



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년07월16일
 (11) 등록번호 10-1877608
 (24) 등록일자 2018년07월05일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 G01S 11/12 (2006.01) G01S 5/16 (2006.01)
 H04W 64/00 (2009.01)
 (52) CPC특허분류
 G01S 11/12 (2013.01)
 G01S 5/16 (2013.01)
 (21) 출원번호 10-2016-0047723
 (22) 출원일자 2016년04월19일
 심사청구일자 2017년02월14일
 (65) 공개번호 10-2017-0088732
 (43) 공개일자 2017년08월02일
 (30) 우선권주장
 1020160007883 2016년01월22일 대한민국(KR)
 (56) 선행기술조사문헌
 KR1020120119055 A*
 KR101452649 B1*
 KR1020120006306 A*
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
단국대학교 산학협력단
 경기 용인시 수지구 죽전로 152, 내 (죽전동, 단국대학교)
 (72) 발명자
강정원
 경기도 성남시 분당구 중앙공원로 53 123동 801호 (서현동, 시범단지삼성. 한신아파트)
남해운
 서울특별시 동작구 사당로16마길 9 501호 (사당동, 문현빌라)
강인성
 경기도 안양시 만안구 병목안로130번길 50-10
 (74) 대리인
특허법인이상

전체 청구항 수 : 총 10 항

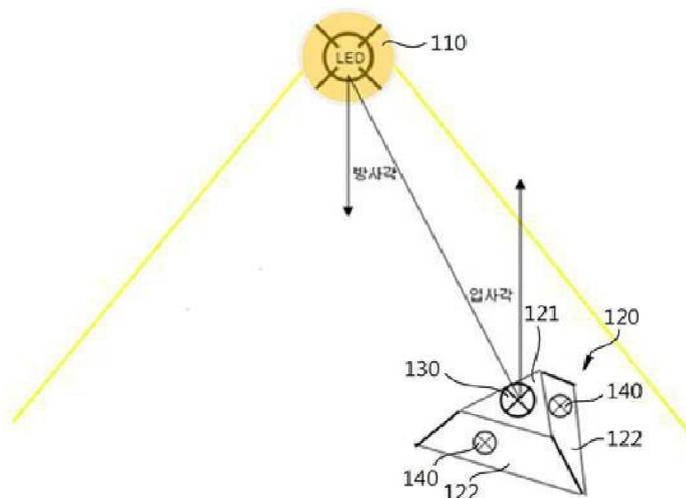
심사관 : 안문환

(54) 발명의 명칭 **실내 측위 시스템 및 방법**

(57) 요약

단일의 LED로부터 광 출력 세기들을 이용하여 광 수신기의 위치를 측정할 수 있는 실내 측위 시스템이 개시된다. 종래의 수신신호세기 기반의 가시광통신을 이용한 측위시스템은 단일의 LED를 사용하면서 광 수신기의 위치를 변화시키거나 광 수신세기를 미리 측정하여 광 수신감도 맵을 작성하는 과정이 필요했으나, 본 발명에 따른 측위시스템에서는 수신세기 측정부, 후보 위치 산출부 및 위치 분석부를 포함하여 수신기의 위치를 변화시키지 않고도, 단일의 LED 조명을 이용하여 간단하면서도 보다 정확한 측위가 가능하다. 더 나아가, 후보 위치 상수를 조절하여 계산의 복잡도와 원하는 측위 오차의 범위를 조절할 수 있기 때문에 측위시스템 분야에서 유용하게 활용될 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

H04W 64/00 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 R201500525

부처명 산업통상자원부

연구관리전문기관 한국산업기술진흥원

연구사업명 지역연고산업육성사업

연구과제명 광응용기기 핵심전력부품 및 제품화 지원 사업

기 여 율 1/1

주관기관 단국대학교

연구기간 2015.03.01 ~ 2016.02.29

명세서

청구범위

청구항 1

단일의 LED로부터 수신기에 배치된 광다이오드들로 수신되는 광 수신 신호세기 값을 측정하는 수신세기 측정부;
상기 광다이오드 중 제1 광다이오드로 수신되는 광 수신 신호세기 값을 이용하여 상기 수신기가 위치할 수 있는 후보 위치들을 추정하는 후보 위치 산출부; 및

상기 추정된 후보 위치들 각각에서 상기 광다이오드 중 다수의 제2 광다이오드들에 수신되는 광 수신 신호세기를 이용하여 상기 수신기의 위치를 판별하는 위치 분석부를 포함하고,

상기 수신기는, 상면과 적어도 3개 이상의 경사진 옆면을 포함하며,

상기 다수의 제2 광다이오드들은 상기 수신기의 경사진 옆면에 각각 배치되는 것인 실내 측위 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 위치 분석부는,

상기 후보 위치들 각각에서 상기 다수의 제2 광다이오드들에 수신되는 광 수신 신호세기 값을 각각 예측하는 후보 위치 분석부; 및

상기 후보 위치 분석부에서 예측한 광 수신 신호세기 값과 실제 측정된 광 수신 신호세기 값을 비교하여 상기 수신기의 위치를 추정하는 위치 추정부를 포함하는 실내 측위 시스템.

청구항 3

삭제

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 제1 광다이오드는 상기 수신기의 상면에 배치되는 것인 실내 측위 시스템.

청구항 5

삭제

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 후보 위치들은 상기 LED에서 수직거리에 위치한 바닥 지점을 원점으로 하고, 상기 LED와 상기 수신기 사이의 수평거리를 반지름으로 하는 가상 원상에 위치하는 것인 실내 측위 시스템.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 후보 위치들은 상기 가상 원을 등분한 개수와 같은 개수를 갖고, 상기 등분된 가상 원의 호 중심에 각각 위치하는 것인 실내 측위 시스템.

청구항 8

제2항에 있어서, 상기 후보 위치 분석부는,

상기 다수의 제2 다이오드들의 방향을 예측하기 위한 방위각 센서를 포함하는 것인 실내 측위 시스템.

청구항 9

제2항에 있어서, 위치 추정부는,

상기 수신기의 위치를 추정하기 위해 최소제곱법(method of least squares)을 이용하는 것인 실내 측위 시스템.

청구항 10

LED로부터 수신기에 배치된 광다이오드로 수신되는 광 수신 신호세기 값을 측정하는 광 수신 신호세기 측정단계;

상기 광다이오드 중 제1 광다이오드로 수신되는 광 수신 신호세기 값을 이용하여 상기 수신기가 위치할 수 있는 후보 위치들을 추정하는 후보 위치 산출단계; 및

상기 추정된 후보 위치들 각각에서 상기 광다이오드 중 다수의 제2 광다이오드들에 수신되는 광 수신 신호세기를 이용하여 상기 수신기의 위치를 분석하는 수신기 위치 분석단계를 포함하고,

상기 수신기 상면에는 상기 제1 광다이오드가 배치되고, 상기 수신기의 경사진 옆면에는 적어도 3개 이상의 제2 광다이오드가 각각 배치되는 것인 실내 측위 방법.

청구항 11

제10항에 있어서, 상기 수신기 위치 분석단계는,

상기 후보 위치들 각각에서 상기 다수의 제2 광다이오드들에 수신되는 광 수신 신호세기 값을 각각 예측하는 후보 위치 분석단계; 및

상기 후보 위치 분석단계에서 예측한 광 수신 신호세기 값과 실제 측정된 광 수신 신호세기 값을 비교하여 상기 수신기의 위치를 추정하는 수신기 위치 추정단계를 포함하는 실내 측위 방법.

청구항 12

삭제

청구항 13

제10항에 있어서, 상기 후보 위치 산출단계는,

상기 LED에서 수직거리에 위치한 바닥 지점을 원점으로 하고, 상기 LED와 상기 수신기 사이의 수평거리를 반지름으로 하는 가상 원상에 후보 위치를 추정하는 것인 실내 측위 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 실내 측위 시스템 및 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 단일의 LED로부터 광 출력세기들을 이용하여 광 수신기의 위치를 측정할 수 있는 광 수신기를 이용한 최소제곱법 방법 기반의 실내 측위 시스템 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 실내 위치 인식 시스템에 관한 많은 연구가 진행되고 있다. 위치 인식에서 대표적으로 사용되는 것은 범지구 측위 시스템(global positioning system, GPS)이다. 다만, 범지구 측위 시스템의 무선 신호는 건물을 잘 통과하지 못하기 때문에, 실내에서 측위 오차는 커진다. 따라서 범지구 측위 시스템을 대신할 다른 방법을 이용할 필요가 있다.

[0003] 대두되고 있는 두 가지 대안으로는 라디오 주파수를 이용한 방법과 가시광 통신을 이용한 방법이 있다. 라디오 주파수를 이용하는 방법의 경우에는 전자파 간섭의 문제뿐만 아니라 측위오차가 크다. 하지만, 가시광 통신을 이용한다면 이러한 문제는 해결되므로, 해당 라디오 주파수를 사용하지 못하는 환경에서도 적용할 수 있다.

[0004] 현재, 가시광 통신을 이용한 많은 실내 측위 시스템에 관한 연구 결과들이 발표되고 있다. 대부분의 경우는

Light Emitting Diode-Identification(LED-ID) 기반의 측위 시스템으로 해당 구역에 위치한 LED의 광 신호 패턴만 알고 있으면 위치를 알 수 있는 매우 간단한 방법이다. 하지만 이러한 방법의 경우에는 해당 LED가 위치한 구역만 알 수 있기 때문에 응용할 수 있는 폭이 제한된다.

[0005] 최근, 가시광 통신을 이용한 실내 측위 시스템에서는 수신신호세기 (Received Signal Strength, RSS)를 이용한 방법이 많이 연구되고 있다. 최소 3개 이상의 복수의 LED들로부터의 수신신호세기를 분석하여 수신기로부터 각 LED까지의 거리를 계산하고, 이를 이용하여 수신기의 위치를 판단하는 방법이 많이 이용된다. 즉, 하나의 수신기의 위치를 판별하기 위해 3개 이상의 LED들이 반드시 필요하다. 이는 해당 기술을 적용하기 위한 충분한 실내 공간이 필요함과 동시에 각 LED들의 설치 위치를 강제시킴을 의미한다.

선행기술문헌

특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) 한국특허 공개 10-2012-0119055

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 수신기의 위치를 변화시키지 않고, 단일의 LED 조명을 이용하여 간단하면서도 정확한 측위가 가능한 실내 측위 시스템을 제공하는데 있다.

과제의 해결 수단

[0008] 상기 과제를 해결하기 위한 본 발명의 실내 측위 시스템은 단일의 LED로부터 수신기에 배치된 광다이오드들로 수신되는 광 수신 신호세기 값을 측정하는 수신세기 측정부; 상기 광다이오드 중 제1 광다이오드로 수신되는 광 수신 신호세기 값을 이용하여 상기 수신기가 위치할 수 있는 후보 위치들을 추정하는 후보 위치 산출부; 및 상기 추정된 후보 위치들 각각에서 상기 광다이오드 중 다수의 제2 광다이오드들에 수신되는 광 수신 신호세기를 이용하여 상기 수신기의 위치를 판별하는 위치 분석부를 포함한다.

[0009] 상기 위치 분석부는, 상기 후보 위치들 각각에서 상기 다수의 제2 광다이오드들에 수신되는 광 수신 신호세기 값을 각각 예측하는 후보 위치 분석부; 및 상기 후보 위치 분석부에서 예측한 광 수신 신호세기 값과 실제 측정된 광 수신 신호세기 값을 비교하여 상기 수신기의 위치를 추정하는 위치 추정부를 포함할 수 있다.

[0010] 상기 수신기는, 상면과 적어도 3개 이상의 경사진 옆면을 포함할 수 있다.

[0011] 상기 제1 광다이오드는 상기 수신기의 상면에 배치될 수 있다.

[0012] 상기 다수의 제2 광다이오드들은 상기 수신기의 경사진 옆면에 각각 배치될 수 있다.

[0013] 상기 후보 위치들은 상기 LED에서 수직거리에 위치한 바닥 지점을 원점으로 하고, 상기 LED와 상기 수신기 사이의 수평거리를 반지름으로 하는 가상 원상에 위치할 수 있다.

[0014] 상기 후보 위치들은 상기 가상 원을 등분한 개수와 같은 개수를 갖고, 상기 등분된 가상 원의 호 중심에 각각 위치할 수 있다.

[0015] 상기 후보 위치 분석부는, 상기 다수의 제2 다이오드들의 방향을 예측하기 위한 방위각 센서를 포함할 수 있다.

[0016] 위치 추정부는, 상기 수신기의 위치를 추정하기 위해 최소제곱법(method of least squares)을 이용할 수 있다.

[0017] 상기 과제를 해결하기 위한 본 발명의 실내 측위 방법은 LED로부터 수신기에 배치된 광다이오드로 수신되는 광 수신 신호세기 값을 측정하는 광 수신 신호세기 측정단계; 상기 광다이오드 중 제1 광다이오드로 수신되는 광 수신 신호세기 값을 이용하여 상기 수신기가 위치할 수 있는 후보 위치들을 추정하는 후보 위치 산출단계; 및 상기 추정된 후보 위치들 각각에서 상기 광다이오드 중 다수의 제2 광다이오드들에 수신되는 광 수신 신호세기를 이용하여 상기 수신기의 위치를 분석하는 수신기 위치 분석단계를 포함한다.

[0018] 상기 수신기 위치 분석단계는, 상기 후보 위치들 각각에서 상기 다수의 제2 광다이오드들에 수신되는 광 수신 신호세기 값을 각각 예측하는 후보 위치 분석단계; 및 상기 후보 위치 분석단계에서 예측한 광 수신 신호세기

값과 실제 측정된 광 수신 신호세기 값을 비교하여 상기 수신기의 위치를 추정하는 수신기 위치 추정단계를 포함할 수 있다.

[0019] 상기 수신기 상면에는 상기 제1 광다이오드가 배치되고, 상기 수신기의 경사진 옆면에는 적어도 3개 이상의 제2 광다이오드가 각각 배치될 수 있다.

[0020] 상기 후보 위치 산출단계는, 상기 LED에서 수직거리에 위치한 바닥 지점을 원점으로 하고, 상기 LED와 상기 수신기 사이의 수평거리를 반지름으로 하는 가상 원상에 후보 위치를 추정할 수 있다.

발명의 효과

[0021] 상술한 본 발명에 따르면, 종래 실내 측위 시스템에 비하여 수신기의 위치를 움직이지 않고도 구할 수 있으며, 광 수신 감도 맵을 미리 구성하지 않아도 수신기의 위치를 추정할 수 있다. 또한, 후보 위치 상수를 조절하여 계산의 복잡도와 원하는 측위 오차의 범위를 조절할 수 있기 때문에 LED를 이용한 가시광 통신 기반의 측위 시스템에 매우 유용하게 적용될 수 있다.

[0022] 본 발명의 기술적 효과들은 이상에서 언급한 것들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 기술적 효과들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

[0023] 도 1은 본 발명의 측위 시스템을 나타내는 도면이다.

도 2는 본 발명의 수신기를 나타내는 도면이다.

도 3은 본 발명의 측위 시스템의 시스템 블록도이다.

도 4는 본 발명의 수신기의 후보 위치 곡선을 나타내는 도면이다.

도 5는 본 발명의 실시예에 따른 수신기의 후보 위치를 나타내는 도면이다.

도 6은 본 발명의 다른 실시예에 따른 수신기의 후보 위치를 나타내는 도면이다.

도 7은 본 발명에 따른 실내 측위 방법의 전체적인 흐름을 나타내는 순서도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0024] 본 발명은 다양한 변환을 가할 수 있고 여러 가지 실시 예를 가질 수 있는바, 특정 실시 예들을 도면에 예시하고 상세한 설명에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변환, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다.

[0025] 이하, 본 발명에 따른 실시 예들을 첨부도면을 참조하여 상세히 설명하기로 하며, 첨부 도면을 참조하여 설명함에 있어, 동일하거나 대응하는 구성 요소는 동일한 도면번호를 부여하고 이에 대한 중복되는 설명은 생략하기로 한다.

[0027] 도 1은 본 발명의 측위 시스템을 나타내는 도면이다. 도 2(a)는 본 발명의 수신기를 위에서 바라본 도면이고, 도 2(b)는 도 2(a)도면에서 수신기를 A방향으로 바라본 도면이다. 또한, 도 3은 본 발명의 측위 시스템의 시스템 블록도이다.

[0028] 일반적으로 삼변 측량술에 의하여 LED와 수신기 사이의 거리값을 3개 이상 알고 있으면 수신기의 위치를 추정할 수 있다. 보통 3개의 LED와 1개의 수신기 사이의 거리값을 이용하여 수신기의 위치를 추정하지만, 이러한 경우 3개의 LED가 가까운 위치가 아닌 일정길이 만큼 이격되어 있어서 수신지점에서의 각 LED의 유효한 광 수신 세기 값을 받아들인다. 다른 예로, 단일의 LED와 다수의 광 다이오드가 배치된 수신기에 수신세기를 측정할 경우, 광 다이오드의 위치적 차이가 거의 없기 때문에 유효한 광 수신 세기를 추가적으로 획득하기 힘든 단점이 있다.

[0029] 따라서, 본 발명에 따른 실내 측위 시스템은 도 1, 도 2(a) 및 도 2(b)에 도시한 바와 같이, 단일의 LED(110)와 다수의 광다이오드(130, 140)가 배치된 수신기(120)를 구비하되, 수신기(120)에는 상면(121)과 적어도 3개 이상의 경사진 옆면(122)을 포함한다. 즉, 수신기(120) 상면(121)에는 제1 광다이오드(130)가 배치될 수 있고, 수신기(120)의 경사진 옆면(122)에는 다수의 제2 광다이오드들이 각각 배치될 수 있다. 본 발명에 따른 바람직한 실

시예에 따르면 수신기(120)에는 수신기(120) 상면(121)에 배치된 하나의 제1 광다이오드(1번 광다이오드, 130)와 수신기(120)의 3개의 경사진 옆면(122)에 각각 배치된 3개의 제2 광다이오드들(2,3,4번 광다이오드, 140)을 포함하여 총 4개의 광다이오드가 적용될 수 있다. 다수의 제2 광다이오드들(140)을 수신기(120)의 경사진 옆면(122)에 각각 배치함으로써 각각 광다이오드마다 유효한 광 수신 세기 값이 측정될 수 있다.

[0030] 상기한 단일의 LED(110)와 다수의 광다이오드(130, 140)가 포함된 수신기(120)를 이용하여 수신기(120)의 위치를 판별하기 위해 도 3에 도시한 바와 같이, 본 발명에 따른 실내 측위 시스템(200)은 수신세기 측정부(210), 후보 위치 산출부(220) 및 위치 분석부(230)를 포함한다.

[0031] 수신세기 측정부(210)는 단일의 LED(110)로부터 수신기(120)에 배치된 광다이오드들로 수신되는 광 수신 신호세기 값을 측정한다. 즉, 단일의 LED(110)에서 송신되는 광 수신 신호를 수신기(120)의 상면(121)에 배치된 제1 광다이오드(130)와 수신기(120)의 경사진 옆면(122)에 배치된 제2 광다이오드들(140) 각각에서 수신하고, 수신된 광 수신 신호를 이용하여 광 수신 신호세기 값을 측정한다.

[0032] 일반적으로 광 채널에서는 가시선(line of sight, LOS) 성분이 크기 때문에, 직류 이득(DC gain)이 중요하다. 이러한 채널의 직류 이득은 수학적 1과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 1

[0033]
$$H(0) = \begin{cases} \frac{m+1}{2\pi d^2} A \cdot \cos^m(\phi) \cdot T_s(\psi) \cdot g(\psi) \cdot \cos(\psi), & 0 \leq \psi \leq \psi_c \\ 0, & \psi > \psi_c \end{cases}$$

[0035] 여기서, H(0)는 채널의 직류 이득, m은 Lamberian 차수로 $\frac{\ln 2}{\ln(\cos\Phi_{1/2})}$, d는 LED(110)와 수신기(120) 사이의 거리, A는 수신기(120)의 광다이오드의 물리적 영역의 크기, ϕ 는 LED(110)로부터의 빛의 방사각, ψ 는 수신기(120)로부터의 빛의 입사각, $\Phi_{1/2}$ 는 LED(110)의 최대 빛의 세기의 1/2되는 각도의 값, $\psi_{1/2}$ 는 LED(110)의 시각(field of view, FOV)의 반각, $g(\psi)$ 는 집광기의 이득, $T_s(\psi)$ 는 광 필터의 이득을 의미한다.

[0036] 수학식 1에서 $T_s(\psi) \cdot g(\psi)$ 를 하나의 이득 상수 G로 변환하고, $\cos^m(\phi)$, $\cos(\psi)$ 를 LED(110)와 수신기(120)의 거리에 대한 표현으로 변경하면 수신기(120)에 배치된 광다이오드에서 수신되는 빛의 세기는 수학식 2와 같이 나타낼 수 있다.

수학식 2

[0037]
$$P_r = H(0) \cdot P_t = \frac{(m+1) \cdot P_t}{2\pi d^2} A \cdot \cos^m(\phi) \cdot G \cdot \cos(\psi)$$

$$= \frac{(m+1) \cdot P_t}{2\pi d^2} A \cdot G \cdot \left(\frac{h}{d}\right)^{m+1}$$

[0039] 여기서, P_r 은 수신기(120)에서 수신되는 LED(110)에서 방출된 광신호의 세기, P_t 는 LED(110)의 광 파워(Source Power), h는 LED(110)와 수신기(120) 사이의 수직 거리를 의미한다.

[0040] 수학식 2를 이용하여 LED(110)와 수신기(120) 사이의 수평거리를 수학식 3과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 3

$$d_{xy} = \sqrt[m+3]{\frac{(m+1)P_t \cdot A \cdot G \cdot h^{m+1}}{2\pi P_r}}$$

[0041]

[0043]

후보 위치 산출부(220)는 수신기(120)에 배치된 광다이오드 중 수신기(120) 상면(121)에 배치된 제1 광다이오드(130)로 수신되는 광 수신 신호세기 값을 이용하여 수신기(120)가 위치할 수 있는 후보 위치(320)들을 추정한다.

[0044]

도 4는 본 발명의 수신기의 후보 위치 곡선을 나타내는 도면이고, 도 5는 본 발명의 수신기의 후보 위치를 나타내는 도면이다. 또한, 도 6은 본 발명의 다른 실시예에 따른 수신기의 후보 위치를 나타내는 도면이다.

[0045]

도 4 내지 도 6을 참조하면, 후보 위치(320)들을 추정하기 위해 LED(110)에서 제1 광다이오드(1번 광다이오드, 130)로 수신되는 광 수신 신호세기 값을 수학식 2를 통해 구한 후, 수학식 3을 이용하여 LED(110)와 수신기(120) 사이의 수평거리를 구한다. 후보 위치(320)는 도 4에 도시한 바와 같이, LED(110)에서 수직거리에 위치한 바닥 지점을 원점으로 하고, 수학식 3을 통해 구한 LED(110)와 수신기(120) 사이의 수평거리를 반지름으로 하는 가상 원(310)상에 위치한다고 가정할 수 있다.

[0046]

계산의 복잡도를 고려하여 수신기(120) 후보 위치(320)군 상수를 N_1 로 정의하고, 후보 위치(320)군 상수 N_1 를 이용하여 후보 위치(320)를 N_1 개로 임의로 좁힐 수 있다. 따라서, N_1 개의 후보 위치(320)는 상기한 가상 원(310)상에 위치할 수 있으며, N_1 의 개수는 가상 원(310)을 등분한 개수와 같은 개수를 갖는다. 또한, 수신기(120)의 후보 위치(320)들은 등분된 가상 원(310)의 호 중심에 각각 위치할 수 있다.

[0047]

도 5 및 도 6에 도시한 수신기(120)의 후보 위치(320)는 수신기(120) 후보의 개수가 $N_1=8$ 일 경우와 $N_1=16$ 일 경우의 위치들을 도시한 도면이다. $N_1=8$ 일 경우와 $N_1=16$ 일 경우에 산출된 후보의 위치들을 D_1 로 정의하면, $N_1=8$ 일 경우의 산출된 후보 위치(320)는 LED(110)에서 수직거리에 위치한 바닥 지점을 원점으로 하고, LED(110)와 수신기(120) 사이의 수평거리를 반지름으로 하는 가상 원(310)을 8분등하여, 등분된 가상 원(310)의 호 중심에 각각 $D_1, D_2, D_3, \dots, D_8$ 의 수신기(120) 후보들이 위치할 수 있다. 또한, $N_1=16$ 일 경우의 산출된 후보 위치(320)는 $N_1=8$ 일 경우와 동일하게 LED(110)에서 수직거리에 위치한 바닥 지점을 원점으로 하고, LED(110)와 수신기(120) 사이의 수평거리를 반지름으로 하는 가상 원(310) 상에서 가상 원(310)을 16분등하여, 등분된 가상 원(310)의 호 중심에 각각 $D_1, D_2, D_3, \dots, D_{15}, D_{16}$ 의 수신기(120) 후보들이 위치할 수 있다.

[0048]

$N_1=8$ 일 경우와 $N_1=16$ 일 경우의 계산량과 측위 오차를 비교하면, $N_1=8$ 일 경우는 수신기(120)의 후보들이 가상 원(310)상에 8곳으로 가정하여 8곳에 대한 각각의 광 수신 신호세기 값을 예측하기 때문에 $N_1=16$ 일 경우보다 계산량은 적지만, 그 만큼 측위 오차가 존재하며, $N_1=16$ 일 경우는 $N_1=8$ 일 경우보다 두 배가 많은 16곳의 후보 위치(320)들에 대한 광 수신 신호세기 값을 예측하기 때문에 $N_1=8$ 일 경우보다 계산량은 많지만, 그 만큼 측위 오차는 감소하게 된다. 따라서, $N_1=16$ 일 경우가 $N_1=8$ 일 경우보다 계산량은 늘어나지만 더 정확한 측위에 의해 수신기(120)의 위치를 정확히 판단할 수 있다. 즉, 본 발명에 따른 실내 측위 시스템은 후보 위치(320) 상수를 조절하여 계산의 복잡도와 원하는 측위 오차의 범위를 조절할 수 있기 때문에 측위시스템 분야에서 유용하게 활용가능하다.

[0049]

위치 분석부(230)는 추정된 후보 위치(320)들 각각에서 광다이오드 중 다수의 제2 광다이오드들(140)에 수신되는 광 수신 신호세기를 이용하여 수신기(120)의 위치를 판별한다.

[0050]

또한, 위치 분석부(230)는 후보 위치 분석부(231) 및 위치 추정부(232)를 포함할 수 있다.

[0051]

후보 위치 분석부(231)는 후보 위치(320)들 각각에서 다수의 제2 광다이오드들(140)에 수신되는 광 수신 신호세기 값을 각각 예측한다. 광 수신 신호 세기는 빛의 입사각, 빛의 방사각에 따라 달라지기 때문에 수신기(120)의 경사진 옆면(122)에 위치한 제2 광다이오드들(140)의 광 수신 신호 세기는 거리 계산과정에서 유효한 값이 된다.

- [0052] 후보 위치 분석부(231)에서 측정되는 예측 광 수신 신호 세기 값은 수신기(120)의 후보 위치(320)인 D_i 지점에서 수신기(120)의 j 번째 광 다이오드의 광 수신 신호세기를 나타내는 $\widehat{P}_{r,i,j}$ 로 정의될 수 있다. 예측 광 수신 신호 세기 값은 상기한 수학적 2를 통해 구할 수 있고, 이 값은 실제 값이 아닌 예상되는 광 수신 세기 값이다.
- [0053] 상기한 바와 같이, 본 발명에 따른 바람직한 실시예에서의 수신기(120)는 수신기(120)의 경사진 3개의 옆면(122)에 3개의 제2 광다이오드들(2,3,4번 광다이오드, 140)이 각각 배치될 수 있기 때문에, 후보 위치 분석부(231)에서는 후보 위치 산출부(220)에서 추정된 수신기(120)의 후보 위치(320)들 각각에서 수신기(120)의 경사진 옆면(122)에 배치된 3개의 광다이오드들에 대한 예측 광 수신 신호세기 값을 각각 구할 수 있다. 예를 들어, $N_1=8$ 일 경우는 가상 원(310)상에 배치된 8곳($D_1, D_2, D_3, \dots, D_8$)에 대한 후보 위치(320) 각각에서 제2 광다이오드들(140)($j=2, j=3, j=4$)에 대해 예측 광 수신 신호세기 값을 구할 수 있고, $N_1=16$ 일 경우는 가상 원(310)상에 배치된 16곳($D_1, D_2, D_3, \dots, D_{15}, D_{16}$)에 대한 후보 위치(320) 각각에서 제2 광다이오드들(140)($j=2, j=3, j=4$)에 대해 예측 광 수신 신호세기 값을 구할 수 있다. 이때, 후보 위치(320)들은 정해져 있지만 수신기(120)의 경사진 옆면(122)에 위치한 2,3,4번의 제2 광다이오드의 방향(140)은 알 수 없기 때문에 자이로 센서와 같은 방위각 센서를 사용하여 측정된 수신기(120)의 방위각이 고려될 수 있다.
- [0054] 위치 추정부(232)에서는 후보 위치 분석부(231)에서 예측한 광 수신 신호세기 값인 $\widehat{P}_{r,i,j}$ 과 실제 측정된 광 수신 신호세기 값인 $P_{r,i,j}$ 을 비교하여 수신기(120)의 위치를 추정할 수 있다. 여기서 $P_{r,i,j}$ 는 j 번째 광다이오드의 실제 광 수신 신호 세기를 나타낸다.
- [0055] 위치 추정부(232)에서 예측 광 수신 신호세기 값과 측정된 광 수신 신호세기 값을 이용하여 수신기(120)의 후보 위치(320)중 수신기(120)가 실제로 위치해 있을 가능성이 가장 높은 위치를 판별하기 위해 최소 제곱법(method of least squares)이 적용될 수 있다. 최소 제곱법은 오차의 제곱을 최소화하도록 파라미터를 결정하는 방법으로써 최소 자승법으로도 정의한다.
- [0056] 본 발명에 의한 수신기(120)가 실제로 위치해 있을 가능성이 가장 높은 위치를 판별하기 위한 최소 제곱법은 수학적 4와 같이 나타낼 수 있다.

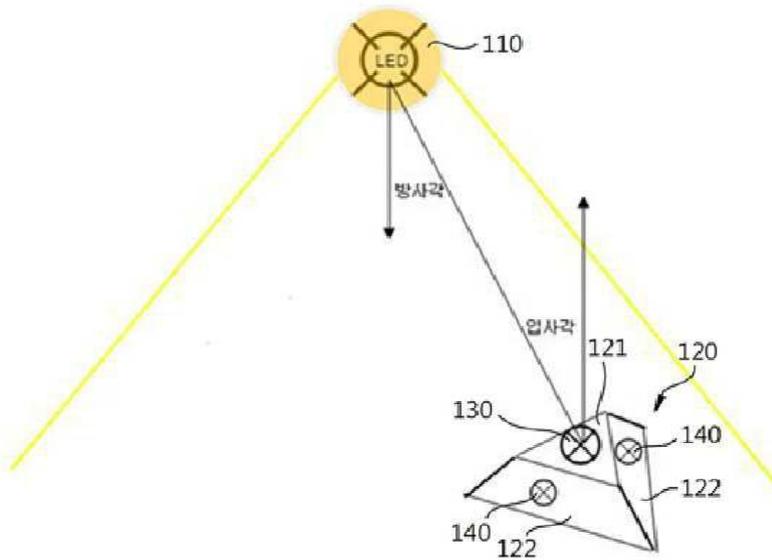
수학적 4

$$\sum_j (P_{r,i,j} - \widehat{P}_{r,i,j})^2$$

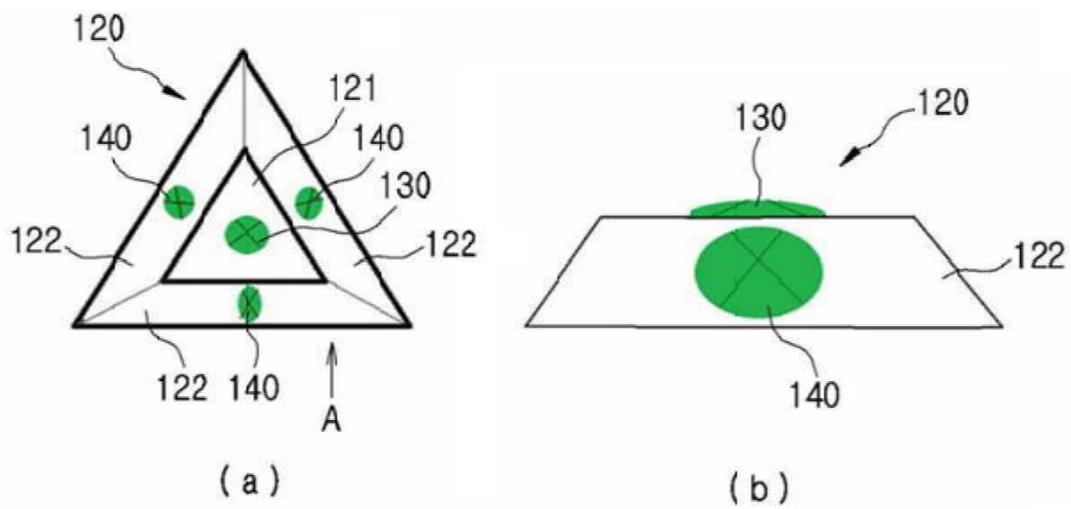
- [0057]
- [0059] 수학적 4를 이용하여 각각의 후보 위치(320)마다 오차의 제곱들의 합을 구하고, 이들 중 가장 작은 값이 발생한 후보위치 D_i 가 실제로 수신기(120)가 위치하는 가능성이 가장 높다고 추정할 수 있다.
- [0060] 도 7은 본 발명에 따른 실내 측위 방법의 전체적인 흐름을 나타내는 순서도이다.
- [0061] 도 7을 참조하면, 본 발명에 따른 실내 측위 방법은 LED(110)로부터 수신기(120)에 배치된 광다이오드로 수신되는 광 수신 신호세기 값을 측정하는 광 수신 신호세기 측정단계(S410), 광다이오드 중 제1 광다이오드(130)로 수신되는 광 수신 신호세기 값을 이용하여 수신기(120)가 위치할 수 있는 후보 위치(320)들을 추정하는 후보 위치 산출단계(S420), 추정된 후보 위치(320)들 각각에서 광다이오드 중 다수의 제2 광다이오드들(140)에 수신되는 광 수신 신호세기를 이용하여 수신기(120)의 위치를 분석하는 수신기(120) 위치 분석단계(S430)를 포함한다.
- [0062] 광 수신 신호세기 측정 단계(S410)에서는, 단일의 LED(110)로부터 수신기(120)에 배치된 광다이오드들(130, 140)로 수신되는 광 수신 신호세기 값을 측정한다. 즉, 단일의 LED(110)에서 송신되는 광 수신 신호를 수신기(120)의 상면(121)에 배치된 제1 광다이오드(130)와 수신기(120)의 경사진 옆면(122)에 배치된 제2 광다이오드들(140) 각각에서 수신하고, 수신된 광 수신 신호를 이용하여 광 수신 신호세기 값을 측정한다.
- [0063] 후보 위치 산출단계(S420)에서는, 수신기(120)에 배치된 광다이오드 중 수신기(120) 상면(121)에 배치된 제1 광다이오드(130)로 수신되는 광 수신 신호세기 값을 이용하여 수신기(120)가 위치할 수 있는 후보 위치(320)들을 추정한다. 이때, 추정된 후보 위치(320)는 LED(110)에서 수직거리에 위치한 바닥 지점을 원점으로 하고, LED(110)와 수신기(120) 사이의 수평거리를 반지름으로 하는 가상 원(310)상에 위치할 수 있다.

도면

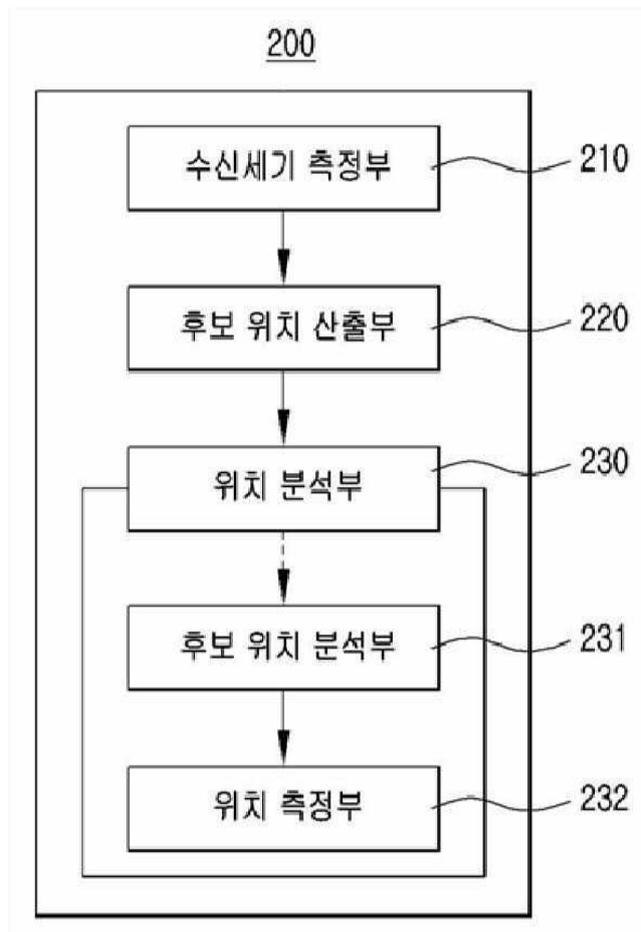
도면1



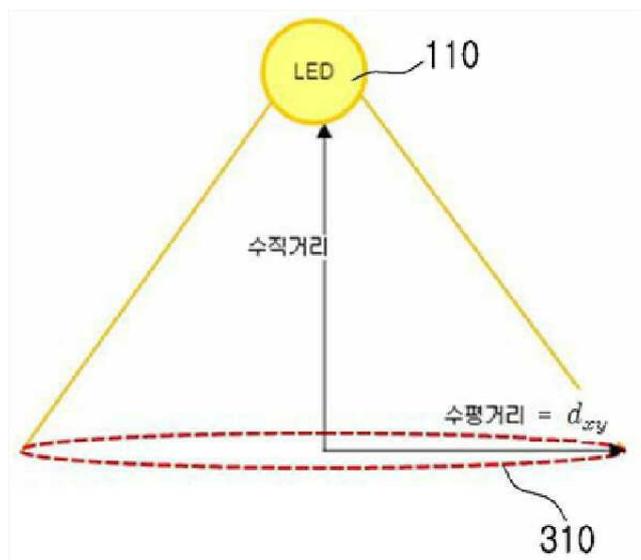
도면2



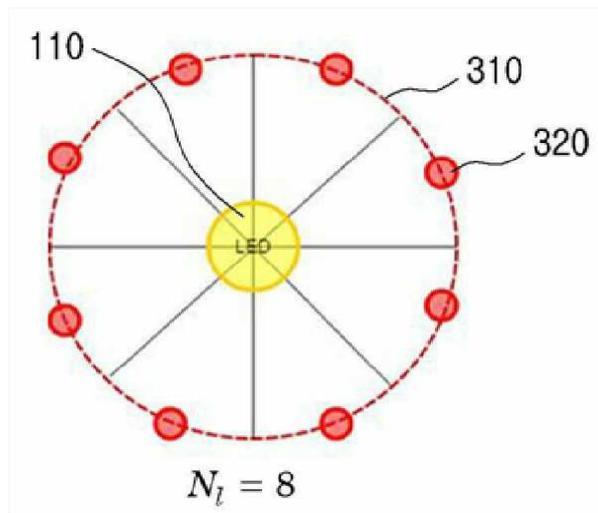
도면3



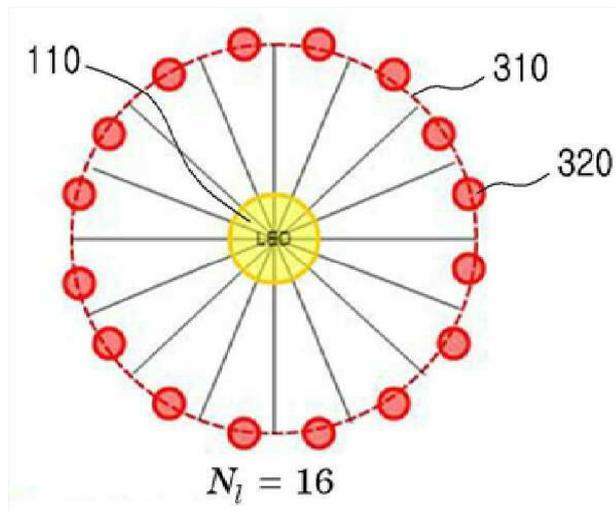
도면4



도면5



도면6



도면7

