

실시간 해색정보 검출을 위한 다중필터 설계의 성능평가 제안

Perpormance Measure of Multi-summing Filters designed to Detect the Ocean Information in a Real-time

명환춘, 윤형식

Hwan-Chun Myung, Heong-Sik Youn

한국항공우주연구원, 해양기상탐재체그룹

초록

본 연구에서는 다양한 크기의 해색정보를 검출하기 위해서 서로 다른 대역폭을 갖는 필터들을 동시에 사용함으로써, 기존의 통신분야에서 주로 사용되어온 검출이론을 이용하여 해색정보의 확실적인 분석을 통한 필터의 개수와 필터의 대역폭에 관한 분석적인 결정 방법을 제시한다.

1. 서론

본 연구에서 사용하고자 하는 방법은 다양한 크기의 해색정보를 검출하기 위해서 서로 다른 대역폭을 갖는 필터들을 동시에 사용하고자 하는 것이다. 이러한 방법을 사용할 경우 카메라의 고정된 위치와 초점 거리를 가지고서도 다양한 크기의 해색정보를 검출할 수 있게 된다. 그러나, 이러한 방법을 실제로 적용하는데 있어서 발생하는 문제점들로는 사용하고자 하는 필터의 개수와 각 필터의 대역폭을 어떠한 값들로 결정해주어야 하는 것이다. 이러한 문제에 대한 해결책을 제시하고자, 본 연구에서는 기존의 통신에서 주로 사용되어온 검출이론을 이용하고자 한다. 이러한 검출이론에 의한 해색정보의 확실적인 분석은 이전에 언급된 필터의 개수와 필터의 크기에 관한 분석적인 결정 방법을 제시할 수 있다.

2. D 함수

본 연구에서는 다음과 같이 간단한 형태의 해색정보와 filter 를 가정한다.

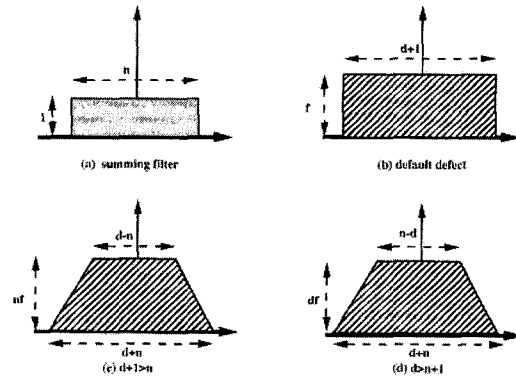
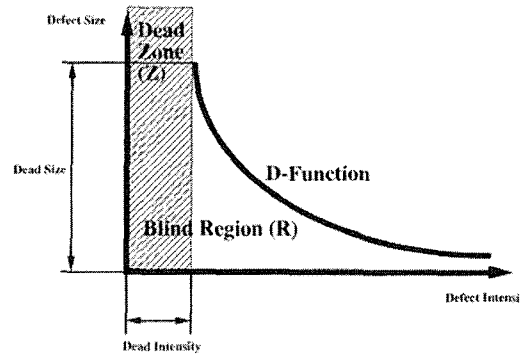


그림 1. 필터와 해색정보(defect)의 관계

여기서 n 은 필터의 대역폭을 결정하는 필터크기를 의미하며, $d+1$ 은 해색정보의 크기를 나타낸다. 다음으로 가우시안의 노이즈 형태를 가정하여 식(1)과 (2)와 같이 1 차원 형태의 배경과 해색정보의 pdf

(Probability Density Function)를 각각 구한다. 식(1)과 (2)에서 나타난 바와 같이 해석정보의 확률적인 특성은 사용하는 필터의 크기와 해석정보의 광도, 노이즈의 분산 등에 따라서 다양하게 나타날 수 있음을 알 수 있다. 다음으로 검출이론의 니만-피어슨 방법을 이용하여 오류확률 ($Q_0 = P(1|0)$)와 검출확률 ($Q_d = P(1|1)$)을 식(3), (4)와 같이 구성한다. 본 연구에서는 이상에서 구한 식(3)과 (4)를 이용하여 필터의 성능평가기준을 정의하고자 한다. 필터의 성능평가는 임의의 필터크기에 대하여 발견할 수 있는 해석정보의 범위를 나타내는 역할을 하도록 정의 되어질 것이다. 이러한 방식으로 정의 되어진 성능평가기준은 필터의 최적화를 결정하기 위하여 최적화함수로써 사용되어질 수 있다. 식(5)와 (6)은 두 가지 경우에 대하여 식 (3)과 (4)의 파라메타를 전개해서 나타낸 식들이다. 식 (5)와 (6)는 이전의 검출확률을 나타내며, 특히 식 (5)은 식(7)의 양 함수 형태로 변형될 수 있음을 알 수 있다. 식 (7)은 필터의 대역폭과 노이즈의 분산이 주어짐에 따라서, 미리 정해진 확률적 특성(Q_0)를 만족하면서 검출될 수 있는 해석정보의 영역을 나타내는 함수이며, 본 연구에서는 D 함수로 정의한다. 이러한 D 함수는 식 (6)의 경우에도 음함수의 형태로 나타나고 있다고 생각할 수 있으며, 이러한 함수는 이전에 정의하고자 하였던 필터의 성능평가기준으로서 사용될 수 있는 특징들을 내포하고 있다. 다시 말해서, 주어진 필터의 대역폭에 따라 검출할 수 있는 영역을 비교할 수 있으며, 이러한 방법을 통해서

필터의 성능을 결정할 수 있다는 것이다. 이러한 D 함수의 구성은 다음과 같다.



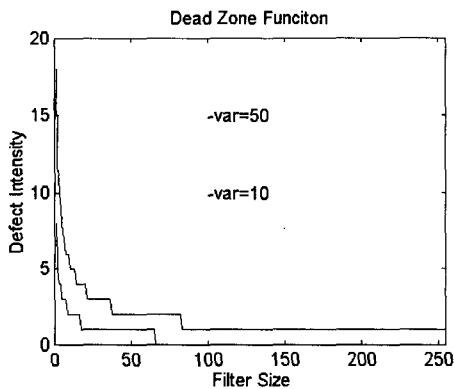
- Blind Region (R): 주어진 확률적 특성을 만족시킬 수 없는 defect 들의 영역
- Dead Zone (Z): 어떠한 defect size에 대해서도 주어진 확률적 특성을 만족시킬 수 없는 blind region
- Dead Intensity (f_d): dead zone 의 최대 intensity
- Dead Size : 검출할 수 있는 최소의 해석정보 intensity 를 가지는 해석정보의 크기, $dead\ size = D(f_d + 1)$

그림 2. D-function 의 구성

3. DZ 함수

식(8)의 오른쪽 부분은 해석정보의 맨 위 부분에 대한 확률 분포로서 미리 정해진 검출확률 값보다 작은 경우에 dead zone 이 생김을 알 수 있다. 일반적으로 dead zone 은 해석정보의 크기가 필터의 크기보다 큰 영역에서 발생하게 되는데, 해석정보의 크기가 증가함에 따라 식 (2)의 오른쪽 부분에 대한 비중이 점점 늘어나게 된다. 그러므로, 식 (8)을 만족한다는 것은 주어진 확률적 특성을 만족하지 못한다는 것을 의미한다. 이러한 사실은 궁극적으로 앞에

서 정의한 dead zone 의 의미를 나타내는 것으로, 어떠한 해석정보의 크기에 대해서도 주어진 확률적 특성을 만족할 수 없다는 것을 의미하게 된다. 따라서, 식 (8)의 두 부분이 같게 만드는 해석정보의 광도는 D 함수의 분모를 0 으로 만들게 되어 검출할 수 있는 해석정보의 최소 크기가 무한대가 되게 함으로써 앞에서 정의한 dead intensity 가 된다. 식 (9)는 본 연구에서 DZ 함수로 정의하여 이미 앞에서 정의한 D 함수와 함께 필터의 최적화를 위하여 사용될 것이다. 다음의 그림 3 은 이러한 DZ 함수의 특성을 설명하고 있다.



- $d > n$ 인 region 에서 존재
- $\text{Filter Size} \propto \frac{1}{\text{Defect Intensity}}$
- $\text{Noise Variance} \propto \sigma^2$
- Dead Number : DZ-function 에서 불연속적인 구간의 수

그림 3. DZ-function 의 특성

여기서 말하고 있는 필터의 최적화란 사용하고자 하는 필터의 개수와 크기를 효

율적인 면과 기능적인 면에서 극대화하고자 하는 것을 의미한다. 다시 말하자면, 가장 알맞은 filter 의 개수와 각 filter 의 크기를 정하고자 하는 것으로, 앞에서 정의한 D-function 의 관점에서 볼 때, 전체 blind region 을 최소화함을 말한다고 할 수 있다. 최적의 filter 의 개수는 DZ 함수에서 dead number 로서 결정할 수 있으며, 각각의 필터의 크기는 동일한 dead intensity 를 가지는 필터들 중에서 최소의 dead size 를 가지는 필터크기를 정함으로써 해결할 수 있다는 것이다. 그리고, 이러한 방법으로 정한 필터들을 이용하여 구한 전체 blind region 은 근사화된 최소 영역을 나타내게 된다. 다음의 식 (10) 은 이러한 내용을 표현한 식이다.

4. 결론

본 연구에서는 D 함수와 DZ 함수를 이용하여 다양한 크기의 결함을 검출하는데 있어서 요구되는 필터들의 개수와 각 필터들의 대역폭에 해당하는 크기를 결정하기 위한 성능평가기준을 제시하였다. 더욱이 제시된 기준을 이용하여 최적의 검출방법을 구하기 위한 최적화 함수를 도출하였다. 본 연구의 다음 단계로서는 해석정보의 일반적인 형태에 대한 고려와 확률분포의 다차원 정보에 따른 검출확률의 개선에 대한 연구가 수행되어질 것이다.

5. 참고문헌

[1] Robert M.Gray, 'Random Process : A Mathematical Approach for

Engineers' , Prentice-Hall.

[2] Ferrel G.Stremmer, 'Introduction to Communication Systems' , Addison Wesley,
3rd edition.

[3] Carl W.Helstrom, 'Elements of Signal Detection & Estimation' , Prentice-Hall

Appendix

$$p_0 = \frac{1}{\sqrt{2\pi n\sigma^2}} e^{-\frac{x^2}{2n\sigma^2}} \quad (1) \quad p_1(x) = \frac{w_1}{\sqrt{2\pi n\sigma^2}} \int_0^c e^{-\frac{(x-\tau)^2}{2n\sigma^2}} d\tau + \frac{w_2}{\sqrt{2\pi n\sigma^2}} e^{-\frac{(x-c)^2}{2n\sigma^2}} \quad (2)$$

$$Q_0 = \int_{th}^{\infty} p_0 dv \Rightarrow th = \sqrt{n}\sigma \cdot \text{erfc}^{-1}(Q_0) \quad (3)$$

$$Q_d = \frac{w_1}{\sqrt{2\pi n\sigma^2}} \int_{\sqrt{n}\sigma \cdot \text{erfc}^{-1}(Q_0)}^{\infty} \int_0^c e^{-\frac{(x-\tau)^2}{2n\sigma^2}} d\tau dv + \frac{w_2}{\sqrt{2\pi n\sigma^2}} \int_{\sqrt{n}\sigma \cdot \text{erfc}^{-1}(Q_0)}^{\infty} e^{-\frac{(x-c)^2}{2n\sigma^2}} dv \quad (4)$$

■ $d+1 > n$

$$d = \frac{[n \{ \frac{2}{nf} \int_0^{nf} \text{erfc}(\frac{\sqrt{n}\sigma \cdot \text{erfc}^{-1}(Q_0) - \tau}{\sqrt{n}\sigma}) d\tau - \text{erfc}(\frac{\sqrt{n}\sigma \cdot \text{erfc}^{-1}(Q_0) - nf}{\sqrt{n}\sigma}) - Q_d \}]}{\{Q_d - \text{erfc}(\frac{\sqrt{n}\sigma \cdot \text{erfc}^{-1}(Q_0) - nf}{\sqrt{n}\sigma})\}} \quad (5)$$

■ $n \geq d+1$

$$Q_d = \frac{2d}{d+n} \int_0^{df} \frac{\text{erfc}(\frac{\sqrt{n}\sigma \cdot \text{erfc}^{-1}(Q_0) - \tau}{\sqrt{n}\sigma})}{nf} d\tau + \frac{n-d}{d+n} \text{erfc}(\frac{\sqrt{n}\sigma \cdot \text{erfc}^{-1}(Q_0) - df}{\sqrt{n}\sigma}) \quad (6)$$

$$d = D(f) \quad (7) \quad Q_d > \text{erfc}(\frac{\sqrt{n}\sigma \cdot \text{erfc}^{-1}(Q_0) - nf}{\sqrt{n}\sigma}) \quad (8)$$

$$f_d = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} (\text{erfc}^{-1}(Q_0) - \text{erfc}^{-1}(Q_d)) \Rightarrow f_d = DZ(n) \quad (9)$$

$$\mathbf{R}_i = \mathbf{I}_{j=1}^a \mathbf{R}_j(\bar{\mathbf{n}}_i), \bar{\mathbf{n}} \in \mathbf{F}_i \text{ for } \min_n \mathbf{D}(\mathbf{f}_d + 1), \quad (\text{단, } a: \text{dead number})$$

\mathbf{i} : dead intensity, \mathbf{F}_i : 동일한 dead intensity set, $\exists \bar{\mathbf{n}} \Rightarrow \text{optimal filter size} \quad (10)$