

비산란 그리드 결함 검출을 위한 최적 임계치결정 기법

박다울*, 정우현**, 강윤석**, 정중은**

*한동대학교 전산전자공학부

**제이피아이헬스케어(주) 기술연구소

e-mail : chungwh@jpi.co.kr

An Optimal Thresholding Technique for Anti-scatter Grid Artifact Detection

Daul Park*, Woohyun Chung**, Yoonseok Kang**, Joongeun Jung**

*School of Computer Science and Electrical Engineering, Handong Global University

**Dept. of Research and Development, JPI Healthcare, Co., Ltd.

요 약

본 연구에서는 X-선 영상을 이용한 비산란 그리드의 검사 자동화 시스템에서, 결함후보 ROI에 대한 판단정확도를 향상시킬 수 있는 최적영상 획득을 위한 임계치결정 기법을 제안한다. 주파수 도메인에서 영상히스토그램을 분석 및 재구성한 후 최적임계치의 결정에 필요한 요소를 추출하며, 재구성 히스토그램으로부터 영상패턴을 판단하여 각 유형에 따른 최적 임계치를 결정한다. 50개의 영상에 적용한 실험 결과 제안된 방법은 4.8/5.0의 성능(Inter-class correlation, ICC: 0.985, 95% CI, p-value<0.05)을 보였다.

1. 서론

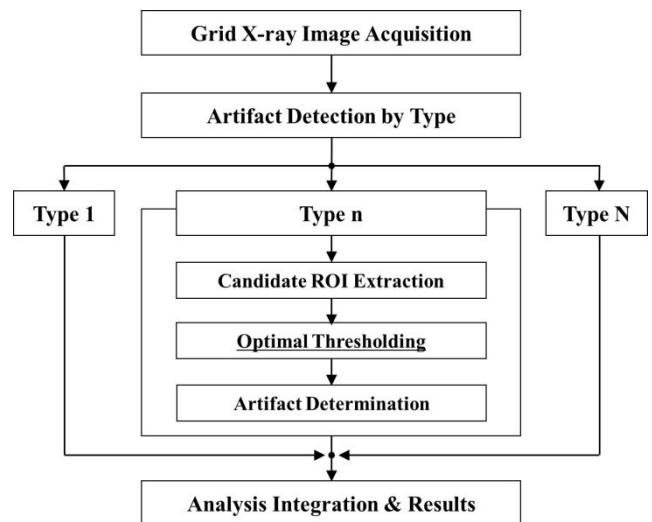
비산란 그리드(이하 그리드)는 X-선 영상을 이용한 진단 및 비파괴검사에서 영상의 화질 개선목적으로 이용되어 왔다. 그리드는 X-선이 피사체를 투과할 때 발생하는 산란 방사선을 X-선 검출기에 도달하기 전에 차단시킴으로써 사용 시 영상의 대조도를 향상시킬 수 있다[1-2]. 그리드의 품질검사 또한 X-선 영상을 이용한 비파괴검사로 이루어지며, 9 백만 픽셀 이상의 크기, 14~16bits의 고해상도 회색조 영상이 이용된다[3]. X-선 영상검사에서, 표현매체의 한계로 인해 영상 판독자는 화면에 표시될 영상의 크기 및 깊이 범위를 동적으로 조절한다.

육안판별에 의한 그리드 검사는 검사자의 숙련도, 상태, 검사시간 등 외부요인 및 검사자의 주관성이 개입하여 성능의 안정성을 기대하기 어렵다. 결함검출 자동화 시스템에 의한 검사가 이루어진다면, 검사과정의 일관성확보 및 지속적인 개선에 의한 정확도 향상을 기대할 수 있을 것이다. 그러므로, 본 연구에서는 그리드 촬영영상에서 잠재적 결함 ROI 영상으로부터 결함판별에 최적화된 영상을 생성하기 위한 임계치결정 기법을 제시한다. 이 때, '최적화'라 함은 판독전문가가 회색조 영상으로부터 결함영역을 판단한 결과와 자동화 시스템으로부터 도출된 결함부분추출 결과가 상호 일치함을 의미한다.

2. 결함검출 시스템

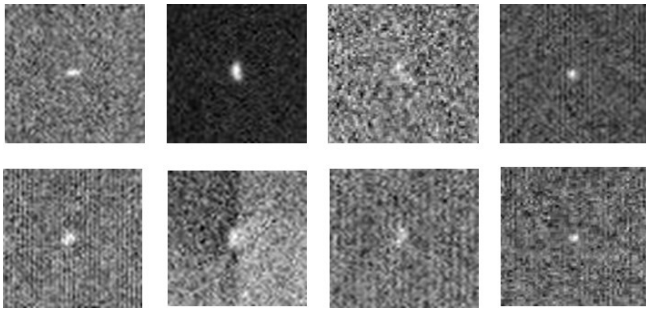
(그림 1)은 X-선 영상을 이용한 그리드 결함검출 시스템의 흐름을 보인다. 그리드 촬영영상을 입력 받

으면 결함 유형별로 모듈화된 프로세스가 병렬적으로 수행된다. 각 모듈은 전체영역에서 결함후보 ROI를 선정한 후, 결함영역 판독에 최적화된 영상을 생성하고 판독결과를 반환한다. 각 유형별 결함분석 결과를 종합하여, 그리드 영상평가결과를 출력한다.



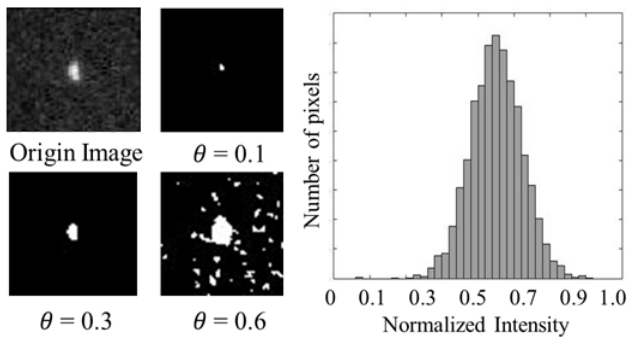
(그림 1) 그리드 결함검출 시스템 흐름도

(그림 2)는 그리드 결함유형 중 하나인 점 형 결함에 대한 ROI 예를 보인다. 영상중심에 낮은 픽셀 값 군집이 있는 공통된 특성을 보이지만, 결함픽셀의 군집크기 및 형태, 결함픽셀과 배경간 편차, 배경패턴 변화 등의 요인은 결함판별을 위한 임계값 파라미터의 결정을 어렵게 만든다.



(그림 2) 점 형 결함 ROI 의 예(60 by 60 pixels)

(그림 3)은 결함 ROI 에서 임계치가 이진영상결과에 미치는 영향을 보인다. 적정값 보다 낮은 임계치는 X-선 검출기에 존재할 수 있는 불량픽셀과의 구분을 모호하게 만들 수 있고, 적정값보다 높은 임계치는 결함부분을 비정상적으로 확대 표현하거나 일부 배경 영역까지 결함부분으로 포함시킬 수 있다. 그러므로, 본 연구에서는 영상히스토그램으로부터 최적의 임계치를 산출하여 정확한 이진영상화 영상을 획득하는 기법을 제안한다.



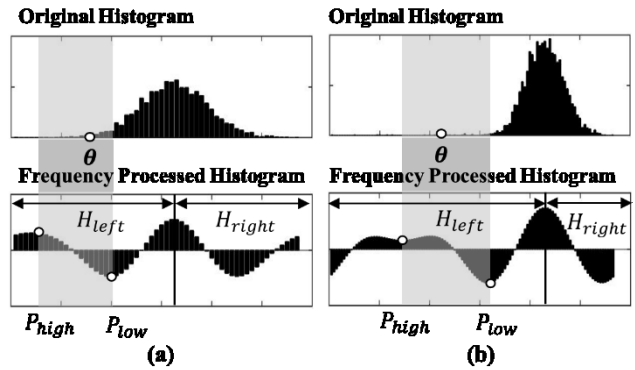
(그림 3) 결함 ROI 에 대한 이진영상화 결과

3. 최적 임계치 결정기법

본 연구에서는 영상히스토그램에 대역통과필터를 적용하여 복원된 결과로부터 최적임계치를 산출하는 기법을 제안한다. 먼저, 결함부분을 구성하는 픽셀의 군집은 영상 평균밝기보다 낮은 강도를 가진다고 가정한다. 대역통과필터를 적용하여 원본 히스토그램을 단순화시켰을 때, (그림 4)의 같이 단순화된 히스토그램은 (a)와 (b) 두 유형으로 나타날 수 있다. 본 연구에서는 2 개의 주파수만 통과할 수 있는 필터를 사용하기 때문에, 모든 ROI 영상에 대하여 단순화 히스토그램의 결과는 두 유형으로 분류된다. (a)유형은 ROI 영상에서 결함부분과 배경간 강도 값 차이가 작고, (b) 유형은 픽셀강도 값을 기준으로 결함부분과 배경의 구분이 상대적으로 명확한 경향을 가진다.

최적임계값은 본 연구에서 설정한 가정에 따라서 히스토그램상 좌측으로부터 탐색하고, 식(1)과 같이 결정한다. 식에서, P_{low} 및 P_{high} 는 픽셀 강도 값을, H_{left} 및 H_{right} 는 각각 히스토그램에서 최빈값을 보이는 픽셀강도를 기준으로 영상의 최소, 최대 강도와의 차이를 의미한다. 가중치(w)는 영상유형에 따라 서로 다른

값을 적용한다. 단순화 히스토그램에서, 양수 변곡점은 항상 유형(a)의 경우 2 개, 유형(b)의 경우 3 개가 발생하며, 이에 따라 유형(a)의 P_{high} 와 P_{low} 는 각각 단순화 히스토그램 좌측으로부터 첫 번째, 두 번째 변곡점으로, 유형(b)의 P_{high} 와 P_{low} 는 각각 두 번째, 네 번째 변곡점으로 설정한다.



(그림 4) 히스토그램 유형에 따른 최적임계값 결정

$$\theta = P_{low} - w_{type}(P_{low} - P_{high}) \left(\frac{H_{left}}{H_{right}} - 1 \right), \quad (1)$$

where $0 \leq w_{type} \leq 1$

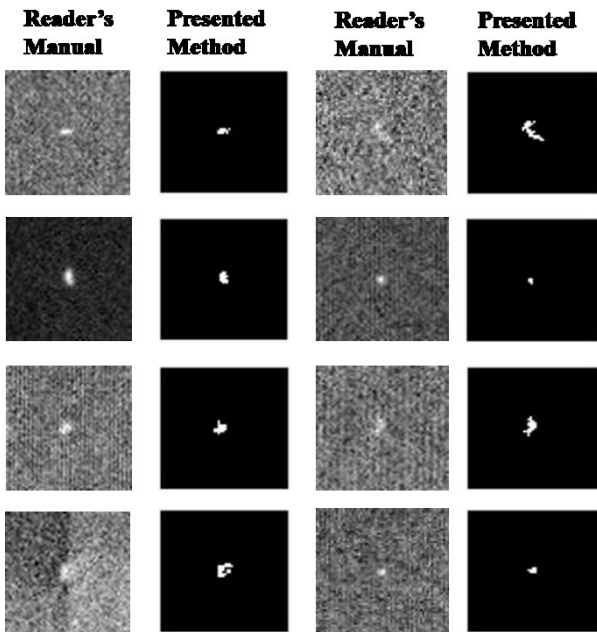
4. 실험 및 결과

제안된 임계치 결정기법의 검증은 위하여, (표 1)과 같이 X-선 영상시스템에서 그리드 촬영영상 50 개를 적용하였다. 영상히스토그램의 주파수변환 및 역변환 과정은 푸리에 변환(Fourier Transform)[6]을 이용하였다. 대역통과필터 이용하여 3 번, 4 번 주파수를 복원한 데이터로부터 히스토그램을 재구성하였다. 임계값 산출에서 영상유형에 따른 가중치는 (그림 4)의 (a)유형과 (b)유형에 각각 0.3 과 0.45 를 적용하였다.

알고리즘 검증실험에서는 각 실험영상에 대하여 본 연구에서 제안한 최적임계치를 적용한 결과영상과 판독전문가(경력 6 년)가 입력영상으로부터 판단한 결과 영상을 비교하였다. 각 실험영상에서 두 결과에 대한 유사도를 두 명의 전문가(각 경력 6 년, 2 년)가 0-5 점으로 평가한 결과 4.8 점을 획득하였고 이 때 ICC(Interclass Correlation)은 0.985 (95% CI, p-value<0.05)였다.

<표 1> 검증실험용 X-선영상 촬영장비

Devices	Product	Specification
CCD Detector	RXDN-7100D (Vieworks)	CsI Scintillator 0.140 Pixel Pitch 3072 x 3072 Res.
X-ray Tube	RAD-13 (Varrian)	1.0/2.0 Focal Spot 16° Target Angle
High-Freq. Generator	RG-525R (Ire Tech.)	40 - 125kVp 0.4 - 900mAs
Medical Monitor	KT-D213Q5E (KOSTEC)	0.2115 Pixel Pitch 2048 x 1536(3M)



(그림 5) 제안된 기법에 의한 이진영상화 수행결과

5. 결론 및 향후 연구

본 연구에서는 결함검출 자동화 시스템에서 결함후보 ROI의 결함판별정확도 향상을 위한 최적 임계치 결정 기법을 제안하였다. 결함부분과 배경패턴에 다양한 변수를 가지는 그리드 촬영영상에서 일관된 최적 임계치를 획득하기 위하여, 주파수 도메인에서 영상히스토그램을 재구성하여 새로운 파형을 획득하였고 변곡점들로부터 임계치 결정 식을 정의하였다. 파형의 형태에 따라 결함영상을 분류하고 이에 따른 결정 식의 가중치를 적용하였다. 50개의 시료를 대상으로 일차 검증이 이루어졌으며, 향후 실용화를 위해서 충분한 시료 확보 후 추가 검증이 필요할 것이다. 또한 주파수 도메인에서 사용 주파수 선정과 유형별 가중치 결정에 대한 이론적 기반 확립 연구를 진행할 계획이다.

참고문헌

- [1] Bushberg, Jerrold T., "The essential physics of medical imaging.". Lippincott Williams & Wilkins, 2002.
- [2] Tang, C-M., et al. "Anti-scattering X-ray grid.". Microsystem technologies 4.4 (1998): 187-192.
- [3] Kim JW, Kim JS, Lee CH. "JPI's Grid Book". JPI, 2015.
- [4] Noda, Isao, and Yukihiro Ozaki. Two-dimensional correlation spectroscopy: applications in vibrational and optical spectroscopy. John Wiley & Sons, 2005
- [5] Bao, Paul, Lei Zhang, and Xiaolin Wu. "Canny edge detection enhancement by scale multiplication." IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence 27.9 (2005): 1485-1490.
- [6] Candan, Cagatay, M. Alper Kutay, and Haldun M. Ozaktas. "The discrete fractional Fourier transform.". IEEE Transactions on signal processing 48.5 (2000): 1329-1337.