



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2021-0067896
(43) 공개일자 2021년06월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04N 9/67 (2006.01) G06T 5/00 (2019.01)
(52) CPC특허분류
H04N 9/67 (2013.01)
G06T 5/009 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2020-0158071
(22) 출원일자 2020년11월23일
심사청구일자 없음
(30) 우선권주장
1020190156727 2019년11월29일 대한민국(KR)

(71) 출원인
한국전자통신연구원
대전광역시 유성구 가정로 218 (가정동)
울산과학기술원
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(72) 발명자
정세윤
대전광역시 유성구 지족북로 60, 207동 3002호
강정원
대전광역시 유성구 지족로 362, 303동 303호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
한양특허법인

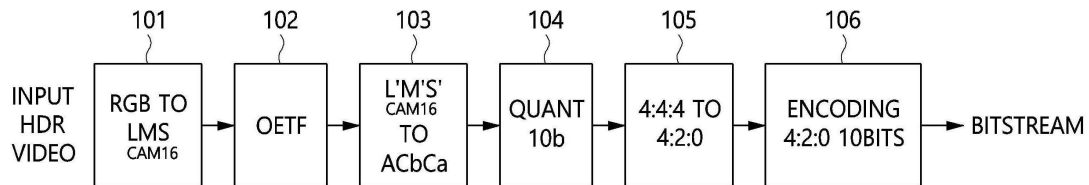
전체 청구항 수 : 총 1 항

(54) 발명의 명칭 HDR 비디오 색공간 변환 방법 및 장치

(57) 요약

HDR 비디오 색공간 변환 장치 및 방법이 개시된다. 본 발명의 일실시예에 따른 HDR 비디오 색공간 변환 장치는 R, G, B 성분으로 구성된 광신호를 기설정된 세 개의 파장 성분을 갖는 광신호로 변환하는 RGB 변환부; 상기 세 개의 파장 성분을 갖는 광신호를 기정의된 광전변환 함수를 이용하여 상기 세 개의 파장 성분을 갖는 비선형 광신호로 변환하는 OETF 부 및 상기 세 개의 파장 성분을 갖는 비선형 광신호를 기정의된 크로마(chroma) 성분의 범위에 기반하여 하나의 밝기 성분과 두 개의 색상 성분으로 분리하는 색공간 변환부를 포함한다.

대표도



(72) 발명자

이태진

대전광역시 유성구 진잠로149번길 24, 103동 1502호

박영신

울산광역시 울주군 범서읍 대리2길 46, 202동 2206호

성가람

대구광역시 달서구 대명천로19길 10-2

백예슬

울산광역시 울주군 범서읍 모두박길 13-5, 201호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711101656

과제번호 19ZR1400

부처명 과학기술정보통신부

과제관리(전문)기관명 한국전자통신연구원

연구사업명 정부출연금사업(기관고유사업)

연구과제명 차세대 HDR 비디오 전/후처리 원천 기술 개발

기 여 율 1/1

과제수행기관명 한국전자통신연구원

연구기간 2019.01.01 ~ 2019.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

R, G, B 성분으로 구성된 광신호를 기설정된 세 개의 파장 성분을 갖는 광신호로 변환하는 RGB 변환부;

상기 세 개의 파장 성분을 갖는 광신호를 기정의된 광전변환 함수를 이용하여 상기 세 개의 파장 성분을 갖는 비선형 광신호로 변환하는 OETF 부; 및

상기 세 개의 파장 성분을 갖는 비선형 광신호를 기정의된 크로마(chroma) 성분의 범위에 기반하여 하나의 밝기 성분과 두 개의 색상 성분으로 분리하는 색공간 변환부;

를 포함하는 것을 특징으로 하는 HDR 비디오 색공간 변환 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 HDR(High Dynamic Range) 비디오 신호처리 파이프라인(Pipeline)에 관한 것으로, 보다 상세하게는 HDR 비디오 색공간 변환 기술에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 비디오를 획득하는 과정에서 자연의 광신호를 전기신호로 변환하는 일련의 과정을 비디오 전처리 과정이라고 한다. 그리고, 후처리 과정은 전처리 과정에 대응하는 역과정이다. 즉 전기신호를 광신호로 변환하는 과정이다.

[0003] 비디오 신호처리 파이프 라인에서는 RGB 색공간에서 밝기성분과 색상성분으로 분리되는 색공간으로 변환을 사용한다. 밝기 성분과 색상성분 분리에 가장 널리 사용되는 색공간이 YCbCr 색공간이다. 그리고 변환된 색공간에서 색상성분인 CbCr 성분에 대해 각각 다운샘플링을 적용한다.

[0004] 그러나, YCbCr 색공간은 밝기 성분과 색상 성분을 완전히 분리하지 못하기 때문에, 다운 샘플링과정에서 발생한 색상성분 왜곡이 후처리 과정에서 밝기 성분에도 영향을 주게 된다. 이를 밝기색상 성분 상호 간섭 왜곡이라고 한다. SDR(Standard Dynamic Range) 비디오에서는 이 상호 간섭 왜곡이 발생해도 인지적으로 문제가 되지 않았다. 그러나, HDR 비디오에서는 이 상호 간섭 왜곡이 인지적으로 화질 열화 문제를 발생시키기도 한다.

[0005] 돌비에서는 이러한 상호 간섭 왜곡 문제를 해결하기 위해 ICTCP 색공간을 통해 밝기 성분과 색상성분을 분리한 후 색상성분 다운샘플링을 하는 방법을 제안하였다. 이 방법은 ITU-R BT2100 HDRTV 표준에 채택된 방식이다.

[0006] 한편, 한국공개특허 제 10-2017-0036132 호 “지각적으로 양자화된 비디오 콘텐츠를 인코딩 및 디코딩하는 방법” 지각적으로 양자화된 비디오의 인코딩, 디코딩 및 디스플레이 관리에 관하여 개시하고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명은 HDR 비디오 신호처리 파이프라인에서 밝기 성분과 색상성분을 분리하기 위한 색공간 변환 후 색상 성분 다운 샘플링 과정에서 상호 간섭 왜곡문제를 해결하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0008] 상기한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일실시예에 따른 HDR 비디오 색공간 변환 장치는 R, G, B 성분으로 구성된 광신호를 기설정된 세 개의 파장 성분을 갖는 광신호로 변환하는 RGB 변환부; 상기 세 개의 파장 성분을 갖는 광신호를 기정의된 광전변환 함수를 이용하여 상기 세 개의 파장 성분을 갖는 비선형 광신호로 변환하는 OETF 부 및 상기 세 개의 파장 성분을 갖는 비선형 광신호를 기정의된 크로마(chroma) 성분의 범위에 기반하여 하나의 밝기 성분과 두 개의 색상 성분으로 분리하는 색공간 변환부를 포함한다.

발명의 효과

- [0009] 본 발명은 HDR 비디오 신호처리 파이프라인에서 밝기 성분과 색상성분을 분리하기 위한 색공간 변환 후 색상 성분 다운 샘플링 과정에서 상호 간섭 왜곡문제를 해결할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0010] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 인코딩을 위한 HDR 비디오 색공간 변환 장치를 나타낸 블록도이다.
 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 디코딩을 위한 HDR 비디오 색공간 변환 장치를 나타낸 블록도이다.
 도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 BT2020 색역(Gamut) 실선 삼각형을 나타낸 도면이다.
 도 4는 ICTCP의 Chroam 범위에서 실제 색역(BT2020 Gamut)에 대응하는 영역을 나타낸 도면이다.
 도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 Chroma 범위에서 실제 색역(BT2020 Gamut) 대응하는 영역을 나타낸 도면이다.
 도 6은 도 4 및 도 5에 도시된 실제 색역(BT2020 Gamut)을 겹쳐서 나타낸 도면이다.
 도 7은 본 발명의 일실시예에 따른 다운 샘플링을 나타낸 도면이다.
 도 8은 본 발명의 일실시예에 따른 인코딩을 위한 HDR 비디오 색공간 변환 방법을 나타낸 동작흐름도이다.
 도 9는 본 발명의 일실시예에 따른 디코딩을 위한 HDR 비디오 색공간 변환 방법을 나타낸 동작흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0011] 본 발명을 첨부된 도면을 참조하여 상세히 설명하면 다음과 같다. 여기서, 반복되는 설명, 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있는 공지 기능, 및 구성에 대한 상세한 설명은 생략한다. 본 발명의 실시형태는 당 업계에서 평균적인 지식을 가진 자에게 본 발명을 보다 완전하게 설명하기 위해서 제공되는 것이다. 따라서, 도면에서의 요소들의 형상 및 크기 등은 보다 명확한 설명을 위해 과장될 수 있다.
- [0012] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.
- [0013] 이하, 본 발명에 따른 바람직한 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.
- [0014] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 인코딩을 위한 HDR 비디오 색공간 변환 장치를 나타낸 블록도이다. 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 디코딩을 위한 HDR 비디오 색공간 변환 장치를 나타낸 블록도이다. 도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 BT2020 색역(Gamut) 실선 삼각형을 나타낸 도면이다. 도 4는 ICTCP의 Chroam 범위에서 실제 색역(BT2020 Gamut)에 대응하는 영역을 나타낸 도면이다. 도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 Chroma 범위에서 실제 색역(BT2020 Gamut) 대응하는 영역을 나타낸 도면이다. 도 6은 도 4 및 도 5에 도시된 실제 색역(BT2020 Gamut)을 겹쳐서 나타낸 도면이다. 도 7은 본 발명의 일실시예에 따른 다운 샘플링을 나타낸 도면이다.
- [0015] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일실시예에 따른 인코딩을 위한 HDR 비디오 색공간 변환 장치는 RGB TO LMS 변환부(101), OETF 부(102), 제1 색공간 변환부(103), 양자화부(104), 다운 샘플링부(105) 및 인코더(106)를 포함한다.
- [0016] RGB TO LMS 변환부(101), OETF 부(102) 및 제1 색공간 변환부(103)는 부동소수점 신호를 사용할 수 있다. 입력 RGB 신호의 범위는 [0,1]인 경우를 일실예로 설명한다.
- [0017] RGB TO LMS 변환부(101)는 R,G,B 성분으로 구성된 광신호를 L(Long),M(Medium),S(Short) 과장 성분으로 변환할 수 있다.
- [0018] 이 때, RGB TO LMS 변환부(101)는 수학적 1과 같이 입력된 RGB 성분을 LMSCMA16로 변환할 수 있다. 입력된 RGB 신호는 BT.2020 색역(Gamut)에 대해 [0,1]의 범위로 정규화될 수 있다.
- [0019] 수학적 1은 CIE CMA16 모델로부터 유도될 수 있다.

[0020] [수학식 1]

$$\begin{aligned} \circ \quad L &= (1790.0 * R_{2020} + 2088.0 * G_{2020} + 217.0 * B_{2020}) / 4096.0 \\ \circ \quad M &= (633.0 * R_{2020} + 3150.0 * G_{2020} + 314.0 * B_{2020}) / 4096.0 \\ \circ \quad S &= (44.0 * R_{2020} + 225.0 * G_{2020} + 3830.0 * B_{2020}) / 4096.0 \end{aligned}$$

[0021]

[0022] 수학식 1은 BT2020 색역에 대한 신호라는 의미로 수학식에서 R2020, G2020, B2020으로 표기될 수 있다.

[0023] 수학식 1은 출력 L, M, S 신호의 범위도 [0,1]의 범위를 가질 수 있고, 각 식에서 계수의 합이 1인 것으로 확인을 할 수 있다.

[0024] OETF 부(102)는 광신호를 전기신호로 변환할 수 있다.

[0025] 이 때, OETF 부(102)는 광신호를 전기신호로 변환할 때 비선형적 변환을 하며, 이때 사용하는 변환 함수를 광전 변환 함수(OETF(Opto-Electrical Transfer Function))이라고 한다. HDR 비디오에서 가장 널리 사용되는 OETF가 PQ(Perceptual Quantization) 변환 함수이다.

[0026] 이 때, OETF 부(102)는 PQ 전광변환함수(EOTF(Electro-optical Transfer Function))의 역함수로 OETF 함수를 사용할 수 있다. 이 과정에서 입력된 선형 신호가 비선형 신호로 변하게 된다. 비선형의 의미로 '를 붙일 수 있다 (L', M', S').

[0027] 수학식 2에서는 PQ 함수의 입력 범위가 [0,10000] 범위이고, L, M, S 의 범위가 [0,10000]인 경우에 대한 일 실시예를 나타낸 것을 알 수 있다.

[0028] LMS의 범위가 [0,1]인 경우에는 수학식 2에서 L, M, S 값을 최대값 10000으로 나누는 정규화 부분을 생략하면 된다.

[0029] [수학식 2]

$$\begin{aligned} \circ \quad L' &= PQ_TF(\max(0, \min(L/10000, 1))) \\ \circ \quad M' &= PQ_TF(\max(0, \min(M/10000, 1))) \\ \circ \quad S' &= PQ_TF(\max(0, \min(S/10000, 1))) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{with} \quad PQ_TF(L) &= \left(\frac{c_1 + c_2 L^{m_1}}{1 + c_3 L^{m_1}} \right)^{m_2} \\ m_1 &= \frac{2610}{4096} \times \frac{1}{4} = 0.1593017578125 \\ m_2 &= \frac{2523}{4096} \times 128 = 78.84375 \\ c_1 &= c_3 - c_2 + 1 = \frac{3424}{4096} = 0.8359375 \\ c_2 &= \frac{2413}{4096} \times 32 = 18.8515625 \\ c_3 &= \frac{2392}{4096} \times 32 = 18.6875 \end{aligned}$$

[0030]

[0031] 제1 색공간 변환부(103)는 수학식 3을 이용하여 비선형 L'M'S' 신호를 밝기 성분과 색상성분인 AcBcCa 신호로 변환할 수 있다.

[0032] [수학식 3]

$$\begin{aligned} A &= 0.6557377049180300 * L' + 0.3278688524590150 * M' + 0.0163934426229508 * S' \\ Cb &= -0.2500000000000000 * L' - 0.2500000000000000 * M' + 0.5000000000000000 * S' \\ Ca &= 0.4583333333333333 * L' - 0.5000000000000000 * M' + 0.0416666666666667 * S' \end{aligned}$$

[0033]

[0034] 수학식 3은 CIE CAM 16 모델로부터 유도하여 설계될 수 있다.

- [0035] A는 밝기성분을 의미하며 CIE CAM의 achromatic response를 기반으로 설계된 식이다.
- [0036] Cb는 CIE CAM16의 b (correlate for blue-yellow) 를 기반으로 설계된 식이다.
- [0037] Cr은 CIE CAM16의 a (correlate for red-green) 를 기반으로 설계된 식이다.
- [0038] 이 때, 본 발명의 일실시예에 따르면 Chroma Cb와 Cr 성분의 범위는 입력 신호 [0,1]에 대해 [-0.5,0.5] 범위로 출력되도록 설계할 수 있다.
- [0039] 이 때, 제1 색공간 변환부(103)는 수학적 식 4를 이용하여 비선형 L'M'S' 신호를 밝기 성분과 색상성분인 ACbCa 신호로 변환할 수 있다.
- [0040] [수학적 식 4]
- $$A = (2686.0 * L' + 1343.0 * M' + 67.0 * S') / 4096.0$$
- $$Cb = (-2999.0 * L' - 2999.0 * M' + 5998.0 * S') / 4096.0$$
- $$Ca = (21554.0 * L' - 23513.0 * M' + 1959.0 * S') / 4096.0$$
- [0041]
- [0042] 수학적 식 4는 Chroma 출력 범위가 입력 범위 [0,1] 를 [-0.5, 0.5] 범위가 되도록 하는 대신, 색역(Gamut)범위가 [-0.5,0.5]가 되도록 계수를 조정할 것을 알 수 있다. 이 때, 색역은 BT2020 색역을 고려할 수 있다.
- [0043] 이 때, 제1 색공간 변환부(103)는 BT709, P3 등의 다른 색역에 대해서도 계수 조정을 통해 적용 가능할 수 있다.
- [0044] 도 3 내지 도 6을 참조하면, 색역을 고려한 경우의 장점을 나타낸 것을 알 수 있다. 응용에서 사용되는 색역을 알 경우에 이를 비디오 신호처리 파이프라인에서 각 과정에서 고려하도록 하여 효율을 보다 높일 수 있다.
- [0045] 도 3을 참조하면, BT2020 색역(Gamut) 실선 삼각형을 나타낸 것을 알 수 있다. 기존 방식은 색역을 고려하지 않아 입력 RGB 신호의 [0,1]범위를 색공간 변환 후 밝기 성분 범위를 [0,1]로, 색상(=색차) 성분의 범위는 [-0.5,0.5]로 정의하고, 색역 조건에 의해 색상 성분의 범위에서 사용되지 않는 부분이 많다.
- [0046] 그러나, 도 3에 도시된 바와 같이, 본 발명은 색역을 고려하여 입력 RGB 신호는 [0,1] 범위일때 색공간 변환 후 밝기 성분 범위는 [0,1]로 색상 성분의 범위는 보다 넓은 범위를 사용하되, 색역 조건에 대응하는 범위는 [-0.5,0.5]가 되도록 할 수 있다.
- [0047] 도 4를 참조하면, ICTCP 종래 방식의 Chroma 범위에서 실제 색역(BT2020 Gamut)에 대응하는 영역을 나타낸 것을 알 수 있다. Chroma 범위에서 사용되지 않는 범위가 많고, 낭비가 심한 것을 알 수 있다.
- [0048] 도 5를 참조하면, 본 발명의 방식을 적용하여 Chroma 범위에서 실제 색역(BT2020 Gamut) 대응하는 영역을 나타낸 것을 알 수 있다. Chroma 범위에서 사용되지 않는 범위가 상대적으로 적은 것을 알 수 있다.
- [0049] 도 6을 참조하면, 비교가 용이하도록 도 4와 도 5를 겹쳐서 그린 그래프인 것을 알 수 있다.
- [0050] 양자화부(104)는 ACbCa 신호를 10bit 양자화를 통해 10bit 정수로 변환할 수 있다.
- [0051] 이 때, 양자화부(104)는 10bit 정수로 변환하는 경우 수학적 식 5를 사용할 수 있다.
- [0052] 수학적 식 5에서, BitDepthA와 BitDepthC는 10으로 가정할 수 있다.

[0053] [수학식 5]

This process quantizes the input ACbCa signal into a signal of bit-depth BitDepthA for the A component and BitDepthC for the chroma components (Cb, Ca).

$$\begin{aligned} \circ D_{AVC} &= \text{Clip1}_A \left(\text{Round} \left((1 \ll (\text{BitDepth}_A - 8)) * (219 * A + 16) \right) \right) \\ \circ D_{Cb} &= \text{Clip1}_C \left(\text{Round} \left((1 \ll (\text{BitDepth}_C - 8)) * (224 * Cb + 128) \right) \right) \\ \circ D_{Cr} &= \text{Clip1}_C \left(\text{Round} \left((1 \ll (\text{BitDepth}_C - 8)) * (224 * Ca + 128) \right) \right) \end{aligned}$$

with

$$\begin{aligned} \text{Round}(x) &= \text{Sign}(x) * \text{Floor}(\text{Abs}(x) + 0.5) \\ \text{Sign}(x) &= -1 \text{ if } x < 0, 0 \text{ if } x = 0, 1 \text{ if } x > 0 \\ \text{Floor}(x) &= \text{the largest integer less than or equal to } x \\ \text{Abs}(x) &= x \text{ if } x \geq 0, -x \text{ if } x < 0 \\ \text{Clip1}_A(x) &= \text{Clip3}(0, (1 \ll \text{BitDepth}_A) - 1, x) \\ \text{Clip1}_C(x) &= \text{Clip3}(0, (1 \ll \text{BitDepth}_C) - 1, x) \\ \text{Clip3}(x, y, z) &= x \text{ if } z < x, y \text{ if } z > y, z \text{ otherwise} \end{aligned}$$

[0054]

[0055] 다운 샘플링부(105)는 444 to 420 다운샘플링을 수행할 수 있다.

[0056] 표 1은 본 발명의 일실시예에 따른 Down Sampling 일실시예를 나타낸 것을 알 수 있다.

[0057] [표 1]

Phase k	Coefs c1[k] 4:4:4 → 4:2:2 (phase=0)	Coefs c2[k] 4:2:2 → 4:2:0 (phase=0)
-1	1	1
0	6	6
1	1	1

[0058]

[0059] 도 7을 참조하면, 420 다운 샘플링은 가로 방향으로 1/2 샘플링을 수행한 후, 세로 방향으로 1/2 샘플링을 하는 과정으로 아래 수학식 6을 사용하는 것을 알 수 있다.

[0060] 수학식 6은 shift = 6 and offset = 32 인 경우 인 것을 알 수 있다.

[0061] [수학식 6]

Let H and W be the input picture height and width in chroma samples. For $i = 0..H-1, j = 0..W/2-1$, the intermediate samples $f[i][j]$ are derived from the input samples $s[i][j]$ as follows:

$$f[i][j] = \sum_{k=-1}^1 c1[k] * s[i][\text{Clip3}(0, W-1, 2*j+k)]$$

with $\text{Clip3}(x, y, z) = x \text{ if } z < x, y \text{ if } z > y, z \text{ otherwise}$

For $i = 0..H/2-1, j = 0..W/2-1$, the output samples $r[i][j]$ are derived from the intermediate samples $f[i][j]$ as follows:

$$r[i][j] = \left(\sum_{k=-1}^1 c2[k] * f[\text{Clip3}(0, H-1, 2*i+k)][j] + \text{offset} \right) \gg \text{shift}$$

[0062]

[0063] 인코더(106)는 전처리가 끝난 비디오 신호에 대해 압축 인코딩을 수행할 수 있다.

[0064] 이 때, 인코더(106)는 다운 샘플링된 420신호를 비디오 압축 인코딩할 수 있다.

[0065] 이 때, 인코더(106)는 비디오 압축으로 HEVC 또는 AVC, AV1과 같이 HDR을 지원하는 압축 방식을 적용할 수 있다.

[0066] 도 2를 참조하면, 본 발명의 일실시예에 따른 디코딩을 위한 HDR 비디오 색공간 변환 장치는 디코더(201), 업 샘플링부(202), 역양자화부(203), 제2 색공간 변환부(204), EOTF 부(205) 및 LMS TO RGB 변환부(206)를 포함하며, 상기 인코딩을 위한 HDR 비디오 색공간 변환 장치에 포함될 수도 있다.

[0067] 디코더(201)는 HEVC 또는 AVC, AV1과 같이 HDR을 지원하는 압축 방식으로 인코딩된 비디오 영상을 디코딩할 수 있다.

[0068] 업 샘플링부(202)는 420 신호를 444 신호로 업샘플링 할 수 있다.

[0069] 이 때, 업 샘플링부(202)는 아래 표 2와 수학적 식 7을 사용하여 업샘플링을 수행할 수 있다.

[0070] [표 2]

Phase	-2	-1	0	1
Coef c[k]	-4	36	36	-4

[0071]

[0072] [수학적 식 7]

The upsampling filter used is the same for both horizontal and vertical processes. First, vertical filtering is applied on the 4:2:0 picture, then horizontal filtering.
Filter coefficients values are as follows:

Define shift1 = 6, offset1 = 32, shift2 = 12, offset2 = 2048.

Let H and W be the input picture height and width in chroma samples. For $i = 0..H-1$, $j = 0..W-1$, the intermediate samples $f[i][j]$ are derived from the input samples $s[i][j]$ as follows:

$$f[2 * i][j] = s[i][j] * 64$$

$$f[2 * i + 1][j] = \sum_{k=-2}^1 c[k] * s[\text{Clip3}(0, H-1, i+k+1)][j]$$

For $i = 0..2*H-1$, $j = 0..W-1$, the output samples $r[i][j]$ are derived from the intermediate samples $f[i][j]$ as follows:

$$r[i][2 * j] = (f[i][j] + \text{offset1}) \gg \text{shift1}$$

$$r[i][2 * j + 1] = \left(\sum_{k=-2}^1 c[k] * f[i][\text{Clip3}(0, W-1, j+k+1)] + \text{offset2} \right) \gg \text{shift2}$$

[0073]

[0074] 역양자화부(203)는 정수신호를 부동소수점 신호로 변환하는 역양자화를 수행할 수 있다.

[0075] 이 때, 역양자화부(203)는 수학적 식 8을 이용하여 역양자화를 수행할 수 있다.

[0076] [수학적 식 8]

This process dequantizes the input signal represented on BitDepthA bits for the I component and BitDepthC bits for the chroma components (Cb, Ca) into a (float) signal ACbCa.

$$\begin{aligned} \circ \quad Y &= \text{Clip}_{A'} \left(\left(\frac{D_{A'}^{\square}}{(1 \ll (\text{BitDepth}_{A'} - 8))} - 16 \right) / 219 \right) \\ \circ \quad Cb &= \text{Clip}_C \left(\left(\frac{D_{Cb}^{\square}}{(1 \ll (\text{BitDepth}_C - 8))} - 128 \right) / 224 \right) \\ \circ \quad Ca &= \text{Clip}_C \left(\left(\frac{D_{Ca}^{\square}}{(1 \ll (\text{BitDepth}_C - 8))} - 128 \right) / 224 \right) \end{aligned}$$

with

$$\begin{aligned} \text{Clip}_{A'}(x) &= \text{Clip3}(0, 1.0, x) \\ \text{Clip}_C(x) &= \text{Clip3}(-0.5, 0.5, x) \\ \text{Clip3}(x, y, z) &= x \text{ if } z < x, y \text{ if } z > y, z \text{ otherwise} \end{aligned}$$

[0077]

[0078] 제2 색공간 변환부(204)는 ACbCa 신호를 L'M'S' 성분으로 변환할 수 있다.

[0079] 이 때, 제2 색공간 변환부(204)는 수학적 식 9를 이용하여 신호를 변환할 수 있다.

[0080] [수학적 식 9]

$$\begin{aligned} L' &= \text{clipRGB}(1.0000000000000000 * A - 0.031121889410508 * Cb + 0.061086826280871 * Ca) \\ M' &= \text{clipRGB}(1.0000000000000000 * A + 0.028247047060820 * Cb - 0.120686977167329 * Ca) \\ S' &= \text{clipRGB}(1.0000000000000000 * A + 0.681456876924522 * Cb - 0.029800075443229 * Ca) \end{aligned}$$

[0081]

[0082] EOTF 부(205)는 L'M'S' 성분을 LMS 성분으로 변환할 수 있다.

[0083] 이 때, EOTF 부(205)는 PQ EOTF 함수를 사용할 수 있다.

[0084] 이 때, EOTF 부(205)는 수학식 10을 이용하여 성분을 변환할 수 있다.

[0085] [수학식 10]

$$\begin{aligned}
 L &= 10000 * \text{inversePQ_TF}(L') \\
 M &= 10000 * \text{inversePQ_TF}(M') \\
 S &= 10000 * \text{inversePQ_TF}(S') \\
 &\text{with} \quad \text{inversePQ_TF}(N) = \\
 &\quad \left(\frac{\max\left[\left(N^{1/m_2} - c_1\right), 0\right]}{c_2 - c_3 N^{1/m_2}} \right)^{1/m_1} \\
 m_1 &= \frac{2610}{4096} \times \frac{1}{4} = 0.1593017578125 \\
 m_2 &= \frac{2523}{4096} \times 128 = 78.84375 \\
 c_1 &= c_3 - c_2 + 1 = \frac{3424}{4096} = 0.8359375 \\
 c_2 &= \frac{2413}{4096} \times 32 = 18.8515625 \\
 c_3 &= \frac{2392}{4096} \times 32 = 18.6875
 \end{aligned}$$

[0086]

[0087] LMS TO RGB 변환부(206)는 LMS 신호를 RGB 신호로 변환할 수 있다.

[0088] 이 때, LMS TO RGB 변환부(206)는 수학식 11을 이용하여 RGB 신호로 변환할 수 있다.

[0089] [수학식 11]

$$\begin{aligned}
 R &= \text{clipRGB}(2.988877257288510 * L - 1.980701697081370 * M - 0.006957188498187 * S) \\
 G &= \text{clipRGB}(-0.600717017939276 * L + 1.706066693575480 * M - 0.105835339135738 * S) \\
 B &= \text{clipRGB}(0.000953193137244 * L - 0.077471052580392 * M + 1.075749103811870 * S) \\
 &\text{with clipRGB}(x) = \text{Clip3}(0, 1, x) \\
 \text{Clip3}(x, y, z) &= x \text{ if } z < x, y \text{ if } z > y, z \text{ otherwise}
 \end{aligned}$$

[0090]

[0091] 도 8은 본 발명의 일실시예에 따른 인코딩을 위한 HDR 비디오 색공간 변환 방법을 나타낸 동작흐름도이다.

[0092] 도 8을 참조하면, 단계(S310)는 R, G, B 성분으로 구성된 광신호를 L(Long), M(Medium), S(Short) 파장 성분으로 변환할 수 있다.

[0093] 이 때, 단계(S310)는 는 수학식 1과 같이 입력된 RGB 성분을 LMSCMA16로 변환할 수 있다. 입력된 RGB 신호는 BT.2020 색역(Gamut)에 대해 [0,1]의 범위로 정규화될 수 있다.

[0094] 수학식 1은 CIE CMA16 모델로부터 유도될 수 있다.

[0095] 수학식 1은 BT2020 색역에 대한 신호라는 의미로 수학식에서 R2020, G2020, B2020으로 표기될 수 있다.

[0096] 수학식 1은 출력 L, M, S 신호의 범위도 [0,1]의 범위를 가질 수 있고, 각 식에서 계수의 합이 1인 것으로 확인을 할 수 있다.

[0097] 단계(S320)는 광신호를 전기신호로 변환할 수 있다.

[0098] 이 때, 단계(S320)는 광신호를 전기신호로 변환할 때 비선형적 변환을 하며, 이 때 사용하는 변환 함수를 광전 변환 함수(OETF(Opto-Electrical Transfer Function))이라고 한다. HDR 비디오에서 가장 널리 사용되는 OETF가 PQ(Perceptual Quantization) 변환 함수이다.

[0099] 이 때, 단계(S320)는 PQ 전광변환함수(EOTF(Electro-optical Transfer Function))의 역함수로 OETF 함수를 사용할 수 있다. 이 과정에서 입력된 선형 신호가 비선형 신호로 변하게 된다. 비선형의 의미로 '를 붙일 수 있다 (L', M', S').

[0100] 수학식 2에서는 PQ 함수의 입력 범위가 [0,10000] 범위이고, L, M, S 의 범위가 [0,10000]인 경우에 대한 일 실시예를 나타낸 것을 알 수 있다.

[0101] LMS의 범위가 [0,1]인 경우에는 수학식 2에서 L, M, S 값을 최대값 10000으로 나누는 정규화 부분을 생략하면

된다.

- [0102] 단계(S330)는 수학식 3을 이용하여 비선형 L'M'S' 신호를 밝기 성분과 색상성분인 ACbCa 신호로 변환할 수 있다.
- [0103] 수학식 3은 CIE CAM 16 모델로부터 유도하여 설계될 수 있다.
- [0104] A는 밝기성분을 의미하며 CIE CAM의 achromatic response를 기반으로 설계된 식이다.
- [0105] Cb는 CIE CAM16의 b (correlate for blue-yellow) 를 기반으로 설계된 식이다.
- [0106] Cr은 CIE CAM16의 a (correlate for red-green) 를 기반으로 설계된 식이다.
- [0107] 이 때, 본 발명의 일실시예에 따르면 Chroma Cb와 Cr 성분의 범위는 입력 신호 [0,1]에 대해 [-0.5,0.5] 범위로 출력되도록 설계할 수 있다.
- [0108] 이 때, 단계(S330)는 수학식 4를 이용하여 비선형 L'M'S' 신호를 밝기 성분과 색상성분인 ACbCa 신호로 변환할 수 있다.
- [0109] 수학식 4는 Chroma 출력 범위가 입력 범위 [0,1] 를 [-0.5, 0.5] 범위가 되도록 하는 대신, 색역(Gamut)범위가 [-0.5,0.5]가 되도록 계수를 조정할 것을 알 수 있다. 이 때, 색역은 BT2020 색역을 고려할 수 있다.
- [0110] 이 때, 단계(S330)는 BT709, P3 등의 다른 색역에 대해서도 계수 조정을 통해 적용 가능할 수 있다.
- [0111] 도 3 내지 도 6을 참조하면, 색역을 고려한 경우의 장점을 나타낸 것을 알 수 있다. 응용에서 사용되는 색역을 알 경우에 이를 비디오 신호처리 파이프라인에서 각 과정에서 고려하도록 하여 효율을 보다 높일 수 있다.
- [0112] 도 3을 참조하면, BT2020 색역(Gamut) 실선 삼각형을 나타낸 것을 알 수 있다. 기존 방식은 색역을 고려하지 않아 입력 RGB 신호의 [0,1]범위를 색공간 변환 후 밝기 성분 범위를 [0,1]로, 색상(=색차) 성분의 범위는 [-0.5,0.5]로 정의하고, 색역 조건에 의해 색상 성분의 범위에서 사용되지 않는 부분이 많다.
- [0113] 그러나, 도 3에 도시된 바와 같이, 본 발명은 색역을 고려하여 입력 RGB 신호는 [0,1] 범위일때 색공간 변환 후 밝기 성분 범위는 [0,1]로 색상 성분의 범위는 보다 넓은 범위를 사용하되, 색역 조건에 대응하는 범위는 [-0.5,0.5]가 되도록 할 수 있다.
- [0114] 도 4를 참조하면, ICTCP 종래 방식의 Chroma 범위에서 실제 색역(BT2020 Gamut)에 대응하는 영역을 나타낸 것을 알 수 있다. Chroma 범위에서 사용되지 않는 범위가 많고, 낭비가 심한 것을 알 수 있다.
- [0115] 도 5를 참조하면, 본 발명의 방식을 적용하여 Chroma 범위에서 실제 색역(BT2020 Gamut) 대응하는 영역을 나타낸 것을 알 수 있다. Chroma 범위에서 사용되지 않는 범위가 상대적으로 적은 것을 알 수 있다.
- [0116] 도 6을 참조하면, 비교가 용이하도록 도 4와 도 5를 겹쳐서 그린 그래프인 것을 알 수 있다.
- [0117] 단계(S340)는 ACbCa 신호를 10bit 양자화를 통해 10bit 정수로 변환할 수 있다.
- [0118] 이 때, 단계(S340)는 10bit 정수로 변환하는 경우 수학식 5를 사용할 수 있다.
- [0119] 수학식 5에서, BitDepthA와 BitDepthC는 10으로 가정할 수 있다.
- [0120] 단계(S350)는 444 to 420 다운샘플링을 수행할 수 있다.
- [0121] 표 1은 본 발명의 일실시예에 따른 Down Sampling 일실시예를 나타낸 것을 알 수 있다.
- [0122] 도 7을 참조하면, 420 다운 샘플링은 가로 방향으로 1/2 샘플링을 수행한 후, 세로 방향으로 1/2 샘플링을 하는 과정으로 아래 수학식 6을 사용하는 것을 알 수 있다.
- [0123] 수학식 6은 shift = 6 and offset = 32 인 경우 인 것을 알 수 있다.
- [0124] 단계(S360)는 전처리가 끝난 비디오 신호에 대해 압축 인코딩을 수행할 수 있다.
- [0125] 이 때, 단계(S360)는 다운 샘플링된 420신호를 비디오 압축 인코딩할 수 있다.
- [0126] 이 때, 단계(S360)는 비디오 압축으로 HEVC 또는 AVC, AV1과 같이 HDR을 지원하는 압축 방식을 적용할 수 있다.
- [0127] 도 9는 본 발명의 일실시예에 따른 디코딩을 위한 HDR 비디오 색공간 변환 방법을 나타낸 동작흐름도이다.

- [0128] 도 9를 참조하면 단계(S410)는 HEVC 또는 AVC, AV1과 같이 HDR을 지원하는 압축 방식으로 인코딩된 비디오 영상을 디코딩할 수 있다.
- [0129] 단계(S420)는 420 신호를 444 신호로 업샘플링 할 수 있다.
- [0130] 이 때, 단계(S420)는 표 2와 수학적식 7을 사용하여 업샘플링을 수행할 수 있다.
- [0131] 단계(S430)는 정수신호를 부동소수점 신호로 변환하는 역양자화를 수행할 수 있다.
- [0132] 이 때, 단계(S430)는 수학적식 8을 이용하여 역양자화를 수행할 수 있다.
- [0133] 단계(S440)는 ACbCa 신호를 L'M'S' 성분으로 변환할 수 있다.
- [0134] 이 때, 단계(S440)는 수학적식 9를 이용하여 신호를 변환할 수 있다.
- [0135] 단계(S450)는 L'M'S' 성분을 LMS 성분으로 변환할 수 있다.
- [0136] 이 때, 단계(S450)는 PQ EOTF 함수를 사용할 수 있다.
- [0137] 이 때, 단계(S450)는 수학적식 10을 이용하여 성분을 변환할 수 있다.
- [0138] 단계(S460)는 LMS 신호를 RGB 신호로 변환할 수 있다.
- [0139] 이 때, 단계(S460)는 수학적식 11을 이용하여 RGB 신호로 변환할 수 있다.
- [0140] 본 발명의 일실시예에 따른 HDR 비디오 색공간 변환 장치 및 방법은 ICTCP 색공간 변환 후 다운샘플링을 하는 기존 방법 보다 상호 간섭 왜곡 문제가 적은 것을 알 수 있다.
- [0141] 또한, 본 발명의 일실시예에 따른 HDR 비디오 색공간 변환 장치 및 방법은 HDR 비디오 신호처리 파이프라인에서 밝기 성분과 색상성분을 분리하기 위한 색공간 변환 후 색상 성분 다운 샘플링으로 인한 상호 간섭 문제가 없는 것을 알 수 있다.
- [0142] 본 발명의 일실시예에 따른 HDR 비디오 색공간 변환 장치 및 방법은 밝기 성분과 색상성분의 분리 성능을 높이기 위해 국제조명위원회(CIE)에서 개발한 최신 Color Appearance Model(CAM16)을 기반으로 한 색공간을 제안한다. CAM16 은 밝기 성분과 색상 성분 분리 성능이 ICTCP 보다 우수하다.
- [0143] 본 발명의 일실시예에 따른 HDR 비디오 색공간 변환 장치 및 방법은 국제조명위원회의 CAM16은 광신호 영역에서 모델이다. 따라서, 비디오 신호처리 파이프라인에 적용하기 위한 방법이 필요하며, 이를 본 발명에서 제안한다.
- [0144] 본 발명의 일실시예에 따른 HDR 비디오 색공간 변환 장치 및 방법은 ICTCP 색공간도 Color Appearance Model의 일종이므로, ICTCP 비디오 신호처리 파이프라인에서 제안 색공간 변환 방식과 관련된 부분 만을 대체하도록 하는 일실시예도 제안한다.
- [0145] 본 발명의 일실시예에 따른 HDR 비디오 색공간 변환 장치 및 방법은 HDR 비디오 신호처리 파이프라인에서 색상 성분 다운 샘플링 과정에서 상호 간섭 왜곡문제를 해결할 수 있다.
- [0146] 본 발명의 일실시예에 따른 HDR 비디오 색공간 변환 장치 및 방법은 CIE CAM16 기반의 밝기 성분과 색상성분이 완전히 분리되는 ACbCr 색공간을 제안한다.
- [0147] 본 발명의 일실시예에 따른 HDR 비디오 색공간 변환 장치 및 방법은 비디오 신호처리 파이프라인에서 색상성분 다운샘플링을 위한 색공간에서 색상 성분의 범위를 색역을 고려하는 방식을 제안한다.
- [0148] 이상에서와 같이 본 발명의 일실시예에 따른 HDR 비디오 색공간 변환 장치 및 방법은 상기한 바와 같이 설명된 실시예들의 구성과 방법이 한정되게 적용될 수 있는 것이 아니라, 상기 실시예들은 다양한 변형이 이루어질 수 있도록 각 실시예들의 전부 또는 일부가 선택적으로 조합되어 구성될 수도 있다.

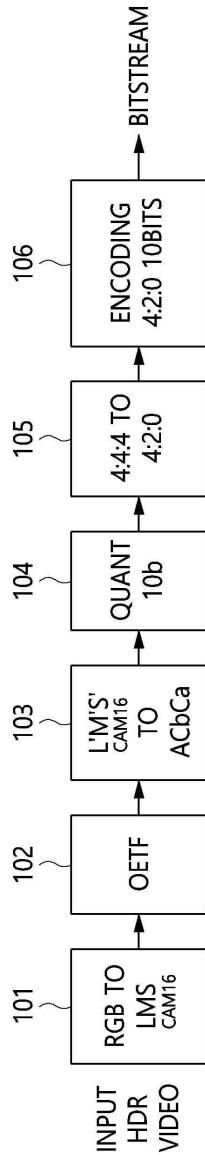
부호의 설명

- [0149] 101: RGB TO LMS 변환부 102: OETF 부
103: 제1 색공간 변환부 104: 양자화부
105: 다운 샘플링부 106: 인코더

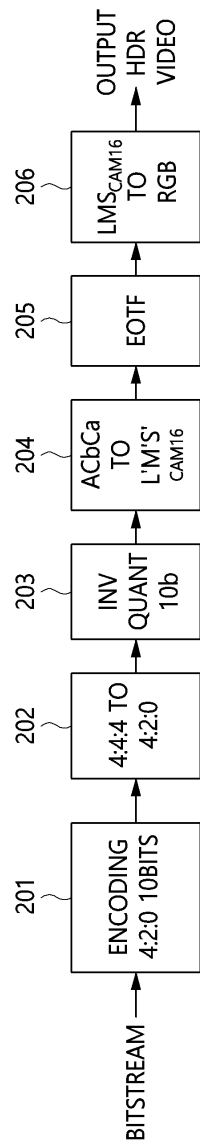
201: 디코더 202: 업 샘플링부
 203: 역양자화부 204: 제2 색공간 변환부
 205: EOTF 부 206: LMS TO RGB 변환부

도면

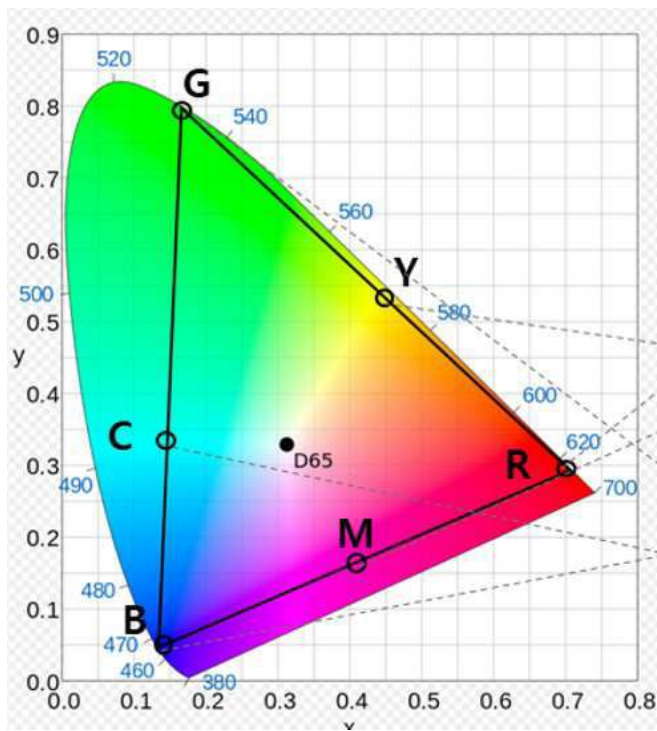
도면1



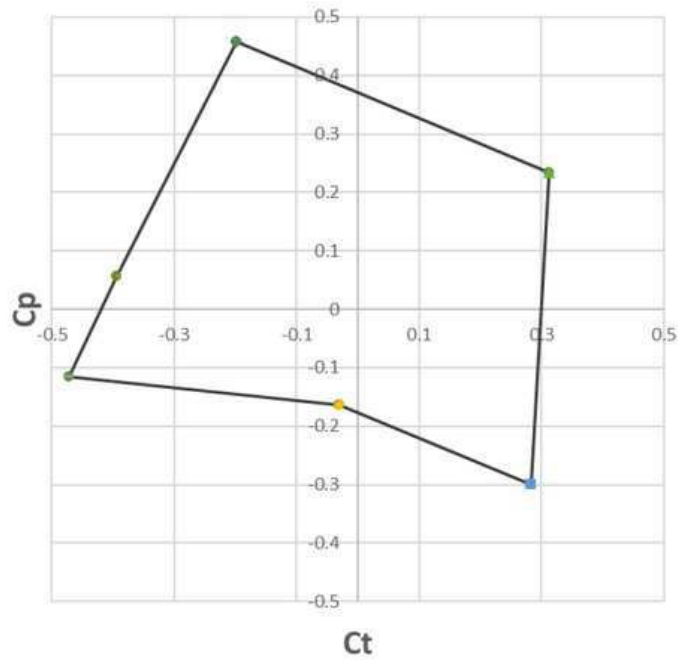
도면2



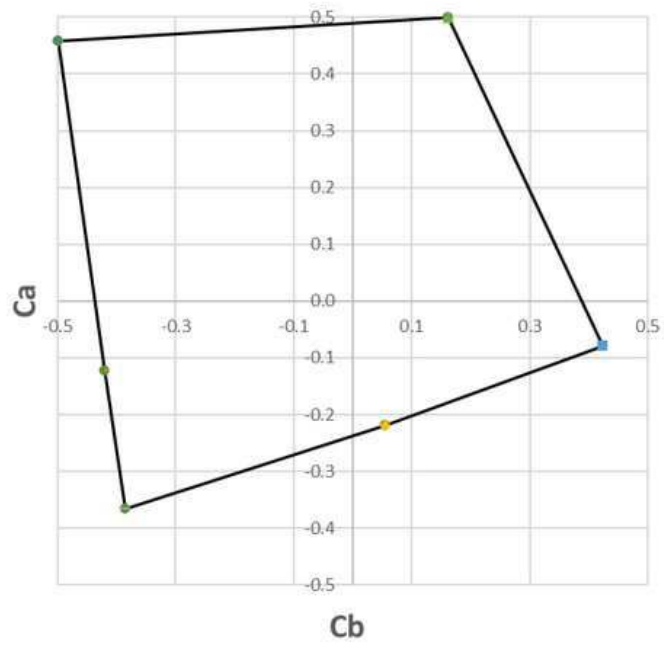
도면3



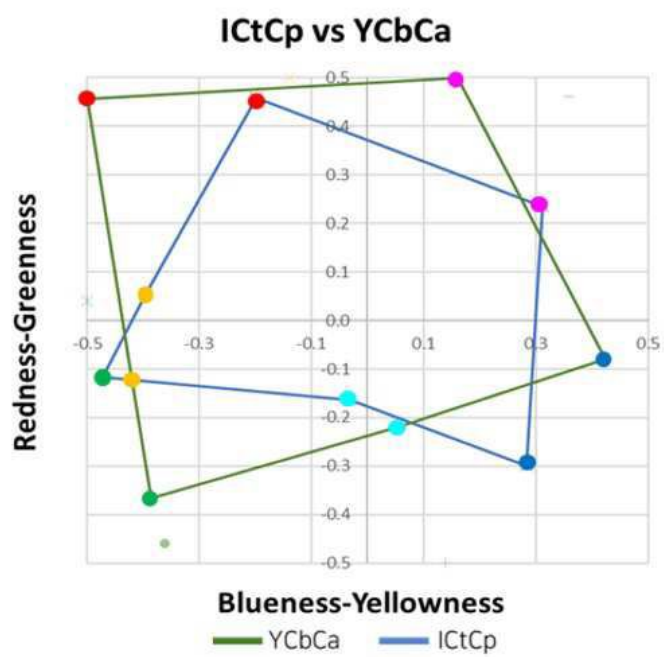
도면4



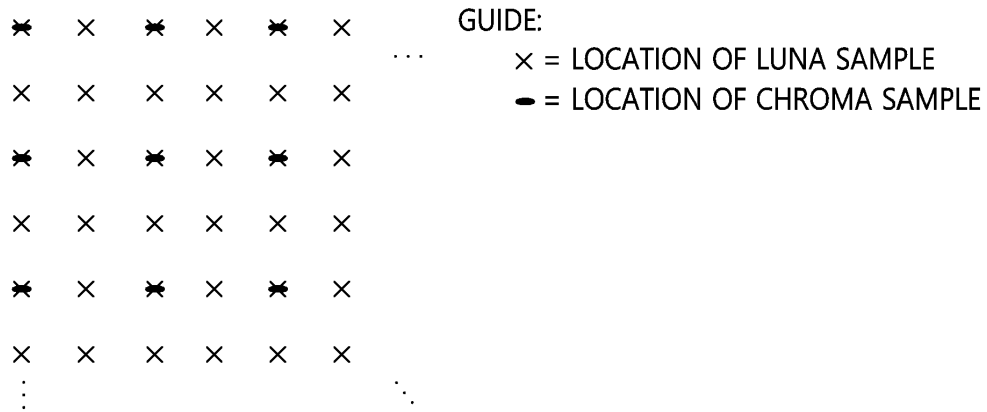
도면5



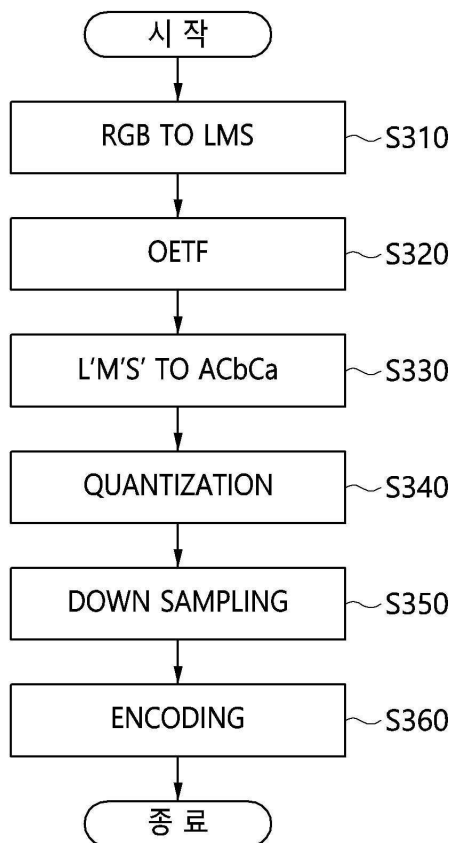
도면6



도면7



도면8



도면9

