

# 영상의 형태 패턴과 텍스처 특징을 이용한 보도블록의 인식방법

우병석<sup>†</sup>, 양성민<sup>\*\*</sup>, 조강현<sup>\*\*\*</sup>

## 요 약

보행자의 안전한 보행을 위해 점자형 또는 일반 보도블록이 널리 쓰이고 있다. 불량한 시공 및 유지상태와 장애물은 보행자의 사고를 유발한다. 본 연구는 안전한 보행을 위해 영상에서 가시거리에 위치한 블록의 형태 패턴과 텍스처 특징을 분석하여 보도블록을 검출하는 방법을 제안한다. 보도는 특정모양의 블록이 일정 간격에 반복 배치되어 규칙성을 띄며, 주변 환경 또는 용도에 따라 그 형태는 다양하다. 높은 빈도를 띄는 단일 모양의 다각형을 분석하여 형태 패턴을 추출한다. 일부영역은 이물질 또는 조각난 블록이 원래의 형태를 왜곡시켜 검출되지 않는다. 이 문제는 텍스처 특징벡터 값을 분석하여 해결한다. 앞서 검출된 모든 영역에 대해 분석된 텍스처 특징벡터는 가우시안 분포를 나타내고, 미검출 영역에 대해 분석한 텍스처 특징벡터가 가우시안 분포를 만족하는지 판단한다. 만족된 영역은 보도블록으로 검출한다. 본 실험은 다양한 형태의 보도블록을 인식하였고 95.9%의 정확성을 보였다.

## Brick Path Recognition Using Image Shape Pattern and Texture Feature

Byung-Seok Woo<sup>†</sup>, Sung-Min Yang<sup>\*\*</sup>, Kang-Hyun Jo<sup>\*\*\*</sup>

## ABSTRACT

Raised or plain block is widely used for the pedestrian's safe passage. The insincere construction, insufficient maintenance and obstacle overlaid on the pavement cause pedestrian's accidents. This paper proposes a method to detect brick path by analyzing the shape pattern and texture feature of brick located in visible distance for a safe passage. A brick appears to a regular type because of its specific shape which repeats with its sized gap and its type varies according to the surrounding environment or use. This paper shows a method which extracts the shape pattern by analyzing single surface polygon and its frequency appearing in road area. The shape pattern is used to detect similar shape regions. Some regions are not detected because extraneous substances or chopped bricks distort the original shape. This problem can be solved by analyzing the texture feature vector. The analyzed vector of the previously detected regions yields the Gaussian distribution. This value in each undetected region is computed and checked whether it's satisfied with Gaussian distribution or not. The satisfied region is detected as the brick path. The experiment was performed with the various type's bricks to recognize so that the results showed as accurate as 95.9% in average.

**Key words:** Blind people(시각장애우), Brick Path(보도블록), Shape Pattern(형태패턴), Texture Feature(텍스처 특징)

※ 교신저자(Corresponding Author): 조강현, 주소: 울산광역시 남구 대학로 93번지 울산대학교 전기공학부(680-749), 전화: 052-259-1664, FAX: 052-259-1686, E-mail: acejo@ulsan.ac.kr

접수일: 2011년 10월 17일, 수정일: 2011년 12월 14일  
완료일: 2012년 1월 27일

<sup>†</sup> 준회원, 울산대학교 전기공학부  
(E-mail: bswoo@islab.ulsan.ac.kr)

<sup>\*\*</sup> 준회원, 울산대학교 전기공학부  
(E-mail: smyang@islab.ulsan.ac.kr)

<sup>\*\*\*</sup> 정회원, 울산대학교 전기공학부

※ 본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 지능로봇을 위한 3D 센싱 및 비전 기반 사람/물체 인식 기술 개발 지원사업의 연구결과로 수행되었음 (NIPA-2010-C7000-1001-0007)

## 1. 서론

최근 시각장애우의 안전한 통행에 관한 사회적 수요가 증대되고 있다. 시력이 불편한 어른이나 점자블록에 의지하여 통행하는 시각장애인의 보행권은 비단 장애인의 입장이 아니라도 이들과 동시에 통행해야 하는 일반인 또는 향후 로봇 등을 활용한 통행과 관련하여 넓은 의미로 보행자의 보행권리를 확보한다는 의미에서 중요하다고 하겠다. 더러는 보도블록 위에 부주의하게 놓인 장애물로 인해 사고를 당할 위험도 상존한다. 심지어 부실하게 시공된 점자블록이 차도에까지 연결되어 큰 사고를 유발하기까지 한다. 그리고 그 동안 자동차 중심의 도로시공으로 보행자의 통행권이 상대적으로 위축되었다. 이는 보행자의 안전한 통행을 확보하기 위한 노력이 필요함을 역설한다. 따라서 보행자의 안전한 통행을 위한 이동 보조 시스템으로서 보도블록의 인식과 관련한 연구는 시의적절한 내용이다.

외부 환경에 놓인 시각장애우의 안전한 보행을 위한 연구는 다른 연구자들에 의해서도 진행되고 있다. 점자블록은 일반 보도와 달리 특유의 색상인 노란색을 가지고, 점자 또는 줄무늬 모양이 표면에 장식되어 있다. 연구[1,2]에서는 YIQ, YCrCb, HSV와 같은 색상 모델과 에지 정보를 이용하여 점자블록을 검출하였다. 문턱치를 설정하여 노란색 영역을 검출하고 그 영역에서 에지 정보를 확인하여 점자블록의 외곽 에지가 직선인 특징을 이용하였다. 그 결과를 시각장애우에게 음성정보로 전달하여 안전하게 이동할 수 있는 연구를 진행하였다. 이 연구들은 시각장애우가 점자블록을 따라 안전하게 이동할 수 있는 좋은 사례의 연구이다. 하지만 실제 환경에서 시공된 점자블록은 환경적 제약 또는 부실한 시공으로 인해 경로가 도중에 끊기거나 장애물에 가로 막히는 경우도 빈번히 발생한다. 더구나 점자블록이 존재하지 않는 보도도 있다. 따라서 점자블록에만 의지하여 이동하기에는 현실적 제약이 많다. 따라서 점자블록을 검출하는 것에 끝나지 않고, 보도영역 전체를 검출하여 시각장애우에게 정보를 전달 해주어야 한다. 이 경우 시각장애우는 단 하나의 경로인 점자블록 뿐 만 아니라 전체의 보도를 통해 다양한 경로를 이용할 수 있다.

본 논문은 다양한 형태의 보도 중에서 블록계 포장에 중점을 둔다. 이것은 수평 및 평형을 위한 실줄

을 설치하여 실줄을 따라 일정한 간격으로 정렬되므로 전체적인 보도의 형태가 규칙성을 띤다. 그리고 블록들의 조합으로 다양한 형상을 만들 수 있고, 시공 시의 지침사항으로 설치 장소의 경관이나 주변 환경에 어울리는 포장의 디자인을 해야 한다 [3]. 그래서 다양한 모양과 색상을 가진 블록으로 시공되는 보도블록의 형태는 매우 다양하다.

본 논문은 도로 영역에 나타나는 블록들의 형태 패턴을 분석하여 빈도수가 높은 형태 패턴을 검출하고 그 형태를 가지는 블록으로 보도블록을 검출한다. 일부 영역은 검출되지 않았는데, 그 원인으로 블록의 마모로 인해 형태가 변형되었거나 보도 위에 놓인 모래, 자갈, 풀 등의 다양한 이물질로 인하여 기존의 블록과는 다른 형태를 띄기 때문이다. 게다가 시공 과정에서 기준 경계부 및 조건에 따라 모서리 및 마감부분은 절단 시공된다. 따라서 절단된 블록은 기존의 블록과는 상이한 모양을 가짐으로 검출되지 않는 결과를 낳았다. 따라서 형태 패턴으로 검출되지 않는 영역을 해결하기 위해 텍스처 특징(Textural feature) 정보를 이용한다. 앞서 검출된 보도블록의 각 영역에 대해 분산, 엔트로피, 동질성, 대비 등 4가지 특징들로 추출 및 분석하고 그 특징들을 조합하여 각 특징에 대한 가우시안 분포를 산출한다. 그리고 미검출된 각 영역들에 대해 4가지의 특징을 추출하여 모든 값이 가우시안 분포에 포함되는지의 여부를 판단하여 보도블록을 검출한다. 본 연구의 결과는 다양한 형태의 보도블록에 대해 연속 영상을 획득하고, 영상 내에 검출된 영역을 확인 및 분석하여 그 효율성을 확인한다.

## 2. 보도블록 검출 알고리즘

보도블록은 여러 가지로 분류되고 활용된다. 이는 형상 및 형태, 색상, 이들의 구조화, 텍스처 특징 등으로 분별하고 분류가능하다. 이 분류는 다음과 같이 정리할 수 있다. 첫째, 보도블록은 차도와 구분되는 색을 가진다. 차도는 짙은 회색을 띄는 반면 보도는 이와 구분되어 흰색인 무채색부터 빨강, 노란, 초록색인 유채색까지의 다양한 색을 가진다. 둘째, 구조화된 블록이 조각조각 조합되어 포장된다. 그 블록은 특정한 모양을 가진 2차원의 다각형이고 상호연결이 가능한 구조를 가진다. 이때, 이웃하는 블록들 사이

의 경계면의 형태가 동일하다. 이러한 다각형의 특징을 기하학적으로 분석하여 유사한 모양의 블록들을 검출한다. 마지막으로 텍스처 특징이 유사하다. 큰 도로를 포장하기 위해 동일한 재질의 블록이 대량 생산된다. 따라서 블록들은 모두 유사한 조직 구조를 가진다. 본 연구에서 정의된 3가지의 특징을 이용하여 보도블록을 검출한다. 전체 처리과정은 그림 1과 같다. 외부 도로환경의 영상을 입력받아 단기 필터링하여 노이즈색을 제거한다. 그리고 각 영역을 대표하는 색으로 영역을 구분한다. 여기서 보도블록의 후보 영역을 설정하고 에지를 검출하여 교차점과 무게중심을 추출한다. 각 영역의 무게중심을 기준으로 교차점의 방위각을 계산하고 노이즈를 제거하여 존재하는 교차점으로 각 영역을 이루는 변의 길이와 각도를 계산한다. 이를 통해 유사한 영역들을 검출한다. 이 결과로 검출되지 않은 영역들은 텍스처 특징벡터 정보를 이용하여 해결한다. 그래서 그림 16과 같은 최종결과를 구할 수 있다.

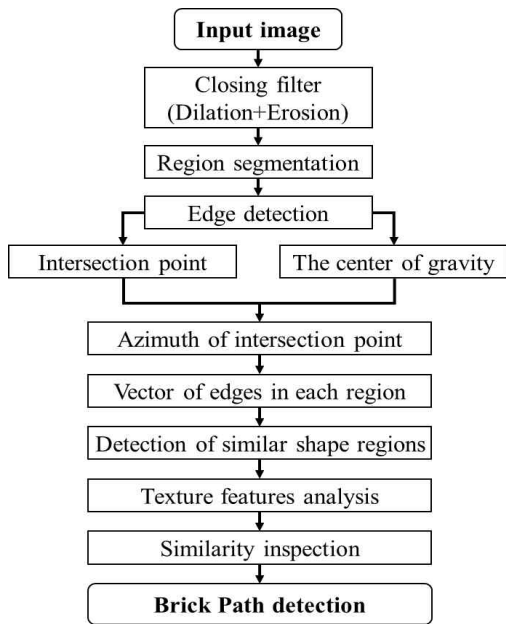


그림 1. 알고리즘 흐름도

### 2.1 영역 분할

보도블록의 형태 패턴은 중요한 역할을 한다. 하지만 이것은 카메라로부터 먼 거리에 있을수록 그 모양이 작아져서 정보를 잃게 된다. 이러한 가시거리

의 제한 때문에 입력 영상(640×480)에서 카메라로부터 가까운 1/4크기의 영역을 관심영역으로 추출한다. 추출된 관심 영역은 보도블록, 연석, 차도 등과 같이 다양한 영역을 가진다. 이것은 그림 2(a)와 같이 각 영역을 대표하는 특정한 색을 이용한다. 색을 이용하여 보도블록에 해당하는 영역을 구분하면, 해당 영역에 대한 분석으로 연산량을 줄일 수 있으므로 영역을 분할한다. RGB의 각 채널에서 7×7 마스크로 단기 필터링하여 에지나 이물질로 인한 노이즈 색을 제거한다. 그 결과 각 영역은 그림 2(b)와 같이 해당 영역을 대표하는 색을 가진다. 이것은 밝기 클러스터링과 귀납적 레이블링[4]을 이용하여 영역을 분할한다. 연석과 차도영역은 무채색이므로 채도가 15이하의 값을 가지고, 점자블록은 노란색인 유채색을 가지므로 채도가 15보다 큰 값을 가지면서, 10에서 50사이의 색조값을 가진다. 이를 이용하여 분할된 각 영역의 초기 색상값에 대해 HSI칼라 모델의 각 채널별로 문턱치를 설정하여 보도블록의 후보 영역을 검출한다. 영역 분할의 결과는 그림 2(c)와 같다.

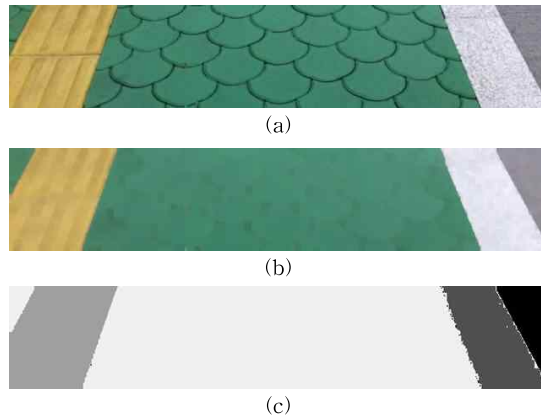


그림 2. 영역 분할의 처리 과정 : (a) 원 영상, (b) 7×7 마스크의 단기 필터, (c) 영역 분할

### 2.2 에지 검출

보도블록의 후보 영역을 흑백영상으로 변환하고 블록들 사이의 경계인 에지를 검출한다. 이것은 형태 패턴을 검출하기 위한 중요한 정보이다. 보도블록은 블록들이 상호 연결된 구조를 가지므로 그 경계인 에지도 연결성을 가진다. 그러므로 캐니 알고리즘[5]으로 에지를 검출한다. 그 결과는 블록들 사이의 빈 공간을 가진다. 이 문제는 5×5마스크의 단기 필터를

처리하여 5x5마스크에 포함되는 영역을 채워서 해결한다. 폭이 넓은 에지는 세선화 알고리즘으로 가늘게 처리한다. 이 과정은 그림 3과 같은 결과를 가진다.

영역의 형태 패턴을 정의하기 위해 이진화 영상에서 두 종류의 중요한 특징점을 검출한다. 하나는 독립된 선들이 교차되는 교차점이고, 다른 하나는 영역의 중심인 무게중심이다. 본 논문에서 교차점은 다음과 같이 정의한다. 하나의 중심점의 주변 8픽셀에 3개 이상의 상호 독립된 점이 존재할 때, 그 중심점을 교차점이라 한다. 하지만 세선화로 얻어진 에지의 결과는 에지가 교차되는 부분에 하나의 중심점을 가지지 않고 2개 이상의 픽셀이 모여 있는 상태이다. 그래서 모든 교차점이 1픽셀에 수렴되도록 그림 4의 과정을 거친다. 0의 값을 가진 기준픽셀에서 상하픽셀이 모두 0이고, 왼쪽 또는 오른쪽 픽셀이 0이면서 그것의 상하픽셀 중 하나라도 0의 값을 가지면, 기준픽셀을 제거하여 교차점이 1픽셀에 수렴하도록 한다.

2.3 교차점 정의 및 검출

교차점과 무게중심은 에지영상에서 개별 영역이 가진 형태 패턴을 분석하기 위해 중요한 역할을 한다. 교차점은 한 픽셀을 중심으로 주변 8픽셀에 상호 독립적인 픽셀이 3개 이상 존재하는 중심픽셀이다. 이 정의를 바탕으로 교차점을 찾는 방법은 그림 5와

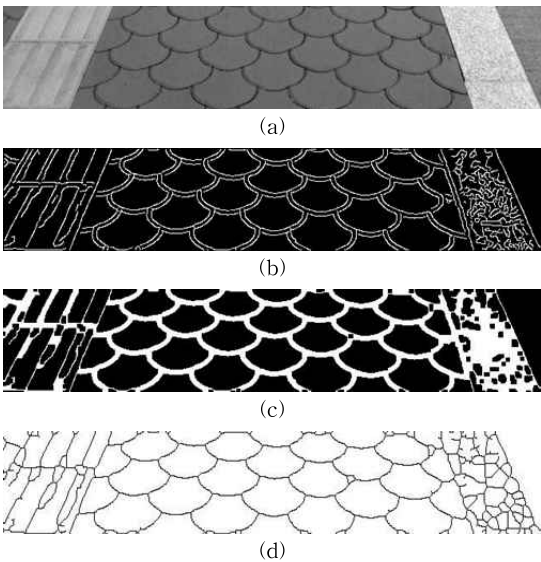


그림 3. 에지 검출 과정 : (a) 흑백영상, (b) 캐니 필터, (c) 단기 필터, (d) 세선화

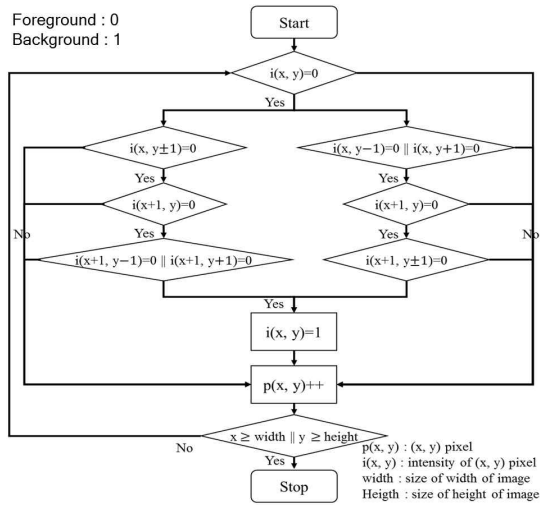


그림 4. 1 픽셀 에지 검출 과정

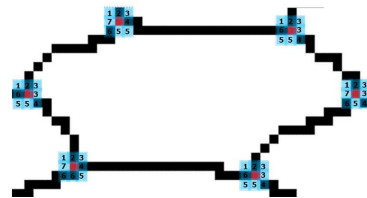
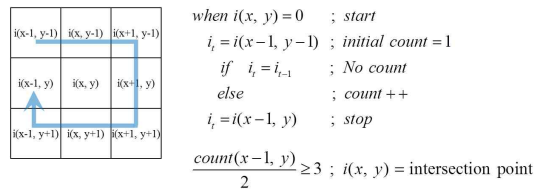


그림 5. 교차점 추출 처리 과정

같다. 먼저, 전경인 0의 값을 가지는 픽셀을 기준으로 주변 8픽셀의 좌측상단 픽셀부터 반시계방향으로 이동하면서 카운터 한다. 카운터는 1부터 시작하고 이웃한 픽셀들의 값이 다를 경우 1씩 증가한다. 최종 카운트 값이 6이상이면 그 중심픽셀을 교차점으로 추출한다.

2.4 레이블링과 무게중심

이진화 영상 내의 각 영역들을 분류하기 위해 레이블링 한다 [6]. 이 결과는 그림 6(a)와 같다. 이것은 다양한 크기를 가진 영역으로 레이블링 된다. 다양한 크기의 영역들 중에서 여러 차례의 실험을 통해 전체 관심영역에 대해 0.35~4%의 크기를 가지는 영역들만 존재시킨다. 그리고 그림 6(b)와 같이 존재하는

영역에 대해 식(1)의 1차 모멘트를 적용하여 무게중심을 산출한다.

$$\begin{aligned} \bar{x} &= \frac{1}{N_k} \sum_{i \in l_k} x_i \\ \bar{y} &= \frac{1}{N_k} \sum_{j \in l_k} y_j \end{aligned} \quad (1)$$

- $x_i$  : i번째 픽셀의 x축 좌표값
- $y_j$  : i번째 픽셀의 y축 좌표값
- $l_k$  : k번째 레이블링 영역
- $N_k$  : k번째 레이블링 영역의 모든 픽셀의 수

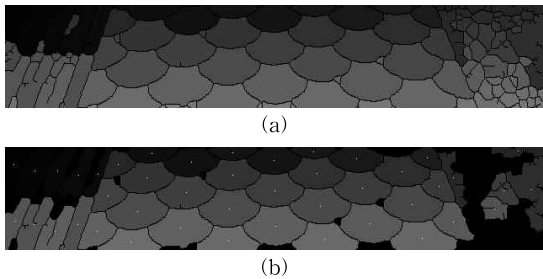


그림 6. 레이블링과 무게중심 : (a) 레이블링된 영역, (b) 0.35~4%크기의 영역의 무게중심

2.5 형태 패턴 분석

각 영역의 무게중심을 기준으로 하여 주변 교차점의 방위각을 계산한다 [7]. 앞서 생성된 교차점은 보도블록에 놓인 다양한 이물질(extraneous matter)로 인해 잘못된 교차점이 포함되므로 이를 여과해야 한다. 이물질은 모래, 자갈, 풀과 같은 것들이다. 이 문제는 다음과 같이 해결한다. 보도블록은 단일의 다각형 모양의 블록이 조합되므로 각 블록의 형태 패턴은 유사하다. 이 때 형태 패턴은 폐곡선으로 이루어진 면으로 선과 선이 만나서 꺾이는 부분에 각이 생긴다. 이 각의 수에 따라 도형의 모양이 정해진다. 여기서 꺾이는 점이 교차점이다. 이 정의를 바탕으로 각 영역의 무게중심을 기준으로 모든 교차점은 유사한 위치에 놓이게 된다. 따라서 빈도가 높은 위치에 놓인 교차점이 보도블록의 모양을 정의할 수 있는 정보로 이용된다. 이 정의로 여러 점들을 제거한다. 그림 7은 여러 점들을 제거한 후 각 영역에서 검출된 무게중심과 주변 교차점 사이를 이어놓은 것이다.

각 영역에서 무게중심을 기준으로 교차점의 방위각을 산출한다. 사전에 검출된 교차점은 여러 교차점

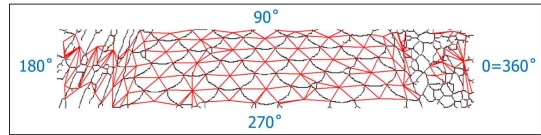


그림 7. 각 영역의 무게중심과 주변 교차점사이를 이은 선

을 포함하는데 이것은 히스토그램을 이용하여 제거한다. 존재하는 방위각은 그림 8(a)와 같다. 각의 개수가 큰 값부터 누적시킨 값이 전체 방위각의 개수의 10%를 점유하는 각들을 기준각으로 한다. 이 기준각의 5도 편차 이내의 각도만을 남겨두고 나머지는 노이즈 각도로 제거한다. 이 결과는 그림 8(b)와 같다.

이 방위각에 해당하는 교차점을 이용하여 각 영역의 형태 패턴을 정의한다. 이 방법을 한 예로 설명하면 다음과 같다. 한 영역의 무게중심을 기준으로 한다. 첫 번째로 많은 각도의 교차점을 시작으로 시계 방향으로 40도 이상 떨어진 위치의 주변 교차점까지의 벡터 정보를 추출한다. 여기서 벡터는 시작 교차점에서 끝 교차점까지의 크기와 각도를 가지고 있다. 이러한 방식으로 한 바퀴를 돌아 시작 위치까지 오면 한 영역에 대한 형태 패턴이 정의된다. 이와 같은 방식으로 두 번째로 많은 각도를 시작으로 형태 패턴을 정의한다. 따라서 한 영역에 대해 두 가지의 형태 패턴이 정의된다. 한 영역에 정의된 두 가지의 형태 패턴으로 모든 영역에 대해 유사성을 검사한다. 이 때 주의할 점은 같은 보도블록이라도 카메라로부터의 거리에 따라 모양의 크기가 달라진다는 것이다. 따라

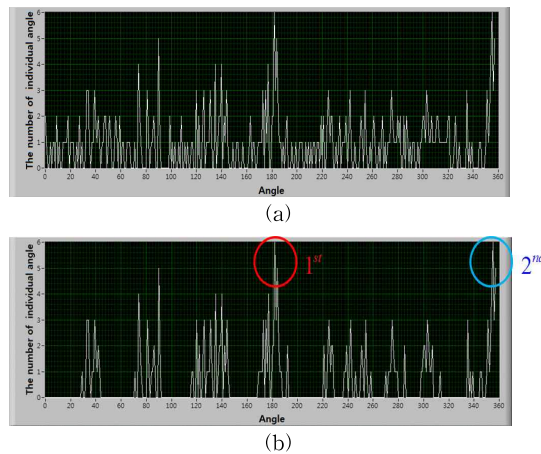


그림 8. 히스토그램을 이용한 여러 방위각 제거 : (a) 방위각의 개수에 대한 히스토그램, (b) 여러 방위각 제거 결과



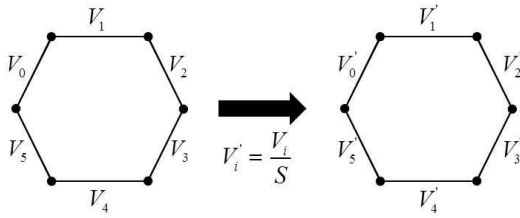


그림 9. 각 벡터 크기의 정규화

서 그림 9와 같이 벡터 크기의 합 S를 각 벡터의 크기에 나누어 정규화 한다.

정규화된 형태 패턴을 이용하여 유사한 영역들을 검출한다. 이 때 영역들 간의 대응되는 위치의 벡터끼리 비교한다. 식(2)와 같이 비교되는 벡터들의 오차가 조건 범위에 포함되는 수가 한 영역이 가지는 벡터의 수와 동일하면 비교된 두 영역을 보도블록으로 검출한다.

$$\begin{aligned}
 V'_A &= [d'_A, \theta'_A] \\
 V'_B &= [d'_B, \theta'_B] \\
 \#\{ |d'_{Ai} - d'_{Bi}| \leq 0.5 : True \} &\geq N - 1 \\
 \#\{ |\theta'_{Ai} - \theta'_{Bi}| \leq 10 : True \} &\geq N
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

A, B: 비교대상이 되는 임의의 영역

N: 한 영역이 가지는 벡터의 수

그림 10은 두 영역에 대한 유사도를 판별한 것이

다. 그래프 상에 나타난 서로간의 패턴이 유사함을 알 수 있고, 거리오차는 0.05이하이고, 각도오차는 5 이하로 나타났다. 따라서 두 영역을 보도블록으로 검출한다.

그림 11는 점자블록이 가지는 특유의 색인 노란색을 HSI 칼라모델로 검출하고, 보도블록은 형태 패턴을 이용하여 검출한 결과이다.

이 결과에서 일부 영역은 검출되지 않았다. 이것은 같은 모양을 가지는 영역이라도 실제의 블록이 가지는 색상이나 여러 이물질로 인해 예지가 제대로 검출되지 않는다. 그리고 카메라의 화각의 제한으로 획득된 영상내의 일부 블록이 잘려지거나 시공하는 과정에서 보도의 경계부분을 채우기 위해 원래의 보도를 절단한다. 따라서 실제 블록의 모양이 왜곡되거나 다른 모양을 가지게 되어 형태 패턴으로 검출되지 않는 영역이 나타난다. 이러한 문제는 텍스처 특징을 이용하여 해결한다.

### 2.6 텍스처 특징 분석

논문 [8], [9], [10], [11]은 영상에서 텍스처 특징을 분석하여 동일한 영상 또는 물체를 탐색하거나 분류하는 방법을 연구하였다. 본 논문은 이를 참조하여 형태 패턴에 의해 검출되지 않은 보도블록을 검출한다. 여기서 그레이 영상을 입력으로 하여 미리 검출

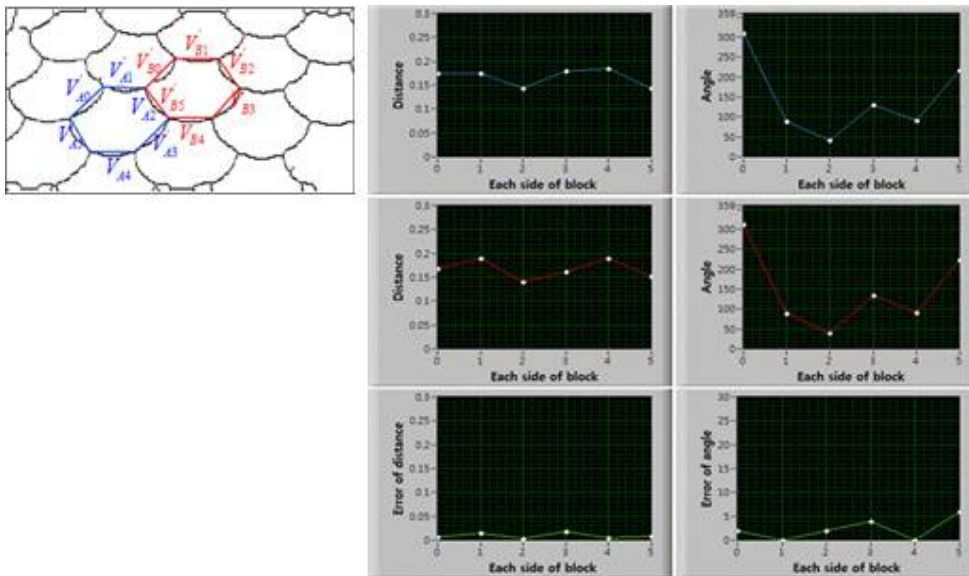


그림 10. 두 영역에 대한 유사도 판별

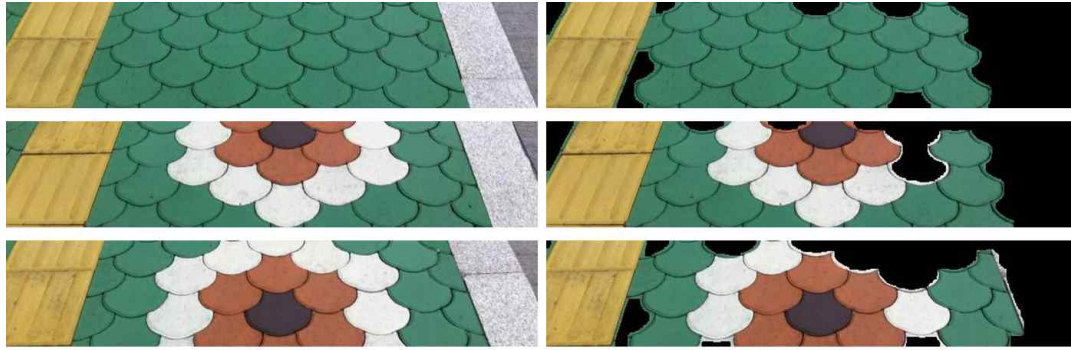


그림 11. 색상과 형태 패턴에 의해 검출된 보도블록

된 보도블록에 대해 GLCM(Gray-Level Co-occurrence Matrix)을 생성한다. GLCM은 영역을 구성하는 개별 픽셀이 가진 밝기값을 이용하여 이웃한 두 픽셀이 가진 밝기값의 관계에 대한 경우의 수를 행렬로 표현한 것이다. 이때 입력영상의 밝기값의 스케일에 따라 GLCM의 크기가 정해지는데 연산량을 줄이기 위해 그레이 영상의 스케일을 256비트에서 16비트로 축소한다. 16비트의 영상을 GLCM으로 변환하고 텍스처 특징을 분석하기 위해 분산(variance), 엔트로피(entropy), 동질성(homogeneity), 대비(contrast) 등 4가지의 특징으로 분석된 값을 구한다. 미리 검출된 모든 보도블록에서 4가지의 텍스처 특징을 분석 및 취합하여 각각의 가우시안 분포를 생성한다. 이후 미검출된 각 영역에서 4가지의 텍스처 특징의 분석값을 구한다. 식(3)과 같이 모든 값이 가우시안 분포의 표준편차 3이내에 포함되면 그 영역을 보도블록으로 검출한다.

$$\begin{bmatrix} \mu_V - 3\sigma_V \\ \mu_E - 3\sigma_E \\ \mu_C - 3\sigma_C \\ \mu_H - 3\sigma_H \end{bmatrix} \leq X \leq \begin{bmatrix} \mu_V + 3\sigma_V \\ \mu_E + 3\sigma_E \\ \mu_C + 3\sigma_C \\ \mu_H + 3\sigma_H \end{bmatrix} \quad (3)$$

- $X$  : 미검출된 각 영역의 텍스처 특징
- $\mu$  : 검출된 영역에 대한 텍스처 특징의 평균
- $\sigma$  : 검출된 영역에 대한 텍스처 특징의 표준편차

한 예로 두 영역의 텍스처 특징을 비교한다. 하나는 흰색 블록이고 다른 하나는 연석이다.

먼저, 그림 12의 영상을 16비트 그레이 영상으로 변환하고 이에 대해 GLCM을 생성한다. 한 픽셀을 기준으로 하여 그림 13와 같이 4방향으로 이웃한 주변 픽셀과의 경우의 수를 카운트한다.

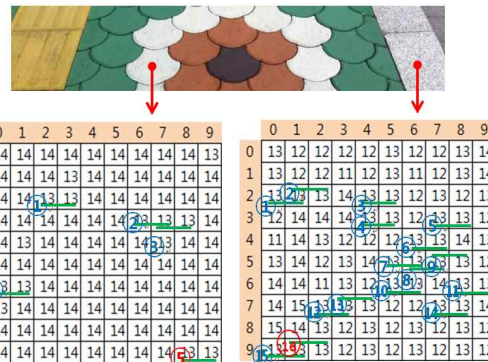


그림 12. 흰 블록과 연석 영역에 대한 0° 단방향의 카운트 수

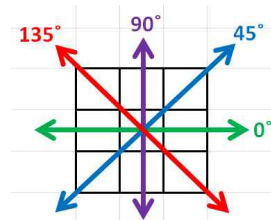


그림 13. 중심픽셀을 기준으로 이웃픽셀에 대한 4가지 방향

그림 12과 같이 0도 방향으로 이웃한 두 픽셀이 13의 값을 가지는 경우의 수는 단방향으로 각각 5개와 16개로 나타난다. 여기서 0도 방향은 좌우측의 양방향으로 카운트가 되므로 경우의 수는 각각 10개와 32개이다. 이러한 방식으로 모든 경우에 수에 대해 생성된 GLCM은 그림 14와 같다.

GLCM을 분석하면, 이웃한 두 픽셀이 가지고 있는 밝기값의 차이가 작으면 작을수록 경우의 수의 값이 대각행렬 주변에 존재하는 것을 볼 수 있다. 이것은 이웃하는 두 픽셀이 가진 밝기값의 차이만큼 대각행렬로부터 떨어진 위치에 값이 나타남을 알 수

		i																								
		0	1	2	...	11	12	13	14			i														
j	0	0	0	0	...	0	0	0	0	j	0	0	0	0	...	0	0	0	0							
	1	0	0	0	...	0	0	0	0		1	0	0	0	...	0	0	0	0							
	2	0	0	0	...	0	0	0	0		2	0	0	0	...	0	0	0	0							
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮		⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮							
	11	0	0	0	...	0	0	0	0		11	0	0	0	...	0	3	2	2	0						
	12	0	0	0	...	0	0	0	0		12	0	0	0	...	3	16	36	2	0						
	13	0	0	0	...	0	0	0	0		13	0	0	0	...	2	36	32	15	1						
	14	0	0	0	...	0	0	14	142		14	0	0	0	...	2	2	15	6	2						
	15	0	0	0	...	0	0	0	0		15	0	0	0	...	0	0	1	2	0						

그림 14. 0° 방향의 경우의 수로 나타낸 GLCM

		i																								
		0	1	2	...	11	12	13	14			i														
j	0	0	0	0	...	0	0	0	0	j	0	0	0	0	...	0	0.017	0.011	0.011	0						
	1	0	0	0	...	0	0	0	0		1	0	0	0	...	0.017	0.089	0.2	0.011	0						
	2	0	0	0	...	0	0	0	0		2	0	0	0	...	0.011	0.2	0.178	0.083	0.006						
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮		⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮							
	11	0	0	0	...	0	0	0	0		11	0	0	0	...	0.011	0.011	0.083	0.033	0.011						
	12	0	0	0	...	0	0	0	0		12	0	0	0	...	0	0	0.006	0.011	0						
	13	0	0	0	...	0	0	0.056	0.078		13	0	0	0	...	0.011	0.011	0.083	0.033	0.011						
	14	0	0	0	...	0	0	0.078	0.789		14	0	0	0	...	0	0	0.006	0.011	0						
	15	0	0	0	...	0	0	0	0		15	0	0	0	...	0	0	0.006	0.011	0						

그림 15. 0° 방향의 경우의 확률밀도로 나타낸 GLCM

있다.

경우의 수로 표현된 GLCM은 그림 15과 같이 전체 경우의 수에 대한 각 경우의 수의 비로 나타낸 확률밀도 P로 변환한다. 이 행렬은 분산, 엔트로피, 동질성, 대비 등 4가지의 특징으로 분석한다. 사용된 수식은 식(4)와 같다.

$$\begin{aligned}
 \text{Variance} &= \sum_{i=0}^{N_g-1} \sum_{j=0}^{N_g-1} (i-\mu)^2 \cdot P_d(i, j) & \text{Entropy} &= - \sum_{i=0}^{N_g-1} \sum_{j=0}^{N_g-1} P_d(i, j) \log P_d(i, j) \\
 \text{Homogeneity} &= \sum_{i=0}^{N_g-1} \sum_{j=0}^{N_g-1} \frac{P_d(i, j)}{1+(i-j)^2} & \text{Contrast} &= \sum_{i=0}^{N_g-1} \sum_{j=0}^{N_g-1} (i-j)^2 P_d(i, j) \\
 \text{Mean} &= \sum_{i=0}^{N_g-1} \sum_{j=0}^{N_g-1} i \cdot P_d(i, j)
 \end{aligned}$$

표 1. 4 방향에 대해 이웃한 픽셀사이의 관계의 분석

보 도 블 록					연 석				
특징 방향	분산 (Variance)	엔트로피 (Entropy)	균질성 (Homogeneity)	대비 (Contrast)	특징 방향	분산 (Variance)	엔트로피 (Entropy)	균질성 (Homogeneity)	대비 (Contrast)
0°	0.116	0.324	0.922	0.156	0°	0.644	0.994	0.624	1.044
45°	0.117	0.340	0.901	0.198	45°	0.674	1.016	0.635	1.259
90°	0.120	0.347	0.894	0.211	90°	0.702	1.027	0.694	0.878
135°	0.117	0.344	0.877	0.247	135°	0.669	1.040	0.590	1.383

$N_g$  : the total number of gray-level  
 $P$  :  $\frac{\text{the number of each occasion}}{\text{the total number of all occasions}}$   
 $d$  : direction to neighboring pixel  
 $i, j$  : gray-level

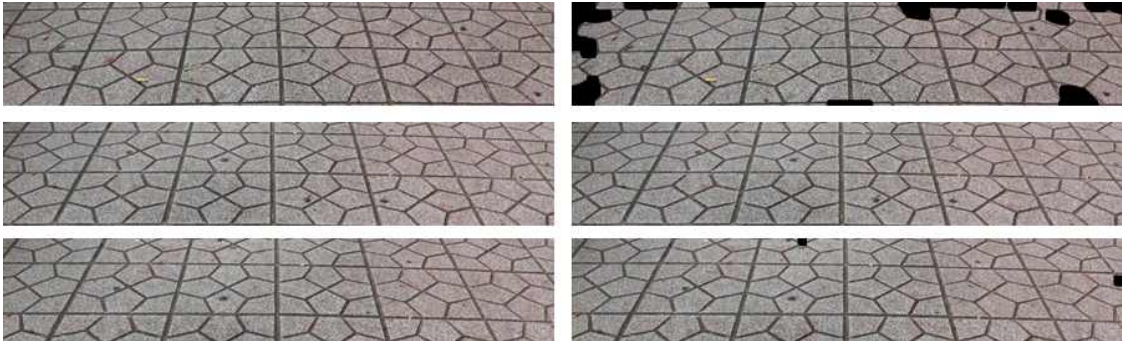
그리고 4가지의 특징으로 분석된 결과는 표 1과 같다. 이 결과를 보면 보도블록은 유사한 밝기값의 패턴으로 이루어져 있고, 상대적으로 연석은 변화의 폭이 큰 밝기값의 패턴을 가지고 있음을 알 수 있다.

### 3. 실험 및 결과 분석

본 실험에서 영상으로 획득된 형태 패턴은 같은 블록이라도 카메라로부터의 거리에 따라 그 크기가 달라진다. 그리고 먼 거리의 블록은 그 크기가 작아져서 모양정보가 손실된다. 그래서 실험 영상은 입력 영상 640×480에서 카메라로부터 거리가 가까운 영상의 아래 1/4크기인 640×120을 사용하였다. 실험에 사용된 영상 데이터베이스는 은행잎 형태와 물결 형태의 보도블록에 대해 조도가 높은 맑은 날과 조도가 어두운 흐린 날 영상으로 구분하여 촬영한 각각 200장의 영상으로 구성했다. 이에 따른 제안된 알고리즘에 의한 실험결과는 그림 16과 같이 보도블록의 대부분을 검출하였으며, 영상의 끝자락에 놓였거나 시공 중에 잘린 블록이 나타나지 않은 경우와 블록과 유사한 텍스처 특징을 지닌 영역이 포함된 경우에 의해 총 검출의 정확성은 95.9%를 나타낸다.

왼쪽 열은 입력영상이고, 오른쪽 열은 실험결과 영상을 나타낸다. 실험결과 영상에서 검출된 보도블록은 입력영상의 픽셀값으로 표현하고 검출되지 않은 영역은 검정색 영역으로 표현하였다. 그 결과는 블록의 색상, 배치된 방향 그리고 블록을 바라보는

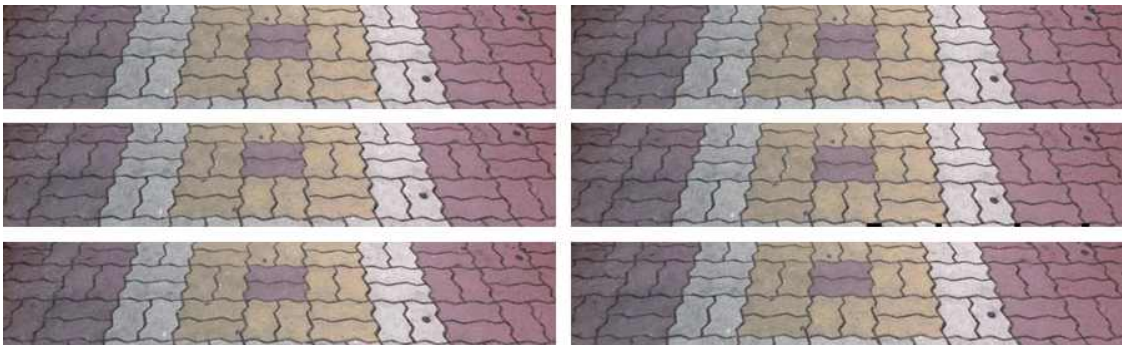




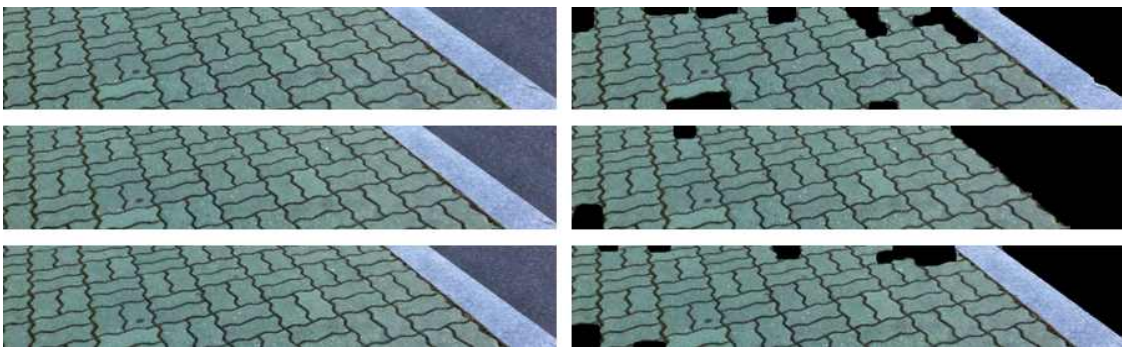
(a)



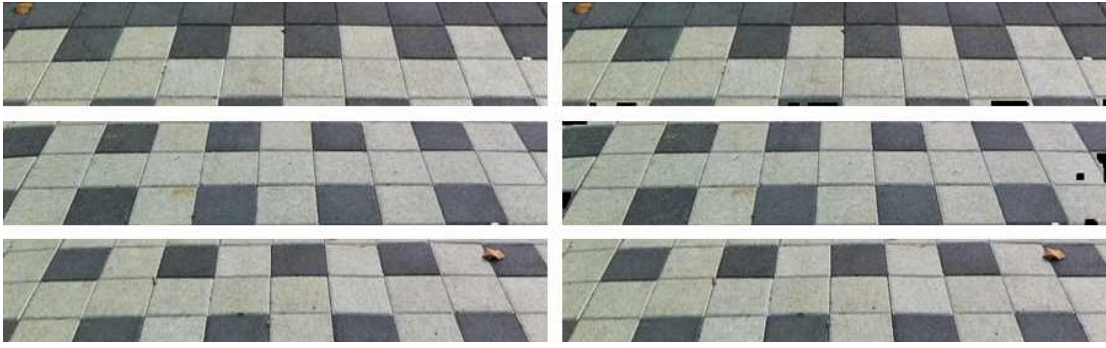
(b)



(c)



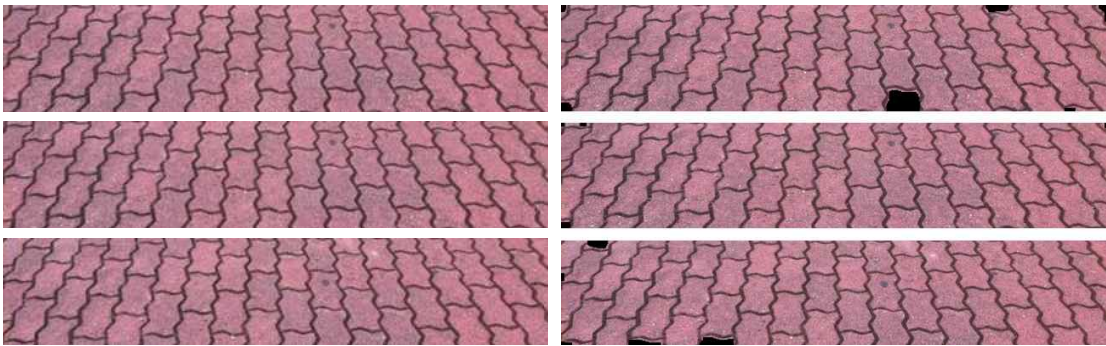
(d)



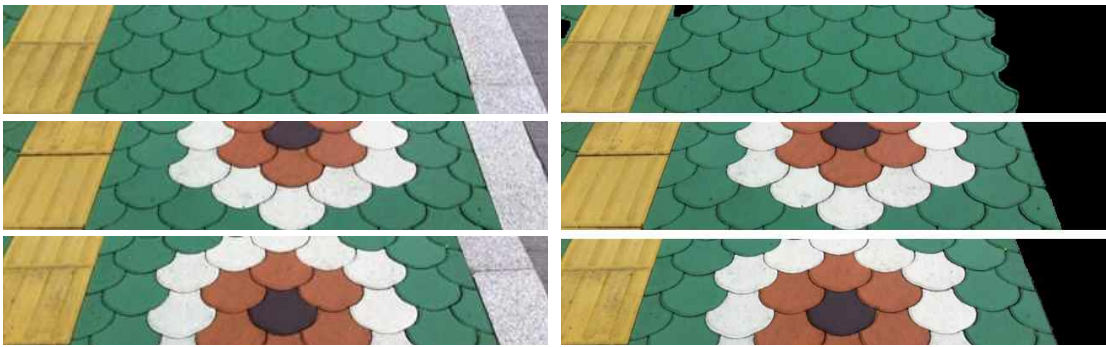
(e)



(f)



(g)



(h)





(i)

그림 16. 다양한 모양의 보도블록에 대한 실험 결과 : (a) 오각형 모양, (b~d) 두 방향(가로, 세로)의 물결 모양, (e) 정사각형 모양, (f) 은행잎 모양, (g) 동일한 방향의 물결 모양, (h) 은행잎 모양, (i) 물결과 직사각형 모양

시점에 무관하게 보도블록을 검출하였다. 햇볕이 강한 날에는 조도의 영향을 많이 받게 되어 에지가 제대로 검출되지 않았고, 모래, 자갈, 나뭇잎, 잡초 등에 의해 보도블록의 일부가 가려진 곳도 있다. 그래서 블록이 가진 원래의 모양과 텍스처 특징이 왜곡되어 검출되지 않은 영역이 나타난다. 이것으로 영상이 획득된 시간 및 그때의 날씨에 따라 검출결과의 차이가 있음을 알 수 있다. 각각의 영상의 구분에 따른 실험 결과는 그림 16의 인덱스에 따라 구별되어 표 2와 같이 분석되었다. 블록을 블록으로 검출한 경우 즉, 참-긍정(True-Positive)은 전체 실험영상에서 보도블록에 대해 픽셀 단위로 검출된 보도블록의 비율을 나타냈다. 또한, 블록이 아닌 것을 블록으로 검출한 경우 즉, 거짓-긍정(False-Positive)은 비 보도블록 영역에 대해 픽셀 단위로 검출된 비 보도블록의 비율을 나타냈다. 그리고 식(5)을 이용하여 전체실험 영상에 대해 실험 결과의 정확도를 확인하였다.

$$ACC = \frac{TP + TN}{P + N} \times 100 \quad (5)$$

TP: 참-긍정(True-Positive), 블록이 블록으로 검출된 비율

TN: 참-부정(True-Negative), 비 블록이 비 블록으로 검출된 비율

P: Positive(긍정), 블록이 차지하는 비율

N: Negative(부정), 비 블록이 차지하는 비율

특히, 그림 16(d)가 분석된 표 2의 모양(d)는 블록과 연석의 텍스처 특징이 유사하게 분석되어 연석이 검출되는 결과를 가진다. 이 때, 연석은 차도와 보도를 구분하기 위해 차도와 보도의 경계부에 보도와 같은 높이로 설치된 것이다. 그러므로 연석을 보도블록의 한 영역으로 볼 수도 있겠다.

표 2. 다양한 형태의 보도블록에 대한 검출 결과의 분석

시간	모양	참-긍정 (%)	거짓-긍정 (%)	정확도 (%)
10시	a	95.2	·	95.2
11시	b	94.8	·	94.8
11시	c	96.3	·	96.3
14시	d	95.6	10.7	92.5
15시	e	97.3	·	97.3
16시	f	92.7	5.1	93.8
16시	g	98.8	·	98.8
16시	h	96.3	6.6	94.9
17시	i-1	99.1	·	99.1
17시	i-2	96.4	·	96.4
17시	i-3	95.3	4.3	95.5
17시	i-4	96.7	·	96.7
평균		96.3	6.4	95.9

#### 4. 결 론

본 연구는 보도블록의 부실한 시공과 유지 상태가 유발시키는 사고사례에 따른 안전한 통행에 관한 사회적 수요의 증대에 따라 시각이 불편한 사람의 보행권을 확보하기 위해 시작되었다. 보도블록은 색상, 형태, 이들의 구조화, 텍스처 특징 등으로 정의했고, 이를 통해 분류 가능했다. 포장도로를 영상으로 획득하고 블록의 형태 패턴을 분석하여 빈도수가 높은 형태 패턴을 추출하고 이를 바탕으로 보도블록을 검출했다. 이 결과의 일부 영역은 검출되지 않았다. 그 이유는 블록의 마모 또는 시공 과정에서 보도영역의 경계부의 모서리 및 마감부분이 절단되어 원래의 형태와 다른 블록이 있다. 그리고 영상에서 영역의 형태 패턴을 분석할 때 보도 위에 놓인 모래, 자갈, 풀 등의 다양한 이물질로 인하여 왜곡된 형태가 나타났다. 따라서 형태 패턴으로 검출되지 않는 영역을 해결하기 위해 텍스처 특징을 이용했다. 큰 도로를 포장하기 위해 블록은 대량 생산되는데 이 때 블록들은 모두 유사한 조직 구조를 가진다. 그래서 앞서 검출된 보도블록의 각 영역에 대해 4가지 특징들을 추출하고 각 특징을 조합하여 4가지의 가우시안 분포를 산출했다. 그리고 미검출된 각 블록들에 대해 4가지의 특징을 추출하여 모든 값이 가우시안 분포에 포함되는지의 유무를 판단하여 만족된 영역을 보도블록으로 검출했다.

본 연구의 실험은 다양한 형태의 블록에 대해 연속 영상을 획득하고, 영상 내에 검출된 영역을 확인 및 분석하였다. 블록을 블록으로 검출하는 경우와 블록이 아닌 것을 블록이 아닌 것으로 검출하는 경우에 대해 분석하여 보도블록을 검출하는 정확성이 평균 95.9%로 나타났음을 확인할 수 있었다. 일부 영역은 강한 햇볕에 의한 조도와 이물질로 인해 노이즈의 영향을 받아 형태와 텍스처 특징이 왜곡되었다. 왜곡된 특징은 원래 블록 모양과 달라 검출되지 않았다.

예지는 블록의 형태를 정의하기 위해 중요한 역할을 했다. 그래서 향후 과제는 알고리즘의 개선을 위해 정확한 예지를 검출하고 이 블록인식에 어떤 영향을 미치는지 확인할 필요가 있다. 그리고 투영변환(Perspective Transformation)에 따른 거리에 따른 크기변화에 대해서도 강인하게 추출하기 위한 기하학적 관계도 고려하여 넓은 범위에 대한 블록추출의

개선을 하고자 한다. 본 연구의 결과는 시각장애인의 보행을 보조하여 안전한 통행이 가능하게 하는 것과 더불어 지능로봇산업의 성장세에 발맞춰 야외 포장도로에서 자율 주행하는 로봇을 위한 외부 환경 인식 시스템에도 적용해 나가고자 한다.

#### 참 고 문 헌

- [1] Xu Jie, Wang Xiaochi, and Fang Zhigang, "Research and Implementation of Blind Path Detection in Portable ETA System," *IFITA '10 Proceedings of the 2010 International Forum on Information Technology and Applications*, Vol.2, pp. 431-434, 2010.
- [2] Stephen Karungaru, Kenji Terada, and Minoru Fukumi, "Improving Mobility for Blind Persons using Video Sunglasses," *17th Korea-Japan Joint Workshop on Frontiers of Computer Vision*, pp.1-5, 2011.
- [3] 국토해양부 첨단도로환경과, 보도 설치 및 관리 지침, 국토해양부, 2011.
- [4] Andrey Vavilin and Kang-Hyun Jo, "HDR Image Generation based on Intensity Clustering and Local Feature Analysis," *Journal of Computers in Human Behavior*, Vol.27, No.5, pp. 1507-1511, 2010.
- [5] 조영, 박장한, 남궁재찬, "윤곽 영역 분류에 기반한 적응형 디리링 필터의 설계 및 성능 분석," 한국멀티미디어학회 논문지, 제7권, 제10호, pp. 1378-1388, 2004.
- [6] Azriel Rosenfeld, Robert A. Hummel, and Steven W. Zucker, "Scene Labeling by Relaxation Operations," *IEEE Transactions on System, Man, and Cybernetics*, Vol.6, No.6, pp. 420-433, 1976.
- [7] 노충호, 이석룡, 조문신, "명암도 분포 및 형태 분석을 이용한 효과적인 TFT-LCD 필름 결함 영상 분류 기법," 한국멀티미디어학회 논문지, 제13권, 제8호, pp. 1115-1127, 2010.
- [8] Tae-Yun Kim, Hyun-Ju Choi, and Heung-Kook Choi, "Evaluation of Volumetric Texture Features for Computerized Cell

Nuclei Grading,” *Journal of Korea Multimedia Society*, Vol.11, No.12, pp. 1635-1648, 2008.

- [ 9 ] Robert M. Haralick, K. Shanmugam, and Its'hak Dinstein, “Textural Features for Image Classification,” *IEEE Transactions on System, Man, and Cybernetics*, Vol.3, No.6, pp. 610-621, 1973.
- [10] Mihran Tuceryan and Anil K. Jain, “Texture Analysis,” *The Handbook of Pattern Recognition and Computer Vision 2<sup>nd</sup> Ed.*, pp. 207-248, World Scientific, Singapore, 1998.
- [11] Dae-Nyeon Kim and Kang-Hyun Jo, “Object Analysis on Outdoor Environment using Multiple Features for Autonomous Navigation Robot,” *Journal of Korea Multimedia Society*, Vol.13, No.5, pp. 651-662, 2010.



**우 병 석**

2009년 8월 울산대학교 전기전자 제어공학과 공학사  
 2012년 울산대학교 전기전자정보 시스템공학과 공학석사  
 관심분야 : 컴퓨터 비전, 신호처리, 패턴분석 및 인식, 지능시스템



**양 성 민**

2011년 울산대학교 전기전자 제어공학과 공학사  
 2011년~현재 울산대학교 전기전자정보시스템공학과 공학석사과정  
 관심분야 : 컴퓨터비전, 로봇비전, 지능시스템



**조 강 현**

1989년 부산대학교 정밀기계공학과 졸업(공학사)  
 1993년 일본 Osaka대학 대학원 전자제어기계공학과 졸업(공학석사)  
 1997년 Osaka대학 대학원 전자제어기계공학전공 졸업(공학박사)  
 1997년~1998년 ETRI 시스템공학연구소 포스트 닥터 연구원  
 1998년~현재 울산대학교 전기전자정보시스템공학부 교수  
 관심분야 : 컴퓨터 비전, 지능시스템 연구(로봇 및 교통 시스템, 헬스케어 시스템). 현재 IEEE, IEICE, ICROS, IEEK, KIISE, KIPS, KSAE, KRS, KMMS 등 정회원 및 이사 역임.