

복합재료의 C-scan영상에서의 오류 검출에 관한 연구

이형진*, 신덕하*, 지정환*, 백중환*

*한국항공대학교 정보통신공학과

libae04@naver.com, deokha@gmail.com
kr.arron@gmail.com, jhbaek@kau.ac.kr

Filtering in composite materials C-scan image

Jeong-Hwan.Jee, Deok-ha.Shin,
Hyung-Jin.Lee, Joong-Hwan.Baek

요약

본 논문은 복합재료로부터 얻어진 C-scan영상에서의 효과적인 잡음 제거에 관한 연구 내용이다. 복합재료에서의 결함을 검출하는 것은 여러 실용, 응용분야에서 관심을 가지는 주제이다. 초음파 영상은 대부분이 육안으로 정확한 판단을 하기에는 어렵고, 잡음의 영향으로 정확한 결함에 대한 영역을 파악하는데 문제를 발생시킨다. 결함의 정확한 판별을 위해서는 물체의 영역을 정확히 판별하는 것이 중요하지만 영상에서 잡음에 대한 문제를 우선 해결해야 한다. C-scan 영상에서의 배경과 결함의 경계영역을 보존하면서 잡음 제거를 위해 웨이브렛(Wavelet) 변환을 이용하는 방법을 제안한다. 특히, C-scan 영상에서 Filtering을 적용하는데 있어 드비시(Daubechies) Wavelet Filtering이 결함영역에 대한 좀 더 명확한 분석이 가능하게 함을 얘기하고자 한다.

1. 서론

초음파 검사는 재료의 표면 또는 내부에 존재하는 불연속 부를 검출하기 위해 초음파를 재료에 전달시켜 검사하는 비파괴검사 방법 중 하나이다.

비파괴검사의 목적은 재료 또는 부품 등이 사용 중에 파괴될 가능성에 대한 여부를 판단하기 위해 결함의 유무, 결함의 크기 및 형태를 명확히 파악하는데 있다.

초음파 탐상검사가 적용되는 분야는 상당히 넓어 철, 비 철류의 소재로부터 선박, 교량, 압력용기 등의 제품 및 항공기, 자동차, 철도차량의 부품, 기계류의 부품 등에 이르기까지 많은 분야의 제품들이 검사의 대상이 되며, 탐상 가능한 결함으로는 균열, 개재물, 라미네이션(Lamination)등의 소재 고유의 불연속으로부터 가공중 불연속 및 피로 균열과 같은 사용 중 불연속까지 대부분의 결함검출에 적용되고 있다.

또한 재료의 두께측정에도 사용되어 화학, 정유처리 시설의 보수검사 등에 종종 적용되고 있다. 다른 모든 비 파괴 검사 방법에서도 요구되는 사항이지만, 특히 초음파를 이용하는 방법에서는 적절한 검사를

수행하기 위해서 기술자의 자격인정, 교육훈련 및 충분한 경력을 갖추고 있어야 한다. 그 이유는 초음파를 사용하는 검사는 다른 비 파괴 검사와 비교하여 상기의 조건이 갖추어지지 않으면 중대한 판독 오류를 범할 수 있는 가능성이 높아지기 때문이다. 그리고 상기 조건이 갖추어진 전문 기술자라 할지라도 기술자 개개인의 스캔 방법과 패턴에 의해 그 결과는 확연하게 다를 수도 있게 된다. 이러한 판독 오류의 가능성을 최소한으로 줄이고 정밀하게 결함을 찾기 위해서 수행되는 작업이 A-scan데이터에서 C-scan으로의 변환이다.

일반적으로 초음파 영상에 대한 분석은 여러가지 환경요인에 의해 발생하는 노이즈로 인해 명확한 판단 및 분석이 어렵다. 특히나 복합재료는 각기 다른 성질의 재료들의 조합으로 초음파 신호의 산란 및 이상 데이터의 발생이 생길 확률이 높다. 복합재료로부터 얻은 C-scan 영상에서 영상 전체에 걸쳐 일정한 간격을 두고 반복적으로 발생하는 형태의 주기적 노이즈가 발견되었고, 배경영역과 결함영역의 구분에 대한 처리가 어려운 영상물을 얻었다.

영상처리에서 주로 사용하는 영상개선 알고리즘은

크게 공간영역에 대한 처리와 주파수영역처리로 나눌 수 있다. 공간영역처리의 경우는 점처리, 공간처리로 세분화시킬 수 있다.

기존의 웨이블릿(Wavelet)은 푸리에(Fourier) 변환에 의존하였기 때문에 이미지를 처리하는데 있어 이미지의 경계를 다루는데 현실적인 제약을 가지게 된다. 또한 기하적으로 불규칙하게 생긴 부분들을 특별히 처리하기 위하여 다양한 Wavelet Transform을 생각해내고 또 그 Wavelet Transform을 여러 분야에 적용하여 그 효율성을 모색하고 있다.

본 연구에서는 웨이블릿(Wavelet) 변환을 이용한 드비시(Daubechies) Wavelet Filtering을 하여, 결함에 대한 영역을 보존하면서 잡음을 제거하는 방법을 제안한다.

대부분의 저역통과 필터링은 잡음을 제거하는 데에는 강한 성능을 보이나, 에지(Edge)성분이 약해지거나 결함이 심하게 왜곡되는 현상을 보인다. Haar Wavelet Filtering은 배경영역과 결함영역의 구분이 명확해지게 하는데 도움이 되지만 격자무늬의 블록이 발생하여 그 처리에 어려움이 있다. 인간의 시각 시스템은 영상을 이해하고 분석하는데 대강의 윤곽선 정보만으로도 가능하다. 복합재료에서의 결함 검출 역시 그 윤곽에 대한 정보에 많은 의지를 하고 있고 때문에 영상에서의 잡음성분을 제거하고 에지(Edge)성분 검출의 향상으로 결함이 포함된 영상에서의 배경영역과 결함영역의 효율적인 분리에 드비시(Daubechies) Wavelet Filtering의 적용이 효과적임을 증명하는 것을 본 논문의 목표로 한다.

II. 본론

1. 제안된 시스템 구조

실험에서 사용한 A-scan 데이터는 수직 탐상 검사를 통해 나온 데이터이며 검사환경은 픽셀 별 Sample 1486개이며 크기는 100*100, 50*75이다. 사용된 주파수는 5.0Mhz. 픽셀간 간격0.02inch이며 시편의 층은 8-ply, 16-ply이며, 25% depth, 50% depth, Sampling rate는 100Mhz이다.

먼저 복합재료의 A-scan 데이터로부터 만들어진 C-scan 영상의 에지 영역을 보존하고 잡음을 제거하기 위해 드비시(Daubechies) Wavelet Filtering은 실험영상 각각에 Threshold값 70을 적용하였다.

2. 시스템의 구현 방법

결함이 포함되어있는 복합재료로부터 얻어진 C-scan 영상에 필터링으로 드비시(Daubechies) Wavelet Filtering을 적용하였다.

무한히 반복되는 사인파를 기본파형으로 이용하여 주파수만을 변화시키며 상관관계를 밝히는 푸리에(Fourier) Transform에 비해 Wavelet은 한 파장의 파형을 기본파형으로 하여 그 크기와 위치를 변화시켜가며 상관관계를 밝힐 수 있다.

드비시(Daubechies) Wavelet Filtering은 영상분야에서 주로 사용되는 Filtering기법으로 Discrete wavelet transform을 사용하고, 유한길이를 갖는 비대칭형 Wavelet Filtering이다.

드비시(Daubechies) Wavelet은 이차 다항식의 확장으로 구성되며, N으로 대표되는 정수에 따라 그 종류가 나뉘어지는데, 그 Wavelet을 구축하기 위해 사용된 팽창 방정식 속의 항의 개수에 따라 형태가 달라진다.

$$\phi(x) = \sqrt{2} \sum_{n=0}^{2N-1} h(n)\phi(2x-n) \quad (1)$$

식 (1)에서 $\phi(2x-n)$ 는 기저함수를 나타낸다. 또한 $h(n)$ 는 웨이블릿 계수이다.

$$\psi(x) = \sqrt{2} \sum_{n=2-2N}^1 (-1)^n h(1-n)\phi(2x-n) \quad (2)$$

식 (1)에 대한 직교성질을 이용한 결과 (2)식과 같다.

$$\int_{-\infty}^{\infty} \phi(x)dx = 1, \sum_{n=0}^{2N-1} h(n) = \sqrt{2} \quad (3)$$

스케일링 함수의 정규화 ($\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \dots + \alpha_n = \sqrt{2}$)

$$\phi(\xi) = m_0\left(\frac{\xi}{2}\right)\phi\left(\frac{\xi}{2}\right), \psi(\xi) = \mu_0\left(\frac{\xi}{2}\right)\phi\left(\frac{\xi}{2}\right) \quad (4)$$

식 (1)을 식 (4)와 같이 정리하면

$$m_0(\xi) = \frac{1}{\sqrt{2}} \sum_{n=0}^{2N-1} h(n)e^{-in\xi} \quad (5)$$

$m_0(\xi)$ 는 식 (5)와 같이 나타낼 수 있다.

$$\mu_0(\xi) = \frac{1}{\sqrt{2}} \sum_{n=2-2N}^1 (-1)^n h(1-n)e^{-in\xi} = -e^{-i\xi} m_0(-\xi - \pi)$$

$$m_0(\xi) = \left(\frac{1 + e^{-i\xi}}{2}\right) \sum_{n=0}^{N-1} f(n)e^{-in\xi} \quad (7)$$

식 (7)에서의 $f(n)$ 는 신호에 해당하는 인자이다.

$$h(0) = \frac{1 + \sqrt{3}}{4\sqrt{2}}, h(1) = \frac{3 + \sqrt{3}}{4\sqrt{2}},$$

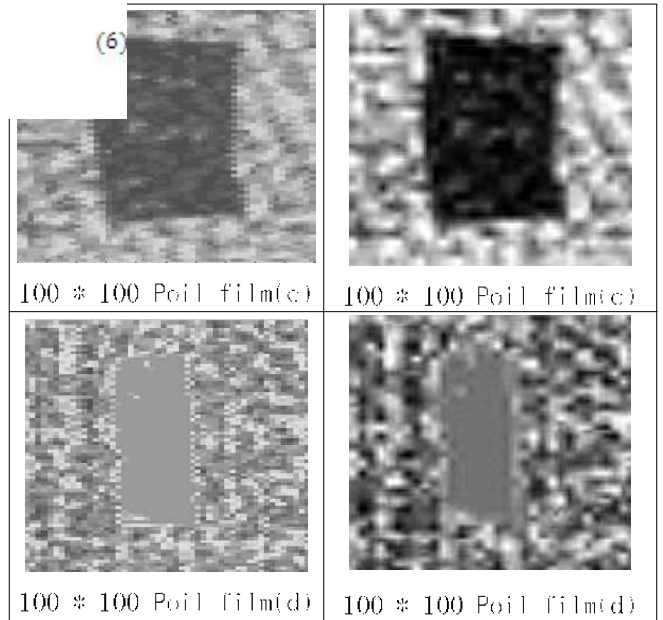
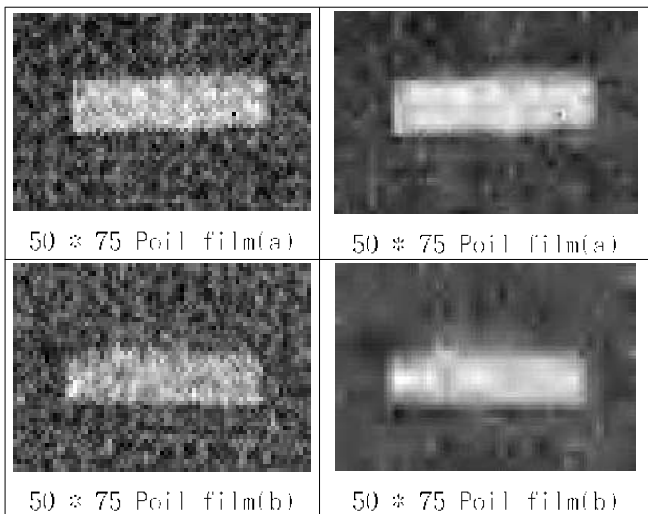
$$h(2) = \frac{3 - \sqrt{3}}{4\sqrt{2}}, h(3) = \frac{1 - \sqrt{3}}{4\sqrt{2}}, \quad (8)$$

식 (8)은 Daub4에 대한 결과이다.

드비시(Daubechies) Wavelet Family는 $\phi(t) = 1 (0 \leq t \leq 1)$ 과 이의 척도 구성함수들의 조합으로 만들어진다. 따라서 이들은 정규직교의 성질을 가지게 되어 계산하는데 있어 효율적이다.

3. 결과

C-scan 영상을 드비시(Daubechies) Wavelet Filtering은 기본적인 웨이블릿 성질을 가지고 있으며, 변환을 하면서도 그 위치를 확인할 수 있다. 필터 계수 값을 조정하여 여러 결과들을 확인이 가능하다. 적용 해본 결과 에지(Edge)성분을 크게 훼손하지 않은 상태에서 노이즈 제거가 전체적으로 전보다 매끄럽게 이루어진 영상을 볼 수 있었다.



[그림 1] Daubechies Wavelet Filtering 결과 비교

III. 결론

본 논문에서는 Daubechies Wavelet Transform을 적용하여 C-scan 영상에서 에지(Edge)영역을 보존하면서 노이즈를 제거하는 방법을 제안하였다. 제안 방법에서는 노이즈를 제거하면서 각 영역에 대한성분을 유지해야만 했다. 공간영역 처리를 하게 될 경우 배경영역과 결합영역의 구분은 가능하지만 결합영역에 대한 왜곡이 발생한다.

드비시(Daubechies) Wavelet이 C-scan 영상에 대한 필터링을 적용하는데 있어서 적합하지만, 대상이 되는 영상의 성질에 따라 결과 영상의 성분이 달라지는 것을 확인했다. 각각의 대상 영상에 대한 조건값들을 달리해줘야 하는 불편함이 있다.

참고 문헌

[1] Richar O. Duda, Peter E. Hart, David G. Stork : 'Pattern Classification, Second Edition', Wiley-Interscience, New York, 2001

[2] Gerhar X. Ritter, Joseph N. Wilson : 'Handbook of Computer Vision Algorithms in Image Algebra, Second Edition', CRC Press, Boca Raton, 2001

[3] Alin Achim, Anastasios Bezerianos, Panagiotis Tsakalides: 'Wavelet-based Ultrasound Image Denoising using An Alpha-Stable Prior

- Probability Model', IEEE, 2001
- [4] Antonino M. Siddiolo, Roman Gr. Maev:'A 2D-FFT signal processing technique to enhance the contrast of air-coupled ultrasonic C-scans', **Advances in Signal Processing for NonDestructiveEvaluation** of Materials,2005
- [5] Nico M. Temme, 'Asymptotics and Numerics of Zeros of Polynomials That Are Related to Daubechies Wavelets', Academic Press, 1997
- [6] Punya Thitimajshimn, 'SAR Images Speckle Noise Reduction By Wavelet Thresholding', IEEE, 1999
- [7] 진양준, 한중원, "항공기용 복합재 구조물의 결함에 대한 비파괴 검사법과 적용사례", 2003, 한국복합재료학회, 한국복합재료학회지