

초고선명방송(UHDTV) 기술 표준화 현황 및 산업 동향

이호영 | 최서영 | 박두식

삼성전자 종합기술원

요 약

본 고에서는 HDTV 방송에 비해 보다 현장감 있는 대화면 고화질 서비스가 가능한 차세대 UHDTV(Ultra High Definition TV)방송 서비스 기술의 표준화 현황, 산업 동향 및 향후 기술 발전 전망에 대해 알아본다.

I. 서 론

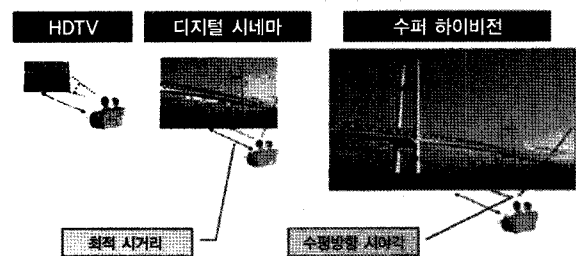
세계 주요 국가들의 HDTV 방송에 대한 완전 디지털 전환이 2010년대 중으로 완료될 계획에 따라 많은 국가들이 HDTV 방송 이후의 차세대 방송 서비스에 대한 준비를 진행 중에 있으며, 그 가운데 유력한 방송 서비스가 HDTV 방송에 비해 4배 또는 16배 고해상도를 가지면서 초고화질 영상 제공이 가능한 UHDTV 방송 서비스이다.

UHDTV 방송 서비스는 해상도에 따라 QFHD(Quad Full High Definition, 3840 × 2160)와 Super Hi-Vision(7680 × 4320)으로 구분할 수 있다. (그림 1)과 <표 1>에서 볼 수 있듯이 차세대 UHDTV 방송 서비스는 화면이 커지면서 수평 시야각이 증대 되어 극장에서와 동일한 시청 효과를 가지며, 실제와 같은 현장감(Presence)과 몰입감(Immersion)을 제공할 수 있게 된다.

오디오 시스템도 Super Hi-Vision의 경우, 22.2채널 사용을 통해 수평/수직 방향에서의 서라운드 효과로 방향에 관계없이 현장에 있는 것과 동일한 입체적인 사운드 제공이 가능

한 방송 기술이다[3].

이러한 UHDTV 방송 서비스 실현을 위해 전 세계적으로 가장 활발한 연구 개발 활동이 일어나고 있는 국가는 일본이며, NHK를 중심으로 가전 메이커와 통신, 방송 사업자 등 민관이 합동으로 차세대 초고선명 TV의 실용화를 위해 노력하고 있다. 이미 NHK 방송 기술 연구소 등은 Super Hi-Vision으로 일컫는 UHDTV 기술 개발을 '95년부터 시작하여 카메라, 디스플레이, 전송, 부호화 기술 등 방송 서비스 구현을 위해 필요한 전 분야에 걸쳐 연구 개발을 수행하여 지난 2005년 아이치 만국 박람회에 시제품을 출시하였으며, '15년 실험방송, '20년 본 방송 개시를 목표로 기술 개발 중이다. 특히 '12년에는 영국과 공동으로 런던 올림픽에서 8K UHDTV 시범 서비스도 함께 추진하여 '11년까지 압축 기술 문제를 해결하기 위해 노력하고 있다[2].



(그림 1) 화면 크기에 따른 시야각 및 최적 시거리
(출처 : http://www.nhk.or.jp/digital/en/super_hi/02_super.html)

본 고에서는 UHDTV 방송 서비스 실현을 위한 비디오 포맷 관련 국제 표준화 현황 및 산업 동향에 대해서 살펴보고, 향후 기술 발전 전망에 대해 고찰한다.

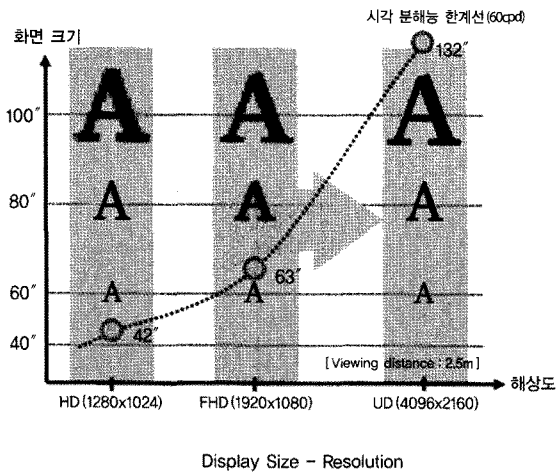
<표 1> 해상도별 최적 시청거리 및 수평 방향 시야각

| 구분 | HDTV | Digital Cinema | Super Hi-Vision |
|----------|------|----------------|-----------------|
| 수평방향 시야각 | 30° | 55° | 100° |
| 최적 시청거리 | 3.0H | 1.5H | 0.75H |

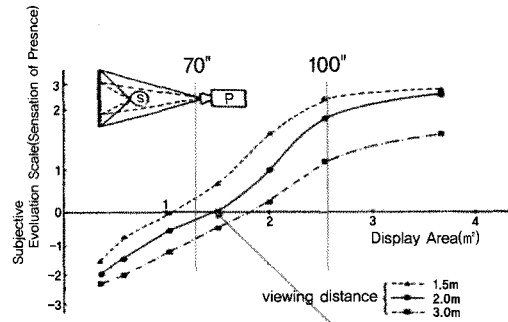
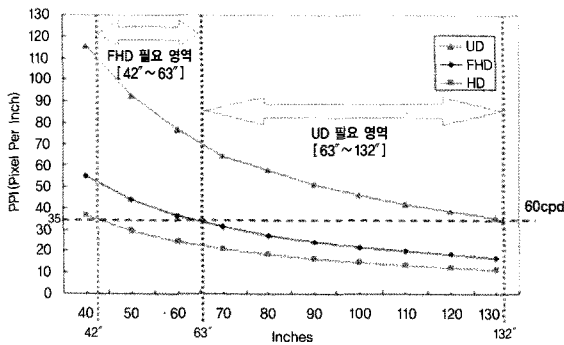
II. UHDTV 방송 서비스 개요

본 절에서는 인간 시지각 특성을 기반으로 실감 방송서비스를 위한 UHDTV 필요성과 휴먼 팩터 측면에서의 UHDTV 특성에 대해 살펴본다.

(그림 2)는 인간 시각의 공간 주파수 분해 능력을 결정하는 대비 민감도 함수(Contrast Sensitivity Function)을 이용한 임계 공간 해상도 분해 한계선(60cycles/degree \approx 35pixels/inch)



(그림 2) 디스플레이 크기별 필요 해상도



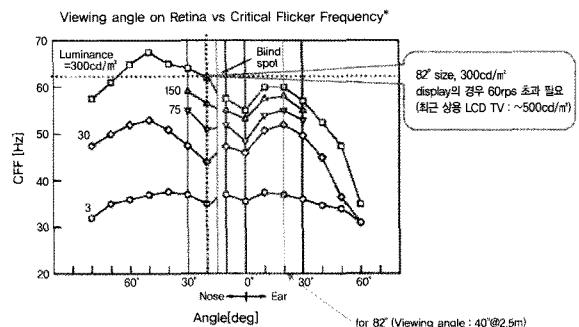
At 2m distance

| Area(m ²) | Diagonal(Inch) | Field of view | Sensation of Presence |
|-----------------------|----------------|---------------|-----------------------|
| 1.0 | 62 | 38.9 | -0.5 |
| 1.5 | 76 | 46.8 | 0 |
| 2.0 | 88 | 53.1 | 1 |
| 2.5 | 98 | 58.4 | 1.9 |
| 3.7 | 120 | 68.4 | 2.6 |

(그림 3) 시야각 확대에 의한 현장감 증대[4]

을 기준으로 디스플레이 인치별 필요 해상도를 나타낸다. (그림 2)에서 볼 수 있듯이 LCD, PDP 평판 디스플레이 화면 크기가 42인치를 넘어서면 HD급 Display는 각 화소가 시각적으로 거슬리며, 63인치 이상의 경우에는 기존 Full HD급 해상도로는 화질 열화 문제가 발생하게 되는 것을 확인할 수 있다. 이러한 화질 열화 문제 해결을 위해서는 일반적 가정 거실에서의 평균 시청 거리를 2.5m로 가정할 때, 63인치 이상 대형 디스플레이에는 4K 이상의 초고해상도 콘텐츠가 필요로 하게 된다[1].

(그림 3)은 초고선명 디스플레이를 이용한 대화면 TV에서의 현장감 인지에 관한 실험 결과로 화면이 커지면서 시야각 증대로 인해 시청자는 실제와 같은 현장감(Presence of



(그림 4) 시야각에 증가에 따른 임계 플리커 주파수

Sensation)을 느끼게 되어 몰입 효과 제공이 가능한 것을 확인할 수 있다[1].

(그림 4)는 시야각 증대 시 플리커(Flicker) 제거를 위한 필요 프레임율에 대한 그림으로 디스플레이 크기가 커지고, 휘도가 높아 질수록 높은 프레임율이 필요함을 보여준다.

예를 들어 디스플레이의 휘도를 300cd/m², 시청 거리 2.5m에서 82인치 디스플레이의 시야각이 40도라 가정할 때, 임계 플리커 주파수(Critical Flicker Frequency)가 60fps를 넘어서는 것을 볼 수 있다. 실제 ITU 비디오 포맷규격 표준화 회의에서도 120Hz 고프레임율의 필요성에 대한 의견이 지속적으로 많은 국가들에 의해 제기 되어지고 있다.

III. UHDTV 표준화 현황

본 절에서는 비디오 포맷 표준을 중심으로 SMPTE와 ITU에서의 표준화 현황에 대해 살펴본다.

3.1 SMPTE 표준화 현황

현재 SMPTE(Society of Motion Picture and Television Engineer)에서의 UHDTV 관련 표준은 비디오 신호와 오디오 신호 규격에 대해서 일부 표준이 제정된 상태로 UHD 비디오 신호 포맷 표준인 SMPTE 2036-1[5]이 2007년에, 오디오 신호 표준인 SMPTE 2036-2[6]가 2008년에 승인되었다. 비디오 신호 표준인 SMPTE 2036-1은 특정 응용분야에 제한을 두지 않는 포괄적 의미에서의 초고선명 영상 시스템용 비디오 포맷 표준인 ITU-R BT.1769[7]를 기반으로 하고 있으며, 표 2에서 볼 수 있듯이 SMPTE 2036-1과 ITU-R BT 1769의 규격은 거의 동일한 것을 확인할 수 있다.

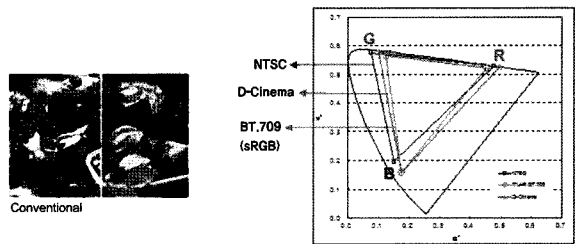
하지만 SMPTE 2036-1 비디오 포맷 표준은 초고해상도 지원을 제외하고 광색역(Wide Color Gamut)지원 및 색부호화 등 여러 측면에서 기존 비디오 포맷 규격과 동일한 특성을 가지고 있어 실제 차세대 초고선명 서비스를 위해서는 많은 변경의 여지가 있다고 할 수 있다.

<표 2> ITU-R BT 1769와 SMPTE 2036-1 비교

| Standard | App. | Aspect Ratio | Pixel Count | FrameFreq. | Sampling Struct. | Bit Depth |
|---------------|---------------|--------------|----------------------------|--------------------|------------------|-----------|
| ITU-R BT 1769 | Expanded LSDI | 16:09 | 7680 × 4320 3840 × 2160 | 24/25/30 /50/60 | 4:4:4 4:2:2 | 10/12 |
| SMPTE 2036-1 | UHDTV | 16:00 | 7680 × 4320 3840 × 2160 | 50/60 | 4:4:4 4:2:2 | 10/12 |

3.2 ITU 표준화 현황

현재 HDTV 방송 프로그램의 생성 및 국제적인 호환을 위해 ITU-R BT.709 권고안이 사용되고 있다[8]. 현 BT.709 권고안은 기존 CRT 디스플레이의 내재적인 특성에 기초하여 제정된 표준으로 재현 가능한 색 범위(색역, Color Gamut)가 실세계 물체색(Real-World Surface Colors) 모두를 포함하기에는 크지 않은 상태이다. 그러나 최근의 LED 백라이트를 채용한 LCD, AMOLED 등 평판 디스플레이의 색역은 ITU-R BT.709 권고안의 색역보다 넓은 범위를 재현할 수 있는 상태로 기존 방송 신호 규격의 사용 시에는 디스플레이의 성능이 충분히 이용되지 못하게 된다.

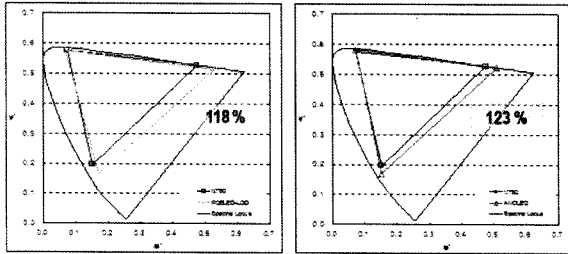


(그림 5) Digital Cinema, NTSC, BT.709 색역 비교

디스플레이 기술 발전이 콘텐츠와 인프라의 발전을 앞서고 있는 상황에서 궁극의 화질인 차세대 초고선명방송 서비스 실현을 위해서는 디스플레이의 기술 발전을 고려한 새로운 광색역 RGB 원색(Primaries) 설정과 이를 효율적으로 부호화할 수 있는 색부호화(Color Encoding)방식에 대한 연구가 반드시 필요하다고 할 수 있다[9].

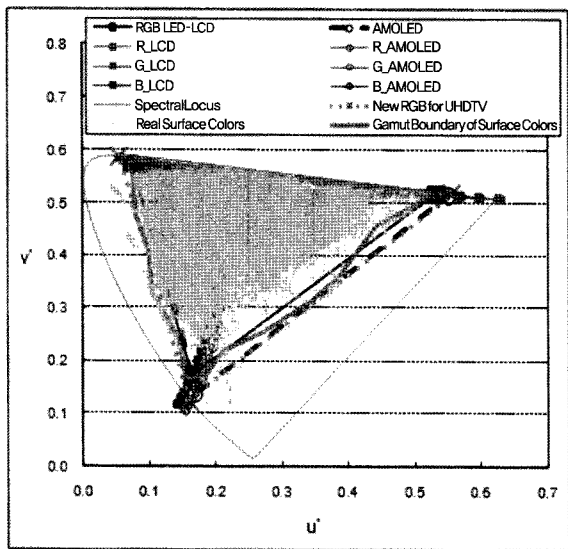
(그림 5)는 광색역 콘텐츠의 공급원이라 할 수 있는 Digital Cinema와 기존 NTSC 및 HDTV 표준 신호간 색역 차이를 나타낸다. 그림에서 볼 수 있듯이 ITU-R BT.709의 경우, 기존

NTSC 색역의 70%, Digital Cinema 표준 규격 색역의 74% 수준으로 현재 HDTV 방송 신호 규격인 ITU-R BT.709가 실제계의 물체색을 표현하기에는 한계가 있음을 확인할 수 있다.



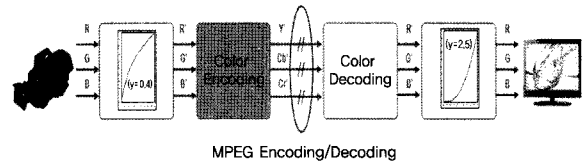
(그림 6) 광색역 디스플레이와 NTSC 색역 비교

(그림 6)은 LED 백라이트 채용한 LCD 및 AMOLED와 NTSC 신호와의 색역 비교로 현재 HDTV 방송 신호 규격인 ITU-R BT.709 색역이 디스플레이의 광색역 특성(LED 백라이트 LCD : NTSC 대비 118%, AMOLED:NTSC 대비 123%)을 충분히 활용하지 못하는 것을 또한 확인할 수 있다.



(그림 7) 차세대 UHDTV 방송용 광색역 RGB 원색

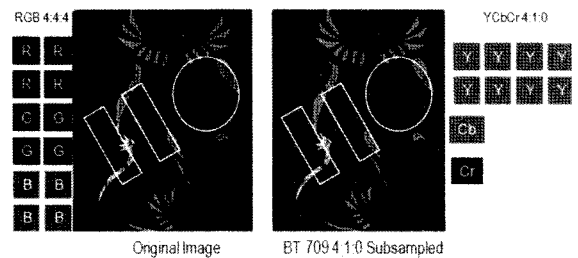
이러한 문제점의 해결을 위해 현재 ITU에서는 최근 디스플레이의 색 재현 성능을 충분히 활용하고, 실제계의 물체



(그림 8) 비디오 신호 압축 시스템 흐름도

색을 대부분 표현할 수 있는 새로운 광색역 RGB 원색 설정이 완료 단계에 있다. (그림 7)은 광색역 ITU에서 논의 중인 RGB 원색 설정을 나타낸다. 1980년에 제안된 Pointer 물체 색 데이터[11]와 2003년 제안된 ISO Standard Object Color Spectra(SOCS) 데이터[12]를 대부분 포함하면서 광색역 평판 디스플레이의 색상(Hue) 특성과 물리적으로 표현되어 질 수 있는 RGB 원색 색좌표 등을 고려하여 최적의 광색역 RGB 원색을 설정하였다.

HDTV 방송 프로그램의 생성 및 호환용 영상 포맷을 정의하고 있는 ITU-R BT.709 권고안에서의 색부호화 방법은 원 영상 밝기 정보를 보존하지 못하는 밝기 신호 생성과 밝기와 색차 신호간 간섭(Crosstalk)으로 인한 문제점을 가지고 있다[10]. 밝기와 색차 신호간 간섭 문제는 (그림 8)에서와 같이 비디오 신호 압축을 위한 색차 신호 부표본화(Chroma Subsampling) 적용 시, 밝기 신호의 손실을 초래하게 된다.



(그림 9) 색차 신호 부표본화에 의한 화질 열화

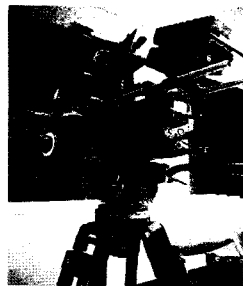
(그림 9)는 색차 신호 부표본화에 의한 기존 ITU-R BT.709의 화질 열화를 나타낸다. 그림에서 확인할 수 있듯이 밝기와 색차 신호간 간섭으로 인한 밝기 신호 손실로 인해 선명도가 저하되는 것을 확인할 수 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 현재 ITU에서는 밝기와 색차 신호가 서로의 정보를 거의 포함하지 않으면서 독립적 비디오 신호(Independent

Video Signal) 생성이 가능한 새로운 색부호화 방법에 대한 표준화 논의가 진행 중이다.

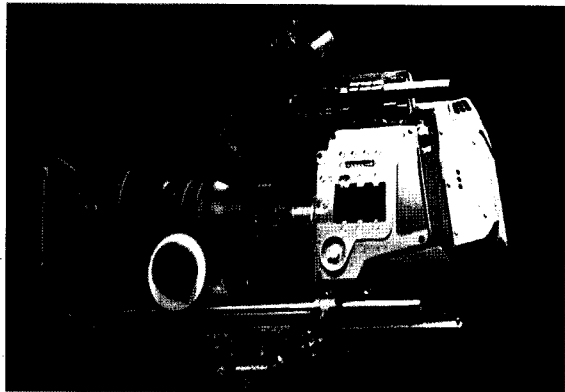
ITU-R SG6 WP6C에서는 2012년 ITU-R UHDTV Baseband Image Format 규격 제정을 목표로 표준화 진행 중에 있으며, 주요 참여 기관으로는 삼성전자 종합기술원과 NHK 등이 주도적인 역할을 수행하고 있다.



DALSA Origin II



RED ONE



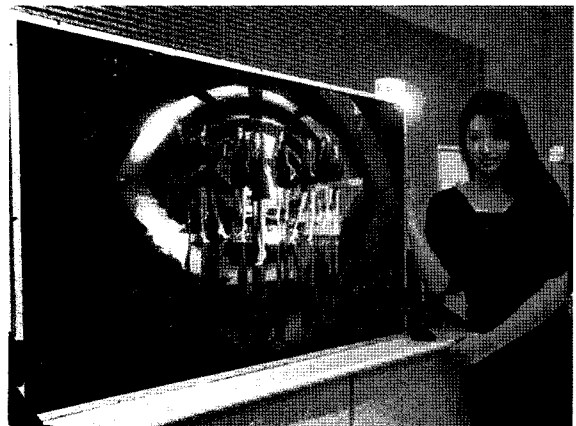
Sony cineAlta F65

(그림 10) 4K 카메라

2008년 3COMS Full 8K UHD 카메라 시제품을 개발 하였으나 시장에서는 Digital Cinema를 위한 4K 카메라를 중심으로 상용 제품이 출시되었다.

가장 대표적인 4K 카메라는 2006년 출시된 DALSA Origin II와 2007년 출시된 RED Digital Cinema Camera Co.의 RED ONE 카메라이다. 이 가운데 4K RED ONE 카메라의 경우 최근 국내에서 추노, 국가대표 등 각종 드라마와 영화 촬영을 위해 가장 많이 사용되어지고 있는 대표적인 4K 카메라라고 할 수 있다.

특히, 주목할 것은 Post-HD 시대를 대비한 Sony의 움직임으로 2011년 NAB에서 최고 120fps가 지원되는 4K 카메라 CineAlta F65를 발표하여 기존 출시한 4K 전용 프로젝터 이외에 4K 카메라 까지 개발하여 방송뿐만 아니라 영화, 스포츠 등 다양한 콘텐츠 제작 분야로 4K 시장 확대를 위해 노력하고 있다.



(그림 11) 240Hz 3840× 2160 LCD 패널

IV. UHD 산업 동향

본 절에서는 카메라와 디스플레이를 중심으로 UHD관련 산업 동향을 살펴본다.

4.1 카메라 산업 동향

NHK에서 2003년 8K 카메라 시제품을 처음 선보인 후,

4.2 디스플레이 산업 동향

UHD관련 디스플레이 시장은 현재 Digital Cinema용 프로젝터를 Sony가 2005년 시장에 출시한 이후, 2008년 JVC가 4K 프로젝터를 출시하는 등 주로 4K 프로젝터를 중심으로 상용 제품이 출시되고 있다.

실제 초고선명 방송 서비스가 시작되어 일반 가정에 보급될 평판 디스플레이의 경우, 2005년 대만 CMO사를 시작으로 세계 주요 디스플레이 업체에서 4K 시제품을 발표하였으

며, 특히 삼성은 2008년 SID에서 업계 최초로 82인치 3840 × 2160급 120Hz LCD 패널을 전시한 이후, 산화물 반도체 TFT를 적용한 70인치 3840 × 2160급 240Hz LCD 패널을 세계 최초로 2010년 FPD International에 발표하였다. 이는 4K 이상의 초고해상도 패널에서 패널 해상도 증대로 인한 구동 속도 한계를 극복하여 LCD 패널의 고질적 문제점인 동화상 움직임 번짐 현상(Motion Blur)을 개선할 수 있는 가능성을 제시했다는 점에서 의의를 찾을 수 있다.

V. 향후 UHDTV 전망

본 고에서 언급하지는 않았지만 대용량 데이터 전송을 위해 필요한 비디오 압축 부호화 기술 표준화도 MPEG(Moving Picture Expert Group)과 VCEG(Video Coding Expert Group)의 공동 표준화팀인 JCT(Joint Collaboration Team)에 의해 조만간 비디오 압축 기술 표준화가 완료 될 것으로 예상된다.

전송 기술 분야도 주파수 대역폭이 많이 소요되는 초고선명 방송서비스를 위한 위성 방송 통신 기술 개발을 위해 NHK등에서 지속적으로 연구 개발을 수행하고 있으며, 한국에서도 우리나라 최초 정지궤도 위성인 천리안 위성을 이용하여 KT스카이라이프와 한국전자통신연구원이 공동 기술 개발을 통해 UHDTV 실험 방송을 계획하고 있다[13].

Full HD 이후의 4K UHDTV 관련 서비스의 실현을 위해서는 앞서 언급된 콘텐츠 제작(카메라), 압축, 전송 기술뿐만 아니라 FHD 대비 4배 이상의 데이터량을 가지는 UHDTV 신호 처리를 위한 상용화 수준의 UHDTV용 고성능 플랫폼 기술, 고속 인터페이스 기술, 콘텐츠 저장/확산을 위한 대용량 스토리지 및 서버 기술 분야 등에 대한 연구 개발도 지속적으로 동반되어야 할 것이다.

참 조 문 헌

- [1] 박두식 "UD 미디어 현황 및 전망," 디지털 방송 산업 발전 전략 워크샵 자료집, 2008년 7월
- [2] <http://www.etnews.co.kr/news/detail.html?id=200801140141>
- [3] http://www.nhk.or.jp/digital/en/super_hi/02_super.html
- [4] T. Hatada et al., "Psychophysical Analysis of the Sensation of Reality Induced by a Visual Wide-Field Display," SMPTE Journal, 89, pp.560-569, 1980
- [5] SMPTE, "Ultra High Definition Television-Image Parameter Values for Program Production," SMPTE 2036-1-2007, 2007
- [6] SMPTE, "Ultra High Definition Television-Audio Characteristics and Audio Channel Mapping for Program Production," SMPTE 2036-2-2008, 2008
- [7] ITU-R Q.15/6, "Parameter Values for an Expanded Hierarchy of LSDI Image Formats for Production and International Programme Exchange," ITU-R BT.1769, 2006
- [8] Recommendation ITU-R BT. 709-5, "Parameter values for the HDTV standards for production and international program exchange," 2002.
- [9] Du Sik Park et al., "On the Consideration of New Color Space for Next Generation Media," IMID 2009.
- [10] C. Poynton, "Digital Video and HDTV Algorithms and Interface," Elsevier Science, 2003.
- [11] M. R. Pointer, "The gamut of Real Surface Colors," Color Research and Application, 5:145,1980.
- [12] ISO/TR 16066, "Graphic Technology ? Standard Object Color Spectra Database for Color Reproduction Evaluation," 2003.
- [13] http://www.dt.co.kr/contents.html?article_no=2011041902010631693001

약 력



이 호 영

1995년 경북대학교 공학사
1997년 경북대학교 공학석사
2008년 경북대학교 공학박사
2008년 ~ 현재 삼성전자, 종합기술원
관심분야 : Image/Video Processing, 3D Video Processing



최 서 영

1992년 부산대학교 이화사
1994년 KAIST 이학석사
2008년 University of Leeds 이학박사
1994년 ~ 1996년 LG전자, LCD연구소
1996년 ~ 2003년 삼성 SDI, PDP사업부
2008년 ~ 현재 삼성전자, 종합기술원
관심분야 : Color Science, New types of display,
3D Human Factor Study



박 두 식

1991년 영남대학교 공학사
2000년 포항공과대학교 공학석사
2007년 Research Master 선임
2008년 온탑산업훈장 수훈
1991년 ~ 현재 삼성전자 종합기술원 FT연구소, Visual Pro, 그룹장
관심분야 : Color Imaging, Human Visual Perception,
Image/Video Processing, 3D Video Processing