

섬광에 의하여 사람 눈에 입사되는 광 에너지

Irradiant Energy into an Eye from a Flash Light

박 승 만* · 한 승 오*

(Seung-Man Park · Seungoh Han)

Abstract - Since a flash light produces enormous amount of photon energy in short time, not only electro-optic and infrared(EO/IR) systems utilized for Intelligence Surveillance Target Acquisition and reconnaissance(ISTAR) activities but also the people of a combat field can be severely influenced by a high flash light bursting in front of them. The people who bumped into a flash could not escape such enormous amount of photon energy, resulting in being blind temporarily or even permanently. In order to investigate the effect of a high flash source on a human eye, it is essential to know how much photon energy be incident into an eye from the flash source. In this paper, the model of irradiated photon energy to individuals from some flashes is proposed. The proposed irradiated photon energy per unit area of retina is based on taking the situation to be modeled as a simple EO system in front of a flash light. The validity of proposed model was proved by the application of the model to human on the surface of the earth with the well known light source, the Sun. The model of this study can be utilized to simulate the retinal intensity and energy of a flash for various conditions such as the illumination levels, the distance from a flash busting site, luminous intensity and time of a flash.

Key Words : Retinal intensity, Flash light, Flash effect, Reduced eye model

1. 서 론

섬광은 짧은 시간동안 매우 강한 빛 에너지를 방출하고 매우 큰 폭음을 동반한다. 야간에 극한 상황에 있는 사람이 섬광의 출현을 목격하는 경우에는 그 강한 빛 에너지를 거의 대부분 눈으로 받아들이게 될 것이고 섬광의 고 폭음 또한 청력에 심각한 영향을 미칠 뿐만 아니라 심리적으로도 매우 혼란스러운 상황이 될 것이다[1-3]. 야간에는 눈의 동공의 직경이 낮에 비하여 약 세배 이상 커져서 섬광에서 오는 빛을 주간에 비하여 훨씬 더 많이 받아들이게 될 것이며 빛에 대한 사람이 느끼는 감도 또한 2.5배 정도 높아진다[4-5]. 따라서 사람이 고섬광에 노출되는 경우에 눈에 입사하게 될 에너지를 정량적으로 살펴보는 것은 광학적, 기술적 측면에서 아주 흥미로운 뿐만 아니라 비살상 무기로서의 섬광을 개발·운영하는 측면에서 매우 중요한 의미가 있다[1-3]. 또한 섬광이 시력에 미치는 영향을 연구하고 예방 조치하는 의학적인 측면에서도 중요한 의미가 있다[4,5].

본 논문에서는 섬광의 출현에 의한 보통의 시력을 갖는 사람의 눈에 입사되는 광 에너지를 모델링하고자한다. 야간에 섬광에 의하여 눈에 입사되는 광 에너지를 모델링하고 세 종류의 섬광원에 대하여 대표적인 주변 월광조건에서 망막에 도달되는 총 에너

지를 조사하여 그 결과를 분석하고 논의하였다. 본 연구 결과는 섬광에 의하여 사람 눈에 입사되는 광량을 정량화 하여 섬광이 사람에게 미치는 영향을 조사하는데 활용될 수 있을 것이다.

2. 눈에 입사하게 될 광 조도의 모델링

섬광에서 방출되는 강한 광 에너지는 대기를 투과하여 사람의 눈에 도달되고 이 에너지의 일부는 홍채를 통과하여 망막에 투영 될 것이다. 따라서 섬광에 의해 눈에 입사되는 광 에너지를 모델링하기 위해서는 광원에 대한 모델링, 광 수신 장비로서 눈의 모델링, 그리고 광의 전파경로 상의 매질에서의 손실 모델링되어야 한다.

광원으로서 섬광을 규정하는 파라미터로는 보통 광도와 그 지속시간을 사용한다. 광도(I_v)는 광원에서 방출되는 광중에 단위 입체각당 퍼져나가는 광속(photon flux)을 의미하므로 점광원이 아닌 어떤 크기를 갖는 광원의 경우 그 면적도 광원의 파라미터가 되어야한다. 어떤 광원을 점광원으로 볼 것인가 또는 크기를 갖는 광원으로 볼 것인가는 전적으로 광원의 크기와 관찰 거리의 상대적인 값에 의존하는 것이다.

굴절률이 다른 여러 종류의 매질로 구성되었고 굴절되는 곡면도 구면이 아니어서 눈은 그리 단순하지만은 않은 광학 시스템이다. 각막의 굴절률은 1.37이고 렌즈 전후의 수액액과 유리체는 물과 유사한 1.33이며, 렌즈는 외부에서 내부로 갈수록 높아져서 1.39~1.41사이의 굴절률을 갖는다. 또한 홍채는 주변조도에 따라 그 직경이 2~8mm 사이에서 변화하며 초점거리도 변화한다. 영

† Corresponding Author : Dept. of ICT automotive engineering, Hoseo University, Korea.

E-mail: smanpark@hoseo.edu

* Dept. of Robotics, Hoseo University, Korea.

Received : April 21, 2016; Accepted : June 27, 2016

상 면에서 센서 역할을 하는 망막은 유리체 내에 존재하므로 영상의 크기나 광량을 고려할 때는 굴절률을 고려해야한다. 이렇게 복잡한 눈을 광학적으로 모델링한 것이 도식적인 눈(schematic eye, SE)이다[6-13]. SE 모델들 중에는 눈을 각막과 렌즈로 구성된 네 개의 굴절면으로 표현한 Gullstrand의 모델이 가장 기본이 되는 모델로 활용되며, 이 모델에서 렌즈를 무시하여 단일 구면을 갖는 단일 매질로 변경하여 단순화된 눈(reduced eye, RE)의 모델도 활용된다[6-8,14]. SE 모델은 근축근사(paraxial approximation) 범위에서 광량계산과 영상의 크기를 계산하는데 활용된다.

그림 1은 본 연구에서 사용된 눈의 광학적 모델로 단순화된 눈이다[6,14]. 이 모델은 각막, 렌즈 그리고 유리체를 하나의 광학매질로 취급하여 단일 곡면과 단일 굴절률로 눈을 모델링한 것으로 단순하다는 장점이 있다. 이 그림에서 6개의 중요점(cardinal points) 가운데 주요점(P)과 마디점(N)은 두 점이 겹쳐진 것이며 나머지 두 점이 제1초점(F)과 제2초점(F')이다. 이 모델은 광학적으로 표준적인 사람의 눈을 대표한다.

그림 1에 표기된 눈의 모델 파라미터 이외에도 입사동(entrance pupil)의 지름과 눈 내부에서의 투과도가 필요하다. 본 연구에서 입사동의 위치는 각막 바로 뒤에 위치한다고 가정하고 그의 지름은 보름달의 상황에서 6, 반달 상황에서 7 그리고 무월광의 구름 낀 날의 상황에서는 8mm를 사용하였다[4]. 또한 눈의 투과도는 망막에 도달되는 동안의 모든 매질에서 반사 및 흡수되는 부분을 제외하여 가시광 범위에서 45%의 평균투과율을 유지한다고 가정하였다[15].

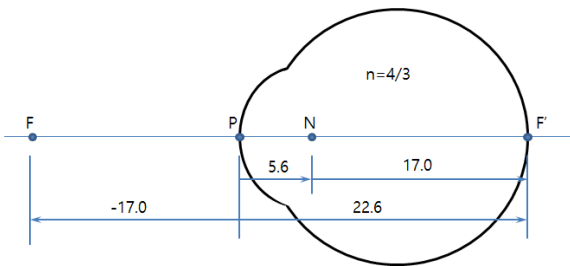


그림 1 본 연구를 위한 단순화된 눈, 단위는 mm
Fig. 1 The reduced eye model for this study, all parameters are in mm

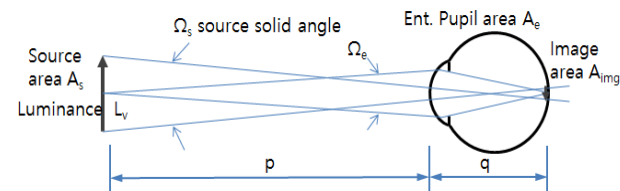


그림 2 섬광을 바라본 사람에게 전달되는 광에너지 모사를 위한 광학적 모델
Fig. 2 The optical model for the simulation of optical energy transfer to man's eye who have to see the flash light

그림 2에는 섬광을 맞닥뜨린 사람의 눈에 전달되는 광량을 모사하는 광학적 모델을 보이고 있다. 사람으로부터 p 만큼 떨어진 곳에서 휘도(luminance) L_v 인 광원에서 방출된 광 가운데 눈의 입사동에 도달한 광량이 망막에 투영된다. 대기와 눈의 투과도를 모두 1로 하면 광원에서 눈의 입사동에 도달한 광선속(luminous flux)은 망막에 투영되는 광선속과 같으며, 이는 다음과 같이 표현된다[16].

$$\phi_v = L_v \frac{A_s A_e}{p^2} = L_v \frac{A_e A_{img}}{q^2} \tag{1}$$

여기서 A_s , A_e 그리고 A_{img} 는 각각 광원, 눈의 입사동 그리고 망막에서 영상의 면적을 나타내고, Ω_s , Ω_e 는 각각 사람이 광원을 바라보는 입체각, 광원에서 사람을 바라보는 입체각을 나타낸다.

식 (1)로부터 눈의 광 투과율 τ_e 를 고려하여 망막에서의 광조도(illuminance), 즉 망막강도(retinal intensity)는 다음과 같이 표현된다.

$$E_{v,retina} = \frac{\phi_v \tau_e}{A_{img}} = L_v \frac{A_e \tau_e}{q^2} \tag{2}$$

한편, 망막에 단위면적당 도달한 광 에너지는 식 (2)의 광선속에 광원의 지속시간을 곱하여 구할 수 있다.

식 (1)과 (2)로 구한 광선속과 광 조도는 모두 빛재기(photometry) 량이다. 하지만 보통 광조도를 나타내는 방법은 복사계측(radiometry) 량으로 나타낸다. 따라서 비교를 위해서는 식 (2)의 빛재기 량인 광조도를 복사계측의 대응되는 량, 복사조도(irradiance)로 변환할 필요가 있다. 그러나 일반적으로는 이런 변환은 가능하지 않다. 왜냐하면 빛재기에서 광조도는 파장 성분이 없는 양이기 때문이다. 다음의 빛재기량의 정의를 살펴보면 더욱 명확하게 볼 수 있다.

$$X_v = K_m \int_{380nm}^{780} X_e(\lambda) V(\lambda) d\lambda \tag{3}$$

여기서 K_m 은 변환 상수이며, $V(\lambda)$ 는 발광효율함수(luminous efficacy function)로 주간과 야간에 차이가 있는 함수이다 [17,18]. 식 (3)은 빛재기량 X_v 가 대응되는 복사계측량 $X_e(\lambda)$ 에서 유도되는 양임을 보이고 있다. 이 정의에 의하면 X_v 로부터 $X_e(\lambda)$ 를 알아낼 수는 없다.

본 연구에서 생각해낸 방법은 광원을 흑체 (blackbody)로 가정하는 것이다. 즉 광원을 흑체로 가정하면 X_v 가 되는 $X_e(\lambda)$ 를 유일하게 찾을 수 있다. X_v 가 되는 $X_e(\lambda)$ 를 찾는 방법은 식 (3)을 수치 해석적으로 접근하였다. 보통 레이저광처럼 결맞는 빛(coherent light)을 제외하면 대부분의 광원을 흑체로 근사할 수 있다. 또한 우리가 활용한 방식으로 빛재기량을 복사계측량으로 변환하는 예를 볼 수 있었다[18].

본 모델의 검증으로 태양에 의한 망막강도를 구해보자. 태양에 의한 해수면 높이에서의 복사조도(irradiance)는 1000.4 W/m^2 이

다[20]. 따라서 식 (2)로 망막에 투영되는 망막강도를 구할 수 있다. 이렇게 구한 망막강도는 7.21 W/cm^2 이었다. 한편 참고문헌에서 제시하는 눈의 감음 파장과 투과도를 고려한 태양에 의한 망막강도는 8.33 W/cm^2 이다[21]. 이들 사이의 차이는 참고문헌치를 기준으로 하여 13.4 % 정도가 되며 이는 섬광 효과의 경향을 파악하고 예측하는 용도로는 충분한 정확도라 생각된다.

이렇게 하여 섬광으로부터 방출된 광 가운데 망막의 단위 면적당에 도달되는 에너지를 모델링하였으며 이를 활용하여 모사 시험할 준비가 되었다.

3. 망막 에너지 밀도의 모사 및 논의

섬광에 의한 망막 에너지 밀도를 모사하기 위하여 사용된 섬광은 세 종류로 이들 광원의 파라미터는 표 1로 정리하였다. 섬광은 광도가 100 Mcd로 일정하고 유지시간이 1, 10, 100 ms로 세 종류이다. 섬광의 유지시간을 이렇게 설정한 의미는 사람 눈의 반응시간을 고려한 것이다. 사람 눈의 임펄스에 대한 반응시

간은 평균적으로 180 ms 임을 고려하여 섬광이 광을 방출하는 동안은 피하는 반응을 할 수 없어 섬광에 의하여 눈에 도달된 광을 모두 받아들이는 상황이 되는 시간범위를 택한 것이다 [22,23]. 섬광이 출현할 때의 모사된 조도조건은 야간에 보름달, 반달, 그리고 무월광의 구름 낀 밤의 상황이다. 이 상황을 모사하는 모델 파라미터는 눈의 모델에서 위의 세 상황에 해당하는 입사동의 직경을 사용하는 것이다.

표 1 본 연구에서 활용된 가상 섬광원의 특성

Table 1 Characteristics of virtual flash light sources for this study

Parameter	Symbol	Value	Unit	Comments
Luminous intensity	I_v	100	Mcd	
Luminance	L_v	1	Mcd/m ²	
Source area	A_s	50	m ²	circle with radius 4m
Duration time	t_s	1, 10, 100	ms	3 kinds

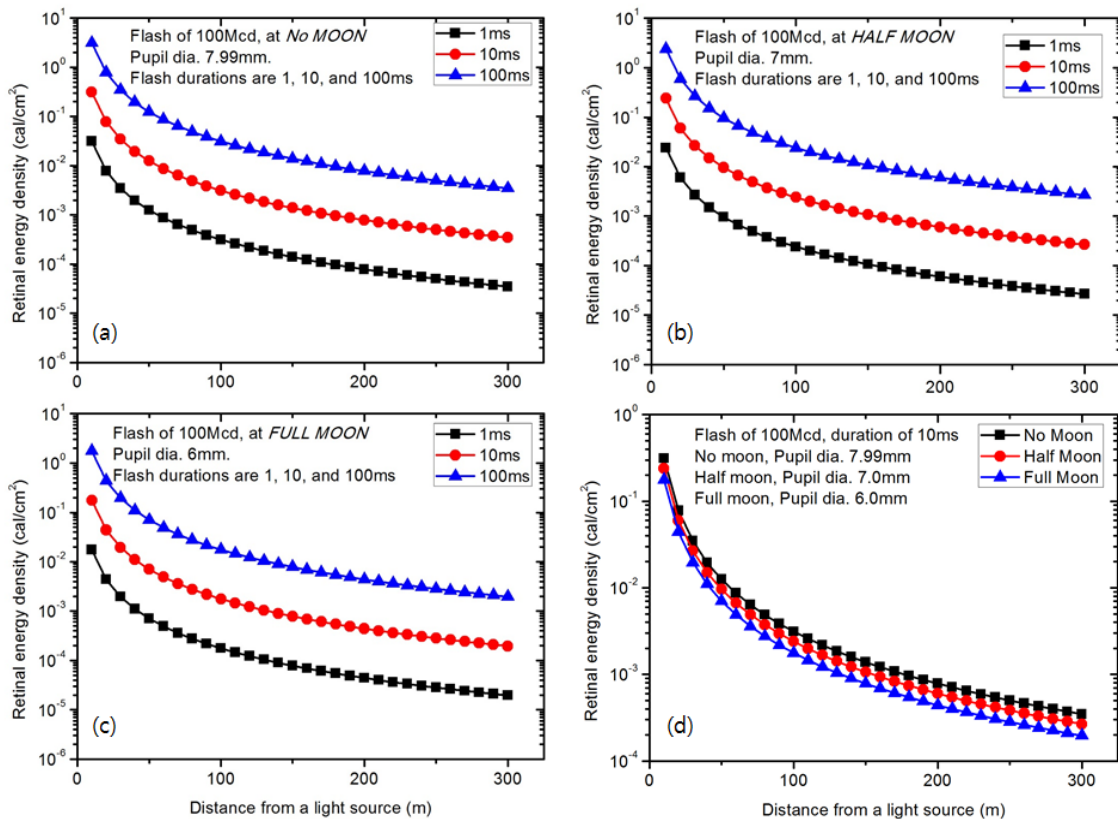


그림 3 섬광유지시간이 1, 10, 100 ms인 세 종류의 섬광에 대하여 모사된 거리에 따른 망막 에너지밀도, 주변의 조도 조건으로 a) 구름낀 무월광, b) 반달광, c) 보름달의 월광, d) 100 Mcd 10 ms의 섬광에 대하여 세 가지의 월광 조건하에서의 거리에 따른 망막에너지 밀도

Fig. 3 The simulated retinal energy density for three flash sources (flash duration of 1, 10, and 100 ms) under the illumination conditions of no moon with heavy cloud (a), half-moon (b) and full-moon (c). The retinal intensity comparison of three illumination conditions for a flash of 100 Mcd 10 ms (d)

그림 3에는 세 종류의 광원에 대하여 망막 에너지 밀도를 모사한 결과를 보이고 있다. 그림 3(a)에는 야간의 무월광의 구름 낀 상황에 섬광이 출현한 경우, (b)에는 반달의 월광 조건의 상황에서 섬광이 출현한 경우, 그리고 (c)에는 보름달의 상황에서 섬광이 출현한 경우에 거리에 따른 망막 에너지 밀도를 보이고 있다. 모사 조건에 따라 동일한 섬광원에대한 망막 에너지 밀도가 다소 차이가 난다. 이 차이를 (d)에 나타내었다. 그림 3(d)은 한 종류의 섬광에 대하여 세 가지의 월광 조건에서 망막 에너지 밀도를 모사한 결과로 100 m에서 섬광이 출현한 경우를 비교하면 보름달하에서 1.764×10^{-3} 이고 월광이 전혀 없는 경우에서 $3.128 \times 10^{-3} \text{ cal/cm}^2$ 로 그 차이가 1.77배 정도로 그리 크진 않다. 이 차이는 눈의 입사동의 면적차이에서 기인하는 것으로 식 (1)과 (2)로부터 예측할 수 있다.

그림 3의 (a)~(c)에서 공통적으로 보이는 특징은 세 종류의 섬광에 대하여 망막강도가 10배씩 차이가 난다는 점이고, 거리에 따른 망막 에너지 밀도가 줄어드는 양상은 언제나 같다. 이런 공통적인 특징은 다음과 같이 해석된다. 세 종류의 섬광에 대하여 망막 에너지 밀도가 10배씩 차이 나는 것은 광원의 특성에 기인한다. 즉 세 섬광의 광도는 100 Mcd로 동일하고 지속시간에서 1, 10 그리고 100 ms로 정확히 10배 씩 차이가 있다. 망막 에너지 밀도는 광도와 지속시간의 곱에 비례하므로 광도가 일정할 때 10배씩 차이가 난다. 또한 망막 에너지 밀도가 광원으로부터의 거리에 따라 감소되는 양상이 언제나 같은 점은 광원에서 방출되는 광 에너지가 전달되는 양상은 거리의 제곱에 반비례하여 감소되기 때문이다.

그림 3에서 한 가지 더 언급할 점은 망막 에너지 밀도가 10^{-3} 과 10^{-2} cal/cm^2 인 값은 다소 특별한 의미를 부여할 수 있다. S.T. Cohen의 보고에 의하면 보름달 월광조건하에서 망막 에너지 밀도가 0.01 cal/cm^2 정도 되면 시력회복 시간이 3~4분, 0.001 cal/cm^2 되면 1~2분 소요되고 반달 조건하에서는 0.01 cal/cm^2 되면 5~10분 소요된다[24]. 예를 들어 (b)에서 100 Mcd, 10 ms의 섬광이 155 m 이내에서 출현하는 경우 시력회복 시간이 1~2분 소요된다고 해석할 수 있다.

그림 4는 섬광의 유지시간에 따른 망막 에너지 밀도를 모사한 결과로 섬광의 광도를 모두 100 Mcd로 고정하고 반달 조건하에서 섬광의 출현거리는 10, 50, 100, 그리고 200 m에 대한 모사 결과이다. 이 결과로부터 섬광이 50 m 이내에서 출현하는 경우 시력회복에 상당한 시간이 요하게 하는 섬광의 지속시간이 1 ms 이상이면 된다고 할 수 있다. 같은 방법으로, 100, 그리고 200 m 이내에서 출현하는 경우 시력회복에 상당한 시간이 요하게 하는 섬광의 지속시간이 각각 5, 그리고 20 ms 이상 되도록 하여야한다.

그림 5는 섬광의 광도에 따른 망막 에너지 밀도를 모사한 결과로 섬광의 지속시간은 모두 10 ms로 고정하고 반달 조건하에서 섬광의 출현거리는 10, 50, 100, 그리고 200 m에 대한 모사이다. 이 결과로부터 섬광이 50 m 이내에서 출현하는 경우 시력에 영향을 미쳐서 시력회복에 상당한 시간이 요하게 하는 섬광의 광도는 10 Mcd 이상이 되도록 해야 한다. 같은 방법으로, 섬광이 100, 200 m 이내에서 출현하는 경우 시력회복에 상당한 시간

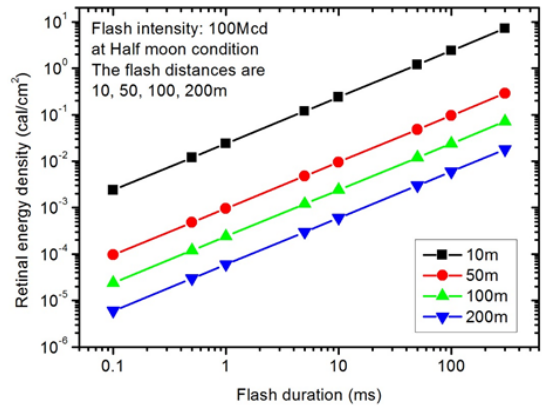


그림 4 10, 50, 100, 200 m에서 100 Mcd 섬광이 나타날 경우에 그 유지 시간에 따른 망막의 에너지 밀도

Fig. 4 The simulated retinal intensity in terms of flash duration for the cases of a busting flash within 10, 50, 100, 200m

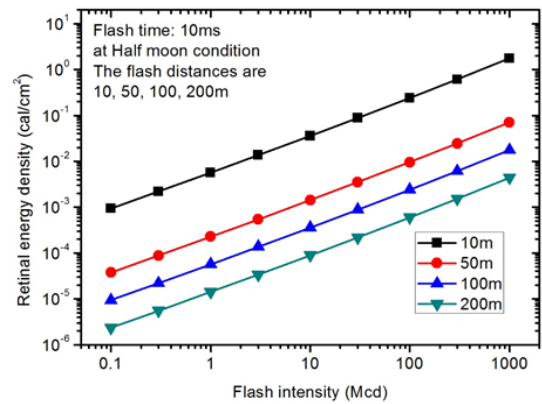


그림 5 10, 50, 100, 200 m에서 10 ms 동안 섬광이 나타날 경우에 그 광도에 따른 망막의 에너지 밀도

Fig. 5 The simulated retinal intensity in terms of flash intensity for the cases of a busting the flash within 10, 50, 100, 200m

을 요하게 하는 섬광의 광도는 각각 30, 200 Mcd 이상이 되어야 한다.

Fig. 3, 4, 그리고 5의 모사 방법과 결과들은 비실상 무기로서의 섬광이 시력에 미치는 영향을 M&S 하기 위하여 활용될 수 있을 것이다.

4. 결 론

본 연구에서는 섬광에 의한 망막의 단위면적당 도달하는 에너지를 모델링하였다. 본 연구의 망막 에너지 밀도 또는 망막강도

모델은 주변조도와 출현거리 등의 다양한 운용상황에 대하여 모사할 수 있다.

이 모델을 활용하여 3종의 광원에 대하여 3종의 주변 조도상황과 섬광의 출현거리에 따른 망막 에너지 밀도를 모사하고 그 결과를 논의하였다. 본 연구 결과로 섬광이 사람에게 미치는 영향을 정량화 할 수 있음을 보였다.

References

- [1] J.H. Jin, S.O. Han, H.W. Yang and S.M. Park, "Design and implementation of a radiative temperature measurement system for a flash light," Korean J. Opt. Photonics, vol. 26, no. 1, pp. 31-37, February 2015. <http://dx.doi.org/10.3807/KJOP.2015.26.1.030>.
- [2] H.J. Kim, S.W. Choi, M.R. Kwon, J.S. Hwang and K.H. Chang, "A pyrotechnic mixture composition and design verification of bright flash," Journal of the Korea Institute of Military Science and Technology, vol. 17 no. 3, pp. 289-295, June 2014.
- [3] S.M. Park, S.O. Han, M.R. Kwon, J.G. Shin and D.G. Jung, "Estimation of incident optical energy to human eye from a flash," KIMST Annual Conference Proceedings, pp. 217, 2015.
- [4] A. J. Zele and D. Cao, "Vision under mesopic and scotopic illumination," Frontiers in psychology, vol. 5, no. 1594, January 2015.
- [5] P.N. Youssef, N. Sheibani and D.M. Albert, "Retinal light toxicity," Nature, Eye vol. 25, pp. 1-14, January 2011.
- [6] R.C. Bakaraju, K. Ehrmann, E. Papas and A. Ho, "Finite schematic eye models and their accuracy to in-vivo data," Vision Research, vol. 48, pp. 1681-1694, July 2008.
- [7] L.N. Thibos, F.M. Ye, X. Zhang and A. Bradley, "Spherical aberration of the reduced schematic eye with elliptical refracting surface," Optometry and vision science, vol. 74, no. 7, pp. 548-556, July 1997.
- [8] Y. Wang and L. Thibos, "Oblique (off-axis) astigmatism of the reduced schematic eye with elliptical refracting surface," Optometry and vision science, vol. 74, no. 7, pp. 557-562, July 1997.
- [9] I. Escudero-Sanz and R. Navarro, "Off-axis aberration of a wide-angle schematic eye model," J. Opt. Soc. Am. A, vol. 16, no. 8, pp. 1881-1891, August 1999.
- [10] M. Storani de Almeida and L. Alberto Carvalho, "Different schematic eyes and their accuracy to the in vivo eye: a quantitative comparison study," Brazilian Journal of Physics, vol. 37, no. 2A, pp. 378-387, June 2007.
- [11] N. Drasdo and C. W. Fowler, "Non-linear projection of the retinal image in a wide-angle schematic eye," Brit. J. Ophthal., vol. 58, pp. 709-714, August 1974.
- [12] J.B. Doshi, E.J. Sarver and R.A. Applegate, "Schematic eye models for simulation of patient visual performance," Journal of Refractive Surgery, vol. 17, no. 4, pp. 414-419, August 2001.
- [13] M. Katz and P.B. Kruger, "The human eye as an optical system," in Duane's Clinical Ophthalmology, Vol. 1, Chapter 33, Duane's Ophthalmology on CD-ROM edition, 2006.
- [14] E. A. Bottner and J. R. Wolter, "Transmittance of the ocular media," Wright-Patterson Air Force Base, Ohio : Life Support Systems Laboratory 6570th Aerospace Medical Research Laboratories, Aerospace Medical Division, Air Force Systems Command, 1962.
- [15] E. L. Dereniak and G. D. Boreman, "Infrared Detectors and Systems," Wiley, chapter 3, 1996.
- [16] L.T. Sharpe, A. Stockman, W. Jagla and H. Jägle, "A luminous efficiency function, $V^*(\lambda)$, for daylight adaptation," Color Research & Application, vol. 36, no. 1, pp 42-46, February 2011
- [17] M. Ikeda and H. Shimozono, "Mesopic luminous-efficiency functions," Journal Of The Optical Society Of America, vol. 71, no. 3, pp. 280-284, October 1981.
- [18] <http://fp.optics.arizona.edu/Palmer/rpfaq/rpfaq.htm>.
- [19] S.Y. Lim and S.M. Park, Korean J. "Infrared Characteristics of Some Flash Light Sources," Photonics, vol. 27, no.1, pp. 18-24, Jan. 2016. <http://dx.doi.org/10.3807/KJOP.2016.27.1.018>.
- [20] [https://en.wikipedia.org/wiki/Air_mass_\(solar_energy\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Air_mass_(solar_energy)).
- [21] K. Schulmeister, "The radiance of the sun, a 1mW laser pointer and a phosphor emitter," Proc. ILSC, pp. 371-378, March 2013.
- [22] H. Bekkering, J.J. Adam, H. Kingma, A. Huson and H.T.A Whiting, "Reaction time latencies of eye and hand movements in single- and dual-task conditions," Experimental Brain Research, vol. 97, no. 3, pp. 471-476, 1994.
- [23] D.A. Wardle, "The time delay in human vision," The physics teacher, vol. 36, pp. 442-444, October 1998.
- [24] S.T. Cohen, Rand Corporation, United States Air Force "A 'Flash bulb' approach to some Vietnam defense problems," Santa Monica, Calif, Rand Corp., April 1967.

저 자 소 개



박 승 만 (Seung-man Park)

1984년 한양대학교 물리학과 졸업, 1986년 동 대학원 졸업(석사), 1997년 KAIST 전기 및 전자공학과 졸업(박사), 1987~2008.10 국방과학연구소, 2008.11~현재 호서대학교 국방과학기술학과 부교수. 관심분야: 적외선 검출기 및 적외선 시스템

Tel : 041-540-9682

Fax : 041-540-9548

E-mail : smanpark@hoseo.edu



한 승 오 (Seungoh Han)

1996년 고려대학교 전기공학과 졸업, 1998년 동 대학원 마이크로머시닝 협동과정 졸업(석사), 2006년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 현재 호서대학교 기계공학부 로봇공학 전공 부교수. 관심분야: MEMS/NEMS, 지능형 센서 등.

Tel : 041-540-9573

FAX: 041-540-9578

E-mail: sohan@hoseo.edu