

## 論文

DOI: <http://dx.doi.org/10.5139/JKSAS.2012.40.1.43>

## 관성센서를 이용한 스트랩다운 탐색기 훼손영상 복원기법

김기승\*, 나성웅\*\*

Inertial Sensor Aided Motion Deblurring  
for Strapdown Image Seekers

Ki-Seung Kim\* and Sung-Woong Ra\*\*

## ABSTRACT

This paper proposes a practical linear recursive robust motion deblurring filter using the inertial sensor measurements for strapdown image seekers. The angular rate information obtained from the gyro mounted on the missile is used to define the PSF(point spread function). Since the gyro output contains a unknown but bounded bias error, the motion blur image model can be expressed as the linear uncertain system. In consequence, the motion deblurring problem can be cast into the robust Kalman filtering which provides reliable state estimates even in the presence of the parametric uncertainty due to the gyro bias. Through the computer simulations using the actual IR scenes, it is verified that the proposed algorithm guarantees the robust motion deblurring performance.

## 초 록

본 논문에서는 스트랩다운 영상탐색기 개발을 위해 가속도계 정보를 이용한 실용적인 움직임 훼손영상 복원 필터링 기법을 제안한다. 가속도계 편향오차가 움직임 훼손을 기술하기 위한 정확산 함수 파라미터의 불확실성으로 작용한다는 점에 착안하여, 이를 넘 제한 조건을 만족하는 파라미터 불확실성으로 가정한 후 움직임 훼손 영상을 불확정 선형 상태 공간 방정식으로 모델링한다. 가속도계 편향오차에 의한 파라미터 불확실성 행렬이 넘 제한 조건을 만족한다는 가정 하에, 순환 선형 강인 칼만필터에 기반한 움직임 훼손영상 복원필터가 설계된다. 실제 IR 영상을 이용하여 제안된 영상훼손 복원 필터가 가속도계 편향 오차가 존재하는 상황에서도 신뢰할만한 영상복원 성능을 제공할함을 확인한다.

**Key Words** : Strapdown Image Seeker(영상탐색기), Motion Deblur(운동흐림), Robust Kalman Filter(강인칼만필터)

## 1. 서 론

비례 항법 유도법칙은 정밀 타격 유도탄의 호밍 유도 단계에서 가장 일반적으로 채택되는 유도방식이다. 비례 항법 호밍유도루프를 구성하기

위해서는 유도탄과 표적 간의 상대속도 및 시선 변화율 정보가 탐색기(seeker)로부터 제공되어야 한다. 탐색기 시스템은 표적 정보의 획득을 위해 사용되는 센서의 종류에 따라 적외선, 초고주파, 영상 탐색기 등으로 구분될 수 있다. 최근에는 표적 식별 및 추적 정확도를 향상시키기 위해 탐색기에 영상센서가 적극적으로 활용되고 있다. 유도탄 운동에 의한 표적영상 훼손이 빈번하게 발생할 수 있으므로, 영상탐색기의 표적추적 성능을 향상시키기 위해서는 영상센서를 유도탄 운

† 2011년 8월 16일 접수 ~ 2011년 12월 20일 심사완료

\* 정희원, 국방과학연구소

교신저자, kjang71@naver.com

대전광역시 유성구 유성우체국 35

\*\* 정희원, 충남대학교 전자전파정보통신공학과

동과 분리시키기 위한 공간안정화 기술이 뒷받침되어야 한다. 이 기술이 적용된 김발형 플랫폼의 채택은 표적 추적정보의 정밀도를 향상시킬 수 있는 방안이 될 수 있으나, 그 구조적 복잡성으로 인해 소형화 및 저가화가 어렵다는 단점이 있다. 김발형 탐색기의 단점을 극복하기 위해, 최근에는 영상처리 기술을 활용한 소형 스트랩다운 영상탐색기에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 스트랩다운 영상탐색기의 대표적 개발 사례로 DAMASK (Direct Attack Munition Affordable Seeker)를 들 수 있다[1].

김발형 탐색기에 비해 스트랩다운 탐색기에서 비행체 기동에 의한 표적영상 훼손이 상대적으로 심각하게 나타나므로, 움직임 훼손영상 복원은 고성능 스트랩다운 영상탐색기 개발을 위해 요구되는 핵심기술이다. 움직임 훼손영상 복원 문제는 크게 움직임 훼손을 수학적으로 기술하기 위해 도입되는 점 확산 함수(PSF: Point Spread)를 알고 있는 경우와 그렇지 않은 경우로 분류된다. 점 확산 함수를 이용하여 정의된 임펄스 응답(Impulse Response)과 원 영상의 합성곱(Convolution) 형태로 훼손영상을 모델링할 수 있으므로, 점 확산 함수의 정확도는 움직임 훼손영상 복원성능을 결정짓는다 해도 과언이 아니다. 만일, 점 확산 함수를 정확히 알고 있다면 훼손영상 복원 문제는 전형적인 파라미터 추정문제로 재해석될 수 있다. 이러한 경우에 대한 영상 훼손 복원 알고리즘으로 역 필터링, Wiener 필터링 및 Kalman 필터링 기법이 고안된 바 있다[2-4]. 점 확산 함수에 관한 사전정보가 주어지지 않은 경우에 대해서는 BD(Blind Deconvolution) 기법에 기반한 훼손영상 복원이 시도되었다[5]. 하지만, 지금까지의 연구결과에 따르면 영상훼손을 야기하는 센서 플랫폼의 운동이 시변특성을 갖는 경우에는 BD 기법에 의한 영상복원에 한계가 있음이 지적되어 왔다[5].

유도탄에는 비행제어를 위해 가속도계, 각속도계와 같은 정밀 관성센서가 장착되어 있다. 따라서, 각속도계 출력정보를 활용하면 영상훼손을 기술하기 위한 점 확산 함수를 개략적으로 산출할 수 있다. 이러한 사실에 착안하여, 본 논문에서는 각속도계 출력정보를 이용한 훼손영상 복원 기법을 제안한다. 이를 위해 먼저, 관성센서 정보로부터 점 확산 함수를 산출하고, 움직임에 의한 영상훼손 모델을 상태공간 방정식으로 표현한다. 각속도계 출력에는 비행 중 환경변화에 의해 변화하는 편향오차가 포함되어 있을 수 있으므로, 이를 놈 제한 조건(norm-bounded constraint)을

만족하는 파라미터 불확실성으로 간주하여 영상 훼손 모델에 반영한다. 결과적으로, 영상탐색기 영상훼손 복원 문제는 파라미터 불확실성이 존재하는 상황에서도 견실한 추정성능을 보장하는 강인 상태추정기 설계 문제로 귀결된다. 파라미터 불확실성이 야기하는 복원성능 저하문제를 해결하기 위해, 강인 칼만필터링 이론을 적용하여 시변 움직임 훼손영상 복원필터를 설계한다 [7,8]. 제안된 움직임 영상훼손 필터는 선형 순환필터 구조를 가지므로, 영상탐색기의 실시간 구현에 적합하다는 장점이 있다. 강인 칼만 움직임 영상 훼손 복원 필터의 견실성을 확인하기 위해 실제 적외선 영상을 이용한 모의실험을 수행한다. 제안된 영상훼손 복원 필터가 각속도계 편향오차가 존재하는 상황에서도 만족할만한 영상복원 성능을 보임을 확인한다.

## II. 각속도계 정보를 이용한 강인 움직임 훼손영상 복원기법

### 2.1 불확정 선형 훼손영상 모델

적외선 영상탐색기를 탑재한 유도탄이 기동하는 경우를 고려하자. 이 경우, 영상 평면상에서 임의의 각도방향으로 영상 훼손이 일어날 수 있으나, 참고문헌 [9]에서와 같이 사전 변환과정을 거쳐 횡방향으로의 움직임 훼손영상을 획득할 수 있다. 이 경우, 점 확산 함수(PSF: Point Spread Function)는 다음과 같이 간략히 모델링된다.

$$h(i) = \frac{1}{L} \sum_{m=0}^L \delta(i-m) \quad (1)$$

여기서  $\delta(\cdot)$ 는 Dirac Delta 임펄스 함수를 의미한다. 유도탄의 기동에 의한 영상 움직임 변위  $L$ 은 일반적으로 유도탄 각속도와 영상 촬상 시간의 곱에 비례한다.

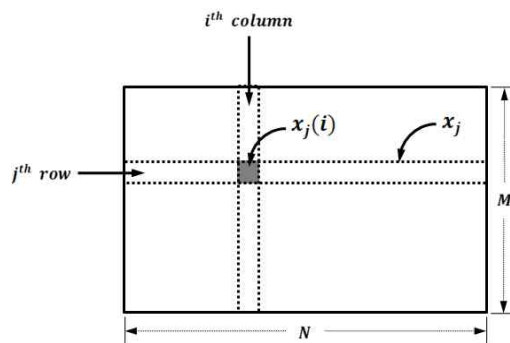


그림 1. 움직임 훼손영상 모델링을 위한 기호정의

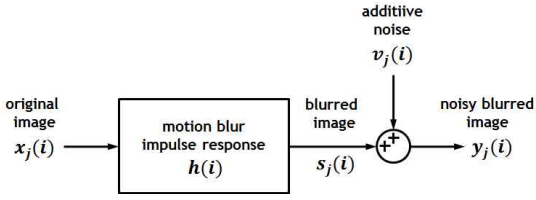


그림 2. 영상 탐색기 움직임 훼손영상 모델

점 확산 함수 (1)을 움직임 훼손 임펄스 응답 (Impulse Response)으로 간주하고 푸리에 변환을 취하면, 유도탄의 횡방향 기동에 의해 유발되는 적외선 탐색기 영상훼손 효과는 원 영상을 저역 통과필터링 한 것과 유사한 물리적 특성을 갖는 것으로 해석할 수 있다. 횡방향 기동에 의한 움직임 훼손 영상을 모델링하기 위해, 그림 1의 정의를 도입하자.  $\mathbf{x}_j$ 는 원영상의  $j$ 번째 행에 해당하는 화소정보를 포함한 열벡터를 의미한다. 즉,

$$\mathbf{x}_j \equiv [x_j(0) x_j(1) \dots x_j(N)]^T. \quad (2)$$

만일 점 확산 함수 (1)을 그림 2와 같이 움직임 훼손 임펄스 응답 (Impulse Response)으로 간주하면, 합성곱정리(Convolution Theorem)에 의해 움직임 훼손 영상은 원 영상과 점 확산 함수 (1)의 합성곱합으로써 획득 가능하다.

$$s_j(i) = h(i) * x_j(i), \quad j = 0, 1, \dots, M. \quad (3)$$

식 (3)을 식 (1)에 대입하여 정리하면,

$$s_j(i) = \sum_{m=0}^N x_j(m)h(i-m) = \sum_{m=0}^L \frac{1}{L} x_j(i-m). \quad (4)$$

편의상 식 (4)를 행렬식으로 표현하면 식 (5)를 얻을 수 있다.

$$\mathbf{s}_j = H\mathbf{x}_j \quad (5)$$

여기서  $\mathbf{s}_j \equiv [s_j(0) s_j(1) \dots s_j(N)]^T$ 이다. 또한 측정행렬  $H \in \mathbb{R}^{N \times N}$ 는 순환 합성곱(Circular Convolution)을 취하는 경우 다음과 같이 정의된다.

$$H \equiv \begin{bmatrix} h_0 & h_{N-1} \dots h_2 & h_1 \\ h_1 & h_0 & \dots h_3 & h_2 \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ h_{N-1} & h_{N-2} \dots h_1 & h_0 \end{bmatrix},$$

$$h_m \equiv \begin{cases} \frac{1}{L}, & m \leq L \\ 0, & elsewhere \end{cases}, \quad \forall m$$

유도탄에 장착된 적외선 영상 탐색기로부터 획득된 표적 영상에는 활상소자 열잡음(Thermal Noise)  $\mathbf{v}_j$ 가 포함되어 있으므로, 영상 측정치  $\mathbf{y}_j$ 는 다음과 같이 표현된다.

$$\mathbf{y}_j = \mathbf{s}_j + \mathbf{v}_j = H\mathbf{x}_j + \mathbf{v}_j. \quad (6)$$

여기서 열잡음  $\mathbf{v}_j$ 는 분산이  $R$ 인 영평균 백색잡음으로 가정한다.

표 1. Krein 공간 강인 칼만필터 [7, 8]

State-space equation	$\begin{cases} x_{k+1} = F_k x_k + G_k w_k \\ y_k = [\bar{H}_k + E_k \cdot \Delta_k \cdot K_k] x_k + v_k = \bar{H}_k x_k + \tilde{v}_k \\ s_k = K_k x_k \end{cases}$
Known information	$E\{u_k\} = 0, \quad E\{v_k\} = 0, \quad var\{u_k\} = Q_k, \quad var\{v_k\} = R_k$ $\ \Delta_k\  \leq 1$
Sum Quadratic Constraint(SQC)	$(x_0 - \hat{x}_{0 0})^T P_{0 0}^{-1} (x_0 - \hat{x}_{0 0}) + \sum_{j=0}^{k-1} w_j^T Q_j^{-1} w_j + \sum_{j=0}^k \tilde{v}_j^T \tilde{R}_j^{-1} \tilde{v}_j$
Weighting Matrix <sup>(*)</sup>	$\tilde{R}_k^{-1} \equiv R_k^{-1} - \begin{bmatrix} I \\ E_k^T \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & R_k^{-1} E_k \\ E_k^T R_k^{-1} E_k & R_k^{-1} E_k - I \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} I & E_k \end{bmatrix}$
Filter equation	<p>(Measurement update)</p> $P_{k k}^{-1} = P_{k k-1}^{-1} + \bar{H}_k^T \tilde{R}_k^{-1} \bar{H}_k - K_k^T K_k$ $\hat{x}_{k k} = (I + P_{k k} K_k^T K_k) \hat{x}_{k k-1} + P_{k k} \bar{H}_k^T \tilde{R}_k^{-1} (y_k - \bar{H}_k \hat{x}_{k k-1})$ <p>(Time update)</p> $P_{k+1 k} = F_k P_{k k} F_k^T + G_k Q_k G_k^T$ $\hat{x}_{k+1 k} = F_k \hat{x}_{k k}$

(주1) \*는 Moore-Penrose Inverse를 의미함

각속도계 출력에는 측정잡음과 편향오차가 포함되어 있는 것이 일반적이다. 유도탄에 장착되어 있는 정밀 각속도계 출력잡음은 간단한 형태의 저역통과필터를 적용함으로써 손쉽게 제거할 수 있으나, 각속도계 출력에 포함된 편향오차의 경우 주변온도 등 비행 중 환경변화에 의해 결정되므로, 사전에 이를 제거하는 것이 쉽지 않다. 따라서, 각속도계 출력을 이용하여 계산된 점 확산 함수 파라미터  $\bar{L}$ 은 실제 점 확산 함수 파라미터  $L$ 과 다음 관계를 갖는 것으로 간주할 수 있다.

$$L \approx \bar{L} + \Delta L \quad (7)$$

여기서  $\Delta L$ 은 각속도계 편향오차에 의한 점 확산 파라미터 오차를 나타낸다. 각속도계 편향오차는 그 크기가 일정한 수준을 넘지 않는 것이 일반적이므로, 편향오차에 의한 점 확산 파라미터 오차  $\Delta L$ 이 높게 제한 조건 (8)을 만족하는 것으로 가정해도 무방하다.

$$\|\Delta L\| \leq \epsilon \quad (8)$$

$\Delta L$ 의 고차항을 무시하면, 테일러 급수전개에 의해 식 (9)를 얻을 수 있다.

$$\frac{1}{L} \approx \frac{1}{\bar{L}} + \frac{1}{\bar{L}^2} \Delta L \quad (9)$$

측정행렬  $H$ 에 관한 정의 (5)에 식 (9)를 대입하면, 움직임 훼손 영상의 측정행렬을 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$H = \bar{H} + \Delta H \quad (10)$$

위의 식에서 각속도계 출력을 이용하여 정의된 측정행렬의 공분산  $\bar{H}$ 와 각속도계 편향오차에 의한 불확실성 행렬  $\Delta H$ 는 각각 다음과 같이 정의된다.

$$\bar{H} \equiv \begin{bmatrix} \bar{h}_0 & \bar{h}_{N-1} & \cdots & \bar{h}_2 & \bar{h}_1 \\ \bar{h}_1 & \bar{h}_0 & \cdots & \bar{h}_3 & \bar{h}_2 \\ \vdots & & \ddots & & \vdots \\ \bar{h}_{N-1} & \bar{h}_{N-2} & \cdots & \bar{h}_1 & \bar{h}_0 \end{bmatrix}, \quad (11)$$

$$\bar{h}_m \equiv \begin{cases} \frac{1}{\bar{L}}, & m \leq L \\ 0, & elsewhere \end{cases}, \quad \forall m,$$

$$\Delta H \equiv \begin{bmatrix} \Delta h_0 & \Delta h_{N-1} & \cdots & \Delta h_2 & \Delta h_1 \\ \Delta h_1 & \Delta h_0 & \cdots & \Delta h_3 & \Delta h_2 \\ \vdots & & \ddots & & \vdots \\ \Delta h_{N-1} & \Delta h_{N-2} & \cdots & \Delta h_1 & \Delta h_0 \end{bmatrix},$$

$$\Delta h_m \approx \begin{cases} \frac{\Delta L}{L^2}, & m \leq L \\ 0, & elsewhere \end{cases}, \quad \forall m$$

이제, 식 (10)을 식 (6)에 대입하여 정리하면 움직임 훼손영상을 선형 불확정 상태공간 방정식 형태로 모델링할 수 있다.

$$\Sigma_{\Delta} : \begin{cases} X_{k+1} = X_k \\ Y_k = [\bar{H}_k + \Delta H_k] X_k + V_k \end{cases} \quad (12)$$

여기서 측정잡음  $V_k$ 는 공분산이  $R_k$ 인 영평균 백색잡음이며,  $\Delta H$ 는 파라미터 불확실성  $\|\Delta\| \leq 1$  및 행렬  $E, K$ 를 이용하여 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$\Delta H = E \cdot \Delta \cdot K$$

$$E \cdot K = \begin{bmatrix} \Delta \eta_0 & \Delta \eta_{N-1} & \cdots & \Delta \eta_2 & \Delta \eta_1 \\ \Delta \eta_1 & \Delta \eta_0 & \cdots & \Delta \eta_3 & \Delta \eta_2 \\ \vdots & & \ddots & & \vdots \\ \Delta \eta_{N-1} & \Delta \eta_{N-2} & \cdots & \Delta \eta_1 & \Delta \eta_0 \end{bmatrix},$$

$$\Delta \eta_m \approx \begin{cases} \frac{\epsilon}{L^2}, & m \leq \bar{L} + \epsilon \\ 0, & elsewhere \end{cases}, \quad \forall m$$

## 2.2 강인 칼만 훼손영상 복원필터

위의 모델링 결과로부터 각속도계 출력정보를 이용한 움직임 훼손영상 복원 필터 설계 문제는 높게 제한 조건을 만족하는 파라미터 불확실성  $\Delta H_k$ 를 포함한 선형 불확정 시스템 (12)에 대한 강인 상태추정 문제로 귀결됨을 알 수 있다. 각속도계 편향오차를 고려한 강인 움직임 훼손영상 복원 필터는 그림 3과 같이 표 1에 요약된 강인 칼만필터를 식 (12)의 불확정 선형 훼손영상 모델에 적용함으로써 손쉽게 설계된다. 강인 칼만 필터의 불확정 선형 상태공간 모델과 식 (12)의 움직임 영상훼손 모델을 비교하면, 다음 대응관계를 도출할 수 있다.

$$F_k \mapsto I, \quad G_k \mapsto 0 \quad (13)$$

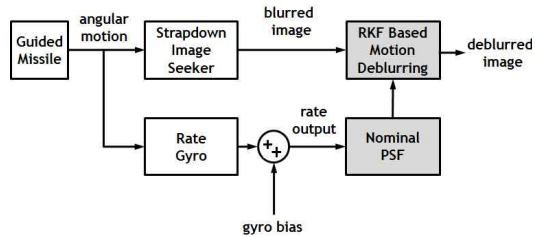


그림 3. 움직임 훼손 복원 알고리즘

이제, 대응관계 (13)를 표 1의 강인 칼만필터 순환식에 대입하면, 움직임 훼손영상 복원 필터식을 손쉽게 유도할 수 있다.

$$\hat{X}_k = (I + P_k K_k^T K_k) \hat{X}_{k-1} + K_{f,k} (Y_k - \bar{H}_k \hat{X}_{k-1}) \quad (14)$$

$$P_k^{-1} = P_{k-1}^{-1} + \bar{H}_k^T \tilde{R}_k^{-1} \bar{H}_k - K_k^T K_k \quad (15)$$

위의 식에서 강인 움직임 훼손영상 복원필터이득은 다음과 같이 정의된다.

$$K_{f,k} = P_k \bar{H}_k^T \tilde{R}_k^{-1} \quad (16)$$

### 2.3 Ringing 효과 상쇄방안

움직임 훼손 영상모델 (6)을 이용하여 실제 영상에 대한 복원을 시도하는 경우, Ringing 효과가 흔히 관찰된다. 이는 움직임 훼손 영상이 점확산 함수와의 순환 합성곱에 의해 모델링 될 수 있다고 가정하였기 때문이다. 즉, 행 방향 움직임 훼손영상이 주기함수의 특성을 갖고 있어야 한다. 하지만 실제 영상은 경계선 부근에서 주기성을 잃게 되므로, Ringing 효과라 불리는 영상 복원 오차가 필연적으로 발생하게 된다 [9]. Ringing 효과를 상쇄하는 방안에는 여러 가지 방법이 있을 수 있지만, 움직임 훼손영상복원 알고리즘의 복잡성을 피하기 위해, 본 논문에서는 Mirror 영상을 활용하는 방안을 채택한다.

$j$ 번째 행에서의 Mirror 훼손영상을  $s_j^m$ 이라 하면, Mirror 영상은 원 훼손영상  $s_j$ 와 다음 관계를 갖는다.

$$s_j^m(i) = s_j(N-i), \quad i = 0, 1, \dots, N \quad (17)$$

Mirror 훼손영상을 이용하여 확장된 훼손영상을 다음과 같이 정의하면,

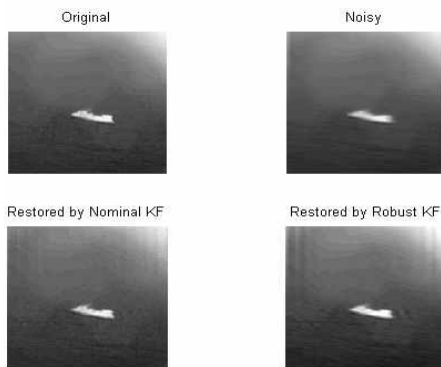


그림 4.  $\Delta=0$ 인 경우에 대한 움직임훼손 복원 성능

$$s_j^a = [s_j \quad s_j^m], \quad j=0, 1, \dots, M \quad (18)$$

확장된 훼손영상  $s_j^a$ 은 항상 행 방향으로 주기함수 특성을 가지므로, 이를 2.2절의 움직임 훼손복원필터에 대입하면 Ringing 오차를 효과적으로 제거할 수 있다.

### III. 모의실험 결과

제안된 움직임 훼손복원 기법의 유용성을 검증하기 위해, 정지 표적에 대한 실제 적외선 영상을 이용하여 모의실험을 수행하였다. 각속도계 편향오차에 의한 점확산 함수 파라미터 측정오차  $\Delta L$ 는 최대 4픽셀, 촬상소자 잡음 표준편차는 12.8 그레이 레벨, 초기오차 공분산은  $P_0 = 30 \cdot I$ 로 설정하였다. 모의실험 1회당 30장의 영상시퀀스가 사용되었으며, 성능분석을 위해 50회 몬테칼로 시뮬레이션을 수행하였다.

각속도계 편향오차의 영향을 무시한 공칭 칼만 필터와 본 논문에서 새롭게 제안한 강인 칼만 필터의 영상복원 필터의 성능이 비교 분석되었다. 모의실험 결과는 그림 4~6에 도시한 바와 같다. 그림 4은 각속도계 편향오차가 존재하지 않는 경우( $\Delta=0$ ), 그림 5 및 그림 6은 각각 각속도계 편향오차가 존재하는 경우( $\Delta=-1, \Delta=1$ )에 대한 움직임 훼손 영상복원 성능을 나타낸다.

표 2. 복원영상 평균자승오차

각속도계 편향오차	공칭칼만 복원필터	강인칼만 복원필터
편향오차없음 $\Delta = 0$	55.12	71.89
최소편향오차 $\Delta = -1$	226.52	67.79
최대편향오차 $\Delta = +1$	373.92	83.16

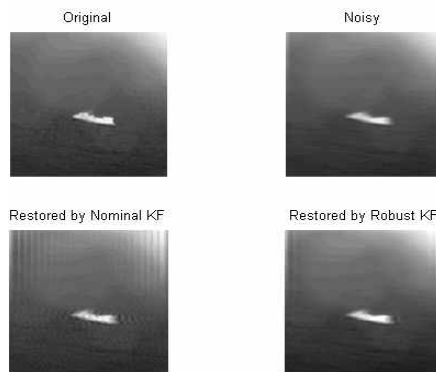


그림 5.  $\Delta=-1$ 인 경우에 대한 움직임훼손 복원 성능

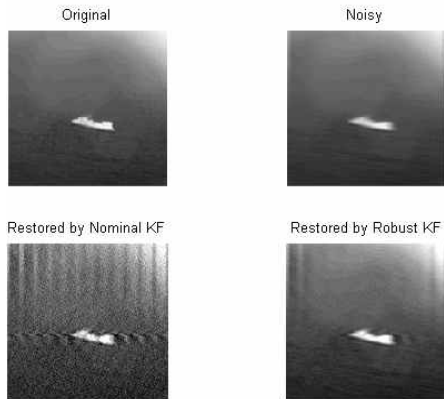


그림 6.  $\Delta=1$ 인 경우에 대한 움직임 훼손 복원 성능

실험결과로부터 각속도계 편향오차가 존재하는 경우 공칭 칼만필터의 복원성능이 급격히 저하되는 반면 제안한 기법은 각속도계 편향오차가 존재하는 상황에서도 만족할 만한 복원 성능을 제공한다. 표 2는 복원영상의 MSE를 비교한 것이다. 편향오차가 존재하는 상황에서도 제안된 기법이 안정적인 복원성능을 유지함을 확인할 수 있다.

#### IV. 결 론

본 논문에서는 유도탄에 장착된 각속도계 출력을 이용하여 적외선 영상탐색기의 훼손영상을 복원하는 방법이 제안되었다. 각속도계 출력에 존재하는 편향오차가 점 확산 함수를 기술하는데 사용되는 움직임 변위 파라미터의 불확실성으로 작용한다는 점에 착안하여, 움직임 훼손영상을 놔 제한 조건을 만족하는 파라미터 불확실성 행렬이 포함된 불확정 선형 상태공간 방정식으로 모델링하였다. 각속도계 편향오차에 의한 영상복원 성능 저하 문제를 해결하기 위해, 강인 칼만 필터링 이론에 기반한 영상복원 알고리즘이 고안되었다. 실제 적외선 영상을 이용한 모의실험을 통해 제안된 기법이 각속도계 편향오차가 존재하는 상황에서도 만족할 만한 움직임 훼손영상 복원 성능을 보임을 확인하였다. 제안된 강인 움직임 훼손 영상복원 필터는 순환 선형 필터구조를

가지므로 실시간 영상탐색기 구현에 매우 적합하다는 장점을 갖는다. 제안된 기법은 견실한 복원성능으로 인해 움직임에 의한 영상훼손이 표적 탐지, 추적성능에 결정적 영향을 미치는 스트랩다운 영상탐색기 개발을 위한 새로운 대안이 될 것으로 사료된다.

#### 참고문헌

- 1) Janes's Electro-Optic Systems, "Raytheon DAMASK Seeker," Oct, 2010.
- 2) A. O. Aboutlib and L. M. Silverman, "Restoration of Motion Degraded Images," IEEE Trans. Circuits and Systems, pp. 278-286, 1975.
- 3) 백준기, 나운, "Wiener Filter를 이용한 영상 복원에 관한 연구," 한국통신학회, 제6회 영상처리 및 이해에 관한 워크샵, 제6권, pp. 21-24, 1997.
- 4) W. Zhen-Guo and G. Ze-Xun, "Investigation on Deblurring of Remote Sensing Images Using Bayesian Principle," ICIG 2007, Fourth International Conference, pp. 160-163.
- 5) P. Campisi and K. Egiazarian, Blind Image Deconvolution: Theory and Appl., CRC, 2007.
- 6) D. Kundur and D. Hatzinakos, "Blind Image Deconvolution," IEEE Signal Processing magazine, vol. 13, no.3, pp. 43-64. May 1996.
- 7) W.S. Ra, S.H. Jin, and J.B. Park, "Set-Valued Estimation Approach to Recursive Robust  $H_{\infty}$  Filtering," IEE Control Theory and Applications, pp. 773-782. 2004.
- 8) W.S. Ra, I.H. Whang and J.Y. Ahn, "Robust Horizontal Line-Of-Sight Rate Estimator for Sea Skimming Anti-Ship Missile with Two-Axis Gimballed Seeker," IEE Radar Sonar, Navig., pp. 9-15, 2005.
- 9) L. Blanc-Feraud, M. Barlaud and P. Mathieu, "Rining Reduction in Images Restoration using Mirror Images and Adaptive Kalman Filtering", Int. Conf. Acoustics, Speech, and Signal Processing, pp. 1012-1015, 1988.