



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2013년02월14일  
(11) 등록번호 10-1233350  
(24) 등록일자 2013년02월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
G03H 1/04 (2006.01) G03H 1/10 (2006.01)  
G03H 1/16 (2006.01)  
(21) 출원번호 10-2011-0036106  
(22) 출원일자 2011년04월19일  
심사청구일자 2011년04월19일  
(65) 공개번호 10-2012-0118625  
(43) 공개일자 2012년10월29일  
(56) 선행기술조사문헌  
KR1020000018310 A  
KR1020010071211 A  
KR1020060037456 A  
KR1020090008494 A

(73) 특허권자  
전자부품연구원  
경기도 성남시 분당구 새나리로 25 (아탑동)  
(72) 발명자  
강훈중  
경기도 고양시 일산동구 위시터4로 45, 409동  
2304호 (식사동)  
정광모  
경기도 용인시 수지구 수지로 75, 현대힐스테이트  
215동 502호 (상현동)  
(74) 대리인  
특허법인다래

전체 청구항 수 : 총 6 항

심사관 : 고상호

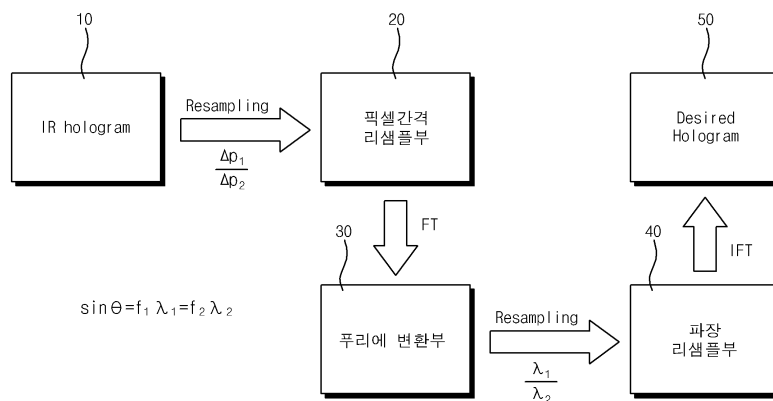
(54) 발명의 명칭 홀로그래프 트랜스코딩 장치 및 방법

(57) 요약

본 발명은 홀로그래프 기록 과정에서 사용된 참조광의 파장과 기록 매체의 픽셀 간격이 복원 과정에서 사용된 참조광의 파장과 공간광변조기의 픽셀 간격과 상이한 경우에도 원하는 3차원 공간상에 왜곡 없이 복원될 수 있도록 홀로그래프를 변환하는 홀로그래프 트랜스코딩 장치 및 방법에 관한 것이다.

본 발명의 일 특징에 따른 홀로그래프 트랜스코딩 장치는 제1 광원을 사용하여 획득된 디지털 홀로그래프를 공간광변조기의 픽셀 간격으로 리샘플링하는 픽셀간격 리샘플링부; 상기 픽셀간격 리샘플링부에 의해 리샘플링된 홀로그래프를 푸리에 변환하는 푸리에 변환부; 상기 푸리에 변환부에 의해 공간주파수 영역으로 변환된 홀로그래프를 상기 제1 광원과는 다른 파장을 갖는 제2 광원의 파장에 의해 리샘플링하는 파장 리샘플링부 및 상기 파장 리샘플링부에 의해 리샘플링된 홀로그래프를 인버스 푸리에 변환함으로써 상기 제2 광원에 의해 복원할 수 있는 홀로그래프를 생성하는 역푸리에 변환부를 포함하여 이루어진다.

대표도 - 도4



(72) 발명자

**서경학**

서울특별시 강남구 삼성로51길 58, 101호 (대치동,  
하광엘피스빌)

**홍성희**

서울특별시 양천구 신정로7길 60-7, 푸른마을 4단  
지 401동 506호 (신정동)

---

**특허청구의 범위**

**청구항 1**

제1 광원을 사용하여 획득된 디지털 홀로그래를 공간광변조기의 픽셀 간격으로 리샘플링하는 픽셀간격 리샘플링부;

상기 픽셀간격 리샘플링부에 의해 리샘플링된 홀로그래를 푸리에 변환하는 푸리에 변환부;

상기 푸리에 변환부에 의해 공간주파수 영역으로 변환된 홀로그래를 상기 제1 광원과는 다른 파장을 갖는 제2 광원의 파장에 의해 리샘플링하는 파장 리샘플링부 및

상기 파장 리샘플링부에 의해 리샘플링된 홀로그래를 인버스 푸리에 변환함으로써 상기 제2 광원에 의해 복원할 수 있는 홀로그래를 생성하는 역푸리에 변환부를 포함하여 이루어진 홀로그래 트랜스코딩 장치.

**청구항 2**

제1 광원을 사용하여 획득된 디지털 홀로그래를 푸리에 변환하는 푸리에 변환부;

상기 푸리에 변환부에 의해 공간주파수 영역으로 변환된 홀로그래를 상기 제1 광원과는 다른 파장을 갖는 제2 광원의 파장에 의해 리샘플링하는 파장 리샘플링부;

상기 파장 리샘플링부에 의해 리샘플링된 홀로그래를 인버스 푸리에 변환하는 역푸리에 변환부 및

상기 역푸리에 변환부에 의해 변환된 홀로그래를 공간광변조기의 픽셀 간격으로 리샘플링하는 픽셀간격 리샘플링부를 포함하여 이루어진 홀로그래 트랜스코딩 장치.

**청구항 3**

제 2 항에 있어서,

상기 제2 광원을 사용하여 복원될 홀로그래의 픽셀 간격이 상기 제1 광원을 사용하여 획득된 홀로그래의 픽셀 간격보다 작은 것을 특징으로 하는 홀로그래 트랜스코딩 장치.

**청구항 4**

제1 광원을 사용하여 획득된 디지털 홀로그래를 복원에 사용될 공간광변조기의 픽셀 간격으로 리샘플링하는 픽셀간격 리샘플링부 및

상기 픽셀간격 리샘플링부에 의해 리샘플링된 홀로그래를 상기 제1 광원의 파장( $\lambda_1$ )과는 다른 파장을 갖는 제2 광원의 파장( $\lambda_2$ )으로 리샘플링하는 파장 리샘플링부를 포함하여 이루어지되,


상기 파장 리샘플링부는  $\lambda_2/\lambda_1$ 의 비율로서 리샘플링하는 것을 특징으로 하는 홀로그래 트랜스코딩 장치.

**청구항 5**

제 4 항에 있어서,

상기  $\lambda_2/\lambda_1$ 은 1보다 큰 것을 특징으로 하는 홀로그래 트랜스코딩 장치.

**청구항 6**

제1 광원을 사용하여 획득된 디지털 홀로그래를 상기 제1 광원을 사용하여 수학적으로 복원한 영상의  축상의 관심 물체 영역을 샘플링하여 복수의 2차원 이산 영상을 생성하는 (a) 단계;

상기 2차원 이산 영상을 상기 디지털 홀로그램 측으로 후방 전파시켜서 상기  $Z$  축 상의 레이어에서의 수학적 인 복원 영상을 획득하는 (b) 단계 및

상기 (a) 단계에서 샘플링한 각 간격에서 상기 후방 전파를 통해 얻어진 복원 영상을 중첩함으로써 관심 물체 영역에서의 3차원 영상을 복원할 수 있는 가시광 홀로그램을 생성하는 (c) 단계를 포함하여 이루어지되,

상기 2차원 이산 영상은 상기 제1 광원의 파장과 홀로그램의 픽셀 간격을 사용하여 생성되고, 상기 복원 영상은 복원 시 사용될 상기 제1 광원의 파장과는 다른 파장을 갖는 제2 광원의 파장과 공간광변조기의 픽셀 간격을 사용하여 생성되는 홀로그램 트랜스코딩 방법.

**명세서**

**기술분야**

[0001] 본 발명은 홀로그램 트랜스코딩 장치 및 방법에 관한 것으로, 특히 디지털 홀로그램 기록 과정에서 사용된 참조광의 파장 및 기록 매체의 픽셀 간격이 복원 과정에서 사용될 참조광의 파장 및 공간광변조기의 픽셀 간격과 상이한 경우에도 3차원 공간상에 왜곡 없이 복원될 수 있도록 홀로그램을 변환하는 홀로그램 트랜스코딩 장치 및 방법에 관한 것이다.

**배경기술**

[0002] 잘 알려진 바와 같이 홀로그램은 홀로그래피의 원리를 이용하여 만들어지며 입체상을 재현하는 간섭 줄무늬(Fringe Pattern) 또는 이러한 간섭 줄무늬가 기록된 매체를 말한다. 홀로그래피의 원리는 코히런트(coherent)한 광선, 예를 들어 레이저에서 나온 광선을 빔 스플리터에 의해 2개로 나뉘서 하나의 광선은 직접 기록 매체를 비추게 하고 다른 하나의 광선은 우리가 보려고 하는 물체에 비추는 것이다. 이때 직접 기록 매체를 비추는 광을 참조광(reference light)이라고 하고, 물체를 비추는 빛을 물체광(object light)이라고 한다. 물체광은 물체의 각 표면에서 반사돼 나오는 광이기 때문에 물체 표면에 따라 위상차(물체 표면에서부터 기록 매체까지의 거리)가 각각 다르게 나타난다. 이때 변형되지 않은 참조광이 물체광과 간섭을 일으키는데, 이때의 간섭 무늬가 저장된 기록 매체를 홀로그램이라고 한다.

[0003] 다음으로, 이와 같이 홀로그램에 저장된 영상을 복원하려면 광선을 다시 기록 매체에 조사하면 되는데, 복원 시에도 기록 시와 동일한 파장과 위상을 갖는 참조광이 조사되어야 한다.

[0004] 한편, 컴퓨터의 기술의 발전에 따라 홀로그램을 수학적 방법(numerical method)에 의해 인위적으로 생성하는 것이 가능해졌는데, 이와 같이 컴퓨터에 의해 생성된 홀로그램(Computer Generated Hologram; CGH)은 이후 광학적으로 복원된다. 예를 들어, CCD(Charge Coupled Device)에 프레넬(Fresnel) 홀로그램을 직접 기록하는데 방법이 개발되었는바, 이 방법은 현재 중간 과정으로 어떠한 사진적인 기록 없이도 홀로그램의 완전한 디지털 기록과 처리를 가능하게 한다. 이와 같은 디지털 샘플링과 수학적인 홀로그램 복원을 디지털 홀로그래피라 한다.

[0005] 홀로그램을 기록하는데 사용되는 광감성 물질은 물체의 모든 점으로부터 산란된 물체광과 참조광의 중첩에 의해 발생하는 간섭 패턴을 분해(resolve)할 수 있어야 한다. 여기에서 분해능을 갖는 최대 공간주파수( $f_{max}$ )는

아래의 수학적 1에서와 같이 물체광과 산란광 사이의 최대 회절각( $\theta_{max}$ )에 의해 결정된다.

**수학적 1**

$$f_{max} = \frac{2}{\lambda} \sin\left(\frac{\theta_{max}}{2}\right)$$

[0006]

[0007] CCD의 인접 픽셀 사이의 간격( $\Delta_p$ )을, 예를 들어 대략 10 $\mu$ m라 할 때 최대 분해능을 갖는 공간주파수(이하 간단히 '최대 공간주파수'라 한다)는 아래의 수학적 식 2에 의해 대략 50lpmm(Linepair per mm) 정도가 된다.

수학적 식 2

[0008]

$$f_{\max} = \frac{1}{2\Delta_p}$$

[0009] 위의 수학적 식 1에 따라 참조광과 물체광 사이의 최대 회절각은 아주 작은 각도로 제한되는데, 이 경우에 수학적 식 1에서의 사인함수는 아래의 수학적 식 3과 같이 근사될 수 있다.

수학적 식 3

[0010]

$$f_{\max} \approx \frac{\theta_{\max}}{\lambda}$$

[0011] 도 1은 홀로그램 기록 및 복원 과정을 설명하기 위한 개념도이다. 도 1의 (a)에 도시한 바와 같이, 3차원 물체

(0)에 대한 홀로그램을 기록(Acquisition)할 때 기록 측에서의 광의 파장을  $\lambda_1$ , 기록 매체인 CCD의 픽셀 간

격을  $\Delta_{p1}$ 이라 하고, 도 1의 (b)에 도시한 바와 같이 홀로그램을 복원(Display)할 때 공간광변조기(Spatial Light Modulation; SLM), 예를 들어 LCD(Liquid Crystal Display)나 LCoS(Liquid Crystal on Silicon)과 같은

공간광변조기에 의해 3차원 공간상에서 디스플레이(복원)될 때의 참조광의 파장을  $\lambda_2$ 라 하고, 공간광변조기

의 픽셀 간격을  $\Delta_{p2}$ 라 할 때 3차원 공간이 왜곡 없이 복원되기 위해서는  
 $\lambda_1 = \lambda_2, \Delta_{p1} = \Delta_{p2}$   
 가 되어야 한다.

[0012] 도 2는 적외광을 사용하여 3차원 물체로부터 홀로그램을 기록하는 과정을 설명하기 위한 도이고, 도 3은 가시광을 사용하여 도 2에 도시한 홀로그램을 3차원 공간상에 복원하는 과정을 설명하기 위한 도이다. 도 2에 도시한 바와 같이, 적외광을 사용하여 3차원 물체에 대한 홀로그램을 CCD에 기록하는 과정에서는 비록 왜곡이 발생하지 않더라도 이렇게 기록된 홀로그램을 가시광을 사용하여 3차원 공간상에 복원함에 있어서 아무런 보정을 행하지 않는 경우에는 기록 과정과 복원 과정에서 사용된, 물리적인 파라미터가 상이하기 때문에 도 3에 도시한 바와 같이 길이는 늘어나는 반면에 높이는 줄어드는 식으로 왜곡이 발생하게 된다.

[0013] 즉, 원래의 3차원 물체에 해당하는 모든 정보는 회절각으로부터 오는데, 이러한 회절각 정보를 유지하기 위해서는 공간주파수가 파장에 따라서 수정되어야 한다. 그러나 파장과 픽셀 간격의 차이로 인하여 적외광 홀로그램의 회절각이 가시광의 경우보다 매우 커지게 된다. 따라서 홀로그램의 광학적인 복원 과정에서 3차원 공간의 높이가 위축되는 반면에 그 깊이는 확장됨으로써 복원 영상의 왜곡이 발생하는 문제점이 있었다.

[0014] 종적 왜곡(Longitudinal distortion)과 횡적 왜곡(Transverse distortion)은 각각 아래의 수학적 식 4 및 5에 의해 구해질 수 있다.

수학식 4

$$z_2 = z_1 \frac{\lambda_1 f_{1\max}^2}{\lambda_2 f_{2\max}^2}$$

[0015]

수학식 5

$$D_2 = D_1 \frac{z_2 \theta_{2\max}}{z_1 \theta_{1\max}} = D_1 \frac{f_{1\max}}{f_{2\max}}$$

[0016]

[0017] 위의 수학식 4 및 5에서,  $z_1$ 은 홀로그래프 기록 과정에서 물체와 기록 매체, 예를 들어 CCD 사이의 거리를 나타내고,  $z_2$ 는 홀로그래프 복원 과정에서 공간광변조기와 복원 영상 사이의 거리를 나타낸다.  $D_1$ 은 기록 과정에서 기록 매체인 CCD에 촬영된 물체의 크기, 즉 높이를 나타내고,  $D_2$ 는 복원 과정에서 복원 영상의 크기, 즉 높이를 나타낸다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0018] 본 발명은 전술한 문제점을 해결하기 위해 안출된 것으로서, 홀로그래프 기록 과정에서 사용된 참조광의 파장과 기록 매체의 픽셀 간격이 복원 과정에서 사용된 참조광의 파장과 공간광변조기의 픽셀 간격과 상이한 경우에도 원하는 3차원 공간상에 왜곡 없이 복원될 수 있도록 홀로그래프를 변환하는 홀로그래프 트랜스코딩 장치 및 방법을 제공함을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0019] 전술한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 특징에 따른 홀로그래프 트랜스코딩 장치는 제1 광원을 사용하여 획득된 디지털 홀로그래프를 공간광변조기의 픽셀 간격으로 리샘플링하는 픽셀간격 리샘플링부; 상기 픽셀간격 리샘플링부에 의해 리샘플링된 홀로그래프를 푸리에 변환하는 푸리에 변환부; 상기 푸리에 변환부에 의해 공간주파수 영역으로 변환된 홀로그래프를 상기 제1 광원과 다른 파장을 갖는 제2 광원의 파장에 의해 리샘플링하는 파장 리샘플링부 및 상기 파장 리샘플링부에 의해 리샘플링된 홀로그래프를 인버스 푸리에 변환함으로써 상기 제2 광원에 의해 복원할 수 있는 홀로그래프를 생성하는 역푸리에 변환부를 포함하여 이루어진다.

[0020] 본 발명의 제2 특징에 따른 홀로그래프 트랜스코딩 장치는 제1 광원을 사용하여 획득된 디지털 홀로그래프를 푸리에 변환하는 푸리에 변환부; 상기 푸리에 변환부에 의해 공간주파수 영역으로 변환된 홀로그래프를 상기 제1 광원과 다른 파장을 갖는 제2 광원의 파장에 의해 리샘플링하는 파장 리샘플링부; 상기 파장 리샘플링부에 의해 리샘플링된 홀로그래프를 인버스 푸리에 변환하는 역푸리에 변환부 및 상기 역푸리에 변환부에 의해 변환된 홀로그래프를 공간광변조기의 픽셀 간격으로 리샘플링하는 픽셀간격 리샘플링부를 포함하여 이루어진다.

[0021] 제2 특징에 따른 홀로그래프 트랜스코딩 장치에서 상기 제2 광원을 사용하여 복원될 홀로그래프의 픽셀 간격이 상기 제1 광원을 사용하여 획득된 홀로그래프의 픽셀 간격이 보다 작은 것을 특징으로 한다.

[0022] 본 발명의 제3 특징에 따른 홀로그래프 트랜스코딩 장치는 제1 광원을 사용하여 획득된 디지털 홀로그래프를 복원에 사용될 공간광변조기의 픽셀 간격으로 리샘플링하는 픽셀간격 리샘플링부 및 상기 픽셀간격 리샘플링부에 의해

리샘플링된 홀로그래프를 상기 제1 광원의 파장( $\lambda_1$ )과는 다른 파장( $\lambda_2$ )을 갖는 제2 광원의 파장( $\lambda_2$ )으로 리샘플링하는 과정 리샘플링부를 포함하여 이루어지되, 상기 과정 리샘플링의 비율은  $\lambda_2/\lambda_1$  인 것을 특징으로 한다.

[0023] 제3 특징에 따른 홀로그래프 트랜스코딩 장치는 상기  $\lambda_2/\lambda_1$  은 1보다 큰 것을 특징으로 한다.

[0024] 본 발명의 다른 특징에 따른 홀로그래프 트랜스코딩 방법은 제1 광원을 사용하여 획득된 디지털 홀로그래프를 상기 제1 광원을 사용하여 수학적으로 복원한 영상의  $Z$  축 상의 관심 물체 영역을 적절한 간격으로 샘플링하여 복수의 2차원 이산 영상을 생성하는 (a) 단계; 상기 2차원 이산 영상을 상기 디지털 홀로그래프 축으로 후방 전파시켜서 상기  $Z$  축 상의 원하는 레이어에서의 수학적인 복원 영상을 획득하는 (b) 단계 및 상기 각 샘플링 간격에서 상기 후방 전파를 통해 얻어진 복원 영상을 모두 중첩함으로써 관심 물체 영역에서의 3차원 영상을 복원할 수 있는 가시광 홀로그래프를 생성하는 (c) 단계를 포함하여 이루어지되, 상기 2차원 이산 영상은 상기 제1 광원의 파장과 홀로그래프의 픽셀 간격을 사용하여 생성되고, 상기 복원 영상은 복원 시 사용될 제2 광원의 파장( $\neq$  제1 광원의 파장)과 공간광변조기의 픽셀 간격을 사용하여 생성된다.

**발명의 효과**

[0025] 본 발명의 홀로그래프 트랜스코딩 장치 및 방법에 따르면, 홀로그래프 기록 과정에서 사용된 참조광의 파장과 기록 매체의 픽셀 간격이 복원 과정에서 사용된 참조광의 파장과 공간광변조기의 픽셀 간격과 상이한 경우에도 원하는 3차원 공간상에 왜곡 없이 복원하는 것이 가능해진다.

**도면의 간단한 설명**

- [0026] 도 1은 홀로그래프 기록 및 복원 과정을 설명하기 위한 개념도.
- 도 2는 적외광을 사용하여 3차원 물체로부터 홀로그래프를 기록하는 과정을 설명하기 위한 도.
- 도 3은 가시광을 사용하여 도 2에 도시한 홀로그래프를 3차원 공간상에 복원하는 과정을 설명하기 위한 도.
- 도 4는 본 발명의 홀로그래프 트랜스코딩 장치의 일 실시예에 따른 블록 구성도.
- 도 5는 본 발명의 홀로그래프 트랜스코딩 장치의 다른 실시예에 따른 블록 구성도.
- 도 6은 도 5의 실시예에 따라 왜곡이 보정된 가시광 홀로그래프를 보인 도.
- 도 7 및 도 8은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 트랜스코딩 변환 방법을 설명하기 위한 도.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0027] 이하에는 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 홀로그래프 트랜스코딩 장치 및 방법의 바람직한 실시예에 대해 상세하게 설명한다.

[0028] 아래의 표 1은 기록축과 복원축에서의 각종 물리적인 파라미터와 그들 사이의 관계를 예시적으로 보인 표이다.

**표 1**

	픽셀 간격	공간주파수	파장	회절각	물체 거리	물체 크기
기록축	$\Delta_{p1}$	$f_1 = 1/2\Delta_{p1}$	$\lambda_1$	$\theta_1 = f_1 \lambda_1$	$z_1$	$D_1$
복원축	$\Delta_{p2}/\Delta_{p1}$	$f_2/f_1 = \Delta_{p1}/\Delta_{p2}$	$\lambda_2/\lambda_1$	$\theta_2/\theta_1 = f_2 \lambda_2 / f_1 \lambda_1$	$z_2/z_1$	$D_2/D_1$

[0030] 도 4는 본 발명의 홀로그래프 트랜스코딩 장치의 일 실시예에 따른 블록 구성도인바, 홀로그래프 기록 시에는 적외광을 사용하고 복원 시에는 가시광을 사용하는 경우를 예시하고 있다. 도 4에 도시한 바와 같이, 먼저 픽셀간격 리샘플부(20)에서는 적외광을 사용하여 획득된 디지털 홀로그래프(10)를 공간광변조기의 픽셀 간격으로 리샘플링

하는데, 이 경우의 확대비(magnification ratio)는  $\Delta p_1 / \Delta p_2$ 가 된다. 여기에서,  $\Delta p_1$ 은 기록측, 즉 CCD의 픽셀 간격이고,  $\Delta p_2$ 는 복원측, 즉 공간광변조기인 LCD나 LCoS의 픽셀 간격인데, 본 실시예에서와 같이,  $\Delta p_2$ 가  $\Delta p_1$ 보다 작은 경우에는 업샘플링이 되는 반면에 큰 경우에는 다운샘플링될 것이다.

[0031] 다음으로, 푸리에 변환부(30)에서는 리샘플링된 홀로그래프를 푸리에 변환하여 공간주파수 영역으로 변환시킴으로써 회절각에 종속적, 즉 회절각에 해당하는 분산 패턴을 만든다. 다음으로, 파장 리샘플부(40)는 이렇게 공간주파수 영역으로 변환된 홀로그래프를 원하는 회절각( $\theta$ )을 갖는 가시광 홀로그래프로 만들어주기 위해 주파수 영역에서 재차 리샘플링을 수행, 즉  $\lambda_1 / \lambda_2$ 로 리샘플링함으로써 스펙트럼의 분포를 변화시킨다.

[0032] 마지막으로 역푸리에 변환부(50)에서는 이렇게 리샘플링된 가시광 홀로그래프를 인버스 푸리에 변환함으로써 왜곡 없는 복원이 가능한 가시광 홀로그래프(60)를 생성하게 한다.

[0033] 여기에서,  $\Delta p_2$ 가  $\Delta p_1$ 보다 큰 경우에는 다운샘플링이 되어 정보가 손실되기 때문에 문제가 발생하지만  $\Delta p_2$ 가  $\Delta p_1$ 보다 작은 경우에는 업샘플링이 되어 정보의 손실이 없기 때문에 푸리에 변환부와 파장 리샘플부를 전단에 두어 적외광 홀로그래프를 공간주파수 영역으로 변환시킨 상태에서 파장 리샘플링을 수행하고, 파장 리샘플부의 후단에 역푸리에 변환부와 픽셀간격 리샘플부를 두어 인버스 푸리에 변환과 픽셀간격 리샘플링을 순차적으로 수행해도 왜곡 없는 3차원 영상을 복원할 수 있다.

[0034] 도 5는 본 발명의 홀로그래프 트랜스코딩 장치의 다른 실시예에 따른 블록 구성도로서, 도 4에서 푸리에 변환부와 역푸리에 변환부를 생략함으로써 연산량을 대폭적으로 경감시킬 수 있는 구성을 예시하고 있다. 도 6은 도 5의 실시예에 따라 왜곡이 보정된 가시광 홀로그래프를 보인 도이다. 먼저 도 5에 도시한 바와 같은 본 실시예에 따르면, 먼저 픽셀간격 리샘플부(20)에서는 적외광을 사용하여 획득된 디지털 홀로그래프(10)를 리샘플링하는데, 이

경우의 확대비(magnification ratio)는 도 4의 경우와 마찬가지로  $\Delta p_1 / \Delta p_2$ 가 된다. 여기에서,  $\Delta p_1$ 은 기록측, 즉 CCD의 픽셀 간격이고,  $\Delta p_2$ 는 복원측, 즉 공간광변조기인 LCD나 LCoS의 픽셀 간격인데, 본 실시예에서와 같이,  $\Delta p_2$ 가  $\Delta p_1$ 보다 작은 경우에는 업샘플링이 되는 반면에 큰 경우에는 다운샘플링될 것이다.

[0035] 다음으로, 본 실시예에서는 푸리에 변환을 행함이 없이 바로 파장 리샘플부(40)에서 파장에 대한 리샘플링을 수행하는데, 도 4의 경우와는 달리  $\lambda_2 / \lambda_1$ 의 비율로서 리샘플링하여 최종적으로 원하는 가시광 홀로그래프(60)를 생성한다.

[0036] 본 실시예에 따르면,  $\lambda_2$ 에 대한 공간주파수  $f_2$ 가  $\lambda_1$ 에 대한 공간주파수  $f_1$ 보다 큰 상태에서 푸리에 변환을 행함이 없이 바로 파장에 대한 리샘플링을 수행하기 때문에  $\lambda_2$ 가 작고  $\lambda_1$ 이 크면  $\lambda_2 / \lambda_1$ 가 1보다 작은 값을 갖는데,  $\lambda_2 / \lambda_1$ 이 1보다 작은 값을 갖는다는 것은 복원에 사용될 홀로그래프의 사이즈가 줄어든다는 것을 의미하고, 따라서 이를 3차원 공간상에서 복원함에 있어서는 도 6에 도시한 바



와 같이 관심 물체 영역을 복원 영상에 대한 높이를 충족시키는 거리까지 이동시켜야 한다. 반면에  $\lambda_2/\lambda_1$  1보다 클 경우, 즉 업샘플링의 경우에는 완전한 해상도를 얻을 수 있기 때문에 푸리에 변환과 인버스 푸리에 변환을 거치지 않더라도 원하는 3차원 공간에 풀 해상도의 영상을 복원시킬 수가 있다.

[0037] 아래의 표 2 및 표 3은 각각 기록 시 및 복원 시의 각종 물리적인 파라미터를 예시적으로 보인 표이다.

표 2

[0038]

	픽셀 간격	공간주파수	과장	회절각	물체 거리	물체 크기
기록측	25 $\mu$ m	2,000Lpm	10.6 $\mu$ m	12.24 $^{\circ}$	300mm	880mm
확대비	0.05 $\Delta p_1$	20 $f_1$	0.05 $\lambda_1$	$\Theta_1$	300mm	880mm
복원측	1.25 $\mu$ m	40,000Lpm	0.532 $\mu$ m	12.24 $^{\circ}$	300mm	880mm

표 3

[0039]

	픽셀 간격	공간주파수	과장	회절각	물체 거리	물체 크기
기록측	25 $\mu$ m	2,000Lpm	10.6 $\mu$ m	12.24 $^{\circ}$	300mm	880mm
확대비	0.32 $\Delta p_1$	3.125 $f_1$	0.05 $\lambda_1$	0.156 $\Theta_1$	0.32 $D_1$	2.048 $Z_1$
복원측	8 $\mu$ m	6,250Lpm	0.532 $\mu$ m	1.9 $^{\circ}$	96mm	1,800mm

[0040] 홀로그래프 기록 시 적외광을 사용하고, 복원 시 가시광을 사용하는 경우에 먼저 표 2에 도시한 바와 같이,  $\lambda_1$  이 10.6 $\mu$ m, 그 최대 회절각이 12.24 $^{\circ}$ , CCD의 픽셀 간격이 25 $\mu$ m인 경우에  $\lambda_2$ 가 0.532 $\mu$ m이기 때문에 가시광을 사용하여 적외광으로 기록된 홀로그래프를 복원하기 위해서는 LCD나 LCoS의 픽셀 간격이 1.25 $\mu$ m가 되어야 하는데, 이 정도의 픽셀 간격은 현재의 기술로는 구현할 수가 없다.

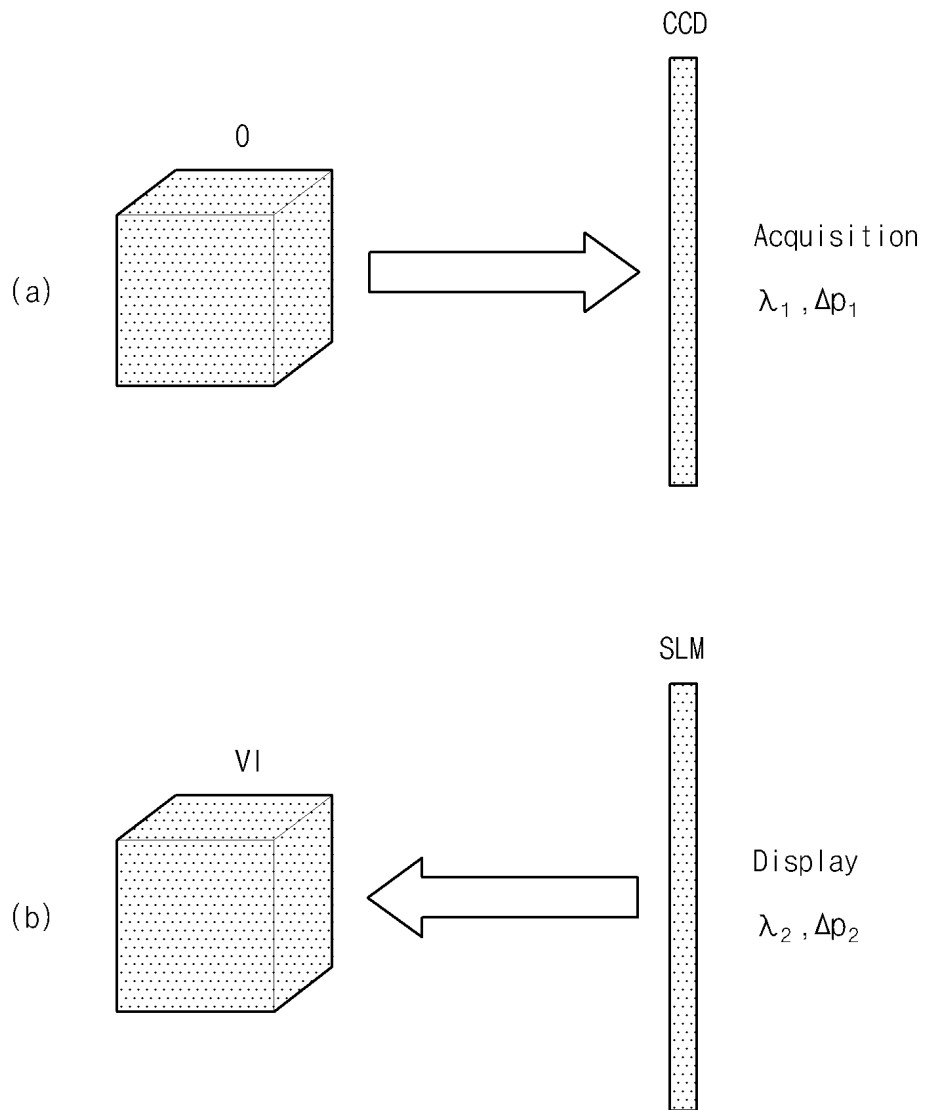
[0041] 한편, 표 3에 도시한 바와 같이  $\lambda_1$  이 10.6 $\mu$ m, 최대 회절각이 12.24 $^{\circ}$ , CCD의 픽셀 간격이 25 $\mu$ m이고  $\lambda_2$ 가 0.532 $\mu$ m인 경우에 현 수준에서 가장 낮은 8 $\mu$ m의 픽셀 간격을 갖는 LCD나 LCoS를 사용하게 되면, 회절각이 1.9 $^{\circ}$  밖에 되지 않기 때문에 도 6에 도시한 바와 같이 LCD나 LCoS로부터 복원 영상까지의 거리를, 기록시 CCD와 물체까지의 거리( $Z_1$ )보다 2.048배만큼 이동시켜야 비로소 기록된 물체의 크기( $D_1$ )보다 0.32배 작은 복원 영상을 구현할 수가 있다. 이와 같이 본 실시예는 적외광 대 가시광 같이 과장 차이가 너무 큰 경우에 사용하기에는 무리가 따르며, 적색광이나 청색광 대 녹색광 같이 과장 차이가 크지 않는 경우에 바람직하게 적용될 수 있을 것이다. 본 실시예에서도 전술한 실시예와 마찬가지로 업샘플링이 되는 한 과장 리샘플링을 먼저 수행한 후에 픽셀간격 리샘플링을 수행할 수도 있을 것이다.

[0042] 도 7 및 도 8은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 트랜스코딩 변환 방법을 설명하기 위한 도이다.

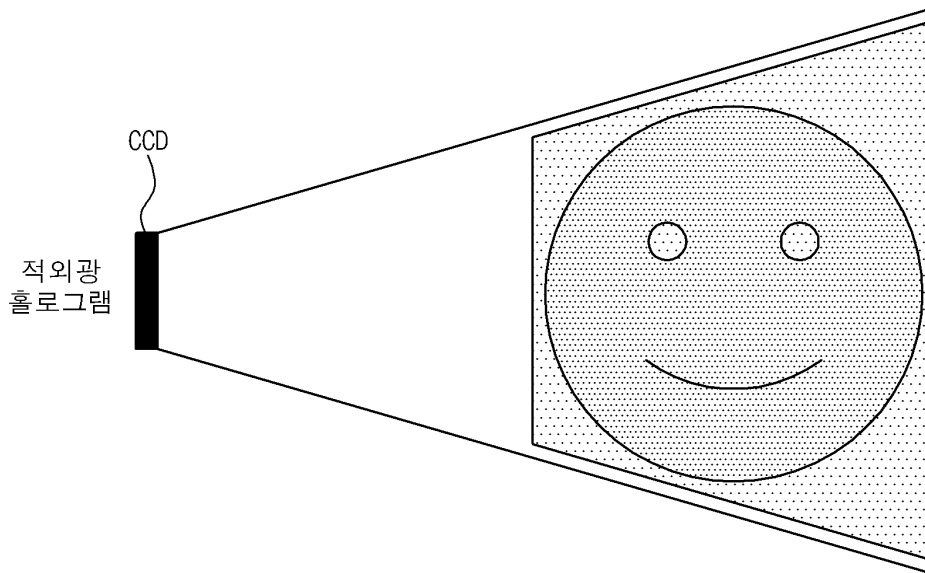
[0043] 전술한 바와 같이, 예를 들어 적외광의 경우에 과장이 10.6 $\mu$ m이고 가시광의 경우에는 0.533 $\mu$ m인바, 이와 같이 기록 시에 사용된 광의 과장과 복원 시에 사용되는 광의 과장의 차이가 너무 크게 되면  $\lambda_2/\lambda_1$ 가 너무 작아지게 되는데, 이 경우에는 푸리에 변환을 행하지 않고서는 현재의 픽셀 간격을 갖는 공간광변조기로는 구현이 어렵다. 이를 감안하여 본 실시예에서는 도 7에 도시한 바와 같이 적외광으로 기록된 홀로그래프를 적외광을 사용하여 수학적으로 복원한 영상의  $Z$  축 상의 관심 물체 영역을 적절한 간격으로 샘플링하여 복수의 2차원 이산 영상을 만든다. 이 경우에 예를 들어, 망원 카메라의 줌 배율을 높이면 어떤 영역은 포커싱이 이루어지나 나머지 영역은 디포커싱되는 것과 같이 현재 샘플링된 이산 영상을 제외한 나머지 부분은 블러링(blurring) 영상으로 된다.



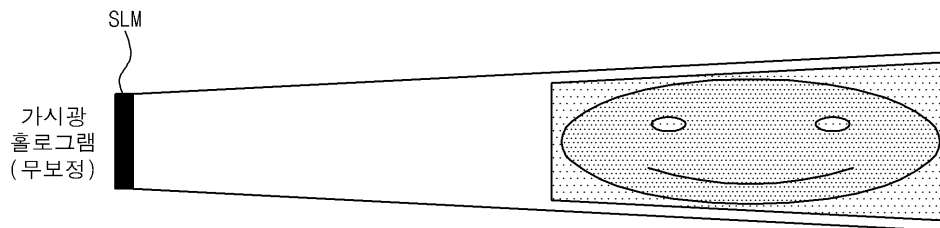
도면  
도면1



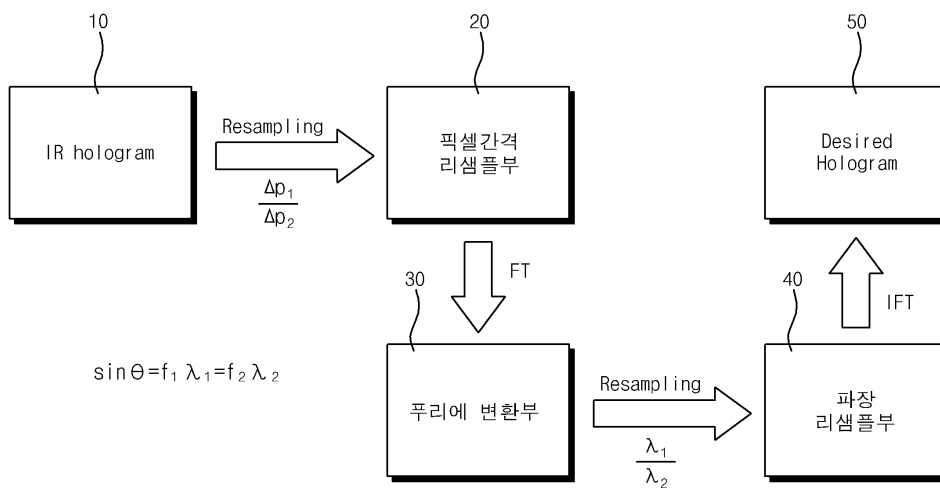
도면2



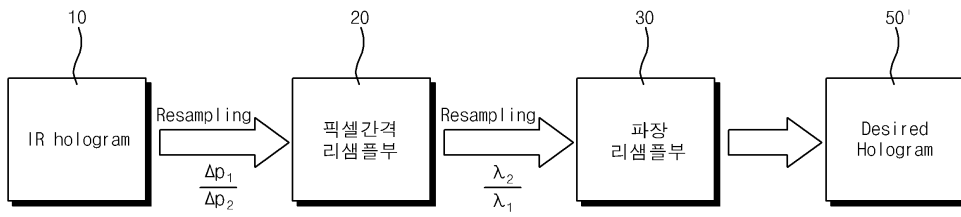
도면3



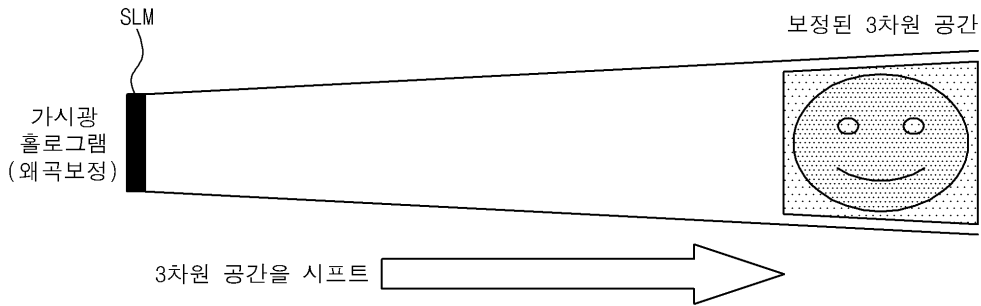
도면4



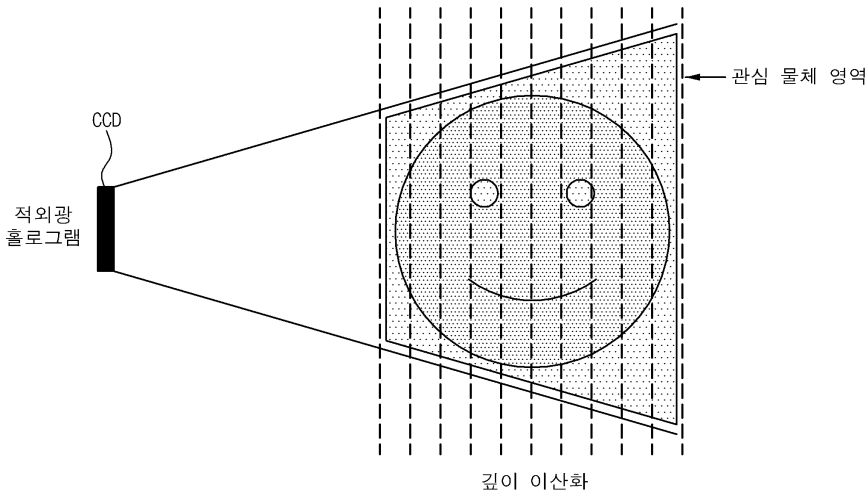
도면5



도면6



도면7



도면8

