

# 소형 표적 탐지를 위한 파노라믹 적외선 영상 향상 장치 및 경보시스템 구현

김기홍<sup>†</sup>, 김주영<sup>\*\*</sup>, 정태연<sup>\*\*\*</sup>, 전병균<sup>\*\*\*\*</sup>, 이의혁<sup>\*\*\*\*\*</sup>, 김덕규<sup>\*\*\*\*\*</sup>

## 요 약

본 논문에서는 소형 위협체를 조기에 탐지하여 위치를 알려주는 파노라믹 적외선 영상 정보 장치를 구현하였고, 경보 성능 향상을 위한 적외선 영상 향상 기법을 제안하였다. 구현 장치는 센서 헤드 유닛, 신호 처리 유닛 등으로 구성된다. 센서 헤드 유닛은 1차원 다중 배열 적외선 센서를 정속으로 고속 회전하여 360도의 넓은 시계 영역을 가지는 파노라믹 열영상을 획득한다. 신호 처리 유닛은 파노라믹 영상을 90도의 부영상으로 나누고, 각 부영역의 통계적 특성에 따라 적응적 평탄역값(adaptive plateau value)을 구한다. 그리고 적응적 평탄역값으로 히스토그램을 변화시킴으로써 위협체를 두드러지게 하였으며, 실시간 처리를 위하여 DSP와 FPGA를 이용하여 장치를 구현하였다. 구현 시스템에 제안한 영상 향상 기법을 적용한 결과 기존 기법에 비해 오경보율이 낮음과 시각적으로 위협체의 식별이 용이함을 확인하였다.

## The Realization of Panoramic Infrared Image Enhancement and Warning System for Small Target Detection

Ki-Hong Kim<sup>†</sup>, Ju-Young Kim<sup>\*\*</sup>, Tae-Yeon Jung<sup>\*\*\*</sup>, Byung-Gyoon Jeon<sup>\*\*\*\*</sup>, Eui-Hyuk Lee<sup>\*\*\*\*\*</sup>, Duk-Gyoo Kim<sup>\*\*\*\*\*</sup>

## ABSTRACT

In this paper, we realize the panoramic infrared warning system to detect the small threaten object and propose the infrared image enhancement method to improve the warning ability of this system. This system composes of the sense head unit, the signal processing unit, and so on. In the proposed system, the sense head unit acquires the panoramic IR image with 360 degree field of view(FOV) by rotating the thermal sensor. The signal processing unit divides panoramic image into four sub-images with 90 degree FOV and computes the adaptive plateau value by using statistical characteristics of each subimage. Then the histogram equalization is performed for each subimage by using the adaptive plateau value. We realize the signal processing unit by using the DSP and FPGA to perform the proposed method in real time. Experimental results show that the proposed method has better discrimination and lower false alarm rate than the conventional methods in this warning system.

**Key words:** Panoramic Infrared Warning System(파노라믹 적외선 정보 장치), Image Enhancement(영상향상), Small Target(소형 위협체), Adaptive Plateau(적응적 평탄역), False Alarm Rate(오경보율)

\* 교신저자(Corresponding Author) : 김기홍, 주소 : 대전광역시 유성구 사서함 35-1호(305-600), 전화 : 042)821-3164, FAX : 042)821-2221, E-mail : sonofkim@hanmail.net  
접수일 : 2004년 4월 27일, 완료일 : 2004년 7월 30일

<sup>†</sup> 정회원, 국방과학연구소 연구원

<sup>\*\*</sup> 준회원, 경북대학교 전자공학과 박사과정  
(E-mail : alteir@palgong.knu.ac.kr)

<sup>\*\*\*</sup> 준회원, 경북대학교 전자공학과 박사과정

(E-mail : jty@palgong.knu.ac.kr)

<sup>\*\*\*\*</sup> 준회원, 국방과학연구소 책임연구원

(E-mail : kevin22@add.re.kr)

<sup>\*\*\*\*\*</sup> 정회원, 국방과학연구소 연구원

(E-mail : jobdavid@netian.com)

<sup>\*\*\*\*\*</sup> 정회원, 경북대학교 전자전기컴퓨터공학부 교수

(E-mail : dgkim@ee.knu.ac.kr)

## 1. 서 론

원거리에서 접근하는 적의 항공기, 헬기 등 위협체를 조기에 탐지하여 위치와 방향을 알려주는 경보시스템(warning system)은 군사용 무기에서 필수적인 장치이다. 이러한 경보 시스템에서 사용하는 센서는 레이더(radar), 자외선(UV), 레이저(laser), 그리고 적외선(infrared) 센서 등이 있다. 이들 중에서 적외선 센서는 수동형(passive) 센서로서 자신의 위치를 노출하지 않고 위협체를 탐지 할 수 있는 장점이 가지므로 경보 시스템에 널리 이용되고 있다[1].

이러한 적외선 센서로부터 얻어지는 적외선 영상(Infrared Image)은 대상 물체와 주변의 온도차에 의해 발생한 복사 에너지를 가시 영역으로 영상화 한 것으로서, 의료용, 산업용 및 군사용으로 널리 이용되고 있다. 특히 전방 관측 열상 장치(FLIR; forward looking infrared system)는 야간에도 자신의 위치를 노출시키지 않고 위협체를 관측(searching), 탐지(detection) 및 인식(recognition)할 수 있는 장점이 있어 군사용 감시 시스템에 널리 이용되고 있으며, 이들에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다[2-8].

또한 최근에는 디지털 신호처리기(DSP; digital signal processor) 기술의 발달과 더불어 원거리로부터 접근하는 소형 위협체(small target)의 관측 및 탐지 기능을 강화하기 위하여 넓은 시계(FOV; field of view)의 영상을 획득하는 파노라믹 적외선 영상(panoramic infrared image)을 이용한IRST(infrared search and track) 장치와 미사일 경보 장치(missile warning system)에 많은 연구가 진행되고 있다.[9-11]

그러나 적외선 센서로부터 얻어지는 신호는 신호 대 잡음비(S/N; signal to noise)가 낮고 적은 생동폭(dynamic range)을 가지므로 시각적으로 화질이 떨어져 물체의 탐지 및 인식이 어렵다. 이러한 낮은 생동폭을 가지는 적외선 영상의 시각적인 화질을 개선하고, 또한 탐지 및 인식 능력을 향상시키기 위하여 영상을 향상(enhancement) 시켜야 한다. 이러한 적외선 영상의 향상 기법으로는 영상 전체의 통계적인 분포 특성을 이용하는 히스토그램 균일화법(histogram equalization) 및 대조 확장법(contrast stretching) 등이 있다[12]. 그러나 관측 및 탐지 기능의 강화를 위하여 얻어진 파노라믹 적외선 영상은 FLIR 영상보다 넓은 시계의 데이터를 얻기 때문에

넓은 분포 특성을 가진다. 따라서 넓은 분포 특성을 가지는 파노라믹 전체 영상에 대하여 일괄적으로 히스토그램 균일화법이나 대조 확장법을 적용하면 영상이 포화되어 물체의 탐지 및 인식이 어려워진다. 특히 원거리로부터 접근하는 소형 위협체의 경우는 주위 배경보다 상대적으로 크기가 작고, 위협체의 밝기값이 주위 배경보다 크지 않기 때문에 식별하기가 어렵다. 따라서 넓은 시계를 가지는 파노라믹 적외선 영상에서 배경으로부터 소형 위협체를 식별하기 위한 적합한 영상 향상 알고리즘이 필요하다.

본 논문에서는 소형 위협체의 탐지를 위한 파노라믹 적외선 영상 경보 장치와 영상 향상 기법을 제안하였다. 제안한 시스템은 1차원 배열 센서를 회전시켜 360도의 넓은 시계 영역을 가지는 영상을 획득할 수 있다. 또한 이들로부터 얻어지는 360도의 파노라믹 영상을 90도의 부영역으로 나누어, 각 부영역의 통계적 특성을 고려하여 영상의 시각적인 화질을 개선하였다. 먼저 각 부영역의 통계적 특성에 따라 적응적 평탄역값(adaptive plateau value)을 구한다. 그리고 적응적 평탄역값으로 히스토그램을 변화시켜 배경으로부터 소형 위협체를 식별할 수 있도록 시각적으로 영상을 개선함으로써 오경보율(false alarm rate)을 감소시킨다. 개발한 경보시스템을 이용하여 제안한 영상 향상 기법을 기존의 기법과 비교하여 실험한 결과, 기존의 기법보다 오경보율이 낮음을 확인하여 객관적인 성능 향상을 확인하였고, 시각적으로 위협체의 식별이 용이함을 확인하였다.

## 2. 파노라믹 적외선 영상 경보 장치

### 2.1 시스템 구성

본 논문에서 구현한 파노라믹 적외선 영상 경보장치는 그림 1과 같이 센서 헤드 유닛(sensor head unit), 파노라믹 구동 전자 유닛(panoramic driving electronic unit), 그리고 파노라믹 신호처리 유닛(panoramic signal processing unit) 등으로 구성된다. 센서 헤드 유닛은 적외선 센서, 센서 구동 전자 보드, 광학장치 및 각 모터 구동 전자 보드로 구성되며, 파노라믹 구동 장치에 의하여 적외선 센서를 정속으로 회전하여 주위 배경을 스캐닝함으로써 파노라믹 적외선 영상을 만든다. 주위 배경은 적외선 센서에 의해 미소 신호가 얻어지며, 이 신호는 증폭을

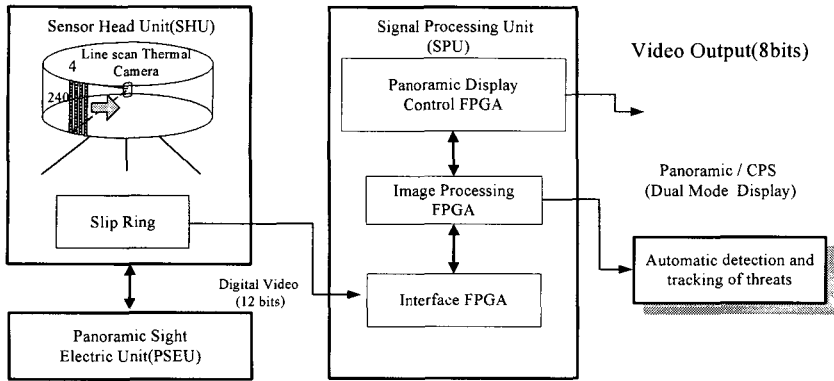


그림 1. 파노라믹 적외선 영상 경보 시스템

거쳐 디지털화한 후 슬립링(slip ring)을 거쳐 파노라믹 전자 유닛에 보내어진다. 신호처리 유닛은 적외선 센서로부터 입력된 원 신호를 탐지 및 추적에 적합하도록 디지털 신호 처리 과정을 행한다. 그리고 신호처리 과정을 거친 신호는 탐지 및 추적 유닛으로 전달되어진다.

### 2.2 파노라믹 센서 헤드 유닛

센서 헤드는 원적외선 영역(8~12um)의 적외선 센서와 적외선 에너지를 집속시켜 주는 적외선 광학계 등으로 구성되어 있다. 그림 2와 같이 센서 헤드 유닛은 적외선 센서를 동작시키기 위한 전자 보드 및 센서에서 출력된 신호를 증폭하고 영상신호 형태

로 재구성 시켜 주는 전자보드들로 구성이 되어 있다. 각 적외선 센서는 1차원 배열의 순간 시계(IFOV; instantaneous field of view)에서 얻어진 신호를 증폭과 이득 조절을 통하여 디지털화로 변화시켜 슬립링을 통하여 신호처리 유닛으로 보내어진다. 적외선 센서는 원적외선 영역의 1차원 다중 배열(240×4)의 MCT(HgCdTe)센서로써 냉각기와 센서 결합된 IDDCA(integrated detector /dewar assembly) 형태이다.

### 2.3 파노라믹 신호 처리 유닛

파노라믹 신호처리 유닛은 영상 처리된 신호를 다 화면으로 전시하기 위한 부분과 입출력을 위한 I/O 부분으로 구성되어 있으며, 출력된 적외선 디지털 신호를 실시간 처리 할 수 있도록 FPGA를 이용하여 구현하였으며 신호 처리기의 블록도를 그림 3에 나타내었다. 여기서 입력된 적외선 영상 신호는 각 부 영상의 통계적인 특성에 따라 영상 향상 및 이차원 경계선 강화 필터를 이용하여 영상 처리되어진 후 다화면 전시된다.

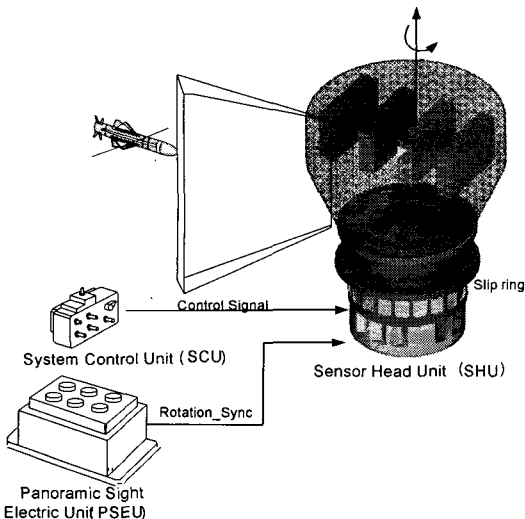


그림 2. 센서 헤드 유닛

### 3. 소형 표적 탐지를 위한 적외선 영상 향상 기법

적외선 센서로부터 얻어지는 적외선 영상은 대상 물체와 주변의 온도차에 의해 발생한 복사 에너지를 가시 영역으로 영상화 한 것으로서, 신호대 잡음비(S/N; signal to noise)가 낮고 적은 생동폭(dynamic range)을 가지므로 시각적으로 화질이 떨어져 물체

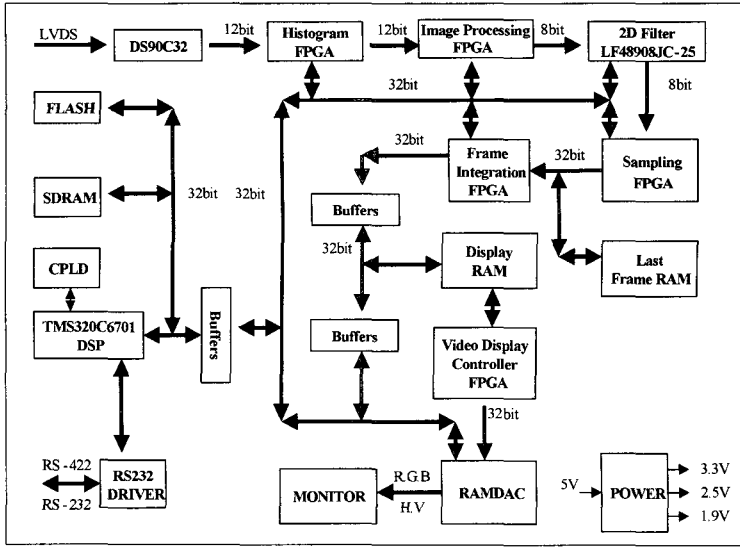


그림 3. 신호처리기 블록다이어그램

의 탐지 및 인식이 어렵다. 특히 원거리로부터 접근하는 소형 위협체의 경우는 주위 배경보다 상대적으로 크기가 작고, 위협체의 밝기값이 주위 배경보다 크지 않기 때문에 식별하기가 어렵다. 본 장에서는 소형 위협체를 식별하기 위한 기존의 적외선 영상 향상 기법과 제안한 기법에 대하여 서술한다.

### 3.1 히스토그램 균일화 방법

히스토그램 균일화 방법(histogram equalization)은 낮은 명암 대비를 가진 히스토그램을 균등한 분포로 만드는 알고리즘으로서, 먼저 히스토그램의 평균과 분산을 구한다. 평균 및 분산을 구하면 다음과 같이 나타낼 수 있다.

Mean:

$$M = \frac{1}{T} \sum_0^{4095} f(x), \quad T = \text{the number of total pixels} \quad (1)$$

Mean Square :

$$M_2 = \frac{1}{T} \sum_0^{4095} [f(x)]^2 \quad (2)$$

Standard deviation :

$$\Delta = \sqrt{M_2 - M^2} \quad (3)$$

여기서,  $f(x)$ 는 히스토그램 분포곡선이다. 히스토그램 균일화 방법은 획득된 영상에서 히스토그램을

구하여 식 (1), (2), (3) 및 그림 4에서 정의된 것처럼 몇 개 구간별 선형 변환을 이용하여 영상의 명암 대조비를 개선한다.

이 방법은 적외선 영상의 밝기값을 낮은 기울기를 가진 변환 곡선을 따라 변환시킨다. 이 경우 픽셀의 다른 값들은 유사값으로 변환될 수 있고, 변환에 의한 히스토그램의 상위 값은 특정 범위의 값으로 집중되어 상위값의 빈도는 높게 나타나게 된다. 즉, 영상의 평균값에서 멀리 떨어져 있는 값은 좁은 영역으로 대응되므로 배경 및 위협체의 화소값 차이가 작아 원 거리에 있는 소형 표적을 탐지하기에는 적절하지 않다.

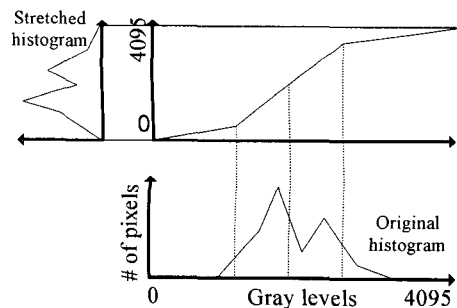


그림 4. 히스토그램 균일화 방법

### 3.2 Plateau 평활화 기법

히스토그램 균일화 방법은 영상의 전체 밝기값 범

위에 대하여 동일한 밝기 분포를 가지도록 영상을 변환하는 방법으로써 좁은 영역의 화소값을 넓은 영역으로 펼치는 과정에서 배경의 노이즈 등이 넓은 영역으로 증폭되는 단점이 있다. Plateau 평활화 방법은 히스토그램 평활화의 단점을 보완하면서 영상의 명암 대조비를 개선시키는 알고리즘이다. Plateau 평활화 방법은 다음과 같다. 먼저 그림 5에서와 같이 평탄역 값인 P(Plateau) 이하값만 취하여 배경 영역에 대한 픽셀의 빈도수를 줄였다. 이것은 배경 영역을 차지하는 픽셀 수를 줄여서 배경 영역에 존재하는 노이즈의 영향을 감소시키는 장점이 있다. Plateau 평활화 방법을 수식으로 표현하면 다음과 같다.

$$d_k = \left\lfloor \frac{D \times S_k(P)}{S(P)} \right\rfloor \quad (4)$$

$$S_k(P) = \begin{cases} 0 & , \text{for } k = 0 \\ \sum_{i=0}^{k-1} C_i & , \text{for } 1 \leq k \leq 4096 \end{cases} \quad (5)$$

$$S(P) = S_{2^N}(P) = \sum_{i=0}^{2^N-1} C_i$$

여기서,  $d_k$ 는 Plateau 평활화한 출력값이고,  $S(P)$ 는 빗금친 히스토그램 분포 곡선의 전체합,  $S_k(P)$ 는 빗금친 부분의 누적 히스토그램을 의미하며 식(5)로 나타내어진다. 또한  $k$ 는 영상의 레벨로서 밝기값 ( $0 \leq k < 4096$ )을 나타내며  $D$ 는 분해능으로 256에 해당된다. 그리고  $\lfloor \cdot \rfloor$ 는  $\cdot$  범위를 넘지 않는 최대 정수를 의미한다.

Plateau 평활화 방법의 히스토그램 변환 함수 이득은 아래 식과 같다.

$$G = d'_k - d'_{k-1} = \frac{DS_k(P)}{S(P)} - \frac{DS_{k-1}(P)}{S(P)} \quad (6)$$

$$= \frac{DP}{S(P)}$$

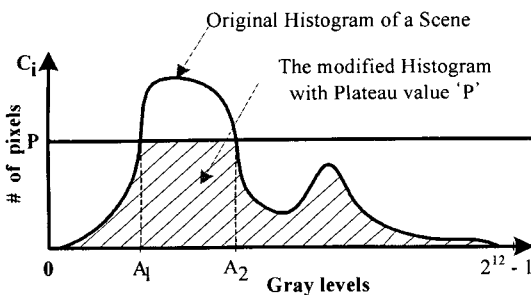


그림 5. Plateau 평활화 방법

P값은 식(7)과 같이 구할 수 있다.

$$P_n = \left[ \frac{S(P_{n-1}) \cdot G_{desired}}{D} \right] \quad n : \text{iteration number} \quad (7)$$

여기서, P값은 입력 영상 히스토그램에서 이득값 G를 계산한 후 반복 수행하여 구한다.

### 3.3 제안한 적응적 Plateau 방법

본 논문에서는 Plateau 평활화 방법을 개선하여 파노라믹 영상에 적합한 적응적 Plateau 방법을 제안한다. 고정된 P값을 사용하지 않고 해당 영상의 밝기 특성에 따라 적응적으로 P값을 변화시키는 방법이다. 이 방법은 각 프레임에서 그림 6과 같이 히스토그램을 중앙 영역과 꼬리 영역으로 구분한 후, 중앙 영역 및 꼬리 영역의 비율이 원하는 비율이 되도록 P값을 반복 수행하여 선정하는 방법이다. 그림 6에서  $I_A$  및  $I_B$ 는 히스토그램의 굴곡 지점으로서 중앙 영역과 꼬리 영역이 나누어지는 점이며,  $n_A$  및  $n_B$ 는 두 개의 굴곡점에 대하여 꼬리 영역에 대한 픽셀들의 총합을 나타낸다.

또한, 꼬리 영역과 중앙 영역의 픽셀 빈도수의 값을 비율식으로 나타내면 아래와 같다.

$$X = \frac{\text{the number of pixels in central region}}{\text{the number of pixels in tails region}}$$

$$= \frac{P \cdot (I_B - I_A)}{n_B + P \cdot (I_A - I_{0.1\%})} \quad (8)$$

여기서  $I_{0.1\%}$ 는 가장 낮은 밝기값 지점에서부터 히스토그램의 누적합이 전체 픽셀의 0.1%에 해당되는 지점이다. 이때 비율식에 의해 P값을 구해보면 아래와 같다.

$$P = \frac{X \cdot n_B}{(I_A - I_B) - X \cdot (I_A - I_{0.1\%})} \quad (9)$$

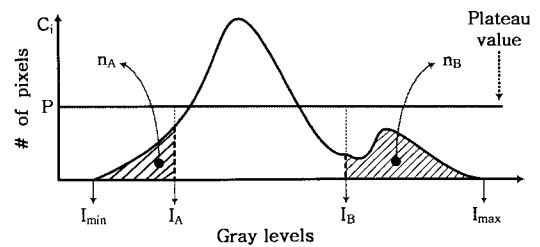


그림 6. 적응적 Plateau 방법

여기서  $X \cdot (I_A - I_{0.1\%}) \ll I_B - I_A$  이라면 P값은 아래와 같이 근사화 시킬 수 있다.

$$P_{approx} = \frac{X \cdot n_B}{(I_B - I_A)} \quad (10)$$

적외선 영상 히스토그램의 분포에 따라 설정되어 지는 값은 달라질 수 있다. 본 논문에서 사용한 적외선 영상 히스토그램의 분포는 대부분 어두운쪽으로 치우쳐 있으며, P의 값은 Plateau 평활화한 P값과 최소 P값 사이에 항상 존재하도록 설정하였다. 따라서, 적응적 Plateau 평활화는 Plateau 평활화한 영상과 비슷하며 히스토그램 평활화방법과 같이 노이즈 증폭에 대하여 완화되는 특성을 지니고 있음을 알 수 있다.

#### 4. 수학적 형태학에 기반한 소형 표적 검출 기법

본 논문에서는 소형 표적 탐지를 위한 적외선 영상 향상 기법의 성능을 나타내기 위하여 오경보율을 사용한다. 이때 오경보율에 사용된 소형 위협체 검출 알고리즘으로 기존의 수학적 형태학(mathematical morphology)을 이용한 표적 검출기법을 사용하였다.

수학적 형태학 기법은 물체의 형상과 구조를 변화시키며 분석하는 처리 방법으로 수학적인 이론과 이를 바탕으로 한 연산 및 위상기하학에 기반하고 있으며 실제 다양한 분야에 응용될 수 있는 뛰어난 확장성을 지니고 있다. 우선 일반적인 영상에서 형태학의 기본 연산인 팽창(dilation), 침식(erosion), 열림(opening), 및 닫힘(closing)은 다음과 같이 정의된다.

$$\begin{aligned} (f \oplus g)(x) &= \text{sub}_y \{f(y) + g(x-y)\} \\ (f \ominus g)(x) &= \text{inf}_y \{f(y) + g(y-x)\} \\ X \cdot B &= (X \ominus B) \oplus B \\ X \cdot B &= (X \oplus B) \ominus B \end{aligned} \quad (11)$$

여기서 열림 연산을 수행하게 되면 밝은 영역 중에서 주어진 구조적 요소보다 작은 영역을 제거하고, 반대로 닫힘 연산을 수행하면 어두운 영역 중에서 구조적 요소보다 작은 영역이 제거된다. 따라서 쌍모드 히스토그램에서 표적을 검출하기 위하여 열림과 닫힘의 특성을 이용한 CMO 방법을 사용하며 아래

와 같이 정의된다.

$$CMO = CR + OR = (f \cdot K)(x) - (f \cdot K)(x) \quad (12)$$

여기서 CR과 OR은 음이 아닌 값을 갖는 닫힘 나머지(closing residual)와 열림 나머지(opening residual)를 나타낸다. CR은 주변보다 어두우면서 구조적 요소보다 작은 영역들을 검출하게 되고, 열림 나머지는 주변보다 밝으면서 구조적 요소보다 작은 영역들을 검출하게 된다.

본 논문에서는 소형 위협체를 검출하는 방법은 먼저 각각의 영상 개선 기법에 의해 표적일 가능성이 높은 영역의 대비도를 향상 시킨 영상에 대하여 CMO를 계산한다. 이렇게 얻은 CMO 영상에 대하여 문턱치 설정과정을 통하여 이진화를 수행한 후 표적을 검출하였다.

#### 5. 실험 결과 및 고찰

본 논문에서 구현한 파노라믹 적외선 영상 경보 장치 및 제안한 파노라믹 적외선 영상 향상 기법의 성능을 비교 평가하기 위하여 적외선 센서에서 획득한 가공되지 않은 센서 신호를 고속 저장 장치를 이용하여 실시간적으로 저장하였다. 그리고 획득된 센서 신호를 컴퓨터 모의 실험을 통하여 기존 알고리즘과 제안된 알고리즘을 비교하였다.

모의 실험에 사용된 영상은 3미터 크기의 소형 모의 항공기가 2Km~3Km에서 다가오는 파노라믹 적외선 영상으로, 한 개의 파노라믹 영상은 3072×960 개 픽셀 크기를 가지며 화소당 11비트의 회색 계조(gray level)를 가진다. 제안 방법의 성능을 평가하기 위하여 배경과 위협체의 대조비에 의한 위협체 식별 확인 과정을 행하였고, 오경보(false alarm) 수치를 사용하여 검증하였다. 여기서 오경보 수치는 표적이 아닌 것을 표적으로 검출한 프레임당 평균 화소수를 나타낸다. 그림 7은 신호처리를 하지 않은 원영상, 히스토그램 균일화 방법을 적용한 영상, plateau 방법을 적용한 영상, 그리고 제안한 적응적 plateau 방법을 적용한 영상과 소형 위협체를 화소당 8비트로 변환한 영상을 나타내었다. 또한, 그림 8은 각 방법에 대해서 소형 위협체와 주위 배경과의 대조비 분포를 3차원적으로 나타낸 것이다.

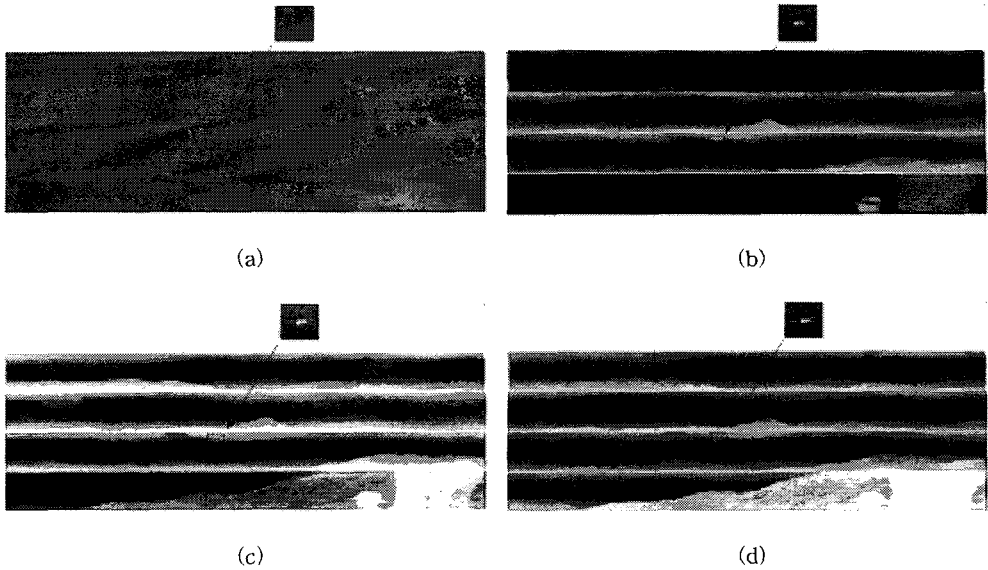


그림 7. 신호처리 영상 (a) 원영상, (b) 히스토그램 스트레칭 기법에 의한 결과 영상, (c) Plateau 평활화 기법에 의한 결과 영상 (d) 제안한 적응적 Plateau에 의한 결과 영상

그림 7과 그림 8에서 보는 바와 같이 원영상의 경우 적외선 신호의 낮은 생동폭에 의해 위협체와 배경과의 대조비가 작아 식별이 용이치 않고, 히스토그램 스트레칭 방법은 배경 영역의 잡음이 나타나는 단점이 있다. 그리고 Plateau 평활화 방법은 배경 부분의

화소값이 소형 위협체와 같이 증가함으로써 배경과의 대조비가 작아 위협체의 식별이 용이치 않은 단점이 있다. 제안한 방법은 plateau 방법과 히스토그램 스트레칭 방법이 소형 위협체의 밝기값이 배경보다 아주 크므로 위협체를 배경에서 보다 잘 식별함을 보여준다.

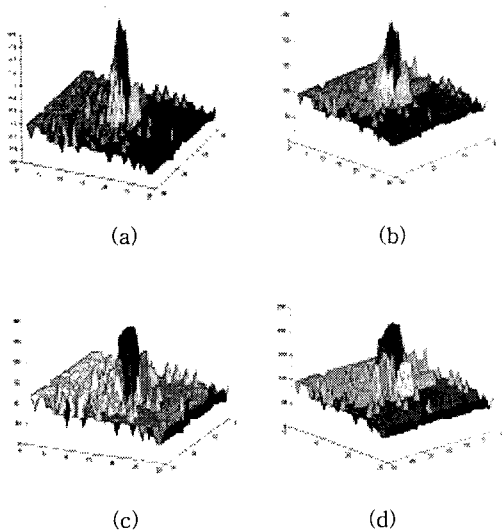


그림 8. 위협체와 배경 대비 분포도 (a) 원영상, (b) 히스토그램 스트레칭 기법에 의한 결과 영상, (c) Plateau 평활화 기법에 의한 결과 영상 (d) 제안한 적응적 Plateau에 의한 결과 영상

그림 9는 각 영상 개선 기법에 대한 CMO 영상이며, 그림 10은 이를 이용하여 표적만을 검출한 영상이다. 그림 11은 원영상을 제외한 각 영상 개선 기법에 대한 오경보 수치를 나타내었다. 제안한 영상 개선 기법의 평균 오경보 수치는 124.8이고, plateau 평활화 기법과 히스토그램 스트레칭 기법의 평균 오경보 수치는 각각 656.4 및 430.8 로서 제안 알고리즘이 오경보 수치가 낮음을 알 수 있다. 여기서 프레임 수는 전체 프레임에서 소형 위협체가 화면에 나타나는 프레임만을 나타내었다. 이 결과에서 보듯이 제안한 영상 개선 기법으로 소형 위협체를 검출하였을 때 표적이 아닌 것을 표적으로 잘못 추출될 확률이 적음을 알 수 있다.

## 6. 결 론

본 논문에서는 소형 위협체의 탐지를 위한 파노라믹 적외선 영상 정보 장치와 영상 향상 기법을 제안하였다. 제안한 시스템은 1차원 배열 센서를 회전시

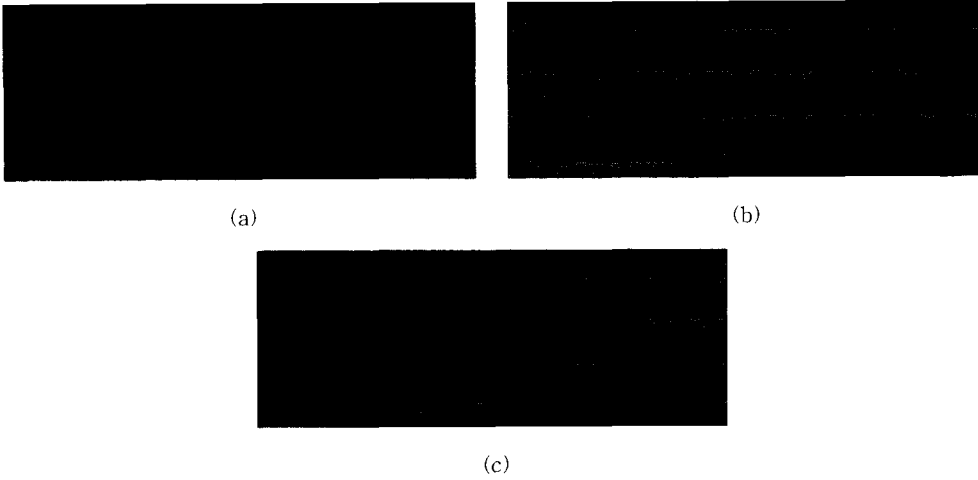


그림 9. 각 영상 개선 기법의 CMO 영상들 (a) 히스토그램 스트레칭 기법에 의한 결과 영상, (b) Plateau 평활화 기법에 의한 결과 영상 (c) 제안한 적응적 Plateau에 의한 결과 영상

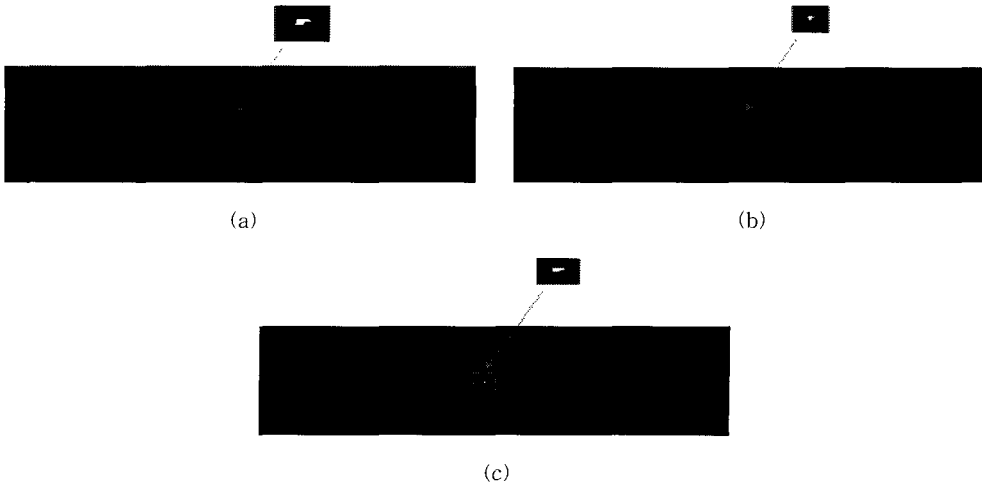


그림 10. 각 영상 개선 기법을 사용하여 CMO 영상들에서 소형 위협체를 추출한 영상. (a) 히스토그램 스트레칭 기법에 의한 결과 영상, (b) Plateau 평활화 기법에 의한 결과 영상 (c) 제안한 적응적 Plateau에 의한 결과 영상

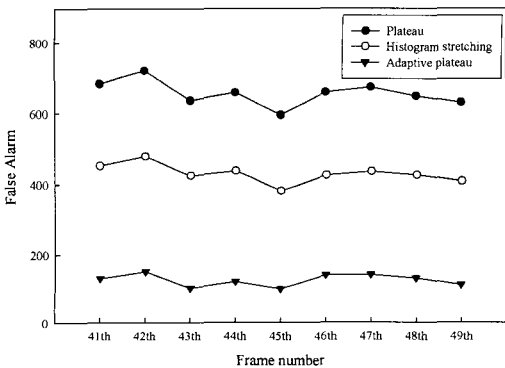


그림 11. 각 영상들에 대한 오경보 수치

켜 360도의 넓은 시계 영역을 가지는 영상을 획득할 수 있다. 또한 이들로부터 얻어지는 360도의 파노라믹 영상을 90도의 부영역으로 나누어, 각 부영역의 통계적 특성을 고려하여 영상의 시각적인 화질을 개선하였다. 먼저 각 부영역의 통계적 특성에 따라 적응적 평탄역값(adaptive plateau value)을 구한다. 그리고 적응적 평탄역값으로 히스토그램을 변화시켜 배경으로부터 소형 위협체를 식별할 수 있도록 시각적으로 영상을 개선함으로써 오경보율(false alarm rate)을 감소시킨다. 개발한 경보시스템을 이용하여 제안한 영상 향상 기법을 기존의 기법과 비교하여



실험한 결과, 기존의 기법보다 오경보율이 낮음을 확인하여 객관적인 성능 향상을 확인하였고, 시각적으로 위협체의 식별이 용이함을 확인하였다.

참 고 문 헌

[1] R. B. Sanderson, "Infrared Missile Warning Sensors." *Processing of the IEEE NECON*, vol 2, pp. 777-781, 1996.

[2] W. L. Wolfe, *Introduction to infrared system design*, SPIE Optical Engineering Press, 1996.

[3] P. A. Jacobs, *Thermal infrared characterization of ground targets and backgrounds*, SPIE Optical Engineering Press, 1996.

[4] H. Kaplan, *Practical applications of infrared thermal sensing and imaging equipment*, SPIE Optical Engineering Press, 1996.

[5] J. M. Loydyoyd, *Thermal imaging systems*, Plenum Press, 1979.

[6] L. A. Klein, *Millimeter-wave and infrared multisensor design and signal processing*, Artech House, 1997.

[7] J. S. Accetta and D. L. Shumaker, *The infrared multisensor design and electro-optical systems handbook*, SPIE Optical Engineering Press, 1993.

[8] K. Seyrafi and S. A. Hovanessian, *Introduction to electro-optical imaging and tracking systems*, Artech House, 1993.

[9] A. Kohnle, R. Neuwirth, W. Schubert, K. Stein, and D. H. Hohn, "Evaluation of essential design criteria forIRST systems," *Proc. SPIE* vol. 2020 Infrared Technology XIX, pp. 76-92, 1993.

[10] A. D. Jong, "IRST and its perspective," *Proc. SPIE* vol. 2552, pp. 206-213, 1995.

[11] D. H. Pollock, "Countermeasure Systems," *The Infrared & Electro-Optical System Handbook*, pp. 1-156, 1993.

[12] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, *Digital Image Processing, 2nd Edition*, Prentice Hall, 2002.

[13] S. M. Pizer and E. P. Amburn, "Adaptive Histogram Equalization and its Variations," *Computer Vision, Graphics, and Image Processing*, vol. 39, pp. 355-368, 1987.



김 기 흥

1989년 2월 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사)  
 1993년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)  
 1997년 3월~현재 경북대학교 전자공학과 박사과정

1993년 3월~현재 국방과학연구소 연구원  
 관심 분야: 영상처리, 열영상 처리



김 주 영

2000년 8월 부산외국어대학교 전자공학과 졸업(공학사)  
 2002년 8월 경북대학교 전자공학과 졸업(공학석사)  
 2003년 3월~현재 경북대학교 전자공학과 박사과정

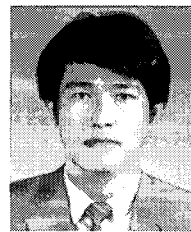
관심분야: 영상처리, 영상통신, 열영상 처리



정 태 연

1993년 2월 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사)  
 1997년 2월 경북대학교 전자공학과 졸업(공학석사)  
 1999년 3월~현재 경북대학교 전자공학과 박사과정

관심분야: 영상처리, 영상통신



전 병 균

1985년 2월 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사)  
 1987년 2월 경북대학교 전자공학과 졸업(공학석사)  
 2000년 2월 경북대학교 전자공학과 졸업(공학박사)  
 1987년 3월~현재 국방과학연구소 책임연구원

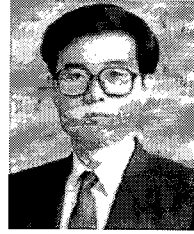
관심분야: adaptive control, neural network control, 지능시스템



이 의 혁

1996년 2월 포항공과대학교 전자전기공학과 졸업(공학사)  
1998년 2월 포항공과대학교 전자전기공학과 졸업(공학석사)  
1998년 3월~현재 국방과학연구소 연구원

관심분야: 적외선 영상시스템, 신호처리



김 덕 규

1973년 2월 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사)  
1977년 8월 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)  
1989년 3월 일본 동경대학교 전기공학과 졸업(공학박사)  
1980년 3월~현재 경북대학교

전자전기컴퓨터공학부 교수

관심 분야: 영상 및 음향 시스템, PFC 등