



## 실사/CG 합성 기술

이인호\* 조강현\*\*

### 목 차

1. 서 론
2. 영화 제작에서의 실사/CG 합성 기술 동향
3. 실사/CG 합성 요소 기술
4. 표준화 동향
5. 결 론

### 1. 서 론

최근 흥행에 성공한 타이타닉, 스타워즈 에피소드 II, 매트릭스, 해리포터, 반지의 제왕 등 대부분 할리우드 영화는 제작 공정의 50% 이상을 CG 기술을 활용하여 제작하였다. 그리고, CG 기술을 활용함으로써 제작 경비도 획기적으로 절감할 수 있었다.

영화 미녀 삼총사 2에서 주인공들이 추락하는 헬리콥터를 기동하여 탈출하는 장면, 영화 주라기공원의 '공룡'이나 영화 스타워즈의 '자자 빙크스', 영화 반지의 제왕의 '스미골'의 경우와 같이 위험한 장면이나 실존하지 않는 공룡이나 캐릭터를 표현해야 하는 경우도 있다. 이러한 영상은 우선 주인공이 모형 헬리콥터와 함께 추락하고 있는 것처럼 촬영한 후, 또는 실제 사람이 혼자서 마치 가상 캐릭터가 옆에 있는 것처럼 연기하는 것을 촬영한 후, 이 실사 영상을 시각효과 CG 영상이나 가상 캐릭터와 합성하여 제작하게 된다.

이와 같이 카메라로 촬영한 실사 영상과 컴퓨터로 제작한 CG 영상을 합성하여 결과 영상을 만들

어 내는 기술을 실사/CG 합성 기술이라 일컬으며, 최근의 영화 제작 추세로 볼 때, 실사/CG 합성 기술은 영화 제작에 필수적인 기술이 된다.

또한, 실사/CG 합성 기술은 CG 자체만으로 제작된 영상의 현실감을 보다 향상시키고 다양한 특수효과 생성에 활용되는 디지털 영상 처리에서의 핵심 기술이다. 더 나아가 영화뿐만 아니라 게임 및 방송 등의 다양한 엔터테인먼트를 위한 디지털 콘텐츠 제작에 중요한 기술을 차지하고 있다.

### 2. 영화 제작에서의 실사/CG 합성 기술 동향

영화 제작에서 상상속의 장면이나 위험한 상황을 사실적으로 연출하기 위해 실사/CG 합성 기술을 많이 사용한다. (그림 1)은 영화 미녀 삼총사 2에서의 위험한 장면을 촬영하는 과정을 나타낸다.

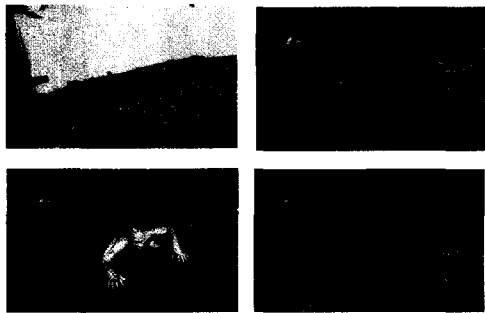


(그림 1) 영화 미녀 삼총사 2 제작 과정

\* ETRI 디지털액터연구팀 팀장

\*\* 울산대학교 전기전자정보시스템공학부 조교수

블루스크린(이 경우는 그린스크린)을 배경으로 하여 모형 헬리콥터와 연기자들을 촬영한 후, CG 그래픽으로 배경과 헬리콥터의 로터(rotor)와 유리창을 삽입하고, 연기자를 묶은 와이어(wire)를 삭제함으로써 추락하는 헬리콥터에 매달려 있는 주인공들이 표현되었다. (그림 2)는 스파이더맨이 건물 벽을 타고 올라가는 장면을 생성하는 과정을 나타낸다.



(그림 2) 영화 스파이더맨 제작 과정

모형으로 제작된 건물 벽만이 실제 사물이며, 거리와 거리의 물체들과 스파이더맨은 CG 그래픽으로 삽입하였다. 이와 같이 합성함으로써 스파이더맨이 실제 건물의 벽을 수직으로 타고 올라가는 것처럼 보이도록 하였다. 이처럼 최근 영화 제작에서는 실사/CG 합성 기술이 매우 필수적인 기술로 부상하고 있으며, 이러한 추세는 더욱 더 확대될 전망이다.

영상 합성을 위해 블루스크린을 이용한 아날로그 방식의 크로마킹 기법과 수작업을 많이 요구하는 로토스코핑(rotoscoping) 기법[8]이 전통적으로 많이 사용되고 있다. 최근에는 영화, 방송 등의 모든 매체가 디지털화됨에 따라 자동 영상 합성 기술이 개발되고 있거나 일부가 상용화되고 있다. 이에 따라, 로토스코핑의 자동화에 대한 연구가 활발히 연구되고 있으며, 기반 연구로서 영상 내의 특정 영역 추적, 특정 객체의 자동 삭제 및 삽입, 객체에 의해 가려진 배경의 자동 생성에 대한 기술 개발이

활발히 이루어지고 있다.

그리고, 실사와 CG 객체의 정합을 매우 정교하게 하기 위하여 실사 촬영 당시의 카메라 시점을 추출하는 기술의 고도화도 이루어지고 있다. 기존에는 별도의 마커나 센서를 이용하여 카메라 정보를 반자동 트래킹 하였으나, 최근에는 비디오 이미지만을 이용하여 카메라 정보를 자동으로 트래킹하도록 하여 영화와 같은 실사 기반 CG 콘텐츠 제작의 생산성을 높이게 된다. 카메라 위치정보 추출에 의한 실사와 CG의 합성 기술은 해리포터, 반지의 제왕 등에 광범위하게 사용되었다.

또한, 최근에는 CG 모델링[1, 2]을 통해 실제와 같은 다양한 특수 효과가 만들어지고 있으며 이에 대한 특수효과 플러그인 소프트웨어(plug-in S/W) 기술이 활발히 개발되고 있다. 반지의 제왕, 매트릭스, 미이라 2, 슈렉, 스파이더맨, 트위스터, 포레스트검프, 스타워즈 에피소드 1 & 2가 CG 모델링을 통한 특수효과 재현 기술이 적용된 대표적인 영화다.

배우만 실존 인물일 뿐 대부분의 배경 화면은 CG로 구성하여 미래 사회의 모습을 보여주는 스티븐 스필버그 감독의 영화 'AI'의 제작과정에서 보듯이, 실시간 자동 합성 장비의 요구도 점점 증대되고 있다. 이 영화 제작에서는 스티븐 스필버그 감독의 요구로 전용의 장비가 제작되었으며, 이 장비를 통해 블루스크린 앞에서 연기하는 연기자의 모습을 카메라로 찍으면 곧 바로 배경 CG 영상과 합성되어 연기자의 연기를 곧 바로 확인하였다. 따라서, 감독은 기존의 수작업에 의해 많은 시간이 걸리는 합성 작업을 거치지 않고도 배우의 연기가 의도대로 잘 되었는지 확인하고, 그 결과에 따라 재촬영을 곧 바로 할 수 있어서 제작 기간을 획기적으로 줄일 수 있었다. 이러한 예에서 보듯이, 현장에서 실시간으로 합성 결과를 확인할 수 있는 장비의 필요성이 입증되었으며, 향후 이와 관련한 실

시간 합성 처리 기술 및 장비 개발에 대한 요구도 증대될 것이다.

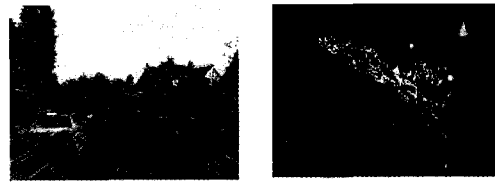
합성된 영상의 이질감을 없애고 현실감을 높일 수 있는 실사 조명 재현 관련 기술과 물체간 조영 상호작용 기술, 색감 일치 기술은 고품질 영상 콘텐츠의 요구가 높아질수록 그 필요성이 더욱 더 높아지는 기술로서, 아직 개발 초기 단계에 있는 기술들이므로 향후 집중적인 개발이 필요한 분야이기도 하다. 최근에는 영국 Bristol 대학 및 미국 RIT 대학을 중심으로 컬러 어피어런스 기술을 이용하여 영상 합성의 품질을 높이고자 하는 연구가 수행되고 있다.

### 3. 실사/CG 합성 요소 기술

CG 영상과 실사 영상을 합성할 때에는 다음에 열거할 요소 기술들을 사용하여야 자연스러운 합성 결과를 얻을 수 있다.

#### 3.1 카메라 트래킹

CG 영상과 실사 영상을 합성할 때에는 실사 영상 내의 객체들의 위치와 CG 영상 내의 객체들의 위치가 서로 연관되어야 한다. 예를 들어 영화에서 실제 배우와 가상 캐릭터가 마주보고 대화를 하는 영상을 만드는 데, 가상 캐릭터가 영상에서 실제 배우의 위치와는 다른 엉뚱한 곳에 나타나게 되면 영상이 매우 부자연스러워진다. 이를 위해 실제 영상으로부터 비디오를 촬영할 때의 카메라 초점 거리와 카메라가 움직인 경로 및 카메라 자세를 자동을 추출하여 CG 영상 생성에서 시점을 일치시킬 수 있도록 해 주는 카메라 트래킹[7] 기술이 필요하다. 이러한 기술은 최근 영화에서 볼 수 있는 실사/CG 합성 영상을 만드는데 필수적인 기술이다. 대표적 소프트웨어로는 2d3사의 Boujou[9]와 Realvis사의 MatchMover[10]가 있으며, (그림 3)은 카메라 트래킹 과정과 그 결과를 나타낸다.



(그림 3) 특징점 추출 및 트래킹 과정 및 카메라 이동 경로

#### 3.2 Seamless 블렌딩

CG 영상 합성에서는 실사 비디오, 컴퓨터 그래픽 모델 등 여러 개의 입력소스가 하나로 합성되어 실제 촬영할 수 없는 영상이 만들어진다. 이때 각각의 입력 소스가 하나로 합성되는 과정에서 서로 다른 영상 소스가 합성의 흔적 없이 부드럽게 합성되기 위해서는 합성되는 객체에 대한 실사 조명 효과, 물체 간 조영 처리, 영상 시감 일치, 에지 보정과 같은 고품질 영상 처리 기반의 Seamless 블렌딩 기술이 필요하다.

##### 3.2.1 실사 조명 효과 및 물체 간 조영 상호작용 기술

실사 영상이 대낮 자연 조명 하의 야외 환경을 촬영한 것이라면 CG 영상의 조명 조건도 이를 반영해야 하며, 어두운 지하실에 작은 손전등이 조명의 전부인 환경이라면 CG 영상도 역시 이를 반영해야 한다. 따라서, 실사 조명 정보를 이용하여 합성할 CG 객체를 렌더링하여야 자연스럽게 보인다. 이러한 렌더링 방식은 실제 조명의 에너지 값을 사용하기 때문에 결과 영상의 밝고 어두운 정도가 실제 세계 환경과 동일하게 표현될 수 있으며, 모델과 빛, 모델과 모델의 상호작용을 잘 살린 렌더링 영상을 얻을 수 있다[3]. 또한, 렌더링될 때 물체와 물체간의 서로 빛을 가리고 투과시키는 각종 상호작용이 함께 고려되므로, 물체 표면에 만들어지는 그림자, 거울면 효과, 각종 반사 및 굴절 효과들이 실제와 같이 그대로 재현될 수 있다. (그림 4)는 거울면 효과를 잘 표현해 주는 예이다.



(그림 4) 사이보그 머리부분에 반사된 조종사의 얼굴 (터미네이터 2)

그리고, CG 영상 내의 각 객체의 그림자가 실제 영상의 각 객체에 드리워져야 하며, 그 반대의 경우도 마찬가지로 실제 영상 내 객체들의 그림자가 CG 영상 내의 객체에 드리워져야 한다. 이를 위해 물체 간 조영 상호작용[5] 기술이 연구되고 있으며, 기반 기술로서 실사 배경에 대한 기하 정보(geometry) 추출의 자동화 연구가 진행되고 있다.

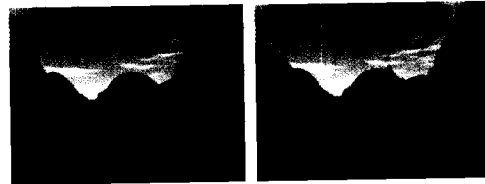
### 3.2.2 실사·CG 영상 시각(color appearance) 일치 기술

영상 시각이란 배경, 바탕, 조명, 물체 구조 등 다양한 환경 하에서 적응적으로 변화하는 인간 시각적 인지체계(human visual system) 특성을 나타내며, 영상합성 시 자연스러움을 증대시킬 수 있는 필수 요소 중 하나이다. 합성된 영상 품질은 기존에는 실사와 CG영상을 합성한 사람이 임의적으로 판단하였으나, 인간 시각체계 모델을 통한 영상품질 계량적 모델과 인간 시각을 이용한 심리물리학적 품질 평가기법은 합성영상의 품질을 정량적으로 평가가 가능하게 할뿐 아니라, 도출된 데이터를 이용하여 영상합성 시간 소요 및 비용 단축도 가능하다.

### 3.2.3 Motion Blur를 고려한 합성

실사 영상에서의 카메라 움직임이 빠를 경우, 실사 영상은 모션 블러(blur) 현상으로 인해 근경에 있는 물체와 배경은 흐릿하게 촬영되고, 원경에 있는 물체나 배경은 상대적으로 선명하게 보이게 된다. 이때, 합성할 CG 객체를 카메라 속도를 고려하

지 않고 합성하게 되면 선명함의 차이로 인해 이질감을 많이 느끼게 된다. 따라서, 모션 블러 효과[4]를 고려하여 실사/CG 합성을 한다면 이질감이 적으며 현실감이 높은 영상을 재현할 수 있게 된다.



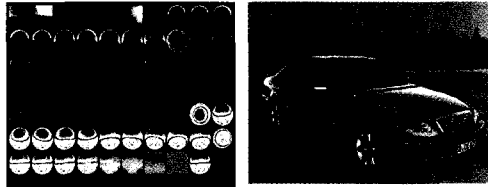
(그림 5) 카메라가 빠른 속도로 측면으로 움직이거나 전진할 때의 모션 블러 현상

## 3.3 실사 기반 물체 표면 속성 재현 기술

실사/CG 합성 시에 두 영상간의 이질감을 없애고 좀 더 사실적 보이기 위해서는 CG 객체 표면의 색상, 반사도, 투명도 등 표면 속성을 정확하게 표현할 필요가 있다. 하지만 이러한 특성들은 물체 표면을 구성하는 분자들과 빛 에너지 사이의 에너지 반응에 의해 발생하는 것으로, 대단히 복잡한 수학적인 모델을 활용해야 제대로 표현이 가능하다는 단점이 있다. 또한, 물체의 표면 재질에 따라 전혀 다른 계산식이 적용되어야 한다. 이러한 수학적 모델을 활용할 경우, 그 계산이 매우 복잡해져 영상 합성에 대단히 많은 시간이 소요된다.

실사 기반 물체 표면 속성 재현 기술은 수학적인 모델을 사용하지 않고, 대상물의 실사 사진으로부터 표면 속성을 추출하는 기술이다. 자동차 표면 속성을 재현하고 싶다고 할 때, 적당한 재질로 만든 구(sphere)에 자동차 표면 도색에 쓰이는 도료를 칠한 후, 이를 여러 각도에서 촬영한다. CG 객체를 만들 때에는 모델링된 자동차 형상에 이미 촬영되어 있는 구 사진에서 적절한 색상을 가져와 입혀 줌으로써 자동차에 대한 영상을 생성할 수 있다 [6]. 이렇게 되면 자동차 표면에서 일어나는 에너

지 현상에 대한 정확한 지식 없이도 빠르게 고품질의 자동차 영상을 생성할 수 있게 된다.



(그림 6) 차체 도료로 도색한 금속 및 유리 재질의 구를 여러 각도에서 촬영한 영상들 및 그 결과로 생성된 자동차 CG 영상

### 3.4 프레임 가변 동기화

영화 매트릭스에서 주인공이 총알을 피하는 flow motion을 촬영하기 위해서는 라인 카메라로 동시에 각기 다른 시점의 영상을 촬영하고, 카메라 시점간의 중간 영상은 컴퓨터로 생성하는 다시점 영상 생성 기술과 입력 소스간 프레임 레이트를 다르게 하는 Re-timing 기법을 포함하는 프레임 가변 동기화 기술이 필요하다. 이러한 기법을 이용하면 만화와 같은 현실에 없는 다양한 상상의 장면을 만들어 낼 수 있으며, 실사 영상을 촬영한 카메라 시점과 다른 보간 영상을 컴퓨터로 생성하는 게 가능하다.



(그림 7) Flow motion 촬영을 위한 라인 카메라 세트

## 4. 표준화 동향

ISO/IEC JTC1 SC29 WG 11 MPEG-4SNHC (Synthetic Natural Hybrid Coding)[11]에서는 3D

합성 영상의 모델링과 관리 작업에 대한 표준을 제정하고 있다.

Web3D Consortium의 Rich Media 3D WG에서는 실사 기반 모델링 기술을 통해 생성하는 3D 모델의 표현 스펙을 국제 규격과 호환할 수 있도록 하는 표준을 제정하고 있다. 현재 버전 1.0을 제정하였으며, 계속적으로 표준 스펙을 제정할 예정이다.

그리고, H-Anim WG (Humanoid Animation Working Group)[12]은 Humanoid의 스펙과 표준을 정의하고 있다. Humanoid는 디지털 액터와 많은 유사 부분이 존재하며, 이러한 부분에 대해 호환성을 유지하도록 하여 디지털 액터가 국제 표준을 준수하도록 하고 있다. 영화에서 가상 캐릭터로 표현되었던 부분은 향후 디지털 액터로 표현될 수 있기 때문에 실사/CG 합성과 직접적인 연관이 있게 된다.

ICC (International Color Consortium)[13]에서는 CG 분야 등에서 사용하는 입출력 이미징 디바이스의 화질을 향상하기 위한 프로파일 기술을 표준화하고 있으며, CIE (Commission Internationale de L'Elclairage, International Commission on Illumination)[14]에서는 광학, 분광기술, 컬러관련 기술 표준화와 국제공동연구를 추진 중에 있다. 이들 표준화 기구에서는 컬러 시감 일치에 관한 표준 제정을 추진 중에 있으며, 이는 실사/CG 합성 시의 조도 및 영상 시감 일치와 직접적인 관련이 있다.

## 5. 결론

지금까지 실사/CG 합성 기술의 필요성과 기술 동향, 대표적인 요소 기술의 내용에 대해 살펴보았다. 기술 선진국에서는 가상현실 기술을 영화 제작에 접목하여 위험한 장면이나 상상속의 장면을 용이하게 연출하고, 매우 적은 비용으로 영화 제작을 가능하게 한다. 그리고, 유명 스튜디오를 중심으로 실사/CG 관련 기술을 인하우스(In-House) S/W

형태로 개발하고 있는 추세에 있다.

따라서, 국내 기술의 고도화를 통해 첨단 기술을 확보하여야 하며, 이는 영화 분야뿐만 아니라 방송 분야에서도 적은 경비로 사실성 높은 스튜디오 구성을 가능하게 해주는 가상 스튜디오 분야, 지능적인 가상 광고와 개인 휴대 단말기의 호용성을 높여 줄 수 있는 증강 현실 분야에서의 기반 기술로도 활용될 것이다.

### 참고문헌

[1] B. Paul, P. Torr, A. Zisserman, "3D model acquisition from extended image sequences", European Conference on Computer Vision, pp. 683-695, 1996.

[2] P. Debevec, "Modeling and rendering architecture from photographs", Ph. D. Thesis, UC Berkeley, Dec. 1996.

[3] Y. Yu, P. Debevec, J. Malik, T. Hawkins, "Inverse global illumination: Recovering reflectance models of real scenes from photographs", SIGGRAPH, pp. 215-224, 1999.

[4] G. J. Brostow, I. Essa, "Image-based motion blur for stop motion animation, SIGGRAPH", 2001.

[5] M. Stamminger, G. Drettakis, "Perspective shadow maps", SIGGRAPH, pp. 557-562, 2002.

[6] J. Dorsey, P. Hanrahan, "Modeling and rendering of metallic patinas", SIGGRAPH, pp. 387-396, 1996.

[7] R. Hartley, A. Zisserman, Multiple view geometry in computer vision, Cambridge University Press, 2000.

[8] <http://www.theforce.net/theater/software/>

[premiere/rotoscoping/rotoscoping\\_finley.shtml](http://premiere/rotoscoping/rotoscoping_finley.shtml)

[9] <http://www.2d3.com>

[10] <http://www.realviz.com>

[11] <http://www.es.com/mpeg4-snhc/>

[12] <http://h-anim.org/>

[13] <http://www.color.org>

[14] <http://www.cie.co.at>

### 저자약력

#### 이 인 호

1989년 부산대학교 정밀기계공학과 (공학사)  
 1991년 부산대학교 정밀기계공학과 (공학석사)  
 1996년 일본 오사카대학교 정보공학과 (공학박사)  
 1996년 - 현재 한국전자통신연구원(ETRI)  
 디지털액터연구팀 팀장  
 관심분야 : 가상현실, 3D애니메이션, 컴퓨터비전  
 이 메 일 : leeinho@etri.re.kr

#### 조 강 현

1989년 부산대학교 정밀기계공학과 (공학사)  
 1993년 일본 오사카대학 전자제어기계공학 (공학석사)  
 1997년 일본 오사카대학 전자제어기계공학 (공학박사)  
 1997년 - 1998년 ETRI 시스템공학연구소  
 포스트닥터연구원  
 1998년 - 현재 울산대학교 전기전자정보시스템공학부  
 조교수  
 관심분야 : 컴퓨터비전  
 이 메 일 : jkh@islab.ulsan.ac.kr