

이달의 CT_디지털시네마

목 차

◆ OVERVIEW	1
I. 디지털시네마 개요	2
1.1. 디지털시네마	2
1.1.1 디지털시네마 개념	2
1.1.2 디지털시네마 기술표준	4
1.2. 영화산업과 디지털시네마	5
1.2.1 디지털시네마 도입 동향	5
1.2.2 영화상영관의 디지털화	6
1.2.3 영화산업에서 디지털배급 동향	8
II. 디지털시네마 기술 1 - <제작기술>	10
2.1. 촬영기술	10
2.1.1 디지털 카메라의 진화	11
2.2.1 레드원 4K 카메라	12
2.2. 편집 및 후반작업기술	13
III. 디지털시네마 기술 2 - <유통기술>	14
3.1. 디지털마스터링	15
3.1.1 디지털마스터링 개요	15
3.1.2 QuVis Wraptor	15
3.2. 콘텐츠전송	16
3.3.1 디지털시네마 전송기술 개요	16
3.3.2 물리적 매체를 이용한 배송	16
3.3.3 네트워크 배송	17
3.3.4 위성전송방식	18
IV. 디지털시네마 기술 3 - <상영기술>	19
4.1. 상영용 서버	19
4.1.1 기본규격	19
4.1.2 미디어 머지 쇼쏘스 3D	21

4.2. 디지털프로젝터	22
4.2.1 DLP 프로젝터	23
4.2.2 소니 4K 프로젝터	23
V. 디지털시네마 기술 4 - <보안기술>	25
5.1. DCP 패키징	25
5.2 배급 및 상영 보안기술	26
5.2.1 KDM(Key Delivery Message)	26
5.3 디지털시네마 서버 및 영사기 보안	28
VI. 이달의 CT 포커스 - 극장용 3D 입체영상시스템	29
6.1. 극장용 3D 입체영상시스템	30
6.1.1 시장현황	30
6.1.2 장비업체현황	31
6.2. 입체 영상 시스템 MI-2100	32
6.2.1 기술개요	32
6.2.2 작동원리	33
VII. 결론 : 융합미디어 환경에서 디지털시네마의 방향	34
<참고 문헌>	36

◆ OVERVIEW

1999년, 조지 루카스 감독의 『스타워즈 에피소드 1』에서 최초로 HD 카메라를 이용한 DLP 방식이 도입된 이래로 디지털기술과 영화산업의 결합이 급속도로 진행되고 있음. 촬영에서부터 편집, 배급, 상영에 이르기까지 전 단계가 유기적으로 디지털화된 디지털시네마는 기존의 아날로그 제작 방식의 단점들을 해결하여 미래 콘텐츠 기술의 중심이 될 것이며 향후 예상되는 영화, 음악, 공연, 방송의 융합에까지 그 영향력을 미칠 것으로 전망됨

- 디지털기술은 이제 기업, 개인, 국가적 차원을 넘어 인간의 삶의 양식을 변화시키고 있으며 다양한 문화 산업에도 접목되고 있음. e-learning, 온라인게임, 원격진료 등은 디지털기술을 바탕으로 새롭게 등장하여 우리 경제의 한 부분을 차지하고 있으며 영화, 음악, 출판, 방송 등 이미 존재하고 있던 전통적인 문화 콘텐츠 산업에도 영향을 미쳐 전혀 새로운 비즈니스 모델을 만들어 냄
- 조지 루카스 감독의 1999년 작 ‘스타워즈’가 컴퓨터를 이용하여 촬영·편집을 하고 디지털 음향 효과와 VFX기술을 적용하면서 영화산업과 디지털기술의 결합이 시작됨
- 영화산업에서 디지털기술은 특수효과 제작이나 편집 부분에서 가장 먼저 진행되어 왔음. 이제 급속도로 발전하고 있는 디지털기술은 VFX나 특수효과 차원을 넘어 영화 제작 과정 전반에 영향력을 미칠 것이며 영화 촬영에서 유통, 배급, 상영 부문으로의 디지털화가 꾸준히 진행되고 있음
- 아직 그 속도가 빠르지는 않으나 영화산업에서의 디지털화는 전 세계적인 추세이며 조만간 촬영에서 상영까지 전 분야에서 컴퓨터를 이용하고 디지털화되는 풀디지털시네마 시스템이 도입될 전망
- 이 보고서에서는 영화산업에서 최근 가장 화두가 되고 있는 ‘디지털시네마’에 대한 소개를 하고 ‘제작-배급-상영’에 이르기까지 디지털시네마를 구현하기 위해 필요한 기술 개요 및 개발 현황, 최근 기술 동향 등을 살펴보았음. 또한, 극장이 디지털화에 나서면서 극장용 디지털 입체 시스템을 도입하는 곳이 늘어나고 있는데 ‘이 달의 CT 포커스’에서는 극장용 디지털 입체 시스템과 이 분야 국내 대표 업체인 마스터이미지의 MI-2000에 대해 살펴봄

I. 디지털시네마 개요

영화산업과 디지털기술의 결합은 디지털시네마라는 새로운 형태의 비즈니스모델을 탄생시킴. 미국의 할리우드가 디지털시네마로의 전환을 주도하고 있으며 영화산업의 디지털화는 국가별로 차이는 있으나 전 세계적으로 나타나는 추세임. 그러나 디지털 전송시스템이나 영상시스템 구축에 소요되는 비용 문제 등으로 단기간 내에 일시적으로 디지털시네마가 도입되기는 어려울 전망

1.1 디지털시네마

1.1.1 디지털시네마 개념

- 조만간 영화제작과정에서 필름이 사라질 것이며 그렇게 되면 더 이상 ‘필름’ 또는 ‘모션픽처’라는 말은 관객들이 극장에서 보게 되는 것을 정확하게 표현하는 단어가 아님. 이미 영화관들은 기존의 필름 프로젝터를 디지털시네마 기술이 적용된 DCP(Digital Cinema Projection)로 전환하고 있음
- 디지털기술이 영화제작에 쓰이기 시작한 것은 이미 오래됨. ‘스타워즈’는 전적으로 디지털기술에 의존하여 촬영된 최초의 영화이며 이런 디지털기술이 이제는 영화관 속으로 들어오고 있음
- ‘디지털시네마’라는 용어는 1996년 미국 텍사스 인스트루먼트사(TI)가 개발한 DMD(Digital Micromirror Device) 칩을 채용한 DLP(Digital Light Processing)방식 프로젝션 기술이 공개되면서 처음 사용되기 시작함
- 영화의 제작, 배급 그리고 상영까지 모든 단계를 유기적으로 디지털화하는 디지털시네마는 미래의 초고화질 콘텐츠 기술의 핵심이 될 것임
- 다시 정리하면, 디지털시네마는 디지털 카메라로 촬영한 영화를 디지털 파일 형태로 가공 처리하고 포장한 뒤, 이 파일을 하드드라이브나 DVD 등의 고정매체 혹은 위성, 광대역 접속망(네트워크)을 통해 영화관으로 배급하고 디지털 프로젝터 등 디지털 영상시스템으로 관람객들에게 고화질의 디지털 영상 서비스를 제공하게 되는 영화를 의미함

- 그러나 아직까지는 영화제작에서 상영까지의 모든 단계에서 디지털화가 이루어지고 있지 않기 때문에 부분적으로 디지털 작업이 이루어진 경우도 디지털 시네마의 범주에 포함하고 있음
- 제작단계

기존의 필름 카메라로 영상을 촬영하고 편집시 촬영된 필름을 스캔하여 디지털 영상으로 변환시킴. 컴퓨터를 이용하여 편집, 합성, VFX나 CG 작업을 수행하고 편집된 디지털 영상을 다시 필름으로 프린트하면 필름 영사기에서 상영할 수 있음

또는, 처음부터 디지털카메라로 촬영한 뒤, 컴퓨터를 이용하여 편집, 합성, 음향조절, VFX 등 후반작업을 진행하고 디지털 파일 형태로 저장함
- 배급단계

인공위성, 혹은 극장 체인 간 SAN(Storage Area Network)을 이용하면 전국 혹은, 전 세계 동시 개봉이 가능하며 하드드라이브, 디지털테이프 등과 같은 물리적인 저장 수단에 저장하여 배급하는 방법도 있음. 현재 디지털시네마 배급 및 전송은 각 상영관의 컴퓨터에 하드디스크를 장착하는 방식이 대부분임
- 상영단계

DCI¹⁾(Digital Cinema Initiatives) 기준으로 극장 상영 기준 2K급 이상의 해상도를 지원하는 영사시스템 갖추었을 때, 디지털시네마로 간주하며 최근에는 4K급 이상의 고화질 영사시스템으로 전환되는 추세임
- 아직까지는 촬영 및 상영 부분에서의 디지털화 미흡으로 “아날로그 촬영-디지털 파일 전환-디지털 포스트 프로덕션-상영을 위한 아날로그 필름 프린트” 등 ‘아날로그-디지털-아날로그’의 비효율적인 제작 및 상영 시스템을 가지고 있으나 디지털 시네마의 증가와 디지털 카메라 촬영 증가로 ‘디지털-디지털-디지털’의 전 단계 디지털화가 점점 늘어가는 추세임

1) DCI는 2002년 3월, 할리우드 주요 스튜디오들이 디지털시네마 표준 개발을 위해 구성한 조인트 벤처. Metro-Goldwyn-Mayer, Sony Pictures Entertainment, 20th Century Fox, Universal Studios, Walt Disney Company, Warner Bros Pictures 등의 영화 스튜디오가 참여함

1.1.2 디지털시네마 기술표준

- 영화제작에 디지털기술이 처음으로 도입된 것은 1980년대. 90년대에 들어서면서 미국의 메이저 스튜디오와 영화장비 제작업체들이 중심이 되어 디지털시네마를 위한 연구와 관련 장비 개발이 시작됨. 2005년, 할리우드 영화 스튜디오들이 주축이 되어 구성된 DCI에서 ‘디지털시네마를 위한 산업체 표준 규격’을 제정하면서 전 세계 영화 제작 및 극장이 디지털시스템으로 변환하기 위한 작업이 시작됨
- 미국이 디지털시네마의 도입을 가장 적극적으로 추진하고 있음. DCI에서는 디지털시네마 구현을 위한 기술 규격 통일을 위한 Digital Cinema System Specification(DCSS) 버전 1.0을 2005년 발표하였고 2008년 3월, 버전 1.2를 새롭게 발간함. DCI가 발간한 규격은 할리우드 영화계를 중심으로 이루어졌기 때문에 국제 표준 규격으로의 역할을 하게 될 가능성이 높음
- 디지털시네마 표준 개발을 목적으로 하는 기관 SMPTE²⁾는 2007년 후반, 23개의 SMPTE 디지털시네마 표준 문서를 출판함. 문서에는 배포, 패키징, 보안, 상영에 관한 규정들을 담고 있으며 그 중 12개는 ISO(국제 표준화 기구)의 승인을 받음
- 디시네마 표준의 대부분은 428 디시네마 배급 마스터 시리즈(D-Cinema Distribution Master;DCDM), 429 디시네마 패키징 시리즈(D-Cinema Packaging;DCP), 430 디시네마 운영 시리즈(D-Cinema Operations)로 나뉨. 자막(Subtitles), 입체트랙파일, 보안로그메세지(Security Log Message) 등에 관한 내용이 최근 표준 작업의 핵심이었으며 오디오 포맷, 클로즈드 캡션(Closed Caption), 패키징 제약에 관한 작업도 계속 진행 중임
- NATO³⁾도 디지털시네마 시스템 요구사항에 관한 내용을 문서화하여 발표함. NATO의 Digital Cinema System Requirement는 DCI에서 다루지 않은 운영 측면에서의 요구조건들을 언급하고 있으며 여기에는 극장관리시스템(TMS)⁴⁾

2) Society of Motion Picture and Television Engineers ; 미국 영화, TV 기술자 협회.

미국 영화·방송 부문 기술표준화 단체로 해당 부문 기술 표준 제정 및 국제 권장 기준을 검토 발표함

3) National Association of Theatre Owner ; 미국 극장주들이 주축이 되어 구성됨

4) TMS ; 멀티플렉스 극장의 스크린 중앙통제시스템

을 통제하는 소프트웨어에 관한 내용과 보안키 통제시스템 개발 방향에 관한 내용도 포함하고 있음

- DCI와 NATO의 표준 내용들은 서로 상호보완적이며 이 둘을 합치면 균형 잡힌 디지털시네마 시스템을 위한 요구사항을 구성하게 됨
- Inter-Society의 하위그룹인 ISDCF(Inter-Society Digital Cinema Forum)는 디지털시네마와 관련된 이슈들에 관심을 두고 미국 스튜디오들의 주도하에 통합업체, 극장, 장비 업체와 관련 분야 기관들이 구성한 단체. 디지털시네마 기술 분야에 있어 최근 화두가 되고 있는 KDM(Key Delivery Messages) 배급에 관한 문제를 중요 쟁점으로 연구 중이며 KDM 기술 연구 조직도 구성함
- ISDCF는 기술적 고민뿐만 아니라, 실제 디지털시네마 상영 현장의 문제들에 집중하고 있으며 디지털시네마 보급과 확산을 위해 장비업체와 영화관, 스튜디오 간 조율하는 작업에 주목하고 있음

1.2 영화산업과 디지털시네마

1.2.1 디지털시네마 도입 동향

- 미국을 중심으로 디지털시네마에 관한 기술 표준이 마련되는 등, 미국은 디지털시네마 산업 핵심에 위치하고 있으며 디지털서버나 영사시스템 장비 업체들은 DCI 등에서 마련한 기술 규격에 맞추어 제품을 개발·상용화하고 있음
- 유럽은 EDCF⁵⁾(European Digital Cinema Forum)을 구성하여 DCI 규격은 물론 독립적인 기술 규격을 발표하고 이에 부합하는 기술 개발을 추진함
- 유럽 중에서도 영국은 정부 차원에서 자국 영화 배급 진흥을 목표로 자금을 투입하여 Arts Alliance Media에 위탁하여 디지털시네마 사업을 추진함
- 일본은 2001년, 산업계, 학계, 정부 관계자들로 구성된 DCC(Digital Cinema Consortium)를 설립하고 자국에 맞는 기술 규격을 개발하고 관련 하드웨어나

5) 2001년 6월 CNC/CST(프랑스), DTI/BKSTS(영국), SFI(스웨덴)가 공동구성한 유럽지역 디지털시네마 조직으로 유럽과 미국 스튜디오 간 매개 역할을 담당하고 있음

소프트웨어 개발을 추진하고 있음

- 중국은 정부 차원에서 디지털시네마 도입을 추진하여 빠른 속도로 시스템 전환이 이루어지고 있지만 상영관내 설치된 영사기의 성능이 2K급 이하여서 미국 SMPTE 표준에⁶⁾ 미치지 못하는 수준임
- 국내에서는 디지털시네마 2K급 영사기의 보급이 2005년 이후 빠르게 증가하고 있으며 대형 멀티플렉스 체인들이 자금을 투입하여 대규모의 디지털 영사 시스템 도입을 추진하고 있음. 특히 국내 대형 영화관들은 배급사, 네트워크 인프라와 영화제작사까지도 함께 운영하는 구조로 되어 있어 미국과는 다른 형태로 디지털시네마가 도입되고 있음

1.2.2 영화상영관의 디지털화

- 전 세계 디지털스크린 설치현황을 살펴보면, 그 중 절반 이상이 북미 지역에 분포하고 있어 지역적 편중이 심한 모습을 볼 수 있음. 특히 2007년부터 상용화되어 보급되기 시작한 4K 스크린은 80% 가량이 미국에 설치되어 있음

[표 1] 해외 디지털스크린 현황

국 가	2K 스크린	4K 스크린	비 고
미국	7,129 (Worldwide)	162	* 4K 스크린 중 170개는 소니 SRX-R220 을 사용 중 <국내현황> * 메가박스(4), CGV(1)가 4K 스크린 설치 * 메가박스는 2009년 말까지 100개 스크린에 4K 스크린 설치 예정임
캐나다		24	
노르웨이		8	
영국		3	
오스트리아		2	
이탈리아		1	
포르투갈		1	
호주		3	
싱가포르		2	
소계		7,129	
합계	7,335		

* 2008년 11월 현황

6) SMPTE표준에 따르면, 디지털시네마 영상 표준 해상도는 2K, 4K 두 가지임

- 이런 지역적 편중 현상이 나타나는 이유는 미국의 디지털시스템화 작업이 AccessIT와 같은 Theater System Integrator를 통해 극장을 일괄적으로 혹은 상영관 상당 부분을 디지털화하기 때문이며 미국 외 지역에서는 보통 극장의 몇 개 상영관에 디지털스크린을 설치하는 정도임
- 미국 극장가의 디지털스크린 전환은 빠른 속도로 확산되어 2007년 말, 이미 전 세계 디지털스크린 수의 80%를 육박하는 수준임. 그러나 아직 전 세계적으로 필름 상영이 이루어지는 극장이 전체 극장의 90%를 차지하고 있어 디지털로의 전환은 상당 시간이 걸릴 것으로 전망됨
- 유럽지역에서는 영국이, 아시아 지역에서는 한국의 스크린 디지털화가 두드러짐. 영국은 UKFC(영국영화진흥위원회)의 주도하에 막대한 예산을 투자하여 DSN(Digital Screen Network) 사업을 추진해 왔으며 오는 2012년쯤이면 완벽한 디지털시스템으로의 전환이 이루어질 것으로 예상됨
- 국내는 2007년 11월, CJ CGV와 롯데시네마가 공동출자를 통한 디지털시네마 합작법인 '디시네마코리아' 설립계약을 체결하고 2008년부터 본격적으로 국내 영화관에 디지털시네마 보급 사업을 진행하기로 합의함
- 디시네마코리아가 본격적으로 추진하게 되는 디지털시네마는 영화를 필름이 아닌 디지털 파일로 제작하고 네트워크망을 이용하여 영화관에 전송한 뒤, 디지털영사기로 상영하는 방식임
- 당시 디지털시네마 사업은 초기 선행 투자비용 부담과 제작사, 배급사, 영화관 간 균형 있는 사업모델을 구축하지 못해 진척이 어려웠던 상황. 디시네마코리아는 디지털 영사기를 영화관에 설치하고 상영하는 대가로 배급사로부터 필름 프린트 제작비에 상응하는 소위 '가상 프린트 비용'을 영화 개봉시 받기로 함
- 디시네마코리아는 올해 상반기부터 영사기를 공급하여 2010년까지 디지털화비율을 50% 이상 끌어올린다는 목표를 세움
- 그러나 아직 디시네마코리아의 극장 디지털화 사업은 가격 조건 등으로 배급사와 극장의 반대에 부딪히면서 기대만큼의 성과를 거두지 못하는 상황
- 2008년 상반기까지 상황을 보면, 디시네마코리아는 한 대의 디지털 영사기도 극장에 공급하지 못하였으며 영화진흥위원회가 마련한 협의체에서 3~4 회 걸

친 협의가 있었으나 서로 간 이견을 좁히지 못함. 디시네마코리아 측은 디지털화는 전 세계적 추세라며 설득에 나서고 있지만 극장 측은 당장 실익이 없고 비용만 들어가는 디지털화를 서두를 이유가 없다는 입장임. 극장주 입장에서는 기존 필름 영사기를 디지털영사기로 대체해야 할 뿐만 아니라, 디지털 상영을 최적화하기 위한 밝기 측정기나, 색 측정기 등의 고가 장비도 갖추어야 해서 이중, 삼중의 비용 부담이 있음

- 이제 헐리우드에서는 필름 없는 영화를 제작할 것이기 때문에 디지털화를 피할 수는 없을 것으로 업계 관련자들은 공통적으로 느끼고 있음. 따라서 당장은 어렵더라도 조만간 영화관의 디지털화 이루어질 것으로 전망됨

[표 2] 국내 디지털시네마 현황

구 분	2-D 디지털시네마		3-D 디지털시네마	
	수 량	영사시스템	수 량	영사시스템
메가박스	51	Barco DP-90/100 Christie CP-2000h	3	2대 방식 *SK 네트워크와 2009년까지100대 설치 예정
CGV	30	Christie CP-2000s/2000h	14	마스터이미지
롯데시네마	30	Christie CP-2000s	17	Real-D
프리머스	4	Christie CP-2000s	1	마스터이미지
천안 야우리	2	Christie CP-2000s	1	2대 방식
기타	18			
계	135		36	
합계			171	

1.2.3 영화산업에서 디지털배급 동향

- 영화 배급이 디지털화 되면 필름 프린트 제작 및 운송, 수거, 폐기 비용을 감소시켜 비용절감 효과가 있지만 이는 배급 시스템이 각 극장까지 네트워크로 연결되어야만 달성될 수 있음
- 그렇지만 현재 상황에서 모든 극장을 네트워크로 연결하려고 한다면 비용 절

감보다는 네트워크 구축에 들어가는 투자비용이 더 높음

- 헐리우드는 배급사가 네트워크 시스템 구축에 들어가는 비용을 극장 측과 분담하는 가상 프린트 비용(VPF; Virtual Print Fee)을 도입함. VPF는 상영용 파일을 관리하는 망 사업자의 중앙관리센터에서 극장 스크린으로 파일을 전송할 때, 일정 금액을 지불하는 제도. 배급사는 필름 프린트로 제작·운송할 때보다 저렴한 VPF를 지불하고 극장도 초기 설비 투자에 대한 비용부담이 줄어들
- 헐리우드는 배급사가 디지털시네마의 전환을 주도하면서 극장들의 참여를 유도하기 때문에 VPF 도입이 가능함
- 국내의 디지털시네마 작업은 극장들이 추진하고 있으며 기존에 구축된 망을 이용하여 영화산업에 새롭게 진출하고자 하는 플랫폼 사업들이 시스템 구축에 적극 나서고 있으나 배급사 측에서는 특별한 움직임을 보이지 않고 있음

II. 디지털시네마 기술동향 1 - <제작 기술>

영화산업에서 디지털기술이 가장 먼저 도입된 분야는 콘텐츠 제작 단계에서도 후반작업과정임. 촬영단계에서의 디지털화가 가장 느리게 진행되고 있는데 이는 필름 카메라로 작업을 해오던 영화 제작자들이 새로운 디지털장비에 익숙하지 않고 거부감을 느끼기 때문임. 그러나, 4K 해상도까지 지원하는 디지털카메라가 등장하면서 촬영단계에서의 디지털화 추세는 더욱 가속화될 전망

2.1 촬영기술

- ‘제작-배급-상영’으로 이루어지는 영화 산업 과정에서 가장 먼저 디지털기술이 적용된 분야이면서 가장 오랜 시간에 걸쳐 디지털화가 이루어지고 있는 부분이 바로 제작 과정이며 그 중에서도 촬영단계임
- ‘제작’과정의 디지털화가 늦어지는 이유는 100여년 이상 필름 카메라로 촬영을 해 오던 영화·카메라 감독들이 새로운 디지털 장비를 사용하는데 익숙하지 않기 때문. HD 촬영용 카메라 Sony F-900, Panasonic HDC27F 등의 등장으로 촬영 분야를 포괄해 영화 제작 전반에 걸쳐 디지털기술이 사용되고 있으나 아직도 글로벌 영화 산업의 90% 이상은 파나비전의 필름 카메라를 사용하고 있음
- 디지털카메라의 보급과 사용이 기대에 못 미치는 이유는 디지털카메라가 필름 카메라에 비해 화질 수준이 떨어지고 필름카메라에서 사용하는 다양한 고화질 렌즈를 디지털카메라로 촬영하는 경우에는 사용할 수 없기 때문
- 디지털영사기 시스템을 갖춘 극장이 많지 않은 것도 원인 중 하나임. 2008년 기준으로 국내 2천 여개의 스크린 중 디지털영사기를 갖춘 곳은 170여 개에 불과하며 전 세계적으로 보았을 때도 디지털 상영설비를 갖춘 곳은 10% 정도에 불과함. 따라서 디지털 촬영이 이루어졌더라도 전국 극장에 개봉하기 위해서는 배급용 필름 프린트를 다시 만들어야 하기 때문에 이중으로 비용이 들어감

2.1.1. 디지털 카메라의 진화

- 2002년 개봉된 『아 유 레디?』는 디지털카메라로 촬영한 최초의 국내 영화. 그 후 디지털카메라로 촬영된 영화들이 많이 제작되었으나 저예산 독립영화나 인터넷 영화 등에서 자주 쓰일 뿐 예상만큼 영화 촬영에 확산되지 못함
- 2006년 개봉한 『달콤, 살벌한 연인』, 『사이보그지만 괜찮아』는 각각 소니 P900과 바이퍼카메라로 촬영된 디지털영화임
- 현재는 고화질의 1080p 촬영을 지원하는 제품에서 4K 해상도로 촬영 가능한 디지털카메라까지 상용화됨. 2008년에 들어서면서 레드원 4K 카메라나 소니 35 같이 35mm 필름 사이즈 크기의 센서를 장착한 디지털카메라가 실제 영화 촬영현장에서 사용되기 시작함
- 최근 제작된 디지털영화 작품은 「1920x1080」의 해상도를 가진 카메라로 주로 촬영되었는데 소니의 CineAlta, 파나비전 제네시스나, 톰슨 바이퍼 등이 이용됨. 최신 기종인 Arriflex D-20, 실리콘 이미징 SI-2K는 2K 해상도 이미지를 지원하고 저예산영화 제작용 레드스칼렛은 3K Raw 파일로 기록을 저장함. 레드 디지털시네마(Red Digital Cinema Company)의 레드원은 4K Raw 파일 형태로 이미지를 저장함
- 향후, 디지털시네마는 2K 기준에서 4K로 전환할 것이며 이는 촬영이나 상영에 모두 반영될 것임. 레드원 외에 4K Raw 파일을 지원하는 카메라로 Dalsa Corporation의 오리진(Origin)이 있고 5K Raw 파일을 지원하는 레드에픽(Red Epic)도 개발되어 있음
- 촬영단계에서부터 편집에 이르는 전반적인 영화 제작 작업의 디지털화 추세는 국내외적으로 더디게 진행되는 편이지만 촬영을 제외한 기타 편집, 효과 등의 'Digital Work Flow'는 거의 대부분 디지털화 되었다고 보여짐
- 특히 미국에서는 전통적인 필름 카메라가 했던 역할을 소니 F-900, 파나소닉 HDC27F, 소니 CineAlta 등의 디지털카메라가 대신하게 되면서 Avid 등 디지털 편집기를 사용하기에 용이해짐
- 고화질의 디지털카메라로 촬영을 하게 되면 필름 및 현상 비용이 절약되고 촬영 중간 중간에 작업 결과를 확인하여 감독의 의도대로 영화촬영이 진행될 수

있어 새로운 시도들을 해 볼 수 있는 기회를 제공할 것임

2.1.2. 레드원 4K 카메라

- 레드원(Red One) 카메라는 기존 극장용 고화질 디지털카메라의 장점을 살리고 단점을 개선한 디지털카메라
- 촬영 데이터를 CF메모리나 하드디스크 드라이브 등 소형 장치에 저장하게 되고 배터리나 렌즈를 제외한 카메라 바디 무게가 4.5Kg으로 기존 필름카메라나 HD카메라보다 가벼워서 휴대성이 높아지고 핸드헬드(hand-held)촬영이나 스태디캠 촬영에 유리함
- 센서 사이즈가 35mm 필름 카메라와 동일하여 2K, 3K, 4K까지의 촬영이 가능함. 4K까지 지원하여 기존 카메라보다 5배나 많은 정보를 계속 제공하며 저장 퀄리티도 향상됨
- 35mm 필름카메라용 P/L 렌즈와 동일한 피사계 심도(Depth of Field)와 초점 분리 감도를 지원함. 29 스퀘어 마이크론 픽셀을 지원하여 66db 이상의 다이내믹 레인지(dynamic range)를 지원함
- 2K 사이즈로 촬영하는 경우, 초당 120 프레임의 고속 촬영이 가능하며 4K 사이즈인 경우, 초당 30 프레임으로 촬영할 수 있음
- 데이터는 노트북 PC 등을 통해 촬영현장에 바로 확인 할 수 있으며 색보정이나 편집을 통해 바로 원하는 영상으로 만들 수 있음
- 레드원카메라의 후반워크플로우는 HD 상영본, 35mm 필름 출력본 등을 논리리어(Non-Linear)와 DI(Digital Intemediate) 색보정에서 타임코드 기반으로 작업할 수 있음

2.2 편집 및 후반작업기술

- 영화 촬영단계에서 디지털 기술을 도입하면 촬영 현장에서 바로 결과를 확인하고 현장 편집, 디지털 녹음이나 음향 작업, 후반작업을 동시에 진행할 수 있음. 이는 기본적으로 디지털기술이 가지는 비선형성 때문임
- 촬영한 영상을 바로 확인하고 마음에 들지 않으면 지우고 새로 촬영할 수 있는 환경을 마련하여 기존의 필름카메라를 사용할 때는 가질 수 없었던 표현의 기회를 확대하는 효과를 가져옴
- 편집단계나 색보정 단계 기술, CG를 이용한 3-D 이미지 표현 등은 디지털기술이 영화산업과 결합하여 이루어낸 가장 괄목할 만한 성과 중 하나이며 디지털시네마 중 가장 발달한 영역임

Ⅲ. 디지털시네마 기술 2 - 〈유통기술〉

디지털영화 파일을 전송하는 방식으로는 하드디스크나 DVD 등의 물리적 매체에 저장하여 운반하거나, VPN을 통한 네트워크, 인공위성을 통한 전송 등으로 다양함. 영화 배급 및 유통에서도 디지털기술이 도입되고 있으나 아직은 촬영과 상영 단계의 디지털화가 늦어지고 있어 물리적 매체에 저장하여 운반하는 방식을 가장 많이 사용함. 또한 지역적 특성에 따라 이상적인 콘텐츠 유통 방법은 달라질 수 있음

- 영화 배급 및 유통에서 디지털기술의 도입은 획기적인 비용절감 효과를 가져올 수 있음
- 디지털배급은 필름 프린트를 캔에 담아서 극장 영사실로 운반하던 것을 대신하여 디지털 마스터링 된 상영용 파일(DCP; Digital Cinema Package)을 극장의 디지털 상영시스템 서버로 전송하는 과정을 일컫음. 기본 개념은 무선 네트워크나 인공위성을 통한 전송 방식을 의미하나 현재까지는 대부분의 디지털 배급은 파일이 담긴 하드디스크를 직접 극장으로 운반하는 방식이 사용되고 있음
- 2005년 11월 워너브라더스의 『유령신부』가 광통신망으로 일본 도쿄와 오사카 지역 극장으로 일괄 전송하는데 성공한 바 있음
- 그러나 이 시스템을 본격적으로 도입하기 위해서는 200GB이상 되는 영화파일을 무리 없이 전송할 수 있을 만큼 그 용량과 속도를 보장하고 보안 문제를 해결할 수 있는 네트워크 구축이 선행되어야 함
- 별도의 사설망이나 가상사설망(Virtual Private Network)를 설치해야 하는데 영화배급사나 극장이 네트워크 시설 비용을 전적으로 부담하기에는 무리가 있음. 미국은 국토 면적이 넓어 유선 네트워크망 구축보다는 위성전송방식을 적극 추진하고 있으며 국내에서는 KT를 비롯한 망사업자들이 기존의 인프라를 확보하고 있어 영화 배급 사업에 관심을 기울이고 있음
- DCI에서 규정하는 콘텐츠 전송으로는 하드디스크나 DVD 등의 물리적 매체 이용, VPN을 통한 유선 네트워크, 위성을 통한 전송 등으로 다양함
- 현재 가장 일반적으로 사용되는 방식은 하드디스크에 저장하여 배급하는 형태이며 국내적으로는 네트워크를 이용한 전송방식을 추진하고 있음

3.1 디지털마스터링

3.1.1. 디지털마스터링 개요

- 디지털시네마 제작에서 편집이 끝난 콘텐츠는 DCDM(Digital Cinema Distribution Master)단계에서 디지털 마스터링(Digital Mastering/DM)작업을 수행함
- DCDM은 상영을 위해 요구되는 모든 디지털 요소들을 포함함. 영상, 음향, 데이터 등 각각의 요소들이 DCDM 과정을 거치게 되며 디지털 마스터링은 전체 영화 정보를 디지털 데이터로 전환하는 과정으로 콘텐츠를 암호화하고 DCP로 패키지화하여 데이터를 전송하기 위한 포맷으로 바꿈
- DCDM은 편집이 끝난 Digital Source Master(DSM)를 배급이 가능한 형태로 변환하는 단계의 일부분이며 JPEG-2000 압축 기술로 압축된 영상, 오디오, 자막, 보조데이터 등을 유기적으로 연결함

3.1.2 QuVis Wraptor

- 지난 9월 12일, 고성능 모션 이미지 기술 선도 업체인 큐비스(Quvis, Inc.)는 기대를 모아 왔던 파이널 컷 스튜디오(Final Cut Studio)의 새로운 디지털시네마 마스터링 플러그인(Plug-in), 큐비스 랩터(QuVIS Wraptor)를 발표함. 랩터는 고품질의 2K나 HD 파이널 컷 스튜디오 프로젝트를 산업에 부합하는 DCI JPEG2000 디지털시네마패키지로 바꾸어 암호화하는 기능을 가지고 있음
- QuVis COO의 마이클 폴슨(Michael Paulson)은 “랩터는 디지털시네마 마스터링의 전망을 완전히 바꾸어 놓았다. 세계에서 가장 큰 기반이나 다름없는 사업자이며 개별 콘텐츠 생산자이기도 한 파이널 컷 스튜디오 사용자들에게 콘텐츠를 디지털 시네마 배급 포맷으로 직접 출력해낼 수 있게끔 해주고 있으며, 독립영화 제작자나 광고업자, 미디어 전문가들이 하나의 목적만을 지닌 다른 DCP 마스터링 솔루션과 비교해 훨씬 낮은 콘텐츠 생산 비용으로 모든 이익을 낼 수 있다는 점이 랩터의 가장 큰 장점 중 하나이다”라고 설명함
- 큐비스 랩터는 디지털 시네마 과정상의 서비스와 연관된 기존 비용구조를 획

기적으로 바꾸어 놓을 것으로 전망됨. 영화 제작자들이 영화 페스티벌, 시상식, 디지털시네마 광고, 디지털 전시회 등에 디지털시네마 유통 포맷으로 작품을 출품하도록 요청을 받게 될 때, 이 새로운 기능을 가진 기술의 등장으로 여러 면에서 도움을 받을 수 있게 될 것임

- 큐비스는 90년대부터 디지털시네마 하드웨어/소프트웨어 시스템 상용화에 주력해 왔으며 큐비스의 서버가 디지털시네마의 첫 시범케이스로 선정되기도 함. 큐비스는 웨이브렛(Wavelet) 압축기술, 4K에서 2K로의 출력, 싱글 3D 재생 서버, 실시간 3D 마스터링, 4K 재생서버 등을 최초로 개발·상용화함

3.2 콘텐츠 전송

3.2.1 디지털시네마 전송기술 개요

- 가장 일반적으로 사용되는 전송방식은 영화 콘텐츠를 하드디스크에 저장하여 배급하는 형태이며 국내적으로는 네트워크를 이용한 전송방식을 추진하고 있음. DCI 규정에는 물리적인 매체에 저장하여 사이트까지 직접 운반하는 것에서부터 VPN을 통한 네트워크 전송, 위성 전송 등 다양하게 권고하고 있음

3.2.2. 물리적 매체를 이용한 배송

- 하드디스크, DVD 등의 물리적 매체에 디지털 파일을 저장하여 직접 상영관으로 운반하는 배급방식으로 영화 산업이 전반적으로 디지털화되기 전 사용되는 과도기적 전달 매체이며 디지털파일보다는 필름이 주를 이루는 현상에서는 물리적 매체를 이용할 수밖에 없음
- 아직까지는 이런 방식으로 영화 배급이 많이 이루어지고 있는데 이는 디지털 상영 설비 보급이 미미하기 때문임. 미국의 경우, 전체 스크린 중 디지털스크린의 비율은 약 12%, 국내의 경우는 약 2천개의 스크린 중 170여개만 디지털화되어 8% 정도 수준임

3.2.3 네트워크 배송

- 국내의 디지털시네마 가이드라인에는 특별하게 규정된 네트워크 전송 기술 규약은 없지만 네트워크 인프라가 다른 나라에 비해 우수하기 때문에 네트워크 배송을 적극 추진하고 있음
- CJ파워캐스트, KT가 디지털시네마 네트워크 사업에 먼저 뛰어 들었고 SK 네트워크도 최근 메가박스와의 계약을 맺고 작업을 진행 중임. 네트워크 사업자들이 기존의 인프라를 바탕으로 투자를 하여 기술적으로는 상당한 진보를 하였으나 디지털시네마 시스템이 충분히 구축되지 않은 상태에서 비즈니스 모델 도출이 어려워 사업 진행이 순조롭지만은 않음
- 디지털시네마 콘텐츠 네트워크 전송 사업을 추진하고 있는 CJ파워캐스트(LG 파워콤 네트워크 사용)와 KT는 200Gb가 넘는 DCP의 특성상 IP 멀티캐스트 형태로 콘텐츠 배포를 추진하고 있음. 극장 내에 설치되는 라이브러리 콘텐츠 수신 서버와 NOC(Network Operating Center)의 송신서버간 핸드쉐이킹 후 멀티캐스트 패킷을 전송하며 미수신 패킷에 대해 전방향 오류 복구 기능을 통해 오류를 복구함. 수신된 콘텐츠는 무결성 검사를 통해 정상적으로 수신되었는지 확인하게 됨
- NOC는 네트워크를 통해 디지털시네마 콘텐츠 전송 관리를 담당하는 센터로 기존의 필름 배송을 디지털 영역으로 전환시킨 모델이라 할 수 있음. NOC의 기능에는 콘텐츠 전송 외에 배급사 및 극장 관련 정보 관리, 콘텐츠 관리, 콘텐츠 아카이브, KDM 생성/배포, 시네마 장비 모니터링 등이 있음. NOC는 네트워크 배급과 함께 배급사와 극장 간 거래에 편리성과 투명성을 제공함
- CJ파워캐스터는 디지털시네마 선행사업으로 2006년 초부터 디지털영사기와 네트워크 장점을 이용, CGV/프리머스에 디지털 광고시스템 서비스를 제공함
- KT도 2006년 6월, 세계 최초로 디지털시네마플랫폼을 통한 영화 전송 서비스를 본격적으로 시작함. DCP는 촬영한 영화를 디지털 파일 형태로 가공하여 KT 네트워크를 통해 극장에 전송하게 되며 KT는 『죽어도 해피엔딩』에 이 방식으로 적용하여 전국 씨너스 극장에 전송함

3.2.4 위성전송방식

- 광통신망을 이용한 네트워크 전송은 극장이 증가할수록 비용도 증가하기 때문에 미국이나 중국 같이 국토가 넓은 경우, 전 국토를 망라하는 광케이블을 설치하게 되면 비용이나 시간적 측면에서 불리함
- 따라서, 이런 경우는 네트워크 전송보다는 위성 전송 방식이 더 유리한데 인공위성을 이용할 경우, 데이터를 전송해야 하는 극장 수와 상관없이 동일한 위성사용료만 지불하면 됨

IV. 디지털시네마 기술동향 3 - <상영기술>

디지털시네마를 극장에서 상영하기 위해서는 극장 내 서버에서 압축되어 전송되어 온 영화파일의 압축을 해제해야 함. 압축해제 된 영상이 서버를 통해서 디지털 프로젝터에 전송되어 스크린에 상영이 가능하게 됨. 또한, 디지털시네마가 2K 이상의 해상도로 규정되어 있기 때문에 상영용 서버와 프로젝터도 2K급 이상을 지원하여야 함

- 디지털시네마의 상영 단계에서는 디지털 영사시스템(디지털 프로젝터)이 필요하며 배급시 인코딩된 디지털 콘텐츠를 디코딩 할 수 있는 서버 기술이 요구됨. 즉, 디지털 파일 형태의 영화를 재생하기 위해서는 압축된 파일을 수신하고 압축 해제하여 영사기로 보내는 서버가 있어야 하며 디지털프로젝터는 영화를 극장 스크린에 투사하게 됨

4.1 상영용 서버

- 디지털시네마 상영을 위한 서버는 파일 형식으로 제작된 콘텐츠를 보관하고 재생하며 색 정보 관리, 디지털 영사기 관리, 콘텐츠 유지 및 관리 기능을 하게 됨

4.1.1 기본규격

- DCI에서 규정하는 디지털시네마 서버의 기본 규격을 요약하면;
 - 2K, 4K 해상도
 - X'Y'Z' 색공간
 - 극장 시스템을 만족하는 오디오/비디오 출력
 - MPEG-2, JPEG-2000 지원 인코딩/디코딩
 - 외장하드 연결/네트워크 기능
 - 디지털 파일 관리시스템

- 상영용 서버는 영화 콘텐츠라 볼 수 있는 DCP와 밀접한데 DCP는 일반적인 이미지 파일과 같이 규정된 압축 포맷을 사용함
- DCP는 영화 후반작업 과정의 결과물인 DSM에 오디오, 자막, 부가 데이터 등을 합쳐서 DCDM을 구성하고 전송을 위해 패키징한 디지털 파일을 말함. 이미지의 경우 JPEG2000 코덱으로 압축한 파일을, 오디오의 경우 Wave파일을 MXF 패키징하여 만듦. 외화 상영 등을 위한 자막은 XML 데이터 형태이며 Timed TEXT 오버레이를 위한 폰트파일과 그래픽 오버레이를 위한 Sub-Picture PNG 파일을 포함함. 이렇게 만들어진 DCP는 각 스크린에 설치된 상영용 서버에 네트워크 또는 USB, 착탈식 HDD 형태에 업로드되어 재생됨
- 이미지의 압축은 필름 등을 스캔하고 후반작업을 끝낸 무압축 그래픽 순차 파일을 X'Y'Z' 컬러 스페이스로 변환한 후, JPEG2000으로 압축해 사용함. 헐리우드 메이저 스튜디오는 2006년 이전에는 MPEG2000 또는 Wavelet 압축 코덱을 사용했지만, 2006년 초반부터 DCI 규정에 입각한 X'Y'Z' 컬러 스페이스 JPEG2000을 사용하고 있음
- 국내에서도 디지털 영화는 2006년 중반까지 MPEG2000 또는 Wavelet 코덱을 사용하였으며 이후 포스트 프로덕션 등의 노력으로 헐리우드와 같이 JPEG2000 코덱이 일반화 됨. 그러나 기술적 노하우가 필요한 컬러 스페이스 변환은 초기 JPEG2000 영화에는 적용이 되지 않아 RGB 형태로 사용되었고, 2006년 12월 개봉된 '중천'이 국내 최초로 DCI 규정과 영진위 가이드라인에 부합하는 X'Y'Z' 컬러 스페이스 JPEG2000 영화임
- 상영용 서버는 DCP를 받아 패키징을 풀어 DCDM을 만들고 이를 재생하는데 상영을 위해서는 스크린 별로 설치된 디지털 프로젝터, 오디오 시스템 등과 연동되어야 함. 연동 인터페이스는 프로젝터의 경우 HD-SDI 인터페이스 (SMPTE 372M)를, 오디오의 경우 아날로그 오디오 또는 디지털 오디오인 AES-3id-1995 신호를 사용함. 자막 처리는 일반적으로 XML 데이터를 프로젝터와 기가비트 이더넷으로 연결하여 전송하고 이를 프로젝터가 오버레이하는 방식이 사용되나, 규정에는 서버가 직접 오버레이 하는 것도 가능함
- 상영용 서버는 디지털시네마 기술의 집약이라 할 수 있으며, 디지털시네마의 보안 부분과도 밀접함. 대개 시네마용 서버는 상영을 위한 1TB 이상의 스토

리지를 포함하며, 광고, 예고, 영화 편성을 위한 스케줄 기능, 콘텐츠 관리 기능, 보안키 관리 기능까지도 포함함. 상영 관리 프로그램은 단일 스크린의 경우 SMS(Screen Management System), 멀티플렉스인 경우 TMS라고 부름. 서버는 기존의 필름 상영 시스템과의 연동을 위해 기존 자동화 시스템과의 연동 기능도 제공함

4.1.2 미디어 머지 쇼쏘스 3D

- 쇼쏘스 3D는 극장 내 자동화가 되면서 처음으로 선보이는 대형 스크린 영화의 디지털 소리와 동영상 재생 장치임
- 9월 미국 뉴저지에서 열린 2008 GSCA(Giant Screen Cinema Association International Conference)의 무역쇼에서 첫 선을 보인 미디어 머지(Media Merge)의 쇼쏘스 3D는 대형스크린 영화시장을 목표로 일괄 수주 방식(Trunk-Key)의 미디어 서버임
- 다채널 디지털 사운드 소스로 사용되는 이 유닛은 고화질 3D 비디오 재생이 가능하며 무선 터치스크린을 통해 전반적인 극장 내 자동화 시스템을 통제하게 됨. 쇼쏘스는 여러 가지 다양한 특징들을 단일 패키지로 구성하고 있는 첫 시스템임
- 미디어 머지 사장 켄 맥키빈은 “대형 스크린 산업에 필요한 새로운 제품 개발을 위해 극장들이 다가왔을 때, 우리는 창의성, 혹은 우리가 직접 협상 테이블로 가져올 수 있는 경험과 같은 종류의 것들이 정말로 필요하다고 느꼈다. 지난 10여 년간 우리는 다른 시장에서 시스템 통합 서비스를 성공적으로 제공해 왔으며 아이맥스 극장에 SPP 서비스도 공급해 왔기 때문에 현재 극장의 문제를 해결할 수 있는 통찰력도 갖추고 있다”라고 말함
- 2008 GSCA 컨퍼런스에 출시할 목적으로 이 제품의 개발 작업은 올해 초부터 시작됨. 시스템 디자이너 팀 오그레프리는 다음과 같이 설명함;

“근대로 들어서면서, 손에 언제든지 얻을 수 있는(off-the-shelf) 하드웨어 덕택으로 이런 제품을 만들어내는 것은 고품격 코덱들을 이용하는 소프트웨어 플랫폼이나, 떠오르고 있는 디지털 시네마의 세계로 극장 유저들에게도 즉각

적인 이익을 창출해 낼 해결책을 제시하기 위한 끊임없는 아키텍처에 맞춰져 있죠. 쇼쏘스는 네트워크화 된 쇼 컨트롤, 3D, 4K 디지털 시네마 재생장치, 콘텐츠 보안 및 검증 해결안을 위한 성능들을 포함하고 있어요.”

- 쇼쏘스는 손에 쉽게 넣을 수 있는 구성품들을 사용하는 고성능의 미디어 서버 임. PCI 카드는 비디오 아웃풋, 다채널 오디오, SMPTE 시간 코드, 형식에 맞는 전환 등과 같은 기능들을 위해 필요한 입출력을 지원하며 오디오는 표준 코브라넷(CobraNet) 기술을 사용한 디지털 네트워크를 거쳐 외부 DSP(디지털 신호 프로세서)로 보내짐. 시스템 자동화와 쇼 컨트롤은 미디어 머지의 독점 소프트웨어에 의해 처리됨
- 대형화 작업의 첫단계로 지난 6월, 미디어 머지는 Chicago Museum of Science and Industry 옴니맥스 극장의 사운드 시스템을 교체하였으며 디지털 프로젝션과 쇼쏘스 3D는 그 두 번째 단계임

4.2 디지털프로젝터

- 2K 해상도의 디지털프로젝터는 2005년부터 도입되었으며 2006년부터 더욱 가속되었고 2007년에는 4K 해상도 프로젝트가 상용화됨
- 디지털시네마용 프로젝트와 일반 프로젝트의 차이점으로 우선 해상도를 꼽을 수 있음. 일반적인 풀HDTV의 해상도는 「1920×1080」이지만 디지털 시네마용 프로젝트는 2K(2048×1080), 4K(4096×2160)의 해상도를 가짐. 2K 프로젝트의 경우는 TI사의 DLP칩을 사용하고 4K 프로젝트는 소니의 SXRD칩을 사용. 향후에는 4K보다 더 고해상도인 6K나 8K도 등장할 전망
- 밝기에 있어서도 필름 영사기에 준하는 1만에서 2만 안시(ANSI)급을 사용하며 영상 인터페이스는 2K에서는 듀얼링크 HD-SDI(SMPTE 372M)를, 4K는 쿼드링크 HD-SDI 또는 LVDS를 사용함. 컬러 스페이스도 일반적인 YUV, RGB 뿐 아니라 X'Y'Z' 컬러 스페이스를 수용할 수 있어야 함
- 현재는 헐리우드에 설치된 디지털시네마 프로젝트의 대부분이 2K를 지원함. 따라서 디지털시네마 사후 제작이나 마스터링, 영화파일도 2K에 맞추어 제작

되고 극장으로 전송됨. 최근에는 4K를 적용하는 곳이 점점 더 늘어나는 추세. 2K에서 4K로 전환하거나 새롭게 디지털시네마를 설치할 때 추가되는 비용문제로 4K로 완전하게 전환하기까지는 시간이 걸릴 전망

- 디지털시네마 전용 프로젝터 중, TI의 DLP칩을 사용하는 2K 프로젝터에는 바코(Barco/벨기에), 크리스티디지털시스템즈(미국), 키노톤, NEC 디스플레이 솔루션즈(일본) 등이 대표적인 업체이며 소니는 2007년부터 2K보다 화질이 높은 소니 SXRD칩을 사용하는 4K 프로젝터를 공급하기 시작함

4.2.1 DLP 프로젝터

- 초기 DLP 프로젝터는 미국을 중심으로 확산되었으며 1280x1024 해상도로 영화 상영용보다는 프리쇼나 광고 등에 사용됨
- TI가 개발한 DLP프로젝터의 라이선스를 가진 제조업체는 모두 3곳; 바코, 크리스티 디지털 시스템, NEC
- 바코는 2K DCI 디지털 시네마 프로젝트인 DP 시리즈를 출시하였고 크리스티는 CP2000프로젝터 제품라인을 생산 공급함. NEC는 NC2500S, NC1500C, NC800C를 각각 대형, 중형 소형 스크린을 겨냥하여 출시함(모두 2K 해상도)
- NEC는 디지털시네마 분야에서 후발주자이며 크리스티는 미국의 메이저 업체임. 바코는 유럽과 아시아 지역에서 선전하고 있음

4.2.2 소니 4K 프로젝터

- 소니는 4K 해상도의 d-cinema 프로젝터를 시장에 유일하게 공급하고 있으며 북미 지역 20여개의 극장에 이미 설치되어 있음
- 소니는 디지털시네마 미래 성장가능성을 미리부터 예측하고 2006년 초고해상도 디지털 시네마 프로젝터를 개발하기 시작했고 국내에도 2007년 5월부터 'CineAlta 4K 디지털시네마 상영용 토탈 시스템'을 공급하기 시작함. 이 패키지 내에는 프로젝트와 서버 시스템이 포함됨

- CineAlta 4K는 Full HD의 4배가 넘는 885만 화소의 영상을 내장 서버에서 최대 20m 폭의 극장 스크린으로 투영할 수 있음. 이 패키지에는 『4K SXR D』 디지털시네마 프로젝터, 미디어 블록 『LMT-100』, 스크린 매니지먼트 시스템 『LSM-100』을 중심으로 RAID 스토리지, SMS 서버, 컨트롤러 무정전 전원장치 등이 포함되며 시스템은 약 1,500만엔 정도부터 구축할 수 있음
- 올 10월 미국 영화관 디지털 프로젝션 보급을 위해 20세기 폭스, 비아콤의 파라마운트 픽처스, 소니 픽처엔터테인먼트 등 미국 메이저 스튜디오와 함께 소니의 디지털 시스템 장비 보급을 위한 협약을 맺음. 할리우드의 영화관들이 소니 디지털 프로젝터를 도입하면 그 비용의 일부를 스튜디오가 가상 인쇄비용 명목으로 지원하며 소니측은 장비 설치, 유지, 보수, 광고 등을 전반적으로 관리함
- 소니는 미국, 유럽, 아시아에서 9000개의 스크린에 자사 영사시스템을 제공할 전망이며 영화배급사나 극장 등과 제휴하여 4K 디지털 영사장비를 수주할 계획임

V. 디지털시네마 기술동향 4 - <보안기술>

디지털시네마는 디지털 데이터로 제작된 콘텐츠를 네트워크 등을 이용하여 전송하는 것이기 때문에 배급이나 상영 과정에서 해킹이나 불법 복제의 가능성이 있음. 이미 불법 복제나 해킹 방지를 위한 DRM이나 워터마킹 등의 유통기술이 상용화되고 있기는 하지만 일반적인 콘텐츠와는 다른 유통시스템과 고용량, 고해상도 데이터라는 특징 때문에 여기에 적합한 새로운 보안 시스템 구축이 요구됨

- DCI, SMPTE, 영화진흥위원회 등 디지털시네마와 관련한 표준 주도 기관이 가장 중요하다고 판단한 사안이 보안이라 할 수 있을 만큼 보안 문제는 영화 촬영, 배급, 상영에 이르는 전 단계에서 고려되어야 함. 그럼에도 불구하고 디지털시네마에서 보안 측면에 대한 이해는 많이 부족한 상황이며 영화산업의 특이성 때문에 다른 산업분야에서 적용되는 보안 모델을 그대로 도입하기는 어려움
- 디지털시네마에서 보안은 크게 파일 보안, 키 생성, 입력에 의한 보안, 상영 신호에 대한 보안, 스크린 워터마킹 등이 있음

5.1 DCP 패키징

- DCP는 콘텐츠를 암호화하고 패키징하여 디지털시네마 작업에 필요한 모든 파일들을 집약해 놓은 것. 여기에는 ASSETMAP, VOLINDEX, 패키징리스트, CPL⁷⁾과 CPL이 지정하는 사운드, 영상, 자막 트랙 파일 등이 포함됨
- DCP 패키징은 디지털시네마 콘텐츠의 안전한 배급과 지속적인 지적재산권 보호를 위하여 디지털시네마를 구성하는 영상, 음향, 자막 등 다양한 요소들에 암호화 기술을 도입하여 콘텐츠를 보호하는 기술
- 영화파일의 보안은 DCP 생성시, 128 바이트 키를 사용하는 AES(Advanced Encryption Standard)라 불리는 강력한 암호화 알고리즘을 이용하여 대칭적으로 암호화되며 세부 내용은 SMPTE에 상정되어 있는 SMPTE DC-28 중

7) CPL은 영화, 광고 등이 재생될 때 필요한 핵심 요소나 메타데이터를 포함하고 있음. 하나의 CPL은 파일 재생 방식에 관한 내용을 담고 있으며 영화 별로 각각 다른 CPL이 존재함. 따라서 DCP내에는 한 개 혹은 그 이상의 CPL이 들어가 있음

‘SMPTE 429-6 디지털 시네마 MXF 트랙 파일 에센스 암호화’에 규정되어 있음

5.2 배급 및 상영 보안기술

- 디지털시네마에서는 디지털파일과 함께 보안키가 있어야 파일 재생이 가능하며 이 보안키는 특정 장비에서만 작동하게 됨. 이는 영화산업에서만 볼 수 있는 독특한 현상임
- 극장 측은 영화를 공급받을 때, 극장의 모든 스크린에서 상영할 수 있는 권한을 부여받기를 원함. 배급사는 영화가 극장 내 가장 큰 스크린이나 가장 좋은 스크린에서 상영되기를 원하지만 극장 측은 영화 흥행 여부에 따라, 상영관을 바꿀 것이며 이를 위해서는 한 극장 내에서 상영관을 변경하여 상영하는 것이 가능해야 함
- 따라서, 10개의 상영관이 있는 멀티플렉스 극장이라면 10개의 보안키가 함께 보내져야 하며 이때, KDM(Key Delivery Message)가 사용됨
- 암호화 파일의 재생을 위해서는 KDM이 필요한데 이는 상영 서버의 인증을 담당하고 있으며 인증된 서버 외에는 콘텐츠 상영이 불가능하게 설계되어 있음. KDM은 인증된 상영 서버의 퍼블릭키(X. 509v3 형식)와 콘텐츠 정보인 CPL(Composition List) 정보, 상영 허가 기간 등을 입력하여 생성되며 이는 콘텐츠와 별도로 상영 담당자에게 전달됨

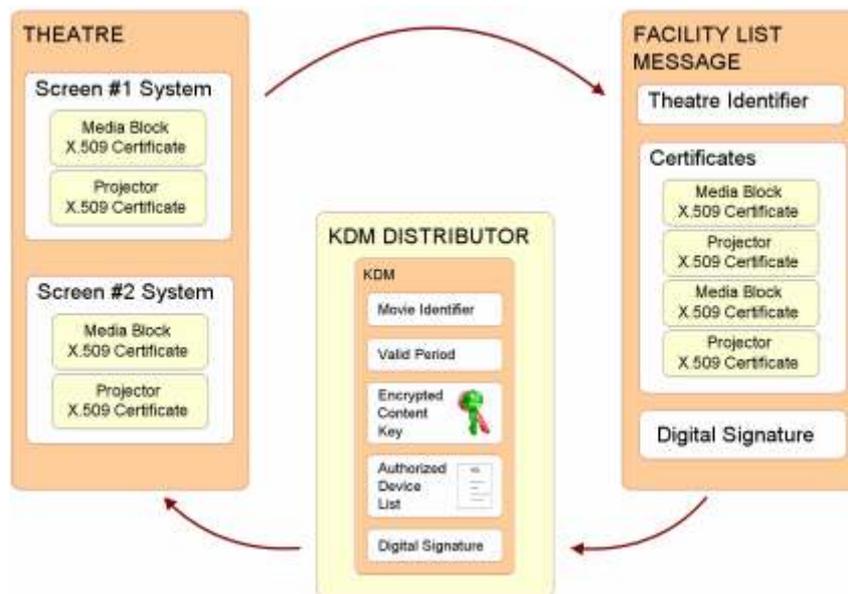
5.2.1 KDM

- KDM은 키요소(Key Element)와 콘텐츠를 안전하게 전송하기 위한 방법을 제공함. 보안키는 KDM내에 암호화되어 전송되며 지정된 디지털 서버에서만 작동하도록 되어 있음
- KDM은 용량이 작아서 보통 이메일이나 USB에 저장되어 보내지는데 DCP가 여러 개의 CPL 정보를 담고 있으면 각각의 CPL에 대한 KDM이 필요하며

TDL(Trusted Device List)에 포함된 장치에서만 실행됨

- 하나의 KDM은 한 개의 영화 타이틀에 대해 한 개의 서버에서만 작동함
- 상영자는 콘텐츠 업로드/재생을 위해 KDM을 입력하여야 허가된 기간 내에서 콘텐츠를 상영할 수 있음. 서버는 물리적으로도 보안이 되어 있어 임의의 해체, 분해 등이 시도될 때, 경고를 주거나 동작하지 않도록 설계되어 있음
- 인증된 서버 외에는 상영이 불가능하므로 보안키가 작동하는 상영시스템에 대한 정보를 체계적으로 갖추는 것이 중요한데 이를 Facility list라 함
- FLM(Facility List Message)는 디지털시네마를 안전하게 재생하기 위한 장비 인증 목록으로 FLM은 KDM 생성자에게로 전달되기 때문에 정확하게 작성되어야 함
- KDM은 2005년 12월 개봉된 ‘해리포터 3’에 최초로 적용되었으며 국내영화로는 올해 7월 개봉한 ‘좋은 놈 나쁜 놈 이상한 놈’에서 DCP KDM 배급이 처음 시작됨

[그림 1] Facility List와 KDM⁸⁾



8) 자료출처 http://mkpe.com/digital_cinema/works/dc_technology4.php

5.3 디지털시네마 서버 및 영사기 보안

- 서버와 프로젝터 간 보안을 링크 인크립션이라 함. 이는 혹시 발생할 수 있는 비디오 신호의 녹화나 캡처 등을 방지하기 위한 목적이며 SMPTE 372M 듀얼링크 2.97 디지털 인터페이스 규격에 따라 128bits AES 인크립션을 사용함

- 포렌식 워터마킹(Forensic Watermarking)

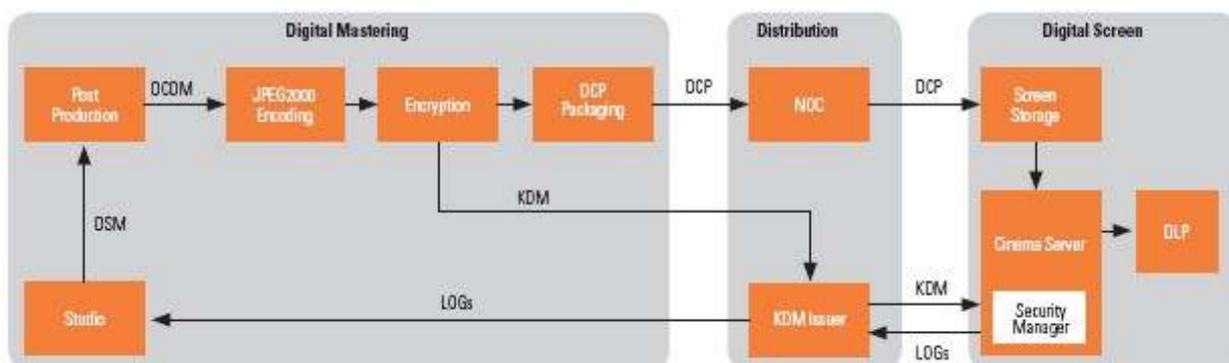
2007년 5월, 개봉된 ‘스파이더맨 3’ 상영시 서버에 처음으로 포렌식 워터마크가 도입됨

디지털파일이 스크린에 영사될 때 비디오 카메라 녹화를 통한 콘텐츠 유출, 이른 바, 캠 버전 영화 유출을 방지하기 위하여 콘텐츠 유출 경로를 추적하는 워터마킹이나 핑거프린팅 기술을 삽입함

DCI는 디지털시네마 서버에서 영화를 상영할 때 상영시간, 상영관 위치 등 총 35비트의 추적정보를 5분마다 세그먼트에 삽입하도록 규정함. 이 정보는 사람의 눈에 보이지는 않지만 녹화된 콘텐츠의 분석을 통해 어느 스크린에서 촬영되었는지, 필요하다면 극장 내 어느 위치에서 촬영되었는지 등까지도 추적 가능하기 때문에 콘텐츠 유출의 경로까지 파악할 수 있음

- DCI의 규정에 따라 보안이 이루어진다면 디지털시네마 콘텐츠는 완벽하게 통제되고 있는 것이며 디지털로 가면서 오히려 콘텐츠 유출을 방지할 수 있는 표준이 마련되었다는 점에서 디지털시네마의 장점을 또 한 번 찾아볼 수 있음

[그림 2] DCI 보안모델이 기반한 디지털시네마 배급관리흐름도⁹⁾



9) 자료출처 : 영화진흥위원회 동향과 전망 2008.06, Vol.78

VI. 이달의 CT 포커스 - 극장용 3D 입체영상시스템

디지털시네마와 3-D 입체에 관한 관심이 높아지면서 많은 극장들이 디지털스크린으로 전환할 때 3-D 입체 영상을 지원하는 시스템을 도입하려는 움직임이 활발함. 이 분야 선두 업체인 RealD가 시장의 대부분을 독점한 상태이며 국내기업 마스터이미지는 2006년 두 번째로 극장용 입체영상 시스템을 개발하여 CGV의 14개관에 설치를 마쳤고, 글로벌 시장으로 진출하여 대만, 홍콩, 중국, 필리핀, 미국, 인도까지 장비 공급을 하고 있음

- 디지털시네마 도입과 함께 디지털 입체 3-D 콘텐츠와 디스플레이 시스템에 대한 관심도 증가하고 있음
- 현재 전 세계적으로 1000여개의 입체 3-D 스크린이 있으며 필름스크린에서 디지털스크린으로 전환하는 과정에서 50% 이상의 스크린이 입체 영상을 지원하는 시스템을 갖추게 될 것으로 보임
- 2009년에서 2010년 사이 스크린 디지털화가 급속하게 이루어져 2010년 이후면 3만개 이상의 3-D 스크린이 설치될 것으로 예상됨. 이는 2006년부터 올해까지 3년간을 합쳐서 10여 편 정도 제작되던 3-D 영화가 내년부터는 급격하게 증가하여 2009년 12편 이상, 2010년에는 20편 이상의 작품이 상영될 예정이기 때문
- 입체영화는 영상에 입체적인 공간감을 부여하여 흠뻑어터나 다른 미디어와 차별됨. 생생한 현장감을 선사하여 공연실황, 스포츠 중계 등 다른 문화산업과 연계되어 새로운 형태의 극장 서비스를 선보이게 될 것으로 기대됨
- 이제 극장은 영화 상영관을 넘어 공연무대, 스포츠 경기장 등으로 기능이 확대될 것임. 이미 유명 가수의 공연실황이나 스포츠 중계가 3-D 상영관에서 시범적으로 서비스 된 적이 있으며 최근에는 극장용 디지털 입체 시스템이 설치된 극장 상영을 위한 뮤지컬도 제작 중임

6.1 극장용 3D 입체영상시스템

6.1.1. 시장 현황

- 입체영상시스템은 최근까지도 테마파크나 특수체험관 등에 주로 설치되었는데 보통 좌우 영상이 두 개의 프로젝터로 재생되면 편광필터를 통해 스크린에 영사되는 방식임. 최근 개발되어 보급되고 있는 원프로젝터 방식은 기존 방식에 비해 화면 떨림이 줄고 보다 밝게 영상 재생이 가능해서 관람 중 눈의 피로도나 어지러움이 줄어들
- 입체 영상 시스템 도입을 위해서는 먼저 입체 상영이 가능한 디지털스크린이 필요하며 현재 입체 상영 스크린은 미국 내에 1000여개, 미국 외 시장에 300여개가 보급되어 있음
- 극장용 디지털 입체 시스템은 최근 할리우드 메이저 영화사들의 3D 영화 제작 확대와 함께 극장의 수익 개선 노력과 맞물려 홈씨어터(Home Theater) 등 홈엔터테인먼트에 관객을 빼앗긴 미국 영화업계의 대안으로 주목받고 있으며, 영화산업의 판도를 획기적으로 바꾸는 계기가 될 것으로 평가 받고 있음
- 올 3월 미국 라스베이거스에서 열린 영화산업전시회 ‘2008 쇼웨스트’의 가장 큰 화두는 ‘3D’와 ‘디지털’이었으며 특히 전시회 기간 중 디즈니, 20세기 폭스, 파라마운트, 유니버설픽처스 등 할리우드 4개 영화사가 총 7억 달러의 디지털 영화 투자계획을 밝혔고 미국 내 최대 극장 체인사업자들이 공동 설립한 DCIP¹⁰⁾를 통해 총 11억 달러에 달하는 거액을 디지털 3D시네마 구축비용으로 투자하기로 함
- 디지털 입체 극장 시스템 도입이 활기를 띠면서 향후 3년 간 총 20억 달러 이상의 장비 시장을 형성할 것으로 예상됨

10) DCIP(Digital Cinema Implementation Partners) ; 리걸 엔터테인먼트 그룹, 시네마크 홀딩스, AMC 엔터테인먼트로 구성된 디지털시네마시행협력사모임

6.1.2 장비업체 현황

- 특수 안경을 착용하고 영화를 감상하는 3D 입체 영화는 디지털 프로젝터와 서버, 디지털 입체 영상 시스템이 필요함. 이 장비는 지난 2005년 미국의 리얼D사가 세계 처음으로 개발에 성공하여 시장을 독점하고 있는 상태이며 한국의 케이디씨와 마스터이미지가 2006년 말, 세계 두 번째로 상용화 개발에 성공하여 국내뿐만 아니라 세계 시장에 진출하고 있음
- 선두업체인 리얼D는 북미와 유럽 시장의 86%를 차지하고 있으며 VPF 협상이 마무리되는 대로 리걸과 시네마크에 각각 1500대씩 3000개의 스크린을 추가할 것이라고 최근 발표함. 또 유럽 영화 체인 Odeon과 UCI는 2009년까지 1700개의 스크린에 리얼D 시스템을 설치할 것이라고 발표함
- 국내 유일한 입체극장 시스템 업체인 마스터이미지는 국내 GCV 14개관에 시스템 설치를 완료했으며 중국, 인도 등의 아시아 지역과 영국, 독일 등 유럽지역으로 시장 확대를 추진 중임
- 그 외, 유럽시장 확대에 힘쓰고 있는 엑스팬드나 미국의 돌비도 적극적으로 나서고 있고 3-D 입체 영상 시스템의 보급률은 더욱 높아질 전망

[표 3] 디지털 입체 극장 시스템 제품별 특성

	Master Image	RealD	Dolby	XpanD
기술	외부장착형 원편광 필터 (Spinning Wheel)	외부장착형 편광셔터LCD (Liquid Crystal Shutter)	내부장착형 Tri-band 컬러필터	IR Emitter
프로젝터	One Projector	One Projector	One Projector	One Projector
안경	Passive 1회용 편광안경	Passive 1회용 편광안경	Passive RGB글래스/컬러필터렌즈	Active 셔터안경
스크린	Silver Screen	Silver Screen	일반스크린	일반스크린

6.2 입체 영상 시스템 MI-2100

6.2.1 기술개요

- 마스터이미지 극장용 입체 시스템(MI-2100)은 1대의 프로젝터만 이용하여 (Single Projector) 입체영상을 상영할 수 있는 디지털 극장용 입체 시스템으로, 마스터이미지의 독자기술인 원편광 회전필터 방식을 적용하고 있음. 기존 프로젝터 두 대 방식의 입체 시스템은 일반 극장과 상영 환경이 맞지 않아 테마파크를 중심으로 사용되었으나, Single Projector 방식 적용으로 기존 테마파크 시장에 머물렀던 입체 영상 시장이 본격적으로 일반 극장으로 확대 적용할 수 있게 됨

[그림 3] 마스터이미지 입체영상시스템



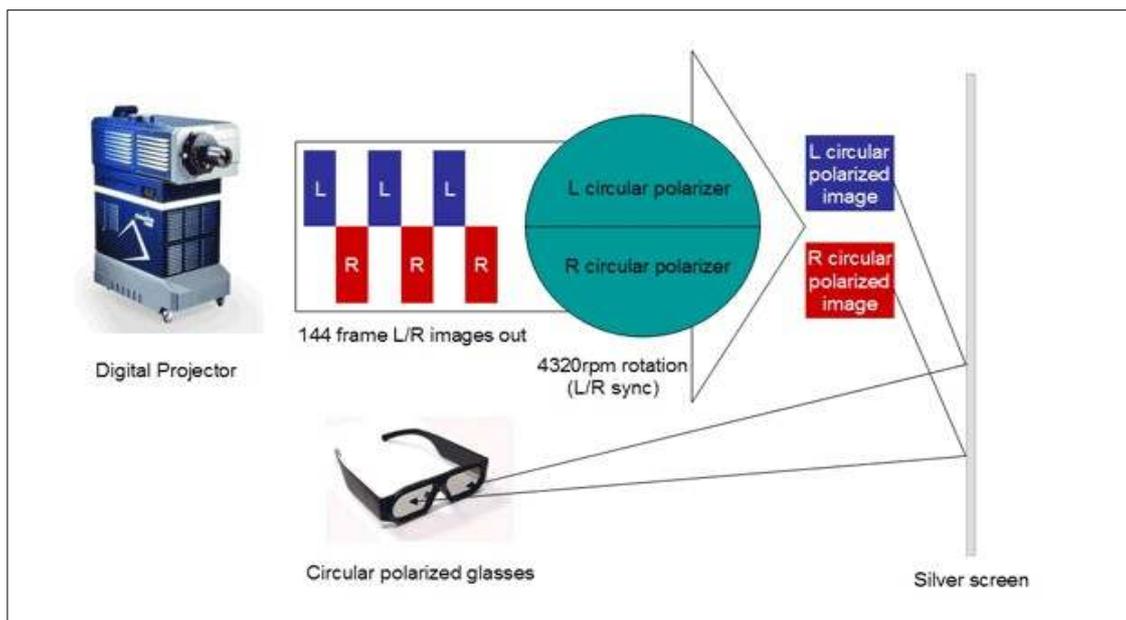
- 싱글 프로젝터(Single Projector) 타입
 - 좌우 영상 정합도 개선
 - 시스템 구축 운영비용 절감 및 편의성 증대
 - 극장 운영 효율성 극대화
- 원편광 회전필터 적용
 - 입체 안경 시야각도 향상
 - 잔상(Cross Talk) 및 휘도 개선

- 회전필터부 상하이동이 가능하여 입체 시스템 설치 상태에서 간단한 조작만으로 입체영화뿐만 아니라 일반 영화 상영도 가능하며 독립적인 시스템 구성으로 프로젝트 전면에 설치 운용할 수 있음

6.2.2 작동 원리

- 한대의 프로젝터에서 L/R 신호가 순차적으로 각각 1초에 72 frame씩 총 144 frame을 영사하면, MI-2100은 L 영상이 나올 때는 L 원편광 필터가 프로젝터 앞에 위치하고, R 영상이 나올 때는 R 원편광 필터가 프로젝터 앞에 위치하도록 제어함으로써 마치 두 대의 프로젝터에 L/R 각각의 편광 필터가 붙어 있는 듯한 환경을 만들어줌
- 4320rpm으로 회전한 L/R 원편광 영상은 실버스크린에 반사되어 관람객에게 입체 안경을 통해 입체영상이 보여 지게 됨 (입체 안경을 착용한 관람객은 왼쪽으로는 왼쪽 영상을, 오른쪽 안경으로는 오른쪽 영상을 볼 수 있음)

[그림 4] 원편광 필터방식 작동원리



VII. 결론 : 융합미디어 환경에서 디지털시네마의 방향

- 디지털기술이 영화산업에까지 영향력을 미치면서 ‘제작-유통-상영’에 이르는 전 단계에서 디지털화가 이루어지고 있음. 영화제작단계 중 편집과정에서는 이미 오래전부터 CG 작업을 통한 3D효과나 VFX, 입체화 효과 등이 사용되어 기술적으로 상당한 발전을 이룸
- 디지털배급이나 디지털상영을 위한 기술표준과 이에 적합한 기술개발 및 제품 도입이 꾸준히 이루어지고 있으며 디지털시네마를 하나의 산업 영역으로 판단, 관련 업계들의 관심과 투자도 증가하고 있음
- 100여 년간 유지되어 왔던 필름기반 영화 시스템이 이제 막 시작된 디지털기술과 완전히 접목하기 위해서는 아직도 시간이 더 필요하며 기술 및 시스템 개발에서도 보완해야 할 부분이 많음
- 지금 가장 기술적으로 앞서가고 있는 미국조차도 디지털시네마가 완전히 정착하기 위해서는 10년 이상이 기간이 소요될 것으로 보이며 전 세계 10만개가 넘는 스크린을 디지털화하기 위해서는 보다 더 오랜 기간일 필요함. 만약 보다 고화질의 디지털시네마 시스템을 설치하려고 한다면 훨씬 더 오랜 시간이 소모될 것임은 말할 필요도 없음
- 따라서, 시스템 간 상호호환성 유지는 매우 중요한 이슈임. 예를 들어 첫해에 설치된 시스템과 10년 뒤에 설치되는 시스템 간에는 엄청난 기술적 차이가 발생하게 됨. 프로젝션 기술, 데이터 저장, 네트워크, 저장매체와 프로젝터 간 디지털 링크 등 다방면에서 적용되는 기술은 날로 향상될 것임
- 이들 시스템 간의 상호 호환성을 고려하지 않으면 기술 개발이 지연되거나 오래된 장비에 투자한 비용이 쓸모없어질 수 있음
- 미래의 극장은 높은 화질과 향상된 음향 시스템을 갖추고 영화뿐만 아니라 뮤지컬이나 가수들의 공연, 방송 등의 실시간 중계로까지 확장되어 새로운 비즈니스 모델을 제공할 전망
- 영화산업의 완전한 디지털화가 이루어지면 필름 영화와 대비하여 상당한 비용 절감을 가져올 수 있어 영화 제작사, 배급사, 극장, 네트워크 사업자 등 관련업

계들이 관심을 가지고 투자를 계획하고 있으나 초기 투자비용에 대한 부담과 수익 모델의 부족으로 서로 간 이해관계가 상충하고 있음

- 대형 멀티플렉스는 자체적으로 디지털 영사시스템을 구비하고 있고 광고주들이 관련 장비들을 설치해 주기도 하지만 소규모 상영관에게는 시설 투자비용이 상당한 부담으로 작용하고 있음
- 결론적으로 영화, 음악, 공연, 방송의 융합이 이루어지기 위해서는 융합 환경에 대한 이해가 필요함. 도입단계에서부터 모두를 수용할 수 있는 기술적 호환성 (System-Level Interoperability) 고려하여 디지털시네마의 방향을 선정하여야 하며 정부차원의 지원 정책도 마련되어야 함

참 고 문 헌

<뉴스기사>

- Press Release, "Five studios ink digital cinema deals", Oct 1, 2008
http://www.hollywoodreporter.com/hr/content_display/news/e3i891ca34060aefcb3a74bc5b69a35f952
- Press Release, "Sony makes 4K play", Oct 2, 2008
http://www.hollywoodreporter.com/hr/content_display/news/e3i149edf3e04ae0168a91568a237ef7f9b
- Press Release, "Sony Electronics, studios in digital cinema deals", Oct 2, 2008
<http://www.reuters.com/article/filmNews/idUSTRE4918YP20081002?sp=true>
- Press Release, "Sony leads push for higher clarity at 4K", Oct 8, 2008
http://www.hollywoodreporter.com/hr/content_display/news/e3iced839ebc8085600e04b7840e6612473
- Press Release, "Compliance a focus of d-cinema rollout", Oct 17, 2008
http://www.hollywoodreporter.com/hr/content_display/news/e3i3d6467ccde294720c953fb7e6dceacb3

<디지털시네마 관련 기관>

- <http://www.dcinematoday.com/>
- http://mkpe.com/digital_cinema/works/index.php
- http://www.isdcf.com/ISDCF_Main_Site/ISDCF_Welcome.html
- <http://www.natoonline.org/Digital.htm>
- <http://www.cinegrid.org/>
- "DCI Digital Cinema System Specification v.1.2", Mar 7, 2008
<http://www.dcinovies.com/>
- 영화진흥위원회 "한국영화 동향과 전망", <http://www.kofic.or.kr/>
- 영화진흥위원회 "디지털시네마", <http://dcinema.kofic.or.kr/>

- 한국문화콘텐츠진흥원 CT 기술동향 “미래 문화기술의 메가 트렌트”, 2008.6
<http://technomart.kocca.or.kr/>

<기업정보>

- <http://www.red.com/cameras>
- <http://www.quvis.com/>
- <http://mediamerge.com/>
- <http://www.masterimage.co.kr/>

<보고서/논문>

- 채희상, “미디어 융합 환경 속에서 디지털시네마의 정체성 탐색”, 2006.2
- 최봉현외, “디지털 시네마 도입의 경제적 파급효과”, 영화진흥위원회, 2006.12.31
- 강남오, 김철현, 정수연, 임상희, 백준기, 김용환, 이주현, 정제창, “디지털시네마 기술 동향”, 2007.1
- 전창의, 최수영, “Issue Paper:입체 스크린에서 영화의 미래를 보다”, 영상산업정책연구소, 2008.11.7

<기타>

- Wikipedia, Digital Cinema ; http://en.wikipedia.org/wiki/Digital_Cinema