영상을 이용한 측면 장애물 경보 알고리즘개발

Development of Side Obstacle Warning Algorithm Using An Image

김종철
(고려대학교 산업시스템정보공학과, 석사과정)

한민홍
(고려대학교 산업시스템정보공학과, 정교수)

Key Words : 영상처리, 측면 장애물 경보, 차선변경

목 차

Ⅰ. 서 론
Ⅱ. 본 론
1. 주행 차선 검색 알고리즘
2. 차량 검색 알고리즘
Ⅲ. 실험 및 실험 결과
1. 실험
2. 실험 결과
Ⅳ. 결 론

Ⅰ. 서 론

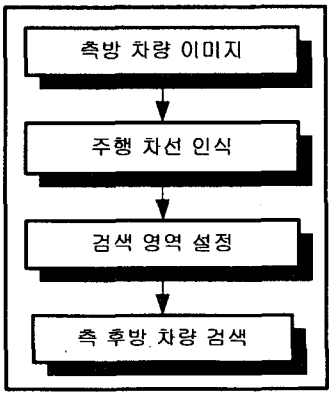
교통환경이 복잡한 도로를 주행하는 경우 좌, 우 측방의 운전환경에 대한 정보는 운전자에게 매우 필요한 정보이다. 현재 주행 중 차선 변경에 필요한 정보는 운전자가 거울을 보고 얻는 형태이다. 이러한 이유로, 거울로 정보를 얻는 것이 서툰 초보 운전자나 거울 보는 것에 익숙한 운전자라도 거울이 주행차량 주변의 정보를 모두 제공하지 못하기 때문에 간혹 충돌 사고가 발생하게 된다. 정보부족으로 인한 충돌 사고를 줄이기 위해서는 차선변경 시 일어날 수 있는 돌발 상황이나 측면 충돌위험에 대해 운전자에게 경보를 해 주는 것이 가능해야 한다. 현재 측면에 존재하는 장애물을 검지하기 위한 연구로는 초음파 센서, 레이저 센서, 밀리파 레이더, 이미지 센서를 사용하는 것이 있다. 초음파 센서[1]를 사용하는 방법은 차량의 측면에 장착하여 주행차량의 측면에 장애물이 존재하느냐를 판단하는 방법으로 간단히 구현할 수 있는 장점이 있지만, 공기 난류에 의한 오차가 있는 단점이 있다. 다음으로 레이더 센서[2][3]를 사용하는 방법으로 센서의 크기도 작고 경량이어서 자동차 탑재용으로 용이한 점과 정확한 측정이 가능한 장점이 있다. 그러나 안개, 우천 시 등의 기상조건 악화에 매우 민감한 단점이 있다. 밀리파 레이더[4][5]를 이용한 방법은 레이저에 비하여 안개, 우천 시 등의 기상 조건의 악화에 거의 영향을 받지 않으며 공기 난류의 영향이 작은 특징이 있지만 이를 구현하기 위한 가격이 비싸다는 단점이 있다.

위의 세 방법은 '측방에 차량이 존재하느냐' 와 같은 차량의 유무를 판단하는 방법으로 차선변경 시 급작스러운 추월차량이나 사각지대의 차량에 대한 종합적인 정보를 제공해 줄 수 없는 단점이 있다.

마지막으로 이미지 센서[6]를 이용한 측면 차량 탐지 방법은 위에서 설명한 측정 방법에 비해 차량까지의 거리 측정의 정확도 및 정밀도에서는 뒤지지만 앞에서 사용한 거리계로 얻기 힘든 중요한 차량 특징 정보를 추출하여 측면뿐만 아니라 원거리에서 빠른 속도로 접근하는 차량을 탐지할 수 있어 위의 세 방법에 비해 종합적인 정보를 얻는 것이 가능한 장점이 있다[7]. 본 논문에서는 전방이나 후방에 주로 사용되던 이미지 센서를 측면에 적용하여 측방 장애물 검지를 시도하였다.

Ⅱ. 본 론

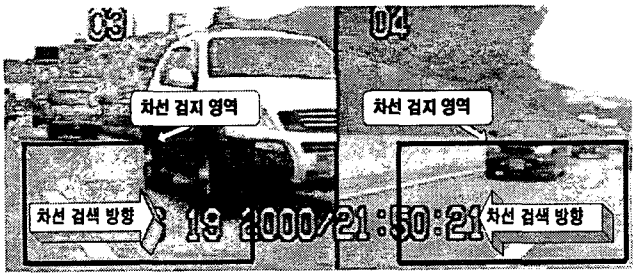
주행하는 차량 측 후방에 차량이 존재하는지를 판단하기 위해서는 주행하면서 차선을 인식하여 주행하는 차선부터 한쪽 차선 옆까지를 검색영역으로 설정하여야 한다. 그렇지 않고 단순히 측면 방향에 존재하는 모든 부분을 검색영역으로 설정할 경우에는 곡선이나 반대편 차선에 있는 차량까지도 측방에 있는 차량으로 검색할 경우가 발생하게 되기 때문이다.



<그림 1> 측 후방 차량 검색 절차

1. 주행 차선 검색 알고리즘

본 논문에서는 주행하면서 주행 차선을 검색하기 위해 도로와 차선사이의 명암 차이를 이용하였다. 검색방향을 <그림 2>와 같이 설정하게 되면 도로의 차선이 될 수 있는 후보 영역은 검은색에서 흰색으로 변할 때 발생하게 된다.



<그림 2> 차선 검색 영역 설정 및 주행 차선 검색 방향

식 (1), (2)는 임계값과 검지영역의 명도차를 정의하고 있으며 C > T 일 경우를 차선이라 판단할 수 있는 후보영역으로 정한다.

$$T = \frac{\sum_{i=0}^{n} v_i}{n} \quad (1)$$

$$C = (b - a) \quad (2)$$

v: 임계 조건을 만족하는 명도값
n: 임계 조건을 만족하는 명도의 수
a : 좌표값 (x , y)의 명도값
b : 좌표값 (x+2 , y)의 명도값
T: 임계값
C: 검지영역의 명도차

이러한 식을 거쳐 차선이라 판단될 수 있는 차선 후보영역이 결정되면 <그림 3>과 같이 차선 후보영역이 검출되게 된다. 검출된 후보 영역을 살펴보면 거의 대부분 차선을 잡고 있으나 입력된 영상에 시간을 나타내는 글씨를 차선 후보 영역으로 잡는 경우도 있음을 알 수 있다. 또한 이런 경우뿐만 아니라 횡단보도나 주행방향을 나타내는 화살표 같은 것들을 차선 후보영역으로 검출 하는 경우가 발생하게 된다. 따라서 후보영역으로 검출된 점들을 바탕으로 그 점이 차선을 검출한 것인지 아닌지를 판별하는 차선 검출 과정을 거쳐야 한다.

<그림 3> 검출된 차선 후보 영역

검출된 후보 영역에서 실제 차선은 직선의 형태를 가진다. 일반적으로 직선을 구하는 알고리즘에는 허프 변환 알고리즘이 있다[8]. 그러나 이 알고리즘들은 화면 전체에 존재하는 모든 직선 선분들을 구하기 때문에 처리 시간이 오래 걸리는 단점이 있다. 따라서 영상처리를 통해 검출된 차선후보 점들은 통계적 모형에서 산점도로 취급할 수 있기 때문에 각 점 n 개의 좌표값(x_i, y_i)로부터 식 (3)과 같은 통계식으로 정의할 수 있다[9].

식(3)에서 $e_1, e_2, \ldots e_n$은 미지의 오차항으로서, 측정될 수 없는 확률변수이며 정규분포$N(0, \sigma^2)$를 따르고 서로 독립이다. 회귀모수 α, β는 최소자승법을 이용하여 식 (6)으로부터 추정할 수 있다. 식(7)의 R은 오차로 인한 제곱 값이며 $(y_i - \bar{\alpha} - \bar{\beta}x_i)$은 잔차(residual)라고 한다. 이 잔차의 값이 작으면 작을수록 식(7)의 최소 제곱 회귀식 $\hat{y} = \hat{\alpha} + \hat{\beta}x$는 직선 방정식인 $y = \alpha + \beta x$를 나타내고 x와 y 사이에는 밀접한 직선 관계가 있다고 생각할 수 있다.

$$y_i = \alpha + \beta x_i + e_i \qquad i=1,2,...,n \quad (3)$$

$$\bar{x} = \frac{1}{n}\sum x_i, \ \bar{y} = \frac{1}{n}\sum y_i \quad (4)$$

$$S_x^2 = \sum (x_i - \bar{x})^2, \ S_y^2 = \sum (y_i - \bar{y})^2 \quad (5)$$

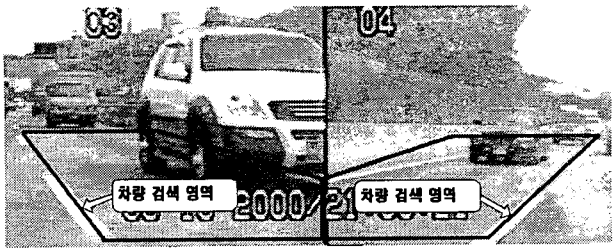
$$S_{xy} = \sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})$$

$$\hat{\alpha} = \hat{y} - \hat{\beta}\hat{x}, \ \hat{\beta} = \frac{S_{xy}}{S_x^2}, \ \hat{y} = \hat{\alpha} + \hat{\beta}x \quad (6)$$

$$R = S_y^2 - \bar{\beta}^2 S_x^2 = (y_i - \bar{\alpha} - \bar{\beta}x_i)^2 \quad (7)$$

<그림 3>과 같이 좌우측 각 한가지 방향의 산점도에 대한 좌표값이 주어지면 위 수식을 이용해 2개의 직선 회귀식을 구할 수 있다. 잔차의 값이 적은 좌표의 수가 많을수록 직선에 가까운 점들이 많다는 것을 추정할 수 있으므로 본 실험에서는 검색된 좌표의 75%이상 임계값을 만족하면 차선을 검출했다고 판단하였다. 임계값은 도로의 주행 상황에 따라 달라질 수 있으며 본 논문에서는 9이하로 설정하였다. 위와 같은 조건을 만족하지 않는다면 차선이라 판단될 수 있는 조건이 검색될 때까지 현재의 차선값을 유지하도록 하였다.

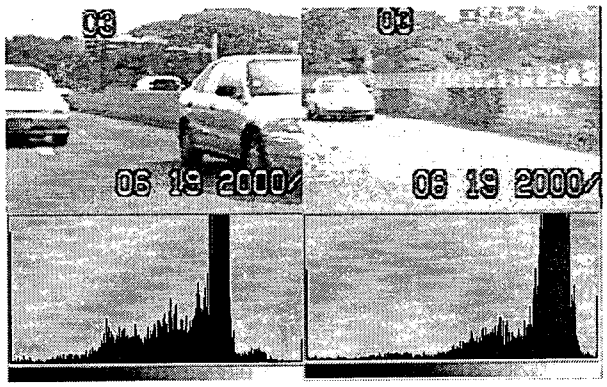
직선에 대한 검증이 완료되면 차량을 검색하기 위한 검색 영역을 설정하여야 한다. 차량 검색 영역 설정은 주행하며 검색된 차선을 기준으로 일정한 크기의 사다리꼴 형태를 만들어서 검색영역을 설정하였다.



<그림 4> 차량 검색 영역 설정

2. 차량 검색 알고리즘

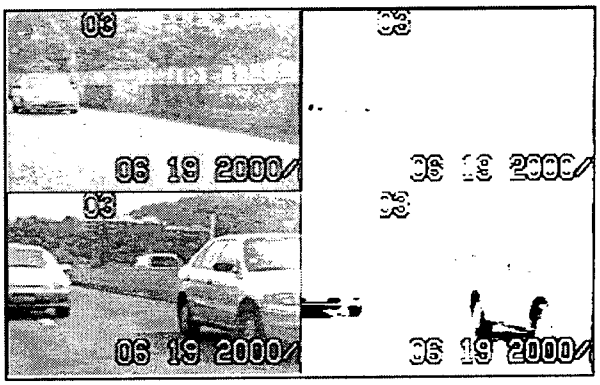
검색 영역이 설정되면 그 검색 영역 내에서 차량의 유무를 검색하게 된다. 기존의 정면이나 후면의 차량을 검색하는 방법은 수직성분을 소벨 마스크 연산자(Sobel Mask Operator)를 이용해 바퀴와 도로와의 경계점을 추출하는 방법[10]을 사용하였다. 이 방법을 사용하면 도로와 바퀴 사이의 명암차이를 이용해 경계영역을 찾는 것이 가능하게 된다. 그러나 이 방법은 바퀴임을 검증하는 단계에서 차량의 바퀴가 대칭적으로 존재한다는 특징을 이용하고 있기 때문에 현재 <그림 4>와 같은 경우에는 대칭적으로 바퀴가 존재하지 않기 때문에 사용하기 어렵다. 이러한 이유로 본 논문에서는 한쪽 바퀴뿐만 아니라 차량이 존재할 때 그 주위에 그림자가 생기는 것을 감안하여 차량을 잡는 방법을 시도하였다.



(a) 차량이 있을 경우 (b) 차량이 없을 경우

<그림 5> 차량 유무에 따른 히스토그램의 변화

<그림 5>와 같이 차량이 있을 경우와 없을 경우 가장 크게 차이가 나는 것이 중간음영의 변화이다. 이 값을 살펴보면 100이하의 값이라는 것을 알 수 있다. 100을 임계값으로 설정하고 검색 영역 내에 차량이 존재하는 경우와 그렇지 않은 경우를 각각 이진화할 경우 <그림 6>과 같은 결과가 나오게 된다. 차량이 검지영역에 존재하게 되면 바퀴나 그림자의 영향으로 임계값보다 작은 값들이 많이 생기는 것을 알 수 있다. 하지만 이 부분이 존재한다 해도, 차량의 색상이나 주변의 환경에 따라 영향을 받을 수 있기 때문에 차량이나 차량에 의해 생긴 음영임을 검증할 수 있는 방법이 필요하다.



<그림 6> 차량의 존재 유무에 따른 이진화

본 논문에서는 바퀴의 어두운 점과 그림자가 상하로 존재한다는 점에 착안하여 차량의 존재유무를 판단하였다. 영상내의 x축과 y축 좌표가 각각 (i,j)인 픽셀의 농도값(gray-level)을 f(i,j)로 정의할 때 f(i,j-3), f(i,j), f(i-3,j), f(i,j+3)의 값 모두가 100이하이고 f(i-3,j), f(i,j-3)의 명암차이가 2이하인 경우를 차량에 의해 발생한 음영 후보 지역으로 선정하였다. 음영 후보 지역으로 선정된 점이 7개 이상 발생하게 되면 그 부분에 차량이 있다고 판단하였다. 또한 검색 구역 내에 차량이 한대가 아닌 경우를 생각하기 위해 7개 이상의 좌표점을 식(8)을 통하여 x, y의 평균점을 구하였다. 계산된 평균점을 가지고 각 점까지의 거리를 계산하여 그 값이 임계값 이하에 있을 경우에는 그룹 A에 편입시키고 나머지 경우는 B에 편입시키는 방법으로 클러스터[11]링을 시도하였다.

$$D_x = x_1, \ldots, x_n,\ D_y = y_1, \ldots, y_n$$

$$m_x = \frac{1}{n}\sum_{i=0}^{n} x_i,\ m_y = \frac{1}{n}\sum_{i=0}^{n} y_i$$

$$J_i = \sqrt{(m_x - x_i)^2 + (m_y - y_i)^2} \qquad (8)$$

D_x, D_y: 음영 조건을 만족하는 x, y의 좌표값

m_x, m_y: 임계 조건을 만족하는 x, y좌표의 평균값

J_i : 평균값과 음영 조건을 만족하는 좌표와의 거리

임계값을 너무 크게 잡는 경우에는 하나의 그룹으로 모이는 경우가 있으므로 실험적으로 본 논문에서는 임계값을 150으로 설정하였다.

III. 실험 및 결과

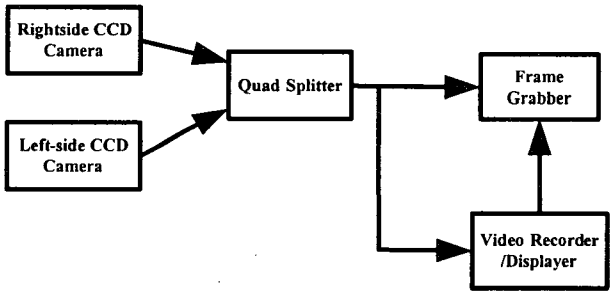
1. 실 험

본 실험을 위해서 이미지 센서는 흑백 CCD 카메라를 사용하였으며 <그림 7>과 같이 양쪽 측면의 영상을 얻기 위해 KAV-V(Korea Autonomous Vehicle-V)차량의 사이드 미러

아래에 카메라를 장착하였다.

<그림 7> 측면 카메라를 장착한 실험용 차량

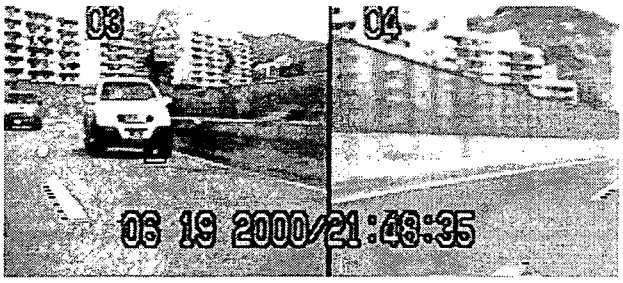
양쪽 카메라의 영상을 얻기 위하여 <그림 8>과 같이 아날로그 영상 신호를 동시에 4개까지 입력할 수 있는 4화면 분할기(quad splitter)를 사용하였다. 4화면 분할기를 사용하여 두 영상신호를 하나의 영상신호로 변환시킨 후 출력 신호를 실험 영상을 녹화할 수 있는 영상 녹화기에 전송하였다. 각각의 영상은 흑백 영상으로 600×480×256(gray-scale)의 해상도로 출력되도록 설정하였다. 영상 처리용 컴퓨터에서는 입력 영상을 분석하여 좌 우 측방 차량을 탐지한다. 프로그램은 MS Visual C++ 6.0을 이용하여 Win32 Application으로 작성하였다. 사용된 두 대의 동일한 B/W 카메라의 초점거리(focal length)는 8mm, base간 거리는 400mm이며 사용된 컴퓨터는 팬티엄III 933Mhz이고 운영OS는 Windows98 이다.

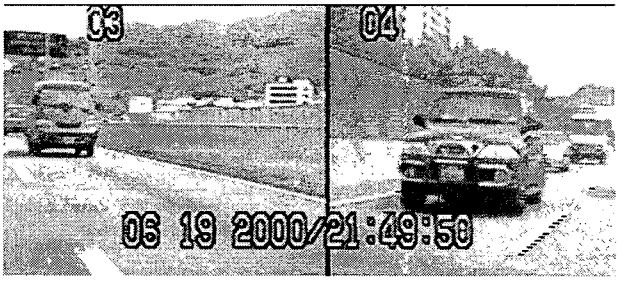


<그림 8> 실험 시스템 구성도

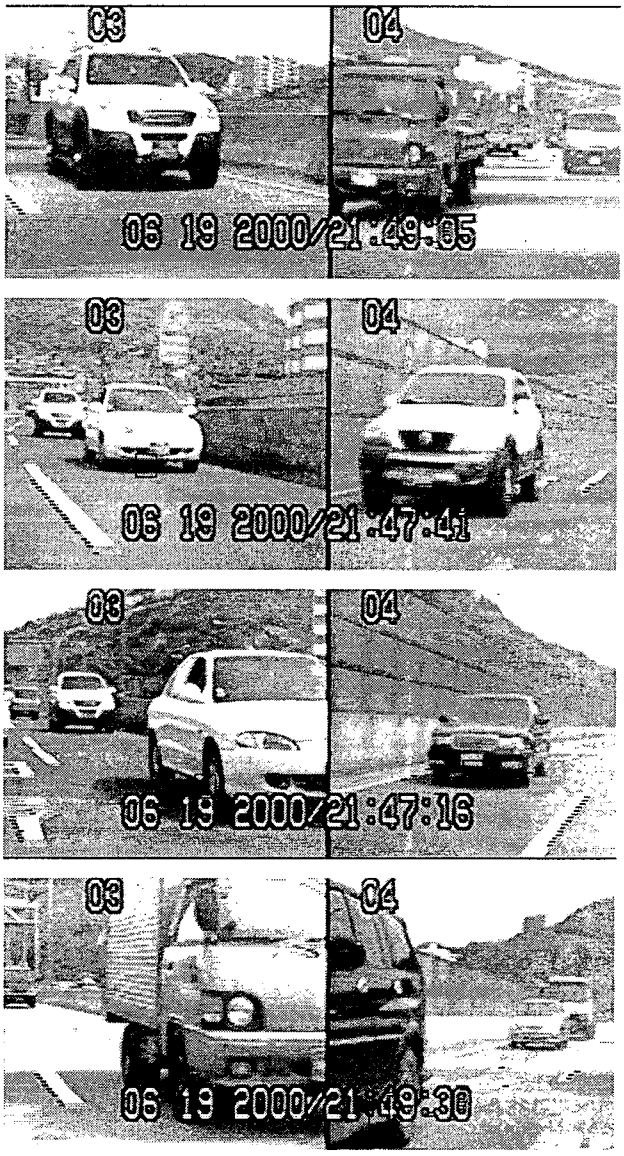
2. 실험결과

실험환경 하에 입력영상에 대해 초당 15 frame에 가까운 영상처리속도를 얻을 수 있었고 차량탐색 결과는 아래와 같다.





<그림 9> 검지 영역 한쪽에 차량이 존재할 경우



<그림 10> 검지 영역 양쪽에 차량이 존재할 경우

차량 탐색 결과 기존의 차량검색 알고리즘에 발생할 수 있는 측방 차량뿐만 아니라, 주행선상의 후방 차량까지 검색되던 방법과 달리 주행차량과 동일한 차선에서 진행 중인 차량에 대해서는 검색되지 않았다. 검지 결과 또한 차량의 전체 모습이 보이지 않더라도 차량의 존재 유무를 판단할 수 있었다.

Ⅳ. 결 론

본 논문에서는 카메라를 이용한 측면 차량을 검색하는 방법을 제시하였다. 기존의 검색 방법에 비하여 빠른 속도로 차량을 검지할 수 있었으며 향후 연구에는 차량의 불빛과 같은 카메라의 영상에 영향을 미치는 야간 상황이나 터널에도 적용시킬 수 있도록 알고리즘을 수정할 계획이다. 또한 주변 차량뿐만 아니라 보행자와 같은 기타 다른 물체들을 인식에 관한 연구와 적외선 카메라를 이용한 야간 도로 영상 분석을 통한 장애물 인식 방법에 대한 연구도 수행할 예정이다.

참고문헌

1. Huh W, K.K. Ham, S.W. Han, D.S. Seo(1998), "Development of Ultrasound Side Warning System," Journal of the Research Institute of Industrial Technology, Volume 17, MyongJi University, Seoul, Korea,
2. Araki H, Yamada, K, Hiroshima Y, Ito T(1996), "Development of rear-end collision avoidance system," Proceedings of the IEEE Intelligent Vehicles Symposium, 19-20 Sept. pp. 224 229.
3. Ulke W, Rolf A, KarIheinz B, Wolfgang L(1994), "Radar Based Automotive Obstacle Detection System," SAE Transactions Journal of Passenger Cars, Section 6, part II, pp.1124-1236.
4. Russell M.E. Crain A, Curran A, Campbell R.A, Drubin C.A, Miccioli W.F(1997), "Millimeter wave radar sensor for automotive intelligent cruise control (ICC)," IEEE-MIT-S, Denver, CO, USA, June 8-13, pp. 1257-1260.
5. Cugiani C, L. Giubbolini(1994), "Millimeter wave radar sensor for the highway global positioning of a vehicle," Proceeding of the 1994 IEEE 5th Vehicle Navigation and Information System, Yokohama, Japan, Aug.
6. Lakshmanan S, Nirmala R(2002), "A Side Collision Awareness Method," Intelligent Vehicle Symposium, IEEE , vol.2 , 17-21 June ,pp 640 -645
7. Mertz C, Sue M, Charles T(2000), "Side Collision Warning Systems for Transit Buses," Intelligent Vehicles Symposium, IV 2000 Proceedings of the IEEE, 3-5 Oct. 2000 pp 344 -349
8. 이하운,박찬준(2000), hough 변환을 이용한 직선감지 알고리즘에 대한 연구, 동양대학교 산업기술연구소 논문집,2(1),71-76
9. 김우철,박성현(1982), 현대통계학, 영지문화사
10. 노광현(2001), 안전 주행을 위한 비전 기반 차량 탐지 방법, 고려대학교 박사학위논문
11. Richard O. Duda, Peter E. Hart, David G. Stork (2001),"Pattern Classification", WILEY-INTERSCIENCE