

첨단영상제작장비 원리 및 응용사례

The Principal of Application Advanced Picture Production Equipments

유비쿼터스 시대를 주도할
디지털콘텐츠 기술 특집

박성규 (S.G. Park)	게임기술지원팀 연구원
이민기 (M.K. Lee)	게임기술지원팀 기술원
최진성 (J.S. Choi)	게임기술지원팀 선임연구원

목 차

-
- I . 서론
 - II . 첨단영상제작장비의 원리
및 정의
 - III . 응용사례 및 기술분석
 - IV . 첨단영상제작 동향 및 시장성
 - V . 결론

2004년, 개봉 39일만에 국내관객 1000만 명을 돌파하며 국내영화사상 신기록을 수립한 영화 '태극기 휘날리며'에선 사상 유례없는 10만여 명 이상의 피난 및 중공군 진격 장면이 연출되었다. 그러나, 10만여 명이 나오는 장면을 찍기 위해 동원된 엑스트라는 300여 명에 불과하다. 1982년작 영화 '간디'의 장례식에 동원된 30만 명의 엑스트라를 생각한다면 괄목할 발전이라 할 수 있다. 이와 같은 대규모 스펙터클 장면이 영화에서 빈번히 활용될수록 첨단영상 장비에 대한 활용도는 제고될 것으로 예상된다.

I. 서론

최근 유비쿼터스(ubiquitous) 환경의 도래와 디지털기술의 발달로 인하여 애니메이션 및 영화, 게임은 영역간의 구분이 모호해지고 있으며 제작패러다임(paradigm)에 있어서도 2D에서 3D로 전환하는 과도기를 지나 안정화 단계에 접어들고 있다.

현재 디지털콘텐츠 세계시장은 제작패러다임의 변화로 인해 첨단영상제작장비 및 기법을 경쟁적으로 개발/도입하고 있으며, 제작 규모 또한 거대 자본이 투여되는 블록버스터(blockbuster)급 영화로 대형화되는 추세이다. 이에 따라 모션캡처시스템과 모션컨트롤카메라 등의 첨단영상제작장비의 활용도가 비약적으로 증대되었고, 그 수요도 지속될 것으로 전망되고 있다.

이 두 시스템의 가장 큰 특징은 가상세계의 기술을 현실화시켰다는 점이다. 가상캐릭터에 실사의 동작을 부여함으로써 CG 기술과 함께 실사수준의 영상을 만들어 내고, 그 가상 캐릭터와 실사를 이용하여 완성된 영상합성을 할 수 있는 명실상부한 핵심적인 기능을 담당하고 있다.

따라서, 향후 디지털콘텐츠 시장을 주도할 첨단영상분야의 선도적인 장비인 모션캡처시스템과 MCC의 제작장비의 주요기능과 이를 활용한 기술적 사례를 중심으로 한 특수효과에 대하여 소개하고자 한다.

II. 첨단영상제작장비의 원리 및 정의

1. 모션캡처시스템

디지털콘텐츠 제작에 있어서 캐릭터 애니메이션은 매우 중요한 부분으로 많은 시간적 비용을 필요로 한다. 또한 실제 사물의 움직임과 동일한 수준의 애니메이션을 생성하기는 쉽지 않다. 이러한 문제를 해결하기 위해 개발된 것이 실제인간이나 동물의 움직임을 디지털화 하는 모션캡처이다[1].

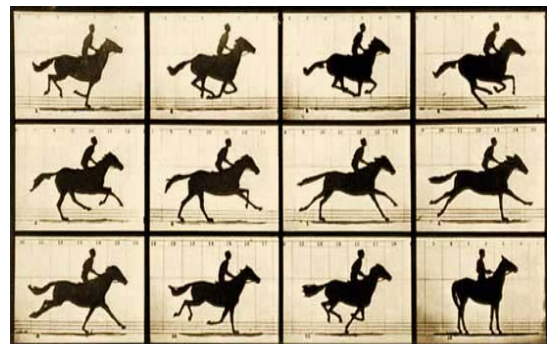
가. 모션캡처시스템의 이해

모션캡처시스템이란, 3차원공간상에서 대상의 움직임에 대한 위치와 방위를 측정하고 컴퓨터가 사용할 수 있는 형태의 정보로 기록하여 분석/응용할 수 있는 장치를 말한다.

모션캡처시스템을 통해 얻어진 정보를 모션캡처 데이터라고 하며 이와 같이 얻어진 데이터는 디지털 콘텐츠 분야(애니메이션, 영화, 게임 등), 의학분야(동작분석, 재활 등), 과학분야(기체역학, 원격제어 등)에서 다양하게 활용된다.

18세기 말, 머레이와 매이브리지가 군사적 목적으로 사진을 이용하여 사람과 동물의 움직임을 연구한 것이(그림 1)과 같은 최초의 시도라 할 수 있다.

(그림 2)와 같은 모션캡처방식이 영상에 이용되기 시작한 것은(그림 3)에서 보듯이 1930년경 디즈니사에서 로토스코핑 기법을 이용하면서부터이다. 이 기법은 사람이나 동물을 실제촬영하고 필름을 통



(그림 1) 18세기 사진을 이용한 말의 동작분석



(그림 2) 21세기 모션캡처를 이용한 말의 동작분석



(그림 3) 로토스코핑 기법을 이용한 월트 디즈니사의 <백설공주>

해서 2차원적 움직임을 복제하여 애니메이션을 제작하는 방식이다.

이러한 원리를 컴퓨터그래픽기술을 적용하여, 3차원 데이터를 도출하고 이를 캐릭터 애니메이션에 활용하기 시작한 것은 1970년 후반이다.

1980년대부터 모션캡처기술은 영상 콘텐츠 제작에 활용되기 시작하였는데 1985년 밥 에이블이 제작한 스포츠 광고 ‘브릴리언스’가 그 시초라 할 수 있다. 1990년 영화 ‘토탈리콜’에 사용된 것을 시작으로 디지털콘텐츠 제작에서의 모션캡처시스템 활용이 급증하였다[2].

나. 모션캡처시스템의 종류 및 특성

모션캡처시스템은 데이터를 추출하는 방식에 따라 광학식, 기계식, 자기식으로 구분된다.

기계식은 인체의 각 관절부위의 움직임을 기계장치 부착을 통해 캡처하는 방식으로, 부착된 기계로 인한 행동의 제약이 없다면 가장 이상적인 경우라 할 수 있다.

제공되는 데이터는 실시간으로 추출된 관절별 회전데이터로서 매우 정확한 데이터를 제공 받을 수 있다.

기계식 모션캡처는 (그림 4)와 같은 기계 장치가 몸에 부착되기 때문에 대상의 움직임을 실시간으로 캡처할 수 있고, 노이즈가 적은 데이터를 획득할 수 있으며, 무엇보다도 장비의 가격이 가장 저렴하다는 장점이 있다.

그러나, 고중량의 기계 장치를 부착함에 따라 대상이 자연스러운 움직임에 제약을 받게 되고 이로



(그림 4) 기계식 모션캡처

인해 동작데이터의 추출에도 한계가 있다.

현재 상용화된 제품으로는 Analogues사의 Gypsy, Motion Technology사의 Xtra, X-ist사의 Full Body Tracker 등이 있다.

자기식 모션캡처시스템은 대상의 각 관절 부위에 자기장을 발생시키는 센서를 부착하고 대상의 움직임에 따른 자기장의 변화를 측정하여 위치데이터를 추출하는 방식이다. 혹은 그 반대로 자기장의 계측 장치를 대상에 부착하고 자기발생장치를 이용하기도 한다.

자기식 모션캡처시스템은 광학식에서 발생하는 문제점인 마커(marker)가 가려져 데이터가 손실되는 경우가 없고, 광학식에 비하여 장비의 가격 및 유지비가 저렴하다는 장점이 있다.

하지만 (그림 5)와 같이 케이블을 사용하기 때문에 대상의 동작에 제약이 있고, 주위의 금속물체에 의해 데이터의 손실이 발생할 우려가 있다는 단점이 있다.



(그림 5) 자기식 모션캡처

상용화된 제품으로는 Polhemus사의 Star Trak, Ascension사의 Motion Star Wireless 등이 있다.

(그림 6)의 광학식 모션캡처시스템은 대상의 움직임을 얻어내기 위한 적절한 부위에 반사 마커(카메라에서 발산하는 적외선을 반사)를 부착하고 여러 대의 카메라가 2차원 이미지로 촬영한 후, 그 이미지를 다시 3차원 위치데이터로 계산하여 데이터를 추출하는 방식이다.

현재 활용되고 있는 모션캡처시스템 중에서 가장 진보된 형태이다. 광학식 모션캡처는 고속으로 촬영할 수 있어 유실되는 캡처 데이터가 거의 없고 대상의 움직임을 제약하는 요소가 없어 자유로운 동작 표현이 가능하여 매우 섬세한 동작을 추출해 낼 수 있다.

또한, 즉각적인 피드백은 물론, 물체의 특성에 따라 실시간의 움직임을 포착하는 것이 가능하다.

모션캡처시스템은 그 밖에도 음향식, 픽셀트레이싱 방식, 푸펫기법 등의 다양한 방식이 존재하며, 활용목적에 따라 각 방식들이 적절하게 사용되고 있으나, 데이터 품질의 정확성이 요구되는 디지털콘텐츠 분야는 광학식 모션캡처시스템의 활용이 일반적이다.

세계적으로 별도의 모션캡처시스템이 필요 없이 일반 컴퓨터 등을 통해 촬영한 영상에서 모션데이터를 추출해 내는 픽셀트레이싱 방식의 개발이 활발히 진행중이다.

픽셀트레이싱 방식은 영상 이미지를 분석 및 추적하여 모션데이터를 생성하므로, 촬영 장소, 센서 부착으로 인한 동작의 제약 등에서 자유로울 수 있



(그림 6) 광학식 모션캡처

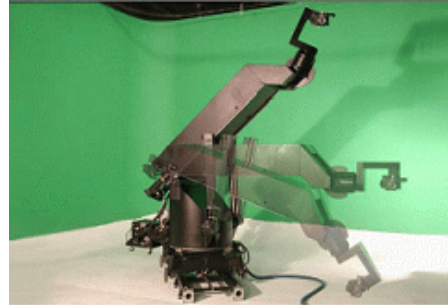
으며, 별도의 하드웨어에 소요되는 비용을 절감할 수 있어 개발이 완료되면 향후 광학식 모션캡처시스템을 대체할 수 있을 것으로 전망된다.

2. MCC

MCC 시스템이란 컴퓨터를 이용한 모션컨트롤 기술을 카메라에 적용함으로써 카메라의 움직임을 정밀하게 제어할 수 있도록 고안된 시스템이다.

이 시스템은 컴퓨터에 의해 제어되므로 정밀한 카메라의 제어뿐만 아니라 동일한 카메라 움직임을 반복할 수 있으며, 카메라의 위치데이터를 3D 응용 소프트웨어의 카메라데이터로 적용할 수 있어 영상의 합성을 위한 필수적 장비로 인식되고 있다.

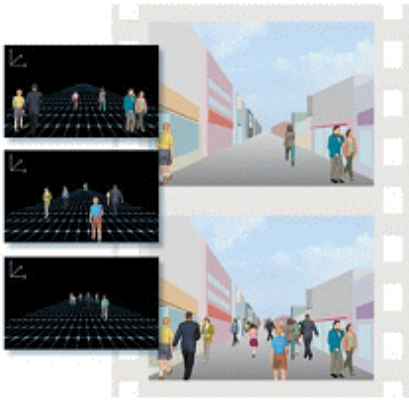
(그림 7)의 MCC는 ILM에서 개발한 것으로, 영화 ‘스타워즈’ 제작당시, 물체의 움직임을 제어하여 다이내믹한 시각효과를 만들어 내기 위하여 개발되었다[3].



(그림 7) MCC

MCC의 촬영은 다음과 같은 순서로 진행되는데 먼저, 피사체의 좌표 값을 기억하는 MCC를 이용해 근경부터 촬영한다. 예를 들어 엑스트라들의 위치를 다른 곳으로 옮겨 옷을 바꿔 입게 하고 다른 포즈를 취하도록 지시한 뒤 다시 촬영한다. 이런 방식으로 몇 차례 촬영한 필름을 한 장면에 합성하면 거리를 걷고 있는 한 무리의 군중을 제작할 수 있었다.

이 방식은 (그림 8)에서도 표현했듯이 MCC의 가장 대표적인 응용기술로서 동일한 카메라 움직임을 무한대 반복작업으로 가능한 기술로 인해 이루어진다.

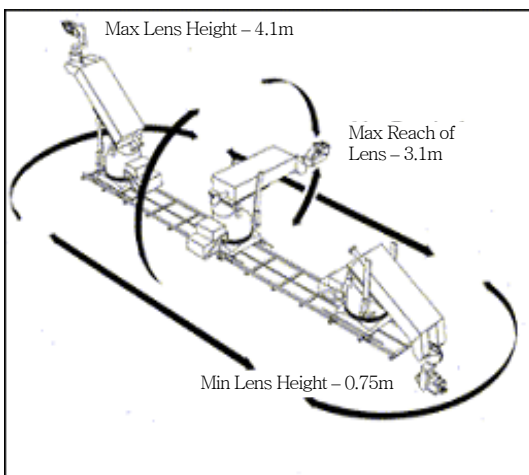


(그림 8) 특수 합성의 원리

MARK ROBOT사(영국)에서 개발한 'MILO' 시스템은 실사 촬영을 위하여 견고하고, 매우 빠르게 동작할 수 있도록 처음으로 제작된 이동용 motion control system이다.

또한, 본체에 부착된 카메라를 정밀하게 제어하기 위한 하드웨어와 소프트웨어를 갖추고 있다. (그림 9)는 MCC의 최대, 최소의 동작범위를 나타낸 것이다.

렌즈 최대 가능 촬영 높이	4.1m
렌즈 최저 가능 촬영 높이	0.75m
렌즈 최저 좌우 도달 거리	3.1m



(그림 9) MCC의 동작범위

MCC는 Track 및 Rotate, Lift, Arm Extension, Head Angle, Pan, Tilt, Roll, Camera, Zoom, Focus, Fade/Dissolve, 또는 Iris의 하드웨어와 Flair 3.0의 소프트웨어로 구성되어 있다.

MCC는 각 파트의 기능이 분할되어 작업을 수행하는데, 주요 기능은 <표 1>과 같다.

각 파트는 다음과 같은 작업을 수행한다.

- Target tracking은 촬영하고자 하는 피사체에 고정되어 정교한 수평 target 경로를 유지하면서 복잡한 움직임을 촬영할 수 있는 기능
- Track을 이용한 정교한 수평이동 기능
- 다양한 축(Pan, Tilt, Roll 등)을 이용한 직선 및 곡선적인 움직임을 표현하는 기능
- 그래픽 데이터와의 합성 기능은 MCC와 CG 컴퓨터 사이의 데이터변환을 통한 카메라 움직임을 CG 그래픽으로 재현할 수 있는 기능

<표 1> MCC의 구성 및 각 파트별 역할 기능

장비 명	용도
Track	- MCC를 정교하게 수평 이동하는 몸체 - 다른 축에 비해 제일 빠름 - 최대 속도: 2m/sec
Rotate	- 몸통 전체의 회전을 담당 (회전범위 360°)
Lift	- Extend를 지지하고 몸체의 수직이동 - 최대 속도: 24°/sec
Extend	- Track과 같이 수평이동
Angle	- 카메라 헤드 부분을 수직방향으로 회전 (회전 범위: 205°)
Pan	- Angle과 반대로 평면상에서 회전 (회전 범위: 360°)
Tilt	- Angle과 같은 방향으로 회전 (회전 범위: 270°)
Roll	- 카메라의 정면을 회전시킴 (회전 범위: 360°)
Camera	- 필름카메라(비디오카메라 기능) - Mitchell 35m/m, ARRI 35m/m 카메라를 모션 컨트롤 슬립라인 헤드에 고정사용 - 롬마 촬영, 초당 최대 125프레임까지 고속 촬영
Lens	- Cannon 18mm, F 2.8 Mount Type - 각 카메라 마운트에 따라 다양한 렌즈 부착 가능
Rail	- MCC의 정교한 수평 이동을 가능케 하는 지지대로서 산업용 레일을 사용 - 레일하나 당 3m로서 추가 결합 사용

이러한 특성으로 MCC는 CG의 배경이 실사가 아닌 그래픽과 비디오의 실사가 결합한 스튜디오 크로마키 기술의 한 영역으로 활용될 수 있다.

MCC는 일종의 컴퓨터라고 할 수 있는 transputer가 (그림 10)과 같이 main system인 root box와 각 축별로 위치해서 데이터를 고속으로 전달해주는 체제로 구성되어 있어서 많은 양의 수치계산을 할 수 있도록 설계되었다.

축 조정용 transputer는 각각 4개의 모터를 컴퓨터가 정교하게 제어하여 main transputer는 아주 쉽게 복잡한 움직임을 생성할 수 있다.

모터가 추가될 경우 AXIS transputer가 같이 추가되며, 이 경우 16모터 시스템에서 32모터 시스템, 그리고 그 이상으로 확장할 수 있다.

Main control transputer는 축의 움직임에 대한 모든 데이터를 가지고 있으며, 이 데이터는 PC 스크린을 통하여 모니터링 된다.

이때, 축의 동작 데이터는 'handheld'라는 일종의 유선 리모컨을 사용하여 쉽게 축 위치를 입력 조정할 수 있다.

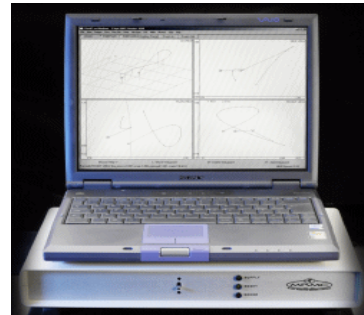
정교한 동작을 생성하기 위해 (그림 11)에서 보는 바와 같이 키보드를 이용해서 입력할 수도 있으며, 입력방식은 일반적으로 CG에서 사용하는 key-frame 방식을 사용한다.

생성된 데이터는 기본적인 두 개 이상의 key-frame이나 그 이상을 가지는데, 일단 모든 위치가 key-frame으로 입력되면 원하는 움직임을 실행시킬 수가 있다.

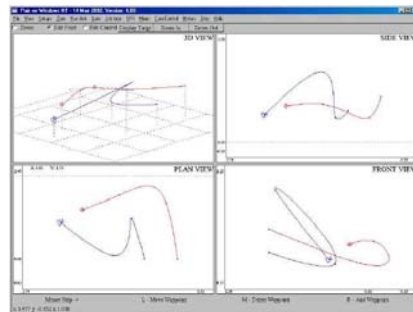
이러한 방법은 동작 데이터를 입력하는 가장 간단한 방법이며, 전체 동작구간을 조정하여 축의 독립적 가속과 감속을 계산하고, 또한 2D와 3D 그래픽 화면을 이용하여 완전한 움직임을 조정할 수 있다.

MCC와 유사한 장비로서 (그림 12)의 지미집과 (그림 13)의 테크노크레인 등이 있다. 지미집은 MCC나 테크노크레인에 비해 가격도 싸고 이동성도 편리하여 국내에서 많이 사용되고 있다.

테크노크레인의 경우도 역시 MCC와 같은 합성 전용장비는 아니지만 고도촬영전문 장비로서 그 특



(그림 10) MCC의 Flair 시스템과 Root Box



(그림 11) MCC의 Flair 작업 화면



(그림 12) 지미집



(그림 13) 테크노크레인

성을 인정받고 있다. 해외의 경우 MCC 만큼이나 그 활용도가 높으나 아쉽게도 테크노크레인은 국내에

〈표 2〉 MCC 및 유사계열장비 성능 비교

분류	지미집	테크노크레인	MCC
동작 원리	지렛대 방식	지렛대 방식	로봇 제어
제어 방식	수동	수동/반자동	컴퓨터 제어
최대 높이 (길이)	8m	15m	6m(Cylo)
촬영 범위	세트/야외촬영	세트/야외촬영	세트/야외촬영
영상 합성 지원여부	불가능	불가능	가능

는 전문하다.

지미집과 테크노크레인은 기계적인 제어가 아니고 작업자가 수동으로 동작을 하므로 합성의 가장 중요한 핵심인 떨림이 발생하여 특수합성용으로는 부적합하다.

MCC와 주요성능과 특징을 비교해 보면 <표 2>와 같다.

MCC는 그 사용함의 편리성과, 신뢰성 있는 창조적인 작업이 가능하여 주로 특수 분야에서만 사용되었으나, 최근에는 필름과 video production 등 다양한 분야에서 활용되고 있다.

Ⅲ. 응용사례 및 기술분석

2004년도에 강제규 필름이 제작한 영화 ‘태극기 휘날리며’는 첨단영상 제작장비인 모션캡처시스템과 MCC를 동시 이용한 디지털콘텐츠이다.

(그림 14), (그림 15)는 영화 ‘태극기 휘날리며’ 중의 한 장면이다. 그림에서와 같이 실제 촬영에 사용된 동작 생성을 위한 배우 1~2명 또는 엑스트라 300여 명에 지나지 않지만 실제 영화에서는 수천 명의 군중장면을 연출하였다.

그림 장면의 제작방법은 다음과 같다. MCC를 이용하여 300여 명의 엑스트라를 화면상의 가장 가까운 부분부터 동일한 카메라 워킹으로 여러 번에 걸쳐 촬영하였고, 이를 합성하여 근경의 군중을 생성하였다. 또한, (그림 14)와 같이 수 개 이상의 합성을 위한 약 3m 높이 블루스크린도 동원되었다.

원리는 피사체의 좌표 값을 기억하는 MCC를 이



(그림 14) 군중 장면을 위한 MCC 촬영



(그림 15) 군중 장면을 위한 모션캡처 촬영

용해 근경부터 촬영한 후, 엑스트라들의 위치를 다른 곳으로 옮겨 포즈를 취하도록 지시한 뒤 다시 촬영한다. 이 작업을 여러 번 반복하면 대규모의 군중을 생성할 수 있다. 자세히 살펴보면 앞서 말한 (그림 8)과 같은 원리인 것을 알 수 있을 것이다.

중경의 군중들은 앞서 말한 바와 같이 실제 촬영된 장면이 아닌 디지털 캐릭터가 사용되었다. Soft Image 3D라는 3D 소프트웨어를 사용하여 캐릭터를 생성하고 이에 모션캡처 데이터를 입력하여 캐릭터들에게 움직임을 주었다. 원경의 산은 2D 이미지를 사용하였으며, 바닥을 뒤덮은 눈은 3D 소프트웨어를 이용하여 생성하였다.

이와 같은 방법을 통해 피난민 행렬뿐만 아니라, 중공군의 진격 장면과 피난열차에 오르려는 군중 장면 등을 생성할 수 있었다.

Ⅳ. 첨단영상제작 동향 및 시장성

해외선진국에서는 1977년 개봉된 ‘스타워즈’ 이후로 활성화된 첨단영상 제작 기법에 의한 영화가 흥행에 성공하면서 <표 3>과 같은 수익을 올렸다.

이와 같이 높은 수익률로 인해 첨단영상제작에 더 많은 제작비를 투여하고 있는데 특히 영화 ‘매트릭스’는 순수제작비 6천만US\$의 약 20%, ‘스파이더맨2’는 제작비 2억1천만US\$의 약 26%가 VFX에 사용되었다.

<표 3> 세계 SF 영화 제작비 대비 흥행수익

(단위: 달러)

콘텐츠 명(연도)	제작비	흥행수익
스타워즈 IV(1977)	1100만	7억9700만
쥬라기 공원(1993)	6300만	9억1900만
인디펜던스데이(1996)	7500만	8억1100만
타이타닉(1997)	2억	18억3500만
스타워즈 I(1999)	1억1500만	9억2200만
반지의 제왕 I(2001)	1억900만	8억6000만
스파이더맨(2001)	1억3900만	8억600만
해리 포터 I(2001)	1억3000만	9억6800만
반지의 제왕 II(2002)	9400만	9억1500만
해리 포터 II(2002)	1억	8억6600만

<자료>: 영화진흥위원회, 2004.

<표 4> 영화 “태극기 휘날리며”와 “실미도”의 제작비 및 수익 (단위: 원)

구분	제작비	수입내역	파급효과
태극기 휘날리며	145억	총수익: 1,781억 - 극장흥행수익: 886억 - DVD, 비디오 등: 45억 - 해외수출: 100억 - 책, 음반: 30억 - 기타 매출: 약 400억 - 촬영지의 관광수입: 320억	5천억
		총수익: 770억 - 극장흥행수익: 300억 - DVD, 비디오 등: 25억 - TV 판권: 15억 - 해외수출: 50억 - 관광이나 브랜드, CF, 홍보효과 등: 380억	
실미도	110억	총수익: 770억 - 극장흥행수익: 300억 - DVD, 비디오 등: 25억 - TV 판권: 15억 - 해외수출: 50억 - 관광이나 브랜드, CF, 홍보효과 등: 380억	4천억

<자료>: 영화진흥위원회, 2004.

국내의 경우 영화 ‘태극기 휘날리며’의 흥행실적은 고급 중형차(대당 1,500만 원) 5,000대와 맞먹는 높은 부가가치를 창출하였다.

이 외의 극장 매출액과 비디오, DVD, 케이블 TV, 공중파 TV 등 부가 판권, 해외 수출액 등 직접 경제 효과와, 고용·부가가치·생산 유발 효과까지 포함할 경우, 그 파급효과는 매우 크다고 할 수 있다.

이에 대한 구체적인 사례로는 다음과 같다.

2004년도 최고 흥행기록을 수립한 태극기 ‘휘날리며’와 ‘실미도’의 제작비 및 수익구조를 분석한

<표 4>를 참조하면 알 수 있다.

영화 장르에 따라 차이가 있으나, 할리우드 영화의 경우 영화 제작비의 30~40%가, 많은 경우 50% 이상이 특수 효과 비용으로 책정되고 있다.

V. 결론

지난해 국내 영상산업은 사상 최고의 해로 기록되고 있다. 영화 ‘태극기 휘날리며’와 ‘실미도’가 국내영화 처음으로 관객 1000만 명을 돌파했으며, 영화 ‘올드보이’, ‘빈집’ 등이 해외 주요 영화제 대상을 수상하는 등 국내 영화가 질적·양적으로 발전을 거듭하고 있다.

영상산업에 있어 영상제작기술 및 제작비 절감 등에 중요한 역할을 하는 첨단영상제작장비는 향후 지속적으로 높은 활용도를 가질 것으로 전망된다.

이는 현실적으로 구현하기 어렵거나 불가능한 장면도 매우 사실적으로 재현할 수 있으며 기간도 단축하는 효과가 있기 때문이다.

국내의 경우, 앞으로 할리우드의 대작들과 경쟁하기 위해서는 CG 관련기술과 상호 보완할 수 있는 첨단영상제작장비의 활용체계를 고도화 할 필요가 있다.

약어 정리

CG	Computer Graphics
MCC	Motion Control Camera
ILM	Industrial Light & Magic

참 고 문 헌

- [1] 이민기, “디지털 3D애니메이션지원을 위한 첨단영상제작장비 활용방안 연구,” 세종대학교 영상대학원, 석사학위논문, 2003, p.24.
- [2] 이만우, “디지털엔터테인먼트에 있어서 Motion Capture 기술을 활용한 효과적인 3D캐릭터 애니메이션에

- 대한 연구,” 명지대학교 산업대학원, 석사학위논문, 2001, p.8. 재인용.
- [3] 이경수, “Motion Control 기술이 영상제작에 미치는 영향에 관한 연구,” 명지대학교 산업대학원, 석사학위논문, 1998, p.23.
- [4] MRMC, <http://www.momoco.co.uk/>
- [5] 삼성경제 연구소, <http://www.seri.org/>
- [6] 매직헌터, <http://www.sfxman.com/>