

질감 특징을 이용한 시각장애이용 보행유도 시스템

원선희[○], 김진석^{**}, 최형일^{*}

[○]*숭실대학교 미디어학과

^{**}숭실대학교 컴퓨터학과

e-mail: {nifty12, lomeop, hic}@ssu.ac.kr

Walking assistance system using texture for visually impaired person

Sun-Hee Weon[○], Jin-Suk Kim^{**}, Hyung-Il Choi^{*}

[○]*Dept. of Media, Soongsil University

^{**}Dept. of Computer, Soongsil University

● 요약 ●

본 논문은 보행중인 시각장애인에 장착된 카메라로부터 획득한 영상에서 보도와 차도 영역을 구분하기 위한 영역분할 기법과 질감 특징추출 기법에 대해 제안한다. 영상내의 허프 변환을 이용한 라인검출을 통해 도로 경계선을 검출하고, 분할된 영역을 원근에 따라 3 레벨로 구분하여 질감 특징성분을 추출함으로써 보도와 차도영역을 분리한다. 보도블럭이 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 낮과 밤 영상에 대해 실험한 결과 조도의 변화에 강건하게 영역을 분리할 수 있었고, 또한 보행자와 장애물이 많은 영상에서도 회전이나 폐색에 관계없이 영역 분리가 가능함을 검증하였다.

키워드: 그레이레벨 동시발생행렬(GLCM), 국부이진패턴(LBP), 도로 분할(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 장치 및 알고리즘들이 활발히 연구되고 있다. 이중 비전기반 시스템들은 주로 스마트폰을 이용한 증강현실 어플리케이션이나 네비게이션 등에서 주로 응용되고 있으며, 국제적인 관심속에서 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 보조장치로써 활용될 가치가 매우 높은 분야로, 보조 지팡이나 혹은 맹인견에 의지하여 보행하던 시각장애인이 별도의 안내장치나 안내인 없이 혼자 보행할 경우 발생할 수 있는 위험요소를 해결해 줄 수 있는 중요한 기술이다. 기존의 시각장애인들이 착용가능한 시력보조장치로써 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.

본 논문에서는 이동성이 있는 컴퓨터에 연결된 카메라 또는 스마트폰에 장착된 캠을 이용하여 시각장애인의 안전한 보행을 유도하기 위한 방법을 제안한다. 차도와 보도영역의 경계를 구분하기 위하여 허프변환(Hough transform)을 사용한 최적의 도로라인을 검출하고, 검출된 도로라인에 의해 분할된 영역들의 국부이진패턴(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 구분하게 된다.

II. 도로 경계검출 및 영역분리

2.1 도로 경계검출

보도와 차도가 공존하는 영상 내에는 수많은 장애물들로 인한 직선성분들이 존재하게 된다. 그러나 캐니 에지 검출기를 통하여 획득된 에지 영상에서의 도로정보는 영상의 중앙방향으로 진행하는 특성을 가진다. 또한 시각장애인의 보행특성상 정면을 주시하고 보행할 경우, 도로는 영상의 60% 이내에 위치하게 됨을 확인하여 상위 40%의 픽셀정보는 제거한다. 조명 및 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 1에서는 에지 검출단계를 통해 획득한 결과영상을 나타낸다.

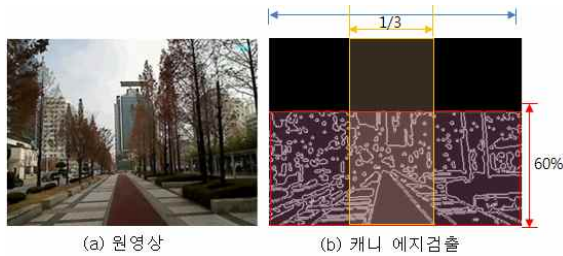


그림 1. 도로 영상의 에지검출
Fig. 1. Edge detection in road image

도로의 경계검출을 위하여 허프 변환 알고리즘을 수행하며, 이때 유효한 라인은 대각성분이므로 추출된 모든 라인의 기울기가 20° 이하인 라인은 제거한다. 자연영상에서 보도는 평행한 라인을 가지고 원근감에 의해 라인의 연장선상에 소실점(교점)이 존재하므로 이 특성을 이용하여 영역의 경계를 검출하기 위한 유효라인을 판단한다. 또한 보도의 경계에 위치한 라인은 소실점이 위치할 후보영역인 20×20 크기의 소실블록 내에 존재할 확률이 높으므로 소실점이 이 영역 내에 존재하지 않는 라인은 무효라인으로 판단하여 제거한다.

그림 2에서는 소실블록 생성 후 무효라인이 제거되어 최적의 유효한 라인성분을 검출한 결과이다.

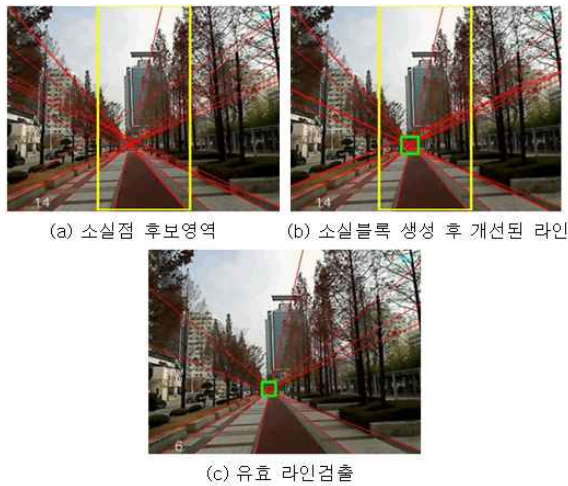


그림 2. 유효라인 검출과정
Fig. 2. Process of detection for valid vanishing line

2.2 영역분할 및 삼각표본 추출

2.1의 도로 유효라인에 의해 분리된 영역들을 1차 관심영역으로 간주한다. 이 영역들은 본 논문에서 삼각표본이라 통칭하며 분리된 영역들은 N 개의 작은 삼각표본들로 구성되어 있다. 이 삼각표본들은 유사도 검증단계를 통하여 동일한 영역으로 판단된 영역

들이 인접할 경우 병합하고, 인접하지 않은 영역에 대해서는 각각의 면적을 산출하여 임계치보다 작은 영역을 제거하는 단계를 수행하여 단일의 삼각표본 영역을 추출한다. 그림 3은 보도의 유효라인에 대한 연장선을 병합하여 생성한 작은 삼각표본 영역과 유사도 검증단계를 통해 병합된 최종 삼각표본을 나타낸다.

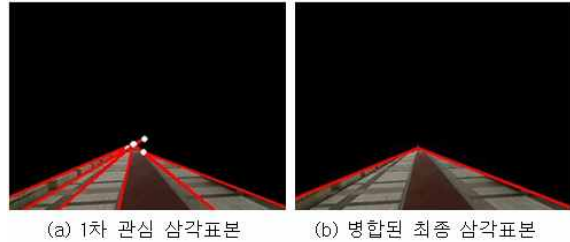


그림 3. 관심 영역분할 및 삼각표본 추출
Fig. 3. Segmentation of ROI and extraction for triangular model

2.3 원근 질감 추출

추출된 삼각표본을 원근에 따라 3개의 레벨로 분할하여 질감 정보를 추출한다. 이는 카메라로부터 먼 영역에 대한 질감은 가까운 영역에 비해 정보량이 적고 명확하지 않다는 문제점을 해결하기 위한 방법이다. 그림 4에서 보는 바와 같이, 가까운 영역을 레벨 1로 먼 영역을 레벨 3으로 지정하여 각 레벨 별로 질감 특징을 추출한다. 보도와 차도의 질감 구분을 위하여 회전 불변 국부이진 패턴(Rotation invariant LBP)과 GLCM을 이용하여 패턴의 보다 많은 질감 특징추출을 위해 8×8 크기의 블록으로 영상을 분할하여 수행한다.

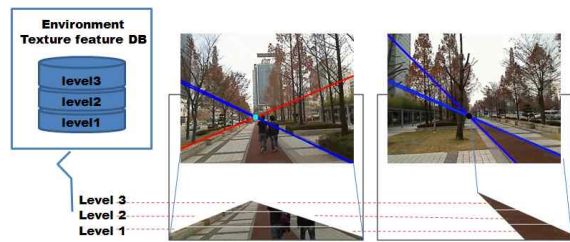


그림 4. 삼각표본의 원근레벨
Fig. 4. Perspective level of triangular model

보행자에 의해 영상이 회전되거나 이동되어 보도블록의 패턴이 변형되는 문제점을 해결하기 위하여 회전에 강건한 질감 특징을 추출한다. 이를 위한 첫 번째 특징으로써 회전 불변 국부이진 패턴을 사용한다. LBP는 기본적으로 식 (1)과 같이 현재 위치의 픽셀 값과 이웃 픽셀값간의 차이를 0과 1의 이진형태로 표현하는 방식으로 여기에서, P, R, gc, 및 gp는 각각 인접 픽셀의 수와 원의 반지름, 현재 픽셀의 값, 이웃픽셀의 값을 의미한다.

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

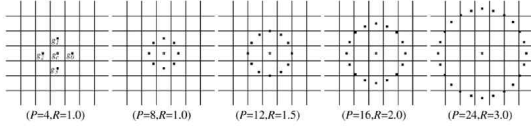


그림 5. 국부이진패턴
Fig. 5. Local Binary Pattern

본 논문에서 적용한 회전 불변 국부이진패턴은 국부이진패턴의 한 가지 변형으로, 식 (2)를 이용하여 LBP코드를 원형으로 회전시켜 최소값을 얻을 때까지 생성한다. 즉 이 방법은 각 픽셀들을 회전 중심으로 보고 회전 불변 연산자로 만들기 위한 것이다. 단, 이 방법은 조명이나 타겟 객체 위치의 상대적인 변화에 의한 질감 차이는 계산하지 못한다. 따라서 이 문제점을 극복하기 위하여 회전에 강건한 또 하나의 질감 특징인 GLCM을 추출한다.

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

GLCM 알고리즘은 현재 픽셀과 그 이웃하는 픽셀의 밝기값의 관계를 평균, 대비, 상관관계 등과 같은 기본적인 통계수치를 예산하여 그 값을 커널 내 중심 픽셀에 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 활용한다.

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

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

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

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

2.4 영역분리

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

나씩 비교하는 것으로 영상의 공간 정보를 나타내는 국부적인 (local) 특성을 잘 반영할 수 있다. 식 (7)에서 L, CM은 각각 LBP와 GLCM 블록에 대한 정규화된 값이고, α, β 는 각각에 대한 가중치로 비교하고자 하는 정보에 따라 가중치를 달리하여 유사도를 비교할 수 있다.

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

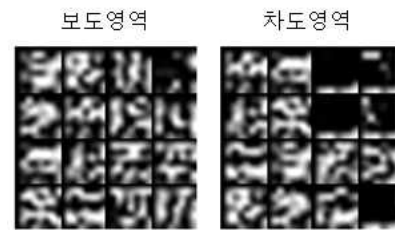
식 (8)은 질의영상 Q와 비교영상 D사이의 정규화된 LBP 히스토그램 유사도를 계산하기 위한 방법으로 K는 히스토그램 bin의 개수이고, N은 도로 영역모델의 개수이다. 현재 영상에서 LBP 히스토그램과 저장되어있던 도로 영역모델 간의 유사도 S를 구하여 가장 유사도가 높은 도로 모델을 검출한다.

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

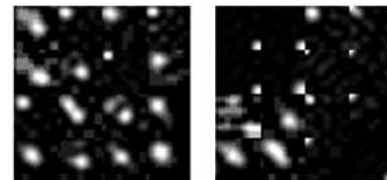
III. 실험결과

본 논문에서 실험을 위해 사용한 영상은 보행자가 착용한 헬멧에 장착된 카메라로부터 320 x 240 크기의 영상을 실시간으로 입력받아 처리하였으며, 평균 수행속도는 초당 18프레임으로 측정되었다. 실험을 위하여 실외영상에서 낮과 밤 모두 촬영되었으며, 질감 특징추출 결과 LBP와 GLCM 모두 보도와 차도에서 뚜렷한 질감 차이를 확인하였다.

그림 6은 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.



(a) 8x8 회전불변 LBP



(b) 8x8 GLCM

그림 6. 영역별 질감 특징

Fig. 6. Texture feature of pavement and roadway

그림 7에서는 자전거 도로와 보도영역이 인접하여 위치하는 실험영상을 이용하여 자전거 도로를 차도로 판단하고 보도영역과의 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 특징을 비교하기 어려운 문제점이 있으나 영상의 중앙에 위치한 자전거 도로의 경우 레벨 3에서도 유사도 비교에 충분한 질감특성이 추출됨을 확인하였다.

물적 추정방법을 제안하였으며, 이 방법으로 실시간 영상을 처리함에 있어서 비교적 단순한 형태로 영역간의 유사도 비교를 통해 보도와 차도영역을 분리할 수 있음을 확인하였다. 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.

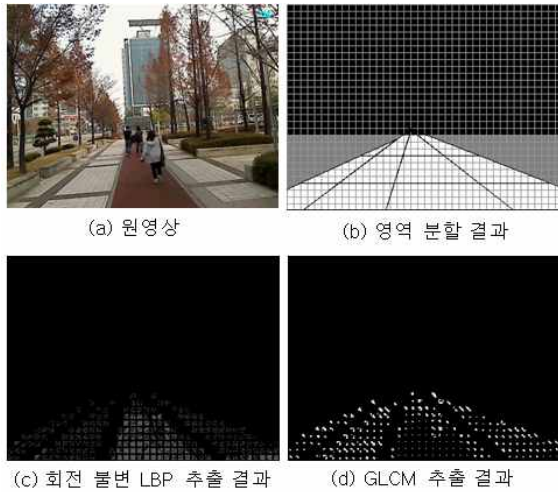


그림 7. 삼각표본의 질감 추출 결과
Fig. 7. Result of texture feature extraction within triangular model

IV. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문에서는 실외영상에서의 보도와 차도영역을 구분하는 방법에 있어 회전 불변 질감 특징인 LBP와 GLCM을 기반으로 확

참고문헌

- [1] Ojala, T., Pietikäinen, M., 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.
- [2] Turtinen, M., Pietikäinen, M., "Visual Training and Classification of Textured Scene Images", The 3rd International Workshop on Texture Analysis and Synthesis, pp.101-106, 2003.
- [3] V. Arvis, C. Debain, M. Berducat, A. Benassi, "Generalization of the cooccurrence matrix for colour images: application to colour texture classification", Image Anal Stereol Vol.23, pp.63-72, 2004.
- [4] A. Vadivel, Shamik Sural, A.K. Majumdar, "An Integrated Color and Intensity Co-occurrence Matrix", Pattern Recognition Letters, Vol.28, pp.974-983, 2007.
- [5] C. Palm, "Color texture classification by integrative co-occurrence matrices", Pattern Recognition, Vol.37, pp.965-976, 2004.