

4K-UHD 콘텐츠 제작 워크플로우 중요도 분석

장형준, 김광호
서울 과학기술 대학교 IT정책 대학원

Analysis of Factor's Priority for 4K-UHD content workflow

Hyung-Jun Chang, Kwang-Ho Kim

Graduate School of IT Policy, Seoul National University of Science & Technology

요약 방송 기술의 최근 흐름은 HDTV와 3DTV에 이어 UHD TV로 진화되고 있다. UHD TV가 새로운 패러다임으로 자리매김하고 있으며 우리나라에서도 지상파는 4K-UHD TV의 실험 방송과 케이블, 위성에서는 본방송 서비스가 실시되고 있다. 이러한 4K-UHD 콘텐츠 제작의 활성화를 위한 체계적인 워크플로우가 정립이 필요한 상황이다. 본 연구에서는 전문가 의견을 통한 4K-UHD 제작 워크플로우의 중요 항목을 도출하고 계층적 분석 방법(AHP, Analytic Hierarchy Process)을 적용하여 4K-UHD 콘텐츠 제작에 있어 중요하게 고려되는 항목을 상호 비교 하였다. 워크플로우의 상위 계층에는 콘텐츠 제작 기획 측면, 미디어 파일 관리 측면 및 제작 장비의 선택과 운영 측면으로 분류 하였으며 하위 계층에서는 UHD 제작 STAFF 간의 역할과 트레이닝, 미디어 관리, 저장 장치의 선택과 운영이 상대적으로 중요하게 평가 되었다. 또한 실시간 4K-UHD 제작을 위한 워크플로우를 제시하였다.

주제어 : 4K-UHD TV, 계층적 분석, 워크플로우, 콘텐츠, 중요도 분석

Abstract The recent flow of broadcasting technology, HDTV and 3DTV are being followed to develop UHD TV. UHD TV has established itself as the new paradigm. In Korea, the 4K-UHD TV experimental terrestrial broadcasting and cable and satellite TV services are being carried out in the present. 4K-UHD content creation workflow to enable a systematic formulation is needed. In this study, Through expert opinion 4K-UHD production workflow to derive the important topics and Hierarchical analysis methods (AHP, Analytic Hierarchy Process) is applied to 4K-UHD content creation is important to consider the items were compared to each other. The upper layer has a content creation workflow planning side, the media file management side and operational aspects of the selection and production equipment were classified. In the lower layer, UHD STAFF roles between production and training, media management, selection and operation of the storage device was evaluated in a relatively important. In addition, real-time 4K-UHD suggested workflow for production.

Key Words : 4K-UHD TV, AHP, Workflow, Contents, Importance Analysis

1. 서론

방송 기술의 최근 역사적 흐름에서 보면 디지털 방송

에서 HDTV와 3DTV에 이어 UHD TV로 방송 기술이 진화 되고 있다. HDTV와 실 감형 TV가 새로운 패러다임으로 자리매김하고 있는 것이다. ICT 융합과 미디어

* 본 논문은 2014년 서울과학기술대학교의 학술 연구비에 의하여 지원되었음

Received 20 June 2014, Revised 27 July 2014

Accepted 20 August 2014

Corresponding Author : Kwang-Ho Kim(Seoul National University of Science & Technology)

Email: kkh@seoultech.ac.kr

ISSN: 1738-1916

© The Society of Digital Policy & Management. All rights reserved. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

생태계의 변화는 방송에서도 매우 다양하고 복잡한 생태계적 변화를 내포하고 있다. 몇 년 전만 해도 3DTV가 실감형 방송의 주류를 이루었지만 이제는 초 고화질 방송(UHDTV) 쪽으로 옮겨 가고 있는 양상이다[1]. 미디어 생태계의 발전 측면에서 단순히 UHDTV는 기존의 HDTV의 4배 이상의 해상도를 가지는 고해상도 디스플레이의 양적 팽창 개념에서 실감형 미디어의 한축으로 초 고화질 TV와 카메라 기술, 디스플레이 기술, 압축 기술, 전송 기술, 편집 기술 등 미디어 생태계 전반에 걸친 양적, 질적 발전을 의미하는 매우 중요한 개념이다[2]. 산업 효과 측면에서도 UHDTV는 방송 기술과 콘텐츠 영역에 한정되지 않는다. 인프라, 단말, 네트워크 등이 연계되어 발전되어야 하는 산업적 생산 유발 효과가 큰 분야이다. UHDTV 디스플레이 보급은 제작 장비 공급으로 이어지고 이는 콘텐츠 제작에 대한 수요와 제작 과정의 압축과 전송 기술 개발로 이어진다. 또한 콘텐츠의 유통 등 UHDTV 방송의 가치 사슬이 연계되어 있다[3]. 영화와 TV의 경계가 무너지고 있는 현 상황에서 UHDTV가 의미하는 것은 또 다른 산업적 발전과 미디어 생태계의 또 다른 진화를 예고하는 것이라 할 수 있다. 2012~2014 NAB에서도 UHDTV가 차세대 방송의 주류로 자리매김 하였으며 영화나 드라마 쪽에서는 4K 제작이 보편화되고 있는 실정이나 우리나라 방송에서의 UHDTV는 아직 실험 방송 수준에 그치고 있는 실정이다. 현재는 4K로 인식되고 있는 UHDTV의 제작과 전송에 대한 표준화 규격과 워크플로우가 정립되지 못한 상황이며 정책적인 정립도 요구되고 있다[4]. 또한 충분한 제작과 전송, 송출 규격의 워크플로우를 검토하여 효율적인 표준화를 정립할 필요가 있다. 특히 UHDTV의 제작 과정에서 보면 아직은 파일 기반의 초기 단계로 실시간 촬영 시간보다 많은 렌더링 시간과 편집 본의 실시간 모니터링이 어려운 여건을 감안하면 여전히 4K-UHDTV의 제작은 어려운 실정이다[5]. 또한 대부분의 4K 카메라가 Raw File 형태로 데이터가 생성되는 관계로 시간과 비용의 측면에서 대량의 콘텐츠 생산이 어려운 점이 있다. 기존 UHDTV의 연구에서는 주로 증가된 모니터의 해상도에 관한 연구와 산업적 동향에 대한 일반적인 연구, 그리고 정책적 발전과 방향성 등에 대한 연구가 한계점이었다.

본 연구에서는 UHDTV의 발전 방향에 대해서 현실적이고 구체적인 제작 과정의 특징과 차이점을 살펴보고자 한다. 2장에서는 기존의 4K-UHDTV의 기술적 특징과 제작 특성의 변화 그리고 서비스 동향 등을 살펴보고 3장에서는 연구 문제 및 연구 방법을 통해 UHDTV 콘텐츠 제작 워크플로우의 중요 항목을 도출하고 도출된 항목들의 상관관계를 통해 4K-UHDTV 콘텐츠 제작 워크플로우의 중요도 문제를 제시한다. 4장에서는 4K-UHDTV 콘텐츠 제작에 관한 구체적인 워크플로우 항목을 제작 현장에 있는 전문가들의 인터뷰를 통해 도출하고 도출된 항목을 계층별 요인으로 나누어 AHP분석을 통해 중요도를 비교한다. 결론 부분에서는 4K-UHDTV 콘텐츠 제작을 위한 워크플로우의 주요 특징에 대한 상호 중요도 분석을 통해 실시간 제작 워크플로우를 제안하고자 한다.

2. 이론적 배경

2.1 영상 포맷 및 규격

UHD방송은 HDTV(2K:1,920x1,080)가 제공하는 화질보다 4배에서 16배 선명한 초 고화질 화질(4K:3,840x2,160 ~ 8K:7,680x4,320)과 다채널(10.2 채널 이상) 오디오로 사실감과 현장감을 체험할 수 있는 실감 방송으로 정의하고 있다[6]. 단순히 기존 HD방송보다 높아진 해상도뿐 아니라 TV를 통해 보는 사물이 현실에서 보는 것과 동일한 느낌의 사실감(Sense of reality)과 현장감(sense of presence)의 증가를 의미한다. 또한 대형화 된 디스플레이로 넓은 시야각(FOV: field of view)에 의해 뛰어난 사실감과 현장감을 제공하고 있다. 화면이 커지고 밝을수록 화면의 깜박임(flickering)과 영상의 움직임 열화(motion blur)를 감소시키기 위해 UHDTV에서는 영상의 프레임율(frame/sec)을 60fps 이상 높일 필요가 있다. 또한 화면이 커지면 계조(Gradation)가 계단처럼 보이는 효과가 증대되는 데, 이를 해결하기 위해서는 비트 심도를 8bit보다는 10bit, 12bits 등으로 높여야 하며 오디오에 있어서는 10.2채널 이상을 사용하여, 수평 및 수직에서의 서라운드 효과로 어느 방향에서나 실제 현장에서의와 같은 음향을 제공해야 한다[7].

<Table 1> UHDTV Systems for Audio / Video Signals of a Technical Specification

Division	UHDTV		HDTV	비고
	4K(UHD -1)	8K(UHD -2)		
Resolution (Pixel/frame)	3,840 X 2,160(4K)	7,680 X 4,320(8K)	1,920 X 1,080	
Frame rate (frame/sec)	120,60,60/1.001, 50,30,30/1.001, 25, 24, 24/1.001		30Hz	4 times
Bit Depth (bit/pixel)	24~36bit		24bit	1~1.5 times
Color sampling	4:4:4, 4:2:2, 4:2:0		4:2:0	1~2 times
aspect ratio	16:9		16:9	same
Standard viewing angle	55°	100°	30°	3.3 times
Standard viewing distance	1.5H	0.75H	3H	Height
audio channels	10.1~22.2		5.1	2~4.4 times

2.2 표현 범위의 확대와 현장감의 증대

4K-UHDTV의 시청 환경과 및 신호 규격 선정의 가이드라인에 대한 주관적 화질 평가와 ITU-R BT.500의 권고에 따른 DSIS 방법의 실험 결과(박인경 외, 2012) 시청 거리가 가깝고 비트율이 18Mbps로 낮게 책정한 조건에서도 실험자들은 화질의 차이를 거의 느끼지 못하는 것으로 나타났다[8][9]. 최대 신호 대 잡음비(PSNR) 값이 비쌀수록 현재의 대역폭에서도 충분한 고품질의 전송이 가능하고 컬러 포맷이 같은 비트율 대비 YUV4:4:4 보다 YUV4:2:0도 충분하다는 것으로 나타나고 있다[9]. UHDTV영상의 색채계(colorimetry)는 더 넓은 색채계를 포함하기 때문에 HDTV 색역¹⁾이 표현하지 못하는 색까지도 표현한다. 결과적으로 실제에 더 가까운 색 재생 능력을 보여주고 있으며 HDTV와 UHDTV의 색채계와 색 표현 범위 대해 UHD의 색 표현 범위가 훨씬 넓은 것을 알 수 있다 사실감은 해상도와 밀접한 상관관계가 있다. 각 해상도(angular resolution)가 높아질수록 사실감이 더 좋아지는데, 40~50cpd²⁾(cycle per degree) 정도까지는

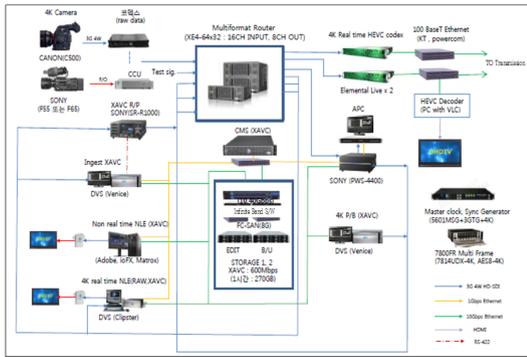
1) 색역(色域), 컬러 색역(gamut)이란 출력될 수 있는 컬러의 범위를 말함.

화면의 해상도가 높아질수록 사실감도 함께 높아진다[8]. 현장감은 화면의 크기와 시야각 (viewing angle)에 비례하며, 2차원 영상을 통해 느끼는 현장감은 시야각이 약 80도 부터 100도 까지 의 범위에서 포화 상태가 된다 [10][17].

2.3 국내외 서비스 동향과 실험 방송

국내외 방송사들의 UHDTV서비스 현황을 살펴보면 일본은 NHK주도로 2007년 위성 기반 8K-UHDTV 콘텐츠 전송 실험에 성공하였다[11][12]. 미국의 경우 2012년 CBS와 NEP Broadcasting과 제휴를 통해 미국 최대 인기 스포츠 경기 Super Bowl을 UHDTV 시험 방송으로 송출한 데 이어 ESPN, Fox 등이 美 프로 미식축구(NFL) 2012 시즌 경기 절반 이상을 Sony의 F65 카메라를 통해 4K영상으로 테스트 하였다. 독일의 Sky Deutschland는 ‘IBC 2012’를 통해 UHDTV 지원 의사를 표명한 이후 현재 UHDTV 시험 방송을 위한 채널 확보를 추진 중이다. 프랑스의 경우 2013년 1월부터 EUTELSAT(프랑스 통신위성 운영 업체)이 DVB-S2/8PSK 방식으로 4K UHD 위성방송 서비스를 실시 중이고, 미국의 볼티모어에서도 2013년 초 6개월간 DVB-T2 기반으로 25Mbps 전송 실험이 성공적으로 수행되었다[12][13]. 국내의 실험 방송과 서비스 현황으로는 KBS를 중심으로 지상파3사가 2012년 10월 에서 12월에 지상파 4K 방송의 실험을 실시하였으며 2013년 5월부터 10월 동안 제2차 실험을 실시하였다. KBS는 2014년 4월 5일 ‘2013~2014 KB 국민카드 프로 농구’ 챔피언결정전 3차전을 지상파 방송을 이용해 4K 60프레임으로 UHDTV 66번 채널(782MHz~788MHz)을 통해 실시간 중계 방송하였다. 케이블 TV는 2014년 4월 10일 UHD 전용 채널인 유맥스(UMAX)를 통해 케이블 공통으로 1번(C&M 33번)으로 본 방송 개시하였으며 위성 KT Skylife는 2013년 8월에 위성에서 4K 방송 실험을 실시. 2014 6월2일 부터 본 방송을 개시하였다[13].

2) cpd: (cycles per degree)사람의 눈이 하나의 대상을 다른 대상으로부터 얼마나 상세히 구별할 수 있는지 나타내는 척도이며, 각 분해능(angular resolution)으로 측정된다.



[Fig. 1] KBS UHD TV(4K) Test Broadcasting Net-Work Block Diagram [Source : KBS Technical Research Institute]

2.4 4K-UHD 콘텐츠 제작 특성의 변화

UHD 영상의 기본적인 기술적 목표는 ‘대형화된 화면에서의 자연스러운 영상 표현’으로 해상도 (4K, 3840 X 2160 기준)의 증대, 기존 HD대비 색역(Color Gamut)의 증대로 인한 풍부한 색 표현력 증가, 영상의 계조가 8bit에서 10bit, 12bit의 증가로 인한 넓은 콘트라스트 표현으로 압축 할 수 있다. 제작 방식의 차이에서는 4K Raw 촬영과 DI작업을 통해 영화와 같은 수준의 고품질 영상 제작이 가능하다. 따라서 TV프로그램의 다양성과 상업성을 제고할 수 있는 기반이 마련되었다고 할 수 있다. 대용량 데이터의 수집, 저장, 편집, 전송 등에서 대용량 데이터를 효율적으로 처리 및 관리하는 사전 기획 단계의 중요성이 부각되는 등 촬영과 편집의 제작 프로세스의 변화가 나타나고 있다. 또한 장르 및 소재의 변화 측면에서도 기존에 담아내기 힘들었던 마이크로 촬영, 색상의 다양함을 담아낼 수 있는 소재 등이 강점을 가질 수 있을 것으로 분석되고 움직임이 많고 현장감이 중요시되는 스포츠 제작 등 프로그램 제작의 차별성을 드러내 줄 것으로 기대된다. 반면 대형화면에서 많은 영상 정보를 제공하기 때문에, 초기에는 현재 트렌드(Trend)화된 셀레브리티(Celebrity)효과로 매우 선명한 영상이 출연자들의 화장이나 세트, 소품 등 미장센 요소에 다소 부담이 되거나, 젊은 층의 음악 프로그램 등 화면전환이 빠른 영상에서의 시청 불편 등의 이슈가 제기될 것으로 분석되고 있다[14].

3. 연구 문제 및 연구 방법

3.1 연구 문제

본 연구에서는 단순히 HDTV 해상도(1920X1080)가 4K-UHDTV 해상도(3840X2160)로 커지는 카메라 해상도의 증가를 의미하는 협의의 개념이 아니라 4K-UHDTV 콘텐츠 제작에 관한, 기획, 미디어 파일 관리, 카메라, 렌즈의 종류와 특징, 레코딩 장비와 압축 포맷 등의 변화에 따른 UHD 콘텐츠 제작에 관한 전반적 워크플로우의 방향성에 대해 알아본다. 4K-UHDTV 제작 전문가 집단의 Delphi를 통한 UHD콘텐츠 제작에 있어 중요하게 고려해야 할 사항을 정립하여 연구 문제의 항목으로 분류하였다. 또한 분류된 항목을 상위 계층과 하위 계층으로 분류하여 상호 중요도를 평가하여 4K-UHDTV 콘텐츠 제작의 활성화를 위한 중요 항목 도출과 상호 중요도를 비교를 하고자 한다.

[연구 문제]

4K-UHDTV 콘텐츠 제작워크플로우의 중요 항목을 도출하고 AHP 분석을 통한 4K-UHDTV 콘텐츠 제작워크플로우의 상호 중요도를 비교한다.

3.2 연구방법

델파이 기법은 1948년 미국의 RAND연구소에서 개발되어 현재의 상태에 대한 일반화, 표준화된 자료가 부족한 경우 전문가적인 직관을 객관화하는 예측의 방법으로 사용되고 있다. 연구의 예측 조사의 방법으로 사용되는 델파이 기법은 다수의 전문가의 의견을 표준화와 비표준화 도구를 활용하여 수회에 걸쳐 피드백(feedback)시켜 그들의 의견을 수렴하고 합의된 내용을 얻는 소위 전문 집단적 사고를 통하여 체계적으로 접근하는 일종의 예측에 의한 정책 분석 방법이라고 볼 수 있다[15]. 4K콘텐츠 제작에 있어 기존 제작 방식과 차별화 되고 중요하게 고려해야 할 대상으로 현재 4K 콘텐츠 제작 현장에 있는 기술, 카메라, 편집 등 전문가 집단 10명의 인터뷰를 통해 연구 문제인 4K-UHDTV 콘텐츠 제작워크플로우의 중요 항목을 도출 하고 계층적 비교를(AHP)위한 상위 요소와 하위 요소를 분류 하였다. 1차 심층 인터뷰 결과를 정리, 분류하여 2차 피드백을 통해 중요 항목을 확정 하였다. 계층적 분석 방법(AHP)은 여러 대안들 중에

선택을 용이하게 하기 위해서 T.Satty(1977)가 고안한 계층 분석 방법이다. AHP는 의사 결정 요소들의 속성과 그 측정 척도가 다양한 다 기준 의사 결정 문제에 효과적으로 적용되어 의사 결정자가 선택할 수 있는 여러 가지 대안들을 체계적으로 순위화 시키고 그 가중치를 비율 척도로 도출하는 방법을 제시한다. 본 연구에서는 4K-UHD 제작을 위한 워크플로우의 요인들에 대한 상대적 중요도를 분석하기 위하여 AHP계층화 분석 모형을 적용하였다. 계층적 분석 과정을 위한 일반적 절차는 의사 결정 목표 설정, 의사 결정 요인 도출, 전문가 선정, 데이터 수집, 분석으로 구분된다. 먼저 의사 결정 문제를 계층화한다. 이것은 주어진 의사 결정 문제를 상호 관련된 의사 결정 요소들로 계층화하여 문제를 분리하는 과정이다. 그런 다음, 각 요소들 간에 이원 비교하는 것으로서 요소들을 두개씩 뽑아 이원 비교를 통해 요소들 간 상대적 중요도를 평가 한다. 세 번째는 가중치를 추정하는 과정에서 이원 비교를 행한 후에는 각 계층에 대하여 비교 대상 평가 요소들이 갖는 상대적인 가중치를 추정한다. 네 번째는 논리적인 일관성을 검증하는 단계로 이원 비교를 통한 요소들에 대한 평가 결과에 대하여 일관성 비율이 0.1 이하일 경우 일관성 있는 설문으로 판단한다. 일관성은 CR(Consistency Ratio)를 이용하여 검증한다. 즉 $CR = CI/RI$ 이다. 일관성이 완벽할 경우 "0"이 되며, 일관성이 나빠질수록 그 값이 커진다. Saaty는 정확도가 "0.1" 보다 작은 경우에만 서수 적 순위에 무리가 없는 신뢰할 수 있는 결과라고 한다. AHP단계의 마지막은 하위 계층에 있는 평가 요소들의 가중치를 구하기 위해서 각 계층에서 계산된 평가 기준들의 가중치를 종합하는 과정이다[15][16]. 본 연구에서는 4K-UHD 콘텐츠 제작에 관한 핵심적 워크플로우가 적립되지 않고 기존의 제작 방식을 답습하는 프로세스에서 초기 UHD콘텐츠 제작 워크프로의 핵심 요소에 대한 중요도를 분석하기 위한 가장 적합한 방법으로 4K-UHDTV 제작을 위한 중요 항목의 Delphi 분석을 참고하여 4K-UHDTV 콘텐츠 제작 워크플로우의 주요 요인을 설정하였다. 상위 요인으로는 콘텐츠 제작 기획, 미디어 파일 관리, 제작 장비의 선택과 운영으로 분류하였으며 다시 하위 계층 3개씩 9개로 분류하여 상호 중요성을 측정하였다.

〈Table 2〉 Model of Hierarchical Configuration factors

1 st Layer	2 nd Layer
Content Creation Plan	Content Selection and Concentration
	The application of planning and OSMU
	UHD making role and training STAFF
Media file management	Media Management
	Planning and Operational Metadata
	Planning and CGI VFX
Selection and operation of production equipment	Select the Camera
	Selection and operation of the Lens
	Selection and operation of the storage device

3.4 상위 계층 및 하위 계층 요인 정의

3.4.1 콘텐츠 제작 기획

가. 콘텐츠 장르별 선택과 집중

초기의 미디어 발전 과정에서는 기술적 발달과 장비의 성능과 워크플로우가 결정적인 역할을 하고 있다. 4K-UHDTV 콘텐츠도 예외이지는 않다. 미래부의 UHD 공동 펀드 제안 요청서에서도 UHD 10분물 제작에 7억5천만 원의 비용에 4개월 소요, 50분물은 11억 원 이상 5개월이 소요되는 것으로 보고되고 있을 정도로 시간과 비용, 제작 과정도 해결해야 할 문제가 많다[17]. 이러한 맥락에서 4K-UHDTV가 상용화되기까지는 여러 가지 해결해야 할 문제가 있다. 전송 방식의 표준화, 지상파의 주파수 문제 이외에도 4K-UHDTV의 장르 선택도 같은 맥락에서 적용하여야 한다. 스포츠 중계나 대형 오락 쇼 등은 기술적 안정성과 장비의 보급이 우선시 되어야 한다. 그러나 비교적 단순한 시스템으로 제작 할 수 있는 고품격 다큐멘터리나 드라마 위주의 4K-UHDTV콘텐츠의 제작이 초기 콘텐츠 시장의 활성화를 위한 대안이 될 수 있다.

나. 기획과 OSMU의 적용

UHD 영상 뿐 아니라 2K 혹은 HD 영상에서도 사전에 어떠한 포맷으로 녹화나 촬영을 해야 할지를 결정하는 것이 가장 중요하고 먼저 선결해야 할 과제이다. 한번 제작된 콘텐츠를 다양한 영상 포맷으로의 변화를 통해 여러 종류의 Device에서의 활용이 가능하기 때문이다. 이렇듯 제작 하고자 하는 콘텐츠의 시간과 비용을 고려하여 어떤 Device에 어떻게 서비스를 해야 할 것인가를 먼

저 정하고 적절한 Frame 과 해상도를 지원하는 장비를 선택해 운영하는 것은 기획 단계의 첫 출발점이 될 것이다. UHD 콘텐츠를 제작하기 위해서는 사전 기획과 시장 조사, 장비의 선택, 미디어의 저장에 관한 선택, 편집에 대한 이슈, 그리고 CG의 위치 및 종류에 대한 선택 등 매우 다양하고 민감한 사항이 수반 되어야 한다. 또한 제작된 콘텐츠를 유통, 배급하는 전반적인 과정에서도 신중한 기획과 접근이 UHD 영상의 제작 기간에 걸리는 시간과 예산을 효율적으로 통제가 가능하다. 현실적으로 UHD 콘텐츠와 HD 콘텐츠를 동시에 제작해야 하는 상황에서는 이 둘의 서비스 포맷에 맞게 제작 과정과 기획도 병행해야 한다. 잘못된 코덱의 선택으로 촬영을 포기하거나 다시 해야 하는 문제가 될 수 있다. 뿐만 아니라 미디어의 저장과 편집에 있어서도 기존의 Off-Line 편집 개념으로 접근하면 훨씬 더 많은 시간과 비용이 추가 될 수 있다. 그밖에도 모니터링 시스템이나 파일의 관리 등을 소홀히 한다면 UHD 촬영 자체의 큰 부담으로 이어질 수 있다. 이러한 사전 기획 단계에서의 중요한 역할이 UHD 영상의 원활한 제작과 완성도를 높일 수 있다.

다. UHD 제작 STAFF 간의 역할과 트레이닝

HD보다 UHDTV는 고선명도 화질 구현이 용이하기 때문에 제작 과정에서의 모니터링 문제, 컨버팅 문제, 파일의 저장과 보관 등의 운영 적 문제와 제작 과정에서의 카메라 포커스나 파일 포맷의 결정 등 여러 가지 기술적인 오류 요소들이 쉽게 발견됨을 고려하였을 때 장비뿐만 아니라 숙련된 전문가 교육이 필요하다. 3D 입체 영상 콘텐츠 제작의 초창기에 스테레오 그래픽 양성과 역할론에 관한 논란이 있었다. UHD 콘텐츠 제작에 있어서도 기술적으로나 운영 적으로 특화되고 전문적인 인력 양성과 체계적인 준비, 교육, 경험의 과정이 필수적으로 동반 되어야 한다.

3.4.2 파일 포맷과 메타 데이터

UHD 영상의 레코딩에서 대부분 지원되는 일반적인 파일 기반의 카메라나 레코딩 장비는 지원하는 고유의 코덱³⁾이 있으며 이러한 코덱을 편집기에서 읽어 들이면

된다. 이 과정에서 레코딩된 코덱을 지원하지 않는다면 별도의 호환이 가능한 컨버팅 작업과 PLUG-IN 프로그램을 설치하여 해결해야 한다. 카메라와 레코딩 회사별로 고유의 코덱과 양식이 존재하므로 편집이나 미디어 관리를 담당하는 STAFF 은 호환 가능한 파일의 워크플로우를 잘 숙지하고 운영해야 한다. 대부분 현장에서 레코딩된 파일은 통상의 편집 시스템에서 지원하는 코덱으로 통일하여 운영하는 것이 일반적이다.

가. 미디어 관리

UHD 제작에 있어 파일 기반 시스템에서 미디어의 관리와 운영은 제작 현장과 후반 작업 전반적인 워크프로우 관리가 중요하다. 과거의 Tape 기반에서는 촬영 현장에서 넘겨받은 Tape을 후반 처리나 편집 과정을 거쳤으나 파일 기반 시스템에서는 촬영 현장에서 부터의 미디어 관리가 최종 유통 단계까지 연계되어 이어지기 때문이다. 촬영 현장에서의 카메라 종류에 따른 여러 종류의 파일 포맷이 혼재되는 경우가 종종 발생한다. 미디어 관리는 전체 콘텐츠 관리에 매우 중요한 요인으로 작용하며 이에 따라 적용되는 워크프로우 또한 사전에 정확한 계획과 체계적인 관리가 필요하다.

나. 메타데이터 계획과 운영

메타데이터는 의미적으로 다른 원 데이터에 대한 정보를 일컫는다. 메타데이터는 이미지 해상도, Bit, 심도, 렌즈 세팅, 장소, 혹은 수집 이후의 단계에서 누군가 이미지를 활용하기 위해 유용할 수도 있을 그 어떤 사항에 대한 디테일을 제공할 수 있다. 일반적으로, 풍부한 메타데이터는 포스트 프로덕션이 더 신속히 이루어질 수 있도록 하며 콘텐츠가 분산되거나 아카이브(archive)될 때 그 콘텐츠의 적절성을 유지할 수 있다. 메타데이터는 미디어 자산(Asset)을 생성하고 Archiving 과 제작워크프로우에 활용 가능 할 뿐 아니라 그 밖의 용도로도 사용 범위가 무궁무진하다. UHD 제작 과정에서 자동적으로 생성된 메타데이터는 능률적인 프로세싱을 위해 필요한 중요 정보를 포함하고 있으며 그러한 데이터 유형으로는 타임 코드, 데이터, 카메라 모델과 시리얼 넘버, 초점 길이, UMID (혹은 기타 고유 식별 데이터) 등으로 구분 할 수 있다. 또한 사용자 정의 메타데이터로는 Clip ID, 현지 (carrier) 혹은 래퍼(wrapper) 포맷을 의미한다.

3) 코덱은 캡처링 및 저장되기 위해 필요한 데이터의 전체 양을 줄이기 위해 레코딩 장치를 사용한 압축/비압축 알고리즘을 뜻하며 파일 유형은 해당 코덱이 그 안에 내재된 캐리어

촬영 장소, 카메라 ID (멀티 카메라 샷을 구분하기 위함), 렌즈 구분, 프로듀서나 촬영감독 구분 등이다. 메타데이터 역시 촬영을 마친 후에 파일 기반 자료로 추가 될 수 있다. 편집에 대한 인터페이스를 제공하거나 메타데이터를 첨부하거나 오리지널 파일을 보관하는데 활용할 수 있다. Archived된 복사본이나 다양한 유통을 통한 콘텐츠의 재활용을 위해서도 메타데이터의 통합 유지 관리가 필요하다. 풍부한 메타데이터를 획득하고 활용하는 데에는 많은 시간과 노력을 기울여야 하는 번거로움이 있지만 UHD 제작워크프로우에서의 고품질의 콘텐츠를 제작하기 위해 반드시 필요한 요소이다.

다. VFX 의 기획과 CGI

여러 가지 경우에 4K영상으로 직접 촬영하지 못하거나 보다 시각적으로 효과를 주고 싶을 때는 CGI 작업을 통해 VFX 작업을 거쳐 원하는 입체 영상을 제작 할 수 있다. 보통 CGI 는 (Computer-generated imagery)컴퓨터 그래픽스 분야의 응용이며, 더 구체적으로 말해 영화, 텔레비전 프로그램, 광고, 시뮬레이터, 시뮬레이션, 인쇄 매체의 특수 효과를 위한 3차원 컴퓨터 그래픽스를 말한다. 특수 효과는 보통 진짜같이 보이게 만드는 환경을 조성해야 하지만 촬영하기에 위험하거나 비용이 많이 들거나 현실 적으로 불가능한 경우 라이브 액션 동영상을 CGI 등과 통합할 때 함께 사용되는 것을 통칭 VFX⁴⁾ 작업이라고 한다. CGI 를 구현하기 위해서는 동영상, 사진, 서적, 의사자 문등 여러 가지 자료를 취합하고 정리하여 작가와 CGI 작업자가 자료를 공유하여 정밀한 스토리 보드를 구성, 카메라의 동선, 레이아웃, 타이밍 등을 표시하고 프리비주얼 단계를 거쳐 보다 실사와 CG가 합성 되었을 때의 상태를 미리 확인해 보는 과정도 필요하다.

3.4.3 제작 장비의 선택과 운영

가. 카메라의 선택

UHD 영상의 촬영과 카메라의 선택에 있어 고려해야 할 사항으로 먼저 어떠한 프레임 레이트를 지원하며 해상도에 대한 특성은 기본적으로 고려되어야 한다. 첫째 단일 카메라의 선택과 멀티 카메라의 선택이다. 단순히 1대의 4K-UHD카메라를 이용한 제작과 여러 대의 카메라

를 이용하여 동시에 제작하는 방식을 구분하여 선택해야 한다. 두 번째로 카메라가 지원하는 셔터(Shutter)의 종류와 특성을 고려해야 한다. 통상 글로벌 셔터(Global Shutter)와 롤링셔터(Rolling Shutter)로 구분되며 촬영하고자 하는 피사체의 특징에 맞는 셔터를 지원하는 카메라의 선택이 중요하다. 일반적으로 롤링셔터(rolling shutter)은 CMOS를 사용 순차적인 이미지를 읽는 방식이며 글로벌 셔터(global shutter)는 CCD를 사용, 프레임 단위로 정보를 읽는 방식이다. 이러한 두 가지 shutter 방식으로 인해 카메라의 움직임 특히 panning을 할 때 보여 지는 그림의 차이가 발생하기 때문이다. 글로벌 셔터에 비해 롤링셔터의 그림이 스큐(skew)즉 기울어짐 현상이 발생한다.

			
SONY F-65	SONY F-55	RED - EPIC	Canon C-500
			
Canon EOS-1D	Black Magic 4K	JVC GY-HMQ10	FOR-A FT-One

[Fig. 2] Types of 4K camera

나. 렌즈의 선택과 운영

카메라와 결합하여 사용하는 렌즈의 선택은 카메라의 선택만큼이나 중요하다. 카메라의 종류와 특성에 맞는 렌즈의 선택은 편안하고 안정적인 UHD영상 제작에 있어 선택의 신중함을 요하고 있다. 줌렌즈(Zoom Lens)와 단 렌즈(Prime Lens)의 선택과 카메라에 장착되는 마운트(Mount) Type 의 선택도 신중을 기해야 한다. 사용하고자 하는 마운트가 다른 기종의 카메라와 결합이 가능한지 여부에 따라서 다양한 종류의 UHD 카메라를 사용할 수 있기 때문이다. 렌즈의 Zoom, 조리개(IRIS), 포커스(Focus)를 컨트롤 할 수 있는 모터 장치의 선택 과정에서도 렌즈의 Type 과 기능을 고려해야 한다. 기계적 장치로 컨트롤 할 것인지 또는 전자적 장치로 컨트롤 할 것인지도 고려해야 할 대상이다. 기존 B4 마운트 렌즈를 어떻게 카메라에 적용 시킬 것인가에 대한 문제와 PL 마운트의 줌 배율 문제 등으로 초기 스튜디오 적용에 어려움이 있다.

4) 시각 효과(視覺效果) 또는 비주얼 이펙트(visual effects, visual F/X, VFX)



[Fig. 3] Type of lens

다. 저장과 장치의 선택과 운영

현재의 UHD 콘텐츠 제작 현황을 살펴보면 파일 제작 시스템이 기본 주류를 이루고 있다. 제작하고자 하는 콘텐츠의 종류와 특성에 따라 HDD Type 레코더나 SSD⁵⁾ Memory Type 레코더로 분류되어 있는 녹화 시스템을 사용하면 된다. 이동성이나 순발력이 있다면 부피가 작고 배터리로 운영되는 녹화기를 사용하거나 고정된 장소에서 고화질을 원한다면 보다 성능이 좋은 레코더를 선택하면 될 것이다. 통상의 4K-UHD 편집에서는 Apple의 Final cut pro 나 Avid 시스템 또는 Adobe 사의 프리미어 시스템을 사용하는 NLE 시스템이 주류를 이루고 있으며 파일로 녹화된 코덱(CODEC)이 편집 시스템에서 바로 지원한다면 작업의 시간과 효율을 훨씬 줄여 줄 수 있다. 이러한 미디어의 저장과 편집까지의 종합적인 관리와 워크플로우를 통합적으로 관리하며 운영하는 것이 중요하다.



[Fig. 4] 4K-File Storage

4. 설문조사 분석

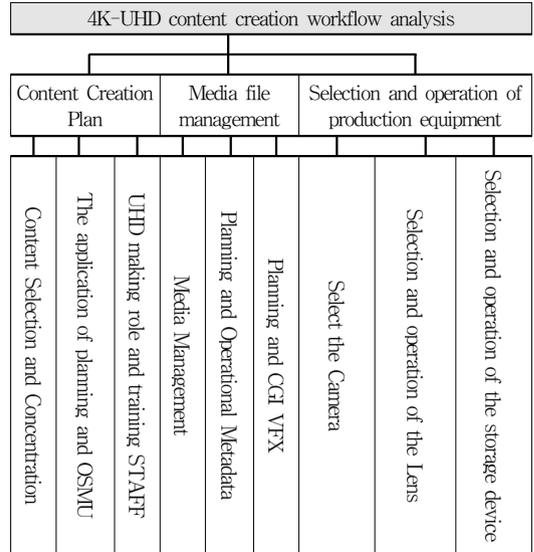
4.1 Delphi를 통한 전문가 심층 인터뷰

4K-UHD 콘텐츠 제작을 하고 있는 기술, 카메라, 편집

- 5) 솔리드스테이트 드라이브(solid-state drive, SSD)보통 디램 휘발성 메모리나 일차 낸드 플래시 비휘발성 메모리로 이루어져 있다

집, 장비 관련, 중사 자등 현장 제작 전문가를 중심으로 4K-UHD콘텐츠 제작 활성화를 위한 워크플로우의 중요 항목에 대한 심층 인터뷰를 통해 상위 계층의 요소와 하위 계층의 요소를 다음 표와 같이 분류 하였다.

<Table 3> Hierarchical classification model



4.2 설문 모집단

연구 모형의 검증을 위해 국내 UHDTV 관련 제작 분야 전문가를 대상으로 지상파 방송사의 4K제작 실무 팀과 연구소, 관련 업계 전문가, 그리고 학계의 교수나 연구원을 대상으로 설문을 진행하였다. 조사 방법은 각 관련 전문가를 대상으로 전자메일과 면대면 설문조사를 실시하였다 총30명의 전문가가 설문에 참여하였고 이 중에서 개인별 답변의 일관성 지수(CI)가 < 0.1인 최종30명의 답변을 채택하여 연구를 진행하였다.

<Table 4> Distribution of Experts Population

Classification	Broadcast areas	Broadcast areas	Total
Population	20	10	30
Distribution	66.7%	33.3%	100%

4.3 설문 방법

설문조사 방식은 종측과 횡측의 평가 항목을 이원 비교하여 종측의 평가 항목이 횡측의 평가 항목에 비해 상

대적으로 어느 정도 중요한지 또는 어느 정도 비효율적인지를 평가 기준에 따라 1, 2, 3, 4, 5 또는 1/2, 1/3, 1/4, 1/5까지의 척도를 기입하도록 하였다.

<Table 5> Comparison Measurements between Components

Numerical values	Definition
1	Equally important, or if preferred(equal)
2	More important, or if slightly preferred(moderate)
3	Strongly important, or it preferred(strong)
4	Very strongly important, or it preferred(very strong)
5	Extremely important, or it preferred(extreme)
Reciprocals	It is used to reflect that the second option is excellent as compared to the first alternative.

4.4 분석 결과

4.4.1 1차 계층 분석 결과

1차 계층 요인은 콘텐츠 제작 기획 측면, 미디어 파일 관리 측면, 제작 장비의 선택과 운영 측면의 3가지 요인으로 분류하여 상대적 중요도를 분석하였다. 분석 결과 제작 장비의 선택과 운영 측면이(0.522)으로 가장 중요하게 나타났고 다음으로 미디어 파일 관리 측면이(0.344), 콘텐츠 제작 기획 측면이(0.134)로 나타났다.

<Table 6> Analysis result of 1st Layer

Classification	Degree of importance	CI
Content Creation Plan	0.134	0.0526
Media file management	0.344	
Selection and operation of production equipment	0.522	

4.4.2 2차 계층 분석 결과(1차 계층 하위 부문별)

첫째, 1차 계층 요인의 콘텐츠 제작 기획 분야의 2차 계층의 상대적 중요성 분석 결과 UHD 제작 STAFF 간의 역할과 트레이닝이 (0.545), 콘텐츠 장르별 선택과 집중이(0.310), 기획과 OSMU의 적용이(0.145)순으로 나타났다.

<Table 7> Analysis result of 2nd Layer of Content Creation Plan

Classification	Degree of importance	CI
Content Selection and Concentration	0.310	0.0284
The application of planning and OSMU	0.145	
UHD making role and training STAFF	0.545	

둘째, 1차 계층 요인의 미디어 파일 관리 분야의 2차 계층의 상대적 중요성 분석 결과 미디어 관리가(0.519), VFX의 기획과 CGI(0.322), 메타데이터 계획과 운영(0.159)순으로 나타났다.

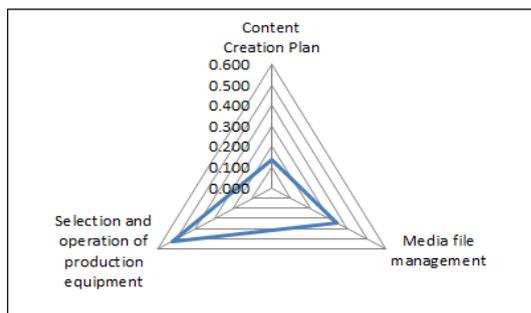
<Table 8> Analysis result of 2nd Layer of Media file management

Classification	Degree of importance	CI
Media Management	0.519	0.0529
Planning and Operational Metadata	0.159	
Planning and CGI VFX	0.322	

셋째, 1차 계층 요인의 제작 장비의 선택과 운영 분야의 2차 계층의 상대적 중요성 분석 결과 저장 장치의 선택과 운영(0.449), 렌즈의 선택과 운영(0.373), 카메라의 선택(0.178)순으로 나타났다.

<Table 9> Analysis result of 2nd Layer of Selection and operation of production equipment

Classification	Degree of importance	CI
Select the Camera	0.178	0.000
Selection and operation of the Lens	0.373	
Selection and operation of the storage device	0.449	



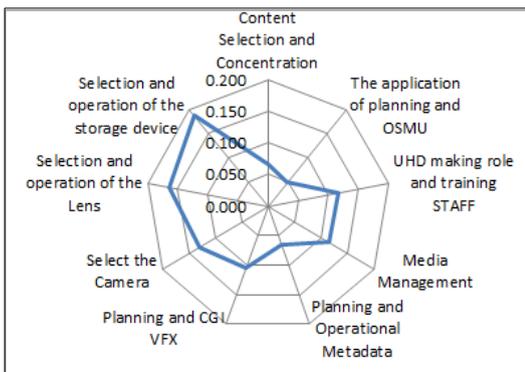
[Fig. 5] Relative importance between the evaluation Factors

4.4.3 2차 계층 평가 항목 간 상대적 중요도

2차 계층 간의 9개 요인의 종합 분석 결과, 채택된 30명 전문가들의 일관성 지수(CI)는 0.1 이하로 분포되었으며 각 문항별 답변의 기하 평균값을 도출하고 9개 하부 요인에 대한 우선순위 분석하였다. 그 결과, 상대적으로 가장 중요한 요인으로 저장 장치의 선택과 운영 부문이 선택되었으며, 그 다음이 렌즈의 선택과 운영 그리고 VFX의 기획과 CGI의 순으로 중요하게 판단하는 것으로 나타났다.

<Table 11> Relative importance between the evaluation Factors

In terms of evaluation	Relative importance	Ranking
Content Selection and Concentration	0.065	8
The application of planning and OSMU	0.049	9
UHD making role and training STAFF	0.117	4
Media Management	0.116	5
Planning and Operational Metadata	0.065	7
Planning and CGI VFX	0.106	6
Select the Camera	0.130	3
Selection and operation of the Lens	0.163	2
Selection and operation of the storage device	0.189	1

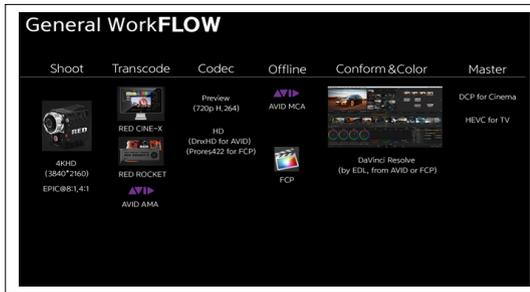


[Fig. 6] Relative importance between the evaluation Factors

4.5 4K-UHD콘텐츠의 실시간 제작 방향 제시

현재의 4K-UHD 콘텐츠의 대부분이 4K 카메라로 촬영된 영상을 Raw File 형태로 저장하여 후반 작업에서 색 보정 및 DI(Digital Intermediate) 작업을 통해 초고 해상도 콘텐츠로 가공되고 있다[19]. 일반적으로 4K-UHDTV 콘텐츠 제작의 워크플로는 파일 형태의 출력을 원하는 코덱으로 변환하여 NLE편집기와 DI Tool을 거쳐 Master 과정을 거치는 프로세스가 일반적이다. 실시간 4K-UHDTV의 서비스를 위해서는 실시간 4K 영상의 획득, 실시간 PGM 생성과 전송 등의 제작 프로세스가 구현 되어야 한다. 2014년 미국 NAB에서 열린 방송 장비 전시회에서는 SONY와 Cannon사 등에서 기존 4K 카메라에 무 압축 전송 엔코더를 이용 광회선으로 전송한 다음 4K 스위칭을 통한 PGM(Program) 송출이 가능한 모델을 선보였다. Sony가 제시하는 4K-UHDTV 콘텐츠 제작 워크플로우를 보면 새로운 XAVC 코덱은 MPEG-4 AVC/H.264 Level 5.2 압축 기반으로 4096×2160 또는 3840×2160 해상도에 최대 60p 까지 지원하며, HD(1920×1080) 해상도에서는 최대 180p 까지 지원한다. 뿐만 아니라 8/10/12 비트 샘플링 및 4:2:0, 4:2:2, 4:4:4의 컬러 샘플링을 지원한다.[20] 전체 Live 제작의 흐름에서도 SMPTE 규격의 광케이블을 통한 4K 라이브 신호가 전송이 되고, 4가닥의 3G-SDI(Serial Digital Interface) 형태로 4K 라이브 신호를 실시간 영상 스위칭을 하게 된다[20][21]. 이러한 프로세스는 현재 HD스튜디오 제작이나 중계 제작과 같은 형태의 실시간 콘텐츠 생산을 가능케 하고 있다. 워크프로우 하위 계층 분석에서 저장 장치의 선택과 운영 측면이 응답자들이 가장 중요하게 지적한 부분은 실시간 콘텐츠 제작에 있어 발생하는 영상 데이터의 처리 부분과 맥을 같이 한다고 볼 수 있다. 따라서 기존 Raw File 제작 형태의 4K-UHD 콘텐츠 제작 방식이 후반 처리 과정에서 데이터 처리로 인한 시간적 문제를 실시간 영상처리 워크프로우의 적용으로 4K-UHDTV 콘텐츠 생산의 프로세스를 개선할 수 있다.

- 6) Digital Intermediate의 약자로 고전적인 디지털화 관련된 영화 마무리 과정, 디지털 후반 작업의 과정 특히 색 보정을 의미하기도 함.
- 7) HD-SDI는 High Definition Serial Digital Interface의 약어로 디지털 영상 전송 규격



[Fig. 7] 4K production workflow[Source : RED]

5. 결론

본 연구에서는 4K-UHDTV 콘텐츠 제작에 관한 워크플로우 항목을 도출하고 상호 중요도를 평가하기 위한 전문가 상대의 중요도 설문조사를 통하여 얻은 자료를 분석하였다. 평가 틀은 AHP를 이용하여 평가 관점과 항목들을 도출하여 항목들 간의 전략적 우선순위를 산출하였다. 콘텐츠의 기획 측면, 미디어 파일 관리 측면, 제작 장비의 선택과 운영 측면의 상위 3가지 1차 요인과 하위 9개의 2차 평가 요소들을 도출하여 이원 비교를 통한 상대적 중요도를 분석하였다. 1차 중요도 요인은 제작 장비의 선택과 운영 측면이 상대적으로 중요하게 분석되었다. 또한 2차 평가 요인으로는 UHD 제작 STAFF 간의 역할과 트레이닝, 미디어 관리, 저장 장치의 선택과 운영이 상대적으로 중요하게 평가 되었다. 4K-UHDTV 콘텐츠 제작 워크플로의 문제점과 발전 방향에 대해서는 기존의 RAW File 형태의 제작 과정에서 실시간 콘텐츠 생성이 가능한 워크프로우의 제안도 확인 할 수 있었다.

본 연구에서는 4K-UHDTV 콘텐츠 제작에 있어 초기 시장 개척과 함께 산재한 여러 가지 문제점들 중에서 4K-UHDTV 제작 활성화와 고려해야 할 사항은 무엇인지 살펴보고, UHD 제작 관련 전문가들이 생각하는 상대적 중요 요인들을 알아보기 위한 시도를 했다는 점에서 제한적이지만 의의가 있다고 할 수 있다.

ACKNOWLEDGMENTS

This research was supported by Academic Research

grant of Seoul National University of Science & Technology in 2014.

REFERENCES

- [1] Suk-Hui Jo, Dong-San Jeon, Jin-Su Cho, UHDTV Construction Technology and Standardization. TTA Journal, Vol. 140, 2012.
- [2] Guk-jin Kim, Jeon-Gil Choi, Study on the Introduction of terrestrial UHDTV. Korea Communications Commission, 2013.
- [3] 4K & 8K UHD technology and industry trends. KCA, PM Issue Report, 2013.
- [4] Jong-Hwan Sin, U(H)DTV(Ultra High Definition Television). Internet and security issues, pp.36-39, 2012.
- [5] Su-Gang Lee, A Study of the Influence on the Production of Digital Broadcasting Programs by the Introduction of UHDTV. Sejong University master's thesis. 2014.
- [6] ITU-R BT 2020, Parameter values for ultra-high definition television systems for production and international programme exchange.
- [7] Gu-Man Pak, Youg-Ju Lee, Gwang-Jik Lee, Dong-San Jeon, Jin-Su Choi, and Jin-Wung Kim, UHDTV Video Technology-Consideration Factors in Development and Strategic Policy Evolution. Journal of Information Science, No. 12, 2011.
- [8] Sang-Yuong Kim, Ji-Gyun Kim, and Jin-Su Choi, UHDTV broadcasting technology trends and prospects. PM Issue Report, Vo. 1, Issue 6, 2013.
- [9] In-kyung Park, Kwang-sung Ha, Mun-churl Kim, Suk-hee Choi, and Jin-Soo Choi, Analysis on Subjective Image Quality Assessments for 4K-UHD Video Viewing Environments. Journal of Broadcast Engineering, Vol.15, Issue 4, 2010.
- [10] Sug-Chul Mun, Min-Choel Pak, Sumio Yano, Super high-definition TV's Human Factor. Journal of Broadcast Engineering, Vol. 17, No. 4, 2012.
- [11] Se-Yun Jeong, Suk-Hee Jo, Ung-Don Lee,

Sung-Hun Kim, Jin-Su Choi, and Jin-Woo Hong, UHDTV Technology Status and Prospects. Magazine of the IEEK, Vol. 36, No. 4, pp. 427-435, 2009.

- [12] Korea National Institute propagation, UHD TV trends and future prospects related to the latest technology. broadcasting and communication technology issues and outlook, No. 17, 2013.
- [13] UHDTV market development patterns and Diffusion conditions. KCA Report, No. 61, pp.66-76, 2013.
- [14] Chang-Hee Oh, Hoe-Kyung Jung, A Study for Picture Quality of UHDTV and Production as Realistic Media. HCI Conference, 2014.
- [15] Seong-Howan Song, Seog-Hun Kwon, Jin-Bum Pak, and Sun-Gi Hong, Application of the Delphi Technique in Modifying AHP Method. Management Science, Vol. 26, No. 1, p.53-64, 2009.
- [16] Sang-Jung Park, Chan Koh, Analysis of Key Factors in Operational Control Transition Resolution using Analytic Hierarchy Process(AHP). The Journal of digital policy & management, Vol. 9, No. 6, pp.153-163, 2011.
- [17] DOI: <http://meta.gajja.so/1/2893345>
- [18] Alaric Hamacher, Sun-Chul Kwun, Seung-Hyun Lee, UHDTV content creation environment changes. Journal of Broadcast Engineering, Vol. 18, No. 2, 2013.
- [19] DOI: <http://ko.wikipedia.org/wiki/Raw>
- [20] Jae-Mo Gu, Yung-Hun Gan, Jae-Yung Lim, UHD 4K production practices. Korea Creative Content Agency.
- [21] SONY, 4K for Live Production PPT.

김 광 호(Kim, Kwang-Ho)



- 1988년 8월 : 독일괴팅겐대 언론학 석사
- 1993년 2월 : 독일괴팅겐대 언론학 박사
- 1995년 3월 ~ 현재 : 서울 과학기술대학교 교수
- 관심 분야 : 방송 통신, 뉴미디어
- E-Mail : kkh@seoultech.ac.kr

장 형 준(Chang, Hyung Jun)



- 2011년 9월 : 한독 미디어 대학원 미디어 공학 석사
- 2012년 9월 ~ 현재 : 서울 과학기술대학교 IT정책 전문대학원 박사과정
- 1994년 2월 ~ 현재 : KBS TV기술국, 3D콘텐츠 제작단 근무
- 관심 분야 : 방송 통신, 실감 방송
- E-Mail : jjangga@kbs.co.kr