

산업용 기계요소부품의 경계표현을 위한 경계정보 이용에 관한 연구

A Study on the Utilization of Contour Information of Industrial Mechanical Elemental Parts for Boundary Representation

全 瓚 球* · 高 明 三**
(Chan-Gu Jeon · Myoung-Sam Ko)

요 약

본 논문에서는 산업용 기계요소부품의 효율적인 경계표현을 위하여 산업용 기계요소부품의 윤곽으로부터 요소정보를 추출하는 시도를 하였다. 원과 선의 요소정보를 이용하여 원과 선분운곽을 경계표현하는 성능을 분석하였다. 또한, 그 성능과 CW추적 RL탐색 방법에 의한 경계표현성능과를 비교 분석하였다. 분석 결과, 경계표현 속도면에 있어서 본 논문에서 제안한 방법이 CW추적 RL탐색 방법 보다 2배 빠른 것을 알 수 있었다. 본 논문에서 제안한 방법으로 경계표현하는 실험을 하여 보았고 실험한 결과 원하는 결과를 관찰할 수 있었다.

Abstract- A method for extracting the elemental information for an efficient representation of the boundary of industrial parts, from the contours of the mechanical parts, is presented. We have analyzed the performance of the boundary representation using lines and circles. We have also analyzed and compared the performance of the proposed method with that of CW tracking-RL searching method. The result of the analysis has shown that the method suggested in this paper is twice faster than CW tracking-RL searching method. The same result could also be observed in experiments.

1. 서 론

시각자동화 기술에 있어 영상처리 과정 중에서 주어진 영상을 영역화하는 방법은 크게 region growing 방법과 경계검출방법이 있다.¹⁾²⁾³⁾⁴⁾ 분리된 이진 영상으로 부터 물체의 특징을 효율적으로 추출하기

위한 표현방법으로는 크게 경계표현방법과 영역표현방법으로 분류할 수 있다.⁵⁾⁶⁾⁷⁾ 경계표현방법으로는 contour coding⁸⁾⁹⁾¹⁰⁾, runlength coding⁷⁾¹⁰⁾ 과 st rip tree⁹⁾ 등이 있으며 이 중에서 contour coding(또는 chain coding)방법이 영상처리가 용이하여 많이 사용하고 있으나 표현시 경계추적을 해야하므로 많은 시간이 걸리는 것이 단점이다. 최근, 이러한 단점을 보완하기 위하여 하드웨어로 경계표현하는 방법이 많이 연구되고 있다.¹²⁾¹³⁾¹⁴⁾¹⁵⁾

본 논문에서는 산업용 기계요소부품의 효율적인

*正 會 員 : 韓國機械研究所 研究員

**正 會 員 : 서울대 工大 制御計測工學科 教授 · 工博

接受日字 : 1988年 1月 5日

1次修正 : 1989年 1月 17日

경계표현을 소프트웨어로 하기 위하여 기계요소부품의 윤곽으로부터 경계정보를 추출하고자 한다.¹⁶⁾ 또한, 기계요소부품의 윤곽을 구성하는 원과 선분의 추출된 요소정보를 이용하여 원과 선분윤곽을 경계표현하는 성능을 분석하고 그 성능과 CW추적 RL탐색방법에 의한 경계표현성능과를 비교 분석하고자 한다.

2. 영상에서의 임의의 직선형 선분 윤곽의 체인코드표현 분석

일반적으로 임의의 직선형 선분은 체인코드 c_1 이 n 개 체인코드 c_2 가 m 개 조합된 체인코드 패턴이 연속적으로 반복되는데 이때 직선형 선분을 $l = [n(c_1), m(c_2)]$ 로 표시하고 이를 직선형 선분의 체인코드 표현이라고 하면 기울기 N/M 인 임의의 직선형 선분의 화상에서의 체인코드표현은 다음과 같다.

정리 1) 기울기 N/M 인 임의의 직선형 선분의 화상에서의 체인코드 표현.

- 1) $M > N, M > 0, N > 0$ 인 경우(제 1 괄분면)
 $l = [(M-N)(0), N(1)]$
- 2) $M = N > 0$ 인 경우
 $l = [1(1), 1(1)]$
- 3) $M < N, M > 0, N > 0$ 인 경우(제 2 괄분면)
 $l = [M(1), (N-M)(2)]$
- 4) $M \rightarrow 0, N \rightarrow +\infty$ 인 경우
 $l = [1(2), 1(2)]$
- 5) $|M| < |N|, M < 0, N > 0$ 인 경우(제 3 괄분면)
 $l = [(N-M)(2), M(3)]$
- 6) $|M| = |N|, M < 0, N > 0$ 인 경우
 $l = [1(3), 1(3)]$
- 7) $|M| > |N|, M < 0, N > 0$ 인 경우(제 4 괄분면)
 $l = [N(3), (M-N)(4)]$
- 8) $M \rightarrow -\infty, N \rightarrow 0$ 인 경우
 $l = [1(4), 1(4)]$
- 9) $|M| > |N|, M < 0, N < 0$ 인 경우(제 5 괄분면)
 $l = [(M-N)(4), N(5)]$
- 10) $|M| = |N|, M < 0, N < 0$ 인 경우
 $l = [1(5), 1(5)]$
- 11) $|M| < |N|, M < 0, N < 0$ 인 경우(제 6 괄분면)
 $l = [M(5), (N-M)(6)]$
- 12) $M \rightarrow 0, N \rightarrow -\infty$ 인 경우
 $l = [1(6), 1(6)]$
- 13) $|M| < |N|, M > 0, N < 0$ 인 경우(제 7 괄분면)
 $l = [(N-M)(6), M(7)]$

- 14) $|M| = |N|, M > 0, N < 0$ 인 경우
 $l = [1(7), 1(7)]$
- 15) $|M| > |N|, M > 0, N < 0$ 인 경우(제 8 괄분면)
 $l = [(M-N)(0), N(7)]$
- 16) $M \rightarrow +\infty, N \rightarrow 0$ 인 경우
 $l = [1(0), 1(0)]$

증명) 임의의 체인코드 c_i 의 x 축 성분은 $\Delta x(c_i)$ 라 하고 y 축 성분을 $\Delta y(c_i)$ 하면 $l = [n(c_1), m(c_2)]$ 인 직선형 선분의 기울기 g 는 다음과 같이 주어진다.

$$g = \frac{\Delta y(c_1) \cdot n + \Delta y(c_2) \cdot m}{\Delta x(c_1) \cdot n + \Delta x(c_2) \cdot m}$$

여기서 $\Delta x(c_i)$ 와 $\Delta y(c_i)$ 는 $+1, 0, -1$ 중의 값이다. 정리 1)에 1)의 경우에 있어 체인코드표현된 직선형 선분 $l = [(M-N)(0), N(1)]$ 의 기울기 g 를 구하면

$$\begin{aligned} g &= \frac{(M-N) \cdot \Delta y(0) + N \cdot \Delta y(1)}{(M-N) \cdot \Delta x(0) + N \cdot \Delta x(1)} \\ &= \frac{(M-N) \cdot 0 + N \cdot 1}{(M-N) \cdot 1 + N \cdot 1} \\ &= N/M \end{aligned}$$

이 되어 제 1 괄분면에서 기울기 N/M 인 직선형 선분의 체인코드표현 임의 입증된다. 같은 방법으로 2)항 이후의 각각의 경우에 대해 기울기 g 를 구하면 N/M 으로 표시되어 직선형 선분의 체인코드표현이 정리 1)과 같음이 입증된다. 정리 1)에서 알 수 있듯이 임의의 직선형 선분의 특성을 나타내는 지식요소는 체인코드표현이다.

3. 체인코드표현된 임의의 직선형 선분에 수직관계에 있는 임의의 직선형 선분의 체인 코드 표현

일반적으로 직선형 선분 l_i 가 l_{i+1} 선분과 서로 $-\pi/2$ 각도로 접할때

$$l_i = [m(c_1), n(c_2)] \tag{1}$$

라하면 l_{i+1} 의 체인코드표현은

$$l_{i+1} = [m(c_1 - 2), n(c_2 - 2)] \tag{2}$$

로 주어지고, l_{i+1} 이 $+\pi/2$ 각도로 접하면 l_{i+1} 은

$$l_{i+1} = [m(c_1 + 2), n(c_2 + 2)] \quad (3)$$

로 주어진다.

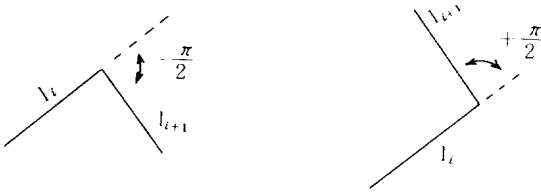


그림 1 직선형 선분 l_i 에 $\pm\pi/2$ 로 접해 있는 선분 l_{i+1}

Fig. 1 Straight line l_{i+1} contacted by line l_i at an angle of $\pm\pi/2$.

4. 원형 Contour의 체인코우드 표현 분석

Contour를 구성하는 원의 임의의 점 X를

$$X = (x, y) \quad (4)$$

라면 반경 r인 원의 방정식은

$$|X| = r \quad (5)$$

이다.

식 (5)로 주어지는 원의 방정식에서 임의의 점 x에 접하는 접선의 기울기 g는 식(5)를 x와 y에 대하여 미분을 취하므로써 얻을 수 있다.

$$a = y'/x' = -x/y \quad (6)$$

그림 2. 에서와 같이 점 $(0, +r)$ 에서 시계방향으로 추적했을 경우 x, y영역 R과 식(6)으로 부터 임의의 점 X에서 접선이 통과하는 팔분면과 이 영역에서의 모든 점들이 표현되는 체인코우드는 다음과 같다.

1) $R = [(x, y) | 0 \leq x \leq +r/\sqrt{2}, +r \geq y \geq +r/\sqrt{2}]$ 인 경우 접선 : 제 8 팔분면, 체인코우드 $(0, 7)$

2) $R = [(x, y) | +r/\sqrt{2} \leq x \leq +r, +r/\sqrt{2} \geq y \geq 0]$ 인 경우; 접선 : 제 7 팔분면, 체인코우드 $(7, 6)$

3) $R = [(x, y) | +r \geq x \geq +r/\sqrt{2}, 0 \geq y \geq -r/\sqrt{2}]$ 인 경우; 접선 : 제 6 팔분면, 체인코우드 $(6, 5)$

4) $R = [(x, y) | +r/\sqrt{2} \geq x \geq 0, -r/\sqrt{2} \geq y \geq -r]$ 인 경우; 접선 : 제 5 팔분면, 체인코우드 $(5, 4)$

5) $R = [(x, y) | 0 \geq x \geq -r/\sqrt{2}, -r \leq y \leq -r/\sqrt{2}]$ 인 경우; 접선 : 제 4 팔분면, 체인코우드 $(4, 3)$

6) $R = [(x, y) | -r/\sqrt{2} \geq x \geq -r, -r/\sqrt{2} \leq y \leq 0]$ 인 경우; 접선 : 제 3 팔분면, 체인코우드 $(3, 2)$

7) $R = [(x, y) | -r \leq x \leq -r/\sqrt{2}, 0 \leq y \leq +r/\sqrt{2}]$ 인 경우; 접선 : 제 2 팔분면, 체인코우드 $(2, 1)$

8) $R = [(x, y) | -r/\sqrt{2} \leq x \leq 0, +r/\sqrt{2} \leq y \leq +r]$ 인 경우; 접선 : 제 1 팔분면, 체인코우드 $(1, 0)$

정리 1)에서 각 팔분면을 지나는 직선형 선분의 체인코우드가 위와 같음을 제시하였고 원 R은 접선과의 접점들의 집합으로 구성되므로 각 영역에서의 체인코우드도 위와 같다. 일반적으로 제 S 팔분면에 속한 원의 점들의 집합이 체인코우드 c_1^s, c_2^s 로 표현되면 제 S-1 팔분면의 체인코우드 c_1^{s-1}, c_2^{s-1} 은 다음과 같은 관계를 갖는다.

$$\begin{aligned} c_1^{s-1} - c_2^{s-1} &= 1 \\ c_1^{s-1} &= c_1^s - 1 \\ c_2^{s-1} &= c_2^s - 1 \end{aligned} \quad (7)$$

식 (7)이 원형 Contour를 추적할 때 요소정보가 된다.

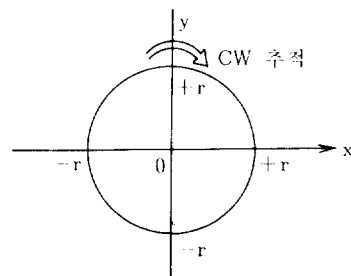


그림 2 원의 Contour CW추적

Fig. 2 CW tracking for contour of circle.

5. Contour를 구성하는 직선형 선분과 원형 Contour에 있어서 경계표현 성능분석

Contour를 구성하는 임의의 화소점의 좌표가 식(4)와 같이 주어질 때 영상함수(Image function) p는

$$p(X) = \begin{cases} 0 \\ 1 \end{cases} \quad (8)$$

이다.

일반적으로, X_1, X_2 에 대해

$$|p(X_1) - p(X_2)| = 1 \quad (9)$$

인 경우 X_1 과 X_2 의 경계부분을 Contour로 정의하지만 여기서는 식(9)를 만족하는

$$p(X_1) = 1 \quad (10)$$

인 X_1 을 Contour를 구성하는 점으로 한다.

정의 1) 함수 $G(Y_1; X_m, X_m^k) = M$ 은 Y_1 의 조건 하에서 $|p(X_m) - p(X_m^k)| = 1$ (또는 X_m 가 다음의 Contour 점)이면 $M = 1$ 이고 $|p(X_m) - p(X_m^k)| = 0$ (또는 X_m^k 가 Contour 점에 속하지 않음)이면 $M = 0$ 으로 정의한다. 여기서, X_m^k 는 X_m 에 8-neighborhood 관계에 있는 점이다.

정의 1)에 입각하여 X_m 에서 다음의 윤곽을 구성하는 점을 찾는 기준방법인 CW추적 RL (1), 16)의 경우를 표현해 보면

$$G(c_1, CW, RL; X_m, X_m^k) = M \quad (11)$$

여기서, c_1 = 최종 체코코드 값

CW = CW 추적
RL = RL 탐색

이며, 다음의 윤곽점 X_m^k 는

$$X_m^k = G^{-1}(c_1, CW, RL; X_m, 1) \quad (12)$$

로 표현한다.

정의 2) 함수 $T(Y_1; X_m, X_m^k) = \tau$ 를 Y_1 의 조건

하에서 X_m^k 까지 비교하는데 걸리는 시간으로 정의한다.

예를들어 X_m^k 가 다음의 윤곽점일 경우 $T(c_1, CW, RL; X_m, X_m^k)$ 는 CW추적 RL 탐색방법으로 다음의 윤곽점을 찾을 때 까지의 걸리는 시간이다. 위에서 정의한 함수들을 사용하면 현재의 윤곽점에서 다음의 윤곽점을 찾는 데 어떤 방법을 사용했는지를 쉽게 알 수 있어 각각의 방법에 대한 상호 성능비교에 편리하다.

5.1 직선형 선분의 경우

직선형 선분 1을 경계표현하는 경우 기준방법인 CW추적 RL 탐색을 사용하면 이때의 G 함수는

$$G(c_1, CW, RL; X_m, X_m^k) = 1 \quad (13)$$

$$\text{또는, } G(c_1, CW, RL; X_m^{k+1}, X_m^k) = 1 \quad (14)$$

이고 식(13), (14)에서 X_m^k 는 다음과 같이 된다.

$$X_m^k = G^{-1}(c_1, CW, RL; X_m, 1) \quad (15)$$

$$X_m^k = G^{-1}(c_1, CW, RL; X_m^{k+1}, 1) \quad (16)$$

이다. 식(15), (16)에서 X_m^k 를 찾는데 걸리는 각각

$$\begin{aligned} \tau_0 &= T(c_1, CW, RL; X_m, X_m^k) \\ &= T(c_1, CW, RL; X_m, G^{-1}(c_1, CW, RL; X_m, 1)) \\ &= \begin{cases} 4 \cdot \Delta T, & c_1 = c_i \\ 5 \cdot \Delta T, & c_1 = c_i - 1 \\ 3 \cdot \Delta T, & c_1 = c_i + 1 \end{cases} \quad (17) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \tau_0 &= T(c_1, CW, RL; X_m^{k+1}, X_m^k) \\ &= T(c_1, CW, RL; X_m^{k+1}, G^{-1}(c_1, CW, RL; X_m^{k+1}, 1)) \\ &= \begin{cases} 3 \cdot \Delta T, & c_1 = c_i \\ 4 \cdot \Delta T, & c_1 = c_i - 1 \\ 2 \cdot \Delta T, & c_1 = c_i + 1 \end{cases} \quad (18) \end{aligned}$$

여기서, c_i 는 c_1 다음의 체인코드 값.

ΔT 는 컴퓨터에서 $p(X_m)$ 과 $p(X_m^k)$, 또는 $p(X_m^{k+1})$ 과 $p(X_m^k)$ 를 비교하는데 걸리는 시간임.

다음에 선분 1을 1에 대한 요소지식을 가지고 경

계표현 하는 경우를 생각해 본다. 요소지식을 Q라 하면

$$Q = [q_0, q_1, \dots, q_n] \quad (19)$$

로 쓸 수 있고 이 경우의 G함수를 구하면

$$G(c_1, Q; X_m^{k+1}, X_m^k) = 1 \quad (20)$$

이다. 식 (20)에서 X_m^k 를 구하면

$$X_m^k = G^{-1}(c_1, Q; X_m^{k+1}, 1) \quad (21)$$

이다. 식 (21)에서 X_m^k 를 찾는데 까지 걸리는 시간을 t_n 이라고 하면

$$\begin{aligned} t_n &= T(c_1, Q; X_m^{k+1}, X_m^k) \\ &= T(c_1, Q; X_m^{k+1}, G^{-1}(c_1, Q; X_m^{k+1}, 1)) \\ &= \Delta T \end{aligned} \quad (22)$$

그러므로 식 (17), (22)에서

$$t_n/t_o \begin{cases} 1/4, & c_1 = c'_1 \\ 1/5, & c_1 = c'_1 - 1 \\ 1/3, & c_1 = c'_1 + 1 \end{cases} \quad (23)$$

식 (18), (22)에서

$$t_n/t_o = \begin{cases} 1/3, & c_1 = c'_1 \\ 1/4, & c_1 = c'_1 - 1 \\ 1/2, & c_1 = c'_1 + 1 \end{cases} \quad (24)$$

이다. 식 (22), (24)에서 알 수 있듯이 지식을 가지고 경계표현하는 방법이 CW추적 RL 탐색방법보다 2배 이상의 빠른 속도로 경계표현 한다.

5.2 수직관계에 있는 직선형 선분의 경우 및 원형 Contour의 경우

5.1 결과 같은 방법으로 경계표현하는 성능분석을 하여 보면 다음과 같은 결과를 얻는다.

선분이 $+\pi/2$ 각도로 접할 경우

$$\begin{aligned} t_n/t_o &= 1/3 \\ t_n/t_o &= 1/2 \end{aligned} \quad (25)$$

선분이 $-\pi/2$ 각도로 접할 경우

$$\begin{aligned} t_n/t_o &= 1/6 \\ t_n/t_o &= 1/5 \end{aligned} \quad (26)$$

원형 Contour의 경우

$$t_n/t_o = \begin{cases} 1/4, & c_1 = c'_1 \\ 2/5, & c_1 = c'_1 - 1 \\ 1/3, & c_1 = c'_1 + 1 \end{cases} \quad (27)$$

$$t_n/t_o = \begin{cases} 1/3, & c_1 = c'_1 \\ 1/2, & c_1 = c'_1 - 1 \\ 1/2, & c_1 = c'_1 + 1 \end{cases} \quad (28)$$

그러므로, 식 (25), (26), (27), (28)에서 알 수 있듯이 지식 Q를 가지고 경계표현하는 방법이 CW추적 RL 탐색방법 보다 2배 이상 빠르다.

여기서, 지식Q를 처리하는데 걸리는 시간은 지식Q에는 현재의 윤곽점에서 다음의 윤곽점이 있는 체인코드 방향이 제공되어 있으므로 현재의 윤곽점에서 다음의 윤곽점의 메모리 번지를 찾는 CW 추적 RL 탐색 방식의 다음 메모리 번지를 알아내는 시간과 동일하거나 작다.

6. 지식표현 및 실험결과

6.1 지식표현

2 차원화된 산업용 기계요소부품의 경계표현을 위한 지식표현을 직선형 선분과 원의 요소정보를 이용하여 규칙처리 방식으로 표현한 예를 보이면 다음과 같다.

(Rule 1) □ 형

- 1) X_s 이 시작점이면 $X_m = X_s$ 로 한다.
- 2) $X_m^k = G^{-1}(c_1, Q; X_m^{k+1}, 1)$ 이면 $X_m = X_m^k$ 로 한다.

$X_m^k = G^{-1}(c_1, Q; X_m^{k+1}, 0)$ 이면

$Q = Q - 2$ (CW 추적시)

$Q = Q + 2$ (CCW 추적시)로 한다.

- 3) $X_m = X_s$ 이면 종료하고 $X_m \neq X_s$ 이면 2)로 돌아간다.

여기서, Q = 직선형 선분의 요소정보로

$Q = [n(c_1), m(c_2)]$ 일때

$Q \pm 2 = [n(c_1 \pm 2), m(c_2 \pm 2)]$ 이다.

(Rule 2) ○ 형

- 1) X_s 이 시작점이면 $X_m = X_s$ 로 한다.

2) $X_m^k = G^{-1}(c_1, Q; X_m^{k+1}, 1)$ 이면 $X_m = X_m^k$ 로 한다.

$X_m^k = G^{-1}(c_1, Q; X_m^{k+1}, 0)$ 이면
 $Q = Q - 1$ (CW 추적)
 $Q = Q + 1$ (CCW 추적)로 한다.

3) $X_m = X_s$ 이면 종료하고 $X_m \neq X_s$ 이면 2)로 돌아간다.

6.2 실험 및 결과

6.2.1 실험에 사용된 영상처리 시스템

본 실험에 사용된 영상처리 시스템은 MC 68000 cup를 사용한 cpu보드, 영상취득을 위한 A/D보드, 영상을 디스플레이하기 위한 D/A보드와 영상메모리보드 및 클락보드로 구성되어 있다.

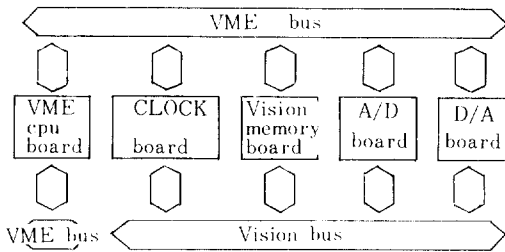


그림 3 본 실험에 사용된 영상처리 시스템

Fig. 3 Image processing system used in the experiment.

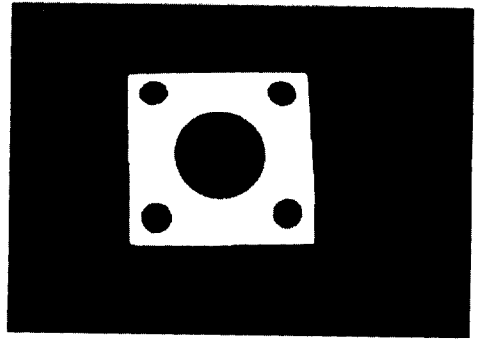
6.2.2 경계표현 실험

카메라로부터 취득된 계조도 영상을 영상메모리에 기억시키고 CRT모니터를 통해 직접 실험자의 육안으로 가장 질 좋은 이진영상을 얻는 threshold 값을 찾은 다음 이 값으로 계조도 영상을 이진영상으로 변환시켰다.

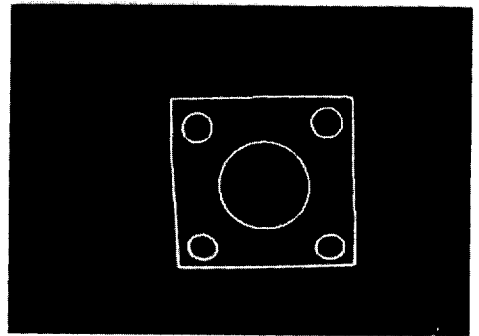
c-language를 사용하여 프로그램한 지식Q를 사용하여 경계표현하는 프로그램을 2차원화한 기계요소부품의 이진영상에 적용하여 경계표현 실험을 하여 보았다.

프로그램을 수행시켰던 바 사진에서 보는 바와 같이 기계요소부품의 Contour를 정확히 잘 경계표현하였다.

본 논문에서 제시한 방법으로 경계표현할 때 한 가지 특징은 물체의 윤곽을 구성하는 원과 직선이 노이즈에 의해 원래의 형상과 미소한 변화를 보일



(a) 이진 영상
(a) Binary image.



(b) 지식 Q에 의해 경계 표현된 영상
(b) Image of boundaries represented by knowledge Q.

그림 4 산업용 기계요소부품의 이진영상 및 지식 Q에 의해 경계표현된 영상의 사진.

Fig. 4 Binary image of industrial mechanical part and image of its boundaries represented by knowledge Q.

때에도 경계표현시 매우 민감한 반응을 보여 주었다. 즉, 물체의 이진영상에 노이즈가 많을 경우에는 이를 고려한 요소정보를 주어 경계표현하는 것이 필요하다.

본 논문에서 취급한 100종류의 기계요소 부품의 형상이 그림 5에 도시되어 있다. 이 중에서 3차원 물체의 경우에는 2차원 평면도형화 하여 경계표현 실험을 하였으며 그림 4.에서는 이들 중에서의 한 가지 대표적인 경계표현 실험결과를 게재하였다.

매칭파트 No.	파 트	매칭 파트 No.	파 트	매칭 파트 No.	파 트	매칭 파트 No.	파 트	매칭 파트 No.	파 트
1	△	21		41		61		81	
2	□	22		42		62		82	
3	○	23		43		63		83	
4	○	24		44		64		84	
5	□	25		45		65		85	
6	□	26		46		66		86	
7	◎	27	◎	47		67		87	
8	◎	28	◎	48		68		88	
9	◎	29		49		69		89	
10	□	30		50		70		90	
11	□	31		51		71		91	
12	◎	32	◎	52		72		92	
13	┌	33	○	53		73	◎	93	
14	┐	34	○	54	○	74		94	
15	└	35		55		75		95	
16	┘	36		56		76		96	
17	┌┐	37	◎	57	◎	77		97	
18	└┘	38	◎	58	◎	78		98	
19	┌└	39	◎	59		79		99	
20	┐┘	40		60		80		100	

그림 5 100 종류의 기계요소부품

Fig.5 100 sorts of mechanical elemental parts.

7. 결 론

참 고 문 헌

산업용 기계요소부품의 경계표현을 소프트웨어로 효율적으로 하기 위해 기계요소부품 contour의 기본 핵심 구성요소인 직선과 원의 요소정보를 추출하고 이를 적용한 방법과 기존의 CW추적 RL 탐색 방법과 비교하여 성능분석을 하여보았다.

분석결과, 본 논문에서 제시하는 지식 Q를 가지고 경계표현 하는 방법이 2배 이상 추적성능이 빠르다는 것을 알았다. 또한, 본 논문에서 제시하는 방법을 C-language로 프로그래밍하여 수행시켰던 바 효율적으로 경계표현하는 것을 관찰할 수 있었다.

앞으로 더 연구되어야 할 것은 임의의 2차원 도형의 영상에서 경계표현을 위한 지식을 영상처리 시스템에서 자동적으로 추출하고 이를 경계표현에 이용하는 연구가 필요하리라고 생각된다.

- 1) D.H.Ballard & C.M.Brown, Computer Vision, Prentice Hall Inc., 1982.
- 2) S.W.Zucker, "Region Growing: Childhood and Adolescence," CCIP 5,3,Sept.1976.
- 3) R.O.Duda & P.E. Hart, "Pattern Recognition and Scene Analysis," Willey Inc. 1973.
- 4) A.Martelli, "Edge Detection Using Heuristic Search Methods," CCIP 1,2, Aug.1972.
- 5) G.Ram, "On the Encoding and Representing of Images," CCIP 26, 1984.
- 6) H.Freeman, "Computer Processing of Line-drawing Image," Computer Survey 6, Mar., 1974.
- 7) R.D.Martilli, "Representation of Contours and Region for Efficient Computer Search," Com. ACM 16 Feb. 1973.
- 8) C.T.Helmets, "Robotics age, in the Beginning," Hay-

- den Book Co. Inc.1983.
- 9) D.H.Ballad, "Strip Trees:A Hierarchical Representation for Cuves," Com. ACM 24,5 May 1981.
 - 10) B.G.Batchelor, D.A.Hill, "Automated Visual Inspection," IFS Ltd. LK,1985.
 - 11) Y.Cohen, M.S.Landy, "Hierarchical Coding of Binary Images," IEEE PAMI vol. PAMI-3,3,May,1985.
 - 12) Roger L.T.Cederberg, "Chain-link Coding and Segmentation for Raster Scan Device,"CCIP-10 1979.
 - 13) 이정환, "러인 랭스 코우드를 이용한 새로운 체인 코딩 알고리즘에 관한 연구," 한국과학기술원 석사논문, 1986.
 - 14) 김성대 외 9인, "로봇트 비전을 위한 시각 장치개발에 관한 연구," 한국과학기술원, 1986.
 - 15) "최근의 형상 패턴 인식기술," 월간자동화 기술, 3월호, 1987.
 - 16) 이병일외 3인, "산업용 비전시스템을 위한 하드웨어 체인코더 설계," 1987년도 전기·전자 공학 학술대회 논문집(1), p265.
-