

Wiener 필터를 이용한 물체표면 음향영상의 품질향상

문 건*

Quality Enhancement of Acoustic Image on the Material-surface Using Wiener Filtering

Gun Moon*

ABSTRACT

Although acoustic image is an effective and powerful method for image of materials, the technique is limited by the blurring and distortion introduced by limits of the image system. Therefore, some method of image-signal processing is essential to improve and restore the acquired images and to provide a qualitative improvement of the image evaluation process. The Wiener filtering method is one such proven method of image-signal restoration. This paper discusses the implementation of a Wiener filter in two dimensional application for image processing. Theoretical aspects of Wiener filter are briefly discussed. Results of processing acoustic signal and images acquired from coin samples are provided, also compared the methods and results between non-using Wiener filter and using Wiener filter.

Key words : Wiener filter, Acoustic, Image system, Signal processing, Improvement, Evaluation

1. 서 론

C-스캔에 의한 음향영상은 표면파(Rayleigh wave)와 반사파 그리고 내부반사파의 신호와의 복합적인 중첩으로 영상의 해상도가 떨어진다. 특히 표면영상에서의 해상도를 떨어트리는 원인 중에 하나가 음향영상의 번짐으로 경계가 모호하게 나타나는 현상이다. 이것은 음향세력이 물

체에서 확산되기 때문이다. 이런 현상을 줄이기 위하여 음향변환자를 구면형으로 하여 음향파를 집중시켜서 초점을 작게하여 해상도를 높이는 노력을 기울였고 또한 높은 주파수를 사용하여 파장을 짧게하여 집중 초점의 직경을 줄이는 방법을 많이 사용한 결과 어느 정도 해상도를 높이는 결과를 갖어 왔다. 그러나 원천적으로 번짐 현상에 대한 대책은 되고 있지 않는 방식들이다.^{1,2)} 음향변환자의 초점 면적은 사용주파수에 반비례하지만 그 초점에 의한 음향세력의 버

* 제주대학교 통신공학과
Dept. of Telecommunication Eng., Cheju Nat'l Univ.

짐은 반사 수신파에 영향을 주고 이렇게 영향은 받은 음향반사파에는 버짐현상이 제거되지 않고 그대로 포함되게 된다. 한 연구보고서는 가우산 모양의 컴퓨터 시뮬레이션에 의한 영상퍼짐현상을 Wiener 역 콘벌루손에 의한 방법으로 개선됨을 밝힌바 있다.⁽³⁾

본 연구에서는 C-스캔 음향영상 시스템을 구성하여 음향데이터를 샘플에서 얻은 후에 이 데이터를 다시 Wiener 필터 방식을 사용하여 변환 후에 영상처리하여 음향영상을 처리하여 Wiener 필터를 적용한 음향영상과 적용치않고 일반적인 신호처리방식으로 재현한 음향영상을 비교하여 Wiener 필터를 사용한 후의 영상이 버짐현상이 감소됨을 실험으로 확인하려는 것이다. 여기서 음향영상 샘플로는 100원 동전을 사용하여 중심 주파수 3Mhz(2차 overtone 주파수:10Mhz)에서, 음향영상을 검출하였다.^(6,8)

II. 이 론

신호해석분야에서 Wiener 필터는 물체평가와 잡음감소를 위한 잘알려진 기술이다. Wiener 필터는 일반적으로 신호와 잡음 전력 밀도를 모두 알고 있는 경우 또는 측정 데이터로부터 신호와 잡음세력을 쉽게 계산되는 경우에 상용되는 방식이다. 측정데이터는 보편적으로 신호해석분야에서 다음과 같이 표시된다.^(4,5)

$$q(s)=h(s) * f(s) + v(s) \quad (1)$$

여기서 $q(s)$: 신호성분
 $h(s)$: 신호의 임펄스 응답
 $f(s)$: 확산신호비
 $v(s)$: 부가 잡음
 $*$: 컨벌루손

$v(s)$ 잡음은 정적인 값이며 타신호와 상관되지 않는다고 가정한다.

지금까지의 역변환 필터의 문제점은 잡음의 존재를 무시하여 단지 확산신호 $f(s)$ 의 역변환 필터로써 계산되는 것이다.

잡음을 무시한 경우의 역변환 처리식은 다음

과 같다.

$$\bar{f}(s)=h^{-1}(s) * q(s) \quad (2)$$

$\bar{f}(s)$: 확산되지 않는 신호

(2) 식을 푸리에 변환으로 바꾸면 다음과 같다.

$$\bar{F}(\omega) = \frac{Q(\omega)}{H(\omega)} \quad (3)$$

만약에 측정된 데이터가 잡음을 전혀 포함되지 않는 경우라면 (3) 식에 의해서 물체의 영상 신호와 같은 데이터를 얻을 수가 있다. 잡음이 존재하는 경우에는 역변환 필터는 $H(\omega)$ 가 매우 적은 경우에는 불안하게 된다. 현실적으로 영상신호에 포함된 잡음을 별로 대수롭지 않게 취급되는 경우가 많다. 그러나 Wiener 필터는 잡음을 고려한 보다 앞선 기술로서 더 좋은 영상 데이터를 구현하는데 사용되고 있다.^(5,6)

잡음세력 $v(s)$ 가 존재하는 경우에서 신호의 오차의 최소화는 다음과 같다.

$$e = E\{[\bar{f}(s)-f(s)]^2\} \quad (4)$$

이러한 잡음오차를 허용하는 경우의 Wiener 필터의 주파수 함수는 다음과 같이 표현된다.

$$H\omega(\omega) = \frac{H^c(\omega)}{|H(\omega)|^2 + V(\omega)} \quad (5)$$

여기서 $H\omega(\omega)$: Wiener 필터의 주파수 함수
 $H^c(\omega)$: $H(\omega)$ 의 공액복소수 함수
 $H(\omega)$: 확산신호의 주파수 함수
 $V(\omega)$: 주파수종속 잡음행렬 함수

실질적으로 주파수종속 잡음행렬함수 $V(\omega)$ 를 판단하는 것은 매우 어려운 일로서 실제의 적용시에는 근사치를 사용하고 있다.

실질적인 Wiener 필터에서 적용알폴리즘은 주파수 종속 잡음특성 $V(\omega)$ 대신에 잡음상수(A)로 대체하므로써 해결한다. (5)식은 다음과 같이 바뀌진다.⁽⁷⁾

$$H\omega(\omega) = \frac{H^c(\omega)}{|H(\omega)|^2 + A} \quad (6)$$

(6)식에서 A는 잡음상수로서 V(ω)의 근사치이며 필터의 동작특성에서 안정효과에 영향을 미치게 된다.

|H(ω)|² 항이 영으로 접근하게 되면 (6)식에서 필터는 안정됨을 알 수 있다.⁽⁶⁾ 실제로는 A는 전달함수 Hω(ω)의 최대치의 몇분의 1 정도로 작은 값을 취하여 근사치를 구하는 방법으로 해결할 수 있다.

III. 시스템 구성

Fig. 1에서 보여주는 구성도에 따른 시스템을 구성하여 실험하였다. 음향영상 시스템에서 주요 구성요소는 (1) 신호발생장치 (2) 음향변환자 및 수조 (3) Data Aquisition (4) 주사장치 (5) Wienwr 필터 (6) 영상신호처리 및 음향영상 표시장치로 구성된다.

(1) 신호발생장치는 음향변환자의 피에조 효과에 의해 음향파를 발생시키기 위한 전기적 고주파신호를 공급하는 장치로서 RF 신호 발생기, 펄스발생기, 동기신호 발생기로 구성되어 있

으며 RF 신호파를 펄스파로 게이팅하여 Tone-burst 파를 만들어서 음향변환자에 공급한다.

(2) 음향변환자는 ZnO 크리스탈 재료로 구면형으로 초점거리 16mm, 중심주파수 3Mhz로 설계 제작하였으며 음향감쇠를 줄이기 위하여 샘플을 수조에 넣어서 스캐닝하였다.

(3) Data Aquisition은 반사 음향신호를 변환자로 전기적 신호로 변환한 것을 A/D 변환후 컴퓨터에 의해 디지털 데이터로 받아들여서 저장시키는 장치이다.

(4) 주사장치는 음향변환자를 샘플의 정확한 위치에서 데이터를 얻을 수 있도록 스캐너 제어 장치에 의해 동작되어지고 있으며 본 실험에서는 256 x 256의 해상도로 스캔하여 데이터를 얻었다.

(5) Wiener 필터는 저장된 데이터를 Wiener 방식으로 변환하는 부분으로 이분을 이용한 음향데이터와 거치지 않은 음향데이터 모두를 저장시켜서 서로 비교할 수 있도록 하였다.

(6) 영상처리 및 표시장치는 저장된 데이터를 디지털 영상처리 기법으로 영상화하여 모니터에 표시하는 장치로 샘플에 따른 Histogram을 분석한 후 컬러와 그레이 레벨을 결정하여 좋은 영상을 구현하는 단계를 거쳤다.

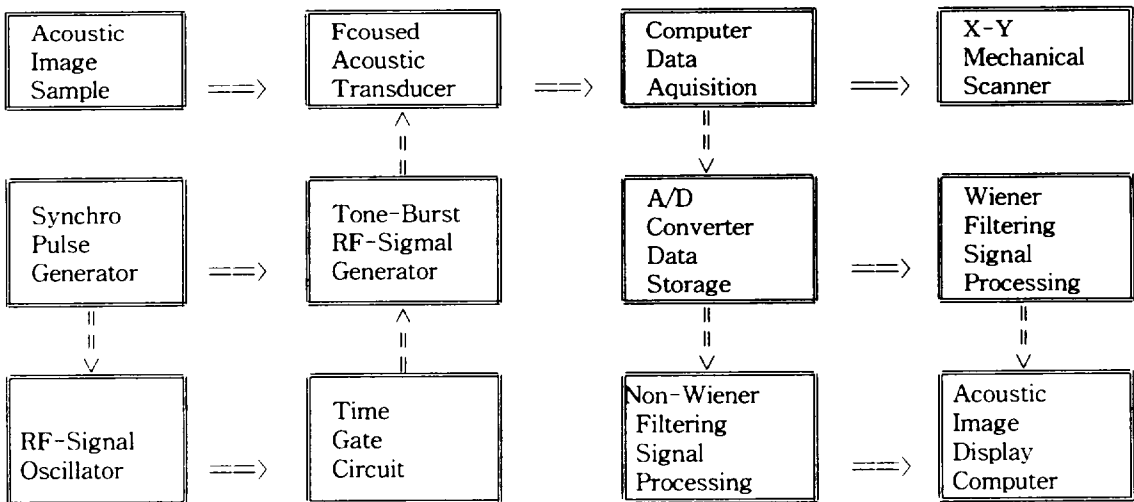


Fig. 1 Schematic diagram of acoustic image detecting system

IV. 실험 및 고찰

실험은 100원짜리 동전을 샘플로 선정하여 음향시스템으로 얻어진 데이터를 Wiener 필터 방식을 이용하여 변환한 영상과 이용치 않고 일반적인 신호처리 방식으로 구현한 영상을 각각 얻었다. 이과정에서 먼저 Data Aquisition으로 얻어진 디지털 음향영상 신호데이터를 Histogram에 의한 분포도를 분석하였고 이를 토대로하여 영상표시에 필요한 데이터의 하한가 및 상한가의 레벨을 결정하여 이를 그레이 레벨을 몇 단계로 줄것인가 등을 결정하는데 이용하였다. Data Aquisition에 의한 데이터 수신과정에서 양자화 레벨은 32 - 4096 범위내에서 가변이 가능하게 설계 하였으며, 본 연구에서는 8bit(256레벨)로 반사 음향신호를 검출하였고, 영상표시는 16그레이 레벨로 표시하였다. 데이터 Aquisition 범위는 256 x 256 으로 해상도는 0.2mm/step 으로 하여 샘플의 스캔 범위는 51.2 x 51.2 (mm)로 하였다.

Fig. 2 는 변환자의 임펄스 응답이다. 이것은 이론적 응답과 거의 일치되는 좋은 결과를 얻을 수가 있었다.

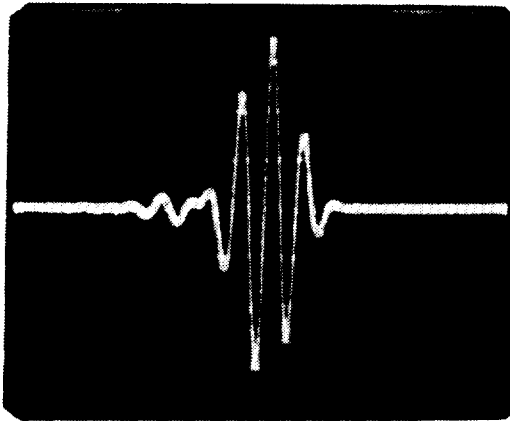


Fig. 2 Impulse response of acoustic transducer

Fig. 3 는 입력 RF Tone-burst 파형과 음향 샘플에서 반사하여 돌아온 1차 및 2차 반사신호를 보여주고 있다. 전압레벨을 비교했을 때의 1

차 반사신호는 입력 Tone-burst과의 약 1/2 되고 전력레벨로는 1/4 수준까지 검출됨을 알 수 있었다. 음향손실과 감쇠가 적어서 음향반사 신호는 영상으로 재현하기에 매우 충분한 레벨임을 알 수 있다.

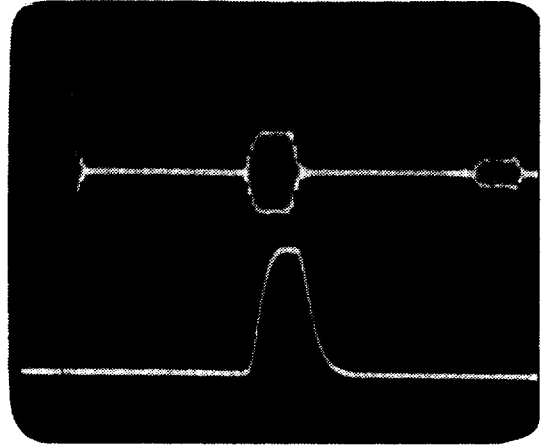
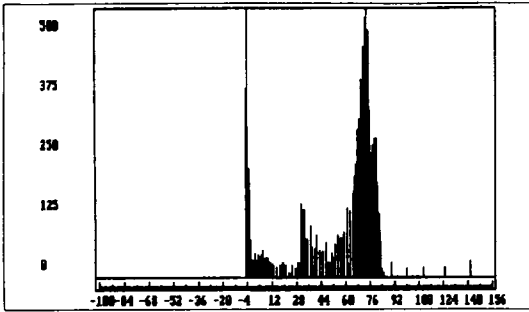
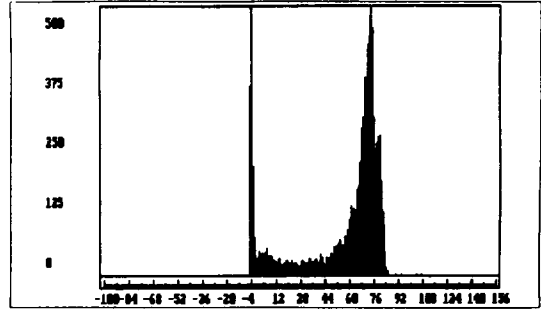


Fig. 3 Tone-burst input RF signal, 1st & 2nd reflected signal

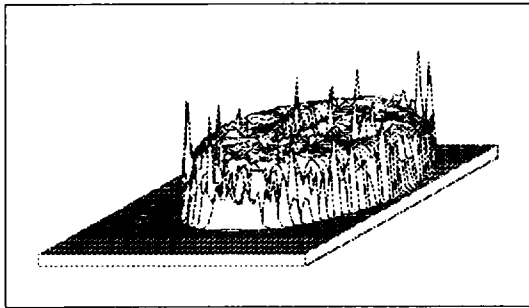
실험결과에서 얻어진 결과를 분석하여 보면 Fig. 4 에서 보는 것과 같이 Non-Wiener 방식(왼쪽)과 Wiener 필터 방식(오른쪽)에서 뚜렷한 차이점이 있음을 확인할 수가 있다. 먼저 데이터 histogram을 분석하면 Non-Wiener 방식(a)와 Wiener 방식(a')에서 Non-Wiener 방식에서 데이터 분포가 산만되어서 있음을 알 수 있으며, Wiener 방식에서는 산만된 데이터가 없어짐을 보여주고 있다. 다음의 3차원 데이터 표시로 구현하 데이터 레벨을 보면 Non-Wiener방식(b)에서는 충격성 잡음레벨의 존재를 확인할 수 있으나 Wiener 필터 방식(b')으로 구현한 3차원 데이터표시에는 없음을 확인할 수 있다. 그리고 이를 좀더 상세한 데이터로 3차원 표시한 것이 (c) 와 (c') 이다. 여기서 Non-Wiener방식에서의 잡음존재를 재차 확인된다. 최종적으로 데이터를 영상처리한 것으로 (d)가 Non-Wiener 방식에 의한 100원 동전의 음향영상이고, (d')가 Wiener 필터를 사용한 음향영상이다. 최종 음향



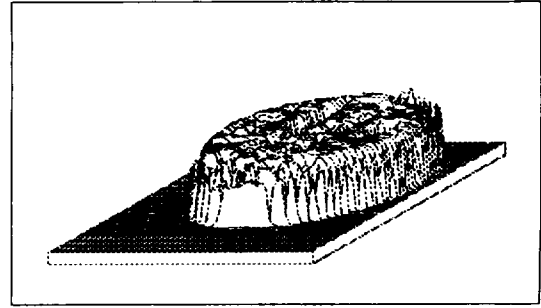
(a) Data Histogram (Non-Wiener)



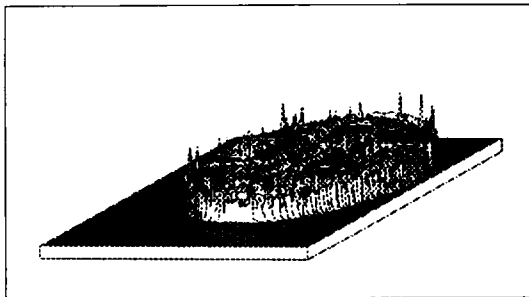
(a') Data Histogram (Wiener-Filter)



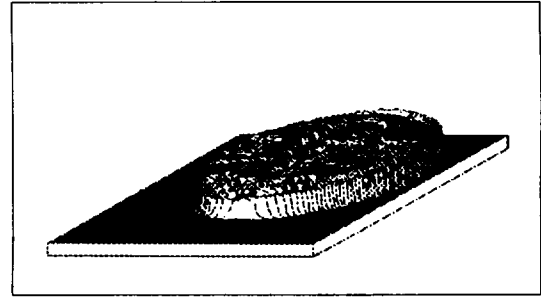
(b) 3D Data display(64x64)(Non-Wiener)



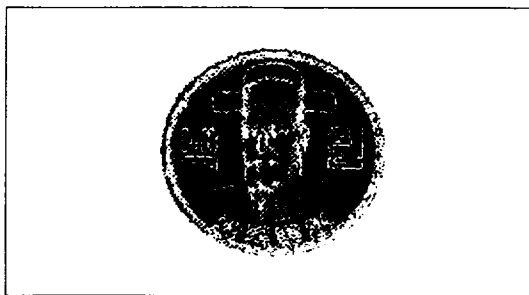
(b') 3D Data display(64x64)(Wiener)



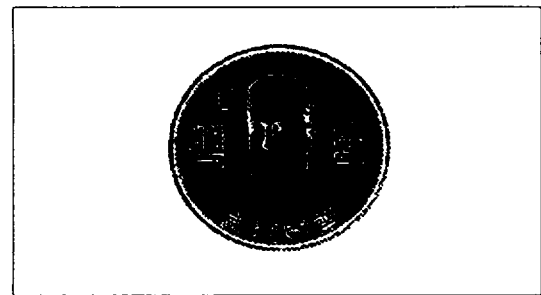
(c) 3D Data display(128x128)(Non-Wiener)



(c') 3D Data display(128x128)(Wiener)



(d) Acoustic Image (Non-Wiener)



(d') Acoustic Image (Wiener-Filter)

Fig. 4 Comparison of acoustic image and data between Non-Wiener(left) and Wiener-Filter(right) methods

영상에서도 확실하게 잡음영상이 없어지고 해상도가 좋은 영상이 얻어 짐을 알 수 있다.

V. 요 약

중심주파수 3Mhz 의 구면형 음향변환자를 설계하여 음향영상 시스템을 구성하여서 100원 짜리 동전의 음향영상 데이터를 수신한 후에 Wiener 필터 방식을 적용하여 음향영상신호를 개선하여 잡음이 제거된 영상을 구현하였다. 여기서 잡음을 제거하기 위하여 사용한 Wiener 필터방식은 신호와 임펄스 응답신호를 컨벌루션하여서 잡음신호와 구별될 수 있도록 하는 방식으로 2차원 영상에 적용한 경우 매우 좋은 결과를 얻을 수 있었다. 음향신호에서 많이 나타나는 영상신호 이외의 간섭잡음 및 충격성 잡음을 제거하는 우수성을 구성한 시스템을 이용한 실험결과로서 확인하였다. 그러나 3차원 적인 영상검출 특히 고체내부의 결함검출을 위한 비파괴 검사에서 발생하는 복잡한 간섭잡음에 대하여 Wiener 필터방식을 적용하는 방안을 연구하여 더 발전해 나아가야 할 것이다.

참고문헌

1. Buynak C. F., and T. J. Moran, " Characterization of Impact Damage in Composites, " in Review of Progress in Quantitative Nondestructive Evaluation, Vol. 6B, pp. 1203-1211, 1987
2. Smith B.T., J.S.Heyman, and S.M. Freeman, " Correlation of the Deploy Technique with Ultrasonic Imaging of Impact Damage in Graphite - Epoxy Composites, " Materials Evaluation, Vol. 47, No. 12, pp. 1408-1416, 1989
3. Karpur, P., and B.G. Frock, " Two-Dimensional Pseudo - Wiener Filtering in Ultrasonic Imaging for Materials Evaluation," in Review of Progress in Quantitative Materials Evaluation, Vol. 8A, pp. 743-750, 1989
4. Pratt, w. K., "Generatized Wiener Filtering Computation Techniques, " Institute fo Electrical and Electronics Engineers, Inc., Trans. Comp. C-21, No. 7, pp. 636-641, 1972
5. Ekstrom, M. P., " Realizable Wiener Filtering in two Dimensions," Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., Trans. Vol. Assp-30, No.1, pp. 586-595, 1982
6. Pratt, W.K., " Digital Image Processing," John Wiley & Sons, New York, NY., 1978
7. Bracewell, R.N., " The Fourier Transform and Its Applications," 4th ed., pp. 379-380, 1975
8. 문 건, 1988, 음향현미경 특성해석과 고체표면 및 내부영상검출, 경희대학원 박사학위논문.