



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2011년06월13일
(11) 등록번호 10-1041059
(24) 등록일자 2011년06월07일

- (51) Int. Cl.
G06K 9/46 (2006.01) G06K 9/40 (2006.01)
- (21) 출원번호 10-2006-7025918
- (22) 출원일자(국제출원일자) 2005년06월03일
심사청구일자 2009년02월10일
- (85) 번역문제출일자 2006년12월08일
- (65) 공개번호 10-2007-0024577
- (43) 공개일자 2007년03월02일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2005/019693
- (87) 국제공개번호 WO 2005/124663
국제공개일자 2005년12월29일
- (30) 우선권주장
10/866,447 2004년06월10일 미국(US)
- (56) 선행기술조사문헌
JP2001337667 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

- (73) 특허권자
삼성전자주식회사
경기도 수원시 영통구 매탄동 416
- (72) 발명자
브라운 엘리엇, 캔디스, 헬렌
미국, 캘리포니아 94950, 발레조, 요크 스트리트 531
히긴스, 미셸, 프란시스
미국, 캘리포니아 95430-0197, 던컨스 밀스, 피. 오. 박스 197
- (74) 대리인
박영우

전체 청구항 수 : 총 12 항

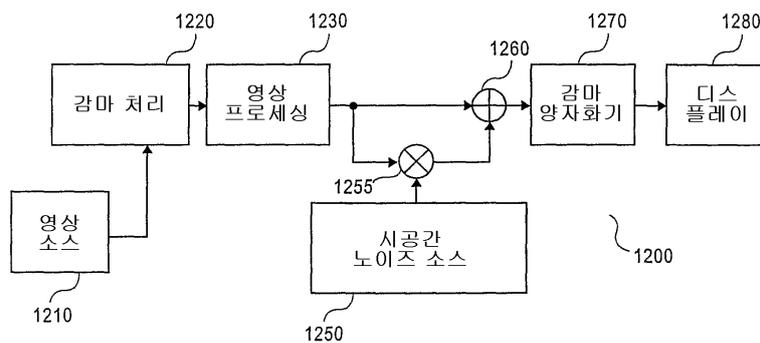
심사관 : 장기정

(54) 양자화된 디스플레이 시스템에서 감마 정확도 증가

(57) 요약

본 출원은 감마 처리(1220), 감마 양자화(1270), 및 노이즈 소스(1250)를 이용함으로써, 양자화된 디스플레이 시스템(1280)에서 증가된 감마 정밀도를 제공하기 위한 실시예들을 기술한다. 시스템 및 방법 실시예들 둘 모두가 3원색 및 다원색 디스플레이 시스템에서 영상 품질을 향상시키기 위하여 제공된다.

대표도 - 도12a



특허청구의 범위

청구항 1

영상 소스, 영상 프로세싱 엔진 및 디스플레이를 포함하는 디스플레이 시스템에서, 양자화 에러를 감소시키기 위한 방법으로서:

노이즈 신호를 생성시키는 단계와;

상기 노이즈 신호를 영상 신호에 의존하여 스케일링하는 단계로서,

상기 스케일링된 노이즈 신호를 상기 영상 신호에 더하여 결합된 신호로 만드는 단계와;

상기 결합된 신호를 양자화하는 단계를 포함하며,

상기 노이즈 신호를 생성시키는 단계는,

복수의 랜덤 컬러를 각각 포함하는 복수의 제1 영상 프레임을 생성하는 단계;

상기 복수의 제1 영상 프레임을 저역 통과 필터링 또는 고역 통과 필터링하여 얻어진 영상 데이터를 포함하는 복수의 제2 영상 프레임을 생성하는 단계; 및

상기 복수의 제2 영상 프레임으로부터 상기 복수의 제1 영상 프레임을 감산하여 상기 노이즈 신호를 생성하는 단계를 포함하는 양자화 에러 감소 방법.

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

청구항 6

삭제

청구항 7

삭제

청구항 8

삭제

청구항 9

삭제

청구항 10

제 1 항에 있어서, 상기 복수의 제 1 영상 프레임을 생성하는 단계는 복수의 랜덤 컬러를 생성하는 단계를 더 포함하며, 여기서 상기 랜덤 컬러는 일정한 휘도 및 랜덤 색도 성분을 포함하는, 양자화 에러 감소 방법.

청구항 11

제 10 항에 있어서, 상기 일정한 휘도 값은 50 퍼센트인, 양자화 에러 감소 방법.

청구항 12

제 10 항에 있어서, 상기 랜덤 컬러들은 상수인 L^* 과 랜덤한 a 및 b 값을 가지는 L^*ab 공간에서 생성되는, 양자화 에러 감소 방법.

청구항 13

제 12 항에 있어서, 상기 랜덤 컬러는 L^*ab 에서 RGB 공간, RGBW 공간, RGBCW 공간 및 다원색 공간을 포함하는 그룹 중의 하나로 변환되는, 양자화 에러 감소 방법.

청구항 14

삭제

청구항 15

제 1 항에 있어서, 상기 저역 통과 필터링은 공간 필터링인, 양자화 에러 감소 방법.

청구항 16

제 1 항에 있어서, 상기 저역 통과 필터링은 시간 필터링인, 양자화 에러 감소 방법.

청구항 17

제 1 항에 있어서, 상기 저역 통과 필터링은 시공간 필터링인, 양자화 에러 감소 방법.

청구항 18

제 1 항에 있어서, 상기 저역 통과 필터링은 랩 어라운드(wrap around) 영상 데이터를 사용하는 필터링을 더 포함하는, 양자화 에러 감소 방법.

청구항 19

제 18 항에 있어서, 상기 랩 어라운드 데이터는 하나의 영상 프레임을 포함하는, 양자화 에러 감소 방법.

청구항 20

제 18 항에 있어서, 상기 랩 어라운드 데이터는 상기 복수의 제 1 영상 프레임 중 첫 번째 프레임 마지막 프레임으로부터의 데이터를 포함하는, 양자화 에러 감소 방법.

청구항 21

삭제

청구항 22

제 1 항에 있어서, 상기 노이즈 신호의 데이터는 양의 값으로 이동되어 저장되는, 양자화 에러 감소 방법.

청구항 23

삭제

청구항 24

삭제

명세서

기술분야

본 출원은 양자화된 디스플레이 시스템에서 감마 정밀도를 증가시키기 위한 다양한 실시예의 시스템과 방법에

[0001]

관한 것이다.

배경 기술

[0002] 공동 소유하고 있는 미국 특허 출원, 즉 (1) 2001년 7월 25일 출원되고, 명칭이 "단순화된 어드레싱을 통한 풀 컬러 이미징 디바이스를 위한 컬러 픽셀의 배열(ARRANGEMENT OF COLOR PIXELS FOR FULL COLOR IMAGING DEVICES WITH SIMPLIFIED ADDRESSING)"인, 미국 특허 출원 번호 09/916,232('232 출원); (2) 2002년 10월 22일 출원되고, 명칭이 "증가된 변조 전이 함수 반응을 통한 서브-픽셀 렌더링을 위한 컬러 평판 디스플레이 서브-픽셀 배열 및 레이아웃의 개선(IMPROVEMENTS TO COLOR FLAT PANEL DISPLAY SUB-PIXEL ARRANGEMENTS AND LAYOUTS FOR SUB-PIXEL RENDERING WITH INCREASED MODULATION TRANSFER FUNCTION RESPONSE)"인, 미국 특허 출원 번호 10/278,353('353 출원); (3) 2002년 10월 22일 출원되고, 명칭이 "분할된 블루 서브-픽셀을 통한 서브-픽셀 렌더링을 위한 컬러 평판 디스플레이 서브-픽셀 배열 및 레이아웃의 개선(IMPROVEMENTS TO COLOR FLAT PANEL DISPLAY SUB-PIXEL ARRANGEMENTS AND LAYOUTS FOR SUB-PIXEL RENDERING WITH SPLIT BLUE SUB-PIXELS)"인, 미국 특허 출원 번호 10/278,352('352 출원); (4) 2002년 9월 13일에 출원되고, 명칭이 "서브-픽셀 렌더링을 위한 개선된 4 컬러 배열 및 에미터(IMPROVED FOUR COLOR ARRANGEMENTS AND EMITTERS FOR SUB-PIXEL RENDERING)"인, 미국 특허 출원 번호 10/243,094 ('094 출원); (5) 2002년 10월 22일에 출원되고, 명칭이 "감소된 블루 휘도 우물 가시성을 통한 컬러 평판 디스플레이 서브-픽셀 배열의 개선(IMPROVEMENTS TO COLOR FLAT PANEL DISPLAY SUB-PIXEL ARRANGEMENTS AND LAYOUTS WITH REDUCED BLUE LUMINANCE WELL VISIBILITY)"인, 미국 특허 출원 번호 10/278,328 ('328 출원); (6) 2002년 10월 22일에 출원되고, 명칭이 "수평 서브-픽셀 배열 및 레이아웃을 가지는 컬러 디스플레이(COLOR DISPLAY HAVING HORIZONTAL SUB-PIXEL ARRANGEMENTS AND LAYOUTS)"인, 미국 특허 출원 번호 10/278,393 ('393 출원); (7) 2003년 1월 16일에 출원되고, 명칭이 "줄무늬형 디스플레이를 위한 개선된 서브-픽셀 배열 및 이를 서브-픽셀 렌더링하기 위한 방법 및 시스템(IMPROVED SUB-PIXEL ARRANGEMENTS FOR STRIPED DISPLAYS AND METHODS AND SYSTEMS FOR SUB-PIXEL RENDERING SAME)"인, 미국 특허 출원 번호 01/347,001 ('001 출원)에는, 각각 그 전체가 본 명세서에 참고자료로서 포함되어 있는 바, 영상 디스플레이 디바이스에 있어서 비용/성능 곡선을 개선하기 위한 새로운 서브-픽셀 배열이 개시되어 있다.

[0003] 수평 방향으로 짝수의 서브픽셀을 가지는 특정 서브픽셀 반복 그룹들에 있어서, 예컨대 적절한 도트 반전 구조 또는 그 외의 개선과 같은 개선을 이루기 위하여 다음의 시스템 및 기술들이 개시되어 있는 바, 이들은 그 전체가 본 명세서에 참고자료로서 포함되어 있다. 즉: (1) 명칭이 "새로운 액정 디스플레이에서 영상 열화 보정 (IMAGE DEGRADATION CORRECTION IN NOVEL LIQUID CRYSTAL DISPLAYS)"인, 미국 특허 출원 번호 10/456,839; (2) 명칭이 "도트 반전을 수행하는 교차 결합을 가진 디스플레이 패널(DISPLAY PANEL HAVING CROSSOVER CONNECTIONS EFFECTING DOT INVERSION)"인, 미국 특허 출원 번호 10/455,925; (3) 명칭이 "새로운 디스플레이 레이아웃 상에서 표준 구동기 및 후면을 가지고 도트 반전을 수행하는 시스템 및 방법(SYSTEM AND METHOD OF PERFORMING DOT INVERSION WITH STANDARD DRIVERS AND BACKPLANE ON NOVEL DISPLAY LAYOUTS)"인, 미국 특허 출원 번호 10/455,931; (4) 명칭이 "감소된 양자화 에러를 이용하여 고정 패턴 노이즈를 가진 패널 상에 시각적 효과를 보상하기 위한 시스템 및 방법(SYSTEM AND METHOD FOR COMPENSATING FOR VISUAL EFFECTS UPON PANELS HAVING FIXED PATTERN NOISE WITH REDUCED QUANTIZATION ERROR)"인, 미국 특허 출원 번호 10/455,927; (5) 명칭이 "여분의 구동기를 통한 새로운 디스플레이 패널 레이아웃 상의 도트 반전(DOT INVERSION ON NOVEL DISPLAY PANEL LAYOUTS WITH EXTRA DRIVERS)"인, 미국 특허 출원 번호 10/456,806; (6) 명칭이 "비-표준 서브픽셀 배열을 위한 액정 디스플레이 후면 레이아웃 및 어드레싱(LIQUID CRYSTAL DISPLAY BACKPLANE LAYOUTS AND ADDRESSING FOR NON-STANDARD SUBPIXEL ARRANGEMENT)"인, 미국 특허 출원 번호 10/456,838; (7) 2003년 10월 28일에 출원되고, 명칭이 "분할된 블루 서브픽셀들을 통한 새로운 액정 디스플레이 내에서의 영상 열화 보정 (IMAGE DEGRADATION CORRECTION IN NOVEL LIQUID CRYSTAL DISPLAYS WITH SPLIT BLUE SUBPIXELS)"인, 미국 특허 출원 번호 10/696,236; (8) 2004년 3월 23일에 출원되고, 명칭이 "서로 다른 크기의 서브 픽셀들을 포함하는 액정 디스플레이를 위한 개선된 트랜지스터 후면(IMPROVED TRANSISTOR BACKPLANES FOR LIQUID CRYSTAL DISPLAYS COMPRISING DIFFERENT SIZED SUBPIXELS)"인, 미국 특허 출원 번호 10/807,604.

[0004] 이들 개선 사항은 다음의 공동 소유 미국 특허 출원들: (1) 2002년 1월 16일에 출원되고, 명칭이 "RGB 픽셀 포맷 데이터를 PENTILE MATRIX 서브-픽셀 데이터 포맷으로 변환(CONVERSION RGB PIXEL FORMAT DATA TO PENTILE MATRIX SUB-PIXEL DATA FORMAT)"인, 미국 특허 출원 번호 10/051,612('612 출원); (2) 2002년 5월 17일에 출원되고, 명칭이 "감마 조정을 통한 서브-픽셀 렌더링을 위한 방법 및 시스템(METHODS AND SYSTEMS FOR SUB-PIXEL RENDERING WITH GAMMA ADJUSTMENT)"인, 미국 특허 출원 번호 10/150,355('355 출원); (3) 2002년 8월 8일에 출원되고, 명칭이 "적응 필터링을 통한 서브-픽셀 렌더링을 위한 방법 및 시스템(METHODS AND SYSTEMS FOR SUB-

PIXEL RENDERING WITH ADAPTIVE FILTERING)"인, 미국 특허 출원 번호 10/215,843('843 출원); (4) 2003년 3월 4일에 출원되고, 명칭이 "영상 데이터의 시간적인 서브-픽셀 렌더링을 위한 시스템 및 방법(SYSTEMS AND METHODS FOR TEMPORAL SUB-PIXEL RENDERING OF IMAGE DATA)"인, 미국 특허 출원 번호 10/379,767; (5) 2003년 3월 4일에 출원되고, 명칭이 "움직임 적응 필터를 위한 시스템 및 방법(SYSTEMS AND METHODS FOR MOTION ADAPTIVE FILTERING)"인, 미국 특허 출원 번호 10/379,765; (6) 2003년 3월 4일에 출원되고, 명칭이 "개선된 디스플레이 시야각을 위한 서브-픽셀 렌더링 시스템 및 방법(SUB-PIXEL RENDERING SYSTEM AND METHOD FOR IMPROVED DISPLAY VIEWING ANGLES)"인, 미국 특허 출원 번호 10/379,766; (7) 2003년 4월 7일에 출원되고, 명칭이 "내장된 예비-서브픽셀 렌더링된 영상을 가진 영상 데이터 세트(IMAGE DATA SET WITH EMBEDDED PRE-SUBPIXEL RENDERED IMAGE)"인, 미국 특허 출원 번호 10/409,413에 더 개시되어 있는 서브-픽셀 렌더링(SPR) 시스템 및 방법과 결합될 때 구체적으로 표현되며, 이들은 본 명세서에 그 전체가 참고자료로서 포함되어 있다.

[0005] 전체범위 변환 및 매핑에서의 개선이, 공동 소유이며 공동 계류중인 미국 특허 출원들, 즉 (1) 2003년 10월 21일에 출원되고, 명칭이 "색조 각 계산 시스템 및 방법(HUE ANGLE CALCULATION SYSTEM AND METHODS)"인, 미국 특허 출원 번호 10/691,200; (2) 2003년 10월 21일에 출원되고, 명칭이 "소스 컬러 공간에서 RGBW 타겟 컬러 공간으로 변환시키기 위한 방법 및 장치(METHOD AND APPARATUS FOR CONVERTING FROM SOURCE COLOR SPACE TO RGBW TARGET COLOR SPACE)"인, 미국 특허 출원 번호 10/691,377; (3) 2003년 10월 21일에 출원되고, 명칭이 "소스 컬러 공간에서 타겟 컬러 공간으로 변환시키기 위한 방법 및 장치(METHOD AND APPARATUS FOR CONVERTING FROM A SOURCE COLOR SPACE TO A TARGET COLOR SPACE)"인, 미국 특허 출원 번호 10/691,396; 및 (4) 2003년 10월 21일에 출원되고, 명칭이 "전체범위 변환 시스템 및 방법(GAMUT CONVERSION SYSTEM AND METHODS)"인, 미국 특허 출원 번호 10/690,716에 개시되어 있으며, 이들은 모두 그 전체가 본 명세서에 참고자료로서 포함되어 있다.

[0006] 추가적인 장점들이 (1) 2003년 10월 28일에 출원되고, 명칭이 "다수의 입력 소스 포맷들로부터의 영상 데이터를 디스플레이하기 위한 개선된 다수의 모드를 가지는 디스플레이 시스템(DISPLAY SYSTEM HAVING IMPROVED MULTIPLE MODES FOR DISPLAYING IMAGE DATA FROM MULTIPLE INPUT SOURCE FORMATS)"인, 미국 특허 출원 번호 10/696,235 및 (2) 2003년 10월 28일에 출원되고, 명칭이 "다중-모드 디스플레이에 있어서 스케일링을 수행하기 위하여 영상 재구성 및 서브픽셀 렌더링을 수행하기 위한 시스템 및 방법(SYSTEM AND METHOD FOR PERFORMING IMAGE RECONSTRUCTION AND SUBPIXEL RENDERING TO EFFECT SCALING FOR MULTI-MODE DISPLAY)"인, 미국 특허 출원 번호 10/696,026에 기재된 바 있다.

[0007] 덧붙여서, 공동 소유 및 공동 계류 중인 다음의 출원들, 즉 (1) 명칭이 "비-줄무늬형 디스플레이 시스템에서 영상 데이터의 서브-픽셀 렌더링을 개선하기 위한 시스템 및 방법(SYSTEM AND METHOD FOR IMPROVING SUB-PIXEL RENDERING OF IMAGE DATA IN NON-STRIPED DISPLAY SYSTEMS)"인, 미국 특허 출원 번호 [대리인 관리 번호 08831.0064]; (2) 명칭이 "영상 디스플레이에 있어서 백색 점을 선택하기 위한 시스템 및 방법(SYSTEMS AND METHODS FOR SELECTING A WHITE POINT FOR IMAGE DISPLAYS)"인, 미국 특허 출원 번호 [대리인 관리 번호 08831.0065]; (3) 명칭이 "고휘도 디스플레이를 위한 새로운 서브픽셀 레이아웃 및 배열(NOVEL SUBPIXEL LAYOUTS AND ARRANGEMENTS FOR HIGH BRIGHTNESS DISPLAYS)"인, 미국 특허 출원 번호 [대리인 관리 번호 08831.0066]; (4) 명칭이 "하나의 영상 데이터 세트로부터 다른 세트로의 개선된 전체범위 매핑을 위한 시스템 및 방법(SYSTEMS AND METHODS FOR IMPROVED GAMUT MAPPING FROM ONE IMAGE DATA SET TO ANOTHER)"인, 미국 특허 출원 번호 [대리인 관리 번호 08831.0067]; (5) 명칭이 "고휘도 서브픽셀 레이아웃을 위한 개선된 서브픽셀 렌더링 필터(IMPROVED SUBPIXEL RENDERING FILTERS FOR HIGH BRIGHTNESS SUBPIXEL LAYOUTS)"인, 미국 특허 출원 번호 [대리인 관리 번호 08831.0068]은 모두 본 명세서에 그 전체가 참고자료로서 포함된다. 본 명세서에서 언급된 모든 특허 출원들은 그 전체가 참고자료로서 포함되어 있다.

발명의 상세한 설명

[0008] 일 실시예에 있어서, 디스플레이 시스템이 개시되며, 상기 디스플레이 시스템은 영상 소스, 영상 프로세싱 엔진 및 디스플레이, 및 양자화 에러를 감소시키기 위한 방법을 포함하고, 상기 방법은: 노이즈 신호를 생성시키는 단계와; 상기 노이즈 신호를 스케일링하는 단계로서, 상기 스케일링은 영상 신호에 종속적인 단계와; 상기 스케일링된 노이즈 신호를 상기 영상 신호에 추가하여 합성된 신호를 만드는 단계와; 상기 합성된 신호를 양자화하는 단계를 포함한다.

[0009] 다른 실시예에 있어서, 디스플레이 시스템이 개시되며, 상기 디스플레이 시스템은: 출력 응답 곡선을 가지는 디스플레이와; 입력 감마 테이블과; 선형 영상 프로세싱 수단; 및 출력 감마 테이블을 포함하며, 여기서 상기 입력 감마 테이블은 상기 디스플레이의 출력 응답 곡선의 데이터로부터 생성되고, 또한 상기 출력 감마 테이블은

상기 입력 감마 테이블로부터 생성되며 상기 출력 감마 테이블은 실질적으로 상기 입력 감마 곡선의 역 (inverse)이다.

[0010] 본 명세서에 포함되고 그 일부를 구성하는 첨부된 도면들은, 본 발명의 예시적인 구현 및 실시예를 예시하며, 상세한 설명과 함께 본 발명의 원리를 설명한다.

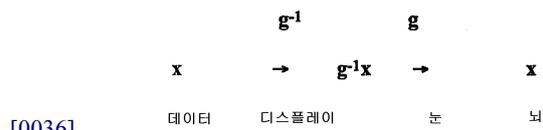
실시예

[0032] 영상의 양자화는 불연속적인 디지털 숫자로서 색 및 휘도 데이터를 저장하는데 사용된다. 휘도 레벨을 선형적인 방식으로 양자화하는 것이 가능하지만, 인간 시각 시스템이 휘도의 증가에 대하여 역 대수적인 방식으로 반응하기 때문에 데이터를 대수적인, 또는 거의 대수적인 방식으로 양자화하는 것이 바람직하다는 것이 발견된 바 있다. 이러한 양자화는 종종 "지각적으로(perceptually)" 양자화되는 것으로 언급된다. 이러한 양자화는 '지각적으로 감지불가능한 영상 압축'의 형태로 고려될 수 있다. 예컨대 sRGB 감마 표준은 종종 이러한 데이터 압축 기술로서 고려된다.

[0033] 인간 눈과 뇌는 휘도 변화를 절대적인 방사 에너지 수치가 아니라 비율 변화로서 받아들인다. 휘도가 증가함에 따라, 휘도에서의 주어진 증가를 인식하기 위해서 방사 에너지에서의 더 큰 절대 증가가 필요하다. 이는, 스크린 상에서 휘도 또는 밝기에서의 동일한 인식된 증가분들에 대하여, 각각의 광 에너지 증가분은 이전 것보다 대수적으로 더 높아야만 한다는 요구조건으로 귀결된다. 이 곡선은 다음 방정식으로 주어진다. 즉,

[0034] $L^* = E^{1/\text{Gamma}}$, 여기서 L^* 은 인식된 휘도이고 E 는 방사 에너지.

[0035] 인간 눈은 응답 함수 "g"를 가지는데, 이는 대략적으로 $g(x)=x^{1/\text{Gamma}}=x^{1/2.2}$ 이다. 이 함수와 매칭하기 위하여 또는 정확히는 이 함수를 상쇄하기 위하여, 디스플레이 시스템은 감마 곡선, 즉 눈의 수학적 응답 함수의 역인 " g^{-1} "라고 부르는 수학적 함수를 가지도록 설계되었다. 이 곡선은 통상적으로 대수적인 항으로서 "감마 곡선"이라 불린다. 디스플레이는 인간 눈의 대수적인 요구조건에 대략적으로 맞추기 위하여 대략 2.2의 감마를 사용하도록 설계된다. 음극선관이 대수적인 전압-휘도 전이 곡선을 가지며 또한 이러한 대수적인 감마 인코딩된 '지각적으로' 양자화된 영상의 영상 재구성을 위해 바람직한 전이 곡선에 거의 근사적이라는 것은 순전한 우연이었다. 다른 디스플레이 기술은 이 대수적인 전이 곡선에 자연스럽게 맞아 들어가지 않으며 따라서 재구성 감마 인코딩된 영상에 필요한 전이 곡선에 근사적으로 되도록 전이 곡선을 조정하는 회로가 필요할 수 있다. 이 비-선형 감마가 예상되는 양자화된 영상은 눈의 응답 함수, "g"에 기초한 양자 함수를 사용한다면 "지각적으로 인코딩 또는 양자화" 된다. 디스플레이는 이 비-선형 표현을 선형 표현으로 변형할 것이다.



[0037] 이러한 지각적으로 양자화된 영상은 영상 양자화의 선형성에 의존하는 디지털 알고리즘에 의해 프로세싱되기 위해서는 선형적인 휘도 포맷으로 변환되어야만 한다. 상기 알고리즘은 스케일링, 서브픽셀 렌더링, 컬러 전체범위 매핑 등을 포함할 수 있다. 디지털 프로세싱 이후, 영상들은 종종 디지털 입력 음극선관(CRT) 모니터, 플라즈마 디스플레이 패널(PDP), 또는 액정 디스플레이(LCD)와 같은 디스플레이 디바이스들이 수신하는 형태로 되도록 '지각적으로' 재양자화된다.

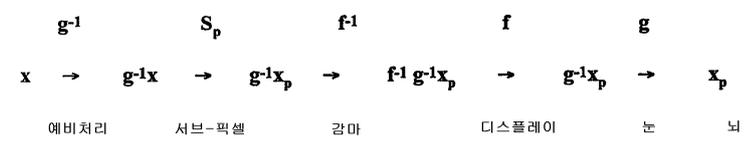
[0038] 예시적인 목적에서, 양자화된 신호가 입력된 디스플레이에 대한 검토는 이상적인 경우 및 실제 세계의 경우 양자에서 실시된다. 예컨대 트위스티드 네마틱(TN), 수퍼트위스티드 네마틱(STN), 수직 정렬, 다중-영역 수직 정렬(MVA), 인 플레인 스위칭(IPS) 등과 같은 동작 모드를 사용하는 통상의 액정 디스플레이와 같은 몇몇 디스플레이는 전기장에 대해 반응함으로써 주어진 필드 강도 범위에 걸쳐 연속적으로 광 전송이 변동하도록 한다. 광 방출 다이오드(LED) 및 유기 광 방출 다이오드 디스플레이(OLED)와 같은 그 외의 다른 디스플레이는 주어진 전류 레벨에 의하여 또는 시간적인 듀티 사이클 비율에 의하여 제어될 수 있다. 도 6은 디스플레이에 대하여 이상화된 디스플레이 전기-광 또는 시간-광 전이 곡선(600)을 보여준다. 수평축(605) 상에 동일 전압, 전류 또는 시간 단위 간격(610)들이 도시되어 있다. 양자화된 디지털 신호가 이러한 이상적인 전이 곡선(600)을 가진 디스플레이 상에서 동일 단위 간격(610)으로 매핑되는 경우, 응답 곡선(600)의 양자화된 레벨(620)이 확립되며, 이는 차례로 디스플레이에 대한 양자화된 출력 광 휘도(630)로 귀결되는 바, 이는 여기서 수직축(601) 상에 도시되어

있다. 출력 광 휘도 레벨(630)이 대수적으로 증가하고 있음을 주목하라.

[0039] 이 이상적인 디스플레이와는 반대로, 대부분의 실제 세계의 디스플레이 장치들은 이상적이지 않은 광 응답 곡선을 가진다. 도 7a는 비-이상적인 광 응답 곡선(700)을 가진 디스플레이 상에 동일 단위 간격(610) 양자화된 입력을 사용한 것의 비-이상적인 결과를 예시한다. 양자화된 광 휘도 레벨(735)이 대수적인 관계로 분포되어 있지 않음을 주목하라.

[0040] 이 비-이상적인 디스플레이는 도 7b에 예시된 바와 같이 비-동일 간격 양자화된 입력(710)에 의해 구동될 수 있다. 이들 양자화된 입력 값들은, 비-이상적인 전이 곡선(700) 상의 최종 점(720)들이 원하는 양자화된 광 휘도 레벨(630)로 매핑하도록, 조심스럽게 선택 또는 조정된다. 일부 종래 기술, 즉 전압 구동형, 액티브 매트릭스 액정 디스플레이(AMLCD)에서는, 디스플레이 구동기 집적 회로에 기준 전압을 제공하는 외부 저항기 래더를 가진 구동기를 사용함으로써, 이들 레벨들이 근사적으로 조정되었다. 하나의 구동 집적 회로는 65개 또는 256개의 아날로그 전압 출력 레벨을 가질 수 있기 때문에, 같은 수의 외부 조정가능 저항 래더를 제공하는 것은 만들지 말라는 것이나 다름없이 비싼데, 기준 전압들이 연결될 수 있게 하기 위하여 대응하는 수의 입력 핀들이 있어야만 하기 때문이다. 따라서 통상적인 실제 제작에 있어서는 감소된 숫자의, 통상적인 선택은 16개인, 저항 래더를 사용하는 것이다. 그 결과 양자화된 출력 값들의 조정에 있어서 감소된 수의 외부 기준 전압들로부터 직접 매핑된 값들에 대해서만 정확하게 된다. 외부 기준이 적용된 값들 각각 사이의 출력 값은 디스플레이 구동기의 내부 저항기 네트워크에 의하여 동일 단위 간격 보간된다. 고유의 전이 곡선(700)은 낮은 휘도 영역에서는 원하는 이상적인 전이 곡선(600)의 합리적인 근사이기 때문에, 조정된 양자화된 광 출력은 낮은 휘도 영역에서 원하는 대수적인 값을 부분적으로 근사적으로 따른다는 결론이 나온다. 그러나 외부 기준이 적용된 값들 사이의 값들은 특히 고 휘도 영역에서 이상적으로 양자화되어 있지 않다. 이러한 예러가 어떤 방식으로든 보상되지 않는 한, 인간 관찰자에게 영상 재구성 내 결함들이 보일 수 있을 것이다.

[0041] 디스플레이로부터 시작해서 뒤로 설명하는 방식은 그것으로 충분한 것으로 보일 수 있으나, 이것은 단순한 설명 목적으로 각 구성부분의 기능에 대한 원리를 이해하기 더 쉬우며, 따라서 본 발명을 한정하지 않는다. 뇌가, 지각적으로 인코딩된 원래의 영상 "x" 내에 있었으나, "x_p"으로서 디지털적으로 프로세싱될 수 있는, 데이터를 보게 하는 것이 바람직할 수 있다. 인간의 눈은 대략적으로 $g(x) = x^{1/\text{Gamma}} = x^{1/2.2}$ 인 응답 함수 "g"를 가진다. 이 함수를 매칭하도록, 또는 더 정확히는 이 함수를 상쇄하도록 하기 위하여, 그래픽 시스템(그러나 디스플레이 자체일 필요는 없는)은, "g⁻¹"으로 불리는, 눈의 수학적 응답 함수의 역인 수학 함수, 즉 감마 곡선을 가지도록 설계될 수 있다. 눈에 의해 콘볼루팅되는 경우, $g^{-1} x_p$ 는 x_p 로 된다. 앞에서 언급된 바와 같이, 디스플레이 감마는 선형적인 디지털 프로세싱 알고리즘을 방해한다. 선형 디스플레이 시스템을 성취하기 위하여, 디스플레이의 함수 "f"가 식별될 수 있고, 감마 보정 또는 더 정확히는 상쇄 함수 "f⁻¹"가 "f"의 역이 되도록 생성될 수 있다. 이 함수는 선형 디지털 영상 프로세싱 이후, 그러나 디스플레이 이전에, 적용될 수 있다. 이는 상기 프로세싱된 데이터가, 눈과 매칭하는 적절한 감마 곡선을 이용하여, 디스플레이에 의해 교란되지 않은 상태로 눈에 도달하는 것을 보장한다. 그러나 시스템이 상기 적절한 감마 항 g^{-1} 을 어디에 적용할 것인가? 선형 디지털 프로세싱 이후는 바람직하지 않을 수 있으므로, 그 바로 전인 예비처리(precondition) 단계에서 일 수 있다. 따라서 전체적인 데이터 파이프라인은 아래에 도시된다.



[0042] 감마 파이프라인이 제 위치에 정해지면, 선형 디지털 프로세싱은 실질적으로 해당 시스템으로부터 예상되는 올바른 컬러 균형과 휘도를 생성할 것이다.

[0044] 실제에 있어서, 데이터는 "지각적으로 양자화된" 감마 압축된 N 비트 형태의 파일로서 저장될 수 있고, 입력 감마 특업 테이블을 통해, 압축해제된, 더 많은 정밀도 비트를 요구할 수 있는 선형인 형태, 즉 N+X 비트로 변환될 수 있다. 컬러 전문가들은 에러를 회피하기 위하여 얼마나 많은 정밀도 비트가 필요한지에 대해 논쟁한다. 에러의 수는 더 많은 내부 비트가 사용될수록 점선적으로(asymptotically) 감소되는데; 에러가 0으로 되는 것을 보장하기 위해서는 수용불가능하게 많은 수의 정밀도 비트가 필요할 것이다. 감마 파이프라인에 있어서 0이 아닌 에러는 알아챌 수 있는 및 불쾌할 수도 있는 영상 내의 밴딩(banding) 또는 컨투어링(contouring)으로 귀결

될 할 수 있다.

- [0045] 감마 파이프라인을 통한 데이터 흐름을 검토하면, 시스템이 -- 선형화 예비처리 단계 및 출력 양자화, 디스플레이 감마 보정 단계에 서로 다른 함수들을 사용하여-- 비-이상적인 디스플레이를 사용하지만 그럼에도 실질적으로 이상적인 결과를 성취할 수 있게 하는 잠재력을 가질 수 있다는 것이 이해될 것이다. 그러나 시스템이 양자화된 영상에 대하여 동작하고 있을 수 있기 때문에, 시스템은 매핑 문제에 의해 구속될 수 있다. 예컨대 많은 디스플레이들은, 많은 디지털 영상 포맷의 8비트 양자화와 매칭하는, 8비트 디지털 값으로 표현될 수 있는, 256개의 그레이 레벨을 디스플레이할 수 있다. 만약 2개의 함수 g^{-1} 및 f^{-1} 이 서로 유사하지 않고, 또한 문제를 개선하기 위하여 그 외 다른 단계가 취해지지 않는다면, 얼마나 많은 정밀도 비트가 사이에 사용되었는지를 불문하고, 하나의 입력 값을 하나의 출력 값으로 매핑하는 문제가 존재할 것이다. 만약 이들이 서로에 대해 역함수라면, 입력 값들 중 일부는 동일한 출력 값들로 매핑될 수 있고, 한편 출력 값들 중 일부는 매핑될 입력 값을 가지지 않게 될 것, 다시 말해서 이들 출력 값들은 '생략(skipped)'될 것이다. 감마 파이프라인 내의 이러한 예러는 명백히 알아챌 수 있고 불쾌할 수 있는 영상 내의 심각한 밴딩, 또는 컨투어링으로 귀결될 수 있다.
- [0046] 따라서 디지털 프로세싱을 위한 선형 영역에서 상업적으로 합리적인 비트 깊이 표현을 유지하면서 디지털 영상 프로세싱 디스플레이 시스템의 개선된 감마 정확도를 제공하는 것이 바람직할 수 있다. 또한 상업적으로 합리적인 비트 깊이 디스플레이 구동기를 유지하면서 디지털 영상 프로세싱 디스플레이 시스템의 증가된 그레이 레벨 성능을 제공하는 것이 바람직할 수 있다.
- [0047] 매핑 문제에 대한 하나의 가능한 실시예는, 매핑된 입력을 사용하고 및 서로 정확하게 역함수인 출력 감마 곡선들을 사용하는 것이다. 3개의 대안적인 실시예들이 가능하다. 처음 실시예는 임의의 함수 및 그 역함수를 사용하는 것이다. 그러나 이것은 입력 영상의 양자화 함수 또는 디스플레이 함수 중 어느 하나와 매칭하는 기준을 만족하지 않을 수 있다. 다른 2개의 실시예는 입력 영상 양자화 함수 또는 디스플레이 함수 중 어느 하나와 매칭하는 것일 수 있다.
- [0048] 다른 실시예에서는, 예상되는 입력 감마 곡선의 사용 대신에, 측정된 디스플레이 감마 곡선의 스케일링되고 보간된 버전이 입력 감마 테이블로서 사용될 수 있다. 그 다음 측정된 모니터 감마 곡선의 역 버전이 출력 감마 테이블을 생성하는데 사용될 수 있다. 이것은 디지털 프로세싱 이후 디스플레이 응답의 선형성을 제공한다는 장점을 가지므로, 이 선형성에 의존하는 알고리즘(예컨대 서브픽셀 렌더링 및 컬러 전체범위 매핑)에 대하여 컬러 균형이 실질적으로 정확하다는 것을 보장할 수 있다.
- [0049] 도 4의 (a)에는, 디스플레이 감마 곡선의 특성 묘사가 그레이스케일 값들의 서브세트의 부동점 측정의 세트로부터 수행될 수 있음이 도시되어 있다. 도 4의 (b)에서와 같이 모든 측정된 점들을 통과하도록 하는 곡선(예컨대 3차 곡선 등)이 구성될 수 있다. 입력 및 출력 곡선은 도 4의 (c) 및 도 4의 (d)에 도시된 바와 같이 이 단일 수학 곡선으로부터 생성될 수 있다.
- [0050] 디스플레이 감마 곡선은 종종 sRGB 감마 곡선과 종종 합리적으로 유사하기 때문에, 입력 감마 변환은 합리적인 선형성 근사일 수 있다. 2개의 곡선이 실질적으로 역함수가 되게 만들어질 수 있으므로, 매핑 문제로 인한 예러의 개수는 작아야 한다. 공교롭게도, 일부 예러는 임의의 합리적인 정밀도에서도 여전히 나타날 수 있다. 이것의 한가지 이유는 곡선들이 감마 룩업 테이블을 만들기 위하여 정수 값으로 절단될 때 결코 서로의 "정확한 역함수"이지 않기 때문이다. 그 한가지 결과는, 입력 감마 곡선의 거의 평평한 시작부분이 서너 개의 입력 값들을 하나의 중간 값으로 매핑할 수 있고, 데이터에서의 원래의 차이가 이 영역에서 없어진다는 것일 수 있다. 도 1a는 이 문제가 발생하는 경우의 입력 감마 테이블의 일부를 보여준다. 다른 결과는, 출력 감마 곡선의 거의 수직인 시작부분은 연속적인 중간 값들을 매우 상이한 출력 값들로 매핑하고, 이때 사용되지 않은 출력 숫자를 생략한다는 것일 수 있다. 도 1b는 이 문제가 발생하는 경우의 출력 감마 테이블의 일부를 보여준다. 이들 문제 중 어느 하나, 그리고 곡선의 단부에서의 유사한 문제를 경감시키기 위한 일 실시예는, 입력 감마 곡선의 출력에서 정밀도의 비트 수를 증가시키는 것이다. 이것은 프로세싱의 정밀도를 증가시키며 또한 출력 감마 테이블의 크기를 증가시켜서, 구현하기에 더욱 비싸지게 만든다. 아래는 테이블 크기를 여전히 작게 유지하면서도 예러를 0으로 감소시키기 위한 절차를 보여준다.
- [0051] **감마 곡선의 시작 기울기를 제어**
- [0052] 일 실시예는 입력 감마 곡선의 시작을 수정하여 0 또는 실질적으로 평평한 것보다 더 큰 원하는 기울기 -- 일 예를 들면 대략 스케일링 및 정수로의 변환 이후 대략 1 이상의 기울기를 가지도록 하는 것이다. sRGB 표준은 곡선의 시작은 항상 선형이어야 하며, 입력 감마 변환 테이블을 수정하는 것에 있어서, 이것은 입력 영상 양자

화에 매칭되는 것과 디스플레이에 매칭되는 것의 합성물로 될 수 있게 하여야 한다는 유사한 요구조건을 가진다. 물론 원하는 기울기는, 양자화 효과 등에 대한 시스템의 원하는 응답에 따라, 1 보다 더 크거나 더 작은 임의의 값일 수 있음이 이해될 것이다. 또한 곡선의 다른 부분도 역시 마찬가지로 선형화될 수 있음이 이해될 수 있다.

[0053] 많은 디스플레이 시스템은 0 내지 255의 범위를 가질 수 있는 하나의 8비트 값으로서 단일 컬러 채널을 저장한다. 이는 입력 감마 테이블은 256개의 서로 다른 내부 값들을 그 안에 가져야만 한다는 것을 의미한다. 이들 내부 값들 각각은 통상적으로 입력 범위보다는 더 크다. 내부 값의 통상적인 하나의 크기는 12 비트 깊이를 가지며 그 결과 0 내지 4095의 범위를 가진다. 따라서 일 예에서, 만약 입력 감마 곡선이 그 정수 표현에서 선형적인 직선이라면, 이미 1 보다 더 큰 4095/255의 기울기를 가질 것이다.

[0054] 그러나 전형적인 디스플레이 감마 곡선은 매우 작은 기울기를 가지고 시작하며 거기서부터 증가하여, 눈의 대수적인 반응을 역으로 만든다. 감마 파이프라인의 내부 정밀도가 충분히 큰 경우, 예컨대 12 비트 깊이 이상인 경우, 정수 입력 감마 테이블의 기울기는 예컨대 1.0보다 더 크게 시작할 수 있고 이들 예러는 발생할 가능성이 더 적다. 기울기가 이미 1.0 이상인 경우에, 입력 감마 테이블의 시작은 수정될 필요가 없다. 그러나 내부 비트의 수가 낮은 경우, 예컨대 11 비트 이하인 경우, 정수 곡선의 기울기는 1 보다 작을 수 있다. 일실시에에 따라, 이 기울기는 1.0의 값을 가지도록 수정될 수 있다. 11 비트 또는 12 비트에서의 정밀도 "파괴" 점이 전체적으로 약 2.2의 감마를 가진 곡선에 맞는 예러는 것에 주목하라. 상이한 감마를 가진 다른 곡선은 다른 정밀도에서 1.0 보다 더 작은 내지 더 큰 기울기 변화를 가질 수 있다.

[0055] 시작 기울기는 많은 가능한 실시예에서 상이한 방식으로 처리될 수 있음이 이해되어야만 한다. 몇몇 경우, 2.2와 같은 단일 감마를 가진 수학적으로 정의된 곡선 또는 sRGB와 같은 복잡한 수학적 곡선을 사용할 수 있다. 이들 수학적 경우에, 선형 부분이 sRGB 곡선에 수직으로 추가되는 방식과 유사한 방식으로 원하는 기울기를 가진 곡선의 시작에 선형 부분을 추가할 수 있다. 선형 부분 이후의 곡선의 거듭제곱 부분은 곡선으로 올라가기 전에 기울기가 원하는 값(예컨대 실질적으로 평평하지 않은)을 가지고 진행될 때까지 수정될 수 있다. 이것은 테스트 영상 내에 알아챌 수 있는 기울기에서의 급격한 변화가 실질적으로 없는 곡선으로 귀결된다.

[0056] 최종 합성 곡선, 즉 곡선에 결합된 선형성은, 약간 상이한 합성 감마 값을 가질 것이다. 그 후 거듭제곱 부분의 곡률은 합성 감마가 역시 원하는 값(통상적으로 2.2)에 도달할 때까지 수정될 수 있다. 예컨대 sRGB의 거듭제곱 부분은 실제로 2.4의 감마를 가지지만 선형 부분과 결합되면 시작에서 합성 감마는 2.2이다.

[0057] 입력 감마로서 디스플레이로부터 측정된 감마 곡선을 사용하는 경우, 위의 방식으로 수정하기 위한 수학적 함수가 항상 사용가능한 것은 아닐 수 있다. 이 경우, 측정된 입력 감마를 원하는 범위로 스케일링하는 단계와, 이후 곡선의 시작을 인덱스로 입력 감마 테이블의 내용을 대체함으로써 원하는 기울기를 가지도록 수정하는 단계가 수행된다. 입력 감마 곡선의 기울기는 증가하기 때문에, 결국 기울기가 이미 원하는 값 이상인 점이 있을 것이고 프로세스는 중지될 수 있다. 합리적으로 높은 내부 정밀도에서 이 프로세스는 입력 감마 곡선의 처음 몇몇 값들만을 수정한다. 도 2a 및 2b는 이 선형화 단계를 수행하기 전과 후의 입력 감마 곡선의 시작 부분을 보여준다.

[0058] 정밀도가 낮은 경우 더 많은 값들이 수정되어야 한다. 단지 하나의 예를 들면, 8비트 내부 값들을 가진 6비트 입력 감마 테이블의 경우에, 2.2의 감마에 대하여, 처음 20개의 값들이 수정될 수 있다. 이것은 64의 가능한 입력 범위의 대략 3분의 1이며, 다른 영상 결합을 야기할 가능성이 있을 수 있다. 감마 곡선의 시작을 1.0의 기울기로 선형화하는 것의 효과는 컬러 범위의 어두운 단부가 감마 보정되지 않을 수 있다는 것을 의미한다. 이것은 처음 몇 개의 매우 어두운 값들만 고려할 때 문제가 아닐 것이다. 정밀도가 너무 낮은 경우, 어두운 것에서부터 중간 컬러에 이르기까지 수용불가능하게 넓은 범위에 걸쳐서 감마를 디스에이블링하는 것을 의미할 수 있다.

[0059] **라운드-오프(Round-Off) 예러**

[0060] 위의 선형화 절차가 행해졌더라도, 또는 선형화가 불필요하게 되었다더라도 예러는 여전히 나타날 수 있다. 이들 예러는 상이한 종류이며 역 감마 곡선이 생성되고 정수 값으로 절단되는 방식으로부터 귀결된다. 출력 감마 곡선 상의 모든 측정된 점들을 통과하는 하나의 곡선을 구성하기 위하여 Catmul-Rom 3차 곡선 또는 다른 적절한 보간 기술을 사용할 수 있다. 곡선은 보간된 샘플들의 임의의 수를 가진 입력 감마 곡선을 생성하기 위하여 스케일링되고 임의의 비율에서 샘플링된다. 3차 곡선은 매개변수적이기 때문에 역 감마 곡선을 생성하기 위하여 또한 다른 축 상에서도 샘플링할 수 있다. 이들 2개의 수학적 연산은, 그 결과를 부동점 숫자로서 저장하는 경우, 서로에 대해 실질적으로 역인 테이블들을 생성할 것이다. 이들을 정수로 변환하기 위하여 수행된 라운딩 및

절단 연산은 그 다음 정수 값을 위하여 언제 곡선을 스텝 업할 지에 대하여 효과적으로 결정을 내린다. 주의가 기울여진 경우 외에는, 입력 곡선에 대해 내려진 결정들은 출력 곡선에서와는 상이한 장소에서 일어나고, 이들 스텝들은 서로 앞서거나 뒤서거나 할 수 있다.

[0061] 이들 에러들을 예시하기 위하여, 도 3의 (a), (b), (c) 및 (d)는 입력 램프(ramp)의 작은 부분, 하나의 가능한 입력 감마 테이블, 가능한 대응하는 출력 감마 테이블의 부분 및 최종 출력 램프를 각각 보여준다. 최종 결과도 도 3의 (a)의 시작 기울기와 완전히 매칭하는 것이 바람직하다. 이들 입력 값은 도 3의 (b)의 예시적인 감마 테이블로 공급될 수 있다. 만약 이 테이블로부터의 출력이 내부 프로세싱에 의하여 수정되지 않았다면, 그 결과는 도 3의 (c)의 출력 감마 테이블로 공급된다. 이 곡선에서 평평한 지점들이 예상될 수 있지만, 입력 감마 곡선으로부터의 2개의 인접하는 값들이 출력 감마 곡선의 동일한 평평한 지점에 착지하는 것은 바람직하지 않을 것이다. 그 결과는 3의 (d)에 도시된 바와 같은 최종 출력에서의 에러이다. 2개의 곡선에 대한 정상적인 라운딩 및 절단은 디스플레이된 영상 내에서 볼 수 있는 최종 램프에서의 이들 가끔 있는 급강하 및 도약을 야기한다.

[0062] **라운드-오프 에러 보상**

[0063] 이들 라운드-오프 문제를 경감시키기 위하여 많은 가능한 실시예들이 가능하다. 하나의 가능한 실시예는 출력 감마 곡선을 수동-조정(hand-tune)하는 것일 수 있다. 도 3을 보면, 1 만큼 왼쪽 또는 오른쪽(이 경우는 왼쪽)으로 곡선의 부분들을 이동시키면 곡선의 이 부분에서 임의의 다른 에러를 도입함이 없이, 도 3의 (d)에서의 에러를 제거할 수 있다는 것을 쉽게 알 수 있다. 다른 실시예는 출력 감마 곡선이 정수로 라운딩되는 방식을 변화할 수 있다. 단지 하나의 예를 들면, 부동점 값을 원하는 값(예컨대, 대략 0.5)만큼 올려 라운딩하는 것은, 1 만큼 곡선의 부분들을 위로 이동시킬 것인데, 이는 곡선의 부분들을 좌측 또는 우측으로 이동시키는 것과 동일한 효과를 가질 수 있다. 이것은 곡선의 일부에서는 에러를 제거하는 반면에 그 외 부분에서는 에러를 생성할 수 있다. 세 번째 실시예는 입력 감마 곡선의 정수 복사버전으로부터 출력 감마 곡선을 구성하는 것일 수 있다.

[0064] 또 다른 실시예는 도 4의 (a) 내지 (d)에 도시된 절차를 변화시키는 것이다. 도 4의 (d)의 최종 단계는 도 5의 (a) 및 도 5의 (b)에 도시된 단계들로 대체된다. 도 5의 (a)에서, 새로운 곡선이 도 4의 (c)의 정수 결과로부터 생성될 수 있다. 도 5 (b)에 도시된 최종 단계에서, 도 4의 (b)의 첫 번째 곡선으로부터 직접 생성하는 것 대신에, 도 5의 (a)의 두 번째 곡선으로부터 출력 감마 곡선을 생성하는 것이 가능하다. 모든 데이터 점들을 실질적으로 통과할 수 있는 캣뮬-롬(Catmul-Rom) 3차 곡선을 사용할 수 있다. 정수 입력 곡선을 두 번째 3차 곡선을 위한 데이터 점들로서 사용하는 것은 최종 출력 감마 곡선이 전부는 아닐지라도 실질적으로는 입력 감마 점들을 접하게 허용할 수 있다. 그 후 입력 및 출력 테이블은 서로의 매칭된 역일 수 있다.

[0065] 또 다른 실시예에서, 입력 감마 데이터의 기울기를 원하는 값으로 선형화하는 것은 출력 감마 테이블을 위한 두 번째 곡선을 생성하기 위하여 사용하기 전에 성취될 수 있다. 선택적으로 모든 이들 단계들을 수행하고 최종 매칭된 테이블 내에 에러가 없음을 보장하기 위하여 체크하는 컴퓨터 프로그램을 사용할 수 있다. 언급된 기울기를 원하는 값으로 선형화하는 것은 항상 바람직한 것은 아니기 때문에, 이 단계는 선택가능한 옵션일 수 있다. 매칭된 감마 테이블들이 사용되지 않는 경우가 존재하기 때문에, 프로그램은 도 4의 (a) 내지 도 4의 (d), 및/또는 도 5의 (a) 내지 도 5의 (b)에서와 같이, 측정된 데이터로부터 직접 출력 감마 곡선을 구성하는 옵션을 가진다. 이 형태의 출력 감마 곡선은 매칭된 입력 감마 테이블 대신 표준 sRGB 입력 감마 곡선을 사용할 때 사용될 수 있다.

[0066] 또 다른 실시예에서, 매핑 문제는 디스플레이 출력 휘도 양자화 값들을 직접 제어하기 위하여 감마 특업 테이블(LUT) 또는 다른 감마 함수 생성기를 사용함으로써 해결될 수 있다. 일 실시예에서, 펄스폭 변조된 구동 전압 또는 전류에 대한 선형 출력 휘도 응답을 가진 디스플레이 장치는 감마 함수 생성기에 의하여 그 PWM 듀티 사이클이 제어되게 할 수 있다. 예컨대 유기 광 방출 다이오드 디스플레이와 같은 전류 구동형인 시스템에서, 광 방출은 시스템을 통과하여 흐르는 총 순간 전류에 비례한다. 상업적으로 구입가능한 OLED 구동기, CLAIRMicronix 부품 #MXED102, 240 채널 컬럼 구동기 칩을 위한 데이터 시트를 보면, 일정한 전류, 펄스폭변조, 그레이스케일 시스템을 사용한다는 것이 나타나 있는데, 여기서 각 채널에 대한 다운-카운터가 데이터 값으로 래칭되고, 그후 클럭이 펄싱되어, 전류가 디스플레이에 인가되는 동안 증가분을 카운팅 다운하여 0에 이르기까지 하고, 0에 도달하는 시간에 채널이 턴 오프된다.

[0067] 대부분의 클럭은 일정한 간격이다. 그러나 일정하지 않은 간격, 즉 처음에는 짧았다가 아래로 내려갈수록 더 길어지는 간격을 사용한다면, 화상 품질 이미지를 생성하기에 필요한 비-선형 감마를 제공하기 위하여 디스플레이에 적절한 감마를 인가하기 위하여 PWM을 제어하도록 감마 조정된 클럭을 구현할 수 있다.

[0068] 유연한 감마 클록(1302)을 제공하는 도 13에 도시된 일 실시예는 디지털 비교기 뱅크(1310)에 공급하기 위하여 다른 업 또는 다운 카운터(1306)를 사용할 수 있다. 그 각각의 비교기는 감마 테이블(1308)로부터 숫자를 공급 받는데, 이 숫자는 sRGB와 같은 예상된 지각적 양자화 함수로부터 생성된 것이다. 카운터(1306)로부터의 클록 카운트가 테이블로부터의 값과 동일하면, 비교기는 구동기(1314)로 클록 신호를 송신한다. 구동기(1314)는 또한 디스플레이(1316)를 구동하기 위하여 영상 프로세서(1312)로부터의 신호 및 적절한 프로세스 신호를 입력할 수 있다.

[0069] 구동기 내에 존재하는 그레이 레벨들 만큼 많은 디지털 비교기들이 뱅크(1310)에 존재할 수 있다. 감마 카운터 (1306)의 비트 깊이는 감마 곡선의 정확도를 개선하기 위하여 감마 클록 생성기 내에서 임의적으로 더 크게 만들어질 수 있다. 서브픽셀 렌더링 데이터 경로 록업 테이블을 위한 감마 클록 테이블 및 감마-파이프라인은 실질적으로 동일하거나 또는 역 값을 가질 수 있다. 다른 방식으로, 감마 클록 카운터는 적절하게 더 빠르지만 선형인 즉 일정한 간격의 클록에 의해 공급될 수 있다. 테이블내에서 값을 계산하고 저장함으로써, 어떠한 원하는 감마 곡선도 PWM 장치 상으로 장착될 수 있다.

[0070] 서브픽셀 렌더링 엔진 입력(감마 '예비처리하는' 테이블 출력)에서 사용되는 것과 같이, 감마 테이블 내에서 실질적으로 동일한 비트 깊이를 사용하는 것은, 실질적으로 0인 낮은 공간 주파수 그레이스케일 통과 에러를 야기 할 수 있다. 따라서 영상 프로세싱 알고리즘은 -- 그레이 스케일 인코딩의 선형성에 의존하여 -- 선형 공간에서 수행될 수 있고 감마가 서브픽셀 렌더링 제어기에 의하여 제어될 수 있는 경우 비-선형 감마 디스플레이를 "선형" OLED 또는 다른 적절한 PWM 구동형 디스플레이로 위치를 바꾸어 놓을 수 있다.

[0071] 또 다른 실시예에서, 매핑 문제를 또한 이용가능한 양자화된 출력 값들의 수를 증가시킴으로써 부분적으로 해결 될 수 있다. 만약 출력 값들의 수가 입력 값들을 초과하면, 디지털 프로세싱 시스템의 안과 밖의 전이 함수들은 2개의 입력 값을 동일 출력 값에 매핑하지 않고는 상이할 것이다. 출력 값들 중 일부는 생략될 수 있지만, 사용 된 출력 값들의 수는 실질적으로 입력 값들의 수와 동일할 수 있다. 덧붙여서, 감마 파이프 내의 디지털 프로세싱 알고리즘 또는 프로세스가 입력 값으로부터 직접 매핑되지 않았던 내부 값을 생성한다면, 이 내부적으로 생성된 값은 입력값이 직접 매핑하지 않은 출력 값으로 매핑할 수 있다. 이 성질은 유용할 수 있는데, 많은 디지털 프로세싱 알고리즘 및 프로세스가 이러한 새로운 값들, 즉 인간 관찰자에 의하여 관찰될 때 정보를 전할 수 있는 정보를 담고 있는 값들을 생성하기 때문이다.

[0072] 여기서 일 예가 본 발명의 범위를 제한하지 않으면서 이러한 성질의 유용성에 대한 단순한 예시로서 제공된다. 종래의 영상 데이터 세트를 서브픽셀 렌더링된 데이터 세트로 (아마도 참고자료로서 포함된 특허출원들 중 일부에 기재된 방법을 사용하여) 매핑하는 경우, 타겟 컬러 서브픽셀관련 디스플레이의 서브픽셀 구조의 에일리어스(alias)일 수 있는 높은 공간 주파수 영상 성분이 제거 즉 필터링되어 사라진다. 영상 내의 임의의 점에서의 결과는 더 낮은 공간 주파수 성분들로 된 값일 수 있다. 원래의 영상과 동일한 비트 깊이로 재-양자화되는 경우, 위에 교시된 감마 함수 구성 방법을 사용한다 하더라도, 불쾌한 결함들이 발생할 수 있다.

[0073] 예시적인 목적으로 더욱 상세한 예를 제시한다면, 도 10a에 도시된, 육(6) 비트 영상 데이터 세트(1010)의 부분은, 2개의 순차적인 양자화된 값들 사이에 교대한 영상의 부분을 가지는 바, 첫 번째 입력 감마 함수에 의하여 도 10b에 도시된 십(10) 비트 내부 영상 데이터 세트(1020)로 되도록 변형될 수 있다. 이것은 차례로, 바로 아래에 보여지는 것과 같은 필터 커널에 의하여 필터링 또는 평균화되어, 도 10c에 도시된 필터링된 영상 데이터 세트(1030)로 될 것이다.

-0.0625	0.125	-0.0625
0.125	0.5	0.125
-0.0625	0.125	-0.0625

[0074]

[0075] 원래의 영상 데이터 세트(1010) 및 변형된 영상 데이터 세트(1020) 내에 있었던 대각 축에서의 높은 공간 주파수 에너지가 필터링되고, 낮은 공간 주파수 기울기만이 남겨진 것에 주목하라. 만약 이 내부 영상 데이터 세트가 이때 지각적으로, 대수적으로 육(6) 비트로 다시 재-양자화된다면, 높은 또는 낮은 라운드-오프에 따라, 도 10d 및 도 10e에 각각 도시된 2개의 가능한 영상 데이터 세트(1040, 1050)로 귀결될 것이다. 이들 데이터 세트(1040, 1050) 내의 영상들은 기울기의 중심에는 없지만 하나의 예지 또는 다른 예지에는 있는 경계 또는 예지(1045, 1055)를 보여준다는 것에 주목하라. 이것은 불쾌한 결함으로써 보여질 수 있을 것이다. 이 결함은 양자화 노이즈라고 알려져 있다. 이 노이즈는 원하는 신호와 실제 신호 사이의 차이이다. 그러나 만약 필터링된 영

상 데이터 세트(1030)가 팔(8) 비트로 지각적으로 양자화된다면, 그 결과는 도 10f에 예시된 팔(8) 비트 출력 영상 데이터 세트(1060)이 될 것이다. 영상(1060)은 필터링된 내부 영상(1030) 내에 존재하는 각각의 상이한 값을 표현하는 값을 가지고 매끈하다는 것에 주목하라. 이러한 최종 예에서는 양자화 잡음이 존재하지 않는다.

[0076] 양자화 노이즈의 감소의 장점은 시스템이 인입 데이터가 제공하는 것보다 더 낮은 그레이 스케일 구동기를 사용할 때 상당할 수 있다. 그러나 시스템의 인입 데이터와 동일한 그레이 스케일 비트 깊이를 사용하는 시스템에서조차도, 디스플레이 시스템 감마를 설정하기 위하여 입력 감마 조정 수단(LUT 또는 다른 함수 생성기)를 허용함으로써, 전체 전이 함수(감마)의 더 나은 제어에 있어서 이익을 볼 수 있으며, 한편 출력 양자화는 정확히 매칭하고 보완하며, 이에 따라 실제 디스플레이 장치의 전이 함수를 양자화 노이즈의 감소라는 추가 이익에 기인하여 구동기의 비트 깊이보다 더 큰 충실도를 가지고 상쇄한다. 따라서 원하는 경우, 스케일링 또는 서브픽셀 렌더링과 같은 임의의 선택적인 데이터 프로세싱이 뒤따르는, 인입 데이터를 일부 임의의 더 큰 비트 깊이로 변환하는 입력 변형 기능을 가질 수 있다. 이것은 인입 데이터세트보다 더 큰 비트 깊이, 더 높은 수의 양자화된 레벨을 가지고 디스플레이 디바이스로 매칭된 출력 변형을 경유하는 변환이 이어질 수 있다. 양자화된 출력 레벨의 수를 증가시키기 위한 추가 실시예들은 더 아래에서 논의된다.

[0077] 양자화기 룩업 테이블에 매칭하는 고정 패턴 노이즈

[0078] 일부 패턴은 고정된 (예컨대 움직이지 않는) 패턴 노이즈를 나타내는데, 여기서 픽셀 또는 서브픽셀의 서브세트에 대한 전기-광학(E0) 전이 함수는 다른 서브세트와는 상이하며, 아마도 이동되어 있다. 이 고정된 패턴 노이즈는, 보상되지 않는 경우, 차이가 큰 경우 불쾌한 영상을 야기할 수 있다. 그러나 이들 큰 차이조차도 통상적으로 불충분한 그레이 스케일 깊이에 의해 야기되는 가짜 경계(contour)와 같은 양자화 노이즈 결함을 감소시키는데 유리하게 사용될 수 있다.

[0079] 예시 목적으로 일례가 여기에 주어지는 바; 도 9a는 두개의 전이 곡선(600, 700)을 보여주는데, 양자는 동일 디스플레이 상에 존재하며, 한 곡선(600)은 이상적인 것에 가깝고, 다른 곡선(700)은 이상적인 것으로부터 더 멀리 있다. 각 곡선은 디스플레이 상의 픽셀 또는 서브픽셀의 서브세트에 대응한다. 예시 목적으로, 각 컬러의 서브픽셀들의 절반이 이상적인 전이 곡선(600) 근처에 있고, 나머지 절반이 비-이상적인 전이 곡선(700)에 있다고 가정하자. 또한 이들 서브픽셀은 디스플레이 전체에 고르게 분포되고 혼합되어 있다. 주어진 양자화된 입력 레벨(910)에서, 2개의 점(960, 970)이 전이 곡선(600, 700) 상에서 각각 선택된다. 이들 점(600, 700)은 두개의 출력 휘도 레벨(906, 907)로 각각 매핑한다. 출력 레벨에서의 이 차이는, 원하는 영상 신호가 아닌 디스플레이 상의 휘도의 고정 패턴이 존재한다는 것을 의미한다. 원하는 영상 신호와 실제 신호 사이의 차이는 고정 패턴 노이즈이다.

[0080] 패턴 노이즈가 예측가능하고, 측정가능하기 때문에, 각 서브세트의 E0 전이 함수와 매칭되는, 픽셀 또는 서브픽셀의 각 서브세트에 대하여 별도의 양자화기를 제공할 수 있다. 디지털 시스템에서 양자화는 종종 룩업 테이블(LUT), 또는 다른 함수 생성기인데, 이는 더 큰 비트 깊이 값을 더 작은 비트 깊이 값으로 변환한다. 큰 비트 깊이 값은 선형적인 디지털 영상 프로세싱을 위한 것일 수도 있고 아닐 수도 있다. 큰 비트 깊이 값은 선형 휘도 공간(인코딩)에 또는 임의의 공간(인코딩)에 있을 수 있다. 별도의 양자화기를 이용하여, 도 9a에 예시된 바와 같은 고정 패턴 노이즈에 대하여 보상할 수 있다. 이상적인 전이 곡선(600) 근처에 있는 서브픽셀의 서브세트를 위한 별도의 양자화기를 이용하여, 주어진 내부 값이 디스플레이 입력 값(915)으로 매핑되고, 이 디스플레이 입력 값(915)은 곡선(600) 상의 한 점(965)을 선택하며, 이는 차례로 광 출력 휘도 레벨(905)로 매핑된다. 비-이상적 전이 곡선(700)에 있는 서브픽셀의 다른 서브세트를 위한 별도의 양자화기는 동일한 상기 주어진 내부값을 상이한 디스플레이 입력 값(910)으로 매핑할 수 있고, 이 디스플레이 입력 값(910)은 비-이상적인 곡선(700) 상의 점(970)을 선택하며, 점(970)은 출력 휘도 레벨(907)로 매핑하고, 레벨(907)은 처음의 출력 휘도 레벨(905)에 가까이 놓여 있다. 그러므로, 고정된 패턴 잡음 진폭이 감소될 수 있다.

[0081] 별도의 전이 곡선들을 보상하여 고정 패턴 노이즈를 감소시키는 별도의 LUT를 가질 뿐만 아니라, 서브픽셀 서브셋 및 LUT의 각각의 조합이 상이한 내부 값 입력에서 상이한 라운드-오프(변화 출력)를 양자화하기 때문에, 디스플레이 시스템의 유효 그레이 스케일이 증가된다. 고정 패턴 노이즈는, 적당한 양으로 존재하는 경우, 인간 시각 시스템에 의하여 필터링되고 평균화된다. 주어진 전이 곡선을 가진 픽셀 또는 서브픽셀의 일 서브세트 상의 각 휘도 레벨에 있어서, 처음의 상기 휘도 레벨로 매핑하는 내부 값들의 범위 내에서 상태를 스위칭하는 상이한 전이 곡선을 가진 픽셀 또는 서브 픽셀의 다른 서브세트의 하나 이상의 출력 휘도 레벨이 있을 수 있다. 서로 다른 전이 곡선들을 가진 픽셀 또는 서브픽셀의 서브세트로부터 휘도 레벨의 이들 가능한 조합 각각은, 인간 시각 시스템에 의하여 하나의 상이한 그레이 스케일 레벨로서 지각될 것이다. 이 성질은 도 9b에 예시되어

있다. 첫 번째 전이 곡선(600) 상의 양자화된 점(930)에 의하여 주어지는 주어진 밝기에서 픽셀 또는 서브픽셀 세트의 그룹이, 각각 점(925 또는 935)에서 중간 밝기 레벨을 생성하도록, 두 번째 전이 곡선(700) 상의 양자화된 점(920 또는 940) 중 어느 하나에서 픽셀 또는 서브 픽셀의 그룹 중 하나와 결합될 수 있다. 이 예시에서, 처음의 전이 곡선(600) 상의 모든 양자화된 점이 2배로 증가된 것은 아니지만, 일반적인 경우, 이 기술은 디스플레이 상에 이용가능한 유효 밝기 레벨의 수를 2배로 증가시키는 것에 가깝게 될 것이다.

[0082] 서브세트들은 구현될 개선을 위하여 스텝 밖으로 정확히 양자화될 필요도 스텝 밖으로 균일하게 양자화될 필요도 없지만, 그렇게 된다면 도움이 된다. 서브세트의 수는 2 이상일 수 있다. 더 많은 서브세트는 LUT의 수를 증가시킬 것이지만, 또한 양자화 노이즈 감소 및 증가된 그레이 스케일 재생의 이익을 증가시키는데, 이는 각각의 서브세트가 서로 다른 입력 레벨에서 양자화할 것이고, 이는 디스플레이 상에 이용가능한 유효 밝기 레벨의 층 수를 증가시킬 것이기 때문이다.

[0083] 또 다른 실시예에서, 서브픽셀 컬러 당 2 이상의 EO 전이 함수의 서브세트를 사용하여, 고정 패턴 노이즈를 일부러 도입하는 것은 유익할 수 있다. 녹색은 통상적으로 휘도 인식의 가장 큰 비율에 대하여 책임이 있기 때문에 다수의 녹색 서브세트를 가지는 것은 휘도 그레이 스케일 성능을 증가시킬 것이다. 2개 이상의 붉은색 서브세트를 가지는 것은 휘도 그레이 스케일 성능을 더 증가시키겠지만 더 낮은 정도로 증가시킬 가능성이 있다. 임의의 컬러(예컨대 붉은색, 녹색, 또는 청색 또는 다원색 시스템에서 임의의 다른 원색)에서의 증가를 가지는 것이, 컬러 양자화 에러 없이 표현될 수 있는 컬러의 수를 증가시킨다는 것이 이해되어야 할 것이다. 여기서 기재된 실시예들과 기술들은 3원색(예컨대, 붉은색, 녹색, 청색) 시스템에 적용가능한 것과 같이 다원색 시스템에도 적용가능하다는 것이 이해되어야 할 것이다.

[0084] 고정 패턴 노이즈는 서브픽셀 와류(parasitics)에서의 차이의 결과와 같은 운수 좋은 뜻밖의 발견일 수 있다. 대안적으로, 고정 패턴 노이즈는 서브픽셀의 개구비(aperture ratio)를 조정하는 것과 같이 고의적인 것일 수 있다. 와류에서의 차이는 액티브 매트릭스 액정 디스플레이(AMLCD)에서 박막트랜지스터(TFT) 또는 저장 커패시터의 위치나 크기를 이동한 결과일 수 있다. 개구비는 서브픽셀, 가장 유명하게는 일부 LCD 설계에서 사용되는 '검은 매트릭스(black matrix)'의 설계에 대한 조정의 임의의 단일 또는 조합을 사용하여 조정될 수 있다. 그러나 여기서의 개념은 단색이든 컬러이든 임의의 적절한 픽셀 관련 또는 서브픽셀 관련 디스플레이에 대해 사용될 수 있다.

[0085] 덧붙여서, 고정 패턴 노이즈는 큰 진폭 또는 작은 진폭일 수 있다. 만약 작다면, 매칭된 양자화기 없이는 가시적이지 않을 수 있지만, 매칭된 양자화기를 사용하여 그레이 스케일에서의 개선이 여전히 구현될 수 있다. 만약 진폭이 크다면, 노이즈는 뚜렷하게 가시적일 수 있지만, 매칭된 양자화기를 사용하여, 노이즈가 실질적으로 상쇄되고 보이지 않게 감소될 수 있고 동시에 그레이 스케일이 향상될 수 있다.

[0086] 또한 많은 형태의 EO 차이가 존재한다. 한 형태는 개구비가 서브세트에 대하여 서로 다른 때 발생할 수 있는 바와 같은, 선형 이동이다. 다른 형태는 와류의 차이에서 발생할 수 있는 바와 같은, EO 곡선의 모양에서의 이동이다. 둘 다 양자화 LUT가 보완 함수이기 때문에 양자화 LUT를 통해 조정될 수 있다.

[0087] 또 다른 실시예에서, 시스템의 성능을 더욱 증가시키기 위하여 다수의 양자화기의 사용은 큰 비트 깊이 값에 추가되는 높은 시공간 주파수 노이즈와 결합될 수 있다. 둘의 결합은 홀로인 각각보다 더 큰 성능을 보여준다. 이것은 감소된 양자화 노이즈와 함께 개선된 감마 (전이 함수) 조정을 제공한다.

[0088] 일 실시예는 해당 기술분야에서 예컨대 고정 공간 패턴 디더와 같이 "디더(dither)" 라고 알려져 있는 기술을 사용할 수 있다. 다시 말해서, 디더 패턴은 측방향으로 이동하지도 않고 밝기 깊이를 변화시키지도 않는다. 고정 패턴 디더 패턴들이 해당 기술분야에서 알려져 있는데, 이들 패턴들은 여기서 기재되는 바와 같이 매칭된 양자화기 함수 생성기의 사용과 함께 사용될 수 있다.

[0089] 해당 기술분야에서 발견된 다른 형태의 디더는 "시간 디더(temporal dither)" 및 "시공간 디더(spatiotemporal dither)"라고 알려져 있다. 시간 디더는, 두개의 밝기 레벨 사이에서 인간 시간 시스템에 의해 인식될 수 있는 것보다 더 높은 매우 빠른 속도로 스위칭함으로써 생성된다. 그러나 만약 시간 스위칭 속도가 너무 느리다면, 일반적으로 60 Hz 아래라면, 시간 디더는 깜빡임(flicker)으로 인식될 수 있다. 시간 디더의 유용한 성질을 여전히 유지하면서 깜빡임의 출현을 감소시키기 위하여, 시간 디더는 공간 패턴과 결합될 수 있다. 그 결과는 "시공간 디더"이며, 여기서 픽셀 또는 서브픽셀의 하나의 서브세트가 하나의 밝기 상태에 있고 한편 다른 서브세트가 두 번째 밝기 상태에 있으며, 즉 공간 디더이며, 다만 이는 상기 첫 번째 픽셀 또는 서브픽셀의 서브세트가 상기 두 번째 밝기 상태로 스위칭되고 상기 다른 서브세트가 상기 첫 번째 밝기 상태로 스위칭된, 즉 시간 디더

이후의 주어진 길이의 시간 동안만 그러하다. 시간 주파수는 60 Hz 아래로 감소될 수 있으나 여전히 인간 시각 시스템에는 보이지 않는데, 이는 해당 기술분야에서 잘 알려져 있다.

[0090] 시공간 디더링의 통상적인 형태는 해당 기술분야에서 "프레임 속도 제어(Frame Rate Control: FRC)"라고 불린다. 전형적으로, 이러한 시스템은 디스플레이의 "실제" 그레이 레벨을, 그레이 레벨의 수와 매칭하는 첫 번째 N 비트로 매핑한다(예컨대 육(6) 비트 그레이스케일 구동기의 양자화된 출력 레벨들은, 8 (비트) 양자화된 영상 데이터 세트의 첫 번째 최상위 6개의 비트에 매핑된다). 영상 데이터 세트 내에서 이용가능한 임의의 추가 비트 깊이는 미리 결정된 시공간 디더 패턴을 선택하기 위하여 사용된다(예컨대 8비트 양자화된 영상의 2개의 최하위 비트가 3개의 미리 결정된 시공간 디더 패턴 및 디더 패턴이 없는 것에 할당된 4번째 값으로부터 선택하기 위하여 사용될 수 있다). 패턴은 전형적으로 패턴 가시성을 감소시키기 위하여 가능한 한 높게 패턴의 공간 주파수를 유지하기 위하여 매우 작은 반복 셀 패턴을 포함한다.

[0091] 프레임 속도 제어를 사용하는 더욱 저가의 AMLCD에서 종종 발견되는 문제들 중 하나는 시공간 디더링 결함의 가시성이다. 이들 결함들 중 하나는 마하(Mach) 밴드 또는 경계가 나타나는 그늘진 물체의 균일하지 않은 그레이스케일의 출현이다. 이것의 원인은 실제의 비-디더링된 그레이스케일의 그레이 밴드 레벨이 원하는 감마 곡선에 맞추어지도록 조정된다는 사실일 수 있다. 그러나 사이의 디더링된 레벨들은 실제 그레이 레벨들 사이의 선형 보간이다. 따라서 상기 선형 보간 시공간 디더를 사용하는 디스플레이의 전체 전이 곡선은 직선 세그먼트를 따라 일련의 양자화된 점들을 보여주며, 각 세그먼트의 종단은 원하는 대수적 곡선을 따르지만 각 직선 세그먼트를 따라 양자화된 점은 원하는 대수적 곡선의 내부에서 현을 따라 위치한다. 직선 세그먼트를 따르는 각각의 점은 일정한 기울기 전이 곡선을 보여준다. 한편 종단에서의 모든 점은 기울기의 갑작스런 변화를 나타낸다. 인간 눈은 그늘진 영상의 기울기에서의 변화를 매우 잘 검출한다. 이것은 눈이 영상을 프로세싱하여 영상의 두 번째 및 세 번째 도함수만을 너로 전송하기 때문이다. 디더링 결함은, 각 직선 세그먼트의 종단에서 기울기의 갑작스런 변화에 기인하여, 디스플레이된 영상의 세 번째 도함수에서 선들로서 검출가능하다.

[0092] 이러한 인간 프로세싱의 장점을 취하는 일 실시예는, 위에 교시된 바와 같이 매칭 양자화기를 가지고 비-디더링된 및 디더링된 그레이스케일 밝기 레벨들 둘 모두를 매핑하는 것이다. 다른 실시예는 더 많은 그레이 레벨을 가지며 이들을 매칭 양자화기를 사용하여 매핑하는 디더링 시스템을 제공하는데 위에 기재된 추가 개선을 제공한다.

[0093] 미리 결정된 시공간 디더 패턴의 그레이 레벨의 수를 증가시키기 위한 일 실시예는, 추가적인 중간 그레이 레벨을 생성하기 위하여 실제 그레이 레벨들의 더 큰 범위를 사용하고, 그리하여 문제를 해결책의 일부로 전환하는 것이다.

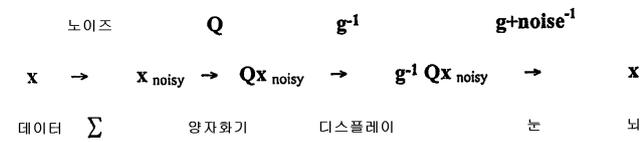
[0094] 만약 비-디더링된 양자화된 출력 밝기 그레이 레벨들이 선형이고 하나의 선 상에서 등거리에 있다면, 비-인접 양자화 레벨들 사이를 디더링함으로써 생성된 이들 여분의 그레이 레벨들은 중복적이고, 비-디더링 레벨들 및/또는 2개의 인접 레벨들 사이의 디더링에 의하여 이미 제공된 것과 동일한 레벨들에 착지할 것이다. 그러나 실제 그레이 레벨들이 비-선형 감마 곡선 상에 있기 때문에, 그 다음 가장 가까운 이웃 레벨의 중간 레벨은 2개의 가장 가까운 이웃 레벨들 사이의 디더링에 의하여 제공되는 것들과 동일한 점 상에 착지하지 않는다. 이러한 레벨의 분리는 더 높은 그레이스케일 레벨 성능과 더 좋은 감마 매핑을 제공한다. 전형적인 시공간 디더 패턴은 2개의 인접하는 실제 그레이스케일 값들 사이에서 교대한다. 이것은 도 8에 예시되는데, 여기서 디더 패턴은 가장 높은 실제 값 점(830)과 그 아래의 그 다음 실제 값 점(820) 사이에서 교대한다. 이것은 평균 인식된 출력 밝기 레벨(825), 즉 전이 곡선(700) 상의 점(820, 830)으로부터 귀결되는 실제 양자화된 출력 밝기 레벨들(829, 839) 사이의 중간에 귀결된다. 다른 점들도 이들 두개의 실제 값들의 패턴을 사용하여 접근될 수 있다. 전형적인 패턴은 1:3, 2:2, 및 3:1이다. 이것은 4:0을 포함할 때 4개의 패턴을 제공한다. 이것은 해당 기술분야에서 알려져 있는 가장 단순한 시공간 패턴들 중 하나이다.

[0095] 반복 패턴 내의 더 큰 수의 픽셀 또는 서브픽셀에 대하여 더 큰 수의 그레이스케일 레벨이 이용가능하다. 그러나 위에서 지적한 바와 같이, 더 큰 반복 셀 패턴은 인간 시각 시스템에 의해 보여질 수 있게 될 위험이 있다. 본 발명의 일 실시예에 따라, 디더 패턴에서 사용된 실제 그레이스케일 레벨들의 범위를 증가시킴으로써 이용가능한 그레이스케일 레벨을 증가시키는 것이 가능하다. 이는 디더의 진폭을 증가시키지만, 반복 셀의 크기를 최소로 유지시킨다는 장점을 가진다. 도 8에는 전이 곡선(700) 상의 그 다음 가장 가까운 점들(830, 810)을 포함하는 디더 패턴도 역시 예시된다. 이 디더는 이전의 상기 레벨(825) 보다는 아래지만 실제 레벨(829) 보다는 위에 있는 평균 인식된 출력 밝기 레벨(823)로 귀결된다. 3개의 점(830, 820, 810)이 선형적인 관계를 가지고 있었다면, 디더 패턴으로부터의 평균 인식된 출력 밝기 레벨(823)은 실제 그레이 레벨(829)와 일치했을 것이

다. 주어진 예는 디터 패턴 내에 단지 2개의 실제 그레이 값만을 포함하였다. 추가 패턴은 3개의 실제 값을 포함할 수 있다. 이미 주어진 예는 4개의 픽셀 또는 서브픽셀 공간 반복 셀에 대하여 2:0:2로서 기술될 수 있다. 다른 예들은 1:1:2, 1:2:1, 2:1:1 등일 수 있다. 다른 예들도 물론 가능하며 본 발명의 범위 내에서 고려된다. 추가적으로 인식된 이용가능한 그레이 레벨을 사용하여, 내부 영상 데이터 세트 값들을 디스플레이 밝기 레벨로 매핑하는 것은, 감마 파이프라인을 통하여 아무런 매핑 에러도 발생하지 않으며 또한 영상 프로세싱 알고리즘으로부터 내부적으로 생성된 값이 추가적인 이용가능한 그레이 레벨로 매핑되어, 위에 기술된 바와 같이 양자화 노이즈를 감소시키도록 할 수 있다.

[0096] 확장된 시공간 디터를 사용하는 것은 이용가능한 그레이 레벨의 수를 증가시킨다. 그러나 이들은 균일하게 일정한 간격을 가지지도 않으며 원하는 지각적으로 양자화된 대수적인 일정한 간격을 따르지도 않는다. 이는 문제는 아닌데, 더 높은 비트 깊이 선형 데이터 공간을 테이블을 통해 감마 곡선으로 매핑할 수 있고, 그 값은 각각의 입력 데이터를 원하는 출력 밝기 레벨 상의 가장 가까운 점과 대응하는 가장 가까운 출력 값으로 놓기 위하여 선택된다.

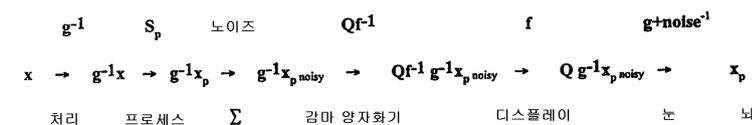
[0097] 양자화 이전에 신호에 추가되는 랜덤 또는 의사-랜덤 노이즈를 가진 디터링 알고리즘도 역시 해당 기술 분야에서 알려져 있다. 해당 기술 분야에서 알려진 방법을 요약하면:



[0098]

[0099] 아날로그, CCD 또는 비디콘(vidicon) 이미징관으로부터와 같이 비-양자화된 형태, 또는 높은 비트 깊이 디지털 (및 따라서 이전에 양자화된) 중 어느 하나일 수 있는 영상 데이터는, 고 주파수, 저 콘트라스트를 가지며, 이에 추가된 공간적 또는 시공간 **노이즈(noise)**를 가지는데, 이 영상 데이터는 양자화 Q 를 거쳐 임의의 특정 데이터 샘플 점의 비트 깊이를 감소시키며, 그 후 디스플레이가 **노이즈**에, 눈에 의해 보여지고 뇌에 의해 해석될 때, 감마 곡선을 인가하고, 사람 눈의 시공간 응답 $noise^{-1}$ 에 의하여 필터링된 때에, 영상을 복구하는 연속 데이터에 대한 노이즈많은 양자화를 변환하고 필터링하며, 눈은 지각적으로 선형적으로 디스플레이 감마에 응답한다. 이 시스템은 인간 시각 시스템으로부터 적절한 응답을 생성하기 위하여, 디스플레이의 감마가, 별도의 이미징 시스템에 위치될 수 있는, 양자화기에 대해 매우 정확하게 매칭될 것을 요구한다.

[0100] 감마 파이프라인과 함께 사용하기 위하여 본 발명의 원리에 따라 이루어진 다음 실시예는, 그레이 스케일 값들의 수를 증가시킬 수 있다.



[0101]

[0102] 이러한 시스템에서, 영상 데이터는 원하는 감마 곡선 g^{-1} 을 사용하여 처리되는데, 이는 물론 이전에 지각적으로 양자화된 영상 데이터 세트를 더 깊은(더 높은) 비트 깊이 선형 휘도 데이터 세트로 실제 매핑하는 것이며, 그 후 데이터가 선형 휘도 표현 공간에 존재가능한 것을 원하는 예컨대 서브픽셀 렌더링, 스케일링, 또는 일부 다른 영상 변형 S_p 과 같은 이미지 프로세싱이 이어진다. 모든 영상 프로세싱 이후 **노이즈**가 영상에 추가되고, 이후 디스플레이 디바이스에 대한 감마 보정 함수 Qf^{-1} 도 역시 포함하는 양자화 단계가 이어진다. 일례를 구체적으로 설명하자면, 영상은 8 비트 지각적으로 양자화된 영상 데이터 세트일 수 있으며, 이는 원하는 감마 곡선으로 예비처리된 경우 원하는 바와 같이 매우 정밀하고 정확한 11 내지 16 비트 선형 휘도 데이터 공간으로 변환된다. 영상 프로세싱은, 여전히 십일(11) 내지 십육(16) 비트의 선형 휘도 정밀도 내에서, 팔(8) 비트 엔트로피 중 일부를, 필터링된 때, 실제로 구(9) 내지 가능하게는 십일(11) 비트 영상 엔트로피 데이터로서 표현되도록 변환될 수 있게 허용할 수 있다. 그러나 디스플레이는 단지 팔(8) 비트, 또는 심지어 더 낮은 육(6) 비트의 구동기만을 가질 수 있다. 출력 감마 보상 룩업 테이블(LUT) 또는 다른 함수 생성기는 데이터를 디스플레이 구동기에 의해 요구되는 것과 같은 팔(8) 비트 또는 육(6) 비트로만 출력한다. 따라서 출력 감마 보상 룩업 테이블(LUT) 또는 다른 함수 생성기는 또한 양자화기로서 이용될 수 있다. 출력 감마 보상 LUT는 디스플레이 장치의 실제 전이 함수에 의해 결정되는 매핑을 출력하고, 따라서 일찍이 위에서 설명한 바와 같이 디스플레이에 대

한 거의 이상적인 매칭을 제공하기 위한 입력을 가진다. 정상적으로, 종래 시스템에서, 디스플레이의 실제 양자화된 감마 전이 곡선은 원하는 시스템 감마와 매우 가까운 근사여야만 하는데, 이는 그렇지 않은 경우 양자화 에러가 끼여들어서 어떤 영상 왜곡을 야기시킬 것이기 때문이다. 그러나 이 시스템을 사용하면, 추가된 노이즈는 디스플레이 전이 함수에 대해 정확하게 양자화된 경우 심지어 더 낮은 비트 깊이 구동기를 사용할 때조차 인간의 눈이 감마 예비처리 및 엔트로피 변환의 정밀도 및 정확도에 응답할 수 있게 하는 거의 이상적인 시공간 디더링 시스템을 생성할 수 있기 때문에 전이 함수는 거의 임의의 단조 전이 함수일 수 있다. 그러나 노이즈의 진폭이 디스플레이의 로컬 양자화 간격의 진폭에 매칭하여야만 한다는 상기 가까운 근사를 사용하는 것의 장점이 여전히 존재한다. 만약 양자화된 출력이 실질적으로 거의 이상적인 지각적으로 양자화된 출력을 따른다면, 원하는 노이즈의 진폭은 아래에서 더 논의될 바와 같이 일정한 지각적인 콘트라스트에서 유지된다.

[0103] 시스템에 대해 선택된 노이즈는 관찰자에 의하여 수용가능하다고 간주되는 것은 무엇이든 될 수 있다. 그것은 청색 노이즈, 또는 특정 패턴일 수 있으며, 더 크고 더 복잡한 것(디스플레이되는 때에 불쾌할 수 있는 낮은 시공간 성분을 가지지 않고)일수록 시스템의 전체적인 성능이 더 좋다. 그러나 더 크고 더 복잡한 노이즈 소스에 대한 경제적인 비용일 있을 수 있다. 따라서 양자화 결함을 감소시키기 위하여 상업적으로 합리적인 노이즈 소스를 제공하는 것이 바람직할 수 있다.

[0104] 추가적인 일 실시예는 디스플레이의 동적 노이즈를 감소하려는 것일 수 있는데, 이 동적 노이즈는, 가시적인 따라서 사람 눈에 불쾌할 수 있는, 바람직스럽지 않은 낮은 시공간 콘트라스트 성분을 포함할 수 있다. 이러한 노이즈는 도트 반전 또는 디스플레이 내의 다른 동작에 의해 야기되는 도트 크롤(crawl) 또는 깜빡임을 포함할 수 있다.

[0105] 시공간 디더링은 디지털화된 평판 디스플레이의 비트 깊이를 증가시키기 위한 통상적인 기술이다. 이러한 디더링을 생성하는 하나의 방법은 형상화된 노이즈 패턴을 생성하고 이를 신호에 추가함에 의해서이다. 다른 종래 시스템은 백색 노이즈, 녹색 노이즈 또는 청색 노이즈를 사용한다. 일 실시예에 따라, 날카롭지 않은 마스킹에 의해 특정하게 형상화된 노이즈 패턴을 생성함으로써, 마스크는 서브픽셀 렌더링을 위한 공간 반-색채 에일리아싱 필터를 특정 평판 디스플레이 컬러 서브픽셀 배열에 매칭하고; 노이즈는 휘도 신호가 존재하지 않는 색채 공간 주파수 성분에서만 생성될 수 있다. 이것은 시공간 신호를 정상적으로는 실제 신호의 경계 밖에 있는 동일한 공간 주파수에서 실질적으로 패널의 색채 채널 상에 위치시키는 장점을 가진다. 이것은 시-공간 디더 패턴이 디스플레이 상의 어떠한 실제 신호를 마스킹할 기회를 감소시켜, 인간 시각 시스템에 의한 적응으로부터 자유롭게, 실제 신호가 쉽게 검출될 수 있게 할 수 있다. 또한 날카롭지 않은 마스킹된 노이즈는 순수한 휘도 신호가 있다고 하더라도 매우 적게 있는, 높은 시공간 색채 신호이기 때문에, 노이즈는 컬러 서브픽셀 상에 위치될 수 있는데 -- 컬러 서브픽셀들은 별도의 컬러로서 분리될 수 있는 더 높은 공간 주파수에서 서로 가깝게 함께 일정한 간격을 가지고 있도록 특별히 설계된다. 색채 노이즈는 관찰자에게 "투명(invisible)"할 것이다. 따라서 이 노이즈는 "자외선"에 대하여 "UV"로서 편리하게 해당 기술 분야에서 기술된다. 본 발명의 다른 양상에 따라, 이 노이즈 신호는 날카롭지 않은 마스크(unsharp mask)에 의해, 나머지 색채 노이즈 신호가 영상 신호 필터링 동작에 의하여 필터링되는 공간 주파수에서 실질적으로 발생하게 되도록, 형상화된다.

[0106] 도 11a, 도 11b, 및 도 11c를 검토하면, "투명한 노이즈"를 생성하는 프로세스에서 첫 번째 단계는 둘 또는 세 개의 완전히 상관관계가 없는 디지털 백색 노이즈 소스를 생성하는 것이다. 생성된 이들 신호의 한가지 방식은 원하는 비트 깊이의 단일 의사-랜덤 숫자 생성기를 디지털 백색 노이즈 생성기(1105)로서 사용하고, 그 숫자들을 둘 또는 세 개의 스트림으로 분리하며, 디믹스 함수(1110 또는 1115)를 사용하여 이들 사이에서 교대하는 것이다.

[0107] 도 11a 에 도시된 바와 같이, 3원색 RGB 디스플레이 시스템에 대한 색채 UV 시공간 노이즈를 생성하기 위한 시스템(1100)에서, 백색 노이즈 신호가 단일 디지털 백색 노이즈 생성기(1105)로부터 생성되고, 이후 1:2 디믹스 함수(1110)에 의해 두개의 상관관계없는 백색 노이즈 신호로 분리된다. 이들 두개의 노이즈 신호는 LAB-RGB 컬러 공간 변환기(1120)로 공급된다. 더 좋은 성능을 위하여, 변환 알고리즘, 즉 컬러 공간 변형 행렬에서 사용된 원색들의 휘도 계수들은 "투명한 노이즈(invisible noise)"가 디스플레이될 평판 디스플레이를 측정함으로써 만들어질 수 있다. 이것은 휘도 채널로의 크로스 토크를 감소시킬 것이다. 변환기의 휘도 신호 입력은 임의의 적절한 상수, 여기서는 편리하게, 50%로 설정된다. LAB-RGB 컬러 공간 변환기(1120)로의 컬러 입력들 중 하나에 대하여 노이즈 신호 입력의 크기는, 붉은색/녹색 휘도 차이에 대하여 청색을 허용하기 위하여 조정되거나 스케일링될 수 있는데, 만약 스케일링되지 않는다면 B(청색) 출력 신호에 대하여 큰 진폭 노이즈를 야기시킬 것이다. 도 11a에서 스케일링은 LAB-RGB 컬러 공간 변환기의 B 입력단에 대해 도시되어 있다. 그후 스케일 팩터는 B 입력 값을 감소시키는 B-스케일 함수 입력(1130)으로부터의 분수 승수(fractional multiplier)일 수 있다.

변환의 출력은 P 프레임 길이의 N x M 크기의 "무비(movie)"를 나타내는 N x M x P 데이터 세트로서 저장된다.

[0108] 추가 단계는 날카롭지 않은 마스크를 생성하는 것(즉, 신호를 저역 통과 필터를 통과시키는 단계)이거나, 또는 대안적으로, 신호를 고역 통과 필터를 통과시키는 것(미도시됨)일 수 있다. 상기 단계에서의 데이터 세트는 적합한 스무딩 필터(smoothing filter)를 사용하여 필터링된다. 이 경우, 스무딩 필터는 서브픽셀 렌더링을 위해 영상 신호 필터링을 수행하는데 사용되는 필터와 매우 유사할 수 있다. 이것은, 서브픽셀 렌더링의 경우 디스플레이 상에 컬러 서브픽셀의 패턴을 에일리아스할 수 있는 임의의 신호를 제거하도록 필터링된 감소된 샘플 카운트 데이터 세트를 생성할 수 있다. 대안적으로 필터는 또 다른 스무딩, 저역 통과 필터일 수 있다. 또 다른 실시예에서, 무비는 시간적으로 뿐만 아니라 공간적으로도 필터링되는 것이 바람직할 수 있고, 따라서 필터는 프레임들을 중첩시키는 3차원적일 수 있다.

[0109] 동작시, "무비"는 디스플레이 상에 시공간적으로 타일(tile)화될 수 있고, 타일의 경계를 가로지르는 필터링되지 않은 변화를 허용하는 것은 바람직스럽지 않을 수 있기 때문에, 날카롭지 않은 마스크가 공간적으로 및 시간적으로 둘 모두에서 타일의 경계를 가로질러 동작할 수 있도록 필터 동작 동안에 무비가 타일화될 수 있다. 다시말해서 데이터 세트의 에지에서 값을 필터링 할 때, 필터링 동작은 데이터 세트의 다른 측 상의 값을 샘플링하기 위하여 랩 어라운드(wrap around)할 수 있다. 이것은 일부 실시예에서 "무비" 데이터 세트의 모든 3개의 측 및 모든 6개의 면에서 발생할 수 있다. 이것은 타일들 사이에 경계가 존재하지 않다는 것을 보장할 수 있다.

[0110] 다음의 시공간 저역 통과 필터 커널이 유용할 수 있다:

프레임 P-1:

0	0.03125	0
0.03125	.125	0.03125
0	0.03125	0

프레임 P:

0	0.0625	0
0.0625	0.25	0.0625
0	0.0625	0

프레임 P+1:

0	0.03125	0
0.03125	.125	0.03125
0	0.03125	0

[0111]

[0112] 최종 필터링된 무비 샘플은, 높은 시공간 주파수 UV 노이즈만을 포함하는 부호 있는 숫자 "무비 영상"을 생성하도록 하기 위하여, 각각의 컬러 평면에서, 원래의 무비로부터 감산될 수 있다. 평균 휘도 레벨(예컨대, 50% 또는 임의의 적절한 레벨)이, 부호 없는 이진 숫자로서 저장하기 위해 신호의 음의 절반을 다시 양으로 이동시키기 위하여, 무비에 다시 추가될 수 있다. 노이즈의 시공간 주파수의 최종 확률 밀도 함수는 백색에서, 투명한 것으로 모두 균형이 잡힌, 자외선으로 이동될 것임이 주지되어야 한다.

[0113] 또한 상기 참고자료로 포함된 특허 출원들에 개시되어 있는 새로운 서브픽셀 배열 상으로 서브픽셀 렌더링을 재 샘플링하는 영역에 대해 사용되는 상기 필터의 유사성이 주지되어야 한다. 일 실시예에 따라, 날카롭지 않은 마스크를 생성하기 위하여 그러한 유사 필터를 사용하는 것은, 상기 새로운 서브픽셀 배열에 대한 서브픽셀 렌더링 동안에 필터링되어 제거될 수 있는 공간 주파수에서의 높은 공간 주파수 색채 노이즈만을 남긴다. 따라서 도입된 노이즈는 상기 새로운 서브픽셀 배열에 대한 상기 서브픽셀 렌더링에 의하여 형성된 최종 영상 내의 원하는 신호를 방해하지 않는다.

[0114] 여기서는 RGB 디스플레이를 위한 "투명 노이즈" 생성 방법에 대하여 기재되었다. 그런 시스템에서, 고정 휘도를 가진 랜덤 컬러들을 생성함으로써 진행할 수 있다. 이것이 행해지는 이유는, 인간 시각 시스템이 휘도보다 색도 변화에 덜 민감하기 때문이다. 노이즈는 어디선가는 나타나게 마련이므로, 이를 인간 시각이 보기 어려운 곳에 놓는다. 그후 색채 노이즈가 실질적으로 높은 시공간 주파수로 제한되는 것을 보장하기 위하여 날카롭지 않은 마스크가 이어진다.

[0115] RGBW, 또는 임의의 다른 다원색(Multi-Primary) 디스플레이에 있어서, 노이즈를 숨길 더욱 더 좋은 기회를 가질 수 있다. 이들 디스플레이에 있어서, 수학적으로 모호함이 존재한다. 인간 시각 시스템에 의해 인식될 때 동일 컬러로 매핑하는 RGBW 내의 많은 컬러들이 존재한다. 예컨대, 컬러에서 W를 증가시키면, R, G 및 B를 낮춤으로써 이를 보상함으로써 동일 컬러를 다시 생성할 수 있다. 동일 컬러를 생성하는 RGBW의 상이한 조합들 모두는 해당 컬러의 메타머(metamer)들이라고 불린다. 이것은 노이즈를 숨기는 작업이 더욱 더 좋게 되도록 하는 기회를 만들어준다. 단순히 색도로 숨기는 것 대신에, 노이즈는 메타머 내에 숨겨질 수 있다. 또한 본 발명의 다른 양상에 따라 노이즈를 완전히 메타머 내에 숨기도록, 일정한 색도 입력 RGB 컬러를 사용할 수 있다.

[0116] RGB 디스플레이를 위한 노이즈를 생성하기 위하여 위에 기술된 바와 같이 고정된 휘도를 가진 랜덤 컬러들을 사용하여 시작할 수 있다. RGBW를 위한 노이즈를 생성하기 위하여 바로 그 동일한 일정한 휘도의 RGB 컬러들을 사용하여 시작할 수 있다. 일단 RGBW로 변환되면, 이 랜덤 컬러의 W에 랜덤 섭동(random perturbation)을 추가할 수 있고, 이후 보상하기 위하여 R, G 및 B 컬러를 수정할 수 있다. 랜덤 섭동은 양 또는 음일 수 있으며 균일 분포 또는 가우스 분포를 가질 수 있다. RGB 랜덤 노이즈 생성에서와 같이, 이것은 종종 범위 외에 있는 컬러들을 야기하게 될 것이다. 이런 일이 발생하면, 그 컬러를 폐기시키고, 유효한 메타머가 발견될 때까지 새로운 것을 생성하는 것을 다시 시작할 수 있다. 이들 랜덤 메타머는 RGB 디스플레이에 대하여 위에 기술된 동일한 방식으로 사용된다. 반복하자면, 이들은 작은 노이즈 "무비"의 프레임들로 모아진다. 프레임들은 무비 내 프레임에서 프레임으로 공간과 시간 둘 모두에서 저역-통과 필터링된다. 무비가 이런 식으로 필터링이 완료된 후, 무비의 필터링되지 아니한 버전으로부터 픽셀-대-픽셀로 이 필터링이 완료된 무비가 감산되어, 최종 노이즈 테이블을 생성한다. 노이즈 테이블은, 도 12a 및 도 12b에 도시된 바와 같이 영상 프로세싱(필요한 경우 RGBW로의 변환을 포함) 이후 및 감마 양자화 단계 이전에 입력 영상에 걸쳐 타일화되고 모든 픽셀에 추가될 수 있다.

[0117] 랜덤 메타머의 생성을 위한 위에서 대략 설명된 단계들 중 하나는 W 원색이 랜덤하게 섭동된 후 그 외 다른 원색을 수정하는 것이다. RGBW의 경우 W에서의 변화와 그 외 다른 원색에 대한 보상 변화 사이에는 선형 관계가 존재한다. 값 r이 W에 더해진 후, R 원색은 더해지는 값 $r \cdot m_R$ 를 가져야만 하고, G 원색은 더해진 값 $r \cdot m_G$ 를 가져야만 하며, 또한 B 원색은 $b \cdot m_B$ 를 가져야만 한다. 이들 3개의 스케일 팩터는 다음의 행렬 방정식, 즉 수학적 1을 풀어서 발견될 수 있다.

수학적 1

$$W2X \cdot N + \begin{pmatrix} r \cdot m_R \\ r \cdot m_B \\ r \cdot m_G \\ r \end{pmatrix} = W2X \cdot N$$

[0118]

[0119] W2X는 RGB 컬러를 CIE XYZ 삼자극치(tristimulus value)로 변환하는 행렬이다. 포함되어 있는 특허 출원들에서도 논의된 바와 같이, 이 행렬은 RGBW 디스플레이의 색도 및 휘도 측정으로부터 생성될 수 있다. N은 RGBW 값 중에서 중간 그레이 컬러이다. 랜덤 컬러(r의 함수일 수 있는)에 의해 섭동되고, 이후 CIE XYZ로 변환된 컬러는, 원래 컬러를 변환하는 때와 실질적으로 동일한 CIE XYZ 삼자극치를 생성하여야 한다. W2X 행렬은 4x3 행렬이지만, 상기 방정식을 푸는 과정은 3개의 미지수 m_R , m_G , m_B 를 가진 3개의 방정식으로 요약되는데, 이는 표준 행렬 대수학을 사용하여 풀어질 수 있다. 일단 이들 3개의 스케일 팩터가 주어진 디스플레이에 대하여 계산되면, 랜덤 메타머가 생성될 수 있다.

[0120] 상기 방정식은 W 원색이 랜덤량 r에 의해 수정되고 그 외 원색들은 보상하기 위해 수정되었다는 가정 하에 쓰여졌다는 것이 주지되어야 한다. 다른 실시예는 또한 그 대신 다른 원색들 중 임의의 하나를 수정하고 그 나머지에 대한 스케일 팩터를 계산함으로써 이루어질 수 있다. 상기 방정식은 예컨대 RGBC(Red, Green, Blue 및 Cyan)과 같은 4개의 원색을 가진 임의의 다원색 시스템에 대하여도 적용될 것임도 이해되어야 한다.

[0121] 다원색 시스템이 4원색보다 많은 원색을 가지는 경우에, 방정식은 유사하지만, 다른 접근법을 사용하는 것이 바람직할 것이다. 예컨대, 붉은색(Red), 녹색(Green), 청색(Blue), 시안(Cyan) 및 백색(White) 원색을 가진 RGBCW 디스플레이를 고려해보자. 이 경우 방정식은 수학식 2와 같을 것이다.

수학식 2

$$M2X \cdot \begin{pmatrix} N \\ r \cdot m_R \\ r \cdot m_B \\ r \cdot m_G \\ r \cdot m_C \\ r \end{pmatrix} = M2X \cdot N$$

[0122]

[0123] 여기서 RGBCW에서부터 CIE XYZ로 변환하는 M2X 행렬은 여전히 디스플레이의 측정으로부터 생성될 수 있고, 컬러 N은 이제 RGBCW 값이다. 그러나 이 방정식을 전통적인 방식으로 기호적으로 풀려고 시도하는 것은, 3개의 방정식과 4개의 미지수(m_R , m_G , m_B 및 m_C)로 귀결될 것이다. 이것은 단일 해법이 없기 때문에 풀리지 않을 수 있다. 그러나 많은 해법들 중 임의의 것도 실제 사용에는 완전하게 적합하다. 수치적인 해법 프로그램은 적용될 수 있는 한 세트의 스케일 팩터를 발견할 수 있다. 몇몇 실시예에서, 해법자가 예컨대 스케일 팩터 중 하나 이상이 0으로 가는 경우와 같은 "열화(degenerate)" 해법을 발견하는 것을 방지하는 것이 바람직할 수 있다.

[0124] 메타머를 발견하기 위한 대안적인 실시예는 수학식 2를 전혀 풀 수 없지만, 수치적인 해법 소프트웨어 패키지를 사용하여 메타머를 직접 발견한다. 예컨대, 수치적인 해법자는 다음의 방정식, 즉 수학식 3을 풀 수 있다.

수학식 3

$$M2X \cdot \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \\ C \\ W + r \end{pmatrix} = M2X \cdot N$$

[0125]

[0126] 여기서 W 및 r은 주어지고, 해법자는 CIE XYZ 값에서 컬러 N을 생성하는 RGB 및 C에 대한 값을 발견하여야만 한다. 이와 같은 수치적인 해법자를 사용하는 것은 디스플레이의 파이프라인을 사용하기에는 너무 느릴 수 있다. 그러나 알고리즘의 속도가 문제가 되지 않도록 하기 위하여, 이 프로세스는 랜덤 노이즈 테이블을 생성하기 전에 오프-라인에서 행해질 수 있다. 현대의 PC에서, 이런 방식으로 수 만개의 메타머를 생성하는 것은 수 초내에 행해질 수 있다.

[0127] 도 11a는 RGB에 대하여 랜덤 노이즈 테이블이 생성되는 방식을 도시한다. 도 11b는 디지털 색채 시공간 고 주파수가 RGBW 디스플레이에 대해 설계되는 방식을 도시하는 유사한 도면이다. 도 11b에 도시된 바와 같이, 이것은 4원색, 즉 RGBW 디스플레이 시스템에 대한 색채 UV 시-공간 노이즈를 생성하기 위한 시스템(1101)이고, 백색 노이즈 신호는 단일 디지털 백색 노이즈 생성기(1105)로부터 생성된 후, 1:3 디믹스 함수(1115)에 의해 3개의 상관해제된 백색 노이즈 신호로 분리된다. 이 2개의 노이즈 신호는 LAB-RGB 컬러 공간 변환기(1120)로 공급된다. 최고의 성능을 위하여, 변환 알고리즘에서 사용된 컬러 원색의 휘도 계수, 즉 컬러 공간 변형 행렬은 "투명 노이즈"가 디스플레이되어질 평판 디스플레이의 측정으로부터 유래한다. 이것은 휘도 채널 내로의 크로스 토크를 감소시킬 것이다. 변환기의 휘도 신호 입력은 임의의 적절한 상수로, 여기서 편리하게 하기 위하여, 50%로 설정된다. LAB-RGB 컬러 공간 변환기(1120)로의 컬러 입력들 중 하나에 대한 노이즈 신호 입력의 크기는 적색/녹색 휘도 차이에 대해 청색을 고려하기 위하여 조정 또는 스케일되는데, 이는 스케일되지 않는다면 B(청색) 출력 신호에 대한 큰 진폭 노이즈를 야기할 수 있다. 도 11b에서 스케일링은 LAB-RGB 컬러 공간 변환기의 B 입력 상에 도시되어 있다. 이때 스케일 팩터는, B 입력 값을 감소시키는, B-스케일 함수 입력(1130)으로부터의 분수 승수일 수 있다.

[0128] R'G'B'W' 컬러 공간 변환기(1150)의 동작을 검토하는 것은 도 11d를 참조하여 이루어질 수 있다. RGB 컬러는 RGB-RGBW 컬러 공간 변환기(1160)에 의해 수신되어 RGBW 값으로 변환된다. 랜덤 수치 r이 수신되고 W 값에 더해져서 W'을 생성한다. 오프셋 계산(1170)이 W에서의 변화에 대한 RGB 값을 보상하기 위하여 행해져서(수학식 1로부터 계산된 m_R , m_G 및 m_B 값을 사용하여) 시험적인 R'G'B'W' 값을 제공한다. 만약 이것이 전체범위를 벗어난

컬러를 야기한 경우, 전체범위의 테스트 검출기(1180)는 프로세스가 최종 컬러를 무시하도록 하며, 다음 컬러 및 랜덤 섭동을 기다린다.

[0129] 일단 랜덤 노이즈 무비의 모든 프레임을 채우기 위해 충분한 유효 랜덤 메타머가 생성되면, 무비는 저역 통과 필터링 되고 해당 무비의 필터링되지 아니한 버전으로부터 감산되어 최종 시공간 노이즈 샘플을 생성한다.

[0130] 도 11c에 도시된 바와 같이, 이것은 5원색, 즉 RGBCW 디스플레이 시스템에 대한 색채 UV 시-공간 노이즈를 생성하기 위한 시스템(1102)이고, 백색 노이즈 신호는 단일 디지털 백색 노이즈 생성기(1105)로부터 생성된 후, 1:3 디믹스 함수(1115)에 의해 3개의 상관해제된 백색 노이즈 신호로 분리된다. 2개의 노이즈 신호는 LAB-RGB 컬러 공간 변환기(1120)로 공급된다. 최고의 성능을 위하여, 변환 알고리즘에서 사용된 컬러 원색의 휘도 계수, 즉 컬러 공간 변형 행렬은 "투명 노이즈"가 디스플레이되어질 평판 디스플레이의 측정으로부터 유래한다. 이것은 휘도 채널 내로의 크로스 토크를 감소시킬 것이다. 변환기의 휘도 신호 입력은 임의의 적절한 상수로, 여기서 편리하게 하기 위하여, 50%로 설정된다. LAB-RGB 컬러 공간 변환기(1120)로의 컬러 입력들 중 하나에 대한 노이즈 신호 입력의 크기는 적색/녹색 휘도 차이에 대해 청색을 고려하기 위하여 조정 또는 스케일되는데, 이는 스케일되지 않는다면 B(청색) 출력 신호에 대한 큰 진폭 노이즈를 야기할 수 있다. 도 11c에서 스케일링은 LAB-RGB 컬러 공간 변환기의 B 입력 상에 도시되어 있다. 이때 스케일 팩터는, B 입력 값을 감소시키는, B-스케일 함수 입력(1130)으로부터의 분수 승수일 수 있다.

[0131] R_GBr-R'_G'B'C'W' 컬러 공간 변환기(1155)의 동작을 검토하는 것은 도 11e를 참조하여 이루어질 수 있다. RGB 컬러는 RGB-RGBW 컬러 공간 변환기(1165)에 의해 수신되어 RGBCW 값으로 변환된다. 이 변환기는 포함된 특허 출원들의 다수에서 개시되어 있는 알고리즘 등을 사용할 수 있다. 랜덤 수치 r이 수신되고 W 값에 더해져서 W'을 생성한다. 오프셋 계산(1175)이 W에서의 변화에 대한 RGBC 값을 보상하기 위하여 행해져서 시험적인 R'_G'B'C'W' 값을 제공한다. 이것은 수학적 2로부터 계산된 스케일 팩터를 사용하거나, 또는 수학적 3에서와 같이 RGBC 값을 직접 발견하기 위한 수치 해법 패키지를 사용하여 이루어질 수 있다. 만약 이것이 전체범위를 벗어난 컬러를 야기한 경우, 전체범위의 테스트 검출기(1185)는 프로세스가 최종 컬러를 무시하도록 하며, 다음 컬러 및 랜덤 섭동을 기다린다.

[0132] 임의의 수의 원색을 가진 디스플레이에 대하여 디지털 백색 노이즈를 생성하기 위하여 동일 프로세스가 사용될 수 있다. 만약 다원색 디스플레이가 W 원색을 가지지 않는다면, 원색들 중 임의의 것이 랜덤 섭동을 받는 "기초" 원색으로서 사용될 수 있다.

[0133] 일단 랜덤 노이즈 무비가 생성되면, RGB, RGBW, RGBCW 또는 임의의 그 외의 다원색 시스템인, 임의의 시스템에서 실질적으로 동일하게 사용될 수 있다. 도 12a 및 도 12b는 이것을 보여주는데, 다만 RGBW 및 다른 다원색 시스템에서는 영상 프로세싱이 다른 컬러 포맷으로부터 다원색 컬러 공간으로의 변환을 포함한다. 이 변환은 시-공간 노이즈가 신호에 더해지기 전에 이루어질 수 있다.

[0134] UV 노이즈 "무비"의 저장 비용 대 유효 비트 깊이 이득 사이에는 트레이드오프(tradeoff)가 존재한다. "무비"가 크면 클수록 이론적인 유효 비트 깊이 이득이 커진다. 이것은 더 큰 크기의 무비를 저장하는 비용에도 마찬가지로이다. 다른 고려사항은, 필터링 동작에도 불구하고, 시공간 신호를 야기하는 노이즈 무비의 타일링(tiling)에 기인한 가시적인 결함 가능성이다. 궁극적인 노이즈 무비는 디스플레이될 영상 소스와 동일한 치수를 가지는 것이다. 이것은 상업적 시스템에 있어서는 잠재적으로 너무나 비싸다. 만약 인간 시각 시스템이 5 및 10 사이클 사이에서 피크 공간 콘트라스트 민감도를 가진다는 것을 고려한다면, 노이즈 샘플의 크기는 주어진 디스플레이 상의 1도의 5분의 1과 일치하거나 또는 약간 커야만 한다. 이것보다 훨씬 큰 샘플은 급격하게 사라지는 복귀(return)를 나타낼 가능성이 있다. 이것보다 작은 무비 샘플은 가시적일 수 있는 바람직하지 않은 분수조화(subharmonic) 공간 주파수를 나타낼 수 있다. 또한 작은 무비 샘플은 원하는 바와 같은 뚜렷이 구별되는 디터링된 그레이 레벨을 생성할 수 있는 충분한 뚜렷이 구별되는 상태를 가지지 않을 수 있다. 따라서 더 높은 밀도의 디스플레이는 더 큰 노이즈 무비로부터 이익을 얻을 수 있다. 샘플의 시간 깊이는 4 Hz에서의 피크 시공간 콘트라스트 민감도와 실질적으로 같거나 더 길게 되도록 선택될 수 있다. 따라서 60 Hz에서 디스플레이 시스템을 위해 좋은 노이즈 무비 길이는 15 또는 16 프레임 내지 가능하게는 32 프레임까지 될 수 있다. 필터링 동작에 기인하여, 노이즈 무비 크기의 하부 경계에서의 시공간 주파수는 무비 안에 존재하지 않는다는 것을 합리적으로 확신할 수 있다.

[0135] 투명한 UV 노이즈 신호는, 이것이 사용될 감마 파이프라인에서 필요로 하는 것에 일치하도록 임의의 원하는 비트 깊이로 절단될 수 있다.

[0136] 노이즈의 진폭은, 임의의 특정 영상 신호값에 더해진 노이즈가 양자화기로 하여금 2개 이상의 출력 양자화 값들 사이에서 디더링하도록 야기할 수 있게, 충분히 높게 되도록 조정된다. 지각적으로 인코딩하는 감마 양자화기에 있어서, 이 노이즈 진폭은 밝은 신호 영역에서 더 클 수 있고 어두운 신호 영역에서 더 낮을 수 있다는 점에 주목하라. 그러나 인간 시각 시스템이 어두운 영역에서, 노이즈를 포함하여, 신호에 더욱 민감하다는 것 때문에, 밝은 신호 영역에서 원하는 디더를 생성하기에 충분히 큰 노이즈 신호 진폭은 어두운 신호 영역에서 불쾌하게 가시적일 수 있다. 따라서 영상 신호에 더해지기 전에 노이즈 신호의 진폭을 스케일링하는 것이 바람직할 수 있다. 도 12a에는 일 실시예에 따라 시공간 노이즈를 사용하는 영상 프로세싱 시스템(1200)의 블록도가 도시되어 있다. 영상 소스(1210)로부터의 미리 지각적으로 양자화되고 인코딩된 영상은, 데이터 세트를 선형적인 휘도 표현으로 변환하도록 수정되고, 감마 처리되며(1220), 그 후 영상 프로세싱 함수(1230)에 의해 연산될 수 있다. 이 시점에서 후 프로세싱된 영상 데이터는 시공간 노이즈 소스(1250)로부터의 시공간 노이즈에 의해 곱해진다(1255). 이 곱셈의 결과는 후 프로세싱된 영상 데이터에 더해진다(1260). 최종 노이즈 신호는 디스플레이(1280)와 매칭할 수 있는 감마 양자화기 함수(1270)에 의해 지각적으로 양자화된다.

[0137] 도 12a에 도시된 영상 프로세싱 시스템(1200)에서, 후 프로세싱된 영상 소스에 더해진 노이즈 신호의 진폭은 근사적으로 요구된 것인데, 이는 지각적으로 인코딩하는 양자화기(1270)가 신호의 밝기가 증가함에 따라 단조 증가하는 양자화 간격을 가지기 때문이다. 그러나 도 7a의 것과 같은 비-이상적인 전이 곡선 디스플레이의 양자화된 출력 값들에 매칭하는 감마 파이프라인에 있어서, 각 영상 신호 밝기 영역에 대하여 양자화 간격을 매칭시키기 위하여 시공간 노이즈의 진폭을 스케일링하는 것이 바람직할 수 있다. 도 12b에는, 새로운 함수 즉 양자화 보상 함수(1240)를 사용하여 이러한 시공간 노이즈 진폭의 비-이상적인 양자화 간격 스케일링을 수행하는 영상 프로세싱 시스템(1205)이 도시된다. 이것은 영상 데이터 신호를 수신하면 해당 신호 값에서 양자화기(1275)의 양자화 간격에 의존하는(또는 그것의 함수인) 값을 출력하는 LUT, 또는 다른 적합한 함수 생성기를 사용하여 구현될 수 있다.

[0138] 고정 디더 패턴에 관해 이미 언급된 바와 같이, 디스플레이로부터 인식된 최종 밝기 값은, 양자화 간격 순행 (progression)의 비-선형 성질에 기인하여 원하는 값이 아닌 다른 값으로 이동될 수 있다. 실제 값은 디스플레이의 굴곡진 전이 곡선 상의 디더링된 점들 사이에 형성된 직선 현 상에 놓인다. 최종 결과는 원하는 곡선 안에 놓이는 곡선이다. 전이 곡선을 "과장"하거나, 만약 전이 곡선이 거의 이상적이라면 더 큰 감마를 가진 곡선을 매칭할 양자화 값을 선택하거나, 또는 비-이상적인 전이 곡선에 대해 더 큰 두 번째 도함수를 가진 양자화 값을 선택함으로써 양자화 값을 조정함에 의해서 이것을 보상하는 것이 바람직할 수 있다. 만약 적절한 값이 선택되면, 최종 전이 곡선은 원하는 지각적인 전이 곡선에 가깝게 근사할 것이다.

[0139] 본 발명의 몇가지 양상을 결합하는 것은 유익할 수 있다. 예컨대 상기 시-공간 디더링 시스템을 사용하여 다수의 고정 공간 노이즈와 양자화 테이블을 결합하는 것이 있을 수 있다. 해당 기술 분야의 지식을 가진 자라면 그 외의 결합에 대해서도 고려할 수 있을 것이다.

[0140] 본 발명이 예시적인 실시예를 참조하여 기술되었으나, 해당 기술 분야의 지식을 가진 자라면 본 발명의 범위를 벗어나지 않고도 본 발명의 요소들에 대하여 다양한 변화가 이루어질 수 있고 등가물이 구성될 수 있음이 이해될 것이다. 또한 본 발명의 교시의 본질적인 범위를 벗어나지 않고도 본 교시에 특정 상황 또는 재료를 적용하기 위하여 많은 수정이 이루어질 수 있다. 따라서 본 발명은 본 발명을 수행하기 위하여 고려되는 최상의 방식으로 개시된 특정 실시예에 제한되지 않는 것으로 의도되며, 오히려 본 발명은 첨부된 청구범위 내에 포함되는 모든 실시예를 포함할 것이다.

산업상 이용 가능성

[0141] 상술한 바와 같이, 본 발명은 양자화된 디스플레이 시스템에서 감마 정밀도를 증가시키기 위한 다양한 실시예의 시스템과 방법에 이용가능하다.

도면의 간단한 설명

[0011] 도 1a는 2개의 순차적인 입력 값을 하나의 출력 값으로 매핑하는 양자화 함수를 보여주는 그래프.

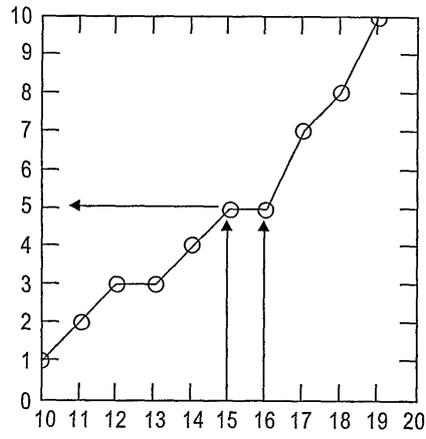
[0012] 도 1b는 2개의 순차적인 입력 값을 2개의 출력 값으로 매핑하는 양자화 함수로서, 하나의 출력 값을 생략한 것을 보여주는 그래프.

[0013] 도 2a는 확장 값 영역에서 매우 낮은 입력 값들을 0으로 매핑하는 입력 감마 함수를 보여주는 그래프.

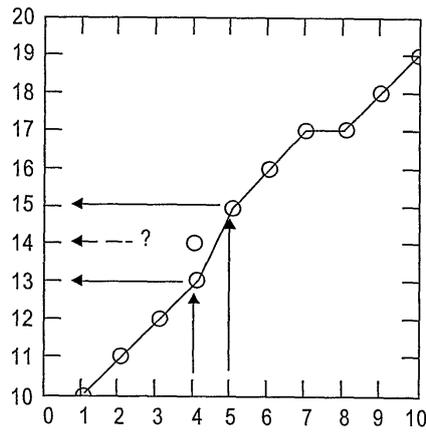
- [0014] 도 2b는 다수의 입력 값들을 동일한 출력 값으로 매핑하는 것을 회피하기 위하여 선형적인 방식으로 하부 단을 매핑하는 입력 감마 함수를 보여주는 그래프.
- [0015] 도 3의 (a), (b), (c) 및 (d)는 하나의 입력 감마 함수 맵의 서브세트들과 그 후속 프로세싱을 보여주는 그래프.
- [0016] 도 4의 (a)는 디스플레이 전이(transfer)의 측정 점들을 보여주는 그래프.
- [0017] 도 4의 (b)는 도 4의 (a)의 측정 점들을 통과하는 보간 곡선을 보여주는 그래프.
- [0018] 도 4의 (c)는 수평축을 따라 일정한 간격 마다 샘플링된 도 4의 (b)의 보간 곡선을 보여주는 그래프.
- [0019] 도 4의 (d)는 좌측 수직축을 따라 간격마다 샘플링된 도 4의 (b)의 보간 곡선을 보여주는 그래프.
- [0020] 도 5의 (a) 및 (b)는 양자화 레벨을 생성하는 다른 실시예를 보여주는 그래프.
- [0021] 도 6은 지각적으로(perceptually) 균일한 일정한 간격을 가진 양자화된 출력 에너지로 매핑된 지각적으로 동일한 일정한 간격을 가진 양자화된 점들을 가지는 이상적인 대수 감마 곡선을 보여주는 그래프.
- [0022] 도 7a는 지각적으로 동일한 일정한 간격을 가진 입력 값들이 지각적으로 비-균일한 일정한 간격을 가진 양자화된 출력 에너지들로 되는 비-이상적인 디스플레이 디바이스 전이 감마 곡선을 보여주는 그래프.
- [0023] 도 7b는 도 7a의 지각적으로 비-균일한 일정한 간격을 입력 값들이 도 6의 지각적으로 균일한 일정한 간격을 가진 양자화된 출력 에너지들로 되는 비-이상적인 디스플레이 디바이스 전이 감마 곡선을 보여주는 그래프.
- [0024] 도 8은 양자화된 출력들 사이의 디더링(dithering)이 추가적인 양자화된 출력을 생성하게 되는 현 선(chord line)들을 가진 도 7b의 조정된 양자화된 곡선을 보여주는 그래프.
- [0025] 도 9a는 동일 디스플레이에 존재하는 2개의 감마 곡선에 의해 야기된 고정 패턴 노이즈의 예시로서 도 6의 이상적인 감마 곡선과 도 7a의 비-이상적인 감마 곡선을 함께 보여주는 그래프.
- [0026] 도 9b는 그레이 스케일을 증가시켜서 디스플레이의 양자화 에러를 감소시키기 위해 사용되는 도 9a의 고정 패턴 노이즈를 보여주는 그래프.
- [0027] 도 10a, 도 10b, 도 10c, 도 10d, 도 10e, 및 도 10f는 영상이 감마 파이프라인을 따라 프로세싱될 때의 영상 데이터 세트들을 보여주는 도면.
- [0028] 도 11a, 도 11b 및 도 11c는 각각 RGB, RGBW, 및 RGBCW 원색 시스템에 대하여 UV 시공간 노이즈를 생성하는 방법을 보여주는 블록도.
- [0029] 도 11d 및 도 11e는 각각 도 11b 및 도 11c의 블록 위로 연장하는 블록도.
- [0030] 도 12a 및 도 12b는 UV 시공간 노이즈를 사용하는 디스플레이를 위한 영상 프로세싱 시스템의 블록도.
- [0031] 도 13은 디스플레이 시스템에서 감마 클록의 블록도.

도면

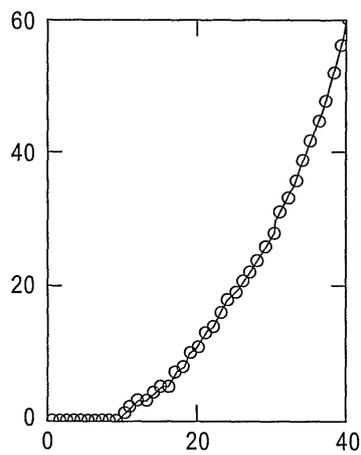
도면1a



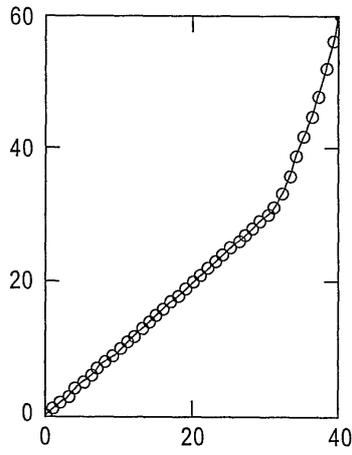
도면1b



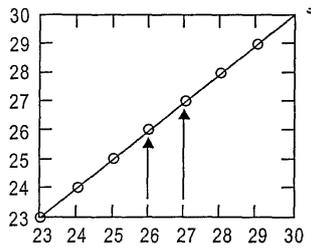
도면2a



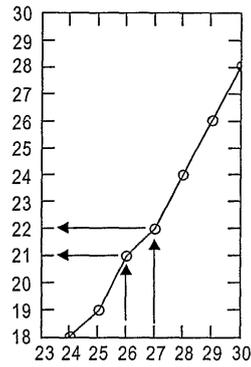
도면2b



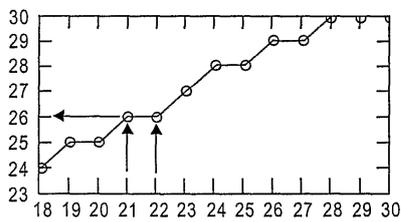
도면3



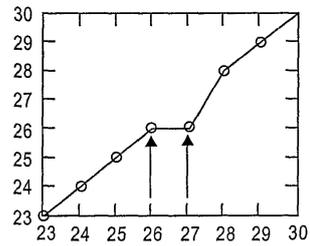
(a)



(b)

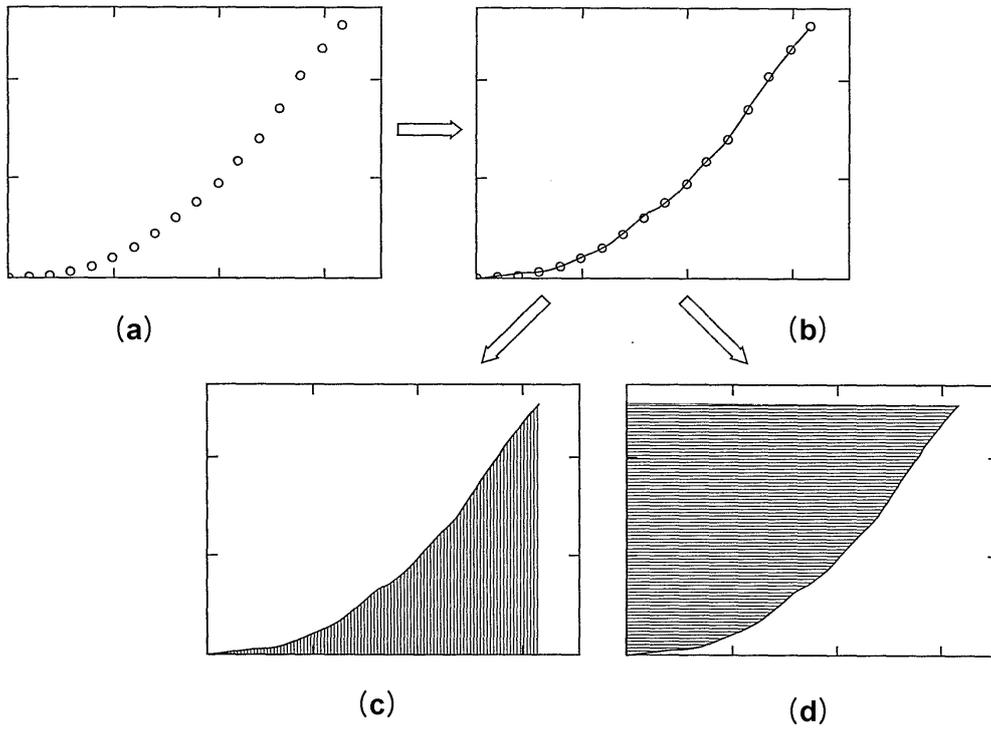


(c)

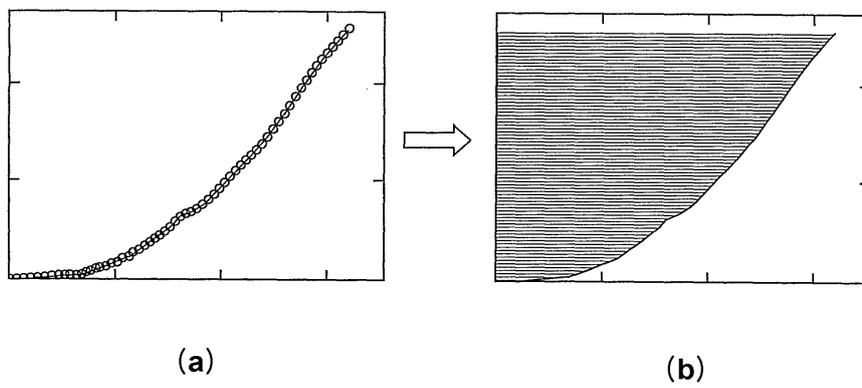


(d)

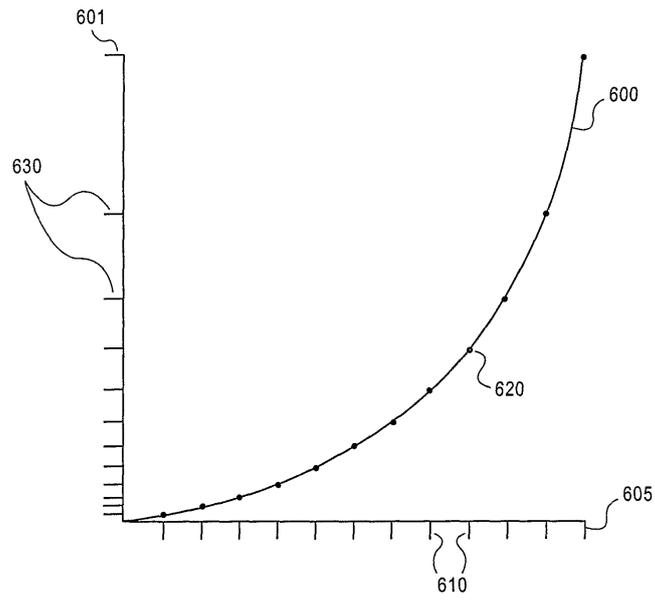
도면4



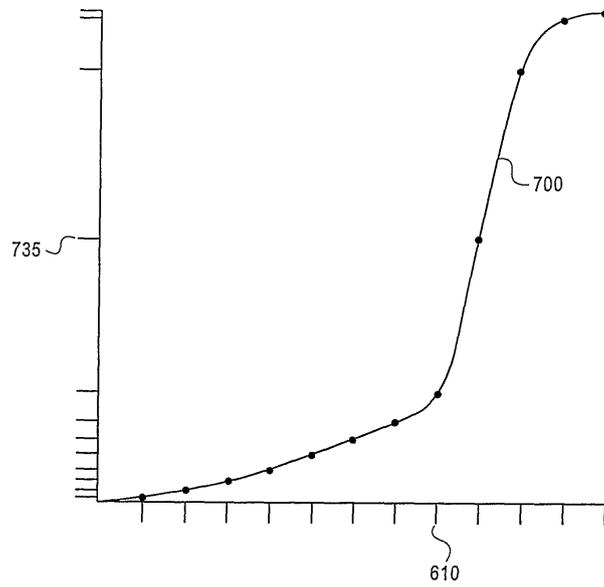
도면5



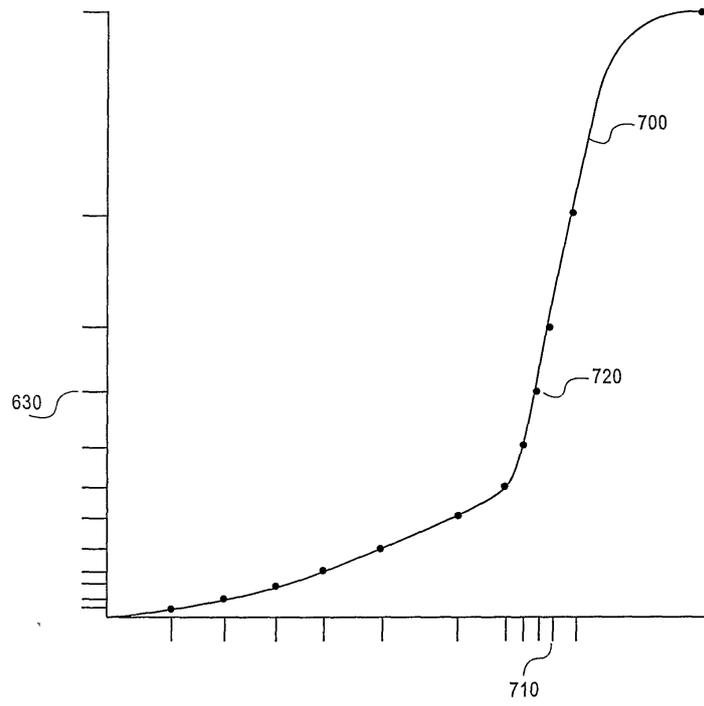
도면6



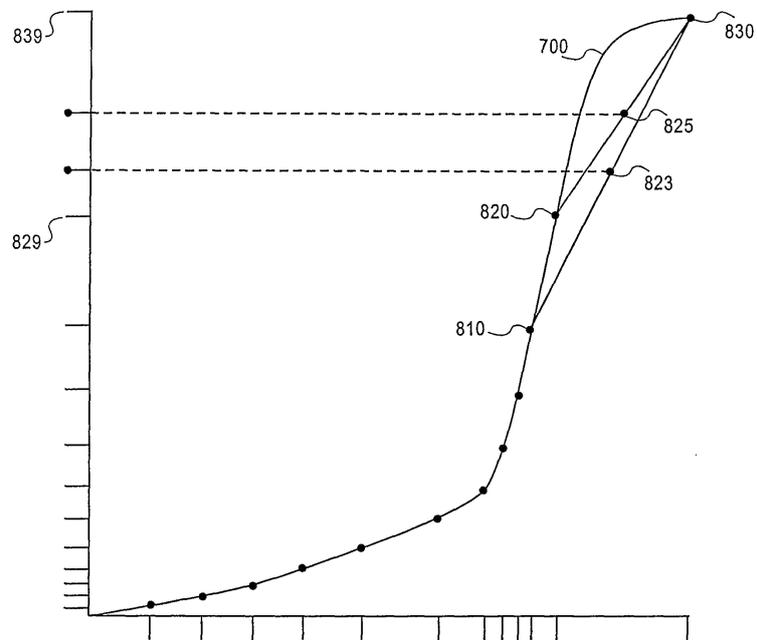
도면7a



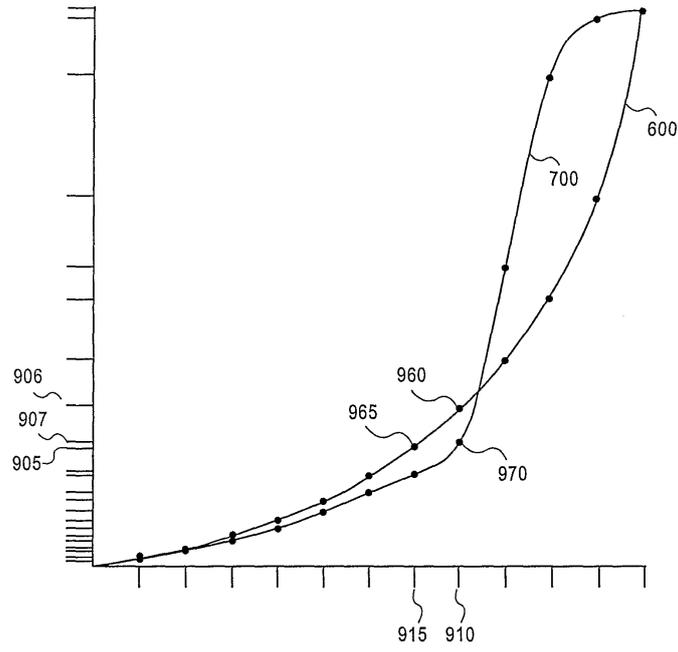
도면7b



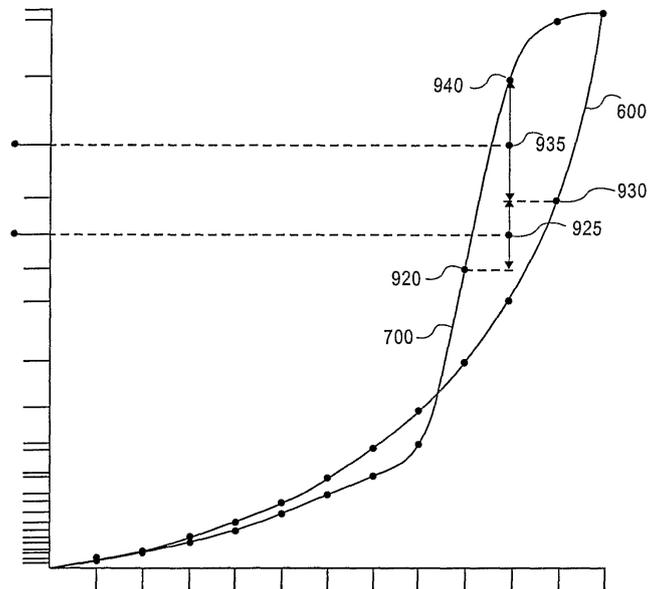
도면8



도면9a



도면9b



도면10a

32	32	32	32	31	32	31	32
32	32	32	31	32	31	32	31
32	32	31	32	31	32	31	32
32	31	32	31	32	31	32	31
31	32	31	32	31	32	31	32
32	31	32	31	32	31	32	31
31	32	31	32	31	32	31	32
32	31	32	31	32	31	32	31

범위 : 0-63(6비트)

도면10b

256	256	256	256	240	256	240	256
256	256	256	240	256	240	256	240
256	256	240	256	240	256	240	256
256	240	256	240	256	240	256	240
240	256	240	256	240	256	240	256
256	240	256	240	256	240	256	240
240	256	240	256	240	256	240	256
256	240	256	240	256	240	256	240

1020

범위 : 0-1023(10비트)

도면10c

256	256	256	252	248	248	248	248
256	256	252	248	248	248	248	248
256	252	248	248	248	248	248	248
252	248	248	248	248	248	248	248
248	248	248	248	248	248	248	248
248	248	248	248	248	248	248	244
248	248	248	248	248	248	244	240
248	248	248	248	248	244	240	240

범위 : 0-1023(10비트)

도면10d

32	32	32	32	32	32	32	32
32	32	32	32	32	32	32	32
32	32	32	32	32	32	32	32
32	32	32	32	32	32	32	32
32	32	32	32	32	32	32	32
32	32	32	32	32	32	32	31
32	32	32	32	32	32	31	31
32	32	32	32	32	31	31	31

범위 : 0-63(6비트)

도면10e

32	32	32	32	31	31	31	31
32	32	32	31	31	31	31	31
32	32	31	31	31	31	31	31
32	31	31	31	31	31	31	31
31	31	31	31	31	31	31	31
31	31	31	31	31	31	31	31
31	31	31	31	31	31	31	31
31	31	31	31	31	31	31	31

범위 : 0-63(6 비트)

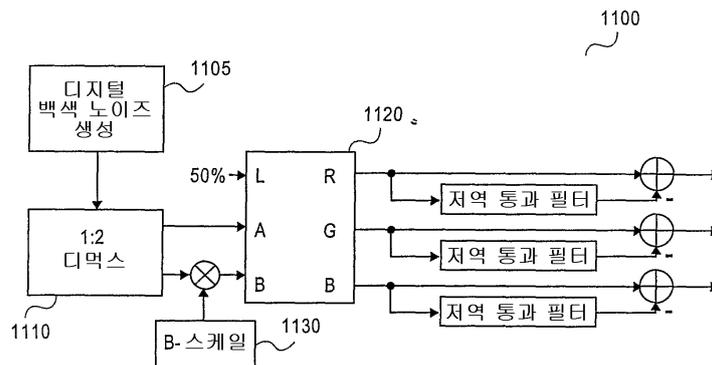
도면10f

128	128	128	127	126	126	126	126
128	128	127	126	126	126	126	126
128	127	126	126	126	126	126	126
127	126	126	126	126	126	126	126
126	126	126	126	126	126	126	126
126	126	126	126	126	126	126	125
126	126	126	126	126	126	125	124
126	126	126	126	126	125	124	124

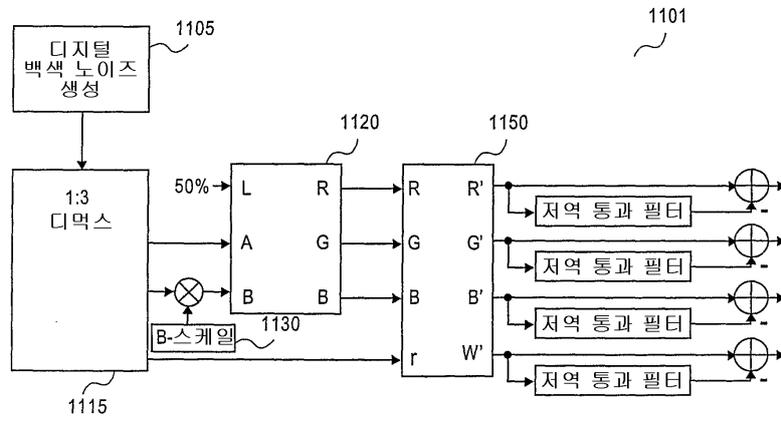
1060

범위 : 0-255(8 비트)

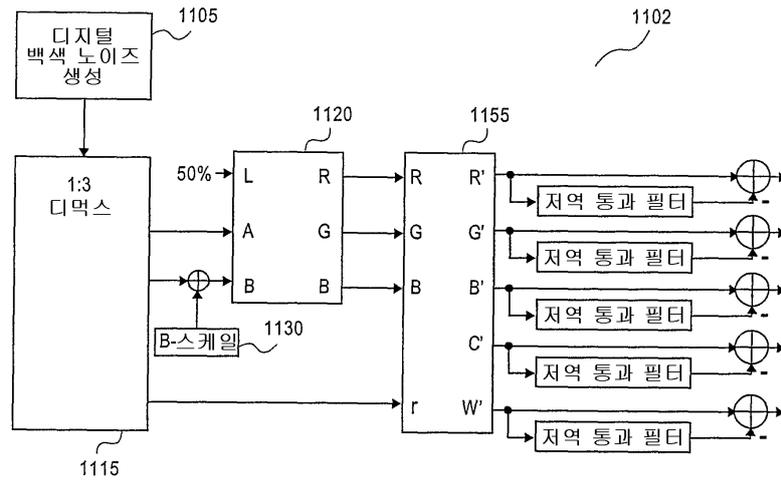
도면11a



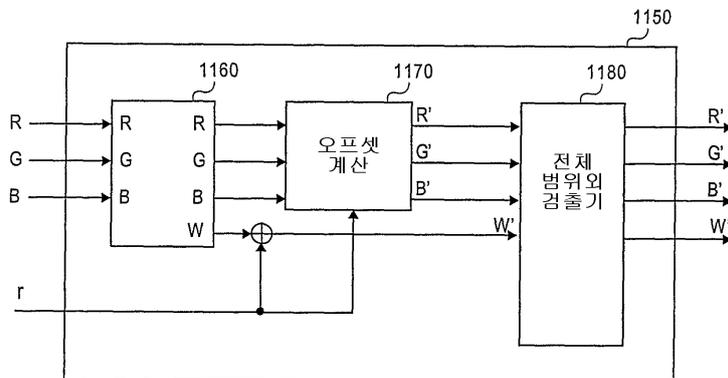
도면11b



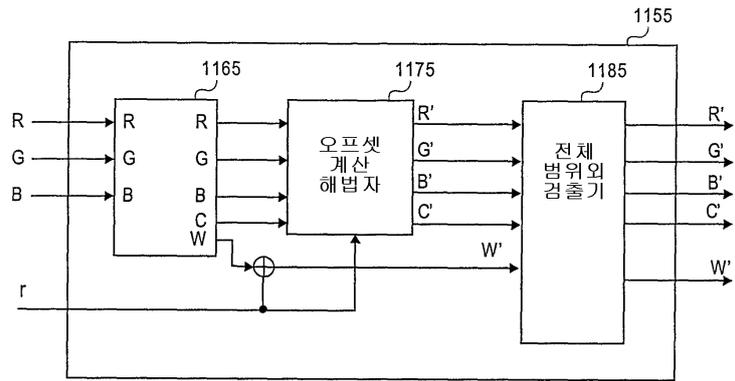
도면11c



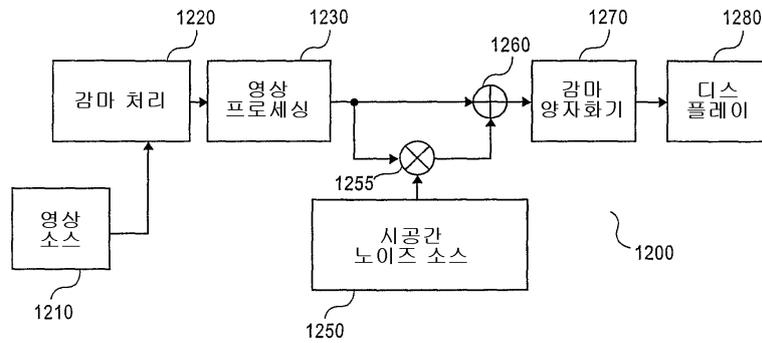
도면11d



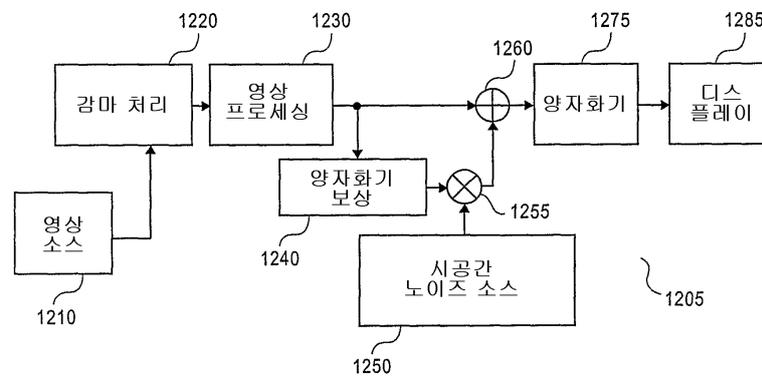
도면11e



도면12a



도면12b



도면13

