

저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

• 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건 을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 이용허락규약(Legal Code)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

Disclaimer 🖃





공학석사 학위논문

영상정보 결합형 적응 임계 값 감마보정을 이용한 해수면 빛 반사 보정방법

2020 년 02월

서울대학교 대학원 전기 정보 공학과 이 호 진

영상정보 결합형 적응 임계 값 감마보정을 이용한 해수면 빛 반사 보정방법

지도교수 서종모

이 논문을 공학석사 학위논문으로 제출함 2019 년 11 월

> 서울대학교 대학원 전기정보공학부 이 호 진

이호진의 석사 학위논문을 인준함 2019 년 11 월

위 원 장 <u>이 종 호 (인)</u> 부위원장 <u>서 종 모 (인)</u> 위 원 <u>김 석 환 (인)</u>

국문초록

공중에서 수면 위의 물체를 관찰하기 위해서는 물체를 잘 식별하는 기술뿐 아니라 수면 및 반사와 같은 교란 신호를 억제 혹은 제거할 수 있는 기술이 필요하다. 본 논문에서는 수면 및 반사를 영상정보 결합형 적응 임계 값 감마 보정필터를 이용하여 억제함으로써 공중에서 해상의 물체를 관측하는 데 도움을 주는 방법을 연구하였다. 또한, 및 반사로 인해 영상의 각 화소 값이 포화되어 완전히 소실된 지점의 영상정보를 및 반사가 없는 주변 영역의 영상자료를 바탕으로 가상의 정보를 만들어 내어 추적 알고리즘의 변형 없이도 물체를 지속적으로 관측할 수 있도록 하였다.

주요어: 적응형 감마보정, 빛 난반사, 객체 인식, 목표물 추적, 수면

학 번: 2018-26805

목 차

제 1 장 서론	1
제 1 절 연구 목적	1
제 2 절 선행 연구	8
제 3 절 예비 연구	30
제 2 장 본론	37
제 1 절 비행체 궤적 및 빛 반사 분석	37
1. 비행체 궤적 분석	37
2. 빛 반사 양상 분석	45
제 2 절 실험용 데이터 취득 및 보정 알고리즘 설계	47
1. 실험용 데이터 취득	47
2. 데이터 분석	48
3. 관측 데이터 영상 전처리	49
4. 적응형 임계값 조절 감마보정	51
제 3 절 실험 결과	54
1. 알고리즘 구동	54
2. 변수 영향 분석	56
3. 알고리즘 최적 변수 설정	58
제 3 장 결론6	6
참고문헌7	7
Abstract8	0

표 목 차

[翌 1-1	 36
[班 2-1	 47
[班 2-2	 49
[班 2-3	 73

그림 목차

[그림	1-1]	2
[그림	1-2]	 3
[그림	1-3]	 4
[그림	1-4]	 7
[그림	1-5]	 9
[그림	1-6]	 10
[그림	1-7]	 11
[그림	1-8]	 12
[그림	1-9]	 13
[그림	1-10]	 13
[그림	1-11]	 14
[그림	1-12]	 15
[그림	1-13]	 15
[그림	1-14]	 16
[그림	1-15]	 17
[그림	1-16]	 18
[그림	1-17]	 19

[그림	1-18]	 20
[그림	1-19]	 23
[그림	1-20]	 26
[그림	1-21]	 28
[그림	1-22]	 31
[그림	1-23]	 31
[그림	1-24]	 32
[그림	1-25]	 33
[그림	1-26]	 35
[그림	1-27]	 35
[그림	2-1]	 38
[그림	2-2]	 39
[그림	2-3]	 39
[그림	2-4]	 41
[그림	2-5]	 43
[그림	2-6]	 44
[그림	2-7]	 45
[그림	2-8]	 46
[그림	2-9]	 47
[그림	2-10]	 48
[그림	2-11]	 50
[그림	2-12]	 51
[그림	2-13]	 52
[그림	2-14]	 52
[그림	2-15]	 53
[그림	2-16]	 54

[그림 2-17]	 55
[그림 2-18]	 57
[그림 2-19]	 58
[그림 2-20]	 60
[그림 2-21]	 61
[그림 2-22]	 62
[그림 2-23]	 63
[그림 2-24]	 64
[그림 2-25]	 65
[그림 2-26]	 66
[그림 2-27]	 67
[그림 2-28]	 68
[그림 2-29]	 69
[그림 2-30]	 70
[그림 2-31]	 71
[그림 2-32]	 72
[그림 2-33]	 75
[그림 2-34]	 76

제 1 장 서 론

제 1 절 연구 목적

파동의 일종인 빛은 진행방향에서 어떤 물체나 입자를 만나면 반사하게 된다. 특히 거울 면이나 금속 표면, 잔잔한 수면과 같이 매끈하고 균일한 표면에 빛이 도달하면 해당 표면에 입사된 대부분의 빛이 반사한다. 이런 반사현상을 이용한 다양한 제품이나 기술을 통해 우리는 여러편리한 삶을 누릴 수 있다. 거울과 카메라, 망원경 등 빛 반사가 없는 삶은 생각하기 힘들다. 하지만 언제나 반사가 유익한 것은 아니다. 우리의사회에서 〕빛 반사가 문제가 되는 사례가 많으며 이런 문제가 되는 빛반사를 제거하기 위한 기술들이 많이 연구되고 있다.

1.1.1 해수면반사

Sun glint는 수면에서 나오는 빛의 정반사를 말한다. 원거리에서 강이나 바다의 수면을 촬영할 때, 잔잔한 수면에서 전반사 되어 관측되는 sun glint로 인해 영상에서 주변 픽셀 값에 비해서 비정상적으로 밝고 포화되는 픽셀이 생긴다. Sun glint는 수면 아래에서 오는빛의 분석을 통해 얻고자 하는 여러 신호들을 왜곡하고 흐리게 만들어 수심 측정, 해저면 분석 등의 수행을 어렵게 한다. Sun glint를 제거하기 위한 다양한 알고리즘과 방법들이 제시되고 있기는 하지만,모든 연구 목적에 맞는 태양 빛 반사 제거기술은 아직 걸음마 단계이다. 특히 강이나, 복잡한 해수면, 넓은 반사광 등을 제거하기 위한 기술들은 아직 부족하다. 이런 기술들을 개발하기 위해 기존의 넓은 대양에서 활용되는 sun glint 제거기술들을 응용해 연구진의 목적에 맞게 적용하려는 시도가 많다 [1].



그림 1-1. 2009년 오일 유출 이전의 걸프만 촬영 사진. Sun glint가 북에서 남쪽으로 길게 나타나고 있다 [2].

얼마 전 까지만 해도, 그림 1-1 과 같은 인공위성 사진이나 항공사진을 얻는 것은 정부의 지원 없이는 불가능했다. 하지만 최근 들어서고성능의 이미지 촬영 기술과 경량의 드론과 같은 무인 항공기술의발전 덕분에 연구진들이 강이나 해양의 항공사진, 영상을 촬영해 분석하는 일이 늘어나고 있다. 이를 통해 얻은 방대한 데이터들은 지역식생 관리나 오염도 분석 등 전반적인 환경 개선과 복구와 같은 다양한 연구를 위해 활용된다. 이런 목적을 잘 달성하기 위해서 해수면반사를 제거하는 기술을 연구하고 개발하는 노력은 반드시 필요하다.

단순히 sun glint를 제거하는 기술만이 있는 것이 아니라 sun glint를 이용해 수면 오염도를 측정하는 기술도 개발되었다. NASA의 MODIS Rapid Response Team에서는 앞서 말한 sun glint를 토대로 해상의 유막을 탐지하는 역할을 수행한 바 있다 [2]. 2010년에 멕시코만의 대형 석유 시추시설인 딥워터 호라이즌이 폭발하여 7억 7천만 리터의 원유가 유출되자, 당시 나사는 사고 이후 지속적으로 멕시코만을 모니터링하며 유막의 분포상황을 감시하는 역할을 수행했다.

이 모니터링에 참여했던 Terra 와 Aqua 위성은 기상위성이 아니었기 때문에 걸프만의 사진을 정오 즈음에 하루에 단 한 번 촬영할 수 있었다. 때문에 기상조건이 좋지 않은 환경에서 하루에 여러 번 혹은, 지속적인 관측을 통한 유막 위치 분석이 어려운 상황이었다.

이때 sun glint를 이용한 관측방법이 활용될 수 있었다. 물 표면에 기름이 깔리지 않은 거친 수면 조건에서는 인공위성이 해수면을 관측할 때 난반사가 주로 일어나기 때문에 sun glint 로 인한 반사가심하지 않다. 하지만 유막(oil slick)이 바다를 뒤덮게 되면 기름이 수면을 부드럽고 매끈하게 만들게 되면서 인공위성이 sun glint를 관측하기 쉬워진다. 즉 인공위성 이미지 어떤 영역에서 해수면 반사가 일어나게 될 때 근처에 유막이 있으면 유막이 다른 영역에 비해서 훨씬 밝게 보인다. 이 방법을 통해 쉽게 유막의 위치를 찾아 기름 유출에 대한 대응이 가능하다.



그림 1-2. 2010년 4월 25일 사진, 유막이 퍼져있는 것이 보임(위). 2010년 4월 26일 사진, 기름이 사라지지 않았음에도 불구하고, 광원의 조건이 달라지면서 유막 탐지가 불가능해짐 (아래) [2].

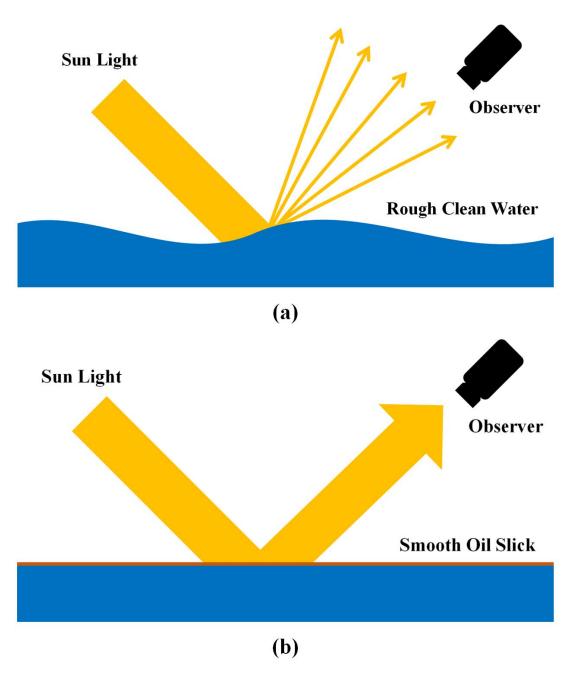


그림 1-3. 유막 유무에 따른 빛 반사 차이 모식도. (a) 일반 해수면의 난반사, (b) 유막이 덮인 해수면에서 발생하는 sun glint [2].

위 사고와 같은 유전의 폭발뿐 아니라, 지표면이나 바다에서 자연스럽게 기름이 나타날 수도 있다. 하지만 인간에 의해 유출된 기름만이 바다에서의 태양 빛의 반사정도에 변화를 줄 수 있으므로 기름이최초로 유출된 위치를 알 수 만 있으면 이러한 반사도의 차이와 변화를 관측하여 기름의 위치를 특정할 수 있다. 특히 넓은 대양에서는이러한 분석법이 효과적이다. 반면, 해안가 근처에서는 각종 퇴적물과 강이 육지에서 쓸고 내려오는 각종 유기물과 복잡한 해류 등이태양 빛의 반사도에 영향을 줄 수 있다. 이런 조건에서, 측정된 반사도의 차이를 분석할 때 주의가 요구된다. 하지만 여전히 이런 가시광선 영역만을 이용한 관측법의 한계에 부딪히면서 멕시코만 기름유출사태와 같은 대형 참사에 대처하기 위성사진, 레이더 이미지, 항공사진, 그리고 배에서 관측한 사진 등 여러 정보들을 종합한 모니터링시스템을 활용하는 것이 필요할 것이다.

1.1.2. 빛 반사로 인한 자율 비행 알고리즘의 활용성 제약

최근 UAV(Unmanned Aerial Vehicle) 기술의 발전으로 인해 저렴한 비용으로 한 번에 여러 비행체들을 운용하는 기술들이 개발되고 있다. 이전에는 사람이 잘 조종할 수 있는 드론 기술에 주목했다면, 최근에는 드론과 같은 무인 비행체들이 스스로 길을 찾고 경로를 선택해 움직이는 자율 주행알고리즘이 적용되고 있다. UAV의 자율 주행 기능에 다양한 형태의 알고리즘이 적용될 수 있는데 대표적으로 GPS 기반, SLAM(Simultaneous Localization and Mapping) 기반의알고리즘들이 일반적이다.

이전의 SLAM 기술들은 단순 거리, 방향 센서를 이용해 2D 지도를 그려나가는 역할에 집중했다. 하지만 비용과 효율의 문제로 인해이를 그대로 3D로 움직이는 UAV에 적용하기는 어려웠고, 이로 인해카메라와 영상처리를 기반으로 한 SLAM 기술들이 연구되고 도입되고 있다 [3]. 또한 단순히 GPS만을 이용하는 것 보다 다양한 시각정보를 통해 드론의 주행방향을 탐지하고 착륙할 수 있는 위치를 탐색

하는 것이 GPS가 작동하지 않는 영역까지 드론의 활동영역을 확장 시킬 수 있는 좋은 방법이 될 수 있다 [4].

하지만 이러한 시각, 영상정보 기반의 오토파일럿 기능은 필연적으로 실시간으로 카메라를 통해 입력되는 영상정보에 민감하게 반응할수밖에 없다. 이런 조건에서 수많은 유리면과 수면에서 일어나는 강한 빛 반사는 UAV의 오토파일럿 기능을 무력화 시킬 수 있다. 빛포화가 일어나 정보가 소실된 지점의 정보를 복구하는 것은 사실상불가능할뿐더러, 이를 다른 목표물이나 위험물로 인식하게 되면 오히려 위험하고 비효율적인 주행을 선택할 수 있다.

특히 최근에는 인간의 심미성을 만족시키기 위한 건축물의 디자인으로 인해 도시에는 빛 반사가 만연하다 [5]. 인공 비행체뿐만 아니라 생명체인 조류도 이러한 빛 반사로 인해 유리창을 인식하지 못해충돌해 사망하는 사고가 빈번하게 발생하고 있다. 특히 도로면에 설치된 투명 방음벽들이 야산을 오가는 새들이나 철새들에게 문제가되고 있다. 이런 유리벽 충돌 문제를 해결하기 위해서는 유리벽면의반사를 줄여야 하고, 이를 위해 유리창이나 방음벽에 아크릴 물감이나 스티커, 헝겊 등을 이용해 점과 선을 표시해서 새들이 유리창에서오는 반사를 현실로 착각하지 않도록 하는 조치를 해줄 필요가 있다.하지만 이러한 조치들은 결국 근본적인 해결조치가 아니다. UAV시장이 엄청나게 확장하고 있는 상황에서 건축물 간 도로 간을 지나는 경로 상에서 안전이 보장되지 못한다면, 관련 산업이 큰 타격을받을 수 있다. 이미 발생하고 있는 빛 반사를 완전히 억제하기 어렵다면, 이러한 영향으로부터 자유롭게 경로를 탐색할 수 있는 빛 반사억제 알고리즘의 개발이 반드시 필요하다.





그림 1-4. 국내 건물들에서 일어나는 빛 반사 현상들 [5]. 분당 네이 버 본사 그린 팩토리(하), 서울 여의도 마천루(상)

제 2 절 선행 연구

1.2.1. 적응형 윈도우를 활용한 영상처리 기술

레이저와 같은 빛을 산란성을 가진 물질에 쬐면 이 빛의 파면이 반사되어 자잘한 낱알무늬의 불규칙한 산란무늬가 나온다. 이런 무늬를 스페클이라고 부르며, 이 스페클에는 산란체의 정보가 담겨있다[6]. 산란물질을 구성하는 산란체의 이동속도나 구성 물질이 상이하다면 스페클의 분산은 큰 값이 나오는 반면, 균일한 물질과 속도로움직이는 산란체로 구성된 물질의 스페클 분산은 상대적으로 작다.이런 차이를 이용해 영상을 얻는 방법이 LASCA(Laser Speckle Contrast Analysis)이다. 인간의 혈액을 구성하는 혈구들의 균일성과혈류속도의 항상성의 특징 덕분에 레이저 스페클 기법을 이용해 미세한 혈관을 관측하고 분석할 수 있다. 레이저 스페클 기법은 다른영상기법들에 비해 장치가 간단하고 비용이 저렴하다는 장점이 있다. 레이저 스페클 영상을 얻기 위해서는 먼저 650 nm 대역의 레이저를 원하는 지점에 조사하여야 한다. 이후 해당 영역에서 반사된 스페클 정보를 컬러 카메라로 얻는다. 이때 얻은 영상은 각종 영상처리과정을 통해서 원하는 영상으로 가공된다.

LASCA는 크게 Spatial LASCA, Temporal LASCA로 분류된다. Spatial LASCA는 단일 프레임의 대조비를 얻는 영상처리 기법을 말하며, 보통 말하는 LASCA 기술은 Spatial LASCA를 가리킨다. LASCA를 통해 얻게 되는 각 영역의 값을 대조비(Contrast ratio)라고 하며 다음과 같은 방법을 통해 구한다.

$$K = \frac{\sigma_s}{\langle I \rangle} \tag{1}$$

위 식 (1)에서 K는 대조비, σ_s 는 공간에 대한 표준편차를 의미한다. 표준편차를 공간의 평균 밝기인 < I>로 나눠줌으로써 정규화를

해준 각 픽셀의 밝기 값들의 표준편차가 바로 K 값이 된다. 이 결과를 통해 얻게 되는 결과물을 대조 영상(Contrast Image)이라고 부른다. 이 영상을 분석하여 비침습적으로 생명체의 혈관의 위치나 혈류속도 등을 분석할 수 있다.

단일 프레임의 영상만을 이용하는 공간 LASCA 기술에서, 영상의 각 지점들의 대조비를 구하기 위해서는 σ_s 를 계산하기 위한 공간이 필요하고 기존에는 고정된 크기의 윈도우를 이용했다. 보통 가로 세로 3, 5, 7, 9 크기의 윈도우가 사용되며 한 칸씩 옮겨가며 연산하는 슬라이딩의 방식을 채택하고 있다.

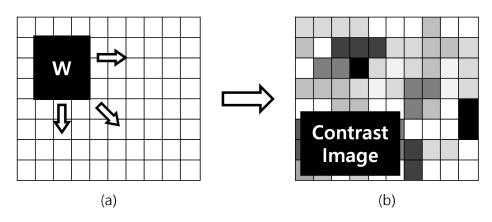


그림 1-5. LASCA Operation (a) 원본 이미지 (b) 대조 이미지(Contrast Image) [6]

하지만 영상 전체에 고정된 크기의 윈도우를 사용하면 대조 영상의 품질이 다소 떨어진다. 작은 윈도우를 사용하면 그림 1-6의 (a)처럼 혈관들을 선명하게 추출할 수 있다. 하지만 비 혈관부분의 노이즈의 영향력이 커져서 영상 전반에 검은색 점들이 무수히 나타나게 된다. 반대로 큰 윈도우를 사용하면 비 혈관부분의 노이즈를 억제할 수 있지만, 혈관의 해상도가 크게 떨어진다는 단점이 존재한다.

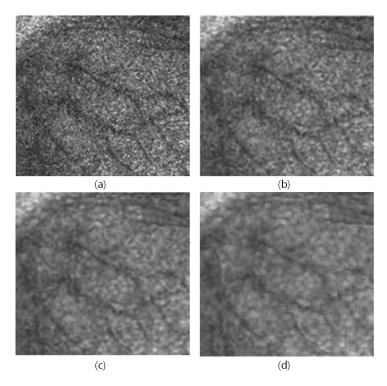


그림 1-6. 윈도우 크기별 공간 LASCA 결과 이미지 [6] (a) W=3×3 (b) W=5×5 (c) W=7×7 (d) W = 9×9

따라서 각 영역의 성격에 따라서 윈도우의 크기를 스스로 조절하여 대조영상을 얻는 적응 윈도우 기법이 고안되었다. 이 적응형 윈도우 방법에서는 각 영역의 지역적 특성에 따라서 서로 다른 크기의윈도우를 적용시켜 대조비를 구한다. 이때 기본적으로 픽셀의 대조비값이 작은 부분을 혈관, 대조비 값이 큰 부분은 관심 외의 영역이라는 가정을 세우고 접근을 하게 된다. 혈관은 해상도를 높이고, 혈관이 아닌 영역의 노이즈를 최소화 할 수 있도록 설계되었다. 보통의알고리즘은 총 4개의 윈도우(W=3×3, 5×5, 7×7, 9×9)를 사용한다. 그림 1-7처럼 전체 픽셀의 대조비 히스토그램을 각 구간의 픽셀 수가 같도록 4분할 할 수 있는 임계값(T1, T2, T3)을 세 개 결정한다.

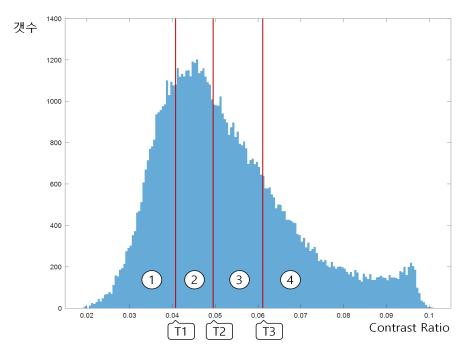


그림 1-7. 대조비 히스토그램과 임계값 (T1, T2, T3) [6]

이후 원본 영상으로 대조영상을 만들면서 각 픽셀의 대조비 값을 활용해 서로 다른 크기의 윈도우를 사용하게 된다. 예를 들어 픽셀 A의 대조비 값 K_A 가 $T2 < K_A < T3$ 일 때 대조비 값이 상대적으로 크므로 혈관 이외의 영역일 확률이 크다. 따라서 윈도우 크기를 7로 설정하여 노이즈를 억제한 영상을 얻을 수 있다. 이런 방식으로 대조영상을 적응형으로 얻으면 같은 영상을 활용했을 때 고정된 크기의 윈도우를 활용하는 기존의 방식보다 혈관으로 예측되는 부분은 보다 명확하고 정밀하게 얻을 수 있다. 반면, 덜 중요한 비 혈관부분이나 기타 영역은 노이즈를 최소화하여 분석이나 연구가 용이해진다.

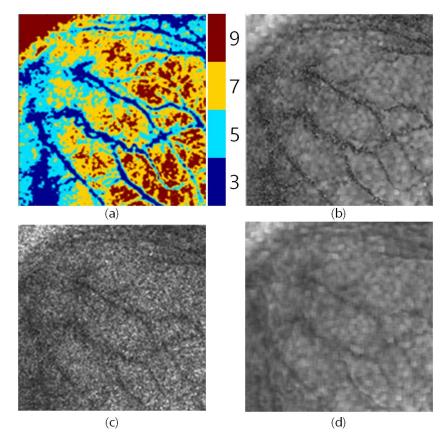


그림 1-8. LASCA 결과 이미지 [6] (a) 윈도우 크기 선택 이미지, (b) 적응 윈도우 결과 이미지, (c) W = 3×3 고정 윈도우 결과 (d) W = 9×9 고정 윈도우 결과

1.2.2. 엣지 영상 기반의 실내조명 반사광 제거 기술

자율주행기술에서 가장 중요한 요소 중 하나인 자동주차기술을 널리 상용화하기 위해서는 정밀한 주차 공간 인식이 중요하다 [7]. 주차 영역은 곧 주차선을 인식하는데서 시작하므로, 경계선 인식에 활용할 수 있는 canny edge filter를 이용할 수 있다. 이 필터는 영상의 뚜렷한 경계 값을 추출하고 나머지 영역은 제거할 수 있는 기술로 주차선 탐색에 유용하다. 하지만 표면 빛 반사가 쉽게 일어날 수 있는 실내 주차 공간 영역에서는 차량에 설치된 가시광선 검출기에 그림 1-9 와 같은 빛 반사 영역이 감지될 수 있다.



그림 1-9. 실내 주차장 조명 반사 [7]

그리고 주차 선을 감지하기 위해 활용한 조감도 영상에서는 그림 1-10 처럼 위 반사 영역이 더욱 확대되어 자율 주차선 감지 및 주창 공간 탐색에 방해가 된다. 따라서 이를 제거하기 위해서 영상의 경계 면을 추출하고 추출된 개체들을 적절히 분류해 주차선과 그 이외의 반사 영역을 구분하는 방향-밀도기반 군집화기술(D-DBSCAN)이 고 안되었다.

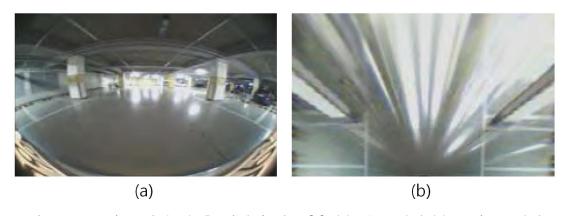


그림 1-10. 조감도 변화 전 후 반사광 비교 [7]. (a) 원본 영상 (b) 조감도 영상

군집화 기술이란 여러 개체들을 성격이 유사하거나 동일한 그룹으로 묶는 기술로 예측되는 정답이나 항목이 없는 비지도 학습 (unsupervised learning)의 한 종류이다. 군집화를 위한 다양한 알고리즘이 제시되어 왔고 주로 영상처리나 기계학습에 활용되고 있다.

대표적으로 사용되는 군집화 기술은 K-평균 군집화 알고리즘이다 [8]. K-평균 군집화 알고리즘에서는 임의로 제시된 K 개의 군집의 중심점(Core point)을 기준으로 거리가 가까운 개체들을 군집을 만든후, 해당 군집을 기준으로 반복적으로 새로운 군집의 중심점(New core point)을 업데이트 하면서 최적의 군집화를 찾는다. 다만 이 방식은 초기에 임의로 정하는 군집의 중심점에 의해 결과물이 달라질수 있으며, 데이터의 형태가 어느 정도의 원형을 이루지 않거나, 서로 크기와 밀도가 차이가 큰 군집에 대해서는 군집화의 정확도가 다소 떨어진다는 단점이 있다. 또한 별도의 조건 설정이 없이는 군집에 포함이 되지 않아도 되는 노이즈도 군집에 포함시키는 등, 환경에 영향을 많이 받는다.

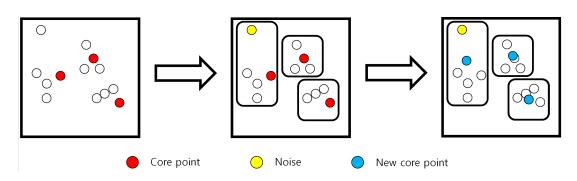


그림 1-11. K-평균 군집화 알고리즘 모식도

또 다른 군집화 기술 중 하나로 계층적 군집화 기술이 있다. 각 개체들 간의 거리를 기반으로 군집화를 하는 방법으로 모든 개체간의 거리를 사전에 알고 있어야 한다. 또한 각각의 개체들에 대해 군집화를 진행하게 되므로 연산시간이 길어져 실시간으로 영상을 처리해야하는 기술에는 적용이 어렵다.

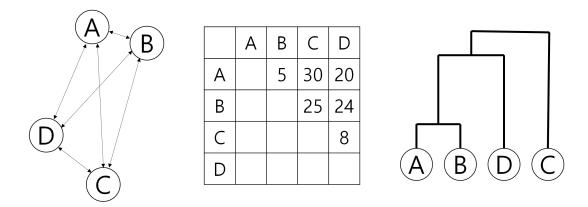


그림 1-12. 계층적 군집화 알고리즘 모식도

두 군집화 기술의 문제점을 해결할 수 있는 기술이 바로 밀도기반 군집화기술(DBSCAN)이다. 이 알고리즘은 앞서 제시된 방법들과는 다르게 밀도를 기준으로 개체들을 분류한다. 사용자가 특정 밀도 기준과 기준 반경을 제시하여 서로 충분히 가깝고 많이 인접한 점들을 함께 묶을 수 있다. 또한 밀도를 측정하는 기준이 되는 중심점들이 차지하는 영역이 서로 겹칠 때, 해당 군집들이 쉽게 이어질 수 있기때문에 다른 군집화 기술과는 다르게 다양한 기하학적 분포를 가지는 군집들에 대해서도 군집화를 잘 수행할 수 있다. 또한 K-평균 군집화 알고리즘처럼 별도의 군집의 개수를 사전에 지정할 필요가 없으므로 실제 환경에서 군집을 찾고 분류하는데 적용하기 용이하다. 군집에 포함되는 개체와 영역과 잡음 개체를 분류할 수 있기 때문에 일부 예상치 못한 노이즈와 예외의 처리에 강하다 [9].

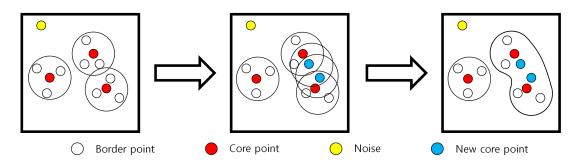


그림 1-13. 밀도기반 군집화 알고리즘 모식도

위 주차 공간 인식 기술에서 조감도 영상을 통해 얻은 빛 반사 영역의 가장 큰 특징은 각 반사점들이 카메라의 중심을 향하고 있다는점이다. 따라서 군집의 방향성까지 고려한 방향-밀도기반 군집화기술(Directional - DBSCAN)을 통해 개체의 테두리만 남긴 canny edge filter 영상의 주차선과 빛 반사 영역을 구분할 수 있다 [10]. 이때, 각군집의 방향성을 검증하기 위해서 RANSAC(Random sample consensus)를 이용할 수 있다 [11].

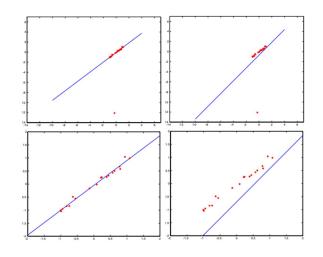


그림 1-14. 근사 방법 비교 [11] RANSAC(좌), Least-Square Method(우)

RANSAC는 표본에서 임의로 샘플을 추출해 가장 많은 지지를 받는 모델, 방향을 결정하는 알고리즘이다. RANSAC를 활용하면 각종 노이즈 등에 의한 오차의 존재에도 불구하고 정확하게 데이터 근사가 가능하다. 주차선 탐색 알고리즘에서는 각 군집의 중심점을 기준으로 RANSAC 알고리즘을 이용해 해당 군집의 방향을 결정한다. 이후 군집의 방향성에 따라 빛 반사 영역으로 간주되는 군집들을 제거하면 주차공간 탐색 알고리즘을 정상적으로 구동할 수 있다.

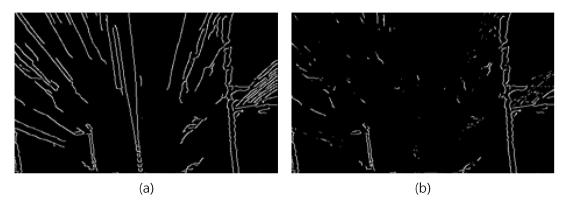


그림 1-15. 반사광 제거 전 후 이미지 비교 [7] (a) 반사광 제거 전, (b) 반사광 제거 후

1.2.3. HDR Imaging

자연에서 우리는 다양한 수준의 밝기를 볼 수 있다. 우리의 시각 시스템은 외부 경관을 보면서 아주 밝거나 아주 어두운 환경에서도 아주 작은 대조를 감지하고 미세한 움직임과 작은 물체를 구분할 수 있을 정도로 좋은 성능을 가지고 있다 [12]. 이렇게 한 번에 얼마나 어두운 영상과 밝은 영상을 얻을 수 있는가를 평가하는 지표가 dynamic range 이다 [13]. 이러한 dynamic range가 높을수록 관측기에서 더 선명하고 보기 좋은 영상을 얻을 수 있다. 우리 몸의 관측시스템에 비해서 우리가 일반적으로 사용하는 관측기의 dynamic range는 매우 낮다. 보통 우리가 사용하는 관측기는 각 픽셀 당 8 bit, 256 level 의 밝기를 기록할 수 있다. 때문에 일정 수준 이상으로 어둡거나 밝은 이미지 영역은 단순 검은색, 하얀색으로 포화되며 영상의 질이 떨어지게 된다. 포화되는 영역이 발생하는 낮은 수준의 이미지들은 영상들을 영상처리나 이미지 컴퓨팅 등에 활용되기 어렵다.

이러한 low dynamic range를 개선하기 위해 다양한 방법들이 제안되고 있다. 이런 방법들을 High-dynamic-range imaging(HDR or HDRI) 라고 부른다. 가장 간단하고 유명한 방법으로 사진을 다른 조건에서 여러 번 촬영하여 이미지를 합성하는 방법이 있다. Sequential exposure change 라는 방법으로 불리는 이 기법에서는

동일한 피사체에 대해 서로 다른 노출시간을 준 여러 이미지를 얻어 이를 합성하여 우리가 원하는 영상을 만들어 낸다 [14]. 이는 굉장히 간단한 방법이지만, 방법의 특성상, 정적인 환경에서밖에 사용하지 못한다는 단점이 있다.

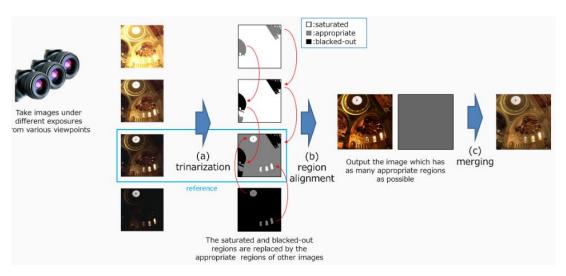


그림 1-16. Sequential exposure change method 예시 [15].

정적인 환경에서밖에 촬영하지 못하는 sequential exposure change 의 문제를 해결하고자 여러 개의 image detector를 사용하는 방법이제안되기도 하였다 [16]. Multiple image detector 방법은 beam splitter를 이용해 동일한 이미지의 복사본을 여러 개 만들어 낸다. 이렇게 만든 이미지의 복사본들은 감쇠기(attenuator)나 노출 값을다르게 조절해 놓은 서로 다른 이미지 센서로 전달된다. 이런 방법을이용하면 실시간으로 high dynamic range 이미지를 생성할 수 있다.하지만 이 방법을 이용하기 위해서는 여러 개의 이미지 센서가 필요할 뿐 아니라, 빛을 센서로 잘 정렬해서 넣기 위해서 정확한 광학기술과 이렇게 얻은 여러 개의 이미지를 정렬하는 부가적인 부품들이필요하다 [17]. 때문에 과도하게 이미지 처리 비용이 올라간다는 단점이 크다.

여러 image detector를 여러 사용하지 않고 high dynamic range

이미지를 얻는 방법도 제안되었다 [13]. 이를 multiples sensor elements within a pixel 이라고 부른다. 위에서 사용한 여러 detector를 하나의 칩에 넣는 방법을 이용하면 공간, 정렬 문제를 해소할 수 있다. 이를 위해서 CCD 센서를 기존과 다른 방법으로 설계하여 사용한다. 동시에 여러 이미지를 얻기 위해서 CCD에 있는 하나의 화소가 서로 다른 크기의 측정 요소로 구성된다. CCD를 빛에 노출시키게 되면 서로 다른 측정값들을 각 측정 element가 얻게 되고이를 chip 내부에서 합성 처리를 해 저장장치로 보낼 수 있다. 별도의 부품들이나 정렬작업이 필요하지 않다는 장점이 있지만, CCD 센서를 만드는 공정이 다소 복잡해지고, 아래에 있는 그림에서 알 수 있듯이 하나의 화소를 두 개의 측정 element 들이 나누어 사용하기때문에 얻을 수 있는 이미지의 화질이 떨어진다는 단점이 있다.

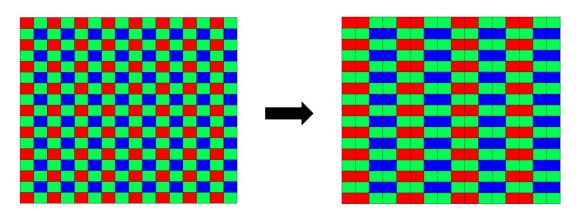


그림 1-17. CCD 픽셀 배치 비교 일반 CCD 픽셀 배치 모식도(좌) multiple sensor elements within a pixel이 적용된 CCD 픽셀 배치 모식도(우).

위 방법과 다르게 애초부터 각 픽셀에 상응하는 노출 값을 다르게 세팅하는 방법이 있다. 그림 1-18 과 같이 픽셀을 배치한다고 가정해보자. 그림 1-18 에서 각 픽셀의 밝기 정도에 차이가 있다. 이 차이는 각 픽셀의 민감도를 의미한다. 이 민감도는 모식도의 각 픽셀의색이 밝을수록 빛에 더욱 많이 노출되고, 픽셀이 어두울수록 노출이

덜 된다는 것을 말한다. 아래 그림에서는 e0, e1, e2, e3 의 서로 다른 네 종류의 픽셀이 있으며, 이 네 개의 픽셀이 전체에 반복되어 나타난다. 이렇게 얻은 이미지를 SVE(spatially varying exposure image)라고 부를 수 있다. 이렇게 픽셀을 배치하게 되면 공간과 노출두 가지 차원의 정보를 동시에 추출할 수 있다는 특징이 있다. 우리가 어떤 이미지나 영상을 얻을 때, 특정 픽셀에서 포화(saturation)가일어났다면 그 주변 픽셀은 포화가 되지 않을 가능성이 크다. 반대로어떤 픽셀의 밝기가 0이 된다면, 그 주변 픽셀들은 밝기가 0이 아닐가능성이 크다. 이러한 공간-노출 샘플링을 이용하여 어떤 장면의 HDR 이미지를 얻는 방법이 바로 SVE 방법이다.

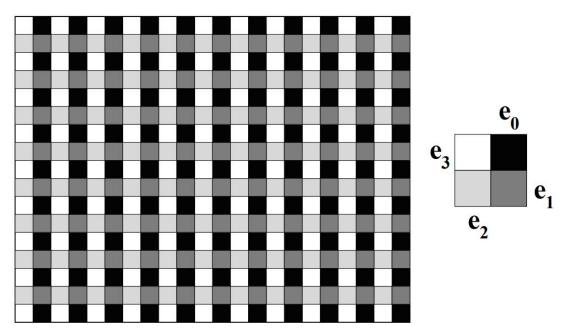


그림 1-18. Spatially varied pixel exposure[13].

이러한 소기의 목적을 이루기 위해 반드시 그림 1-18 과 같이 노출 정도를 다른 픽셀들을 배치할 필요는 없다. 노출 차이가 주기적이지 않아도 되고, 반드시 노출 정도도 차이가 네 개일 필요도 없다. 노출 정도를 다르게 주기 위해서 투명도가 다른 mask를 사용하거나 CCD와 같은 관측기 자체에 패턴을 새겨 넣을 수 있을 것이고, 각 픽

셀별로 노출 시간을 조절하거나 각기 다른 조리개를 사용하는 것도 좋은 방법이 될 수 있다, 이처럼 다양한 방법과 컴퓨팅을 통해 HDR 이미지를 얻을 수 있다. 또한 이런 방식을 통해 HDR을 얻는 이미지는 단순 가시광선영역에서만 활용할 수 있는 것이 아니라 다른 종류의 전자기파를 이용하여 이미지나 영상을 얻을 때 활용할 수 있다.

위 방법 중 마스크를 사용하는 방법은 다른 방법들에 비해서 기존 시스템을 가장 적게 변화시킨다는 장점이 있다 [13]. 이러한 투명도를 조절한 마스크를 기존 이미징 시스템에 어떻게 배치하는가에 따라서 세 가지로 분류할 수 있다. 그림 1-19(a)처럼 패턴 마스크를 이미지 센서에 인접하게 배치하는 방법이 가장 간단한 배치이다. 하지만 많은 경우 이미지 감지기에 바로 마스크를 인접하게 붙이기 어려운 경우가 많기 때문에 그림 1-19(b)와 같이 primary 렌즈와 이미지렌즈 사이에 패턴 마스크를 배치하는 방법도 가능하다. 이 경우 primary 렌즈는 외부에서 들어오는 빛을 패턴 마스크로 집속시켜주는 역할을 한다. 또한 그림 1-19(b)에서 볼 수 있는 diffuser는 마스크에서 오는 빛의 directionality를 줄인다. 그린 1-19(c)는 최근에는 보기 어려운 클래식 필름 카메라에도 동일한 방법이 활용될 수 있음을 보여준다.

우리가 관측기의 dynamic range를 계산할 때, CCD를 사용한다고 가정한다면, CCD 센서의 픽셀에 해당하는 potential well이 측정할 수 있는 전자의 최대/최소 전하량의 비율로 결정할 수 있다. 이를 다음 식으로 표현할 수 있다.

$$3DR = 20\log \frac{C_{full}}{N_r} \tag{2}$$

 C_{full} 은 관측기의 최대 용량을, N_r 은 CCD의 입력 노이즈의 $rms(root\ mean\ square)$ 를 가리킨다. 카메라의 아날로그 출력은 A/D 컨버터를 통해 디지털 이미지로 변환된다. 때문에 디지털 영역으로 변환되는 과정에서 일정 수준의 $gray\ level$ 로 매핑이 된다. 이때 최

대 gray level을 I_{max} , 최소 gray level을 I_{min} 이라고 하면 디지털 이미지로 바뀐 이후의 dynamic range는 아래와 같이 표현할 수 있다.

$$DR = 20\log \frac{I_{\text{max}}}{I_{\text{min}}} \tag{3}$$

 I_{min} 은 보통 1 로 세팅하여 계산하게 되며 따라서 일반적인 8-bit CCD 관측기의 dynamic range는 $20 \log 255 = 48.13$ dB 가 된다. 위기술을 적용한 관측기를 탑재한 SVE 카메라의 경우 minimum level I_{min} 은 1 로 그대로 둘 수 있다. 하지만 최대로 측정 가능한 gray level I_{max} 는 다음과 같다.

$$I_{\max} = I_{\max}' \times \frac{\epsilon_{\max}}{\epsilon_{\min}} \tag{4}$$

 I_{max} '은 SVE를 적용하지 않은 카메라의 최대 gray level을 가리킨다. 따라서 SVE를 적용한 카메라의 dynamic range, DR_{sve} 는 아래와같다.

$$DR_{sve} = 20\log \frac{I_{\text{max}}}{I_{\text{min}}} \frac{\epsilon_{\text{max}}}{\epsilon_{\text{min}}}$$
 (5)

위 그림 1-18 에서 제시한 패턴 마스크에서 제시된 노출값이 ϵ_3 = $4\epsilon_2$ = $16\epsilon_1$ = $64\epsilon_0$ 의 비율을 갖는다고 가정한다면 SVE 이미지의 dynamic range값은 20 log (255*64) = 84.25 dB 로 향상시킬 수 있으므로 기존의 이미징 시스템의 dynamic range 값인 48.13 dB에 비해 더 나은 dynamic range를 갖는다는 것을 알 수 있다.

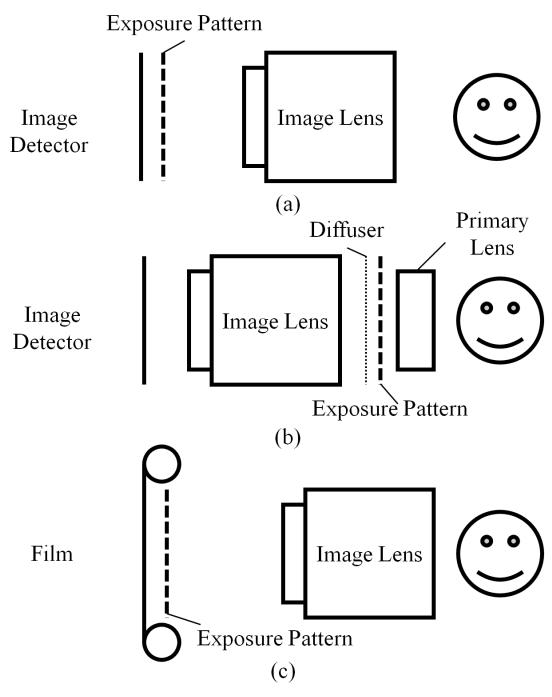


그림 1-19. SVE를 얻기 위해 Optical Mask를 배치하는 방법 (a) image detector array 위에 배치하는 방법 (b) Primary 렌즈를 이용해 빛을 모아마스크에 쏘아주는 방법 (c) 필름 카메라의 경우 마스크를 필름에 인접하게 배치하는 방법

1.2.4. gamma correction

보통 우리가 사용하는 빛 체계는 밝기를 나타내기 위해 8-bit의 값 을 사용한다. 8-bit 이상으로 더 많은 데이터를 저장한다고 해도 우 리는 이 차이를 인식하기 어려운 반면, 그로 인해 증가하는 데이터양 이 막대하기 때문에 다양한 표준에서 bit depth를 8 bit로 이용한다. 따라서 보통 우리가 보는 디스플레이는 총 2^8=256 수준의 밝기를 표현할 수 있다. 하지만 이러한 밝기를 그대로 저장하면 한 가지 문 제가 발생한다. 관측기에서 입력받는 전압 값을 그대로 저장하게 되 면 사람의 눈으로 보기에 자연스럽지 않은 이미지가 표현될 수 있다. 베버의 법칙에 따르면 인간은 기존의 자극이 클수록 자극의 변화를 느끼기 위해서는 더 큰 자극이 필요하다[18]. 이런 비선형 특성을 갖 는 인간의 시각 시스템으로 인해 같은 전압에 의한 밝기 변화에도 어두운 영역이 밝아지는 것은 작은 변화에도 그 변화를 알아차릴 수 있지만 밝은 영역의 밝기 변화는 상당한 변화가 있을 때만이 그 변 화를 감지할 수 있다. 이런 비선형적인 정보를 일정한 8-bit 정보 안 에 효율적으로 저장하기 위해서는 측정한 원본의 정보를 우리가 활 용하기 적절한 새로운 전압 값으로 적절하게 매핑하는 방법이 필요 하다. 이를 위해 사용하는 방법이 바로 gamma correction 이다. 만일 이러한 gamma correction 없이 우리 눈에 자연스러운 모든 밝기를 표현하기 위해서는 너무 많은 비트가 필요하다. 실제로 우리가 어떤 이미지를 얻는 과정에서 gamma correction을 이용해 사람의 눈에 자 연스러운 이미지를 얻을 수 있다. 이를 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$V_{out} = V_0^{\gamma} \tag{6}$$

위에서 V_0 는 입력된 전압을, V_{out} 은 gamma 값을 통해 보정된 전압을 의미한다. 보통 우리가 이미 얻은 이미지를 이미지 처리를 통해 새로운 이미지로 감마보정 할 때, 아래와 같은 수식을 이용한다.

$$I_{out} = 255 \times \left(\frac{I_0}{255}\right)^{\frac{1}{\gamma}} \tag{7}$$

 I_{out} 이 감마보정의 결과 픽셀 밝기 값이고 I_0 는 원본 픽셀의 밝기 값을 말한다. 위에서 255로 나누고 곱하는 이유는 기존의 8-bit 정보를 새로 8-bit로 매핑하기 위함이다. 그림 1-20은 그림 1-20(a) 이미지를 서로 다른 감마값에 대해서 감마보정을 한 후 그 결과를 나타낸 결과이다. γ 값이 1 이면 최초와 동일한 이미지가 나오게 되고 γ 값이 1보다 클 때는 전반적으로 사진이 밝아지며, γ 값이 1 보다작을 때는 사진이 어두워진다.

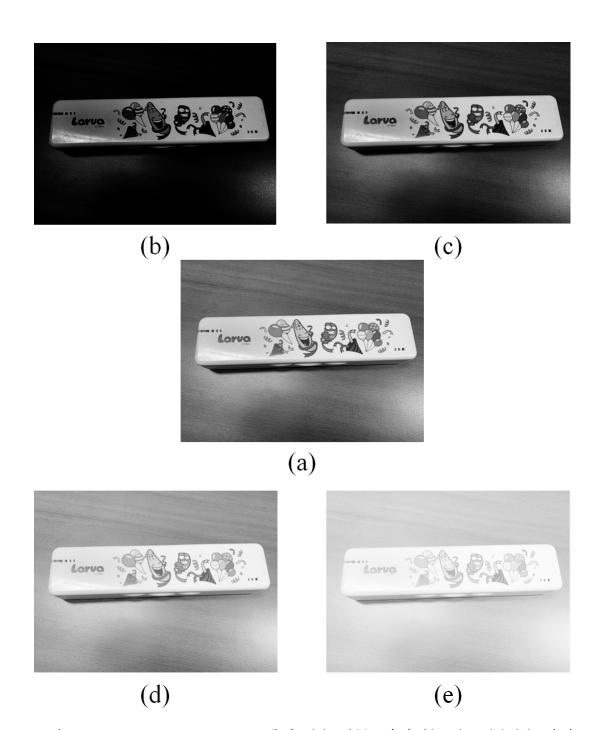


그림 1-20. Gamma correction 예시. (a) 원본 이미지(γ =1) , (b)~(e) 감마 보정된 이미지. 보정에 사용한 감마값은 다음과 같음 ((b) γ = 0.2, (c) γ = 0.5, (d) γ = 2, (e) γ = 5)

1.2.5. 인공위성 사진 반사광 제거

인공위성을 통해 지표면과 수면을 관측하여 환경변화를 실시간으 로 관측하는 것은 기후변화의 영향을 감지하거나 천연자원의 분포를 확인할 수 있는 등 유용한 목적으로 활용될 수 있다 [19]. SeaWifs(Sea-Viewing Wide Field-of-View Sensor), (Medium-spectral resolution imaging spectrometer), the planned Ocean and Land Colour Imager 등을 장착한 해양 인공위성 등을 통 해 다양하고 수많은 가시광선 측정 임무가 수행되었다. 이 덕분에 전 지구적인 엽록소 농도 측정과 식물성 플랑크톤 모니터링을 할 수 있 었다. 얕은 물에서는 해저면의 대형 조류, 해조류 혹은 산호초등을 매핑 하여 환경을 보호하고 자연 환경에 대한 인위적 교란 (anthropogenic disturbance) 정도를 측정하는데 인공위성이나 상공의 센서가 용이하게 활용될 수 있다. 어떤 상황에서 적용 되든 간에 바 다로부터의 데이터의 정밀도와 양을 제한하는 주된 요소는 바로 해 수면 반사(sun glint)이다. 그중에도 특히 수면에서 거울처럼 반사되 는 반사광이 가장 문제이다.

Sun glint가 인공위성 사진에서 발생하는 원인은 결국 빛이 직접적으로 해수면에 반사되어 센서에 들어오는 것이므로 이는 해수면의상태, 태양의 위치와 관측기가 수면을 바라보는 각도의 함수로 나타낼 수 있다. 이렇게 이미지 센서에 수면에서 전반사 되어 들어오는빛의 양은 수면 아래에서 반사되어 센서에 도달하는 빛보다 강하다.때문에 앞에서 제시했던 해조류, 대형조류, 산호초의 분포 등에 대한정보를 획득하는 것이 어렵고, 이러한 glint의 영향에서 자유로운 정보 수집을 위해서는 굉장히 정교하고 강력한 알고리즘이 필요하다.실제로 이런 glint의 영향으로 인해 이미지의 일부가 소실되는 것은이미지 센서를 통한 수심 측정에 있어 큰 오차와 손실을 발생 시킨다 [20].

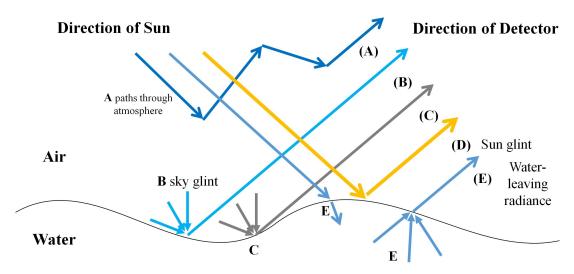


그림 1-21. 이미지 센서에 도착하는 빛의 종류 모식도 [19]. (A): 공기 중 분자나 에어로졸에 의한 빛의 산란. (B): 해수면에서 반사되는 산란된 빛, sky glint. (C): 바다의 파도에서 일어나는 빛 반사 (D): 해수면에서 일어나는 전반사에 의한 빛, sun glint. (E): 공기 중에서 물로 입사된 빛이 수면 아래에서 반사되어 다시 공기 중으로 나오는 빛.

다양한 glint 보정 방법들이 해양 이미지와 고해상도의 해상, 그리고 항공사진 등에 활용될 수 있도록 개발되었다. 대부분의 방법들은 glint가 이미지 센서에 준 영향의 정도를 측정하고 이 영향의 정도만큼 입력받은 신호에서 영향 받은 정도를 빼는 방법을 사용한다. 이러한 방법은 크게 두 가지로 분류할 수 있다.

먼저 첫 번째 방법은 보통 100-1000 m 정도의 해상도를 가지는 대양 이미지에 활용할 수 있는 방법이다. 해수면의 통계적 모델링 방법인 Cox 와 Munk 방법을 사용하면 풍속과 방향에 따라서 현재 바라보고 있는 해수면이 얼마나 glint를 발생시킬지 그 가능성을 계산해준다. 이 모델링을 통해 얻은 확률을 이용하여 주어진 방향 벡터, 해와 관측기의 위치에 따른 glint의 양을 예상할 수 있다. 이런 방법은 다소 약한 glint에게만 효과가 있다는 단점이 있다.

다른 방법은 10m 이하의 아주 고해상도의 해안 이미지에 적합한 방법이다. 이 방법을 사용하기 위해서는 근적외선을 사용하게 되며, 이를 이용해 입력받은 신호의 glint의 양을 알 수 있다. 위 방법은 바닷물 내부로부터 오는 빛에 포함된 NIR이 없고, 이로 인해 공기 중을 통해 센서에 도달한 신호에 들어있는 NIR신호가 온전히 sun glint에 의한 것이라는 가정을 하고 있다. 이 방법은 수심을 측량하거나 식생을 분류하는 용의 데이터의 개선에 도움이 된다. 하지만 얕은 바다, 혼탁한 바다 혹은 주변에 초목이 인접한 바다에서 오는 NIR을모두 없다고 가정하고 있으므로, 위 조건에 해당하는 바다에서는 효과가 없다.

제 3 절 예비 연구

물체를 찾고 추적하는 알고리즘이 잘 작동하려면 물체와 배경의 구분이 잘 되어야 한다. 추적하고자 하는 물체의 색이나 질감이 배경과 유사하면 추적을 위해 고성능의 알고리즘이 필요하다. 또한, 갑작스러운 데이터의 변형이나 왜곡은 알고리즘이 다른 물체를 관찰 대상으로 오인하거나 관찰 대상을 잃어버리는 등의 오작동을 발생시킬 수 있다.

관측기가 해상 또는 해수면 근처의 목표물을 추적할 때, 관찰 대상으로 오인할 만한 다른 유사한 물체가 많지 않고, 그 배경도 지상에 비해 균일한편이다. 하지만 해수면의 빛 반사율은 지면보다 훨씬 크기 때문에 불규칙적으로 밝게 빛나는 정반사면이 분포한다. 그림 1-22와 같이 해수면을 가시광선 관측기로 촬영했을 때, 해당 지점에 화소값의 포화 현상이 나타나서 관측 대상을 놓칠 수 있다.

이런 반사광을 제거하기 위한 연구가 기존에도 존재했다. 적응형 윈도우 기법을 이용한 대조비 영상을 통해 전체 영상의 산란광을 줄이는 기술은 자칫 우리가 목표로 하는 관측대상에도 영향을 주어 추적 알고리즘이 방해를 받을 수 있다. 또한 방향-밀도기반 군집화기술을 통한 실내조명 반사광 제거기술은 실내의 반사광 제거에 효과가 있다. 하지만 우리가 목표로 하는 해수면의 빛 반사는 실내 주차장이라는 조건과는 달리반사광의 예측이 어려운 산란형 빛 반사이며 반사광 제거대상 또한 canny edge filter를 통과한 모서리 정보 마스크가 아닌 실제 영상이므로그 내용이 다르다.

본 연구는 드론과 같은 지속형 관찰기가 아닌 1회 발사형 기기에서 이와 같은 및 포화를 억제할 수 있는 영상 보정 알고리즘을 연구하였다. 반사로 인해 일부 관측 정보가 소실된 영상의 복구를 위해 복구지점의 주변 영상을 토대로 추정하여 복원하는 방법을 사용하였다.

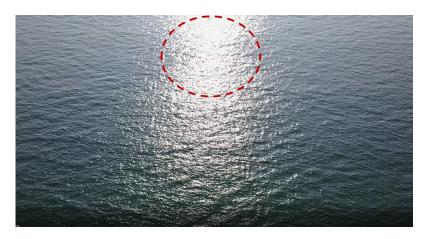


그림 1-22. 빛 반사로 인한 화소 포화 현상

1.3.1. 광원과 관측기의 조건에 따른 해수면 반사 분석

물, 특히 바다의 표면은 바람이나 조류 등에 의해 끊임없이 출렁인다. 때문에 보통 낮 시간에 바다에서는 안정된 수면에서 볼 수 있는 일반적인 넓은 반사가 아닌 자잘하게 산개한 빛 반사를 주로 관측할수 있다. 해수면이나 수면 바로 아래에 위치한 어떤 물체를 지속적으로 관측하거나 위치를 제대로 추적하기 위해서는 수면 반사를 최소화해야 한다. 해수면 반사에 영향을 주는 요인에는 태양의 고도, 관측자의 위치 등이 중요하며 이를 분석하여 태양광의 해수면 반사를 최소화 할 수 있는 요인들에 대해 수학적으로 접근하고 실험으로 이를 증명하였다 [21].



그림 1-23. 해수면에서 불규칙한 빛의 반사

일반적인 수면과는 달리 해수면에서는 끊임없이 파도가 발생하고 소멸되므로 수면의 형태는 불규칙한 형태를 띤다. 일반적인 조건에서 는 가시광 관측기와 광원이 모두 수면보다 위에 위치한다. 이 조건에 서 해수면 영상은 보통 빛 반사로 인해 밝게 보이거나 주변 파면에 의해 빛이 가려져 어둡게 보이는 두 영역으로 구분이 가능하다 [22]. 이러한 영역의 위치와 분포, 그리고 영상에서의 비율은 광원과 카메 라의 조건에 따라 구체적으로 예측 가능하며 이를 실험을 통해 검증 할 수 있다.

유체를 구성하는 입자가 관측 단면의 수평과 수직방향으로만 움직인다고 가정했을 때, 미분방정식을 통해 각 입자가 수면 근방에서 타원형 궤도를 갖고 움직인다는 사실을 알 수 있다 [23]. 이때 표면에서 입자의 움직임은 그림 1-24와 식 (8)로 표현할 수 있다. u는 파도의 마루에서 유체 입자의 x축 방향 속도이다. 그리고 해수면에서의 및 반사는 그림 1-25 모델로 근사할 수 있다.

$$\frac{x_p^2}{\left(\frac{A}{\omega}\right)^2} + \frac{z_p^2}{\left(\frac{B}{\omega}\right)^2} = 1 \quad (\coloredge black), \ x_p = -\frac{1}{\omega}A\cos(\omega t), \ z_p = \frac{1}{\omega}B\cos(\omega t) \qquad (8)$$

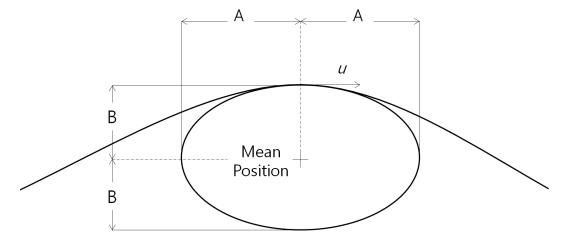


그림 1-24. x축, z 축만을 고려한 유체 입자의 움직임 모델링 [23]

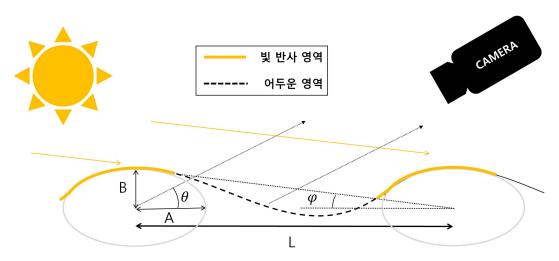


그림 1-25. 해수면에서의 빛 반사 모델링 [21]

그림 1-24 에서 A 는 타원 궤도의 반 장축이고 B 는 타원 궤도의 반 단축, ω 는 각주파수이다. 간단한 분석을 위해 수면을 곡선으로 근사하였다. 이때 해수면 반사 모델에서 빛의 입사 각도를 ϕ 라 하고, 가시광선 관측기의 관측 각도를 θ 라 가정하였을 때 단위 파장 당 빛 반사 영역의 길이는 크게 두 부분으로 구분되어 계산될 수 있다. 그림에서 파장의 좌측에 위치하는 부분을 $x_{p,l,\phi}$ 이라고 하면 단위 파장 당 빛 반사 영역의 길이는 다음의 식으로 표현할 수 있다.

$$x_{p,l} = x_{p,l,\theta} + x_{p,l,\phi} \tag{9}$$

$$x_{p,l,\theta} = \sqrt{\left(\frac{B}{\omega}\right) - \frac{(\tan\theta x_p)^2}{\left(\frac{B}{A}\right)^2}}$$
 (10)

$$x_{p,l,\phi} = L - \frac{B}{\omega}(X - 2LB) + \sqrt{(X - 2L)^2 + B^2(4 + \frac{2X}{B^2})(L^2 + \frac{A^2\omega^2 - A^2}{\omega^2})}$$
 (11)

식 (11)의 X는 $2A^2 \tan^2 \phi$ 를 의미한다. 위 식을 분석하면, 태양의 입사각 ϕ 가 고정되었을 때 관측기의 관측각도 θ 가 작을수록 더 두 꺼운 빛 수면 반사를 관측하게 된다. 반대로 카메라의 관측각도 θ 가 고정되었을 때에는 광원의 입사각 ϕ 가 클수록 더 넓은 수면 반사를 갖게 된다. 이런 수면 반사의 경향성을 검증하기 위해 작은 수조에 점광원(SU11206-6004, KANDOlite, USA)과 관측기(C290, 640×360, Logitech, Switzerland) 그리고 파동발생기를 설치 후 영상을 실제로 취득하며 실험을 수행하였다. 광원의 입사각도는 20° 에서 60° 까지 변화 시켰다. 관측기의 관측 각도는 40° 에서 80° 도까지 변화시키며 지속적으로 영상을 취득하였다.



그림 1-26. 모의실험 환경 세팅 [21]

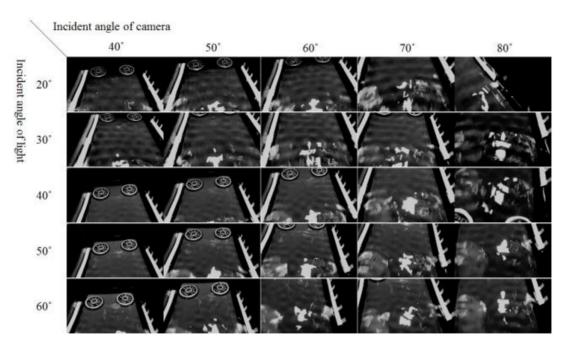


그림 1-27. 관측각과 빛의 입사각에 따른 영상의 변화 [21]

표 1-1. 빛 반사영역의 그림자 영역에 대한 비율 [21]

Incident angle of Camera Incident angle of light	40°	50°	60°	70°	80°
20°	46.5 %	45.4 %	41.6 %	37.6 %	35.1 %
30°	46.6 %	44.6 %	41.7 %	39.5 %	32.5 %
40°	53.0 %	47.2 %	45.3 %	43.7 %	40.4 %
50°	53.3 %	53.1 %	52.3 %	49.6 %	47.0 %
60°	55.0 %	52.0 %	51.3 %	50.2 %	48.5 %

실험 결과, 앞서 해수면 모델로 예측한 경향성을 잘 확인할 수 있었다. 실험의 결과를 구체적으로 수치화하기 위하여 빛 반사로 인해 밝은 영역과 가려진 영역 간의 비율을 비교하였다. 빛의 입사각도가 커지면 반사가 넓게 퍼지면서 수면파에 따른 넓은 반사 띠를 형성한다. 반면 관측기의 관측각도가 증가하면, 빛 반사 영역이 좁아진다. 즉, 빛 반사로 인한 영향을 최소화하기 위해서는 해수면에 대한 광원의 입사 각도를 최대한 줄이면서 관측기의 관측각도를 최대한 증가시켜야 한다.

제 2 장 본 론

제 1 절 비행체 궤적 및 빛 반사 분석

2.1.1 비행체 궤적 분석

영상 보정 알고리즘은 적용하는 상황과 목적에 따라 보정대상 영상의 성격이 다르기 때문에, 알고리즘의 성능과 효율을 높이기 위하여 비행 궤적이 포물선인 탐지기에서 빛 반사가 있는 해상의 물체를 관측하는 모델을 이용하였고, 그에 따른 해수면 반사특성을 연구하였다.

탐지기의 궤적을 범용성으로 설정하는 대신 포물선 운동을 가정하여 모델을 단순화하였다. 탐지기의 운동은 출발 각 40 도와 70 도 사이, 종말 접근 각이 -70 도인 포물선 궤적을 그리는 이상적인 무게중심 모델을 가정하였다. 초기속도는 342 m/s (Mach number 1)로 가정하였다. 이후 탐지기가 해상의 관찰 대상을 감지하는 상황을 가정하여 그 순간의 고도, 관측 고도 각등을 분석하였다. 궤적은 공기저항 없는 포물선으로 가정하였고, 초기 진행방향 속도를 V라고 하면 각 축에 대한 초기 값은 다음과 같이 얻을 수 있다.

$$v_x = V \cdot \cos\theta, \ v_y = V \cdot \sin\theta$$
 (12)

$$E_{x} = \frac{1}{2}m \cdot v_{x}(\theta_{0})^{2}, E_{y} = \frac{1}{2}m \cdot v_{y}(\theta_{0})^{2}$$
 (13)

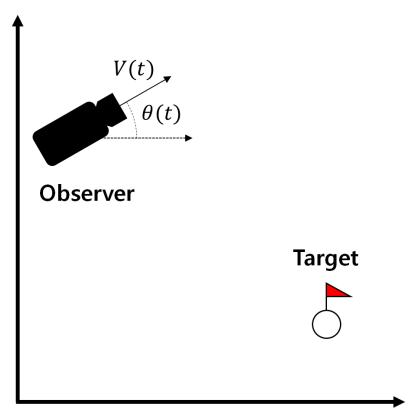


그림 2-1. 이상적인 관측기 운동

위 식 (12) 와 식 (13) 에서 V는 관측기의 초기 발사속도, v_x 와 v_y 는 각 x축과 y축 방향 속도, 그리고 E_x 와 E_y 는 각 x축과 y축 방향의 운동에너지를 가리킨다. 공기저항이 없는 이상적인 포물선운동을 가정하여 전체 에너지 손실이 없다고 가정할 수 있다. 관측기의 상태를 나타내는 변수들은 시간에 따라 다음 식들로 정할 수 있다.

$$v_x(t) = v_x(0), v_y(t) = v_y(0) - gt \tag{14}$$

$$\theta(t) = \operatorname{atan}\left(\frac{v_y(t)}{v_x(t)}\right) \tag{15}$$

$$h(t) = \frac{E_y}{mg} - \frac{v_y(t)^2}{2g}$$
 (16)

$$x(t) = v_x(0) \cdot t \tag{17}$$

위 식에서 g는 중력가속도인 $9.81~{\rm ms}^{-2}$ 이고, m 은 관측기의 질량이다. 이 식들을 이용해 그림 2-2 와 같은 관측기의 전체 시간에 대한 궤적을 구할 수 있다.

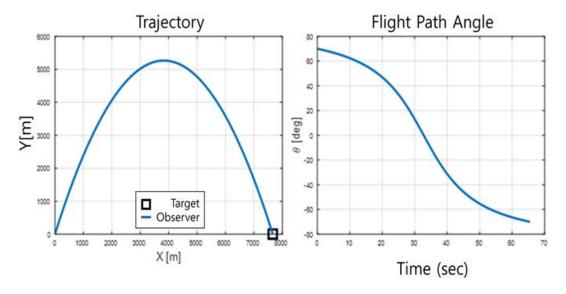


그림 2-2. 이상적 무게중심에서의 탐지기 궤적과 자세각

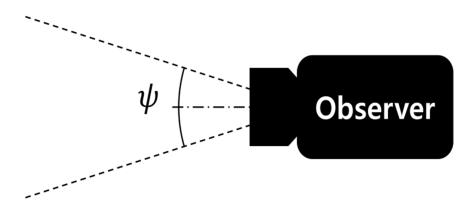


그림 2-3. 관측기의 시야각 (Field of View)

시야각이란 그림 2-3 에서 알 수 있듯이 어떤 관측 장치가 보는 시야의 범위와 각도를 말한다. 시야각이 클수록 한 번에 담을 수 있는 피사체의 범위와 양이 증가한다. 시야각은 관측 장비의 중요한 핵심 요소로, 이를 고려할 때, 특정 목표물이 관측기에 잡히는지 여부를 알 수 있다. 관측기의 진행방향과 시야의 중심이 일치할 때, 물체의 관측시점을 우리가 사용할 관측 장비의 시야각을 ψ 라 할 때, 우리가 가정한 포물선 궤적에서 관찰 대상이 시야에 들어오는 시점 $t_{observe}$ 를 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$t_{observe} = \left\{ t \left| \tan\left(-\theta(t) + \frac{\psi}{2}\right) \ge \frac{h(t)}{x_{final} - x(t)} \right\}$$
 (18)

The Target is Invisible The target becomes visible h(t): Sea level of the camera θ : Attack angle of the camera ψ : Viewing angle of the camera

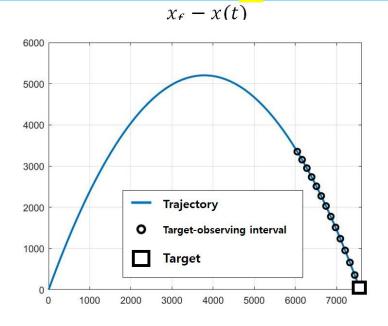
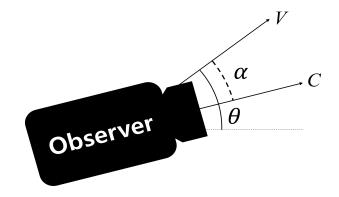


그림 2-4. 관찰대상 관측시점 예측 시뮬레이션

위 그림 2-4 에서 X 미터 밖에 있는 물체는 식 (18)을 이용해 계산해 얻을 수 있는 $t_{observe}$ 이후 관측기의 시야에 들어온다. 어떤 목표로 하는 대상을 추적하기 위해서는 물체가 먼저 관측기의 시야에들어와야 하므로 알고리즘의 구동 시점은 $t_{observe}$ 이후로 한정할 수 있다. 따라서 우리의 보정 대상은 관측기가 $t_{observe}$ 이후에 보게 되는 영상이다. 관측 대상에 도달할 수 있도록 초기조건 발사각 70 도, 342 m/s를 부여했을 때, 총 비행시간은 65.51 초, 목표물을 관측하기 시작하는 시점인 $t_{observe}$ 는 53.36 초이다. 이 때 고도는 3.182 m 이며, 자세 각은 -59.95 도이다. 대략 12 초간 물체를 관측할 수 있다. 관측 대상과 발사 지점사이의 거리가 달라진다면 $t_{observe}$ 고도, 관측시간은 변할 수 있지만 관측 시점의 자세 각은 일정하다.

실제로는 탐지기의 진행방향과 관측방향이 그림 2-5 처럼 나란하지 않을 수 있다. 이때 탐지기의 관측방향이 진행방향보다 더 수면으로 기울어있을 때, 즉 아랫방향을 향할수록 같은 조건에 대해 관측대상을 더 빠르게 발견할 수 있다. 식 (18) 에서 관측방향과 진행방향 두 벡터가 이루는 각도 α 를 고려하면 관측시점을 식 (19) 처럼 예측할 수 있다.

$$t_{observe} = \left\{ t \left| \tan\left(-\left(\theta(t) + \alpha\right) + \frac{\psi}{2}\right) \ge \frac{h(t)}{x_{final} - x(t)} \right\} \tag{19}$$



V : direction of the trajectory C : direction of the camera view α : deviation angle of the camera θ : attack angle of the camera

그림 2-5. 진행방향과 나란하지 않은 관측기의 관측방향

관측기의 운동은 대기권에서 이루어지므로, 높은 고도에서 관측하게 되면 그림 2-6 과 같이 지구의 형태에 영향을 받을 수 있다. 수평선을 고려한 전방 관측 가능 거리는 식 (20) 으로 계산할 수 있으며, 이를 통해 수면 상에서 실제 관측이 가능한 범위와 관측이 불가능한 범위도 식 (21)처럼 계산할 수 있다.

$$D_{horizon}$$
(수평선관측거리) $\approx \sqrt{(R+h)^2 - R^2}$ (20)

$$D_{camera}(카메라 전방관측거리) = \begin{cases} \frac{h}{\tan(|\theta| + \frac{\psi}{2})} & where \theta \ge \frac{\psi}{2} \\ \\ \text{언제나관측불가} & where \theta \le -\frac{\psi}{2} \\ \\ \text{언제나관측가능} & where -\frac{\psi}{2} < \theta < \frac{\psi}{2} \end{cases}$$
 (21)

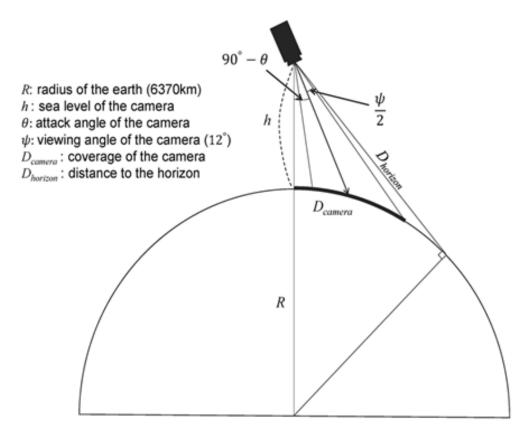


그림 2-6. 관측기의 탐지가능 수평거리 및 수평선 위치

본 연구에서 고려한 관측기의 시야각 ψ 는 12 도 내외이다. 이를 식 (20) 과 식 (21) 에 대입하면 그림 2-7 과 같은 그래프를 얻을 수 있다. 즉 관측지점에서는 이미 수평선을 볼 수 없기 때문에, 수평선의 전반사와 같은 심각한 및 포화 부분의 보정 알고리즘은 다루지않았다.

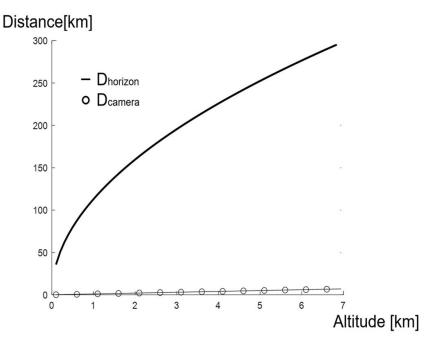


그림 2-7. 고도에 따른 카메라 관측거리(Dcamera)와 수평선 위치(Dhorizon)

2.1.2 빛 반사 양상 분석

해수면에서는 빛 반사가 잘 일어날 뿐 아니라, 관측자로부터 거리에 따라 반사의 양상이 달라진다. 물의 전반사 임계각은 45 도이므로, 수평선 부근의 먼 바다에서는 그림 2-8 (좌) 처럼 넓고 일정한 전반사가 관측된다. 반면 불규칙적인 해수면을 큰 각도로 바라보게되는 영상 하단부에서는 산개한 난반사가 잘 관측된다. 넓고 일정한 난반사의 경우 이미 데이터가 많이 소실되었기 때문에 주변의 데이터를 통한 영상보정이 어렵다. 반면 잘게 산개한 난반사의 경우에는 그림 2-8 (우) 처럼 보정에 활용할 만한 주변 데이터들이 많이 있어보정 가능성이 높다. 진술한 바와 같이, 탐지기 궤적 분석에서 알고리즘이 보정하게 될 영상이 해수면 부근이 아닌 자세각 -60 도 이하로 해수면을 바라보는 영상이므로 전반사가 아닌 난반사를 주요 보정 대상으로 하여 알고리즘을 구현하였다.



그림 2-8. 넓고 일정한 전반사 (좌)와 산개한 난반사 (우)

제 2 절 실험용 데이터 취득 및 보정 알고리즘 설계

보정 알고리즘을 개발하기 위해서는 반사가 포함된 다양한 해수면 영 상자료가 필요하다. 이를 위해 기존의 자료가 아닌 직접 여러 조건에서 영상을 취득하였고, 이를 보정 알고리즘 설계에 이용하였다.

2.2.1. 실험용 데이터 취득

영상획득을 위하여 짐발(gimbal)이 장착되어 있는 드론 (Mavic pro / Inspire 2, DJI, Shenzen, China)의 화각 78.8도, 4K(UHD, 3840 x 2160 화소) 카메라를 이용하였고, 태양과의 다양한 각도로 측정하기 위하여 전라남도 부안군에 위치한 변산반도 부근에 있는 만 형태의 지형을 선택하여 촬영하였다. 촬영 장소와 시간은 표 2-1과 같다.



그림 2-9. 영상취득에 사용한 장비 DJI 社 Mavic pro(좌), Inspire2(우)

표 2-1. 영상취득 장소와 일시

촬영 장소	전라남도 부안군 변산반도 격포항(비행가능영역)		
	(위도/경도: 35.622638도 /126.467880도)		
촬영 일시	1차 : 2017년 7월 24 ~ 25 일		
	2차 : 2017년 9월 7 ~ 8 일		
	3차 : 2018년 9월 4 ~ 5 일		

2.2.2. 데이터 분석



그림 2-10. 분석을 위한 영상자료 예시. 태양 입사각과 관측기 방위각 차이가 큰 경우 (상)와 작은 경우 (하)

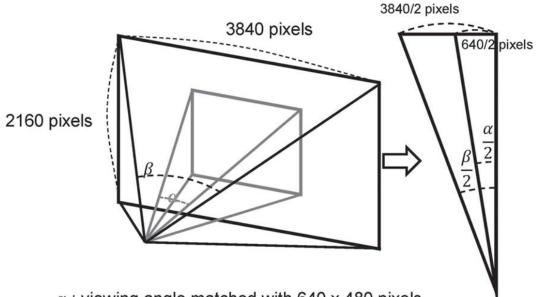
취득한 영상 자료에서 난반사는 방위각 차이가 작은 경우 긴 띠형태를 보이며 특히, 오후 2시-오후 4시 사이에는 수평선에서 영상하부까지 길게 이어지는데, 이 경우에는 태양의 고도에 따라서 해수면의 빛 반사 경향성이 결정이 된다고 볼 수 있다. 시간에 따라 태양의 고도가 변하므로 시간대 별로 관측되는 빛 반사 양상을 정리하면 표 2-2 와 같다.

표 2-2. 시간대 별 빛 반사 양상 관측 결과

10 AM ~ 2 PM	2 PM ~ 4PM	4 PM ~ 일몰
불규칙적으로 잘게 산개한 반사	지평선에서 해안까지 이어지는 길고 넓은 반사	아주 밝고 넓은 반사로 인한 밝기 포화

2.2.3. 관측 데이터 영상 전처리

카메라가 장착된 드론에서 얻은 원본 영상은 3840 x 2160, FOV: 78.8°이다. 원본 영상을 을 640 x 480 화소로 절단하면 그림 2-11에서 알 수 있듯이 화각 14도의 영상으로 변환할 수 있다. 이 절단된 영상을 회색조 영상으로 변환하여 알고리즘의 원본 영상으로 사용하였다.



 α : viewing angle matched with 640 x 480 pixels

 β : viewing angle of DJI Mavic/Inspire 4K UHD camera (78.8°)

$$\alpha = \operatorname{atan}\left(\frac{640}{3840}\operatorname{tan}\left(\frac{\beta}{2}\right)\right) \cong 14^{\circ}$$

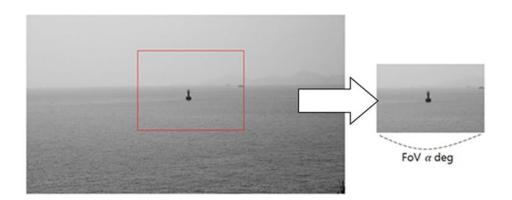


그림 2-11. 영상절단 방법 (상) 과 시야각의 변화 (하)

2.2.4. 적응형 임계값 조절 감마보정

영상의 밝기를 조절하기 위하여 감마보정(gamma correction)을 시행하였는데, 전체 화면의 밝기를 일관되게 조절하는 일반적인 감마보정방법과는 달리, 본 연구의 대상은 불규칙한 일부 난반사이므로, 이미지의 각 픽셀의 밝기마다 적절하게 임계값을 조절하여 감마보정을 수행하는 적응형 임계값 조절 감마보정(adaptive threshold adjusting gamma correction)을 고안하여 적용하였다 [24, 25].

감마보정을 간략하게 묘사하면 그림 1-20 과 같다. 적응형 임계값은 단순히 어떤 지점의 밝기 값을 기준으로 보정여부를 결정하지 않고 주변에 비해 얼마나 밝고 어두운지를 기준으로 보정 여부를 판단하는 것을 말한다. 먼저 보정하고자 하는 영상에서 주변 화소에 비하여 밝기 차이가 많이 나는 부분을 1차 미분값(local first order derivative)으로 구하고, 이를 이용하여 적응형 임계값 이진화 마스크 (adaptive threshold binary mask)를 만든다 (그림 2-12). 이후 이진화 마스크로 구분한 빛 반사영역을, 지정한 화소 크기에 따라 각 개체(entity)로 구분해 구분자(identifier)를 부여하고, 작은 개체부터 순서대로 주변 화소의 밝기 평균값을 대입하면서 조금씩 제거한다.



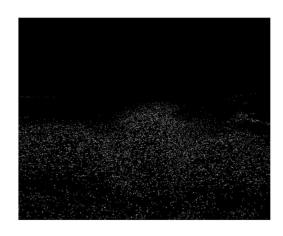


그림 2-12. 흑백 영상(좌)과 적응형 임계값 이진화 마스크(우)

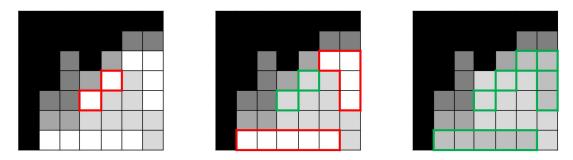


그림 2-13. 적응형 감마보정 개략도. 이진화 마스크 상의 작은 개체부터 선정한 후 먼저 보정해나간다. 이후 기준 개체 크기를 키우면서 빛 반사를 제거해간다.

이와 같은 과정을 먼저 한 번 수행하고, 먼저 지정한 2 배수만큼 개체를 키운 후 다시 이진화 마스크를 만들고, 다시 개체를 만들어 반복하면 점점 큰 빛 반사 영역까지 제거할 수 있다. 이를 미리 정한 횟수만큼 반복하는데, 이를 순서도로 표현하면 그림 2-14 와 같다. 이 알고리즘의 pseudo code는 그림 2-15 이다.

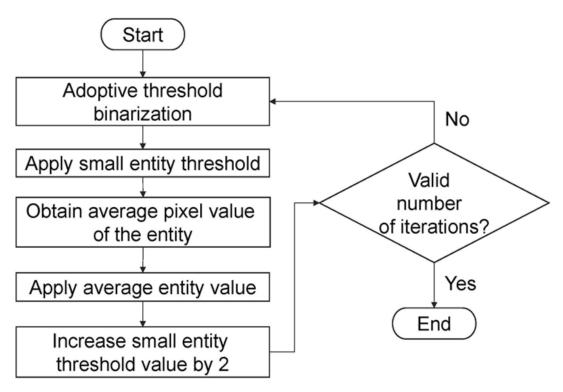


그림 2-14. 적응형 임계값 보정 알고리즘 순서도

```
Algorithm
// Make input image to gray
image_original ← imageToRead
image grey 
rgb2gray(image original)
// Make mask of input image
adaptive mask(image grey)
binary_mask(image_grey)
image mask ← adaptive mask && binary mask
// Find entities and label them
L(i, j) ← entity information from image_mask
     for j = 1,...,width
          for i = 1,...,height
              // if a pixel is element of entity, sum the boundary
               // pixel values of entity and count
               if image_original(i, j) \in L(i, j)
                                  ← # of boundary pixels
                    N( L(i, j) )
                                   ← Sum of boundary pixel value
                    S( L(i, j)) )
               end if
          end for
     end for
     for j = 1,...,width
          for i = 1,...,height
               // insert the mean value of boundary to entity
               image_result(i, j) \leftarrow S(L(i, j)) / N(L(i, j))
          end for
     end for
end while
```

그림 2-15. 알고리즘의 Pseudo Code

제 3 절 실험 결과

알고리즘의 구동성능을 테스트하기 위한 모의 실험은 Intel® CoreTM i7-8700k@3.70GHz, 16GB RAM을 장착한 컴퓨터에서 Matlab(ver. 2018a, The MathWorks, Inc, Natick, MA, U.S.A.)을 이용하여 수행하였다.

2.3.1. 알고리즘 구동

별도의 최적화 과정 없이 알고리즘을 실제 빛 반사 이미지에 적용한 결과는 그림 2-17 과 같다. 이미지를 반복함에 따라 작은 빛 반사부터 큰 빛 반사까지 점차 사라지는 것을 알 수 있다. 결과적으로 임계값 보정 알고리즘을 16 회 (각 행당 4 회씩) 반복한 마지막 행의우측 이미지는 보정 전의 이미지에 비해 수면 빛 반사가 크게 줄어들었음을 알 수 있다.

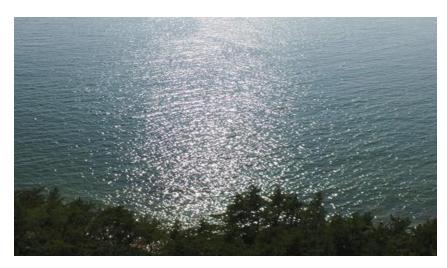


그림 2-16. 알고리즘 구동 테스트 원본 이미지

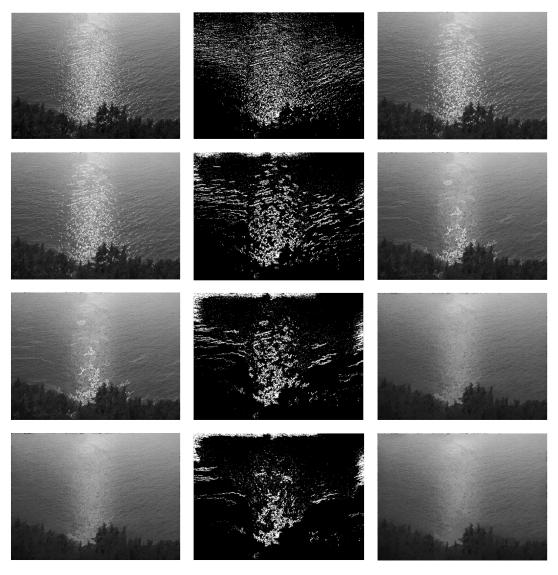


그림 2-17. 원본 이미지(좌)와 적응형 임계값 조절을 위해 만들어진 마스크(중)와 보정 결과의 이미지(우). 각 행의 결과 이미지는 바로 다음 행의 원본 이 미지.

2.3.2. 변수 영향 분석

영상 보정 알고리즘에서 우리가 바꿀 수 있는 변수는 보정 반복횟수(Iteration)와 보정대상 최소 개체크기이다.(Entity threshold) 이 두 변수를 적절히 변화시켜 가면서 보정에 어떤 영향을 주는지 확인하였다.

최소 개체 크기를 1로 고정한 경우에 반복횟수 증가시키면서 실험을 진행하였다 (그림 2-18). 테스트에는 3 번 샘플을 사용하였다. 반복횟수가 5회일 때에는 보정의 효과를 잘 확인할 수 없었다. 여전히넓게 밀집된 및 반사영역이 거의 그대로 있음을 알 수 있다. 하지만반복 횟수가 7회를 넘어가면서 작은 반사 영역부터 차츰 사라지는 것을 확인할 수 있다. 반복 횟수가 9번, 11번, 13번 일 때는 보정이진행되기는 했지만, 보정이 된 부분과 되지 않은 부분 사이의 구분이뚜렷함을 알 수 있다. 보정 횟수가 15회를 넘어가기 시작하면서 영상전반적으로 자잘하게 산개한 반사가 사라졌다는 사실을 알 수 있다.하지만 보정횟수가 18회를 넘어가면서 보정이 거의 완료되어 반복을더 진행해도 눈에 띄는 효과가 없다.

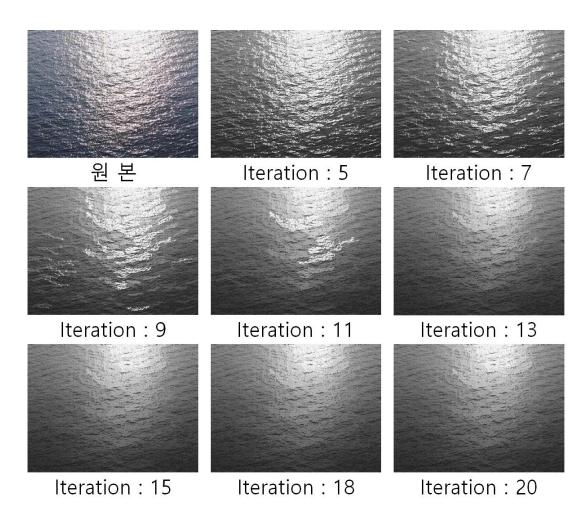


그림 2-18. 3번(MJ6) 샘플영상 보정 반복 횟수 바꾸며 보정한 결과. 최소 개체 크기: 1.

반대로 반복 횟수를 고정한 채 최소 개체 크기를 변화시키면서 보정의 효과를 확인할 수 있다. 그림 2-19 은 12 번 샘플을 이용해 반복 횟수를 9번으로 고정 시킨 채 최소 개체 크기를 1에서 5로 키우면서 영상을 보정한 것이다. 반복 횟수가 고정되었을 때 최소 개체크기가 작으면 그림 2-19 의 Entity:1~3 결과에서 알 수 있듯이 넓은반사 영역의 보정이 덜 되었다. 반면 우측 아래로 갈수록 최소 개체크기가 커지면서 앞에서는 미처 보정되지 않던 더 넓은 빛 반사영역도 보정된 것을 알 수 있다.

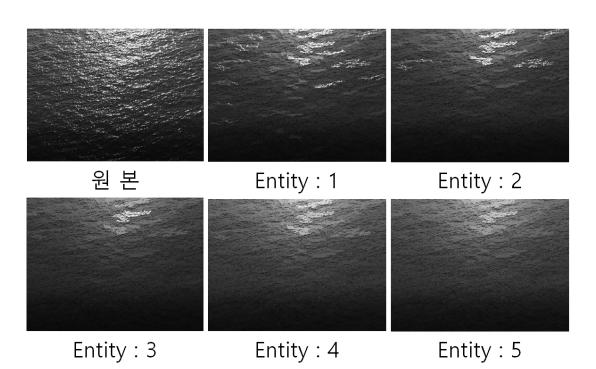


그림 2-19. 12번(SG7) 샘플 영상보정 결과. 반복 횟수: 9.

2.3.3. 알고리즘 최적 변수 선정

매 순간 들어오는 영상이 달라지는 환경에서 일괄적으로 모든 이미지에 대해 동일한 조건하에 보정을 한다면 영상처리 시간을 최적화할 수 없다. 영상의 종류에 따라 적절한 보정 반복 횟수와 보정대상 최소 개체 크기가 있기 때문에 상황과 환경에 따라서 해당 변수들을 조절해야 한다. 비행 중에는 관측 가능 시간이 매우 제한적이므로, 빠른 관측과 실시간 보정을 위하여 최적 변수를 찾기 위한 모의실험을 수행하였다. 이때 반복 횟수는 5회 ~ 20회, 최소 개체 크기값은 1에서 5 사이로 지정하였다. 반복 횟수가 과하게 커지면 보정효과가 크게 나아지지 않는데 반해 연산시간이 상당히 늘어난다. 최소개체 크기가 6 이상으로 너무 커지면 자잘한 난반사를 아예 제거할수 없는 경우가 발생하기 때문에 변수의 범위를 위와 같이 설정하였다. Matlab이 구동환경임을 감안했을 때, 알고리즘의 보정 구동 시간이 3초 내외라면 C/C++ 와 같은 저수준의 코드로 변환했을 때 실시간성을 확보한 것으로 가정하였다.

모의실험 결과는 동 연구실의 서로 다른 3명의 관찰자가 원본 영 상과 보정 후의 영상을 평가하였고, 및 반사 제거가 만족스럽게 되었 다고 일치하여 평가한 단계의 보정변수를 최적 변수로 선정하였다.

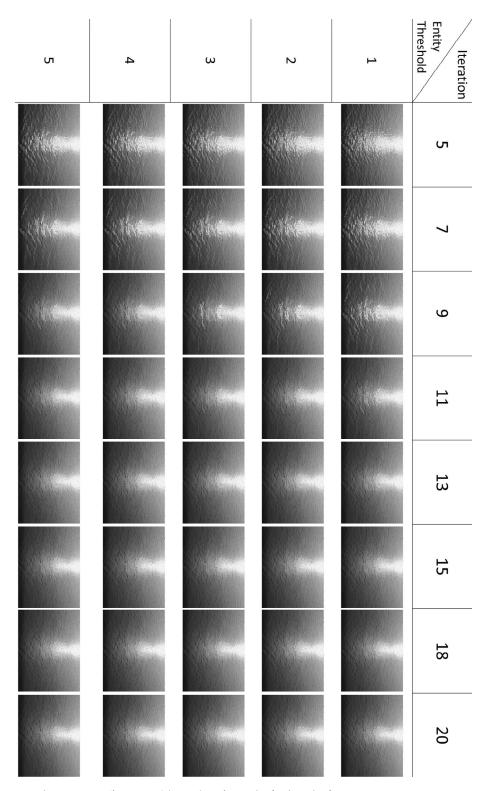


그림 2-20. 샘플 1번(MJ1) 시뮬레이션 결과

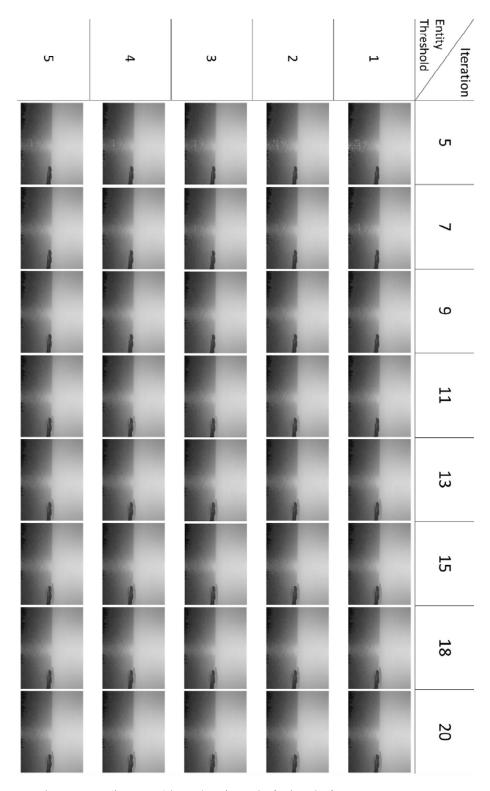


그림 2-21. 샘플 2번(MJ4) 시뮬레이션 결과

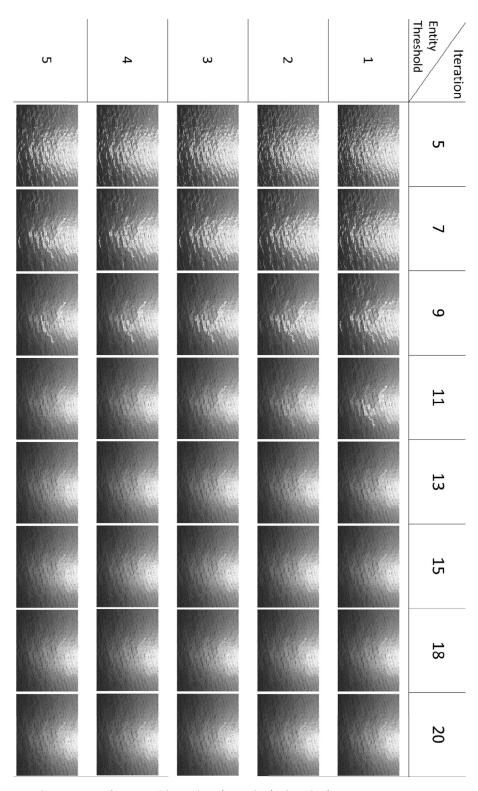


그림 2-22. 샘플 3번(MJ6) 시뮬레이션 결과

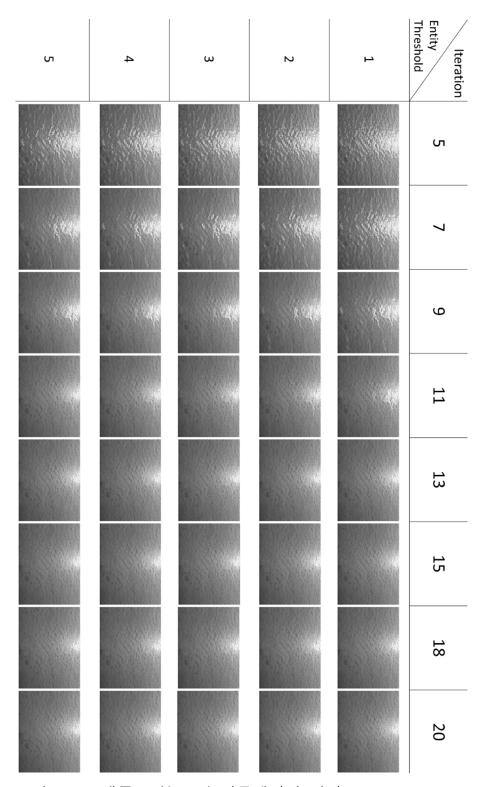


그림 2-23. 샘플 4번(MJ11) 시뮬레이션 결과

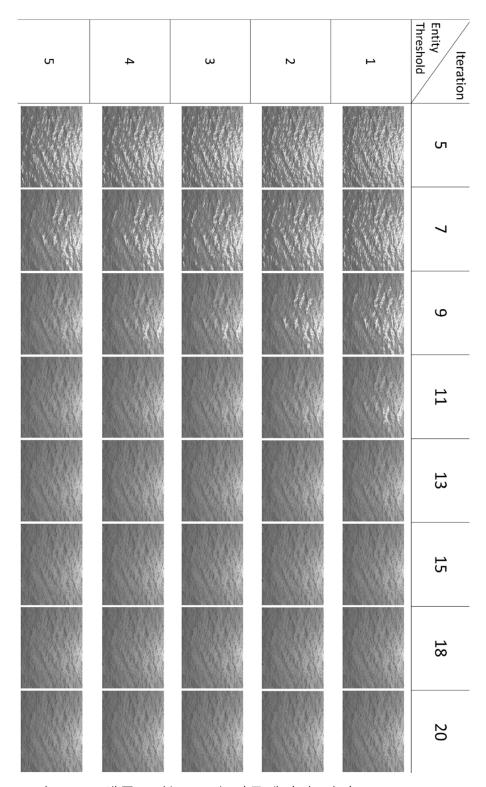


그림 2-24. 샘플 5번(SG 11) 시뮬레이션 결과

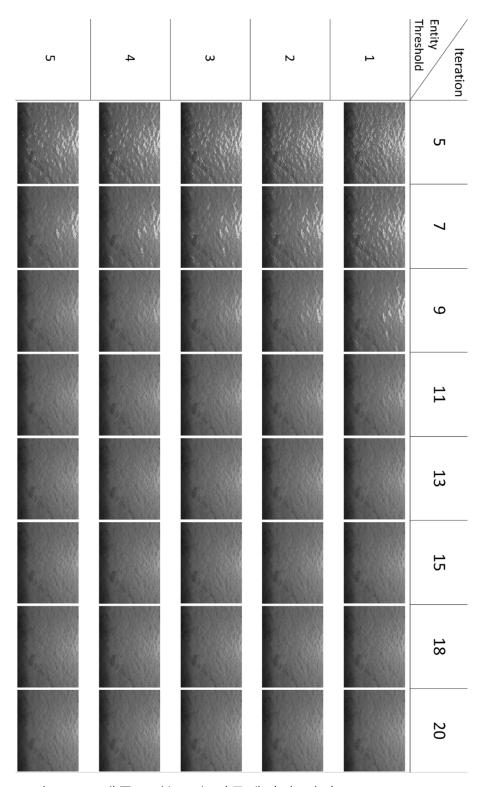


그림 2-25. 샘플 6번(SG1) 시뮬레이션 결과

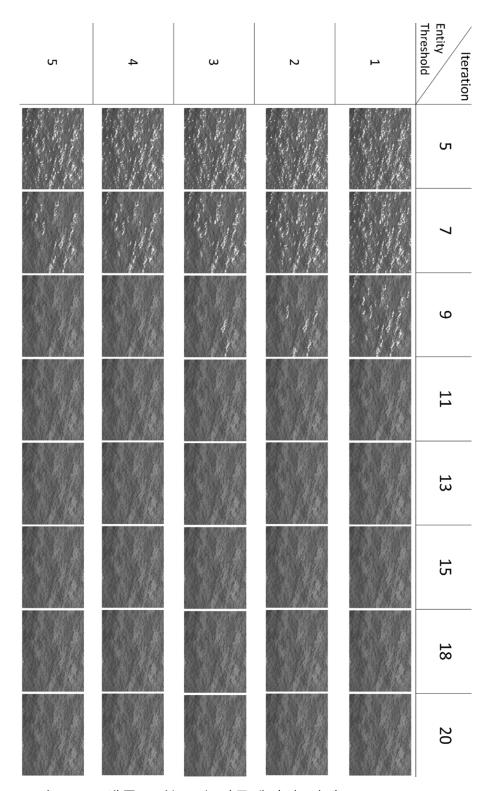


그림 2-26. 샘플 7번(SG2) 시뮬레이션 결과

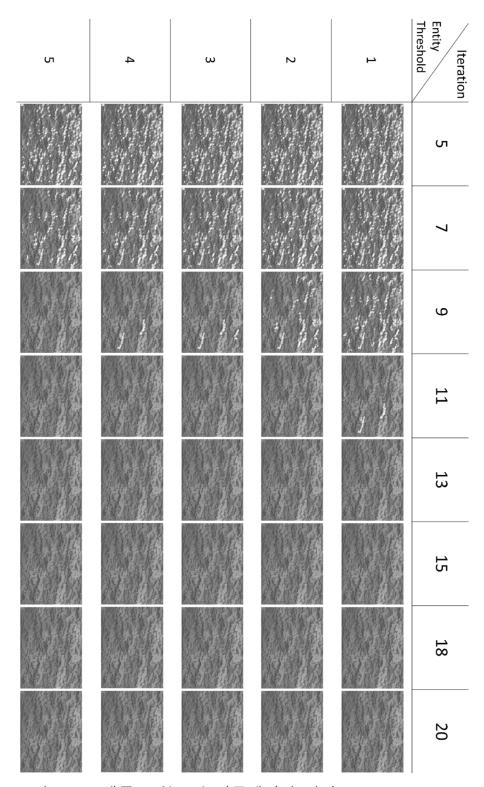


그림 2-27. 샘플 8번(SG3) 시뮬레이션 결과

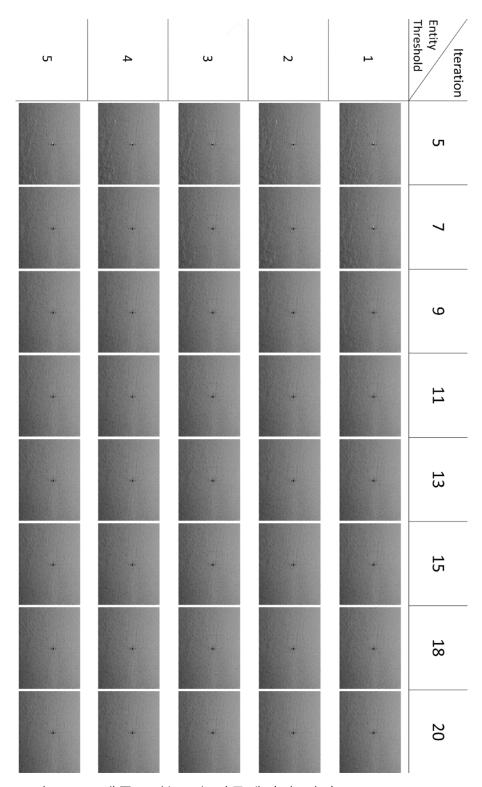


그림 2-28. 샘플 9번(SG8) 시뮬레이션 결과

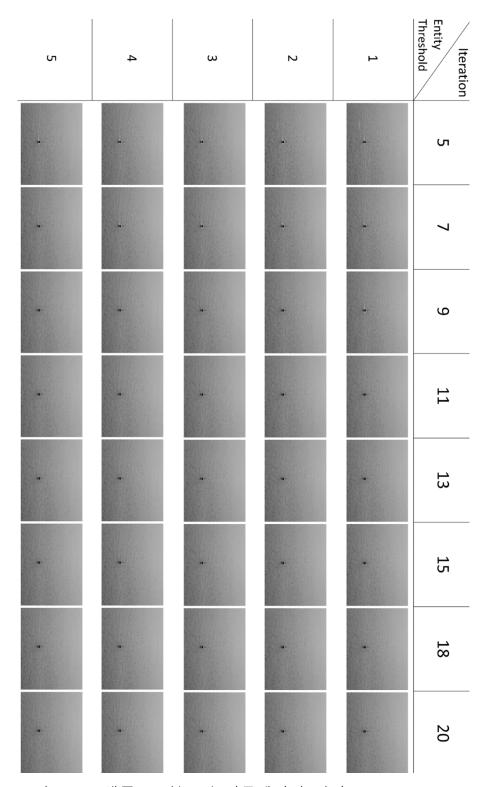


그림 2-29. 샘플 10번(SG9) 시뮬레이션 결과

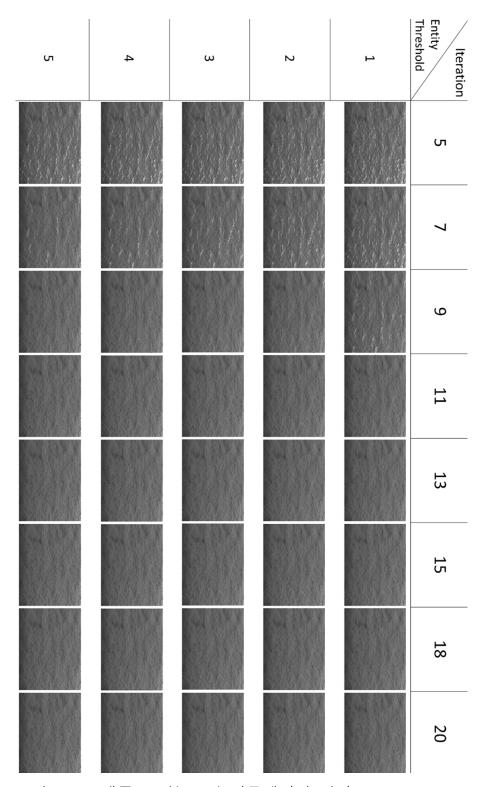


그림 2-30. 샘플 11번(SG13) 시뮬레이션 결과

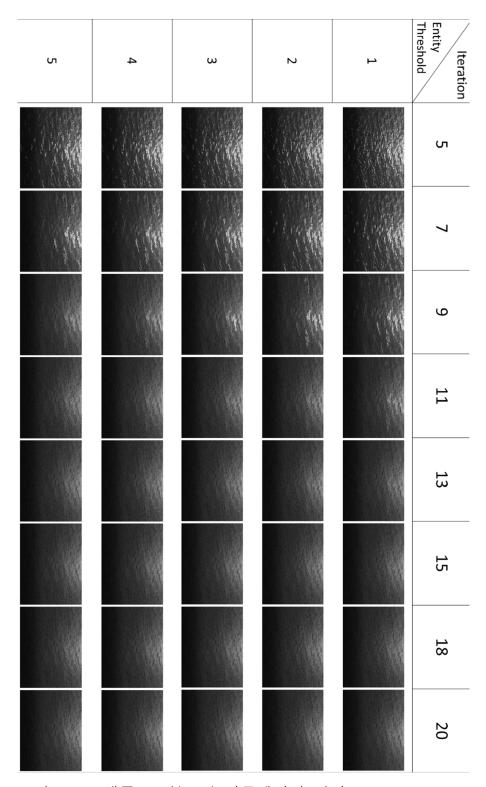


그림 2-31. 샘플 12번(SG7) 시뮬레이션 결과

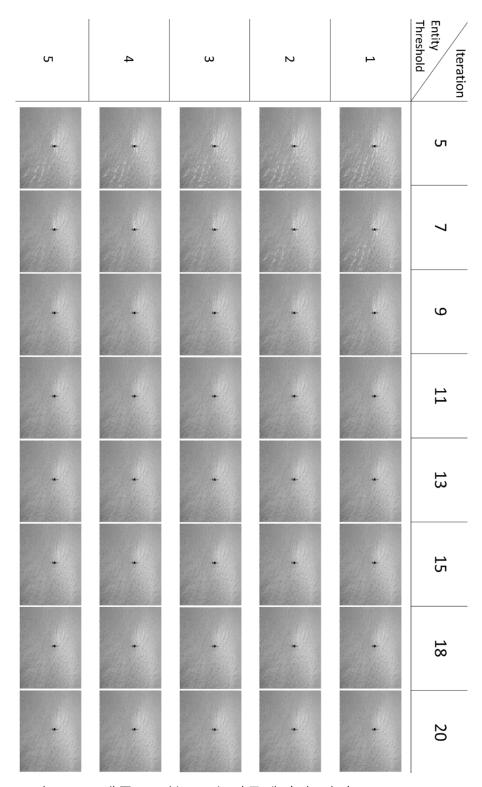


그림 2-32. 샘플 13번(SG10) 시뮬레이션 결과

표 2-3.각 샘플 별 최적 반복 횟수, 최소 개체 크기, 보정 소요 시간

샘플 번호	반복 횟수	최소 개체 크기	연산 시간
	(회)	(픽셀)	(8)
1 (MJ1)	15	2	2.8415
2 (MJ4)	11	3	0.79
3 (MJ6)	15	5	2.9432
4 (MJ11)	11	3	2.1521
5 (SG11)	11	5	1.6843
6 (SG1)	7	5	1.11
7 (SG2)	7	5	0.37
8 (SG3)	9	5	0.2297
9 (SG8)	5	5	0.92
10 (SG9)	5	5	0.4695
11 (SG13)	7	5	0.6243
12 (SG7)	9	5	0.7048
13 (SG10)	11	3	1.5807

시뮬레이션을 하면서 영상을 크게 두 분류로 구분할 수 있었다. 먼저 이미지에서 빛 반사가 차지하는 영역이 큰 샘플 1에서 샘플 5번은 보정 반복 횟수가 약 15회 이상이 될 때 보정이 잘 되었다. 특히 1번 과 3번 샘플의 경우, 10 회 미만에서는 보정이 된 부분가 안 된 부분의 연결이 자연스럽지 않아서 오히려 기존 알고리즘의 작동을 방해할 우려가 있다. 또한 위 샘플들은 최소 개체 크기가 1 과 2 일때는 적절한 시간 내에 보정이 잘 이루어지지 않았다. 하지만 개체크기를 3 보다 더 크게 키우면 보정의 정도는 크게 향상되지 않는데반해 연산시간의 증가로 시간이 훨씬 많이 소모되었다. 이런 그룹을 모아 HR(High Reflection)이라고 명명하였다. 어떤 이미지가 HR 로 분류되었을 때는 반복 횟수 15회, 최소 개체 크기 3 으로 보정을 하는 것이 가장 적절하다.

하지만 우리가 주로 관측기로 얻게 될 영상은 앞서 말한 대로 HR 과는 거리가 멀다. HR의 경우와는 반대로, 나머지 샘플들에서는 많은 보정횟수가 필요하지 않았다. 보통 5회에서 9회 사이의 반복 횟수에서 보정이 잘 되었다. 또한 적은 반복횟수로 인해 최소 개체크기를 5로 키워도 보정 연산 시간이 거의 모두 1초 이내로 들어온 동시에,다소 큰 빛 반사 영역도 손쉽게 제거할 수 있었다. 이런 영상을 LR(Low Reflection)이라고 명명하였다. 들어온 영상의 종류가 LR에가까울 때에는 반복 횟수 9회, 최소 개체 크기는 5로 설정 하는 것이가장 적절하다.



그림 2-33. 샘플 13번(SG10) 시뮬레이션 결과 비교. 원본(좌), LR 보정(중), ZR 보정(우)

빛 반사의 정도 이외에도 배경왜곡이 심해지는 경우가 있다. 밝기차이로 인해 파도 형태를 빛 반사영역으로 오인해 보정을 실시하는 경우가 있는다. 그림 2-33 을 보면 단순 LR의 보정 결과 수면 뒤에 있는 물보라가 오히려 더 진해지는 경우가 있다. 이 경우 빛 반사정도는 LR에 가까운 샘플 13번의 반복 횟수 7, 최소 개체 크기 5인 경우와 같이 빛 반사 영역과 반사가 아닌 영역의 경계가 오히려 뚜렷해지는 경우가 발생한다. 이는 오히려 관측기의 다른 알고리즘의 오작동을 야기할 수 있다. 이와 같은 부분영역 반사(zonal reflection)의경우는 보정 시 주변 픽셀 값이 아닌 한 열(row)의 값만을 이용해보정을 실시함으로써 결과를 개선할 수 있다. 이 경우 보정 반복 횟수 9회, 최소개체화소치는 5화소로 하였을 때 만족스러운 결과를 얻을 수 있었다. 이를 순서도로 표현하면 그림 2-34 와 같다.

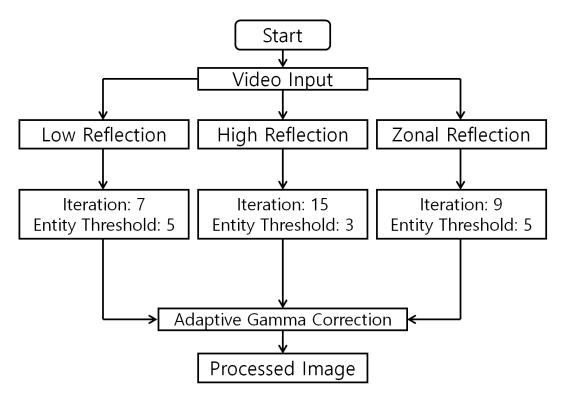


그림 2-34. 적응형 감마보정을 통한 빛 보정 알고리즘 순서도

제 3 장 결 론

본 연구에서는 해수면의 물체를 탐색하여 추적하는 관측기를 위한 해수면 반사 보정 알고리즘에 대해 알아보았다. 관측기의 전체적인 추적알고리즘에 크게 영향을 줄 수 있는 해수면 반사영역을 제거하거나 영향을 줄임으로써 알고리즘의 동작을 더욱 원활히 할 수 있다. 보정 알고리즘은 적응형 임계값 조절 감마보정을 통해 구현하였으며, 모의실험을 통하여 저반사/고도반사/부분영역반사에 따른 적절한 보정 변수들을 제시할 수 있었다. 저반사 영상은 실시간 보정이 가능한 수준의 보정변수를 제시할 수 있었으나, 고도반사와 부분영역반사의 경우 실시간 보정에 적합한 보정변수는 실제 환경에서 재평가가 필요할 것이다.

본 연구의 단점으로는, 및 반사가 얼마나 잘 제거되었는지에 대한 수 치적인 평가가 어려워 서로 다른 3명의 판독자의 의견을 조율하여 최적보정 변수를 도출하였다는 점이다. 이는, 관측 대상의 특성과 및 반사 정도가 매우 다양하며, 표준으로 사용할 수 있는 영상이 정해져 있지 못한데에도 원인이 있다. 향후 본 연구와 유사한 연구가 추가로 진행된다면, 보정할 표준 영상을 정하고 해당 영상에 대한 보정 성능을 비교할 수 있는 영상 지표도 정해야 할 것이다.

마지막으로, 본 연구에서 제시한 알고리즘에서는 저반사/고도반사/부 분영역반사의 종류까지 스스로 선택하여 처리할 수는 없었는데, 이는 향 후 기계학습 등을 통하여 빠르게 영상의 성격을 파악하는 알고리즘을 추 가하면 개선할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- [1] B.T. Overstreet, C.J. Legleiter, "Removing sun glint optical remote sensing images of shallow rivers: Removing sun glint from river imagery", Earth Surface Processess and Landforms, vol. 42, pp. 318–333, 2017.
- [2] Rebecca Lindsey, "Gulf of Mexico Oil Slick Images: Frequently Asked Questions", Earth Observatory, July, 2010.
- [3] R. Munguia, S. Urzua, Y. Bolea, A. Grau, "Vision-Based SLAM System for Unmanned Aeraial Vehicles", *MDPI sensors*, 2016.
- [4] T. Yang, P. Li, H. Zhang, Li, Zhi. Li, "Monocular Vision SLAM-Based UAV Autonomous Landing in Emergencies and Unkown Environments", *MDPI electronics*, 2018.
- [5] 강찬수, "너무 눈부신 지구의 밤...사람도 자연도 건강을 잃는다.", 중 앙일보, 24th, Nov, 2018.
- [6] Ho-Young Jin, Hyun-Chool Shin, "Laser speckle imaging using adaptive windowing method", Journal of the Institute of Electronics and Information Engineers, 2010.
- [7] Seunghyun Kim, Seunghwn lee, Seung-Hi Lee, Chung Choo Chung, Whoi-Yul Kim, "Edge-based removal method of suface-reflected light for detecting parking line in Bird's eye view image", Fall Annual Conference of IEIE, 2017.
- [8] Lloyd, S. P. "Least square quantization in PCM", Bell Telephone Laboratories Paper, 1982.
- [9] Martin Ester, Hans-Peter Kriegel, Jörg Sander, Xiaowei Xu, "A Density-Based Algorithm for Discovering Clusters in Large Spatial Databases with Noise", Proceeding sof the 2nd International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, 1996.
- [10] Soomok Lee, Daejin Hyeon, Gi kwang Park, Il-joo baek,

- Seong-Woo Kim, Seong-Woo Seo, "Directional-DBSCAN: Parking-slot detection using a clustering method in around-view monitoring system", Intelligent Vehicle IEEE Symposium, 2016.
- [11] David A. Forsyth, Jean Ponce, "Computer Vision, a modern approach", Pearson, 2nd edition, 2011.
- [12] H.R. Blackwell, "Contrast thresholds of the human eye", Journal of the Optical Society of America, vol. 36, pp. 624–643, 1946.
- [13] S. K. Nayar, T. Mitsunaga, "High Dynamic Range Imaging: Spatially Varying Pixel Exposures", Proc. of Computer Vision and Pattern Recognition, 2000.
- [14] T. Mitsunaga, S.K. Nayar, "Radiometric self calibration", Proc. of Computer Vision and Pattern Recognition, vol. 1, pp. 374–380, 1999.
- [15] T. Hayami, M. Tanaka, M. Okutomi, T. Shibata, S. Senda, "Super High Dynamic Range Imaging", Proc. of the 22nd International Conference on Pattern Recognition, 2014.
- [16] H. Doi, Y.Hara, Y.Kenbo, M. Shiba, Image sensor, 1986.
- [17] E. Ikeda, "Image data processing apparatus for processing combined image signals in order to extend dynamic range", US patents, 1998.
- [18] 문호준, 이홍주, 김정석, 김석기, "베버의 법칙을 적용한 조도센서 설계", 대한전자공학회 학술대회, pp. 271-273, 2013.
- [19] S. Kay, J. D. Headley, S. Lavender, "Sun Glint Correction of High and Low Spatial Resolution Images Auatic Scenes: a Review of Methods for Visible and Near-Infrared Wavelengths", Remote Sensing, vol. 1(4), pp. 697–730, 2009.
- [20] J.A. Goodman, Z. Lee, S.L. Ustin, "Inlfuence of Atmospheric and Sea-Surface Corrections on Retrieval of Bottom Depth and Reflectance Using a Semi-Analytical Model: A Case Study in Kaneohe Bay, Hawaii", Applied Optics, vol. 47(28), F1-F11, 2008.

- [21] Sun-Young Yoo, Jisung Kim, Changhoon Back, Won-Seok Lee, Seogmin lee, Changhan Park, Kanghoon Kwon, Jong-Mo Seo, "Effect of Relative Incidental Angle and Wave Parameters on Light Reflection at Sea Surface", International Conference on Control, Automation and System, 2017.
- [22] Viatcheslav Kisselev, Barbara Bulgarelli, "Reflection of light from a rough water surface in numerical methods for solving the radiative transfer equation", Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer, 2004.
- [23] HARALD E. KROGSTAD, "Liner Wave TheoryPart A", Norwegian University of Science and Technology, 2000.
- [24] Zhenghua Huang, "Adaptive gamma correction based on cumulative histogram for enhancing near-infrared images", Infrared Physics & Technology 79, 205–215, 2016.
- [25] S.-C. Huang, F.-C. Cheng, Y.-S. Chiu, "Efficient contrast enhancement using adaptive gamma correction with weighting distribution", IEEE Trans. Image Process. 22 (3) 1032 1041, 2013.

Abstract

Sea Surface Light Scatter Correction Using Image Information Combined Adaptive threshold adjusting Gamma Correction

Ho Jin Lee
Electrical and Computer Engineering
The Graduate School
Seoul National University

Observing an object on the surface of the water in the air requires not only techniques for identifying objects well, but also techniques for suppressing or eliminating disturbance signals such as reflections from the surface of the water. In this paper, we studied a method that helps to observe a object on the surface of the water in the air by suppressing the light reflection using the adaptive gamma correction filter. In addition, virtual information is generated based on the extra image data of the point where the pixel value is saturated due to the reflection of light and completely lost, so that the object can be continuously observed without modification of the tracking algorithm.

keywords: adaptive gamma correction, diffuse reflection, objective recognition, target tracking, the surface of water *Student Number*: 2018-26805