

중적외선 영상 잡음 감소를 위한 SW 필터의 설계 및 구현

박현성^{*1)} · 김정호¹⁾ · 이성호¹⁾

¹⁾ 국방과학연구소 제6기술연구본부

Design and Software Implementation of Noise Reduction Filter for Mid-wave Infrared Images

Hyunsung Park^{*1)} · Jungho Kim¹⁾ · Sungho Lee¹⁾

¹⁾ The 6th Research and Development Institute, Agency for Defense Development, Korea

(Received 18 November 2015 / Revised 29 April 2016 / Accepted 22 July 2016)

ABSTRACT

In order to increase the survivability of combatant ship, measuring and analyzing the infrared radiation is important. Consequently, providing analysis report is also important for the progress of the new combatant ship design. This paper proposes a design and software implementation of filtering for the noise reduction of mid-wave IR camera image. We reduced the total test cost by using the suggested software filtering technique instead of hardware replacement or re-calibration. In addition, we enhanced the accuracy of analysis results by adjusting the parameters of software filtering according to the results of filtered image.

Key Words : Mid-wave Infrared(중적외선), Noise Reduction(잡음 제거), Software Filter(소프트웨어 필터), Non-Uniformity Correction(불균일보정)

1. 서론

최근 함정의 발전 방향은 스텔스 능력을 향상시키는데 초점이 맞추어져 있다고 해도 과언이 아니다. 함정의 스텔스 능력 중 적외선과 관련된 위협이 날로 증가하여 자함의 적외선 복사량을 정확히 측정하고 이에 대한 감소책을 강구하는 것이 필요하다. 또한 신조 함정 설계에 시험 결과를 환류시키는 것은 연구개

발의 선순환 측면에서 매우 바람직하다고 할 수 있다.

본 논문은 적외선 신호 측정에 사용되는 중적외선(Mid-wave IR) 카메라의 광학소자(필터, 렌즈)와 같은 하드웨어적 특성에 의해 불규칙적으로 발생하는 잡음(noise)을 개선하는 기법에 관한 것이다. 제한한 영상잡음 감소방법은 영상 픽셀(pixel)의 디지털 레벨(digital level)을 선형적으로 보정하거나 오프셋을 적용하는 소프트웨어 필터를 사용하는 것이다.

적외선 렌즈 및 필터의 물리적인 특성으로 인하여 정확한 과장대역만을 통과시키는 적외선 카메라의 구현은 거의 불가능하다. 광학소자의 물리적 특성에 의

* Corresponding author, E-mail: hspark@add.re.kr
Copyright © The Korea Institute of Military Science and Technology

하여 영상의 가장자리에 유입되는 영상 잡음신호는 전체 영상의 품질을 유지하고 정확한 분석을 위해서는 반드시 보정되어야 한다. 특히, 일반적으로 적용되는 적외선 영상의 불균일 보정(NUC; Non-Uniformity Correction)^[1]은 하드웨어 필터와 같은 소자를 사용할 경우 충분하지 않기 때문에 제안한 소프트웨어 필터를 사용하여 보완할 수 있다.

본 논문은 실제 해상환경에서 적외선 카메라를 이용하여 측정된 잡음이 포함된 영상에 적용 가능한 소프트웨어 필터를 제안하여 적용한 결과를 비교 분석하였다.

본 논문의 이후 구성은 다음과 같다. 2장 배경에서는 함정 적외선 신호 측정시험 과정과 중적외선 영상의 잡음 발생 원인에 대하여 설명한다. 3장에서는 제안하는 소프트웨어 필터의 종류와 설계 및 구현 방법에 대하여 기술한다. 4장에서는 필터링 후의 효과에 대하여 정성적, 정량적 분석을 통하여 평가를 수행한다. 마지막 5장 결론에서는 본 논문의 의의와 기여하는 바를 정리하고 앞으로의 연구방향을 제시한다.

2. 배경

함정 적외선 신호 측정시험은 해상환경에서 기동 중인 함정의 적외선 신호수준(대비복사세기)을 분석하기 위하여 수행된다. 측정방법은 육상 또는 선박에 적외선 카메라를 설치하고 일정한 침로로 기동하는 함정의 영상을 획득한다. 획득된 적외선 영상에서 함정과 배경의 복사휘도 차이를 구한 다음 그 값에 함정 투영면적을 곱하여 대비복사세기를 분석한다.

적외선 카메라는 정해진 파장대역에 대하여 복사에너지를 흡수하는 검출기, 에너지를 받아들일 수 있는 렌즈 및 신호처리부로 구성된다. 적외선 검출기는 소자의 특성에 따라 특정한 적외선 파장대역의 신호를 받아들인다. 이러한 검출기의 파장대역을 기본으로 특정한 파장대역의 복사에너지를 측정하기 위하여 적외선 필터가 사용된다. 이러한 필터는 특정한 파장대역의 적외선 신호를 측정할 수 있으나 광학계와 필터의 물리적인 부정합과 국부적인 필터 온도특성으로 인하여 영상 전반에 왜곡현상을 발생시킬 수 있다. 실제 해상시험에서 사용된 적외선 카메라는 특정 파장대역의 적외선 신호 획득을 위하여 대역통과 필터를 사용하였으며 이로 인하여 영상의 왜곡현상이 발생되었다.

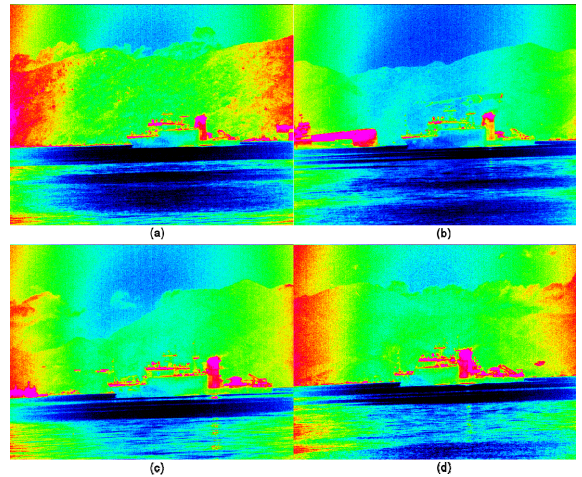


Fig. 1. Mid-wave infrared images of maneuvering ship, extracted 1 minute of interval('14. 7.14)

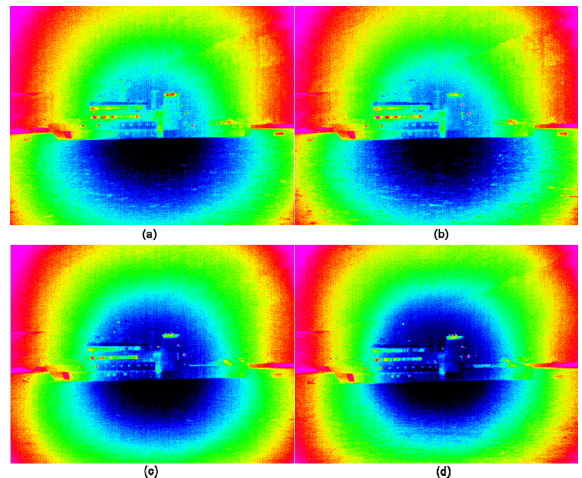


Fig. 2. Mid-wave infrared images of mooring ship, extracted 70 minutes of interval('14. 3.18)

Fig. 1과 Fig. 2는 실제 해상환경에서 획득된 중적외선 영상을 각 픽셀의 디지털 레벨에 따라 색상 스펙트럼으로 매핑한 것이다. Fig. 1은 하절기(7월) 기동하는 시험선을 약 4분간 측정된 영상으로 1분 간격으로 4개의 이미지를 추출하였다. Fig. 2는 동절기(3월) 동일한 시험선이 정박한 상태로 약 3시간 40분 가량 측정된 영상으로 약 70분 간격으로 4개의 이미지를 추출하였다. 그림에서 중심에서 가장자리로 갈수록 디지털 레벨이 증가하여 붉은 계열의 색상이 형성되는 것을 확인할 수 있다. 잡음의 발생정도는 동일한 중적외

선 카메라/렌즈/필터를 사용한 경우에도 계절별로 동일하지 않으나 전반적으로 중심에서 멀어질수록 잡음이 증가하는 경향을 보인다. 입력되는 영상에서 잡음이 불규칙적인 이유는 적외선 카메라와 태양의 상대적 위치(고각, 방위각), 계절 온도 차이, 습도, 바람 등 시험시의 환경조건 영향에 의하여 발생하는 잡음이 일정하지 않기 때문이다^{2,3)}.

본 논문에서 사용한 중적외선 카메라의 필터는 적외선 검출기의 파장대역을 1.5 ~ 5.1 μm 에서 3 ~ 5 μm 로 바꾸는 역할을 한다. 적외선 필터는 특성상 파장대역의 양끝 단에서 필터의 특성이 좋지 않기 때문에 3 μm 이하 및 5 μm 이상의 적외선 신호가 통과하여 원형 형태의 하드웨어 필터 가장자리에서 잡음신호가 크게 나타나는 문제가 발생하였다.

일반적으로 초점면배열(Focal Plane Array) 형태의 적외선 카메라는 픽셀을 구성하는 검출기의 물리적 특성에 의한 응답특성이 각각 다르기 때문에 불균일 보정(NUC)을 위하여 보정 테이블을 이용한다. 그러나 적외선 필터와 광학계로 인하여 입력되는 외부잡음은 불균일 보정을 통하여 완벽히 제거될 수 없다. 이에 본 논문은 제작사의 불균일 보정 테이블을 적용하였음에도 불구하고 렌즈 및 하드웨어 필터에 의한 공간잡음(Spatial Noise)이 제거되지 않았기 때문에 획득한 영상을 소프트웨어적으로 처리하여 이상 불균일 특성을 보정하고자 한다.

본 논문은 적외선 필터를 사용하여 특정대역의 적외선 신호를 측정하는 경우 발생하는 잡음을 제거하기 위하여 소프트웨어적으로 원하지 않는 입력신호를 보정하기 위한 필터에 관한 연구이다. 하드웨어적인 문제를 소프트웨어적으로 접근한 이유는 현실적으로 하드웨어를 교체하거나 튜닝하는데 필요한 비용 및 시간을 절감할 수 있고 소프트웨어가 가지고 있는 장점인 프로그래밍을 통하여 사용자가 입력영상의 잡음 특성에 따라 유연하게 대처할 수 있기 때문이다.

3. 설계 및 구현

소프트웨어 필터를 설계하기 위하여 입력영상의 잡음분포특성을 정량적으로 분석하였고, 잡음을 제거하기 위한 필터를 설계하여 프로그램을 구현하였다. 잡음감소 필터는 획득된 적외선 영상의 특성을 고려하여 영상의 중앙에서 대각선 방향으로 갈수록 잡음이

증가되는 경향을 고려하여 설계하였다.

3.1 전체 이미지 오프셋 보정

영상잡음 제거를 위한 소프트웨어 필터를 설계하기 전 준비단계에서 제작사에서 제시한 온도교정 파일을 이용하여 카메라의 출력온도와 기준 흑체온도(Black Body)간 오프셋을 보정하도록 하였다. 이 과정은 적외선 영상의 모든 픽셀에서 나타나는 온도 오프셋을 제거함으로써 소프트웨어 필터의 전체적인 온도측정 정확도를 향상시킬 수 있다. 흑체를 사용하여 기준 온도 보정과정에서 구한 온도 차는 영상 프레임의 각 픽셀에 대한 디지털 레벨을 수정하여 보정할 수 있다.

3.2 선형필터의 설계

중적외선 카메라 제작사가 제시한 파장대역에서 원거리에 있는 피사체의 적외선 영상을 특정한 대역에서 측정하기 위해서는 적외선 필터와 광학렌즈의 사용이 필수적이다. 이 경우에 Fig. 1과 Fig. 2에서와 같이 영상의 중심에서 가장자리로 갈수록 잡음이 증가되는 현상이 발생한다. 이에 착안하여 광학렌즈와 필터의 배치에 따라 영상의 중심점에서 잡음이 최소화되고 가장자리에서 최대가 되도록 선형필터(Circular Linear Filter)를 설계하였다. Fig. 3은 중적외선 영상잡음 감소를 위한 선형필터 설계 방법이다.

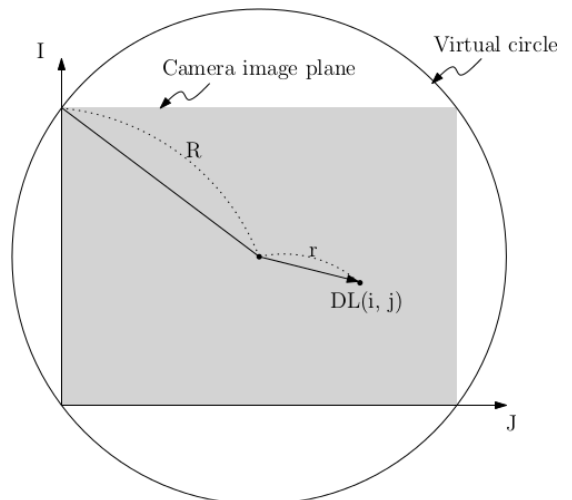


Fig. 3. Design of circular linear filter for the noise reduction of mid-wave infrared image

Fig. 3에서 영상의 중심은 잡음이 최소가 되는 지점

인 디지털 레벨 0으로 이미지의 보정이 필요 없으며, 원의 가장자리($\Delta = DL_{max} - DL_{min}$)는 측정된 디지털 레벨에서 최대값 - 최소값의 차이로 이미지를 보정하도록 하였다. 따라서 16비트 크기의 무지개(Rainbow) 색상의 팔레트를 사용한다고 가정하면, Fig. 3의 중심 점은 표현할 수 있는 최소값 0으로 매핑되며, 직사각형에 해당하는 적외선 영상의 외접원의 반지름(R)은 색상 팔레트의 최대값($2^{16} = 65,536$)으로 매핑된다. 따라서 보정하고자 하는 $DL'_{(i,j)}$ 은 원본이미지 $DL_{(i,j)}$ 와 수식 (1)의 관계가 있다.

$$DL'_{(i,j)} = DL_{(i,j)} - \Delta \times \frac{r}{R} \quad (1)$$

Fig. 4는 이러한 기본 선형필터를 구현한 결과로써 Fig. 3의 직사각형 영역에 해당한다. 여기서 기본이라고 명명한 이유는 이 필터를 기반으로 변형을 가하여 몇 가지 파생필터를 생성할 것이기 때문이다.

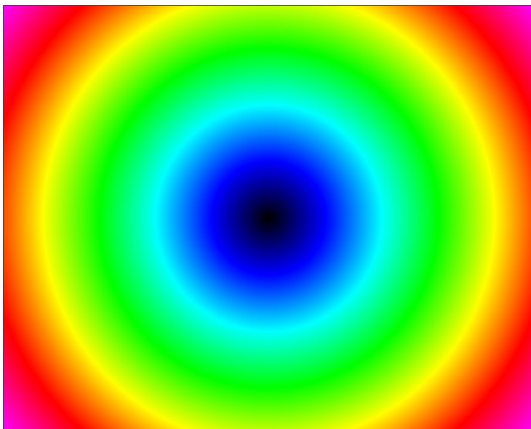


Fig. 4. Implementation result of base circular linear filter

Fig. 4의 기본 선형필터를 Fig. 1(a)와 Fig. 2(a)에 적용한 결과가 각각 Fig. 5와 Fig. 6에 해당한다. Fig. 5와 Fig. 6의 결과에서 가장자리 부근의 잡음이 대부분 제거된 것을 알 수 있다. 심지어 적용 결과물의 가장 자리는 중앙 영역에 비하여 잡음이 과도하게 제거되어 기존의 영상보다 어두워진 느낌을 받는다. 이에 기본 선형필터의 색상 팔레트의 최대값에 매핑된 외접원의 반지름(R)에 가중치(Weight)를 주어 변화량을 조절할 수 있도록 필터를 수정하였다.

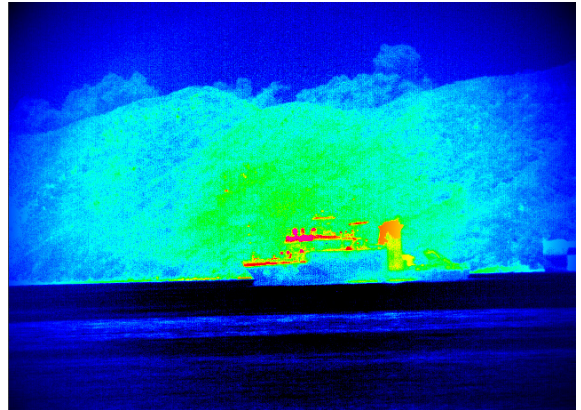


Fig. 5. After applying circular linear filter to Fig. 1(a)

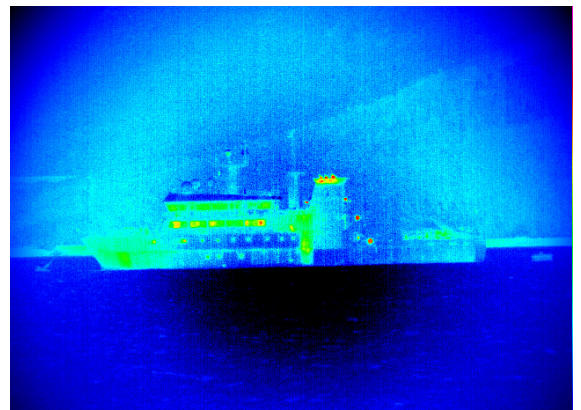


Fig. 6. After applying circular linear filter to Fig. 2(a)

Fig. 7(a)는 기본 선형필터의 반지름 R에 가중치 1.5 배를 준 값에 색상 팔레트의 최대값을 매핑한 결과이다. 중앙의 연두색 영역으로 표현된 디지털 레벨 값이 이미지 좌우측으로 확장되어 가로방향으로 잡음이 균일하게 제거된 결과를 얻을 수 있었다.

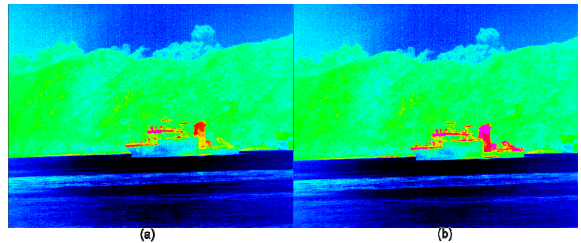


Fig. 7. (a) After applying circular linear weight filter to Fig. 1(a) (weight value 1.5), (b) After applying linear polygon filter to Fig. 7(a)

Fig. 7(a)와 선형필터를 적용하기 전 원본 이미지인 Fig. 1과 비교하였을 때 시각적으로 잡음이 대부분 제거되었다고 판단할 수는 있으나 잡음이 발생하는 양과 패턴이 일정하지 않기 때문에 한 번의 시험결과로부터 가중치 1.5를 상수화하여 일반화하기는 무리가 있다. 또한 경우에 따라 해상 함정 적외선 측정 시험에서 분석이 필요한 대상 함정이 필터로 인해 디지털 레벨 값이 변경되는 것이 타당한 것인지에 대해서도 분석자의 입장만으로 판단하기는 어렵다. 따라서 분석 대상인 목표물의 디지털 레벨 값은 보존하고 배경에 대해서만 필터를 선택적으로 적용 가능하도록 선형 폴리곤 필터를 추가적으로 설계하여 구현하였다.

3.3 선형 폴리곤 필터의 설계

분석이 필요한 대상체의 원본 디지털 레벨 값은 보존하고 배경에 대해서만 필터를 적용할 수 있는 선형 폴리곤 필터를 구현하기 위하여 계산 기하학(Computational Geometry)에서 사용하는 Ray Crossings 알고리즘^[4,5]을 응용하여 활용하였다. 대상 함정의 외곽선을 폴리곤으로 만들어 적외선 영상을 구성하고 있는 한 점이 폴리곤 안에 존재하는지, 바깥에 존재하는지의 여부를 Ray Crossings 알고리즘으로부터 판단하였다. 예를 들어 Fig. 8에서 폴리곤 외부에 존재하는 점(q_1)에서 한 방향으로 선을 연장하였을 때 폴리곤을 구성하고 있는 선분과 교차하는 점의 수는 항상 짝수 개이고 폴리곤 내부에 존재하는 점(q_2)에서 연장한 선이 교차하는 점의 수는 항상 홀수 개인 점에서 착안하였다.

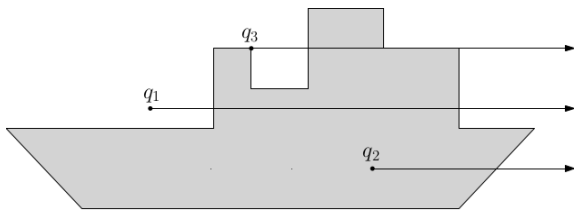


Fig. 8. Principal of ray crossings algorithm

Ray Crossings 알고리즘을 응용하여 C로 구현한 *InPoly()* 함수는 아래와 같다. 참조한 알고리즘^[4]의 *InPoly()* 함수보다 구현이 더 간단해질 수 있었는데, 그 이유는 Fig. 8의 q_3 와 같이 폴리곤의 꼭짓점(Vertex) 혹은 선분(Edge) 위에 위치하는 경우의 경계 조건(Boundary Condition)까지 고려해야 할 필요가 없으므로

로 관련된 부분의 루틴들을 제거할 수 있었기 때문이다.

```

01 int InPoly( tPoint q, tPolygon P, int n )
02 {
03     int i, i1;
04     int d;
05     double x;
06     int Rcross = 0;
07
08     for( i = 0; i < n; i++ ) {
09         for( d = 0; d < 2; d++ )
10             P[i][d] = P[i][d] - q[d];
11     }
12
13     for( i = 0; i < n; i++ ) {
14         if( ( P[i][1] > 0 ) != ( P[i1][1] > 0 ) ) {
15             x = ( P[i][0] * (double)P[i1][1]
16                 - P[i1][0] * (double)P[i][1] )
17                 / (double)(P[i1][1] - P[i][1]);
18
19             if ( x > 0 ) Rcross++;
20         }
21     }
22
23     if( Rcross % 2 == 1 ) return 1;
24     else return 0;
25 }
    
```

InPoly() 함수는 $DL_{(ij)}$ 에 해당하는 질의 점 q 를 입력받아서 오른쪽 연장선이 폴리곤 P 를 구성하는 모든 선분과 교차하는 수를 계산한다. 함수는 크게 네 부분으로 구성되어 있는데 라인 8-11은 질의 점 q 를 좌표 원점으로 만들어 교차점 계산을 편리하게 한다. 라인 13-17은 1사분면에서 폴리곤을 구성하는 모든 선분과의 연장선분과의 교차 여부를 직선의 기울기(x)를 이용하여 판단한다. 라인 23-24에서 누적된 교차 수가 홀수이면 1, 짝수이면 0을 돌려준다.

Fig. 7(b)는 구현한 Ray Crossings 알고리즘을 선형 가중치 필터에 적용한 결과이다. 먼저 원본 영상에서 보존하고 싶은 대상 함정의 외곽선을 폴리곤으로 생성한 후 폴리곤 내부는 선형 가중치 필터를 적용하지 않고 폴리곤 외부에 한하여 선형 가중치 필터를 적용

하였다. 따라서 폴리곤 내부는 원본 Fig. 1(a)와 같고 폴리곤 외부의 배경은 선형 가중치 필터를 적용한 Fig. 7(a)와 같다.

현 단계에서는 구현한 Ray Crossings 알고리즘에 입력한 폴리곤은 자동 영상처리기법을 사용하지 않고 하나의 영상프레임에 한하여 수동으로 추출하여 그 효과를 검증하였다. 향후 필요 시 자동 영상처리기법을 사용한 실시간 선형 폴리곤 필터를 적용하는 방안에 대한 연구를 수행할 예정이다.

4. 분석 및 평가

필터를 적용한 보정 영상은 수직, 수평 균일도를 조사함으로써 필터링의 효과를 평가할 수 있다. 적외선 영상의 균일도는 수직, 수평방향의 기상특성에 따라 결정된다. 일반적으로 일정 고도에서 수평방향의 복사휘도는 기온을 포함한 기상특성이 균일하기 때문에 변동이 크지 않지만 수직방향의 복사휘도는 고도에 따른 온도, 습도, 기압 변화에 의하여 감소하는 경향을 보인다. 따라서 소프트웨어적인 적외선 필터의 적절한 평가는 수직 및 수평방향 복사휘도의 분포특성 분석을 통하여 확인할 수 있다.

4.1 수평 균일도를 이용한 필터링 효과 평가

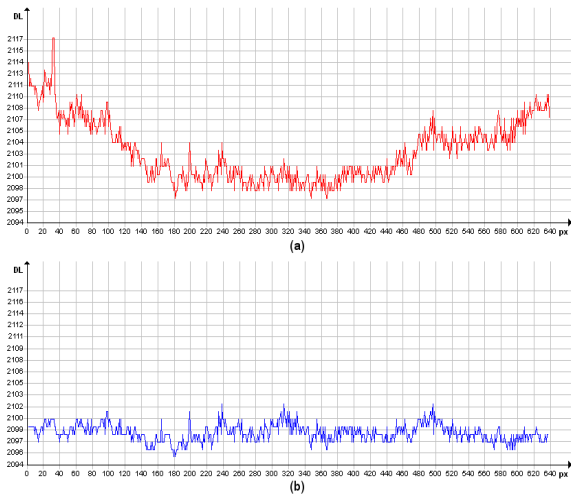


Fig. 9. Comparison of linear polygon filtering effect on horizontal center line, (a) before filtering, (b) after filtering

Fig. 9는 필터 적용 전/후의 수평 균일도를 하드웨어 제작사에서 제공하는 Altair 프로그램⁶⁾ 이용하여 비교 분석한 결과이다. 적외선 영상에서 디지털 레벨의 수평 균일도가 잡음의 정도를 판별할 수 있는 지표로서 매우 중요한데 그 이유는 카메라를 좌/우 수평이 동일한 상태에서 촬영하였을 때 배경의 온도가 수평으로 유사한 분포를 가져야 하는 것이 일반적이기 때문이다.

Fig. 9(a)는 원본 Fig. 1(a)의 중심을 관통하는 수평선의 디지털 레벨 크기를 분석한 수평 균일도 그래프이다. Fig. 9(b)는 선형 폴리곤 필터를 적용한 Fig. 7(b)에 대한 디지털 레벨의 수평 균일도 분석그래프이다. 따라서 제안하는 필터를 적용하였을 때 수평 균일도가 더 안정적임을 알 수 있다.

4.2 Softness 인자를 이용한 필터링 효과 평가

수평 균일도 외에도 적외선 영상의 불균일 보정 성능을 평가하는 지수인 Softness 인자(ρ)를 사용하여 필터 사용 전/후의 영상품질 개선효과를 평가할 수 있다⁷⁾.

$$\rho(f) = \frac{\|h * f\|_1 + \|h^T * f\|_1}{\|f\|_1} \quad (2)$$

f : Image(DL value), h : Horizontal mask, [1, -1]
 $\|f\|_1$: L_1 norm of image f , * : Discrete convolution

수식 (2)의 Softness 인자(ρ)는 이미지의 수직과 수평으로 인접한 점(pixel)들과의 디지털 레벨 크기 차이를 정량적으로 수치화시켜 표현하는 역할을 한다.

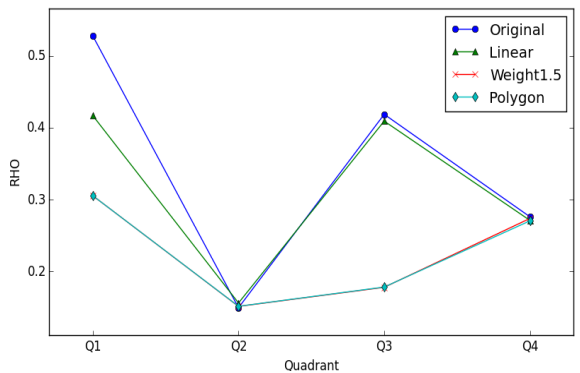


Fig. 10. Comparison of quadratic ρ value

Table 1. Comparison of quadratic ρ value

사분면	원본 이미지	선형 필터	선형 가중치(1.5) 필터	폴리곤 필터
Q1	0.5276	0.4167	0.3053	0.3053
Q2	0.1495	0.1562	0.1514	0.1516
Q3	0.4187	0.4092	0.1780	0.1783
Q4	0.2761	0.2711	0.2737	0.2704

Fig. 10과 Table 1에서 선박 기동 영상의 필터 적용에 따른 ρ 값의 변동 추이를 구하였다. 영상 전체의 ρ 값을 하나의 값으로 계산하면 원형으로 형성된 잡음의 특성에 의하여 영상의 중심을 기준으로 상하/좌우 대칭적으로 상호 감쇄될 수 있으므로 사분면으로 분할하여 각각의 ρ 값을 구하여 비교하였다.

원본(Original)이미지와 비교하여 필터를 적용하였을 때 ρ 값이 선형(Linear), 가중치(Weight 1.5), 폴리곤(Polygon) 순으로 작아지는 필터링의 효과를 정량적으로 평가할 수 있었다. 폴리곤 필터의 ρ 값은 폴리곤의 생성이 잡음의 영향이 상대적으로 적은 이미지의 중심 부분에서 함정의 윤곽을 따라 생성되므로 선형 가중치 필터의 ρ 값과 크게 차이가 나지 않는 것을 Table 1에서 확인할 수 있다. 따라서 Fig. 10에서 선형가중치 필터와 폴리곤 필터의 값이 거의 겹쳐져서 표시되었다.

4.3 Softness 인자를 이용한 최적 가중치 계산

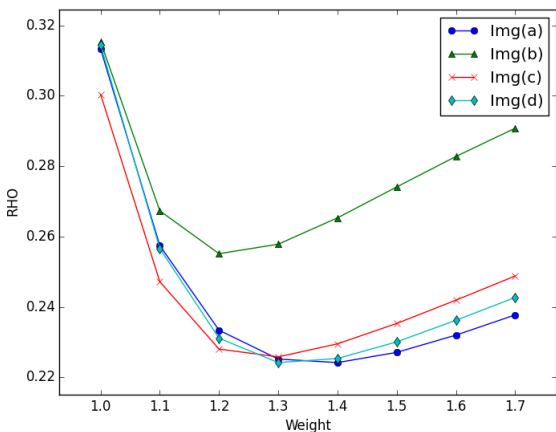


Fig. 11. Variation of average quadratic ρ value with increasing weight value

적외선 영상의 불균일 보정 성능을 평가하는 지수인 Softness 인자(ρ) 값을 구할 수 있었기 때문에 역으로 ρ 값으로부터 최적 선형 가중치 ω 값을 구하고자 한다.

Fig. 11에서 선박 기동 영상의 가중치가 적용되지 않은 원본 이미지($\omega = 1.0$)에서 가중치를 0.1 씩 증가시키며 가중치 필터 적용에 따른 ρ 값의 변동 추이를 구하였다. 네 개의 이미지에서 모두 ρ 값이 낮아지다가 다시 증가하는 성향을 확인하였으며, Table 2에서 최소 값을 가지는 가중치를 구하였다(* 표시).

Table 2. Determination of optimal weight value from the minimum ρ value(marked with *)

가중치 (ω)	이미지 (a)	이미지 (b)	이미지 (c)	이미지 (d)
1.0	0.3133	0.3154	0.3004	0.3145
1.1	0.2574	0.2673	0.2472	0.2566
1.2	0.2334	0.2552*	0.2281	0.2311
1.3	0.2252	0.2579	0.2258*	0.2242*
1.4	0.2242*	0.2653	0.2295	0.2254
1.5	0.2271	0.2741	0.2353	0.2301
1.6	0.2320	0.2828	0.2419	0.2362
1.7	0.2377	0.2908	0.2488	0.2427

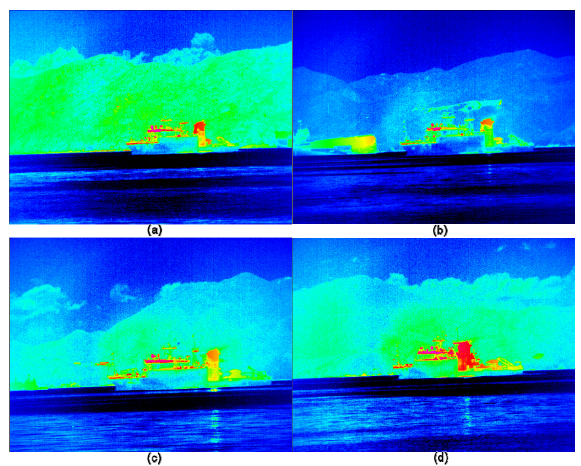


Fig. 12. Optimal weighted image of the minimum ρ value, (a) $\omega = 1.4$, (b) $\omega = 1.2$, (c) $\omega = 1.3$, (d) $\omega = 1.3$

Fig. 12는 Table 2에서 구한 최적 가중치를 가지는 선형가중치 필터를 적용한 이미지들이다. Fig. 1의 해당 이미지에서 최적의 가중치 값은 (a) $\omega = 1.4$, (b) $\omega = 1.2$, (c) $\omega = 1.3$, (d) $\omega = 1.3$ 이라고 할 수 있다. 그러나 영상을 구성하는 모든 이미지들을 대표하는 ρ 값이라고는 할 수 없고 해당 이미지 하나의 최적 ρ 값이기 때문에 Fig. 12의 (a), (b), (c), (d)가 전반적인 색의 평균화를 보이기는 어렵다. 하지만 정성적인 수평균일 도로부터 인위적으로 추정된 Fig. 7(b)의 결과($\omega = 1.5$) 보다 정량적인 ρ 값에 근거하여 구한 결과로써 의의를 가진다고 할 수 있다.

5. 결론

본 논문에서 제안하는 소프트웨어 필터를 적용하여 다음과 같은 효과를 얻을 수 있었다.

첫째, 비용측면에서 하드웨어 제조사로부터 유상으로 지원받아야 하는 별도의 보정(Calibration) 파일을 지속적으로 지원받기 어려운 상황에서 자체적으로 잡음을 제거하여 교정에 필요한 비용 및 시간을 단축시킬 수 있었다. 둘째, 제안한 소프트웨어 필터를 사용함으로써 고가의 렌즈/필터와 같은 하드웨어를 교체하는데 필요한 비용의 문제를 감소시킬 수 있었다. 셋째, 소프트웨어가 가지고 있는 장점인 프로그래밍을 통해 사용자가 영상파일의 품질을 직접 확인하면서 필터의 인자(parameter)를 조절하여 분석결과의 정확도를 향상시킬 수 있었다.

평가방법에 있어서는 제안한 필터의 효과를 분석하고 검증하기 위해 하드웨어 제작사의 분석도구를 이용한 영상의 수평 균일도를 구하는 방법 외에도 적외선 영상의 불균일 보정성능을 평가하는 지수인 Softness 인자를 사분할하는 방법을 제안하여 평가하였다. 이로부터 영상필터 전/후의 품질개선 효과를 정량적으로 계산하여 필터링 효과를 검증할 수 있었다. 또한 정성적인 수평균일 도로부터 인위적으로 가중치를 추정하지 않고 Softness 인자로부터 정량적인 계산을 통하여 최적 선형가중치를 도출하는 방법을 제안하였다.

중적외선 렌즈가 발생시키는 잡음 패턴과 양이 일정하지 않기 때문에 본 논문에서 제안하는 잡음 제거 방법을 일반화시키기에는 어려운 점이 있다. 그러나 적외선 신호는 함정 기동조건, 카메라 측정방향, 시험시 환경조건 등에 영향을 받아 신호 수준이 다르게 측정되므로 시험 및 환경조건을 인자로 정의하고 수치를 추정해 낼 수 있다면 소프트웨어 필터를 보다 자동화하여 적용할 수 있을 것으로 판단된다. 따라서 향후 연구방향은 적외선 영상에 영향을 미치는 입력 인자를 분류하고 식별하여 필터링을 일반화시키는 방법에 대하여 추진할 예정이다.

References

- [1] FLIR Systems, "NUC Procedure," DP001U-P NUC Procedure.doc. [Online] www.flir.com
- [2] H. Park and J. Kim, "An Implementation of Software Filter for Noise Reduction of Middle Wave Infrared Image," KIMST Annual Conference Proceedings, 2015.
- [3] J. Kim and I. Jung, "Ship IR Measurement and Analysis in the Marine Environment," 10th Naval Weapon System Conference Proceedings, 2008.
- [4] J. O'Rourke, Computational Geometry in C, 2nd ed. New York, NY, USA: Cambridge University Press, 1998.
- [5] J. D. Foley, R. L. Phillips, J. F. Hughes, A. v. Dam and S. K. Feiner, Introduction to Computer Graphics. Boston, MA, USA: Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., 1994.
- [6] FLIR Systems, "Altair, Full Radiometric Software Suite for R&D Application," [Online] www.flir.com
- [7] S. N. Torres, R. A. Reeves and M. M. Hayat, "Scene-based Nonuniformity Correction Method using Constant-range : Performance and Analysis," in Proceedings of 6th World Multiconference on Systemics, Cybernetics and Informatics, pp. 130-139, 2002.