



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년11월25일
 (11) 등록번호 10-1679699
 (24) 등록일자 2016년11월21일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01S 17/00 (2006.01)
 (21) 출원번호 10-2014-0136770
 (22) 출원일자 2014년10월10일
 심사청구일자 2014년10월10일
 (65) 공개번호 10-2016-0042621
 (43) 공개일자 2016년04월20일
 (56) 선행기술조사문헌
 KR1020140059439 A*
 KR1020120036145 A*
 KR1020120035623 A*
 KR1020130099304 A*
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
한양대학교 산학협력단
 서울특별시 성동구 왕십리로 222(행당동, 한양대학교내)
 (72) 발명자
선우명호
 경기도 성남시 분당구 판교로 421, 205동 1303호
 (야탑동, 탐마을대우아파트)
장철훈
 서울특별시 동대문구 천호대로 295, 1501호 (답십리동, 우창프라자아파트)
 (74) 대리인
한승범, 유병욱

전체 청구항 수 : 총 7 항

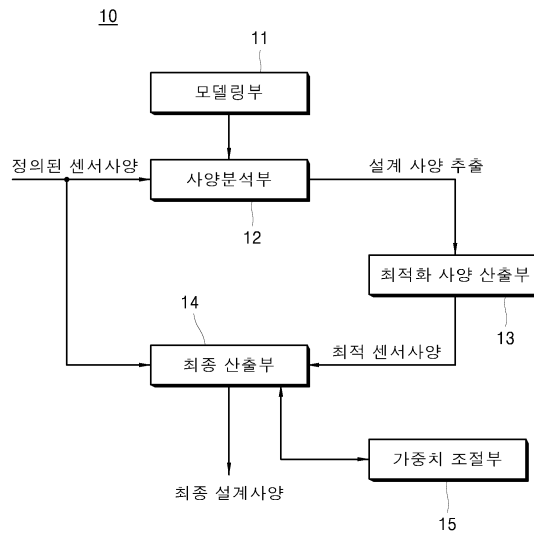
심사관 : 안문환

(54) 발명의 명칭 **라이다 센서 제작을 위한 사양 분석 시스템 및 이를 이용한 사양 최적화 방법**

(57) 요약

본 발명은 라이다(LIDAR) 센서 제작을 위한 사양 분석 시스템 및 이를 이용한 사양 최적화 방법에 관한 것으로, 이의 시스템은 라이다 센서에 대하여 정의된 센서 사양을 카메라 모델링을 기반으로 분석하여 정의된 센서 사양에 근접하는 설계 사양을 추출하는 사양 분석부, 사양 분석부에서 추출한 설계 사양을 기준으로 최적의 센서 사양을 재 산출하는 최적화 사양 산출부, 최적화 사양 산출부를 통해 산출한 최적의 센서 사양과 정의된 센서 사양과의 오차를 최소화하는 설계 사양을 최종으로 추출하는 최종 산출부를 포함한다.

대표도 - 도2



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1415135132

부처명 산업통상자원부

연구관리전문기관 한국산업기술평가관리원

연구사업명 산업기술혁신사업 / 산업핵심기술개발사업 /
그린카등수송시스템산업핵심기술개발사업(RCMS)

연구과제명 거리 분해능 10cm 수준의 3차원 Lidar 센서 시스템 개발

기여율 1/1

주관기관 현대모비스(주)

연구기간 2014.06.01 ~ 2015.05.31

명세서

청구범위

청구항 1

라이다(LIDAR) 센서에 대하여 정의된 센서 사양을 카메라 모델링을 기반으로 구축된 관계식에 근거하여 분석하고 분석 결과 상기 정의된 센서 사양을 출력하기 위해 센서 부품들이 가져야 할 설계 사양을 추출하는 사양 분석부;

상기 사양 분석부에서 추출된 설계 사양을 기준으로 센서 사양을 재 산출하는 최적화 사양 산출부; 및

상기 최적화 사양 산출부를 통해 재 산출한 센서 사양과 상기 정의된 센서 사양과의 오차를 최소화하는 설계 사양을 최종으로 추출하는 최종 산출부를 포함하고,

상기 최종 산출부는,

상기 최적화 사양 산출부를 통해 재 산출한 센서 사양과 상기 정의된 센서 사양간 오차를 최소화하기 위한 하기 수학적 3에 의해 최종 설계 사양을 산출하는 것을 특징으로 하는 라이다 센서 제작을 위한 사양 분석 시스템.

[수학적 3]

$$f_{Cost} = w_1 \left(\frac{FOV_{xref} - FOV_x}{FOV_{xref}} \right)^2 + w_2 \left(\frac{FOV_{yref} - FOV_y}{FOV_{yref}} \right)^2 + w_3 \left(\frac{Dist_{vehref} - Dist_{veh}}{Dist_{vehref}} \right)^2 + w_4 \left(\frac{Dist_{bicyref} - Dist_{bicy}}{Dist_{bicyref}} \right)^2 + w_5 \left(\frac{Dist_{pedref} - Dist_{ped}}{Dist_{pedref}} \right)^2$$

$$\min_{FOV_x, FOV_y, Dist_{veh}, Dist_{bicy}, Dist_{ped}} [f_{Cost}]$$

(여기서, FOV_{xref} , FOV_{yref} 는 정의된 센서 사양의 x,y 방향 뷰 영역(FOV), FOV_x , FOV_y 는 최적화 사양 산출부를 통해 산출된 최적의 센서 사양의 x,y 방향 뷰 영역(FOV), $Dist_{vehref}$, $Dist_{bicyref}$, $Dist_{pedref}$ 는 정의된 센서 사양의 차량, 이륜차, 보행자에 대한 최대검출거리(MDR), $Dist_{veh}$, $Dist_{bicy}$, $Dist_{ped}$ 는 최적화 사양 산출부를 통해 산출된 최적의 센서 사양의 차량, 이륜차, 보행자에 대한 최대검출거리(MDR), w_i 는 각 엘리먼트(element)에 대한 가중치 임.)

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 정의된 센서 사양은 센서에 의해 검출될 수 있는 뷰 영역(Field Of View: FOV), 최대검출거리(Maximum Detection Range: MDR)를 포함하며,

상기 사양 분석부는

상기 뷰 영역(FOV) 및 최대검출거리(MDR)에 대하여 카메라 모델링을 기반으로 정의한 하기 수학적 1 및 수학적 2를 이용하여 설계 사양을 추출하는 것을 특징으로 하는 라이다 센서 제작을 위한 사양 분석 시스템.

[수학적 1]

$$FOV = \text{atan} \left(\frac{\text{Pixel Size} \times \text{Resolution}}{2 \times \text{Focal Length}} \right) \times \frac{180}{\pi} \times 2$$

[수학적 2]

$$\text{Maximum Detection Range} = \text{Focal Length} \times \frac{\text{Object Size}}{\text{Minimum Points}} \times \frac{1}{\text{Pixel Size}}$$

(여기서, pixel size는 수광부(receiver)의 한 픽셀에 대한 크기, Resolution는 수광부의 가로 및 세로에 놓인 픽셀의 개수, Focal Length는 렌즈와 수광부 사이의 거리, Object Size는 검출 대상 크기, Minimum Points는 센서에서 검출대상을 인식하는 최소한의 point개수임.)

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 설계 사양은 픽셀 크기(pixel size), 해상도(Resolution), 초점 거리(Focal Length), 검출 대상 크기(Object Size), 검출 대상을 인식하는 최소한의 포인트 개수(Minimum Points)를 포함하는 것을 특징으로 하는 라이다 센서 제작을 위한 사양 분석 시스템.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 최종 산출부는

상기 정의된 센서 사양에 대하여 가중치를 부여하여 오차를 계산하는 것을 특징으로 하는 라이다 센서 제작을 위한 사양 분석 시스템.

청구항 5

제1항 또는 제4항에 있어서,

상기 정의된 센서 사양 중 우선적으로 최적화할 센서 사양에 대하여 가중치를 조절하여 부여하는 가중치 조절부를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 라이다 센서 제작을 위한 사양 분석 시스템.

청구항 6

삭제

청구항 7

라이다(LIDAR) 센서 제작을 위해 사양을 분석하는 시스템에서의 방법으로서,

상기 시스템이 라이다(LIDAR) 센서에 대하여 정의된 센서 사양을 카메라 모델링을 기반으로 구축된 관계식을 근거로 분석하고 분석 결과 상기 정의된 센서 사양을 출력하기 위해 센서 부품들이 가져야 할 설계 사양을 추출하는 단계;

상기 시스템이 추출된 설계 사양을 기준으로 센서 사양을 재 산출하는 단계; 및

상기 시스템이 재 산출된 센서 사양과 상기 정의된 센서 사양과의 오차를 계산하고 상기 오차가 최소가 되는 설계 사양을 최종으로 추출하는 단계를 포함하고,

상기 오차가 최소가 되는 설계 사양을 최종으로 추출하는 단계는,

상기 시스템이 상기 재 산출된 센서 사양과 상기 정의된 센서 사양간 오차를 최소화하는 하기 수학식 3에 의해 최종 설계 사양을 산출하는 것을 특징으로 하는 라이다 센서 제작을 위한 사양 최적화 방법.

[수학식 3]

$$f_{Cost} = w_1 \left(\frac{FOV_{x_{ref}} - FOV_x}{FOV_{x_{ref}}} \right)^2 + w_2 \left(\frac{FOV_{y_{ref}} - FOV_y}{FOV_{y_{ref}}} \right)^2 + w_3 \left(\frac{Dist_{veh_{ref}} - Dist_{veh}}{Dist_{veh_{ref}}} \right)^2 + w_4 \left(\frac{Dist_{bicy_{ref}} - Dist_{bicy}}{Dist_{bicy_{ref}}} \right)^2 + w_5 \left(\frac{Dist_{ped_{ref}} - Dist_{ped}}{Dist_{ped_{ref}}} \right)^2$$

$$\min_{FOV_x, FOV_y, Dist_{veh}, Dist_{bicy}, Dist_{ped}} [f_{Cost}]$$

(여기서, $FOV_{x_{ref}}$, $FOV_{y_{ref}}$ 는 정의된 센서 사양의 x,y 방향 뷰 영역(FOV), FOV_x , FOV_y 는 최적화 사양 산출부를 통해 산출된 최적의 센서 사양의 x,y 방향 뷰 영역(FOV), $Dist_{veh_{ref}}$, $Dist_{bicy_{ref}}$, $Dist_{ped_{ref}}$ 는 정의된 센서 사양의 차량, 이륜차, 보행자에 대한 최대검출거리(MDR), $Dist_{veh}$, $Dist_{bicy}$, $Dist_{ped}$ 는 최적화 사양 산출부를 통해 산출된 최

적의 센서 사양의 차량, 이륜차, 보행자에 대한 최대검출거리(MDR), w_i 는 각 엘리먼트(element)에 대한 가중치 임.)

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 오차가 최소가 되는 설계 사양을 최종으로 추출하는 단계는,

상기 정의된 센서 사양에 대하여 가중치를 부여하며, 상기 정의된 센서 사양 중 우선적으로 최적화할 센서 사양에 대하여 가중치를 조절할 수 있는 것을 특징으로 하는 라이다 센서 제작을 위한 사양 최적화 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명의 실시예들은 라이다 센서 제작을 위한 사양 분석 시스템 및 이를 이용한 사양 최적화 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 레이저를 이용한 거리 측정 센서를 흔히 라이다(LIDAR: Light Detection and Ranging) 센서라고 부른다. 보통, 라이다 센서에 적용되는 거리 측정은 에미터(Emitter)에서 레이저를 송신하고 리시버(Receiver)에서 반사되어 온 레이저를 수신하여 둘 사이의 시간 차를 역산하는 방법으로 이루어진다.

[0003] 라이다 센서는 스캐닝 타입과 플래시(Flash) 타입이 있다. 스캐닝 타입은 센서 내부에 회전체가 존재하고 에미터(Emitter)와 리시버(Receiver)가 회전체에 동기화 되어 여러 각도에 대한 거리 측정이 가능하다. 플래시 타입은 스캐닝 타입과 거리 측정 방식은 동일하나, 구조적인 차이가 있다. 즉, 스캐닝 타입과 다르게 회전체가 없다.

[0004] 도 1을 참조하면, 일반적인 플래시 타입의 라이다 센서 구조를 도시하고 있다. 레이저 에미터(1)에서 반사체(2)를 통해 특정 영역(Illuminated Area: 3)으로 레이저를 조사하면 특정 영역(3) 내에 반사되어 돌아오는 레이저를 리시버(5)에서 수신하게 된다.

[0005] 이처럼, 플래시 타입의 라이다 센서(이하, 플래시 라이다 센서)는 렌즈(4)가 리시버(5) 측에 장착되기 때문에 렌즈(4)의 초점 거리 조절을 통한 뷰 영역(Field Of View: FOV)을 용이하게 변경할 수 있는 장점이 있다. 또한, 회전체가 없기 때문에 차량 장착시 내진동성을 보장할 수 있으며, 사진 촬영하듯 각 센서값을 동시에 받아들이기 때문에 데이터간 시간 동기성을 보장할 수 있다.

[0006] 그런데, 이러한 장점에도 불구하고 종래 플래시 라이다 센서는 현재 보편화가 되지 않았다. 그 이유는 센서 당 15만 불에 달하는 높은 가격 때문이다. 앞으로 수요가 증가함에 따라 가격 하락을 기대할 수 있지만, 수요량을 늘리기 위해서는 완성차 또는 부품업체에서 플래시 라이다 센서를 채택하고 관련 애플리케이션 개발이 선행되어야 하기 때문에 많은 시간이 소요될 것으로 보인다. 뿐만 아니라, 플래시 라이다 센서가 지능형 자동차에 장착되기 위해서는 차량용 어플리케이션(Forward Collision Warning, Blind Spot Detection, Pedestrian Detection 등)에 요구하는 센서 사양을 만족해야 한다.

[0007] 센서 사양은 플래시 라이다 센서의 다수 설계 인자에 의해 결정된다. 하지만 센서 사양을 만족시키는 설계 인자들의 사양(이하, 설계 사양)을 도출하기란 쉽지 않으며, 이는 센서 제작 시 개발비용 증가 및 많은 개발시간 소모를 야기하는 문제점이 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0008] (특허문헌 0001) 한국등록특허공보 제10-1417431호 (LIDAR 센서를 이용한 3차원 공간정보 생성시스템,

2014.07.01. 등록)

(특허문헌 0002) 한국등록특허공보 제10-0817612호 (측정영역과 측정정밀도를 변화시킬 수 있는 레이저 비전 시스템, 2008.03.21. 등록)

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0009] 본 발명의 일 실시예는 라이더 센서에 대하여 요구되는 센서 사양에 만족하는 최적의 설계 사양을 도출하여 센서 제작에 소요되는 비용 및 시간을 절감할 수 있는 사양 분석 시스템 및 이를 이용한 사양 최적화 방법을 제공한다.
- [0010] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 이상에서 언급한 과제들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 과제들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

- [0011] 본 발명의 일 실시예에 따른 라이더 센서 제작을 위한 사양 분석 시스템은, 라이더(LIDAR) 센서에 대하여 정의된 센서 사양을 카메라 모델링을 기반으로 분석하여 상기 정의된 센서 사양에 근접하는 설계 사양을 추출하는 사양 분석부; 상기 사양 분석부에서 추출한 설계 사양을 기준으로 최적의 센서 사양을 재 산출하는 최적화 사양 산출부; 및 상기 최적화 사양 산출부를 통해 산출한 최적의 센서 사양과 상기 정의된 센서 사양과의 오차를 최소화하기 위한 설계 사양을 최종으로 추출하는 최종 산출부를 포함한다.
- [0012] 또한, 상기 사양 분석 시스템에서, 상기 정의된 센서 사양은 센서에 의해 검출될 수 있는 뷰 영역(Field Of View: FOV), 최대검출거리(Maximum Detection Range: MDR)를 포함하며, 상기 사양 분석부는 상기 뷰 영역(FOV) 및 최대검출거리(MDR)에 대하여 카메라 모델링을 기반으로 정의한 하기 수학식을 이용하여 상기 정의된 센서 사양에 근접하는 설계 사양을 추출할 수 있다.

[0013]
$$FOV = \text{atan} \left(\frac{\text{Pixel Size} \times \text{Resolution}}{2 \times \text{Focal Length}} \right) \times \frac{180}{\pi} \times 2$$

[0014]
$$\text{Maximum Detection Range} = \text{Focal Length} \times \frac{\text{Object Size}}{\text{Minimum Points}} \times \frac{1}{\text{Pixel Size}}$$

- [0015] (여기서, pixel size는 수광부(receiver)의 한 픽셀에 대한 크기, Resolution는 수광부의 가로 및 세로에 놓인 픽셀의 개수, Focal Length는 렌즈와 수광부 사이의 거리, Object Size는 검출 대상 크기, Minimum Points는 센서에서 검출대상을 인식하는 최소한의 point개수임.)
- [0016] 또한, 상기 설계 사양은 픽셀 크기(pixel size), 해상도(Resolution), 초점 거리(Focal Length), 검출 대상 크기(Object Size), 검출 대상을 인식하는 최소한의 포인트 개수(Minimum Points)를 포함한다.
- [0017] 또한, 상기 사양 분석 시스템에서, 상기 최종 산출부는 상기 정의된 센서 사양에 대하여 가중치를 부여하여 오차를 계산할 수 있다.
- [0018] 이때, 상기 사양 분석 시스템은, 상기 정의된 센서 사양 중 우선적으로 최적화할 센서 사양에 대하여 가중치를 조절하여 부여하는 가중치 조절부를 더 포함할 수 있다.
- [0019] 또한, 상기 사양 분석 시스템에서, 상기 최종 산출부는 상기 최적의 센서 사양과 상기 정의된 센서 사양의 오차를 최소화하는 하기 수학식 3에 의해 최종 설계 사양을 산출할 수 있다.

$$f_{Cost} = w_1 \left(\frac{FOV_{x_{ref}} - FOV_x}{FOV_{x_{ref}}} \right)^2 + w_2 \left(\frac{FOV_{y_{ref}} - FOV_y}{FOV_{y_{ref}}} \right)^2 + w_3 \left(\frac{Dist_{veh_{ref}} - Dist_{veh}}{Dist_{veh_{ref}}} \right)^2 + w_4 \left(\frac{Dist_{bicy_{ref}} - Dist_{bicy}}{Dist_{bicy_{ref}}} \right)^2 + w_5 \left(\frac{Dist_{ped_{ref}} - Dist_{ped}}{Dist_{ped_{ref}}} \right)^2$$

[0020]

$$\min_{FOV_x, FOV_y, Dist_{veh}, Dist_{bicy}, Dist_{ped}} [f_{Cost}]$$

[0021]

(여기서, $FOV_{x_{ref}}$, $FOV_{y_{ref}}$ 는 정의된 센서 사양의 x,y 방향 뷰 영역(FOV), FOV_x , FOV_y 는 최적화 사양 산출부를 통해 산출된 최적의 센서 사양의 x,y 방향 뷰 영역(FOV), $Dist_{veh_{ref}}$, $Dist_{bicy_{ref}}$, $Dist_{ped_{ref}}$ 는 정의된 센서 사양의 차량, 이륜차, 보행자에 대한 최대검출거리(MDR), $Dist_{veh}$, $Dist_{bicy}$, $Dist_{ped}$ 는 최적화 사양 산출부를 통해 산출된 최적의 센서 사양의 차량, 이륜차, 보행자에 대한 최대검출거리(MDR), w_i 는 각 엘리먼트(element)에 대한 가중치 임.)

[0022]

한편, 본 발명의 일 실시예에 따른 라이다 센서 제작을 위한 사양 최적화 방법은, 라이다(LIDAR) 센서 제작을 위해 사양을 분석하는 시스템에서의 방법으로서, 상기 시스템이 라이다(LIDAR) 센서에 대하여 정의된 센서 사양을 카메라 모델링을 기반으로 분석하여 상기 정의된 센서 사양에 근접하는 설계 사양을 추출하는 단계; 상기 시스템이 추출한 설계 사양을 기준으로 최적의 센서 사양을 재산출하는 단계; 및 상기 시스템이 재산출한 최적의 센서 사양과 상기 정의된 센서 사양과의 오차를 계산하고 상기 오차가 최소가 되는 설계 사양을 최종으로 추출하는 단계를 포함할 수 있다.

[0023]

또한, 상기 정의된 센서 사양에 근접하는 설계 사양을 추출하는 단계에서, 상기 정의된 센서 사양은 센서에 의해 검출될 수 있는 뷰 영역(Field Of View: FOV), 최대검출거리(Maximum Detection Range: MDR)를 포함하며, 상기 뷰 영역(FOV) 및 최대검출거리(MDR)에 대하여 카메라 모델링을 기반으로 정의한 하기 수학적 1 및 수학적 2를 이용하여 상기 설계 사양을 추출할 수 있다.

[0024]

[수학적 1]

$$FOV = \text{atan} \left(\frac{\text{Pixel Size} \times \text{Resolution}}{2 \times \text{Focal Length}} \right) \times \frac{180}{\pi} \times 2$$

[0025]

[0026]

[수학적 2]

$$\text{Maximum Detection Range} = \text{Focal Length} \times \frac{\text{Object Size}}{\text{Minimum Points}} \times \frac{1}{\text{Pixel Size}}$$

[0027]

[0028]

(여기서, pixel size는 수광부(receiver)의 한 픽셀에 대한 크기, Resolution는 수광부의 가로 및 세로에 놓인 픽셀의 개수, Focal Length는 렌즈와 수광부 사이의 거리, Object Size는 검출 대상 크기, Minimum Points는 센서에서 검출대상을 인식하는 최소한의 point개수임.)

[0029]

또한, 상기 오차가 최소가 되는 설계 사양을 최종으로 추출하는 단계는, 상기 최적화 사양 산출부를 통해 산출한 최적의 센서 사양과 상기 정의된 센서 사양의 오차를 최소화하는 하기 수학적 3에 의해 최종 설계 사양을 산출할 수 있다.

[0030]

[수학적 3]

$$f_{Cost} = w_1 \left(\frac{FOV_{x_{ref}} - FOV_x}{FOV_{x_{ref}}} \right)^2 + w_2 \left(\frac{FOV_{y_{ref}} - FOV_y}{FOV_{y_{ref}}} \right)^2 + w_3 \left(\frac{Dist_{veh_{ref}} - Dist_{veh}}{Dist_{veh_{ref}}} \right)^2 + w_4 \left(\frac{Dist_{bicy_{ref}} - Dist_{bicy}}{Dist_{bicy_{ref}}} \right)^2 + w_5 \left(\frac{Dist_{ped_{ref}} - Dist_{ped}}{Dist_{ped_{ref}}} \right)^2$$

[0031]

$$\min_{FOV_x, FOV_y, Dist_{veh}, Dist_{bicy}, Dist_{ped}} [f_{Cost}]$$

[0032]

(여기서, $FOV_{x_{ref}}$, $FOV_{y_{ref}}$ 는 정의된 센서 사양의 x,y 방향 뷰 영역(FOV), FOV_x , FOV_y 는 최적화 사양 산출부를 통해 산출된 최적의 센서 사양의 x,y 방향 뷰 영역(FOV), $Dist_{veh_{ref}}$, $Dist_{bicy_{ref}}$, $Dist_{ped_{ref}}$ 는 정의된 센서 사양의 차량, 이륜차, 보행자에 대한 최대검출거리(MDR), $Dist_{veh}$, $Dist_{bicy}$, $Dist_{ped}$ 는 최적화 사양 산출부를 통해 산출된 최

적의 센서 사양의 차량, 이륜차, 보행자에 대한 최대검출거리(MDR), w_i 는 각 엘리먼트(element)에 대한 가중치 임.)

[0033] 또한, 상기 오차가 최소가 되는 설계 사양을 최종으로 추출하는 단계는, 상기 정의된 센서 사양에 대하여 가중치를 부여하며, 상기 정의된 센서 사양 중 우선적으로 최적화할 센서 사양에 대하여 가중치를 조절할 수 있다.

[0034] 기타 실시예들의 구체적인 사항들은 상세한 설명 및 첨부 도면들에 포함되어 있다.

발명의 효과

[0035] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 라이다 센서를 지능형 자동차나 국방용, 항공우주용 등에 적용 시 요구되는 센서 사양에 만족하는 최적의 설계 사양을 도출하여 센서의 제작을 용이하게 한다.

[0036] 또한, 본 발명은 차량, 이륜차, 보행자 등의 검출 대상에 따라 거리 확보를 위한 요구 사양이 달라지므로 사용 목적에 따라 가중치를 조정하여 최적의 설계 사양을 도출할 수 있으므로 용도별 최적의 센서 제작이 가능한 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

- [0037] 도 1은 플래시 타입 라이다 센서의 구조도이다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 라이다 센서 제작을 위한 사양 분석 시스템의 구성도이다.
- 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 라이다 센서와 관계하여 카메라 모델을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 4 및 도 5는 카메라 모델을 이용한 센서 사양과 설계 사양의 수학적 관계를 설명하기 위한 개념도이다.
- 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 라이다 센서 제작을 위한 사양 최적화 방법을 설명하기 위해 나타낸 흐름도이다.
- 도 7 내지 도 10은 다양한 센서 사양에 따라 최적의 설계 사양을 산출한 예를 보여주는 실시예들이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0038] 본 발명의 이점 및/또는 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나, 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 것이며, 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다. 명세서 전체에 걸쳐 동일 참조 부호는 동일 구성요소를 지칭한다.

[0039] 참고로, 이하의 본 발명에서 언급하는 '센서 사양'은 라이다 센서를 자동차용, 항공우주용 등에 적용할 때 요구되는 출력 사양을 말한다. 본 실시 예에서는 센서에 의해 검출되는 뷰 영역, 최대 검출 거리 등을 포함하나 이에 한정하는 것은 아니다.

[0040] 또한, 이하의 본 발명에서 언급하는 '설계 사양'은 요구되는 센서 사양을 출력하기 위해 내부 부품들이 가져야 할 사양으로 설계 단계에서 필요한 스펙(spec.)이 된다.

[0041] 이하에서는 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예들을 상세히 설명하기로 한다.

[0042] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 라이다 센서 제작을 위한 사양 분석 시스템의 구성도이다.

[0043] 본 발명의 일 실시 예에 따른 사양 분석 시스템은 모델링부(11), 사양분석부(12), 최적화 사양 산출부(13), 최종 산출부(14), 가중치 조절부(15)를 포함한다.

- [0044] 모델링부(11)는 최적의 설계 사양을 도출하기 위해 라이다 센서를 모델링한다. 본 실시 예에서의 모델링부(11)는 라이다 센서와 카메라의 구조가 유사한 특성을 적용하여 카메라 모델링을 기반으로 라이다 센서를 모델링할 수 있다. 모델링을 통해 센서 사양과 설계 사양간의 수학적 관계를 나타낼 수 있다.
- [0045] 예컨대, 도 3을 참조하면 카메라가 물체에 반사된 빛(source)을 렌즈(optics)를 통해 수광(CCD 또는 CMOS)하는 것과 마찬가지로, 라이다 센서 또한 물체에 반사된 레이저(source)가 렌즈(optics)를 통해 수광(FPA 또는 ROI C)한다. 여기서, 카메라의 빛과 렌즈는 라이다 센서의 레이저 및 렌즈와 각각 대응될 수 있다. 이러한 구조적 유사성으로 카메라 모델링을 적용할 수 있다.
- [0046] 카메라 모델링은 장시간 노출에도 왜곡이 없는 핀홀(pin-hole) 카메라 모델을 적용할 수 있다.
- [0047] 사양 분석부(12)는 라이다 센서에 대하여 정의된 센서 요구 사양(센서 사양)을 상기 모델링부(11)에서 카메라 모델링을 기반으로 구축된 관계식(즉, 센서 사양과 설계 사양간의 수학적 관계식)에 근거하여 분석한다. 분석 결과 사양 분석부(12)는 정의된 센서 사양에 근접하는 즉, 정의된 센서 사양을 출력하기 위해 센서 내부 부품들이 가져야 할 설계 사양을 추출한다.
- [0048] 이때, 정의된 센서 사양은 라이다 센서를 자동차나 국방용, 선박, 항공우주용으로 설계시 요구되는 출력 사양을 말하는 것으로, 센서에 의해 검출될 수 있는 뷰 영역(Field Of View: FOV), 최대검출거리(Maximum Detection Range: MDR) 등을 포함할 수 있다.
- [0049] 뷰 영역(FOV)은 도 4에 나타낸 바와 같이 x방향으로의 FOV(horizontal FOV), y방향으로의 FOV(vertical FOV)로 구분되며, 카메라 모델링을 기반으로 하기 수학적 1과 같이 정의할 수 있다.
- [0050] 최대검출거리(Maximum Detection Range: MDR)는 도 5에서 예시한 바와 같이 검출 대상에 따라 차량(vehicle) 최대검출거리, 이륜차(bicycle) 최대검출거리, 보행자(pedestrian) 최대검출거리 등으로 구분되며, 카메라 모델링을 기반으로 하기 수학적 2와 같이 정의할 수 있다.

수학적 1

[0051]
$$FOV = \text{atan}\left(\frac{\text{Pixel Size} \times \text{Resolution}}{2 \times \text{Focal Length}}\right) \times \frac{180}{\pi} \times 2$$

수학적 2

[0052]
$$\text{Maximum Detection Range} = \text{Focal Length} \times \frac{\text{Object Size}}{\text{Minimum Points}} \times \frac{1}{\text{Pixel Size}}$$

- [0053] 여기서, pixel size(픽셀크기), Resolution(해상도), Focal Length(초점거리), Object Size(물체크기), Minimum Points(최소포인트개수) 등은 정의된 센서 사양을 출력하기 위해 내부 렌즈 및 수광부 등이 가져야 할 설계 사양이 된다.
- [0054] pixel size는 수광부(receiver)의 한 픽셀에 대한 크기, Resolution는 수광부의 가로 및 세로에 놓인 픽셀의 개수, Focal Length는 렌즈와 수광부 사이의 거리, Object Size는 검출 대상 크기, Minimum Points는 센서에서 검출대상을 인식하는 최소한의 point개수이다.
- [0055] 최적화 사양 산출부(13)는 사양 분석부(12)에서 추출한 설계 사양을 기준으로 최적의 센서 사양을 재산출한다. 이때, 최적의 센서 사양은 사양 분석부(12)에서 기 정의해둔 수학적 1 및 수학적 2를 이용하여 산출할 수 있다. 다만 사양 분석부(12)에서 추출한 설계 사양이 센서 사양에 최적화된 값이므로 이를 대입해서 출력되는 센서 사양 또한 최적화된 값으로 볼 수 있다. 따라서 최적의 센서 사양이라 부른다.
- [0056] 최종 산출부(14)는 최적화 사양 산출부(13)를 통해 산출한 최적의 센서 사양과 기 정의된 센서 사양과의 오차를 계산하고 계산한 오차가 최소가 되는 설계 사양을 최종으로 추출한다.

[0057] 이러한 최종 산출부(14)는 하기 수학적 식 3을 이용하여 산출할 수 있다.

수학적 식 3

$$f_{Cost} = w_1 \left(\frac{FOV_{x_{ref}} - FOV_x}{FOV_{x_{ref}}} \right)^2 + w_2 \left(\frac{FOV_{y_{ref}} - FOV_y}{FOV_{y_{ref}}} \right)^2 + w_3 \left(\frac{Dist_{veh_{ref}} - Dist_{veh}}{Dist_{veh_{ref}}} \right)^2 + w_4 \left(\frac{Dist_{bicy_{ref}} - Dist_{bicy}}{Dist_{bicy_{ref}}} \right)^2 + w_5 \left(\frac{Dist_{ped_{ref}} - Dist_{ped}}{Dist_{ped_{ref}}} \right)^2$$

$$\min_{FOV_x, FOV_y, Dist_{veh}, Dist_{bicy}, Dist_{ped}} [f_{Cost}]$$

[0058]

[0059] fcost는 기 정의된 센서 사양(예컨대, $FOV_{x_{ref}}$)을 기준값으로 설정하고, 설정한 기 정의된 센서 사양(예컨대, $FOV_{x_{ref}}$)과 최적화 사양 산출부를 통해 산출된 최적의 센서 사양(예컨대, FOV_x)과의 오차를 계산하는 함수이다.

[0060] 또한, 여기서, $FOV_{x_{ref}}$, $FOV_{y_{ref}}$ 는 정의된 센서 사양의 x,y 방향 뷰 영역(FOV), FOV_x , FOV_y 는 최적화 사양 산출부를 통해 산출된 최적의 센서 사양의 x,y 방향 뷰 영역(FOV), $Dist_{veh_{ref}}$, $Dist_{bicy_{ref}}$, $Dist_{ped_{ref}}$ 는 정의된 센서 사양의 차량, 이륜차, 보행자에 대한 최대검출거리(MDR), $Dist_{veh}$, $Dist_{bicy}$, $Dist_{ped}$ 는 최적화 사양 산출부를 통해 산출된 최적의 센서 사양의 차량, 이륜차, 보행자에 대한 최대검출거리(MDR), w_i 는 각 엘리먼트(element)에 대한 가중치를 나타낸다.

[0061] 이때, 가중치 조절부(15)는 최종 산출부(14)로 정의된 센서 사양에 대하여 가중치를 부여하며, 특히 정의된 센서 사양 중 우선적으로 최적화할 센서 사양에 대하여 가중치를 조절함으로써 어떠한 센서 사양에 중점적으로 최적화를 수행할지 선택할 수 있다.

[0062] 최적화를 수행할 경우 제작할 센서의 면적은 정해져 있다고 가정한다. 센서의 크기 증가는 제작 단가 상승을 의미하기 때문에 주어진 면적에서 센서 사양에 대한 최적화를 수행한다.

[0063] 이상, 상기와 같이 구성되는 사양 분석 시스템에서의 동작 과정에 대하여 도 6을 참조하여 상세하게 설명한다.

[0064] 먼저, S10 단계에서, 사양 분석 시스템(10)이 모델링부(11)를 통해 라이다 센서에 대하여 모델링을 수행한다. 즉, 카메라 모델링을 기반으로 라이다 센서의 센서 사양과 설계 사양과의 수학적 관계를 정의한다.

[0065] 이후, S11 단계에서, 시스템(10)의 사양 분석부(12)가 라이다 센서에 대하여 정의된 센서 요구 사양(센서 사양)을 상기 모델링부(11)를 통해 정의된 수학적 관계에 근거하여 분석한다. 분석 결과 정의된 센서 사양에 근접하는 최적의 설계 사양을 추출할 수 있다.

[0066] 일 예로, 정의된 센서 사양은 센서에 의해 검출될 수 있는 뷰 영역(Field Of View: FOV), 최대 검출 거리(Maximum Detection Range: MDR) 등을 포함할 수 있다.

[0067] 뷰 영역 및 최대검출거리는 앞서 설명한 수학적 식 1 및 2로 나타낼 수 있으며, 이를 통해 설계 사양을 추출할 수 있다.

[0068] 그런데, 사양 분석부(12)를 통한 뷰 영역(FOV) 및 최대검출거리(MDR)는 초점 거리(Focal Length) 변화에 영향을 동시에 받고, 또한 물체에 따라 다수의 최대검출거리(MDR)가 주어지기 때문에 최적의 설계 사양을 찾기가 쉽지 않다. 따라서, 이후의 최적화 과정을 더 수행한다.

[0069] 즉, S12 단계에서, 시스템(10)의 최적화 사양 산출부(13)가 사양 분석부(12)를 통해 추출한 설계 사양을 기준으로 최적의 센서 사양을 재산출한다.

[0070] 다음 S13 단계에서, 시스템(10)의 최종 산출부(14)가 기 정의된 센서 사양을 기준값으로 설정하고 상기 과정에서 재산출된 최적의 센서 사양과의 차이(오차)를 계산하여 계산한 오차가 최소화가 될 수 있는 설계 사양을 구한다.

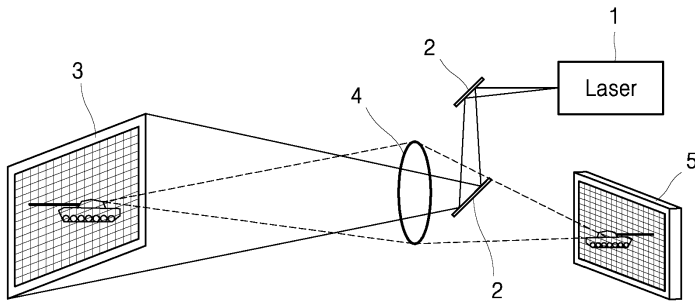
- [0071] 이때, 각 센서 사양 중 우선적으로 최적화할 센서 사양이 있는 경우, 예를 들어 차량 검출에 대한 거리 확보를 더 우선적으로 요구하는 경우 다음 S14 단계에서, 시스템(10)의 가중치 조절부(15)가 해당 최대검출거리(MDR)의 센서 사양에 대하여 가중치를 조절할 수 있다. 따라서 어떠한 센서 사양에 중점으로 최적화를 수행할지 선택적 수행이 가능하다.
- [0072] 도 7 내지 도 10은 이러한 최적화 방법을 다양한 센서 사양에 적용하여 분석한 예를 보여주고 있다.
- [0073] 도 7 내지 도 10의 실시예에서, 공통적으로 물체 크기(object size)는 차량, 이륜차, 보행자로 구분하고 각 물체 크기에 대하여 일정한 값을 정의한다. 그리고, 최소 검출 포인트 개수는 3개, 센서 크기는 1024픽셀, 하나의 픽셀 크기(pixel size)는 100 μ m \times 100 μ m로 가정한다. 또한, 차량 크기는 5m(Height) \times 2m(Width) \times 1.5m(Length), 이륜차 크기는 2m \times 0.8m \times 1.2m, 보행자 크기는 0.5m \times 0.5m \times 1.8m 로 가정한다.
- [0074] 도 7 내지 도 10에서 도시한 바와 같이 다양한 센서 사양에 대하여 최적화한 결과, (b)에 나타난 바와 같이 최적화된 설계 사양을 도출하고 각 센서 사양에 대하여 오차(Error)를 표시하여 정의된 센서 사용과 최적화된 센서 사양의 차이를 나타내고 있다.
- [0075] 먼저 도 7 및 도 8을 비교해 보면, 뷰 영역(FOV)과 최대검출거리(Maximum Detection Distance)에 대한 각 오차(Error)의 절대값 합이 도 7의 실시예에 비해 도 8의 실시예가 작다. 즉, 주어진 센서크기 1024 pixels로 제작할 수 있는 센서 사양은 도 8의 실시예에 따른 설계 사양으로 최적화될 수 있다는 사실을 알 수 있다. 이를 통해 올바른 센서 사양을 확정할 수 있다.
- [0076] 한편, 도 7의 실시예에 따른 센서 사양을 만족하기 위해서는 센서크기를 확장해야 하므로 원가 상승을 초래할 수 있다.
- [0077] 다음으로 도 9의 실시예를 살펴보면, 이는 원거리용 라이다 센서 사양에 대한 최적화 방법을 수행한 것이다.
- [0078] 뷰 영역(FOV)에 대한 오차는 적으나, 이륜차의 최대검출거리(Maximum Detection Distance)에 대한 오차는 크게 나타났다. 만약 이륜차 검출에 대한 거리 확보를 해야 할 경우 가중치를 조절할 수 있다. 하지만 그에 따라 다른 사양들이 영향을 받기 때문에 센서의 목적에 맞게 최종 선택을 해야 한다.
- [0079] 다음으로 도 10의 실시예를 살펴보면, 이는 근거리용 라이다 센서 사양에 대한 최적화 방법을 수행한 것이다.
- [0080] 각 센서 사양에 대하여 오차가 상당히 크게 나타났기 때문에 주어진 센서 크기로는 요구하는 조건을 만족시킬 수 없다는 결론을 내릴 수 있다. 결국, 센서 크기를 확장해야 하는 제작이 필요하다.
- [0081] 이와 같이, 본 발명은 라이다 센서에 대하여 주어진 요구 사양으로부터 역으로 요구 사양을 만족하는 최적의 설계 사양을 도출함으로써 센서 제작시 소요되는 경비 및 개발 시간을 절감할 수 있다.
- [0082] 이상 본 발명에 따른 구체적인 실시예에 관하여 설명하였으나, 본 발명의 범위에서 벗어나지 않는 한도 내에서는 여러 가지 변형이 가능함은 물론이다. 그러므로, 본 발명의 범위는 설명된 실시예들에 국한되어 정해져서는 안 되며, 후술하는 특허 청구의 범위뿐 아니라 이 특허 청구의 범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

부호의 설명

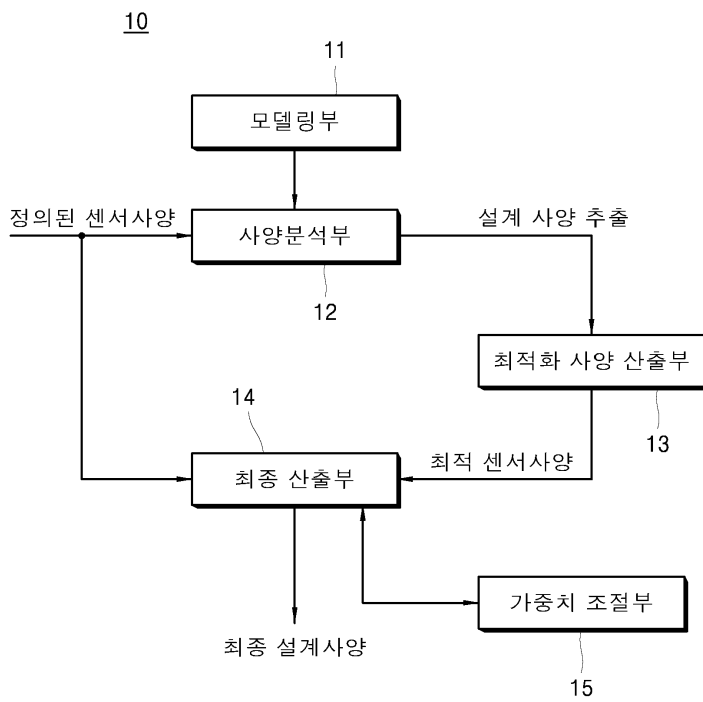
- [0083] 10: 사양 분석 시스템
- 11: 모델링부
- 12: 사양 분석부
- 13: 최적화 사양 산출부
- 14: 최종 산출부
- 15: 가중치 조절부

도면

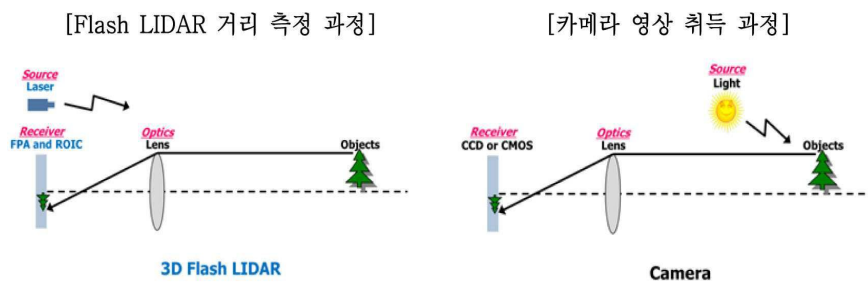
도면1



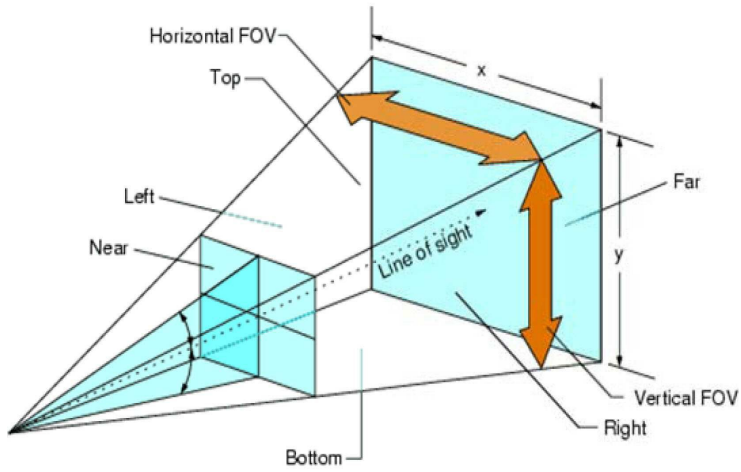
도면2



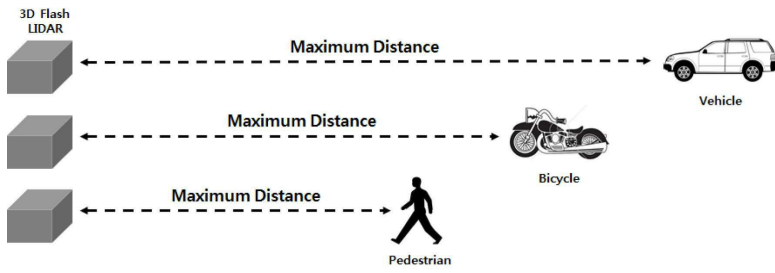
도면3



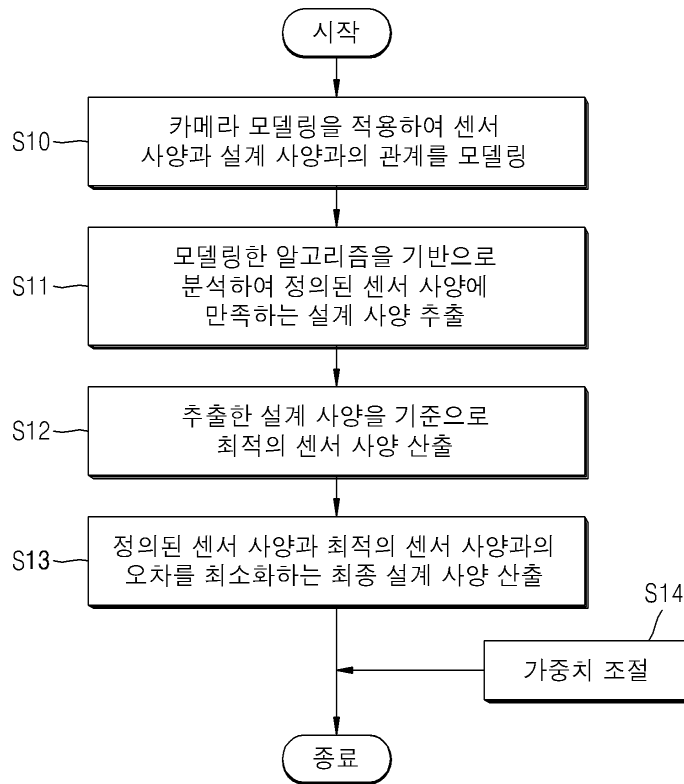
도면4



도면5



도면6



도면7

(a) 정의

센서 사양	값	
FOV(unit: degree)	Horizontal FOV: 90 Vertical FOV: 45	
Maximum Detection Range(unit: meter)	차량	25
	이륜차	25
	보행자	25

가중치	w_1	w_2	w_3	w_4	w_5
값	0.25	0.25	0.15	0.15	0.2

(b) 결과

최적화된 설계 파라미터
Resolution
 - Sensor Width = 47 [pixels]
 - Sensor Height = 22 [pixels]
Focal Length = 3 [mm]

최적화된 설계 사양으로 도출된 센서 사양과 기 정의된 센서 사양과의 차
FOV
 - Horizontal FOV = 76.1456 (Error: 13.8544 degree)
 - Vertical FOV = 40.2726 (Error: 4.7274 degree)
Maximum Detection Range
 - 차량 = 20 (Error: 5 m)
 - 이륜차 = 12 (Error: 13 m)
 - 보행자 = 18 (Error: 7 m)

Cost Function 도식화

도면8

(a) 정의

센서 사양	값	
FOV(unit: degree)	Horizontal FOV: 45 Vertical FOV: 22.5	
Maximum Detection Range(unit: meter)	차량	25
	이륜차	25
	보행자	25

가중치	w_1	w_2	w_3	w_4	w_5
값	0.25	0.25	0.15	0.15	0.2

(b) 결과

최적화된 설계 파라미터
Resolution
 - Sensor Width = 47 [pixels]
 - Sensor Height = 22 [pixels]
Focal Length = 5 [mm]

최적화된 설계 사양으로 도출된 센서 사양과 기 정의된 센서 사양과의 차
FOV
 - Horizontal FOV = 50.347 (Error: -5.347 degree)
 - Vertical FOV = 24.8148 (Error: -2.3148 degree)
Maximum Detection Range
 - 차량 = 33.3333 (Error: -8.3333 m)
 - 이륜차 = 20 (Error: 5 m)
 - 보행자 = 30 (Error: -5 m)

Cost Function 도식화

The 3D surface plot illustrates the cost function for LIDAR sensor optimization. The vertical axis represents 'Cost' ranging from 0 to 35. The horizontal axes are 'Focal Length' (0 to 1200) and 'Sensor Width' (0 to 60). The surface shows a deep, narrow valley where the cost is minimized, indicating the optimal sensor configuration. The cost increases sharply as the sensor width or focal length deviates from the optimal values.

도면9

(a) 정의

센서 사양	값	
FOV(unit: degree)	Horizontal FOV: 11 Vertical FOV: 3	
Maximum Detection Range(unit: meter)	차량	200
	이륜차	200
	보행자	200

가중치	w_1	w_2	w_3	w_4	w_5
값	0.25	0.25	0.15	0.15	0.2

(b) 결과

최적화된 설계 파라미터
Resolution
 - Sensor Width = 61 [pixels]
 - Sensor Height = 17 [pixels]
Focal Length = 33 [mm]

최적화된 설계 사양으로 도출된 센서 사양과 기 정의된 센서 사양과의 차
FOV
 - Horizontal FOV = 10.561 (Error: 0.43897 degree)
 - Vertical FOV = 2.9509 (Error: 0.049052 degree)
Maximum Detection Range
 - 차량 = 220 (Error: -20 m)
 - 이륜차 = 132 (Error: 68 m)
 - 보행자 = 198 (Error: 2 m)

Cost Function 도식화

The 3D plot shows the cost function landscape. The vertical axis is 'Cost' ranging from 0 to 1000. The horizontal axes are 'Focal Length' (0 to 40) and 'Sensor Width' (0 to 1500). The surface is colored with a gradient from blue (low cost) to red (high cost). A prominent ridge of high cost is visible at low focal lengths (near 0-10) and low sensor widths (near 0-100), which drops off sharply as focal length and sensor width increase, reaching a minimum cost region at higher values.

도면10

(a) 정의

센서 사양	값	
FOV(unit: degree)	Horizontal FOV: 90 Vertical FOV: 45	
Maximum Detection Range(unit: meter)	차량	50
	이륜차	50
	보행자	50

가중치	w_1	w_2	w_3	w_4	w_5
값	0.25	0.25	0.15	0.15	0.2

(b) 결과

최적화된 설계 파라미터
Resolution
 - Sensor Width = 41 [pixels]
 - Sensor Height = 25 [pixels]
Focal Length = 5 [mm]

최적화된 설계 사양으로 도출된 센서 사양과 기 정의된 센서 사양과의 차
FOV
 - Horizontal FOV = 44.5873 (Error: 45.4127 degree)
 - Vertical FOV = 28.0725 (Error: 16.9275 degree)
Maximum Detection Range
 - 차량 = 33.3333 (Error: 16.6667 m)
 - 이륜차 = 20 (Error: 30m)
 - 보행자 = 20 (Error: 20 m)

Cost Function 도식화

The 3D surface plot shows the cost function landscape. The vertical axis is 'Cost' ranging from 0 to 7. The horizontal axes are 'Focal Length' (0 to 50) and 'Sensor Width' (0 to 1500). The surface is colored with a gradient from blue (low cost) to red (high cost). A distinct valley is visible, indicating the optimal parameter space for minimizing the cost function.