정지장면의 연속 프레임 영상 간 통계에 기반한 영상분할

Image Segmentation based on Statistics of Sequential Frame Imagery of a Static Scene

서 수 영* 고 인 철**
Su Young Seo In Chul Ko

요 약 본 연구는 정지장면의 연속영상간 각 픽셀위치에서 일어나는 통계적 특성을 활용하여 영상을 분할하는 기법을 제안한다. 공간정보의 획득과 분석에서 디지털 영상 처리 기법의 활용은 아주 중요한 의미를 가진다. 특히 디지털 영상의 영역 구분을 위해 다양한 영상 분할(image segmentation) 기법들이 활용되고 있다. 본 연구에서는 선행 연구한 연속프레임 영상의 분광학적 특성 분석의 결과를 바탕으로 연속 프레임 간 Randomness를 활용한 이미지 분할 방법을 제안하였다. 우선 연속 프레임 간 각 화소에 통계학적인 분석 방법을 적용하여 각 화소의 평균과 표준편차 값을 구하고, 이를 통하여 대상 영상에서 가장 신뢰할 만한 화소들을 찾아 씨앗 점(seed point)을 결정하였다. 그리고 이 씨앗 점들을 시작으로 이웃 화소 간 T-test를 실시하였으며, 이를 기반으로 영역 성장(region growing)의 개념을 적용하여 영상을 분할 할 수 있는 기법을 연구하였다. 제안방식의 성능을 검증하기 위하여 실험을 통하여 기존의 방식과 비교분석을 수행하였다. 이러한 실험의 결과 영상분할에서 영상의 단일 프레임을 활용한 것보다 연속 프레임을 활용한 경우가 유리함을 확인 할 수 있었다.

키워드 : 영상처리, 영상분할, 영역성장, 통계, 연속 프레임, T-test

Abstract This study presents a method to segment an image, employing the statistics observed at each pixel location across sequential frame images. In the acquisition and analysis of spatial information, utilization of digital image processing technique has very important implications. Various image segmentation techniques have been presented to distinguish the area of digital images. In this study, based on the analysis of the spectroscopic characteristics of sequential frame images that had been previously researched, an image segmentation method was proposed by using the randomness occurring among a sequence of frame images for a same scene. First of all, we computed the mean and standard deviation values at each pixel and found reliable pixels to determine seed points using their standard deviation value. For segmenting an image into individual regions, we conducted region growing based on a T-test between reference and candidate sample sets. A comparative analysis was conducted to assure the performance of the proposed method with reference to a previous method. From a set of experimental results, it is confirmed that the proposed method using a sequence of frame images segments a scene better than a method using a single frame image.

Keywords : Sequential image, Image segmentation, Region growing, Statistics, Sequential, T-test

1. 서 론

공간정보의 각 분야에서는 다양한 영상 자료를 많이 활용한다. 또한, 최근에는 디지털 영상 기술의 발전으로 거의 모든 영상자료들이 디지털 형태로 전환되어 이용되고 있다. 따라서 공간정보의 획득과

†이 논문은 2009학년도 경북대학교 신임교수정착연구비에 의하여 연구되었음.

*경북대학교 토목공학과/공간정보학과 조교수 syseo@knu.ac.kr
**경북대학교 공간정보학과 석사과정 k_ich@knu.ac.kr(교신저자)

분석에서 디지털 영상 처리 기법의 활용은 아주 중요한 의미를 가진다. 특히 3차원 공간정보 구축에 있어서 디지털 영상의 영역 구분을 위한 다양한 영상 분할(image segmentation) 기법들이 활용되고 있다[1][2]. 또한 상황에 따라 더 나은 디지털 영상 정보 활용을 위하여 이러한 영상 분할 기법의 계속적인 연구와 알고리즘 개발이 필요하다.

디지털 카메라의 발전으로 사진측량, 가상현실시스템, 지리정보구축 등의 공간정보에 필요한 영상자료의 획득 에서 디지털 카메라를 많이 활용하고 있다. 하지만 디지털 카메라를 통하여 영상을 촬영 할 때 여러 가지 random오차 요인들이 포함될 수 있다. 특히 촬영 시 주변 환경 조건에 의한 오차가 포함될 것이다. 또한 카메라 내부의 렌즈, CCD와 같은 촬영소자의 색상표현 차이 등에 따라 나타날 수 있는 오차도 포함될 수 있다. 따라서 이러한 오차요인들을 분석하고 확인하기 위하여 디지털 영상의 분광학적 특성분석을 위한 선행 연구를 진행 하였다. 본 연구에서는 선행연구를 바탕으로 연속 촬영 사진의 다중 프레임 간의 각 화소별 통계학적 분석 방법을 활용하여 각 화소의 통계 값을 구하였다[3]. 그리고 그 통계 값을 기반으로 대상 영상에서 가장 신뢰할 만한 화소들을 선정하여 씨앗 점(seed point)을 결정한 후 이 씨앗 점들을 중심으로 영역성장(region growing)의 개념을 적용하여 컬러 사진 영상을 분할 할 수 있는 기법을 연구하였다.

2. 연구 배경

영상분할 방법은 크게 에지 검출 분할, 문턱치를 활용한 분할, 영역 기반의 분할, 형태학적 분기점에 의한 분할, 움직임에 의한 분할 방법 등이 있으며[4][5], 이러한 영상처리를 위한 영상 분할 방법들은 과거에서부터 많은 연구가 되어왔다.

영역성장 기법은 영역 기반의 영상분할 방법으로 영역의 기준이 되는 씨앗 점을 검출하고 씨앗 점과 주변 이웃 화소의 관계에 따라 주변 화소들이 씨앗 점과 동일 영역에 포함될 수 있는지를 결정하는 방법이다. 따라서 영역성장에서는 가장 먼저 대상 영상에서 씨앗 점을 결정해야한다. 씨앗 점은 보통 분할하고자 하는 영역의 특성과 사용자의 필요에 따라 정해질 수 있다. 이러한 씨앗 점은 영역 성장의 기준이 되는 만큼 중요한 요소이며, 적절한 기준에 따라 선택될 수 있도록 해야 한다[6][7].

영상분할에서 주요한 관심사 중의 하나는 영역의 과분할(over-segmentation)에 관한 것이다. 과분할은 영상이 의도한 것보다 너무 많이 분할되는 것을 의미한다. 이러한 과분할을 방지하기 위하여 영역성장과 병합을 위한 적절한 기준의 설정이 필요하며, 생성될 영역의 최소 크기에 대한 사항도 고려되어야할 요인이다[8].

영역성장 기법은 사용자가 정한 일정한 기준에 따라 정확한 분할이 가능하며, 비교적 성능이 우수하고 간단히 구현 할 수 있는 장점이 있다. 하지만 실제 사진에서 그림자부분과 같이 점진적인 밝기 강도 변화에 대하여 정확한 분할의 기준을 설정하기 어렵고, 노이즈의 영향을 많이 받는다. 또한 처리 과정에서 시간을 다소 많이 필요로 하는 단점을 가진다[9].

기존의 단일 프레임을 활용한 영역 성장 기법은 언급한 것과 같이 노이즈에 관하여 취약할 수 있다. 따라서 노이즈 처리를 위한 과정이 추가적으로 필요한 경우가 많다. 또한, 영역과 주변 픽셀의 비교 과정에서 영역의 평균에 의한 통계 값과 주변의 단일 픽셀만을 활용하는 방법을 사용하고 있다. 본 연구에서 제안한 방법은 연속 프레임 영상을 활용함으로써 영역 성장의 과정에서 노이즈의 영향을 최소로 할 수 있을 것으로 판단된다. 또한, 연속 프레임 영상을 활용할 경우 각 좌표의 픽셀 마다 통계 값을 산출할 수 있으며, 이를 바탕으로 영역과 단일 픽셀이 아닌 픽셀과 픽셀 간의 통계적인 비교 분석이 가능하다. 따라서 영역 성장의 과정에서 비교대상으로 단일 픽셀을 활용하는 것보다 높은 신뢰성을 가질 수 있을 것으로 판단된다.

3. 연구 내용

본 연구에서는 연속 촬영한 다중 프레임 영상의 randomness를 활용하여 각 화소 집단 간의 통계학적 분석과 이를 기반으로 T-test검증을 거쳐 영상의 영역 분할하는 방법을 제안한다.

3.1 단일 프레임 영상의 영역성장

현재까지 제안되어진 영역성장 알고리즘들은 대부분 단일 프레임을 활용한 방법이다. 본 연구에서는 제안한 연속프레임을 활용한 방법과 비교를 위

하여 Haralick과 Shapiro에 의하여 제안되어진 Haralick region-growing을 참고하여 단일 프레임 영상을 활용한 영역성장 알고리즘을 구현해보았다[10]. Haralick의 영역성장 알고리즘은 N개의 픽셀로 구성된 한 영역의 통계 값과 주변 한 픽셀의 밝기강도 값을 활용하여 T-test를 실시하고, T의 값이 유의수준 범위 내일 경우 동일 영역으로 포함한다. T-test는 <수식 1>과 같으며, R은 N개의 화소를 가진 영역이다. 또한, 영역이 확장되면 대상 픽셀을 포함한 새로운 영역의 통계 값을 산출하여 갱신한 후 다른 주변 픽셀과 비교를 하면서 영역 성장을 하는 방법이다[11].

본 연구에서는 그림 1과 같이 영상의 씨앗 점을 중심으로 3*3의 kernel 영역을 설정하여 초기 씨앗 영역(seed region)으로 결정하였다. 그리고 초기 씨앗 영역에 대하여 kernel의 통계 값을 산출하고, kernel 영역과 주변 한 픽셀 간 비교를 통하여 영역 성장을 실시하는 방법을 구현하였다.

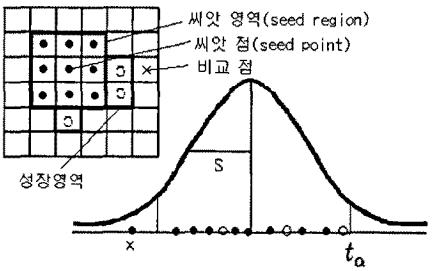


그림 1. 단일 프레임 영상 영역 성장

$$T=\left[\frac{(N-1)}{(N+1)}(y-\overline{X})^2/S^2\right]^{1/2} \qquad <수식1>$$

$$S^2=\sum_{[r,c]\in R}(I[r,c]-\overline{X})^2$$

3.2 연속 프레임 영상의 통계학적 분석

본 연구에서는 연속 프레임 영상의 분광학적 특성을 분석하기 위하여 디지털 카메라의 연속 촬영 기능을 활용하였고, 그 분석 도구로 통계적인 방법을 활용하였다. 연속 촬영한 다중 프레임의 형태는 그림 2와 같으며, 각 프레임 마다 동일 좌표의 화소에 대하여 통계치를 산출하였다. 다음 <수식 2>, <수식 3>, <수식 4>는 각각 평균, 분산, 표준 편차를 구하는 수식이다. 여기에서 n은 총 프레임 수이고 y_i는 각 픽셀의 밝기 강도 값을 나타낸다. 또한, ^은 추정치를 의미한다[12]. 본 연구에서는 이 수식들을 이용하여 각 RGB 컬러 밴드 별 연속 프레임 간 동일 좌표 화소에 대한 통계 값들을 구하고 그 결과를 분석 해보았다.

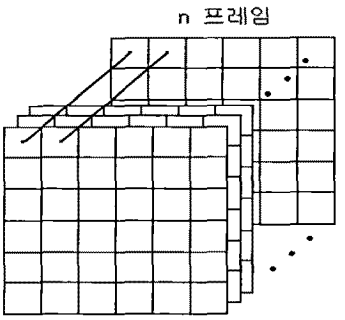


그림 2. 연속 프레임 영상

$$\hat{\mu}=\frac{\sum_{i=1}^{n}y_i}{n} \qquad <수식2>$$

$$\hat{\sigma}^2=\frac{\sum_{i=1}^{n}(\hat{\mu}-y_i)^2}{n-1} \qquad <수식3>$$

$$\hat{\sigma}=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(\hat{\mu}-y_i)^2}{n-1}} \qquad <수식4>$$

3.3 인접 화소 간 T-test를 통한 영역성장

본 연구에서 활용한 영역성장 알고리즘은 크게 씨앗 점 검출 부분과 labeling 부분으로 나뉜다. 알고리즘을 실행 하면 먼저 원 영상에서 결정 되어진 씨앗 점을 찾아 label을 할당한 후 그 점을 중심으로 주변 4-이웃 화소(4-neighbor)에 대하여 labeling 하면서 점점 영역을 확장해 나간다. 이렇게 해당하는 조건의 영역이 모두 동일 영역으로 labeling이 되면 루프를 빠져나와 또 다른 영역의 씨앗 점을 찾게 되고, label을 1 증가시켜 할당한 후 그 영역에 대하여 영역 성장을 실시한다. 이 과정에서 한 영역에 포함된 또 다른 씨앗 점에 대해서는 이미 label이 할당되었으므로 중복하여 영역 성장을 실시하지 않도록 하였다.

본 연구에서는 각 프레임의 동일 좌표 화소에 대하여 화소 집단을 구성하고 그 통계치를 산출하였다. 따라서 두 인접 픽셀 집단 간의 비교가 가능하

다. 두 인접 픽셀 간 유사성에 대한 검증의 도구로 그림 3과 같이 T-test를 활용하였으며 샘플의 수가 많지 않으므로 가설 검정 도구로 가장 적합하다고 판단하였다. 따라서 T-test를 통하여 유의수준 α에서 "두 픽셀 집단 간 평균이 같다."는 귀무가설이 기각되지 않는다면 두 픽셀은 동일 영역으로 추정할 수 있다. 본 연구에서 활용한 T-test의 수식은 다음 <수식 5>와 같으며, 이는 서로 다른 두 샘플 집단의 모 집단 분산이 미지수이고, 서로 상이한 경우 사용하는 식이다. <수식 6>은 위와 같은 경우의 자유도(degree of freedom)를 구하는 수식이며, 두 식에서 n과 m은 서로 다른 샘플 집단 요소의 수를 나타낸다[13].

$$t = \frac{(\overline{X} - \overline{Y})}{\sqrt{S_X^2/n + S_Y^2/m}} \qquad <수식5>$$

$$df = \frac{[(S_X^2/n) + (S_Y^2/m)]^2}{\frac{(S_X^2/n)^2}{n-1} + \frac{(S_Y^2/m)^2}{m-1}} \qquad <수식6>$$

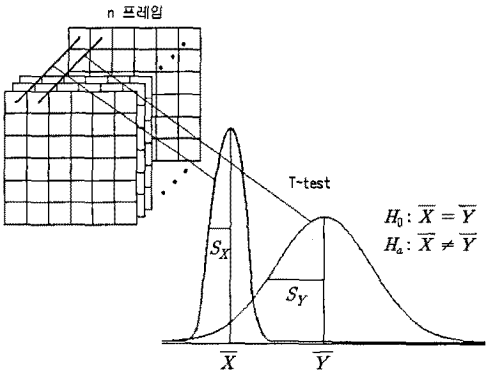


그림 3. 인접 화소 간 T-test

4. 실험 과정

본 연구에서 사용된 영상 샘플들은 Sony DSC-F828 디지털 카메라를 활용하여 획득한 영상이며 디지털 카메라의 사양은 다음 표 1과 같다[14]. 또한, 모든 연구 과정은 MATLAB R2010a를 활용하여 진행하였다.

4.1 프레임 간 좌표 일치성 검사

하나의 장면에 대하여 일련의 정지된 연속프레임 영상을 획득하기 위해서는 연속촬영 중 영상 내 흔들림이 1픽셀 이내로 작아야 한다. 이러한 검사는 모든 실험 대상 영상에 대하여 실시하였다.

표 1. Sony DSC-F828 카메라 사양

시 스 템		사 양
이미지 장치	CCD	11㎜(2/3 유형) 컬러 CCD
	필터	4색 필터(RGBE)
해상도		3,264*2,448
렌즈	종류	Carl Zeiss Vario-Sonnar T*
	초점 거리	f=7.1~51㎜ (35㎜ 전환 : 28~200㎜)
	조리개	F2.0~2.8
	필터 직경	58㎜
연속 촬영	연사	최대 7 프레임의 이미지 연속 촬영
	프레임 속도	약 0.38 초

그중 한 예로서 경북 대학교내 파워플랜트 건물 주변을 연속 촬영하여 7프레임의 사진을 획득하였다. 본 영상의 공간 해상도 크기는 3264*2448 이다. 본 연구에서는 연구의 신속한 진행과 노이즈 감소를 위하여 그림 4와 같이 300*225영상으로 변환 후 [15] 7프레임의 샘플 영상을 취득하였다.

그림 4에서 샘플영상에 표시되어진 점들은 연구 샘플의 각 화소의 위치가 모든 프레임에서 동일한지를 확인하기위하여 특징 점을 표시해둔 것이다. 사진을 확대하여 특징 점의 위치 좌표를 확인한 결과 모두 일치함을 확인 할 수 있었다. 따라서 실험에서 영상 샘플들의 프레임 간 정확도는 거의 일치한다는 가정 하에 연구를 진행하였다.

4.2 각 화소의 색상별 통계 값 산출 및 분석

그림 5는 각 RGB 컬러 밴드별 프레임 간 표준편차를 이미지로 나타낸 것이다. 그림을 보면 표준편차는 전체적으로 3이하로 나타났다. 특히 원 영상의 균질한 부분에서 낮은 표준편차 수치를 보였다. 하지만 원 영상에서 각 영역의 경계가 되는 부분은 균질한 부분에 비하여 높은 편차를 보였다. 이는 영상의 경계에서 프레임 간의 밝기 강도 값이 차이가 크다는 것을 알 수 있다. 이것은 카메라 연속촬영 시 약간의 기계적인 흔들림에 의한 오차 때문이라 판단되며 특히 이러한 흔들림은 카메라가 촬영 하는 순간 셔터의 열리고 닫힘에 의한 미세한 떨림의 차이라 판단된다. 하지만 앞서 그림 3에서 확인했던

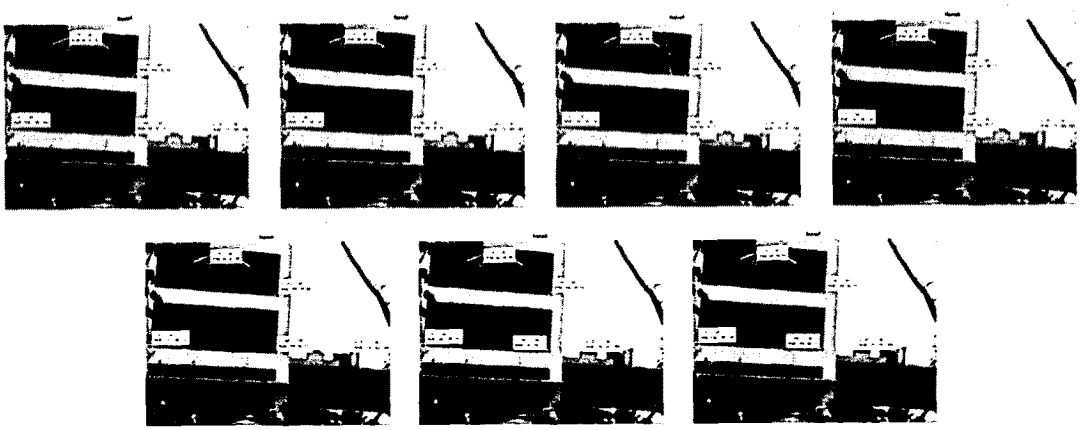


그림 4. 7장 프레임의 300*225 샘플 영상과
각 프레임의 특징 점 비교

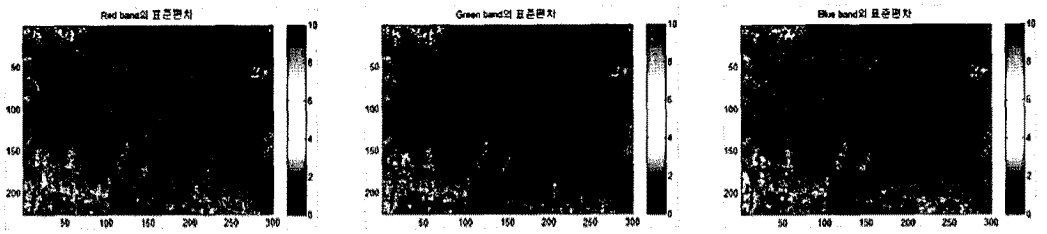


그림 5. 각 RGB 컬러 밴드별 프레임 간 표준 편차 이미지

특징 점의 위치 비교결과 거의 일치하므로 오차는 약 ±0.5 Pixel 이하라고 추정되며, 이러한 수치는 본 연구를 진행 하는데 있어서 큰 영향을 미치는 요소가 아니라고 판단되므로 프레임 간 흔들림에 의한 오차는 없음의 가정 하에 연구를 진행하였다.

그림 6은 연속 프레임 간 동일화소의 평균값을 이용하여 나타낸 영상이다. 이 영상은 각 화소의 평균이므로 각 영상에 포함된 Randomness요소까지 평균이 되어 나타난다. 따라서 각 프레임의 단일 영상에 비하여 평균영상에서 노이즈가 확연히 감소되었을 것으로 판단할 수 있다. 본 연구에서는 연속 프레임 영상의 영역 성장의 실험에서 이 평균영상을 대상으로 하여 진행하였다. 그림 7은 실내에서 연속 촬영한 이미지의 일부에서 잘라내어 확대한 것이다. (a)영상은 샘플 중 하나의 단일 프레임 영상이고, (b)영상은 샘플들의 평균영상이다. 이 둘을 비교해보면 (b)영상에서 노이즈가 상당히 감소하였음을 확인할 수 있다.

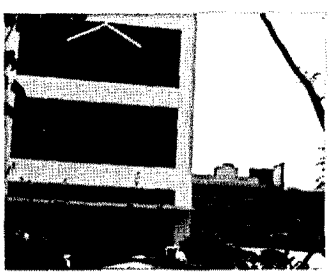
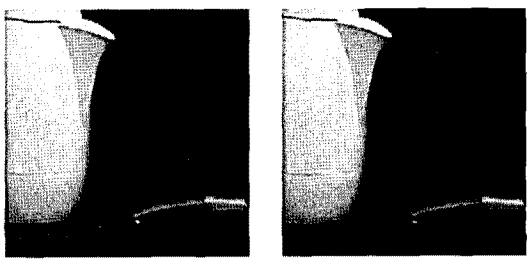


그림 6. 연속 프레임 간 평균값으로
나타낸 영상



(a) 단일 프레임 이미지 (b) 연속 프레임의 평균 이미지

그림 7. 단일프레임 영상과 연속프레임
평균영상

4.3 카메라의 Dark Randomness 요소 분석

영상의 Randomness요소에는 환경적인 요인도 있지만 카메라 자체의 Randomness도 포함되어있다. 따라서 이러한 카메라의 Randomness요소를 확인하고 그 정도를 수치적으로 나타내기 위한 연구를 진행하였다. 연구방법은 카메라를 렌즈 덮개의 닫힘 상태에서 빛이 거의 없는 어두운 장소에 두고 연속 촬영한 영상들을 통하여 카메라 자체에서 발생하는 Dark randomness에 대하여 분석. 촬영결과 획득된 영상을 영상분할 실험영상과의 크300*225 크기로 변환한 후 영상내 각 화소별로 평균값과 표준편차를 구하여, 이러한 카메라의 Dark randomness의 특성을 파악하였다. 표 2는 이와 같은 실험 시 촬영 조건을 나타낸 것이며 프레임 간 조건은 모두 동일하다.

표 2. 촬영 조건

Frame	노출시간	f-stop	초점거리	ISO감도
1-7	1/30 초	f/2	9mm	ISO-200

그림 8은 위와 같은 실험의 결과로 생성된 각 RGB 밴드의 표준편차를 스케일링한 이미지이다. 그림을 보면 카메라에 의한 Randomness요소가 분명히 존재 한다는 것을 알 수 있다. 특히 R과 G보다 B 밴드에서 전체적으로 조금 높은 편차를 보였다. 이에 대하여 실내외에서 여러 번의 실험을 실시한 결과 항상 B 밴드에서 편차가 높게 나타난 것을 확인 할 수 있었으며, 따라서 환경적인 요소보다는 카메라 CCD의 특성에 의한 것으로 판단된다. 이러한 결과들은 계속해서 진행되는 연구에서 실험의 신뢰성을 위해 고려되는 요소로 활용된다.

4.4 단일 영상에서의 이미지 분할

본 연구에서 제안한 영상분할 방법은 연속 영상간 Randomness를 이용하여 획득한 각 화소별 평균과 표준편차의 통계 값에 기반을 둔 방법이다. 따라서 연속 영상과 단일 영상 간의 영상분할 성능을 비교하고자하였다. 본 논문에서는 기존의 Haralick의 영역 성장 알고리즘을 참고하여 컬러 영상에 적용 할 수 있도록 알고리즘을 구현하고, 단일 프레임에 대한 영역성장 실험을 진행하였다[11].

단일 영상의 경우 통계 값을 얻기 위해서는 일정한 영역내의 화소 집합을 이용하는 방법 외에는 없다. 따라서 본 연구에서는 영상의 모든 화소에서 3*3 kernel 영역에 대하여 통계 값을 구하고 그 표준편차가 비교적 작은 점을 씨앗 점으로 결정하였다. 이 때 씨앗 점 추출을 위한 기준이 되는 값을 씨앗 점 문턱 치(seed threshold)라고 정의하였다.

영역의 표준편차가 작을수록 영역 내의 수치들이 비교적 동일할 확률이 높다. 따라서 각 영역의 초기 씨앗 영역을 씨앗 점에 대하여 3*3의 kernel 영역의 통계 값으로 결정하였으며, 그 씨앗 영역을 시작으로 현재 label 영역과 주변 단일 픽셀 간 T-test를 하여 labeling통한 영역성장을 실시하였다.
또한 영영성장 시 원래 알고리즘에서 발생하는 영역성장시 drift현상을 해결하기 위하여 영역의 평균과 표준편차값을 영역경계 전체 단위로 갱신하였다.

4.5 연속 프레임 영상을 활용한 이미지 분할

본 연구에서는 영상 분할을 위하여 연속 프레임의 각 화소 집단 간 T-test검증을 통한 영역 성장 기법을 제안하였다. 영역 성장 알고리즘을 적용하기 위해서는 각 영역에서 대표되는 씨앗 점이 있어야 한다. 영역 성장은 씨앗 점으로부터 시작하여 동일 영역에 대하여 점점 확장해나가는 것을 의미한다.

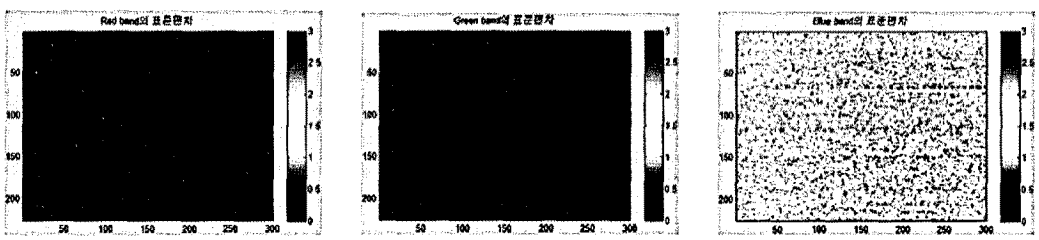


그림 8. 카메라에 의한 Randomness의 표준편차 이미지

따라서 씨앗 점은 영역 내에서 가장 신뢰할 만한 점이 되어야한다.

본 연구에서는 연속 프레임 간의 밝기 강도 값에 대한 변화를 확인하고 통계 값 산출을 통하여 Randomness에 대한 고찰을 해보았다. 그 결과 각 화소별로 Randomness에 의한 밝기 강도 값 변화의 차이가 있음을 확인하였다. 따라서 프레임 간 화소별 표준편차의 수치가 작을수록 Randomness에 의한 영향을 적게 받은 신뢰성이 높은 점이라 할 수 있다. 또한 영상 내 균질한 영역에서 동일 프레임의 인접화소 간의 신뢰성 확보와 경계부분이 씨앗 점으로 결정되는 것을 피하기 위하여 원 영상에서 동일 프레임의 각 화소에 대하여 3*3의 kernel 영역을 설정하고 각 kernel 영역의 표준편차도 같이 고려하였다. 따라서 본 연구에서는 프레임 간 화소의 표준편차와 동일 프레임의 3*3 kernel 영역의 표준편차가 모두 비교적 작게 나타난 점을 찾아 영상 분할을 위한 씨앗 점으로 결정하도록 하였다.

추출된 씨앗 점을 중심으로 영역성장을 실시하는 과정에서 연구의 신뢰성 확보를 위하여 다음과 같은 두 가지 요소를 추가적으로 고려하였다. 우선 과분할 요소의 감소를 위하여 전체 분할되어진 영역 중에서 그 크기가 총 5픽셀이하의 영역은 생성되지 않도록 하였다. 4-3절에서 기술한 카메라 자체의 Randomness요소 이다. 카메라는 환경적 요소 뿐 아니라 카메라 자체에 의하여 일정량의 Randomness가 발생하기 때문에 원영상의 연속 프레임 간의 화소별 표준편차 중에서 카메라 자체 Randomness의 표준편차 이하에 해당하는 수치는 결과적으로 신뢰성이 떨어진다고 할 수 있다. 예를 들어 표준편차가 0인 점은 Randomness가 없다고 할 수 있는 점이다. 하지만 카메라 자체에 Randomness가 존재하므로 이러한 카메라를 활용하여 Randomness가 없는 점을 찾는 다는 것은 다소 무리이다. 따라서 본 연구에서는 픽셀 간 유사성 검증을 위한 T-test과정에서 표준편차 값이 카메라 자체의 Randomness에 해당하는 문턱 치 이하일 경우 모두 그 문턱 치로 바꾸어 신뢰성을 확보하고자 하였으며, 그 문턱 치로써 4-3절의 결과를 활용하여 각 RGB밴드 별 표준편차의 평균값으로 설정하였고 본 연구에서는 $R \approx 0.5, G \approx 0.5, B \approx 1$로 하였다.

5. 실험 결과

5.1 씨앗 점(seed point) 추출 결과

그림 9는 씨앗 점 문턱치 1.5 이하에서 추출한 씨앗 점을 나타낸 것이다. 원 이미지에서 표준편차가 전체적으로 낮게 나타났던 균질한 부분에서는 많은 씨앗 점이 추출 되었으며 표준편차가 높게 나타났던 균질하지 않은 영역에서는 씨앗 점이 나타나지 않은 것을 볼 수 있다.

그림 9. 추출된 씨앗 점(씨앗 점 문턱 치 : 1.5)

5.2 단일 영상에서 이미지 분할 결과

그림 10은 단일 영상에 대하여 labeling을 통한 영역성장 알고리즘을 적용한 결과를 나타낸 것이다. 그림을 보면 단일 프레임 영상만을 활용하여 영역성장을 했을 경우 같은 유의수준에서 연속 프레임 영상을 활용한 경우보다 미세한 변화에 대하여 민감하게 반응을 보였다. 하지만 전체적으로 연속 프레임의 경우보다 영역 분할이 명확히 되지 못하였으며 균질한 영역에서도 필요이상으로 과분할 되는 것을 확인하였다. 특히 균질 영역 내에서 영역으로 포함되지 못한 hole이 많이 나타났으며 노이즈의 영향을 비교적 많이 받고 있는 것을 확인할 수 있다.

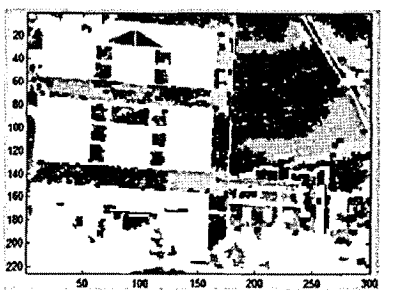


그림 10. 단일영상을 활용한 영상분할 결과
(씨앗 점 문턱 치:3.5, 유의수준(α):0.05)

5.3 연속 영상에서 이미지 분할 결과

그림 11은 씨앗 점 문턱 치 1.5, 유의수준(α) 0.05의 조건에서 연속 프레임 영상에 대하여 영역성장을 실시한 결과이다. 그림을 보면 각 영역마다 다른 label이 할당되어 있음을 확인 할 수 있다. 흰색의 영역은 씨앗 점의 부재로 인하여 label이 할당되지 못한 영역이거나 영역의 크기가 5픽셀 미만인 지역에 해당된다. 특히 균질 하지 않은 영역에서는 표준편차가 크므로 label이 할당되지 못한 것을 볼 수 있다.

그림 12는 영역 분할이 끝난 후 label 영상을 벡터 화하여 원 영상에 중첩 한 것으로 균질한 부분의 영역분할이 명확히 되었으며, 특히 영역의 경계가 비교적 분명하게 나타나고 있으며 노이즈의 영향을 거의 받지 않은 것을 볼 수 있다.

그림 13은 각각 경북대학교 대운동장, 경북대학교 중앙 도서관 인근 영상, 실내 영상으로 각각 연속 프레임의 경우와 단일 프레임의 경우에 본 연구에서 제안한 방법으로 영상 분할을 실시한 결과이다. 이러한 연구 결과에 의하여 단일 프레임을 활용한 경우보다 연속 프레임을 활용한 경우에서 전체적으로 영역 분할의 성능이 뛰어난 것을 확인할 수 있다.

처리속도 면에서 성능분석을 위하여, CPU: 인텔 코어2듀오 P8600 2.4GHz, RAM: 3GB, OS: Windows Vista인 환경에서 처리시간을 측정하였다. <표 3>은 본 연구에서 구현한 알고리즘의 수행 속도를 나타낸 것이다. 전체적으로 단일 프레임 보다 연속 프레임 영상의 알고리즘 수행이 많은 시간을 필요로 하였다. 특히 전 처리 영역에서도 큰 차이를 보였으며, 이는 7프레임을 활용하는 만큼 많은 데이터 량을 처리하기 때문이다.

그림 11. 다중영상을 활용한 영상분할 결과
(씨앗 점 문턱 치:1.5, 유의수준(α):0.05)

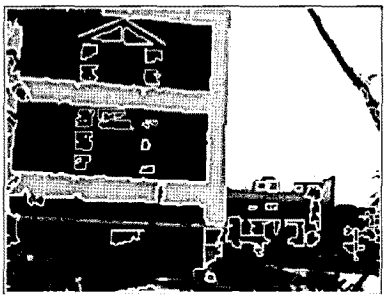


그림 12. label의 vector영상과 원 영상 중첩

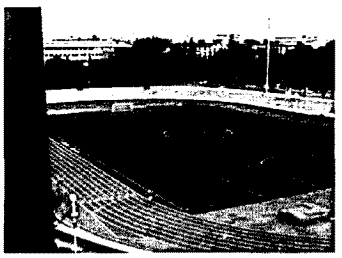
6. 결론 및 향후 과제

본 연구에서는 디지털 카메라의 연속촬영 기능을 통하여 얻은 연속 프레임 영상 간의 통계학적인 분석의 결과를 바탕으로 각 프레임 별 Randomness를 확인하고, 그에 대한 각 화소별 평균과 표준 편차를 활용하여 영상을 분할 할 수 있는 방법을 연구해 보았다.

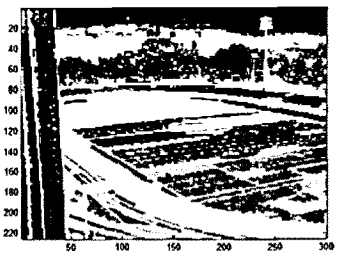
본 연구에서 제안한 영상 분할 방법은 기본적으로 연속 촬영 영상 간의 Randomness를 활용하는 것이며, 이를 바탕으로 영상의 씨앗 점 추출과 이를 중심으로 각 화소 집단 간 T-test검증과 영역성장을 통한 영역 분할 기법이다.

씨앗 점을 추출하는 방법으로는 프레임 간 Randomness의 영향을 적게 받아 신뢰성이 높을 것으로 추정되는 화소를 추출하기 위하여 영상 프레임 간의 표준 편차와 모든 화소에 대한 3*3 kernel 영역의 표준편차를 활용하였다. 이때 표준편차가 작게 나타난 화소일수록 신뢰성이 높은 점이라 할 수 있다. 본 연구에서는 씨앗 점 추출 한계치를 씨앗 점 문턱 치로 정의 하였다. 이러한 씨앗 점 문턱치를 너무 작게 선정 하면 추출되는 씨앗 점이 너무 작아진다. 그 결과 일부 영역에서 씨앗 점의 부재로 인하여 labeling이 되지 못한 영역이 발생할 수 있다. 또한 씨앗 점 문턱치를 크게 선정 하면 추출되는 씨앗 점이 많아져 미세한 부분 까지 영역 분할이 가능해진다. 하지만 신뢰성이 낮은 부분의 씨앗 점으로 인해 불필요한 부분까지 분할이 이루어져 과분할 되어 질 가능성이 있다. 따라서 대상 영상의 상태와 사용자의 필요 목적에 따라 적당한 분할이 가능한 씨앗 점 문턱치를 설정할 필요가 있다.

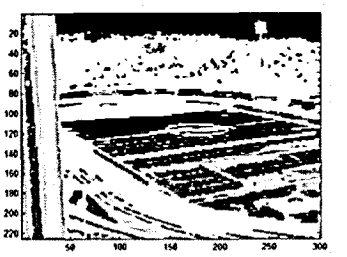
영역을 분할하는 방법으로는 추출된 씨앗 점을 찾아 label을 부여하고 이를 중심으로 시작하여 인



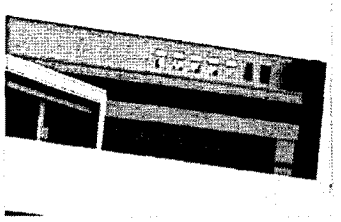
a1. 원본사진



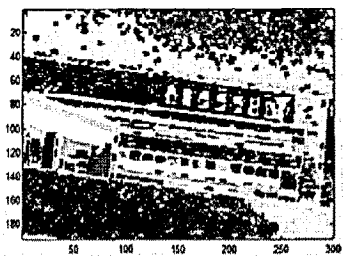
b1. 단일 프레임
(씨앗 점 문턱 치:3.5, 유의수준(α):0.02)



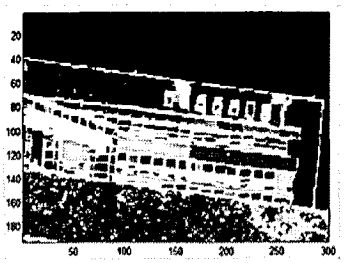
c1. 연속 프레임
(씨앗 점 문턱 치:3.5, 유의수준(α):0.01)



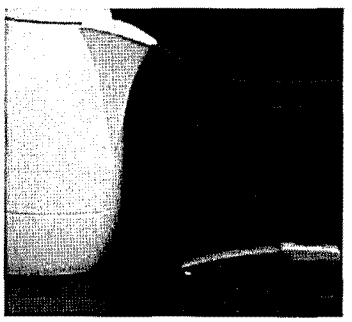
a2. 원본사진



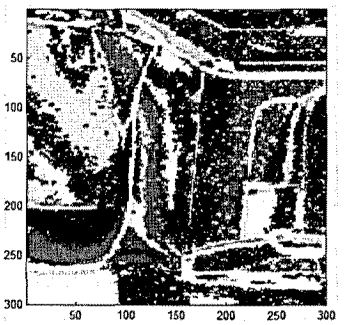
b2. 단일 프레임
(씨앗 점 문턱 치:3.5, 유의수준(α):0.03)



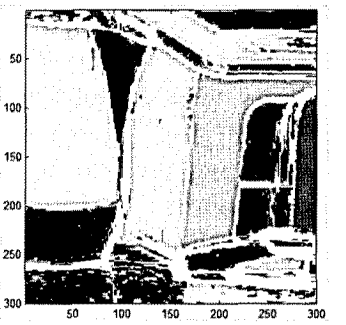
c2. 연속 프레임
(씨앗 점 문턱 치:3.5, 유의수준(α):0.03)



a3. 원본사진



b3. 단일 프레임
(씨앗 점 문턱 치:3.5, 유의수준(α):0.03)



c3. 연속 프레임
(씨앗 점 문턱 치:3.5, 유의수준(α):0.2)

그림 13. 경북대학교 대운동장, 경북대학교 중앙 도서관 인근, 실내 영상

표 3. 단일 영상 영역성장과 연속 영상 영역성장 알고리즘 수행 속도(단위: 초)

		단일 프레임 영상			연속 프레임 영상		
		전 처리 (kernel 통계 값)	주 처리 (영역 성장)	합 계	전 처리 (연속 프레임 통계 값)	주 처리 (영역 성장)	합 계
영상1(플랜트)	300*225	2.2	13.5	15.7	13.5	22.2	35.7
영상2(운동장)	300*225	2.2	16.0	18.2	13.8	27.3	41.1
영상3(도서관)	300*196	1.9	19.8	21.7	11.8	34.5	46.3
영상4(실 내)	300*300	2.9	30.8	33.7	18.4	59.0	77.4

접 화소 간 유사성 평가를 위한 T-test를 실시하고 그에 따라 귀무가설이 기각되지 않을 경우 두 화소에 대하여 같은 label을 할당함으로써 동일영역으로 묶어 나가는 영역성장 기법을 제안하였다. 이때 유의 수준(α)를 너무 낮게 설정할 경우 원하는 영역이 제대로 분할되지 않을 가능성이 있으며 너무 클 경우에는 미세한 영역까지 분할 가능하지만 과분할되어져 필요 없는 부분까지 분할되는 경향이 나타날 수 있으므로 적당한 값을 설정해 주어야한다.

본 연구에서 제안한 연구 방법과 알고리즘을 활용하여 몇몇 연구 대상에 적용한 결과 영역 분할이 잘 이루어지는 것을 확인 할 수 있었다. 하지만 씨앗 점 문턱치 와 유의수준(α)의 경우 사용자가 직접 설정을 해야 한다. 특히 영역간의 경계가 분명하지 않고 변화가 심한 균질하지 않은 영역의 분할에서 어려움이 나타났다. 따라서 이러한 문제를 해결하기 위하여 문턱치 값들의 자동설정 방법에 대한 연구가 필요할 것이다.

또한, 본 연구에서는 단일 프레임에서 기존의 haralick region growing을 참고하여 영역의 통계값과 단일 화소의 T-test를 활용한 영역성장 알고리즘을 구현하고, 그 결과를 본 연구에서 제안한 방법과 비교해 보았다. 단일 프레임의 경우 연속 프레임의 화소 별 통계 값을 활용한 경우보다 미세한 변화에도 민감하게 반응하지만, 균질한 영역에서 불필요한 hole이 많이 발생하고 필요이상으로 과분할 되는 것을 확인하였다. 또한 노이즈에 관하여 단일 프레임보다 연속프레임의 경우가 훨씬 영향을 적게 받는 것을 볼 수 있었다. 하지만 수행속도에서는 단일 프레임의 경우가 유리한 것을 확인하였다.

연구의 결과를 종합하면 영역성장 기법에서 단일 프레임을 활용한 경우보다 비록 수행속도 면에서는 다소 불리하더라도 영역 분할 성능은 연속 프레임을 활용한 경우에서 공간정보 분야에 좀 더 의미 있는 활용이 가능할 것으로 판단된다.

그러나 영상획득에 있어서 항상 연속촬영이 가능한 것은 아니다. 특히 대상이 움직이는 경우에 더욱 그러하다. 그리고 최근 공간정보의 여러 분야에서 많이 사용되고 있는 항공사진이나 위성사진의 경우 모두 단일 영상이다. 따라서 이러한 단일 영상에서도 본 연구에서 제안한 방법을 적용 할 수 있는 방안에 대한 추가적인 연구가 향후 과제로 남아있다.

참 고 문 헌

[1] 양성철, 김용일, 유기윤, 2005, "컬러영상 경계추출을 위한 CIEL*Ch 색체계 변환의 적용," 한국공간정보시스템학회:학술대회논문집, 한국공간정보시스템학회 2005년도 GIS/RS 공동 춘계학술대회, pp.273-278.

[2] 이정빈, 허준, 손홍규, 윤공현, 2007, "객체기반 영상분류를 위한 영상분할 가중치 비교," 한국공간정보시스템학회:학술대회논문집, 한국공간정보시스템학회 2007년도 GIS 공동춘계학술대회, pp. 289-292.

[3] 고인철, 서수영, 2010, "디지털 카메라를 활용한 컬러 지상영상의 분광학적 특성 분석," 한국공간정보학회 : 학술대회논문집, 한국공간정보학회 2010 공간정보춘계학술대회 논문집, pp.137-144.

[4] Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods, 2002, "Digital Image Processing 2nd Edition," Prentice Hall.

[5] Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods, Steven L. Eddins, 2004, "Digital Image Processing using MATLAB," Prentice Hall.

[6] A Mehnert, P Jackway, 1997, "An improved seeded region growing algorithm," Pattern Recognition Letters, Vol.18, No.10, pp.1065-1071

[7] Rolf Adams, Leanne Bischof, 1994, "Seeded Region Growing," IEEE Transactions, Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.16, No.6, pp.641-647.

[8] A Tremeau, N Borel, 1997, "A region growing and merging algorithm to color segmentation," Pattern Recognition Society, Vol. 30, No. 7, pp.1191-1203.

[9] http://en.wikipedia.org/

[10] Linda G. Shapiro, George C. Stockman, 2001, "Computer Vision," Prentice Hall.

[11] Robert M. Haralick, Linda G. Shapiro, 1985, "Image segmentation techniques," Computer Vision, Graphics, and Image Processing, Vol.29, No.1, pp.100-132.

[12] Charles D. Ghilani, Paul R. Wolf, 2006, "Adjustment Computations Fourth Edition," p. 12-65, WILEY.

[13] John A. Rice, 2007, "Mathematical statistics and data analysis 3rd Edition," Thomson.
[14] SONY, 2003, "DSC-F828 Manual," Sony Coporation.
[15] 윤영근, 이석룡, 박호현, 정진완, 2005, "그레이 영상에서의 영역 확장에 기반한 영상 세그멘테이션 기법," 한국정보과학회 데이터베이스 소사이어티, Vol.21 No.1, pp.1-12.

논문접수 : 2010.07.09
수 정 일 : 1차 2010.08.12 / 2차 2010.08.16
심사완료 : 2010.08.17

서 수 영
1992년 서울대학교 토목공학 학사
1994년 서울대학교 대학원 석사
2003 Ohio State University 대학원 박사
2003~2007 Mississippi State University, Senior Research Associate
2007~2009 지능형국토정보기술혁신사업단, 책임연구원
2009~현재 경북대학교 건축토목공학부 조교수
관심분야 3차원 공간정보 구축 , 사진측량학, 라이다, 원격탐사, 컴퓨터비젼, 공간정보자료 처리 및 분석 알고리즘, 공간정보의 건설분야 활용

고 인 철
2009년 영남대학교 전자공학 학사
2010년~현재 경북대학교 공간정보학과 석사과정
관심분야 3차원 공간정보구축, 영상처리