

컴퓨터비전

Video Colorspace Conversion

Jong-Beom Jeong (jongbeomjeong@kunsan.ac.kr)

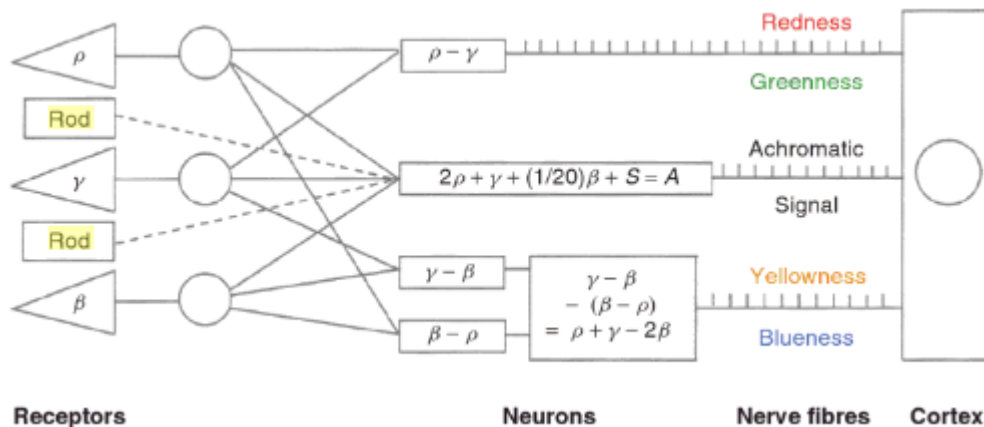
The College of Computer and Software

Dept. of Computer Science and Information Engineering

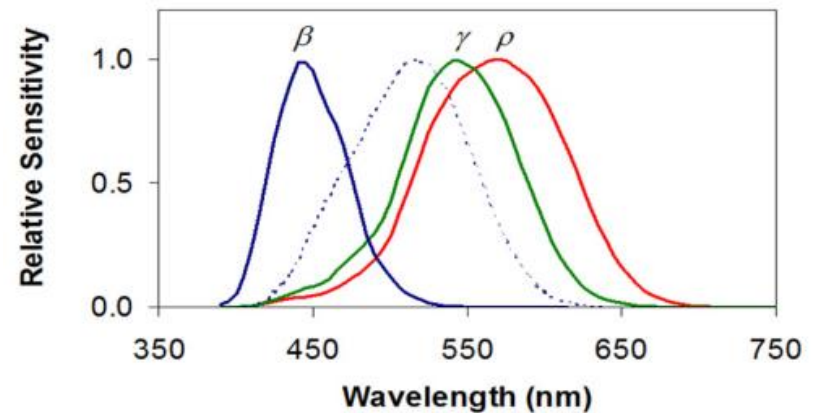
Kunsan National University (KSNU)

Human Visual System (HVS)

- 눈에 감지된 빛은 막대(rod) 세포 및 원추(cone) 세포에 흡수 (각각 밝기, 색 인지)
- 3종류의 원추 세포 존재 – RGB, LMS (long, middle, short) 인식
- 사람은 achromatic 정보에 제일 민감, yellow-blue 정보에 둔감
→ 사람은 **밝기에 예민**하고 **색상에 둔감**함



사람의 색 인지 과정



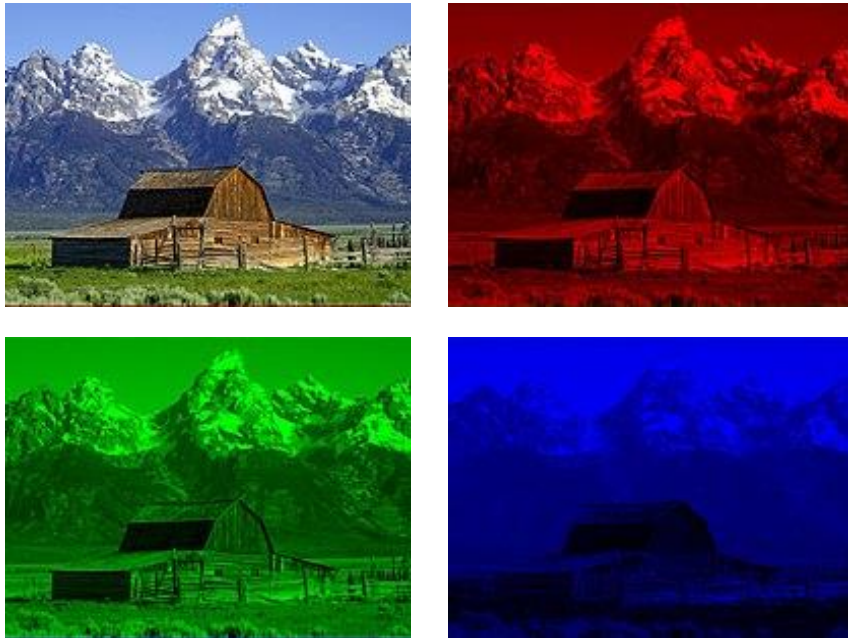
원추 세포들의 파장 별 민감도

Source: Hunt, R. W. G., & Pointer, M. R. (2011). Measuring colour. John Wiley & Sons.

Gwak, Y. S. (2014). UHD TV 방송의 Color 표현: ITU-R BT. 709 (HDTV) vs. ITU-R BT. 2020 (UHDTV). Information Display, 15(5), 14-21.

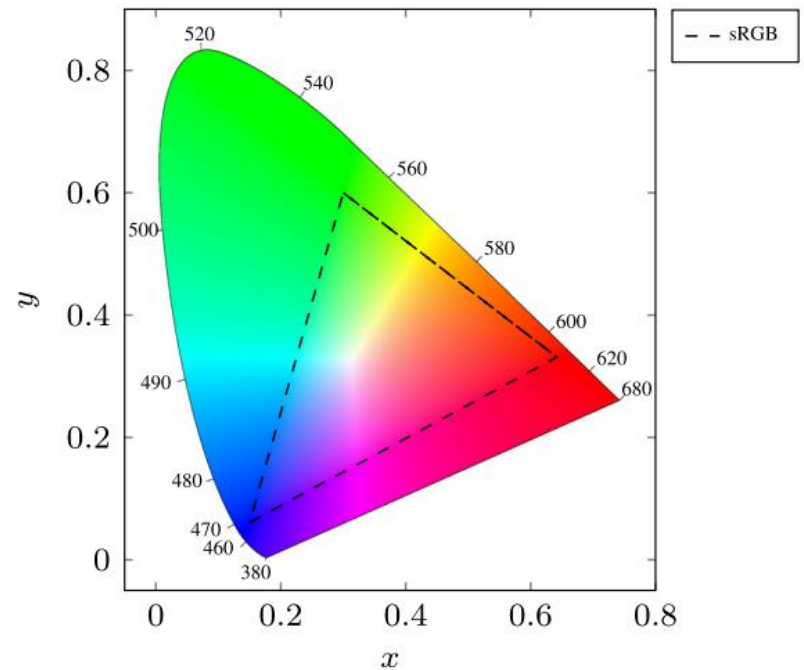
RGB Colorspace

- L, M, S 원추세포가 가장 잘 흡수하는 색으로 3채널 구성
- CIE1931 색공간: 국제조명위원회가 1931년 제정, 사람의 인지 – 색 간 매핑
- sRGB: Microsoft, HP가 주도. Rec.709 (HDTV용 표준) 와 동일 (감마값만 다름)



RGB 색공간 예시.

좌상: 원본, 우상: R채널, 좌하: G채널, 우하: B채널

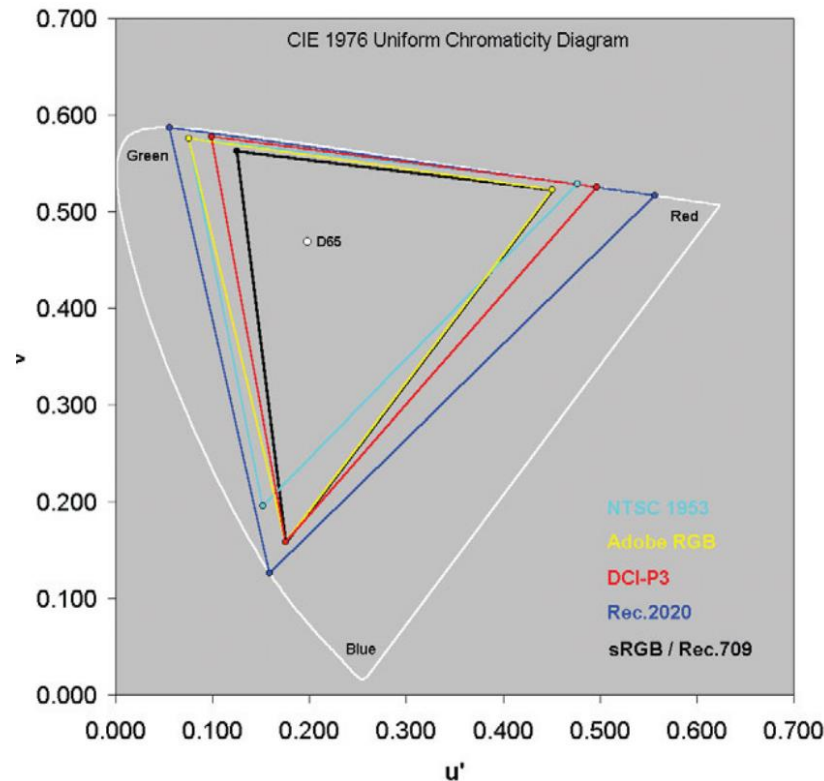


CIE1931에서의 sRGB 표현 영역

Source: Amara, M., Mandorlo, F., Couderc, R., Gerenton, F., & Lemiti, M. (2018). Temperature and color management of silicon solar cells for building integrated photovoltaic. EPJ Photovoltaics, 9, 1.

Colorspace Standards for Broadcasting

- 방송 신호가 표현 가능한 색 범위는 CIE 색공간의 극히 일부
- 송신, 수신 단 약속이 이루어져야 방송 신호를 영상으로 변환 가능 → 표준 필요
- 사용 용도, 기술적 한계에 따른 서로 다른 색상 표준 정의
- Rec.2020: 풍부한 색 표현, 사람 시각과 유사한 YCbCr 색공간 구성



Rec.2020, Rec.709 표현 영역

Color Grading

- 색감 보정을 통한 몰입감 극대화에 사용 가능
- Bleach bypass: 표백 과정을 거치지 않아 채도를 낮추고 대비를 높임
- Teal and orange: 청록, 오렌지색 대비 극대화 → 생동감 부여



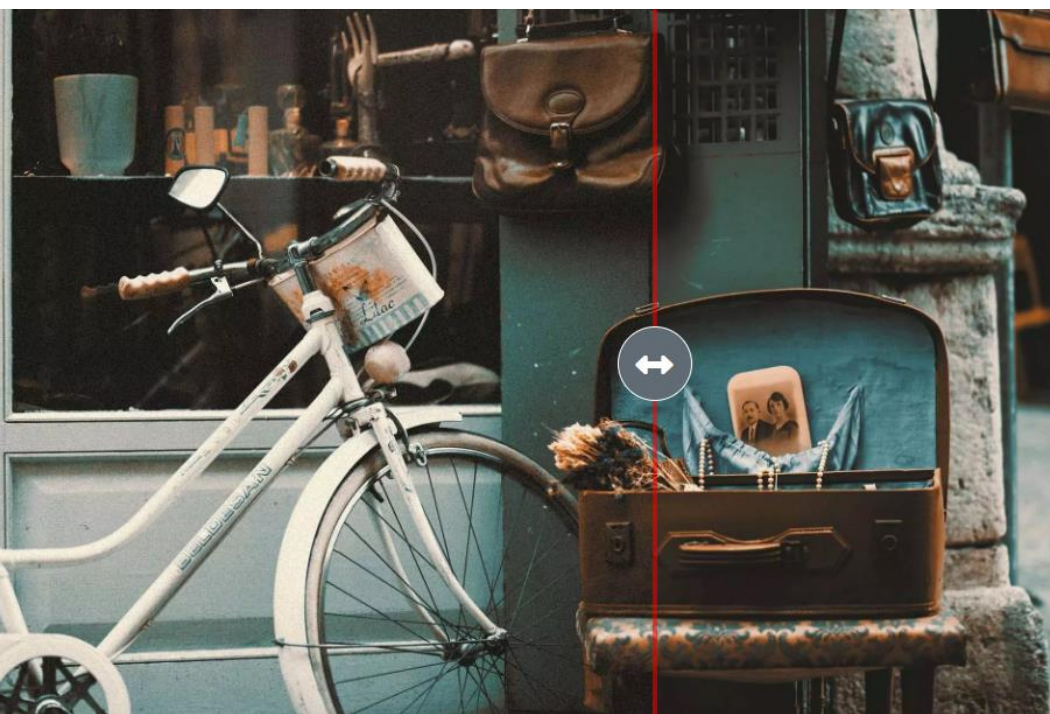
Bleach bypass 적용 예시



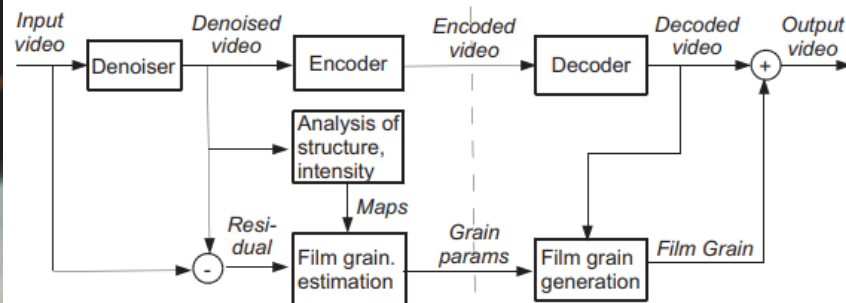
Teal and orange 적용 예시

Film Grain

- 필름 상에서 표현되는 작은 알갱이가 영상에 표현되는 현상
- 영상 편집 도구에서 설정 가능, 영상 질감 변경 가능
- 영상 압축 시 큰 부담 (영상 파일 크기 증가)
- Film grain synthesis (FGS): film grain을 제거 후 압축, 이후 film grain을 복원



Film grain 적용 예시 (left: on, right: off)



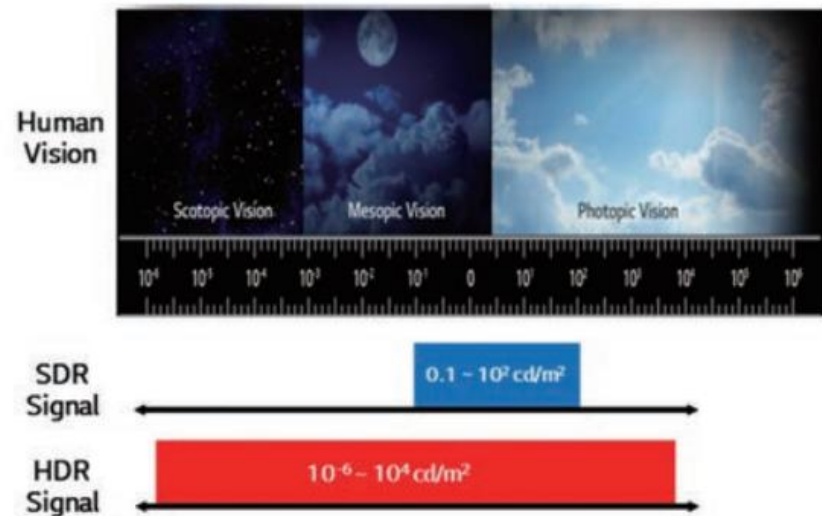
FGS for AV1

High Dynamic Range

- High dynamic range (HDR): 어두운 / 밝은 부분의 차이 극대화
- 실사 객체와 영상 매체 간 차이를 최소화 (사람은 절대 밝기보다는 밝기 대비에 민감)
- 톤 매핑 등을 위해 메타데이터 정의 필요 → 표준
- HDR10 (무료), HDR10+ (무료), Dolby Vision (유료)
LG전자 – HDR10, Dolby Vision 사용 / 삼성전자 – HDR10+ 사용



SDR(좌), HDR 비교 예시

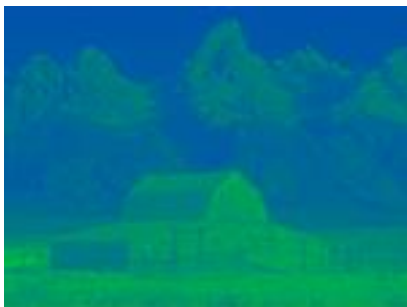


SDR, HDR의 표현 범위

Source: Jeon, D. Y. (2017). skyUHD 방송 콘텐츠 HDR (HLG) 기반 적용기술과 사례. Broadcasting and Media Magazine, 22(3), 48-59.
Lee, D. G., & Gwon, H. J. (2021). HDR 기술과 디스플레이 실감 (Natural Reality) 화질. Information Display, 22(1), 19-27.

YUV (YCbCr) Colorspace

- 흑백 TV, 컬러 TV 동시 지원을 위한 색공간 – Y(휘도), CbCr (색차)로 구성
→ 기술은 사람의 편의 중심으로 발달
- Y, Cb, Cr, Cg로 구성되나 Cb, Cr 값을 알면 Cg를 구할 수 있음
- 8비트 사용 시 Y는 16~235, CbCr은 16~240 사이의 값을 가짐
- 통상 영상 압축 표준 (e.g., AVC/H.264, HEVC/H.265)의 입력으로 사용



YUV 색공간 예시.

좌상: 원본, 우상: Y채널, 좌하: U채널, 우하: V채널

$$E'_Y = 0.2126 E'_R + 0.7152 E'_G + 0.0722 E'_B$$

$$E'_{CB} = \frac{E'_B - E'_Y}{1.8556} \quad E'_{CR} = \frac{E'_R - E'_Y}{1.5748} \quad (4)$$

RGB – YCbCr 간 변환식

$$D'_Y = \text{INT} \left[(219 E'_Y + 16) \cdot 2^{n-8} \right]$$

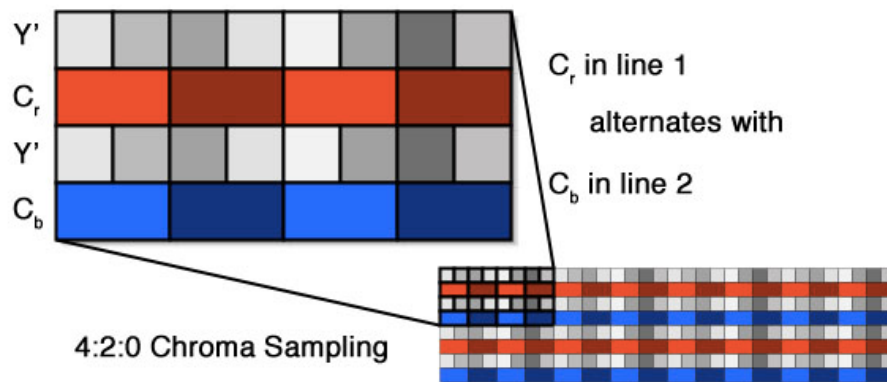
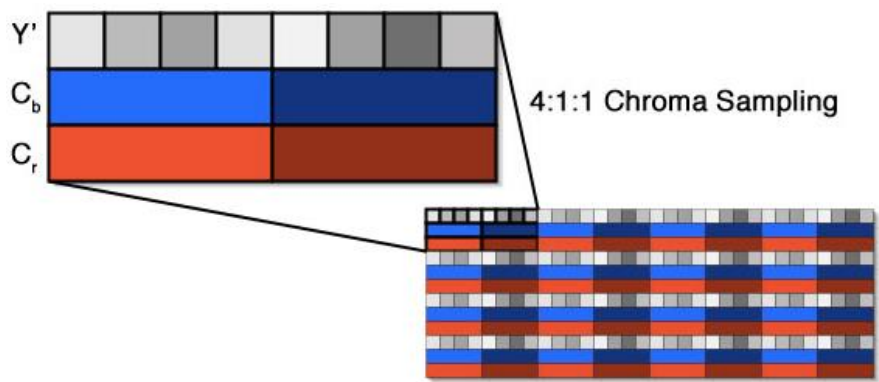
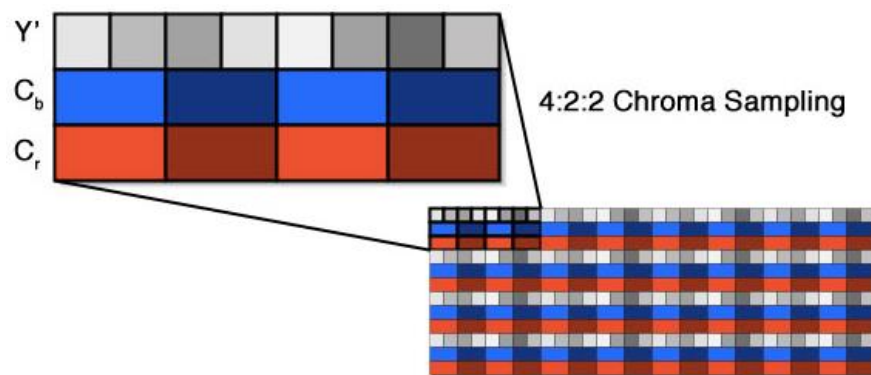
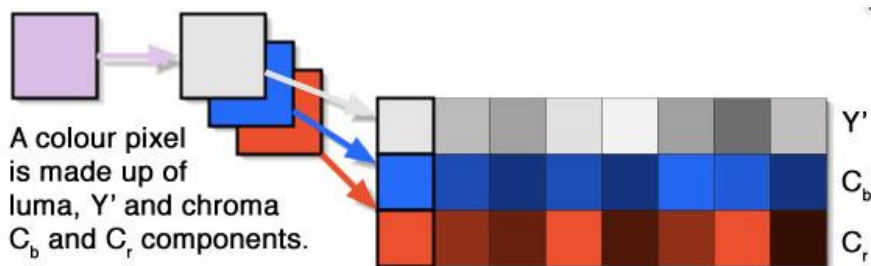
$$D'_{CB} = \text{INT} \left[(224 E'_{CB} + 128) \cdot 2^{n-8} \right]$$

$$D'_{CR} = \text{INT} \left[(224 E'_{CR} + 128) \cdot 2^{n-8} \right] \quad (5)$$

YCbCr의 디지털 신호 변환식

YUV (YCbCr) Colorspace (-Cont'd)

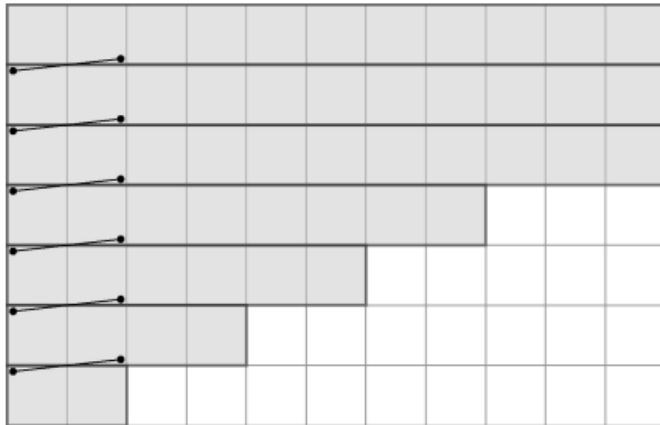
- 사람은 색차보다 빛에 민감함 → YUV 서브샘플링 사용
- RGB → YUV 변환 시 YUV444 포맷을 가지나, YUV420을 제일 많이 사용
- 8bit 1픽셀 표현 시 데이터 크기: 24bits (YUV444), 12bits (YUV420)



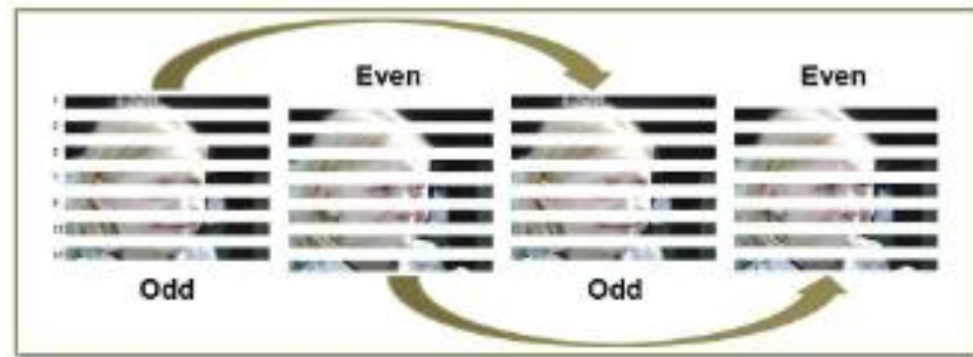
YUV 서브샘플링 예시.
좌상: YUV444, 우상: YUV422,
좌하: YUV411, 우하: YUV420.

Video Representation

- 순차주사 (progressive scanning)
 - 좌상단 → 우하단 순으로 이미지를 출력
 - Wavefront parallel processing (WPP) 방식으로 이미지 출력 가속 가능
 - 1080p@60FPS: 1920x1080 크기의 60FPS 재생속도, 순차주사 영상
- 비월주사 (interlaced scanning)
 - 홀수줄, 짝수줄 프레임을 구별하여 번갈아가며 출력
 - 1080i@60FPS: 1920x1080 크기의 60FPS 재생속도, 비월주사 영상



WPP 예시



비월주사 방식 예시

Source: Chi, C. C., Alvarez-Mesa, M., Juurlink, B., Clare, G., Henry, F., Pateux, S., & Schierl, T. (2012). Parallel scalability and efficiency of HEVC parallelization approaches. *IEEE Transactions on circuits and systems for video technology*, 22(12), 1827-1838.

노규근, & 강문기. (2013). 비월주사 영상의 Color up-scaling 을 위한 Inter-chrominance 알고리즘. *대한전기학회 학술대회 논문집*, 355-356.