

Digital 형상의 새로운 Uniform Sampling 방법

정영기, 이재구, 김영일, 우동민  
(금성산전 연구소)

A New Uniform Sampling Method of the Digital Contour

Young Kee Jung, Jae Gu Lee, Young Il Kim, Dong Min Woo  
Gold Star Industrial System R & D Lab.

ABSTRACT

This paper presents a new uniform sampling method for two-dimensional contour. The proposed method improves the uniformity of contour sampling in terms of the interpolation of the corner points extracted from chain codes.

The performance of the proposed method is analyzed through the length estimation and shape recognition of two-dimensional contour. The experimental results show the significant improvement over the conventional method.

I. 서론

형상 분석을 필요로 하는 많은 응용분야[1]에서 continuous contour가 discrete한 sampling된 형태로 표현된다. 이때 FFT나 digital filtering등의 digital 신호처리 알고리즘을 적용하기 위해서 sampling이 uniform하게 되어야한다. Sampling 간격이 uniform 하지 않을때 구해진 Fourier Descriptor(FD)[2]는 많은 오차 포함하고있을뿐 아니라 contour의 전장, compact ratio 등의 global 특징추출에 많은 문제를 가진다.

Digital contour는 chain code[3]에 의해 용이하게 표현될수 있으나, 표현방식이 code방향에 따른 link의 길이를 고려치않으므로 uniform sampling에 부적합하다. Code 방향에 따라 chain code를 미소간격으로 resampling 하는 방법[4]은 chain code에 비하여 향상된 uniformity를 얻었다. 그러나 그림 1의 직선상에서 더 많은 sampling 점들이 나타나 전체적으로 sampling 간격이 uniform 하지 않게 된다.

본 논문에서 resampling 방법의 근본적인 단점을 해결하기 위해 contour의 chain code로 부터 corner point를 추출하였으며 각corner사이가 직선이라는 가정하에 interpolation에 의해 uniform sampling 점을 추출하는 새로운 방법을 제시하였다. 제시된 방법의 uniformity 향상을 입증하기 위해 추출된 uniform sampling 점을 이용하여 2 차원 형상의 인식을 실험하였으며 향상된 결과를 확인하였다.

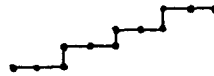


그림1. Digital 회상에서의 경사진 직선의 표현

II. 본론

1. Corner 추출

Corner 추출 방법은 일반적으로 hough 변환법[4][6], 곡률이용법[7]등이 있으나 많은 연산의 부담으로 수행속도에 문제가 있다. Uniform sampling을 위해서는 몇몇 불필요한 corner 발생이 전체적인 uniformity에 큰 영향을 주지 않으므로 본 논문에서는 간단한 rule에 의해 corner를 추출하는 빠른방법을 제안하였다.

이치화된 영상의 윤곽을 그림 1 과 같이 정의된 8 chain code에 의해 추출한 다음 그림 2 와같은 절차에 의해 물체의 corner point를 구하였다.

3	2	1
4	P	0
5	6	7

그림 1. 8-neighbor chain code

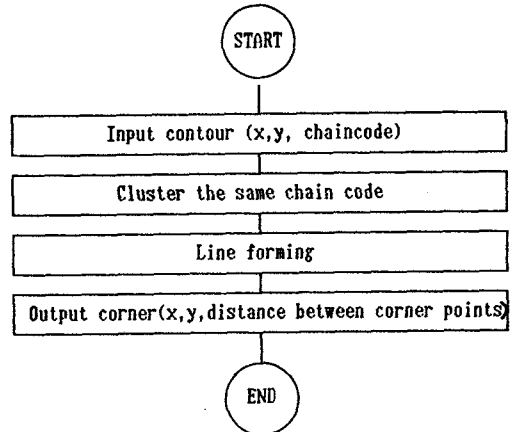
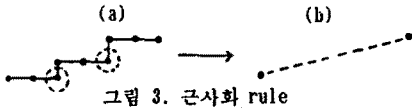


그림 2. Corner 추출 흐름도

특히 clustering후 근사화 시키는 과정에서 적용된 rule을 도식적으로 표현하면 그림 3으로 나타낼수 있는데, cluster들의 관계가 그림 3.(a)와같이 pixel 한 개를 가진 cluster의 전,후의 chain code가 같은 cluster들을 (b) 와 같이 한 line으로 근사화 하였다. 이 때 a)의 표시된 부분의 전후 cluster의 length비를 구하여 적당한 임계치가 식 (1)을 만족 하는 경우에만 근사화 시켜, 물체의 형상의 변화를 최소화 하였다.

$$1/TH < \frac{\text{전후 cluster비}}{\text{근사화된 cluster들의 평균}} < TH \quad (1)$$



2. Uniform Sampling

연속된 corner point 사이를 직선으로 가정하여 이 직선상에서 uniform sampling 점을 추출하는 방법을 제안한다. Contour가 m개의 corner point로 구성되었을때 corner point는 식 (2)과 같이 나타낼수 있다.

$$\{(X_i, Y_i), i = 0, 1, \dots, m-1\} \quad (2)$$

Uniform Sampled Contour에서 K번째 uniform sample 점은 최초 corner point로 부터의 거리가 uniform sample 간격 (d)의 K배인 지점이다.

Contour에서 N 개의 uniform sample 점을 구하는 방법은 다음과 같다.

i번째 corner point와 i+1번째 corner point 사이의 거리는 식 (3)와 같이 구할수 있다

$$l_i = \sqrt{(X_{i+1}-X_i)^2 + (Y_{i+1}-Y_i)^2}, i=0, 1, \dots, m-1 \quad (3)$$

시작점에서 i번째 점까지의 거리는

$$P_i = \sum_{j=0}^{i-1} l_j \text{ 가 되고}$$

따라서 Contour의 전체 perimeter는 P<sub>m</sub>이다. Contour의 uniform sample 점을 구하기 위하여 먼저 Uniform sampling 간격을 구하여야 한다.

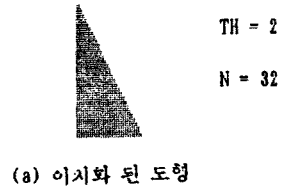
$$d = P_m/N$$

아래는 uniform sample점을 구하는 과정을 나타냈것 이고 그 예를 그림 4에 나타내었다.

unisample ()

```

{
  while (li < Kd) i = i+1;
  Kd = Pi-1
  Uni_Xi = (Xi - Xi-1) * (Kd - Pi-1) / li
  Uni_Yi = (Yi - Yi-1) * (Kd - Pi-1) / li + Yi
}
    
```



(b) (a)의 corner점 추출 (c) uniform sampling

그림 4. corner point를 이용한 uniform sampling

3. 형상인식

여기서는 본 논문에서 제안된 Uniform Sampling을 형상인식에 적용하였다. 물체의 위치, 경사도 및 시작점의 변화에 무관한 인식을 위해서 2차원 형상을 거리 함수(distance function)에 의해 표현한다. 거리 함수는 중심점과 uniform sampling점 사이의 거리의 sequence로 정의되며 형상 윤곽의 경사도 및 시작점의 차이가 sequence의 linear shift로 표현 되므로 용이하게 형상인식을 할수있는 잇점을 가지고 있다. Reference 형상의 거리함수들  $\{R(i)\}_{i=0}^{n-1}$  임의의 형

상의 거리함수들  $\{O(i)\}_{i=0}^{n-1}$  라 할때 matching은  $R(i)$

와 k 만큼 shift된  $O(i-k)$ 의 distance차의 합에 의 해 수행된다.

$$D(k) = \sum_{i=0}^{n-1} |R(i) - O(i-k)| \quad k = 0, 1, \dots, n-1$$

이때 k=0, 1, ..., n-1의 모든 D(k)중 가장 작은 값이 reference와 임의의 형상의 matching constraint D로 나타난다.

$$D = \min_k [D(k)]$$

따라서 constraint D가 적당한 임계치 T보다 작을때 reference와 임의의 형상은 같은 class로 결정한다.

3. 실험 및 고찰

본 논문의 실험에서는 제안된 방법과 Resampling 방법을 이용하여 몇가지 도형의 전장 비교 및 2차원 물체의 인식 정도를 확인하여 보았다.

실험에서 사용된 H계는 구조도 256, 해상도 512x512의 IBM-AT를 Host로하는 영상 처리 System이며, 이것을 이용하여 2차원 영상의 이치화 과정까지의 전처리를 하였고 Digital 윤곽 및 제안된 Algorithm은 주로 IBM-AT 상에서 C언어로 구현하여 수행 하였다.

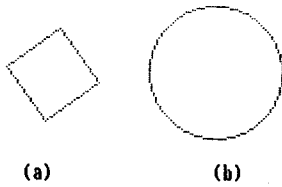


그림5. 샘플(SAMPLE) 도형

실험 결과는 표1, 2와 같이 나타났으며 정확한 전장을 비교하기 위해 도형의 실제치를 그림5과 같이 그래픽으로 입력하였고, 영상을 취득하기 위한 Sensor의 화소 형태가 1x0.846(HxV)이기때문에 Algorithm 에서 이를 보완하였다.

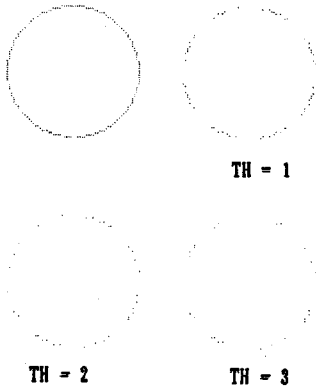


그림6. 원의 꼭지(CORNER)점 추출

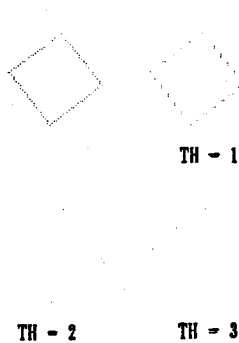


그림7. 사각형의 꼭지(CORNER)점 추출

표1을 보면 꼭지(Corner)점에 의한 방법에서 구한 전장이 Resampling에 의한 방법보다 실제치에 가깝게 추출됨을 알 수 있다. 이때 꼭지점에 의한 방법의 경우, 그림5 도형들의 꼭지점을 찾을 때(그림6,7) Cluster의 전후비율 각각 1,2,3으로 변하게 하여 구한 근사화 값을 비교하였는데 임계치를 3으로 할때 가장 효율적임을 알 수 있다.

표1. 그림5 도형의 전장비교

		Corner에 의한 방법	
		(a)	(b)
실제값		120.00	188.50
TH = -1	실험치	123.88	194.76
	ERROR	3.23	3.32
TH = -2	실험치	120.03	191.41
	ERROR	0.03	2.43
TH = -3	실험치	120.00	190.18
	ERROR	0.00	0.89
		Resampling에 의한 방법	
실험치		125.82	197.82
ERROR		4.85	7.77

$$ERROR = \frac{\text{실험치} - \text{실제치}}{\text{실험치}} * 100 [\%]$$

표2에서는 그림 7과 같이 2차원 물체의 위치 및 방위를 변화시킨다음 거리합수에 의해 인식정도를 실험한 결과인데, 표1의 전장 비교 결과와 같이 제안된 방법이 물체의 Uniformity를 향상시킴으로써, 영상인식의 어려움도 줄어들음을 확인 하였다.

표2. 그림7의 인식결과

(N:uniform sampling 점의 수;TH=2)

		Corner에 의한 방법	Resampling 방법
N=32	실험치	1.74	5.29
	ERROR	0.32	0.96
N=64	실험치	3.60	8.80
	ERROR	0.32	0.80
N=128	실험치	7.16	17.58
	ERROR	0.32	0.80

$$ERROR = \frac{\text{실험치(Distance차의 합)}}{\text{Distance의 합}} * 100[\%]$$

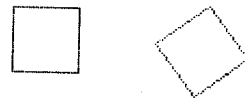


그림7. 2차원 인식 Sample 도형

## III. 결론

본 논문에서는 digital contour의 uniform sampling을 위한 새로운 방법을 제안하였다.

제안된 방법은 resampling 방법의 근본적인 단점을 해결하기 위해 contour의 chain code로 부터 corner point의 interpolation에 의해 sampling uniformity를 향상시켰다. 제안된 방법의 성능을 확인하기 위해 2차원 형상 인식 및 길이 추정을 수행하였으며 기존 방법에 비해 uniformity의 향상을 실험적으로 확인 하였다.

결과를 보면 제안된 방법에서 구한 전장이 Resampling에 의한 방법보다 실제치에 가깝게 추출 되고, Corner추출시 Cluster의 전후비를 가변하여, 근사화 정도 및 형상 변화 등의 상관 관계를 고려하여 적당한 임계치를 선택해야 함을 알 수 있다.

또한 Uniform Sampling을 이용한 형상 인식 실험에서 인식 ERROR율을 줄이므로서 효율성을 증명하였으며, 향후 여러 물체에도 광범위하게 확인할 계획이다.

## [참고 문헌]

- [1] T. Pavildis, "Algorithms for shape analysis of contours and waveforms," proc. 4th Int. Joint conf. Pattern Recogn. Kyoto, Japan, Nov. 8-10, 1978
- [2] T. P. Wallace and P. A. Wintx, "An efficient three - dimensional aircraft recognition algorithm using normalized Fourier Descriptors," computer graphics and Image Processing, 13, 99-126 1980
- [3] H. Freeman, "Computer Processing of line-drawing images," computing surveys, Vo 1.6, No.1 57-97, 1974
- [4] B. Shahraray and D.J. anderson, "Uniform resampling of digitized contours," IEEE Tran, PAMI Vol AMI-7 No6, 674-681, 1985
- [5] P. Hough, "Method and means for recognizing complex patterns," U. S. Patent 3069654, 1962
- [6] A. Rosenfeld, "Picture processing by computer," Academic Press, 1969
- [7] H. Freeman and L. Davis, "A corner-finding algorithm for chain coded curves," IEEE Tran, Computer, Vol C-26, No 3, 297-303, 1977