



Received: 2023/07/18
Revised: 2023/07/30
Accepted: 2023/08/24
Published: 2023/09/30

***Corresponding Author:**

Yeondeok Yoo

PGM RF & IIR Seeker R&D Lab, LIG Nex1

207, Mabuk-ro, Giheung-gu, Yongin-si, Gyeonggi-do,
Republic of Korea

Tel: +82-31-326-9491

E-mail: yeondeok.yoo@lignex1.com

편광각도에 따른 CMOS 이미지 센서의 Sun Glint 영향성 분석

Analysis of the Sun Glint Effect of CMOS Image Sensor by Polarization Angles

유연덕^{1*}, 김홍락², 박진호², 박성현³, 강지안⁴

¹LIG넥스원 PGM 탐색기연구소 연구원

²LIG넥스원 PGM 탐색기연구소 수석연구원

³LIG넥스원 PGM 탐색기연구소 선임연구원

⁴국방과학연구소 미사일연구소 선임연구원

Yeondeok Yoo^{1*}, Hong-Rak Kim², Jin-Ho Park², Sunghyun Park³, Jian Kang⁴

¹Research engineer, PGM RF & IIR Seeker R&D Lab, LIG Nex1

²Chief research engineer, PGM RF & IIR Seeker R&D Lab, LIG Nex1

³Research engineer, PGM RF & IIR Seeker R&D Lab, LIG Nex1

⁴Research engineer, Missile R&D Lab, Agency for Defense Development

Abstract

본 논문에서는 편광각도에 따른 CMOS 이미지 센서의 sun glint 영향성을 분석하였다. 먼저, 편광 각도가 0°부터 165°까지 15°씩 증가할 때, sun glint 수를 비교하였다. Sun glint 수를 비교하기 위해 기준 gray 값을 정의하였다. 다음으로 편광각도에 따른 영상평균 gray 값과 sun glint의 관계를 분석하였다. 편광각도가 60° - 75°에서 500프레임 평균 sun glint 수가 가장 적게 나타난다. 0° 대비 75°의 500프레임 평균 sun glint 수는 편광필터 LPVIS100에서 약 63.62%, 편광필터 #47-216에서 약 79.03% 감소한다.

This study analyzed the Sun Glint Effect of CMOS Image Sensor by Polarization Angles. First, when the polarization angle increased by 15° from 0° to 165°, each angles was compared by the number of sun glints. Standard Gray value was defined for the number of sun glint comparison. Then, the relationship between image average Gray value and Sun glint by polarization angles was analyzed. The polarization angle showed the smallest average number of sun glints in 500 frames at 60° - 75°. average number of sun glints in 500 frames decreased by 63.62% for LPVIS100 and 79.03% for #47-216 at 75° compared to 0°.

Keywords

영상센서(Image Sensor),
태양 반사광(Sun Glint),
태양 반사점(Sun Glitter),
편광각도(Polarization Angle),
편광필터(Polarization Filter)

Acknowledgement

이 논문은 2023년 정부(방위사업청)의 재원으로 수행된 연구임

이 논문은 2023년도 한국해군과학기술학회 하계학술대회 발표 논문임.

1. 서론

CMOS 이미지 센서는 특정 이상의 높은 레벨의 에너지가 입사되면 포화된다. CMOS 이미지 센서를 통해 바다를 촬영할 때, 바다에 햇빛이 반사되는 sun glint로 인해 특정 픽셀이 포화되는 현상이 발생한다. Sun glint로 인해 영상이 포화되는 현상을 줄여 보고자 편광 필터를 통해 편광 각도에 따른 CMOS 이미지 센서의 sun glint 영향성을 분석하였다.

2. 본론

편광 각도에 따른 CMOS 이미지 센서의 sun glint 영향성을 확인하기 위해 영상 촬영을 진행하였다. 촬영 환경 및 장소는 다음과 같다.

Table 1. 촬영 환경

날짜	장소	방향
2023. 3. 8	A	북서
2023. 3. 9	A	북동
2023. 3. 10	B	정남



Fig. 1. 촬영 조건

바다에 반사되어 나타나는 sun glint 영상을 Fig. 1과 같이 남해에서 동, 서, 남쪽 방향을 촬영하여 영상을 획득하였다.

사용한 편광필터는 Table 2와 같다. 편광 필터의 파장 범위에 따른 비교도 함께 진행하였다.

Table 2. 편광필터 사양

품명	파장 범위 (nm)	재질
LPVIS100	550 - 1,500	B270
#47-216	400 - 700	B270

CMOS 이미지 센서의 사양은 Table 3와 같다.

Table 3. CMOS 이미지센서 사양

항목	내용
제작사	○○○○○○
품명	○○○○○○
화소 수	○○○ × ○○○
파장대역	Visible
화소 크기	○ μm × ○ μm

3. Sun glint 수 측정

Sun glint 수를 정의하기 위해 다음과 같은 방법을 사용하였다.

먼저, 하늘의 평균 gray 값을 측정하기 위해 Fig. 2와 같이 하늘 영역에 100×100 픽셀 영역을 설정하여 500 frame 동안 영역 내의 gray 값의 평균을 계산한다. 하늘의 평균 gray 값을 x_{avg} , 픽셀 영역 내의 픽셀 수를 r 이라고 할 때, 식 (1)과 같이 정의하였다.



Fig. 2. 하늘의 평균 gray 값 측정

$$x_{avg} = \frac{\sum_{k=0}^r \text{gray value } [k]}{r} \tag{1}$$

기준 gray 값 n 을 식 (2)와 같이 정의하였다.

$$n = x_{avg} + 1000 \tag{2}$$

기준 gray 값 n 이상인 pixel 수를 sun glint 수로 정의하였다. Fig. 3는 Fig. 2에서 픽셀 gray 값이 n 이상인 부분만 나타낸 것이다. Fig. 2의 sun glint 부분만 Fig. 3에 나타나는 것을 확인할 수 있다.



Fig. 3. Sun glint 측정

4. Sun glint 측정 결과

Tables 4-9을 보면 편광필터 LPVIS100는 60° - 75°

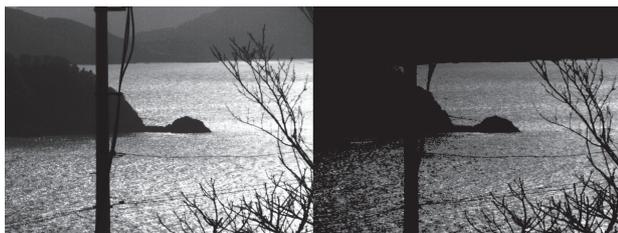


Fig. 4. 촬영 환경(2023. 3. 8)

Table 4. Sun glint 수(LPVIS100, 2023. 3. 8)

각도 (°)	x_{avg}	n	500프레임 평균 sun glint 수
0	4022.07	5022	144,629
15	3435.21	4435	157,433
30	3263.73	4263	142,648
45	3278.91	4278	122,470
60	3751.37	4751	96,629
75	3975.50	4975	75,784
90	4059.22	5059	78,153
105	4226.58	5226	110,581
120	4742.16	5742	129,454
135	4319.37	5319	144,079
150	4073.72	5073	148,407
165	3912.20	4912	154,722

Table 5. Sun glint 수(#47-216, 2023. 3. 8)

각도 (°)	x_{avg}	n	500프레임 평균 sun glint 수
0	4640.70	5640	131,317
15	4596.58	5596	126,426
30	4455.77	5455	116,987
45	4254.17	5254	101,295
60	4047.20	5047	76,704
75	4303.57	5303	52,259
90	6224.24	7224	73,022
105	6069.27	7069	81,345
120	5482.85	6482	98,079
135	5043.83	6043	114,749
150	4788.21	5788	125,184
165	4575.52	5575	130,554

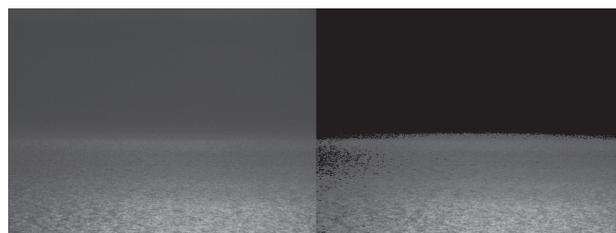


Fig. 5. 촬영 환경(2023. 3. 9)

Table 6. Sun glint 수(LPVIS100, 2023. 3. 9)

각도 (°)	x_{avg}	n	500프레임 평균 sun glint 수
0	4618.37	5618	132,511
15	4464.23	5464	121,964
30	4431.10	5431	105,137
45	4370.14	5370	88,274
60	4375.97	5375	73,617
75	4415.93	5415	71,950
90	4556.60	5556	84,337
105	4712.19	5712	114,925
120	4068.08	5068	133,932
135	3991.64	4991	132,076
150	3733.17	4733	132,468
165	3737.09	4737	130,195

Table 7. Sun glint 수 (#47-216, 2023. 3. 9)

각도 (°)	x_{avg}	n	500프레임 평균 sun glint 수
0	4152.22	5152	129,842
15	4117.85	5117	126,215
30	4069.54	5069	117,457
45	4000.98	5000	97,873
60	3944.65	4944	61,727
75	3904.99	4904	29,749
90	4176.14	5176	38,020
105	4234.95	5234	58,223
120	4366.81	5366	93,544
135	4481.14	5481	122,067
150	4555.87	5555	132,165
165	4354.56	5354	132,007



Fig. 6. 촬영 환경(2023. 3. 10)

Table 8. Sun glint 수(LPVIS100, 2023. 3. 10)

각도 (°)	x_{avg}	n	500프레임 평균 sun glint 수
0	6494.55	7494	288
15	6293.72	7293	185
30	6014.38	7014	56
45	5816.37	6816	8
60	5721.10	6721	1
75	5817.83	6817	7
90	5984.97	6984	60
105	6237.11	7237	222
120	6461.32	7461	459
135	6681.10	7681	680
150	6691.59	7691	630
165	6625.15	7625	606

Table 9. Sun glint 수(#47-216, 2023. 3. 10)

각도 (°)	x_{avg}	n	500프레임 평균 sun glint 수
0	6729.42	7729	1,052
15	6568.05	7568	589
30	6243.62	7243	317
45	5903.00	6903	53
60	5824.72	6824	8
75	5787.75	6787	2
90	5591.65	6591	26
105	5698.72	6698	156
120	5965.47	6965	404
135	6336.92	7336	800
150	6701.72	7701	1,613
165	6828.27	7828	1,525

에서 500프레임 평균 sun glint 수가 가장 적었으며 편광필터 #47-216는 75°에서 가장 적었다. 따라서 75°를 기준으로 결론을 도출하였다.

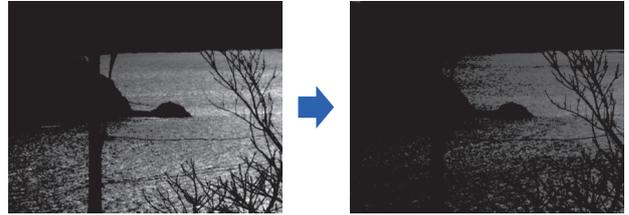


Fig. 7. 0°(왼쪽)와 75°(오른쪽)에서의 sun glint(LPVIS100, 2023. 3. 8)

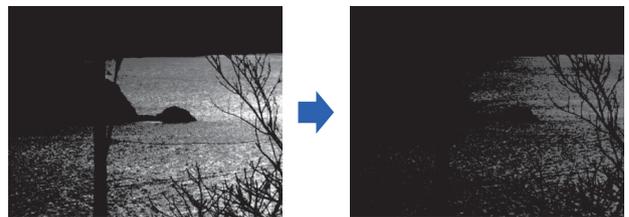


Fig. 8. 0°(왼쪽)와 75°(오른쪽)에서의 sun glint(#47-216, 2023. 3. 8)

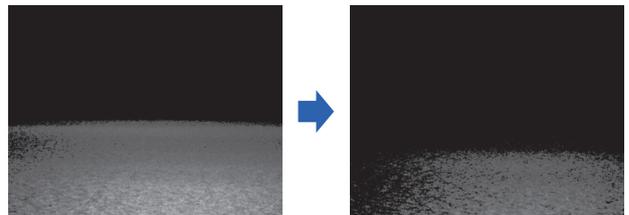


Fig. 9. 0°(왼쪽)와 75°(오른쪽)에서의 sun glint(LPVIS100, 2023. 3. 9)

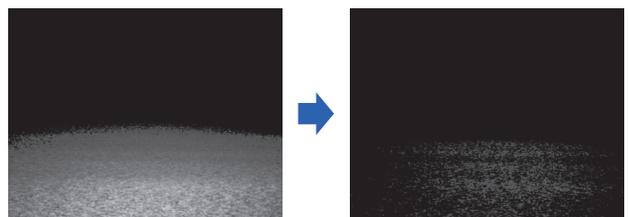


Fig. 10. 0°(왼쪽)와 75°(오른쪽)에서의 sun glint(#47-216, 2023. 3. 9)

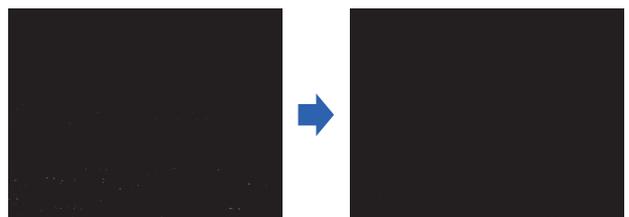


Fig. 11. 0°(왼쪽)와 75°(오른쪽)에서의 sun glint(LPVIS100, 2023. 3. 10)



Fig. 12. 0°(왼쪽)와 75°(오른쪽)에서의 sun glint(#47-216, 2023. 3. 10)

5. 결론

CMOS 이미지 센서는 특정 이상의 높은 레벨의 에너지가 입사되면 포화된다. 본 연구는 Sun glint로 인해 영상이 포화되는 현상을 줄여보고자 특정 파장대역만 통과시키는 편광필터를 사용하였을 때의 효과를 확인하고 분석하였다.

0° 대비 75°의 500프레임 평균 sun glint 수를 비교하면 LPVIS100는 날짜별로 47.6 %, 45.7 %, 97.6 %이며 평균 약 63.62 % 감소하였다. #47-216는 날짜별로 60.2 %, 77.1 %, 99.8 %로 평균 약 79.03 % 감소하였다.

75°에서 두 필터의 500프레임 평균 sun glint 수를 비교했을 때, 편광필터 LPVIS100의 sun glint 수가 편

광필터 #47-216에 비해 날짜별 31.0 %, 58.7 %, 71.4 %로 평균 약 53.7 % 높은 것을 확인하였다. 사용한 두 필터의 재질이 B270으로 같기 때문에 편광필터의 파장 범위가 작을수록 sun glint 수가 적어진다는 것을 확인하였다.

Sun glint는 고도 및 해의 방향에 따라 큰 차이를 보이며, 운용 환경을 고려해 적절한 편광필터를 선정하면 sun glint를 효과적으로 감소시킬 수 있을 것이라 생각된다. 추후 고도와 해의 방향에 따른 sun glint의 차이와 효과적으로 감소시킬 수 있는 방향에 대해 연구하고자 한다.

참고문헌

- [1] Kay, Susan, John D. Hedley, and Samantha Lavender. "Sun glint correction of high and low spatial resolution images of aquatic scenes: a review of methods for visible and near-infrared wavelengths." *Remote sensing* 1.4, 2009, pp. 697-730.
- [2] Lynch, David K., David SP Dearborn, and James A. Lock. "Glitter and glints on water." *Applied Optics* 50.28, 2011, F39-F49.