(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0098080
(43) 공개일자 2015년08월27일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
F21K 99/00 (2010.01)
(21) 출원번호 10-2014-0019194
(22) 출원일자 2014년02월19일
심사청구일자 없음

(71) 출원인
부경대학교 산학협력단
부산광역시 남구 신선로 365 (용당동, 부경대학교)
(72) 발명자
김근율
부산광역시 남구 오륙도로 85, 106-3402호(용호동, 오륙도SKVIEW아파트)
조상희
부산광역시 해운대구 양운로 182, 107-604호(좌동, 두산1차아파트)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인 동원

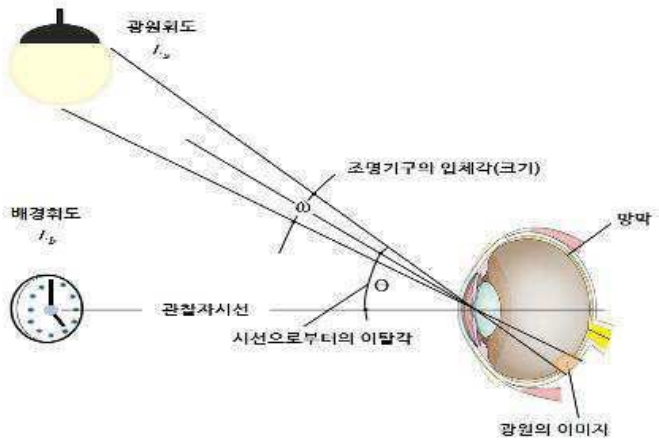
전체 청구항 수 : 총 2 항

(54) 발명의 명칭 **눈부심 저감방법과 이를 이용한 조명장치**

(57) 요 약

본 발명은 선박용 실내조명기구의 불쾌글레어 저감을 위한 최적 배광에 관한 것으로서, 층고가 낮은 선실환경에서의 불쾌글레어를 분석한 후, 조명기구의 확산각 및 배광 형태에 따른 영향을 평가하였다. 그 결과 확산각이 작을수록 불쾌글레어가 감소하였으며 동일한 확산각을 갖더라도 배광형태에 따라 불쾌글레어의 정도가 크게 차이남을 확인하였다. 관측자 방향으로의 광도의 영향을 고려한 90°의 확산각을 갖는 cos2Θ 배광 분포를 갖는 조명기구가 조도 균제도를 확보하면서도 불쾌글레어를 저감시킬 수 있다.

대 표 도 - 도1



(72) 발명자

염홍서

경기도 성남시 분당구 판교역로 102, 505동 1601호 (백현동, 백현마을5단지아파트)

유영문

서울특별시 관악구 청룡길 77, 201-204호(봉천동, 풍림아이원아파트)

특허청구의 범위

청구항 1

조명장치에 있어서,

cos2Θ 배광 분포를 갖는 눈부심 저감방법.

청구항 2

cos2Θ 배광 분포를 갖는 조명장치.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 눈부심 저감방법과 이를 이용한 조명장치에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 선박의 실내 환경은 일반 육상의 거주 환경과 비교하여 층고가 낮고 공간은 협소하며, 또한 24시간 조명을 점등하면서 생활하는 공간이 대부분이다. 선박의 재실자는 오랜 시간을 실내에서 작업하고 이용하므로 밝기, 눈부심, 색온도 등의 조명환경이 중요하다. 건강한 실내조명환경을 조성하기 위해서는 실내의 밝기, 에너지 소비 등과 같은 단순한 물리적이고 정량적인 접근뿐만 아니라 재실자의 쾌적성을 해치지 않는 빛을 제공하기 위한 질적인 접근이 함께 이루어져야 한다[1].

선행기술문헌

비특허문헌

[0003] (비특허문헌 0001) [1] 박성률, “불쾌글레어 평가시 광원의 위치와 크기에 따른 배경휘도의 영향” 경희대학교 석사학위 논문, 2009

(비특허문헌 0002) [2] CIE 117, "DISCOMFORT GLARE IN INTERIOR LIGHTING", 1995

(비특허문헌 0003) [3] Michelle L. Eble-Hankins, PE. LC, and Clarence E. Waters, PhD, PE, VCP and UGR Glare Evaluation System-A Look Back and A way Forward, LEUKOS VOL 1 No. 2, pp 7-38

(비특허문헌 0004) [4] 실내조명에서의 불쾌글레어 단체표준 제정, 한국조명전기설비학회 단체표준제정연구회, 2009.12

(비특허문헌 0005) [5] 최안섭, 조명시스템의 불쾌현휘 평가방법 비교에 관한 발명, 대한건축학회논문집(계획계), V.17 No.6, 2001.06

(비특허문헌 0006) [6] 김유신 외 3, “조명시뮬레이션 소프트웨어의 적합한 사용을 위한 기초적 발명”, 한국조명전기설비학회논문집, 제 21권 제8호, 2007.09

(비특허문헌 0007) [7] ISO 8995 CIE S008/E Second edition "LIGHTING OF INDOOR WORK PLACES", 2002

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 현재, 실내 공간에서 시작업에 미치는 영향을 평가하는 방법들 중 불쾌글레어를 분석하는 방법이 널리 사용되고

있다. 불쾌글레어는 시지각을 방해하지는 않지만 심리적인 불쾌감을 유발하여 재실자의 쾌적성을 해치는 상태를 의미한다[2]. 본 발명에서는 선박의 실내 조명환경에 주로 적용되어 있는 조명기구를 대상으로 조명설계 소프트웨어인 Reluxpro를 이용하여 조명기구의 배광이 불쾌글레어에 미치는 영향을 분석하여 불쾌글레어를 저감시킬 수 있는 최적 배광을 도출하는 것을 목적으로 하였다.

[0005] 눈부심은 불쾌글레어라고 하며 이는 UGR 이라는 수치로 정량화할 수 있다. UGR은 사무실의 경우 19 이하가 되어야 쾌적하다 할 수 있다. 현재 일반적으로 실내환경에서 사용하는 조명 장치의 경우 이러한 기준을 충족시키지 못하는 경우가 많다. 특히 층고가 낮은 경우는 더욱 그러하다. 도2는 현재 시판되는 실내 등기구의 UGR을 평가한 것이다. 전 층고에서 UGR 19 이상이며 특히 층고가 낮은 2미터 안팎에서는 더욱 높아진다. 이러한 눈부심을 일으키는 요인들은 다양하나 가장 중요한 요소는 등기구의 배광이다. 따라서 눈부심을 최소화할 수 있는 배광을 갖는 등기구를 개발할 필요가 있다.

과제의 해결 수단

[0006] 본 발명의 과제해결 수단은 조명장치에 있어서, cos2Θ 배광 분포를 갖는 눈부심 저감방법이다.

[0007] 또한, 본 발명의 과제해결 수단은 cos2Θ 배광 분포를 갖는 조명장치이다.

발명의 효과

[0008] 실내환경에서 사용하는 조명 장치는 재실자의 작업능률 및 편안함을 위하여 최대한 눈분심을 줄여줄 필요가 있다. 특히 층고가 낮으면 눈부심이 더욱 심하게 된다. 이러한 눈부심을 일으키는 요인들은 다양하나 가장 중요한 요소는 등기구의 배광이다. 본 발명에서는 90°의 확산각을 갖는 cos2Θ 배광 분포를 사용하게 되면 눈부심이 현저히 줄어들 수 있음을 제안하였다. 특히 층고가 낮은 경우에도 눈부심이 증가하지 않음을 알 수 있었다. 따라서 90°의 확산각을 갖는 cos2Θ 배광 분포를 사용한 조명기구를 사용하게 되면 조도 균제도를 확보하면서도 관측자 방향으로의 광도를 감소시켜 불쾌 글레어를 저감시킬 수 있어, 층고가 낮은 환경의 실내조명에 적합하다.

도면의 간단한 설명

[0009] 도 1. 불쾌글레어에 영향을 주는 요인

도 2. 층고별 불쾌글레어의 의존성

도 3a. 확산각에 따른 UGR 값의 차이(Crosswise view)

도 3b. 확산각에 따른 UGR 값의 차이(Endwise view)

도 4a. (a)cos2Θ와 (b)가우시안 배광 분포 결과 비교(Crosswise view)

도 4b. (a)cos2Θ와 (b)가우시안 배광 분포 결과 비교(Endwise view)

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0010] 1. 불쾌글레어

[0011] IESNA에서는 글레어를 시야내에 있는, 눈이 순응된 휘도보다 더 큰 휘도에 의해 발생된 감각으로서, 성가심, 불쾌감 또는 시각 성능과 가시성의 손실을 야기하는 상태로 정의하고 있다[3]. 글레어는 크게 시적각으로 대상을 인지하는 능력을 저하시키는 불능글레어와 눈부심 등으로 인해 심리적으로 불쾌감을 주어 작업능률 하락 및 감성적 측면에 영향을 주는 불쾌글레어로 나눌 수 있으며 불능글레어를 기준으로 하는 도로조명과는 달리 실내조명에서는 일반적으로 불쾌글레어를 고려한다. 불쾌글레어에 영향을 미치는 요소는 조명기구로부터 관측자 방향으로의 휘도, 광원 휘도를 제외한 배경휘도, 광원의 시각적 크기, 조명기구와 관측자 시선 사이의 상대적인 위치, 조명기구의 배광 등이 있다.

[0012] 광원의 휘도와 크기가 증가할수록, 배경휘도가 감소할수록, 조명기구가 관측자의 시선에 가까울수록 불쾌글레어는 증가한다. 이러한 영향량들을 다음 도 1에서 보이고 있다[4].

[0013] 2. 불쾌글레어 평가

[0014] 현재 일반적으로 적용되고 있는 불쾌글레어 평가법은 북미조명학회(IESNA)의 VCP(Visual comfort Probability)와 국제조명위원회(CIE)의 UGR(Unified Glare Rating) 두 가지이다. VCP는 보통 미국에서만 사용되고 있으며, 보다 보편적인 불쾌글레어 평가법으로 UGR이 사용되고 ISO기준으로 채택되어 사용되고 있다[5].

[0015] UGR은 일반적으로 10에서부터 30사이의 값으로 나타내며, UGR값이 높을수록 심한 불쾌글레어를, 낮을수록 불쾌글레어가 별로 없음을 나타낸다.

[0016] 불쾌글레어를 평가하는 가장 기본적인 매개변수는 광원의 크기, 배경 휘도, 광원의 휘도, 관찰자와 광원의 상대적 위치이다. UGR 값은 이러한 매개변수를 이용하여 식 (1)과 같은 평가식에 의해 계산되며, 불쾌글레어의 평가기준과 UGR 값은 아래 표 1과 같다[6].

[0017] $$UGR = 8\log\left[\frac{0.25}{L_b}\sum\frac{L_s^2\omega}{P^2}\right] \qquad (1)$$

[0018] Lb : 주변의 배경휘도 (cd/m2)

[0019] Ls : 관찰자 위치에서 바라 본 각 조명기구의 발광면 휘도(cd/m2)

[0020] ω : 관찰자 위치에서 바라본 조명기구와 이루는 입체각(sr)

[0021] P : 각 조명기구에 대한 구스(Guth)의 위치지수

표 1

[0022]

불쾌글레어 평가기준	UGR
Just intolerable(참을 수 없는)	31
Uncomfortable(불편한)	28
Just uncomfortable(단지 불편한)	25
Unacceptable(받아들일 수 없는)	22
Just acceptable(받아들일 만한)	19
Perceptible(감지할 수 있는)	16
Imperceptible(감지할 수 없는)	10

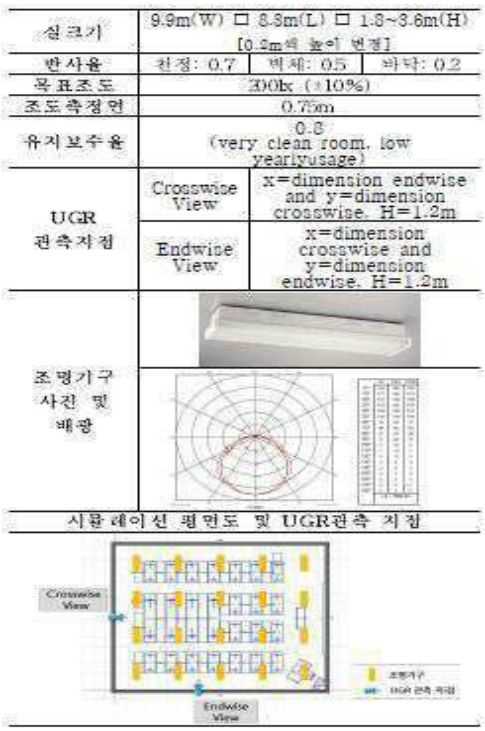
[0023] 불쾌글레어의 평가기준과 UGR 값 (Table 1: Criteria of discomfort glare and UGR index)

[0024] 3. 시뮬레이션

[0025] 3.1 시뮬레이션 조건

[0026] 본 발명에서는 일반 선실에 많이 사용되는 조명기구의 배광을 수집하여, UGR 평가를 수행하였다. 먼저 불쾌글레어의 발생정도를 선실공간과 육상의 일반 주거공간과 비교 평가해보기 위하여 층고의 높이에 따른 UGR 값을 알아보았다. 조명설계 시뮬레이션 조건은 표 2와 같다. 시뮬레이션 공간은 선박내의 선실으로서 강의실로 이용되는 곳으로 조명기구에 의한 UGR 차이를 확연히 알아보기 위해 비교적 큰 공간으로 설정하였다. 반사율은 시뮬레이션에서 사용되는 일반적인 반사율로 설정하였고, 조도 측정면은 작업면 높이(0.75 m)로 설정하였으며, 유지보수율은 0.8(자주 유리관리가 이루어지는 깨끗한 방)으로 설정하였다. 현재 설치된 조명기구의 실제 배광데이터를 이용하여 실에 설치된 조명기구 위치에 맞게 배치하였으며, 동일한 면적과 조명기구 배치에서 층고의 변화만 주어 시뮬레이션을 수행하였다. 이때 각 경우의 평균조도가 약 200lx가 되도록 조명기구의 광속값을 조정하였다. 시뮬레이션 후 균제도 와 불쾌글레어(UGR)를 평가하였다.

표 2



[0027]

[0028] 시뮬레이션 조건 (Table 2: Condition of lighting simulation)

[0029] 크로스와이즈뷰는 조명기구과 가로방향을 바라보는 시점(시점각도: 좌우 15°), 엔드와이즈뷰는 조명기구와 세로방향을 보는 시점(시점각도:좌우 15°)이며, 두가지 관측지점의 시선 높이는 바닥으로부터 1.2m를 유지하였다.

[0030] 3.2 시뮬레이션 결과

[0031] 3.2.1 층고 높이에 따른 불쾌글레어(UGR) 평가

[0032] 층고의 변화만 주어 수행한 결과, 다음 표 3과 같이 나타났다.

표 3

[0033]

층고(m)	시뮬레이션 결과		조명기구
1.8	균제도 (E_{min}:E_{ave})		1:2.08(0.48)
	UGR	C.V.	24.4
		E.V.	23.0
2.0	균제도 (E_{min}:E_{ave})		1:1.84(0.54)
	UGR	C.V.	23.7
		E.V.	22.3
2.2	균제도 (E_{min}:E_{ave})		1:1.7(0.59)
	UGR	C.V.	23.2
		E.V.	21.9

2.4	균제도 (E_{min}:E_{ave})		1:1.61(0.62)
	UGR	C.V.	22.7
		E.V.	21.4
2.6	균제도 (E_{min}:E_{ave})		1:1.55(0.64)
	UGR	C.V.	22.3
		E.V.	20.9
2.8	균제도 (E_{min}:E_{ave})		1:1.51(0.66)
	UGR	C.V.	21.9
		E.V.	20.6
3.0	균제도 (E_{min}:E_{ave})		1:1.48(0.68)
	UGR	C.V.	21.5
		E.V.	20.3
3.2	균제도 (E_{min}:E_{ave})		1:1.45(0.69)
	UGR	C.V.	21.2
		E.V.	20.0
3.4	균제도 (E_{min}:E_{ave})		1:1.43(0.70)
	UGR	C.V.	20.8
		E.V.	19.7
3.6	균제도 (E_{min}:E_{ave})		1:1.42(0.70)
	UGR	C.V.	20.5
		E.V.	19.4

[0034] 시뮬레이션 결과 (Table 3: Results of lighting simulation)(도 2 참조)

[0035] ※ C.V.: Crosswise View, E.V.: Endwise View

[0036] 시뮬레이션의 결과, 균제도는 층고가 3.6m에서 1.8m로 낮아질수록 최소값과 평균값의 차이가 높아져 0.70에서 0.48로 점점 낮게 나타났다. UGR 값은 층고가 낮아짐에 따라 크로스와이즈 뷰에서는 20.5에서 24.2로, 엔드와이즈 뷰에서는 19.4에서 23.0으로 증가하였다. 이는 표 4의 ISO 8995에서 권장하는 사무실의 UGR 제한치 19를 초과하는 값으로 제한치에 만족하지 못하였다[7].

표 4

[0037]

Working Area(작업장)	UGR 제한치
Offices(사무실)	19
Drawing rooms(응접실)	16
Washrooms, bathrooms, toilets(샤워장,화장실)	25
Passage ways(통로)	28
Industrial work, fine(좋은 산업작업)	22
Industrial work, medium(보통 산업작업)	25
Industrial work, rough(힘든 산업작업)	28

[0038] 실내조명에 대한 UGR 제한치(Table 4: Criteria of discomfort glare limitation in interior lighting)

[0039] 3.2.2 배광 분포 변화에 따른 불쾌글레어(UGR)평가

[0040] 층고 높이가 낮아짐에 따라 UGR 값이 증가하는 이유는 조명기구로부터 관측자 방향으로의 휘도가 증가하기 때문인 것으로 예상된다. 따라서, 관측자 방향으로의 광도에 따른 UGR 값의 영향 정도를 평가할 필요가 있으며 이를 위하여 조명기구의 배광에 따른 UGR 값을 계산하였다. 배광의 요소들 중 먼저, 확산각에 따른 UGR 값을 평가하기 위하여 $\cos^n\Theta$ 함수에서 n을 1~2까지 변화시키며 시뮬레이션을 하였다. 아래 표 5는 n이 1~2까지 변함에 따

른 확산각을 나타내고 있고, 시뮬레이션을 수행한 결과는 표 6과 같다.

표 5

[0041]

n	확산각
1.0	120
1.2	112
1.4	105
1.6	99
1.8	94
2.0	90

[0042] cosnΘ의 n값에 따른 확산각 (Table 5: Beam angle by n value of cosnΘ)

표 6

[0043]

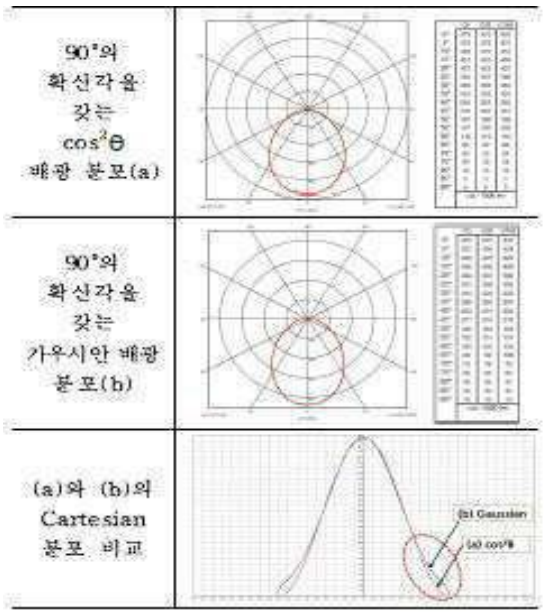
층고 (m)	시뮬레이션 결과		n					
			1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0
1.8	UGR	C.V.	22.0	20.7	19.3	17.9	16.7	15.6
		E.V.	21.9	20.4	19.1	18.3	17.0	15.8
2.0	UGR	C.V.	22.0	20.8	19.5	18.4	17.5	16.5
		E.V.	21.9	20.6	19.4	18.4	17.5	16.6
2.2	UGR	C.V.	21.9	20.7	19.5	18.6	17.8	17.0
		E.V.	21.8	20.6	19.6	18.7	17.7	16.9
2.4	UGR	C.V.	21.8	20.6	19.5	18.6	17.7	17.0
		E.V.	21.6	20.5	19.4	18.5	17.7	16.9
2.6	UGR	C.V.	21.5	20.4	19.5	18.5	17.6	16.9
		E.V.	21.3	20.3	19.3	18.4	17.5	16.8
2.8	UGR	C.V.	21.3	20.4	19.5	18.7	17.8	17.0
		E.V.	21.1	20.2	19.3	18.4	17.6	16.8
3.0	UGR	C.V.	21.2	20.3	19.4	18.5	17.7	17.0
		E.V.	20.9	20.0	19.2	18.5	17.7	17.0
3.2	UGR	C.V.	21.0	20.1	19.3	18.5	17.8	17.1
		E.V.	20.7	19.8	19.1	18.3	17.6	16.9
3.4	UGR	C.V.	20.8	20.0	19.2	18.5	17.7	17.0
		E.V.	20.4	19.7	18.9	18.1	17.4	16.7
3.6	UGR	C.V.	20.7	19.9	19.1	18.4	17.7	17.0
		E.V.	20.2	19.5	18.7	18.1	17.4	16.7

[0044] ※ C.V.: Crosswise View, E.V.: Endwise View

[0045] cosnΘ의 n값에 따른 확산각(Table 6: Beam angle by n value of cosnΘ)(도 3a,b 참조)

[0046] 시뮬레이션 결과, 확산각이 좁을수록 UGR 값이 1.8m의 층고에서 크로스와이즈 뷰는 22.0에서 15.6으로, 엔드와이즈 뷰는 21.9에서 15.8으로, UGR 값이 3.6m의 층고에서 크로스와이즈 뷰는 20.7에서 17.0으로, 엔드와이즈 뷰는 20.2에서 16.8으로 줄어듦을 확인하였다. 그 다음으로 동일한 확산각 갖으나 다른 배광 모양을 갖는 90°의 확산각을 갖는 cos2Θ 배광 분포(a)와 90°의 확산각을 갖는 가우시안 배광 분포(b)의 조명기구를 비교하였다. 배광 모양은 다음 표 7과 같다. 배광 모양 차이에 따른 UGR 값의 변화를 알아보기 위해 조명설계 시뮬레이션 조건은 표 2와 동일하게 적용하고, 2가지 타입의 배광만 변화시켜 시뮬레이션을 수행하였다. 수행한 결과는 다음 표 8, 도 4a, b와 같다.

표 7



[0047]

[0048] 2가지 타입의 배광 분포 (Table 7: 2 types of luminous intensity distribution)

표 8

[0049]

층고(m)	시뮬레이션 결과		(a)$\cos^2\theta$	(b) 가우시안
1.8	균제도(Emin : Eave)		1:59(0.63)	1:2/44(0.41)
	UGR	C.V.	15.6	21.8
		E.V.	15.8	21.1
2.0	균제도(Emin : Eave)		1:1.43(0.7)	1:2.09(0.48)
	UGR	C.V.	16.5	20.8
		E.V.	16.5	20.5
2.2	균제도(Emin : Eave)		1:1.37(0.73)	1:1.89(0.53)
	UGR	C.V.	17.0	20.4
		E.V.	16.9	20.1
2.4	균제도(Emin : Eave)		1:1.34(0.75)	1:1.76(0.57)
	UGR	C.V.	17.0	20.0
		E.V.	16.9	19.6
2.6	균제도(Emin : Eave)		1:1.34(0.75)	1:1.68(0.6)
	UGR	C.V.	16.9	19.6
		E.V.	16.8	19.3
2.8	균제도(Emin : Eave)		1:1.33(0.75)	1:1.6(0.63)
	UGR	C.V.	17.0	19.4
		E.V.	16.8	19.0
3.0	균제도(Emin : Eave)		1:1.37(0.73)	1:1.55(0.65)
	UGR	C.V.	17.0	19.1
		E.V.	17.0	18.7
3.2	균제도(Emin : Eave)		1:1.41(0.71)	1:1.51(0.66)
	UGR	C.V.	17.1	18.8
		E.V.	16.9	18.5
3.4	균제도(Emin : Eave)		1:1.44(0.7)	1:1.48(0.68)
	UGR	C.V.	17.0	18.6
		E.V.	16.7	18.1

3.6	균제도(Emin : Eave)		1:1.43(0.7)	1:1.46(0.69)
	UGR	C.V.	17.0	18.5
		E.V.	16.7	17.9

[0050] ※ C.V.: Crosswise View, E.V.: Endwise View

[0051] (a)cos2Θ와 (b)가우시안 배광 분포 시뮬레이션 결과 (Table 8: Results of lighting simulation by (a) cos2Θ and (b)Gaussian distribution)(도 4a,b 참조)

[0052] 시뮬레이션 결과, 90°의 확산각을 갖는 cos2Θ 배광 분포(a)에서의 균제도는 대부분의 층에서 0.7 정도로 비교적 균일하게 나타났고, 90°의 확산각을 갖는 가우시안 분포(b)의 균제도는 층고가 1.8m에서 3.6m로 높아질수록 0.41~0.69로 비교적 큰 차이를 보였다.

[0053] UGR 값은 cos2Θ 배광 분포(a)의 경우 전 층고에서 17 이하로 낮은 UGR 값을 유지한 반면 가우시안 배광 분포(b)의 경우는 층고가 낮아짐에 따라 UGR 값이 높아져 17.9~21.8을 나타내었다.

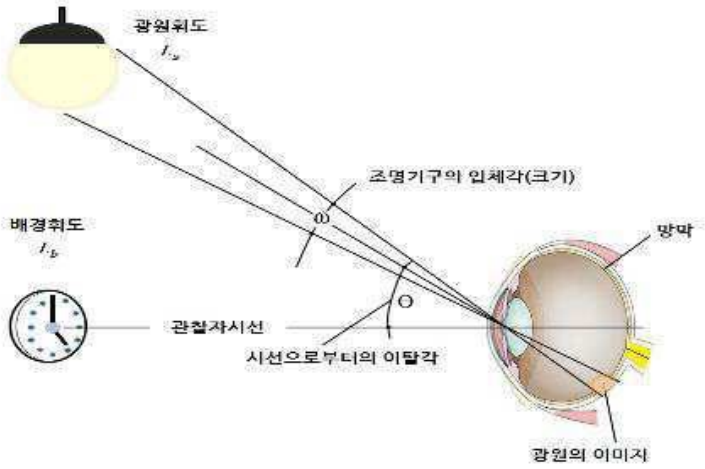
[0054] 이를 통하여 동일한 90°의 확산각을 갖지만 배광분포에 따라서 UGR 값은 큰 차이가 나타남을 확인하였다. 특히 cos2Θ 배광 분포의 경우 층고가 낮은 경우에도 UGR 값이 15~16으로 불쾌글레어가 거의 증가하지 않음을 알 수 있었다. 이는 표 4의 UGR 평가기준 19에 만족함을 알 수 있다.

[0055] 이와 같이 배광 분포 형태의 변화를 살펴본 결과 관측자 방향으로의 광도의 영향에 따른 UGR 값의 변화가 큰 것으로 나타났다.

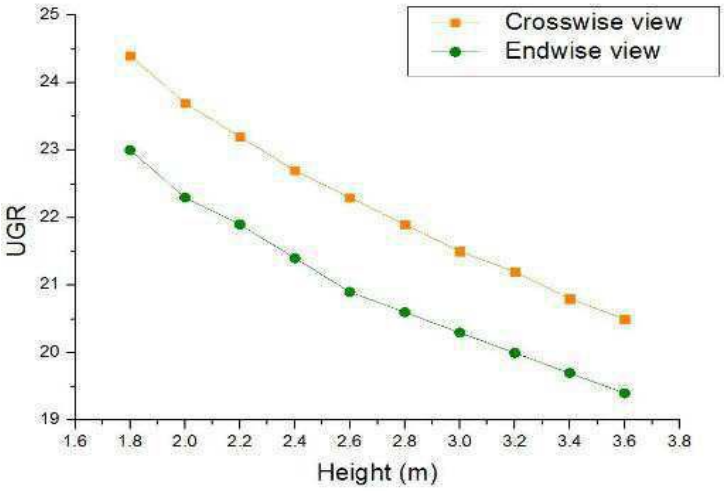
[0056] 본 발명에서는 층고가 낮은 선실환경에서의 불쾌글레어를 분석하고 조명 기구의 배광이 불쾌글레어에 미치는 영향을 평가 하였다. 먼저 선실의 층고 및 조명 기구의 확산각에 따른 영향을 평가하였다. 시뮬레이션 결과, 층고가 낮으면 UGR 값이 높아지는 것을 알 수 있었고, 확산각이 작을수록 UGR 값이 감소하는 경향을 보였다. 또한 동일한 확산각을 갖으나 배광 형태가 상이한 조명기구에 대하여 불쾌글레어에 미치는 영향을 조사하였다. 그 결과 90°의 확산각을 갖는 cos2Θ 배광 분포의 경우 동일한 확산각을 갖는 가우시안 배광분포에 비해 UGR값이 더 낮아지는 것을 알 수 있었고, 특히 층고가 낮은 경우에도 불쾌글레어가 증가하지 않음을 알 수 있었다. UGR 값을 보면 15~17으로 ISO 8995에서 권장하는 사무실의 UGR 평가기준에 만족함을 알 수 있었다. 따라서 90°의 확산각을 갖는 cos2Θ 배광 분포를 사용한 조명기구가 조도 균제도를 확보하면서도 관측자 방향으로의 광도를 감소시켜 불쾌글레어를 저감시킬 수 있어, 층고가 낮은 선실환경의 실내조명에 적합한 것으로 나타났다. 앞으로 선실 조명을 LED 광원으로 교체 시에는 확산각뿐만 아니라 배광분포를 고려하여 설계하여야 할 것으로 판단된다.

도면

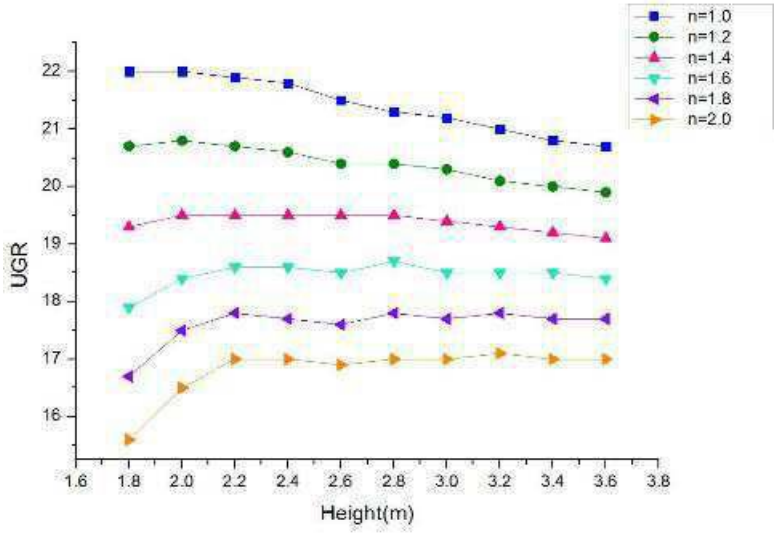
도면1


광원휘도
I_s
조명기구의 입체각(크기)
ω
배경휘도
I_b
망막
O
관찰자시선
시선으로부터의 이탈각
광원의 이미지

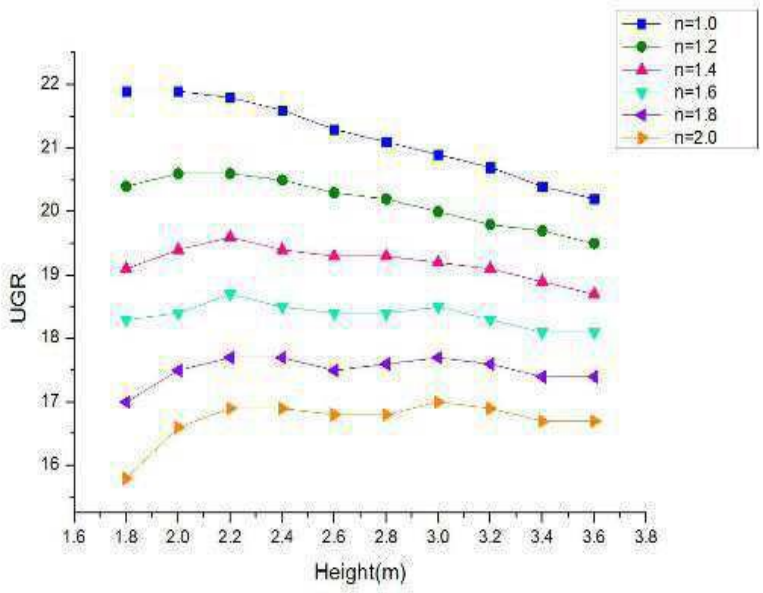
도면2


Crosswise view
Endwise view
UGR
Height (m)
25
24
23
22
21
20
19
1.6
1.8
2.0
2.2
2.4
2.6
2.8
3.0
3.2
3.4
3.6
3.8

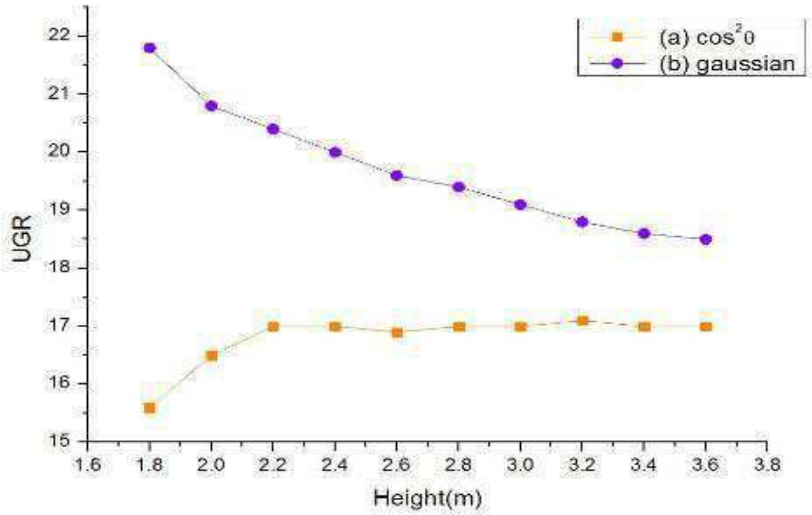
도면3a


n=1.0
n=1.2
n=1.4
n=1.6
n=1.8
n=2.0
UGR
Height(m)

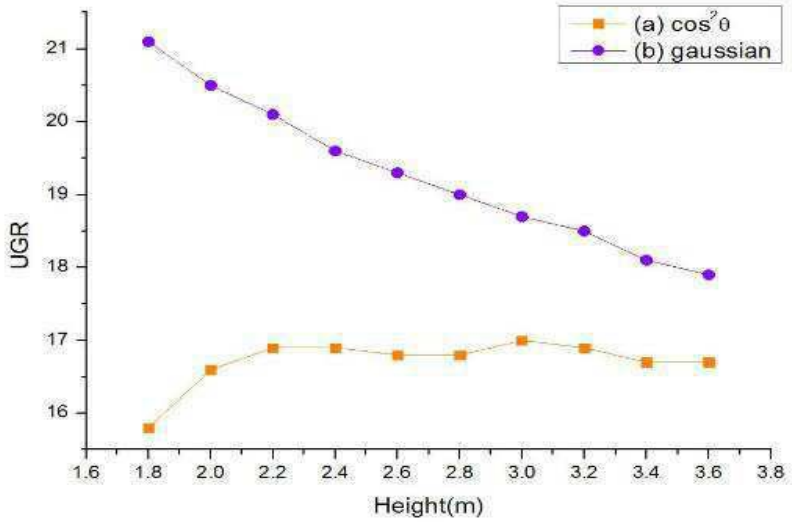
도면3b


n=1.0
n=1.2
n=1.4
n=1.6
n=1.8
n=2.0
UGR
Height(m)

도면4a


(a) cos²θ
(b) gaussian
UGR
Height(m)
22
21
20
19
18
17
16
15
1.6
1.8
2.0
2.2
2.4
2.6
2.8
3.0
3.2
3.4
3.6
3.8

도면4b


(a) cos²θ
(b) gaussian
UGR
Height(m)
21
20
19
18
17
16
1.6
1.8
2.0
2.2
2.4
2.6
2.8
3.0
3.2
3.4
3.6
3.8