가스 배관 자동 검사를 위한 자기 누설 신호의 가우시안 분산 필터링

한병길*, 이민호*, 조성호**, 노용우**, 최두현*
*경북대학교 전자전기컴퓨터학부, **한국가스공사

Gaussian Variance Filtering for Automatic Inspection of Gas Pipelines using Magnetic Flux Leakage Signal

Byung-Gil Han*, Minho Lee*, Sung-Ho Cho**, Young-Woo Rho**, Doo-Hyun Choi*
*School of Electrical Engineering & Computer Science, Kyungpook National University, **KOGAS
e-mail: *dhc@ee.knu.ac.kr

Abstract

Magnetic Flux Leakage (MFL) inspection is a general non-destructive testing (NDT) method to detect the corrosion of natural gas pipelines. Currently, it is subjectively analyzed by trained analysts. In spite of investing much time and human resources, the inspection results may be different according to the analysts' expertise. So, many gas suppliers are keenly interested in the automation of the interpretation process. This paper presents a Gaussian variance filtering method of MFL signals, which is taken from MFL pigging of underground pipelines. In the proposed algorithm the original MFL signals are filtered by multiple Gaussians with different variance. Experimental results show that this approach does not need to align bias and to use explicit noise reduction algorithm.

I. 서론

자기 누설 탐상법은 가스 배관의 결함 검출을 위해 주로 사용되는 비파괴검사 방법 중의 하나이다. 고압의 가스관에서 실시되는 자기 누설 탐상법의 입력으로 사용되는 누설 자속(MFL; Magnetic Flux Leakage) 데이터는 수십에서 수백 킬로미터의 배관에 대한 정보가 한번에 저장되기 때문에 그 데이터 량은 방대하고, 검사 결과는 안전에 직결되므로 높은 신뢰도의 결과를 요구한다 [1]. 현재는 숙달된 분석가에 의해 수동으로 획득된 자기 누설 신호를 검사하고 있는데, 수동으로 이루어지는 분석은 방대한 데이터를 고려할 때, 많은 시간과 인력을 필요로 한다. 이러한 이유로 많은 가스 회사에서는 자동 결함 검출에 대한 필요성을 지적하고 있으며 확보하려고 노력하고 있다[2].

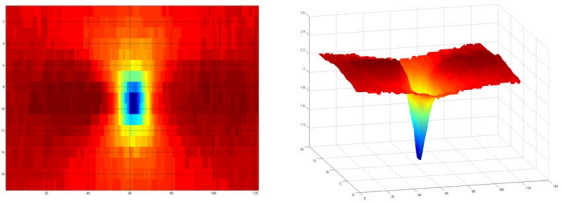
본 논문에서는 먼저 가스 배관의 결함 검출을 위해 사용되는 자기 누설 탐상법과 검사 후에 획득되는 자기 누설 신호에 대해 간단히 설명한다. 가스 배관의 결함을 자동으로 검출하기 위해 가우시안(Gaussian) 신호의 분산을 이용한 자기 누설 신호의 필터링 방법을 제안하고 그 효용성을 실제 획득된 누설 신호를 사용하여 검증하고자 한다.

II. 본론

강자성체인 가스 배관을 자화시키면 배관의 벽면을 따라 자속이 흐르게 된다. 만약, 배관의 벽면이 부식이나 기타 요인으로 인해 두께가 얇아지게 되면, 그 부분의 누설 자속이 증가하게 된다. 자기 누설 탐상법은 배관의 두께 변화에 따른 누설 자속량의 변화를 측정하여 배관의 결함 여부를 알아내는 방법이다. 자기 누설 신호를 측정하기 위해서는 홀(Hall) 센서를 이용한다. 홀 센서는 자화된 가스 배관의 벽면에 흐르고 있는 자속을 축(axial), 동경(radial), 원주(circumferential)의 세 방향에서 측정한다. 이렇게 측정된 신호와 배관의 결함 사이의 연관성을 이해하고 이를 분석하여 배관의 결함을 추출하는 것이다.

본 논문에서는 결함 검출을 위해서 축 방향의 신호를 이용한다. 축 방향신호는 결함 영역에서 하나의 국부 최소점을 가지는 형태로 나타나는데, 이런 특징은 외부 잡음이나 배관의 구조물(fixtures)들이 없는 이상적

인 경우에는 문턱치를 이용한 검출과 같은 간단한 방법으로도 어느 정도의 검출 결과를 기대할 수 있으며, 잡음이나 기타 요인에 의한 신호 훼손도 상대적으로 적다. 그림 1 은 가스 배관의 결함 영역에서 검출된 axial 신호를 2D 와 3D 이미지로 처리하여 보여준 것이다.

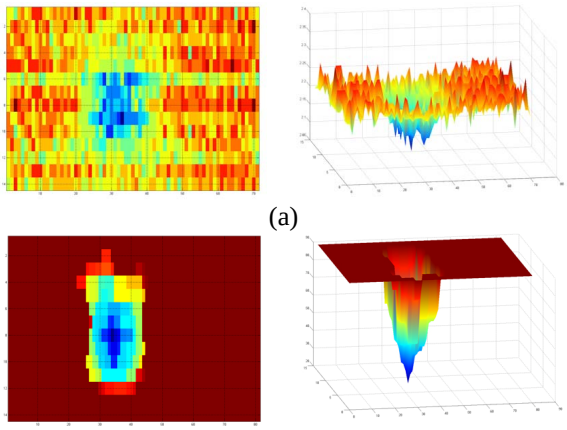


(a) (b)

그림 1. 가스 배관의 결함 영역에서 검출된 축 방향 신호 (a) 2D 이미지 (b) 3D 이미지

실제의 가스 배관은 지하에 매설되어 있고, 배관의 내부는 고압의 가스로 채워져 있기 때문에 자기 누설 신호를 획득하기 위해서는 MFL Pig 라 불리는 비파괴 검사용 로봇을 가스 배관에 투입하게 된다. 투입된 Pig 는 고압 가스의 흐름에 따라서 배관 속을 진행하게 되며, 통제 불가능한 여러 가지 상황에 처할 수 있다. 이 때문에 자기 누설 신호에는 예상치 못한 잡음이 발생할 수 있으며, 기준값도 심하게 변화할 수 있다. 숙련된 분석가에 의한 수동 검출 방법에서는 경험과 시각에 의한 직관적인 방법으로 결함 검출이 가능하지만, 자동으로 결함 영역을 검출하기 위해서는 신호 전체에 대해서 일관된 기준을 적용시킬 필요가 있다.

본 논문에서 제안하는 방법은 가우시안 신호의 분산을 이용한다. 신호의 최대 크기가 축 방향 신호에 맞추어진 서로 다른 분산을 가지는 가우시안 신호를 이용하여 현재 위치에서의 축 방향 신호와 가장 근접하게 될 때의 가우시안 신호의 분산값을 획득하면 노이즈와 기준값의 차이에 영향을 받지 않은 새로운 신호가 얻어진다. 이렇게 가우시안 필터링되어 얻어진 새로운 신호는 결함 영역에서는 누설 자속의 크기에 따라 최대 분산값과 최소 분산값 사이의 값을 가지게 된다. 그림 2(a)에 실제의 MFL 신호를 보였는데, 잡음으로 인해 결함영역의 신호가 훼손된 것을 알 수 있다. 그림 2(b)는 이 신호를 제안하는 방법으로 변환한 후의 신호를 보여주고 있다. 그림 2(b)에 보인 바 와 같이 제안한 필티링을 적용하면 결함 영역과 결함이 아닌 영역이 확연히 구분됨(noise suppression and defect enhancement)을 알 수 있다. 필터링된 신호에서는 그 값의 범위가 사용자가 미리 정해둔 가우시안 신호의 최대-최소 분산값 내에 존재하기 때문에 실제 신호에서 너무 큰 결함 영역의 신호로 인해 근처의 작은 결함 영역에서의 신호가 제대로 검출되지 않은 문제점도 다소 해결된다.



(a)

(b)

그림 2. 실제 축 방향 신호와 가우시안 필터링 된 신호의 2D 와 3D 이미지 (a) 결함 영역 신호 (b) 가우시안 필터링 후의 신호

III. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문에서 제안하는 방법을 이용하여 자기 누설 신호를 변환할 경우, 각 홀 센서의 기준값을 일정하게 정렬(bias align)할 수 있고 또한 결함 영역이 아닌 부분의 값을 일정한 값으로 결정할 수 있다. 따라서 이렇게 변환된 신호를 이용하면 간단하게 특정값 보다 작은 신호만을 검출해 보는 것으로도 일정 크기 이상의 결함 영역의 위치를 쉽게 검출할 수 있다. 실제 신호를 가우시안 필터링된 신호로 변환하는데 상당한 시간이 소요되는데, 이 문제에 대한 연구가 계속되어야 할 것이다.

참고문헌

[1] J. B. Nestleroth and T. A. Bubenik, "MFL technology for natural gas pipeline inspection", Topical Report, The Gas Pipeline Inspection, GRI-00/01, 1999.

[2] J. Lee, M. Afzal, and S. Udpa, “Hierarchical rule based classification of MFL signals obtained from natural gas pipeline inspection”, Proc. of the Int. Joint Conf. on IEEE-INNS-ENNS. Vol. 5, pp. 71-76, Jul. 2000.