(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0092162
(43) 공개일자 2023년06월26일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G03H 1/26 (2006.01) *G03H 1/04* (2006.01)
(52) CPC특허분류
G03H 1/26 (2013.01)
G03H 1/0486 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2021-0181292
(22) 출원일자 2021년12월17일
심사청구일자 2021년12월17일

(71) 출원인
인하대학교 산학협력단
인천광역시 미추홀구 인하로 100(용현동, 인하대학교)
(72) 발명자
박재형
경기도 군포시 금산로 91, 108동 1802호(산본동, 래미안 하이어스)
민다빈
인천광역시 연수구 원인재로 124, 101동 2302호(동춘동, 한양1차아파트)
민교식
인천광역시 미추홀구 한나루로463번길 95, 나동 201호(용현동, 대광빌라)
(74) 대리인
양성보

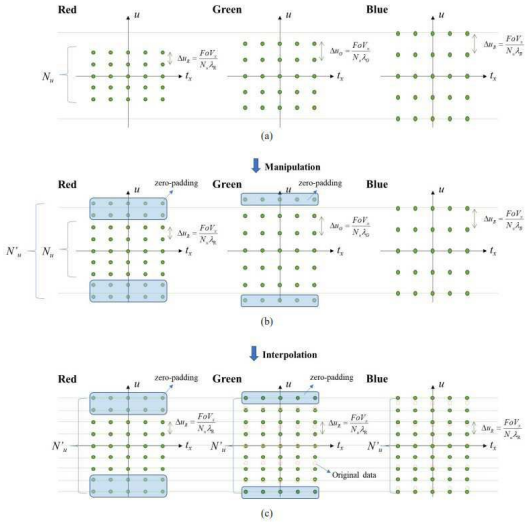
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 **모든 컬러 채널들에 대해 컬러 수차가 없는 논호겔 라이트 필드 기반 컴퓨터 생성 홀로그램을 합성하기 위한 컴퓨터 장치 및 그의 방법**

(57) 요 약

다양한 실시예들은 모든 컬러 채널들에 대해 컬러 수차가 없는 논호겔 라이트 필드 기반 컴퓨터 생성 홀로그램을 합성하기 위한 컴퓨터 장치 및 그의 방법에 관한 것으로, 모든 컬러 채널들에 대한 라이트 필드 데이터에서, 컬러 채널들에 대해 동일한 홀로그램 픽셀 피치를 설정하고, 라이트 필드 데이터에서, 컬러 채널들에 대해 동일한 공간 주파수 샘플링 그리드를 설정하고, 라이트 필드 데이터로부터 컬러 논호겔 기반 컴퓨터 생성 홀로그램을 합성하도록 구성될 수 있다.

대 표 도 - 도2



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711134474
과제번호	2021-0-00091-001
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	정보통신기획평가원
연구사업명	방송통신산업기술개발사업
연구과제명	[Ezbaro]초실감 홀로그램 생성을 위한 실시간 고속 렌더러 기술 개발(1차년도)
기 여 율	1/1
과제수행기관명	서울대학교 산학협력단
연구기간	2021.04.01 ~ 2021.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

컴퓨터 장치의 방법에 있어서,

모든 컬러 채널들에 대한 라이트 필드 데이터에서, 상기 컬러 채널들에 대해 동일한 홀로그램 픽셀 피치를 설정하는 단계;

상기 라이트 필드 데이터에서, 상기 컬러 채널들에 대해 동일한 공간 주파수 샘플링 그리드를 설정하는 단계; 및

상기 라이트 필드 데이터로부터 컬러 논호겔 기반 컴퓨터 생성 홀로그램을 합성하는 단계

를 포함하는,

방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 컬러 채널들은,

적색 채널, 녹색 채널, 및 청색 채널을 포함하는,

방법.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 동일한 홀로그램 픽셀 피치를 설정하는 단계는,

상기 청색 채널의 파장을 기반으로, 상기 동일한 홀로그램 픽셀 피치를 설정하는 단계

를 포함하는,

방법.

청구항 4

제 2 항에 있어서,

상기 동일한 공간 주파수 샘플링 그리드를 설정하는 단계는,

상기 적색 채널의 샘플링 간격으로, 상기 청색 채널의 샘플링 간격 및 상기 녹색 채널의 샘플링 간격을 보간함으로써, 상기 동일한 공간 주파수 샘플링 그리드를 설정하는 단계

를 포함하는,

방법.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 컬러 채널들 중 적어도 일부의 샘플링 간격은,

상기 컬러 채널들에 대해 상기 동일한 홀로그램 픽셀 피치가 설정되면, 변경되는,

방법.

청구항 6

컴퓨터 장치에 있어서,

메모리; 및

상기 메모리와 연결되고, 상기 메모리에 저장된 적어도 하나의 명령을 실행하도록 구성되는 프로세서

를 포함하고,

상기 프로세서는,

모든 컬러 채널들에 대한 라이트 필드 데이터에서, 상기 컬러 채널들에 대해 동일한 홀로그램 픽셀 피치를 설정하고,

상기 라이트 필드 데이터에서, 상기 컬러 채널들에 대해 동일한 공간 주파수 샘플링 그리드를 설정하고,

상기 라이트 필드 데이터로부터 컬러 논호겔 기반 컴퓨터 생성 홀로그램을 합성하도록 구성되는,

컴퓨터 장치.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 컬러 채널들은,

적색 채널, 녹색 채널, 및 청색 채널을 포함하는,

컴퓨터 장치.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 프로세서는,

상기 청색 채널의 파장을 기반으로, 상기 동일한 홀로그램 픽셀 피치를 설정하도록 구성되는,

컴퓨터 장치.

청구항 9

제 7 항에 있어서,

상기 프로세서는,

상기 적색 채널의 샘플링 간격으로, 상기 청색 채널의 샘플링 간격 및 상기 녹색 채널의 샘플링 간격을 보간함으로써, 상기 동일한 공간 주파수 샘플링 그리드를 설정하도록 구성되는,

컴퓨터 장치.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 컬러 채널들 중 적어도 일부의 샘플링 간격은,

상기 컬러 채널들에 대해 상기 동일한 홀로그램 픽셀 피치가 설정되면, 변경되는,

컴퓨터 장치.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 다양한 실시예들은 모든 컬러 채널들에 대해 컬러 수차가 없는 논호겔 라이트 필드 기반 컴퓨터 생성 홀로그램을 합성하기 위한 컴퓨터 장치 및 그의 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 컬러 컴퓨터 생성 홀로그램(computer-generated-hologram; CGH)은 3차원(3D) 홀로그램 디스플레이에서 중요한 역할을 한다. 홀로그램 합성을 위해 3D 사물은 다양한 형태로 표현되는데, 그 중 하나가 라이트 필드(light field)이다. 라이트 필드 데이터는 3D 물체에서 발생하는 공간 및 각도 광선들의 집합으로 표현된다. 이러한 광선들의 표현은 다양한 방향들로 3D 물체를 바라보는 뷰(view)들의 배열과 같다. 라이트 필드 데이터로부터 홀로그램을 생성하는 것은 라이트 필드 카메라로 실제 물체의 라이트 필드 획득을 쉽게 수행할 수 있다는 장점이 있다. 폐색(occlusion), 재료 반사(material reflection) 특성들 등 장면(scene) 디테일이 라이트 필드 데이터에 이미 포함되어 있어, 적절한 처리로 홀로그램에 반영될 수 있는 것도 라이트 필드 CGH의 장점이다.

[0003] 라이트 필드 데이터로부터 홀로그램을 합성하는 것은 수십 년 동안 연구되어 왔다. 대부분의 전통적인 방법은 홀로그램 평면을 호겔(hogel)들이라고 불리는 작은 영역(area)들로 나눈다. 각 호겔이 상응하는 뷰로 가공되고 가공된 호겔이 함께 조립되어 홀로그램이 완성된다. 그러나, 이러한 호겔 기반 방법은 일반적으로 주어진 홀로그램 해상도에서 호겔들의 수와 각 호겔 내 픽셀들의 수 사이의 트레이드오프 관계로 인해 호겔들의 수에 제한이 있다. 이러한 호겔들의 수 제한은 재구성된 3D 영상의 최대 공간 해상도를 줄인다. 호겔 기반 방법의 또 다른 한계는 위상 불일치이다. 각 호겔의 재구성은 인접 호겔의 재구성과 위상 불일치가 있어 홀로그램 평면 위의 연속적인 파장 재현이 불가능하다.

[0004] 최근, 논호겔(non-hogel) 기반의 CGH 방법이 도입되었다. 논호겔 기반 CGH 방법은 라이트 필드 데이터의 모든 뷰들을 전체적으로 처리하여 호겔 기반 방법의 단점을 해결한다. 임의 반송파나 위상 분포를 3D 물체 표면에 적용할 수 있다는 점도 특정 애플리케이션 별로 홀로그램 최적화가 가능한 장점이다. 논호겔 기반 CGH의 초기 제안에서 조밀하게 샘플링된 대량의 라이트 필드 데이터의 요건이 문제가 됐지만, 이후 보다 효율적인 계산 방식이 개발돼 계산 시간이 크게 단축됐다.

[0005] 이러한 장점에도 불구하고, 논호겔 기반의 CGH는 단 하나의 컬러에 대해 입증되었다. 논호겔 기반 CGH 방법은 공간 주파수 도메인에서 라이트 필드 데이터의 샘플링 및 조작을 포함한다. 파장이 다르면, 같은 광선 방향에 대한 공간 주파수가 달라진다. 라이트 필드 데이터 내 각 뷰의 적색(red), 녹색(green), 청색(blue) 채널들은 시야각(field of view; FoV)과 관찰 방향을 공유하기 때문에, 컬러 채널마다 공간 주파수 샘플링 그리드(spatial frequency sampling grid)가 달라 효율적인 처리가 중요하나 아직 개발되지 않았다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 개시는 모든 컬러 채널들에 대해 컬러 수차가 없는 논호겔 라이트 필드 기반 컴퓨터 생성 홀로그램을 합성하기 위한 컴퓨터 장치 및 그의 방법을 제공한다.

과제의 해결 수단

[0007] 본 개시에 따른 컴퓨터 장치의 방법은, 모든 컬러 채널들에 대한 라이트 필드 데이터에서, 상기 컬러 채널들에 대해 동일한 홀로그램 픽셀 피치를 설정하는 단계, 상기 라이트 필드 데이터에서, 상기 컬러 채널들에 대해 동일한 공간 주파수 샘플링 그리드를 설정하는 단계, 및 상기 라이트 필드 데이터로부터 컬러 논호겔 기반 컴퓨터 생성 홀로그램을 합성하는 단계를 포함한다.

[0008] 본 개시에 따른 컴퓨터 장치는, 메모리, 및 상기 메모리와 연결되고, 상기 메모리에 저장된 적어도 하나의 명령을 실행하도록 구성되는 프로세서를 포함하고, 상기 프로세서는, 모든 컬러 채널들에 대한 라이트 필드 데이터에서, 상기 컬러 채널들에 대해 동일한 홀로그램 픽셀 피치를 설정하고, 상기 라이트 필드 데이터에서, 상기 컬러 채널들에 대해 동일한 공간 주파수 샘플링 그리드를 설정하고, 상기 라이트 필드 데이터로부터 컬러 논호겔 기반 컴퓨터 생성 홀로그램을 합성하도록 구성된다.

발명의 효과

[0009] 본 개시에 따르면, 공통적인 홀로그램 픽셀 피치와 라이트 필드 공간 주파수 샘플링 그리드는 홀로그램 재구성에 있어서의 컬러 수차 또는 라이트 필드에 포함된 정보의 손실 없이, 컬러 홀로그램 합성을 보장한다.

도면의 간단한 설명

[0010] 도 1 및 도 2는 본 개시의 풀컬러 논호겔 기반 CGH를 합성하기 위한 방법을 설명하기 위한 도면들이다.

도 3, 도 4, 및 도 5는 본 개시의 방법에 대한 제 1 검증 결과를 설명하기 위한 도면들이다.

도 6, 도 7, 및 도 8은 본 개시의 방법에 대한 제 2 검증 결과를 설명하기 위한 도면들이다.

도 9, 도 10, 및 도 11는 본 개시의 방법에 대한 제 3 검증 결과를 설명하기 위한 도면들이다.

도 12는 본 개시의 다양한 실시예들에 따른 컴퓨터 장치를 개략적으로 도시하는 도면이다.

도 13은 본 개시의 다양한 실시예들에 따른 컴퓨터 장치의 동작 절차를 도시하는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0011] 이하, 본 개시의 구체적인 내용이 첨부된 도면을 참조하여 설명된다.

[0013] 본 개시는 모든 컬러 채널들에 대해 공유되는 홀로그램 픽셀 피치(hologram pixel pitch)로 3차원 장면의 라이트 필드 데이터로부터 컬러 논호겔 기반 컴퓨터 생성 홀로그램(CGH)을 합성하는 방법을 제안한다. 논호겔 기반 CGH 기술은 라이트 필드의 광선 각도를 평면 파면(plane wavefront)의 공간 주파수로 해석하여, 주어진 라이트 필드 데이터로부터 임의 반송파(carrier wave)로 연속적인 파면을 생성한다. 그러나, 광선 각도(ray angle)과 공간 주파수의 관계는 파장에 의존하기 때문에, 라이트 필드 데이터에서 공간 주파수 샘플링 그리드가 달라져 홀로그램 재구성에서 컬러 수차들이 발생한다. 본 개시의 방법은 가장 작은 청색 회절각이 라이트 필드의 시야각을 덮도록, 모든 컬러 채널들에 공통으로 홀로그램 픽셀 피치를 설정한다. 그런 다음, 본 개시의 방법은 청색 파장의 공간 주파수 범위와 적색 파장의 샘플링 간격(sampling interval)으로 라이트 필드를 보간(interpolation)하여, 모든 컬러 채널들에 공통적인 공간 주파수 샘플링 그리드를 설정한다. 공통적인 홀로그램 픽셀 피치와 라이트 필드 공간 주파수 샘플링 그리드는 홀로그램 재구성에 있어서의 컬러 수차 또는 라이트 필드에 포함된 정보의 손실 없이, 컬러 홀로그램 합성을 보장한다. 본 개시의 방법은 다양한 테스트 또는 3D 장면들의 컬러 라이트 필드 데이터를 사용하여 성공적으로 검증된다.

[0014] **논호겔 기반 CGH 방법**

[0015] 논호겔 기반 CGH 기술은 3D 장면들의 라이트 필드 데이터로부터 복잡한 필드들을 합성한다. 평면에서, 라이트 필드는 $l(t_x, t_y, \Theta_x, \Theta_y)$로 표현될 수 있으며, 여기서 (t_x, t_y)는 광선의 공간 위치이고, (Θ_x, Θ_y)는 라디안(radian)들에서 측정된 각도 방향이다. 라이트 필드 $l(t_x, t_y, \Theta_x, \Theta_y)$은 기하광학(geometric optics)에서 완전히 정의된다. 그러나, 라이트 필드를 파동광학(wave optics)에서 정의된 홀로그램과 연관시키기 위해, 논호겔 기반 CGH 기술은 라이트 필드의 광선 방향(Θ_x, Θ_y)을 광선과 동일한 방향을 갖는 평면파의 공간 주파수(u, v)

로 해석한다. 공간 주파수 - 광선 각도 관계는 하기 [수학식 1]과 같이 주어진다.

수학식 1

[0016] $$u=\frac{\sin\theta_x}{\lambda}\approx\frac{\theta_x}{\lambda},\quad v=\frac{\sin\theta_y}{\lambda}\approx\frac{\theta_y}{\lambda}$$

[0017] 여기서, λ는 파장이다. 이제 라이트 필드는 공간 위치 및 공간 주파수와 함께 $L(t_x, t_y, u, v) = l(t_x, t_y, \Theta_x = \lambda u, \Theta_y=\lambda v)$로 표현된다.

[0018] 논호겔 기반 CGH에 의한 라이트 필드 $L(t_x, t_y, u, v)$로부터의 홀로그램 합성은 두 단계들로 구성된다. 첫 번째 단계에서, 라이트 필드 $L(t_x, t_y, u, v)$은 (u, v) 축들을 따라 2D 푸리에 변환(Fourier transform)된다. 이는 하기 [수학식 2]와 같이 표현된다. 두 번째 단계에서, 홀로그램 H(x, y)는 하기 [수학식3]과 같이 합성된다.

수학식 2

[0019] $$\tilde{L}\left(t_x,t_y,\tau_x,\tau_y\right)=\iint L\left(t_x,t_y,u,v\right)\exp\left[-j2\pi\left(\tau_x u+\tau_y v\right)\right]dudv$$

[0020] 여기서, (τ_x, τ_y)는 (u, v) 축들에 대한 2D 푸리에 변환 후의 축들을 나타낸다.

수학식 3

[0021] $$H(x,y)=\iint\tilde{L}\left(\frac{x+x_c}{2},\frac{y+y_c}{2},x-x_c,y-y_c\right)W(x_c,y_c)dx_c dy_c$$

[0022] 여기서, x_c와 y_c는 홀로그램 평면에서 공간 위치들이고, $W(x_c, y_c)$는 임의로 선택될 수 있는 반송파(carrier)를 나타낸다. $\tau_x=x-x_c$, $\tau_y=y-y_c$, $t_x=x-\tau_x/2$, $t_y=y-\tau_y/2$를 사용하여, 상기 [수학식 3]은 하기 [수학식 4]와 같이 재정렬될 수 있다.

수학식 4

[0023] $$H(x,y)=\iint H_{\tau_x,\tau_y}(x,y)d\tau_x d\tau_y,$$
$$H_{\tau_x,\tau_y}\left(t_x+\frac{\tau_x}{2},t_y+\frac{\tau_y}{2}\right)=\tilde{L}\left(t_x,t_y,\tau_x,\tau_y\right)W\left(t_x-\frac{\tau_x}{2},t_y-\frac{\tau_y}{2}\right)$$

[0024] 여기서, 상기 [수학식 4]는 $\tilde{L}(t_x, t_y, \tau_x, \tau_y)$의 각 (τ_x, τ_y) 슬라이스에 W를 곱하고, 그에 해당하는 이동(shift)$(\pm\tau_x/2, \pm\tau_y/2)$으로 홀로그램 평면에 축적되어, 홀로그램이 완성됨을 나타낸다.

[0025] **샘플링 파장 의존성 분석**

[0026] 전술된 논호겔 기반 CGH 구현에는 적절한 샘플링을 갖는 이산 신호들이 포함된다. 샘플링 요구사항의 파장 의존성은 컬러 홀로그램 합성을 중요하게 만든다.

[0027] 라이트 필드 데이터 $l(t_x, t_y, \Theta_x, \Theta_y)$가 샘플링 간격들 Δt_x, Δt_y, $\Delta \Theta_x$, $\Delta \Theta_y$를 이용하여, 샘플들 $N_{tx} \times N_{ty} \times N_{\Theta x} \times N_{\Theta y}$ 로 준비되었다고 가정한다. 라이트 필드 데이터의 각도 범위 또는 FoV는 $FoV_x = N_{\Theta x} \Delta \Theta_x$, $FoV_y = N_{\Theta y} \Delta \Theta_y$로 주어진다. 상기 [수학식 1]로부터, 공간 주파수 $L(t_x, t_y, u, v)$로 표현되는 라이트 필드는 샘플링 간격들 Δt_x, Δt_y, $\Delta u (= \Delta \Theta_x / \lambda)$, $\Delta v (= \Delta \Theta_y / \lambda)$를 이용하여, 샘플들 $N_{tx} \times N_{ty} \times N_u (= N_{\Theta x}) \times N_v (= N_{\Theta y})$을 갖는다. 홀로그램 샘플링 수(sampling number) $N_x \times N_y$와 간격 Δx와 Δy는 라이트 필드의 공간 및 각도 범위, 즉, 공간 도메인의 $N_{tx} \Delta t_x \times N_{ty} \Delta t_y$, 각도 도메인의 $FoV_x \times FoV_y = N_{\Theta x} \Delta \Theta_x \times N_{\Theta y} \Delta \Theta_y$를 커버하도록 결정되며, 이는 하기 [수학식 5] 및 [수학식 6]과 같은 조건을 제공한다.

수학식 5

[0028]
$$\Delta x \le \frac{\lambda}{FoV_x}, \quad \Delta y \le \frac{\lambda}{FoV_y}$$

수학식 6

[0029]
$$N_x \ge \frac{N_{tx} \Delta t_x}{\Delta x} \ge \frac{N_{tx} \Delta t_x FoV_x}{\lambda}, \quad N_y \ge \frac{N_{ty} \Delta t_y}{\Delta y} \ge \frac{N_{ty} \Delta t_y FoV_y}{\lambda}$$

[0030] 여기서, 상기 [수학식 5]는 파장 λ에 대한 픽셀 피치 Δx 및 Δy로, 홀로그램의 최대 회절각(diffraction angle)에서 추론된다. 상기 [수학식 5] 및 [수학식 6]는 주어진 FoV에 대해, 요구되는 샘플링 피치와 홀로그램의 샘플링 수가 파장의 영향을 받는 것을 나타낸다.

[0031] 또 다른 샘플링 고려사항은 라이트 필드의 τ_x 및 τ_y이다. 상기 [수학식 2]로부터, 샘플링 간격 $\Delta \tau_x$ 및 $\Delta \tau_y$는 하기 [수학식 7]과 같이 주어진다.

수학식 7

[0032]
$$\Delta \tau_x = \frac{1}{N_u \Delta u} = \frac{\lambda}{N_{\theta x} \Delta \theta_x} = \frac{\lambda}{FoV_x}, \quad \Delta \tau_y = \frac{1}{N_v \Delta v} = \frac{\lambda}{N_{\theta y} \Delta \theta_y} = \frac{\lambda}{FoV_y}$$

[0033] 여기서, $N_u = N_{\Theta x}$, $N_v = N_{\Theta y}$, $\Delta u = \Delta \Theta_x / \lambda$, $\Delta v = \Delta \Theta_y / \lambda$가 사용된다. 이 때, 상기 [수학식 5] 및 [수학식 7]에서, 홀로그램 샘플링 간격 Δx, Δy, 및 라이트 필드 샘플링 간격 $\Delta \tau_x$, $\Delta \tau_y$는 동일할 수 있으며, 이는 상기 [수학식 4]에서 이동 연산(shift operation)을 구현하는 데 유리하다.

[0034] **제안된 풀컬러 논호겔 기반 CGH**

[0035] 도 1 및 도 2는 본 개시의 풀컬러 논호겔 기반 CGH를 합성하기 위한 방법을 설명하기 위한 도면들이다.

[0036] 모든 컬러 채널들에 대해 동일한 FoV로 컬러 라이트 필드 데이터가 제공된다고 가정한다. 라이트 필드 데이터 $l_R(t_x, t_y, \Theta_x, \Theta_y)$, $l_G(t_x, t_y, \Theta_x, \Theta_y)$, $l_B(t_x, t_y, \Theta_x, \Theta_y)$의 적색, 녹색, 청색 채널들은, 도 1의 (a)에 도시된 바와 같이, 샘플링 간격들 Δt_x, Δt_y, $\Delta \Theta_x (= FoV_x / N_{\Theta x} = FoV_x / N_u)$, $\Delta \Theta_y (= FoV_y / N_{\Theta y} = FoV_y / N_v)$를 이용하여, 동일한 수의 샘플링 포인트들 $N_{tx} \times N_{ty} \times N_{\Theta x} (= N_u) \times N_{\Theta y} (= N_v)$를 갖는다. 상기 [수학식 1]의 각도-공간 주파수 관계의 파장 의존성 때문에, 하기 [수학식 8]과 같이, 라이트 필드에 포함된 공간 주파수 범위 u, v는 동일한 FoV에서

각 컬러 채널마다 다르다.

수학식 8

$$|u_R| \le \frac{FoV_x}{2\lambda_R}, \quad |u_G| \le \frac{FoV_x}{2\lambda_G}, \quad |u_B| \le \frac{FoV_x}{2\lambda_B},$$
$$|v_R| \le \frac{FoV_y}{2\lambda_R}, \quad |v_G| \le \frac{FoV_y}{2\lambda_G}, \quad |v_B| \le \frac{FoV_y}{2\lambda_B}$$

[0037]

[0038] 여기서, λ_R, λ_G, λ_B는 적색, 녹색, 청색 채널들의 파장들이다. 공간 주파수의 샘플링 간격은, 하기 [수학식 9]와 같이, 상기 [수학식 8]의 범위를 샘플들의 수 $N_{\Theta x}=N_u$, $N_{\Theta y}=N_v$로 나누어 얻을 수 있다.

수학식 9

$$\Delta u_R = \frac{FoV_x}{N_u\lambda_R}, \quad \Delta u_G = \frac{FoV_x}{N_u\lambda_G}, \quad \Delta u_B = \frac{FoV_x}{N_u\lambda_B},$$
$$\Delta v_R = \frac{FoV_y}{N_v\lambda_R}, \quad \Delta v_G = \frac{FoV_y}{N_v\lambda_G}, \quad \Delta v_B = \frac{FoV_y}{N_v\lambda_B}$$

[0039]

[0040] 상기 [수학식 8] 및 [수학식 9]는 동일한 FoV의 $L_R(t_x, t_y, u, v)$, $L_G(t_x, t_y, u, v)$, $L_B(tx, ty, u, v)$의 공간 주파수 범위와 샘플링 간격이 파장에 반비례하여, 도 2의 (a)에 도시된 바와 같이, 청색 채널에 가장 큰 값들을 부여한다는 것을 나타낸다. 이 때, 샘플링 간격 $\Delta\tau_x$, $\Delta\tau_y$도 상이한 컬러들에 대해 상이하므로, 상기 [수학식 4]의 이동 연산의 구현은 복잡해진다.

[0041] 본 개시의 방법은 라이트 필드의 정보 손실 없이 컬러 홀로그램을 합성하기 위해, 단일 공통 홀로그램 픽셀 피치를 설정하고, 적절한 제로-패딩(zero-padding) 연산으로 라이트 필드의 u, v 축들을 따라 2D 보간을 수행한다. 먼저, FoV를 커버하기 위한 각 컬러 채널의 회절각에 대해, 홀로그램 픽셀 피치가 결정된다. 상기 [수학식 5]에서, 세 가지의 컬러 채널들의 픽셀 피치 요구사항들은 하기 [수학식 10]과 같다.

수학식 10

$$\Delta x_R \le \frac{\lambda_R}{FoV_x}, \quad \Delta x_G \le \frac{\lambda_G}{FoV_x}, \quad \Delta x_B \le \frac{\lambda_B}{FoV_x},$$
$$\Delta y_R \le \frac{\lambda_R}{FoV_y}, \quad \Delta y_G \le \frac{\lambda_G}{FoV_y}, \quad \Delta y_B \le \frac{\lambda_B}{FoV_y}$$

[0042]

[0043] 상기 [수학식 10]의 세 가지 조건들을 함께 만족시키기 위해, 홀로그램 픽셀 피치는 짧은 파장의 청색 조건을 따라 하기 [수학식 11]과 같이 설정된다.

수학식 11

$$\Delta x = \frac{\lambda_B}{FoV_x}, \quad \Delta y = \frac{\lambda_B}{FoV_y}$$

[0044]

[0045] 픽셀 피치 조건이 결정되면, 본 개시의 방법에서, 각 컬러 채널의 FoV가 제로 패딩으로 확장된다. 전술된 바와 같이, 상기 [수학식 4]의 이동 및 누적(accumulation) 연산 구현 시 샘플링 간격 $\Delta\tau_x$가 홀로그램 샘플링 간격 Δx와 동일하다는 것이 장점이다. 상기 [수학식 11]에 주어진 홀로그램 픽셀 피치 조건을 고려하여, 적색 및 녹색 채널들의 FoV들은, 도 1의 (b)에 도시된 바와 같이, 상기 [수학식 7]에 따라 하기 [수학식 12]와 같이 조작된다.

수학식 12

$$FoV_{x,\mathrm{R}} = \frac{\lambda_\mathrm{R}}{\Delta x} = FoV_x \frac{\lambda_\mathrm{R}}{\lambda_B}, \quad FoV_{x,G} = \frac{\lambda_G}{\Delta x} = FoV_x \frac{\lambda_G}{\lambda_B},$$
$$FoV_{y,\mathrm{R}} = \frac{\lambda_\mathrm{R}}{\Delta y} = FoV_y \frac{\lambda_\mathrm{R}}{\lambda_B}, \quad FoV_{y,G} = \frac{\lambda_G}{\Delta y} = FoV_y \frac{\lambda_G}{\lambda_B}$$

[0046]

[0047] 여기서, 조작된 FoV들, 즉 $FoV_{x,R}$ 및 $FoV_{x,G}$는 항상 원래 FoV_x보다 크다는 점에 유의한다.

[0048] 마지막으로, 라이트 필드 데이터 $L_R(t_x, t_y, u, v)$, $L_G(t_x, t_y, u, v)$, $L_B(t_x, t_y, u, v)$의 각 컬러 채널은 상기 [수학식 9]에서 주어진 적색 채널의 원래 샘플링 간격 Δu_R 및 Δv_R으로 u, v 축들을 따라 보간된다. 모든 컬러 채널들에 공통인 u, v 샘플링 간격들은 상기 [수학식 9]에 따라 가장 작으며 샘플링 간격 증가에 따른 정보 손실을 방지하기 때문에, 적색 채널 Δu_R 및 Δv_R로 선택된다. 적색 및 녹색 채널의 경우, 즉, FoV_x에서 $FoV_{x,R}$ 또는 $FoV_{x,G}$로의 경우, FoV는 증가하고, 녹색 및 청색 채널의 경우, 즉, Δu_G 또는 Δu_B에서 Δu_R로의 경우, 샘플링 간격은 감소하기 때문에, u, v 축들을 따라 모든 컬러 채널들에서 샘플링 포인트들의 수가 하기 [수학식 13]과 같이 증가한다.

수학식 13

$$\frac{FoV_{x,\mathrm{R}}}{\Delta u_R \lambda_R} = \frac{FoV_{x,G}}{\Delta u_R \lambda_G} = \frac{FoV_x}{\Delta u_R \lambda_B} = N_u \frac{\lambda_R}{\lambda_B} = N_u',$$
$$\frac{FoV_{y,\mathrm{R}}}{\Delta v_R \lambda_R} = \frac{FoV_{y,G}}{\Delta v_R \lambda_G} = \frac{FoV_y}{\Delta v_R \lambda_B} = N_v \frac{\lambda_R}{\lambda_B} = N_v'$$

[0049]

[0050] 여기서, 상기 [수학식 8], [수학식 9], 및 [수학식 12]가 사용된다. 도 2의 (b) 및 (c)는 제로 패딩으로 확장된 FoV와 본 개시 방법의 새로운 보간법을 각각 나타낸다. 본 개시의 방법에 의해 세 가지의 컬러 채널들은 동일한 u, v 범위에 해당하지만 상이한 FoV들에 해당하는 u, v 축들을 따라 동일한 샘플링 간격 Δu_R 및 Δv_R을 갖는 동일한 샘플링 포인트들 $N_u' \times N_v'$ 을 갖는다.

[0051] **검증 결과**

[0052] 본 개시의 방법은 다양한 3D 장면들의 라이트 필드 데이터로부터 컬러 홀로그램들을 합성하여 검증한다. 모든 계산들에서, 적색, 녹색, 청색 파장은 λ_R=633 nm, λ_G=532 nm, 및 λ_B=488 nm로 설정된다.

[0053] 도 3, 도 4, 및 도 5는 본 개시의 방법에 대한 제 1 검증 결과를 설명하기 위한 도면들이다.

[0054] 도 3은 십자(+) 타겟(target) 객체(object)들의 라이트 필드 데이터를 보여준다. 장면은 동일한 z=-0.377 mm 평면에 있지만 적색, 녹색, 청색, 및 백색과 같은 상이한 컬러들을 갖는 4개의 십자 타겟들로 구성된다. 라이트 필드 데이터는 FoV_x=FoV_y=7.5° 인 N_u×N_v=64×64 평행투사 뷰(orthographic view)들을 갖는다. 각 평행투사 뷰는 Δt_x=Δt_y=3.73 μm 픽셀 피치인 N_{tx}×N_{ty}=300×300 픽셀들을 갖는다. 이 라이트 필드 데이터를 사용하여, 본 개시의 방법(with proposed method) 및 다른 방법(without proposed method)을 사용하여 컬러 홀로그램들이 합성된다. 다른 방법을 사용하는 경우, 모든 컬러 채널들에 대해 홀로그램 픽셀 피치를 동일하게 하기 위해, 청색 파장 λ_B=488nm로 홀로그램의 모든 적색, 녹색, 및 청색 채널들이 합성된다. 재구성 시, 적색, 녹색, 및 청색 파장들 λ_R=633 nm, λ_G=532 nm, λ_B= 488 nm가 홀로그램의 해당 컬러 채널에 사용된다. 도 4는 본 개시의 방법 및 다른 방법을 사용하여 합성된 홀로그램의 진폭과 위상을 보여준다. 도 5는 본 개시의 방법 및 다른 방법을 사용하여 합성된 홀로그램의 재구성 결과를 보여준다.

[0055] 도 5의 상단 줄에서 볼 수 있는 바와 같이, 다른 방법을 사용하는 경우, 예상대로 컬러 수차 현상이 발생된다. 청색 십자 타겟은 원래 거리 z=-0.377 mm에 초점이 맞춰져 있지만, 녹색과 적색 십자 타겟들은 각각 수차 거리 z=-0.346 mm와 z=-0.291 mm에 초점이 맞춰져 있으며, 이는 원래 거리 z=-0.377 mm의 λ_B/λ_G 배(times) 및 λ_B/λ_R 배에 해당한다. 이는, 홀로그램의 모든 컬러 채널들에 대한 샘플링 조건 결정과 합성이 청색 파장을 이용하여, 모든 컬러 채널들에 대해 공유되는 하나의 픽셀 피치로 컬러 홀로그램을 생성하기 때문이다. 반대로, 본 개시의 방법을 사용하면 수차가 제거되고, 적색, 녹색, 청색, 및 백색 십자 타겟들이 도 5의 하단 줄과 같이 정확한 거리 z=-0.377 mm에 초점이 맞춰져 있다. 따라서, 단일 깊이 장면의 경우, 본 개시의 방법에 의해 모든 컬러 채널들에 동일한 픽셀 피치로 정확한 컬러 홀로그램 합성이 확인된다.

[0056] 도 6, 도 7, 및 도 8은 본 개시의 방법에 대한 제 2 검증 결과를 설명하기 위한 도면들이다.

[0057] 도 6은 여러 깊이들의 3D 장면의 라이트 필드 데이터를 보여준다. 장면은 z=0 mm를 제외하고 1.767 mm 간격으로 z=-14.13 mm부터 z=+14.13 mm까지의 상이한 깊이들에 위치한 4 × 4 해상도 타겟들로 구성된다. 라이트 필드 데이터는 N_u=N_v=64 개의 평행투사 뷰들을 가지며, 이들의 각각은 Δt_x=Δt_y=3.67 μm 픽셀 피치 및 FoV_x=FoV_y=7.62° 를 갖는 N_{tx}×N_{ty}=1563×1563 개의 픽셀들을 갖는다. 도 7은 본 개시의 방법 및 다른 방법을 사용하여 합성된 홀로그램의 진폭과 위상을 보여준다. 도 8은 본 개시의 방법 및 다른 방법을 사용하여 합성된 홀로그램의 재구성 결과를 보여준다.

[0058] 도 8은 다양한 깊이들에서의 수치 재구성을 보여주며, 세 가지의 깊이들 z=-3.53 mm, -8.83 mm, -14.13 mm에 해당하는 초점 해상도 타겟 이미지들이 강조 표시된다. 도 8의 (a)는 다른 방법을 사용하는 경우 컬러 수차가 발생함을 보여준다. 여기서, 녹색 채널과 적색 채널의 수차 깊이들은 원래 깊이의 λ_B/λ_G 배와 λ_B/λ_R 배로 주어지기 때문에 깊이가 커질수록 컬러 수차가 심해지는 것이 관찰된다. 반면에, 본 개시의 방법을 사용하는 경우, 도 8의 (b)와 같이 컬러 수차 없이 해상도 타겟들이 원래 깊이들에 초첨이 맞춰진다.

[0059] 도 9, 도 10, 및 도 11는 본 개시의 방법에 대한 제 3 검증 결과를 설명하기 위한 도면들이다.

[0060] 마지막으로, 본 개시의 방법은 연속적인 심층 3D 객체들을 사용한 자연적 장면으로 테스트된다. 도 9와 같이 3D 장면 모델이 소프트웨어 블렌더(software Blender)에 로드되고 평행투사 이미지들이 렌더링된다. 각 평행투사 뷰는 Δt_x=Δt_y=3.73 μm 픽셀 피치를 갖는 1563×1563 개의 픽셀들을 갖는다. N_u×N_v=64×64 개의 평행투사 뷰들은 FoV_x=FoV_y=7.5° 내에서 렌더링된다. 객체들의 중심 깊이들은 z_1=-0.438 mm(포도), z_2=0.568 mm(텐저린, 사과), z_3=-0.767 mm(호박), z_4=-0.996 mm(오렌지), 및 z_5=-1.315 mm(바구니)이다. 도 10은 본 개시의 방법 및 다른 방법을 사용하여 합성된 홀로그램의 진폭과 위상을 보여준다. 도 11은 본 개시의 방법 및 다른 방법을 사용하여 합성된 홀로그램의 재구성 결과를 보여준다.

[0061] 도 11에서 빨간색 및 파란색 박스들은 초점을 맞춘 객체 부분들을 강조한다. 도 11의 상부에서 볼 수 있는 바와 같이, 다른 방법을 사용하는 경우, 컬러 수차 때문에 재구성은 흐릿하게 표시(A 표시)되거나, 분산되어 표시(B

표시)되거나, 또는 거짓 색상으로 표시(C 표시)된다는 것이 명확히 확인된다. 반면에, 도 11의 하부에서 볼 수 있는 바와 같이, 본 개시의 방법은 이러한 문제를 해결하여, 명확한 포커스로 재구성을 생성한다.

[0063] 도 12는 본 개시의 다양한 실시예들에 따른 컴퓨터 장치(100)를 개략적으로 도시하는 도면이다.

[0064] 도 12를 참조하면, 컴퓨터 장치(100)는 전술된 기술이 적용되어 구현될 수 있다. 이러한 컴퓨터 장치(100)는 입력 모듈(110), 출력 모듈(120), 메모리(130), 또는 프로세서(140) 중 적어도 하나를 포함한다. 어떤 실시예에서, 컴퓨터 장치(100)의 구성 요소들 중 적어도 하나가 생략될 수 있으며, 적어도 하나의 다른 구성 요소가 추가될 수 있다. 어떤 실시예에서, 컴퓨터 장치(100)의 구성 요소들 중 적어도 두 개가 하나의 통합된 회로로 구현될 수 있다.

[0065] 입력 모듈(110)은 컴퓨터 장치(100)의 적어도 하나의 구성 요소에 사용될 신호를 입력한다. 입력 모듈(110)은, 사용자가 컴퓨터 장치(100)에 직접적으로 신호를 입력하도록 구성되는 입력 장치, 주변의 변화를 감지하여 신호를 발생하도록 구성되는 센서 장치, 또는 외부 기기로부터 신호를 수신하도록 구성되는 수신 장치 중 적어도 하나를 포함한다. 예를 들면, 입력 장치는 마이크로폰(microphone), 마우스(mouse) 또는 키보드(keyboard) 중 적어도 하나를 포함한다. 어떤 실시예에서, 입력 장치는 터치를 감지하도록 설정된 터치 회로(touch circuitry) 또는 터치에 의해 발생되는 힘의 세기를 측정하도록 설정된 센서 회로 중 적어도 하나를 포함한다.

[0066] 출력 모듈(120)은 컴퓨터 장치(100)의 외부로 정보를 출력한다. 출력 모듈(120)은, 정보를 시각적으로 출력하도록 구성되는 표시 장치, 정보를 오디오 신호로 출력할 수 있는 오디오 출력 장치, 또는 정보를 무선으로 송신할 수 있는 송신 장치 중 적어도 하나를 포함한다. 예를 들면, 표시 장치는 디스플레이, 홀로그램 장치 또는 프로젝터 중 적어도 하나를 포함한다. 일 예로, 표시 장치는 입력 모듈(110)의 터치 회로 또는 센서 회로 중 적어도 하나와 조립되어, 터치 스크린으로 구현될 수 있다. 예를 들면, 오디오 출력 장치는 스피커 또는 리시버 중 적어도 하나를 포함한다.

[0067] 일부 실시예들에 따르면, 수신 장치와 송신 장치는 통신 모듈로 구현될 수 있다. 통신 모듈은 컴퓨터 장치(100)에서 외부 기기와 통신을 수행한다. 통신 모듈은 컴퓨터 장치(100)와 외부 기기 간 통신 채널을 수립하고, 통신 채널을 통해, 외부 기기와 통신을 수행한다. 여기서, 외부 기기는 차량, 위성, 기지국, 서버 또는 다른 컴퓨터 시스템 중 적어도 하나를 포함한다. 통신 모듈은 유선 통신 모듈 또는 무선 통신 모듈 중 적어도 하나를 포함한다. 유선 통신 모듈은 외부 기기와 유선으로 연결되어, 유선으로 통신한다. 무선 통신 모듈은 근거리 통신 모듈 또는 원거리 통신 모듈 중 적어도 하나를 포함한다. 근거리 통신 모듈은 외부 기기와 근거리 통신 방식으로 통신한다. 예를 들면, 근거리 통신 방식은, 블루투스(Bluetooth), 와이파이 다이렉트(WiFi direct), 또는 적외선 통신(IrDA; infrared data association) 중 적어도 하나를 포함한다. 원거리 통신 모듈은 외부 기기와 원거리 통신 방식으로 통신한다. 여기서, 원거리 통신 모듈은 네트워크를 통해 외부 기기와 통신한다. 예를 들면, 네트워크는 셀룰러 네트워크, 인터넷, 또는 LAN(local area network)이나 WAN(wide area network)과 같은 컴퓨터 네트워크 중 적어도 하나를 포함한다.

[0068] 메모리(130)는 컴퓨터 장치(100)의 적어도 하나의 구성 요소에 의해 사용되는 다양한 데이터를 저장한다. 예를 들면, 메모리(130)는 휘발성 메모리 또는 비휘발성 메모리 중 적어도 하나를 포함한다. 데이터는 적어도 하나의 프로그램 및 이와 관련된 입력 데이터 또는 출력 데이터를 포함한다. 프로그램은 메모리(130)에 적어도 하나의 명령을 포함하는 소프트웨어로서 저장될 수 있으며, 운영 체제, 미들 웨어 또는 어플리케이션 중 적어도 하나를 포함한다.

[0069] 프로세서(140)는 메모리(130)의 프로그램을 실행하여, 컴퓨터 장치(100)의 적어도 하나의 구성 요소를 제어한다. 이를 통해, 프로세서(140)는 데이터 처리 또는 연산을 수행한다. 이 때, 프로세서(140)는 메모리(130)에 저장된 명령을 실행한다. 다양한 실시예들에 따르면, 프로세서(140)는 모든 컬러 채널들에 대한 라이트 필드 데이터를 획득하고, 라이트 필드 데이터로부터 컬러 논호겔 기반 컴퓨터 생성 홀로그램을 합성한다. 이 때, 프로세서(140)는 라이트 필드 데이터에서, 컬러 채널들에 대해 동일한 홀로그램 픽셀 피치를 설정하고, 컬러 채널들에 대해 동일한 공간 주파수 샘플링 그리드를 설정하며, 이에 따라, 라이트 필드 데이터로부터 컬러 논호겔 기반 컴퓨터 생성 홀로그램을 합성한다.

[0070] 도 13은 본 개시의 다양한 실시예들에 따른 컴퓨터 장치(100)의 동작 절차를 도시하는 도면이다.

[0071] 도 13을 참조하면, 컴퓨터 장치(100)는 210 단계에서, 모든 컬러 채널들에 대한 라이트 필드 데이터를

획득한다. 이 때, 컬러 채널들은 적색 채널, 녹색 채널, 및 청색 채널을 포함한다.

[0072] 이어서, 컴퓨터 장치(100)는 220 단계에서, 라이트 필드 데이터에서 컬러 채널들에 대해 동일한 홀로그램 픽셀 피치를 설정한다. 이 때, 프로세서(140)는 청색 채널의 파장을 기반으로, 동일한 홀로그램 픽셀 피치를 설정한다. 여기서, 컬러 채널들에 대해 동일한 홀로그램 픽셀 피치가 설정되면, 컬러 채널들 중 적어도 일부의 샘플링 간격이 변경된다. 예를 들어, 적색 채널의 샘플링 간격 및 녹색 채널의 샘플링 간격이 변경된다.

[0073] 계속해서, 컴퓨터 장치(100)는 230 단계에서, 라이트 필드 데이터에서 컬러 채널들에 대해 동일한 공간 주파수 샘플링 그리드를 설정한다. 이 때, 프로세서(140)는 적색 채널의 샘플링 간격으로, 청색 채널의 샘플링 간격 및 녹색 채널의 샘플링 간격을 보간함으로써, 동일한 공간 주파수 샘플링 그리드를 설정한다. 예를 들면, 적색 채널의 샘플링 간격과 일치하도록, 청색 채널의 샘플링 간격과 녹색 채널의 샘플링 간격이 보간된다.

[0074] 마지막으로, 컴퓨터 장치(100)는 240 단계에서, 라이트 필드 데이터로부터 컬러 논호겔 기반 컴퓨터 생성 홀로그램을 합성한다. 이 때, 프로세서(140)는 라이트 필드 데이터에 대해 푸리에 변환을 적용한 다음, 라이트 필드 데이터로부터 홀로그램을 합성한다.

[0075] 본 개시에 따르면, 공통적인 홀로그램 픽셀 피치와 라이트 필드 공간 주파수 샘플링 그리드는 홀로그램 재구성에 있어서의 컬러 수차 또는 라이트 필드에 포함된 정보의 손실 없이, 컬러 홀로그램 합성을 보장한다.

[0076] 상술한 방법은 컴퓨터에서 실행하기 위해 컴퓨터 판독 가능한 기록 매체에 저장된 컴퓨터 프로그램으로 제공될 수 있다. 매체는 컴퓨터로 실행 가능 한 프로그램을 계속 저장하거나, 실행 또는 다운로드를 위해 임시 저장하는 것일 수도 있다. 또한, 매체는 단일 또는 수개 하드웨어가 결합된 형태의 다양한 기록 수단 또는 저장수단일 수 있는데, 어떤 컴퓨터 시스템에 직접 접속되는 매체에 한정되지 않고, 네트워크 상에 분산 존재하는 것일 수도 있다. 매체의 예시로는, 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체, CD-ROM 및 DVD 와 같은 광기록 매체, 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical medium), 및 ROM, RAM, 플래시 메모리 등을 포함하여 프로그램 명령어가 저장되도록 구성된 것이 있을 수 있다. 또한, 다른 매체의 예시로, 애플리케이션을 유통하는 앱 스토어나 기타 다양한 소프트웨어를 공급 내지 유통하는 사이트, 서버 등에서 관리하는 기록매체 내지 저장매체도 들 수 있다.

[0077] 본 개시의 방법, 동작 또는 기법들은 다양한 수단에 의해 구현될 수도 있다. 예를 들어, 이러한 기법들은 하드웨어, 펌웨어, 소프트웨어, 또는 이들의 조합으로 구현될 수도 있다. 본원의 개시와 연계하여 설명된 다양한 예시적인 논리적 블록들, 모듈들, 회로들, 및 알고리즘 단계들은 전자 하드웨어, 컴퓨터 소프트웨어, 또는 양자의 조합들로 구현될 수도 있음을 통상의 기술자들은 이해할 것이다. 하드웨어 및 소프트웨어의 이러한 상호 대체를 명확하게 설명하기 위해, 다양한 예시적인 구성요소들, 블록들, 모듈들, 회로들, 및 단계들이 그들의 기능적 관점에서 일반적으로 위에서 설명되었다. 그러한 기능이 하드웨어로서 구현되는지 또는 소프트웨어로서 구현되는지의 여부는, 특정 애플리케이션 및 전체 시스템에 부과되는 설계 요구사항들에 따라 달라진다. 통상의 기술자들은 각각의 특정 애플 리케이션을 위해 다양한 방식들로 설명된 기능을 구현할 수도 있으나, 그러한 구현들은 본 개시의 범위로부터 벗어나게 하는 것으로 해석되어서는 안된다.

[0078] 하드웨어 구현에서, 기법들을 수행하는 데 이용되는 프로세싱 유닛들은, 하나 이상의 ASIC들, DSP들, 디지털 신호 프로세싱 디바이스들(digital signal processing devices; DSPD들), 프로그램가능 논리 디바이스들(programmable logic devices; PLD들), 필드 프로그램가능 게이트 어레이들(field programmable gate arrays; FPGA들), 프로세서들, 제어기들, 마이크로제어기들, 마이크로프로세서들, 전자 디바이스들, 본 개시에 설명된 기능들을 수행하도록 설계된 다른 전자 유닛들, 컴퓨터, 또는 이들의 조합 내에서 구현될 수도 있다.

[0079] 따라서, 본 개시와 연계하여 설명된 다양한 예시적인 논리 블록들, 모듈들, 및 회로들은 범용 프로세서, DSP, ASIC, FPGA나 다른 프로그램 가능 논리 디바이스, 이산 게이트나 트랜지스터 로직, 이산 하드웨어 컴포넌트들, 또는 본원에 설명된 기능들을 수행하도록 설계된 것들의 임의의 조합으로 구현되거나 수행될 수도 있다. 범용 프로세서는 마이크로프로세서일 수도 있지만, 대안으로, 프로세서는 임의의 종래의 프로세서, 제어기, 마이크로제어기, 또는 상태 머신일 수도 있다. 프로세서는 또한, 컴퓨팅 디바이스들의 조합, 예를 들면, DSP와 마이크로프로세서, 복수의 마이크로프로세서들, DSP 코어와 연계한 하나 이상의 마이크로프로세서들, 또는 임의의 다른 구성의 조합으로서 구현될 수도 있다.

[0080] 펌웨어 및/또는 소프트웨어 구현에 있어서, 기법들은 랜덤 액세스 메모리(random access memory; RAM), 판독 전용 메모리(read-only memory; ROM), 비휘발성 RAM(non-volatile random access memory; NVRAM), PROM(programmable read-only memory), EPROM(erasable programmable read-only memory),

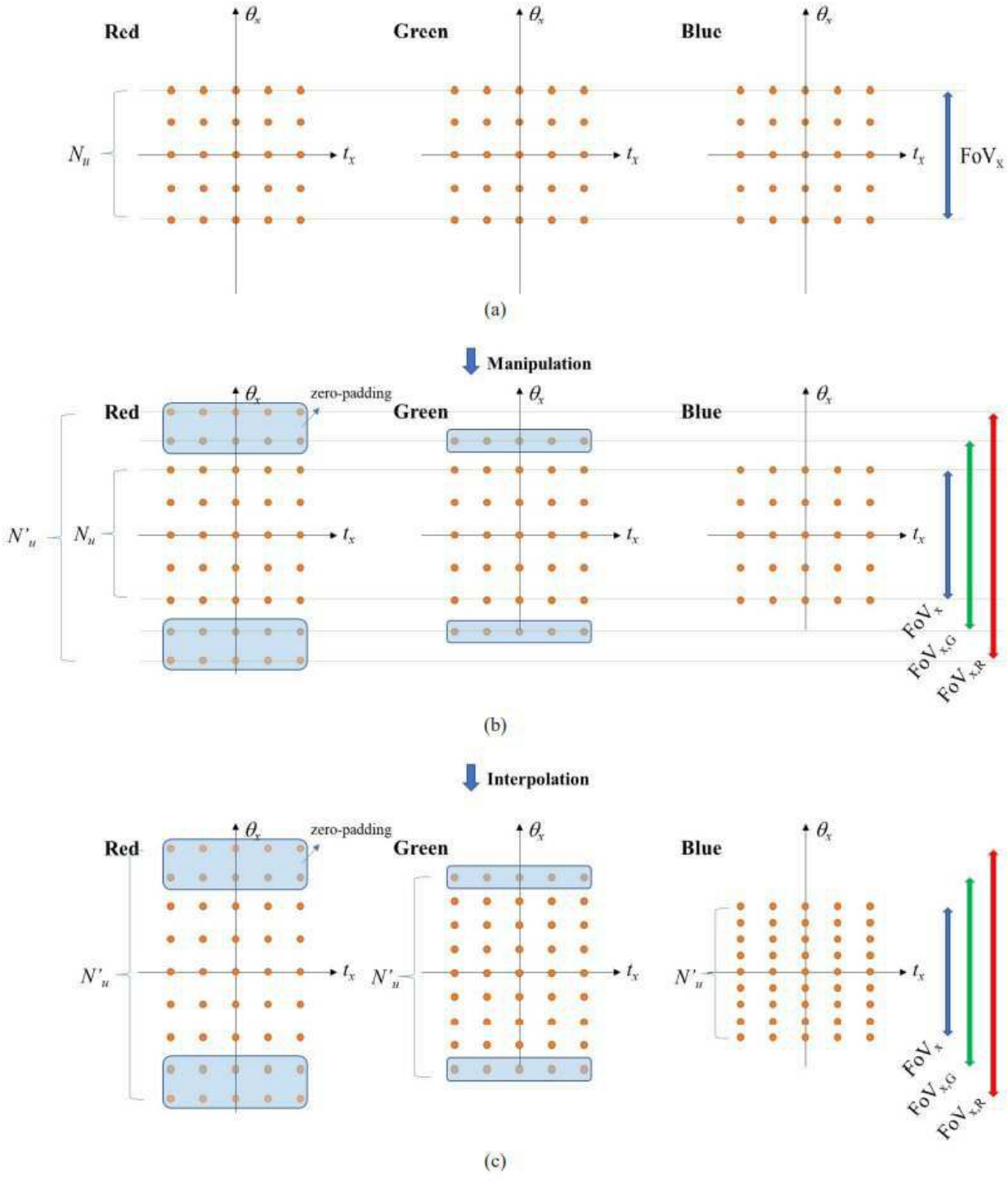
EEPROM(electrically erasable PROM), 플래시 메모리, 컴팩트 디스크(compact disc; CD), 자기 또는 광학 데이터 스토리지 디바이스 등과 같은 컴퓨터 판독가능 매체 상에 저장된 명령들로서 구현될 수도 있다. 명령들은 하나 이상의 프로세서들에 의해 실행 가능할 수도 있고, 프로세서(들)로 하여금 본 개시에 설명된 기능의 특정 양태들을 수행하게 할 수도 있다.

[0081] 이상 설명된 실시예들이 하나 이상의 독립형 컴퓨터 시스템에서 현재 개시된 주제의 양태들을 활용하는 것으로 기술되었으나, 본 개시는 이에 한정되 지 않고, 네트워크나 분산 컴퓨팅 환경과 같은 임의의 컴퓨팅 환경과 연계하여 구현될 수도 있다. 또 나아가, 본 개시에서 주제의 양상들은 복수의 프로세싱 칩들이나 장치들에서 구현될 수도 있고, 스토리지는 복수의 장치들에 걸쳐 유사하게 영향을 받게 될 수도 있다. 이러한 장치들은 PC들, 네트워크 서버들, 및 휴대용 장치들을 포함할 수도 있다.

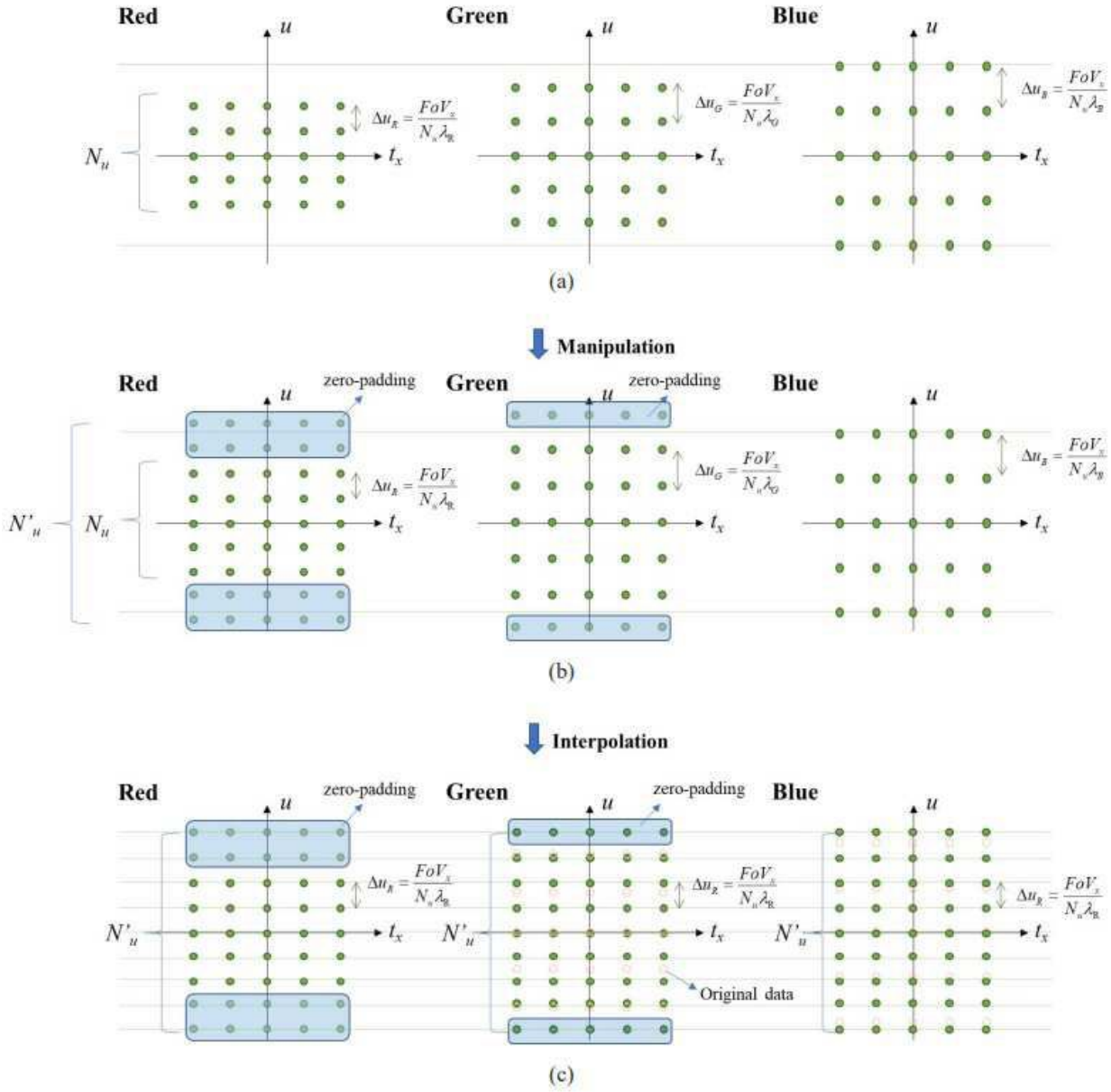
[0082] 본 개시가 일부 실시예들과 관련하여 설명되었지만, 본 개시의 발명이 속하는 기술분야의 통상의 기술자가 이해할 수 있는 본 개시의 범위를 벗어나지 않는 범위에서 다양한 변형 및 변경이 이루어질 수 있다. 또한, 그러한 변형 및 변경은 본 명세서에 첨부된 청구범위 내에 속하는 것으로 생각되어야 한다.

도면

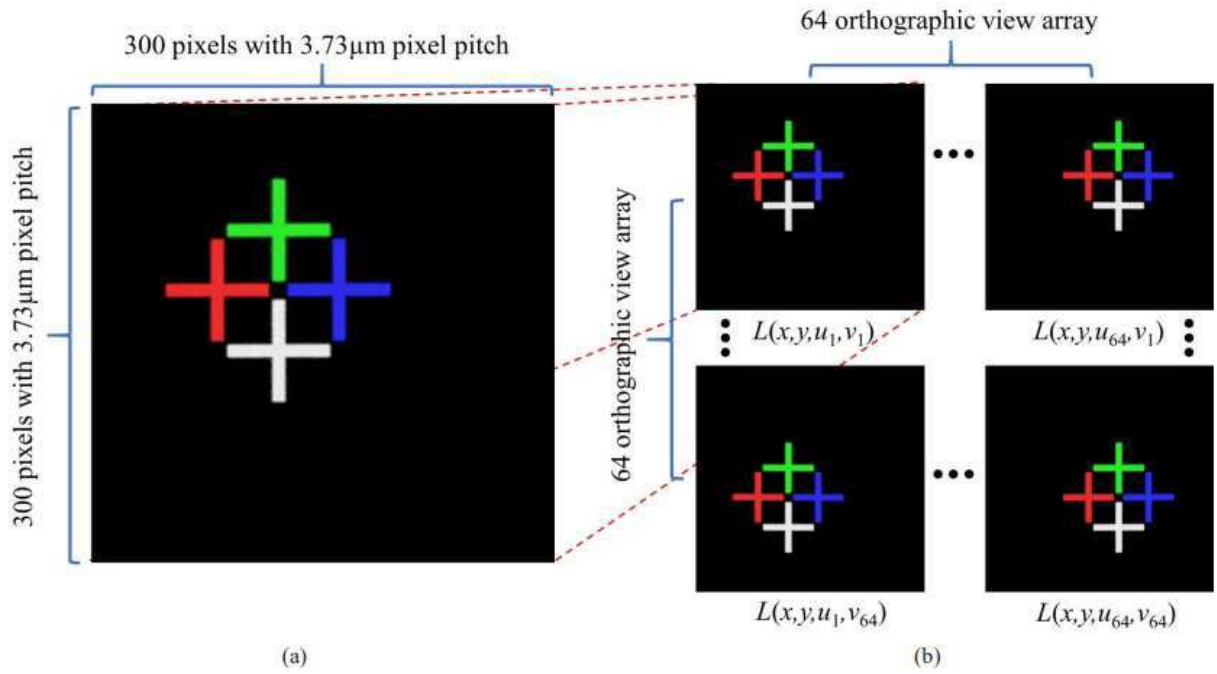
도면1


Red
Green
Blue
θ_x
t_x
N_u
FoV_x
(a)
Manipulation
zero-padding
N'_u
FoV_x
$FoV_{x,G}$
$FoV_{x,R}$
(b)
Interpolation
(c)

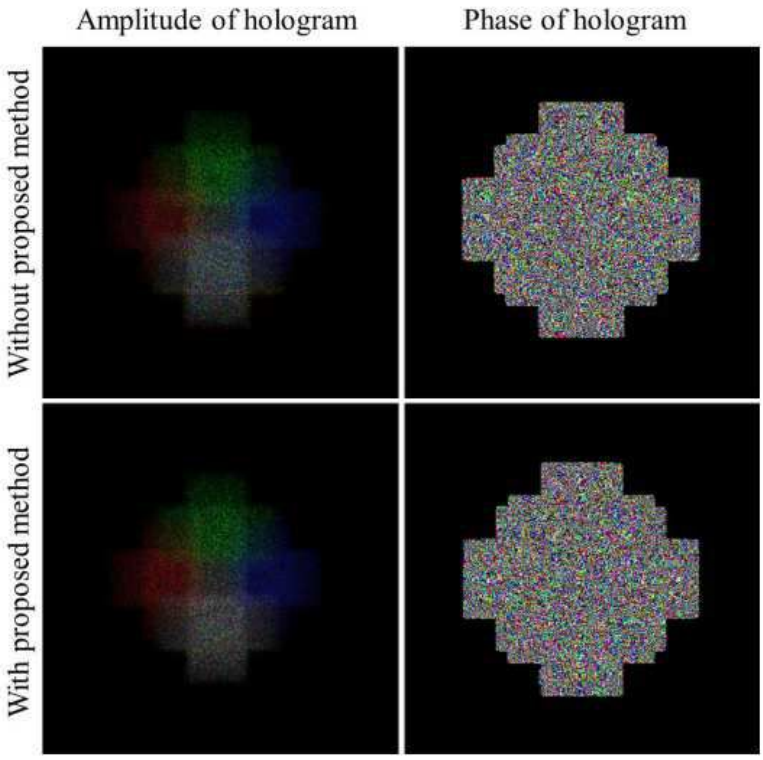
도면2


Red
Green
Blue
u
t_x
N_u
$\Delta u_R = \frac{FoV_x}{N_u \lambda_R}$
$\Delta u_G = \frac{FoV_x}{N_u \lambda_G}$
$\Delta u_B = \frac{FoV_x}{N_u \lambda_B}$
(a)
Manipulation
zero-padding
N'_u
(b)
Interpolation
Original data
(c)

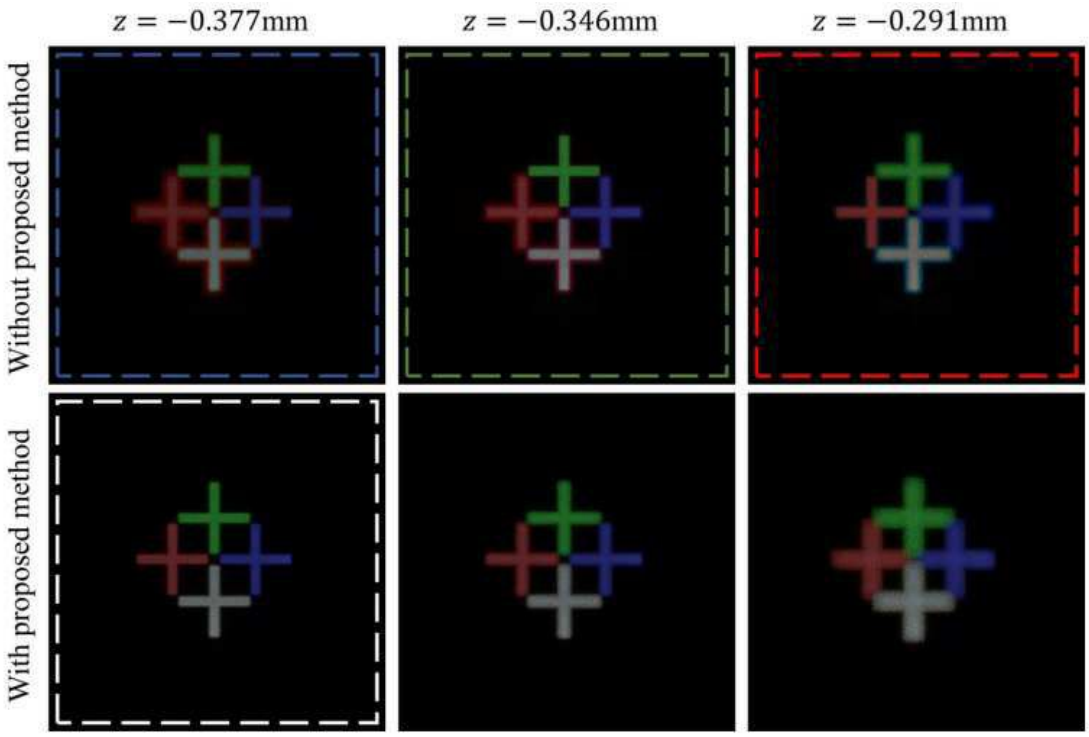
도면3


300 pixels with 3.73μm pixel pitch
64 orthographic view array
300 pixels with 3.73μm pixel pitch
64 orthographic view array
$L(x,y,u_1,v_1)$
$L(x,y,u_{64},v_1)$
$L(x,y,u_1,v_{64})$
$L(x,y,u_{64},v_{64})$
(a)
(b)

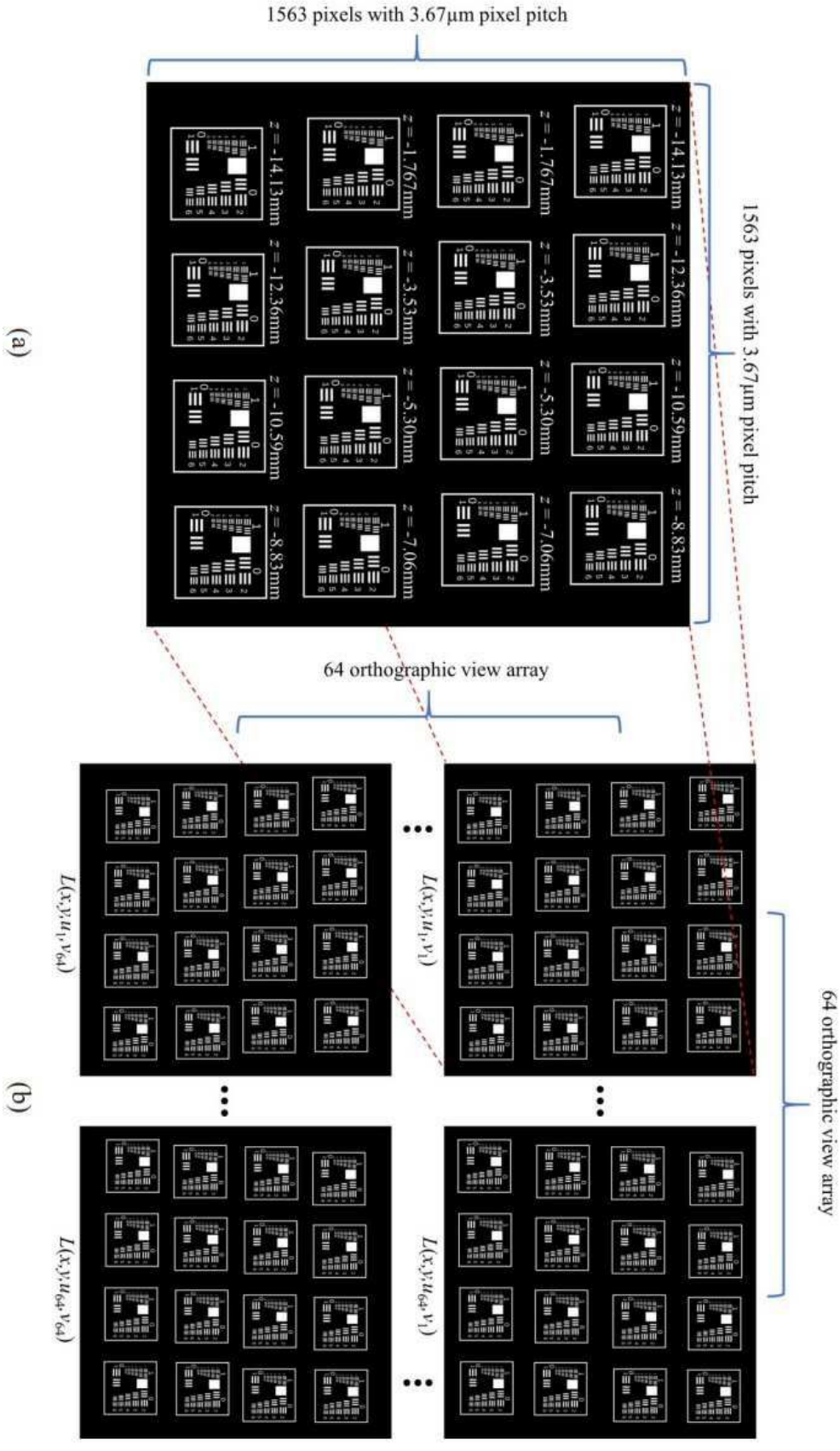
도면4


Amplitude of hologram
Phase of hologram
Without proposed method
With proposed method

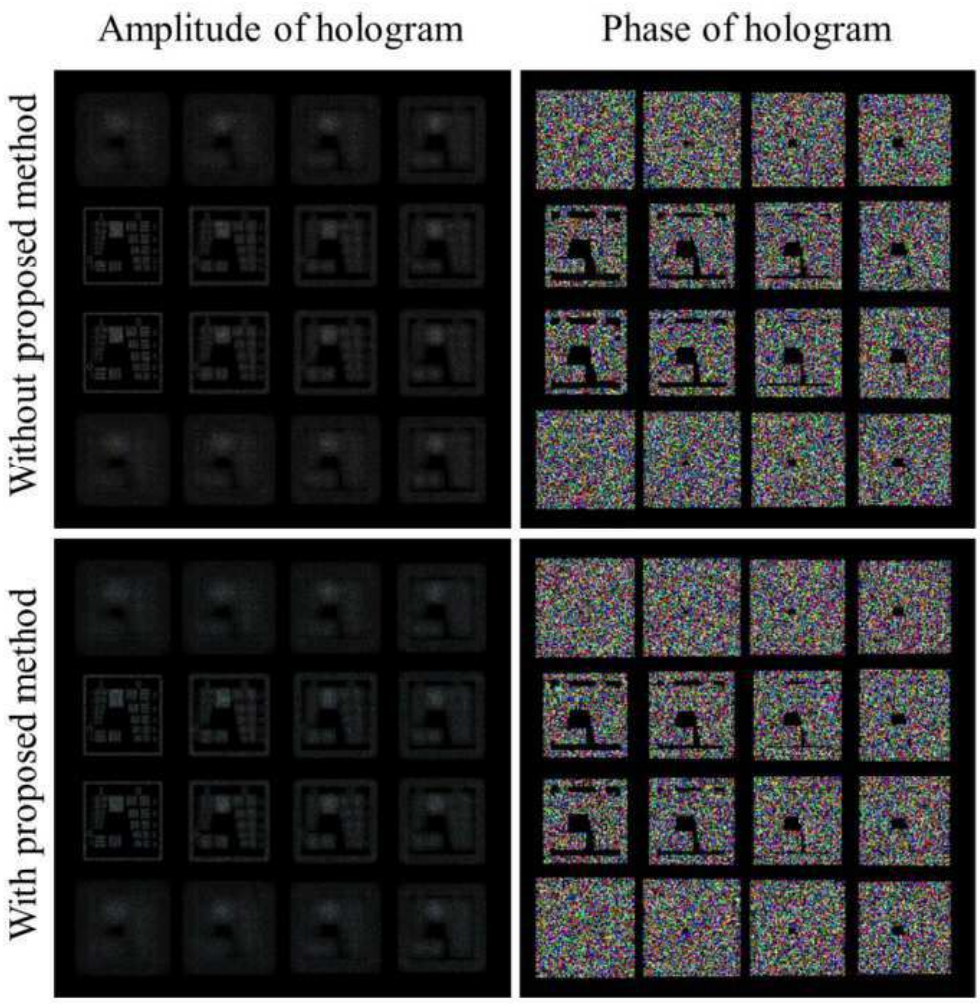
도면5


$z = -0.377$mm
$z = -0.346$mm
$z = -0.291$mm
Without proposed method
With proposed method

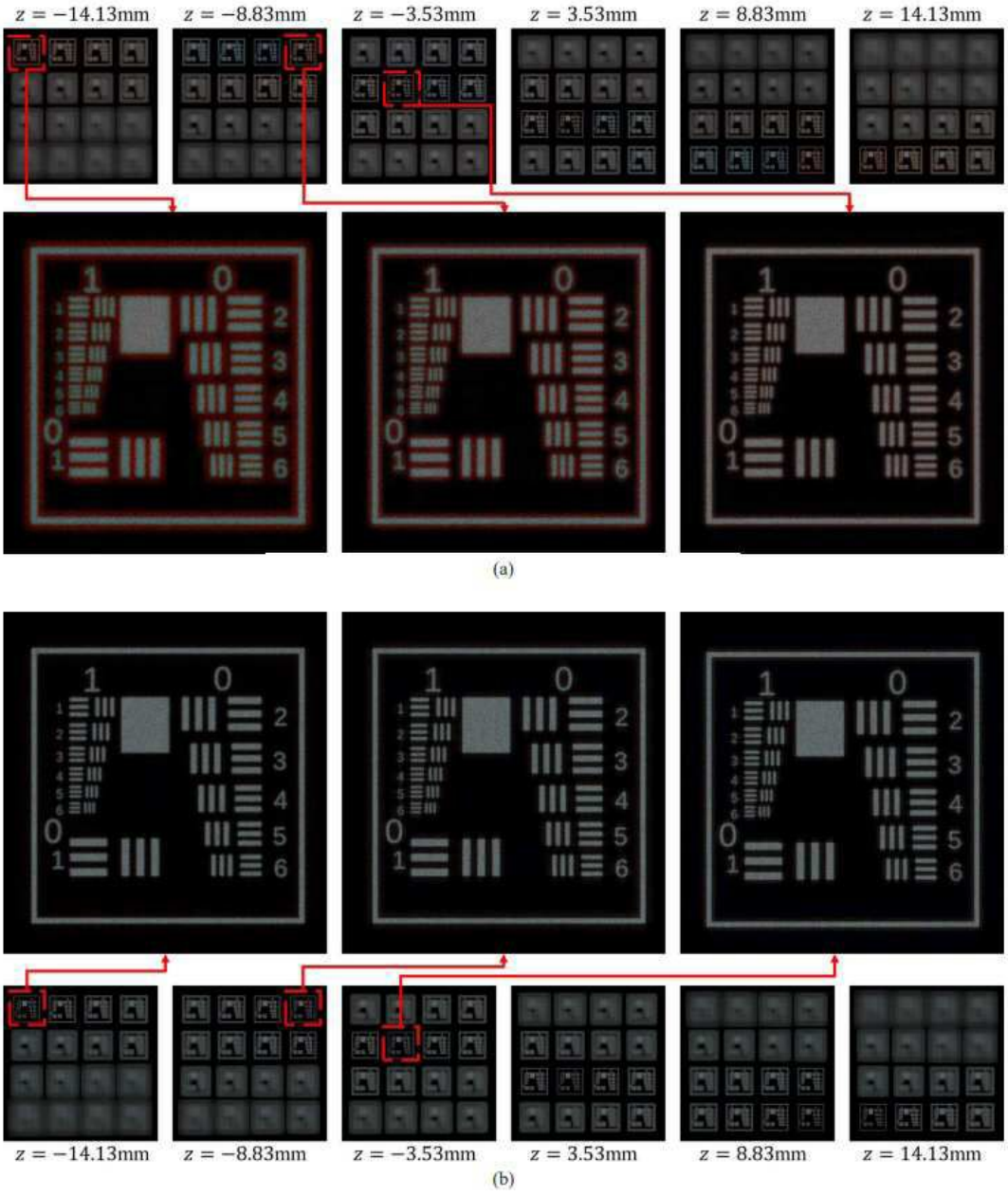
도면6


1563 pixels with 3.67μm pixel pitch
1563 pixels with 3.67μm pixel pitch
z = -14.13mm
z = -12.36mm
z = -10.59mm
z = -8.83mm
z = -1.767mm
z = -3.53mm
z = -5.30mm
z = -7.06mm
(a)
64 orthographic view array
64 orthographic view array
(b)
L(x,y,u1,v1)
L(x,y,u64,v1)
L(x,y,u1,v64)
L(x,y,u64,v64)

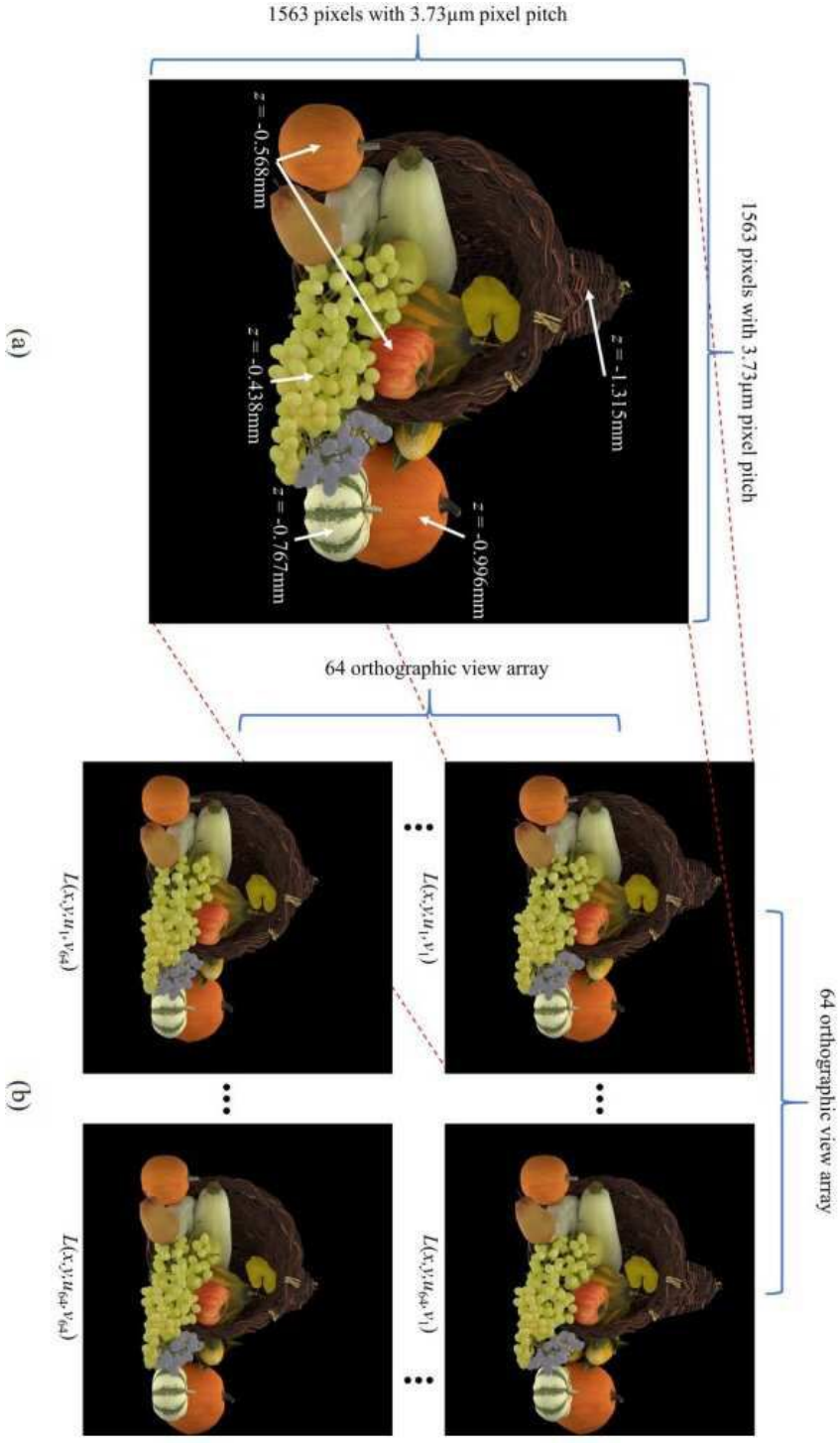
도면7


Amplitude of hologram
Phase of hologram
Without proposed method
With proposed method

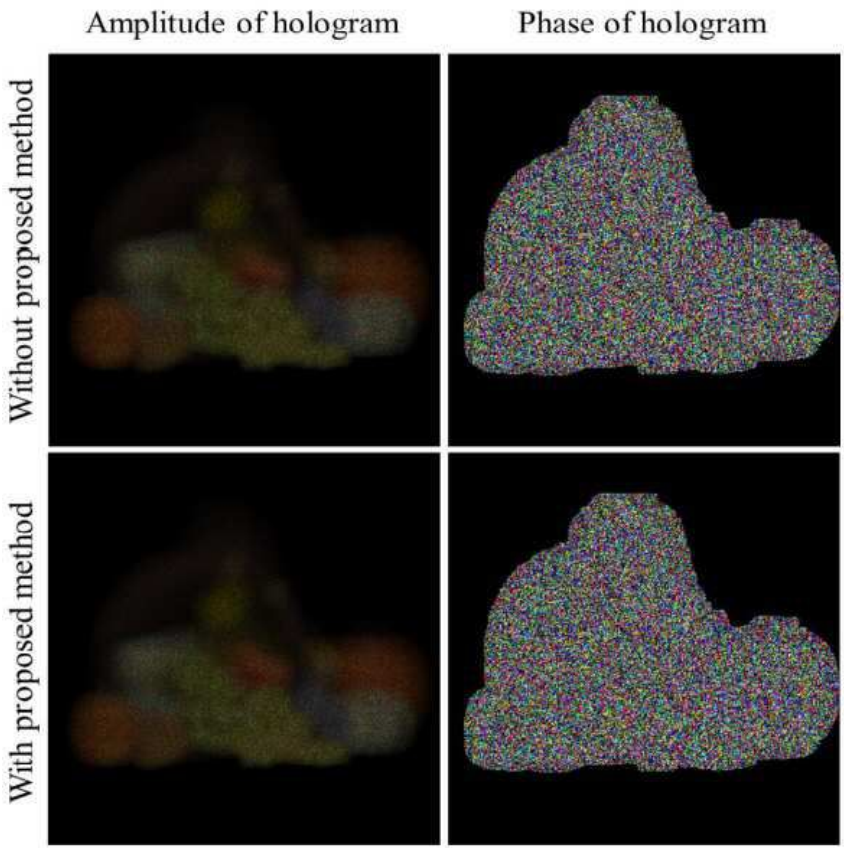
도면8


z = −14.13mm
z = −8.83mm
z = −3.53mm
z = 3.53mm
z = 8.83mm
z = 14.13mm
(a)
z = −14.13mm
z = −8.83mm
z = −3.53mm
z = 3.53mm
z = 8.83mm
z = 14.13mm
(b)

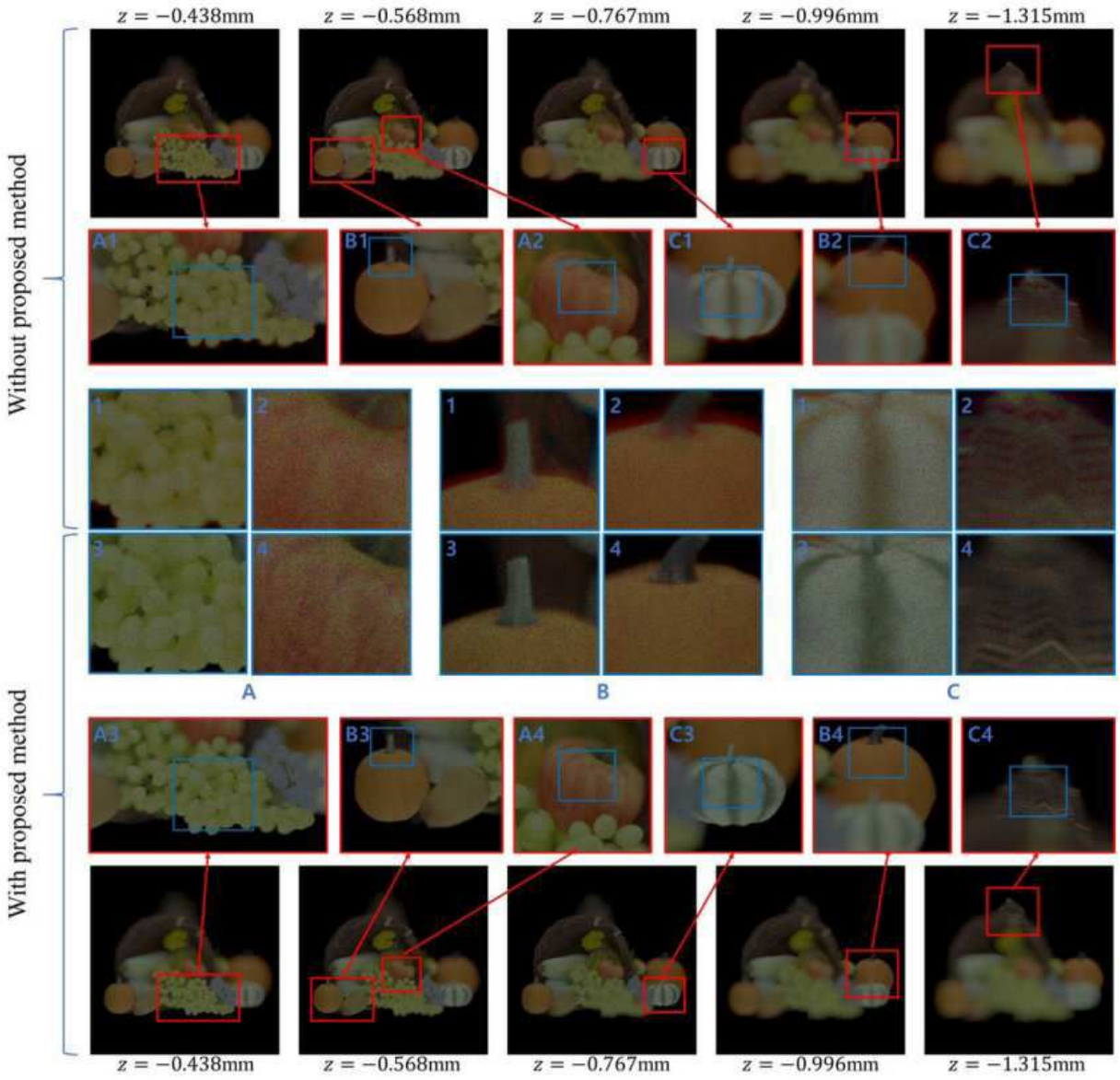
도면9


1563 pixels with 3.73μm pixel pitch
1563 pixels with 3.73μm pixel pitch
z = -0.568mm
z = -1.315mm
z = -0.438mm
z = -0.996mm
z = -0.767mm
(a)
64 orthographic view array
64 orthographic view array
(b)

도면10


Amplitude of hologram
Phase of hologram
Without proposed method
With proposed method

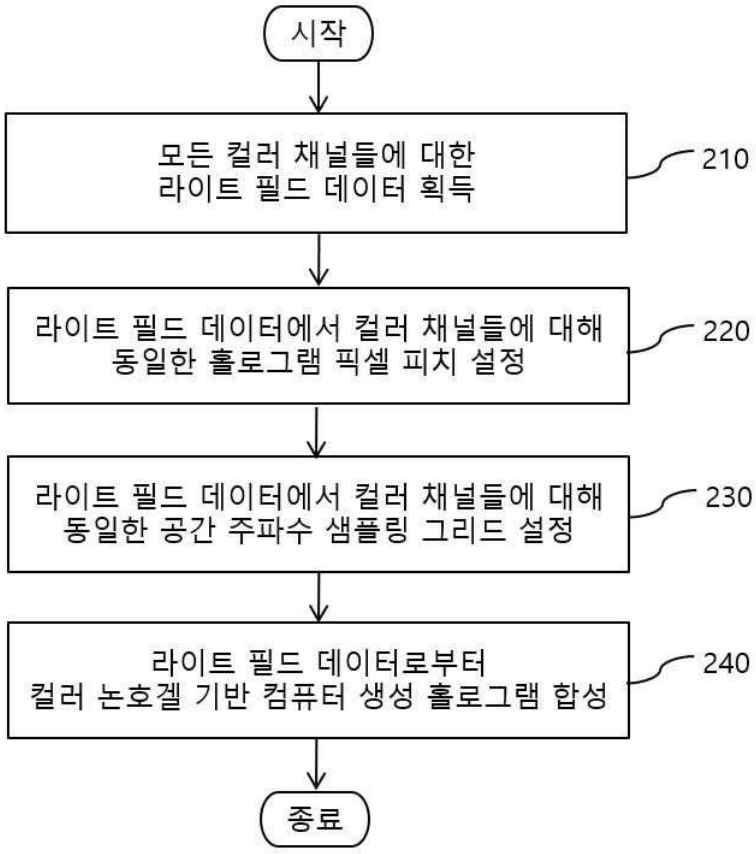
도면11


z = −0.438mm
z = −0.568mm
z = −0.767mm
z = −0.996mm
z = −1.315mm
Without proposed method
With proposed method
A1
B1
A2
C1
B2
C2
A3
B3
A4
C3
B4
C4
A
B
C
1
2
3
4

도면12


컴퓨터 장치 (100)
입력 모듈
(110)
출력 모듈
(120)
메모리
(130)
프로세서
(140)

도면13


시작
모든 컬러 채널들에 대한
라이트 필드 데이터 획득
210
라이트 필드 데이터에서 컬러 채널들에 대해
동일한 홀로그램 픽셀 피치 설정
220
라이트 필드 데이터에서 컬러 채널들에 대해
동일한 공간 주파수 샘플링 그리드 설정
230
라이트 필드 데이터로부터
컬러 논호겔 기반 컴퓨터 생성 홀로그램 합성
240
종료