터의 경우 관절 위치값에 임의의 관절 위치값을 대입하기 때문에 실제 대상의 크기를 고려하지 않은 가상의 캐릭터를 모델링하게 된다. 따라서 대상과 가상 캐릭터의 신체 부위 크기가 다를 경우 대상의 움직임으로부터 얻어진 모션 캡쳐 데이터를 가상의 캐릭터에 적용하기 어려운 문제점이 발생한다[5,6].

본 연구에서는 키넥트 센서와 관성 센서에서 출력한 모션 데이터를 융합하여 대상과 가상 캐릭터의 신체 부위 크기가 다르게 출력되는 문제점을 해결하였다. 연구에 사용한 모션 데이터 파일은 Biovision 사의 BVH 파일이다. BVH 파일은 크게 Header section과 Motion section으로 나눌 수 있다[7]. Header section 정보는 각 관절의 위치정보를 가지고 있고 Motion section 정보는 각 관절에 대한 회전정보를 가지고 있다. 그러므로 본 연구에서는 키넥트 센서에서 출력한 Header section과 관성 센서에서 출력한 Motion section을 통합하여 하나의 모션 데이터 파일로 재생성하는 방법이다. 대상의 실제 크기를 검출하기 위해서는 먼저 대상과 배경을 구분하여 대상을 검출해야 한다. 구분하는 방법으로는 키넥트 센서의 Depth 카메라에서 출력되는 영상을 이진화 영상으로 변환하고 라벨링(Labeling) 처리를 통해 대상과 배경을 구분하였다. 구분한 대상의 크기 검출 방법에는 삼각함수의 특징을 이용하였다. 사전에 키넥트 센서의 Depth 카메라 시야각, 해상도 및

대상간의 거리를 알 수 있다. 먼저 절반으로 나눈 Depth 카메라의 시야각을 삼각함수로 계산하여 Depth 카메라와 대상간의 거리를 곱하게 되면 대상과 Depth 카메라간의 직교한 높이를 구할 수 있다. 직교한 높이를 Depth 카메라의 수직 해상도 절반인 120으로 나누게 되면 한 픽셀이 갖는 실제 크기를 검출할 수 있다. Depth 카메라에서 출력된 영상의 한 픽셀이 갖는 실제 크기와 라벨링 처리를 통해 출력한 대상의 픽셀 개수를 곱하여 대상의 인체 크기를 검출할 수 있다. 본 논문의 실험에 사용된 키넥트 센서의 해상도는 320×240이고, 키가 다른 두 실험자를 대상으로 실험을 진행하였다. 실험결과 키가 다른 두 실험자의 실제 크기를 자동적으로 검출하였고, 검출한 모션 데이터 파일을 모션 뷰어 프로그램인 Bvhacker로 확인한 결과 가상 캐릭터에 적용이 가능함을 확인하였다.

논문의 구성은 2장에서 기존의 모션 캡쳐 시스템의 특징 및 장·단점에 대해 기술하고, 3장에서는 본 논문에서 제안한 실사 인체 크기 검출 방법 및 실험에 사용된 모션 캡쳐 장비에 대해 설명한다. 실험 환경 및 결과를 4장에 분석하고 끝으로 5장에서 결론 및 향후 연구 방향에 대하여 설명한다.

제 2 장 모션 캡쳐

모션 캡쳐란 사람이나 동물과 같은 생물, 또는 기계 등과 같은 물체들에 대한 관찰 대상을 정하고, 그 대상의 위치, 속도, 방향 등의 정보들을 측정, 분석 및 응용하는 것을 말한다[8]. 이 장에서는 기존 모션 캡쳐 방법 및 특징에 대해 소개한다. 또한, 각각의 모션 캡쳐 장비에 장 · 단점등을 설명한다.

제 1 절 광학식 모션 캡쳐 시스템

광학식 모션 캡쳐 시스템은 인체의 각 관절 부위에 캡쳐 센서를 붙이게 되어있다. 즉, 이 시스템은 연기자의 몸에 부착된 캡쳐센서로부터 정보를 읽어 들이는 카메라를 설치하고, 이 센서들이 2차원 위치를 제공하면. 모션 캡쳐 소프트웨어가 움직임을 3차원으로 추적하여 모션을 캡쳐하는 방식이다.

광학식 모션 캡쳐 시스템은 동작에 제한이 없어 자연스러운 동작을 캡쳐 할 수 있을 뿐만 아니라 2명 이상이 연기할 경우 편리하다. 또한 카메라는 초당 120~175 프레임을 촬영할 수 있어 손실되는 동작이 거의 없으므로, 스포츠 선수의 동작과 같이 매우 빠른 움직임 등을 캡쳐할 때 유용하다.

그러나 광학식 모션 캡쳐 시스템은 몇 가지 문제점을 가지고 있다. 사전에 많은 준비 작업을 필요로 하고, 시스템은 유지 및 보수가 어렵고 장비의 가격이 다른 모션 캡쳐 시스템에 비해 고가이다. 정확한 모션 캡쳐 데이터를 출력하기 위해 여러 대의 카메라를 대상의 주위에 설치해야하기 때문에 넓은 모션캡쳐 전용 스튜디오가 필요하고, 미리 캡쳐된 동작외에 다른 동작을 필요로 할 경우 이를 해결하지 못한다. 또한, 연기자몸에 부착되어 있는 센서들이 카메라로부터 숨어 데이터가 손실되고,햇빛에 민감하여 데이터의 오류가 발생할 수 있다. 따라서 정확한 데이터를 얻기 위한 후처리 작업이 필수적이다[9]. 사용되는 제품으로는 Motion Analysis 사의 Eagle System,Vicon사의 Vicon System 등이 있다[10,11].

그림 2. 광학식 모션 캡쳐 시스템을 이용한 말과 기수의 동작 분석

제 2 절 자기식 모션 캡쳐 시스템

자기식 모션 캡쳐 시스템은 연기자의 각 관절 부위에 자기장을 계측할 수 있는 센서를 부착하고 자기장 발생장치 근처에서 연기자가 움직일 때 각 센서에서 측정하는 자기장의 변화를 다시 공간적인 변화량으로 계산하여 움직임을 측정하는 방식이다. 자기식 모션 캡쳐 시스템은 주변에서 자기장에 변화를 줄 물체만 없다면, 센서만 연기자에게 부착하면 되기 때문에 준비과정이 간단하고 기계식 방식에 비해서 자연스러운 동작을 획득할 수 있으며, 광학식에 비해 가격이 저렴하다.

그러나 센서 본체와 연결되는 케이블을 몸에 두르고 있어야 하기 때문에 움직임에 제약이 많고 광학식 장비에 비해 정밀도가 떨어지며 캡쳐영역이 협소하다는 단점을 가지고 있다. 이러한 단점을 보완하기 위해서 최근에는 무선시스템을 개발하였으나 송신기를 부착해야하기 때문에 자연스러운 모션을 취득하기에는 여전히 무리가 있다.

사용되는 제품으로는 Polhemustk의 Star Frack, Ascension사의 Motion Star Wireless 등이 있다[12,13].

그림 3. 자기식 모션 캡쳐 시스템

제 3 절 기계식 모션 캡쳐 시스템

기계식 모션 캡쳐 시스템은 연기자의 관절 움직임을 측정하기 위한 간단한 on/off 형태의 동작 감지 시스템과 복잡한 동작 추적 시스템을 포함하고 있다. 이 시스템은 자기식 방식에서 발생하는 자기장의 영향으로 인한 잡음이나 광학식 방식에서 발생하는 빛의 반사로 인한 잡음 등과 같은 외부에서 발생하는 문제점의 영향을 받지 않는다. 또한 기계식 모션 캡쳐 시스템은 기계장치가 몸에 직접 부착되므로 준비과정이 거의 필요 없고, 비교적 잡음이 적은 정확한 모션 데이터를 획득 할 수 있다. 무엇보다도 사용 환경에 대한 제약이 없고 장비의 가격이 가장 저렴하다는 것이 큰 장점이다[14].

그러나 연기자는 큰 부담이 되는 기계장치를 몸에 부착해야 하기 때문에 움직임에 있어 자연스러운 동작을 연출할 수 없고, 기계 장치가 연기자의 각 관절에 얼마나 정확하게 위치했는지에 따라 정확도가 달라진다.

사용되는 제품으로는 Analogues사의 Gypsy, Motion Technology사의 Xtra, X-ist사의 Full Body Tracker 등이 있다[15,16,17].

그림 4. 기계식 모션 캡쳐 시스템

제 4 절 하이브리드 모션 캡쳐 시스템

최근에는 광학식 모션 캡쳐 시스템의 단점을 보완하는 하이브리드 방법이 제안되기도 한다. 이 방법은 저가형 모션 캡쳐 시스템을 목표로 PSD(Position Sensitive Detector) 센서를 이용하며, 스테레오 카메라 대신 마커(Marker)를 스테레오로 사용하여 3차원 공간상의 위치를 측정하는 방법이다. 마커를 사용하여 광학식 방식과 유사하지만 보다 간편하게 변형된 형태로 볼 수 있다[18].

1. 단일 카메라와 동작센서를 이용한 모션 캡쳐

기존의 광학식 모션 캡쳐 시스템은 마커들 간의 간섭이나 복잡한 시스템 설치 등의 문제점이 발생하였다. 따라서 이러한 문제점을 해결하기 위해 2차원 위치정보를 검출하는 단일 카메라와 특정 관절부위의 방향정보를 검출하는 가속도센서, 자이로 센서로 구성된 동작센서를 융합하여 간편한 모션 캡쳐 기술에 대한 연구가 진행되고 있다[19]. 연구되고 있는 모션 캡쳐 시스템의 방법은 크게 두 부분으로 구분할 수 있다. 단일 카메라를 이용한 영상처리 부분과 가속도 센서와 자이로 센

서를 융합한 동작센서모듈 부분이다. 광학식 모션 캡쳐 시스템과 똑같이 검출하고자 하는 관절부위에 마커를 부착하게 된다. 예를 들어 그림 5와 같이 팔의 경우 어깨 부분과 팔목 부분에 마커를 부착한다. 따라서 단일 카메라를 이용하여 마커의 움직임을 측정하여 관절의 위치를 검출 할 수 있다.

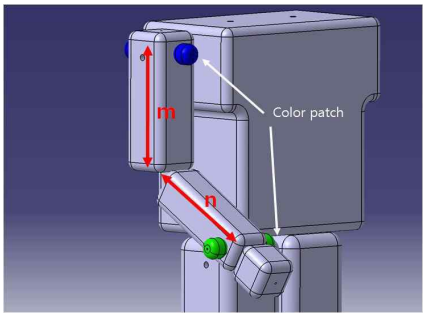


그림 5. 카메라가 측정하는 마커의 예

그러나 단일 카메라이기 때문에 각 마커의 위치는 카메라의 방향과 수직하는 평면의 2차원 정보만 출력하게 된다. 그러므로 3차원 정보를 알기 위해서는 카메라와 수직한 방향의 깊이 정보가 필요하게 되는데 이는 그림 6과 같은 구조의 동작센서를 이용한다.

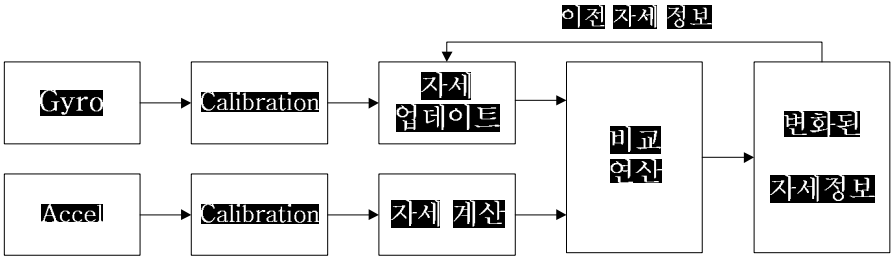


그림 6. 동작센서 구조

동작센서는 상체를 측정하기 위해 5개의 센서를 사용한다. 위치 측정의 기준이 되는 몸통에 1개를 부착하고 양팔의 어깨와 팔목에 하나씩 설치하여 Roll, Pitch,

Yaw의 값으로 표현한다. 이 정보를 이용하여 팔꿈치의 관절의 위치를 추정할 수 있다.

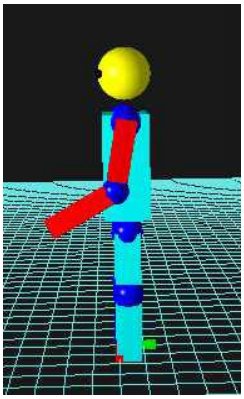


그림 7. OpenGL을 이용한 팔 움직임 표현

단일 카메라와 동작 센서에서 검출한 정보를 융합하여 그림 7과 같이 OpenGL을 이용하여 3D로 사람형태를 그래픽스로 재연하였다. 이에 단일 카메라와 동작센서를 이용하여 기존의 광학식 모션 캡쳐 시스템의 문제점인 시스템 설치의 복잡성 및 마커들간의 간섭으로 인한 잡음을 해결하였다. 그러나 카메라의 한계로 인해 입력되는 영상의 속도에 따른 시간 차이가 발생하고 이 차이가 누적되면서 인식오차가 발생하는 단점이 있다. 또한 카메라로부터 색상마커가 손실될 경우, 위치정보를 검출하지 못하므로 움직임에 많은 제약이 발생한다.

2. 다중 카메라를 이용한 마커 추적

모션 캡쳐 분야에서 특히 수동형 마커 방식을 사용하는 모션 캡쳐 시스템에서 발생하는 문제점 중 하나로 마커 스와핑(Marker swapping)라는 문제점이 있다. 마커 스와핑이란 마커를 추적하는 과정에서 마커의 위치가 바뀌는 것으로 그림 8과 같다[20]. 그림 8(a)와 같이 카메라가 각각 적색과 청생의 마커를 추적하는 도중에 손가락을 뒤집는 경우에 마커의 위치를 혼동하여 적색과 청색을 제대로 추적하지 못하게 되는 것을 확인할 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 기존에는

LED 마커를 이용하지만 마커 크기, 무게 그리고 전원공급의 문제 등에 의해서 널리 사용되지 못한다.

(a) 마커 스와핑의 예

(b) 정상적인 마커 추적

그림 8. 마커 추적에서 발생하는 문제점

최근 연구되고 있는 방법으로는 일반 카메라와 적외선 카메라를 동시에 사용하는 마커 추적 방식이 있다[21]. 기존의 단일 카메라을 이용한 방식의 경우 마커의 모양이나 색상을 구분할 수 있어 마커 스와핑 문제를 해결할 수 있지만, 마커의 크기가 작은 경우에는 인식률이 현저히 저하되고, 마커의 개수가 증가하면 계산량 또한 증가한다는 문제점이 있다. 따라서 일반 카메라와 적외선 카메라를 동시에 사용하는 다중 카메라 방식은 마커 스와핑이 발생하지 않은 경우 빠른 시간 내에 마커를 인식하여 부착된 관절의 위치정보를 빠른 시간 내에 검출할 수 있고, 또한 마커 스와핑이 발생하는 경우 다중 카메라에서 검출한 정보를 이용하여 마커 스와핑을 방지하고 계산량도 감소할 수 있다. 마커 추적을 이용한 모션 캡쳐 시스템 설계는 그림 9와 같다.

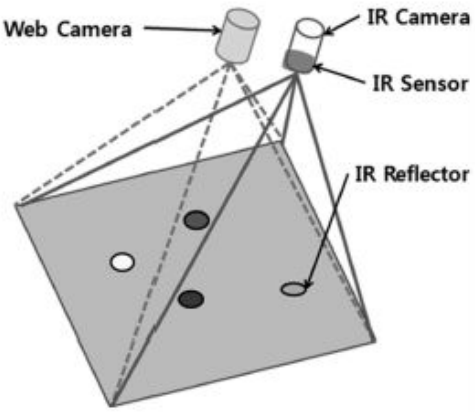


그림 9. 마커 인식 시스템 구성

먼저 마커의 위치를 찾기 위해 적외선 카메라로부터 적외선 영역의 영상을 입력받는다. 입력된 영상은 빛의 세기 및 반사물질의 영향에 따라 잡음이 발생하므로 임계수치를 결정하여 잡음을 감소한 후 이진화 처리를 한다. 이진화 처리된 영상의 마커들은 라벨링을 수행하여 독립된 객체로 인식하여 좌표를 구분한다. 구분한 마커들의 중심점을 구하면 각 마커의 위치정보를 검출할 수 있고, 적외선 카메라로부터 검출한 마커와 마커의 위치정보를 리스트 형태로 기록한다. 다음으로 구분한 마커를 일반 카메라 영상과 매칭을 한다. 이와 같은 과정을 거쳐서 획득한 좌표와 컬러 속성을 이용하여 식별이 가능한 마커들을 추적할 수 있다. 이때 적외선 카메라와 일반 카메라가 동일한 영역을 촬영하고 있어야 하지만, 카메라의 촬영범위 및 렌즈에 따른 영상왜곡, 그리고 실험 환경에서 카메라가 일렬로 설치된 상태이므로 정확하게 동일한 영역을 촬영하기는 어렵다. 일반 카메라의 영역을 보정하는 과정이 필요하게 되는데, 이러한 과정은 영상 회전 및 확대와 같은 영상처리를 이용하여 동일한 공간을 매칭할 수 있도록 카메라 파라미터를 조정하는 방식을 사용하였다.

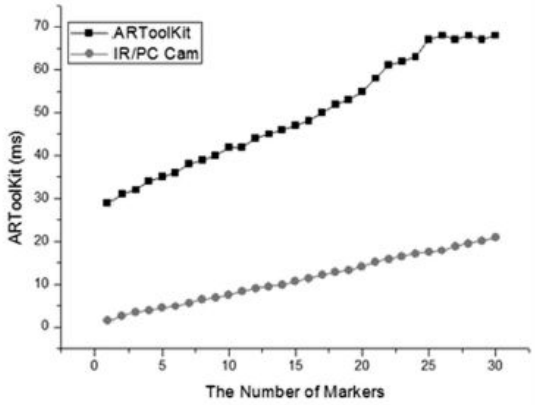


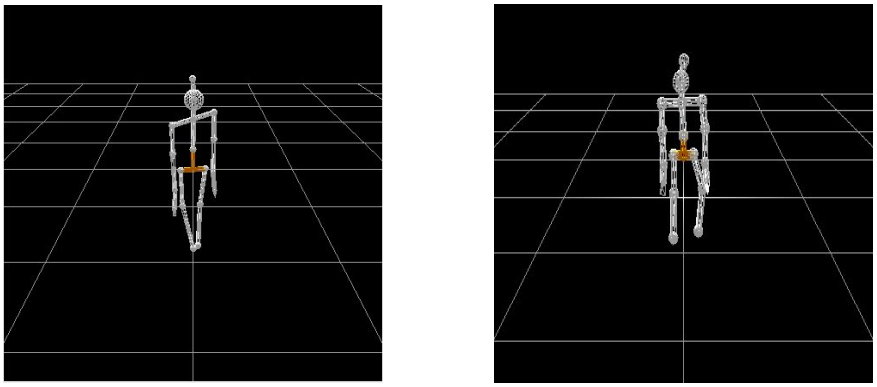
그림 10. ARToolkit와 다중 카메라를 이용한 방법의 성능 비교

HitLab에서 개발한 영상인식의 패턴 매칭을 이용하여 모션 캡쳐하는 방법인 ARToolkit와 비교 실험하였다. 그림 10에서 보는 바와 같이 ARToolkit는 마커의 개수가 증가함에 따라 수행시간이 늘어나는 것을 확인할 수 있다. 따라서 마커 추적하는 방법이 ARToolkit에서 영상처리 하는 과정보다 간단하기 때문에 마커의 개수가 늘어도 실시간으로 모션 캡쳐가 가능하다[22]. 따라서 기존의 일반 카메라를 이용하여 마커를 인식하는 경우, 발생하는 마커가 늘어날수록 계산량이 증가하는 문제점을 보완하고, 또한 적외선 카메라와 함께 사용하므로 마커 스와핑 문제도 해결할 수 있다. 그러나 현재는 2차원 영상에서 대상에 부착된 마커 추적을 하여, 3차원 모션 캡쳐가 불가능하고, 또한 카메라로부터 마커가 손실될 경우 관절의 위치정보를 검출하지 못하므로 정확한 모션 캡쳐가 어렵다는 문제점이 있다.

제 3 장 실사 인체 크기 검출을 위한 모션 캡쳐

제 1 절 실사 인체 크기 검출 방법

기존의 모션 캡쳐 시스템으로부터 출력된 모션 데이터는 임의의 관절 위치값을 대입하기 때문에 실제 대상의 크기를 고려하지 않고 모두 같은 크기로 모델링하는 문제점이 있다. 예를 들어 어른과 아이의 실제 크기에서는 큰 차이가 나지만, 기존의 모션 캡쳐 시스템을 사용할 경우 차이를 표현하지 못하고 사용자가 설정해놓은 임의값으로 출력한다. 대상의 각 관절의 실제 크기를 측정하기 위해 기존의 모션 캡쳐 시스템은 수작업으로 측정하여 가상 캐릭터에 적용시켰다[4].



(a) 실험자 A　　(b) 실험자 B

그림 11. 관성센서로 출력된 대상의 크기 비교

그림 11은 키가 다른 두 실험자에게 관성센서를 부착하여 모션 캡쳐한 그림이다. 키가 다른 두 실험자에게 모션 캡쳐를 할 경우, 동일한 크기로 두 실험자의 차이가 나타나지 않고 같은 크기로 출력한다. 두 실험자의 크기를 수치적으로 확인하기 위해 관성 센서로부터 출력된 모션 데이터 파일인 BVH 파일을 분석하였다.

```
HIERARCHY
ROOT Hips
{
	OFFSET 0.000000 50.000000 0.000000
	CHANNELS 6 Xposition Yposition Zposition Zrotation Xrotation Yrotation
	JOINT Chest
	{
		OFFSET 0.000000 9.600000 0.000000
		CHANNELS 3 Zrotation Xrotation Yrotation
		JOINT Neck
		{
			OFFSET 0.000000 16.000000 0.000000
			CHANNELS 3 Zrotation Xrotation Yrotation
			JOINT Head
			{
				OFFSET 0.000000 9.600000 0.000000
				CHANNELS 3 Zrotation Xrotation Yrotation
				End Site
				{
					OFFSET 0.000000 9.600000 0.000000
				}
			}
		}
```

(a) 실험자 A의 모션 캡쳐 데이터의 예

```
HIERARCHY
ROOT Hips
{
	OFFSET 0.000000 50.000000 0.000000
	CHANNELS 6 Xposition Yposition Zposition Zrotation Xrotation Yrotation
	JOINT Chest
	{
		OFFSET 0.000000 9.600000 0.000000
		CHANNELS 3 Zrotation Xrotation Yrotation
		JOINT Neck
		{
			OFFSET 0.000000 16.000000 0.000000
			CHANNELS 3 Zrotation Xrotation Yrotation
			JOINT Head
			{
				OFFSET 0.000000 9.600000 0.000000
				CHANNELS 3 Zrotation Xrotation Yrotation
				End Site
				{
					OFFSET 0.000000 9.600000 0.000000
				}
			}
		}
```

(b) 실험자 B의 모션 캡쳐 데이터의 예

그림 12. 모션 캡쳐 데이터의 크기 비교

그림 12는 키가 다른 두 실험자의 BVH 파일 Header section으로 OFFSET은 X, Y, Z축의 순서로 각 관절의 위치값을 의미한다. 그림 12(a), (b)의 OFFSET을 비교하였을 때, X, Y, Z축이 같은 크기임을 확인할 수 있다.

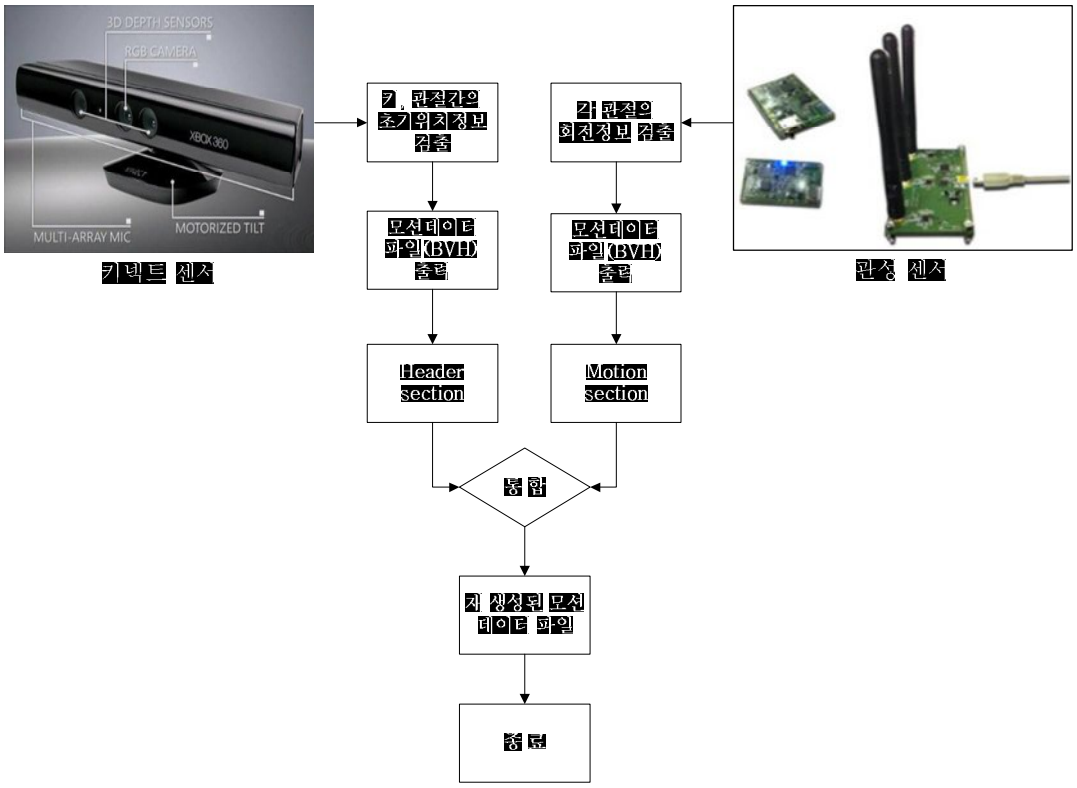


그림 13. 적응형 모션 데이터 검출 흐름도

그러므로 본 논문에서는 키넥트 센서와 관성 센서를 이용하여 대상의 실제 크기를 검출하는 적응형 모션 데이터 검출 방법을 제안한다. 제안하는 방법은 그림13과 같은 흐름도로 진행된다. 먼저 관성 센서를 대상의 몸에 부착한 후, 키넥트 센센서부터 대상의 크기에 대해 검출한다. 각 센서에서 검출된 정보는 모션 데이터 파일인 BVH 파일로 출력한다. 키넥트 센서에서 출력한 BVH 파일은 대상의 크기 정보를 사용하기 때문에 Header section을 검출하고, 관성 센서에서 출력한 BVH 파일은 각 관절의 회전정보를 사용하기 때문에 Motion section을 검출한다. 각 센서에서 검출된 Header section과 Motion section을 하나의 BVH 파일로 통합하여 재 생성한다.

대상의 실제 크기를 검출하기 위해 Depth 카메라의 시야각, 해상도 및 대상과의 거리가 필요하다. Depth 카메라의 시야각, 해상도의 경우 키넥트 센서의 규격에

정의되어 있다. 대상과 키넥트 센서간의 거리는 IR Project에서 송출된 무수한 점들이 대상으로부터 반사되어 IR 카메라로 돌아오는 것을 인식하여 측정한다. 이러한 정보들을 이용하여 그림 14와 같이 나타낼 수 있다.

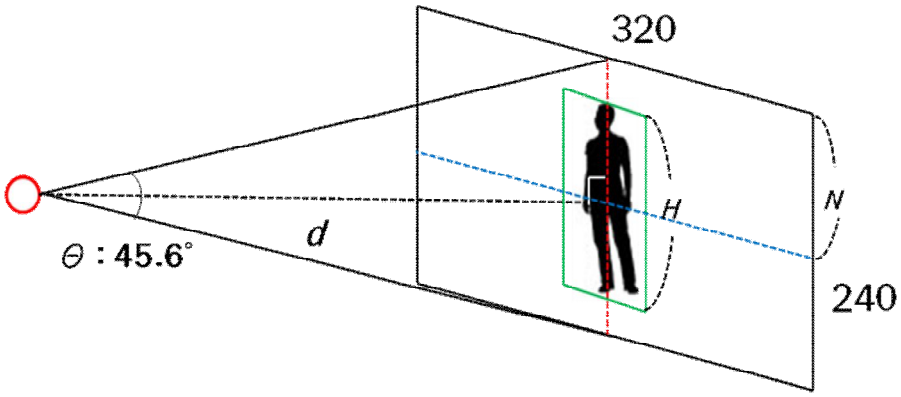


그림 14. 실제 키 검출 방법

대상과 키넥트간의 거리를 d 라 하고, 시야각을 θ 라 할 때 키넥트와 직교된 높이 N을 검출하기 위해 식 (1)를 이용하여 구할 수 있다.

$$N = d \times \{\tan(\frac{\theta}{2})\} \qquad (1)$$

Depth 카메라 해상도가 320×240이므로 구해진 높이 N 을 Y축의 해상도의 절반인 120으로 나누게 되면 한 픽셀의 실제 높이 P(cm/pixel)을 구한다. 다음으로 Depth 카메라의 출력된 영상을 이진화 영상으로 변환하여 대상과 배경을 구분한다. 구분한 대상의 픽셀 개수 H를 검출하기 위해 그림 15와 같이 라벨링 처리를 한다. 라벨링은 인접한 화소에 모두 같은 번호를 붙이고 연결되지 않은 다른 성분에는 다른 번호를 붙이는 영상처리 방법으로 대상의 머리끝점부터 발끝점까지의 픽셀 개수를 검출할 수 있다. 검출된 한 픽셀이 갖는 실제 크기와 대상의 픽셀 개

수를 곱하여 대상의 실제 크기를 출력한다[23].

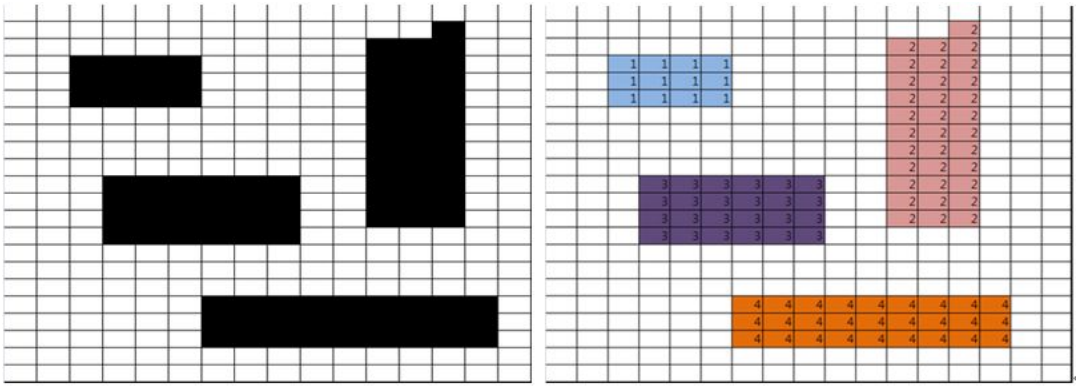


그림 15. 라벨링(Labeling) 검출 원리

출력된 높이와 관절간의 길이를 BVH 파일의 Header section에 대입하여 초기 위치 정보를 정한다. 끝으로 관성 센서를 이용하여 출력된 각 관절의 회전정보와 키넥트 센서에서 출력된 초기 위치 정보를 통합하여 모션 데이터 파일인 BVH 파일을 재생성한다.

제 2 절 키넥트 센서와 관성 센서

2010년 11월 마이크로소프트사에서 게임 디바이스의 새로운 입력장치로 키넥트 센서를 출시하였다. 키넥트 센서는 ‘키네틱(Kinetic)’과 ‘커넥트(Connect)’의 합성어로 사람의 동작을 인지하여 컴퓨터 시스템에 연결하는 장치를 의미한다. 기존에 키보드, 마우스, 조이스틱 같은 입력장치를 떠나서 사람의 움직임을 실시간으로 감지하고 게임 컨텐츠에 연결하는 새로운 게임 환경을 제공하였다. 이러한 새로운 인터페이스는 전세계적으로 관심을 받아 가장 짧은 시간에 많이 팔린 디바이스로 기네스북에 기록되어 있다[24].

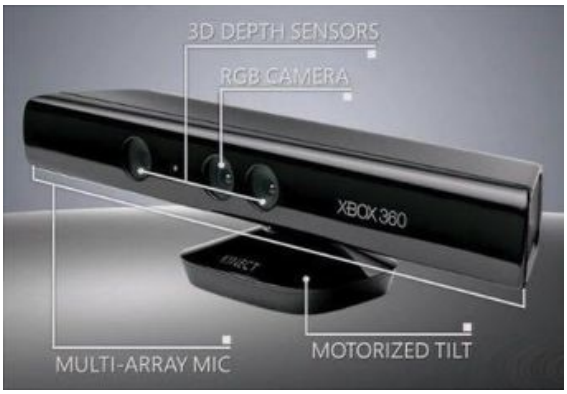


그림 16. 키넥트 센서

키넥트 센서를 다양한 분야에 적용하려는 시도로 마이크로소프트사는 2012년 2월, 게임 용도가 아닌 임베디드 디바이스에서 사용될 수 있는 상업용 버전인 Kinect for Window를 출시하였다. 이에 키넥트 센서는 로봇, 의료기기, 스포츠 분야 등 최신 IT 기기의 차세대 인터페이스로 주목 받고 있다[25].

표 1. 키넥트 센서 규격

키넥트 센서	설명
Viewing angle	RGB Camera: 수직 43˚ , 수평 57˚ Depth Camera: 수직 45.6˚ , 수평 58.5˚
Mechanized Tilt range (vertical)	±27˚
Frame rate (depth & color steam)	30Frame Per Second
Depth stream	VGA(320 × 240)
Color stream	VGA(640 × 480)
Audio format	16-kHz, 16-bit Mono PCM
Audio input characteristics	24-bit analog-to-digital converter(ADC)

키넥트 센서는 그림 16과 같이 RGB 카메라, 2개의 Depth 카메라, 4개의 마이크로폰 어레이 그리고 센서를 상하로 움직일 수 있도록 틸트 모터(Tilt motor) 등으로 구성되어 있고 키넥트 센서의 사양은 표 1에 나타내었다[26].

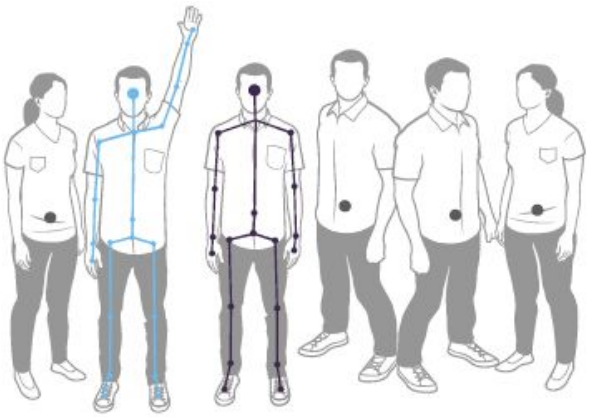


그림 17. 키넥트 센서를 이용한 관절 검출의 예

키넥트 센서는 RGB 영상 및 Depth 영상 외에 센서가 인식한 사람에 대한 관절 정보를 제공한다. 그림 17과 같이 키넥트 센서는 최대 6명을 동시에 인식하고 최대 2명에 대한 관절 정보를 동시에 제공한다. 인체를 구성하는 주요 관절 20개에 대한 관절 정보는 그림 18과 같다[27,28].

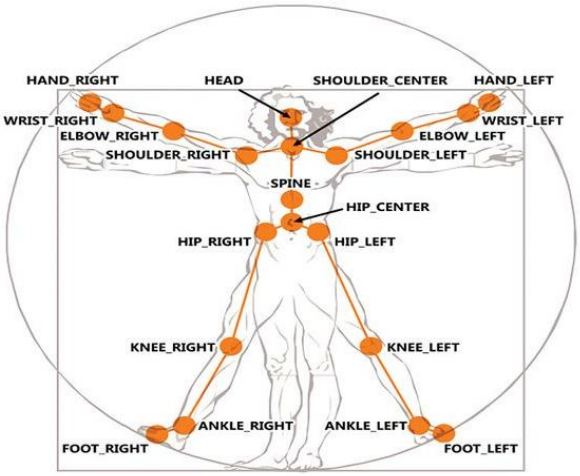


그림 18. 키넥트 센서를 이용한 관절 검출 위치

키넥트 센서의 인식 범위로는 그림 19와 같이 Default Range Mode와 Near Range Mode로 나눠져 있다. 키넥트 센서의 경우 영상내에 사람의 전신이 전부 검출이 되어야 비교적 정확한 관절 정보를 출력할 수 있다. 그러므로 본 논문에서의 실험은 Default Range Mode로 설정하여 모션 캡쳐 데이터를 출력하였다[29].

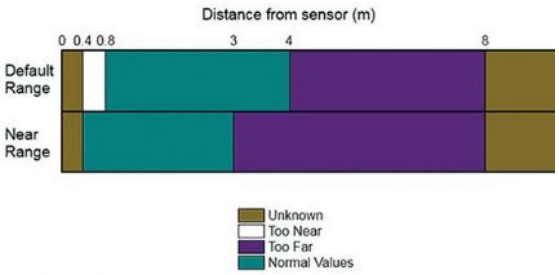


그림 19. Depth 카메라의 인식 범위

본 논문에서 사용된 관성 센서는 E2Box에서 개발한 Ebmotion kit라는 관성 센서로 사람의 몸에 부착하는 EBIMU24G 무선 센서와 센서로부터 정보를 읽어 들이는 EBRF24GCH 무선 수신기로 구성되어 있다. EBIMU24G 센서는 3축 자이로 센서, 3축 가속도 센서, 3축 지자기 센서가 융합된 9축 MEMS(Micro Electro-M

echanical Systems) 센서로 측정하고자 하는 각 관절 부위에 EBIMU24G 센서를 부착한다. 크기는 32mm×21mm의 초소형 사이즈로 Quaternion 과 EulerAngle 포맷이 출력 가능하다. EBRF24GCH는 2.4GHz 3채널 무선 수신기로 최대 18개의 센서에서 출력되는 데이터를 수신 가능하며 그림 20과 같이 100mm ×50mm 크기의 수신기이다[30].

그림 20. E2box사의 Ebmotion kit

Ebmotion kit 센서는 무선통신방식이며 장애물이 없을 때 통신가능 거리가 약 60m정도로 장소에 크게 제약을 받지 않는다. 또한 32mm×21mm의 작은 사이즈와 가벼운 무게의 센서를 연기자의 몸에 부착하기 때문에 동작이 자유롭고 장비의 가격은 다른 센서에 비해 저렴하다. 그러나 한 명의 모션 캡쳐 데이터를 얻을 경우 15개의 EBIMU24G 무선 센서가 필요하며, 2인 이상의 대상을 동시에 모션 캡쳐할 때에는 n*15개의 EBIMU24G 무선 센서와 EBRF24GCH 무선 수신기가 추가적으로 필요하다. 또한 머리, 손, 다리 등 중요 동작의 모션 캡쳐는 비교적 정밀하게 가능하지만 얼굴 표정과 같은 세밀한 근육의 움직임은 캡쳐가 불가능하다.

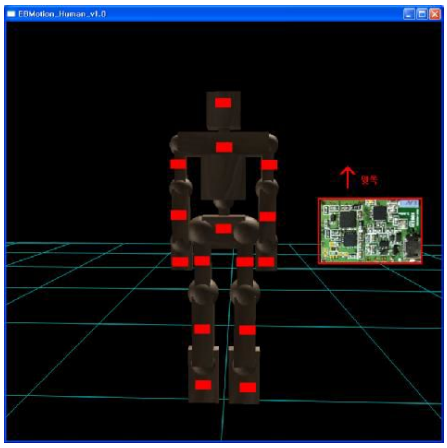


그림 21. E2Box에서 제공하는 EBMotionplayer

캡처된 영상은 파일로 저장되며, 이 저장된 파일은 E2box사에서 제공하는 EBMotionplayer를 통해 재생이 가능하다. 일반적인 모션 캡쳐 장비의 모션 캡쳐 데이터 파일 포맷인 BVH 파일 포맷으로 출력 할 수 있으며, 이를 Blender, 3d Max 등과 같은 3D 애니메이션 프로그램에 바로 적용할 수 있다.

제 3 절 모션 데이터 분석

모션 캡처 데이터는 사람의 움직임을 센서를 이용하여 획득한 데이터로 만들어진 것이다. 사람의 움직임을 그대로 획득하였기 때문에 다른 애니메이션 데이터 생성 방법에 비해 자연스러운 움직임으로 획득할 수 있다.

모션 캡쳐 데이터의 포맷은 모션 캡쳐 데이터의 처리 방법에 따라 Biovision사의 BVA, Biovision hierarchical사의 BVH, Biovision-Alias사의 ASK/SDL, Motionanalysis사의 HTR, Acclaim사의 ASF/AMC, Acclaim-Motion analysis사의 SKL/MOT 등으로 나뉜다[31,32,33].

본 연구에서는 Biovision사의 BVH 포맷을 사용하였다. Biovision사의 BVH 파일을 분석해 보면 앞부분에 Header section 부분인 각 계층구조의 정보가 나타나 있는 HIERARCHY 과 그 뒤에 모션의 정보인 프레임의 수와 프레임 당 시간을 정

의하고 뒷부분의 정보는 각 노드의 움직임의 위치와 회전정보를 갖는 Motion section으로 나뉜다. BVH 파일에 대한 자세한 기능은 표 2에서 기술한다.

표 2. BVH 파일 세부기능

Key word	Function	
HIERARCHY	-관절의 계층구조 정의를 선언	Start
JOINT	-OFFSET, CHANNELS(회전) 요소를 포함 -하나 이상의 JOINT, End의 하위 노드를 포함	Articular Node
ROOT	-계층구조의 유일한 시작점인 특수한 JOINT -OFFSET, CHANNELS(위치, 회전)요소 포함 -하나 이상의 JOINT, End의 하위 노드를 포함	ROOT Node
END	-계층구조의 종점인 특수한 JOINT -OFFSET만을 요소로 포함. -하위노드에 미포함	Effecter
OFFSET	-ROOT의 경우 World coordinate system에 의한 초기위치 -X, Y, Z 순서로 기술	Articular offset vector
CHANNERS	-관절도수에 이어서, 위치도수, 회전도수를 ROOT->End로 향하는 순서로 정의	Articular degree
MOTION	-Motion 데이터 부분의 선언	Start
Frames : N	-총 Frame 수 N의 motion 데이터 기술	
Frame Time:FPS	-FPS(Frames Per Second)의 역수	

```
HIERARCHY
ROOT Hips
{
        OFFSET  0.00      0.00      0.00
        CHANNELS 6 Xposition Yposition Zposition Zrotation Xrotation Yrotation
        JOINT Chest
        {
                OFFSET   0.00      0.30      0.00
                CHANNELS 3 Zrotation Xrotation Yrotation
                JOINT Neck
                {
                        OFFSET   0.00      0.50      0.00
                        CHANNELS 3 Zrotation Xrotation Yrotation
                        JOINT Head
                        {
                                OFFSET   0.00      0.30      0.00
                                CHANNELS 3 Zrotation Xrotation Yrotation
                                End Site
                                {
                                        OFFSET   0.00      0.30      0.00
                                }
                        }
                }
        }
    . . .
}
```

그림 22. Header section의 예

그림 22는 BVH 포맷의 Header section 부분의 예로 Hip을 ROOT로 각 하위 노드에 총 18개의 관절에 관한 위치 정보를 정의하고 있다. OFFSET의 경우 관절의 위치값을 의미하고, CHANNELS은 Motion section에 출력 될 각 관절의 채널의 개수를 정의하도록 되어있다.

```
MOTION

Frames: 301

Frame Time: 0.01667

0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 -12.14 0.61 -147.88 0.00 0.00 0.00 -22.78 15.55 -15.74

0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 -12.15 0.59 -147.88 0.00 0.00 0.00 -22.77 15.55 -15.77

0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 -12.17 0.56 -147.88 0.00 0.00 0.00 -22.80 15.56 -15.80

0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 -12.16 0.55 -147.88 0.00 0.00 0.00 -22.79 15.57 -15.86

0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 -12.16 0.51 -147.87 0.00 0.00 0.00 -22.79 15.55 -15.90

0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 -12.16 0.51 -147.87 0.00 0.00 0.00 -22.75 15.59 -15.94

0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 -12.15 0.48 -147.88 0.00 0.00 0.00 -22.72 15.58 -15.99

0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 -12.15 0.46 -147.89 0.00 0.00 0.00 -22.73 15.56 -16.00

0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 -12.13 0.46 -147.88 0.00 0.00 0.00 -22.70 15.55 -16.02

0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 -12.11 0.47 -147.89 0.00 0.00 0.00 -22.69 15.53 -16.01

0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 -12.12 0.50 -147.88 0.00 0.00 0.00 -22.69 15.56 -15.98

0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 -12.12 0.51 -147.87 0.00 0.00 0.00 -22.72 15.56 -15.98

0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 -12.10 0.52 -147.88 0.00 0.00 0.00 -22.73 15.56 -15.98

0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 -12.08 0.54 -147.87 0.00 0.00 0.00 -22.70 15.58 -16.00

0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 -12.04 0.54 -147.89 0.00 0.00 0.00 -22.71 15.60 -16.00

0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 -12.02 0.54 -147.89 0.00 0.00 0.00 -22.73 15.60 -16.00
```

그림 23. Motion section의 예

Motion section에는 프레임의 수, 프레임 시간, 그리고 Header section에서 정의해놓은 X, Y, Z의 회전정보를 포함하고 있다. 예를들어, Header section에서 Hip의 CHANNELS의 수가 6개이므로 첫번째 열부터 여섯번째 열까지 Hip의 회전정보를 갖게 되고 다음은 Header section에서 정의한 순서대로 관절의 회전정보가 나열되어 있다.

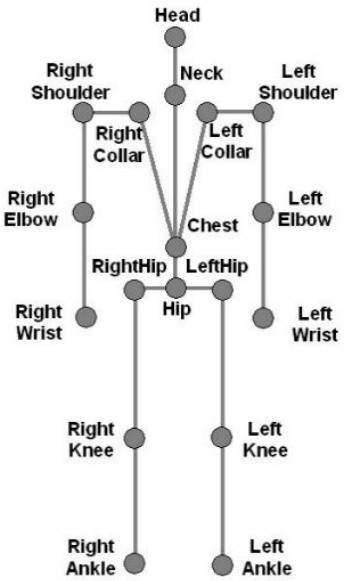


그림 24. BVH파일 관절 모델링

BVH 파일에서 정의된 골격 구조는 총 18개의 JOINT로 이루어져 있다. 여기에서 중심이 되는 Hips를 몸체의 ROOT로 하여 Left Hip과 Right Hip 그리고 Chest로 연결되며 여기에서부터 각각의 관절들이 연결된 구조를 가지게 된다.

먼저 Hip에 연결되어 있는 Left Hip의 경우 Left Knee가 연결되어 있고, 다시 Left Ankle이 아래에 연결되어 있다. Right Hip의 경우도 Left Hip과 같은 구조로 이루어져 있다. 하지만 Chest의 경우는 Chest를 기준으로 Left Collar, Right Collar, Neck이 연결된 구조로 되어있다. Left Collar는 하위 노드로 Left Shoulder가, 다음 하위 노드로 Left Elbow가 연결되어져 있고, 다음 하위 노드로 Left Wrist가 연결되어 있다. Right Collar도 Left Collar와 같은 계층 구조를 이루고 있다. 끝으로 Neck은 Head가 연결된 구조를 이루고 있다[34].

제 4 장 실험 결과

제 1 절 실험 환경

그림 25는 대상의 몸에 부착된 관성 센서 위치 이다. 양팔에 손등, 팔꿈치, 어깨에 3개씩 부착하고 양쪽다리에는 발등, 무릎, 허벅지에 3개씩 부착하였다. 가슴과 엉덩이 머리에는 각각 하나의 센서를 부착하여 인체 모션 캡쳐를 위한 총 15개의 센서를 부착하였다.

그림 25. 관성 센서 부착 위치

실험 환경으로는 다른 환경에서 키가 다른 두 실험자가 관성 센서를 부착한 뒤, 키넥트 센서 정면을 바라보고 서 있게 하였다.

(a) 실험자 A

(b) 실험자 B

그림 26. 다양한 실험 환경 모습

2m

2m 50cm

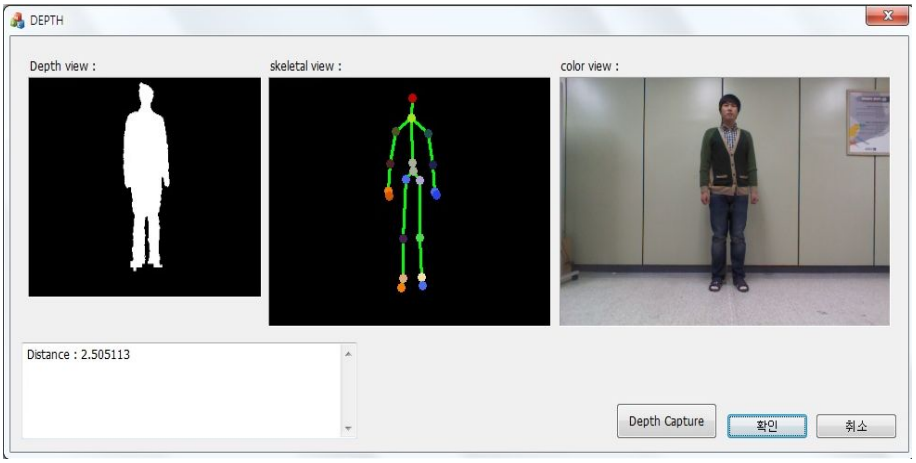
3m

3m 50cm

그림 27. Depth 카메라에서 거리별 인식 결과

그림 27에서 보는 바와 같이 키넥트 센서와의 거리가 2m일 때 전신이 영상에서 벗어났으며, 3m일 때 대상의 움직임이 발생하였을 때 관절을 손실하는 문제점이 발생하였다. 3m 50cm의 경우 그림 27에서 보는 바와 같이 부동자세에서 관절을 검출할 수 가 없다. 키넥트 센서는 영상내에 전신이 검출되어야 하기 때문에 대상의 전신 및 관절 검출이 잘 나타나는 2m 50cm에서 실험하였다.

(a) 실험자 A

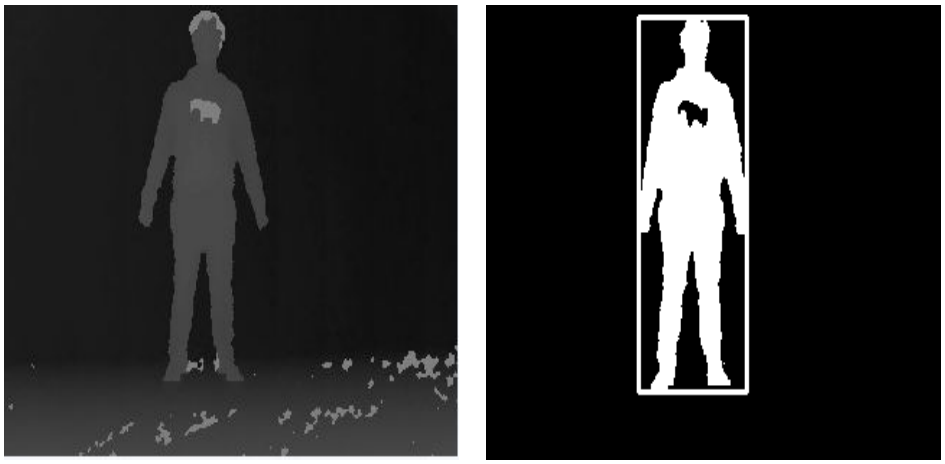


(b) 실험자 B

그림 28. 키넥트 센서를 이용한 대상과의 거리 측정

거리측정은 키넥트 센서와 대상과의 거리를 2m 50cm으로 실측한 후, 키넥트 센

서를 이용하여 대상과의 거리를 확인하였다. 그림 28과 같이 두 실험자와 키넥트 간의 거리가 2m 50cm로 출력되는 것을 확인하였다.

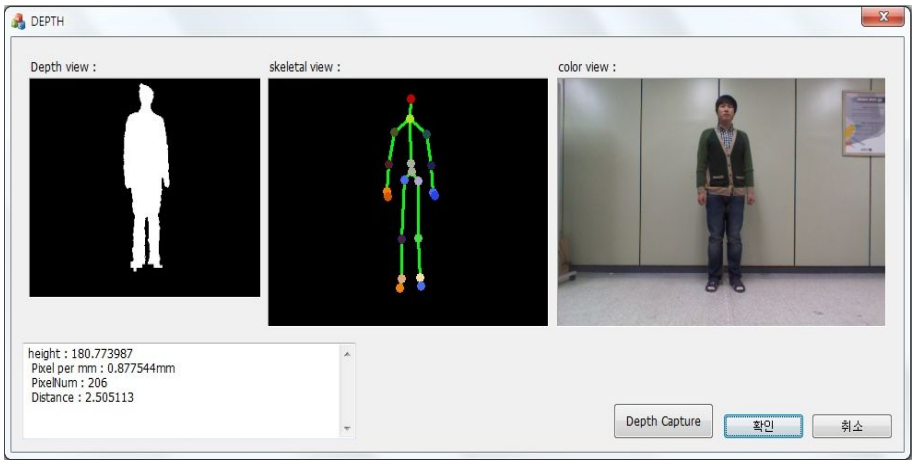


(a) 원본영상 (b) 라벨링 결과 영상

그림 29. Depth 카메라의 영상처리 결과

배경과 대상을 구분하기 위해 키넥트 센서의 Depth 카메라 영상을 이진화 영상으로 변환한 뒤, 라벨링 처리로 머리끝점과 발끝점을 검출하였다. 그림 29(a)는 Depth 카메라에서 출력된 원본 영상이며, 그림 29(b)는 대상의 크기를 검출하기 위해 라벨링 처리된 영상이다. 마이크로소프트사에서 제공하는 키넥트 샘플코드를 이용하여 Depth 카메라에서 대상을 흰색으로 검출하였고, 대상을 제외한 나머지 배경 부분은 검은 바탕으로 출력하도록 하였다.

(a) 실제 크기가 174cm인 실험자 A

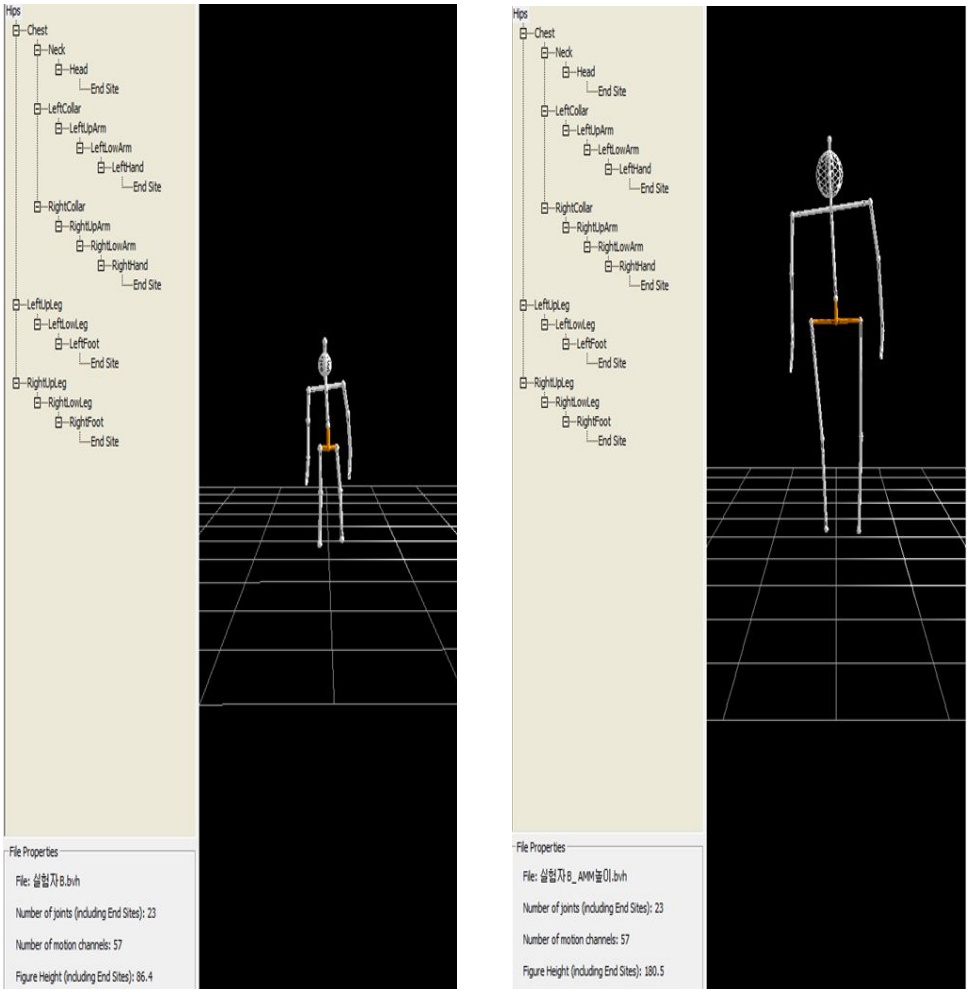


(b) 실제 크기가 180cm인 실험자 B

그림 30. 키넥트 센서를 이용한 크기 검출 결과

그림 30은 키넥트 센서를 이용하여 대상에 따른 실제 크기를 검출한 결과이다. 실제 크기가 174cm인 실험자 A의 경우 머리끝점부터 발끝점의 픽셀갯수는 198개이며 한 픽셀당 실제 크기는 0.87886mm로 검출되었다. 또한 실험자 B의 경우 머리끝점부터 발끝점의 픽셀갯수는 206개이며 한 픽셀당 실제 크기는 0.877544mm로 검출되었다. 한 픽셀당 실제 크기와 픽셀갯수를 곱한 결과 실험자 A는 174.01cm, 실험자 B는 180.77cm로 대상에 따라 정확한 크기가 검출되었음을 확인하였다.

제 2 절 결과 분석

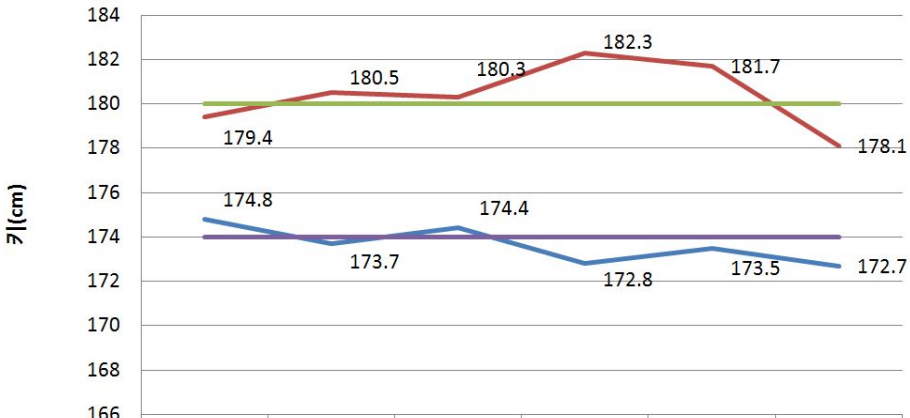


(a) 기존의 방법을 이용한 대상의 크기 (b) 제안한 방법을 이용한 대상의 크기

그림 31. 모션 뷰어 프로그램을 이용한 크기 비교

그림 32는 실제 크기가 180cm인 실험자 B의 관성센서를 이용하여 출력된 모션 데이터를 Bvhacker라는 모션 뷰어 프로그램을 이용하여 확인한 결과이다. 그림 32(a)의 경우 관성 센서만을 이용하여 모션 캡쳐하였다. 관성 센서는 위치 정보에 임의의 값이 대입되어 출력되기 때문에 실제 대상의 크기를 고려하지 않고 임의의

값으로 크기로 출력되었다. 그러나 그림 32(b)의 경우, 키넥트 센서를 이용하여 대상의 실제위치 정보를 검출한 뒤 관성 센서에서 출력되는 BVH 파일의 위치 정보에 대입하였다. 실험 결과 대상의 실제 크기와 0.5cm의 오차가 발생하여 원인을 파악하기 위해 키가 다른 두 실험자를 이용하여 여러 환경에서 실험자의 크기를 출력하였다.



	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	Case 5	Case 6
실험자A	174.8	173.7	174.4	172.8	173.5	172.7
실험자B	179.4	180.5	180.3	182.3	181.7	178.1

그림 32. 제안한 방법에 대한 성능 분석

그림 33은 키가 다른 두 실험자를 이용하여 여러 환경에서 실험자의 크기를 출력한 결과를 분석한 것이다. 여섯 곳의 서로 다른 다양한 환경에서 실험장비를 새롭게 초기화한 뒤 실험을 진행하였다. 실제 키가 174cm인 실험자 A의 경우, 최대 0.8cm에서 최소 −1.3cm의 오차가 발생하였고, 실제 키가 180cm인 실험자 B의 경우, 최대 2.3cm에서 최소 −1.9cm의 오차가 발생하였다. 오차가 발생하는 원인으로 실험자가 가만히 서 있더라도 미세하게 몸이 움직이게 되어 발생하는 것으로 분석된다. 거리 오차로 인해 한 픽셀이 갖는 실제 길이 값이 변하게 되어 대상의 실제 크기에 대한 오차가 발생하게 된다. 이러한 오차는 한 프레임에서 출력되는 거리 정보가 아닌 여러 프레임에서 출력되는 거리 정보의 평균을 검출하는 방법,

사용자가 입력해놓은 거리에서 대상의 실제 크기 정보를 검출함으로써 오차를 줄일 수 있다.

제5장 결 론

최근에 모션 캡쳐 시스템은 영화, 게임뿐만 아니라 지체장애인을 위한 재활 훈련 시스템, 운동선수의 좋은 성적을 얻기 위한 스포츠 코칭 시스템 등 다양한 분야에서 활용되고 있다. 그러나 기존의 모션 캡쳐 시스템에서 출력되는 대상의 크기가 실제 크기와 관계없이 사용자가 대입한 임의의 크기로 모델링되는 문제가 있다. 실제 대상의 크기를 가상의 캐릭터에 적용시키기 위해 모델러나 애니메이터와 같은 전문가들의 수작업 과정을 통해 제작한다. 그러므로 실제 대상의 크기를 고려한 모션 캡쳐 시스템 연구가 이루어져야 한다.

본 논문에서는 기존의 모션 캡쳐 시스템을 조사하고 대상의 실제 크기와 관계없이 동일한 크기로 출력되는 문제점을 보완하기 위한 방법으로 키넥트 센서와 관성 센서를 이용한 방법을 연구하였다. 실험에서 사용한 모션 데이터 파일은 BVH 파일로 각 관절의 크기 정보를 제공하는 Header section과 회전정보를 제공하는 Motion section으로 나누어 진다. 대상의 크기를 검출하기 위해 키넥트 센서의 Depth 카메라를 이용하였다. 대상의 실제 크기를 검출하기 위한 방법으로 Depth 카메라와 대상간의 거리, Depth 카메라의 시야각 및 해상도를 키넥트 센서로부터 구하여 Depth 카메라로부터 출력된 영상의 한 픽셀이 갖는 실제 크기값을 검출한 후, 대상의 머리끝점부터 발끝점까지의 픽셀 갯수와 곱하여 대상의 실제 크기를 BVH 파일로 출력하였다. 키넥트 센서에서 출력된 BVH 파일의 Header section과 관성 센서에서 출력된 BVH 파일의 Motion section을 하나의 BVH 파일로 통합하여 재생성한다.

본 논문에서 제안한 방법과 기존 모션 캡쳐 시스템에서 출력된 모션 데이터를 비교한 결과, 기존의 모션 캡쳐 시스템에서 출력된 모션 데이터의 경우 키가 다른 두명의 실험자의 크기는 사용자가 대입한 임의의 크기로 모델링 되는 문제점을 확인하였다. 반면에, 본 논문에서 제안한 방법은 기존의 모션 캡쳐 시스템에서 발생하는 키가 다른 대상을 똑같은 크기로 검출하는 문제점에 대해 실제 대상의 크기와 같은 형태의 크기로 검출하였다. 키넥트 센서를 이용하여 대상의 실제 크기를

검출하므로써 기존의 실제 대상의 크기를 가상 캐릭터에 적용시키기 위해 대상의 크기를 수작업으로 실측하는 과정을 줄였다.

현재 실험에서는 대상의 키 정보만을 검출하였지만, 향후에는 대상의 각 관절간의 위치에 관해 연구를 진행하고 대상의 움직임으로 발생하는 거리 오차를 줄이기 위한 기술적인 해결책을 연구할 예정이다. 또한 자연스러운 움직임을 표현하기 위해 키넥트에서 출력되는 20개의 관절 이외에 추가적인 관절을 검출하는 방법에 대한 연구를 진행할 계획이다.

참고문헌

[1] 고경리, 반성범, “모션 캡처 기술 분석 Part I,” 한국스마트미디어학회, 춘계학술발표대회 논문집, 제 1권, 1호, pp. 183-184, 2012.

[2] 정규만, “게임을 위한 모션 캡쳐 데이터 변형 기법 분류,” 한국컴퓨터게임학회 논문지, 제 17호, pp. 31-36, 2009.

[3] 정현숙, 이일병, “모션 캡쳐 데이터 통합을 위한 새로운 마크업 언어의 구현,” 정보과학학회 논문지, 제 30권, 제 3·4호, pp. 219-230, 2003.

[4] 김호원, 김도형, 이승욱, 최진성, 구본기, “실사 인체 아바타 생성 및 활용 동향,” 한국전자통신연구원, 2012.

[5] 김민성, 김윤, 박성훈, 조용환, “키프레임 방식을 이용한 효율적인 모션캡쳐시스템의 활용방안,” 2011 춘계학술대회 논문집, pp. 161-164, 2011.

[6] 김은순, 김영수, “3차원 캐릭터 애니메이션 기술 동향,” 정보과학회지, 제 17권, 제 2호, pp. 48-59, 1999.

[7] 박종현, 정철희, 박창섭, 이명원, “캐릭터 애니메이션 데이터 교환을 위한 스키마 정의,” 한국정보과학회, 한국컴퓨터종합학술대회 논문집, 제 38권, 제 1호, pp. 430-433, 2011.

[8] A. Fernandez-baena, A. Susin, and X. Lligadas, “Biomechanical validation of upper-body and lower-body joint movements of kinect motion capture data for rehabilitation treatments,” *In Proc. of 4th Int. Conf. Intelligent Networking and Collaborative System*, pp. 656-661, 2012.

[9] 최태준, 유석호, 이동열, 이완복, “광학식 모션 캡쳐 방식을 이용한 디지털 캐릭터 움직임,” 한국콘텐츠학회 논문지, 제 7권, 8호, pp. 109-116, 2007.

[10] MotionAnalysis, http://motionanalysis.com/

[11] Vicon, http://www.vicon.com/

[12] Polhemus, http://www.polhemus.com/

[13] Ascension, http://www.ascension-tech.com/

[14] V. B. Zordan, A. Majkowaska, B. Chiu, and M. Fast, "Dynamic response for motion capture animation," *ACM Transactions on Graphics*, vol. 24, no. 3, pp. 697-701, 2005

[15] Gypsy, http://www.metamotion.com/

[16] Technologies, http://www.motioncapture.co.kr/

[17] X-ist, http://www.inition.co.uk/

[18] 노일순, "3D motion sensor를 이용한 모션 캡쳐 기술 연구," 한국인터넷방송통신TV학회 논문지, 제 7권, 제 6호, pp. 45-52, 2007.

[19] 김병열, 한영준, 한헌수, "융합센서 기반의 모션캡처 시스템," 한국컴퓨터정보학회지, 제 15권, 제 4호, pp. 65-74, 2010.

[20] M. Kitagawa, B. Windsor, "Mocap for artists : workflow and techniques for motion capture," Focal Press. 2008.

[21] 김병기, 고영웅, 송창근, 장재혁, "적외선 카메라와 웹 카메라를 이용한 마커 트래킹 시스템," 정보과학회 논문지, 제 16권, 제 7호, pp. 753-758, 2010.

[22] A. Fernandez-baena, A. Susin, and X. Lligadas, "Mixing realities in shared space : An augmented reality interface for collaborative computing," *IEEE Multimedia and Expo*, vol. 3, pp. 1641-1644, 2000.

[23] Window for kinect SDK Library, http://msdn.microsoft.com/en-us/library/

[24] R. Wang, J. Popovic, "Real time hand-tracking with a color glove," *ACM Transactions on Graphics*, vol. 28, no. 3, 2009.

[25] R. Kjeldsen, J. Kender, "Toward the use of gesture in traditional user interfaces," *In Proc. of 2nd Int. Conf. Automatic Face and Gesture Recognition*, pp. 151-156, 1996.

[26] J. Smisek, M. Jancosek, and T. Pajdla, "3D with kinect," *Int. Conf. Computer Vision Workshop,* pp. 1154-1160, 2011.

[27] Window for kinect SDK documentation, http://msdn.microsoft.com/en-us/library/jj131033.aspx

[28] 고경리, 반성범, “모션 캡처 기술 분석 Part II,” 한국스마트미디어학회, 춘계 학술발표대회 논문집, 제 1권, 1호, pp. 185-186, 2012.

[29] Window for kinect SDK documentation, http://msdn.microsoft.com/en-us/library/hh973074.aspx

[30] E2Box documentation, http://www.e2box.co.kr/

[31] Biovsion, http://www.biovision.com/

[32] Acclaim, http://www.acclaim.com/

[33] 정현숙, “다양한 형식의 모션 캡쳐 데이터 관리를 위한 표준 마크업 언어의 설계,” 연세대학교 박사학위 논문, 2003.

[34] 정철희, 이명원, “H-Anim 캐릭터의 모션 리타겟팅 단순화,” 정보과학회논문지, 제 15권, 제 10호, pp. 791-795, 2009.

감사의 글

대학원 석사과정 동안 저를 이끌어 주시고 본 논문의 연구계획에서부터 완성에 이르기까지 지도하여 주신 반성범 교수님께 깊은 감사를 드립니다. 그리고 논문심사과정을 통해 본 논문을 지도하여 주시고 심사하여 주신 최한수 교수님과 조창현 교수님께 감사를 드립니다.

그리고, 대학원 생활 및 연구에 큰 도움이 되어준 승훈이형, 경훈이형, 해민이형, 성진이형에게 감사하고, 실험실 생활을 즐겁게 해준 진원이, 경리에게 감사의 뜻을 전합니다. 마지막으로, 항상 저에게 큰 힘이 되어주신 부모님과 형 그리고 곁에서 격려해주고 도움이 되어준 서영이에게 이 논문을 드립니다.

2012년 12월

김민구 올림