

수리 형태학과 인간의 시각적 개념을 이용한 최적의 코너 점 추출을 위한 연구

정 기 룡*

*한국해양대학교 운항시스템공학부 부교수

A Study on Detecting Optimal Corner Points using Morphology and Human Visual Concept

Gi-Ryong Jeong*

*Div. of Ship Operating Systems Engineering, National Korea Maritime Univ., Pusan 606-791, Korea

요 약 : 코너 점(Corner point)은 영상 신호 처리의 패턴 인식에 있어 아주 중요한 정보이다. 그래서 지금도 여러 가지 코너 점을 추출하는 연구가 진행되고 있다. 코너 점은 에지 영상에서 8 방향 체인 코드(Chain code)를 적용하여 찾는다. 그런데 에지 선분 기울기가 45도의 정수 배가 되지 않을 때, 8 방향 알고리즘을 그대로 적용하면 문제가 발생된다. 따라서 본 논문에서는 이러한 단점을 보완하면서 최적의 코너 점을 찾기 위해서 수리 형태학과 시각적 개념을 접목하여 코너 점을 처리하는 새로운 알고리즘을 제안한다. 제안한 방법으로 컴퓨터 시뮬레이션 하여 좋은 결과를 보이고 있다. 그래서 제안된 논문의 알고리즘은 공장 자동화 및 선박 레이더 영상의 해안의 영역 파악에도 적용되리라 생각된다.

핵심용어 : 에지, 코너 점, 체인 코드, 수리 형태학, 인간의 시각적 개념

Abstract : Corner point is a very important information to a pattern recognition of image processing. And so, many researchers develop various detecting corner point algorithms. But, there are some problems to get corner points by 8 directional chain code when the degree of edge line is not integer multiplication of 45 degree. So, we propose a new algorithm which is combined with morphology and human visual conception for optimal corner points without the above defects. We get a good simulation result by this proposed algorithm. And so, we think this algorithm is very useful to FA(factory automation) and ship's radar system to know some coastal area from its image.

Key words : Edge, Corner point, Chain code, Morphology, Human visual concept

1. 서 론

코너 점은 컴퓨터 비전과 패턴 인식 시스템에서 매우 중요한 데이터이다. 그런데 이 코너 점 정보는 에지 영상에서 추출되므로, 에지 두께를 최소화하기 위한 에지의 세선화 또는 영크차(Zero crossing)등 여러 가지 기법들이 연구되고 있다. 한편 방향성을 이용하여 코너 점을 찾기 위한 알고리즘으로는 초기에 8 방향 체인 코드(Chain code)[1]를 사용하였으나, 이 알고리즘은 직선이 45도의 정수 배인 기울기를 가진 것에만 유용한 단점이 있다. 이런 것을 개선하기 위해서 방향성을 고려하는 Hough 변환[1][2]과 곡률 변화[3]에 의한 방법들이 연구되었다. 한편 방향성과는 다르게 그레이 스케일 영상에서 밝기 정보의 기울기 방향 변화를 등을 고려하여 코너 점을 추출하는 연구[3]가 L. Kitchen과 A. Rosenfeld, P. R. Beaudet, S. M. Smith 와 J. M. Brady, C. G. Harris 등에 의해서 연구되었으며, 최근에는 수리형태학과 아핀(Affine) 변환[4]을 이용하여 코너 점을 추출하는 알고리즘이 L. Alvarez와 F.

Morales에 의해서 연구되고 있다. 그러나 이 방법들은 8 방향 체인 코드보다는 처리하는 방법이 복잡하며 계산량도 많다. 그래서 본 논문은 8방향 체인 코드 방법을 개선하여, 알고리즘이 간단하면서도 직선 기울기가 45도의 정수 배가 되지 않더라도 코너 점을 쉽게 찾을 수 있는 방법을 연구하게 되었다.

기존의 8방향 체인 코드 방법의 두 가지 단점은 첫째, 컴퓨터에서 영상을 픽셀로 표현하는 경우, 직선의 기울기가 45도의 정수 배가 되지 않으면, 지그재그(Jigzag) 부분으로 나타나며, 이 부분에서는 코너 점 추출이 어렵다[5][6]. 둘째, 한 영상 안에 여러 개의 물체(Object)가 있을 때, 각각 자신의 에지인 폐곡선 위에서만 그 물체의 코너 점을 찾을 수 있다. 반면 최대 장점은 알고리즘이 간단해서 시스템 구현이 용이하다.

한편, 인간의 시각은 코너 점을 찾는 경우, 픽셀 1개 씩 판단하지 않고 직선 단위로 판단하여, 직선 기울기가 변화하는 곳을 코너 점으로 인식한다. 따라서 본 논문에서는 지그재그로 나타나는 곳에 코너 점 추출을 효율적으로 하기 위해서, 디지털 영상을 픽셀 1개 단위로 방향성을 검사하던 기존의 방법

* 대표저자 : 정기룡(정희원), jeongr@hhu.ac.kr, (051)410-4244

을 탈피한다. 즉, 동일한 수평·수직 방향의 여러 픽셀들을 1개의 그룹 단위로 처리할 수 있도록 했다. 이와 같은 그룹화 개념은 인간의 시각이 직선 단위로 비교하는 것과 유사한 점이 있다.

그래서, 기존의 8방향 체인 코드를 사용하여 코너 점을 구하는 것과 차별화하기 위하여 본 알고리즘을 인간의 시각적 원리와 수리 형태학[7]~[10]을 결합시킨 그룹별 8 방향 처리하는 새로운 기법을 제안하고, 이를 HVGCC(Human visual group chain code)로 사용했다. 본 논문에서 제안하는 HVGCC를 적용하기 위해서 다음과 같은 처리를 해야된다.

첫째, 코너 점을 추출하기 위한 전처리(Pre-processing) 과정으로 에지 영상에서 수평 성분과 수직 성분을 포함하는 지그재그 형태의 경사면 에지를 추출하기 위하여, 수리 형태학에서 사용하는 1x2 HL(Horizontal line) 수평 형태소를 사용한다. 그리고, 이 영상에 수평 방향의 8 방향 그룹형 체인 코드(GCC; Group Chain Code)를 적용하여 코너 점 영상을 구한다.

둘째, 수직 성분과 수직 성분을 포함하는 지그재그 형태의 기울기를 포함하는 에지를 추출하기 위하여, 2x1 VL(Vertical line) 수직 형태소를 사용한다. 그리고 이 처리 결과에는 수직 방향의 8 방향 그룹형 체인 코드를 적용하여 코너 점을 구한다.

셋째, 원래의 에지 영상에서 수평 성분의 지그재그 기울기를 포함하는 영상과 수직 성분의 지그재그 기울기를 포함하는 영상을 모두 제거한 차영상(Difference image)을 얻을 수 있다. 이때, 차영상은 수평·수직 방향으로 지그재그 성분이 모두 제거된 픽셀 폭이 2개 미만인 영상으로, 기존의 8 방향 체인 코드를 이용하여 코너 점을 구한다.

넷째, 새로운 알고리즘 적용시 전처리 과정에 의해서 여러 방향 성분의 부영상(Sub-image)이 만들어지기 때문에, 이들 코너 점 영상의 연결 부분을 보정하는 과정이 반드시 필요하다. 본 논문에서 보정시 사용한 형태소[7]~[10]는 5x5 크기의 원형 형태소(CIR_5)와 7x7 크기의 원형 형태소(CIR_7)이다.

제안한 알고리즘으로 시뮬레이션 하여, 기존의 8방향 체인 코드로 처리한 것과 비교하면, 다음과 같은 두 가지의 장점을 보이고 있다.

첫째, 기존의 에지 추출 시, 잘 발견하지 못하는 오목한 부분 및 지그재그 부분에서 코너 점을 발견하게 되어 패턴 인식 효율이 향상될 수 있다.

둘째, 기존의 방법에서는 동일한 물체의 폐곡선에서만 처리가 가능한 코너 점을 본 논문에서는 폐곡선을 여러 개의 성분 영상으로 분할하는 과정으로 전처리 하기 때문에 전역적(Globally)으로 코너 점을 동시에 추출할 수 있다. 따라서 시스템 개발에도 효율적으로 생각된다

응용 분야로는 패턴 인식을 필요로 하는 공장 자동화에서 적용될 수 있다고 생각되며, 더 나아가 선박의 ARPA 레이더에 적용하면 요철 형태의 복잡한 구조를 지닌 해안선의 영상 정보를 이용해서 해역의 위치를 판단할 수도 있고, 선박의 길이나 방향 등의 추적에도 적용할 수 있다고 생각된다.

2. 수리 형태학 형태소와 기본 연산

이진 영상에 적용하는 수리 형태학[7]~[10]의 형태소와 기본 연산은 다음과 같다.

2.1 형태소(SE ; structuring element) 종류

형태소는 Fig. 1에서 보인 것과 같이 기준점(┌)과 임의 위치에서 연산을 하는 경우 고려할 위치인지 아닌지를 나타내는 정보를 표시한다. 형태소 안에 있는 1은 해당 부분의 픽셀 값을 고려한다. 본 논문은 1x2 크기이며 기준점(┌)이 Fig. 1(a)와 같은 형태소를 1x2 HL로 표시하며, 이것은 수평 방향의 지그재그 경사 성분만을 선택하기 위한 형태소이다. 한편 2x1 크기이며 기준점(┌)이 Fig. 1(b)와 같은 형태소는 1x2 VL(Vertical Line)로 표시하며, 이것은 수직 방향의 지그재그 경사 성분만을 선택하기 위한 형태소이다. 그리고 목적에 따라서 여러 형태의 형태소를 만들 수 있으며 Fig. 1(c)의 5x5 크기의 원형 형태소 CIR_5(circle)도 있다.

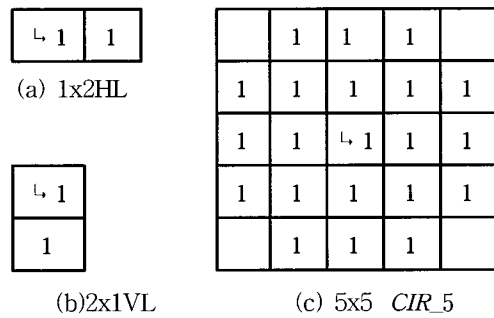


Fig. 1 Structuring elements.(SE)

2.2 수리 형태학의 기본 연산

이진 영상에 적용하는 수리 형태학의 기본 연산은 다음과 같이 불림(dilation), 녹임(erosion)이 있다.

2.2.1 불림(dilation)

형태소 g 에 의한 f 의 불림은 $f \oplus g$ 로 정의된다, 이때, $DIL()$ 은 불림 함수이다.

$$DIL(f, g) = f \oplus g \tag{1}$$

2.2.2 녹임(erosion)

형태소 g 에 의한 f 의 녹임은 $f \ominus g$ 로 정의된다. 이때, $EROS()$ 은 녹임 함수이다.

$$EROS(f, g) = f \ominus g \tag{2}$$

3. 기존의 8 방향 체인 코드

8 방향 체인 코드[7] 알고리즘은 에지 영상에서 코너 점정

보를 추출하는데 사용되는 유용한 알고리즘이다. 이것은 각 방향 성분마다 서로 다른 가중치의 값을 적용해서 에지 영상에서 가중치 값의 변화가 있는 곳을 코너 점으로 한다. 이 방법에 적용되는 8방향 체인 코드는 Fig. 2와 같다.

NW(6)	N(7)	NE(8)
W(5)	↘	E(1)
SW(4)	S(3)	SE(2)

Fig. 2 8 Directional chain code(CC)

그런데 이 방식은 적용이 간편하지만, 에지 선의 기울기가 45도의 정수 배가 되지 않는 경우는 Fig. 3과 같은 지그재그 현상이 나타나므로, 코너 점을 찾는데 심각한 단점 [5][6]을 가지고 있다. Fig. 3에서 시작점(LINE_1, col #10)과 끝 점(LINE_5, col #1) 사이에서 한 개의 픽셀마다 방향성을 고려하면, 시작점에서(LINE_1, col #10)5→4→5→4→5→4→5→4→5→(LINE_5, col #1)의 방향 값이 나오게 된다. 즉 시작점과 끝점을 제외한 부분의 방향성이 변화된 곳을 살펴보면 Fig. 3에서 음영이 들어있는 두 개의 점보다 많은 여러 개의 코너 점들이 생기게 된다.

	col #1	col #2	col #3	col #4	col #5	col #6	col #7	col #8	col #9	col #10	col #11
LINE_1									•	•	
LINE_2							•	•			
LINE_3					•	•					
LINE_4			•	•							
LINE_5	•	•									
LINE_6											

Fig. 3 Line slope is less than 45 degree

4. 인간의 시각적 원리와 수리형태학을 고려한 그룹형 8 방향 체인 코드(HVGCC) 알고리즘

인간의 시각은 코너 점을 찾는 경우, 픽셀 1개 씩 판단하지 않고 직선 단위로 판단하여 직선 기울기가 변화하는 곳을 코너 점으로 인식한다. 따라서 본 논문에서는 지그재그로 나타나는 곳에 코너 점 추출을 효율적으로 하기 위해서, 디지털 영상을 픽셀 1개 단위로 방향성을 검사하던 기존의 방법을 탈피하여, 동일한 수평·수직 방향의 여러 픽셀들을 1개의 그룹 단위로 처리할 수 있도록 했다. 이와 같은 그룹화 개념은 인간의 시각이 직선 단위로 비교하는 것과 유사한 점이 있다.

그래서, 기존의 8방향 체인 코드와 차별화하기 위하여 본

알고리즘을 인간의 시각적 원리와 수리 형태학을 결합시킨 그룹별 8 방향 처리하는 새로운 기법을 제안하며, 이를 HVGCC로 정의한다.

4.1 제안한 8 방향 그룹형 체인 코드

본 논문에서는 기존 8방향 체인 코드의 단점을 보완하고자 동·서·남·북 방향의 동일한 방향으로 연속한 픽셀(2개 이상의 픽셀)들을 한 개의 그룹(Group)으로 각각 처리했다. 그룹별 방향의 가중치는 기존의 8방향 체인 코드와 동일하게 처리한다. 아래의 그림 Fig. 4에서 GRP_ 는 그룹을 의미한다. Fig. 4에서 괄호에 들어있는 숫자는 각 그룹에 있어서, 상호 관계되는 방향의 가중치를 의미한다. 즉 그룹별로 가중치가 차이가 나는 곳을 코너 점으로 결정한다.

GRP_NW(6)	GRP_N(7)	GRP_NE(8)
GRP_W(5)	↘	GRP_E(1)
GRP_SW(4)	GRP_S(3)	GRP_SE(2)

Fig. 4 Proposed 8 Directional Group Chain Code(GCC)

그리고, 수직 성분을 처리할 때에는 Fig. 4를 90도 회전시킨 후 위와 같은 방법으로 적용하면 된다.

4.2 제안한 HVGCC 알고리즘

본 논문에서 제안한 HVGCC에 의한 코너 점 추출 계통도는 Fig. 5와 같다. 계통도에서 사용된 모든 기호는 식(3)부터 식 (11)까지 사용된 것과 동일하며, 다음과 같은 7 단계 처리를 한다.

첫째, 에지 영상에서 수평성분으로 지그재그 형태로 되어 있는 성분만을 포함하는 영상 F_{xx} 를 구한다. 이때, 에지 영상 f 와 형태소 B_{xx} 를 식(3)과 같이 처리한다. 식(3)에서 $EROS()$ 는 녹임 연산을 의미하며, $DIL()$ 은 불림 연산을 각각 의미한다.

$$F_{xx} = DIL(EROS(f, B_{xx}), B_{xx}) \tag{3}$$

둘째, 에지 영상에서 수직방향으로 지그재그 형태로 되어 있는 성분만을 포함하는 영상 F_{yy} 는 형태소 B_{yy} 를 사용하여 식 (4)와 같이 구한다.

$$F_{yy} = DIL(EROS(f, B_{yy}), B_{yy}) \tag{4}$$

셋째, 위의 성분들 이외에 지그재그 형태를 포함하지 않으며 픽셀 폭이 1개의 점으로 되어있는 영상 f_x 는 식(5)와 같다.

$$f_x = f - (F_{xx} + F_{yy}) \tag{5}$$

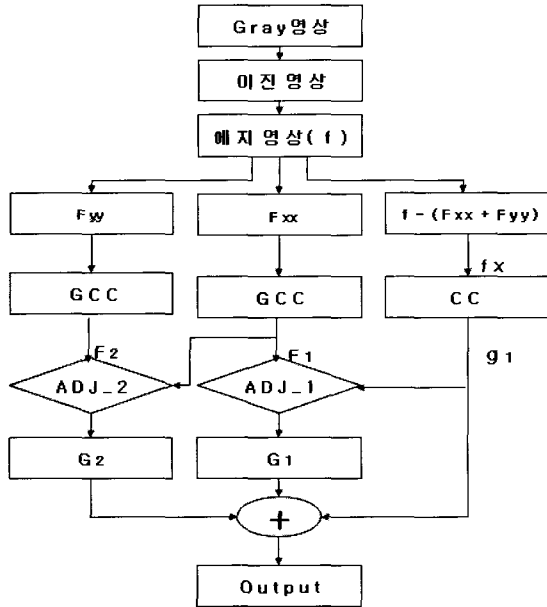


Fig. 5 Proposed HVGCC process for detecting corner points

넷째, 식(3)과 식(4)에 의해 나온 부 영상 F_{xx} 와 F_{yy} 에 본 논문에서 제안한 8 방향 그룹형 체인 코드(GCC)를 각각 적용하여 수평 방향의 지그재그 성분을 포함하는 코너 점 영상 F_1 과 수직 방향의 지그재그 성분을 포함하는 코너 점 영상 F_2 를 각각 만든다.

다섯째, 식(5)의 처리 결과 영상에는 기존의 8방향 체인 코드를 적용한 영상 g_1 을 만든다. 이런 과정을 거치게 되면 한 개의 연속된 에지 영상을 여러 개로 방향성을 포함하는 분할된 F_1 , F_2 , g_1 의 코너 점 영상 3개를 얻게 된다.

여섯째, 이들 코너 점 영상의 연결 부분에서는, 코너 점을 보정하는 과정이 필요하다. 본 논문에서는 보정하는 과정을 ADJ_1 과 ADJ_2 로 표현한다. 본 논문에 사용되는 형태소는 7×7 크기의 원형 형태소를 CIR_7 , 5×5 크기의 형태소는 CIR_5 로 정의하여 처리 과정에 이용하였다.

$$G_1 = ADJ_1(g_1, F_1, CIR_7) \tag{6}$$

$$G_2 = ADJ_2(F_1, F_2, CIR_5) \tag{7}$$

이때 G_1 은 아래의 조건 2개를 만족한다.

조건 1.

$$\text{if } (g_1(i, j) \neq 0) \tag{8}$$

$$G_1(i, j) = g_1(i, j);$$

조건 2.

else

$$G_1(i+m, j+n) \tag{9}$$

$$= g_1(i+m, j+n) * F_1(i+m, j+n) * CIR_7(m, n);$$

이며

$$\begin{aligned} -3 &\leq m \leq 3 \\ -3 &\leq n \leq 3 \end{aligned} \tag{10}$$

동일한 방법으로 G_2 를 구할 수 있다.

일곱째, 마지막 단계로 최적화된 코너 점 영상 f_o 는 다음 세 개 영상을 합한 것이 된다.

$$f_o = g_1 + G_1 + G_2 \tag{11}$$

본 논문에서 Fig. 1(a)의 $1 \times 2HL$ 형태소를 1개의 그룹으로 하여 그룹형 8방향 체인 코드를 Fig. 3에 적용하여 방향성을 분석하면 다음과 같다.

시작점 (LINE_1, col #10)으로부터 $\rightarrow 4 \rightarrow 4 \rightarrow 4 \rightarrow 4 \rightarrow$ (LINE_5, col #1)이 되기 때문에 시작점과 끝점을 제외한 부분의 방향성이 변화된 곳은 한 곳도 발견되지 않는다.

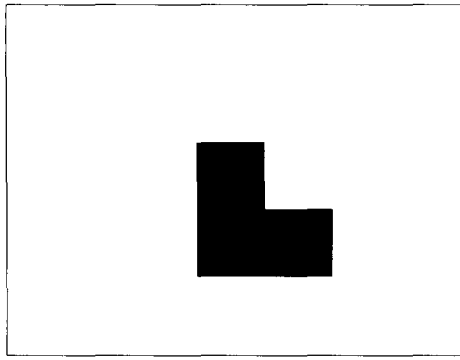
따라서 시작점과 끝점을 코너 점으로 결정하면 된다. 즉, 인간이 눈으로 보았을 때와 유사한 최적의 코너 점을 추출할 수 있다. Fig. 6에서 경사도를 세로 픽셀 개수와 가로 픽셀 개수의 비로 나타내면, 경사도 = 0.5가 된다. 경사도를 각도로 환산하면 $\tan^{-1}(0.5) = 26.57^\circ$ 가 된다. 즉 지그재그 수평 성분들을 포함한 영상의 사이 각은 $\theta = 26.57^\circ$ 이다.

	col #1	col #2	col #3	col #4	col #5	col #6	col #7	col #8	col #9	col #10	col #11
LINE_1										.	
LINE_2											
LINE_3											
LINE_4											
LINE_5	.										
LINE_6											

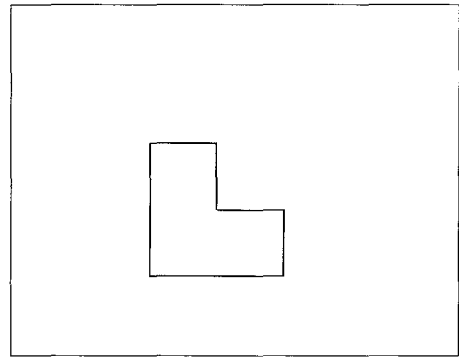
Fig. 6 The result of proposed algorithm to a Fig. 3

5. 시뮬레이션 및 고찰

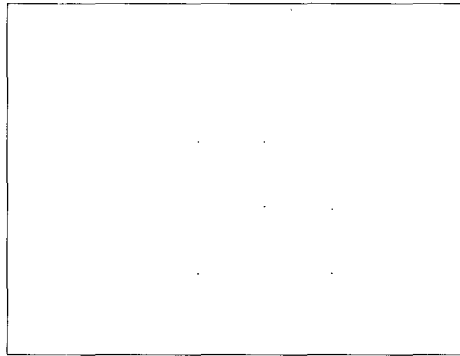
시뮬레이션 영상은 256×256 크기의 그레이 레벨 영상을 이진 영상으로 만든 후, 이를 에지 영상으로 변환시킨다. Fig. 7(b)와 Fig. 7(e)는 각 실험 영상의 에지 영상이다. Fig. 7(a)의 에지 영상 Fig. 7(b)는 에지 선분의 기울기가 45도의 정수 배가되는 경우를 보인다. 반면, Fig. 7(d)의 에지 영상 Fig. 7(e)는 에지 선분의 기울기가 45도의 정수 배가되지 않는 경우를 보인 것이다. 이들 영상에 코너 점을 검출하기 위하여, 기존의 8방향 알고리즘과 본 논문에서 제안한 HVGCC 알고리즘을 각각 적용하여 그 결과를 서로 비교한다. 제안한 알고리즘으로 시뮬레이션 한 결과 Fig. 7(f)와 Fig. 7(g)의 비교는 다음과 같이 요약된다.



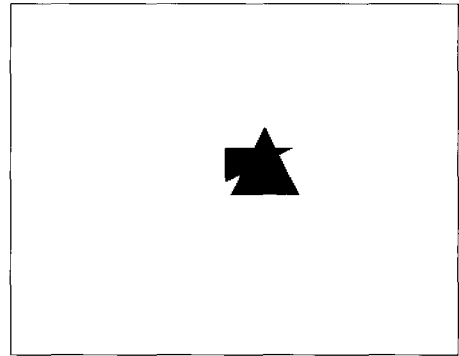
(a) 256x256 square_data



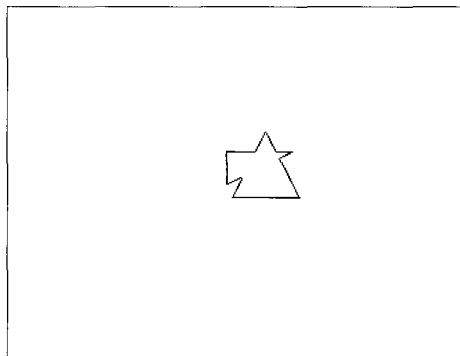
(b) edge image of (a)



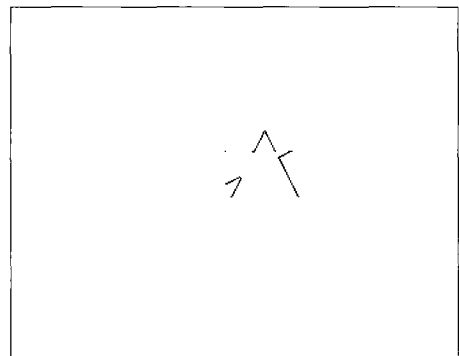
(c) corner point image of (a)
by old and proposed algorithm each



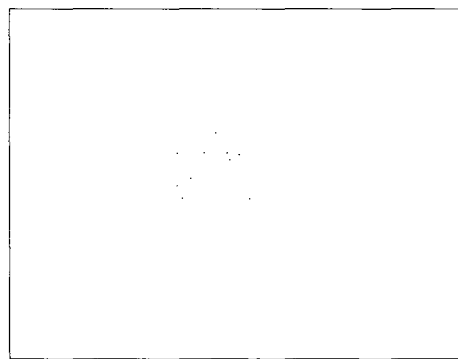
(d) 256x256 star_data



(e) edge image of (d)



(f) corner point image of (d) using 8
directional chain code



(g) corner point image of (d) using
proposed algorithm

Fig. 7 Comparing old and proposed algorithms each

첫째, 에지 영상에서 에지 선분의 기울기가 45도의 정수 배가 되는 Fig. 7(a)의 경우는 기존의 알고리즘이나 본 논문의 알고리즘이나 동일한 코너 점들이 나타남을 Fig. 7(c)를 통해서 볼 수 있다. 둘째, 에지 영상에서 에지 선분의 기울기가 45도의 정수 배가 되지 않는 에지 영상은 Fig. 7(e)이다. 이 경우, 영상에서는 에지 선분 기울기가 45도의 정수 배가 아닌 것이 여러 장소에서 나타난다. 이때 기존 알고리즘으로 코너 점을 추출하면, Fig. 7(f)와 같은 불합리한 코너 점 영상이 된다. 그러나 본 논문에서 제안하는 알고리즘을 적용하면 Fig. 7(g)와 같이 10개의 코너 점을 정확하게 찾고 있음을 알 수 있다. 즉 기존 알고리즘과 비교할 때 시각적 개념이 접목된 HVGCC 알고리즘이 코너 점 추출에 훨씬 우수하다.

6. 결 론

시뮬레이션 결과는 Fig. 7과 같이, 에지 선분의 기울기가 45°의 정수 배가 되는 경우는 기존의 8 방향 알고리즘 처리 결과와 제안한 HVGCC의 결과와 동일하다. 그러나, Fig. 7(d)와 같이 에지 선분의 기울기가 45°의 정수 배가 되지 않는 경우에는 제안한 알고리즘의 적용 결과는 10개의 코너 점을 정확하게 찾고 있다. 그래서, 본 알고리즘을 코너 점 추출에 사용하면 다음과 같은 두 가지의 장점을 발견할 수 있다.

첫째, 기존의 코너 점 추출 시, 잘 발견하지 못하는 지그재그 형태의 오목·볼록한 부분의 코너 점을 발견하게 되어 패턴 인식 효율이 향상될 수 있다.

둘째, 기존의 방법에서는 동일한 물체의 폐곡선에서만 처리가 가능한 코너 점을 본 논문에서는 폐곡선을 여러 개의 성분 영상으로 분할하는 과정으로 전처리하기 때문에 전역적으로 코너 점을 동시에 추출할 수 있다. 따라서 시스템 개발에도 효율적으로 생각된다.

응용 분야로, 제안한 알고리즘은 패턴 인식을 필요로 하는 공장 자동화에서 적용될 수 있다고 생각되며, 더 나아가 선박의 ARPA 레이더에 적용하면 요철 형태의 복잡한 구조를 지닌 해안선의 영상 정보를 이용해서 해역의 위치를 판단할 수도 있고, 선박의 길이나 방향 등의 추적에도 적용할 수 있다고 생각된다.

차후 과제로는 최적의 코너 점을 추출하기 위하여 에지 직선의 기울기를 최소 또는 최대 몇 도까지 적용해야 가장 효율적이며 최적의 시스템 개발에 대해서는 차후의 과제로 남겨둔다.

참 고 문 헌

- [1] 江藤康隆(2002. 2), スリット回轉型エッジ特徴抽出器を用いたコーナー検出に関する研究, 修士論文, 北陸先端科學技術大學院大學, 情報科學研究科 情報システム學專攻
- [2] Alvarez. L and Morales. F(1997), "Affine morphological multiscale analysis of corners and multiple junctions", International Journal of Computer Vision, Vol. 25:2 pp. 91 - 105
- [3] Deriche. R, Giraudon. G(1993), "A computational approach for corner and vertex detection", International Journal of Computer Vision, Vol. 10:1 pp. 101 - 124
- [4] Frank. Y Shih and Puttagunta. P(July, 1995) "Recursive Soft Morphological Filters", IEEE Trans. on Image Processing, Vol. 4, No. 7, pp. 1027 - 1032
- [5] Eto. Y, Sugiyama. T, Abe. K and Abe. T(Sep., 2002), "Corner detection using slit rotational edge-feature detector", IEEE ICIP, Vol. 2, pp. 797-800
- [6] Haralick. R. M and Shapiro. L. G(1992), Computer and Robot Vision, Vol. 1, Addison-Wesley, pp. 157-261
- [7] Gonzalez. R. C(1992), Digital image processing, Addison-Wesley, pp.483-486
- [8] Olson. C. F(1998), "Improving the generalized Hough transform through imperfect grouping", Image and Vision Computing,, Vol. 16, Elsevier, pp. 627 - 634
- [9] Shapiro. L. G and Stockman. G. C(2001), Computer vision, Prentice Hall Inc, p.293, pp. 317 - 320
- [10] Ritter. G. X and Wilson. J. N(2001), Handbook of computer vision algorithms in image algebra 2nd edition, CRC press LLC pp.273-283, pp.330-332

원고접수일 : 2003년 12월 18일

원고채택일 : 2004년 3월 3일