

질감 특징을 이용한 시각장애이용 보행유도 시스템

원 선 희*, 최 형 일*, 김 계 영**

Walking assistance system using texture for visually impaired person

Sunhee Weon*, Hyungil Choi*, Gyeyoung Kim**

요 약

본 논문은 보행중인 시각장애인에 장착된 카메라로부터 획득한 영상에서 보도와 차도 영역을 구분하기 위한 영역분할 기법과 질감 특징추출 기법에 대해 제안한다. 허프 변환 알고리즘을 이용한 라인검출을 통해 도로 경계선을 검출하고, 분할된 영역을 원근에 따라 3단계의 레벨로 구분한다. 그리고 분할된 영역들의 질감 특징성분을 추출함으로써 보도와 차도영역으로 분리한다. 보도블록이 가지는 복잡하고 다양한 특성의 패턴과 차도의 균일한 질감을 가진 영역의 특성을 비교하기 위하여 회전에 강건한 LBP, GLCM 질감 특징성분들을 이용함으로써 두 영역을 구분하였다. 제안된 방법은 주간과 야간 영상에 대해 실험한 결과 조도의 변화에 강건하게 영역을 분리할 수 있었고, 또한 보행자와 장애물이 많은 영상에서도 회전이나 폐색에 관계없이 영역 분리가 가능함을 확인하였다.

▶ Keyword : 그레이레벨 동시발생행렬, 국부이진패턴, 도로 분할

Abstract

In this paper, we propose an region segmentation and texture based feature extraction method which split the pavement and roadway from the camera which equipped to the visually impaired person during a walk. We perform the hough transformation method for detect the boundary between pavement and roadway, and devide the segmented region into 3-level according to perspective. Next step, split into pavement and roadway according to the extracted texture feature of segmented regions. Our walking assistance system use rotation-invariant LBP and GLCM texture features for compare the characteristic of pavement block with various pattern and

• 제1저자 : 원선희 • 책임저자 : 최형일 • 교신저자 : 김계영

• 투고일 : 2011. 04. 23, 심사일 : 2011. 05. 11, 게재확정일 : 2011. 05. 17.

* 송실대학교 미디어학과(Dept. of Media, Soongsil University)

* 송실대학교 컴퓨터학과(Dept. of Computer Science, Soongsil University)

※ 이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 휴먼인지환경사업본부-신기술융합형 성장동력사업의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2011K000667)

uniformity roadway. Our proposed method show that can segment two regions with illumination invariant in day and night image, and split there regions rotation and occlusion invariant in complexed outdoor image.

▶ Keyword : Grey-Level Cooccurrence Model(GLCM), Local Binary Pattern(LBP), Road segmentation

I. 서론

현대는 급격한 IT 기술의 발전으로 인해 유선 네트워크에서 무선 네트워크로 변화하고 있다. 이와 동시에 무선 네트워크 환경에 접목된 PDA, 휴대폰, 스마트폰 등의 모바일 단말 장치에 의한 다양한 서비스와 더 나아가, 다양한 초소형화 기술(nano technology)에 의한 웨어러블 컴퓨팅(wearable computing) 장치 및 알고리즘들이 활발히 연구되고 있다. 이 중 비전기반 시스템들은 주로 스마트폰을 이용한 증강현실 어플리케이션이나 네비게이션 등에서 주로 응용되고 있으며, 국제적인 관심 속에서 관련된 많은 연구가 진행되어 오고 있다.

그러나 이러한 관련 연구 대부분이 비장애인들을 위한 시스템일 뿐 이를 이용하여 장애인들을 보조하기 위한 장치들은 고려되지 않고 있는 상황이다. 영상처리 및 컴퓨터 비전기술을 시각장애인들을 위한 보조 장치로써 활용될 가치가 매우 높은 분야로, 보조 지팡이나 혹은 맹인견에 의지하여 보행하던 시각장애인이 별도의 안내 장치나 안내인 없이 혼자 보행할 경우 발생할 수 있는 위험요소를 해결해 줄 수 있는 중요한 기술이다. 기존의 시각장애인들이 착용 가능한 시력 보조 장치로써 개발된 시스템들은 주로 초음파 센서 등을 이용하여 장애물을 탐지하고 이를 사용자에게 전달하므로 정보전달력에 한계가 있을 뿐 아니라 보행하고 있는 상황 또는 환경에 대한 정확한 정보를 파악하기 어려운 문제점들이 있다.

이러한 연구들은 대부분 시각장애인들을 보조하기 위한 핵심 요소인 시각영상을 제대로 활용하지 못하고 있다. 실제 보행을 보조하기 위해서는 영상으로부터 중요한 환경 정보를 획득하는 과정이 필요하며, 이를 위해 질감(Texture)이라는 영상정보를 활용할 수 있다.

질감 정보처리를 위한 연구 중에서 대상 화소와 인접 화소들 사이의 통계적 분포 관계를 고려하여 생성된 2차적인 질감 영상처리 및 응용을 위한 연구는 최근 주요한 동향 중의 하나이다. 화소 기반의 통계적 질감 영상 생성을 위한 기본 개념은 Haralick et al.(1973)에 의해 제안된 그레이레벨 동시발생행렬(GLCM : Gray Level Co-occurrence Matrix)을 통해 체계화되었으며, 최근에도 질감 생성 알고리즘의 개발에 관한 연구

는 계속해서 진행되고 있는 주제이다.

한편, Zhang(1999), Franklin et al.(2001), Wang and Hanson(2001), Kiema(2002), Smith et al.(2003) 등은 그레이레벨 동시발생행렬에 기반하여 생성된 질감 영상을 농업 분야나 도시 환경 분석 연구 등과 같은 위성영상 활용 분야에서 적용하는 응용 연구를 수행한 바 있다.

질감 영상의 생성을 위한 기법이나 알고리즘 개발에 대한 기존의 연구에서는 일반적으로 고속 푸리에 변환(FFT) 기반의 질감 영상 분석 기법이나 Variogram 분석을 통한 방법에 비해 그레이레벨 동시발생행렬 기법이 가장 효과적인 방법이라고 증명하고 있다. 또한 질감 영상의 응용 연구에서는 영상 분류 단계에서 질감 영상을 추가적으로 적용하는 경우, 정성적인 분류 결과와 정량적인 분류 정확도의 향상에 질감 영상이 유용한 자료임이 여러 사례연구에서 밝혀진 바 있다[1].

하지만 이러한 질감 영상특징을 이용하여 개발된 응용 연구들은 대부분 영상정보 검색 시스템과 같은 분야[10-13]에서 주로 이루어졌으나, 실외 영상에서 영역 추적을 위한 방법으로 적용된 연구는 실제적으로 제시된 바가 없다.

본 논문에서는 이동성이 있는 컴퓨터에 연결된 카메라 또는 스마트폰에 장착된 카메라를 이용하여 시각장애인의 안전한 보행을 유도하기 위한 방법을 제안한다. 기존에 연구된 차선 추출기법[10]을 복잡하게 사용하는 대신, 본 논문에서는 차도와 보도영역의 경계 구분을 위해 허프 변환(Hough transform)을 사용하여 최적의 유효한 도로라인을 검출하고, 검출된 도로라인에 의해 분할된 영역들의 회전 불변 국부이진 패턴(Rotation invariant LBP), 그레이레벨 동시발생행렬(GLCM) 질감 특징정보를 추출한다. 또한 분할된 영역을 원근에 따라 3단계의 레벨로 구분하여 각 레벨 간 질감 특징의 유사도를 측정함으로써 차도와 보도 영역을 구분한다.

II. 관련 연구

본 논문에서는 보도와 차도영역을 구분하기 위하여 회전에 불변하는 LBP와 GLCM 특징 벡터를 이용하였다. 이 특징들은 비교적 계산시간이 빠르기 때문에 실시간 보행유도 시스템에 적합하며, 차도와 보도영역에서 뚜렷한 값의 차이를 구

할 수 있으므로 영역 간의 유사도 판별을 통한 영역 분리가 가능하다.

LBP는 그레이영상에서 강건한 질감 통계 접근법으로 조명에 민감하지 않은 특징 변환의 한 방법이며 질감 분석을 위해 현재 많은 분야의 연구에서 활용되고 있다. 영상에서의 각 화소에 대해 중앙 화소의 값과 그에 이웃하는 화소의 임계치에 의해 이진 코드를 생성한다. 시계방향으로 중앙 화소값과 비교하여 크면 1, 그렇지 않으면 0으로 변환하는 방식으로 8개의 인접하는 화소들과 비교하여 구성되기 때문에 8비트로 표현되어 [0-255]의 값으로 표현된다. 하나의 히스토그램은 굴곡있는 에지(curved edges)나 스팟(spots), 평면(flat areas) 등과 같은 서로 다른 형태를 표현하기 위해 자기 다른 이진 패턴을 발생시켜 설계한다. 기본적인 8 비트 LBP 연산자는 거리 1에서의 각 화소의 이웃하는 8개 화소에 대해서만 고려한다. 그러나 각 화소의 모든 원형 이웃하는 화소를 포함하도록 확장할 수 있다. LBP 히스토그램의 크기는 영상의 크기에 의존적이고 정규화 된 특징 벡터에 의해 정해진다. LBP 특징은 그 유형에 따라 다양한 변형된 형태의 LBP가 연구되었다. 대표적인 것이 다해상도 국부이진패턴(Multi-resolution LBP), 균일 국부이진패턴(Uniform LBP), 회전 불변 국부이진패턴(Rotation invariant LBP) 등이다[2-4, 13-14].

다해상도 LBP는 비교할 화소들의 위치가 중앙 화소와 근접한 화소가 아닌 둘 혹은 그 이상의 거리만큼 떨어진 곳의 화소들과 비교하여 이진 코드를 작성하는 방법이다. 균일 LBP는 256가지 가능한 LBP 중 의미있는 패턴들만을 선택하는 방법이다. 어떠한 패턴이 의미가 있는가를 판단하기 위해서는 한 화소를 기준으로 한 칸씩 시계방향으로 비트가 변경되는 현상이 2번 이하로 나타는 패턴만을 균일 LBP로 사용한다. 따라서 256가지 LBP중에서 58개의 패턴이 균일 LBP로 선택되고 나머지 패턴들은 의미가 없는 패턴으로 구분하는 방식이다. 마지막으로, 회전 불변 LBP는 시계방향으로 회전시켜 최소값을 얻을 때까지 이진 코드를 생성한다. 즉 이 방법은 각 화소들을 회전 중심으로 보고 회전 불변 연산자로 만들기 위한 방법이다. 본 논문에서는 보행자의 시선변화에 따른 회전에 대해 강건하게 보도와 차도영역의 질감 특징 벡터를 추출하기 위하여 회전 불변 LBP 방법을 적용하였다.

GLCM 기법은 현재 화소와 그 이웃하는 화소와의 밝기 값의 관계를 평균, 대비, 상관관계 등과 같은 기본적인 통계량으로 계산하고, 그 값을 다시 커널 내의 중심 화소에 새로운 밝기 값으로 할당하는 방식으로 입력 영상의 부분적인 질감 특징을 표현하는 기법이다[5-8].

질감 영상을 생성하기 위해서는 입력 영상의 밝기 단계를

조정하는 양자화(Quantization) 단계를 수행하여야 한다. 이는 영상의 밝기가 결과 영상에 크게 영향을 미치지 않으면서 질감 영상을 생성하기 위한 연산 시간을 감소시키는 역할을 한다. 밝기 등급을 2, 8, 16 단계 등으로 양자화하는 과정은 GLCM 계산 시에 적용되는 커널의 크기를 결정하는 변수로 사용된다. 만약 256 밝기 등급의 영상에 대해 양자화 과정을 수행하지 않는다면, 한 화소 값에 대해 256 x 256 크기의 발생빈도행렬 유형의 커널이 필요하므로 전체적인 연산 시간이 크게 늘어나게 되며, 저장 공간도 많이 필요하게 된다. 본 논문에서는 실외 영상의 밝기 등급 조정을 위해 16 단계로 양자화 과정을 수행하였다.

III. 질감 특징기반 영역분리

본 논문에서는 보도와 차도를 구분하기 위하여 크게 영역 경계추출단계, 특징 추출단계 및 인식단계의 3단계로 구성된다. 그림 1은 본 논문에서 제안한 시스템의 전체 흐름도를 나타낸다. 입력된 영상으로부터 에지맵을 작성하고 도로의 경계인 라인을 검출하기 위하여 허프 변환을 사용하며 검출된 라인 중 유효 라인을 선별한다. 유효 라인들로 구성된 삼각표본을 시스템에서 인식해야할 관심영역 대상으로 지정하고, 삼각표본 내의 LBP와 GLCM 질감 특징을 추출한다. 추출된 질감 특징의 유사도를 비교하여 인접한 삼각표본영역을 병합한 후, 보도/차도 인식을 수행한다. 만약, 추출된 특징 정보가 데이터 저장소에 존재하는 보도와 차도 패턴과 비교하여 실험에 의해 정해진 임계치 이상이라면 보행을 유도하는 정보를 출력하고 그렇지 않다면 제3의 영역으로 인지하여 보행 시 위험경고를 출력한다.

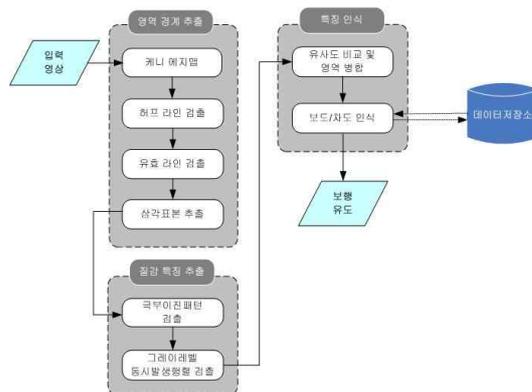


그림 1. 보행유도 시스템 흐름도
Fig. 1. System flowchart

1. 도로 경계검출

보도와 차도가 공존하는 영상 내에는 수많은 장애물들로 인한 직선성분들이 존재하게 된다. 그러나 캐니 에지 검출기를 통하여 획득된 에지 영상에서의 도로정보는 영상의 중앙방향으로 진행되는 특성을 가진다. 또한 시각장애인의 보행특성상 정면을 주시하고 보행할 경우, 도로는 영상의 60% 이하에 위치하게 됨을 확인하여 상위 40%의 화소정보는 제거한다. 이 영역에는 건물이나 가로등, 가로수 등에 의한 잡음이 많이 발생하기 때문에 화소정보를 제거하는 과정을 통해 불필요한 정보로 인한 최적 라인의 오검출 문제점을 해결할 수 있다. 또한, 조도에 강건한 에지검출을 위하여 입력영상의 RGB 채널별 에지 검출 후 논리합(OR)연산과 닫힘(Closing)연산을 통해 잡음을 제거하고, 수평 및 수직에지성분을 제거한 대각성분 에지 검출결과를 획득한다. 그림 2에서는 에지 검출단계를 통해 획득한 결과영상을 나타낸다. 잡음 제거단계를 통해 가로수에 의한 잡음이 상당히 많이 사라졌으며, 검출하고자 하는 보도의 라인이 비교적 선명하게 검출된 것을 확인할 수 있다.

도로의 경계검출을 위하여 허프 변환 알고리즘을 수행하며, 이때 도로를 구성하는 라인은 대부분 대각성분이므로 추출된 라인의 기울기가 20° 이하인 라인은 제거한다. 자연영상에서 보도는 평행한 라인을 가지며, 원근감에 의해 연장선상에서 소실점(교점)이 존재하는 특성을 이용하여 영역 간의 경계를 판단하기 위한 유효라인을 검출한다. 또한 보도의 경계에 위치한 라인은 소실점이 위치할 후보영역인 20x20크기의 소실블록 내에 존재할 확률이 높으므로 소실점이 이 영역 내에 존재하지 않는 라인은 무효라인으로 판단하여 제거한다.

그림 3에서는 소실블록 생성 후 무효라인이 제거되어 최적의 유효한 라인성분을 검출한 결과로, 녹색박스는 소실점이 존재하는 소실블록으로 정의되고, 이 박스를 통과하는 유효라인을 검출한 것이다.

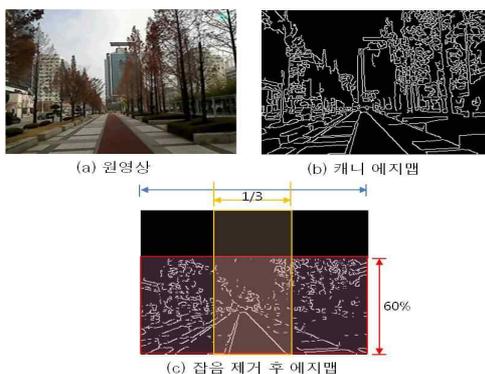


그림 2. 도로 영상의 에지검출
Fig. 2. Edge detection in road image

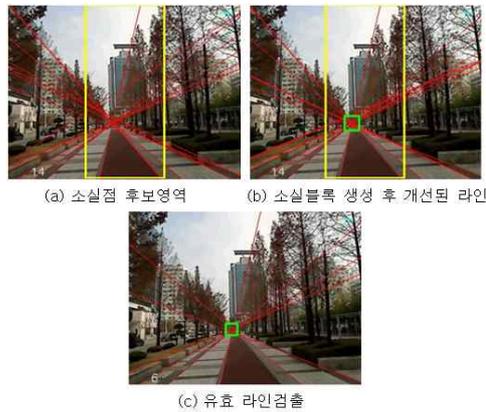


그림 3. 유효라인 검출과정
Fig. 3. Process of detection for valid vanishing line

2. 영역분할 및 삼각표본 추출

3.1의 도로 유효라인에 의해 분리된 영역들을 1차 관심영역으로 간주한다. 이 영역들은 본 논문에서 삼각표본이라 통칭하며 분리된 영역들은 N 개의 작은 삼각표본들로 구성된다. 이 삼각표본들은 유사도 검증단계를 통하여 동일한 영역으로 판단된 영역들이 인접할 경우 병합하고, 인접하지 않은 영역에 대해서는 각각의 면적을 산출하여 임계치보다 작은 영역을 제거하는 단계를 거쳐 단일의 삼각표본 영역을 추출한다.

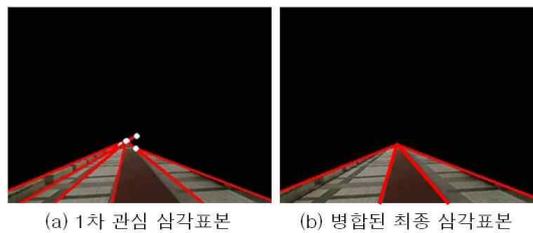


그림 4. 관심 영역분할 및 삼각표본 추출
Fig. 4. Segmentation of ROI and extraction for triangular model

그림 4는 보도의 유효라인에 대한 연장선을 병합하여 생성한 작은 삼각표본 영역과 유사도 검증단계를 통해 병합된 최종 삼각표본을 나타낸다. 자전거 도로는 좌우 인접한 영역과의 질감 유사도가 낮기 때문에 동일하지 않은 영역으로 분리된 것이다.

3. 원근 질감 추출

추출된 삼각표본을 원근에 따라 3개의 레벨로 분할하여 질감 정보를 추출한다. 이를 통해 카메라로부터 원거리 영역의 질감은 근거리 영역에 비해 정보량이 적고 명확하지 않다는

문제점을 해결할 수 있다. 그림 5에서 보는 바와 같이, 보행자로부터 가까운 영역을 레벨 1로 먼 영역을 레벨 3으로 지정하여 각 레벨 별로 질감 특징을 추출한다. 보도와 차도의 질감 구분을 위하여 회전 불변 국부이진패턴(Rotation invariant LBP)과 GLCM을 이용하며 패턴의 보다 많은 질감 특징추출을 위해 8x8 크기의 블록으로 영상을 분할하여 수행한다.

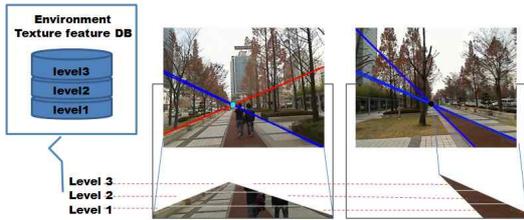


그림 5. 삼각표본의 원근레벨
Fig. 5. Perspective level of triangular model

보행자의 움직임 의해 영상이 회전되거나 이동되어 보도 블록의 패턴이 변형되는 문제점을 해결하기 위하여 회전에 강건한 질감 특징을 추출할 필요가 있다. 본 논문에서는 이를 위한 첫 번째 특징으로써 회전 불변 LBP를 사용한다. LBP는 기본적으로 식 (1)과 같이 현재 위치의 화소값과 이웃 화소값 간의 차이를 0과 1의 이진형태로 표현하는 방식으로 여기에서, P, R, gc, 및 gp는 각각 인접 화소의 개수와 원의 반지름, 현재 화소의 값, 이웃화소의 값을 의미한다.

본 논문에서 적용한 회전 불변 LBP는 LBP의 한 가지 변형으로, 식 (2)를 이용하여 LBP 코드를 원형으로 회전시켜 최소 값을 얻을 때까지 생성한다. 즉 이 방법은 각 화소들을 회전 중심으로 보고 회전 불변 연산자로 만들기 위한 것이다. 단, 이 방법은 조명이나 목표 객체 위치의 상대적인 변화에 의한 질감 차이는 계산하지 못한다. 따라서 이 문제점을 극복하기 위하여 회전에 강건한 또 하나의 질감 특징인 GLCM을 추출한다.

$$LBP_{P,R}(x_c, y_c) = \sum_{p=0}^{p-1} s(g_p - g_c)2^p, \quad s(x) = \begin{cases} 1 & x \geq 0 \\ 0 & x < 0 \end{cases} \dots\dots (1)$$

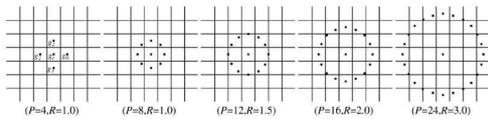


그림 6. 국부이진패턴(LBP)
Fig. 6. Local Binary Pattern

$$LBP_{P,R}^i = \min\{ROR(LBP_{P,R}, i) | i = 0, 1, \dots, P-1\} \dots\dots (2)$$

GLCM 알고리즘은 현재 화소와 그 이웃하는 화소의 밝기 값의 관계를 평균, 대비, 상관관계 등과 같은 기본적인 통계수치를 계산하여 그 값을 커널 내 중심 화소에 새로운 밝기값으로 할당하여 표현하는 방식으로 질감 특징을 결정하는 통계값은 다음의 Contrast, Correlation, Energy, Homogeneity 등으로 계산할 수 있으며 본 논문에서는 질감의 균일성을 측정하기 위하여 Energy와 Homogeneity 값을 활용하였다.

$$Contrast = \sum_{i,j} |i-j|^2 p(i,j) \dots\dots\dots (3)$$

$$Correlation = \sum_{i,j} \frac{(i-\mu_i)(i-\mu_j)p^2(i,j)}{\sigma_i \sigma_j} \dots\dots\dots (4)$$

$$Energy = \sum_{i,j} p(i,j)^2 \dots\dots\dots (5)$$

$$Homogeneity = \sum_{i,j} \frac{p(i,j)}{1+|i-j|} \dots\dots\dots (6)$$

4. 영역분리

추출된 삼각표본의 LBP, GLCM 질감 정보를 계산하여 인접한 영역들 간의 유사도를 측정하고 유사도가 높은 영역은 병합, 낮은 영역은 제거함으로써 1차적으로 삼각표본에 따른 영역을 분리한다. 분리된 삼각표본 내에서의 레벨에 따른 질감 특징의 유사도 비교를 통해 보행 중 보도와 차도가 인접하는 영역 혹은 인식범위를 벗어난 영역에 대한 분석을 통해 2차적인 영역을 분리함으로써 보행을 유도한다.

제안하는 방법에서는 보행 시작과 동시에 저장되어 있던 보도의 질감 특징과 보행 중 입력되는 질의영상의 유사도를 측정하기 위하여 식 (7)과 같이 삼각표본 내 블록단위의 패턴 유사도를 하나씩 비교하는 것으로 영상의 공간 정보를 나타내는 국부적인(local) 특성을 잘 반영할 수 있다. 식 (7)에서 L, CM은 각각 LBP와 GLCM 블록에 대한 정규화 된 값이고, α, β 는 각각에 대한 가중치로 비교하고자 하는 정보에 따라 가중치를 달리하여 유사도를 비교할 수 있다.

$$S_B = \alpha L + \beta CM, \quad \alpha + \beta = 1 \dots\dots\dots (7)$$

식 (8)은 질의영상 Q와 비교영상 D사이의 정규화 된 LBP 히스토그램 유사도를 계산하기 위한 방법으로 K는 히스토그램 빈의 개수이고, M은 도로 영역모델의 개수이다. 현재 영상에서 LBP 히스토그램과 저장되어있던 도로 영역모델 간의 유사도 S를 구하여 가장 유사도가 높은 도로 모델을 검출한다.

$$S_h = \sum_{k=0}^{K-1} \sum_{m=0}^{M-1} \min(Q(m), D(m)) \dots\dots\dots (8)$$

IV. 실험결과

본 논문에서 실험을 위해 사용한 영상은 보행자가 착용한 헬멧에 장착된 카메라로부터 320 x 240 크기의 영상을 실시간으로 입력받아 처리하였으며, 평균 수행속도는 초당 18프레임으로 측정되었다. Intel(R) Core2 Quad CPU 2.66GHz, 3G RAM 환경 하에 기본적인 영상처리를 위하여 OpenCV 1.1ver 라이브러리를 이용하였다. 실험을 위하여 실외에서 낮과 밤 모두 촬영되었으며, 질감 특징추출 결과 LBP와 GLCM 모두 보도와 차도에서 뚜렷한 질감 차이를 확인하였다.

그림 7은 영상을 8 x 8 윈도우 블록으로 분할한 후 삼각표본 내에 위치한 유효 블록들의 질감 특징을 추출한 결과로서 보도영역에서는 질감의 고유한 패턴이 추출된 반면, 차도영역에서는 거의 패턴이 추출되지 않는 것을 알 수 있다.

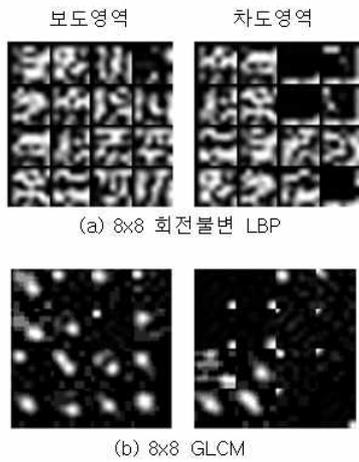


그림 7. 영역별 질감 특징
Fig. 7. Texture feature of pavement and roadway

그림 8에서는 자전거 도로와 보도영역이 인접하여 위치하는 실험영상을 이용하여 자전거 도로를 차도로 판단하고 보도 영역과의 질감 특징 차이를 실험한 것이다. 유효 라인에 따라 분할된 영역 내에서 3단계의 레벨을 구분하고 원근에 따른 각 레벨별 윈도우 블록의 회전 불변 LBP와 GLCM을 추출하였다. 레벨 3에서는 유효하게 남은 윈도우 블록의 수가 적어 질감 특성을 비교하기 어려운 문제점이 있으나 영상의 중앙에 위치한 자전거 도로의 경우 레벨 3에서도 유사도 비교에 충분한 질감특성이 추출됨을 확인하였다.

그림 9는 야간에 촬영된 영상에 대한 실험결과로서, LBP와 GLCM은 조도에 관계없이 질감 특성을 잘 표현할 수 있는 특

성을 이용하므로 주간 영상과 비교했을 때 질감 분석 성능이 떨어지지 않는 것을 검증하였다. 또한 그림 10은 연속 프레임에서의 실험결과로, 레벨 1의 원근 질감을 검출하지 못하더라도 시간이 지남에 따라 질감의 정보량이 많아지기 때문에 레벨 2에서 질감을 분석하여 보도 상황을 판단할 수 있는 것을 나타내고 있다.

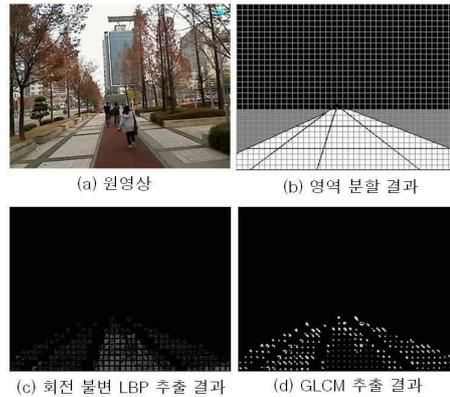


그림 8. 삼각표본의 질감 추출 결과
Fig. 8. Result of texture feature extraction within triangular model

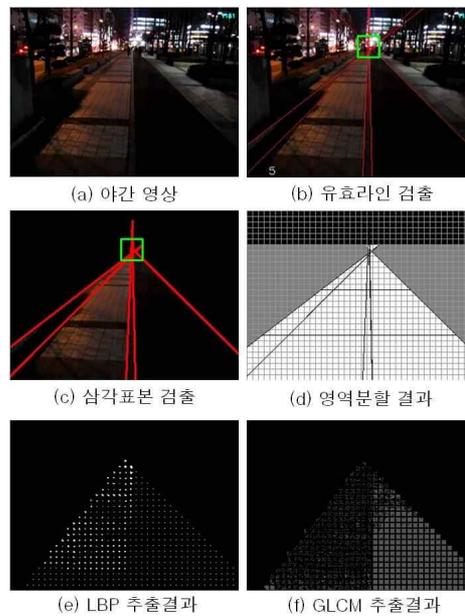


그림 9. 밤 영상에서의 검출 결과
Fig. 9. Pavement detection result with night outdoor scene

표 4. 실험환경에 따른 라인검출 및 영역탐색 성능
Table 1. Result of line detection and region search for different environment (단위: %)

성능 환경	라인검출율	영역탐색율 (8x8 블록)	영역탐색율 (16x16 블록)
주간영상	95.05	92.85	88.02
야간영상	89.34	86.23	82.91

표 5. 영역탐색을 성능비교
Table 2. Result of region search rate between histogram-based and texture-based method (단위: %)

방법 환경	명암히스토그램기반	질감특징기반 (제안한 방법)
주간영상	90.05	93.28
야간영상	78.82	87.30

표 1에서는 촬영된 실험환경에 따른 영역별 탐색성능과 라인 검출성능을 수량적으로 분석한 결과이다. 주간 영상의 경우 라인 검출성능이 야간영상에 비해 우수한 성능을 나타냄으로 인해 영역분리 및 탐색성능 또한 우수한 결과를 나타낼 수 있다. 또한, 분리된 영역을 8x8 과 16x16 크기의 블록으로 분할하여 영역을 탐색한 결과, 8x8 블록으로 분할하였을 때 원근영상에 강건하게 특징을 추출하므로 좀 더 높은 탐색율을 얻을 수 있음을 알 수 있다. 반면, 야간 영상은 조명변화로 인한 라인 검출 실패율이 높아 영역분리 단계에서 주간영상에 비해 낮은 검출율을 보인다. 그러나 표 2에서 확인할 수 있듯이 기존의 명암 히스토그램을 이용한 블록 매칭 방법에 비해 본 논문에서 제안한 방법이 영역 탐색에 있어서 주간과 야간의 실외영상에 적용하기에 우수함을 나타낸다.

V. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 실외영상에서의 보도와 차도영역을 구분하는 방법에 있어 회전 불변 질감 특징인 LBP와 GLCM을 기반으로 확률적 추정방법을 제안하였으며, 이 방법으로 실시간 영상을 처리함에 있어서 비교적 단순한 형태로 영역간의 유사도 비교를 통해 보도와 차도영역을 분리할 수 있음을 확인하였다.

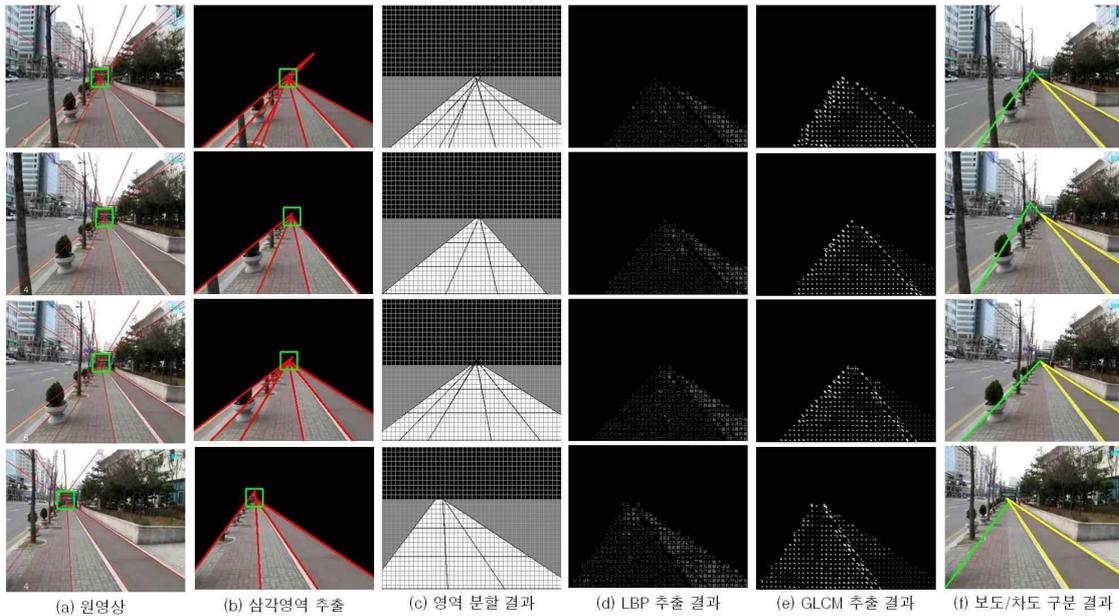


그림 10. 연속영상에서의 질감 특징 추출과정
Fig. 10. Process of texture feature extraction in real time image

그러나 보도블록의 패턴이 매우 다양하고 다른 패턴의 보도영역을 만나게 되면 유사도 비교가 어려워지므로, 이를 해결하기 위하여 실시간으로 질감 특징을 업데이트하고 인식하는 단계를 추가적으로 연구할 예정이다.

참고문헌

- [1] Ki-son Lee, So-Hee Jeon, and Byung-Doo Kwon, "Implementation of GCM/GLDV-based Texture Algorithm and Its Application to High Resolution Imagery Analysis", Korean Journal of Remote Sensing, Vol. 21, No. 2, pp.121~133, 2005.
- [2] Ojala, T., Pietikäinen, M., and Mäenpää, T., "Multiresolution Gray-Scale and Rotation Invariant Texture Classification with Local Binary Patterns", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence 24, pp.971-987, 2002.
- [3] Turtinen, M., and Pietikäinen, M., "Visual Training and Classification of Textured Scene Images", The 3rd International Workshop on Texture Analysis and Synthesis, pp.101-106, 2003.
- [4] Arvis V., Debain C., Berducot M., and Benassi A., "Generalization of the cooccurrence matrix for colour images: application to colour texture classification", Image Anal Stereol Vol. 23, pp.63-72, 2004.
- [5] Vadivel A., Shamik Sural, and Majumdar A.K., "An Integrated Color and Intensity Co-occurrence Matrix", Pattern Recognition Letters, Vol. 28, No. 8, pp.974-983, 2007.
- [6] Palm C., "Color texture classification by integrative co-occurrence matrices", Pattern Recognition, Vol. 37, pp.965-976, 2004.
- [7] Romuald A., Roland C., and Frederic C., "A model-driven approach for real-time road recognition", Machine Vision and Applications, Vol. 13, No. 2, pp.95-107, 2001.
- [8] Wang Y., Teoh E.K., and Shen D., "Lane detection and tracking using B-Snake", Image and Vision Computing Vol. 22, No. 4, pp.269-280, 2004.
- [9] Wang Y., Shen D., and Teoh E.K., "Lane detection using spline model", Pattern Recognition Letters Vol. 21, No. 8, pp.677-689, 2000.
- [10] Paetzold F., and Franke U., "Road recognition in urban environment", Image and Vision Computing, Vol. 18, No. 5, pp.377-387, 2000.
- [11] Hanif S.M., and Prevost L., "Texture based text detection in natural scene images : a help to blind and visually impaired persons", CVHI 2007.
- [12] Puig D., and Angel Garcia M., "Automatic texture feature selection for image pixel classification", Pattern Recognition Vol. 39, No. 11, pp.1996-2009, 2006.
- [13] Seong-Whan Lee and Seong-Hoon Kang, "OpenEyes: Wearable Computer for the Blind", Journal of KIISE, Vol. 18, No. 9, pp.31-36, Sept. 2000.
- [14] Young-Soo Chae, Hyun-Cheol Kim, and Whoi-Yul Kim, "Multiple Background Modeling using Local Binary Pattern", Conference of The Institute of Electronics Engineers of Korea, Vol. 31권, No. 1, pp.1001-1002, 2008.

저자소개



원 선희

2005 : 한경대학교 컴퓨터공학과 공학사
 2007 : 숭실대학교 컴퓨터학과 공학석사
 2008~현재 : 숭실대학교 미디어학과 박사과정
 관심분야 : 영상처리, 컴퓨터비전, 3D 모델링, 패턴인식 등
 Email : nifty12@ssu.ac.kr



최형일

1972 : 연세대학교 전자공학과 공학사
 1982 : 미시간대학교 전자공학과 공학석사
 1987 : 미시간대학교 전자공학과 공학박사
 1995~1997 : 퍼지 및 지능시스템학회 이사
 1996~1998 : 정보과학회 컴퓨터비전 및 패턴인식 연구회 위원장
 1997 : IBM Waston Lab 방문연구원
 2005~2006 : 한국정보과학회 이사
 1987~현재 : 숭실대학교 미디어학과 교수
 관심분야 : 컴퓨터비전, 퍼지 및 신경망 이론, 패턴인식, 지식기반 시스템 등
 Email : hic@ssu.ac.kr



김 계 영

1990 : 숭실대학교 전자계산학과
공학사.

1992 : 숭실대학교 컴퓨터학과
공학석사.

1996 : 숭실대학교 컴퓨터학과
공학박사.

1996~1997 : 한국전자통신연구원
Post Doc.

1997~2001 : 한국전력공사 전력연
구원(선임)

2001~현재 : 숭실대학교 컴퓨터
학부 부교수

관심분야 : 컴퓨터비전, 형태인식,
생체인식, 증강현실,
영상 및 신호처리 등.

Email : gykim11@ssu.ac.kr