

속성벡터를 이용한 위성영상의 검색

박수영*, 최동훈*, 곽장호*, 김준철**, 이준환***

* 정보통신부 전파연구소

** 서남대학교 전기전자공학과

*** 전북대학교 전자공학과

Satellite Image Retrieval using Feature Vectors

Su-Young Park*, Dong-Hun Choi*, Jang-Ho Kwak*,
Joon-Cheol Kim**, Joon-Whoan Lee***

* Radio Research Laboratory of MIC

** Department of Electronic Engineering, Seonam University

*** Department of Electronic Engineering, Chonbuk National University

jhkwak@mic.go.kr

요약

위성영상은 그 특성상 다중대역과 방대한 양의 영상 데이터로 이루어져 있으며, 방대한 양의 데이터에서 필요한 영상정보를 검색하기 위해서는 위성영상 검색에 적용 가능한 다중대역의 화소벡터, 질감 및 이들의 공간분포를 효과적으로 얻어낼 수 있는 속성을 추출하여 활용하는 것이 필요하다.

따라서 본 논문에서는 위성영상 검색에 유용하게 사용할 수 있는 속성으로 다중대역의 화소벡터 값과 질감 정보를 동시에 추출하면서 CCV(Color Coherent Vector)의 개념을 적용하여 이들의 공간분포에 관한 정보를 포함한 새로운 속성을 정의하였고, SPOT 위성영상을 이용하여 국부적인 질의 영상의 속성벡터와 광범위한 지역의 위성영상에서 부분영상들의 속성벡터와의 유사성 비교를 통하여 원하는 부분영상을 검색하는 방법으로 그 성능을 평가하였다.

제안된 검색방식은 칼라와 질감 그리고 이들의 공간적인 분포 등을 개별적으로 추출하여 조합하는 과정이 필요 없으며, 특히 위성영상이나 특정 도메인에 종속되지 않기 때문에 다양한 내용기반 영상정보 검색에 효과적으로 이용될 수 있을 것으로 사료된다.

1. 서론

초고속 정보통신망의 보급으로 인하여 멀티미디어 정보는 기하급수적으로 증가하고 있으며, 많은 양의 정보를 효율적으로 저장, 관리 및 처리해야 하는 문제에 직면해 있다. 위성영상의 분야에서도 마찬가지로 위성에 탑재된 관측센서를 통해 취득되는 방대한 양의 데이터를 효율적으로 관리하고 활용하기 위해서는 데이터베이스로부터 필요한 영상정보를 신속하게 검색하는 것은 물론 위성영상은 특성상 한 영상이 넓은 지역을 포함하고 있으므로, 얻고자 하는 지역에 대한 상세한 정보를 정확하게 검색하는 방법이 요구되어 지고 있다.

위성영상을 검색하기 위한 일반적인 방법으로는 검색대상이 되는 모든 영상들을 사람이 수작업으로 의미 정보를 부여하고 그에 따라 검색을 수행하는 문자기반(text-based) 검색방식과 영상의 내용표현 요소들을 이용하는 내용기반(content-based) 검색방식으로 구분될 수 있다. 문자기반 검색방식은 사람이 직접 영상특성을 기록해야 하므로 많은 시간의 투자가 필요하며, 키워드를 부여하는 개개인에 따라 각기 다른 결과를 나타낼 수 있고 그 표현이 추상적이고 제한적인 단점을 갖는다. 문자기반 검색의 단점을 극복하기 위해 많이 이용

되고 있는 내용기반 검색방식은 수동적인 키워드에 관계없이 영상에 내포된 칼라, 질감, 모양 등의 내용표현 요소들을 통해 얻어진 속성 값만을 이용하여 영상들간의 유사도를 계산하고 검색을 수행한다. 따라서 내용표현 요소들에 대한 효과적인 속성추출은 내용기반 검색방식의 성능을 향상시키는데 중요한 요소일 것이다[4].

본 논문에서는 위성영상을 검색하는 방법으로 칼라 및 질감속성을 동시에 표현하는 속성벡터와 영상내에서 동일한 칼라의 군집 여부를 이용하는 CCV의 개념을 복합적으로 적용하는 검색방식을 제안하였다. 즉 속성벡터는 그레이 영상에서 영상의 통계적 특성을 나타내는 통계행렬 SGLDM (Spatial Gray Level Dependence Matrix), NSGLDM (Neighboring Spatial Gray Level Dependence Matirx), GLRLM(Gray Level Run Length Matrix)등을 칼라로 확장한 SCDM (Spatial Color Dependence Matrix), NSCDM (Neighboring Spatial Color Dependence Matrix), CRLM (Color Run Length Matrix)등의 행렬을 이용하였고, 이들로부터 유도되어 칼라와 질감속성을 동시에 검출할 수 있는 6개의 속성벡터를 추출하여 사용하였다. 또한 검색영상에 국부적인 성질을 추가하기 위하여 CCV를 이용하여 영상을 공간적으로 분할하였고, 부분 분할된 각각의 영상에서 속성벡터를 계산하는 방식을 사용하였다. 제안된 방식에 대한 성능평가는 프랑스 SPOT 위성영상을 이용하여 데이터베이스를 구축하고 국부적인 질의 영상의 속성벡터와 전체 위성영상에 분포된 부분영상들의 속성벡터와의 유사성 비교를 통하여 원하는 부분영상을 검색하는 방법으로 그 성능을 평가하였다.

2. 위성영상 검색에 사용된 속성

2.1 통계행렬의 정의

1) SCDM (Spatial Color Dependence Matrix)

SGLDM에서 확장한 것으로, $I(.,.)$ 를 $n \times n$ 칼라 영상이라 가정하고 $I(i, j) = m$ 이 영상의 (i, j) 위치에 있는 칼라 값 m 이라 하면, 영상의 칼라 값 사이의 공간 변화와 공간 의존을 표현하는 행렬 $SCDM(m, n)$ 은 주어진 거리 d 와 방향 θ 을 파라미터로 하여 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$SCDM(m, n) = \text{Card}\{(i, j), (k, l) \in I \times I \mid \rho((i, j), (k, l)) = d, \text{angle}((i, j), (k, l)) = \theta, I(i, j) = m, I(k, l) = n\}$$

여기서, $\text{Card}()$ 와 $\rho()$, $\text{angle}()$ 는 각각 집합의 원소 개수와 화소간의 거리, 화소간의 각도를 나타낸다.

2) NSCDM (Neighboring Spatial Color Dependent Matrix)

NSGLDM에서 확장한 것으로 칼라 영상 $I(.,.)$ 의 NSCDM은 거리 d 을 파라미터로 하여 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$NSCDM(m, n) = \text{Card}\{(i, j) \in I \mid I(i, j) = m, \text{Card}\{(k, l) \in I \mid (k, l) \neq (i, j), \rho((i, j), (k, l)) = d, I(i, j) = I(k, l)\} = n\}$$

3) CRLM (Color Run Length Matrix)

GLRLM에서 확장한 것으로, 칼라 영상 $I(.,.)$ 의 CRLM은 영상의 방향 θ 을 파라미터로 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$CRLM(m, n) = \text{Card}\{(i, j) \in I \mid I(i, j) = m, r(m, \theta) = n\}$$

여기서 $r(m, \theta)$ 는 θ 방향의 칼라 값 m 의 run-length에 해당된다. 따라서 CRLM은 방향성을 가지고 있으며, 방향에 무관한 CRLM을 구성하기 위해서는 각 방향의 CRLM 들을 산술 평균하여 이용할 수 있다.

2.2 벡터속성 추출

통계 행렬들을 위성영상 검색에 직접 사용할 경우 차원이 너무 크기 때문에 SCDM, NSCDM, CRLM 등을 의미 있는 방향으로 투사하여 위성영상 분별에 유용한 속성벡터들을 추출할 수 있다. 즉 NSCDM 행렬을 행 방향으로 투사하면 식 (1)과 같고 이것은 칼라 히스토그램을 나타낸다. 또한 가중치를 주고 행 방향으로 투사하면 식 (2)와 같이 나타낼 수 있으며, 같은 칼라쌍의 공간적 평균을 표현하고 있는 NSCDM 행렬로부터 식 (3)을 정의하면 이것은 영상 내에서 어떤 칼라와 이웃하는 화소 중 같은 칼라의 평균 화소 수를 나타내는 질감에 관련된 속성이다.

$$NSCDM_R(m) = \sum_n NSCDM(m, n) \quad (1)$$

$$NSCDM_W(m) = \sum_n n \times NSCDM(m, n) \quad (2)$$

$$NSCDM_M(m) = NSCDM_W(m) / NSCDM_R(m) \quad (3)$$

CRLM의 경우 각 방향으로부터 얻어진 CRLM 들을 산술적으로 평균하여 얻어진 CRLM을 행 방향으로 투사하면 식 (4)와 같이 나타낼 수 있으며, 영상의 칼라 히스토그램과 유사한 특성을 가진다. 또한 가중하여 투사한 벡터는 식 (5)와 같이 나타내며 영상의 히스토그램과 일치한다. 칼라의 평균 run-length를 의미하는 벡터 속성은 식 (6)이며, 이것은 칼라 영상의 질감을 표현

하는 속성으로 간주될 수 있다. 그리고 CRLM을 각 방향에 대해 구하고 이들을 합하여 얻을 경우 식 (7)과 같으며 칼라 히스토그램과 일치한다.

$$CRLM_R(m) = \sum_n CRLM(m, n) \quad (4)$$

$$CRLM_W(m) = \sum_n n \times CRLM(m, n) \quad (5)$$

$$CRLM_M = CRLM_W(m) / CRLM_R(m) \quad (6)$$

$$CRLM_W(m) = NSCDM_R(m) \quad (7)$$

2.3 CCV (color coherence vector)

Ramin Zabih에 의해 제안된 CCV는 칼라히스토그램을 사용할 때 칼라의 지역적 분포를 고려하지 않기 때문에 같은 칼라 분포를 가지는 다른 영상을 구별할 수 없다는 단점을 보완하기 위하여 제안된 속성으로서, 방향에 관계없이 동일한 칼라 값을 갖는 화소들이 연속적으로 배열된 개수가 미리 설정된 임계값 보다 크면 coherence하고 그렇지 않으면 incoherence 하다고 판단하여 분류하는 방법이다. 즉 위성영상에서 j 번째 칼라의 coherent한 화소 개수를 α_j 라하고, incoherent한 화소의 개수를 β_j 라고 하면, 총 화소의 개수는 $\alpha_j + \beta_j$ 가 되고 칼라 히스토그램과의 관계는 식 (8)과 (9)와 같다 [1][2].

$$H = (\alpha_1 + \beta_1, \dots, \alpha_n + \beta_n) \quad (8)$$

$$CCV = \{(\alpha_1, \beta_1), (\alpha_2, \beta_2), \dots, (\alpha_n, \beta_n)\} \quad (9)$$

α_k : k 의 칼라 값을 갖고 coherence한 화소 수

β_k : k 의 칼라 값을 갖고 incoherence한 화소 수

영상 I 와 I' 에 대한 CCV를 각각 $C_I, C_{I'}$ 이라고 하면, $C_I, C_{I'}$ 는 식 (10)과 같이 나타낼 수 있다.

$$C_I = \{(\alpha_1, \beta_1), \dots, (\alpha_n, \beta_n)\} \quad (10)$$

$$C_{I'} = \{(\alpha'_1, \beta'_1), \dots, (\alpha'_n, \beta'_n)\}$$

따라서 CCV를 위성영상 검색에 사용하는 방법과 같다.

$$\Delta C = \sum_{j=1}^n (|\alpha_j - \alpha'_j| + |\beta_j - \beta'_j|) \quad (11)$$

2.4 공간정보가 포함된 속성벡터

정형화되지 않은 지형지물을 표현하는 위성영상은 영상 전체에 대한 속성 비교만으로는 높은 정확성을 얻기 어렵다. 따라서, 영상을 부분으로 분할하고, 부분 영상에서 구해진 속성을 이용하는 방법을 제안하였다.

영상의 분할은 CCV의 Coherence 값이 칼라의 균집

성을 나타냄을 이용하여 영상 내에 균집된 칼라군의 분포를 통해 수행하였으며, 결정된 분할에 따라 벡터속성을 구해 비교함으로써 정확도의 향상을 얻고자 하였다.

3. 실험 및 고찰

위성영상의 검색실험은 그림 1에 나타난 것과 같이 '97년 9월 29일 촬영된 서울경기 지역의 3000×3000 크기 영상에서 64×64 크기의 영상 500개를 추출하여 데이터베이스를 구축한 다음 실험에 사용하였다. 실험에서 영상은 HSL 변환을 한 후 64 레벨의 Lightness 값만을 이용하였으며, 유사도 측정은 일반적으로 적용되고 있는 유클리디안 거리 척도를 이용하였다. 또한 검색 성능평가를 위해 질의영상에 대한 ground-truth 영상을 결정하였고, 검색 정확도 측정방법은 영상 데이터베이스 내에서 질의와 관련된 영상 중 검색된 영상의 비율을 나타내는 것으로, 검색 수행 후 검색하지 못한 수의 양을 표현할 수 있는 Recall과 검색된 영상 중에서 질의와 관련된 영상의 비율을 나타내는 것으로, 검색 수행 후 잘못 검색된 수의 양을 표현할 수 있는 Precision을 사용하여 정확도를 측정하였다.

$$Recall = \frac{\text{검색된 영상 중 GT 영상의 수}}{\text{GT 영상의 총 수}} \quad (12)$$

$$Precision = \frac{\text{검색된 영상 중 GT 영상의 수}}{\text{검색된 영상의 총 수}} \quad (13)$$

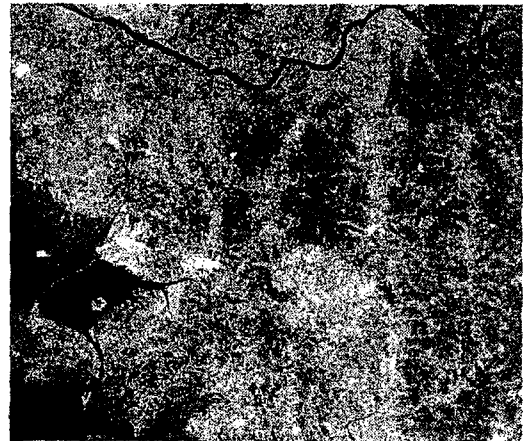


그림 1. 실험에 사용된 SPOT 위성 서울영상

제안된 속성에 대한 실험은 먼저 공간분포에 대한 정보를 얻기 위하여 영상을 공간적으로 분할하였다. 위성영상에 포함된 산림, 도심, 수역, 나대지, 농지 등의 클래스들은 상대적으로 구분이 가능하도록 서로 균집해 있는 경우가 많으므로 CCV 개념을 이용하여 가장 두드러진 균집 특성을 갖는 칼라의 위치에 따라 영상을

부분 분할하였고, 분할된 각각의 부분에 대하여 속성벡터를 계산하는 방법으로 검색을 수행하였다. 또한 동일한 영상에 대하여 공간정보를 포함하는 과정 없이 질의 영상과 검색하고자 하는 부분영상에 대하여 속성벡터를 적용하여 검색한 결과와 성능을 비교하였으며, 더 나아가 CCV를 이용한 검색결과와도 성능을 비교검토 하였다.

표 1은 데이터베이스에서 임의로 선정된 질의영상 3개가 주어졌을 때, 제안된 검색방식인 공간분포 정보를 포함하는 속성벡터를 이용하여 검색된 결과를 평균하여 나타내었으며, 표 2는 속성벡터만을 이용한 결과를, 표 3은 CCV 등을 이용하여 검색된 결과를 종합적으로 나타내었다.

표 1. 공간정보가 포함된 속성벡터를 이용한 결과

속성	Precision	Recall
NSCDM_R	0.52	0.58
NSCDM_W	0.45	0.51
NSCDM_M	0.45	0.49
CRLM_R	0.50	0.60
CRLM_W	0.52	0.58
CRLM_M	0.38	0.44

표 2. 속성벡터만을 이용한 결과

속성	Precision	Recall
NSCDM_R	0.33	0.38
NSCDM_W	0.30	0.34
NSCDM_M	0.30	0.34
CRLM_R	0.35	0.40
CRLM_W	0.33	0.38
CRLM_M	0.33	0.38

표 3. Histogram 및 CCV를 이용한 결과

속성	Precision	Recall
CCV	0.30	0.34

검색결과 속성벡터들이 전반적으로 우수한 검색결과를 보이고 있으며, 특히 공간정보를 포함하는 속성벡터들이 가장 우수한 결과를 나타내고 있다. 세부적으로는 NSCDM_R, CRLM_R, CRLM_W 등은 우수한 성능을 나타낸 반면에 CRLM_M은 공간정보를 포함하지 않고 직접 적용했을 경우와 별다른 차이가 없는 것으로 나타

났으며, 나머지 NSCDM_W, NSCDM_M도 수치적으로 약간의 차이는 보이지만 대체적으로 양호한 결과를 보이고 있다. 또한 6개의 속성벡터 모두가 CCV 보다는 우수한 결과를 나타내었다.

따라서 실험여건상 많은 양의 데이터를 이용하여 보다 세밀한 성능분석을 수행하지는 못하였지만, 공간정보를 포함하는 제안된 속성이 위성영상 검색에 유용하게 적용될 수 있다는 것은 확인할 수 있었다.

4. 결 론

본 논문에서는 방대한 양의 위성데이터에서 필요한 영상정보를 효과적으로 검색할 수 있는 방법으로 다중대역의 화소벡터, 질감 및 이들의 공간분포를 효과적으로 얻어낼 수 있는 속성을 제안하였다.

통계행렬을 의미 있는 방향으로 투사하여 추출된 속성벡터는 칼라와 질감 속성을 개별적으로 추출하여 조합하는 과정이 필요 없으며, 특히 영상을 공간적으로 분할하고 각각의 속성벡터를 구하여 검색에 이용하는 방법을 적용하면, 전체 영상에서 구한 속성벡터보다 차원은 분할된 개수의 곱한 형태로 증가되는 점이 있으나, 국부적인 성질을 함께 가지고 있기 때문에 분별력은 매우 향상되었다. 따라서 제안된 속성은 한 영상이 넓은 지역을 포함하고 있는 위성영상 뿐만 아니라 내용기반 영상정보 검색에도 유용하게 적용될 수 있을 것이다.

참고문헌

- [1] Greg Pass and Ramin Zabih, "Histogram refinement for content-based image retrieval," *IEEE Workshop on Applications of Computer Vision*, pp. 96-102, Dec. 1996.
- [2] Greg Pass, Ramin Zabih and Justin Miller, "Comparing image using color coherence vectors," *Department of Computer Science Cornell University Ithaca, NY*, 1997.
- [3] J. Huang, S. Ravi Kumar, Mandar Mitra, Wei-Jing Zhu and Ramin Zabih, "Image indexing using color correlograms," *IEEE International Conference on CVPR*, pp. 762-768, 1997.
- [4] 노형기, 황본우, 문종섭, 이성환, "내용기반 영상 정보 검색기술의 현황," *대한전자공학회지*, vol. 25, no. 8, pp. 798-806, Aug. 1998.