

GCM(Generalized Complex Moment)을 이용한 보행자 검출에 관한 연구

A Study on Pedestrian Detecting using GCM(Generalized Complex Moment)

한 동 조

(광운대학교, 박사과정)

최 성 호

(광운대학교, 석사과정)

최 기 호

(광운대학교, 교수)

Key Words : GCM(Generalized Complex Moment), pedestrian detecting

목 차

- | | |
|--------------------------------------|----------|
| I. 서론 | V. 실험 |
| II. 차선 검출 및 관심 영역 설정 | 1. 실험 환경 |
| III. GCM(Generalized Complex Moment) | 2. 실험 결과 |
| 1. 대칭축 검출 | VI. 결론 |
| 2. 대칭축 획득 | 참고문헌 |
| IV. 보행자 인식 | |

I. 서론

급속한 차량의 증가로 인하여 교통사고 발생률은 계속 증가하고 있는 추세이다. 2005년 국내 기준, 전체 교통사고 사망자의 38.5%가 차량과 보행자의 충돌사고였으며, 이중 25.3%가 보행자가 차도를 보행중인 경우였다[1]. 이를 해결하기 위하여 주행 중인 차량 전면부에 보행자가 확인될 경우 미리 운전자에게 경고를 해줄 수 있는 효율적이고 지능적인 차량 및 운전 보조 시스템의 개발이 활발히 진행 중에 있으며, 이와 같은 차량과 보조 시스템의 개발을 위한 보행자 검출 기술은 중요한 연구 분야중 하나이다.

기존의 보행자 검출을 위한 연구로는 모션 기반 방법, 모델 기반 방법, 웨이블릿 특징을 사용한 방법, 모양 기반 방법 등이 있다.

모션 기반 방법[2]은 인체의 주기적인 특징을 사용한 방법으로 보행자가 걷고 있거나 뛰고 있을 때, 팔다리 움직임의 패턴을 분석하여 보행자를 검출하였다. 하지만 이 방법은 움직이는 보행자의 경우에만 효율적이며, 정지해있는 보행자의 경우에는 팔다리의 움직임이 없기 때문에 적용이 힘들다는 단점이 있다.

모델 기반 방법에는 원통형의 모델을 사용하여 보행자를 기술한 방법[3]과 리얼 모델과 다이나믹 모델을 종합하여 보행자를 기술한 방법[4]이 있다. 하지만 모델 기반 방법은 서로 다른 보행자를 기술하기 위한 많은 수의 보행자 모델이 필요하다.

웨이블릿 특징을 사용한 방법에는 트레이닝 샘플에서 웨이

블릿 특징을 추출하여 SVM 분류를 수행한 방법[5]과 Sparse Gabor Filter를 사용하여 보행자 샘플의 특징을 수집하고 SVM 분류를 수행한 방법[6]이 있다. 하지만 위의 방법들은 오프라인 상에서 보행자 샘플이 트레이닝 되어야 하며, 분류의 정확성과 처리 속도가 서로 상반성을 가지는 단점이 있다.

또한 모양 기반 방법[7]은 보행자는 대칭성을 가지고 있다는 점에 착안한 방법으로 보행자 영상에서 관심 영역을 설정하고, 관심 영역에서 보행자의 대칭축을 획득하였다. 이 대칭축을 기준으로 보행자에 해당하는 바운딩 박스를 결정하고, 바운딩 박스에 대한 대칭성 측정과 로컬 엔트로피를 수행하여 보행자 여부를 판단하였다. 이 방법은 걷고 있는 보행자와 뛰고 있는 보행자에 대하여 모두 적용이 가능하다는 장점이 있다. 하지만 보행자는 y 축에 대하여 완벽한 대칭축을 가지고 있지 않기 때문에, 보행자의 자세에 따른 가변적인 대칭축의 획득이 필요하다.

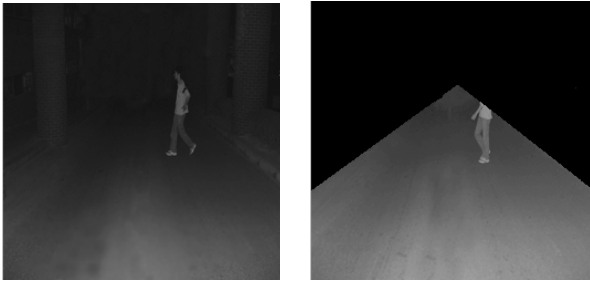
따라서 본 논문에서는 보행자 영상에서 관심 영역을 설정하고, 해당 영역에서 GCM(Generalized Complex Moment)을 사용하여 보행자에 대한 가변적인 대칭축을 획득하였다. 그 후 보행자 영역에 해당하는 바운딩 박스를 결정하고 보행자 영역을 획득하였으며, 대칭축의 각도에 따라 보행자의 자세를 일반화시킨 보행자 모델DB와 비교함으로써 보행자 여부를 판단하였다. 이와 같이 가변적인 대칭축을 사용하여 정확한 보행자 영역을 획득하였으며, 대칭축의 각도에 따른 보행자 모델DB를 구성하여 기존의 모델 기반 방법이 가지고 있는 단점을 극복하였다.

본 논문의 II장에서는 차선 검출과 관심 영역에 대하여 설명하고, III장에서는 보행자의 가변적인 대칭축을 획득하기 위

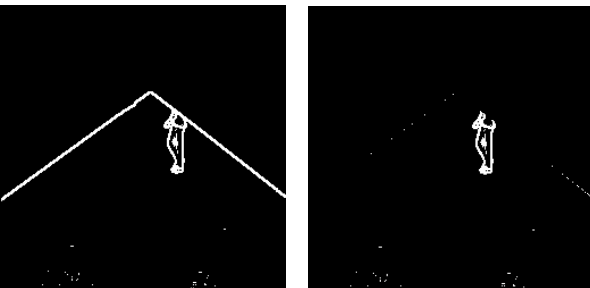
한 GCM에 대하여 설명한다. 그리고 IV장에서는 보행자 여부를 판단하기 위한 보행자 인식에 대하여 설명하며, V장과 VI장에서는 본 논문에서 제안한 방법의 실험 결과와 결론을 제시한다.

II. 차선 검출 및 관심 영역 설정

본 논문에서는 보행자가 차도를 보행중인 영상을 대상으로 보행자 검출을 시도하였다. 우선 보행자 영상에 대한 차선 검출을 수행하고, 차선 안쪽의 영역을 관심 영역으로 설정하였다[7, 8]. <그림 1>은 보행자의 원영상과 관심 영역을 설정한 영상을 보여준다. 관심 영역을 설정한 후, 에지 추출과 이진화를 수행하며, 관심 영역과 비관심 영역의 경계선 에지, 즉 차선을 제거한다. 에지 추출과 이진화가 바르게 수행되지 않으면, 정확한 대칭축을 획득할 수 없다. 따라서 본 논문에서는 반복적 실험을 통하여 에지 추출을 위한 마스크의 종류와 이진화의 임계값을 설정하였다. <그림 2>는 관심 영역을 설정한 영상에서 에지 추출과 이진화를 수행하고 차선을 제거한 영상이다.



<그림 1> 원영상과 관심 영역 설정



<그림 2> 에지 추출 및 이진화 수행 영상과 차선 제거

III. GCM(Generalized Complex Moment)

GCM은 두 단계로 나누어진다. 첫 번째 단계는 보행자 영상에서 가능한 모든 대칭축을 검출하는 단계이고, 두 번째 단계는 검출한 대칭축에서 대칭성이 가장 큰 대칭축을 획득하는 단계이다.

1. 대칭축 검출

차선을 제거한 영상의 중심을 원점으로 이동시켜 대칭축도 영상의 중심을 지나도록 하였다. 주어진 영상의 이미지 함수를 $f(r, \theta)$ 라고 하면, pq 번째 GCM은

$$GC_{pq} = R_{pq} e^{j\varphi_{pq}} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \int_0^{\infty} f(r, \theta) (r^p e^{jq\theta}) r dr d\theta \quad (1)$$

로 정의된다[9, 10]. 여기서 p 는 음이 아닌 정수, q 는 양의 정수이지만, 계산량을 줄여주기 위하여 p 는 0, q 는 pq 번째 GCM 중, 0이 아닌 조건을 만족시키는 가장 작은 양의 정수로 선택하였다. 또한 원영상 f 를 반시계 방향으로 α 만큼 회전된 이미지 함수를 $f'(r, \theta)$ 라고 하면,

$$GC'_{pq} = GC_{pq} e^{jq\alpha} \quad (2)$$

이며, 만일 영상의 이미지 함수가 $f'(r, \theta)$ 로 주어졌을 때, 그 이미지의 대칭축이 x 축 이라면, 모든 GC'_{pq} 는 실수이고, $\tan(\varphi'_{pq}) = 0$ 이다.

대칭축을 x 축으로 만들기 위하여 영상 f 를 시계반향으로 ϕ 만큼 회전하면, $GC'_{pq} = GC_{pq} e^{-jq\phi}$ 에 의하여 다음 식(3)과 식(4)를 얻을 수 있다.

$$\tan(\varphi_{pq} - q\phi) = \tan(\varphi'_{pq}) = 0 \quad (3)$$

$$\therefore \phi = \frac{\varphi_{pq} + k\pi}{q}, k = 0, 1, 2, \dots \quad (4)$$

즉, ϕ 는 영상 f 의 x 축에 대한 대칭축의 각도가 되며, 가능한 모든 대칭축(Possible Symmetry Axes) Θ_{pq} 은

$$\Theta_{pq} = \left\{ v : v = \frac{\varphi_{pq} + k\pi}{q}, k = 0, 1, 2, \dots, q-1 \right\} \quad (5)$$

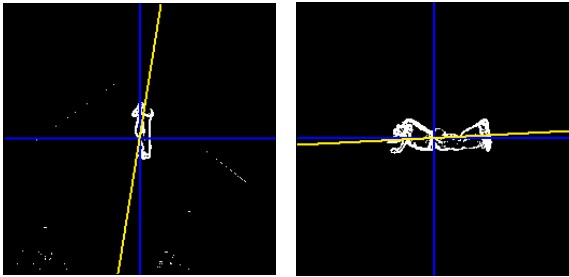
이 된다.

2. 대칭축 획득

가능한 모든 대칭축을 검출한 후, 각각의 대칭축에 대하여 절반비교(half-comparison)를 수행한다. 절반비교를 사용한 대칭성 측정은 다음 식(6)으로 정의된다.

$$S(\phi) = 1 - \frac{\left[\int_0^\pi h_p(\phi+\theta) - \int_0^\pi h_p(\phi-\theta) \right]^2}{\left[\int_0^\pi h_p(\phi+\theta) + \int_0^\pi h_p(\phi-\theta) \right]^2} \quad (6)$$

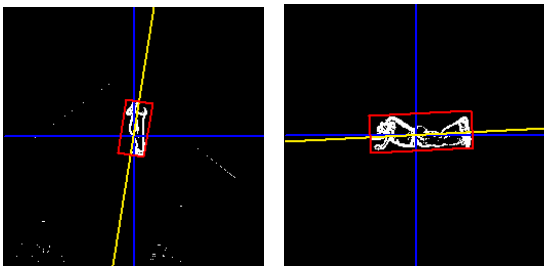
여기서 $h_p(\theta) = \int_0^\infty r^p f(r, \theta) r dr$ 이다. 본 논문에서는 절반 비교를 수행하여 대칭성이 가장 큰 대칭축을 주대칭축으로 획득하였다. <그림 3>은 GCM을 수행하여 대칭축을 획득한 영상이다.



<그림 3> GCM을 사용한 대칭축 획득

IV. 보행자 인식

대칭축을 획득한 후, 보행자 영역을 획득하기 위하여 바운딩 박스를 결정하였다. 본 논문에서는 GCM을 통하여 획득한 대칭축을 y축으로 설정하고, 수직사상과 수평사상을 수행함으로써 정확한 보행자 바운딩 박스를 결정하였다. <그림 4>는 GCM을 통하여 획득한 대칭축을 y축으로 설정하고 수평사상과 수직사상을 수행하여 보행자 영역을 획득한 그림이다.

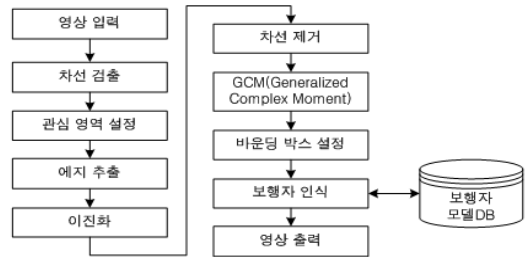


<그림 4> 보행자 영역의 획득

또한 결정된 보행자 영역이 보행자인지 아닌지를 판단하기 위하여 모델 기반 방법을 사용하였다. 일반적으로 대칭축의 각도에 따른 보행자의 자세는 비슷하기 때문에 대칭축의 각도에 따른 보행자 영상을 일반화하여 보행자 모델DB를 구성하였다.

기존의 모델 기반 방법의 경우 많은 수의 보행자 모델이 필요하였다. 하지만 대칭축의 각도에 따라 보행자 영상을 일반화하여 보행자 모델DB를 구성할 경우, 적은 수의 보행자 모델을 사용하여 효율적인 보행자 인식이 가능하며, 대칭축의

각도에 해당하는 보행자 모델DB만을 비교하기 때문에 보행자 인식 속도를 증가시킬 수 있다. 구성된 보행자 모델DB와 보행자 영역을 비교[11]하여, 유사도가 임계값 이상일 경우 보행자로 인식한다. <그림 6>은 본 논문에서 제안한 보행자 검출의 전체적인 구성도이다.



<그림 6> 보행자 검출 시스템 구성도

IV. 실험

1. 실험 환경

본 논문의 실험에 사용한 보행자 영상은 256×256 크기의 정지 영상이며, <표 1>과 같이 보행자가 차도를 보행중인 100여개의 영상을 질의로 사용하였다. 또한 보행자 모델DB의 구성을 위하여 0~180° 구간을 10°씩 나누었다. 그리고 각 구간마다 해당 대칭축의 각도에서 보행자의 자세를 대표할 수 있는 3~10여개의 영상을 사용하였다. <표 2>는 이와 같이 구성된 보행자 모델DB를 나타낸다.

<표 1> 질의에 사용된 보행자 영상

대칭축 각도(°)	영상 수	대칭축 각도(°)	영상 수
0 ~ 10	6	90 ~ 100	16
10 ~ 20	4	100 ~ 110	10
20 ~ 30	4	110 ~ 120	4
30 ~ 40	4	120 ~ 130	5
40 ~ 50	6	130 ~ 140	3
50 ~ 60	7	140 ~ 150	4
60 ~ 70	8	150 ~ 160	3
70 ~ 80	7	160 ~ 170	4
80 ~ 90	17	170 ~ 180	5

<표 2> 보행자 모델DB의 구성 영상

대칭축 각도(°)	영상 수	대칭축 각도(°)	영상 수
0 ~ 10	3	90 ~ 100	15
10 ~ 20	4	100 ~ 110	10
20 ~ 30	4	110 ~ 120	8
30 ~ 40	6	120 ~ 130	7
40 ~ 50	8	130 ~ 140	6
50 ~ 60	7	140 ~ 150	6
60 ~ 70	8	150 ~ 160	4
70 ~ 80	10	160 ~ 170	3
80 ~ 90	17	170 ~ 180	4

2. 실험 결과

실험은 보행자 영상에서 정확한 보행자 대칭축을 획득하고, 보행자를 인식하여 검출할 수 있는가를 평가하였다.

<표 3>은 대칭축 각도마다 보행자의 대칭축을 정확히 획득한 영상의 수를 나타내며, 전체적으로 91%의 성능을 보였다. 정확한 보행자의 대칭축을 획득하지 못한 경우에는, 대부분의 보행자가 비관심 영역, 즉 차선 밖에 위치해 있었다. 따라서 관심 영역을 설정할 경우, 보행자의 일부만 남기 때문에 정확한 대칭축을 획득하지 못하였다.

<표 4>는 대칭축 각도마다 보행자가 검출된 영상의 수를 나타낸다. 전체적으로 72%의 보행자 검출 성능을 보였으며, 보행자 대칭축의 각도가 80~100°일 때 보행자 검출 성능이 가장 높았다. 그리고 대칭축의 각도가 20~30°, 140~150°일 때 가장 낮은 성능을 나타내었다. 전체적인 성능에 있어서 보행자를 검출하지 못하는 이유는 예지 추출에 사용되는 마스크의 종류와 이진화의 임계값의 설정에 따라 정확하지 않은 대칭축을 획득하고, 이를 사용하여 대칭축의 각도에 해당하는 보행자 모델DB와 비교하기 때문이다. 또한 대칭축의 각도에 따라 보행자 검출 성능의 차이가 발생하는 이유는 가장 높은 성능을 보인 80~100° 구간의 경우 보행자는 차도를 걷거나 뛰고 있는 보편적인 자세이기 때문에 보행자 모델DB를 일반화시킬 수 있지만, 20~30°, 140~150° 구간의 경우, 즉 보행자가 누워있거나 혹은 다른 특수한 자세인 경우에는 보행자 모델DB의 일반화가 힘들기 때문이다.

<표 3> 대칭축 획득 결과

대칭축 각도(°)	대칭축 획득 영상 수	대칭축 각도(°)	대칭축 획득 영상 수
0 ~ 10	6	90 ~ 100	15
10 ~ 20	4	100 ~ 110	10
20 ~ 30	3	110 ~ 120	3
30 ~ 40	4	120 ~ 130	5
40 ~ 50	6	130 ~ 140	2
50 ~ 60	6	140 ~ 150	4
60 ~ 70	6	150 ~ 160	3
70 ~ 80	6	160 ~ 170	3
80 ~ 90	16	170 ~ 180	4

<표 4> 보행자 검출 결과

대칭축 각도(°)	보행자 검출 영상 수	대칭축 각도(°)	보행자 검출 영상 수
0 ~ 10	4 (67%)	90 ~ 100	14 (88%)
10 ~ 20	3 (75%)	100 ~ 110	8 (80%)
20 ~ 30	1 (25%)	110 ~ 120	3 (75%)
30 ~ 40	2 (50%)	120 ~ 130	4 (80%)
40 ~ 50	3 (50%)	130 ~ 140	2 (67%)
50 ~ 60	4 (57%)	140 ~ 150	1 (25%)
60 ~ 70	5 (63%)	150 ~ 160	2 (67%)
70 ~ 80	6 (86%)	160 ~ 170	3 (75%)
80 ~ 90	15 (88%)	170 ~ 180	4 (80%)

IV. 결론

본 논문에서는 GCM을 사용하여 보행자에 대한 가변적인 대칭축을 획득하고, 바운딩 박스를 결정하여 보행자 영역을 획득하였다. 또한 대칭축의 각도에 따라 보행자 모델DB를 구성하여 보행자 검출을 수행하였다.

실험 결과, 91%의 보행자 대칭축 획득 성능을 보였으며, 80%의 보행자 검출 성능을 보였다. 보행자의 대칭축 획득에 있어서 보행자가 차선 밖에 위치해있는 경우, 정확한 대칭축을 획득하지 못하였다. 따라서 획득한 보행자 영역의 크기가 임계값보다 작을 경우, 관심 영역을 유동적으로 설정하여 정확한 대칭축을 획득해야 한다.

또한 보편적인 보행자 자세의 대칭축 각도에 해당하는 80~100°일 때 보행자 검출 성능이 높았으며, 자세가 특수한 보행자의 대칭축 각도에 해당하는 20~30°, 140~150°일 때 낮은 성능을 나타내었다. 보행자 검출 성능을 높이기 위해서는 반복된 실험을 통하여 정확한 대칭축을 획득할 수 있는 마스크의 종류와 임계값을 설정해야 하며, 대칭축의 각도가 낮거나 높은 경우, 즉, 특수한 보행자의 자세에 대한 영상의 수집과 일반화가 필요하다.

본 논문에서 제안한 방법을 사용하여 보행자 검출을 수행할 경우 정확한 보행자 영역의 획득이 가능하다. 또한 모델 기반 방법의 단점을 극복하여, 실시간으로 처리되어야 하는 보행자 검출 기술에 있어서 보행자 검출 속도를 증가시킬 수 있다.

참고문헌

1. 교통안전공단 "2005년도 교통사고증감원인 분석 및 대책 연구 최종보고서," 2006.10, pp.21-22
2. C.Curio, J.Edelbrunner, T.Kalinke, C.Tzomakas and W.von Seelen, "Walking Pedestrian Recognition," IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, Sep. 2000, Vol. 3, Issue. 1, pp.155-163
3. K.Rohr, "Towards Model-based Recognition of Human Movements in Image Sequences," CVGIP, Image Understanding, Jan. 1994, Vol. 1, Issue. 59, pp.94-155
4. A.Broggi, A.Fascioli, P.Grisleri, T.Graf, M.Meinecke, "Model-based Validation Approaches and Matching Techniques for Automotive Vision Based Pedestrian Detection," IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Jun. 2005, pp.1-8
5. A.Mohan, C.Papageorhiou, T.Poggio, "Example-based Object Detection in Image by Components," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Apr. 2001, Vol. 4, Issue. 23, pp.349-361
6. Hong Cheng, Nanning Zheng, "Pedestrian Detection

- Using Sparse Gabor Filter and Support Vector Machine," IEEE Intelligent Vehicles Symposium, Jun. 2005, pp.583-587
7. Guo Lie, Wang Rong-ben, Jin Li-sheng, Li Lin-hui, Yang Lu, "Algorithm Study for Pedestrian Detection Based on Monocular Vision," IEEE International Conference on Vehicular Electronics and Safety, Dec. 2006, pp.83-87
 8. Wang Rongben, You Feng, cui Gaojian, Guo Lie, "Lane Detection for High Speed Intelligent Vehicle Based on Machine Vision," Computing Engineering and Applications, 2004, pp.18-21
 9. Dinggang Shen, Horace H.S. Ip, Kent K.T. Cheung, Eam Khwang Teoh, "Symmetry Detection by Generalized Complex(GC) Moments:A Close-Form Solution," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, May. 1999, pp466-476
 10. Kent K.T. Cheung, Horace H.S. Ip, "Symmetry detection using complex moments," International Conference on Pattern Recognition, Aug. 1998, Vol. 2, pp1473-1475
 11. B.S.Manjunath, Philippe Salembier, Thomas Sikora, "Introduction to MPEG-7," John Wiley & Sons, LTD, 2002