

논문 2009-46SP-4-16

# 산업용 CR영상의 기하학적 구도분석과 영역분할

## ( Geometric Scheme Analysis and Region Segmentation for Industrial CR Images )

황 중 원\*, 황 재 호\*\*

( JungWon Hwang and JaeHo Hwang )

### 요 약

방사선영상의 신뢰할 만한 영역검출은 용접부위 결합탐지 이전의 중요한 작업 중의 하나이다. 추출되는 특징들은 각 분할된 영상에 대하여 서로 다른 군집으로 분류되어야한다. 그러나 종래의 분할 기법으로는 방사선영상 고유의 색도중첩과 낮은 SN 비로 인해 만족할 만한 결과를 얻기가 쉽지 않다. 전체나 국부처리로는 잡음제거에 취약할 뿐만 아니라 영역분류도 어렵다. 이 논문은 산업용 CR 영상에서 영역기반실현의 분할을 위한 적절한 기법을 제시한다. 강판튜브에서 용접과 비용접 구간의 기하학적 차이가 영상화 과정을 통해 배경부, 두께부, 중간부 및 용접부 영역을 생성하고 계층 구조적 배열을 형성한다. 비록 그 구조가 잡음에 훼손되기는 하지만 영역구분 구도 각 영역의 차별된 기하학적 특성에 근거한 국부군집화에 의해 선별이 가능하다. 관련 영역의 기하학적 속성에 의해 그에 따른 영역이 계층별로 선별되어 실제 구분이 영역간 경계를 반영하기 때문에 직경과 길이방향의 군집화는 각 계층의 구별을 명확케 한다. 그리고 산업용 강판튜브 CR영상에 다양한 분할 방식으로 비교 실험을 실시하여 이 기법의 효과를 보였다.

### Abstract

A reliable detection of regions in radiography is one of the most important task before the evaluation of defects on welded joints. The extracted features is to be classified into distinctive clusters for each segmented region. But conventional segmentation techniques give unsatisfactory results for this task due to the spatial superposition of intensity and low signal-to-ratio(SNR) in radiographic images. The usage of global or local processes not only provide the necessary noise resistance but also fail in classification of regions. In this paper, we presents an appropriate approach for segmentation of region-based indications in industrial Computed Radiography(CR) images. The geometric differences between welded and non-welded area which is generated on radiography as the representative regions(background, thickness, middle and welded region in steel tube image) have constructed the hierarchical structure. Although this structure is contaminated by noise, the scheme between regions can be selected by the help of local clustering based on distinctive geometric property of each region. Because of the geometric nature of the considered region and so that the region is selected layer by layer, and that the real class represents the boundary between regions, the vertical and horizontal clustering process in each layer must be judicious. In order to show the effectiveness of this approach, a comparative experiment of various segmentation method is performed on industrial steel tube CR images.

**Keywords :** Segmentation, Region, Geometric Scheme, Layer, CR image

### I. 서 론

강관을 비롯한 각종 튜브, 파이프 및 금속판 용접 비

과피실험에 방사선영상이 산업계에 도입된 이래 측정기법과 장비 면에서 지속적인 발전을 이루어왔다. 종래의 필름감광방식에서 진일보하여 컴퓨터와 연계한 DR (direct radiography)방식에 이어 CR방식이 점차 보급되고 있다. CR방식은 컴퓨터에 의해 제어와 분석이 수행된다는 점에서 DR방식과 마찬가지로 DR에 비해 측정환경에 부합되는 장치의 이동성, 영상판 크기의 임의 조정과 유연성 그리고 방사선 노출 시간 단축이라는 이

\* 학생회원, 한양대학교 대학원 전자컴퓨터통신공학과 (Dept. of Electronics Computer Engin., Hanyang University)

\*\* 정회원, 한밭대학교 전자공학과 (Dept. of Electronic Engin., Hanbat University)  
접수일자: 2008년3월21일, 수정완료일: 2009년6월4일

점을 갖고 있다<sup>[1~2]</sup>.

방사선영상은 선원에서 방출된 광자가 매질에 입사와 흡수 과정을 거쳐 투과된 결과가 검출판에 영상화한 것으로 매질에서의 방사선 산란에 의한 잡음을 생성한다. 필름방사선영상에서는 필름입자의 광자교란이 더해져 매질이 위치하지 않은 배경부분에조차 낮은 SN비의 잡음이 나타난다. DR이나 CR방식에서도 영상판 재질개선으로 배경부분의 잡음은 상당부분 감소되나 매질에서의 잡음생성은 피할 수 없는 물리적 현상이다. 더욱이 영상화하는 과정에서 비어의 법칙(Beer's law)<sup>[3~4]</sup>과 역자승법칙(inverse square law)<sup>[5]</sup>에 의해 매질의 두께, 밀도 및 흡수상수 차이와 기하학적 측정구도에 기인하는 매질형태정보의 비선형 왜곡이 발생하며, 그 현상은 잡음에서도 예외가 아니다. 매질에서의 방사선산란과 비선형 왜곡이 잡음의 형태를 결정하므로 방사선 영상에서는 일반적인 영상에서 볼 수 있는 바와 같은 정형화된 잡음을 기대하기는 쉽지 않다. 원영상 형태정보와 잡음 모두 비정형화와 비선형 왜곡으로부터 자유롭지 못하다.

이러한 특성을 갖고 있는 방사선영상으로부터 특징이나 영역을 추출 및 선별하기 위해서는 원영상 형태정보의 기하학적 해석이 필요하다. 왜냐하면 매질인 대상체의 형태와 구조 그리고 측정시 방사선선원과 검출판과의 기하학적 배치 등이 영상화 과정을 통해 방사선 영상 가운데 반영되기 때문이다. 매질 형태와 측정 메커니즘이 영상생성을 통해 실현되는 영역과 특징들에 가시적인 차이와 차별적 특성을 나타낸다. 특히 강판투브나 평판 및 후판 등의 용접작업을 수행하는 산업용 방사선영상의 경우 측정에 따른 기하학적 형태차이가 영상 속에 영역을 형성하는 동시에 다른 영역과 차별되는 그 영역 고유의 영상구도 특성을 갖고 있음을 전제로 하고 있다. 여기서 이 전제는 측정실험을 통해 규명해야 할 선결과제이다.

선결해야 할 전제가 있음에도 불구하고 2000년대에 이르러 산업용 방사선의 디지털화가 본격화되고 보다 개선된 CR방식의 현장 적용연구가 진행되었으나 대부분의 산업용 용접 방사선영상처리는 단순한 영상향상이나 해상도 향상 또는 이차평면상의 전체 혹은 국부처리에 국한되어 있었다. 당시까지 연구된 에지검출, 문턱치 분할, 국부적응처리 혹은 주주파필터 잡음제거에 의한 영역분할 등의 기법을 단순 적용하여 장비를 개발하여 판매하는 차원에 머물러 있었다<sup>[6~10]</sup>.

이러한 다양한 시도들은 방사선영상의 해상도나 선명도를 일부 개선하여 용접부위의 시각적 감지효과를 개선하는 데는 기여한 바가 없지 않았으나 영상으로부터 용접부위 영역을 선별 분할하는 데는 미치지 못하였다. 이 분야 영상처리의 가장 중요한 목적인 용접상태 식별을 위해 용접부 영역 분할이 우선임을 간과하였다. 산업용 방사선영상 자체의 면밀한 특성분석 연구없이 일방적인 적용이 한계를 드러낸 것이다.

본 연구에서는 측정실험을 통해 산업용 강판투브 방사선 용접 영상을 취득한 후 일차적으로 영상생성과 측정의 기하학적 환경을 고려한 기하학적 분석을 시도한다. 원영상의 형태정보와 잡음생성 과정을 구조적으로 분석하여 영상에 구현된 영역특성을 추론한다. 영역 구획 별로 직경 및 길이방향에서의 화소 군집화가 고려되며 기하학적 구조의 메커니즘을 규명하고 영역들 사이의 경계치 검출과 국부처리에 의해 영역을 분할한다. 측정실험을 위해 방사선영상 취득 장치로 일본 FUJISA의 FCR XG-1 NDT를 사용하였다.

## II. 이론 및 배경

### 1. CR 영역의 기하학적 구도분석

#### 가. 탄젠트효과와 구도분석

CR방식의 강판투브 방사선영상 측정실험에서 방사선선원(source)-대상체-영상판(image plate)의 측정 구도에 의해 입사각 조정이나 위치오차에 따라 수평 및 수직축 상에서 탄젠트효과(tangential effect)가 나타나고 영역이 생성된다<sup>[11]</sup>. 그림 1은 강판투브 방사선영상

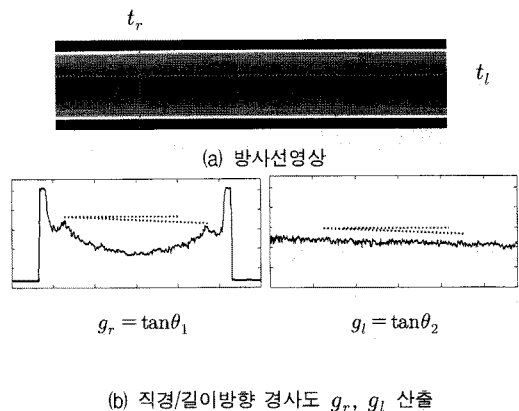


그림 1. 탄젠트효과와 경사도  
Fig. 1. Tangential effect and gradient.

을 대상체의 길이방향과 직경방향으로 선 데이터(점선 ---)의 회색도 변화를 분석한 그래프이다. 그림 1(a)는 대상영상, (b)는 직경방향  $t_r$  및 길이방향  $t_l$  에서의 각도  $\theta_1, \theta_2$ 에서의 경사도  $g_r$  과  $g_l$  이다.

나. 영역별 회색도 계층구도

강판튜브용접 방사선영상의 색도 분석결과에 의하면 영역 사이의 높은 중복도로 말미암아 용접부 영역만을 분할하기 위한 주변영역과의 문턱치 산출이 어렵다<sup>[12~13]</sup>. 특히 두께부, 중간부는 매질 형태정보에 해당하는 영역으로서 영역 사이에 통계수치상의 차이와 중복이 나타난다.

그림 2는 서로 다른 유형의 20(개) 강판튜브로부터 방사선영상을 수집하고 영역별 계층특성을 분석한 결과이다. 그림 2(a)는 측정영상의 일부이고, (b)와 (c)는 평균값과 표준편차를 그래프와 군(群)형태로 나타내었다. 측정실험시 취득한 관측영상  $I(i, j)$ , ( $i, j$ : 화소배열)를 이차평면상 직경 및 길이 방향 탄젠트효과의 경사도  $g_r$  와  $g_l$ 로 식 (1)과 같이 보정하여 보정된 영상  $\hat{I}(i, j)$ 을 분석대상 영상으로 하였다.

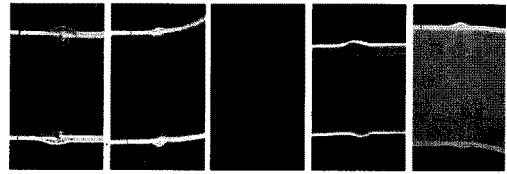
$$\hat{I}(i, j) = I(i, j) - [g_l \ g_r] \begin{bmatrix} i \\ j \end{bmatrix} \quad (1)$$

그림 2의 분석 결과는 영역별 평균값에 계층구도 특성이 있으나 표준편차는 바탕부 영역이 최하단에 별도로 위치하는데 비해 기타 영역들은 계층적 경향을 보이는 하나 인접 영역과의 중복이 심하다. 계층에 따른 표준편차 변화는 바탕부영역의 잡음이 상대적으로 적은 데 비해 상층부로 갈수록 증가하고 있다.

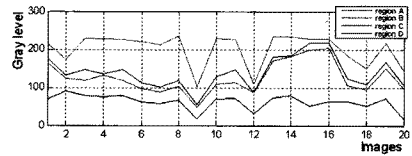
보정된  $\hat{I}(i, j)$ 에는 해당 회색도에서의 화소군  $C_i(i, j)$ , ( $t=0\sim 255$ )이 존재하며 이들 화소군은 식 (2)에서와 같이 공간상의 회색도 구간 축과 수직인 평면배열을 구성한다.

$$\hat{I}(i, j) = \sum_{t=0}^{255} C_t(i, j) \quad (2)$$

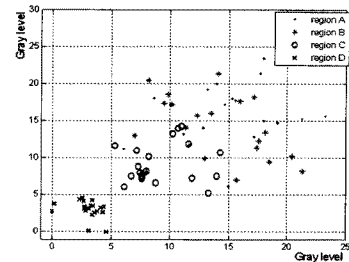
이 때 각각의  $C_t(i, j)$ 에서 화소가 존재하지 않는 배열은 빈 공간으로 남게 되며 회색도 전체 구간에 대하여 계층적 차별을 나타낸다. 이러한 계층적 차별 성향을 방사선 용접영상의 영역에 적용하면 식 (3)과 같은 영역별 군집화가 가능하다.



(a) 강판튜브용접 CR 방사선영상 샘플일부



(b) 영역별 평균값 변화



(c) 영역별 표준편차 분포

그림 2. 샘플영상들의 영역별 평균값과 표준편차  
Fig. 2. Mean and standard deviation for regions of sample images.

$$\hat{I}(i, j) = \bigcup_{l=1}^3 G_l(i, j) \quad (3)$$

$$G_1(i, j) = \sum_{a=t_4}^{255} C_a(i, j), \quad G_2(i, j) = \sum_{b=t_2}^{t_3} C_b(i, j)$$

$$G_3(i, j) = \sum_{c=0}^{t_1} C_c(i, j),$$

식 (3)에서  $G_1 \sim G_3$ 을 각각 두께부, 중간부 및 바탕부 영역이라 할 때 회색도 구간  $0 \sim t_1, t_2 \sim t_3, t_4 \sim 255$ 에서 고유의 영역화소군을 형성한다.

다. 직경방향 영역분할 구도

직경방향의 형성구조는 그림 3과 같이 선 데이터 그래프 상의 특징점  $P_1, P_2, Q_1$  및  $Q_2$ 에서 영역을 분할하며 이 구도는 길이방향으로 연속된다.

여기서  $Q_1, Q_2$ 는 영역 D 좌우로부터의 상승이탈점이고  $P_1$ 은  $Q_1$  이후 첫 번째 만곡점,  $P_2$ 는  $Q_2$  이전 첫 번째 만곡점이다.

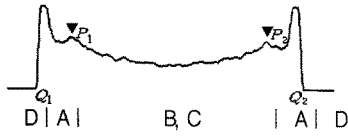


그림 3. 직경방향 선 데이터 배열  
Fig. 3. Line data array for diameter direction.

$\hat{I} \in R^{n_1 \times n_2}$ , ( $n_1$ : 직경방향 배열,  $n_2$ : 길이방향 배열)의 직경방향 화소군  $i_r$ , ( $i_r \in R^{n_1 \times 1}$ ,  $i_r \subset \hat{I}$ )에서 해당 특징점 이전의 화소군을  $i_{rbef}$ , 이후를  $i_{raf}$ 라 할 때 특징점들은 다음의 조건을 만족한다.

- i)  $Q_1$ ;  $\nabla^2 i_r = 0$  and  $\nabla i_r > 0$
- ii)  $Q_2$ ;  $\nabla^2 i_r = 0$  and  $\nabla i_r < 0$
- iii)  $P_1$ ;  $Q_1$  지점이후 첫 번째  $\nabla i_r = 0$  and  $\nabla i_{rbef} > 0$  and  $\nabla i_{raf} < 0$
- iv)  $P_2$ ;  $Q_2$  지점이전 첫 번째  $\nabla i_r = 0$  and  $\nabla i_{rbef} > 0$  and  $\nabla i_{raf} < 0$

그림 3의 중간부 영역은 튜브내부로서 방사선 투과에 따른 원형 튜브 고유의 기하학적 형태가 나타난다. 표 1은  $\{i_r\}$ 의 중간부 영역에 함수부합을 실시하고 식 (4)의 최소자승오차(least square error summation)[14]로 부합정도를 비교하여 최적의 기하학적 함수를 찾아낸 결과이다. 함수부합에는 가우스함수, 1차 함수, 2차 함수 및 5 차 함수를 사용하였다.

$$e_r = 1 - \frac{\|H_x - G_x\|^2}{\|H_x - \mu_x\|^2}, \quad 0 \leq e_r \leq 1 \quad (4)$$

중간부의 부합함수를  $f_t$ 라 할 때 식 (5)와 같이  $i_r$ 에  $f_t$ 를 적용함으로 원형형태의 영상을 평면형태로 전환하는 기하학적 변형이 가능하다.

$$\hat{i}_r = i_r - f_t \quad (5)$$

표 1. 함수부합 분석결과,  $e_r$   
Table 1. Data for function fitting,  $e_r$ .

통계 \ 함수	가우스함수	1차함수	2차함수	5차함수
$e_r$ , 평균	0.9155	0.0556	0.9381	0.9399
$e_r$ , 표준편차	0.0120	0.0086	0.0097	0.0094

라. 길이방향 영역분할 구도

바탕부나 두께부는 길이방향으로 균일한 회색도를 유지하나 용접-비용접으로 구분되는 중간부는 용접에 따른 두께 상승으로 영역 사이에 회색도 차이가 발생한다.

그림 4는 용접-비용접인 중간부 영역의 구조를 분석한 것으로 식 (3)의  $G_2$ 에서 계층 차이를 보이고 있다.

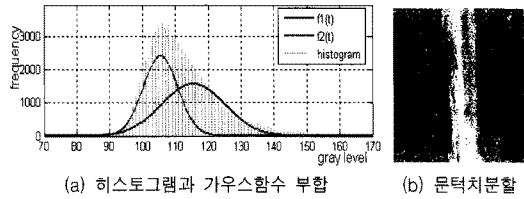


그림 4. 회색도  $t_r$ 에서의 영역분할 구도  
Fig. 4. Region division scheme at  $t_r$ .

$t_2$ 로부터 회색도를 증가하여  $t_r$ 까지의 누적계층군 식 (6)을 형성한다.

$$G_{x_1}(i, j) = \sum_{p=t_2}^{t_r} C_p(i, j) \quad (6)$$

식 (6)의  $t_r$ 에서 두 영역간 누적 계층 차이를 보이는데, 이  $t_r$ 은 그림 4(a)의 중간부 전체의 히스토그램과 두 개의 부합 가우스함수의 교차점이기도 하다. 이 때  $t_r$ 을 문턱치로 설정하면 그림 (b)와 같은 영역분할이 일어난다.

이렇게 처리한 이진영상에서 논리 “1” (흑색)이 나타날 영역 B와 C에서의 확률  $P(G_{xB})$ 와  $P(G_{xC})$  사이에는 식 (7)의 관계가 성립한다.

$$P(G_{xB}) < P(G_{xC}) \quad (7)$$

식 (7)의 확률적 차이는  $t_r$ 의 변화에 따라 달라지며  $\max[P(G_{xC}) - P(G_{xB})]$ 에서  $t_r$ 의 최적값이 결정된다.

2. 기하학적 구도를 활용한 영역분할

직경방향과 길이방향의 기하학적 구도는 영역분할의 기저를 제공한다. 영역분할은 구도특성을 고려하여 다음의 단계와 같이 진행한다.

단계 1: 직경방향의 구도를 적용하여  $\hat{I}$ 로부터  $\{i_r\}$ 을

선별한 후 각각의  $i_r$ 에서 특징점  $P_1, P_2, Q_1$  및  $Q_2$ 를 산출하고 동종의 특징점을 연결하는 영역간 경계를 추적한다.

단계 2: 그림 2에서와 같이 최하단 계층에 해당하는 바탕부를  $Q_1$ 과  $Q_2$ 의 추적선을 따라 분할한다.

단계 3:  $P_1$ 과  $P_2$ 의 추적선을 따라 두께부를 분할한다.

단계 4: 바탕부와 두께부를 분할한 다음 남은 중간부에 용접구간이 없으면 분할을 종료한다. 중간부에 용접-비용접구간이 존재하면 다음과 같은 기하학적 구도를 적용한다.

가. 길이방향 영역분할

중간부는 용접-비용접 순으로 영역이 구분되며 그 변화는 식 (6)의  $t_r$ 을 기준으로 그림 5와 같은 좌우 양방향으로의 상승이탈점이 발생한다.

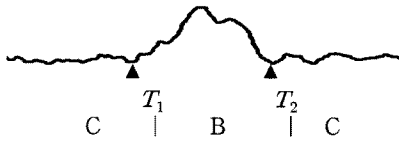


그림 5. 상승이탈개념도  
Fig. 5. Rising secession idea.

중간부 영역  $I_m$ 의 길이방향 화소군  $i_l, (i_l \in R^{1 \times n_3}, n_3 < n_1, i_l \subset I_n, I_n \subset \hat{I})$ 을 식 (8)의 이동평균필터 ( $m$ : 이동창 데이터 수)를 통과시켜 잡음을 제거한다.

$$\hat{i}_l(j) = \frac{1}{m} \sum_{k=0}^{m-1} i_l(j+k), \quad j=1,2,\dots,n_3 \quad (8)$$

각  $\hat{i}_l$ 에서 다음과 같이 특징점 ( $T_1, T_2$ )를 추출한 다음 길이방향 ( $T_1, T_2$ )의 직경방향 추적선을 따라 용접부를 분할한다.

나. 국부처리에 의한 영역분할

식 (5)에 의해 중간부 영역 영상을 기하학적 평면구도  $\tilde{I}_m$ 로 변형한다. 문턱치 분할에 따른 식 (7)의 확률구조는 각 영역에서 화소의 회색도가 이진화됨에 따라 원영상의 회색도와 별개인 국부의존도가 높은 MRF(Markov random field)로서, 임의 화소와 인접화소들과의 상호의존도가 높다. 즉 MAP (maximum a

posteriori)적 접근이 가능하다<sup>[15]</sup>. 또한 영역 A, B, C의 회색도 평균값  $\mu_a, \mu_b, \mu_c$  사이에  $\mu_a > \mu_b > \mu_c$  이고 그 양상이 기하학적인 영역간 경계를 형성하고 있는데 이는 곧 MICM (modified iterated conditional modes)<sup>[16]</sup>적 접근에 의한 영역분할 조건을 갖추고 있음을 의미한다. 계층선별 이진영상의 이러한 특성들에 의해 인접화소들 사이의 확률적 근사에 근거하여 타인접구간과의 차별을 확률적으로 규정, 극대화함으로써 영역 사이의 기하학적 구도의 구획을 국부처리로 실현가능하다.

현재 고려중인 화소(current pixel)  $x_i$ 와 그 인접화소들  $n_p$ 로 구성된 블록  $b_p, (b_p = \{b_p, n_p\})$ 를 차수  $n, (n=3,5,7,\dots$ 홀수)에 대하여 식 (9)를 설정한다.

$$b_p = \{(u,v) | (i-u)^2 + (j-v)^2 \leq n\} \quad (9)$$

여기서  $(i,j)$ :  $b_p$ 의 중심화소 배열 위치

이러한 체계는  $x_i$ 의 위치에 따른 방향 기하학적 블록  $h_i, (i=1,2,\dots,5)$ 로 확대함으로써 각  $h_i$ 별 확률특성  $P_r(h_i)$ 를 산출하고  $G_b = \{P_r(h_i)\}$ 에서 또 다른 종합적인 확률분포를 얻고자 함이다. 이동블록  $b_p$ 에의 방향성 부여는 종래의 베사주(Besag, J)식 국부처리<sup>[15]</sup>에서 간과하였던 영상 내 영역형성에 따른 예지오차와 과/부족 평활화(over/under smoothing)를 최소화하고 균집성향을 강화하는데 기여한다. 일차적으로는 각  $h_i$ 별로  $x_i$ 를 중심으로 인접화소들과의 확률을 검증하고 이를 종합한  $G_b$ 에서 다음 단계의 방향별 데이터 확률을 검색한다. 이 과정에서 국부의존성에 근거한 화소들의 균집화가 이루어지는 동시에 영역특성을 복수방향으로 감지함에 따른 영역판별이라는 이중의 효과가 발생한다. 이동블록  $b_p$ 내의  $x_i$ 와  $n_p$ 와의 확률적 유사성과 방향적 상관관계를 함께 탐색한다.

용접-비용접의 중간부로 영역에서 먼저 식 (7)에 의해 형성된  $G_{x_i}$ 의 비용접영역 내 임의구역에서 화소군을 선택하여 통계값인 평균값  $\mu_i$ 와 표준편차  $\sigma_i$ 를 산출하는 전처리과정을 수행한다. 전처리이후 다음 단계로 국부처리를 실시한다.

단계 1:  $G_{x_i}$ 에 이동블록  $b_p$ 를 적용하여 각각의  $h_i$ 에 대하여 식 (10)의 확률을 구한다.

$$P_r(h_i) = \exp\left(\frac{n_c}{n_b}\right), \quad 0 < P_r(h_i) \leq 1 \quad (10)$$

여기서  $n_b$ : 블록  $b_p$ 의 화소개수

$n_c$ : 블록  $b_p$ 의 화소개수 가운데 회색도가  $(\mu_t - \alpha \sigma_t) \sim (\mu_t + \alpha \sigma_t)$  사이에 존재하는 화소개수

단계 2:  $G_b = \{P_r(h_i)\}$ 에 식 (11)의 판별식을 적용하여 영역귀속을 결정한다.

$$P_r(x_t = \delta | G_b) = \frac{\lambda n_{g_-}}{n_{g_+} + \lambda n_{g_-}} \quad (11)$$

여기서  $\delta$ : 논리적으로 "1" 또는 "0"

$\lambda$ : 농도 조정인자,  $(0 \leq \lambda < 1)$

$n_{g_+}$ :  $G_b$ 의 원소 가운데  $P_r(h_i) > \xi$  인 원소개수

$n_{g_-}$ :  $G_b$ 의 원소 가운데  $P_r(h_i) \leq \xi$  인 원소개수

이와 같은 국부처리적 접근을 순차반복 수행함으로 잡음이 최소화된 영역분할을 도모한다.

### III. 실험 및 결과

그림 6은 제 II 장에서 제시한 영역분할 기법으로 처리한 결과를 보이고 있다. 그림 6(a)는 실험대상인 관측 방사선영상(680X450), (b)는 그림 (a)를 식 (1)로 탄젠트효과를 보상( $g_x:0.0241, g_y:0.0012$ )한 결과이고, (c)와 (d)는 그림 (a)와 (b)의 점선(---)으로 표시된 수평방향으로 선 데이터 하나를 추출하여 보상결과를 그래프로 보인 것이고, (e)~(g)는 직경방향의 기하학적 구도를 적용한 특징점 추적선으로 배경부, 두께부 및 중간부를 순차적으로 분할한 결과이다. 중간부 영역에 용접-비용 접구간이 존재함으로 길이방향영역분할로 처리한 것 ( $m=5$ )이 그림 6(h)이고, 그림 (g)에 식 (5)를 적용하여 평면형태인 그림 (i)로 전환한 다음 국부처리( $n=3$ )로 그림 (j)의 분할 영상을 얻었다.

[고찰] 그림 6(b)~(d)에서 입사각 불균형에 따른 영상의 구조적 치우침이 수평구조로 회복됨을 알 수 있다. 그림 (e)~(h)는 특징점 추적선으로 영역을 직경방향과 길이방향으로 하나씩 분할할의 효과를 보여준다. 그림 (i)는 중간부영역의 원형구조를 평면화함으로 문턱치와 국부처리에 의한 용접-비용접의 영역분할 효과를 그림 (j)에 보이고 있다.

그림 7은 기존의 영역분할기법에 의한 처리 결과를 보이고 있다. 문턱치처리, K-means 영역분할기법 및 스네이크 알고리즘을 사용하였다.

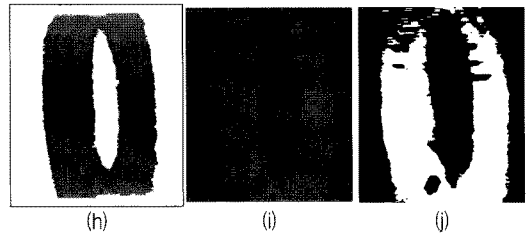
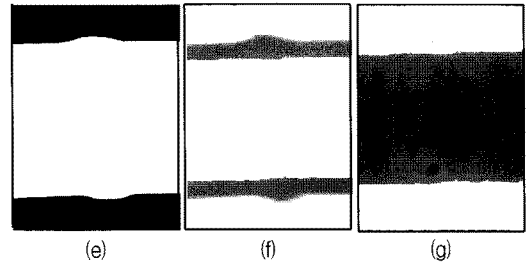
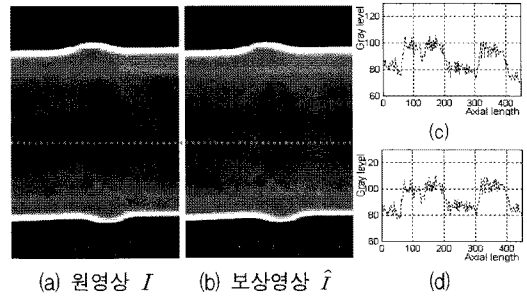


그림 6. 실험영상과 결과  
Fig. 6. Test image and results.

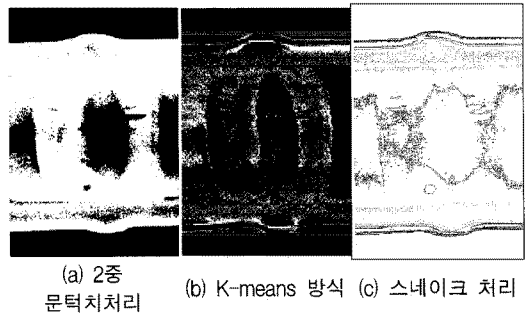


그림 7. 기존기법에 의한 결과  
Fig. 7. Results by conventional approach.

[고찰] 영역구분이 명확하지 못하고 분할이 어렵다. 영역분할에 한계가 있다.

### IV. 결 론

고에너지를 사용하는 강판튜브 CR방사선영상을 통

한 비파괴검사는 일차적으로 영상 내의 영역을 분할함에서 비롯한다. 방사선영상 형성시 측정환경에 따른 대상체인 매질의 기하학적 구조가 반영되며, 그 구조가 계층적으로 구축되어 있는 동시에 직경방향과 길이방향의 특징점을 중심으로 영역간 경계구분이 가능함을 입체적이고 기하학적인 특성분석을 통해 규명하였다. 이 분석을 근거로 바탕부-두께부-중간부 순으로 하나씩 영역을 분할하였다. 원형구조인 중간부영역에는 그에 부합하는 함수를 찾아 역으로 적용함으로 평면구조로 변환하는 알고리즘을 개발하였다. 용접-비용접구간이 존재하는 중간부영역의 경우, 이와 같이 평면구조로 변환된 영상으로부터 계층구조에 따른 영역구분 경계치를 가우스함수 부합원리로 도출하고 문턱치로 분할처리한 후 국부치리로 접근하는 방식과 길이방향의 특징점 추적을 근간으로 하는 방식으로 영역을 분할하였다. 이러한 방식들은 영상의 기하학적 형성 구조를 고려하지 않은 종래의 방식에 비해 우수한 영역분할효과가 있음을 실험을 통해 보였다.

### 참 고 문 헌

- [1] R. J. Patei, "Digital applications of radiography," in *Proc. of 3rd MENDT*, Manama, Bahrain, Nov. 2005.
- [2] E. Deprins, "Computed radiography in NDT applications," in *Proc. of 16th WCNDT*, Montreal, Canada, Aug. 2004.
- [3] H. H. Barrett and W. Swindell, *Radiographic imaging*, Academic Press, 1981.
- [4] C. Melvin and K. Sbdel-Hadi, "A simulated comparison of turnstile and Poisson photons for X-ray imaging," in *Proc. of IEEE CCECE*, pp. 1165-1170, Manitoba, Canada, May 2002.
- [5] E. R. Williams, J. E. Faller and H. A. Hill, "New Experimental Test of Coulomb's Law: A Laboratory Upper Limit on the Photon Rest Mass," *Physical Review Letters*, *Physical Review Letters*, Vol. 26, pp. 721-724, March 1971.
- [6] C. Gueudre, J. Moysan and G. Corneloup, "Weld quality control by radioscopy using edge and area segmentation method," in *Proc. of 15th WCNDT*, Roma, Italy, Oct. 2000.
- [7] N. Nafaa, D. Redouane and B. Amar, "Weld defect extraction and classification in radiographic testing based artificial neural networks," in *Proc. of 15th WCNDT*, Roma, Italy, Oct. 2000.
- [8] X. Zhang and J. Xu and Y. Li, "The research of defect recongition for radiographic weld image based on fuzzy neural network," in *Proc. of 5th WCICA*, Hangzhou, China, June 2004.
- [9] Y. Kabir and R. Draï, "A new co-operative segmentation method applied to X-ray images," in *Proc. of 15th WCNDT*, Roma, Italy, Oct. 2000.
- [10] H. Jagannathan, N. Bhaskar, P. Sriraman and N. A. Vijay, "A step towards automatic defect pattern analysis and evaluation in industrial radiography using digital image processing," in *Proc. of 15th WCNDT*, Roma, Italy, Oct. 2000.
- [11] D. Redouane, K. Yacine, A. Amal, A. Farid and B. Amar, "Evaluation of corroded pipelines wall thickness using image processing in industrial radiography," in *Proc. of 15th WCNDT*, Roma, Italy, Oct. 2000.
- [12] 황중원, 황재호, "선군집분할방식의 강관튜브 엑스선 영상에의 적용성 판별," 대한전자공학회 하계종합학술회의논문집I, 397-398쪽, 부산, 한국, 2007년 7월
- [13] J. H. Hwang and J. W. Hwang, "Image analysis for specific region segmentation of steel-tube radiographic Images," in *Proc. of ITC-CSCC 2007*, pp. 365-366, Busan, Korea, July 2007,
- [14] C. Daniel and F. S. Wood, *Fitting Equations to Data*, John Wiley & Sons, New York, 1980.
- [15] J. Besag, "On the statistical analysis of dirty pictures," *J. R. Statist. Soc.*, Vol. 48, no. 3, pp. 259-302, 1986.
- [16] 황재호, "변형된 ICM 방식에 의한 영역판별," 전자공학회논문지 제43권 SP편, 제5호, 37-44쪽, 2006년 9월

— 저 자 소 개 —



**황 중 원**(학생회원)  
 2006년 경인교육대학교(교육학사)  
 2008년 송실대학교 미디어학과  
 (공학석사)  
 2008년 3월~현재 한양대학교 전자  
 컴퓨터통신공학과  
 박사과정

<주관심분야: 컴퓨터비전, 알고리즘개발, 교육미  
 디어>



**황 재 호**(정회원)  
 1982년 아주대학교 전자공학과  
 (공학사)  
 1986년 서울대학교 전기공학과  
 (공학석사)  
 1994년 서울대학교 전기공학과  
 (공학박사)

1982년~1992년 전력연구원 부장대리  
 1992년~현재 한밭대학교 전자공학과 교수  
 <주관심분야: 영상신호처리, 비전, DSP>