

# 다각근사법을 이용한 도로방향 결정

임영철, 박종건, 김의선, 박진수\*, 박창석  
전남대학교 전기공학과

## Decision of Road Direction by Polygoanal Approximation.

Young-Cheol Lim, Jong-Gun Park, Eul-Sun Kim, Jin-Su Park, Chang-Seok Park  
Department of Electrical Engineering, Chonnam National University

**ABSTRACT** : In this paper, a method of the decision of the road direction for ALV(Autonomous Land Vehicle) road following by region-based segmentation is presented. The decision of the road direction requires extracting road regions from images in real-time to guide the navigation of ALV on the roadway. Two thresholds to discriminate between road and non-road region in the image are easily decided, using knowledge of problem region and polygonal approximation that searches multiple peaks and valleys in histogram of a road image. The most likely road region of the binary image is selected from original image by these steps. The location of a vanishing point to indicate the direction of the road can be obtained applying it to X-Y profile of the binary road region again. It can successfully steer a ALV along a road reliably, even in the presence of fluctuation of illumination condition, bad road surface condition such as hidden boundaries, shadows, road patches, dirt and water stains, and unusual road condition. Pyramid structure also saves time in processing road images and a real-time image processing for achieving navigation of ALV is implemented. The efficacy of this approach is demonstrated using several real-world road images.

**Keywords**: Polygonal-Approximation, Vanishing Point, Region-Based Method.

### I. 서론

본 논문은 무인 자율 차량의 주행을 위한 다각근사법에 의한 도로방향 결정에 관한 연구이다.

시각 시스템을 장착한 무인 자율 차량이 도로 주행을 하기 위해서는 시각 시스템에서 획득한 도로 영상으로부터 도로의 방향을 결정하기 위해 영상의 잡음제거를 위한 전처리와 영상분할 그리고 영상해석의 3단계를 거쳐야 한다.[1][2]

영상 분할에는 크게 계조치의 불연속성을 이용한 윤곽선 검출 방법(edge-based method)과 계조치의 유사성을 이용한 영역 분할 방법(region-based method)이 있고, 그리고 두 방법을 혼합 적용하는 방법이 있다.[3]

이 방법중 윤곽선 검출 방법은 일반적으로 영역 분할 방법보다 처리 시간이 적게 걸리나 노이즈에 매우 민감하여 도로의 영상에서 도로의 윤곽선을 얻기가 어렵다. 그리

고 영역 분할 방법은 수행 시간은 많이 걸리지만 영역 내부에 많은 정보를 포함하고 있어서 물체를 가령 및 검출할 때 확실도가 높고 어떠한 모양이라도 구분해 낼 수 있는 장점을 가지고 있다.

본 연구에서는 도로 주행선이 없고, 잡음 성분을 가지거나 배경과 경계선 모두가 유사분포를 가지며 조명에 따른 영상의 밝기 변화가 있는 경우에도 무인 주행 차량이 도로 방향 결정할 수 있도록 영역 분할 방법을 사용하여 도로의 영역을 얻었다. 그러나 이 방법은 실시간 처리가 어려운 단점이 있다. 이를 개선하기 위한 방법으로 다각근사화법을 사용하여 도로 영상의 히스토그램에서 다중의 침두구간을 찾아 가장 도로의 가능성이 있는 구간으로 이진 영상을 얻었다. 그리고 도로의 방향을 결정하기 위한 해석단계에서는 이진화된 영상으로 부터 피라미드 구조에 의한 영상의 축소를 하여 처리시간을 단축하였으며 다각근사화 방법을 축소된 이진 영상의 X-Y profile에 적용하여 소멸점(vanishing point)의 위치를 찾음으로써 도로 방향을 결정하였다. 실제로 도로 주행선이 없고, 잡음과 조명의 변화가 있는 도로 영상들에서 도로의 방향 결정하기 위해 도로 영상의 이진화시 소벨 필터로 처리한 경우와 퍼지 영상처리를 이용한 처리 그리고 프리위트 연산자를 이용하여 도로의 경계선 검출과 비교함으로써 다각 근사법이 도로 방향을 결정함의 효용성을 입증하였다.

### II. 다각근사법에 의한 임계값 선정

일반적인 영상처리에서는 목적물과 비목적물을 구분하기 위해 구하고자 하는 목적물의 임계값에 선정을 소벨 필터 등과 같이 에지 검출방법을 사용하여 경계선을 부각시켜 명암 히스토그램을 도로의 경계선의 임계값을 구해 해석하였다. 이 방법이 도로 영상에 적용하였을 때 다른 도로 영상의 조명 및 영상의 밝기의 변화가 심한 경우 또는 도로의 주행선이 없는 경우에는 사용되지 못하고, 히스토그램으로 해석시 도로의 영상의 영상인 접이나 나무 그리고 하늘등의 다중의 침두들 때문에 영상의 해석이 어렵게 되는 문제점이 있다. 이를 보완하기 위해 보통의 경우 침두구간을 획득하여 히스토그램에서 구한 폭선을 다항식을 세우고 미분을 취해 계곡점을 구한다.[3,4] 그러나 이 방법은 침두치의 갯수가 일정한 경우만에 적용되고 다수의 침두치의 경우는 찾기가 불가능하다. 그래서 다중의 임계값을 선정시 자동 검출하는 방법들이 제안되었다. 이 방법들은 계산이 복잡하고 계산에 소요되는 시간이 매우 느려 주행을 위한 실시간처리가 불가능하다. 그리고 퍼지 엔트로피와 퍼지 정도를 이용한 도로의 임계값의 선정시는 도로의 임계구간을

어느 정도 알아야 초기치값의 선정과 구간의 선정에 이용되고 통계적인 방법을 이용하므로 실시간처리가 어렵다.[4]

그래서 본 논문에서는 무인주행차량이 주행시 대부분의 영상은 도로의 바닥을 획득하기 때문에 명암 히스토그램을 그렸을 때 최고의 최두치 구간이 도로의 바닥이라는 점을 착안하여 원래 곡선근사화 방법인 선도형의 해석에 이용되는 다각근사법에 의한 히스토그램의 해석으로 도로의 임계값을 검출 및 실시간처리를 하였다.

다각근사법은 그림 1과 같고 다음의 절차로 수행한다.

- ① 우선 점열의 양단점을 가상적인 직선선분으로 연결하고 그 직선선분에서 가장 멀리 떨어진 점을 찾아내어 그 최대거리가 오차값  $\epsilon$ 보다 크면 그 점을 기준으로 2개의 직선선분으로 분할한다. 최대거리가 오차값  $\epsilon$ 보다 작으면 절차는 종료한다.
- ② 분할한 각각의 부분선분에 대해 ①과 같은 방법을 이용해서 분할을 반복한다.
- ③ 분할된 어느 직선선분에 대해서도 최대거리가  $\epsilon$ 를 넘지 않으면 분할조작을 정지하고 분할점으로 연결된 절선(꺾음선)이 구하는 선도형으로서 절차는 종료된다.

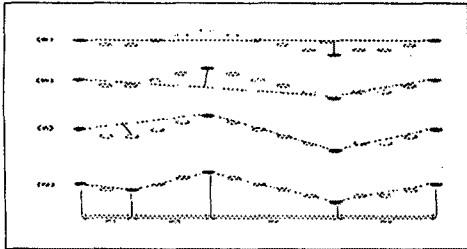


Fig. 1. Splitting method for polygonal approximation.

오차 파라미터 값  $\epsilon$ 를 적당히 선택함으로써 매끄러움의 정도로 조절할 수 있어 직선 근사로서는 이용되는 것이다. 위의 결과로부터 나오는 위치들로 도로의 영역을 형성하는 분할 갯수와 영역을 나누는 위치의 임계값을 알수 있다. 이렇게 얻어진 도로의 임계값을 이용하여 도로의 영역과 비도로의 영역으로 구분한다.

### III. 도로의 영역 분할 및 영상의 축소

다각근사법에 의한 도로의 영상의 구간을 도로의 영역과 비도로의 영역으로 이진화를 수행하고, 해석단계를 수행하기 위해 이진영상을 피라미드 구조로 축소한다. 그 이유는 이진영상 영상의 분할을 수행하였기 때문에 피라미드 구조에 의한 축소시 문제점인 데이터의 희손이 적고 수행시간이 줄어들며 피라미드 구조에 의한 축소의 부수적인 효과로 스무딩효과를 얻어 영상의 해석이 용이해 지기 때문이다.

#### (I) 피라미드 구조에 이용한 도로 영상의 축소

피라미드 데이터 구조라 하는 것은 하위의 어떤 정사각형 또는 직사각형 영역을 종합하여 상위 화상의 1 pixel에 차례로 대응시켜 작성되는 화상 재열을 말한다. 그리고 중간 분해능이 낮은 화상으로부터 차례로 세밀한 분해능의 화상으로, 또한 계층적으로 배치한 형으로 말미암아 피라미드 구조라고 불린다.[4][5] 이 구조의 잇점은 대범한 처리는 저질은 분해능의 화상으로 행하고, 필요에 따라서 세세한 분해능의 화상으로 처리를 진전해 갈 수 있는 점이 있어 처리 효율의 향상을 도모 할 수 있다. 하위 레벨의 2x2화소 영역의 영상 데이터로부터, 상위 레벨의 1화소의

영상 데이터를 만드는 데에는 각종의 방법이 생각되지만, 일반적으로 계조 영상의 경우는 그 농도 평균치, 이진 화상의 경우는 논리합 즉 4화소중에 1화소라도 "1"이 있으면 1에 대응시키는 경우가 많다. 이것을 어떻게 처리 하느냐에 따라 평균 피라미드, 차분 피라미드 특징 추출형 피라미드 등으로 나누어지기도 한다. 그림 2는 피라미드 구조이다.

본 논문에서는 영상분할은 영상내에 포함되어 있는 방대한 양의 데이터 때문에 많은 메모리와 실행시간을 필요로 한다. 그래서 이런 문제점을 해결하기 위해 512x470의 해상도를 1/4 축소시켜 컴퓨터 영상 처리를 하는 평균 피라미드 데이터 구조에 의한 접근 방법을 사용한다. 피라미드 구조로 영상을 재구성하면 하위 계층에서 상위계층으로 갈수록 영상의 해상도가 줄어들고 비교하는 화소의 수가 줄어들기 때문에 계산량이 대폭 감소된다. 또한 피라미드 구조를 생성할 때 쓰이는 마스크가 스무딩 효과가 있어 부수적으로 잡음을 제거 할 수 있었다.

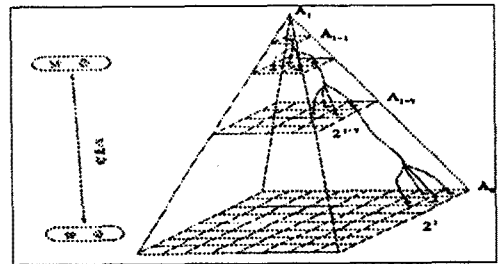


Fig. 2. Pyramid data structure.

### IV. 도로방향결정을 위한 영상 해석

본 논문에서는 도로 방향을 결정하기 위해서 소멸점 (vanishing point)을 구해야 한다. 보통 직선 도로에서는 소멸점이 하나만 존재하나 곡선 도로에서는 도로 경계선과 도로 경계선이 만나는 실제 소멸점이 존재하고 또한 가상의 소멸점이 하나 더 존재하게 된다 그 이유는 실제 소멸점으로 도로의 방향을 구하게 되면 자율 주행 차량이 길가로 벗어 나게 된다. 그래서 가상의 소멸점을 가지고 도로 방향을 구한다. 이 소멸점이 구하여 지면 그림 3과 같이 도로의 이진 영상에서 x축 profile을 구해서 화면의 왼쪽편에 있는 누적 최소치 위치와 화면의 오른쪽편에 있는 누적 최소치 위치를 선으로 연결한 후 두점 사이의 중점을 구하여 기준으로 설정 한다. 그래서 이 두점을 연결한 선분과 기준점에서의 수직선과의 각도를 구하면 도로의 방향이 결정된다. 이  $\theta$ 는 현재 무인 자율 주행 차량이 나아가 갈 방향이다. X축 방향의 profile의 해석은 다각근사법에 의해 사람이 도로 영상을 인식하는 것과 마찬가지로 좌측에서 도로를 바라보고 가장 먼곳과 그 다음 후측에서 바라본 가장 먼 거리를 잡아 그 두 지점의 중간점을 택하여 선택하고, Y축 방향의 profile의 해석은 다각근사법에 의해 구해진 구간에서 가장 도로의 확신이 큰 것을 선택한다. 전체적인 처리과정은 그림 4와 같다.

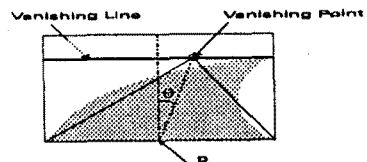
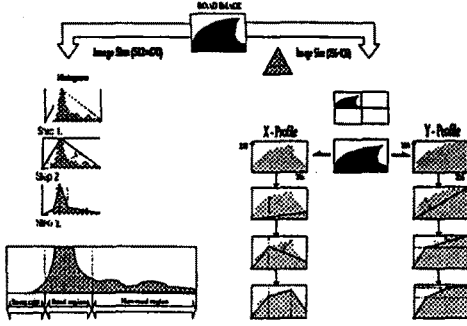


Fig. 5. Decision of the road direction.



Histogram analysis

Vanishing point tracking

Fig. 3. Overall architecture of the decision of the road direction by region-based segment.

V. 실험 및 검토

도로의 영상을 컴퓨터로부터 크기 512 × 470인 도로의 영상(그림 5)을 입력받아 명암 히스토그램(gray level histogram)을 작성한다. 이 명암 히스토그램에 다각 근사화법을 적용(그림 6-(a),(b),(c))하여 임계구간을 구하고 이와 병행하여 피라미드 구조에 의한 도로영상을 1/4로 축소시킨다. 이를 바탕으로 해서 도로 영상에서 도로영역과 비도로영역만 존재하는 이진영상(그림 7)을 얻는다.

그리고 이진영상에 대한 y축(그림 8-(a),(b),(c)), x(그림 9-(a),(b),(c))축에 대해 각각의 profile을 구한 뒤 이것들 각각에 대해 다시 다각 근사화법을 적용함으로써 vanishing point(그림 10)를 찾을 수 있다. 이를 이용하여 무인 자율주행 차량을 위한 도로 방향 정보를 얻을 수 있다. 위의 과정을 수행하기 위한 PC 환경은 다음과 같다.

- PC 환경 : DOS
- Programing Language : BC++ 3.1
- Image Grabber : Dipix P360F
- 도로 영상 크기 : 512 × 470

Table 1 Result of Processing Time By Fuzzy Image and Sobel Filter, Prewitt Operator, Polygonal Approximation.

	Processing Time(Sec.)
Fuzzy Image	60
Sobel Filter	10
Prewitt Operator	20
Proposed Polygonal Approx.	0.05

그리고 도로의 방향 결정하기 위해 도로 영상의 이진화를 수행하기 위한 시간은 소벨 필터로 처리와 퍼지 영상처리 그리고 프리위트 연산자를 이용한 경우의 처리시간은 표 1과 같았다. 그리고 전체 도로 방향을 결정하기 위한 소요 시간은 약 0.1초 이내이다.

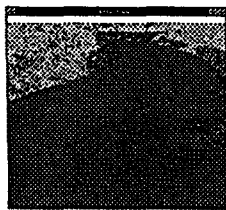


Fig. 5. Original Image.

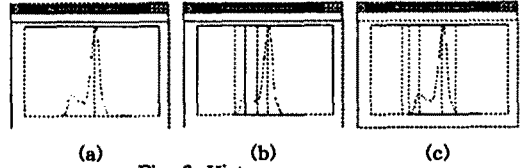


Fig. 6. Histogram sequence.



Fig. 7. Binary Image

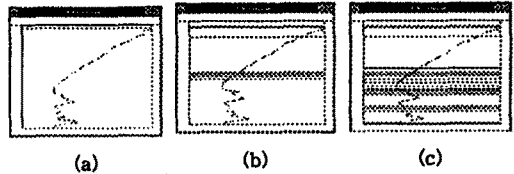


Fig. 8. Y-Profile sequence.

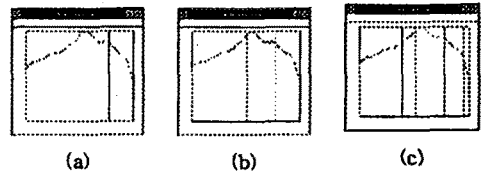


Fig. 9. X-Profile sequence.



Fig. 10. Decision of Road Direction.

VI. 결론

본 연구에서는 영역 분할 방법을 사용하여 도로 주행선이 없고, 잡음 성분을 가지거나 배경과 경계선 모두가 유사분포를 가지며 조명에 따른 영상의 밝기 변화가 있는 경우에도 다각근사법을 사용하여 무인 자율주행 차량이 도로 방향이 실시간으로 결정됨을 알 수 있었다.

VI. 참고 문헌

- [1] Darwin Kuan, Grey Phipps, "Autonomous robotic vehicle road following," *IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell.*, vol. 10, no. 5, pp 648-658, 1988.
- [2] Charles E. Thorpe, Martial H. Hebert, Takeo Kanade, Steven A. Shafer, "Vision and navigation for the Carnegie-Mellon Navlab," *IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell.*, vol. 10, no. 3, 1988.
- [3] 金熙昇, 영상 인식, 生能, pp 129-174, 1993.
- [4] Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods, *Digital Image Processing*, Addison-Wesley, 1993.
- [5] Ioannis Pitas, *Digital Image Processing Algorithms*, Prentice Hall, 1993.