

# 영상 콘텐츠에서 CG/실사 합성을 위한 센서 기반 3D 정보 추출 기술

□ 김재현, 김종성, 유정재, 정일권 / 한국전자통신연구원(ETRI) 영상콘텐츠연구부

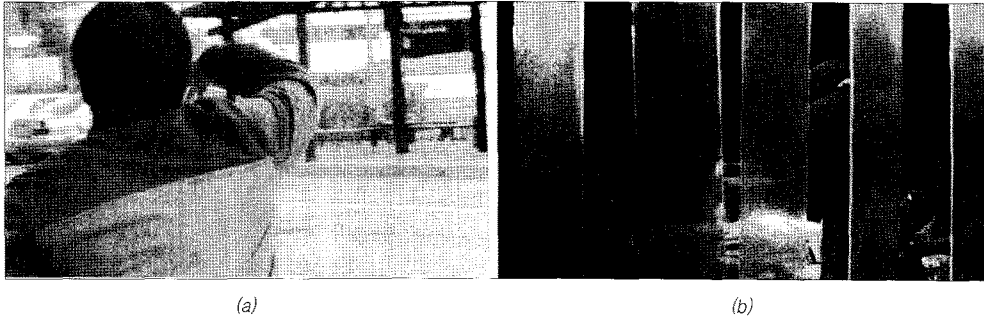
## I. 서론

컴퓨터 그래픽이 접목된 영화 제작 시에는 촬영 현장에서 실사 배우나 배경을 대상으로 실사 장면을 촬영하고 실사영상을 스튜디오로 옮겨 CG로 만든 모델을 후반 작업으로 합성하게 된다. 이 때 중요하게 고려되어야 할 사항이 카메라 트래킹이다. 카메라 트래킹은 촬영된 실사 영상만으로 배경과 배우의 3차원 구조, 실사 카메라의 3차원 이동 정보와 광학적 파라미터 등 촬영시의 3차원 공간을 복원하는 과정을 포함한다. CG 영상을 만들기 위해서도 가상의 공간에서 CG 모델과 가상 카메라가 있어야 한다. 이 가상공간과 실사 촬영시의 공간이 3차원 적으로 정확하게 정합되어야 최종 합성 영상에서 CG모델과 실사 배경 및 배우가 자연스럽게 공간에 같이 존재하는 것으로 보이게 된다. 위에서 언급한 실사촬영시의 3차원 정보는 오늘날 상용 S/W를 통해 간단하

게 해결되는 경우도 있으나 상황에 따라 불가능하여 사람의 고된 수작업으로 이 정보를 추출하게 되어 CG/실사 합성 영상의 생산성에 걸림돌로 작용하였다. 본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위한 비전센서 기반 카메라 트래킹 시스템과 모션캡처 기반 카메라 트래킹 시스템을 제안한다.

## II. 비전센서 기반 카메라 트래킹 시스템

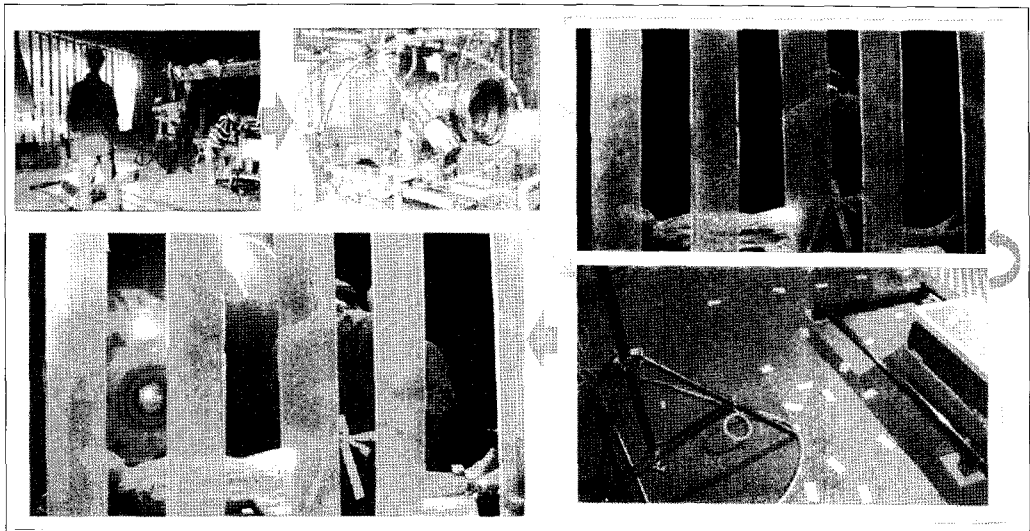
카메라 트래킹은 영화, CF 등의 영상 콘텐츠 제작 과정에서 자연스러운 CG/실사 영상 합성을 위해서 필수적인 과정이며 Boujou, NukeX 등 다수의 상용 S/W가 카메라 트래킹 기능을 지원한다. 하지만 이들 S/W는 모두 정적인 배경이 전체 시퀀스에서 일관되게 보이는 상황에서 카메라 트래킹 문제를 해결할 수 있으며 <



<그림 1> 동적 객체가 역동적으로 움직이며 정적인 배경을 가리는 영상 시퀀스

림 1(a)와 같이 동적인 객체 또는 장애물이 역동적으로 움직이며 정적인 배경을 가리는 상황에서는 신뢰할 만한 카메라 트래킹 결과를 출력하는 것이 불가능하다. <그림 1(b)>에서는 손을 흔들며 움직이는 배우가 동적인 객체이며 영상에서 배경 전체를 쓸며 움직이기 때문에 촬영 카메라 영상만으로 카메라 트래킹 자체가 불가능한 문제가 된다. <그림 1(b)>에서는 바람에 흔들리는 비닐 커튼이 동적인 객체로 작용하며 상대적으

로 움직임이 없는 수면상태의 환자와 의사, 수술대가 정적인 배경 역할을 한다. 이 영상에서 카메라는 수평 방향으로 빠르게 이동하므로 정적인 배경의 특징점들 궤적이 동적인 전경객체(비닐 커튼)에 의해서 과편적으로 끊어지게 되어 특징점 궤적에 의존하는 기존 카메라 트래킹 방식으로는 처리 불가능한 영상이다. 그렇기에 실제 제작 현장에서는 CG 아티스트가 Maya와 같은 작업 플랫폼에서 CG를 렌더링 하기 위해 가상 카메라



<그림 2> 비전센서 카메라 트래킹의 원리와 최종 CG/실사 합성 결과

라를 키프레임 방식으로 움직이며 실사 카메라 모션을 유추하여 사용하는 경우가 빈번하게 발생하며 이는 매우 노동 집약적이고 고된 작업이다.

동적 객체가 역동적으로 움직이며 정적인 배경을 가리는 장면에서 카메라 모션을 자동으로 추출할 수 있는 비전센서 기반 카메라 트래킹 시스템은 제작 현장에서의 작업시간을 단축시키고, 연출자에게는 카메라 트래킹 문제로부터 자유롭게 장면을 구성할 수 있도록 표현의 범위를 확대시켜 줄 수 있다. 개발된 시스템은 역동적인 영상에서의 카메라 트래킹 문제를 해결하기 위해서 촬영 카메라에 트래킹을 위한 비전센서 즉, 보조 카메라를 부착한다. 그리고 보조 카메라의 트래킹 결과를 촬영 카메라의 트래킹 정보로 변환하고 촬영 카메라와 보조 카메라의 영상을 모두 활용하여 촬영 카메라의 정적 3차원 배경구조와 최적화된 카메라 움직임을 추출한다. <그림 2>는 이러한 개발 기술의 원리와 최종적인 CG/실사 합성 결과를 보여준다.

## 1. 시스템 동작원리와 구성

보조 카메라가 촬영한 바다 방향의 정적 배경 영상으로부터 SfM (Structure from Motion) [Hartley03]을 기반으로 보조카메라의 움직임 변수를 추출하며 이 움직임 변수는 Kumar [Kumar08]의 방법에 의해 구해진 촬영 카메라와 보조카메라간의 공간적 위치관계에 따라 촬영 카메라 좌표축에서의 움직임 변수로 변환된다. 이렇게 구해진 촬영 카메라의 움직임은 영상 노이즈에 의해 오차를 내포하고 있으므로 다음과 같은 수정 작업을 거쳐야 한다. 우선, 이 정보를 바탕으로 촬영 카메라 영상 안에서 다시 정적배경의 특징점 궤적을 선별하고 파편적으로 끊어진 특징점 궤적을 연결한 뒤 삼각법에 의해 3D 좌표를 구한다. 계산된 촬영 카메라의 움직임 변수와

두 카메라 영상의 특징점 궤적 그리고, 복원된 특징점의 3D 좌표를 모두 인자로 사용하는 최적화 알고리즘을 통해 최종적인 촬영카메라의 움직임 변수와 배경구조 데이터를 구하고 이를 바탕으로 CG/실사 합성을 수행한다.

하드웨어 시스템은 촬영 카메라와 보조 카메라, 그리고 두 카메라 시스템의 동기를 연동하기 위한 장치와 영상 저장장치 등으로 구성된다. 촬영 카메라는 SONY-F950을 사용하였고 영상을 저장하고 확인하기 위한 장치는 UDR-2e를 사용하였다. 보조 카메라는 ICONIX 2K급 카메라를 사용하였고 촬영 카메라와의 시간 동기화는 F950 CCU (Central Control Unit)로부터 나오는 Genlock 신호와 타임코드를 사용하였다. 개발된 기술은 촬영 카메라와 보조카메라간의 공간적 위치관계를 계산하고 보조카메라의 카메라 트래킹 결과로부터 촬영 카메라의 최적화된 카메라 궤적과 배경구조를 복원하는 알고리즘을 구현한 기술이며 구동되는 하드웨어 장비의 특성에 의존하지 않는 S/W 형태의 기술이다.

## 2. 개발 시스템 구동 방식

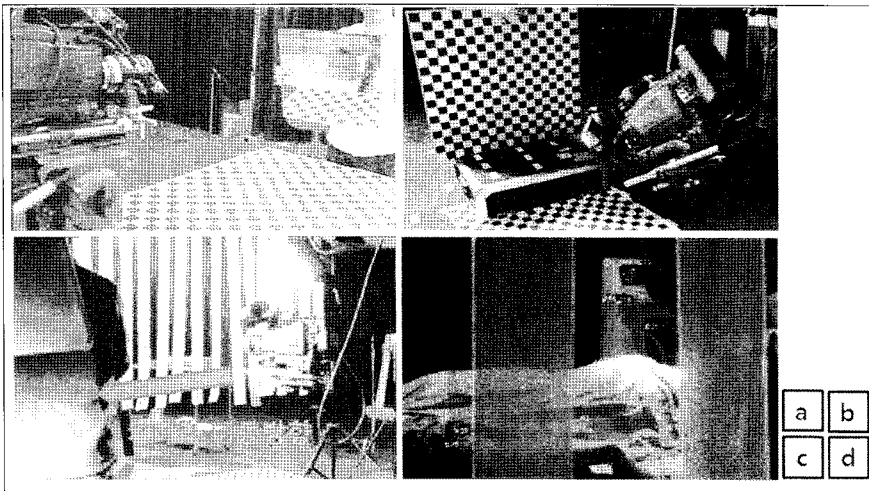
개발된 시스템을 사용하기 위해 사용자가 해야 하는 일은 크게 네 단계로 구분할 수 있다. 촬영 현장에서는 우선 <그림 3(a)>와 같이 거울을 이용하여 촬영 카메라와 보조카메라간의 위치관계를 연산하기 위한 영상을 촬영한다. 이렇게 획득한 영상은 촬영이 끝난 뒤 Kumar의 방법 [Kumar08]을 적용하기 위한 입력으로 사용되고 두 카메라간의 위치관계가 구해진다. 거울 영상 촬영 후에는 다시 <그림 3(b)>와 같이 두 카메라의 내부변수를 계산하기 위한 보정 영상을 촬영한다. <그림 3(c)>는 세팅된 카메라 시스템으로 주 촬영을 수행하는 장면이다. 이때 촬영 카

메라 전방에는 어떤 동적인 객체가 움직이더라도 문제가 되지 않으나 보코 카메라가 향하고 있는 바다 방향은 반드시 정적인 배경이어야 하며 특히 조명 부족으로 인한 블러링이 발생하지 않도록 주의해야 한다. 마지막 단계는 현장에서 촬영한 영상들을 S/W의 입력으로 넣고 프로그램을 구동하는 단계이다. 그림 3 (d)는 촬영카메라 영상에서 과편적으로 끊어지는 특징점들이 연결되어 3D좌표가 복원된 후 영상

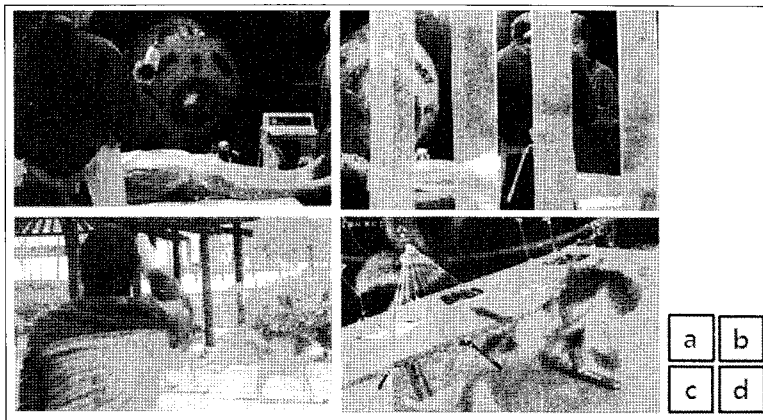
으로 재투영된 결과를 보여준다. 흔들리는 커튼 발과 수평으로 빠르게 이동하는 카메라로 인해 정적인 배경의 특징점이 빈번하게 끊어짐에도 불구하고 많은 특징점들이 다시 연결되어 복원된 것을 알 수 있다.

### 3. 카메라 트래킹을 이용한 합성결과

<그림 3>는 동적객체가 정적 배경을 가리는 다양



<그림 3> 개발된 카메라 트래킹 시스템의 운용 단계 (a) 두 카메라간의 위치관계 계산을 위한 촬영 (b) 두 카메라의 내부변수 추출을 위한 촬영 (c) 주 촬영 수행 (d) 촬영 카메라 영상에서 복원된 3D 포인트의 재투영 결과



<그림 4> 다양한 동적 배경에서의 CG/실사 영상 합성 결과

한 영상 시퀀스에서 카메라 트래킹을 수행한 뒤 CG와 실사 영상을 합성한 결과를 도시한다. <그림 4(a)>에서는 수술을 준비하는 의사를 연기하는 배우가 동적객체로 작용하는 상황이며 크고 작은 CG 로봇들이 합성된 결과를 보여준다. <그림 4(b)>는 수평방향으로 카메라가 빠르게 이동하는 상황에서 바람에 흔들리는 비닐 커튼이 동적객체로 작용하며 조명을 비추는 CG로봇이 합성된 결과를 보여준다. <그림 4(c)>는 실사배우가 역동적으로 움직이는 상황에서 CG 늑대들이 합성되어 달려가는 모습을 보여주고, <그림 4(d)>는 나뭇가지가 격렬하게 흔들리며 화면 전체를 쓸고 지나가는 상황에서 테이블위에 와이어 프레임 형태의 CG 객체가 합성된 결과를 보여준다.

### III. 모션캡처 기반 카메라 트래킹 시스템

모션캡처 기반 카메라 트래킹 시스템은, CG 모델

과 움직이는 배우 및 소품 간의 자연스러운 합성을 위한 기술이다. 이 기술은 고정된 배경에 대한 CG/실사 합성이 아닌, CG 모델과 실제 배우 및 소품의 공간적인 배치뿐만 아니라 상호 움직임까지도 자연스럽게 보이도록 CG/실사 합성하는 기술이다 (그림 5).

CG 모델과 실제 배우 및 소품의 자연스러운 합성을 위해서는 카메라 모션에 대한 트래킹뿐만 아니라 배우와 소품의 모션 또한 트래킹 하는 것이 필요하며 두 트래킹 결과의 연동이 필요하다. 기존에는 수작업으로 이러한 트래킹 작업을 수행하였으나 배우 및 소품의 움직임이 많은 자유도를 내포하는 등 상용 SW로 트래킹 하기에는 어려운 점이 많았다. 이러한 트래킹을 위해 본 시스템은 카메라 모션을 트래킹하는 것과 동시에 배우 및 소품의 모션을 트래킹하기 위하여 모션 캡처(Motion Capture) 시스템을 이용한다[3]. 모션 캡처 기술은 대상물 주변에 설치된 여러 대의 카메라를 통하여 배우 또는 물체의 모션을 추출하는 기술로서 3D CG 애니메이션 생성을 위해 폭넓게 사용되고 있다. 본 시스템은 촬영 카



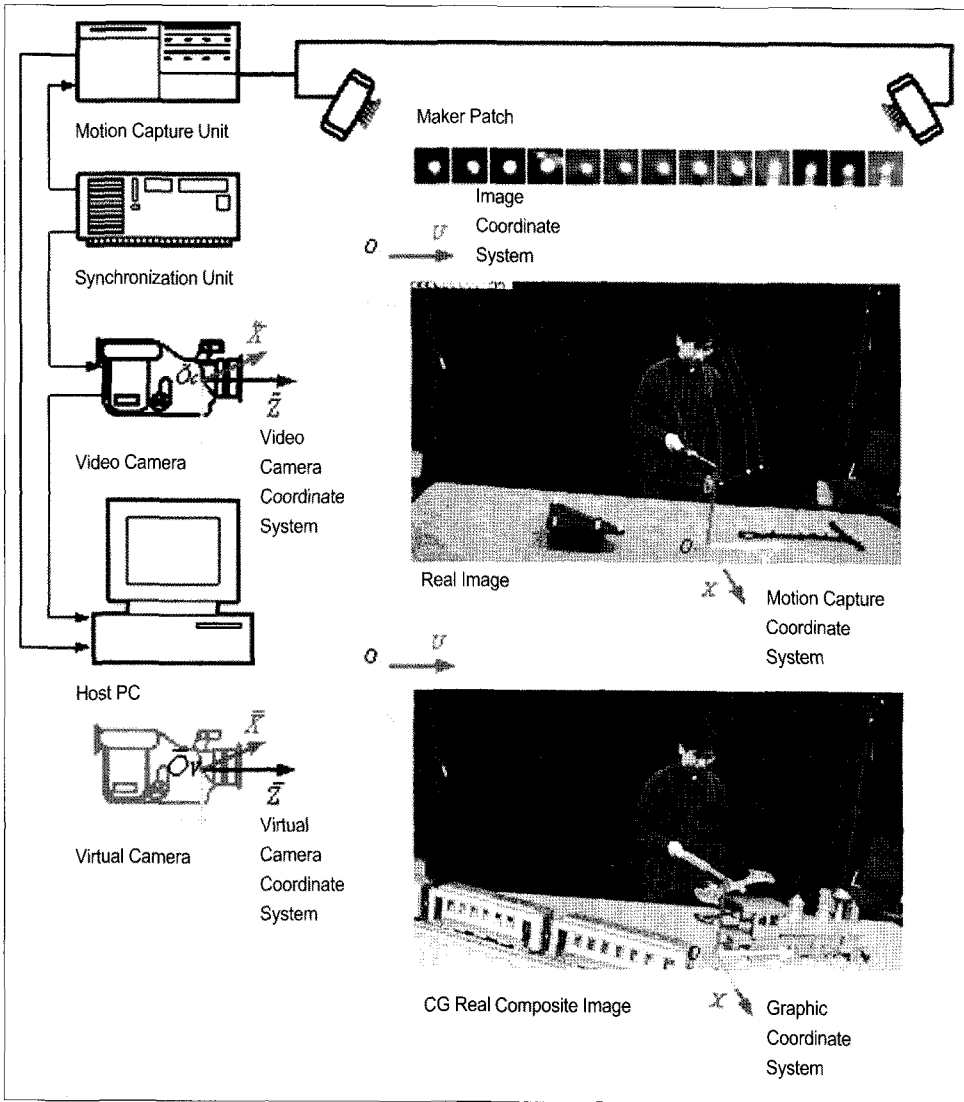
<그림 5> CG 모델과 실제 배우의 자연스러운 합성 결과

메라에 트래킹용 센서나 표적을 부착하지 않고, 대상 배우 및 소품에 부착된 마커의 모션 캡처 데이터와 촬영 영상으로의 마커 투영 좌표를 직접 이용한다. 이를 바탕으로 촬영 카메라의 모션 변화를 정밀하게 트래킹 하고 촬영 카메라의 광학적 인자들도 직접 보정하여, 움직이는 배우의 마커 상에 CG모델

을 자연스럽게 합성할 수 있다.

### 1. 시스템 동작원리와 구성

모션캡처 기반 카메라 트래킹 시스템은 배우 및 소품의 모션 캡처를 위한 모션 캡처 장비와 고해상



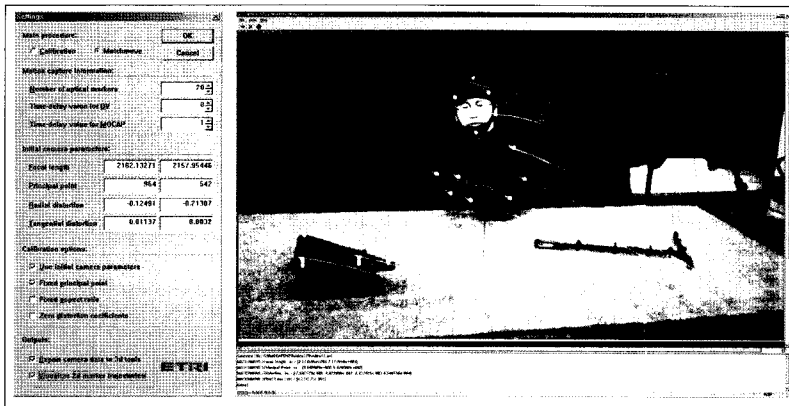
<그림 6> 모션캡처 기반 카메라 트래킹 시스템 구조도

도 동영상 촬영을 위한 2k급 촬영 카메라 간의 동기화 및 상호 보정을 지원하고, 캡처된 배우 및 소품의 모션 캡처 데이터를 이용한 촬영 카메라 모션 트래킹을 지원하며, 촬영 카메라 모션 데이터 결과를 이용하여 배우 및 소품의 모션 캡처 데이터와 촬영 동영상 합성을 지원한다. 이를 위하여 본 시스템은 <그림 6>과 같이 모션 캡처를 위한 모션 캡처 장비, 촬영을 위한 2k급 촬영 카메라, 모션 캡처 장비와 촬영 카메라의 시간동기를 위한 동기화 장비, 모션 캡처 장비를 제어하고 캡처된 모션 캡처 데이터를 저장하기 위한 호스트 PC, 그리고 카메라 보정과 트래킹,

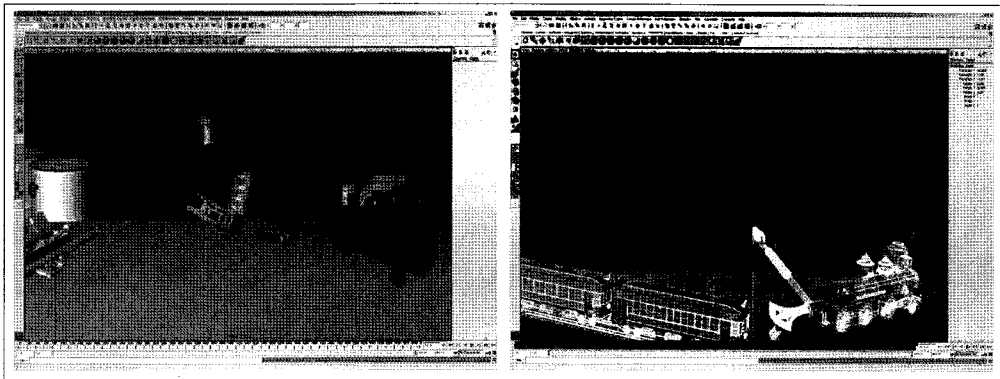
데이터 합성을 위한 S/W로 구성된다. 구현된 시스템에서는 4대의 Vicon MX-F40 카메라와 HD UltraNet으로 구성된 Vicon 모션 캡처 장비와, Full-HD 해상도를 지원하는 Sony PMW-EX3 촬영 장비, LTC(Linear Time Code)를 지원하는 Evertz 5600MSC 동기화 장비가 사용되었다.

## 2. 개발 시스템 구동 방식

모션캡처 기반 카메라 트래킹 시스템 S/W의 UI는 보정, 트래킹 및 합성 프로세스의 옵션을 선택할 수



<그림 7> 모션캡처 기반 카메라 트래킹 시스템 S/W의 UI

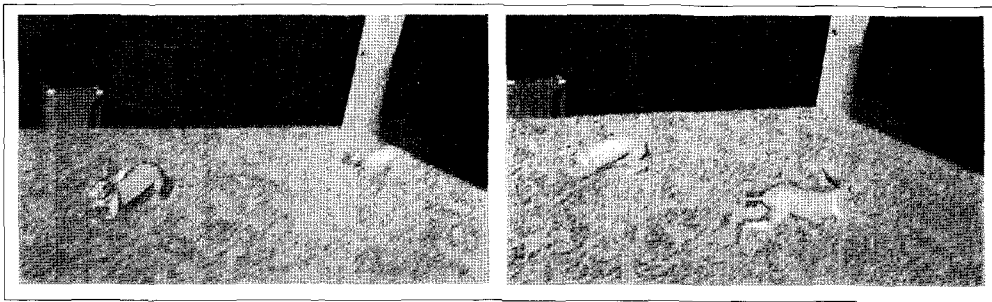


<그림 8> 카메라 트래킹 결과를 이용한 Maya에서의 합성작업 과정

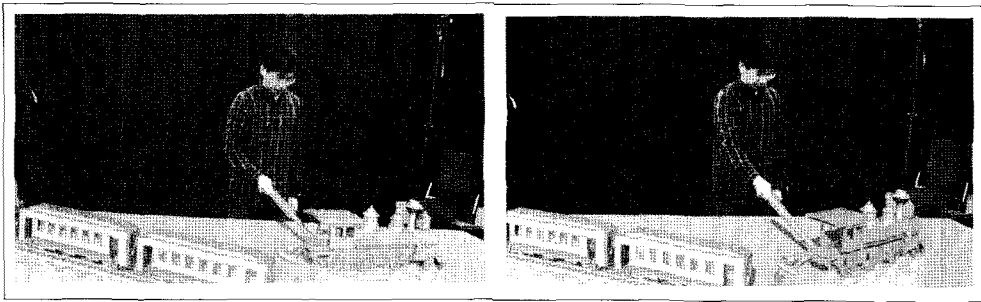
있는 설정 창, 촬영 카메라 보정 및 트래킹 결과에 의한 모션 캡처 데이터의 영상 투영 결과를 프레임 단위로 보여주는 이미지 창과 촬영 카메라 내·외부 인자와 마커의 영상위로의 재투영 오차 정보를 표시하는 텍스트 창으로 구성되어 있다 (그림 7). 이 결과를 Maya[4]에 입력하여 3차원 마커 상에 CG 모델을 합성하는 작업 예는 그림8과 같다.

### 3. 카메라 트래킹을 이용한 합성결과

모션캡처 기반 카메라 트래킹 시스템은 CG모델을 움직이는 실제 배우, 소품 위에 합성하는 것뿐만 아니라 다양한 상황에 활용할 수 있다. 정밀한 카메라 트래킹 기능은 <그림 9>의 합성 결과와 같이, 빠른 카메라 모션에 의한 모션 블러(Motion Blur)로 인해



<그림 9> 다양한 상황에서의 CG/실사 영상 합성 결과 - Fast Motion



<그림 10> 다양한 상황에서의 CG/실사 영상 합성 결과 - Interaction



<그림 11> 다양한 상황에서의 CG/실사 영상 합성 결과 - Special Make-up



기존의 카메라 트래킹 기술을 적용하기 힘든 상황에서도 적용 가능하게 한다. <그림 10>의 Interaction 합성 결과와 같이 실제 배우와 CG 소품 사이에 상호 작용이 필요한 경우에도 소품에 CG 모델을 합성하여 상호 작용 효과를 쉽고 정밀하게 연출할 수 있다. 뿐만 아니라, <그림 11>의 Special Make-up 합성 결과와 같이 실제 배우로부터 캡처된 모션에 CG 모델을 합성함으로써 특수 분장 효과를 연출하는 것도 가능하다. 유명한 할리우드 특수효과 업체 중 하나인 ILM은 영화 아이언맨에서 이와 같은 기술을 적용한 바 있다.

## IV. 결론

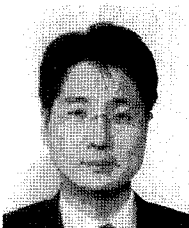
CG 영상과 실사를 합성하기 위해서는 카메라 트

래킹 기술이 필수적이다. 본 논문에서는 기존의 카메라 트래킹 시의 문제점을 극복할 수 있는 새로운 시스템을 제시하였다. CG/실사 합성은 결과 영상이 2차원임에도 불구하고 자연스러운 결과를 획득하기 위해서는 촬영 당시의 카메라와 배경, 배우, 소품 등의 3차원 정보를 추출하여야 하기 때문에 기술적으로 어려운 분야이다. 기존 상용 SW를 이용하는 방식은 동적 배경이나 움직이는 배우 및 소품에 대한 CG 모델 합성 시 사용하기 어려우며 본 논문에서 이러한 문제를 해결할 수 있는 두 가지 시스템을 제시하였다. 방송 및 영화 분야의 미래 콘텐츠에서 CG와 실사를 합성하는 비중은 갈수록 커질 것으로 예상된다. 이러한 CG/실사 합성 영상의 수요가 증가할수록 영상 제작시의 생산성이 중요한 문제가 될 것이며 본 논문에서 제시된 기술은 영상 제작 시간을 단축하는데 크게 기여 가능할 것이다.

### 참고 문헌

- [1] Hartley, R. I., Zisserman, A. 2003. Multiple View Geometry in Computer Vision, Cambridge Press, vol. 2, November 2003
- [2] Kumar, R. K., Ilie, A., Frahm, J. and Pollefeys, M. 2008. Simple Calibration of Non-overlapping Cameras with a Mirror. In Proceedings of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2008
- [3] Vicon Motion Capture System, <http://www.vicon.com>
- [4] Autodesk Maya, <http://www.autodesk.com>

### 필자 소개



김재현

- 1997년 2월 : 연세대학교 전자공학과 학사
- 1999년 2월 : KAIST 전기및전자공학과 석사
- 2006년 2월 : KAIST 전기및전자공학과 박사
- 2006년 3월 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 선임연구원
- 주관심분야 : 3D 컴퓨터비전, CG

## 필자소개



김종성

- 2000년 : 고려대학교 전파공학과 (학사)
- 2002년 : 포항공과대학교 전자전기공학과 (석사)
- 2008년 : 포항공과대학교 전자전기공학과 (박사)
- 2008년 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 선임연구원
- 주관심분야 : 영상처리, 3D비전, CG, VFX



유정재

- 2003년 02월 : 연세대학교 기계전자공학부 전자공학전공 (학사)
- 2005년 02월 : KAIST 전기및전자공학과 (석사)
- 2005년 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 선임연구원
- 주관심분야 : 영상처리, 컴퓨터비전, 패턴인식



정일권

- 1992년, 1994년, 1999년 : KAIST 전기및전자공학과 (학사, 석사, 박사)
- 1999년 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 책임연구원
- 주관심분야 : CG, VFX, 시뮬레이션