



등록특허 10-2507101



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2023년03월06일  
(11) 등록번호 10-2507101  
(24) 등록일자 2023년03월02일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
*H04N 13/00* (2018.01)  
(52) CPC특허분류  
*H04N 13/128* (2021.08)  
*G06T 5/005* (2023.01)  
(21) 출원번호 10-2018-7004330  
(22) 출원일자(국제) 2016년07월20일  
심사청구일자 2021년07월01일  
(85) 번역문제출일자 2018년02월12일  
(65) 공개번호 10-2018-0041671  
(43) 공개일자 2018년04월24일  
(86) 국제출원번호 PCT/US2016/043141  
(87) 국제공개번호 WO 2017/030727  
국제공개일자 2017년02월23일  
(30) 우선권주장  
14/827,088 2015년08월14일 미국(US)

- (56) 선행기술조사문헌  
KR1020130054870 A\*  
KR1020130091323 A\*

\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

전체 청구항 수 : 총 24 항

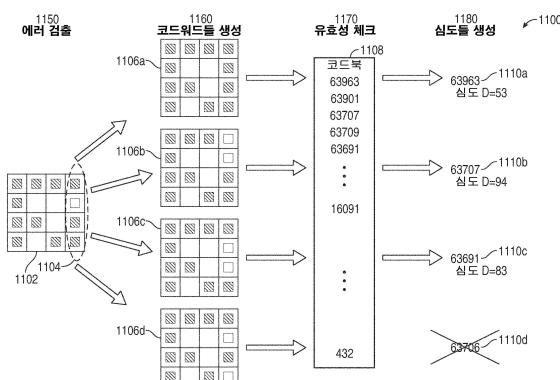
심사관 : 옥윤철

(54) 발명의 명칭 메모리-효율적 코딩된 광 에러 정정

**(57) 요 약**

구조화된 광 시스템에 의해 생성된 심도 맵에서의 에러들을 정정하기 위한 시스템들 및 방법들이 개시된다. 하나의 양태에서, 이 방법은, 유효한 및 무효한 코드워드들을 수신하는 단계를 포함하고, 유효한 공간적 코드워드들은 코드북에 포함된다. 방법은 무효한 코드워드를 검출하는 단계를 포함한다. 방법은 코드북에서의 유효한 코드워드들과 무효한 코드워드들 사이의 최저 해밍 거리 후보 유효한 코드워드들의 셋트를 취출하는 단계를 포함한다. 방법은 무효한 코드워드의 이웃하는 로케이션들의 중간 심도를 추정하는 단계를 포함한다. 방법은 각각의 후보 코드워드와 심도를 연관시키는 단계 및 심도 추정치에 가장 가까운 연관된 심도를 갖는 후보를 선택하는 단계를 포함한다. 방법은 선택된 후보 코드워드와 연관된 심도를 무효한 코드워드의 로케이션에 할당하는 단계를 포함한다.

**대 표 도**



(52) CPC특허분류

*G06T 7/521* (2017.01)

*H04N 13/111* (2018.05)

*H04N 13/161* (2018.05)

*G06T 2207/10028* (2013.01)

*H04N 2013/0081* (2013.01)

(72) 발명자

**아타나소브 칼린 미트코브**

미국 92121-1714 캘리포니아주 샌디에고 모어하우

스 드라이브 5775

**미클리어 오비디우 크리스찬**

미국 92121-1714 캘리포니아주 샌디에고 모어하우

스 드라이브 5775

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

구조화된 광 시스템에 의해 생성된 심도 맵에서의 에러들을 정정하기 위한 방법으로서,

복수의 유효한 코드워드들 및 적어도 하나의 무효한 코드워드를 수신하는 단계로서, 상기 복수의 유효한 코드워드들의 각각은 유효한 코드워드들의 코드북에 포함되고, 상기 코드북은 상기 적어도 하나의 무효한 코드워드를 포함하지 않으며, 각각의 코드워드는 구조화된 광 이미지의 픽셀들의 적어도 하나의 행 및 적어도 하나의 열을 나타내고, 각각의 코드워드는 심도 맵에서의 로케이션에 대응하는, 상기 복수의 유효한 코드워드들 및 적어도 하나의 무효한 코드워드를 수신하는 단계;

상기 무효한 코드워드를 검출하는 단계;

메모리 유닛으로부터 상기 코드북에 포함되는 후보 코드워드들을 취출하는 단계로서, 상기 메모리 유닛은 상기 무효한 코드워드로부터의 제 1 해밍 거리에서의 후보 코드워드들 및 상기 무효한 코드워드로부터의 제 2 해밍 거리에서의 후보 코드워드들로 팝풀레이팅 (populating) 되고, 상기 제 1 해밍 거리는 상기 코드북에서의 상기 코드워드들과 상기 적어도 하나의 무효한 코드워드 사이의 최저 해밍 거리이고, 상기 제 2 해밍 거리는 상기 제 1 해밍 거리보다 더 높은, 상기 메모리 유닛으로부터 상기 코드북에 포함되는 후보 코드워드들을 취출하는 단계;

상기 심도 맵에서 무효한 코드워드 로케이션에 인접한 적어도 하나의 로케이션을 포함하는 상기 심도 맵의 복수의 로케이션들에 대해 심도 추정치를 결정하는 단계;

상기 후보 코드워드들의 각각과 심도를 연관시키는 단계;

결정된 상기 심도 추정치에 가장 가까운 연관된 심도를 갖는 상기 후보 코드워드를 선택하는 단계; 및

선택된 상기 후보 코드워드와 연관된 상기 심도를 상기 무효한 코드워드의 상기 로케이션에 대해 할당하는 단계를 포함하는, 구조화된 광 시스템에 의해 생성된 심도 맵에서의 에러들을 정정하기 위한 방법.

#### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 픽셀들의 적어도 하나의 열에서의 각 픽셀은 수신된 광 에너지를 나타내고, 상기 픽셀들의 적어도 하나의 열에서의 각 픽셀  $n$ 은 바이너리 값을 갖는, 구조화된 광 시스템에 의해 생성된 심도 맵에서의 에러들을 정정하기 위한 방법.

#### 청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 무효한 코드워드를 검출하는 단계는, 상기 무효한 코드워드가 상기 코드북에 포함되지 않는다는 표시를 상기 메모리 유닛으로부터 취출하는 단계를 포함하는, 구조화된 광 시스템에 의해 생성된 심도 맵에서의 에러들을 정정하기 위한 방법.

#### 청구항 4

제 1 항에 있어서,

각각의 수신된 복수의 코드워드들 및 상기 적어도 하나의 무효한 코드워드가 상기 코드북에 포함되는지 여부의 표시로 상기 메모리 유닛을 팝풀레이팅하는 단계를 더 포함하는, 구조화된 광 시스템에 의해 생성된 심도 맵에서의 에러들을 정정하기 위한 방법.

#### 청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 무효한 코드워드와, 상기 후보 코드워드들의 각각 사이의 상기 제 1 해밍 거리는, 상이한 바이너리 값들을 갖는 핵심들의 상기 적어도 하나의 행 및 상기 적어도 하나의 열의 수인, 구조화된 광 시스템에 의해 생성된 심도 맵에서의 에러들을 정정하기 위한 방법.

### 청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 심도 추정치를 결정하는 단계는, 상기 심도 맵의 상기 복수의 로케이션들의 중간 심도 또는 평균 심도를 계산하는 단계를 포함하는, 구조화된 광 시스템에 의해 생성된 심도 맵에서의 에러들을 정정하기 위한 방법.

### 청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 심도 맵의 상기 복수의 로케이션들은 상기 무효한 코드워드의 상기 로케이션으로부터의 로케이션들에서의 임계 거리 이하인 로케이션들을 포함하는, 구조화된 광 시스템에 의해 생성된 심도 맵에서의 에러들을 정정하기 위한 방법.

### 청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 임계 거리는 상기 심도 맵의 상기 복수의 로케이션들에서의 4, 8, 12, 20, 및 24 로케이션들에 각각 대응하는, 1,  $\sqrt{2}$ , 2,  $\sqrt{5}$ , 2, 또는  $2\sqrt{2}$  인, 구조화된 광 시스템에 의해 생성된 심도 맵에서의 에러들을 정정하기 위한 방법.

### 청구항 9

구조화된 광 시스템에 의해 생성된 심도 맵에서의 에러들을 정정하기 위한 장치로서,

상기 장치는,

메모리 유닛; 및

상기 메모리 유닛과 통신하는 프로세서를 포함하고,

상기 메모리 유닛은, 복수의 유효한 코드워드들 및 적어도 하나의 무효한 코드워드를 저장하도록 구성되고, 상기 복수의 유효한 코드워드들의 각각은 유효한 코드워드들의 코드북에 포함되고, 상기 코드북은 상기 적어도 하나의 무효한 코드워드를 포함하지 않으며, 각각의 코드워드는 구조화된 광 이미지의 핵심들의 적어도 하나의 행 및 적어도 하나의 열을 나타내고, 각각의 코드워드는 심도 맵에서의 로케이션에 대응하며,

상기 메모리 유닛은 또한,

상기 코드북에 포함되는 후보 코드워드들의 셋트로서, 각각의 후보 코드워드는 상기 무효한 코드워드로부터의 제 1 해밍 거리이고, 상기 제 1 해밍 거리는 상기 코드북에서의 코드워드들과 상기 무효한 코드워드 사이의 최저 해밍 거리인, 상기 후보 코드워드들의 셋트, 및

상기 코드북에 포함되는 후보 코드워드들의 제 2 셋트로서, 상기 후보 코드워드들의 제 2 셋트의 각각은 상기 무효한 코드워드로부터의 제 2 해밍 거리를 가지고, 상기 제 2 해밍 거리는 상기 제 1 해밍 거리보다 더 높은, 상기 후보 코드워드들의 제 2 셋트

를 저장하도록 구성되고,

상기 프로세서는,

상기 복수의 유효한 코드워드들 및 상기 적어도 하나의 무효한 코드워드를 수신하고,

상기 무효한 코드워드를 검출하며,

상기 후보 코드워드들의 셋트를 취출하고,

상기 심도 맵의 복수의 로케이션들에 대해 심도 추정치를 결정하는 것으로서, 상기 심도 맵의 상기 복수의 로케이션들은 상기 무효한 코드워드의 로케이션에 인접한 적어도 하나의 로케이션을 포함하는, 상기 심도 맵의 복수의 로케이션들에 대해 심도 추정치를 결정하는 것을 행하고,

상기 후보 코드워드들의 각각과 심도를 연관시키고,

상기 심도 추정치에 가장 가까운 연관된 심도를 갖는 상기 후보 코드워드를 선택하며, 그리고

선택된 상기 후보 코드워드와 연관된 상기 심도를 상기 무효한 코드워드의 상기 로케이션에 대해 할당하도록 구성되는, 구조화된 광 시스템에 의해 생성된 심도 맵에서의 에러들을 정정하기 위한 장치.

#### 청구항 10

제 9 항에 있어서,

각각의 픽셀은 수신된 광 에너지를 나타내고, 각각의 픽셀은 바이너리 값을 갖는, 구조화된 광 시스템에 의해 생성된 심도 맵에서의 에러들을 정정하기 위한 장치.

#### 청구항 11

제 9 항에 있어서,

상기 프로세서는, 상기 메모리 유닛으로부터, 상기 무효한 코드워드가 상기 코드북에 포함되지 않는다는 표시를 취출함으로써, 상기 무효한 코드워드를 검출하는, 구조화된 광 시스템에 의해 생성된 심도 맵에서의 에러들을 정정하기 위한 장치.

#### 청구항 12

제 9 항에 있어서,

상기 프로세서는 또한, 각각의 수신된 유효한 또는 무효한 코드워드가 상기 코드북에 포함되는지 여부의 표시로 상기 메모리 유닛을 팝풀레이팅 (populating) 하도록 구성되는, 구조화된 광 시스템에 의해 생성된 심도 맵에서의 에러들을 정정하기 위한 장치.

#### 청구항 13

제 9 항에 있어서,

상기 무효한 코드워드와, 상기 후보 코드워드들의 각각 사이의 상기 제 1 해밍 거리는, 상이한 바이너리 값을 갖는 픽셀들의 상기 적어도 하나의 행 및 상기 적어도 하나의 열의 수인, 구조화된 광 시스템에 의해 생성된 심도 맵에서의 에러들을 정정하기 위한 장치.

#### 청구항 14

제 9 항에 있어서,

상기 프로세서는, 상기 심도 맵의 상기 복수의 로케이션들의 중간 심도 또는 평균 심도를 계산함으로써, 상기 심도 추정치를 추정하도록 구성되는, 구조화된 광 시스템에 의해 생성된 심도 맵에서의 에러들을 정정하기 위한 장치.

#### 청구항 15

제 9 항에 있어서,

상기 심도 맵의 상기 복수의 로케이션들은 상기 무효한 코드워드의 상기 로케이션으로부터의 로케이션들에서의 임계 거리 이하인 로케이션들을 포함하는, 구조화된 광 시스템에 의해 생성된 심도 맵에서의 에러들을 정정하기 위한 장치.

#### 청구항 16

제 15 항에 있어서,

상기 임계 거리는 상기 심도 맵의 상기 복수의 로케이션들에서의 4, 8, 12, 20, 및 24 로케이션들에 각각 대응

하는,  $1, \sqrt{2}, 2, \sqrt{5}, 2$ , 또는  $2\sqrt{2}$  인, 구조화된 광 시스템에 의해 생성된 심도 맵에서의 에러들을 정정하기 위한 장치.

### 청구항 17

구조화된 광 시스템에 의해 생성된 심도 맵에서의 에러들을 정정하기 위한 장치로서,

복수의 유효한 코드워드들 및 적어도 하나의 무효한 코드워드를 저장하는 수단으로서, 상기 복수의 유효한 코드워드들의 각각은 유효한 코드워드들의 코드북에 포함되고, 상기 코드북은 상기 적어도 하나의 무효한 코드워드를 포함하지 않으며, 각각의 코드워드는 구조화된 광 이미지의 픽셀들의 적어도 하나의 행 및 적어도 하나의 열을 나타내고, 각각의 코드워드는 심도 맵에서의 로케이션에 대응하는, 상기 복수의 유효한 코드워드들 및 적어도 하나의 무효한 코드워드를 저장하는 수단;

복수의 유효한 코드워드들 및 적어도 하나의 무효한 코드워드를 수신하는 수단;

상기 무효한 코드워드를 검출하는 수단;

상기 저장하는 수단으로부터 상기 코드북에 포함되는 후보 코드워드들을 취출하는 수단으로서, 상기 저장하는 수단은 상기 무효한 코드워드로부터의 제 1 해밍 거리에서의 후보 코드워드들의 셋트 및 상기 무효한 코드워드로부터의 제 2 해밍 거리에서의 후보 코드워드들의 제 2 셋트로 팝플레이팅 (populating) 되고, 상기 제 1 해밍 거리는 상기 코드북에서의 상기 코드워드들과 상기 적어도 하나의 무효한 코드워드 사이의 최저 해밍 거리이고, 상기 제 2 해밍 거리는 상기 제 1 해밍 거리보다 더 높은, 상기 저장하는 수단으로부터 상기 코드북에 포함되는 후보 코드워드들을 취출하는 수단;

상기 심도 맵에서 무효한 코드워드 로케이션에 인접한 적어도 하나의 로케이션을 포함하는 상기 심도 맵의 복수의 로케이션들에 대해 심도 추정치를 결정하는 수단;

상기 후보 코드워드들의 각각과 심도를 연관시키는 수단;

결정된 상기 심도 추정치에 가장 가까운 연관된 심도를 갖는 상기 후보 코드워드를 선택하는 수단; 및

선택된 상기 후보 코드워드와 연관된 상기 심도를 상기 무효한 코드워드의 상기 로케이션에 대해 할당하는 수단을 포함하는, 구조화된 광 시스템에 의해 생성된 심도 맵에서의 에러들을 정정하기 위한 장치.

### 청구항 18

제 17 항에 있어서,

상기 저장하는 수단은 메모리 유닛을 포함하고, 상기 수신하는 수단은 프로세서를 갖는 수신기를 포함하는, 구조화된 광 시스템에 의해 생성된 심도 맵에서의 에러들을 정정하기 위한 장치.

### 청구항 19

제 17 항에 있어서,

각각의 픽셀은 수신된 광 에너지를 나타내고, 각각의 픽셀은 바이너리 값에 의해 표현되는, 구조화된 광 시스템에 의해 생성된 심도 맵에서의 에러들을 정정하기 위한 장치.

### 청구항 20

제 17 항에 있어서,

상기 검출하는 수단은, 상기 저장하는 수단으로부터, 상기 무효한 코드워드가 상기 코드북에 포함되지 않는다는 표시를 취출함으로써, 상기 무효한 코드워드를 검출하는, 구조화된 광 시스템에 의해 생성된 심도 맵에서의 에러들을 정정하기 위한 장치.

### 청구항 21

제 17 항에 있어서,

각각의 수신된 코드워드가 상기 코드북에 포함되는지 여부의 표시로 상기 저장하는 수단을 팝플레이팅하는 수단

을 더 포함하는, 구조화된 광 시스템에 의해 생성된 심도 맵에서의 에러들을 정정하기 위한 장치.

### 청구항 22

제 17 항에 있어서,

상기 결정하는 수단은, 상기 심도 맵의 상기 복수의 로케이션들의 중간 심도 또는 평균 심도를 계산함으로써, 상기 심도 추정치를 추정하도록 구성되는, 구조화된 광 시스템에 의해 생성된 심도 맵에서의 에러들을 정정하기 위한 장치.

### 청구항 23

제 17 항에 있어서,

상기 심도 맵의 상기 복수의 로케이션들은 상기 무효한 코드워드의 상기 로케이션으로부터의 로케이션들에서의 임계 거리 이하인 로케이션들을 포함하고, 상기 임계 거리는 상기 심도 맵의 상기 복수의 로케이션들에서의 4, 8, 12, 20, 및 24 로케이션들에 각각 대응하는, 1,  $\sqrt{2}$ , 2,  $\sqrt{5}$ , 2, 또는  $2\sqrt{2}$  인, 구조화된 광 시스템에 의해 생성된 심도 맵에서의 에러들을 정정하기 위한 장치.

### 청구항 24

구조화된 광 시스템에 의해 생성된 심도 맵에서의 에러들을 정정하기 위한 명령들을 저장하는 비-일시적 컴퓨터-판독가능 저장 매체로서,

상기 명령들은, 실행될 때,

복수의 유효한 코드워드들 및 적어도 하나의 무효한 코드워드를 수신하는 단계로서, 상기 복수의 유효한 코드워드들의 각각은 유효한 코드워드들의 코드북에 포함되고, 상기 코드북은 상기 적어도 하나의 무효한 코드워드를 포함하지 않으며, 각각의 코드워드는 심도 맵에서의 로케이션에 대응하는, 상기 복수의 유효한 코드워드들 및 적어도 하나의 무효한 코드워드를 수신하는 단계;

상기 무효한 코드워드를 검출하는 단계;

메모리 유닛으로부터 상기 코드북에 포함되는 후보 코드워드들을 취출하는 단계로서, 상기 메모리 유닛은 상기 무효한 코드워드로부터의 제 1 해밍 거리에서의 후보 코드워드들의 셋트 및 상기 무효한 코드워드로부터의 제 2 해밍 거리에서의 후보 코드워드들의 제 2 셋트로 팝풀레이팅 (populating) 되고, 상기 제 1 해밍 거리는 상기 코드북에서의 상기 코드워드들과 상기 적어도 하나의 무효한 코드워드 사이의 최저 해밍 거리이고, 상기 제 2 해밍 거리는 상기 제 1 해밍 거리보다 더 높은, 상기 메모리 유닛으로부터 상기 코드북에 포함되는 후보 코드워드들을 취출하는 단계;

상기 심도 맵의 복수의 로케이션들에 대해 심도 추정치를 결정하는 단계로서, 상기 심도 맵의 상기 복수의 로케이션들은 상기 무효한 코드워드의 로케이션에 인접한 적어도 하나의 로케이션을 포함하는, 상기 심도 맵의 복수의 로케이션들에 대해 심도 추정치를 결정하는 단계;

상기 후보 코드워드들의 각각과 심도를 연관시키는 단계;

상기 심도 추정치에 가장 가까운 연관된 심도를 갖는 상기 후보 코드워드를 선택하는 단계; 및

선택된 상기 후보 코드워드와 연관된 상기 심도를 상기 무효한 코드워드의 상기 로케이션에 대해 할당하는 단계를 포함하는 방법을 수행하는, 비-일시적 컴퓨터-판독가능 저장 매체.

### 청구항 25

삭제

### 청구항 26

삭제

### 청구항 27

삭제

청구항 28

삭제

청구항 29

삭제

청구항 30

삭제

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 다양한 특징들은 능동적 심도 감지에 관한 것이고, 보다 구체적으로는, 구조화된 광으로부터 도출된 심도 정보를 해석할 때 데이터 에러들로부터 초래되는 심도 맵들에서의 캡들을 정정하기 위한 효율적인 메모리 사용 기법들에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002] 구조화된 광 능동 감지 시스템들 (structured light active sensing systems) 인 촬상 디바이스들은 그 촬상 디바이스 (imaging device)로부터의 장면 (scene)에서의 하나 이상의 오브젝트들 (objects)의 거리를 표시하는 심도 맵 (depth map)을 생성하기 위해 공간적 코드들 (spatial codes) (또는 "코드워드들 (codewords)")에 대응하는 패턴들을 송신 및 수신하도록 구성된 송신기 및 수신기를 포함한다. 송신기 및 수신기로부터 장면에서의 오브젝트가 더 멀수록, (송신된 코드워드에 비해) 오브젝트로부터 반사된 수신된 코드워드는 그것의 원래의 포지션으로부터 더 가깝게 되는데, 그 이유는, 나가는 코드워드와 반사되어 들어오는 코드워드의 전파 경로가 보다 평행하기 때문이다. 역으로, 오브젝트가 송신기 및 수신기에 더 가까울수록, 수신된 코드워드는 송신된 코드워드에서 그것의 원래 포지션으로부터 더 멀다. 이에 따라, 수신된 코드워드와 대응하는 송신된 코드워드의 포지션 사이의 차이는 장면에서의 오브젝트의 심도를 결정하기 위해 사용될 수도 있다. 구조화된 광 능동 감지 시스템들은, 장면의 3 차원적 표현일 수도 있는, 장면의 심도 맵을 생성하기 위해 이를 결정된 심도들을 이용할 수도 있다. 많은 애플리케이션들은 카메라 품질 향상 및 컴퓨터 비전을 포함하여, 장면의 심도 맵을 결정하는 것으로부터 혜택을 받을 수도 있다.

[0003] 각각의 코드워드는 강도 값들의 행들 및 열들에 의해 표현될 수도 있다. 예를 들어, 바이너리 (binary) 공간적 코드들은 바이너리 패턴을 표현하기 위해, 밝은 그리고 어두운 강도 값들에 대응하는, 0 들 및 1 들을 사용할 수도 있다. 다른 공간적 코드들은 2 개보다 많은 상이한 강도 값들을 사용할 수도 있다. 수신된 코드워드에서의 노이즈는, "노이지 (noisy)" 코드워드들은 송신되었던 공간적 코드로서 인식되지 않을 것이기 때문에, 코드워드를 식별함에 있어서 에러를 야기할 수도 있다. 예를 들어, 바이너리 코드들에 대해, 이러한 노이즈는 "0"으로서 수신될 송신된 코드에서 "1"을 야기할 수도 있고, 또는 그 역일 수도 있다. 이것은 잘못된 코드워드를 사용하는 심도 맵에서 캡 (gap), 또는 홀 (hole)을 초래할 수도 있다. 심도는 인식되지 않는 코드를 갖는 그 포인트에서 추정되지 않아서, 심도 맵에서 "홀"이 생성되게 남겨둔다.

[0004] 홀들을 "채우는 (filling)" 전통적인 방법들은, 예를 들어, 홀 주위의 심도들을 평균화함으로써, 이웃하는 (neighboring) 심도들에 기초하여 홀에서의 심도를 추정하는 것을 포함한다. 이러한 접근법은, 홀이 오브젝트의 경계에 또는 경계 부근에 있거나, 심도에서 변화들 또는 불연속들이 존재하는 임의의 포인트에 있는 경우에 양호한 결과들을 제공하지 못할 수도 있다. 따라서, 변화 또는 불연속의 포인트들에서도, 심도 맵에서 홀들이 존재할 때 심도를 생성하기 위한 방법들 및 시스템들에 대한 필요성이 존재한다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

## 과제의 해결 수단

- [0005] 본 개시의 샘플 양태들의 요약은 다음과 같다. 편의상, 본 개시의 하나 이상의 양태들은 본 명세서에서 단순히 "일부 양태들"로서 지칭될 수도 있다.
- [0006] 본 명세서에서 개시되는 방법들 및 장치들 또는 디바이스들은 각각 수개의 양태들을 가지고, 그들의 어떤 단일한 것도 그것의 바람직한 속성들에 대해 단독으로 책임지지 아니한다. 예를 들어 다음의 청구항들에 의해 표현되는 바와 같이, 이 개시의 범위를 제한함이 없이, 그것의 보다 두드러진 특징들이 이제 간략하게 논의될 것이다. 이 논의를 고려한 후에, 그리고 특히 "상세한 설명"이라는 제목의 섹션을 읽은 후에, 설명되는 특징들이 그렇지 않으면 식별되지 않을 수 있는 코드워드로부터 가능성 높게 코드워드를 결정하기 위한 효율적인 방식들을 포함하는 이점들을 어떻게 제공하는지를 이해할 것이다.
- [0007] 하나의 혁신은 구조화된 광 시스템 (structured light system)에 의해 생성된 심도 맵에서 에러들을 정정하기 위한 방법이다. 다양한 실시형태들에서, 방법은 복수의 유효한 (valid) 코드워드들 및 적어도 하나의 무효한 (invalid) 코드워드를 수신하는 단계를 포함할 수도 있다. 복수의 유효한 코드워드들의 각각은 유효한 코드워드들의 코드북 (codebook)에 포함된다. 코드북은 상기 적어도 하나의 무효한 코드워드를 포함하지 않는다. 각각의 코드워드는 구조화된 광 이미지의 픽셀들의 적어도 하나의 행 (row) 및 적어도 하나의 열 (column)을 나타낸다. 각각의 코드워드는 심도 맵에서의 로케이션 (location)에 대응한다. 방법은 추가적으로, 무효한 코드워드를 검출하는 단계를 포함할 수도 있다. 방법은 추가적으로, 메모리 유닛으로부터, 코드북에 포함되는 후보 코드워드들의 셋트를 취출하는 단계를 포함할 수도 있다. 각각의 후보 코드워드 (candidate codeword)는 무효한 코드워드로부터의 제 1 해밍 거리 (Hamming distance)이다. 제 1 해밍 거리는 코드북에서의 코드워드들과 무효한 코드워드 사이의 최저 해밍 거리이다. 방법은 추가적으로, 무효한 코드워드의 로케이션에 인접한 (adjacent) 적어도 하나의 로케이션을 포함하는 심도 맵의 복수의 로케이션들에 대해 심도 추정치를 결정하는 단계를 포함할 수도 있다. 방법은 추가적으로, 후보 코드워드들의 각각의 후보 코드워드와 심도를 연관시키는 단계를 포함할 수도 있다. 방법은 추가적으로, 심도 추정치 (depth estimate)에 가장 가까운 연관된 심도를 갖는 후보 코드워드를 선택하는 단계를 포함할 수도 있다. 방법은 추가적으로, 선택된 후보 코드워드와 연관된 심도를 무효한 코드워드의 로케이션에 할당하는 단계를 포함할 수도 있다.
- [0008] 일부 실시형태들에 대해, 각각의 픽셀은 수신된 광 에너지를 나타낸다. 일부 실시형태들에 대해, 각각의 픽셀은 바이너리 값을 갖는다. 일부 실시형태들에 대해, 무효한 코드워드를 검출하는 단계는, 무효한 코드워드가 코드북에 포함되지 않는다는 표시를 메모리 유닛으로부터 취출하는 단계를 포함한다. 일부 실시형태들에 대해, 후보 코드워드들의 각각과 무효한 코드워드 사이의 제 1 해밍 거리는 상이한 바이너리 값을 갖는 픽셀들의 적어도 하나의 행 및 적어도 하나의 열의 수이다.
- [0009] 일부 실시형태들에 대해, 방법은 추가적으로, 각각의 수신된 유효한 또는 무효한 코드워드가 코드북에 포함되는지 여부의 표시로 메모리 유닛을 팝플레이팅 (populating) 하는 단계를 포함할 수도 있다. 일부 실시형태들에 대해, 방법은 추가적으로, 무효한 코드워드로부터의 제 1 해밍 거리 후보 코드워드들의 셋트로 메모리 유닛을 팝플레이팅하는 단계를 포함할 수도 있고, 제 1 해밍 거리는 코드북에서의 코드워드들과 무효한 코드워드 사이의 최저 해밍 거리이다. 일부 실시형태들에 대해, 방법은 추가적으로, 후보 코드워드들의 제 2 셋트로 메모리 유닛을 팝플레이팅하는 단계를 포함할 수도 있고, 후보 코드워드들의 제 2 셋트는 코드북에 포함되는 코드워드들에 대응하고, 대응하는 후보 코드워드들의 제 2 셋트의 각각은 무효한 코드워드로부터의 제 2 해밍 거리이며, 제 2 해밍 거리는 제 1 해밍 거리보다 더 높다.
- [0010] 일부 실시형태들에 대해, 심도 추정치를 결정하는 단계는, 심도 맵의 복수의 로케이션들의 중간 심도 (median depth) 또는 평균 심도 (average depth)를 계산하는 단계를 포함한다. 일부 실시형태들에 대해, 심도 맵의 복수의 로케이션들은 무효한 코드워드의 로케이션으로부터의 로케이션들에서의 임계 거리 이하인 로케이션들을 포함한다. 일부 실시형태들에 대해, 임계 거리는 심도 맵의 복수의 로케이션들에서의 4, 8, 12, 20, 및 24 로케이션들에 각각 대응하는,  $1, \sqrt{2}, 2, \sqrt{5}, 2$ , 또는  $2\sqrt{2}$  이다.
- [0011] 다른 혁신은, 구조화된 광 시스템에 의해 생성된 심도 맵에서의 에러들을 정정하기 위한 장치이다. 이 장치는, 복수의 유효한 코드워드들 및 적어도 하나의 무효한 코드워드를 저장하도록 구성된 메모리 유닛을 포함할 수도 있다. 복수의 유효한 코드워드들의 각각은 유효한 코드워드들의 코드북에 포함된다. 코드북은 상기 적어도 하나의 무효한 코드워드를 포함하지 않는다. 각각의 코드워드는 구조화된 광 이미지의 픽셀들의

적어도 하나의 행 및 적어도 하나의 열을 나타낸다. 각각의 코드워드는 심도 맵에서의 로케이션에 대응한다. 메모리 유닛은, 코드북에 포함되는 후보 코드워드들의 셋트를 저장하도록 더 구성될 수도 있고, 각각의 후보 코드워드는 무효한 코드워드로부터의 제 1 해밍 거리이고, 제 1 해밍 거리는 코드북에서의 코드워드들과 무효한 코드워드 사이의 최저 해밍 거리이다. 장치는, 메모리 유닛과 통신하는 프로세서를 포함할 수도 있다. 프로세서는, 복수의 유효한 코드워드들 및 적어도 하나의 무효한 코드워드를 수신하도록 구성될 수도 있다. 프로세서는 무효한 코드워드를 검출하도록 구성될 수도 있다. 프로세서는 후보 코드워드들의 셋트를 취출하도록 구성될 수도 있다. 프로세서는 심도 맵의 복수의 로케이션들에 대해 심도 추정치를 결정하도록 구성될 수도 있고, 심도 맵의 복수의 로케이션들은 무효한 코드워드의 로케이션에 인접한 적어도 하나의 로케이션을 포함한다. 프로세서는 후보 코드워드들의 각각과 심도를 연관시키도록 구성될 수도 있다. 프로세서는 심도 추정치에 가장 가까운 연관된 심도를 갖는 후보 코드워드를 선택하도록 구성될 수도 있다. 프로세서는 선택된 후보 코드워드와 연관된 심도를 무효한 코드워드의 로케이션에 할당하도록 구성될 수도 있다.

[0012]

일부 실시형태들에 대해, 프로세서는, 각각의 수신된 유효한 또는 무효한 코드워드가 코드북에 포함되는지 여부의 표시로 메모리 유닛을 팝플레이팅하도록 더 구성될 수도 있다. 일부 실시형태들에 대해, 프로세서는, 무효한 코드워드로부터의 제 1 해밍 거리 후보 코드워드들의 셋트로 메모리 유닛을 팝플레이팅하도록 더 구성될 수도 있고, 제 1 해밍 거리는 코드북에서의 코드워드들과 무효한 코드워드 사이의 최저 해밍 거리이다.

[0013]

일부 실시형태들에 대해, 프로세서는, 후보 코드워드들의 제 2 셋트로 메모리 유닛을 팝플레이팅하도록 더 구성될 수도 있고, 후보 코드워드들의 제 2 셋트는 코드북에 포함되는 코드워드들에 대응하고, 대응하는 후보 코드워드들의 제 2 셋트의 각각은 무효한 코드워드로부터의 제 2 해밍 거리이며, 제 2 해밍 거리는 제 1 해밍 거리보다 더 높다.

[0014]

일부 실시형태들에 대해, 프로세서는, 심도 맵의 복수의 로케이션들의 중간 심도 또는 평균 심도를 계산함으로써, 심도 추정치를 추정하도록 더 구성될 수도 있다.

[0015]

또 다른 혁신은, 구조화된 광 시스템에 의해 생성된 심도 맵에서의 예러들을 정정하기 위한 장치이다. 이 장치는, 복수의 유효한 코드워드들 및 적어도 하나의 무효한 코드워드를 저장하는 수단을 포함할 수도 있다. 복수의 유효한 코드워드들의 각각은 유효한 코드워드들의 코드북에 포함된다. 코드북은 상기 적어도 하나의 무효한 코드워드를 포함하지 않는다. 각각의 코드워드는 구조화된 광 이미지의 픽셀들의 적어도 하나의 행 및 적어도 하나의 열을 나타낸다. 각각의 코드워드는 심도 맵에서의 로케이션에 대응한다. 장치는, 코드북에 포함되는 후보 코드워드들의 셋트를 저장하는 수단을 포함할 수도 있고, 각각의 후보 코드워드는 무효한 코드워드로부터의 제 1 해밍 거리이고, 제 1 해밍 거리는 코드북에서의 코드워드들과 무효한 코드워드 사이의 최저 해밍 거리이다. 장치는, 복수의 유효한 코드워드들 및 적어도 하나의 무효한 코드워드를 수신하는 수단을 포함할 수도 있다. 장치는, 무효한 코드워드를 검출하는 수단을 포함할 수도 있다. 장치는, 후보 코드워드들의 셋트를 취출하는 수단을 포함할 수도 있다. 장치는, 심도 맵의 복수의 로케이션들에 대해 심도 추정치를 결정하는 수단을 포함할 수도 있고, 심도 맵의 복수의 로케이션들은 무효한 코드워드의 로케이션에 인접한 적어도 하나의 로케이션을 포함한다.

[0016]

후보 코드워드들의 각각과 심도를 연관시키는 수단. 장치는, 심도 추정치에 가장 가까운 연관된 심도를 갖는 후보 코드워드를 선택하는 수단을 포함할 수도 있다. 장치는, 선택된 후보 코드워드와 연관된 심도를 무효한 코드워드의 로케이션에 할당하는 수단을 포함할 수도 있다.

[0017]

일부 실시형태들에 대해, 유효한 및 무효한 코드워드 저장 수단은 메모리 유닛을 포함한다. 일부 실시형태들에 대해, 후보 코드워드 저장 수단은 메모리 유닛을 포함한다. 일부 실시형태들에 대해, 수신하는 수단은 프로세싱 회로를 포함한다. 일부 실시형태들에 대해, 검출 수단은 프로세싱 회로를 포함한다. 일부 실시형태들에 대해, 취출하는 수단은 프로세싱 회로를 포함한다. 일부 실시형태들에 대해, 결정하는 수단은 프로세싱 회로를 포함한다. 일부 실시형태들에 대해, 연관시키는 수단은 프로세싱 회로를 포함한다. 일부 실시형태들에 대해, 선택하는 수단은 프로세싱 회로를 포함한다. 일부 실시형태들에 대해, 할당하는 수단은 프로세싱 회로를 포함한다.

[0018]

일부 실시형태들에 대해, 검출하는 수단은, 저장하는 수단으로부터, 무효한 코드워드가 코드북에 포함되지 않는다는 표시를 취출함으로써, 무효한 코드워드를 검출한다.

[0019]

일부 실시형태들에 대해, 장치는, 각각의 수신된 유효한 또는 무효한 코드워드가 코드북에 포함되는지 여부의

표시로 저장하는 수단을 팝플레이팅하는 수단을 포함할 수도 있다. 일부 실시형태들에 대해, 장치는, 무효한 코드워드로부터의 제 1 해밍 거리 후보 코드워드들의 셋트로 저장하는 수단을 팝플레이팅하는 수단을 포함할 수도 있고, 제 1 해밍 거리는 코드북에서의 코드워드들과 무효한 코드워드 사이의 최저 해밍 거리이다. 일부 실시형태들에 대해, 장치는, 후보 코드워드들의 제 2 셋트로 저장하는 수단을 팝플레이팅하는 수단을 포함할 수도 있고, 후보 코드워드들의 제 2 셋트는 코드북에 포함되는 코드워드들에 대응하고, 대응하는 후보 코드워드들의 제 2 셋트의 각각은 무효한 코드워드로부터의 제 2 해밍 거리이며, 제 2 해밍 거리는 제 1 해밍 거리보다 더 높다.

[0020] 일부 실시형태들에 대해, 결정하는 수단은, 심도 맵의 복수의 로케이션들의 중간 심도 또는 평균 심도를 계산함으로써, 심도 추정치를 추정하도록 구성된다.

[0021] 또 다른 추가적인 혁신은, 구조화된 광 시스템에 의해 생성된 심도 맵에서의 에러들을 정정하기 위한 명령들을 저장하는 비-일시적 컴퓨터-판독가능 매체이다. 명령들은, 실행될 때, 동작들을 수행한다. 이 동작들은, 복수의 유효한 코드워드들 및 적어도 하나의 무효한 코드워드를 수신하는 것을 포함할 수도 있다. 복수의 유효한 코드워드들의 각각은 유효한 코드워드들의 코드북에 포함된다. 코드북은 상기 적어도 하나의 무효한 코드워드를 포함하지 않는다. 각각의 코드워드는 구조화된 광 이미지의 픽셀들의 적어도 하나의 행 및 적어도 하나의 열을 나타낸다. 각각의 코드워드는 심도 맵에서의 로케이션에 대응한다. 동작들은 무효한 코드워드를 검출하는 것을 포함할 수도 있다. 동작들은, 메모리 유닛으로부터, 코드북에 포함되는 후보 코드워드들의 셋트를 취출하는 것을 포함할 수도 있고, 각각의 후보 코드워드는 무효한 코드워드로부터의 제 1 해밍 거리이고, 제 1 해밍 거리는 코드북에서의 코드워드들과 무효한 코드워드 사이의 최저 해밍 거리이다. 동작들은, 심도 맵의 복수의 로케이션들에 대해 심도 추정치를 결정하는 것을 포함할 수도 있고, 심도 맵의 복수의 로케이션들은 무효한 코드워드의 로케이션에 인접한 적어도 하나의 로케이션을 포함한다. 동작들은, 후보 코드워드들의 각각과 심도를 연관시키는 것을 포함할 수도 있다. 동작들은, 심도 추정치에 가장 가까운 연관된 심도를 갖는 후보 코드워드를 선택하는 것을 포함할 수도 있다. 동작들은, 선택된 후보 코드워드와 연관된 심도를 무효한 코드워드의 로케이션에 할당하는 것을 포함할 수도 있다.

### 도면의 간단한 설명

[0022] 다양한 특징들, 양태들 및 이점들은 본 명세서의 설명 및 거기에 첨부된 도면들로부터 명백하게 될 것이고, 첨부 도면들에서 동일한 참조 부호들은 일반적으로 그 도면들에서 도시된 대응하는 양태들 또는 컴포넌트들을 식별할 것이다. 당해 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자 (이하, '통상의 기술자' 라 함)는, 실시형태에 대해 설명되거나 예시된 양태들은, 달리 진술되지 않는 한, 이러한 실시형태의 기능 또는 구현을 위해 비실용적이지 않은 경우에, 하나 이상의 다른 설명된 또는 예시된 실시형태들에 포함될 수도 있음을 이해할 것이다.

도 1 은 능동 감지 시스템의 일 예를 나타내는 모식도이고, 여기서, 장면을 조명하고 심도 정보를 획득하기 위해 알려진 패턴이 사용되고, 그 심도 정보를 이용하여, 2-차원 이미지를 및/또는 정보로부터 3-차원 정보를 생성하게 된다.

도 2 는 3-차원 (3D) 장면이 2-차원 (2D) 이미지를 또는 정보로부터 구성되는 능동 감지를 위한 시스템의 다른 예를 나타내는 도면이다.

도 3 은 오브젝트 또는 장면에 대해 어떻게 심도가 감지될 수도 있는지를 나타내는 모식도이다.

도 4 는 복합 코드 마스크를 생성하고 및/또는 이러한 복합 코드 마스크를 투영하도록 구성될 수도 있는 송신기 디바이스의 일 예를 나타내는 블록도이다.

도 5 는 복합 코드 마스크로부터 심도 정보를 획득하도록 구성될 수도 있는 수신기 디바이스의 일 예를 나타내는 블록도이다.

도 6 은 본원에 개시된 여러 정정 방법들의 하나 이상을 수행하도록 구성된 장치의 하나의 실시형태의 블록도이다.

도 7 은 메디안 필터를 이용하는 여러 정정의 다양한 정도들을 예시한다.

도 8a 는 에르미트 대칭성 (Hermitian symmetry) 을 보이는 포인트들을 갖는 패턴의 일 예를 나타낸다.

도 8b 는 고스트 이미지를 없는 에르미트 대칭적 패턴의 일 예를 나타낸다.

도 8c 는 에르미트 대칭성을 갖는 코드 마스크 패턴의 일 예를 나타낸다.

도 8d 는 고스트 이미지들을 갖는 비-에르미트 대칭적 패턴의 일 예를 나타낸다.

도 8e 는 에르미트 대칭성 없는 코드 마스크 패턴의 일 예를 나타낸다.

도 9 는 도 8c 에서 도시된 예시적인 코드 마스크의 상세한 모습을 나타내고, 상이한 기초 함수들의 열들 및 원도우화된 4x4 공간적 코드들을 갖는다.

도 10 은 구조화된 광으로부터 도출된 심도 맵에서의 캡들을 보여준다.

도 11 은 심도 맵 홀 채움의 방법의 데이터플로우도의 일 예이다.

도 12 는 심도 맵에서의 여러 정정의 프로세스의 일 예를 나타낸다.

도 13 은 메디안 필터를 이용한 심도 맵에서의 캡 채움의 일부 양태들을 나타내는 이미지들을 묘사한다.

도 14 는 본원에 개시된 방법들 및 시스템들을 이용한, 심도 맵의 캡 채움의 일부 양태들을 나타내는 이미지를 묘사한다.

도 15 는 여러 정정을 위해 해밍 거리에 의해 코드북에서 후보 코드들을 조직하는 예시적인 구조를 나타낸다.

도 16 은 여러 정정을 위해 해밍 거리에 의해 코드북에서 후보 코드들을 조직하는 예시적인 콤팩트 (compact) 구조를 나타낸다.

도 17 은 구조화된 광으로부터 생성된 코드워드들에서 여러들을 정정하는 프로세스의 일 예를 나타내는 플로우 차트이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0023]

이하의 상세한 설명은 특정 구체적인 실시형태들로 지향된다. 하지만, 개시되는 방법들 및 시스템들은 다수의 상이한 방식들로 구현될 수도 있다. 본원의 양태들은 아주 다양한 형태들로 구현될 수도 있고, 본원에 개시된 임의의 특정 구조, 기능, 또는 양자는 단지 대표적이라는 것을 분명히 하여야 한다. 본원에 개시된 양태들은 임의의 다른 양태들과는 독립적으로 구현될 수도 있고, 이들 양태들 중 2 개 이상이 다양한 방식들로 결합될 수도 있다. 예를 들어, 본원에 전개된 양태들의 임의의 개수를 이용하여 장치가 구현될 수도 있거나 방법이 실시될 수도 있다. 또한, 본원에서 전개된 양태들의 하나 이상에 추가하여 또는 그 외의 다른 구조, 기능, 또는 구조 및 기능을 이용하여 이러한 장치가 구현될 수도 있거나 이러한 방법이 실시될 수도 있다.

[0024]

또한, 본원에 개시된 시스템들 및 방법들은 다양한 상이한 컴퓨팅 디바이스들 상에서 구현될 수도 있다. 이들은 모바일 전화기들, 태블릿들, 전용 카메라들, 웨어러블 컴퓨터들, 퍼스널 컴퓨터들, 사진 부스들 또는 박스들, 퍼스널 디지털 어시스턴트들, 울트라-모바일 퍼스널 컴퓨터들, 및 모바일 인터넷 디바이스들을 포함할 수도 있다. 그것들은 범용 또는 특수 목적 컴퓨팅 시스템 환경들 또는 구성들을 이용할 수도 있다. 본 발명과 함께 사용하기에 적합할 수도 있는 컴퓨팅 시스템들, 환경들, 및/또는 구성들의 예들은, 비제한적으로, 퍼스널 컴퓨터들, 서버 컴퓨터들, 핸드-헬드 또는 랙톱 디바이스들, 멀티프로세서 시스템들, 마이크로프로세서-기반 시스템들, 프로그래머블 소비자 일렉트로닉스, 네트워크 PC 들, 미니컴퓨터들, 메인프레임 컴퓨터들, 상기 시스템들 또는 디바이스들의 임의의 것을 포함하는 분산 컴퓨팅 환경들, 및 기타를 포함한다.

[0025]

상기 논의된 바와 같이, 구조화된 광 시스템들은 장면에서의 적어도 하나의 오브젝트 상으로 알려진 패턴 (예컨대, 코드워드들) 을 투영하고 (때로는 설명의 용이성을 위해 장면 상으로 투영되는 것으로서 지칭됨), 심도 맵을 획득하기 위해 수신된 이미지를 프로세싱한다. 불가피하게, 스펙클 (speckle) 또는 다른 노이즈 소스들로 인해, 수신된 패턴의 어떤 영역들은 디코딩되지 않는다. 이들 코딩되지 않는 영역들은 심도 맵에서 홀들을 형성하고, 이는 심도 정보를 포함하지 않고 따라서 맵의 유용성을 저하시킨다.

[0026]

일부 실시형태들에서, 개시된 시스템들 및 방법들은, 수신된 코드워드에 기초하여, 송신된 가장 가능성있는 (most likely) 코드를 결정하기를 시도함으로써, 송신된 가장 가능성있는 코드워드 (때로는 언급의 용이성을 위해 "코드" 로서 지칭됨) 를 결정할 수도 있다. 송신될 수도 있는 유효한 코드들의 셋트는 코드북으로서 지칭될 수 있다. 수신된 코드가 코드북에서의 코드들 중 하나와 매칭되는 경우에는, 코드가 정확하게 수신되었을 가능성이 높다. 하지만, 수신된 코드가 코드북에서의 코드들 중 하나와 정확하게 매칭되지 않는 경우에는, 수신된 코드는 송신된 코드와 매칭되지 않고, 스펙클 또는 몇몇 다른 노이즈의 소스로 인해 여러가 존재

했을 가능성이 높다.

[0027] 예를 들어, 송신된 코드는 공간적 코드들의 코드북에서의 코드에 대응하는 바이너리 매트릭스로서 표현될 수도 있다. 이러한 구현형태에서, 각각의 바이너리 매트릭스는 "클리어 (clear)" 및 "마스킹된 (masked)"에 대응하는 바이너리 값들 (0 들 및 1 들) 의 매트릭스로서 표현될 수도 있다. 노이즈의 부존재 시에, 수신된 코드는 송신된 코드와 동일할 수도 있다. 노이즈가 송신된 코드 또는 오브젝트로부터 반사된 대응하는 수신된 코드에 영향을 미친 경우에는, 수신된 코드는 바이너리 값에서 하나 이상의 에러들에 의해 송신된 코드와 상이할 수도 있고, 여기서, 각각의 비트 에러는 1 로서 수신된 0에 대응하거나 그 역이다. 수신된 코드와 유효한 송신된 코드 사이의 해밍 거리는 비트 에러들의 수에 대응한다. 따라서, 수신된 코드와 유효한 송신된 코드 사이의 해밍 거리는 제로, 하나, 둘, 및  $n$  비트 에러들에 대해 각각 0, 1, 2, 및  $n$  이다. 코드워드의 해밍 웨이트 (Hamming weight) 는 코드워드에서의 1 들의 수로서 정의된다. 2 개의 바이너리 코드워드를 사이에 상이한 포지션들의 수를 계산하기 위해, 그들 2 개의 코드워드들은 모듈로-2 가산을 이용하여 가산될 수도 있고, 이는 캐리 없는 바이너리 가산이고, 차이가 있는 경우에는 각 포지션에 대해 1 을 초래하고, 차이가 없는 경우에는 각 포지션에 대해 0 을 초래한다. 2 개의 코드워드들 사이의 해밍 거리는 따라서 2 개의 코드워드들의 모듈로-2 가산의 해밍 웨이트 (1 들의 수) 이다.

[0028] 개시된 기술은 수신된 코드들을 유효한 코드들의 셋트에 대해 비교함으로써 에러들을 검출한다. 본 명세서에서 설명된 방법들 및 시스템들은, 제로의 해밍 거리를 갖는 코드들이 없는 것에 대응하는, 수신된 코드와 유효한 코드들의 셋트 사이에 매치들이 존재하지 않을 때 에러를 검출한다.

[0029] 매치가 존재하지 않는 경우에, 본원에 기술된 방법들 및 시스템들은, 1 의 해밍 거리에 대응하는, 단일 비트만큼 수신된 코드와 상이한 유효한 코드(들)를 결정하기 위해 사용될 수도 있다. 1 의 해밍 거리에서 하나의 유효한 코드가 존재하는 경우에, 그 코드는 송신된 코드일 가능성성이 높다. 1 의 해밍 거리에서 하나보다 많은 유효한 코드가 존재하는 경우에는, 로컬 이웃 (local neighborhood) 과 후보 코드워드들 사이의 유사성이 가장 가능성있는 심도 값을 선택하기 위해 사용될 수도 있다. 0 또는 1 의 해밍 거리에서 어떤 유효한 코드들도 존재하지 않는 경우에, 이 프로세스는 임계 넘버 (threshold number) 의 비트 에러들까지, 2 의 해밍 거리에 대해 등으로 반복된다.

[0030] 본원에 기술된 시스템들 및 방법들은 데이터 검출 및 데이터 정정을 위해 효율적인 데이터 구조들을 이용한다. 각각의 가능한 수신된 공간적 코드에 대해, 데이터 구조는 그 수신된 공간적 코드가 유효한 코드에 매칭되는지 여부의 표시를 포함한다. 수신된 공간적 코드가 유효한 코드에 매칭되지 않는 경우에, 데이터 구조는, 1 의 해밍 거리에서의 유효한 코드들에 대응하는, 단일 비트 에러들에 대한 유효한 코드들의 표현을 포함한다. 수신된 공간적 코드로부터 0 또는 1 의 해밍 거리의 유효 코드들이 존재하지 않는 경우에, 데이터 구조는 단일 비트 에러들에 대해 유효한 코드들의 표현을 포함하고 임계 넘버의 비트 에러들까지 이렇게 적용된다. 일단 데이터 구조들이 팝풀레이팅되고 나면, 본원에 기술된 방법은 수시된 공간적 코드가 유효한 코드에 매칭되는지 여부의 표시에 대해 데이터 구조에 대해 질의함으로써 에러들을 검출한다. 이러한 동작은 데이터 구조에서 테이블에서의 오직 단일의 룩-업만을 필요로 할 수도 있다. 본원에 기술된 방법들은 수신된 공간적 코드에 대해 최저 해밍 거리에서의 유효한 코드들의 셋트에 대해 데이터 구조를 질의함으로써 송신된 코드워드들에 대해 가장 가능성있는 후보들을 결정한다. 이러한 방식으로 데이터 구조를 이용함으로써, 에러들을 검출하는 것 및 송신된 공간적 코드들에 대해 가장 가능성있는 후보들을 결정하는 것은 단지 데이터 구조 또는 테이블 룩-업들을 필요로 한다. 일 실시형태는 증가된 효율로 고간을 절약하기 위해 콤팩트한 방식으로 데이터 구조를 구현할 수도 있다.

[0031] 방법들 및 시스템들의 일부 실시형태들에서, 패턴의 기저 구조 (underlying structure) 는 에러 정정을 생성하기 위해 사용된다. 이러한 에러 정정 결과들은 코드의 지식 없이 동작하는 다른 방법들 (예컨대, 메디안 필터링) 유리할 수 있다.

#### 예시적인 동작 환경

[0033] 도 1 은 능동 감지 시스템의 일 예를 나타내고, 여기서, 장면을 조명하고 심도 정보를 획득하기 위해 알려진 패턴이 사용되고, 그 심도 정보를 이용하여, 2-차원 ("2D") 이미지들 및/또는 정보로부터 3-차원 ("3D") 정보를 생성하게 된다. 본원에 기술된 하나 이상의 양태들 및/또는 특징들은 이러한 예시적인 능동 감지 시스템 내에서 구현될 수도 있다. 도 1 에서 예시된 시스템은 송신기 (102) 및 수신기 (108) 를 포함한다. 송신기 (102) 는 오브젝트 또는 장면 (106) 상에 코드워드들을 투영하기 위해 코드 마스크 (104) 를 통해 광 필드를 투영한다. 여기서, 설명의 명확성을 위해서, "장면 (scene)" 은 사용되는 문맥에 따라 장면 및 오브젝트의

어느 일방 또는 양방을 지칭하기 위해서 사용될 수도 있다. 예를 들어, 장면은 관심 대상의 단일의 오브젝트, 또는 관심 대상의 복수의 오브젝트를 포함할 수도 있다. 수신기 (108)는 투영된 코드 마스크 (110) 및 그 안의 코드워드들을 캡처한다. 이 예는 코드 마스크 (104)의 섹션 (112)이 어떻게 장면 (106)의 표면 (예컨대, 투영되는 섹션 (116)) 상으로 (섹션 (114)으로서) 투영되는지를 예시한다. 투영된 섹션 (116)은 그 다음, 캡처된 세그먼트 (118)로서 수신기 (108)에 의해 캡처될 수도 있다. 섹션 (112)은 고유하게 식별될 수 있는 코드워드 (120)로서 사용될 수도 있다. 따라서, 이러한 방식으로 고유한 코드워드들로 장면 (106)을 커버함으로써, 장면 (106)의 섹션들/부분들은 반사된 코드워드들에 의해 식별될 수도 있고, 이 정보는 장면에서 감지 디바이스로부터 오브젝트들까지의 거리 (심도)를 감지하기 위해 사용될 수도 있다.

[0034] 수신기 (108)에 의해 캡처된 이미지로부터, 장면 (106)에 걸쳐 다수의 세그먼트들이 식별될 수도 있다. 각각의 캡처된 세그먼트 (118)는 코딩된 마스크 (104)의 알려진 패턴으로부터 확인되는 다른 세그먼트들에 대한 그것의 로케이션 및 수신기 (108)에서 고유하게 식별 가능할 수도 있다. 각각의 세그먼트/부분/윈도우로부터의 코드의 식별은 (예컨대, 왜곡을 해결하기 위한) 패턴 세그먼트화 및 감지된 세그먼트/부분/윈도우의 대응하는 코드(들)로의 디코딩을 수반할 수도 있다. 추가적으로, 배향 및/또는 심도를 확인하기 위해 각각의 캡처된 세그먼트/부분/윈도우에 걸쳐 삼각측량이 적용될 수도 있다. 다수의 이러한 세그먼트들/부분들/윈도우들은 캡처된 이미지 패턴을 함께 훼매 붙이기 위해 결합될 수도 있다. 이러한 방식으로, 심도 맵 (107)이 장면 (106)에 대해 생성될 수도 있다.

[0035] 도 2는 3-차원 (3D) 장면이 2-차원 (2D) 이미지를 또는 정보로부터 구성되는 능동 감지를 위한 다른 예시적인 시스템을 나타낸다. 인코더/형상 변조기 (201)는 코드 마스크를 생성하도록 기능할 수도 있고, 이 코드 마스크는 그 다음, 송신 채널 (204)을 통해 송신기 디바이스 (202)에 의해 투영된다. 코드 마스크는 타겟 (예컨대, 장면) 상으로 투영될 수도 있고, 반사된 광은 이미지 (예컨대, 코드 마스크 이미지)로서 수신기 센서 (205)에 의해 캡처된다. 수신기 센서 (205) (예컨대, 도 1에서의 수신기 (108))에서, 타겟 (예컨대, 장면)이 캡처되고 그것의 형상/심도가 인코딩된다 (205). 형상/심도 인코딩은, 예를 들어, 심도 정보를 확인하기 위해 투영된 코드 마스크를 이용하여, 달성될 수도 있다. 실제로, (투영된 코드 마스크를 포함하는) 장면의 캡처된 이미지는 심도 맵 (208)을 획득하기 위해 디코딩될 수도 있다 (206). 심도 맵 (208)은 그 다음, 타겟의 3-차원 버전 (210a-e)을 제시, 생성, 및/또는 제공하기 위해서 사용될 수도 있다.

[0036] 능동 감지는 장면 상에서 송신기 디바이스 (202)에 의해 투영되고 있는 코드 마스크로부터 모든 공간적 코드들 (예컨대, 코드워드들)을 (수신기 센서 (205) 및/또는 디코더 (206)에서)을 인식하는 것이 가능한 것에 의존 한다. 장면이 송신기 및 수신기에 너무 가까운 경우에는, 장면의 표면이 각지거나 곡선을 이룰 수도 있고, 베이스라인 기준 평면이 경사질 수도 있고, 코드들은 알려지지 않은 아핀 변환 (예컨대, 회전, 스큐우, 압축, 연장 등) 하에서 변형될 수도 있다.

[0037] 본원에 기술된 특징들의 하나 이상의 양태들은 도 1 및 도 2의 예시적인 환경 내에서 구현될 수도 있다.

#### 예시적인 능동 심도 감지

[0039] 도 3은 장면에서의 하나 이상의 오브젝트들에 대해 어떻게 심도가 감지될 수도 있는지의 일 예를 나타낸다. 도 3은 송신기 (302) 및 수신기 (304)를 포함하는 디바이스 (300)를 도시한다. 디바이스는 코드워드 투영 (codeword projection) (310)으로서 송신기 (302)로부터 방출된 구조화된 광으로 2개의 오브젝트들 (306 및 308)을 조명하고 있다. 코드워드 투영 (310)은 오브젝트들 (306 및/또는 308)로부터 반사되고, 센서 평면 (307) 상에서 수신기 (304)에 의해 반사된 코드워드 (311)로서 수신된다.

[0040] 예시된 양태에서, 송신기 (302)는 수신기 (304)와 동일한 기준 평면 (예컨대, 렌즈 평면 (305)) 상에 있다. 송신기 (302)는 개구 (313)를 통해 오브젝트들 (306 및 308) 상으로 코드워드 투영 (310)을 투영한다.

[0041] 코드워드 투영 (310)은 오브젝트 (306)를 투영된 세그먼트 (312')로서 조명하고, 오브젝트 (308)를 투영된 세그먼트 (312'')로서 조명한다. 투영된 세그먼트들 (312' 및 312'')이 수신기 개구 (315)를 통해 수신기 (304)에 의해 수신될 때, 반사된 코드워드 (311)는 제 1 거리 (d1)에서 오브젝트 (308)로부터 생성된 반사들 및 제 2 거리 (d2)에서 오브젝트 (306)로부터 생성된 반사들을 보여줄 수도 있다.

[0042] 도 3에 의해 도시된 바와 같이, 오브젝트 (306)는 송신기 (302)에 가장 가깝게 위치되기 때문에 (예컨대, 송신기 디바이스로부터 제 1 거리), 투영된 세그먼트 (312')는 그것의 초기 로케이션으로부터 거리 d2에서 나타난다. 반면에, 오브젝트 (308)는 더 멀리 위치되기 때문에 (예컨대, 송신기 (302)로부터 제 2 거리), 투영된 세그먼트 (312'')는 그것의 초기 로케이션으로부터 거리 d1에서 나타난다 (여기서, d1 < d2). 즉,

오브젝트가 송신기/수신기로부터 더 멀리 떨어질수록, 수신된 투영된 세그먼트/부분/원도우는 수신기 (304)에서의 그것의 원래의 포지션으로부터 더 가깝다 (예컨대, 나가는 투영 및 들어오는 투영은 보다 평행하다). 역으로, 오브젝트가 송신기/수신기로부터 더 가까울수록, 수신된 투영된 세그먼트/부분/원도우는 수신기 (304)에서의 그것의 원래의 포지션으로부터 더 멀다. 따라서, 수신된 및 송신된 코드워드 포지션 사이의 거리는 오브젝트의 심도의 표시자로서 사용될 수도 있다. 하나의 예에서, 이러한 심도 (예컨대, 상대적인 심도)는 이미지에서의 각각의 픽셀 또는 그룹핑된 픽셀들 (예컨대, 2 개 이상의 픽셀들의 구역들)에 의해 묘사되는 오브젝트들에 대한 심도 값을 제공할 수도 있다.

[0043] 다양한 유형들의 변조 및 코딩 방식들이 코드워드 투영 또는 코드 마스크를 생성하기 위해 사용될 수도 있다. 이들 변조 및 코딩 방식들은 시간적 코딩, 공간적 코딩, 및 직접적 부호화 (direct codification) 를 포함한다.

[0044] 시간적 코딩에서, 패턴들은 (예컨대, 시간에 걸쳐) 측정 표면 상으로 성공적으로 투영된다. 이 기법은 높은 정확도 및 해상도를 가지지만, 동적 장면들에 대해 덜 적합하다.

[0045] 공간적 코딩에서, 정보는 형사들 및 패턴들에 기초하여 로컬 이웃에서 인코딩된다. 의사랜덤 코드들은 De-Brujin 또는 M-어레이를 정의 코드북 (예컨대, m-진 강도 또는 컬러 변조)에 기초할 수도 있다. 패턴 세그먼트화는 예를 들어 형상들 및 패턴들이 왜곡되는 경우에 쉽게 획득되지 않을 수도 있다.

[0046] 직접적 부호화에서, 수평 및 수직 픽셀 좌표들 양자가 인코딩된다. 변조는 단조 위상 또는 강도 파형에 의할 수도 있다. 하지만, 이러한 방식은 다른 방법들에 대해 이용되는 코드북보다 더 큰 코드북을 이용할 수도 있다. 대부분의 방법들에서, 수신된 코드워드들은 (예컨대, 코드북에서) 가능한 코드워드들의 정의된 셋트에 대하여 상관될 수도 있다. 따라서, 코드워드들의 작은 셋트 (예컨대, 작은 코드북)의 사용은 보다 큰 코드북보다 더 나은 퍼포먼스를 제공할 수도 있다. 또한, 보다 큰 코드북은 코드워드들 사이의 보다 작은 거리들을 초래하기 때문에, 추가적인 에러들이 보다 큰 코드북들을 이용한 구현들에 의해 경험될 수도 있다.

#### 능동 심도 감지를 위한 예시적인 코드들

[0047] 구조화된 광 패턴들은 광을 코드마스크를 통해 비춤으로써 장면 상으로 투영될 수도 있다. 코드마스크를 통해 투영된 광은 하나 이상의 바둑판무늬의 코드마스크 프리미티브들을 포함할 수도 있다. 각각의 코드마스크 프리미티브 (primitive) 는 공간적 코드들의 어레이를 포함할 수도 있다. 코드북 또는 데이터 구조는 코드들의 셋트를 포함할 수도 있다. 공간적 코드들, 코드마스크, 및 코드마스크 프리미티브들은 기초 함수들 (basis functions) 을 사용하여 생성될 수도 있다. 기초 함수들의 주기성들은 (고스트 이미지들을 제거하고 제조를 단순화하기 위한) 에르미트 대칭성의 전체 패턴, (코드워드 당 최소 전력을 보장하기 위해) 최소 듀티 사이클, (높은 해상도를 위한 최적 윤곽 해상도 및 코드 패킹을 위한) 완벽한 원도우 특성, 및 (오브젝트 경계들 상의 향상된 검출을 위한) 랜덤화된 시프팅을 위한 요건들을 충족시키기 위해 선택될 수도 있다. 수신기는 수신된 패턴들에서 복조, 디코딩, 및 에러들을 정정할 때 제약들에 대해 준수하도록 의도된 설계의 속성들 및/또는 코드북을 이용할 수도 있다.

[0048] 공간적 코드들의 사이즈 및 대응하는 해상도는 코드마스크 상의 공간적 코드의 물리적인 공간적 확장에 대응한다. 사이즈는 각각의 코드워드를 나타내는 매트릭스에서의 행들 및 열들의 수에 대응할 수도 있다. 코드워드들이 더 작을수록, 검출될 수 있는 오브젝트는 더 작다. 예를 들어, 셔츠 상의 버튼과 셔츠 옷감 사이의 심도 차이를 검출하고 결정하기 위해, 코드워드는 버튼의 사이즈보다 더 커서는 아니된다. 일 실시형태에서, 각각의 공간적 코드는 4 개의 행들 및 4 개의 열들을 점유할 수도 있다. 일 실시형태에서, 코드들은, 예를 들어, 3x3, 4x4, 4x5, 5x5, 6x4, 또는 10x10 행들 및 열들을 점유하기 위해 더 많은 또는 더 적은 행들 및 열들 (행들 x 열들) 을 점유할 수도 있다.

[0049] 공간적 코드들의 공간적 표현은 어떻게 각각의 코드워드 엘리먼트가 코드마스크 상에 패턴ning되고 그 다음에 장면 상으로 투영되는지에 대응한다. 예를 들어, 각각의 코드워드 엘리먼트는 하나 이상의 점들, 하나 이상의 라인 세그먼트들, 하나 이상의 그리드들, 몇몇 다른 형상, 또는 이들의 몇몇 조합을 이용하여 표현될 수도 있다.

[0050] 공간적 코드들의 "듀티 사이클 (duty cycle)" 은 코드워드에서의 확인되지 않은 비트들 또는 부분들 (예컨대, "0 들") 의 수에 대한 확인된 비트들 또는 부분들 (예컨대, "1 들") 의 수의 비율에 대응한다. 코드워드를 포함하는 코딩된 광 패턴이 장면 상으로 투영될 때, "1" 의 값을 갖는 각각의 비트 또는 부분은 에너지 (예컨대, "광 에너지") 를 가질 수도 있지만, "0" 의 값을 갖는 각각의 비트는 에너지가 없을 수도 있다.

코드워드가 쉽게 검출가능하기 위해서는, 코드워드는 충분한 에너지를 가져야만 한다. 낮은 에너지 코드워드들은 검출하기가 보다 어려울 수도 있고, 노이즈에 보다 민감할 수도 있다. 예를 들어, 4x4 코드워드는, 코드워드에서의 비트들 중 8 개 이상의 비트들이 "1" 인 경우에, 50% 이상의 듀티 사이클을 갖는다. 개별 코드워드들에 대한 최소 (또는 최대) 듀티 사이클 제약들, 또는 코드북에서의 코드들의 셋트에 대한 듀티 사이클 제약들, 예를 들어, 평균 듀티 사이클이 존재할 수도 있다.

[0052] 코드들의 "윤곽 해상도 (contour resolution)" 또는 "완벽한 윈도우 (perfect window)" 특성은, 코드워드가 일정 양만큼 예를 들어 1-비트 회전 만큼 시프트될 때, 결과적인 데이터는 다른 코드워드를 표현하는 것을 나타낸다. 코드워드가 시프트되는 양은 시프트 양으로서 지정될 수도 있다. 높은 윤곽 해상도를 갖는 코드들은 구조화된 광 심도 감지 시스템으로 하여금 비교적 작은 오브젝트 경계들을 인식하고 상이한 오브젝트들에 대해 인식 연속성을 제공하는 것을 가능하게 할 수도 있다. 행 차원에서의 1 및 열 차원에서의 2 의 시프트 양은 행 차원을 따라 우측으로 1 비트 포지션들, 및 열 차원을 따라 아래로 2 비트 포지션들 만큼의 시프트에 대응할 수도 있다. 코드워드들의 높은 윤곽 해상도 셋트들은 수신된 이미지 상에서 윈도우를 한번에 하나의 행 및 하나의 열 이동시키고 각각의 윈도우 포지션에서 심도를 결정하는 것을 가능하게 한다. 이것은, 수신된 이미지의 제 3 행 및 제 3 열에서 중앙인 시작 포인트에서 5x5 윈도우를 이용한 심도의 결정, 및 5x5 윈도우를 제 3 행으로부터 제 3 내지 마지막 행으로, 그리고 제 3 열을 제 3 내지 마지막 열로 각각의 행, 열 로케이션에 대해 이동시키는 것을 가능하게 한다. 코드워드들이 오버랩됨에 따라, 윈도우는 결정될 오브젝트 (예를 들어, 셔츠 상의 버튼) 심도들의 해상도에 기초하여 사이징될 수도 있다.

[0053] 코드들의 대칭성은 코드 마스크 또는 코드북 프리미티브가 에르미트 대칭성을 갖는 것을 나타낼 수도 있고, 이는 비-에르미트 대칭적 코드북 프리미티브들 또는 패턴들을 이용하는 것에 비해 몇가지 이익들을 제공할 수도 있다. 에르미트 대칭성들을 갖는 패턴들은 X 및 Y (행 및 열) 축들을 따라 "뒤집어진 (flipped)" 또는 대칭적이다.

[0054] 코드 마스크들 또는 코드북 프리미티브들의 앤리어싱 (aliasing) 특성은 동일한 2 개의 코드워드들 사이의 거리에 대응한다. 광학적 패턴이 바둑판무늬의 코드북 프리미티브를 포함할 때, 그리고 프리미티브에서의 각각의 코드북이 고유할 때, 앤리어싱 거리는 코드북 프리미티브의 사이즈에 기초할 수도 있다. 앤리어싱 거리는 따라서, 코드북 프리미티브의 각각의 코드워드가 코드북 프리미티브의 각각의 다른 코드워드와 상이할 것이라는 것, 및 코드북 프리미티브가 전체로서 고유하다는 것을 나타내는 고유성 기준을 표현할 수도 있다. 앤리어싱 거리는 하나 이상의 수신기 디바이스들에 대해 알려질 수도 있고, 코드워드 복조 동안 앤디싱을 방지하기 위해 사용될 수도 있다. 코드마스크의 카디널리티 (cardinality) 는 코드북 프리미티브에서의 고유한 코드들의 수에 대응한다.

#### 예시적인 송신기 디바이스

[0056] 도 4 는 복합 코드 마스크 (composite code mask) 를 생성하고 및/또는 이러한 복합 코드 마스크를 투영하도록 구성될 수도 있는 송신기 디바이스의 일 예를 나타내는 블록도이다. 송신기 디바이스 (402) 는 메모리/저장 디바이스 (406) 에 커플링된 프로세싱 회로 (404), 이미지 투영 디바이스 (408), 및/또는 유형의 매체 (409) 를 포함할 수도 있다. 일부 양태들에서, 송신기 디바이스 (402) 는 도 3 과 관련하여 상기 논의된 송신기 (302) 에 대응할 수도 있다.

[0057] 제 1 예에서, 송신기 디바이스 (402) 는 유형의 매체 (409) 를 포함하도록 커플링될 수도 있다. 유형의 매체는 복합 코드 마스크 (414) 를 정의, 포함, 및/또는 저장할 수도 있다. 복합 코드 마스크는 캐리어 계층과 결합된 코드 계층을 포함할 수도 있다. 코드 계층은 복수의 심볼들에 의해 정의된 고유하게 식별가능한 공간적으로-코딩된 코드워드들을 포함할 수도 있다. 캐리어 계층은 코드 계층으로부터 독립적으로 확인가능하고 구분될 수도 있고, 투영 시의 왜곡에 대해 강건한 복수의 기준 오브젝트들을 포함한다. 코드 계층 및 캐리어 계층 중 적어도 하나는 투영 이전에 합성 포인트 확산 함수에 의해 사전-성형될 수도 있다.

[0058] 제 2 예에서, 프로세싱 회로 (또는 프로세서) (404) 는 코드 계층 생성기/선택기 (416), 캐리어 계층 생성기/선택기 (418), 복합 코드 마스크 생성기/선택기 (420) 및/또는 사전-성형 (pre-shaping) 회로 (422) 를 포함할 수도 있다. 코드 계층 생성기/선택기 (416) 는 사전-저장된 코드 계층 (410) 을 선택할 수도 있고, 및/또는, 이러한 코드 계층을 생성할 수도 있다. 캐리어 계층 생성기/선택기 (418) 는 사전-저장된 캐리어 계층 (412) 을 선택할 수도 있고, 및/또는, 이러한 캐리어 계층을 생성할 수도 있다. 복합 코드 마스크 생성기/선택기는 사전-저장된 복합 코드 마스크 (414) 를 선택하고 및/또는 복합 코드 마스크 (414) 를 생성하기 위해 코드 계층 (410) 및 캐리어 계층 (412) 을 결합할 수도 있다. 선택적으로, 프로세싱 회로 (404) 는,

복합 코드 마스크가 투영될 채널에서 예상되는 왜곡에 대대 보상하기 위해, 복합 코드 마스크 (414), 코드 계층 (410), 및/또는 캐리어 계층 (412) 을 사전-성형하는 사전-성형 회로를 포함할 수도 있다.

[0059] 일부 구현들에서, 복수의 상이한 코드 계층들 및/또는 캐리어 계층들이 이용가능할 수도 있고, 여기서, 각각의 이러한 캐리어 또는 코드 계층들은 상이한 조건들에 대해 (예컨대, 상이한 거리들에서의 오브젝트들, 또는 송신기 디바이스와 수신기 디바이스 사이의 상이한 구성들에 대해) 구성될 수도 있다. 실례로, 제 1 거리 또는 범위 내의 오브젝트들에 대해, 제 2 거리 또는 범위에서의 오브젝트들에 대해서는 코드 및 캐리어 계층들의 상이한 조합이 사용될 수도 있고, 여기서, 제 2 거리는 제 1 거리보다 더 크다. 다른 예에서, 코드 및 캐리어 계층들의 상이한 조합은 송신기 디바이스와 수신기 디바이스의 상대적인 배향에 의존하여 사용될 수도 있다.

[0060] 이미지 투영 디바이스 (408) 는 생성된/선택된 복합 코드 마스크를 관심대상의 오브젝트 상으로 투영하도록 기능할 수도 있다. 실례로, 레이저 또는 다른 광 소스가 복합 코드 마스크를 관심대상의 오브젝트 상으로 (예컨대, 투영 채널을 통해) 투영하기 위해 사용될 수도 있다. 하나의 예에서, 복합 코드 마스크 (414) 는 적외선 스펙트럼에서 투영될 수도 있어서, 그것은 육안으로 보이지 않을 수도 있다. 대신에, 적외선 스펙트럼 범위에서의 수신기 센서가 이러한 투영된 복합 코드 마스크를 캡처하기 위해서 사용될 수도 있다.

#### 예시적인 수신기 디바이스 동작

[0062] 도 5 는 오브젝트로부터 반사된 복합 코드 마스크를 수신하고, 복합 코드 마스크로부터 심도 정보를 결정하도록 구성되는 수신기 디바이스 (502) 의 일 예를 나타내는 블록도이다. 수신기 디바이스 (502) 는 메모리/저장 디바이스에 커플링된 프로세싱 회로 (504) 및 수신기 센서 (508) (예컨대, 이미지 캡처링 디바이스 (508)) 를 포함할 수도 있다. 일부 양태들에서, 도 5 에서 도시된 수신기 디바이스 (502) 는 도 3 과 관련하여 상기 논의된 수신기 (304) 에 대응할 수도 있다. 일부 실시형태들에서, 수신기 센서 (508) 는 이미지 캡처 디바이스, 예를 들어, 카메라이다.

[0063] 수신기 센서 (508) 는 오브젝트의 표면 상에 투영된 복합 코드 마스크의 적어도 부분을 획득하도록 구성될 수도 있다. 실례로, 수신기 센서는 타겟 오브젝트의 표면 상에 투영된 복합 코드 마스크의 적어도 부분의 이미지를 캡처할 수도 있다. 복합 코드 마스크는: (a) 복수의 심볼들에 의해 정의된 고유하게 식별가능한 공간적으로-코딩된 코드워드들의 코드 계층, 및 (b) 코드 계층과는 독립적으로 확인가능한 그리고 구분되는 그리고 투영 시에 왜곡에 대해 강건한 복수의 기준 오브젝트들을 포함하는 캐리어 계층에 의해 정의될 수도 있다. 코드 계층 및 캐리어 계층 중 적어도 하나는 투영 이전에 합성 포인트 확산 함수에 의해 사전-성형되었을 수도 있다. 하나의 예에서, 수신기 센서 (508) 는 적외선 스펙트럼에서 복합 코드 마스크를 캡처할 수도 있다.

[0064] 여전히 도 5 를 참조하면, 일부 실시형태들에서, 코드 계층은 n1 바이 n2 바이너리 심볼들을 포함할 수도 있고, 여기서, n1 및 n2 는 2 보다 더 큰 정수들이다. 복합 코드 마스크에서, 각각의 심볼은 기준 오브젝트들과는 구분되는 2 개의 그레이-스케일 세이드들 중 하나에서의 라인 세그먼트일 수도 있다. 코드 계층의 심볼들은 적어도 하나의 차원에서 갈지자형태일 수도 있다. 캐리어 계층 기준 오브젝트들은 사이에 보호 간격 (guard interval) 을 갖는 복수의 동등하게 이격된 기준 스트라이프들 (reference stripes) 을 포함할 수도 있다. 기준 스트라이프들 및 보호 간격은 상이한 폭들의 것일 수도 있다. 보호 간격 폭에 대한 각각의 기준 스트라이프의 폭은 송신기 디바이스 및/또는 수신기 디바이스의 예상되는 광학적 스프레딩에 의해 결정될 수도 있다.

[0065] 프로세싱 회로 (504) 는 기준 스트라이프 검출기 회로/모듈 (512), 왜곡 조정 회로/모듈 (514), 코드워드 식별기 회로/모듈 (516), 심도 검출 회로/모듈 (518), 및/또는 심도 맵 생성 회로/모듈 (520) 을 포함할 수도 있다.

[0066] 기준 스트라이프 검출기 회로/모듈 (512) 은 복합 코드 마스크의 부분 내에서 기준 스트라이프들을 검출하도록 구성될 수도 있다. 왜곡 조정 회로/모듈 (514) 은 기준 스트라이프들의 실제 배향에 대한 기준 스트라이프들의 예상되는 배향에 기초하여 복합 코드 마스크의 부분의 왜곡을 조정하도록 구성될 수도 있다. 코드워드 식별기 회로/모듈 (516) 은 복합 코드 마스크의 부분 내에서 정의된 원도우로부터 코드워드를 획득하도록 구성될 수도 있다. 심도 검출 회로/모듈 (518) 은: (a) 복합 코드 마스크의 단일의 투영, 및 (b) 알려진 기준 코드 마스크에 대한 원도우의 변위에 기초하여 원도우에 대응하는 타겟 오브젝트의 표면 부분에 대한 심도 정보를 획득하도록 구성될 수도 있다.

[0067] 심도 맵 생성 회로/모듈 (520) 은 왜곡되지 않은 복합 코드 마스크의 부분 내에서 상이한 오버랩핑하는 원도우들로서 검출된 복수의 코드워드들에 기초하여 오브젝트에 대한 심도 맵을 어셈블링하도록 구성될 수도 있다.

[0068] 하나의 예에서, 코드 계층 및 캐리어 계층 중 적어도 하나의 사전-성형은 복합 코드 마스크의 투영 동안 전력

효율을 증가시켜서, 성형되지 않은 복합 코드 마스크에 비해 수신기 센서에 의해 보다 많은 전력이 감지되도록 한다.

[0069] 하나의 실례로, 사용되는 합성 포인트 확산 함수는: (a) 복합 코드 마스크가 투영될 예상되는 채널 조건들, (b) 복합 코드 마스크가 투영되는 표면들의 특성들, 및/또는 (c) 투영된 복합 코드 마스크를 수신할 수신기 센서의 감도 중 적어도 하나에 기초하여 복수의 포인트 확산 함수들로부터 선택될 수도 있다. 다른 예에서, 합성 포인트 확산 함수는: (a) 복합 코드 마스크를 투영할 프로젝터 (projector)에 대한 제 1 채널 응답; 및/또는 (b) 복합 코드 마스크를 수신할 수신기 센서에 복합 코드 마스크를 투영할 프로젝터로부터의 경로에 대한 제 2 채널 응답 중 적어도 하나에 기초하여 복수의 포인트 확산 함수들로부터 선택될 수도 있다.

#### [0070] 예시적인 에러 정정 디바이스

[0071] 도 6은 본원에 개시된 에러 정정 방법들의 하나 이상을 수행하도록 구성된 장치의 일 실시형태를 나타내는 블록도이다. 장치 (600)는 광 방출기 (602), 광 수신 엘리먼트 (604), 프로세서 (606), 및 메모리 (608)를 포함한다. 광 방출기 (602), 광 수신 엘리먼트 (604), 프로세서 (606), 및 메모리 (608)는 버스 (610)를 통해 동작가능하게 접속된다. 일부 양태들에서, 광 수신 엘리먼트 (604)는 도 5와 관련하여 상기 논의된 수신기 디바이스 (502)에 대응할 수도 있다. 일부 양태들에서, 광 방출기 (602)는 도 4와 관련하여 상기 논의된 송신기 디바이스 (402)에 대응할 수도 있다.

[0072] 메모리 (608)는 본원에서 논의된 방법들의 하나 이상의 기능들을 수행하도록 프로세서 (606)를 구성하는 명령들을 저장할 수도 있다. 예를 들어, 메모리에 저장된 명령들은, 타겟 오브젝트를 조명하기 위해 코드워드들로서 구조화된 광을 인코딩하는 광을 방출하도록 광 방출기 (602)를 제어하도록 프로세서 (606)를 구성할 수도 있다. 메모리 (608)에 저장된 명령들은, 추가적으로 프로세서 (606)로 하여금, 타겟 오브젝트로부터 반사되는 광을 수신하고 반사된 광에서 인코딩된 데이터를 생성하도록 광 수신 엘리먼트 (604)를 제어하게 할 수도 있다. 메모리에 저장된 명령들은 추가적으로, 이하에서 논의되는 방법 (1500)에 따라 광 수신 엘리먼트에 의해 생성된 데이터에서 에러들을 정정하도록 프로세서를 구성할 수도 있다.

[0073] 도 7은 이미지 심도 맵에서 캡들의 효과들을 완화하기 위한 몇몇 방법들의 애플리케이션의 결과들을 보여준다. 이미지 (701a)는 임의의 에러 정정 없는 심도 맵을 보여준다. 심도 맵에서의 홀들은 예를 들어 손 (701b)에서 어두운 영역들로서 보일 수 있다. 이미지 (702a)는 가벼운 홀 채움 (mild hole filling)이 수행된 후의 동일한 심도 맵을 보여준다. 손 (702b)은 손 (701b) 보다 심도 맵에서 더 적은 홀들을 포함하지만, 디테일 (detail)의 일부 손실이 또한 존재한다. 이미지 (703a)는 중간 레벨의 홀 채움이 수행된 후의 이미지 (701a)와 동일한 심도 맵을 보여준다. 이미지 (703a)로부터의 손 (703b)은 심도 맵 캡들의 수에서의 추가적임 감소를 나타내지만, 또한 손들 (701b 및 702b)에 대한 디테일의 손실을 나타낸다. 이미지 (704a)는 철저한 홀 채움 (exhaustive hole filling) 후의 이미지 (701a)와 동일한 심도 맵을 보여준다. 이미지 (704a)로부터의 손 (704b)은 손들 (701b, 702b, 및 703b)에 비해 심도 맵 캡들의 추가적인 감소를 나타낸다. 하지만, 손들 (701b, 702b, 및 703b)에 대한 디테일의 추가적인 손실은 또한 분명하다.

[0074] 도 8a는 에르미트 대칭성을 나타내는 패턴을 예시한다. 포지티브 ( $x, y$ )를 갖는 각 포인트 A, B, C는 코드북 프리미티브에 포함되고, 코드북 프리미티브에 또한 있는 포인트 ( $-x, -y$ )에 대해 원점 (예컨대, 포인트 (0))에 관해 반사된다. 포인트들 A, B, C의 각각에 의해 나타내어지는 에르미트 대칭성은 비-에르미트 패턴들이 사용될 때 수신될 수도 있는 "고스트 (ghost)" 이미지들의 형성을 억제할 수도 있다. 예를 들어, 도 8b는 에르미트 대칭적 코드 마스크로부터 형성된, 고스트 이미지 없는 패턴을 예시한다. 반면에, 도 8d는 에르미트 대칭적이 아닌 코드 마스크로부터 형성된, 고스트 이미지들을 갖는 패턴을 예시한다. 고스트 이미지를 제거하는 것은 수신기 측 신호 프로세싱을 감소시킬 수도 있고, 코드워드 인식 및 복조 정확도를 증가시키고, 움직이는 오브젝트들에 대한 공차를 증가시키며, 노이즈에 대한 공차를 증가시키고, 그리고, 조명 변화들에 대한 공차를 증가시킬 수도 있다.

[0075] 도 8c 및 도 8e는 에르미트 대칭적 패턴이 구조화된 광 투영에서 제로 오더 (order) 범의 사이즈에 어떻게 영향을 미칠 수도 있는지를 보여준다. 도시된 바와 같이, 도 8c의 에르미트 대칭적 패턴은 비-에르미트 대칭적 패턴을 갖는 도 8e에서 도시된 제로 오더 범에 대해 비교될 때 더 작은 제로 오더 범을 생성하였다. 광, 예를 들어 레이저 광이 코드 마스크를 통과하고, 그 광의 일부분은 회절되지 않는 코드마스크의 센터를 통과할 때, 제로 오더 범이 생성된다. 이는 제로 오더 범을 야기한다. 제로 오더 범은 회절되지 않기 때문에, 제로-오더 범은 회절된 범들보다 더 높은 강도를 가질 수도 있어서, 제로 오더 범의 포지션에 관한 수신 이미지 센서의 포화 및 블라인드 스폿 (blind spot)을 초래한다. 도 8c에서의 제로 오더 범의 감소된 사

이즈 및 더 낮은 강도는 블라인드 스폿의 사이즈를 감소시킬 수도 있고, 도 8e에서 사용된 비-에르미트 대칭적 패턴에 비해 레이저 광을 이용하는 시스템들에서 눈 보호를 향상시킬 수도 있다.

[0076] 도 9는 도 8c에서 도시된 예시적인 코드 마스크의 상세한 모습을 나타낸다. 코드 마스크(900)의 열들 내의 인코딩된 데이터는 기초 함수들의 셋트에 기초하여 생성될 수도 있다. 기초 함수들은 공간적 코드들을 형성하기 위해 사용된다. 기초 함수들(기초 시퀀스들)의 설계는, 기초 함수들은 서로에 대해 직교하도록 선택될 수도 있고 선형적으로 결합될 수도 있다는 점에서, 매트릭스에 대한 아이겐벡터들에 대해 유사할 수도 있다.

[0077] 도 9의 코드마스크는 3개의 기초 함수들로부터 생성된 코드 마스크를 나타낸다. 패턴에서의 백색 정사각형은 일(1)의 값을 나타내지만, 어두운 정사각형은 제로(0)의 값을 나타낸다. 도 9의 예시된 코드 마

스크에서, 각 열은 3개의 기초 함수들:  $\begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}$ ,  $\begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$ , 또는  $\begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}$  중 하나로부터의 값을 인코딩한다. 특정 열을 생성할 때, 각각의 기초 함수는 회전될 수도 있다. 910을 회전시키는 것은 모든 비트들이 동등함에 따라 변화를 초래하지 않는다. 기초 함수

$\begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$ 는  $\begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}$ ,  $\begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}$ , 또는  $\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}$ 로 회전될 수도 있다. 유사하게, 기초 함수  $\begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}$ 는  $\begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}$ 로 회전될 수도 있다. 코드 마스크(900)에서의 각각의 열은 이를 함수들 910, 920, 922, 924, 926, 930 또는 932 중 하나의 시리즈들을 반복하는 것에 대응한다.

[0078] (때로는 회전된) 기초 함수들로부터 발생하는 패턴들은 4개의 열 부분들로 이루어진 코드들로 조직되고, 각각의 열 부분은 하나의 4셀 기초 함수 패턴으로 이루어진다. 예를 들어, 코드(950)는 함수들

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

[910|910|932|920]에 대응하는,  $\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}$ 로서 표현될 수도 있다.

[0079] 코드(950)는, 4x4 바이너리 매트릭스로서, 바이너리 매트릭스의 바이너리 표현으로서(예를 들어, 열 111111101011100에 의해, 또는 행 110111111001110에 의해), 위상을 갖는 기초 함수들의 조합(910, 910, 930 +1, 920)으로서, 또는 함수들의 조합(910, 910, 932, 920)으로서, 이미지 형태로 코드북에서 저장될 수도 있다.

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

[0080] 유사한 방식으로, 코드 952는 기초 함수들 [910|932|910|930]로부터 형성되고, 코드 954는 [930|910|932|930]로부터 형성되며, 코드 956는 [910|910|910|910]로부터 형성된다.

[0081] 코드는 도 9의 코드마스크에서의 모든 4바이4엘리먼트 "윈도우(window)"에 대해 식별될 수도 있다. 식별 가능한 코드들은, 코드 마스크(900)의 각각의 4x4 부분은 유효한 코드를 나타낸다는 점에서, 코드들(952 및 954)에 의해 나타낸 바와 같이 "오버랩(overlap)"된다. 코드마스크(900)가 설계되는 윤곽 해상도(완벽한 윈도우) 제약 때문에, 각각의 4x4 "윈도우"는 함수들 910, 920, 922, 924, 926, 930, 또는 932의 조합으로부터 유효한 코드를 형성한다.

[0082] 도 9의 코드 마스크 패턴의 설계에서 사용되는 완벽한 윈도우 제약은 또한 시프트된 코드워드들이 교유하도록

요구한다. 코드 마스크 내로의 하나의 원도우는 코드들 (950, 952, 954, 및 956)에 대응하는 로케이션들에서 보이는 4 바이 4 원도우에 대응한다. 원도우가 하나 이상의 행들, 및/또는 하나 이상의 열들만큼 시프트함에 따라, 원도우 내의 4 바이 4 코드워드는 안티-앨리어스 영역에 걸쳐 고유하고 비-반복적일 필요가 있다.

코드워드들이 고유하지 않은 경우에는, 안티-앨리어스 영역 내에서 각각의 코드워드 로케이션 (각각의 고유한 코드워드에 대응하는 원도우 로케이션)을 고유하기 식별하는 것이 가능하지 않을 수도 있다. 7 개의 함수들 (910, 920, 922, 924, 926, 930, 및 932), 및 4 개의 열들을 갖는 이 예에 대해, 4 개의 열들의  $7^4 = 2,401$  개의 가능한 조합들이 존재하고, 이는 2,401 열들까지의 안티-앨리어싱 영역들에 걸쳐 완벽한 원도우 제약을 충족시키는 것을 가능하게 만든다.

$$\begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

[0083] 이 예에서 사용되지 않았던 4x4 코드들에 대한 2 개의 다른 후보 기초 함수들은  $\begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}$  및  $\begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}$ 이다. 패턴에

$$\begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

서의 어떤 열들도 이들 함수들, 또는 이들 함수들의 시프트된 버전들을 이용하지 않는다. 따라서,  $\begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}$  또는

$$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

중 어느 일방을 포함하는 임의의 수신된 코드는 무효이다. 이에 따라, 모든 송신된 코드들이 코드북에 있는 기초 함수 (또는 그 기초 함수의 회전된 버전)로부터 형성될 때, 수신된 코드가 유효한 코드들의 코드북에 있지 않을 때 수신기는 에러를 검출할 수도 있다.

[0084] 도 9 의 코드 마스크 (900)는 장면에서의 하나 이상의 오브젝트들 상으로 송신되고, 그 다음, 다시 수신기로 반사될 수도 있다. 수신기, 예를 들어, 수신기 디바이스 (502) 또는 광 수신 엘리먼트 (604)는 장면에서의 오브젝트들로부터의 송신된 패턴의 반사를 수신한다. 수신 후에, 코드들 (950, 952, 954, 및 956)의 수신된 버전들이 결정될 수도 있다. 오브젝트에 의해 반사될 때 인코딩된 코드워드들이 어떻게 변화하는지별 관찰함으로써, 심도 맵, 예를 들어 도 10에서 도시된 심도 맵 (1002a)이 생성될 수도 있다. 생성된 심도 맵은, 그 심도 맵에 기초하여 이미지 데이터를 변형시킬 수도 있는 하나 이상의 프로세싱 방법들에 제공될 수도 있다. 생성된 심도 맵은 하나 이상의 캡들 또는 홀들을 포함할 수도 있다. 캡들 또는 홀들은 코드들의 수신된 버전들의 디코딩에서의 에러들로부터 초래될 수도 있다. 에러들은 낮은 반사율을 갖는 오브젝트의 부분들, 의사적 주변 광 조건들, 또는 다양한 다른 인자들을 포함하는 다양한 인자들에 의해 야기될 수도 있다. 심도 맵에서의 홀들의 예들은 순의 확장된 이미지 (1002b) (도 10)에서 보일 수 있다. 이들 에러들을 정정하기 위한 방법 없이, 홀들에 근접하는 이미지의 영역들의 이미지 프로세싱은 심도 맵의 이들 영역들에서의 잘못된 심도들을 생성할 수도 있다.

[0085] 코드 마스크 (900)의 코드워드들이 수신될 때, 각각의 수신된 코드워드는 수신되었던 특정 코드를 결정하기 위해 복조되거나 해석될 수도 있다.

[0086] 일부 실시형태들에서, 수신된 공간적 코드들, 또는 그 수신된 공간적 코드들의 심볼적 (바이너리, 또는 n-진) 표현들은, 수신된 코드가 유효한 코드에 대응하는지를 결정하기 위해, (예를 들어, 매칭된 필터들을 이용하는) 기초 함수들, 기초 함수들의 시프트된 버전들, 또는 각각의 유효한 공간적 코드 어레이에 대해 매칭될 수도 있다. 코드 마스크 (900)는 오직 기초 함수들의 모든 가능한 조합들의 서브셋트만을 나타내는 유효한 코드들을 포함하도록 생성될 수도 있다. 도 9 의 4x4 코드들의 예에서, 7 개의 함수들 (910, 920, 922, 924, 926, 930, 및 932)은  $2^{16} = 65,536$ 의 가능성들 중에서  $7^4 = 2,401$ 의 가능한 코드들에 대응한다.

[0087] 코드 마스크 (900)를 생성하기 위해 사용되는 코드북은 2,401 코드들의 서브셋 (예를 들어, 400)를 선택할 수도 있고, 이 경우에, 가능한 코드들의 1% 미만이 유효하다. 유효한 코드들이 충분히 비유사한 경우에, 단일 비트 에러는 다른 유효한 코드를 초래하지 않을 수도 있다. 따라서, 수신된 코드가 유효한 코드에 매칭되지 않는 경우에 수신된 코드가 에러를 갖는다고 결정하는 것이 가능할 수도 있고, 단일의 비트 에러에 대해 제 1 유효한 코드로 하여금 제 2 유효한 코드에 대해 틀리도록 하는 것은 비교적 가능성이 낮거나 아마도 불가능하다.

[0088]

본원에 기술된 에러 정정 시스템들 및 방법들은, 무효한 코드가 수신될 때 에러를 검출하고, 수신된 무효한 코드에 대응하는 가장 가능성있는, 유효한, 송신된 코드워드를 결정함으로써 에러를 정정한다. 가장 가능성있는 유효한 송신된 코드워드의 결정은, 일부 양태들에서, 무효한 코드워드가 오직 하나의 에러를 포함하다고 가정할 수도 있다. 이러한 가정은 가장 가능성있는 유효한 코드워드들을 결정하는 것의 계산적 요건들을 한정짓는다. 또한, 단일 코드워드에서의 다수의 에러들의 비교적 낮은 가능성성이 주어지면, 이러한 가정은 에러들을 정정하기 위한 적당한 능력을 갖는 방법들 및 시스템들을 제공한다.

[0089]

도 11 은 심도 맵에서 잘못된 데이터를 정정하는 방법의 예시적인 일 실시형태를 나타내는 데이터플로우도이다. 달리 말하면, 심도 맵에서의 "홀들" 채움이다. 이 방법은, 에러 검출 프로세스 (1150)에서, 수신된 공간적 코드워드에서 에러를 검출하는 것을 포함한다. 에러를 검출한 후에, 방법은 후보 코드워드 생성 단계 (1160)에서 후보 코드워드들을 생성하는 것을 포함한다. 후보 코드워드들의 각각은, 후보 코드워드들 중 어느 것이 유효한 후보들인지를 결정하는, 유효성 체크 프로세스 (1170)에서 유효한 코드워드들의 세트에 대하여 체크된다. 다음으로, 심도 생성 프로세스 (1180)에서 유효한 코드워드들의 각각에 대해 심도들이 생성

$$910 \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}, \quad 920 \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \quad 930 \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}, \quad \text{및}$$

된다. 도 11 은 도 9 와 관련하여 설명된 기초 함수들, 즉, 기초 함수들

$$922 \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}, \quad 924 \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}, \quad 926 \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}, \quad 932 \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}$$

및 시프트된 함수들  $\begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}$ ,  $\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}$ ,  $\begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}$ , 및  $\begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}$  를 이용하여 생성된 예시적인 4x4 공간적 코드들에 대한 데이터플로우를 나타낸다.

[0090]

도 11 은 먼저 에러 검출 프로세스 (1150)를 나타낸다. 에러 검출 프로세스 (1150) 내에서, 수신된 이미지는 무효한 공간적 코드 (1102)를 형성하기 위해 디코딩된다. 무효한 공간적 코드 (1102)는 도 9 와 관련하여 상기 설명된 공간적 코드들 중 적어도 하나의 반사로부터 초래될 수도 있다. 무효한 공간적 코드 (1102)에서의 각각의 수신된 공간적 열은 매치 필터를 이용하는 도 9 의 기초 함수의 세트에 대해 비교된다. 무효한 공간적 코드 (1102)의 제 1, 제 2, 및 제 3 열들은 함수들 (910, 930, 및 926)에 각각 매칭된다. 하지만, 열 (1104)은, 열 (1104)의 엘리먼트들 중 적어도 하나를 의미하는 함수들 (910, 920, 922, 924, 926, 930, 또는 932) 중 임의의 것에 매칭되지 않는다.

[0091]

일단 에러 검출 프로세스 (1150)가 무효한 공간적 코드 (1102)의 열 (1104)에서 에러를 검출하면, 도 11에서 수직으로 도시된 후보 코드워드 생성 프로세스 (1160)에서 후보 유효한 코드워드들이 생성된다.

[0092]

후보 코드워드 생성 프로세스 (1160)는 열 (1104)에서 오직 하나의 에러만이 존재한다는 설계 가정을 포함한다. 다른 고려되는 실시형태들은 상이한 가정들을 만들 수도 있다, 예를 들어, 다른 실시형태들은 열 (1104)에서 2, 3, 또는 4 개보다 많지 않은 에러들이 존재한다고 가정할 수도 있다. 하지만, 보다 큰 수의 에러들에 대해 검출하는 것 및 정정하는 것은 더 높은 계산적인 비용 및 복잡성을 필요로 할 수도 있다. 일부 양태들에서, 후보 코드워드들은 무효한 코드의 특정 해밍 거리 내이도록 생성될 수도 있다. 예를 들어, 무효한 코드워드에서 최대 하나의 에러를 가정하는 구현들에서, 무효한 코드워드로부터 일 (1)의 해밍 거리를 갖는 후보 코드워드들이 생성될 수도 있다. 열 (1104)에서 최대 2 개의 에러들을 고려하는 구현들에서, 무효한 공간적 코드 (1102)로부터 이 (2)의 해밍 거리를 갖는 후보 코드워드들이 생성될 수도 있다.

[0093]

도 11에서 보이는 바와 같이, 후보 코드워드 생성 프로세스 (1160)에서 후보 코드워드들 (1106a-d)이 생성된다. 후보 코드워드들 (1106a-d)의 각각은 무효한 공간적 코드 (1102)로부터 일 (1)의 해밍 거리를 갖는다. 이것은 상기 논의된 단일 비트 에러 설계 가정에 대응한다. 대안적으로 후보 코드워드들 (1106a-d)은 구현형태에 따라 다양한 다른 방법들에 의해 생성될 수도 있다. 하나의 구현에서, 각각의 후보 코드워드는 에러를 포함하는 열 (1104)의 고유한 비트를 교란함으로써 생성된다. 따라서, 열 (1104)이 8 비트들을 포함하여야 했던 경우에, 8 개의 후보 코드워드들이 생성될 수도 있고, 각각의 후보 코드워드는 상이한 교란된 비트를 포함한다.

[0094]

후보 코드워드들 (1106a-d)이 생성된 후에, 후보 코드워드들의 각각은 그 다음, 유효성 체크 프로세스 (1170)에 의해 유효성에 대해 체크될 수도 있다. 일부 실시형태들에서, 유효성 체크는, 후보 코드워드들이 코드 마스크 (900)를 생성하기 위해 사용되는 유효한 코드들의 코드북 (1108)에서 포함되는지 여부를 결정함으로써

행해진다. 후보 코드워드들 (1106a-d) 의 정확히 하나가 (코드북 (1108) 에서 리스트된) 유효한 코드인 경우에, 단일의 매칭하는 후보가 원래 송신되었던 유효한 코드일 가능성이 높다. 도 11 의 예에서, 후보 코드워드들 (1106a-d) 은 코드북 (1108) 에서 유효한 것으로 발견된 한편, 후보 코드워드 (1106d) 는 코드북 (1108) 에서 발견되지 않았다. 후보 코드워드들 중 어느 것도 유효한 것으로 (즉, 코드북 (1108) 에서) 결정되지 않은 경우에, 일부 구현들은 열 (1104) 이 단일의 에러보다 많이 포함하는 것으로 결정할 수도 있음에 유의하여야 한다. 이러한 결정에 대해 응답하여, 일부 구현들은 제 2 후보 코드워드 생성 스텝을 수행할 수도 있다.

예를 들어, 무효한 코드워드로부터 이 (2) 의 해밍 거리 내의 후보 코드워드들이 생성되고 코드북 (1108) 에 대해 비교될 수도 있다. 일부 구현들은 무효한 코드워드들로부터 더 큰 해밍 거리들을 갖는 후보 코드워드들에 대해 추가적인 단계들을 수행할 수도 있다. 일부 구현들은 단일 스텝에서 가장 가까운 해밍 거리에서 후보 코드워드들을 결정할 수도 있다.

[0095] 일부 실시형태들에서, 유효성 체크 프로세스 (1170) 는 코드워드 할당 방식에 기초하여 수행될 수도 있다. 예를 들어, 일부 양태들에서, 수평 방향에서의 코드워드들은 x-차원에서 고유할 수도 있고, y-차원에서 반복적일 수도 있다. 일부 후보 코드워드들은 이러한 전체 코드워드 할당 방식들에 대해 맞지 않을 수도 있고, 유효성 체크 프로세스 (1170) 동안 거절될 수도 있다.

[0096] 유효성 체크 프로세스 (1170) 가 수행된 후에, 방법은 각각의 후보 유효성 코드워드들 (1110a-c) 와 연관된 심도를 결정하는 심도 생성 프로세스 (1180) 를 수행한다. 코드워드들 (1110a-c) 과 연관된 후보 심도들은, 후보 코드워드들 (1110a-c) 중 어느 하나가 무효한 공간적 코드 (1102) 를 대체하여야만 하는지를 결정하기 위해 로컬 이웃 내에서 심도들에 대해 비교될 수도 있다. 예를 들어, 후보 코드워드들 (1110a-c) 의 어느 후보 심도가 로컬 이웃에 가장 가깝든지 무효한 공간적 코드 (1102) 의 심도 값들이 심도 맵에서 무효한 공간적 코드 (1102) 를 대체하기 위해서 사용될 수도 있다. 일부 경우들에서, 로컬 이웃은 무효한 공간적 코드 (1102)로부터의 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 또는 10 코드워드들로 제한될 수도 있다. 일부 양태들에서, 로컬 이웃은 심도 맵 폭 또는 높이의 퍼센트 내에서 코드워드들로 제한될 수도 있다. 예를 들어, 심도 맵이 100 코드워드를 어크로스인 경우에, 로컬 이웃은 이 차원의 일 (1) 퍼센트인 것으로, 또는 무효한 공간적 코드 (1102) 의 하나의 코드워드 내인 것으로 정의될 수도 있다. 심도들 생성에 대한 보다 상세한 내용은 도 12 와 관련하여 이하에서 설명된다.

[0097] 무효한 공간적 코드 (1102) 는 하나보다 많은 열에서 에러들을 포함할 수도 있음에 유의한다. 예를 들어, 4x4 코드워드의 제 1 및 제 3 열은 각각 에러를 포함할 수도 있다. 이 경우에, 후보 코드워드들은 8 개의 잠재적 후보들 (4x4 코드워드의 경우에 각각의 열에 대해 4 개) 에 대해 생성될 수도 있고, 각각의 후보는 코드북에 대하여 유효화되고, 각각이 유효한 후보에 대해 심도들이 생성되며, 가장 유사한 심도가 대체를 위해 선택된다. 방법은 고려하기 위해 비트 에러들의 넘버에 대해 상한을 설정할 수도 있다.

[0098] 일부 실시형태들에서, 비트 에러들은 해밍 거리들에 대응할 수도 있다. 예를 들어, 2 의 해밍 거리는 2 개의 비트 에러들에 대응한다. 2 의 해밍 거리에서 유효한 코드들이 존재하지 않는 경우에는, 방법은, 3 의 해밍 거리에서 유효한 코드들을 고려할 수도 있고, 임계 넘버의 비트 에러들에 대응하는 임계 해밍 거리에 도달할 때까지 계속할 수도 있다.

[0099] 유효성 체크 프로세스 (1170) 가 수행된 후에, 방법은, 도 3 과 관련하여 설명된 바와 같이, 수신된 구조화된 광 이미지에서의 후보 코드들의 변위에 기초하여 심도 생성 프로세스 (1180) 에서 심도들을 생성할 수도 있다. 예를 들어, 1110a 로 라벨링된 제 1 후보 코드 63693 는 53 의 대응하는 심도를 가질 수도 있다. 1110b 로 라벨링된 제 2 후보 코드 63707 는 94 의 대응하는 심도를 가질 수도 있다. 1110c 로 라벨링된 제 3 후보 코드 63691 는 83 의 대응하는 심도를 가질 수도 있다. 도 11 의 예에서, 코드 63706 는 코드북에 있어서 않아서, 유효한 후보가 아니다. 3 개의 후보 심도들 D=53, D=94, 및 D=83 이 각각 주어지면, 도 12 에서 예시된 다음 단계는, 코드 에러의 로케이션에서 심도 맵에서 홀 또는 캡을 채우기 위해 선택하도록, 대응하는 심도들 53, 94, 및 83 을 갖는 3 개의 코드들 (1110a-c) 중 어느 것을 결정하기 위한 것이다.

[0100] 도 12 는, 후보 심도들 D=53, D=94, 및 D=83 에 각각 대응하는, 후보 대체 코드워드들의 셋트, 예를 들어, 도 11 에서 예시된 1110a-c 의 경우에, 심도 맵에서의 에러 정정의 프로세스의 부분을 도시한다. 도 12 는 심도 값들 80, 81, 82, 82, 84, 84, 94, 및 82 을 각각 갖는 이웃하는 로케이션들에서 알려진 심도 값들을 갖고, 영역 (125) 의 중앙 박스에서 알려지지 않은 심도 값 D 를 갖는 3x3 영역 (1215) 을 도시한다. 심도는 영역 (1215) 의 중앙 로케이션에서 알려지지 않았는데, 그 이유는 이 중앙 로케이션에서 수신된 코드가 사용되고 있는 코드북에서 유효한 코드가 아니기 때문이다. 이것은, 예를 들어, 도 11 을 참조하여 설명된 에러 검출

프로세스 (1150) 에 의해 결정될 수도 있다. 단계 (1210) 에서, 이웃하는 심도들의 중간 심도  $M$  을 결정하고, 심도 맵에서 8 개의 이웃하는 로케이션들의 중간 심도 값은  $M=82$  이다. 이 중간 심도 측정치  $M$  은 단계 (1220) 에서 각각의 후보 심도에 대한 유사성 기준 결정에 의해 사용된다. 단계 (1220) 에서, 각각의 후보 심도  $D=53$ ,  $D=94$ , 및  $D=83$  는 영역들 (1222, 1224, 및 1226) 각각에서의 대체 심도로서 간주된다. 유사성 기준  $S$  는 단계 (1210) 에서 결정된 중간 심도를 갖는 후보 심도의 차이의 절대 값을 취함으로써 결정된다.  $S$  에 대한 더 낮은 값은 중간에 보다 유사한 심도에 대응한다. 도 12 의 예에서, 단계 (1220) 에서,  $D=53$ ,  $D=94$ , 및  $D=83$  에 대한  $S$  에 대한 값들은 각각 29, 12, 및 1 이다. 단계 (1230) 에서, 1 의 최저  $S$  값을 갖는 가장 유사한 심도  $D=83$  이 선택되어서,  $D=83$  을 갖는 심도 맵 영역 (1235) 을 초래한다.

[0101] 도 12 에서 도시된 이 예에서, 유효성 체크 프로세서 (1170) 에 의해 유효한 것으로 결정된 코드워드들에 대해 도 11 의 심도 생성 프로세스 (1180) 에 의해 3 개의 후보 심도들  $D=53$ ,  $D=94$ , 및  $D=83$  이 생성되었다. 도 12 에서 예시된 실시형태에서,  $3 \times 3$  이웃에 대응하는, 8 개의 가장 가까운 심도 맵 로케이션들의 중간 심도 값에 가장 가까운 후보 심도가 선택된다. 일부 실시형태들에서, 8 개의 가장 가까운 심도 로케이션들의 평균 심도 값에 가장 가까운 후보 심도가 선택된다. 일부 실시형태에서, 각각의 후보 심도는 8 개의 가장 가까운 심도 맵 로케이션들보다 더 적은 것의 (예를 들어, 가장 가까운 4 개의 로케이션들) 평균 심도, 또는 중간 심도에 대해 비교될 수도 있다. 일부 실시형태에서, 각각의 후보 심도는 8 개의 이웃하는 로케이션들보다 더 많은 것 (예를 들어, 가장 가까운 12, 20, 25, 29, 37, 45, 또는 49 이웃들) 의 평균 심도, 또는 중간 심도에 대해 비교될 수도 있다. 일부 실시형태에서, 모든 유사성 기준들이 임계치를 충족하지 않는 경우에, 모든 후보 심도들은 거절될 수도 있다.

[0102] 본원에서 기술되는 접근법들은 송신되었던 가장 가능성 높은 코드를 결정함으로써 예러들을 정정한다. 반면 예, 예러들을 정정하지 않는 기준의 접근법들은 심도 맵들을 디포커싱하거나 스무딩하는 메디안 필터를 단지 적용할 수도 있다. 이러한 스무딩의 결과들은 도 13 에서 도시된다. 이미지 (1302a) 는 좌측 손 (1302b) 및 우측 손 (1302c) 을 포함한다. 좌측 및 우측 양쪽 손들 (1302b-c) 은 감소된 수의 갭들을, 하지만 디테일의 대응하는 손실을 보여준다.

[0103] 도 13 의 메디안 필터 기반 해결책에 의해 보이는 디테일의 손실에 반해, 도 14 는 본원에 개시된 방법들 및 시스템들을 이용한 심도 맵의 갭 채움을 보여준다. 이미지 (1404a) 의 좌측 및 우측 손들 (1404b-c) 에서 볼 수 있는 바와 같이, 도 13 에서 보이는 메디안 필터의 좌측 및 우측 손들 (1402b-c) 에 비해 디테일이 보존된다.

[0104] 수신된 코드와 유효한 코드들 사이의 기준으로서 해밍 거리들을 이용하는 방법은, 단일 비트 예러에 대응하는, 1 의 해밍 거리에서 유효한 코드들을 먼저 고려할 수도 있다. 1 의 해밍 거리에서 유효한 코드들이 존재하지 않는 경우에는, 방법은, 2 비트 예러들에 대응하는, 2 의 해밍 거리에서의 유효한 코드들을 고려할 수도 있다. 2 의 해밍 거리에서 유효한 코드들이 존재하지 않는 경우에는, 방법은, 3 의 해밍 거리에서의 유효한 코드들을 고려할 수도 있고, 임계 수의 비트 예러들에 대응하는 임계 해밍 거리에 도달할 때까지 이렇게 할 수도 있다.

[0105] 일부 실시형태들에서, 1 비트만큼 수신된 코드로부터 상이한 코드복에서의 단일 코드에 대응하는, 1 의 해밍 거리에서 단일 유효한 코드가 있는 경우에는, 그 코드는 송신된 코드인 것으로 가정될 수도 있다. 1 의 해밍 거리에서 하나보다 많은 유효한 코드들이 있는 경우에는, 이를 유효한 코드들은 후보 공간적 코드들로 고려될 수도 있다.

[0106] 일부 실시형태들에서, 어느 후보 공간적 코드가 가장 가능성 있게 송신되었는지를 결정하기 위해, 후보 공간적 코드들의 각각은 이웃하는 공간적 코드들에 대해 비교될 수도 있고, 그 비교에 기초하여 가장 가능성 있게 송신된 코드로서 후보가 선택된다. 예를 들어, 이웃하는 공간적 코드들의 기초 함수들이 모든 다른 것들보다 후보들 중 하나와 보다 일치하는 경우에, 그 후보가 선택될 수도 있다. 일부 실시형태에서, 후보 공간적 코드들의 각각에 대응하는 심도는 이웃하는 추정된 심도들에 대해 비교될 수도 있고, 그 비교에 기초하여 후보가 선택된다. 예를 들어, 이웃하는 심도들의 메디안 필터 값은 각각의 후보 코드에 대응하는 심도에 대해 비교될 수도 있고, 메디안 필터 값에 가장 가까운 심도를 갖는 후보 코드가 선택될 수도 있다.

[0107] 한 쌍의 바이너리 넘버들 사이의 해밍 거리  $H$  는 2 개의 넘버들 사이에 상이한 비트들의 넘버에 대응한다. 예를 들어, 2 의 해밍 거리는 수신된 코드와 코드복에서의 코드들 사이에 상이한 2 비트들에 대응한다. 코드가 수신될 때, 그것은 매치들에 대해 코드복에 대하여 먼저 체크될 수 있고, 여기서,  $H=0$  이다. 매치가 존재하는 경우에 ( $H=0$  인 코드), 매치가 존재하고 모든 가능성에서, 비트 예러들은 없다. 매치가 존재하지

않는 경우에, 방법은, 단일 비트 에러들에 대응하는, 코드북에서의 모든 코드들을 고려하고, 여기서,  $H=1$  이다.

코드북에서 하나의 코드가 존재하고 여기서  $H=1$  인 경우에, 이 코드는 송신된 코드에 대응할 가능성이 가장 높고, 심도는 이 코드를 이용하여 추정될 수도 있다. 코드북에서 하나보다 많은 코드가 존재하고 여기서  $H=1$  인 경우에,  $H=1$  인 코드들이,  $H=1$ 에서의 코드들 중 어느 것이 가장 가능성 높게 송신된 코드인지를 결정하기 위해 비교된다.

[0108] 도 15 는 에러 정정을 위해 해밍 거리에 의해 코드북에서 후보 코드들을 조직하는 예시적인 구조를 나타낸다.

리스트 (1510) 는 공간적 코드들의 모든 가능한 바이너리 조합을 포함하는, 가능한 수신된 공간적 코드워드들을 리스트한다. 유효한 수신된 코드워드들, 예를 들어, 63691, 및 무효한 수신된 코드워드들, 예를 들어, 63692 양자가 리스트 (1510)에 있다. 유효한 코드워드들은 구조화된 광 코드마스크에서 인코딩되고 및/또는 코드북에 포함되며, 무효한 코드워드들은 아니고, 하지만, 노이즈의 존재 시에 수신될 수도 있다. 리스트 (1510)에서의 각각의 가능한 수신된 공간적 코드워드는 하나 이상의 엘리먼트들을 가리키거나 지칭한다.

예를 들어, 코드워드 63691는 엘리먼트들 (1520 및 1521)을 가리킨다. 코드워드들 63692은 엘리먼트들 (1531, 1532, 및 1533)을 가리킨다. 각각의 엘리먼트는 그것을 가리키는 수신된 공간적 코드워드로부터 지정된 해밍 거리에서 적어도 하나의 유효한 코드워드를 포함한다. 예를 들어, 엘리먼트들 (1520, 1533, 및 1542) 각각은 하나의 유효한 코드워드를 포함하고, 엘리먼트 (1546)는 2개의 유효한 코드워드들을 포함하며, 엘리먼트들 (1521, 1531, 및 1544) 각각은 3개의 유효한 코드워드들을 포함한다. 엘리먼트 (1532)는 4개의 유효한 코드워드들을 포함한다. 엘리먼트 (1520)에서의 코드워드는, 이것이 유효한 코드워드이므로 수신된 코드워드 (63691)와 동일한, 제로의 해밍 거리에 있다. 엘리먼트들 (1521 및 1531) 각각은 이들 엘리먼트들의 각각을 각각 가리키는 수신된 코드워드로부터 1의 해밍 거리에서의 코드워드들을 포함한다. 엘리먼트들 (1532 및 1542) 각각은 이들 엘리먼트들의 각각을 각각 가리키는 수신된 코드워드로부터 (2비트 에러에 대응하는) 2의 해밍 거리에서의 코드워드들을 포함한다. 엘리먼트 (1546)는, 엘리먼트 (1546)를 가리키거나 지칭하는, 수신된 공간적 코드워드 (65535)로부터 6의 해밍 거리에서 2개의 코드워드들을 포함한다.

2개의 엘리먼트들 (1520 및 1521) 그 코드워드 63691는 결합되어 블록을 형성할 수도 있다. 유사하게, 3개의 엘리먼트들 (1531, 1532, 및 1533)이 결합되어 코드워드 63692와 연관된 블록을 형성할 수도 있고, 엘리먼트들 (1542, 1544, 및 1546)은 결합되어 수신된 코드워드 65535와 연관된 블록을 형성할 수도 있다.

[0109] 일부 실시형태들은, 구현형태가 모든 가능한 코드들의 셋트 중에서 비교적 적은 유효한 코드들을 가질 수도 있다는 관찰에 기초하여, 메모리 효율적 코딩된 광 에러 검출 접근법, 예를 들어, 도 15에서의 구조 (1500) 및/또는 도 16에서의 구조 (1600)를 이용할 수도 있다. 예를 들어, 4x4 공간적 코드들을 갖는 구현은 가능한<sup>16</sup> 또는 65,536 코드들 중에서 405개의 유효한 코드들을 가질 수도 있다. 가장 가능성 있는 송신된 코드워드를 결정하기 위해 걸리는 시간을 속도를 높이기 위해, 방법들 및 시스템들은, 유효한 코드워드의 셋트를 식별하기 위해 구조 또는 룩-업 테이블 (look-up table; LUT), 예를 들어, 구조 (1500)를 이용할 수도 있다. 예를 들어, 구조 (1500)는 65,536개의 가능한 수신된 코드들의 각각에 대해 리스트 (1510)를 포함한다. 공간적 코드들의 각각은 바이너리로 표현될 수도 있어서, 예를 들어, 4x4 공간적 코드는 바이너리 숫자들의 4x4 어레이에 대응할 수도 있고, 이는 0에서부터 65535까지의 바이너리 넘버로서 표현될 수도 있다.

[0110] 이 예에서, 리스트 (1510) (엔트리들의 시리즈)는 65,546 엔트리들을 포함하고, 그것 중 3개 (63691, 63692, 및 65535)가 리스트된다. 63691에 대응하는 공간적 코드는 유효한 코드이다. 따라서, 엘리먼트 (1520)는 0의 해밍 거리를 갖는 유효한 코드를 리스트한다. 엘리먼트 63692는 유효하지 않지만, 63691로부터 1의 해밍 거리인 1521에서의 3개의 유효한 코드들 63693, 63694, 및 63688이 존재한다. 엘리먼트 (1532)는 63692로부터 2의 해밍 거리 떨어진 4개의 코드들, 63656, 62668, 51404, 및 39116을 리스트한다. 구조 (1533)는 63692로부터 3의 해밍 거리 떨어진 하나의 코드 39117를 리스트한다. 유사한 방식으로, 엘리먼트 (1542)는 65535로부터 2의 해밍 거리인 하나의 코드 65532를 리스트한다. 엘리먼트 (1544)는 65535로부터 4의 해밍 거리 떨어진 3개의 코드들 53244, 40956, 및 40954을 리스트한다. 엘리먼트 (1546)는 65535로부터 6의 해밍 거리 떨어진 2개의 코드들 50171 및 52474을 리스트한다. 이에 따라, 엔트리들의 각각의 시리즈에 대해, 룩-업 테이블은,  $H=0$  엔트리, 예를 들어, 코드북 내의 그들 수신된 코드들에 대해 1520,  $H=1$  엔트리, 예를 들어, 1의 해밍 거리를 갖는 코드북에서의 하나 이상의 코드가 존재하는 그들 수신된 코드들에 대해 1521 및 1531,  $H=2$  엔트리, 예를 들어, 2의 해밍 거리를 갖는 코드북에서의 하나 이상의 코드가 존재하는 그들 수신된 코드들에 대해 1532, 1542를 포함한다.

[0111] 일부 구현들에서, 구조 (1500)는 공간적 코드에서의 비트들의 수까지 해밍 거리들에서 매칭 코드들을 포함한다. 일부 구현들에 대해, 해밍 거리들에 대해 상한이 존재할 수도 있고, 그 상한보다 많은 비트 에러

들의 가능성이 유용하게 될 매치를 위해 너무 가능할 것 같지 않게 보일 수도 있으므로 (예를 들어, 6 비트 에러들보다 많은 가능성은 0.00000001 보다 적다), 그러면 루-업 테이블에서  $H=7$  을 포함할 이유가 존재하지 않을 수도 있다. 일부 실시형태들에 대해, 루-업 테이블은 오직 매치들이 존재하는 최저 해밍 거리로 팝풀레이팅될 수도 있다. 예를 들어, 수신된 코드가 코드북에서 3 개의 코드들로부터 떨어진  $H=1$ , 코드북에서 4 개의 코드들로부터 떨어진  $H=2$ , 및 코드북에서 하나의 코드로부터 떨어진  $H=3$  인 경우에, 이 수신된 코드에 대한 루-업 테이블은 오직  $H=1$ 에서 3 개의 코드들만을 포함할 수도 있다. 유사하게, 수신된 코드가 정확한 매치를 갖는 경우에는, 해밍 루-업 테이블은 오직  $H=0$  엔트리만을 포함할 수도 있다. 예를 들어, 수신된 코드 63692 는  $H=0$  코드들은 없고, 3 개의  $H=1$  코드들, 4 개의  $H=2$  코드들, 및 하나의  $H=3$  코드들이다. 63692에 대응하는 4 바이 4 공간적 코드가 수신되는 경우에는, 코드북에서 가장 가능성있는 코드들은 63693, 63694, 및 63688 (각각 단일 비트 에러 코드들)이다.

[0112]  $H=0$  또는 1 인 코드들이 존재하지 않는 경우에는, 방법은  $H=2$  를 갖는 코드들을 고려한다. 코드북에서 하나의 코드가 존재하고 여기서  $H=2$  인 경우에, 이 코드는 송신된 코드에 대응하고, 심도는 이 코드를 이용하여 추정될 수도 있을 가능성이 가장 높다. 코드북에서 하나보다 많은 코드가 존재하고 여기서  $H=2$  인 경우에,  $H=2$ 에서의 코드들 중 어느 것이 가장 가능성있는 송신된 코드인지를 결정하기 위해  $H=2$  인 코드들이 비교된다. 이 프로세스는  $H=3, 4, 5$ 에 대해, 그리고 가능하게는 더 많은  $H$  값들에 대해 반복될 수도 있다.

[0113] 도 16 은 에러 정정을 위해 해밍 거리에 의해 코드북에서 후보 코드들을 조작하기 위한 구조의 일 예를 나타낸다. 도 15에서의 코드워드들의 리스트 (1510)에 대응하는, 수신된 코드워드들의 리스트 (1610)는, 노이즈의 존재 시에 가능한 수신된 코드워드들의 셋트를 리스트한다. 리스트 (1610)는 유효한 및 무효한 수신된 코드들을 포함한다. 리스트 (1610)에서의 각각의 코드워드는 구조 (1600)에서의 블록 (예를 들어, 블록들 (1631-1639) 중 임의의 것)을 가리킨다 (지칭한다, 블록에 대해 인덱싱된다). 각 블록은 도 15에서 예시된 엘리먼트들 (1520, 1521, 1531, 1532, 1533, 1542, 1544, 및 1546)에 대응하는 하나 이상의 엘리먼트들을 포함한다. 각각의 엘리먼트는 그것을 가리키는 수신된 공간적 코드워드로부터 지정된 해밍 거리에서 적어도 하나의 유효한 코드워드를 포함한다. 이를 정의들은 도 15에 대해 상기 설명된 바와 같이 블록들 및 엘리먼트들의 정의들에 대응한다. 구조 (1600)는 루-업 테이블, 인덱싱된 어레이, 링크된 리스트, 관련적 데이터베이스, 또는 수신된 코드워드와 연관된 유효한 코드워드들, 엘리먼트들, 및/또는 블록들의 취출 (retrieval)을 가능하게 하는 다른 구조로서 메모리 유닛에서 구현될 수도 있다.

[0114] 일 구현에서, 이 구조는 도 15의 구조 (1500)에서 포함되는 것과 동일한 정보를 포함할 수도 있다. 하지만, 구조 (1600)는 메모리 유닛에서의 구현을 위해 보다 콤팩트할 수도 있다. 리스트 (1610)는 가능한 수신된 코드들을 리스트하고, 그것들 중 일부는 유효하고, 일부는 아니다. 예를 들어, 리스트 (1610)는 코드들 (63691-63694, 64123, 64124, 및 65533-65535)을 리스트한다. 리스트 (1510)와 관련하여 언급된 바와 같이, 일 구현형태는 모든 가능한 수신된 공간적 코드들을 리스트할 수도 있지만, 작은 서브셋트가 명확성을 위해 도 16에서 포함된다. 리스트 (1610)에서 리스트된 코드들 (63691, 63694, 64123, 및 65534)이 송신을 위한 유효한 코드들이지만, 코드들 (63692, 63693, 64124, 65533, 및 65535)은 예전에 수신되었던 유효한 코드가 아니다. 도 15에서 예시된 바와 같이,  $H=0, H=1, H=2$  등에 대한 코드북에서의 유효한 코드들은 각각의 코드에 대해 결정된다. 예를 들어, 수신된 코드 63692에 대한 도 15의 엘리먼트들 (1531, 1532, 및 1533)은 단일 블록 (1632) 내로 결합될 수도 있다. 유사한 방식으로, 블록들 (1631, 1633, 1634, 1635, 1636, 1637, 1638, 및 1639) 각각은 공간적 코드들 (63691, 63693, 63694, 64123, 64124, 65533, 65534, 및 65535)에 대해 각각 해밍 거리에 의해 엘리먼트들을 결합하였다.

[0115] 도 16의 이 콤팩트한 구조는 에러들을 검출하고, 그 다음, 에러 정정을 가능하게 하기 위해 리던던시 (redundancy)를 이용하거나 엑스트라 비트들, 예를 들어, 패리티 비트들을 추가함이 없이, 도 17에서 기술된 방법에 의해 정정을 위한 후보 코드들을 결정하는 것을 가능하게 만든다. 개시된 에러 정정 시스템은 리던던시를 채용하는 전통적인 방법들과는 본질적으로 상이하다. 중복성 재료를 코드워드에 추가하는 것은 코드워드의 사이즈를 증가시키는 불리한점을 가지고, 이는 다시 최소 검출가능한 오브젝트 사이즈를 감소시킨다.

코드 사이즈에서의 증가는 또한, 패턴에서의 코드들의 수를 감소시키고, 이는 심도 맵의 해상도를 감소시킨다. 리던던시 코딩에서 이들 결점들을 회피하기 위해, 개시된 기술은 대신에 공간적 기초 함수들의 선형 결합으로서 코드워드들을 선택하는 것으로부터 고안된 구조를 코드들에 대해 부여할 수도 있다. 따라서, 에러 정정 능력은 본질적으로 코드워드 구조에 대해 커플링된다. 이를 기초 함수들은 리던던시에 호소함이 없이 에러 검출 및 정정을 허용한다.

[0116] 도 17은 구조화된 광으로부터 생성된 코드워드들에서 에러들을 정정하는 방법의 플로우차트이다. 일부 양

태들에서, 방법 (1700) 은 도 6 과 관련하여 상기 논의된, 디바이스 (600) 에 의해 수행될 수도 있다. 예를 들어, 메모리 (608) 에 저장된 프로세서 명령들은 방법 (1700) 에 대해 이하 논의되는 기능들 중 하나 이상을 수행하도록 프로세서 (606) 를 구성할 수도 있다.

[0117] 블록 (1710) 에서, 방법 (1700) 은 복수의 유효한 코드워드들 및 적어도 하나의 무효한 코드워드를 수신한다. 복수의 유효한 코드워드들의 각각은 유효한 코드워드들의 코드북에 포함되고, 코드북은 적어도 하나의 무효한 코드워드를 포함하지 않는다. 각각의 코드워드는 구조화된 광 이미지의 적어도 하나의 행 및 적어도 하나의 열을 표현하고, 각각의 코드워드는 심도 맵에서의 로케이션에 대응한다. 각각의 픽셀은 수신된 광 에너지를 표현할 수도 있다. 각 픽셀은 바이너리 값을 가질 수도 있다. 일부 구현들에서, 블록 (1710) 의 기능성은 도 5 에서 예시된 수신기 센서 (508) 에 의해 수행될 수도 있다.

[0118] 블록 (1720) 에서, 방법 (1700) 은 무효한 코드워드를 검출한다. 방법 (1700) 은, 무효한 코드워드가 코드북에 포함되지 않는다는 표시를 메모리 유닛으로부터 취출함으로써 무효한 코드워드를 검출할 수도 있다. 방법 (1700) 은 각각의 수신된 유효한 또는 무효한 코드워드가 코드북에 포함되는지 여부의 표시로 메모리 유닛을 팝플레이팅할 수도 있다. 일부 구현들에서, 블록 (1720) 의 기능성은 도 6 에서 예시된 프로세서 (606) 및 메모리 (608) 에 의해 수행될 수도 있다. 일부 구현들에서, 블록 (1720) 의 기능성은 도 5 에서 예시된 프로세싱 회로 (504) 및 메모리/스토리지 디바이스 (506) 에 의해 수행될 수도 있다.

[0119] 블록 (1730) 에서, 방법 (1700) 은, 코드북에 포함되는 후보 코드워드들의 셋트를 메모리 유닛으로부터 취출한다. 각각의 후보 코드워드는 무효한 코드워드로부터의 제 1 해밍 거리이고, 제 1 해밍 거리는 코드북에서의 코드워드들과 무효한 코드워드 사이의 최저 해밍 거리이다. 후보 코드워드들의 각각과 무효한 코드워드 사이의 제 1 해밍 거리는 상이한 바이너리 값을 갖는 픽셀들의 적어도 하나의 행 및 적어도 하나의 열의 수일 수도 있다. 방법 (1700) 은 무효한 코드워드로부터 제 1 해밍 거리 후보 코드워드들의 셋트로 메모리 유닛을 팝플레이팅할 수도 있고, 제 1 해밍 거리는 코드북에서의 코드워드들과 무효한 코드워드 사이의 최저 해밍 거리이다. 방법 (1700) 은 후보 코드워드들의 제 2 셋트로 메모리 유닛을 팝플레이팅할 수도 있고, 후보 코드워드들의 제 2 셋트는 코드북에 포함되는 코드워드들에 대응하고, 대응하는 후보 코드워드들의 제 2 셋트의 각각은 무효한 코드워드로부터 제 2 해밍 거리이고, 제 2 해밍 거리는 제 1 해밍 거리보다 더 높다. 일부 구현들에서, 블록 (1730) 의 기능성은 도 6 에서 예시된 프로세서 (606) 및 메모리 (608) 에 의해 수행될 수도 있다. 일부 구현들에서, 블록 (1730) 의 기능성은 도 5 에서 예시된 프로세싱 회로 (504) 및 메모리/스토리지 디바이스 (506) 에 의해 수행될 수도 있다.

[0120] 블록 (1740) 에서, 방법 (1700) 은 심도 맵의 복수의 로케이션들에 대해 심도 추정치를 결정하고, 심도 맵의 복수의 로케이션들은 무효한 코드워드의 로케이션에 인접한 적어도 하나의 로케이션을 포함한다. 방법 (1700) 은 심도 맵의 복수의 로케이션들의 중간 심도 또는 평균 심도를 계산함으로써 심도 추정치를 결정할 수도 있다. 심도 맵의 복수의 로케이션들은 무효한 코드워드의 로케이션으로부터의 로케이션들에서의 임계 거리 이하인 로케이션들을 포함한다. 임계 거리는 심도 맵의 복수의 로케이션들에서의 4, 8, 12, 20, 및 24 로케이션들에 각각 대응하는,  $1, \sqrt{2}, 2, \sqrt{5}, 2$ , 또는  $2\sqrt{2}$  일 수도 있다. 일부 구현들에서, 블록 (1740) 의 기능성은 도 6 에서 예시된 프로세서 (606) 및 메모리 (608) 에 의해 수행될 수도 있다. 일부 구현들에서, 블록 (1740) 의 기능성은 도 5 에서 예시된 프로세싱 회로 (504) 및 메모리/스토리지 디바이스 (506) 에 의해 수행될 수도 있다.

[0121] 블록 (1750) 에서, 방법 (1700) 은 후보 코드워드들의 각각과 심도를 연관시킨다. 일부 구현들에서, 블록 (1750) 의 기능성은 도 6 에서 예시된 프로세서 (606) 및 메모리 (608) 에 의해 수행될 수도 있다. 일부 구현들에서, 블록 (1750) 의 기능성은 도 5 에서 예시된 프로세싱 회로 (504) 및 메모리/스토리지 디바이스 (506) 에 의해 수행될 수도 있다.

[0122] 블록 (1760) 에서, 방법 (1700) 은 심도 추정치에 가장 가까운 연관된 심도를 갖는 후보 코드워드를 선택한다. 일부 구현들에서, 블록 (1760) 의 기능성은 도 6 에서 예시된 프로세서 (606) 및 메모리 (608) 에 의해 수행될 수도 있다. 일부 구현들에서, 블록 (1760) 의 기능성은 도 5 에서 예시된 프로세싱 회로 (504) 및 메모리/스토리지 디바이스 (506) 에 의해 수행될 수도 있다.

[0123] 블록 (1770) 에서, 방법 (1700) 은 무효한 코드워드의 로케이션에 선택된 후보 코드워드와 연관된 심도를 할당한다. 일부 구현들에서, 블록 (1770) 의 기능성은 도 6 에서 예시된 프로세서 (606) 및 메모리 (608) 에 의해 수행될 수도 있다. 일부 구현들에서, 블록 (1770) 의 기능성은 도 5 에서 예시된 프로세싱 회로 (504)

및 메모리/스토리지 디바이스 (506)에 의해 수행될 수도 있다.

[0124] 지시, 예를 들어, "제 1", "제 2" 등을 이용한 본 명세서에서의 엘리먼트에 대한 임의의 언급은 일반적으로 그들 엘리먼트들의 양 또는 순서를 제한하지 않음을 이해하여야 한다. 오히려, 이들 지시들은 엘리먼트의 인스턴스들 뿐만 아니라 2 개 이상의 엘리먼트들 사이에 구분하는 편리한 방법으로서 본 명세서에서 사용될 수도 있다.

따라서, 제 1 및 제 2 엘리먼트들에 대한 언급은 오직 2 개의 엘리먼트들만이 거기에 채용될 수도 있다거나 제 1 엘리먼트가 몇몇 방식으로 제 2 엘리먼트에 선행해야만 하는 것을 의미하지 않는다. 또한, 달리 진술되지 않는 한, 엘리먼트들의 셋트는 하나 이상의 엘리먼트들을 포함할 수도 있다. 또한, 상세한 설명 또는 청구항들에서 사용된 "A, B, 또는 C 중 적어도 하나" 형태의 용어는 "A 또는 B 또는 C 또는 이들 엘리먼트들의 임의의 조합을 의미한다.

[0125] 본원에서 이용되는 바와 같이, 용어 "결정하는"는 매우 다양한 액션들을 포함한다. 예를 들어, "결정하는"는 계산하는, 컴퓨팅, 프로세싱, 도출하는, 조사하는, 검색하는(예를 들어, 예를 들어 루-업 테이블과 같은 테이블, 데이터베이스, 또는 다른 데이터 구조에서 검색하는), 확인하는 등을 포함할 수도 있다. 또한, "결정하는"은 수신하는 (예를 들면, 정보를 수신하는), 액세스하는 (메모리의 데이터에 액세스하는) 등을 포함할 수 있다. 또한, "결정하는"은 해결하는, 선택하는, 고르는, 확립하는 등을 포함할 수 있다.

[0126] 본원에서 이용되는 바와 같이, 아이템들의 리스트 중 "그 중 적어도 하나"를 지칭하는 구절은 단일 멤버들을 포함한, 이들 아이템들의 임의의 조합을 지칭한다. 일 예로서, "a, b, 또는 c: 중의 적어도 하나"는 a, b, c, a-b, a-c, b-c, 및 a-b-c를 포함하고자 한다.

[0127] 위에서 설명된 방법들의 다양한 동작들은 동작들을 수행할 수 있는 임의의 적절한 수단, 예를 들어, 다양한 하드웨어 및/또는 소프트웨어 컴포넌트(들), 회로들, 및/또는 모듈(들)에 의해 수행될 수도 있다. 일반적으로, 도면들에서 도시된 임의의 동작들은 그 동작들을 수행할 수 있는 대응하는 기능적 수단에 의해 수행될 수도 있다.

[0128] 본원 개시와 연계하여 설명된 다양한 예증적인 논리 블록들, 모듈들, 및 회로들은 본원에서 개시된 기능들을 수행하도록 디자인된 범용 프로세서, 디지털 신호 프로세서 (DSP), 주문형 반도체 (ASIC), 필드 프로그래머블 게이트 어레이 (FPGA) 또는 다른 프로그래머블 로직 디바이스 (PLD), 이산 게이트 또는 트랜지스터 로직, 이산 하드웨어 컴포넌트들, 또는 이들의 임의의 조합에 의해 구현되거나 수행될 수도 있다. 범용 프로세서는 마이크로프로세서일 수도 있으나, 대안으로, 프로세서는 임의의 상업적으로 이용가능한 프로세서, 컨트롤러, 마이크로컨트롤러, 또는 상태 머신일 수도 있다. 프로세서는 또한 컴퓨팅 디바이스들의 조합, 예를 들면, DSP와 마이크로프로세서의 조합, 복수의 마이크로프로세서들, DSP 코어와 연계한 하나 이상의 마이크로프로세서들, 또는 임의의 다른 그러한 구성으로 구현될 수도 있다.

[0129] 하나 이상의 양태들에서, 상술된 기능들은 하드웨어, 소프트웨어, 펌웨어 또는 이들의 임의의 조합으로 구현될 수도 있다. 소프트웨어로 구현되는 경우, 기능들은 컴퓨터 관독가능 매체 상에 명령들 또는 코드로 저장되거나 그 매체를 통해 송신될 수도 있다. 컴퓨터 관독가능 매체들은 한 장소에서 다른 장소로 컴퓨터 프로그램의 전송을 가능하게 하는 임의의 매체를 포함한 통신 매체들 및 컴퓨터 저장 매체 양쪽을 포함한다. 저장 매체들은 컴퓨터에 의해 액세스될 수 있는 임의의 이용가능한 매체들일 수도 있다. 비체한적인 예로서, 이러한 컴퓨터 관독가능 매체는 RAM, ROM, EEPROM, CD-ROM이나 다른 광학 디스크 스토리지, 자기 디스크 스토리지 또는 다른 자기 스토리지 디바이스들, 또는 요구되는 프로그램 코드를 명령들 또는 데이터 구조들의 형태로 반송하거나 저장하는데 이용될 수 있고 컴퓨터에 의해 액세스될 수 있는 임의의 다른 매체를 포함할 수 있다.

또한, 임의의 연결이 적절하게 컴퓨터-관독가능 매체로 지칭된다. 예를 들어, 소프트웨어가 동축 케이블, 광 섬유 케이블, 연선, 디지털 가입자 회선 (DSL), 또는 예를 들어, 적외선, 무선, 및/또는 마이크로파와 같은 무선 기술들을 이용하여 웹사이트, 서버, 또는 다른 원격 소스로부터 송신되는 경우에는, 그 동축 케이블, 광 섬유 케이블, 연선, DSL, 또는 예컨대 적외선, 무선, 및 마이크로파와 같은 무선 기술들은 매체의 정의 내에 포함된다. 본원에서 이용되는 바와 같은 디스크 (disk) 및 디스크 (disc)는 콤팩트 디스크 (CD), 레이저 디스크, 광 디스크, DVD (digital versatile disc), 플로피 디스크, 및 블루레이 디스크를 포함하는데, 여기서 디스크 (disk)들은 보통 자기적으로 데이터를 재생하는 반면, 디스크 (disc)들은 레이저들로 광학적으로 데이터를 재생한다. 따라서, 일부 양태들에서 컴퓨터 관독가능 매체들은 비일시적 컴퓨터 관독가능 매체들 (예를 들어, 유형의 매체들)을 포함할 수도 있다.

[0130] 본원에서 개시된 방법들은 상술된 방법을 달성하기 위한 하나 이상의 단계들 또는 액션들을 포함한다. 방법 단계들 및/또는 액션들은 청구항들의 범위를 벗어나지 않으면서 서로 상호 교환될 수도 있다. 즉, 단계들

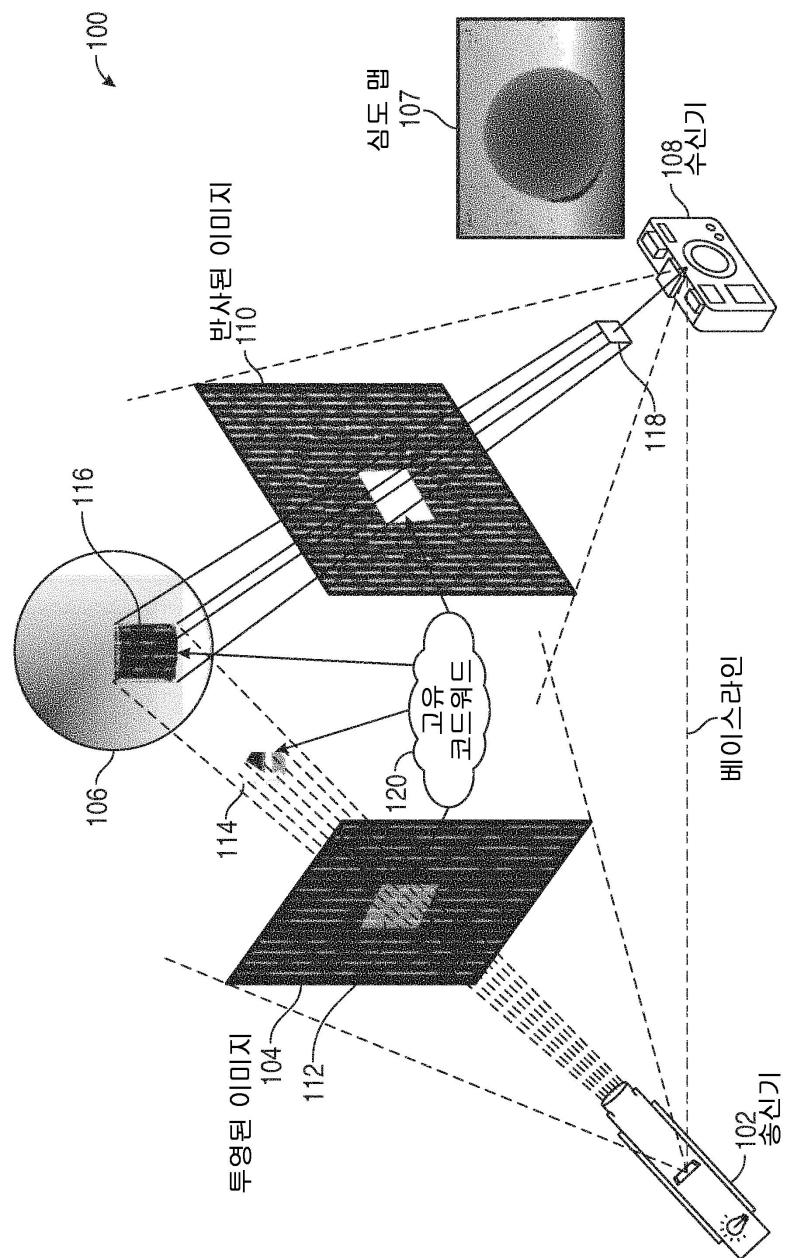
또는 액션들에 대한 특정 순서가 명시되지 않는 한, 특정 단계들 및/또는 액션들의 순서 및/또는 이용은 청구항들의 범위로부터 벗어남이 없이 수정될 수도 있다.

[0131] 또한, 본원에 설명된 방법들 및 기법들을 수행하는 모듈들 및/또는 다른 적절한 수단은 다운로드될 수도 있고/있거나, 그렇지 않으면 가능한 적용가능한 사용자 단말 및/또는 기지국에 의해 획득될 수도 있다. 예를 들면, 본원에서 설명된 방법들을 수행하기 위한 수단의 전송을 용이하게 하기 위한 서버에 디바이스가 커플링될 수도 있다. 대안으로, 본원에 설명된 다양한 방법들이 저장 수단 (예를 들어, RAM, ROM, 물리적 저장 매체, 예컨대, 물리적 콤팩트 디스크 (CD) 나 플로피 디스크 등)을 통해 제공될 수도 있어, 사용자 단말기 및/또는 기지국은 디바이스에 커플링할 시에 또는 디바이스에 저장 수단을 제공할 시에 다양한 방법들을 획득할 수 있다. 또한, 본원에서 설명된 상기 방법들 및 기술들을 디바이스에 제공하기 위한 임의의 다른 적절한 기술들이 활용될 수 있다.

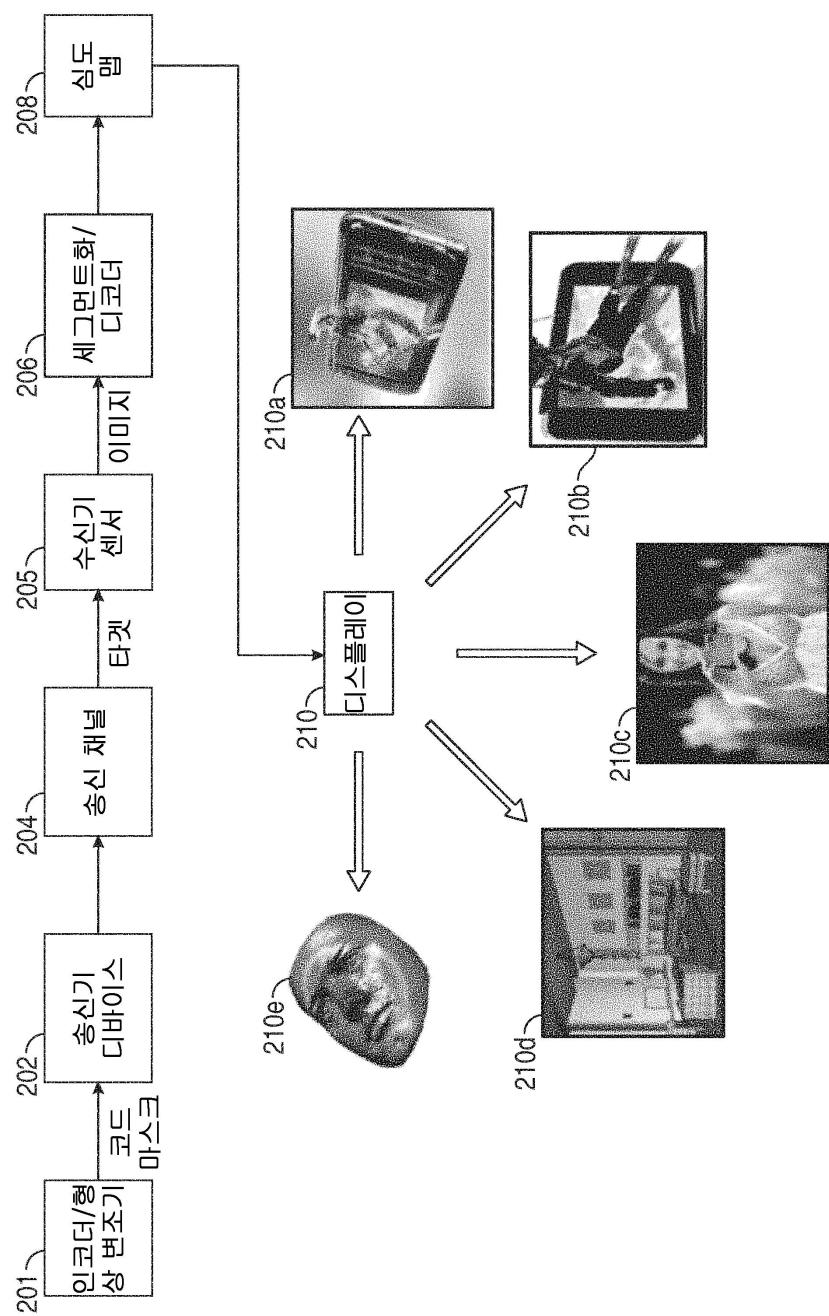
[0132] 하기의 특허청구범위는 위에 설명된 정확한 구성 및 컴포넌트들로 제한되는 것이 아님을 이해해야 한다. 청구범위의 범위를 벗어나지 않으면서, 본원에서 설명된 방법들 및 장치들의 배치, 동작 및 세부사항들에서 다양한 수정예들, 변경예들 및 변형예들이 이루어질 수도 있다.

## 도면

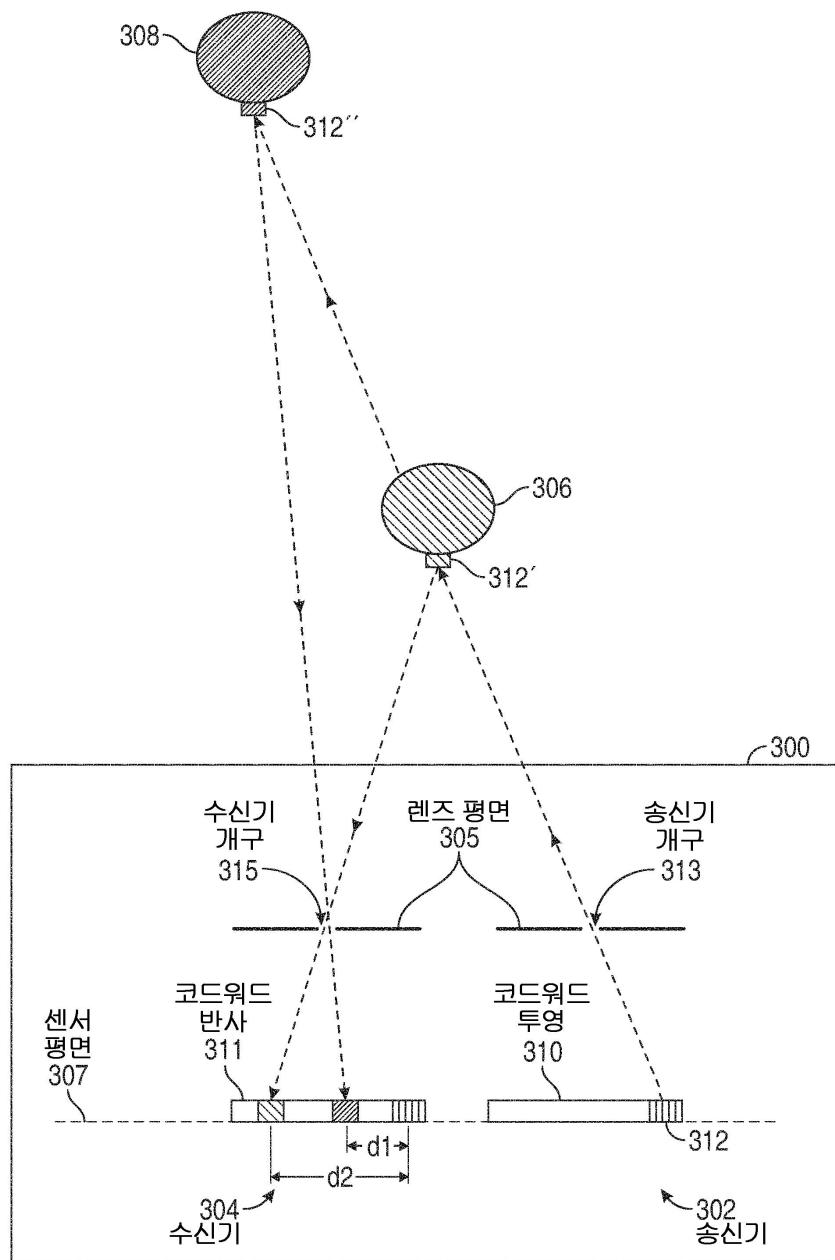
## 도면1



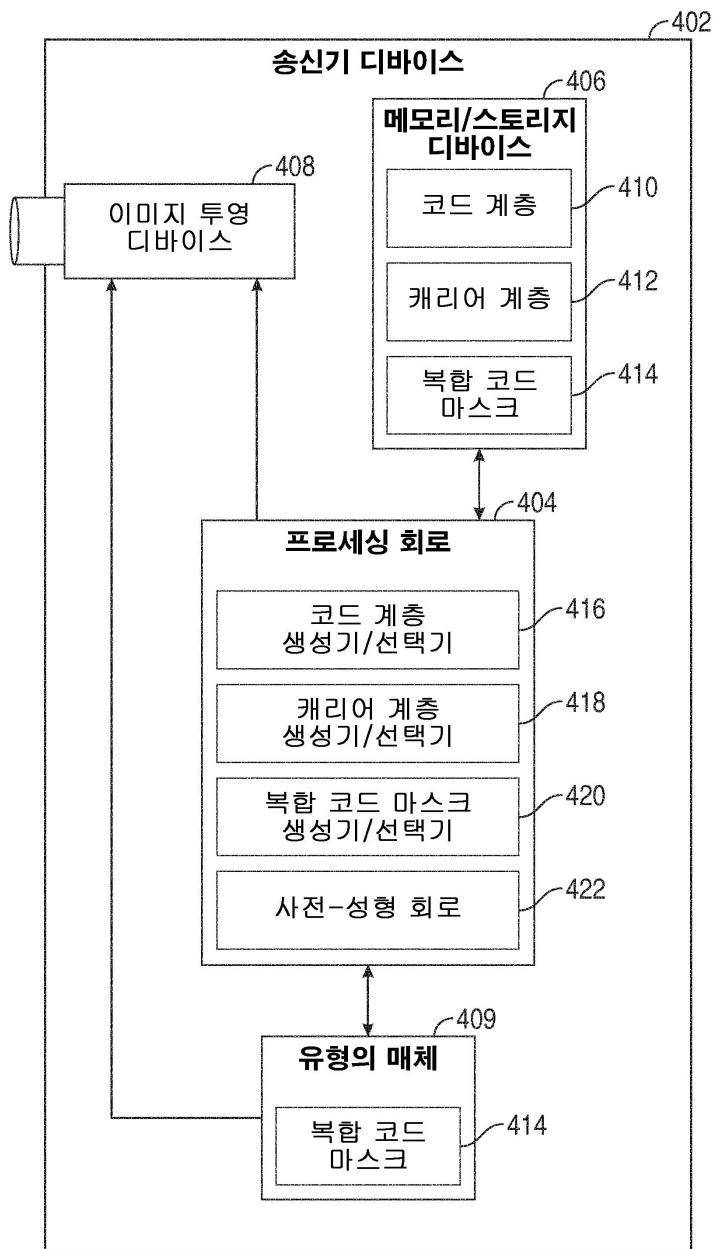
## 도면2



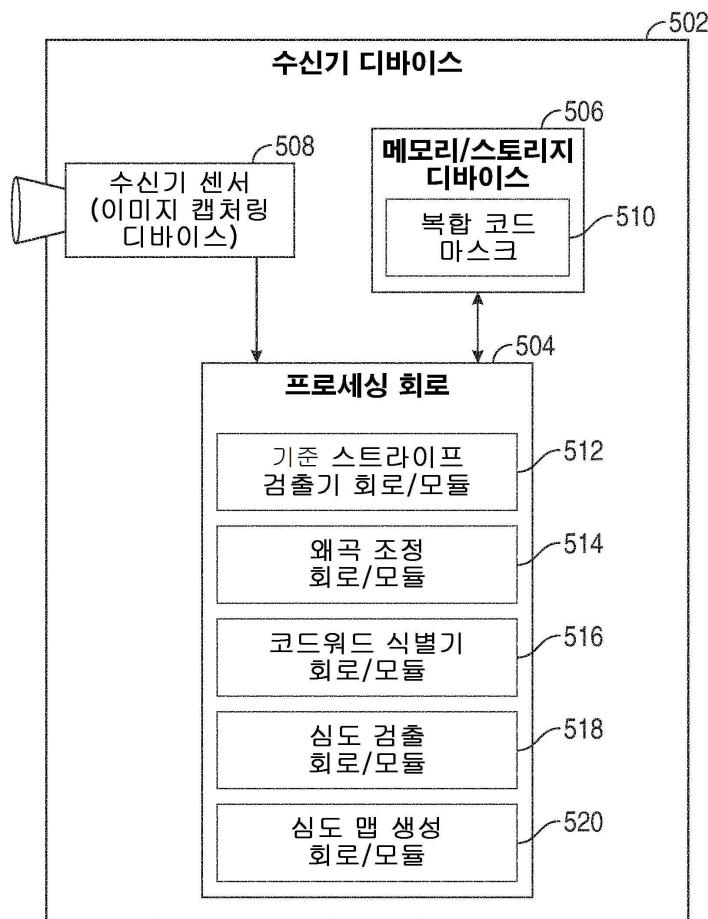
## 도면3



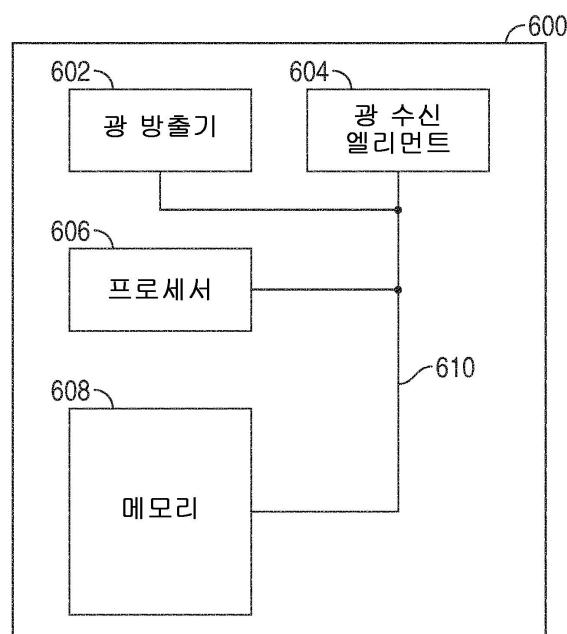
## 도면4



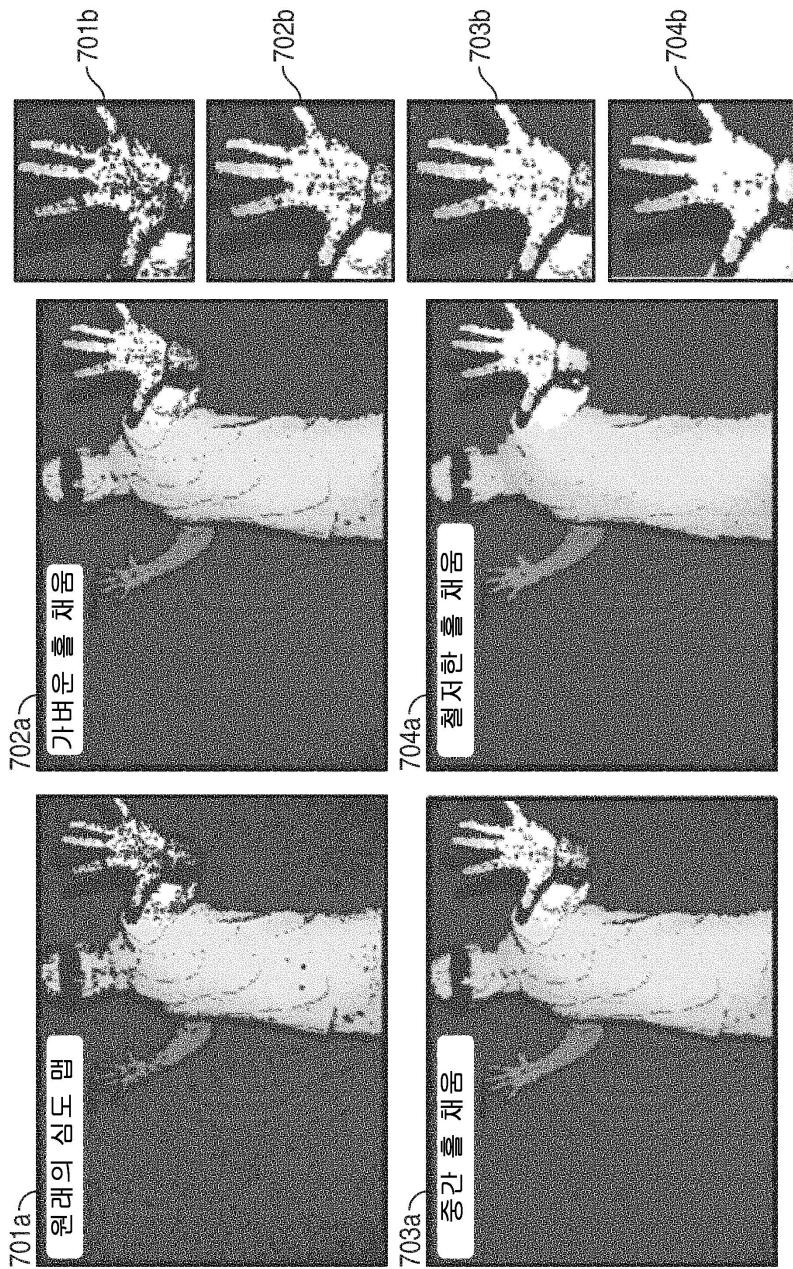
## 도면5



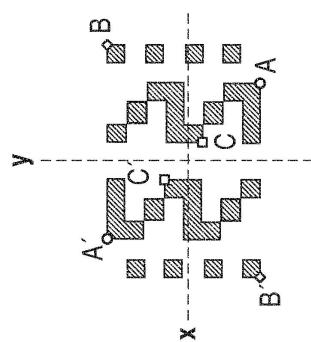
## 도면6



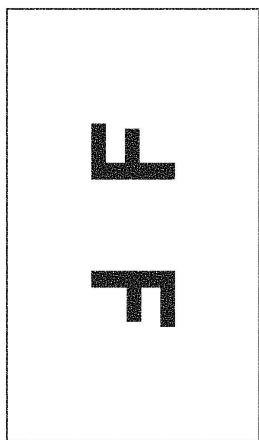
도면7



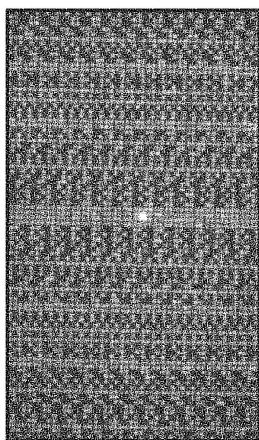
도면8a



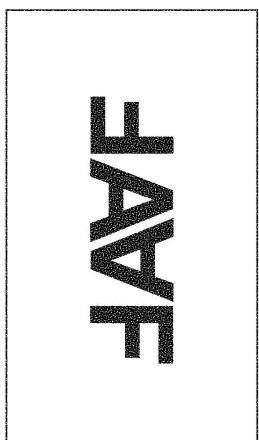
도면8b



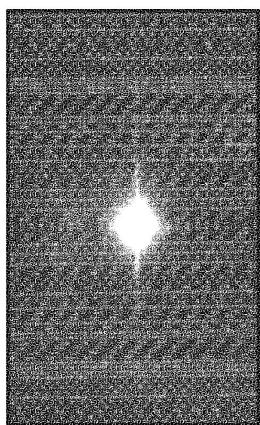
도면8c



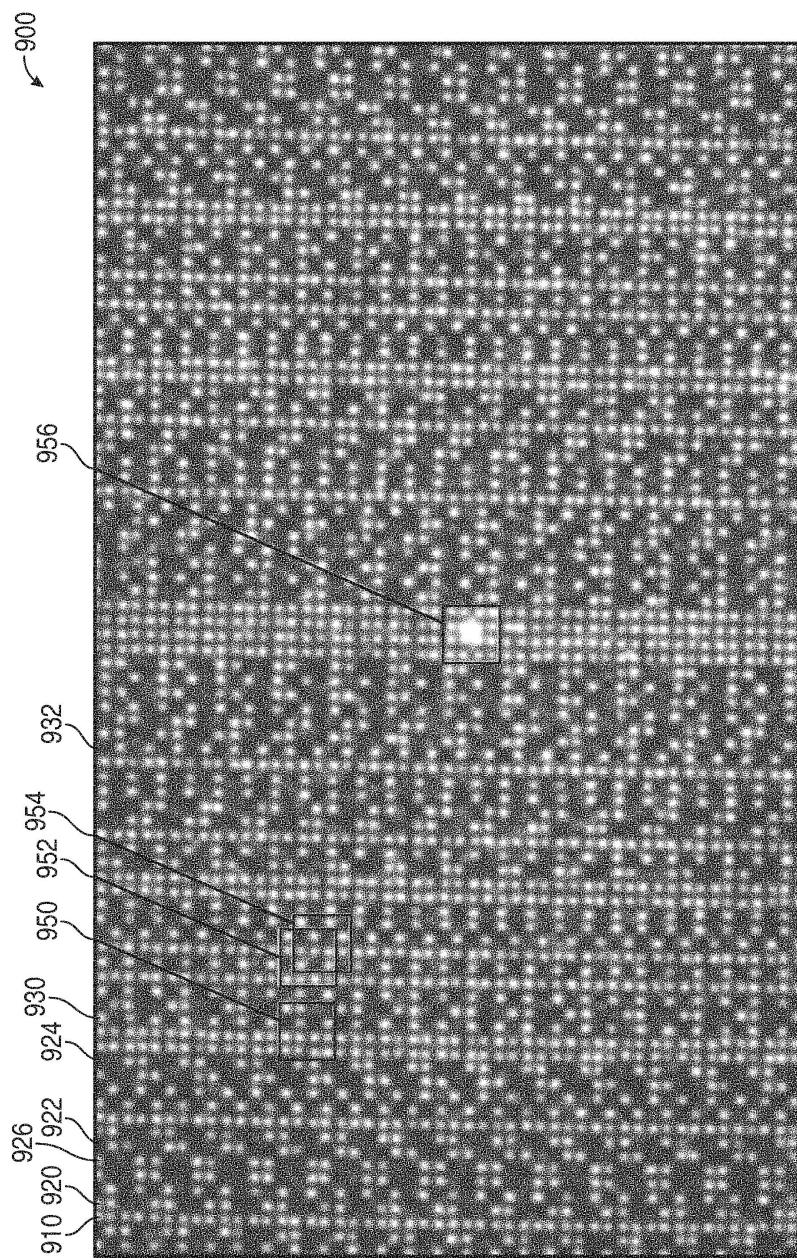
도면8d



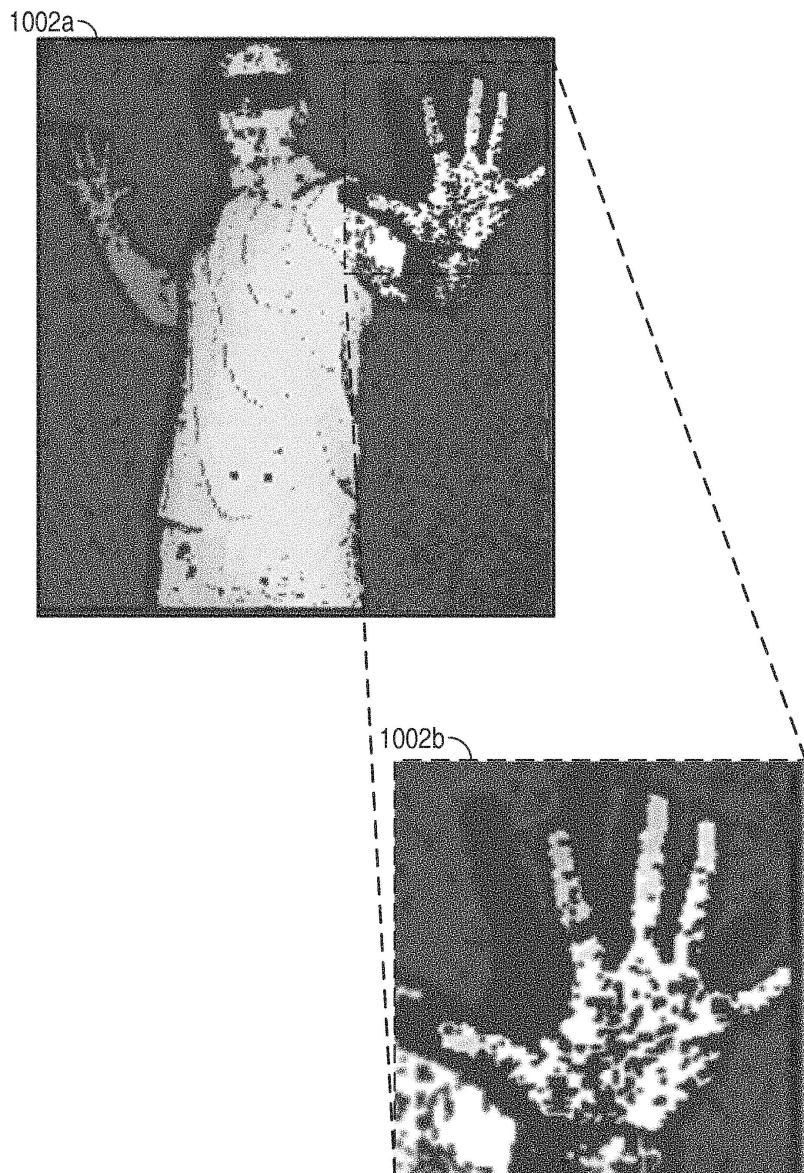
도면8e



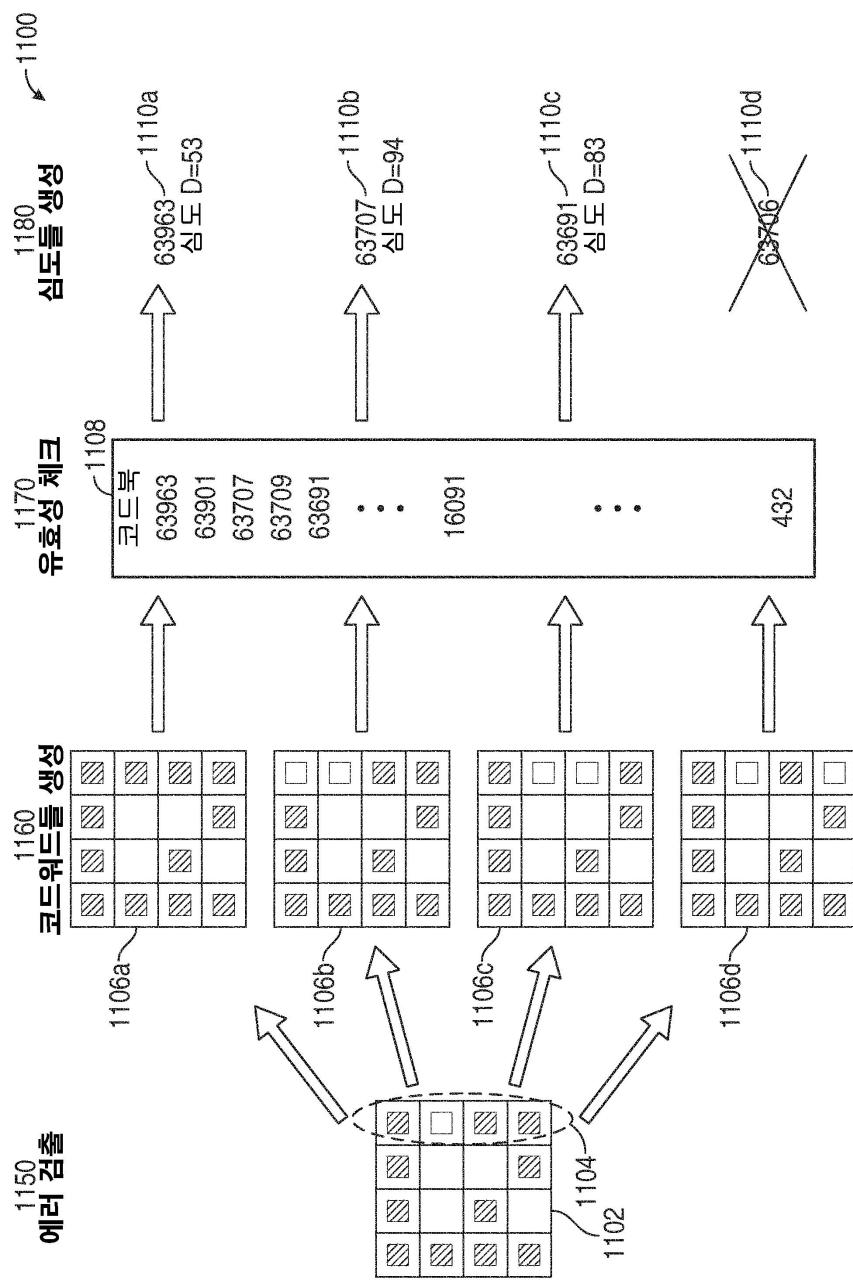
도면9



도면10



## 도면11



## 도면12

1210  
이웃하는 심도들의  
중간 심도 M 을 결정  
1220  
각각의 후보 심도에 대해  
유사성 기준을 결정  
1222

1230  
최저 S 값을 갖는, 중간 심도에 가장 가까운,  
가장 유사한 심도를 선택

1215  
D=53  
1224  
D=94  
M=82  
1226  
D=83

80	81	82
82	<b>D</b>	82
84	84	94

80	81	82
82	<b>D</b>	82
84	84	94

S=|M-53|=29

S=|M-94|=12

M=82

80	81	82
82	<b>53</b>	82
84	84	94

80	81	82
82	<b>83</b>	82
84	84	94

80	81	82
82	<b>83</b>	82
84	84	94

80	81	82
82	<b>83</b>	82
84	84	94

80	81	82
82	<b>94</b>	82
84	84	94

S=|M-94|=12

80	81	82
82	<b>94</b>	82
84	84	94

80	81	82
82	<b>94</b>	82
84	84	94

80	81	82
82	<b>94</b>	82
84	84	94

80	81	82
82	<b>94</b>	82
84	84	94

80	81	82
82	<b>94</b>	82
84	84	94

80	81	82
82	<b>94</b>	82
84	84	94

80	81	82
82	<b>94</b>	82
84	84	94

80	81	82
82	<b>94</b>	82
84	84	94

80	81	82
82	<b>94</b>	82
84	84	94

80	81	82
82	<b>94</b>	82
84	84	94

80	81	82
82	<b>94</b>	82
84	84	94

80	81	82
82	<b>94</b>	82
84	84	94

80	81	82
82	<b>94</b>	82
84	84	94

80	81	82
82	<b>94</b>	82
84	84	94

80	81	82
82	<b>94</b>	82
84	84	94

80	81	82
82	<b>94</b>	82
84	84	94

80	81	82
82	<b>94</b>	82
84	84	94

80	81	82
82	<b>94</b>	82
84	84	94

80	81	82
82	<b>94</b>	82
84	84	94

80	81	82
82	<b>94</b>	82
84	84	94

80	81	82
82	<b>94</b>	82
84	84	94

80	81	82
82	<b>94</b>	82
84	84	94

80	81	82
82	<b>94</b>	82
84	84	94

80	81	82
82	<b>94</b>	82
84	84	94

80	81	82
82	<b>94</b>	82
84	84	94

80	81	82
82	<b>94</b>	82
84	84	94

80	81	82
82	<b>94</b>	82
84	84	94

80	81	82
82	<b>94</b>	82
84	84	94

80	81	82
82	<b>94</b>	82
84	84	94

80	81	82
82	<b>94</b>	82
84	84	94

80	81	82
82	<b>94</b>	82
84	84	94

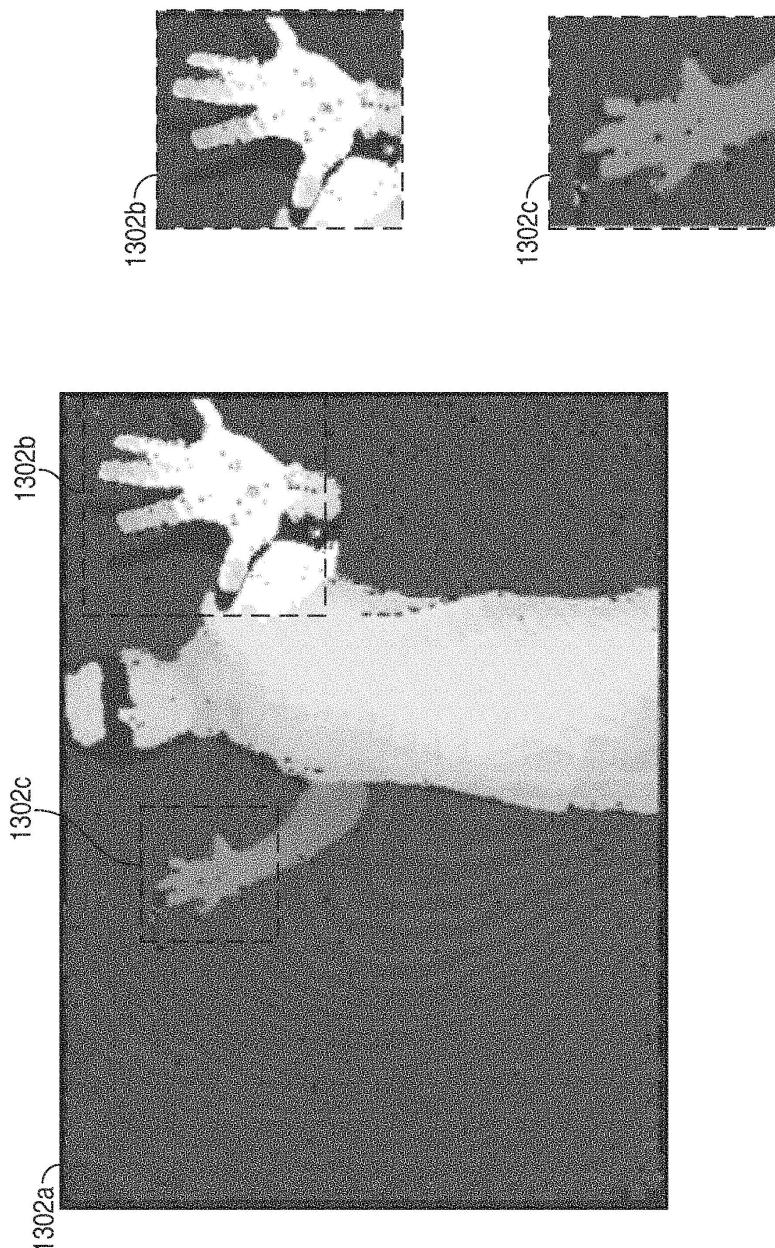
80	81	82
82	<b>94</b>	82
84	84	94

80	81	82
82	<b>94</b>	82
84	84	94

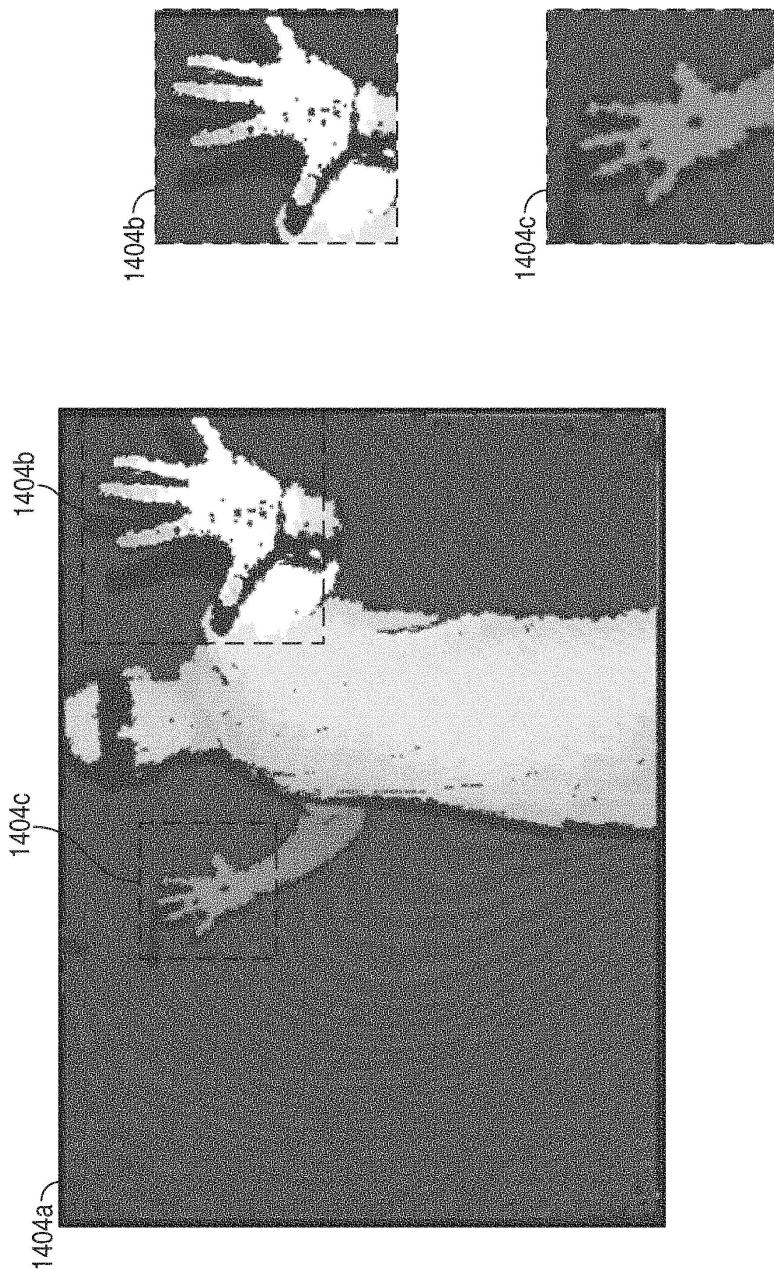
80	81	82


<tbl\_r cells="3" ix="2" maxcspan="1

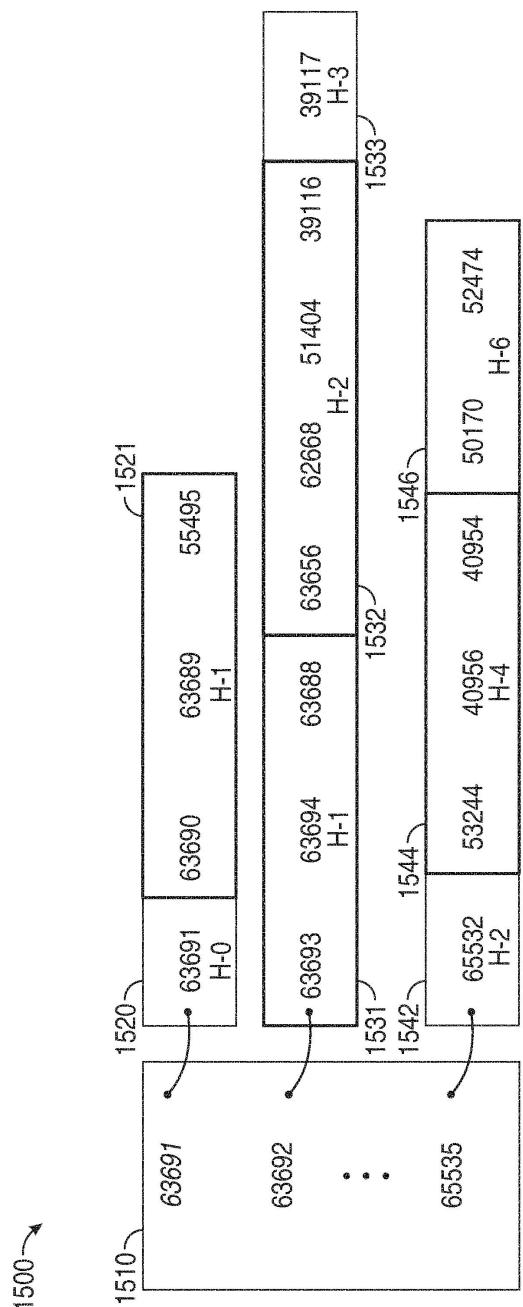
도면13



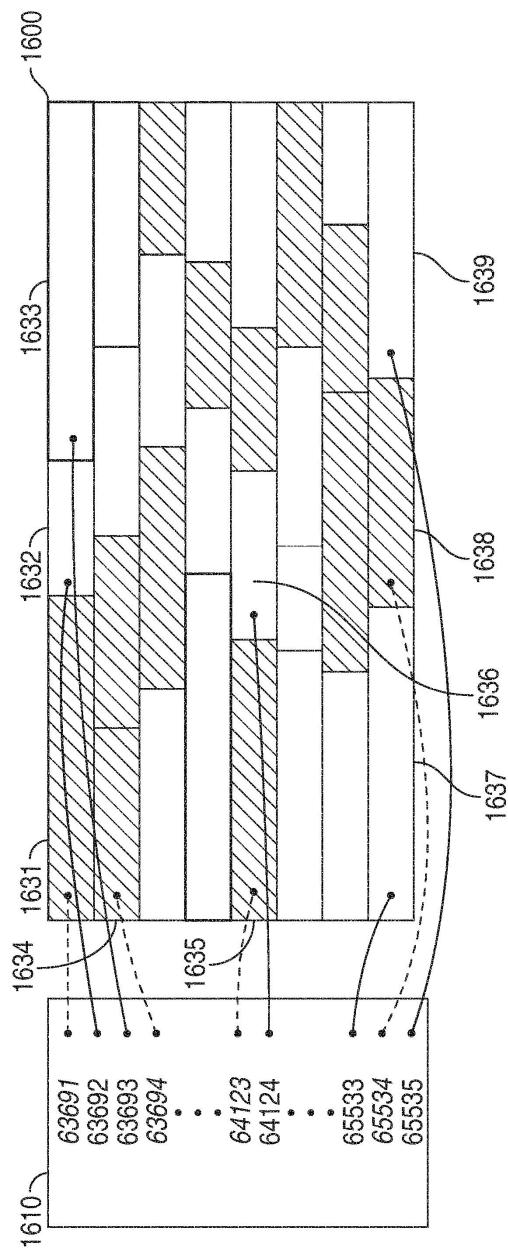
도면14



## 도면 15



도면 16



## 도면17

