

그레이 레벨 인물 영상으로부터의 윤곽선 추출

송 미영^o, 한 상훈, 조 형제
동국대학교 컴퓨터공학과

Contour Extraction from Gray-Level Character Image

MiYoung Song^o, SangHoon Han, HyungJe Cho
Department of Computer Engineering, Dongguk University

요 약

만화 제작에 있어 시나리오 뿐 만 아니라 등장 인물(캐릭터)의 개발이 중요한 부분을 차지하고 있으므로 새로운 캐릭터 창작을 쉽게 개발하기 위한 방법의 일환으로 기존 인물 영상의 특징을 최대한 고려한 윤곽선을 추출하여 이를 캐릭터 개발에 활용할 수도 있을 것이다. 이런 목적으로 지금까지 영상의 윤곽선 추출방법들이 많이 제안되었으나 대부분은 그레이 레벨 영상을 이진 영상으로 변환한 후 윤곽선을 추출하는 과정에서 정보의 손실이 발생할 수도 있으며 불필요한 잡영이 추가될 수 있었다.

본 논문은 이런 단점을 보완하기 위해 그레이 레벨 영상에서 직접 윤곽선을 추출하려는 시도로써, 전처리 과정에서는 local averaging으로 잡영을 줄인 후 Prewitt 연산자를 이용하여 에지를 검출하고, 윤곽선 추출에 적합하도록 기존의 지형적 특징 할당 방법을 수정하여 적용한 중간 결과에 대해 직선화 과정으로 잡음들을 제거하여 최종 윤곽선을 구한다.

1. 서론

우리 나라는 세계 제일의 만화 생산국으로 우리가 인식하지 못할 만큼 엄청난 양의 만화 영상물을 만들어 낸다. 만화 영상의 인기도는 시나리오 뿐 만 아니라 등장 인물(캐릭터)에 의해 좌우된다. 이러한 인기도에 따라 만화 등장 인물들은 캐릭터화하여 아이들의 용품에 등장하여 아이들로 하여금 구매 욕구를 충동시킨다. 그러나 대부분의 캐릭터들은 주로 외국에서 만든 캐릭터들이므로 우리 나라 정서에 맞는 캐릭터 개발이 중요하다. 또한 신문, 텔레비전과 같은 대중매체에 유명인사의 인물을 캐릭터화한 인형이나 그림을 많이 접할 수 있는데 이러한 만화 캐릭터를 쉽게 창작할 필요도 있다.

새로운 캐릭터 창작을 쉽게 개발하기 위한 방법

의 일환으로 기존 인물 영상에서 윤곽선을 추출하여 이를 캐릭터 개발에 활용할 수 있다. 이런 윤곽선 추출 방법들의 대부분은 스캐너로 입력된 그레이 레벨 영상을 이진 영상으로 변환하여 특징을 추출하는데, 이진 영상으로 변환하는 과정에서 중요한 특징에 해당하는 정보 손실이 발생할 수 있고 불필요한 잡영이 추가될 수 있다. 이는 윤곽선 추출의 성능을 저하시키는 큰 원인이 되므로 최근에는 이진 영상보다 그레이 레벨 영상에서 직접 윤곽선을 추출하는 연구들이 진행되고 있다.

윤곽선을 추출하는 기존 방법들은 대부분 에지(edge)의 방향정보, 모형(mask, window) 또는 에지 검출기를 이용한다. 또한 추출된 윤곽선에는 잡음선이 발생할 수 있으므로 잡음 선을 제거하는 후처리가 요구된다. 그 방법들은 다음과 같이 크게 분류할

수 있다.

첫째, 에지의 방향정보를 이용한 방법들은 그 정보를 얻기 위해서 많은 계산량이 요구되므로 이를 줄이기 위해 2차원의 벡터화된 에지를 추출하여 1차원화하는 방법과 에지 방향정보를 이용한 방법이 제안되었으나 에지 방향 정보 검출 방법이 복잡한 단점이 있다[5,10].

둘째, 미리 정의된 모형을 이용하는 경우로, 영상에서 에지 화소를 추출하기 위해 세션화된 6개의 5×5 기울기 연산자(*gradient mask*)와 임계치를 이용하는 방법이 있다. 이때 기울기 연산자의 크기가 너무 크면 에지 정보를 잃을 수 있고 에지의 추출 속도도 저하되는 문제점이 있다[9]. 또한 영상을 스캔하여 *line segment*와 레이블을 이용하는 방법이 있으나 이는 커다란 모형을 저장해야 하는 단점이 있다[11].

마지막으로, 에지 검출기를 이용하는 방법이 있다. 에지 검출기를 사용할 때 윈도우의 크기를 선정해야 하고 여러 윈도우에서 찾아낸 에지 정보를 효율적으로 결합해야 하는 문제점들이 있다[7].

기존 에지 검출 알고리즘들은 잡음(*noise*)선과 에지들이 끊어지는 현상이 발생하고, 에지의 가능성이 높은 화소들이 에지로 검출되지 않는다는 단점이 있다. 이러한 단점을 보완하기 위해 에지 라인 모델(*edge line modelling*)과 확률적 *relaxation*을 사용하는 후처리 방법 등이 제안되었다[8].

본 논문에서는 인물 영상의 특징을 최대한 고려한 윤곽선을 추출하기 위해 그레이 레벨 영상을 직접 사용하고 영상에 추가된 불필요한 잡음을 줄이고 화소들의 밝기차이를 균일하게 하기 위해 *local averaging*을 적용하고 Prewitt 연산자를 이용하여 에지를 추출한다. 그리고 윤곽선을 추출하기 위해 에지의 지형적 특징을 활용한 후 직선화와 잡음선 제거를 통해 윤곽선을 구한다.

본 논문은 2장에서 인물 영상의 특징들을 최대한 고려한 윤곽선 추출의 단계별 과정을 설명하고, 3장에서 단계별 과정을 거친 윤곽선 추출 결과를 제시하고 이를 분석하며, 4장에서 결론을 맺는다.

2. 인물 영상의 윤곽선 추출

인물 영상의 윤곽선 추출은 그림 1과 같은 과정으로 이루어진다. 정보의 손실을 막기 위해 이진화 영상으로 변환하지 않고 그레이 레벨 영상에서 직접

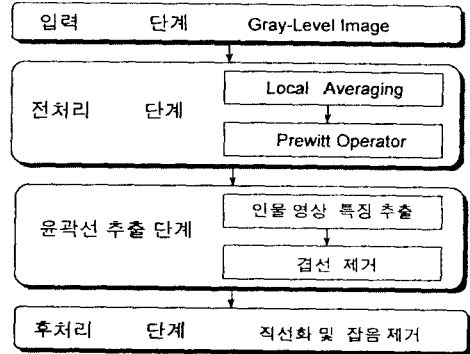


그림 1 인물영상 추출 과정

윤곽선을 추출한다. 또한 인물 영상은 조명이나 배경 등의 주변환경으로 인해 잡영이 추가되거나 화소들의 밝기차이가 균일하지 않아 입력된 그레이 레벨 영상에서 기존의 지형적 특징 할당 방법을 적용할 경우에는 무수한 잡음선이 발생한다. 따라서 잡음을 제거하고 화소의 명도 값을 균일하게 하기 위해 *local averaging*과 Prewitt 연산자[3]를 적용하여 에지를 검출한다. 그리고 인물 영상의 특징을 최대한 고려한 윤곽선 추출에 적합하도록 수정한 지형적 특징 추출 방법을 적용하고 마지막으로 직선화 과정을 통하여 인물 영상의 윤곽선을 다듬는다. 다음에서 이 각각에 대해 자세히 설명한다.

2.1 전처리

*Local averaging*은 그림 2와 같이 3×3윈도우 안에서 P0에 해당하는 값을 주변화소들의 평균값으로 결정한다.(식1)

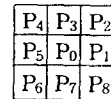


그림 2 필터링 윈도우

$$P_0 = \frac{\sum_{i=0}^8 P_i}{N} \quad \text{-----(1)}$$

N: 윈도우의 화소수

에지 검출기들은 계산속도를 높이거나 잡음을 줄이기 위해 좀더 큰 이웃화소 즉, 윈도우 크기를 넓게 사용하면 효과적이지만 선이 끊어지는 경향이 있

다. 따라서 그림 3과 같이 3×3 윈도우 모형의 Prewitt 연산자를 사용한다. 여기서 Δx와 Δy는 각각 세로와 가로 에지를 추출하는 모형이고 식2에서 S(x)는 화소 x에서의 크기 값이고 ϕ는 에지의 방향 값을 나타낸다.



그림 3 Prewitt 윈도우

$$S(x) = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}$$

$$\phi = \tan^{-1}\left(\frac{\Delta y}{\Delta x}\right) \quad \text{-----(2)}$$

2.2 윤곽선 추출

2.2.1 인물 영상의 지형적 특징 추출

영상에서 화소들은 그림 4와 같이 봉우리(peak), 능선(ridge), 안장점(saddle), 분지(pit), 협곡(ravine), 사면(hillside)등과 같은 지형적 특징을 가진다. 여기서 화소의 지형적 특징들 중에서 주변화소들과의 밝기차이가 큰 봉우리, 능선, 그리고 안장점만을 영상의 윤곽점으로 간주한다. 또한 지형적 특징 할당 방법에서 기울기 변화에 따른 방향 설정을 위해 주직교 성분 결정방법[2]을 적용하고, 인물 영상의 윤곽선을 추출하는데 적합하도록 기존의 지형적 특징 할당 방법을 수정한다.

2.2.2 주직교 성분 결정 방법[2]

주변 화소의 밝기 값 변화에 따라 지형적 특징을 할당하기 위해 화소들의 기울기 변화율을 산출해야 한다. 따라서 계산 속도가 빠르고 방법이 단순하여 화소들의 변화율(기울기)을 쉽게 구할 수 있는 주직교 성분 결정 방법을 적용한다.

주직교 성분은 그림 5(a)와 같이 3×3윈도우에서 중심화소를 기준으로 인접한 이웃화소들과의 기울기(m_i)를 계산하고 그림 5(b)와 같이 4방향의 기울기 변화율을 산출하여 결정한다.

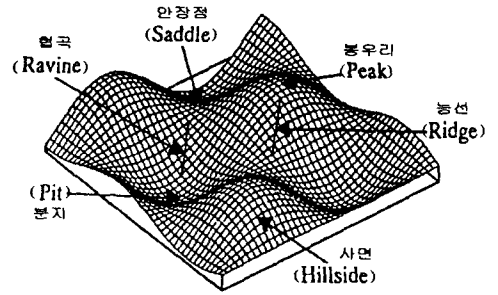


그림 4 지형적 특징

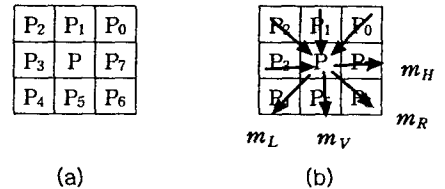


그림5.인접 화소와 기울기 계산방향

여기서,

$$m_i = \frac{\text{밝기값의차이}}{\text{거리중분}} = \frac{\Delta I_i}{\Delta S} \quad \text{-----(3)}$$

$$\Delta I_i = \begin{cases} I(P) - I(P_i) & i=0, 1, 2, 3 \\ I(P_i) - I(P) & i=4, 5, 6, 7 \end{cases}$$

$$\Delta S = \begin{cases} 1 & P_i \text{가 수평, 수직방향의} \\ & \text{인접화소인 경우} \\ \sqrt{2} & P_i \text{가 사선, 역사선방향의} \\ & \text{인접화소인 경우} \end{cases}$$

그리고 산출된 인접한 이웃화소의 기울기(m_i)에 대해 중심화소 P에서 그림 5(b)와 같이 4방향으로의 기울기 변화율 (m'_k, k=H, V, R, L)을 식 4와 같이 산출한다.

$$\begin{aligned} m'_H &= m_7 - m_3 \\ m'_V &= m_5 - m_1 \\ m'_R &= m_6 - m_2 \\ m'_L &= m_4 - m_0 \end{aligned} \quad \text{-----(4)}$$

주직교 성분을 결정할 때는 산출된 4방향의 기울기 변화율로 주곡를 방향을 계산하는 데 식5와 같이 수평·수직방향, 사선·역사선 방향으로 제한한다.

$$\begin{cases} |m'_H - m'_V| \geq |m'_R - m'_L| & \text{수평} \cdot \text{수직방향} \\ |m'_H - m'_V| < |m'_R - m'_L| & \text{사선} \cdot \text{역사선방향} \end{cases} \quad (5)$$

주곡률 방향 중에서 기울기의 변화율이 최소인 방향에 대해 기울기가 단조 증가 또는 단조 감소하는 경우 주곡률의 방향을 45도 회전시킨 방향인 인접 화소들을 주직교 성분으로 결정하며, 그렇지 않을 경우 주곡률 방향의 인접 화소들을 주직교 성분으로 결정한다

2.2.3 수정된 지형적 특징 할당

인물 영상에서 추출된 에지로 기존의 지형적 특징 할당 방법을 직접 적용할 경우 윤곽선이 끊어지는 부분이 발생한다. 이는 기존의 지형적 특징 할당 방법은 직교 성분에 대해 봉우리 점은 양방향이나 모두 증가하다가 감소하는 경우에만 특징점으로 인정하며, 안장점은 한 방향은 감소하다가 증가하고 다른 방향은 증가하다가 감소하는 경우에만 할당할 뿐 기울기가 0인 경우를 고려하지 않기 때문이다. 따라서 윤곽선 추출에 적합하도록 지형적 특징 할당 방법을 그림 6과 같이 수정한다.

수정된 방법은 주직교 성분에 대한 두 방향을 d1

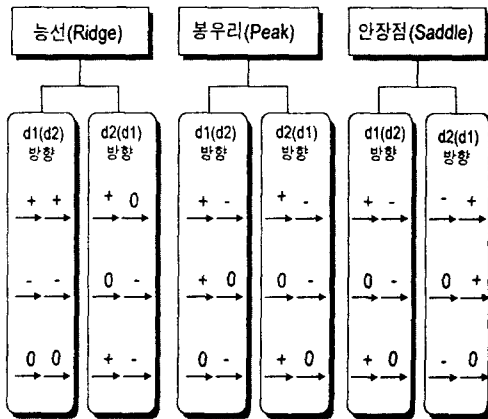


그림 6 화소의 지형적 특징 할당

과 d2라 하면 그림 6의 조건에 해당하는 화소를 능선, 봉우리, 안장점 등으로 간주한다.

능선(ridge)점으로 간주하는 경우는 주직교 성분의 한 방향으로 기울기가 모두 증가, 감소, 또는 0

인 경우에 대해서 다른 방향의 기울기는 증가하다가 0으로 변하는 경우, 0에서 감소하는 경우 또는 증가하다가 감소하는 경우에 해당된다.

봉우리(peak)점으로 할당하는 것은 두 방향의 기울기가 증가하다가 감소하는 경우, 증가하다가 0으로 변하는 경우나 0에서 감소할 때이다.

그리고 안장점(saddle)은 한 방향의 기울기가 증가하다가 감소하는 경우, 0에서 감소하는 경우, 증가하다가 0으로 변하는 경우에 대해서 다른 방향의 기울기가 감소하다가 증가하는 경우, 0에서 증가하는 경우 또는 감소하다가 0으로 변하는 경우에 할당한다.

2.2.4 겹선 제거

인물 영상의 지형적 특징 할당 방법에서 봉우리 화소를 중심으로 주변 이웃화소들이 능선화소이기 때문에 겹선이 발생하므로 이를 제거하여야 한다.

겹선 제거는 능선에 해당되는 화소만을 검색하여 주변 이웃화소와의 연결성을 검토하는데 즉, 그림 7과 같은 6가지 모형에 해당하지 않을 경우의 중심화소에 적용한다. 여기서 중심화소 P는 능선화소이고

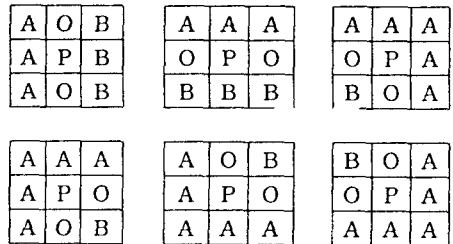


그림 7 겹선 제거 모형

A와 B는 적어도 하나가 능선, 봉우리 그리고 안장점 화소이다.

2.3 후처리

추출된 선은 화소단위로 처리되므로 윤곽점이 돌출하거나 잡음점이 발생하므로 직선화와 잡음 제거하는 처리가 요구된다.

직선화는 추출된 윤곽선의 모든 화소에 대해 그림 8(a)와 같이 3x3윈도우에서 중심화소와 이웃화소의 연결 방향성을 그림 8(b)와 같이 저장한 후, 주변화소의 수가 2 또는 3이면 다음과 같은 방법으로

Dir_3	Dir_2	Dir_1
Dir_4	P	Dir_0
Dir_5	Dir_6	Dir_7

(a)

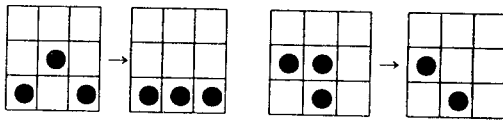
주변화소 수(N)	연결방향_1	...	연결방향_N
Ne_Count	Dir_1	...	Dir_N

(b)

그림 8 연결방향성

이루어진다.

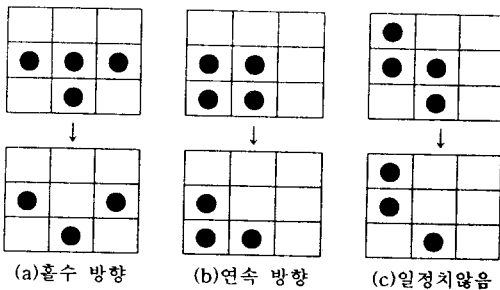
첫째, 주변화소의 수가 2개인 중심화소에 대해서 |연결방향_1-연결방향_2| ≤ 2이거나 |연결방향_1-연결방향_2| ≥ 6인 경우는 주변화소를 고려하여 주변화소들이 수직(수평)방향으로 위치해 있으면 중심화소를 수직(수평)으로 이동하고(그림 9(a)) 그 외는 제거한다(그림 9(b))



(a) 중심화소이동 (b) 중심화소제거
그림 9 직선화 방법(주변화소 2개인 경우)

여기서, 윤곽선 길이가 짧아지는 것을 막기 위해 주변화소가 한번이라도 수정된 화소이면 중심화소를 그대로 둔다.

둘째, 주변화소의 수가 3개인 중심화소에 대해서 주변화소들의 연결 방향수가 0이 아닌 경우는 주변화소들이 모두 홀수 방향으로 연결되어 있거나(그림 10(a)), 또는 연결 방향이 연속적이거나(그림 10(b)) 일정하지 않은 경우(그림 10(c))는 중심화소를 제거한다.



(a) 홀수 방향 (b) 연속 방향 (c) 일정치 않음
그림 10 직선화 방법(주변화소 3개인 경우)

위의 처리과정마다 연결 방향성을 수정하고 직선화 조건에 해당하는 화소가 존재하지 않을 때까지 계속 반복한다.

잡음은 화소의 길이가 3개 이하인 경우만 제거한다. 따라서 위의 그림 8(b)에서 주변화소의 수가 0인 경우는 화소 길이가 1인 잡음화소이고 주변화소 수가 1인 경우는 그 주변화소의 연결수를 살펴서 연결개수가 1일때는 화소 길이가 2인 잡음선이고, 2이상일때는 중심화소가 윤곽선의 돌출 부분이므로 중심화소만을 제거한다.

3. 실험 결과 및 검토

앞에서 설명한 인물영상의 특징을 최대한 고려한 윤곽선 추출 알고리즘의 단계별 실험결과를 살펴보면 그림 11과 같다. 그림 11(a, b, c)는 그레이 레벨의 입력 영상, local averaging 결과, Prewitt 연산자를 적용한 결과이다. 중간 결과인 (c)를 보면 에지 부분이 뚜렷한 대비를 보여 지형적 특징을 구할 수 있다. (d, e)는 특징점을 추출하고, 주변화소를 고려하여 접선을 제거한 결과이다. 그 뒤 최종적으로 윤곽선을 부드럽게 하기 위하여 직선화와 잡음제거를 거치면 (f)와 같이 깨끗한 윤곽선을 얻을 수 있다.

입력된 그레이 레벨 영상인 그림 11(a)에서 전처리 과정을 적용하지 않고 기존의 지형적 특징 할당 방법을 직접 적용하면 그림 12(a)와 같이 무수히 많은 특징점들이 나타난다. 이는 입력된 그레이 레벨 영상에 잡영이 있고, 화소들의 밝기값이 균일하지 않기 때문이다. 따라서 잡영을 제거하고 화소의 밝기차이를 균일하게 하기 위한 전처리를 거치지 않고 지형적 특징 할당 방법을 직접 적용하면 윤곽점을 추출하기가 어렵다. 그림 12(b)는 local averaging과 Prewitt 연산자를 적용한 뒤에, 기존 지형적 특징 할당 방법을 적용한 결과로 윤곽선이 끊어지는 부분이 발생한다. 이는 안장점이나 봉우리를 인식할 때 주적교 성분의 기울기가 0인 경우를 고려하지 않았기 때문에 발생한다. 반면에, 지형적 특징을 결정하는 과정에서 수정된 방법을 적용하면 윤곽선이 끊어짐 없이 제대로 추출되고 있음을 그림 11(f)에서 확인할 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 만화의 새로운 캐릭터 창작을 쉽

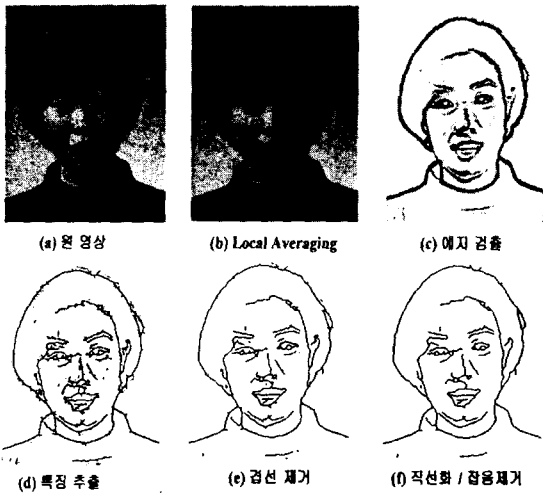


그림 11 윤곽선 추출 결과

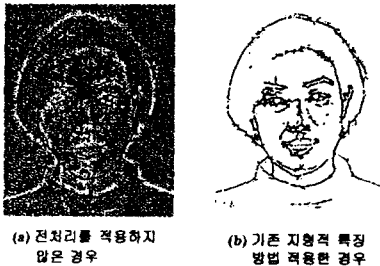


그림 12 기존 방법을 그대로 적용한 결과

게 개발하기 위한 한 방법으로 인물 영상의 특징들을 최대한 고려한 윤곽선을 추출하고자 하였다.

이를 위해 정보의 손실을 줄이는 한 방법으로 이진 영상으로 변환하지 않고 직접 그레이 레벨 영상에서 윤곽선 추출을 시도하였으며, 에지 추출을 높이고자 전치리 과정으로 local averaging과 Prewitt 연산자를 적용하고 기존의 지형적 특징 할당 방법을 인물 윤곽선 추출에 적합하도록 수정하였다. 여기에 추출된 윤곽선의 중간 결과에 대해 방향정보를 이용한 직선화 과정을 적용함으로써 잡음들을 제거하여 최종 윤곽선을 추출하였다. 이 일련의 과정은 실험 결과들을 통해 인물 영상의 윤곽선을 추출하는데 효과적이라는 것을 보여 주었다.

향후 윤곽선 추출시 성능을 저하시킬 수 있는 조명과 배경 등의 주변 환경으로 인한 영상의 왜곡에

민감하지 않는 윤곽선 추출 방법이 연구되어야 할 것으로 본다.

5. 참고 문헌

- [1] 송미영, 조형제, "만화용 페이지 편집기 개발 및 등장 인물 창작을 위한 인물 영상의 윤곽선 추출", 동국 대학교 대학원 석사학위 청구 논문 1997.2
- [2] 이성환 · 김영준 "명도 문자 영상으로부터 지형적 특징 추출을 위한 효과적인 방법" 한국정보과학회 논문지 제21권 제7호 1994
- [3] "A Simplified Approach to Image Processing", Prentice-Hall, Inc, 1997
- [4] Ioannis Pitas, "Digital Image Processing Algorithms", Prentice Hall, Inc, 1993
- [5] B. Burns and A. R. Hanson, "Extraction Straight Lines", IEEE Trans. on Pattern Analysis and machine Intelligence, vol.8, no.4, pp.425-456, 1992
- [6] C. L. Tan and S. K. K. Loh, "Efficient Edge Detection Using Hierarchical Structures", Pattern Recognition, 1993
- [7] D. Marr and E. C. Hildreth, "Theory of Edge Detection", Proc. R. Soc. Lond. B207,187-217, 1980
- [8] M. Petro, P. Papachristou and J. Kittler, IEEE'96 "Error Propagation Analysis for Edge Preprocessing", 1996
- [9] R. Nevatia and K.R. Babu, "Linear feature extraction and description", Computer Graphics and Image Processing, vol.13, pp.257-269, 1980.
- [10] Takahiro Sugiyama, Keiichi Abe, "Edge Feature Analysis by Vectorized Feature Extractor and in Multiple Edges", IEEE'96, Proceedings of ICPR'96
- [11] V. Venkateswar and R. Chellappa, "Extraction of Straight Lines in Aerial Images", IEEE Trans. on pattern Analysis and Machine Intelligence, vol.14, no.11, pp.1111-1114, November 1992,