



4K UHD 로가리즘 색보정의 이해 ①

4K UHD 실감영상의 컬러 프로세스 기술

+ 박원주 (주)컬러티브 대표이사

① 4K UHD 실감영상의 컬러 프로세스 기술

- ② CIE 표준 컬러 및 비디오 색공간의 기본 개념 및 이해
- ③ 실감영상의 표현으로서 로가리즘(Logarithm) 색보정(Digital Intermediate) 작업
- ④ ACES 기반의 차세대 색관리 시스템 이해



흑백으로부터 시작된 1세대 텔레비전은 2세대의 Color TV, 3세대의 HDTV, 그리고 4세대의 3DTV를 거쳐 이제 UHD TV 시대로 진화하고 있다. 이는 초고 화질 영상과 대화형 쌍방향 통신 기술을 통하여, 최종적으로 실감영상 방송을 목적으로 발전하고 있는 것이다.

특히, UHD TV는 7680×4320픽셀의 8K 크기와 3840×2160픽셀의 4K 크기 같은 초고해상도 디스플레이 기술을 기반으로 현장감과 사실감을 극대화시키는 실감영상 효과를 제공하고 있다. 뿐만 아니라, 순차주사방식(Progressive Scan Mode)만을 표준으로 채택하여 블러(Blur) 없는 우수한 화질을 제공하고 있으며, 10bit 혹은 12bit 크기의 색심도(Color Depth)를 통하여 기존 8bit HD 영상의 색역(Color Gamut)을 CIE RGB 색공간의 99.9%까지 확대시키고 있다. 결국, 실감영상의 표현 기술은 현장감과 사실감을 극대화시키는 방향으로 발전되고 있는 것으로 이해될 수 있다.

본 파트에서는 4K UHD 실감영상에서 표준으로 사용되는 ‘컬러 프로세스’ 기술을 설명하고, 이를 바탕으로 현장감과 사실감을 극대화시키는 관점에서의 색보정 기술을 소개하고자 한다.

4K UHD 영상의 컬러 프로세스 기술

디지털 컬러 프로세스의 내부를 자세히 살펴보면, 색채 과학과 공학을 중심으로 수많은 기능들이 유기적으로 작동하고 있다. 그리고 그 기저에 표준화된 색체계(Color System)가 있다. 물론 이 색체계는 색보정 틀에서 겉으로 잘 드러나지 않는다. 이미 충분히 복잡한 색보정 인터페이스 환경에서 굳이 복잡하게 나열된 수치들과 이것의 연산과정을 보여줄 필요는 없을 것이다. 오히려 색보정 작업의 입장에서 역으로 색체계의 기초개념을 통하여 복잡하게 얽힌 색보정의 기능들을 이해하고 자유롭게 활용하면 되는 것이다.

4K UHD 영상에 대한 기술 범주는 최초 NHK 과학기술연구소에서 제안하고 국제전기통신연합(ITU, International Telecommunication Union)에서 2012년에 제정한 Rec. 2020 표준에 기반한다. ITU Rec. 2020 표준에는 해상도(Display resolution), 프레임율(Frame rate), 색차 샘플링(Chroma subsampling), 색심도(Bit depth), 색공간(Color space) 등과 같은 UHD TV 기술에 대한 여러 가지 요소들을 정의하고 있다. 여기서는 색체계 관점에서 직접적으로 관계되어 있는 기술 요소들에 대해서 설명하고자 한다.

① 넓은 색역(Gamut)과 깊은 색심도(Bit Depth)를 가진 색공간(Color Space)

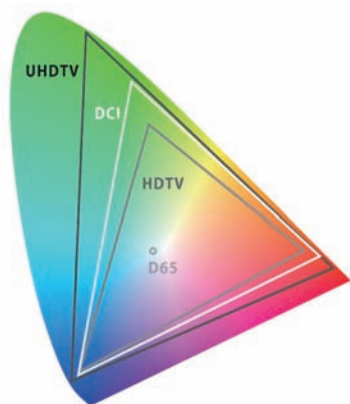


그림 1. UHDTV 색역 비교

우선 [그림 1]을 먼저 살펴보자. 그림은 4K와 8K UHDTV 색공간을 CIE xy 색도도에 비교해 놓은 것이다. 최초 CIE RGB 색공간에서(CIE 1931 색공간이 아닌!) HDTV 색공간이 표현할 수 있었던 75% 정도의 색역뿐만 아니라, 디지털 시네마(DCI)에서 구현할 수 있었던 91% 정도의 색역을 넘어 대략 99.9% 정도를 커버할 수 있는 색역을 갖게 되었다. 이를 달리 표현하면, 차세대 홈시어터 영상의 색재현율이 현재 디지털 시네마 극장에서 재현할 수 있는 색의 영역을 넘어버렸다는 것을 의미한다. 물론, 디지털 시네마 디스플레이 기술도 레이저 프로젝터(Laser Projector)와 같이 가시영역을 초월하는 넓은 색역으로 발전하고 있다.

넓은 색역은 깊은 색심도와 분류되어 설명할 수가 없다. 왜냐하면 색역을 결정하는 Red, Green, 그리고 Blue 각 채널의 한계치를 색심도가 규정하고 있기 때문이다. 잘 알려진 것과 같이, 디지털에서의 색재현은 Red, Green, 그리고 Blue 각 채널의 '흑백 계조' 조합으로 구성된다. 여기서 흑백 계조를 어느 정도의 단계로 세밀하게 설정하느냐에 따라서 색심도(Bit depth)가 결정된다.

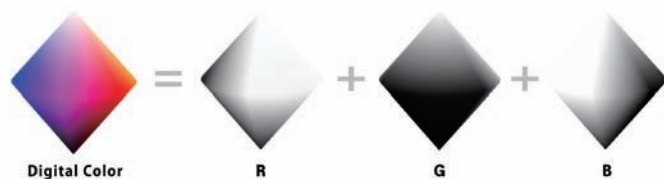


그림 2. 디지털 환경에서의 컬러 구현 원리

HDTV 표준에서는 8bit 계조 즉 256단계를 갖는 것과 달리, UHDTV 표준인 ITU Rec.2020에서는 10bit 즉, 1024단계와 12bit 4096단계를 갖고 있다. 보다 정확하게 표현하면, 10bit 계조에서 64~940단계만 실제 계조로 사용된다. 반면, 0~3단계와 1020~1023단계는 동기화 영역으로, 4~63단계는 슈퍼블랙 영역으로, 그리고 941~1019단계는 슈퍼화이트 영역을 담당하게 된다. 참고로, 동기화 영역에 대해서는 비디오 색공간에서 다시 설명하기로 한다.

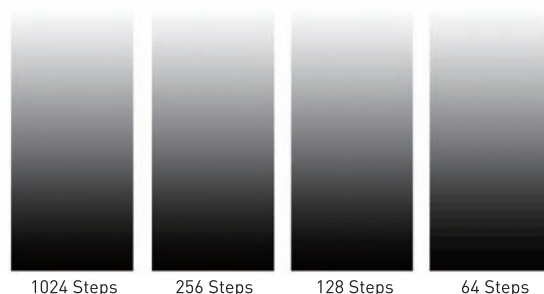


그림 3. 색심도에 따른 채널별 계조 차이 비교

② 4K UHD 색공간의 비선형 특성 (Transfer Characteristics, 전달 특성)

색공간의 비선형 특성은 시각적으로 균등한 속성을 의미한다. 예를 들어, 18% 반사율을 가진 회색 카드를 우리는 중간(50%) 밝기로 인식하여 사용한다. 이는 안구 자체는 밝기를 지각할 때 1:1 선형 반응을 특성으로 하지 않는다는 것을 의미한다. 즉, 비선형 특성이 인간에게는 시각적으로 '균등'한 특성인 것이다. [그림 4]는 입체 큐브 모양의 색공간 안에서 밝기가 어떻게 표시되는지 보여주고 있다. 8개의 꼭짓점 중 White(W)와 Black(S)을 연결하는 축이 밝기를 나타내는 회색 계조의 '무채색 영역'이다.

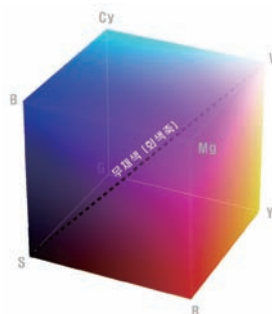


그림 4. RGB 색공간의 밝기 영역인 회색축

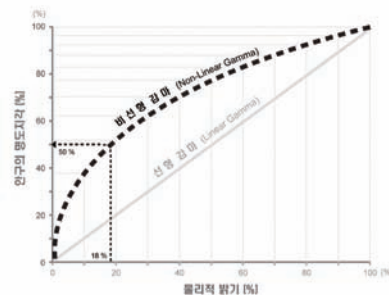


그림 5. 물리적 밝기에 대한 안구의 비선형 특성, 감마곡선

색채좌표 값으로 Red, Green, 그리고 Blue 값이 모두 동일한 비율로 정해질 때 밝기를 나타내는 무채색 영역에 존재하게 된다. 예를 들어, 8bit 영상에서 각각의 RGB 값이 (0, 0, 0)일 때 Black이 되고, RGB 값이 (255, 255, 255)일 때 White가 되는 것이다. 이는 결국 18%의 밝기를 50% 중간 회색으로 인식하는 안구의 특징을 적용시키기 위해서는 무채색의 영역을 조절해야 한다는 것을 의미한다. 이것을 결정하는 것이 바로 감마(Gamma) 값이다.

[그림 5]는 밝기에 대한 안구의 지각 정도를 비교 실험을 통하여 얻은 결과이다. 실제 중간 회색을 의미하는 밝기가 50% 값이 아닌 18% 값으로 안구는 중간 회색을 지각한다. 특히 곡선 모양을 유심히 살펴보면, 밝은 쪽보다는 오히려 어두운 쪽에서 더욱 민감하게 반응하는 것을 볼 수 있다. 재미있는 것은 실제 감마보정의 원리는 독단적으로 사용되는 것이 아니라 다른 감마보정 값과 상호작용을 한다는 것이다.

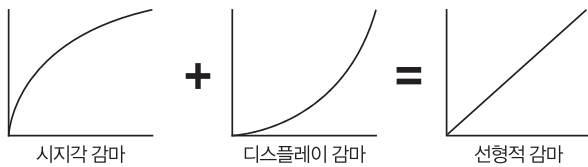


그림 6. 서로 다른 감마의 상호작용 특성

[그림 6]은 이러한 감마보정의 상호작용을 나타내는 도식이다. 시지각 감마(입력 감마)가 디스플레이 감마(출력 감마)와 상쇄작용을 하여 최종적으로 선형에 가까운 감마 특성(최종 감마)을 갖게 된다. 물론, 중간에 시스템 감마가 적용되어 서로 다른 디지털 환경 값을 부여하기도 한다. 여기서 주의해야 할 것은 최종 감마가 선형에 '가까운' 감마 특성을 갖게 된다는 것이다. 이에 대해서는 로가리즘 색보정 작업 파트에서 다시 자세하게 다루기로 한다.



그림 7. 주위 환경에 따른 콘트라스트 차이 (C. Poynton, Digital Video and HDTV, p82)

앞서, 감마가 밝기에 대한 특성을 부여한 것이라고 했다. 최종 감마가 갖게 되는 밝기의 특성은 당연히 최종적으로 영상이 보이는 시청각 환경에 의해서 결정될 것이다. 왜냐하면 극장과 같이 완전한 암흑의 시청각 환경과 텔레비전이 놓이는 시청각 환경이 서로 다르기 때문이다. 결과적으로 선형에 '가까운' 감마 값을 갖게 되는 것이다. 실제로 4K UHD 실감영상의 색공간에 적용되는 비선형 감마 특성(Transfer Characteristics)이 기존의 HDTV 영상 색공간과 동일한 감마값을 적용하는 이유도 이 때문이다. 4K UHD 영상이란 어쨌든 텔레비전 시청각 환경에 국한된 표준이기 때문이다.

④ 4K UHD 영상의 화면떨림(Flicker) 없는 깨끗한 순차주사방식(Progressive Scan Mode)

잘 알려진 것과 같이, HDTV 영상에서는 비월주사방식(Interlace Scan Mode)과 순차주사방식(Progressive Scan Mode)을 통하여 화면의 이미지를 만들어 내었다. 각각의 주사방식을 간단하게 설명하면, 먼저 비월주사방식이란 하나의 완성된 이미지(Frame)를 만들기 위하여 홀수 주사선(Upper Field)과 짝수 주사선(Lower Field)을 나눠서 교차 주사하는 방식을 말한다. 비월주사방식의 최대의 문제점은 움직이는 피사체에서 서로 다른 독립적인 이미지를 만든다는 것이다.



그림 8. 인터레이스 방식의 해상도와 컬러 문제

그 이유는, 그림에서와 같이, 하나의 필드를 촬영하고 난 후 다시 나머지 반의 필드가 움직임이 변한 이미지를 기록하게 될 것이기 때문이다.

디지털 기술과 정보압축 기술의 발전은 영상신호의 기록과 전송기술에 많은 변화를 주었다. 디지털 기술의 발전으로 새롭게 등장한 방식이 순차주사방식, 즉 프로그레시브(Progressive Scan Mode) 방식이다. 순차주사방식은 비월주사방식과 달리 한 번에 하나의 완결된 전체화면을 만들게 된다. [그림 9]는 두 가지 방식을 비교해 놓은 것이다.

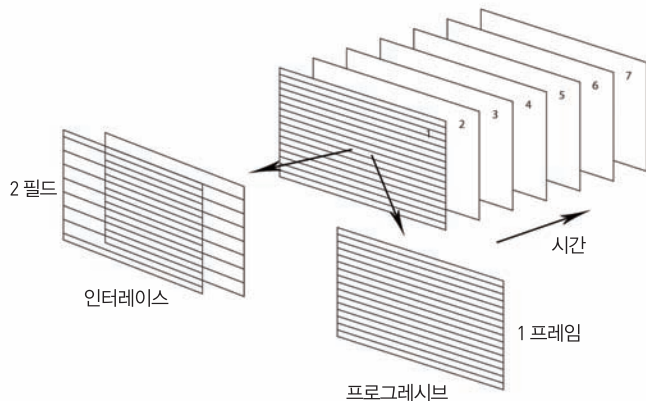


그림 9. 비월주사방식과 순차주사방식 비교

ITU Rec. 2020 표준에 제시된 주사방식에서도 비월주사방식인 인터레이스 방식이 사라졌다. 불러 없는 깨끗한 화질의 구현할 수 있게 된 것이다. 표준으로 제시된 프레임은 120p, 60p, 59.94p, 50p, 30p, 29.97p, 25p, 24p, 23.976p 비율이다.

④ 영상 압축에 의한 데이터 최적화 · 크로마 서브샘플링 (Chroma Subsampling)

샘플링(Sampling) 혹은 서브샘플링(Subsampling) 원리를 이해하기 위해서는 먼저 CIE XYZ 색체계와 CIE LUV 색체계의 구조를 파악해야 한다. 그 이유는 샘플링과 서브샘플링이 RGB 방식과 YCbCr 방식에서 구분되어 사용되기 때문이다. CIE 표준 색체계는 크게 두 가지 가설에 근거하여 만들어졌다. 하나는 삼자극이론(Tristimulus Theory)이며 다른 하나는 반대색설(Opponent Theory)이다. 먼저 삼자극이론에 근거한 CIE 1931 XYZ, 최초의 표준 색체계를 설명하고자 한다.

최초의 표준 색체계의 개념적인 틀을 제공한 삼자극이론이란 말 그대로 세 가지 자극에 대한 이론이다. 내용인 즉, 인간의 안구에는 장파장(L), 중간파장(M), 그리고 단파장(S)을 독립적으로 지각하는 서로 다른 세 종류의 신경세포(추상체, cones)가 있어서 가시광선의 모든 파장을 색으로 인지할 수 있다는 것이다. 그런데, 삼자극이론을 역으로 이용하면 다시 가시영역의 모든 색을 재현할 수 있다는 논리가 성립된다. 이를 바탕으로 색의 수치화 작업이 완성되었는데 여기서 발생된 것이 바로 색대응함수 실험이다.

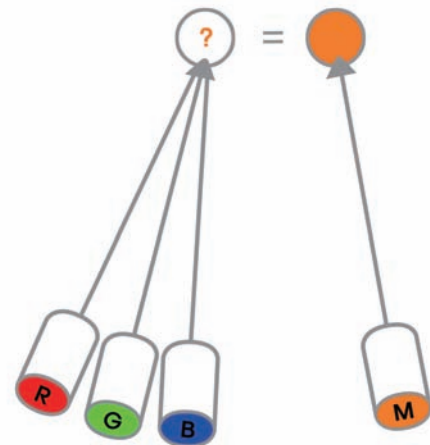


그림 10. CIE RGB 색대응함수 실험

원리는 간단하다. 한쪽에서는 단색광(그림의 오른쪽)을 비춰주고, 다른 한쪽에서는 RGB 삼원색의 혼합장치로부터 만들어진 색(그림의 왼쪽)이 제시한다. 실험 참가자는 삼원색의 혼합장치를 조절하여 제시된 단색광과 일치되는 색을 만들면 된다.

이 실험에서 두 색(그림의 위쪽)이 일치한다는 것은 혼합장치를 조절하여 나온 Red, Green, 그리고 Blue 혼합 값이 특정한 단색광과 동일하다는 의미를 갖는 것이고 결과적으로 하나의 단색광을 Red, Green, 그리고 Blue 혼합값으로 만들 수 있다는 것이다. 이로부터 가시영역에 존재하는 수많은 단색광에 대하여 각각의 RGB 평균치를 최종적으로 하나의 그래프로 통합한 것이 바로 CIE RGB 색대응함수이다. 이 함수의 결과물이 디지털 색공간의 모체가 되는 CIE 1931 XYZ 색체계이다.

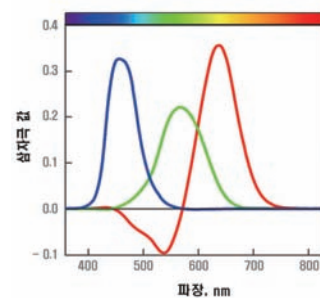


그림 11. CIE RGB 색대응함수



그림 12. CIE 1931 XYZ 입체 모형도

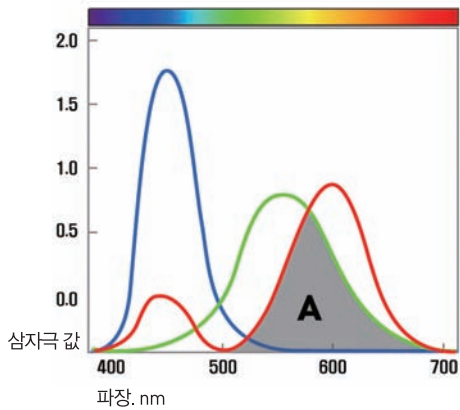


그림 13. CIE 1931 XYZ 색대응함수

문제는 이렇게 완성된 색체계에 균등성의 오차가 발생되었다는 것이다. 대부분의 영역에서 균등하게 느껴져야 할 색의 차이(색차)가 실제 색체계에서는 다르게 느껴진다는 것이다. 사실 근본적인 문제는 앞에서 잠깐 언급했던 추상체(색을 인지하는) 영역의 반응에만 중점을 두었기 때문이다. 그림과 같이 중첩되는 영역(A)에서 정확한 원색을 파악하지 못하는 맥락과 같은 원리이다.

이로부터 두 번째 가설인 반대색설에 기반한 색체계가 완성된다. 여기서 반대색이란 두 개의 색차를 의미하는데, 각각 Red-Green 그리고 Yellow-Blue 축으로 하는 구조이다. 기존의 방식이 Red, Green, 그리고 Blue 색상을 조합으로 색을 구현했던 방식이라면, 반대색설에 기반한 두 색체계는 두 가지 색의 축을 교차시키고 밝기를 별도로 추출한 방식이다. 이를 그림으로 설명하면 다음과 같다.

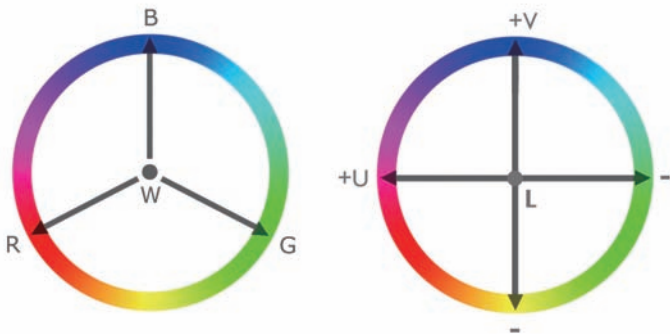


그림 14. 삼자극이론 방식과 반대색설 방식의 비교

4K UHD 실감영상의 표준으로 거론되는 샘플링과 서브샘플링 방식은 바로 이 차이이다. 예를 들어 4:4:4 샘플링 방식과 4:4:4 서브샘플링 방식이라고 하였을 때, 앞의 샘플링 방식은 Red, Green, 그리고 Blue 색의 추출방식을 말하는 것이고, 뒤의 서브샘플링 방식은 하나의 밝기와 두 개의 색축을 기반으로 한 반대색설 색체계를 의미하는 것이다. 하나의 밝기와 두 개의 색축으로 만들어진 색공간은 잘 알려진 YCbCr 비디오 색공간이다. 당연히 Y 요소는 밝기를 의미하고 Cr 요소와 Cb 요소는 두 개의 색축을 의미한다. Cr 의미는 Chroma Red일 테고, Cb 의미는 Chroma Blue임을 쉽게 짐작할 수 있다! 물론, YCbCr 비디오 색공간을 당연히 반대색설에 기반한 색체계이다. 그렇다면 조금 더 나아가 4:2:2 샘플링 방식이 존재할 수 있을까? 당연히 Red, Green, 그리고 Blue 비율을 바꾸는 서브샘플링 방식은 없다. 4:2:2 혹은 4:2:0 방식은 모두 Y / Cb / Cr 색공간을 압축하는 '서브'샘플링 방식인 것이고, 항상 색차 영역의 비율을 줄이기 때문에 크로마 서브샘플링(Chroma Subsampling)이라고도 하는 것이다.

이제는 4K UHD TV 표준인 Rec. 2020 크로마 서브샘플링 방식으로 규정된 4:4:4, 4:2:2, 그리고 4:2:0 비율에 대해서 설명할 차례이다. 짐작했던 것과 같이, 크로마 서브샘플링은 영상 압축에 의한 데이터 최적화 결과물이다.

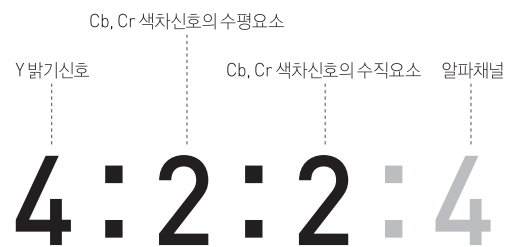


그림 15. 샘플링 비율의 구성

좌측에서부터 밝기신호, 색차신호의 화면 '수평요소', 그리고 '수직요소', 마지막으로 알파채널로 구성되어 있다. 경우에 따라서 네 자리 수로 표시될 때에 마지막 알파채널은 크로마 키와 같은 합성 등에 사용되는 투명도를 조절하는 채널이다. 4:4:4 비율의 샘플링이 모든 정보를 사용하는 것에 비하여 4:2:2 비율은 Cb / Cr 수직과 수평 요소에서 정보의 반을 줄이는 것이다. 보다 정확하게는 추출하는 비율을 의미한다. 어쨌든, 4K UHD TV 영상에서의 ITU Rec. 2020 표준으로 정의된 샘플링 비율은 기존 HDTV 영상에서의 Rec. 709 표준과 동일하게 채택되었다. 크로마 서브샘플링에 대한 보다 자세한 설명은 비디오 색공간 파트에서 다시 언급할 것이다.

⑤ 초고해상도 4K UHDTV 실감영상

실감영상의 표현기술은 결과적으로는 현장감과 사실감을 극대화하는 방향으로 발전하고 있다. 여기서, 현장감(Sense of Presence)이란 시청자들이 그곳에 존재(be there)하는 것으로 인식하도록 만드는 것이고, 사실감(Realness)은 가상의 공간을 실제로 존재하는 공간으로 지각하도록 만드는 것이다. 현장감과 사실감을 극대화시키는 방법은 해상도(Resolution)를 증가시키는 방법과 더불어 가시 범위(Field of View)를 넓게 하는 것이다. 다음 그림은 현장감과 사실감의 원리를 비교해 놓은 것이다.



그림 16. 가시 범위에 따른 현장감의 증가



그림 17. 해상도에 따른 현장감의 증가

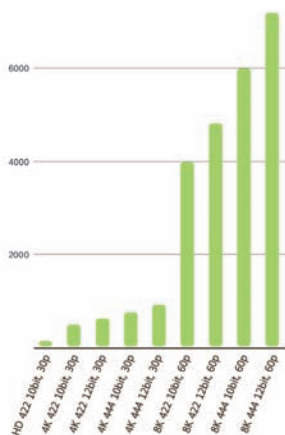


그림 18. 4K UHD 영상의 데이터 비교

4K UHD 영상은 기존 HD 해상도의 2배 크기인 2000개 이상의 주사선수를 영상 규격으로 지정하여, 4K UHDTV 해상도의 경우 3840×2160, 4K Digital Cinema 해상도는 4096×2160, 그리고 8K UHDTV 해상도는 7680×4320의 해상도를 갖고 있다.



그림 19. HEVC 코덱 로고

4K UHDTV 실감영상을 압축하기 위해 사용되는 코덱은 HEVC 표준이다. HEVC 표준 코덱은 High Efficiency Video Coding의 약자로서, 2010년 MPEG와 VCEG(Video Coding Experts Group)이 공동으로 협력팀 JCT-VC(Joint Collaborative Team on Video Coding)을 결성하여 차세대 부호화 표준으로 H.265를 제정하였다. 당시 압축 효율은 기존의 H.264/AVC 코덱의 두 배 이상의 성능을 갖고, 복잡도는 H.264/AVC 표준에 대비하여 압축 시 10배 이하, 압축해제 시 3배 이하의 복잡도를 목표로 2013년 초 발표할 예정이었고, 2013년 1월 제네바에서 열린 12차 회의에서 국제 표준을 위한 최종 초안으로써 HEVC 승인되었다. 색보정관 관련된 구체적인 HEVC 권고 사항으로써 YCbCr / RGB 4:4:4 샘플링과 YCbCr 4:2:2 서브샘플링을 지원하면서 최대 14bit 크기의 Wide Gamut Color 색공간을 사용해야 한다.

실감 영상 데이터의 크기는 기존의 HDTV 60i 포맷을 기준으로, S3D HD 60i 크기는 두 배, 4K UHD 30p 크기는 네 배, 4K UHD 60p 크기는 여덟 배에 육박한다. 만약 HDTV 60i 포맷을 기준으로 8K UHD 60p 영상을 제작시 대략 16배의 데이터 크기가 요구된다.

지금까지 4K UHD Rec.2020 표준을 바탕으로 실감영상의 컬러 프로세스 기술을 대략적으로 살펴보았다. 4K 실감영상의 전체적인 구성 기술을 소개하느라 전문적인 컬러 용어들이 사용되었다. 언급된 각 특성에 대한 세부적인 설명은 다음 2회 차인 CIE 표준 컬러 및 비디오 색공간의 기본 개념과 이해 파트를 통해서 보다 자세하게 설명될 것이다.



멀티로터의 기술과 동향 ②

+ 원종인 신동에어로스페이스 대표

지난 호에서는 멀티로터라는 개념이 생소한 독자분들을 위해 기본적인 개요 및 원리를 중심으로 알아보았다. 이제 이번 호에서는 실제로 멀티로터를 활용하여 촬영하기 위한 준비와 촬영 Tip에 대해서 알아보도록 하겠다.

3. 멀티로터 촬영 전 점검사항

멀티로터 각종 장비들

항공촬영을 하는 데 있어서 필요한 장비를 크게 둘로 나누면 기체장비와 카메라장비가 있는데 이 두 가지에 대해 알아보면 다음과 같다.

1) 프로펠러와 모터

프로펠러의 어댑터가 잘 조여져 있는지 확인하고 밸런스를 맞춰야 한다. 옥토인 경우 8개의 프로펠러가 달려있는데 하나라도 균형이 안 맞으면 촬영 시 기체가 떨리는 주요 원인이 될 수 있다. 모터는 회전축과 방향을 확인해야 한다.



프로펠러



모터



Octo(프로펠러 8개)

2) 배터리와 점검사항

Octo 기준으로 배터리는 리튬 폴리머(LiPo), 6cell, 22.2V, 5000mAh~6000mAh 2개를 병렬로 연결하여 쓴다. 충분한 비행시간을 확보하려면 25.2V로 완충해서 써야 한다. 전날 충전을 했더라도 기체에 장착하기 전에 체크기로 한 번 더 체크하는 습관을 들이자. 사용할수록 배터리 수명이 단축되므로 전압이 예상과 다르게 떨어져 있을 수도 있기 때문이다. 완충을 하면 10여분 정도의 비행시간이 확보된다.

보통 리튬 폴리머 배터리의 사용횟수는 1000회 정도인데 이는 배터리 관리를 어떻게 하느냐에 따라 차이가 날 수 있다. 배터리 수명을 오래 유지하려면 과충전, 과부하, 저전압 등이 걸리지 않도록 하고, 장시간 사용을 하지 않을 때엔 완충하지 말고 1cell당 3.8V로 하여 상온 20°C 정도에서 보관해야 한다.

충전만큼 중요한 것은 비행 시 분리되지 않도록 배터리를 기체에 단단하게 고정시켜야 한다는 것이다.



배터리 체크기(리포알람)



2.4GHz 송신기



배터리 점검



배터리

3) 송신기(조종기)

송신기는 기체와 짐벌을 조종하기 위해 2개가 필요하다. 예전에 쓰인 72MHz와 40MHz의 경우 송신기 간의 주파수 혼신이 우려됐던 적이 있었으나, 최근 사용하는 2.4GHz 송신기의 경우 바인딩을 할 때 비밀번호가 자동으로 입력됨으로써 같은 2.4GHz 송신기를 사용하더라도 주파수 혼신을 피할 수 있다.

또 송신기에는 여러 가지 기능의 스위치들이 있는데 사용 전엔 늘 제 값에 있는지 확인해야 한다. 기체에 전원을 연결하기 전에 송신기를 우선 켜고 throttle(엔진)이 밑으로 내려가 있는지 확인하자. 그렇지 않으면 배터리를 연결시키자마자 프로펠러가 돌아 안전사고가 발생할 수 있다.



2.4GHz 송신기

4) 카메라

카메라는 기체가 들어 올릴 수 있는 무게를 감안하여 DSLR 종류를 많이 쓰는데 현재 캐논의 5D Mark II, 파나소닉의 GH2, GH3 그리고 소니의 Nex5N, Nex7 등이 쓰인다.

카메라장착 시 주의할 점은 렌즈조정을 Manual 모드로 놓고 무한으로 놓거나, 항공촬영 할 때 피사체와 기체 사이를 기능해서 미리 지상에서 그 거리만큼 초점을 맞추고 촬영해야 한다는 것이다. 만약 Auto로 해놓으면 공중에서 렌즈에 이물질이 묻었을 경우 렌즈만 찍거나 지나가는 새를 찍어버리는 경우가 발생한다.



GH2



GH3



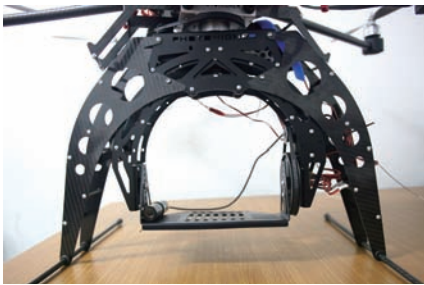
5D Mark II

5) 짐벌(Gimbal)

짐벌은 기체에 카메라를 달아주는 장비인데, DJI사의 Zenmuse15, PhotoHigher사의 AV200 등이 있다. 이 장치의 포인트는 기체에서 전달되는 진동을 얼마나 잘 흡수하여 흔들림 없는 영상을 만드느냐 하는 것이다. 스틸 컷 촬영에 비해 동영상 촬영을 할 경우 짐벌의 성능이 촬영에 많은 영향을 끼친다. 동영상은 흔들리는 기체에서도 지속적으로 안정된 영상을 찍어야 하기 때문이다.



Zenmuse15



AV200



카메라를 장착한 짐벌

지금까지는 DJI사의 Zenmuse15가 가장 선호되고 있지만 그 기능만큼 상당히 고가이기 때문에 전문항공 촬영 유저가 아니고서는 일반 유저들이 장착하기엔 상당히 부담되는 장비라 할 수 있겠다.

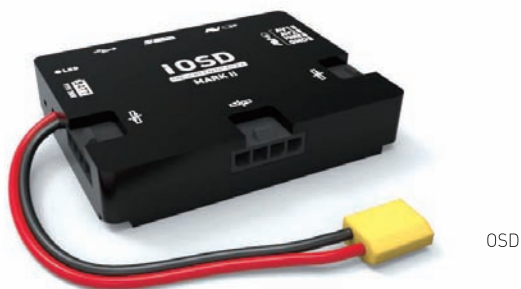
또한 카메라에 따라 짐벌의 종류를 달리하여야 하는데 예를 들면, 위에서 언급한 Zenmuse15 짐벌은 5DMark II와 호환이 되지 않아 Zenmuse15를 원한다면 카메라는 GH시리즈나 Nex시리즈를 선택해야 한다.

6) 영상 송수신기

영상 송수신기는 카메라로 촬영한 영상정보를 지상의 조종자에게 보내주는 장치이다. 그리고 기체에 장착되는 OSD는 기체의 비행정보를 나타낸다. 즉, 영상 송수신기가 카메라의 영상과 OSD의 정보를 합쳐서 지상으로 보내주게 된다.



비행 영상정보 화면



OSD

비행 점검사항

비행에 앞서 GPS가 7개 이상 잡히는지 확인을 해야 한다. GPS는 자동비행장치(Auto pilot system)의 핵심으로써 이를 안 잡은 채 비행을 하면 숙련된 조종자라도 촬영에 적합한 비행을 할 수 없다.

이제 이륙을 하면 촬영현장으로 날아가기 전에 기체동작을 점검해야 한다. throttle(엔진)을 20% 정도 서서히 올려서 전후좌우 움직임의 이상 유무를 확인한 후 비행을 시작한다. 물론 안전을 위해 기체의 이착륙 지점에는 사람이 나 장애물이 없는 충분한 공간을 확보해야 한다.

4. 멀티로터의 활용과 Tip

멀티로터를 이용한 촬영은 다음과 같은 상황에서 활용될 수 있다.

- 사람이 직접 갈 수 없는 방사능 유출지역이나 오염지대로 보내서 현장조사를 할 수 있다.
 - 열감지(Thermal Camera) 카메라를 이용해 진화된 화재 현장에 아직 남아 있는 작은 불씨를 찾아내서 2차 화재를 예방할 수 있다.
 - 촬영을 위해 다양한 앵글을 구사할 수 있다.
 - 적외선카메라(Infrared ray)를 통해 어두운 지역에서 인명구조 활동을 할 수 있고, 숨어있는 범인을 잡기 위해 수색작업도 할 수 있다.
- 단, 비행체를 띄우려면 허가를 받아야 하는 지역도 있으니 주의를 요한다.

1) 기체 연습

초보유저 분들이 Octo(프로펠러 8개)같은 큰 기체를 처음부터 날리기가 부담이 된다면 소형기체로 연습비행을 하는 것이 좋다. 추락해도 수리견적 부담이 적고, 조종하는 데 있어서도 더 수월하기 때문이다.



비행 전 기체모습



이륙 후 점검

연습 시 유의할 점은 조종기 스틱을 많이 치지 말고 조금씩 쳐서 세밀하게 비행동작을 연습해야 한다는 점이다. 기체의 큰 동작은 영상을 불안정하게 하는 원인이 된다.

RC 비행연습의 첫 단계는 호버링(hovering, 공중정지)이다. 브레이크를 잡을 줄 알아야 달릴 수 있는 법이다. GPS 장치가 없던 시절 호버링만 숙지하는 데 수개월 혹은 수년이 걸린 유저들이 대부분이었다. 하지만 다행히도 멀티로터는 GPS 장치를 장착함으로써 고도와 위치를 기억하기 때문에 이 연습은 생략해도 되겠다.

두 번째 단계는 측면비행연습이다. 초보 때는 항상 기체 뒤쪽을 조종자가 볼 수 있도록 컨트롤 하도록 한다. 그러면서 방향전환을 해가며 측면비행을 연습한다.

세 번째 단계는 뱅크턴(bank turn)으로 공중에서 원을 그리며 도는 연습이다. 원을 그릴 때 기체 방향은 원의 접선을 바라보며 돌게 한다. 즉 차가 드리프트 하듯 원 안쪽을 보며 미끄러지면서서 돌면 안 된다. 기체가 미끄러지듯이 돈다는 것은 곧 컨트롤을 벗어났다는 뜻이다.

네 번째 단계는 대면비행으로 기체 앞쪽을 정면으로 본 상태로 조종하는 연습이다. 곧바로 대면비행을 연습하기보다는 측면비행과 병행하며 조금씩 대면비행을 시도하면 좋다.

비행연습은 한 번에 많이 하기보다는 매일 20~30분 조금씩 하는 것이 실력향상에 도움이 된다.



소형기체 Phantom(DJI)



초소형기체(HiModel)



2) 스틸 컷 촬영과 동영상 촬영에 있어 기체조종의 차이점은?

스틸 컷은 피사체의 세밀한 부분보다는 전체적인 경관을 촬영하는 경우가 대부분이어서 기체의 고도를 높게 하고 먼 곳을 촬영한다. 반면에 동영상 촬영은 전체적인 조망보다는 부분을 세밀하게 지속적으로 촬영하기 때문에 고도를 낮게 해서 가까운 곳을 촬영한다.



스틸 컷(부산 동래구 지역)



동영상 촬영 캡처

3) 동영상 촬영 시 기체의 진행 방향은 어디로 향해야 할까?

기체를 조종하는 사람과 짐벌을 조종하는 사람 간의 호흡은 대단히 중요하다. 즉 짐벌을 조종하는 사람이 기체가 향해있는 방향을 알고 있어야 하고 기체를 조종하는 사람 또한 짐벌이 어떤 영상을 찍으려 하는지 알고 있어야 한다. 물론 기체가 촬영현장에 가면 촬영은 대부분 짐벌을 조종하는 사람의 몫이긴 하다.

하지만 예를 들면, 짐벌을 조종하는 사람이 짐벌 영상만 보고 '왼쪽'으로 이동해 달라고 했는데 기체는 다른 쪽을 향하고 있다고 하자. 그럼 서로 생각하는 '왼쪽'이 달라서 기체가 엉뚱한 방향으로 이동할 수 있다. 특히 움직이는 피사체를 촬영하는 경우 한순간의 실수로 피사체를 놓쳐버릴 수 있기 때문에 이러한 호흡이 더욱더 중요하다.

따라서 촬영 중에는 서로 생각하는 방향이 같도록 기체의 앞쪽이 카메라 방향과 같은 상태에서 촬영하기를 권장한다.



항공촬영은 R/C 최신장비에 촬영분야를 접목시킨 고도의 기술을 요하는 분야라고 할 수 있다. 따라서 성공적인 항공촬영을 하기 위해서는 각 분야의 전문성을 갖추는 것은 물론 수많은 연습과 경험을 통해 두 분야가 하나가 되어 콤비네이션을 이루도록 해야 한다.



다시점 3차원 영상을 위한 카메라 조정 및 영상 정렬 기술

+ 호요성 광주과학기술원(GIST) 교수

❶ 다시점 3차원 영상을 위한 카메라 조정 및 영상 정렬 기술

- ❷ 다시점 카메라의 색상 특성 및 교정 기술
- ❸ 영상 보간 및 깊이 영상 업샘플링 기술

디스플레이를 통해 재생되는 화면을 통해서도 입체감을 느낄 수 있는 3차원 입체 영상 기술은 최근 수년간 전 세계적인 큰 관심을 받으며 발전해왔다. 3D 영화를 상영할 수 있는 입체 스크린의 수는 지속적으로 증가하고 있으며, 스크린의 수요 증가에 따른 3차원 입체 콘텐츠의 제작 역시 활발히 진행되고 있다. 영화뿐 아니라 방송계에서도 3D 전문 채널 등을 통해 계속해서 입체 영상 콘텐츠를 방영하고 있으며, 2011년 대구 세계육상선수권, 2012년 런던 올림픽과 같은 큰 행사들이 3D로 중계되기도 했다.

또한 게임, 광고, 교육, 문화사업 등 다양한 영역에서 사용자들에게 더 생생하고 몰입감있는 정보를 제공하기 위해 3차원 입체 영상을 활용하고 있다. 몇 년 전까지만 해도 전시회에 가야만 볼 수 있었던 특별한 3차원 입체 영상이, 이제는 우리의 일상의 생활에서 어렵지 않게 접할 수 있는 시대가 된 것이다 [1].

이러한 3차원 영상의 시초는 기원전 300년경으로 거슬러 올라간다. 그리스의 수학자 유클리드(Euclid)가 인간의 두 눈이 시차(disparity)를 가지는 두 영상을 각각 받아들인다는 사실을 발견했고, 그것이 인간 시각 시스템에 의해 3차원 거리 정보로 인식된다는 것을 설명하였다.

이후 영국의 물리학자 찰스 휘트스톤(Charles Wheatstone)이 제작한 거울을 이용한 입체경(stereopsis)은 오늘날 3차원 영상 기술의 시초가 되었으며, 이후 다양한 입체경과 입체 카메라들이 개발되었다. 이후 영상 기술의 발전과 함께 3차원 영상은 영화 산업을 중심으로 부흥과 쇠퇴를 반복해왔으나, 2000년대 컴퓨터 그래픽스 기술의 발전으로 다양한 3차원 입체 영화가 제작되었고, 2009년 개봉한 영화 아바타(Avatar)의 전 세계적인 흥행에 힘입어 황금기를 보내고 있다 [2].

위와 같은 3차원 영화, 혹은 흔히 접할 수 있는 3차원 입체 영상은 대부분 양안식 영상(stereoscopic image)을 기반으로 제작된 것이다. 즉, 두 대의 카메라를 사용하여 시차를 가지는 양안식 영상을 촬영하고, 편광 안경 혹은 셔터 글라스(shuttered-glass)와 같이 양안의 입력을 구분해 줄 수 있는 장비를 착용하면 오른쪽 눈과 왼쪽 눈으로 시차를 가지는 영상이 각각 입력되어 깊이감을 느끼는 방식이다. 그러나 양안식 영상은 깊이감을 느낄 수 있는 범위가 좁고, 안경과 같은 특수한 장비를 사용해야 한다는 한계가 있다.

다시점 영상(multi-view image)은 여러 시점에서 다수의 카메라로 한 장면을 촬영한 다중 영상의 집합으로, 양안식 영상에 비해 넓은 범위에서 깊이감을 느낄 수 있으며, 무안경식 디스플레이를 통해 안경이 없이도 입체감을 느낄 수 있다. 다시점 영상을 이용하기 위해서는 원하는 시점 수 만큼의 카메라가 촬영에 필요하며, 촬영을 위한 카메라의 배열, 각 카메라의 동기화, 촬영된 다시점 영상의 전처리, 처리해야 할 데이터의 양 등 많은 부분을 고려해야 한다 [3].

본 원고에서는 다시점 영상을 이용한 3차원 영상의 제작을 위해 필요한 몇 가지 기술에 대해 소개하고자 한다. 먼저 2장에서는 다시점 영상의 촬영을 위한 다양한 카메라 배열과 카메라 시스템을 소개하고 그 특성에 대해서 알아본다. 3장에서는 다시점 카메라의 기하학적 구조와 카메라 조정(camera calibration)을 통한 카메라 매개변수(camera parameters)의 획득과 그 역할에 대해 설명한다. 4장에서는 카메라 매개변수를 이용한 다시점 영상 정렬 기술(image rectification)로 다시점 영상에 존재하는 기하학적 오차를 제거하는 방법 대해 설명한 후 5장에서 결론을 맺음으로 마무리한다.

다시점 3차원 영상의 촬영 기술

다시점 3차원 영상의 촬영을 위해서는 기본적으로 3대 이상의 카메라가 필요하다. 일반적으로 같은 모델의 카메라를 어떠한 형태의 배열로 구성하여 사용한다. 가장 일반적인 방법으로는 평행 카메라 배열을 예로 들 수 있다.

평행 카메라 배열은 [그림 1(a)]에서 보듯이 공간상의 일직선상에 카메라를 모두 같은 방향을 보도록 하여 배치한 것이다. 평행 배열에서 촬영된 다시점 영상은 [그림 2(a)]에서와 같이 넓은 촬영 범위를 가지며, 촬영된 영상으로부터 스테레오 정합(stereo matching) 등을 통한 변위 정보를 얻기가 수월하다.

한편, [그림 1(b)]와 같이 배열하는 방식을 수렴형 배열이라고 한다. 평행형과

달리 수렴형 배열에서는 다수의 카메라를 공간상에 존재하는 원호(arc)를 따라 배치하는 방법으로써, 카메라를 배치하는 각도에 따라 결정되는 각 카메라의 방향은 어떤 한 수렴점을 바라보게 된다. 수렴형 배열에서 촬영된 다시점 영상은 [그림 2(b)]과 같이 객체의 측면부와 같은 장면의 세밀한 부분에 대한 정보를 얻을 수 있으며, 좀 더 몰입감있는 3차원 영상을 제작할 수 있는 장점이 있다. 하지만 카메라 배열의 미세한 오차에 의해서도 영상이 촬영할 수 있는 범위가 멀리 벗어나는 등 카메라 배열 구성에의 어려움이 있으며, 음수값의 변위가 발생하는 등 평행 배열에서 촬영된 영상에 비해 더 복잡한 처리 과정이 필요하다 [4].

그림 1. 평행 및 수렴형 카메라 배열

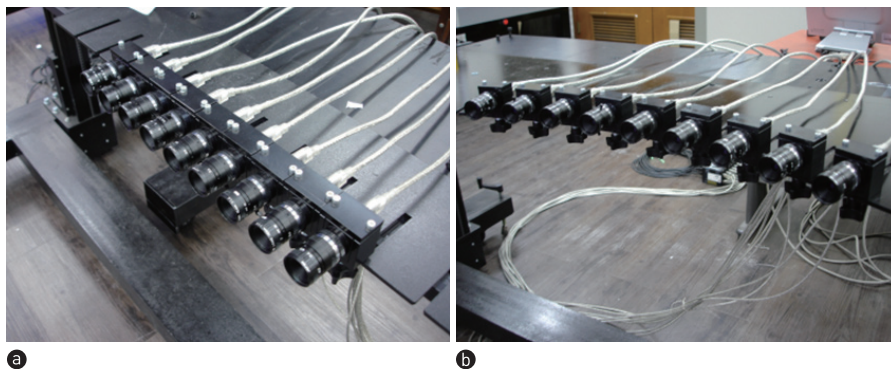


그림 2. 평행 및 수렴형 카메라 배열에서 촬영된 다시점 영상

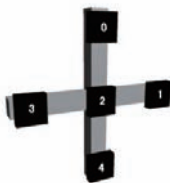


다시점 카메라의 배열에 있어 앞서 소개한 평행 및 수렴형 배열 외에 평행-수렴형 배열, 카메라를 쌓아 올리는 2차원 배열, 직교식 배열, 전방향 배열, 구형 배열 등 영상의 사용 목적에 따라 다양한 카메라 배열 방법이 존재한다. [그림 3]은 이러한 다양한 카메라 배열을 보여준다.

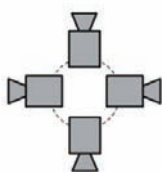
그림 3. 다양한 다시점 카메라 배열



a 2차원 배열



b 십자형 배열



c 방사형 배열

이와 같은 다시점 카메라를 이용해서 실제로 다시점 영상을 촬영하기 위해서는 다음과 같은 시스템이 구성되어야 한다. [그림 4]는 다시점 카메라 시스템을 보여준다. 먼저 각각의 카메라는 영상을 저장할 수 있는 매체에 일대일로 연결되어 있어야 한다. 다수의 카메라를 사용하면서 충분한 용량의 저장 공간이 확보되지 않거나, 여러 대의 카메라가 하나의 저장매체로 연결되어 있을

경우, 촬영된 영상 데이터가 손실될 가능성이 있다.

카메라는 또한 동기화장치(sync-generator)에 연결되어 있어야 한다. 동기화 장치에 설정된 프레임율(frame-rate)에 따라 각 카메라로 트리거(trigger) 신호가 전달되면 동기가 맞춰진 다시점 비디오를 획득할 수 있다. 마지막으로 저장매체와 동기화장치, 그리고 카메라는 시스템을 조정할 수 있는 컴퓨터에 연결되어 있어야 한다. 다시점 카메라 시스템을 이용하여 다시점 영상을 촬영할 때 주의할 점은 다음과 같다.

먼저 화면을 통해 나타나는 영상을 살펴보고 카메라의 위치를 재조정해야 한다. 카메라의 높낮이가 조금 다르거나 방향이 미세하게만 틀어져 있어도 영상에서 나타나는 효과는 매우 크기 때문이다. 그다음으로 영상의 밝기, 색상, 초점 등을 일치시킨다. 조리개의 조절을 통해 다시점 영상의 밝기를 맞추고, 카메라의 화이트밸런스(white balance), 노출시간(exposure time), 이득(gain) 등을 조절하여 최대한 색상 특성을 일치시킨다. 마지막으로 렌즈의 초점거리를 조절하여 다시점 영상이 같은 깊이에 초점이 맞추어질 수 있도록 조절한다. 이러한 작업들은 촬영 이후 영상 처리과정을 통해 어느 정도 보정이 가능하지만, 촬영 이전에 미리 최대한으로 차이를 줄여놓은 후 알고리즘을 통해 보정하는 것이 더 효과적이다. 촬영 이후 다시점 영상의 색상을 보정하기 위해서는, 영상의 특성을 분석하여 혹은 표준 색상을 나타내는 색상차트를 미리 촬영한 후 차트 색상의 정보를 이용하여 다시점 영상 간 존재하는 색상의 불일치를 최소화할 수 있다 [5].

그림 4. 다시점 카메라 시스템

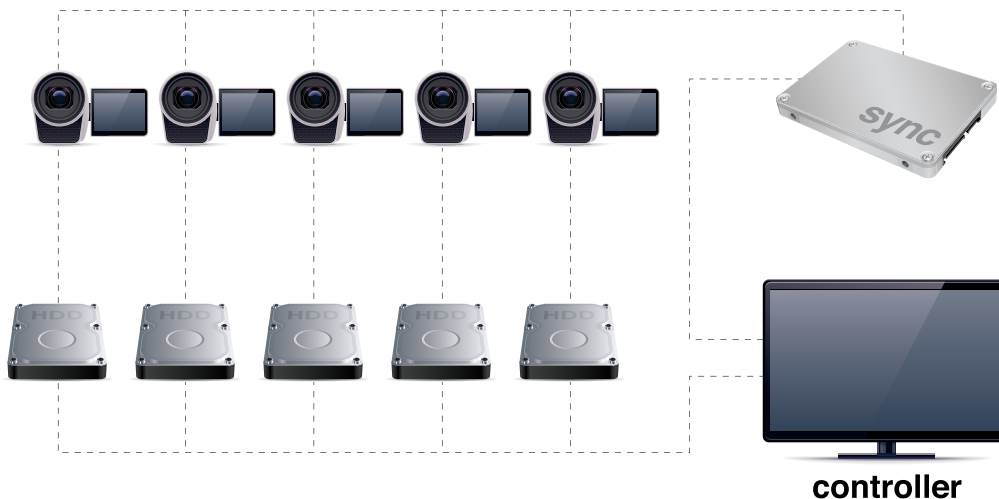


그림 5. 다시점 카메라의 기하학적 구조

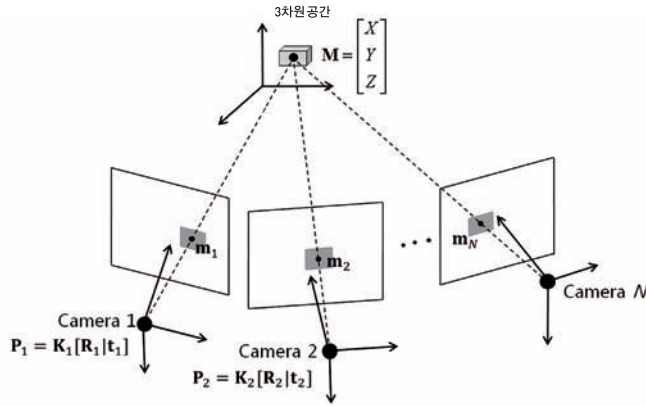
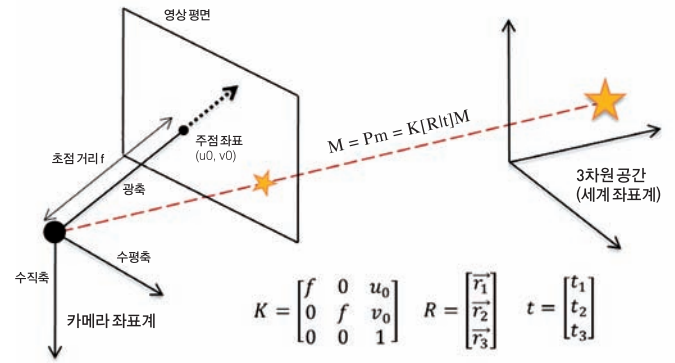


그림 6. 카메라 매개변수의 역할



다시점 카메라의 구조와

카메라 조정을 통한 카메라 매개변수 획득

2장에서 소개한 다시점 카메라를 이용하여 장면을 촬영한 다시점 영상은 [그림 5]와 같은 구조적 특성을 가진다. 이를 영상 혹은 카메라의 기하학(geometry)라고 한다. 일반적인 카메라의 동작과 마찬가지로, 3차원 공간상의 한 점이 다시점 카메라의 촬영에 의해서 각각의 영상 평면으로 투영(projection)되는 현상이다. 공간상의 한 점과 카메라 중심(camera center)을 잇는 선상에 존재하는 물체 중, 가장 앞쪽에 있는 물체의 색상 정보가 이 선이 영상 평면과 만나는 점의 화소 값으로 투영된다.

다시점 카메라의 기하학적 구조를 수학적으로 해석하면 다음과 같다. 3차원 공간의 한 점 M 은 카메라의 촬영을 통해 2차원 평면의 점 m 으로 투영되는데, 3차원 공간의 점을 2차원 평면의 점으로 투영시키는 행렬 P 가 카메라의 투영 행렬(projection matrix)이다.

투영 행렬은 [그림 5]에 나타난 것처럼 3개의 행렬 혹은 벡터 성분으로 다시 세분되는데, 카메라의 내부 특성을 나타내는 행렬 K , 카메라의 방향을 나타내는 행렬 R , 카메라의 위치를 나타내는 벡터 t 로 표현할 수 있다. K 는 카메라의 내부(intrinsic) 변수, R 과 t 는 카메라의 외부(extrinsic) 변수로, 내부 변수와 외부 변수를 통틀어 카메라 매개변수라고 한다.

카메라 매개변수는 카메라의 특징을 수학적으로 모델링한다고 할 수 있다. 내부 변수 K 는 카메라의 초점 거리(focal length)와, 카메라의 광축(optical axis)과 영상 평면이 만나는 점인 주점(principal point)의 좌표에 대한 정보를 가지고 있다. 회전 행렬 R 은 3x3 행렬로, 각 행벡터는 순서대로 카메라의 수평축, 수직축, 광축을 나타낸다. 따라서 각 행벡터는 단위벡터이고, 서로 수직인 관

계를 가지고 있다. 벡터 t 는 공간상의 임의의 원점에 대하여 카메라의 위치를 나타내는 벡터이다 [6]. [그림 6]은 카메라의 기하학적 구조와 함께 카메라 매개변수의 역할을 보여준다. 카메라 매개변수는 3차원 영상처리에서 반드시 필요한 필수 정보이다. 영상 정렬 및 워핑(warping), 깊이 생성, 임의 시점 합성, 포인트 클라우드(point cloud) 생성, 3차원 모델링 등 대부분의 알고리즘들이 카메라 매개변수를 기반으로 동작하기 때문이다. 따라서 고품질의 다시점 3차원 입체 영상 제작 및 3차원 응용 구현을 위해서는 정확한 카메라 매개변수를 구하는 것이 매우 중요하다. 카메라에서 촬영된 영상으로부터 카메라 매개변수를 구하는 과정을 카메라 조정이라고 한다.

카메라 조정을 위해서는 다시점 카메라의 각 시점에서 자세를 변화시켜가며 촬영한 격자 무늬를 가지는 패턴 영상이 여러 장 필요하다. [그림 7]은 한 시점에서 촬영된 패턴 영상의 예를 보여준다. 촬영된 패턴 각 영상에 대해서 코너(corner) 점들을 찾아서 입력해주고, 격자의 한 변의 길이를 입력해주면 카메라의 초점 거리와 주점 좌표, 방향, 위치를 예측한다. 이 때 결정되는 것이 3차원 공간의 임의의 원점과, 공간을 정의하는 좌표계이다. 먼저 공간이 정의되어야 카메라의 위치와 특성 또한 정의될 수 있다 [7].

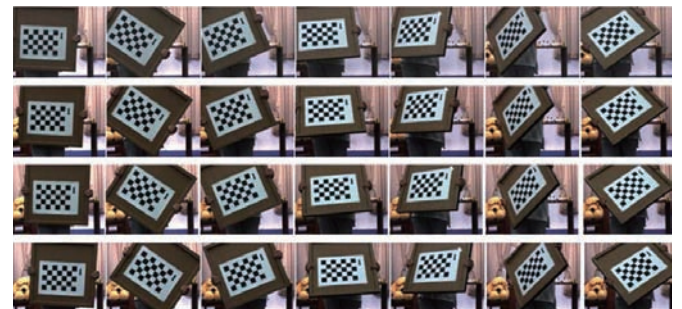


그림 7. 다시점 카메라의 카메라 조정을 위한 각 시점별 패턴 영상 촬영

다시점 영상 정렬을 통한 기하학 오차 보정 기술

2장에서 언급했듯이 다시점 카메라 배열을 구성할 때, 카메라의 방향 및 높이 등의 미세한 차이는 영상에서 많은 화소의 오차로 나타난다. 이러한 상태를 평행 다시점 카메라의 구조의 측면에서 표현한 것이 [그림 8(a)]에 나타나 있다. 카메라의 위치가 직선상이 아닌 불규칙하게 분포되어있고, 카메라의 방향 또한 다른 곳을 향하고 있다. 게다가, 동일한 모델의 카메라를 사용한다고 해도 초점거리, 주점좌표 등의 내부 특성은 각각 다르게 나타나기 때문에 [그림 8(a)]와 같은 결과가 나타난다. 다시점 카메라의 배치가 수동으로 이루어지기 때문에 불가피하게 나타나는 현상이며, 이와 같은 상태에서 촬영된 영상은 [그림 8(b)]와 같이 각 시점에서의 상응점들에 대해 수평 방향으로의 오차, 그리고 수직 방향으로의 변위가 일정하지 못한 기하학적 오차(geometric error)가 나타난다.

이러한 상태의 다시점 영상에서는 몇 가지 문제점이 발생할 수 있다. 먼저, 다시점 영상을 이용하여, 혹은 다시점 영상 중 두 시점을 선택적으로 이용하여 3차원 입체 영상으로 재생시에 시점 간의 높낮이 차이와 불규칙적인 변위로 인하여 입체 영상의 화질 저하는 물론 시각적 피로를 유발할 수 있다. 또한 무안경식 디스플레이를 통한 다시점 입체 영상을 시청할 경우, 시점 간 수직방향의 오차로 인해 자연스러운 시점이동을 기대할 수 없다. 그리고 스테레오

정합을 이용하여 색상 영상에 대한 변위 맵을 구할 때, 수평의 스캔라인으로의 탐색 뿐 아니라 수직 방향으로도 탐색을 해야 하기 때문에 복잡도가 매우 높아질 뿐 아니라 생성되는 변위 맵의 품질도 보장할 수 없다. 따라서 다시점 영상에 존재하는 기하학 오차는 반드시 보정되어야 하는데, 평행 카메라 배열에서 그 역할을 수행하는 것이 다시점 영상 정렬(image rectification)이다.

다시점 영상 정렬은 기하학적 오차가 존재하는 다시점 영상을 입력으로 받아서 각 카메라에 대한 변환식을 계산하고 적용하여 기하학적 오차가 제거된 다시점 영상을 출력하는 알고리즘이다 [8]. 변환식을 구하기 위해서는 촬영된 다시점 영상에 대한 카메라 매개변수가 필요하고, 이 원래의 카메라 매개변수를 기반으로 하여 새로운 카메라 매개변수를 예측하게 된다. 새로운 카메라 매개변수는 기하학적 오차가 보정된 이상적인 상태의 다시점 영상이 가지는 카메라 매개변수를 의미한다. 여기서 말하는 이상적인 상태의 다시점 영상이란, 각 카메라가 일직선상에 위치하고, 카메라 간 간격이 및 카메라의 방향이 동일하며, 모든 카메라의 내부 특성이 같은 상태를 말한다. [그림 9(a)]는 이와 같은 상태로 예측된 다시점 카메라의 구조를 보여준다. [그림 9(b)]는 마치 한대의 카메라를 수평 방향으로 일정한 간격만큼 옮겨가며 촬영한 결과와 같다고 할 수 있다.

그림 8. 평행 카메라 배열에서의 기하학적 오차

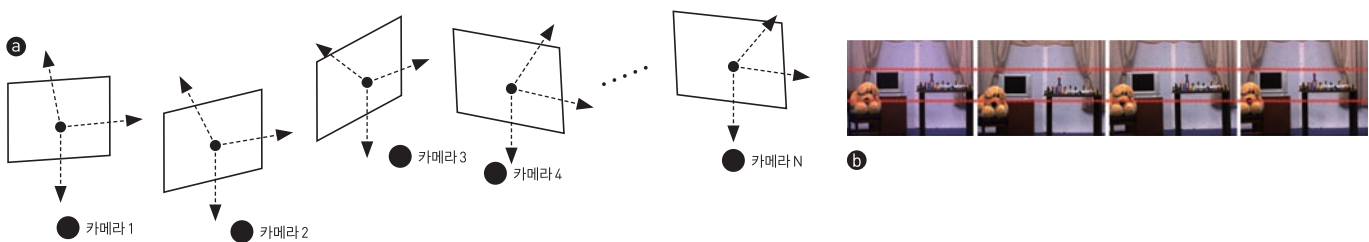


그림 9. 평행 카메라 배열에서의 다시점 영상 정렬

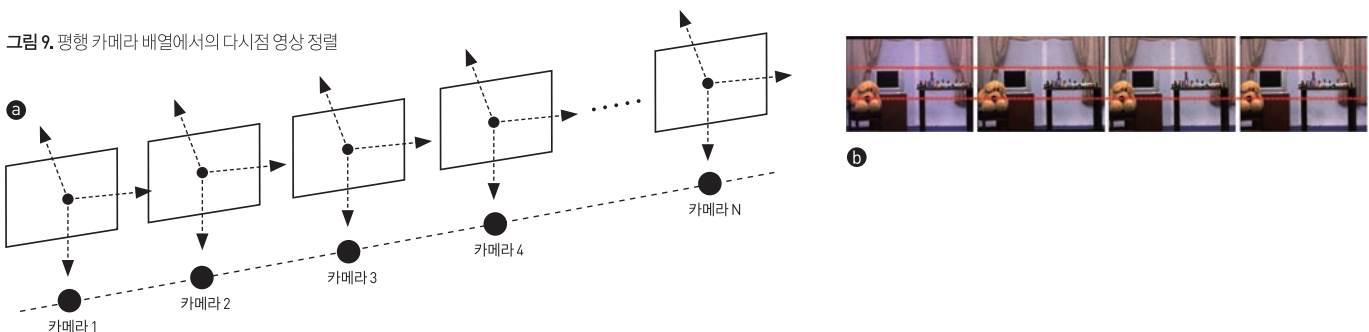
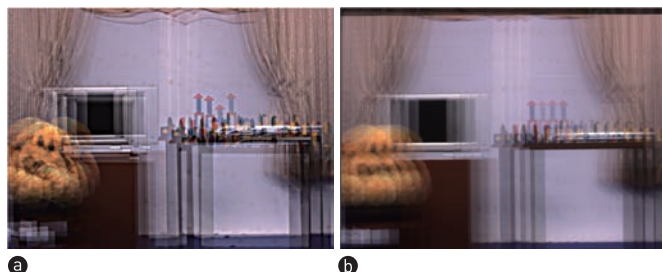


그림 10. 영상 정렬 전후의 다시점 영상



이렇게 예측된 카메라 매개변수와 기존 다시점 영상의 카메라 매개변수를 이용하면 각 시점의 영상에 적용 가능한 변환식을 얻을 수 있다. 각 시점에서의 기존, 그리고 예측된 매개변수들은 3장에서 소개한 카메라 투영 행렬로 나타내어지고, 이 투영 행렬들의 곱과 유사역행렬 연산을 이용하여 구해진 변환식을 호모그래피(homography)라고 한다. 호모그래피는 시점 별로 고유한 값을 가지며, 영상에 적용했을 때, [그림 9(b)]와 같은 결과를 얻을 수 있다. 결과를 살펴보면, 같은 객체에 대하여 시점 간 수직방향으로 존재하던 오차가 사라졌음을 알 수 있다. 또한 시점의 상응점 간 존재하는 불규칙한 변위값들 역시 일정한 값으로 변화된다. [그림 10]은 [그림 8]과 [그림 9]의 다시점 영상을 하나로 모아서 투영도를 조절함으로써 영상 정렬의 효과를 볼 수 있도록 한 그림이다. [그림 10(a)]에서 보듯이 촬영된 다시점 영상은 많은 기하학 오차를 가지고 있지만, 다시점 영상 정렬을 적용한 결과인 [그림 10(b)]를 보면 이러한 오차가 제거되고, 마치 수평 방향으로 일정하게 움직이면서 촬영한듯한 다시점 영상을 획득할 수 있다.

그런데 [그림 9(b)]에 나타난 것처럼, 정렬된 영상에는 검은 색 부분과 같은 영상의 손실이 나타난다. 이것은 [그림 8(a)]와 같이 무질서하게 배열되어있는 다시점 영상 평면들이 [그림 9(a)]와 같이 정렬되면서, 영상 평면들의 좌우 이동, 상하 이동, 전후 이동이 이루어졌기 때문이다. 이 이동은 영상의 움직임으로 나타나게 되며, 따라서, 영상 정보가 없는 곳은 검정색으로 나타나게 된다. 이 부분을 제거하려면 카메라 매개변수 예측 시 카메라의 초점 거리에 일정한 오프셋(offset) 값을 주어서 영상의 확대 효과를 이용할 수 있고, 혹은 영상의 비율에 맞게 검정색 영역들을 공통으로 잘라낸 후, 다시 원하는 해상도로 확대하는 방법을 이용할 수도 있다.

한편, 2장에서 설명한 여러 가지 다시점 카메라 배열에서도 위와 같은 기하학 오차는 발생한다. 본 장에서는 가장 많이 사용되는 평행 카메라 배열에 대해서만 설명했는데, 다른 모든 형태의 배열에 대해서도 동일한 과정을 통해 기하학 오차를 줄일 수 있다. 촬영된 다시점 영상의 카메라 매개변수를 획득하

고, 그 매개변수로부터 해당 배열의 이상적인 형태를 나타내는 새로운 카메라 매개변수를 예측하고, 두 매개변수들로부터 도출해낼 수 있는 변환식을 적용함으로써 기하학 오차 보정을 수행할 수 있다. 단, 영상 정렬이라는 용어는 모든 카메라의 영상 평면이 한 평면위에 있다는 뜻으로 사용되기 때문에, 평행형이 아닌 다른 카메라 배열에서는 영상 정렬이라는 용어를 사용하지 않고, 기하학 오차 보정이라는 용어를 사용한다.

이번 장에서 설명한 영상 정렬 혹은 기하학 오차 보정 기술을 적용할 때에는 주의할 점이 있다. 앞서 설명했듯이, 알고리즘을 수행하면 [그림 9(b)]와 같은 영상의 손실 부분이 필연적으로 발생하게 된다. 손실 영역의 발생량은 촬영 시의 카메라 배열과 연관이 있다. 즉, 카메라 배열에서 발생하는 오차를 최대한 줄여놓고 촬영한 다시점 영상에 대해 기하학 오차 보정을 수행하면 손실 영역이 많이 발생하지 않을 가능성이 크다. 하지만, 카메라 배열 자체에 큰 오차가 존재한다면, 기하학 오차 보정은 수행되어도 영상의 손실 부분이 매우 클 가능성이 높다. 따라서 다시점 영상의 촬영 단계에서부터 오차를 줄인다는 생각을 가지고 촬영한다면, 고품질의 다시점 3차원 입체 영상 콘텐츠를 획득할 수 있다.

결론

이번 호에서는 다시점 3차원 입체 영상을 위한 카메라 조정과 카메라 매개변수, 그리고 영상 정렬을 통한 다시점 영상의 기하학 오차 보정 기술에 대해 살펴보았다. 사용자에게 입체감과 몰입감을 줄 수 있는 3차원 입체 영상의 제작을 위해서는 상황에 적합한 다시점 카메라 배열과 시스템을 구성한 후 촬영을 통해 영상을 획득해야 하는데, 일반적으로 평행 카메라 배열이 가장 많이 사용된다. 또 3차원 영상처리를 위해 카메라 조정 기술을 이용하여 카메라 매개변수를 계산하고, 이 카메라 매개변수를 이용하여 다시점 영상에 존재하는 기하학 오차를 제거함으로써 고품질의 다시점 3차원 입체 영상을 획득할 수 있다. 오차가 보정된 다시점 영상은 그 자체로도 훌륭한 입체 영상 콘텐츠로 활용될 수 있으며, 깊이 생성 및 중간시점 생성 등 좀 더 심화된 3차원 영상처리 과정에 대해 복잡도를 줄이고 품질을 높이는 역할을 수행할 수 있다.

참고문헌

- [1] ICT 표준화 전략맵 종합보고서 Ver. 2013, TTA, 2013.
- [2] 호요성, 오관정, "3차원 비디오의 이해와 분석," 진생미디어, 2011.
- [3] 호요성, 김성열, "3차원 입체 영상 정보처리," 두양사, 2010.
- [4] Y.S. Kang and Y.S. Ho, "Geometrical Compensation for Multi-view Video in Multiple Camera Array," Proc. of International Symposium on Electronics in Marine (ELMAR), pp. 83-86, Sep. 2008.
- [5] J.I. Jung and Y.S. Ho, "Color Correction Algorithm Based on Camera Characteristics for Multi-view Video Coding," Signal, Image, and Video Processing (SIVP), s11760-012-0341, pp. 1-12, May 2012.
- [6] R. Hartley and A. Zisserman, "Multiple View Geometry in Computer Vision," Cambridge University Press, 2003.
- [7] 호요성, 이천, "다시점 3차원 영상처리 및 부호화 기술," 진생미디어, 2013.
- [8] Y.S. Kang and Y.S. Ho, "An Efficient Image Rectification Method for Parallel Multi-Camera Arrangement," IEEE Transactions on Consumer Electronics, vol. 57, no. 3, pp. 1041-1048, Aug. 2011.