

論文2000-37TE-2-6

다중스캔 모드를 이용한 형태론적인 형상분해

(Morphological Shape Decomposition using Multiscan Mode)

高德永*, 崔鍾鎬**

(Duck-Young Ko and Jong-Ho Choi)

요 약

본 연구에서는 패턴인식과 영상압축을 목적으로 2-D 영상내에 포함되어 있는 물체들의 복잡한 형상을 형태론적 연산을 이용하여 단순한 원시형상 요소들로 분해하는 방법에 관해 연구하였다. 기존의 형태론적 형상 분해 알고리즘에서 가장 큰 문제점은 형상을 표현하고 기술하는데 필요한 원시형상 요소의 수가 너무 많이 생성된다는 것이다. 본 논문에서는 이러한 문제점을 개선하기 위하여 형상의 기하학적인 특징과 가장 유사한 원시형상 요소와 4개의 스캔모드를 사용하는 형상 분해법을 새롭게 제안하였다. 제안된 알고리즘은 4개의 스캔모드를 사용해서 원판, 정사각형, 마름모 꼴 등으로 구성되는 원시형상 요소를 추출하는 방법이다. 이와 같은 알고리즘은 기술 오차를 줄이면서 원시형상 요소의 수를 줄여 기술효율을 높일 수 있는 방법으로 최소의 중복성을 보장할 수 있으며, 알고리즘이 단순하고 계산 시간이 감소한다는 특징이 있다.

Abstract

In this study, a shape decomposition method using morphological operations is studied for decomposing the complex shape in 2-D image into its simple primitive elements. The serious drawback of conventional shape representation algorithm is that primitive elements are extracted too much to represent and to describe the shape. To solve these problems, a new shape decomposition algorithm using primitive elements that are similar to the geometrical characteristics of shape and 4 scan modes is proposed in this study. The multiple primitive elements as circle, square, and rhombus are extracted by using multiscan modes in a new algorithm. This algorithm have the characteristics that description error and number of primitive elements is reduced. Then, description efficiency is improved. The procedures is also simple and the processing time is reduced.

I. 서 론

다양한 정보를 제공하는 영상신호는 텔레비전과 같

은 방송으로부터 패턴인식, 로봇트 비전 등의 여러 분야에서 이용되고 있다. 응용목적에 따라 영상신호는 간단한 영상처리(low-level processing)에서 고 수준의 복잡한 컴퓨터 시각(computer vision)에 이르는 방법들로 처리된다.

초기 영상처리는 필터링, 영역분할, 특징추출, 변환에 의한 매핑, 광류검출 등과 같은 기술로서 디지털 영상에 대한 국부적인 계산이 주종을 이루고 있다. 여기서 추출된 영상정보들을 이용하여 상위 수준의 영상처리는 부호화, 형상인식 등을 달성하게 된다. 일반적으로 화상처리는 필터링을 이용하고 있으며, 다양한 필터 효

* 正會員, 全州工業大學 電子科

(Dept. of Elec. Eng., Jeon-Ju Tech. College)

** 正會員, 江南大學校 電子工學科

(Dept. of Elec. Eng., Kang-Nam University)

※ 본 논문은 전주공업대학 산업 기술 연구소 학술연구 조성비 지원에 의해 수행되었습니다.

接受日字:2000年4月4日, 수정완료일:2000年6月1日

과를 실현 할 수 있는 형태학적인 방법을 이용하여 화상을 필터링 하는 방법이 제안되고 있다. 형태학을 이용한 2차원 화상에 대한 화상처리 사례가 다수 보고되고 있지만, 계산기의 처리 능력의 제한으로부터 형태학을 이용한 화상처리는 2차원 화상에 적용하고 있다.

2-D 영상에 포함되어 있는 물체들의 복잡한 형상을 단순한 원시형상 요소들로 분해하여 시각적인 인식의 기본단계에 알맞게 처리하는 기술이다. 영상에 존재하는 형상들을 효율적으로 기술하고자 하는 형상기술(shape description) 기법^[1,2]은 형상의 윤곽선을 기술하고, 형상의 패턴과 관련이 있고 패턴 인식기술의 적용이 가능한 내적 형상기술 기법이 주로 연구되고 있다. 형상기술에 관한 연구에서 중요한 관심대상은 알고리즘의 단순화와 처리시간의 감소이다. 이러한 문제의 해결방법으로 기하학적 집합이론에 근거하고 있는 수학적 형태론^[3,4,5](mathematical morphology)을 적용하는 것을 생각할 수 있으며, 이는 정의된 패턴을 이용하여 영상을 변환·해석하고자 하는 것으로 형상의 기하학적인 정보를 얻는데 적합한 이론이다. 형태론적 형상기술의 접근방법으로는 형태론적 골격을 이용하는 방법^[4]과 형태론적 형상분해에 의한 방법^[5]이 있다.

형태론적 골격화(morphological skeleton)는 2진 영상 데이터를 밀도가 낮은 다치 영상으로 변환하는 방법으로 변환된 영상은 무손실로 원래의 2진 영상을 복원할 수 있는 중요한 정보를 갖고 있다. 한편 형태론적 골격을 이용하는 방법은 기술효율은 높으나, 복원시 생략할 수 있는 많은 점들을 포함하고 있어 이 점들의 중복도 개선 방법 및 광역정보(global information)에 의존하고 잡음에 민감하다는 특징 때문에 형상의 모델링에 쉽사리 응용될 수 없는 문제점이 있었다. 이와 같은 측면에서 패턴인식과 영상 데이터의 압축을 목적으로 하고 있는 본 연구에서는 형상분해에 의한 형상기술을 연구대상으로 하였다.

형상표현 및 기술을 위한 형상분해^[3,4]에 관해서는 패턴인식의 분야에서 이미 상당한 연구가 진행되어 왔다. 하지만 대부분의 알고리즘들에서는 형상을 구성하는 원시형상 요소(primitive element)로 원판이나 혹은 정사각형과 같은 점대칭 요소를 사용함으로써 형상의 방향 특성을 기술한 기술이 복잡하여 기술효율이 떨어지게 된다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 본 연구에서 새롭게 제안된 방법은 형상의 기하학적인 특징에 적합한 구성소를 미리 선택한 다음, 4개의 스캔모드에

서 확장 연산만을 수행하여 4개의 원시형상 요소로 형상을 분해하고자 하는 다중스캔 모드를 이용한 형상분해이다. 본 연구에서 제안된 알고리즘을 적용하면 복잡한 형상을 갖는 영상의 경우에 특히 그 기술효율이 향상되고 기술오차가 감소하는 것을 실험을 통하여 확인하였다. 제안된 방법은 형상의 기술오차를 줄이고 원시형상 요소의 수를 줄여 기술효율을 높일 수 있는 방법으로 최소의 중복성을 보장할 수 있으며, 알고리즘이 단순하다는 특징이 있다.

II. 형상분해

형상분해는 형상 X 를 여러 개의 원시형상 요소 $X=\{X_1, X_2, X_3, \dots, X_k\}$ 들로 분해하고자 하는 것으로 이의 수학적 표현은 다음과 같다.

$$X = \bigcup_{i=1}^k X_i, \quad X_i \in G(R^2) \quad (1)$$

여기서 $G(R^2)$ 은 2-D 유클리드 공간 R 에서 정의되는 2-D 개집합(open set)이다.

형태론적 형상분해에서 원시형상 요소는 다음과 같은 형태론적 연산을 수행하여 얻을 수 있다^[3].

$$X_i = X \ominus n_i B = (X \ominus n_i B^s) \oplus n_i B \quad (2)$$

여기서 B 는 구성요소(structuring element)이고, n_i 는 구성소의 크기이며, \oplus 와 \ominus 는 각각 확장(dilation)과 침식(erosion) 연산자이다. 그리고 B^s 는 원점에 대한 B 의 반전(reflection)이다.

식 (2)는 형상이 점 또는 선으로 축소될 때까지 형상 X 를 B 로 침식 연산한 결과를 침식 연산한 횟수만큼 확장 연산하면 원시형상 요소를 얻을 수 있다는 것을 의미한다. 이러한 처리는 $X - X_i$ 에 대해서 반복적으로 수행하면 다음과 같다^[3].

$$\begin{aligned} X_i &= (X - X_{i-1}') \ominus n_i B \\ &= ((X - X_{i-1}') \ominus n_i B^s) \oplus n_i B \end{aligned} \quad (3)$$

$$X'_i = \bigcup_{0 \leq j \leq i} X_j$$

$$X'_0 = \emptyset$$

$$\text{Stopping condition: } (X - X'_k) \ominus B^s = \emptyset$$

여기서 종료조건은 형상의 전 영역을 남김없이 분해하기 위한 조건이고, k 는 분해된 원시형상 요소의 총수

를 나타낸다.

형상분해 알고리즘을 적용하여 분해된 각각의 원시형상 요소는 점 또는 선으로 표현되는 궤적 L_i 를 따라 $n_i B$ 를 평행 이동할 때 생기는 영역이다. 원시형상 요소에 내접하는 최대 구성소의 궤적 L_i 는 다음과 같이 쓸 수 있다^[8].

$$L_i = (X - \bigcup_{0 \leq j \leq i-1} (L_j \oplus n_j B)) \ominus n_i B^s$$

$$L_0 = \emptyset$$

$$L_i = \bigcup_{0 \leq j \leq i} L_j \quad (4)$$

식 (3)과 식 (4)를 결합하면 원시형상 요소와 궤적의 관계를 얻을 수 있다.

$$X_i = L_i \oplus n_i B \quad (5)$$

III. 알고리즘

1. 영상분할

형태론적 영상분할 알고리즘은 동적 문턱치 처리(dynamic thresholding)와 배경제거(background subtraction)에 근거한다. 그 기본원리는 주위보다 더 밝거나 혹은 어두운 형상들을 제거하여 배경을 얻고, 이를 원 영상에서 분리하고자 하는 것이다. 형상분해의 대상이 되는 영상에서 형상은 배경보다 어둡거나 혹은 밝게 표현된다. 그러므로 형상영역의 그레이 레벨의 최대값과 최소값을 결정하면 배경영역에 대응되는 영상을 얻을 수 있다. 여기서 그레이레벨의 최대치와 최소치의 추출은 영상의 지형적 구조에서 마루(peak)와 계곡(valley)을 결정하는 문제로 바꾸어 생각할 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 본 연구에서는 열림(opening) 연산과 닫힘(closing) 연산을 이용하였다.

열림 연산과 닫힘 연산을 수행하여 마루와 계곡에 해당하는 그레이레벨을 결정한 후에, 그에 대응되는 배경영상을 원 영상에서 제거하면 형상영역만을 얻을 수 있다. 열림 연산의 침식 과정에서는 배경영역보다 밝고 구성소보다 작은 입자들이 제거되며, 확장(dilation) 과정에서는 최소 값으로 선택된 그레이레벨이 원래의 값으로 환원된다.

연산과정은 다음과 같이 정의되는 Top-Hat 변환^[10]을 적용하여 수행된다.

$$\text{Peak}(f) = f - (f \circ B)$$

$$\text{Valley}(f) = (f \bullet B) - f \quad (6)$$

위의 과정에 의해 배경이 제거된 영상으로부터 2진 영상을 얻는 과정은 식 (7)로 표현되는 문턱치 처리로 수행한다. 형상분해의 대상이 되는 영상에서는 배경과 형상의 그레이레벨의 차이가 비교적 큰 경우이므로 문턱치 값은 히스토그램의 쌍봉성을 이용하여 결정한다.

$$f(i, j) = 1 \quad \text{for} \quad f(i, j) \geq t \quad (7)$$

$$0 \quad \text{for} \quad f(i, j) = 0$$

여기서 t 는 문턱치 값이다.

2. 잡음제거

영상내에 존재하는 불규칙 잡음을 제거하는 저역통과 필터는 다음의 식으로 표현할 수 있다^[9].

$$f_b(m, n) = f(m, n) \circ B_{1(m, n)} \bullet B_{1(m, n)} \circ B_{2(m, n)} \bullet B_{2(m, n)} \dots \quad (8)$$

여기서 B_1 과 B_2 는 각각 반경이 1과 2인 원 구성소(structuring element)이다.

3. 다중스캔 형상분해

이상에서 서술한 형태론적 형상분해 알고리즘^[7]에서 원시형상 요소를 얻기 위해 사용되고 있는 구성소는 그림 1에 나타낸 원 구성소와 정사각형 구성소이다. 그러나 이러한 구성소들은 형상의 방향성을 고려할 수 없는 점대칭 구성소이다. 따라서 이러한 구성소들을 사용하여 형상을 분해하면 기술효율이 떨어지게 된다. 이러한 문제의 해결방법으로 영상압축의 분야에서 타원을 원시형상 요소로 사용하는 형상기술법^[8]이 제안되어 있다. 이 방법은 형상의 모든 방향특성을 고려하면서 형상분해를 수행하는 방법이다.

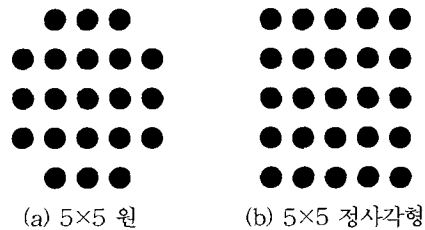


그림 1. 구성소
Fig. 1. Structuring elements.

(a) 5x5 Circle (b) 5x5 Square

이와 같은 기존의 알고리즘은 복잡한 형상을 대상으로 하거나 또는 형상 전체를 분해하는 경우에는 형상을 표현하고 기술하는데 요구되는 원시형상 요소의 수가 급격히 증가한다는 단점이 있다. 이것은 형상분해 과정에서 얻은 원시형상 요소를 원래의 형상에서 제거하는 과정이 많을수록 원래의 형상은 불규칙한 화소군들로 변화되기 때문이다. 따라서 이러한 문제의 해결 방법으로 본 연구에서는 다중 스캔모드를 이용한 형상 분해법을 제안하였다.

제안된 방법은 형상을 연속적으로 침식 연산한 다음 그 결과를 다시 확장 연산하는 방법 대신에 각각의 구성소를 영상내에서 평행 이동시키면서 구성소에 설정된 정합점이 화소값이 1인 부분에 위치하면, 구성소를 4근방, 8근방, 4근방-8근방으로 확장연산하면서 각각의 구성소에 해당하는 최대의 원시형상 요소를 추출한 다음, 그 중에서 면적 즉 화소수가 가장 많은 것을 선택하는 방법이다.

형상분해에서 형상에 설정되는 점은 대상형상을 연속적으로 침식 연산한 결과들 중에서 1개의 화소를 선택하는 중심점이다. 형상의 중심점에서 추출된 원시형상 요소를 원 형상에서 제거한 다음 다시 중심점을 선택하고 형상을 추출하는 과정을 반복하는 방법에서는 원시형상 요소가 증가하게 된다. 따라서 본 연구에서는 이러한 문제점을 해결하기 위하여 그림 2에 나타낸 바와 같이 각각의 구성소에 4개의 정합점을 지정하였다. 여기서 각각의 구성소에 4개의 정합점을 선택한다는 것은 각각 서로 다른 스캔방식¹⁷⁾으로 원시형상 요소를 추출한다는 것을 의미한다.

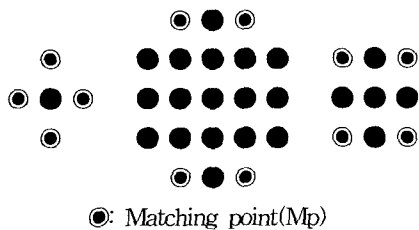


그림 2. 구성소에 설정되는 정합점
Fig. 2. Matching point of structuring elements.

각각의 스캔모드에서 원시형상 요소를 추출하는 과정은 다음과 같다. 먼저 구성소 B를 그림 3에 나타낸 각각의 스캔모드에 따라 영상내에서 평행 이동시켜 정합점 Mp가 영상내의 화소값이 1인 점에 위치하면, 구

성소를 4근방, 8근방, 4근방-8근방으로 확장연산하면서 형상에 내접하는 최대의 원시형상 요소를 추출한다. 이와 같은 방법으로 추출된 원시형상 요소를 원래의 형상에서 제거한 부분에 해당하는 화소를 대상으로 구성소의 평행이동과 확장연산을 계속하면서 새로운 원시형상 요소를 추출한다. 이러한 과정은 각각의 스캔모드에서 또다시 반복적으로 수행된다.

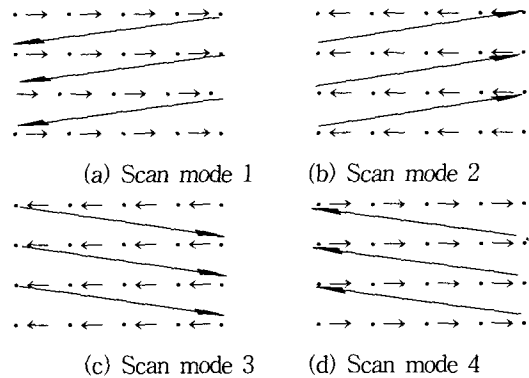


그림 3. 스캔모드
Fig. 3. Scan mode.

IV. 실험

CCD Video Color Module(XC-57,SONY)과 IBM 486 컴퓨터에 내장된 Frame Grabber를 사용하여 화소수가 256 × 256이고, 해상도가 8비트인 2개의 영상을 취득하여 제안된 알고리즘의 유효성을 확인했다. 실험영상을 그림 4에 나타냈다.

1. 전처리

형상분해의 대상이 되는 형상과 배경은 형상크기와 그레이레벨의 차에 의해서 구분된다. 본 연구에서 대상으로 하고 있는 영상에서는 배경에 해당하는 형상들이 형상분해의 대상이 되는 형상보다 작은 경우이므로, 열림연산을 적용하여 형상분해의 대상이 되는 형상만으로 구성된 영상을 얻었다.¹⁹⁾ 11 × 11 원 구성소를 사용하여 열림연산한 결과를 그림 5에 나타냈다.

본 연구에서는 2진 영상만을 대상으로 하고 있기 때문에 정량적인 해석을 목적으로 하는 처리와는 달리 원 영상의 값으로 대체시키는 처리를 수행하지 않았다. 본 연구에서 대상으로 하고 있는 영상에서는 배경과 형상의 그레이레벨의 차가 비교적 큰 경우이므로 히스토그램의 쌍봉성을 이용하면 문턱치 값을 쉽게 결정할

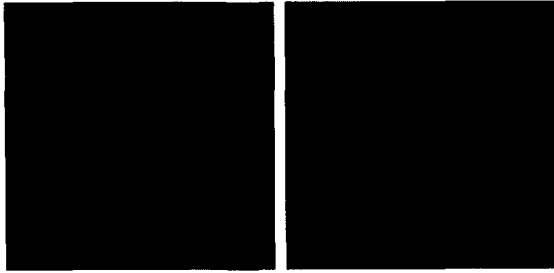


그림 4. 실험 영상
Fig. 4. Experimental image.

그림 5. 배경제거 영상
Fig. 5. Background subtracted image.

수 있다. 배경이 제거된 영상의 히스토그램과 문턱치 처리하여 얻은 2진영상을 그림 6에 나타냈다. 2진 영상에 나타나는 잡음을 제거하기 위해 3 × 3 원 구성소를 사용하여 열림 연산한 결과를 닫힘 연산한 후에, 다시 5 × 5 원 구성소를 사용하여^[10] 열림연산과 닫힘연산을 순차적으로 수행하였다. 그 결과를 그림 7에 나타냈다.



그림 6. 이진 영상
Fig. 6. Binary image.

그림 7. 잡음제거 영상
Fig. 7. Noise eliminate image.

2. 다중 스캔모드의 형상분해법

먼저, 비교 데이터를 산출할 목적으로 기존의 알고리즘을 적용하여 5 × 5 원 구성소와 3 × 3 정사각형 구성소 각각을 사용하여 형상을 분해하였다. 형상이 점 또는 선으로 축소될 때까지 형상 X를 각각의 구성소로 침식연산한 결과를 침식연산한 횟수만큼 확장연산하여 원시형상 요소들을 얻는 처리를 $X-X_{i-1}$ 에 대해서 반복적으로 수행하였다.

5 × 5 원 구성소와 3 × 3 정사각형 구성소를 사용하여 얻은 형상의 원시형상 요소들 중에서 가장 큰 5개의 원시형상 요소만을 재구성하여 각각 그림 8(a)와 그림 9(a)에 각각 나타냈다. 그리고 모든 원시형상 요소들을 재구성하여 각각 그림 8(b)와 그림 9(b)에 각각

나타냈다.



(a) 5 원시형상 요소 (b) 모든 원시형상 요소
그림 8. 5 × 5 원 구성소를 사용한 형상분해
Fig. 8. Shape decomposition by 5 × 5 circle structuring elements.

(a) 5 Primitive shape image.
(b) All primitive shape elements.



(a) 5 원시형상 요소 (b) 모든 원시형상 요소
그림 9. 3 × 3 정사각형 구성소를 사용한 형상분해
Fig. 9. Shape decomposition by 3 × 3 square structuring elements.

(a) 5 Primitive shape image.
(b) All primitive shape elements.

형상분해에 의한 패턴인식에서 사용되는 원시형상 요소의 수는 제한적이어야 한다. 물론 형상분해 과정에서 얻은 모든 원시형상 요소를 사용하여 패턴인식을 수행할 수도 있다. 그러나 원시형상 요소의 수가 많아 질수록 인식시간이 너무 길어진다는 문제점이 있다. 형상의 복잡도에 따라 인식에 사용되는 원시형상 요소의 수도 증가하지만 결과적으로는 제한된 수의 원시형상 요소를 사용하여 패턴인식을 수행할 수밖에 없다. 패턴 인식에 필요한 제한된 수의 원시형상 요소만을 얻는 경우에는 기존의 형상분해 알고리즘이 효율적일 수도 있다. 그러나 대부분의 응용분야에서는 패턴이 일치하는 형상을 포함하는 영상 그 자체를 다시 복원하는 것이 요구된다. 영상복원에 필요한 모든 원시형상 요소를 대상으로 영상을 기술할 수도 있지만, 원시형상 요소를

추출하는 과정이 침식연산과 확장연산을 반복적으로 수행하는 과정이므로 그 절차가 복잡하고 처리시간이 너무 길다는 문제점이 있다.

따라서 이러한 문제의 해결방법으로 본 연구에서는 다중 스캔모드에 의한 형상분해법을 제안하였다. 제안된 방법은 각각의 구성소에 4개의 정합점을 지정하는 다중스캔 방식을 적용하여 형상의 기술효율을 높이고자 하는 것이다. 5 × 5 원 구성소 및 3 × 3 정사각형 구성소와 3 × 3 rhombus 구성소를 사용하여 형상을 분해하는 경우의 스캔과정 중에서, 3 × 3 정사각형 구성소의 경우만을 선택하여 그림 10에 나타냈다.

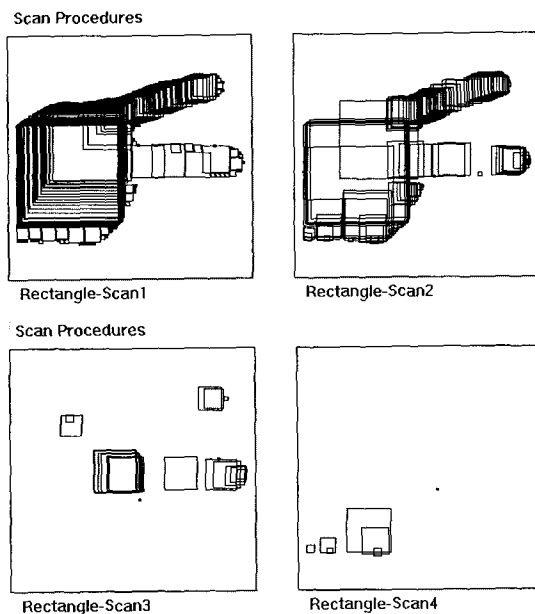


그림 10. 3×3정사각형 구성소를 사용한 스캔과정
Fig. 10. Scan processing by 3×3 square structuring elements.

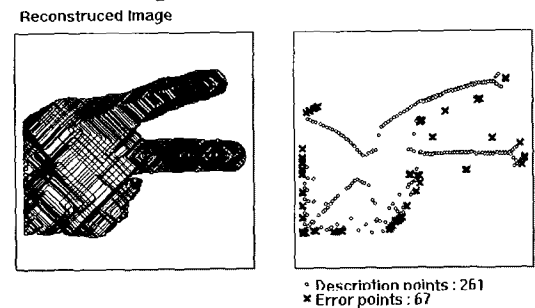


그림 11. 5 × 5 원 구성소를 사용한 다중 스캔 형상 분해
Fig. 11. Multi-scan shape decomposition by 5×5 circle structuring elements.

5 × 5 원 구성소 및 3 × 3 정사각형 구성소로 다중스캔하여 추출한 원시형상 요소들을 재구성한 결과와 형상기술에 요구되는 데이터량 및 형상기술이 불가능한 데이터량을 각각 그림 11와 12에 나타냈다.

한편, 형상의 기하학적인 특징과 유사하지 않은 구성소를 사용하면 기술효율이 떨어지고, 기술오차가 증가한다. 따라서 본 연구에서는 정사각형, rhombus 구성소를 사용해서 다중스캔 방식으로 추출한 원시형상 요소들 중에서 면적이 가장 큰 것만을 선택하는 다중 스캔 모드 형상 분해법을 제안하였다. 다중 스캔모드 형상 분해법에 의한 형상분해 결과를 그림 13에 나타냈다.

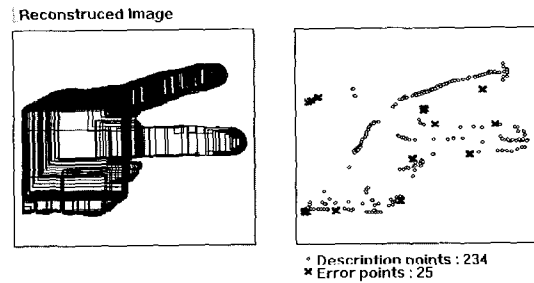


그림 12. 3 × 3 정사각형 구성소를 사용한 다중 스캔 형상분해
Fig. 12. Multi-scan shape decomposition by 3 × 3 square structuring elements.

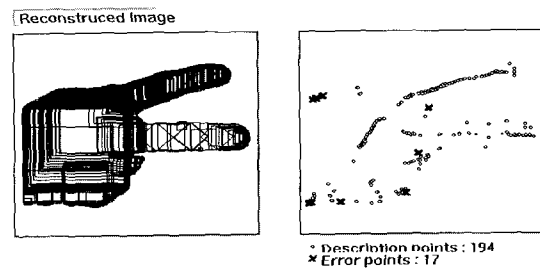


그림 13. 다중 스캔모드 형상분해
Fig. 13. Multi-scan mode shape decomposition.

기존의 형상분해 알고리즘과 다중 스캔모드 방식을 적용한 형상분해 결과를 판단하기 위하여 형상기술에 필요한 총 데이터량을 비교하면 다음과 같다. 기존의 알고리즘을 적용하는 경우, 원 구성소만을 사용하는 형상분해에서 형상기술에 필요한 총 데이터량은 688개의 좌표와 8개의 구성소 크기이며, 정사각형 구성소만을 사용하는 형상분해에서는 형상기술에 필요한 총 데이터량은 478개의 좌표와 15개의 구성소 크기이다. 그리

고 다중스캔 방식에서 형상기술에 필요한 총 데이터량은 각각 261개의 좌표와 8개의 구성소 크기 및 234개의 좌표와 15개의 구성소 크기이다. 한편, 본 연구에서 제안한 다중 스캔모드 방식에서 형상기술에 필요한 총 데이터량은 194개의 좌표와 8개의 구성소 크기 및 각각의 구성소에 대응되는 원시형상 요소를 구분하는 2개의 비트 패턴이다. 이상의 결과로부터 본 연구에서 제안된 다중 스캔모드 형상 분해법을 형상분해에 적용하면 기술효율이 향상되고 기술오차가 감소한다는 것을 알 수 있다.

V. 결 론

본 논문에서는 형상의 기술효율과 직관적인 인지도를 높이고 기술오차를 줄이기 위한 방법으로 패턴인식 및 영상압축에 필요한 원시형상 요소를 4개의 스캔모드와 여러 개의 구성소를 사용하여 추출하는 방법을 제안하였다. 제안된 방법은 원, 정사각형, rhombus 구성소 중에서 하나만을 선택하여 단일 스캔모드로 형상을 분해하는 기존의 방법과는 달리 형상의 기하학적인 특징과 유사한 구성소를 4개의 스캔모드에서 평행 이동하면서 확장 연산만을 반복적으로 수행하여 형상을 분해하는 다중모드 방식이다. 본 연구에서 제안된 방법을 형상분해에 적용하면 기술효율이 높고, 그 절차가 단순하며, 동일 데이터량에 대한 기술오차도 가장 적다는 것을 실험을 통해서 확인하였다.

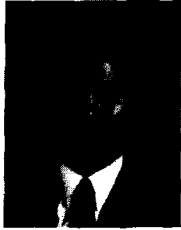
그러나 본 논문에서 제안한 방법은 다중 스캔 모드와 여러 개의 구성소를 사용하여 형상의 기하학적인 특징을 고려하면서 형상을 분해하는 방법이므로 계산 시간이 증가하는 점도 있었지만, 침식과 확장연산을 반복하는 기존의 방식과 비교하면 계산 시간이 감소되었다. 그러나 앞으로 스캔모드와 구성소의 확장연산을 하나로 결합하여 계산시간을 더욱 줄이고자 하는 연구가 있어야 할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

[1] Serra, J., *Image Analysis and Mathematical Morphology*, Vol.1, Academic Press, New York, 1982.
 [2] Serra, J., "Introduction to Mathematical Mor-

phology," *Computer Vision, Graphics, and Image Processing*, Vol.35, No.3, 1986.
 [3] Pitas, I. and Venetsanopoulos, A. N., "Morphological Shape Decomposition," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol.12, No.1, 1990.
 [4] Maragos, P. and Schafer, R.W., "Morphological Skeleton Representation and Coding of Binary Images," *IEEE Transactions on Acoustics, Speech, and Signal Processing*, Vol.ASSP-34, No.5, pp.1228-1244, 1986.
 [5] Skolnick, M.M., "Application of Morphological Transformations to the Analysis of Two-Dimensional Electrophoretic Gels of Biological Materials," *Computer Vision, Graphics and Image Processing*, Vol.35, 1986.
 [6] Liren Liu, "Morphological Hit or Miss Transform for Binary and Gray Tone Image Processing and Its Optical Implementation," *Optical Engineering*, Vol.33, No.10, pp.3447-3455, 1994.
 [7] Remi Jeannot, Demin Wang and Veronique Haese-Coat, "Binary Image Representation and Coding by a Double-recursive Morphological Algorithm," *Image Communication*, Vol.8, pp.241-266, 1996.
 [8] Tadahiko Kimoto, Motohiro Asai and Yasuhiko Yasuda, "Shape Description by a Distribution Function based on Morphological Decomposition," *SPIE Vol.1818 Visual Communications and Image Processing*, pp. 897-906, 1992.
 [9] Duck-Young Ko and J.H Choi, "Morphological Shape Decomposition using Shape Characteristics," *IEEE TENCON Digital Signal Processing Application Proceedings*, Vol. 1, pp. 215-219, Perth, Australia, Nov, 1996.
 [10] Duck-Young Ko and J.H Choi, "Morphological of Blob Particles," *IEEE Circuit and Systems Conference*, Vol. 1, No.2, pp. TT22-1.1-1.4, Chiangmai, Thailand, Nov. 1998.

저 자 소 개



高德永(正會員)

1950년 9월 22일생, 1973년 한양대학교 전자공학과 졸업(공학사). 1982년 건국대학교 대학원 전기. 전자공학과(공학석사), 1990년 건국대학교 대학원 전자공학과(공학박사). 1975~1979년 국립 전북기계공고 전기과 교사, 1979년~현재 전주공업대학 전자과 교수. <주 관심분야: 음향 영상통신, 신호처리, 의용생체공학, 초음파 비파괴검사, 정보통신정책>



崔鍾鎬(正會員)

1956년 5월 17일생, 1982년 중앙대학교 전자공학과(공학사), 1984년 중앙대학교 대학원 전자공학과(공학석사), 1987년 중앙대학교 대학원 전자공학과(공학박사), 1988년~1990년 군산수산대학 전자과 조교수, 1990년~현재 강남대학교 전자과 부교수, <주 관심분야: 영상정보통신, 컴퓨터시각, 패턴인식, 제스처인식, 정보통신정책>