

부분 서열 정렬을 이용한 확대축소 부분 영상 검색 기법

김준호*, 장원앙*, 양익석*, 이도훈*

*부산대학교 컴퓨터공학과

e-mail:recycle0409@pusan.ac.kr

Scaled Sub-image Retrieval Approach using Alignment of Sub-Sequence

JunHo Kim*, WonAng Jang*, IkSuk Yang*, DoHoon Lee*

*Dept of Computer Engineering, Pusan National University

요 약

부분 영상 검색은 질의 영상을 입력으로 사용해서 질의 영상을 부분 영상으로 포함하는 대상 영상을 찾아낸다. 본 논문에서는 부분 영상 검색에 생물정보학에서 사용하는 정렬(Alignment)을 이용한다. 생물정보학에서는 두 DNA 서열 간에 유사도를 비교하고 시각화하는 방법으로 점 행렬을 널리 사용한다. 두 영상을 정렬하기 위해서 먼저 질의 영상과 대상 영상을 일차원 명암도 영상 서열로 변환하고 정렬하여 부분 영상 후보 영역을 찾는다. 이전 연구[1]에서 정렬하는 방법은 두 서열의 길이의 곱만큼의 메모리 공간이 필요하므로 두 서열의 길이가 길어지면 필요한 메모리 공간이 선형적으로 증가했다. 본 논문에서는 영상 데이터의 특성을 이용해서 부분 서열 정렬로 필요한 메모리 공간을 줄였고 부가적인 효과로 처리시간이 감소하고 정확도가 향상되었다.

1. 서론

내용 기반 영상 검색(Content-Based Image Retrieval, CBIR)[2]은 영상 자체의 정보로 영상의 특징으로 영상을 검색한다. 내용 기반 영상 검색은 유사한 영상이나 조작된 영상도 검색가능하며 구현 방법이 다양하고 복잡하다. 부분 영상 검색은 내용 기반 영상 검색의 한 방법으로 질의 영상(Query Image)을 포함하는 대상 영상(Target Image)을 검색하는 방법이다. 질의 영상은 검색에 질의로 사용하는 영상이고 대상 영상은 질의 영상을 포함하는 영상이다.

본 논문에서 사용한 점 행렬(Dot-matrix)은 두 개의 DNA 서열을 정렬하여 유사도를 계산하고 시각화하는데 사용하는 방법이다. 정렬을 영상 검색에 이용하려면 이차원인 영상의 색상 공간을 일차원의 문자열 공간으로 변환해야한다. 그 후에 두 일차원 영상 서열을 정렬하고 처리하여 대상 영상에서 후보 영역을 찾는다. 질의 영상을 일차원 영상 서열로 만들어서 정렬하면 영상의 크기가 커짐에 따라서 필요한 메모리 공간이 선형적으로 커지는 단점이 있었다. 이를 개선하기 위해서 본 논문에서는 질의 영상을 하나의 영상 서열로 만들지 않고 부분 영상 서열로 만들고 정렬해서 필요한 메모리 공간을 줄였다. 실험 결과 부분 영상 서열을 이용한 방법은 처리시간이 감소했고 부가적으로 정확도를 향상시키는 효과가 있었다. 또한 정렬한 후에 처리하는 과정을 개선해서 축소된 질의 영상도 검색이 가능하도록 수정했다.

본 논문의 2절에서는 내용 기반 영상 검색에 사용한 영상의 특징에 관하여 기술한다. 3절에서는 제안한 부분 영상 검색 방법에 관하여 기술하고 4절에서 결론을 맺는다.

2. 관련 연구

내용 기반 영상 검색은 영상을 질의로 사용하며 영상을 대표하는 특징을 추출해서 유사한 영상을 검색한다. 영상 검색에 사용하는 특징으로는 색상, 질감, 형태, 특징 점 등 다양하다. 색상은 히스토그램, 대표 색상, 색상 계층으로 구분하고 질감은 동질성, 이질성 질감, 윤곽선 히스토그램 등이 있다. 형태는 윤곽선, 방향성을 가진 형태학적 윤곽선으로 구분하며 특징 점은 헤리스 코너 검출기(Harris Corner Detector), 헤이시안 검출기(Hessian Detector), 가우시안 차분 검출기(Difference of Gaussian, DoG) 등이 있다. 시스템에서 사용하는 특징에 따라서 성능과 정확도가 달라진다.

부분 영상 검색에 관한 기존 연구로는 Mehta[3]가 제안한 부분 영상 검색 시스템이 있고 이 검색 시스템은 SIFT[4]로 만든 대응점들 간의 유사도를 비교해서 부분 영상을 검색하는 방법이다. YanKe[5]가 제안한 부분 영상 검색 방법에서도 SIFT로 대응점을 만들고 유사도를 비교한다. 부분 영상 검색에 SIFT를 이용하므로 영상의 확대, 축소, 이동, 회전 등에 강인하다는 장점을 가지고 있지만 대응점 생성 시에 연산량이 많아서 검색에 사용하기 위해 대응점들의 대응점을 사전에 생성해서 저장해야한다.

3. 부분 서열 정렬을 이용한 부분 영상 검색

본 논문에서는 메모리 사용량을 줄인 부분 서열 정렬을 이용한 부분 영상 검색 방법을 제안한다. 실험에서는 대상 영상의 일부분을 복사한 영상을 확대, 축소해서 질의 영상

으로 사용한다. 시스템의 입력은 질의 영상이고 출력은 후보 영역을 표시한 대상 영상이다.

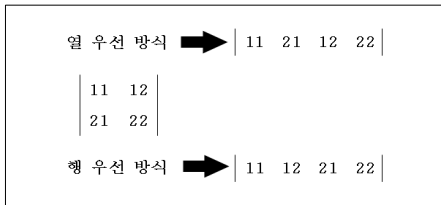
3-1. 점 행렬 생성

부분 영상 검색에 이용하는 점 행렬은 두 DNA 서열을 정렬해서 유사도를 보여주는 것으로 서열이 변이해도 서열 정보가 유지된다. 서열 정렬을 부분 영상 검색에 이용하려면 영상을 DNA 서열처럼 일차원 영상 서열로 변환해야한다. 영상은 보통 RGB 세 개의 채널로 이루어 지므로 차원을 낮추기 위해 명암도(Gray scale) 영상으로 변환하여 일차원 영상 서열로 만든다. 명암도 영상은 미국 텔레비전 시스템 위원회(NTSC)의 표준 명암도 공식을 이용하여 생성했고 영상을 $m \times n$ 행렬로 보면 명암도 영상 G_{ij} 는 다음과 같다.

$$G_{ij} = 0.299 \times R_{ij} + 0.587 \times G_{ij} + 0.114 \times B_{ij} \quad (1)$$

R, G, B 는 RGB 색상 모델의 세 값으로 0 ~ 255의 범위를 가지며 명암도 영상도 0 ~ 255의 값을 가진다. i, j 의 범위는 $1 \leq i \leq m, 1 \leq j \leq n$ 이다.

대상 영상은 행 \times 열의 길이를 가지는 일차원 영상 서열로 변환하고 질의 영상은 이차원 G_{ij} 상태로 유지한다. 질의 영상을 일차원 영상 서열로 변환하지 않는 이유는 부분 서열 정렬에는 질의 영상의 전체 일차원 영상 서열이 필요하지 않기 때문이다. G_{ij} 를 일차원 영상 서열로 변환 하는 방법에는 열 우선 방식과 행 우선 방식이 있고 본 논문에서는 열 우선 방식을 사용했다.



(그림 1) 열 우선 방식과 행 우선 방식

대상 영상의 일차원 영상 서열 길이가 T 이고 질의 영상의 일차원 영상 서열 길이가 Q 이면 두 일차원 영상 서열로 정렬 하는데 필요한 메모리 공간 M 은 다음과 같다.

$$M = T * Q * 2(bit) / 8, \text{ 정렬횟수} = 1 \quad (2)$$

점 행렬의 원소는 0과 1값만 가지므로 하나의 원소마다 2bit가 필요하다.

두 영상의 일차원 영상 서열로 정렬하면 점 행렬의 생성 횟수는 1회로 고정되지만 영상의 크기가 커짐에 따라 메모리 공간은 선형적으로 증가한다. 이를 보완하기 위해서 질의 영상은 이차원 배열 상태로 두고 한 열을 영상 서열로 사용 해서 정렬한다. 보완한 방법에서 정렬에 필요한 메모리 공간 M' 은 다음과 같다.

$$M' = T * Q * 2(bit) / 8, \text{ 정렬횟수} = Q \quad (3)$$

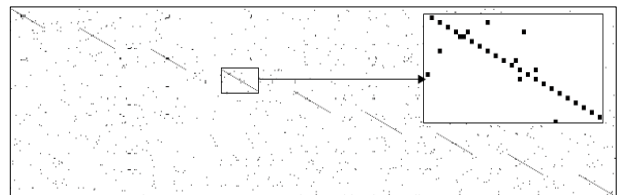
여기서 T 는 대상 영상의 일차원 영상 서열 길이이고 Q 는 질의 영상의 행, Qc 는 질의 영상의 열이다. 필요한 메모리 공간은 Qc 배만큼 줄어들지만 정렬횟수는 Q 번으로 증가한다.

두 영상 서열로 정렬 시에 점 행렬의 모든 원소를 0으로 초기화하고 대상 영상과 질의 영상의 명암도 영상 서열 값이 일치하면 특정 점으로 인식하여 점 행렬의 해당 원소의 값을 1로 설정한다. (그림 2)는 대상 영상과 질의 영상으로 만든 점 행렬로 Qc 가 2이므로 정렬횟수는 2회이다.

		대상 영상(T)			질의 영상(Q)					
		11	12	13	+	11	12			
		21	22	23						
		31	32	33						
		↓								
	Q \ T	11	21	31	12	22	32	13	23	33
점 행렬(M1)	11	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	21	0	1	0	0	0	0	0	0	0
점 행렬(M2)	12	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	22	0	0	0	0	1	0	0	0	0

(그림 2) 대상 영상과 질의 영상 서열로 만든 점 행렬.

정렬에 사용한 점 행렬을 이진영상으로 만들면 시각화가 가능하다. 점 행렬을 시각화하면 일정한 기울기의 선과 블록과 점이 보인다. 일정한 기울기의 선들은 부분 영상 후보 영역을 의미하고 블록과 점들은 잡음이다. (그림 3)은 점 행렬 전체를 보여주기 위해서 축소한 질의 영상의 일차원 명암도 영상 서열로 정렬한 모습이다. 선으로 보이는 부분을 확대해서 보면 중간에 끊어진 지점이 보인다.



(그림 3) 축소한 질의 영상을 사용해서 정렬한 모습. 선을 확대해서 보면 중간에 연결이 끊어져있다.

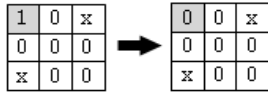
3-2. 점 행렬의 특징 점 연결과 잡음 제거

질의 영상을 스케일링(Scaling)하고 정렬하면 점 행렬의 원소에 이웃한 픽셀이 없으면 중간에 끊어지는 지점이 생긴다. 질의 영상을 스케일링한 경우에도 부분 영상 검색이 가능하도록 점 행렬의 특징 점을 연결하고 잡음을 제거한다. 관련 있는 특징 점들을 연결하는 작업은 크기가 $m \times n$ 인 점 행렬 D 에서 i, j 위치의 원소 $D_{i,j}$ 가 1이면 실행한다. 조건이 만족 하면 현재 t 시간에서 새로운 값을 구하기 위한 $t+1$ 시간에서 $D_{i+1,j+1}^{t+1}$ 의 값을 1로 설정하며 검사 방법은 식(4)와 같다. 이전 연구와 연결 방법을 달리했고 축소된 질의 영상의 검색이 가능해졌다.

$$D_{i+1,j+1}^{t+1} = \begin{cases} 1 & , \text{if } D_{i+1,j+2}^t | D_{i+2,j+2}^t | D_{i+2,j+1}^t \\ D_{i+1,j+1}^t & , \text{otherwise} \end{cases} \quad (4)$$

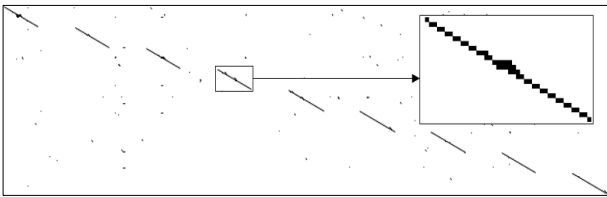
i, j 의 범위는 $1 \leq i \leq m-2, 1 \leq j \leq n-2$ 이고 D^t 는 이전의 값을 의미하고 D^{t+1} 은 새롭게 갱신하는 값을 의미한다.

정렬로 생성된 점 행렬은 잡음을 포함하므로 잡음을 제거해야한다. 잡음 제거는 연결 검사와 같이하며 잡음 제거 마스크와 일치하면 D_{ij} 를 0으로 설정한다. (그림 4)은 잡음 제거 마스크를 나타낸다.



(그림 4) 잡음 필터링에 사용한 잡음 제거 마스크

점 행렬의 특징 점들을 연결하고 잡음 제거가 끝나면 (그림 5)의 선이 아닌 블록들과 선들이 남는다. 선이 아닌 블록은 다음 단계인 후보 영역 생성 단계에서 필터링하고 선이 부분 영상 후보 영역이 된다. (그림 5)는 전체 정렬을 한 점 행렬의 모습이다. 실제 구현은 부분 정렬로 처리하므로 후보 영역을 표시하는 단계를 Q_c 회 반복한다.



(그림 5) 특징 점 연결과 잡음 제거 처리 후 점 행렬. 선을 확대해서 보면 연결됨을 확인할 수 있다.

3-3. 후보 영역 표시

특징 점들을 연결하고 잡음을 제거한 점 행렬을 레이블링 (Labeling)하면 블록들을 구할 수 있다. 블록의 행렬 위치를 이용해서 후보 영역을 표시한다. 잡음을 제거해도 여전히 점들이 존재하므로 후보 영역을 판별하기 위한 필터링이 필요하다. 판별 기준은 대상 영상과 질의 영상의 일차원 영상 서열 생성 방법에 따라 달라진다. 두 영상을 행 우선 방식으로 변환하면 Q_c 가 기준이 되고 열 우선 방식으로 변환하면 Q_r 가 기준이 된다. 레이블링으로 구한 블록의 시작점과 끝점의 위치의 차이로 블록의 길이를 구하고 판별 기준을 만족하면 후보 영역으로 판별한다.

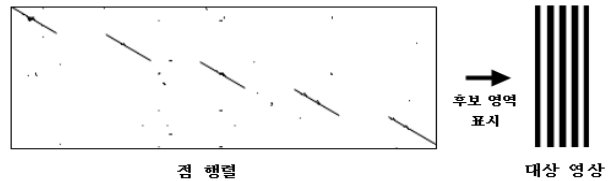
필터링을 통과하면 대상 영상에 후보 영역을 표시하는 것으로 하나의 주기가 완료된다. 점 행렬 좌표를 대상 영상 좌표로 변환하는 식은 두 영상을 일차원 영상 서열로 변환하는 방식에 따라 나뉘며 식(5)는 열 우선 방식의 변환식이고 식(6)은 행 우선 방식의 변환식이다.

$$m = (j \bmod r) + 1, n = \text{ceil}(j / r) \quad (5)$$

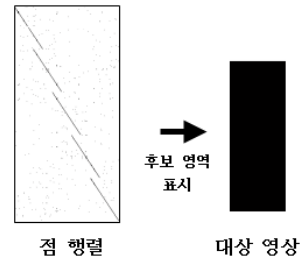
$$m = \text{ceil}(j / c), n = (j \bmod c) + 1 \quad (6)$$

식(5)와 식(6)에서 대상 영상의 좌 상단의 좌표가 (1,1)인 행렬로 보면 m 는 행 좌표로 정의하고 n 는 대상 영상의 열 좌표로 정의한다. j 는 점 행렬의 열을 나타내며 1부터 시작한다. r 은 대상 영상의 행이고 c 는 대상 영상의 열이다.

후보 영역의 좌표를 대상 영상 좌표로 변환하고 대상 영상에 표시해주면 한 처리 주기가 완료된다. 본 논문에서는 부분 서열 정렬을 하고 처리를 거쳐서 후보 영역을 생성하는 주기를 질의 영상의 열만큼 반복하면 부분 영상 검색이 종료된다. (그림 6)은 대상 영상의 후보 영역을 표시한 것으로 축소된 질의 영상을 사용하면 후보 영역이 띄엄띄엄 표시된다. (그림 7)은 확대한 질의 영상으로 검색한 결과로 하나의 사각형 영역을 표시한다.



(그림 6) 점 행렬의 후보 영역을 대상 영상에 표시. 점 행렬의 5개의 선이 대상 영상에서 5개의 선으로 표시된다.



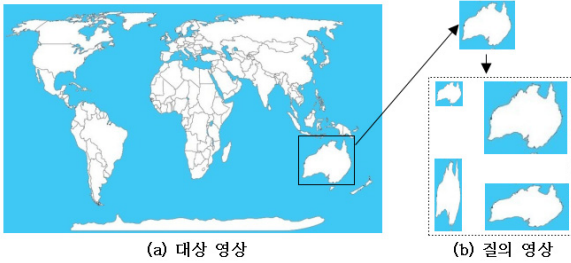
(그림 7) 점 행렬의 후보 영역을 대상 영상에 표시. 확대한 질의 영상은 하나의 사각형 영역으로 표시된다.

3-4. 실험 결과

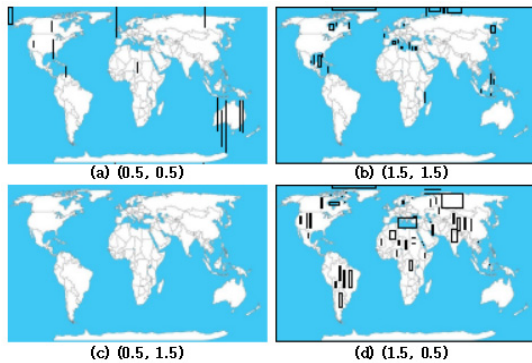
무작위로 수집한 대상 영상 100개를 실험에 사용했고 대상 영상에서 부분 영상을 다른 비율로 스케일링해서 질의 영상으로 사용하였다. 부분 영상의 가로세로비율을 각각 (0.5, 0.5)배, (1.5, 1.5)배, (0.5, 1.5)배, (1.5, 0.5)배로 스케일링 해서 대상 영상마다 4개의 질의 영상을 사용하였다. 또한 영상의 축소와 확대 알고리즘으로는 nearest neighbor을 사용하였다. Bilinear, Bicubic과 같은 다른 보간법을 이용한 질의 영상의 스케일링은 안티앨리어싱(Anti-Aliasing)으로 색상 값이 변하기 때문에 축소한 질의영상의 결과가 나오지 않았다. 실험 결과 몇몇 실험 대상 영상은 질의 영상 부분 외에 잡음도 검색 결과로 표시했지만 대부분 질의 영상의 스케일링에 상관없이 검색했다. (그림 8)는 잡음을 포함한 결과를 내는 대상 영상과 질의 영상의 예로 사용한 질의 영상이 대상 영상의 다른 영역과 색상이 비슷하면 오류를 검색했다.

이전 연구 방법으로 처리한 결과가 (그림 9)이다. 전체 서열 정렬을 사용해서 처리한 결과로 질의 영상을 찾지 못했다. (그림 10)은 부분 영상 서열 정렬로 반복 처리한 결과이고 (그림 10)는 잡음을 포함하지만 질의 영상의 위치를

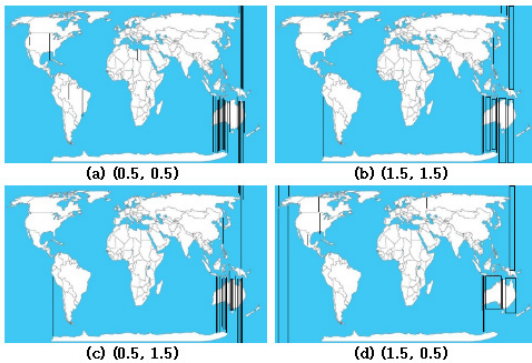
찾았다. 실험 결과를 보면 부분 서열 정렬은 검색 정확도를 향상시키는 효과가 있었다. 이런 결과가 나오는 이유는 부분 정렬을 함으로써 각각의 정렬이 독립적으로 처리가 되므로 다른 정렬에는 영향을 미치지 않기 때문이다.



(그림 8) 대상 영상과 질의 영상 예



(그림 9) 질의 영상의 가로세로 스케일링 비율에 따른 전체 서열 정렬을 사용한 결과.



(그림 10) 질의 영상의 가로세로 스케일링 비율에 따른 부분 서열 정렬을 사용한 결과.

열 우선 방식으로 대상 영상을 일차원 영상 서열로 만들고 질의 영상의 한 열씩 부분 서열 정렬을 하면 가로를 최소 0.5배로 축소한 경우에는 띄엄띄엄 검색에 성공했고 세로를 축소한 경우에는 하나의 사각형 영역을 정확하게 검색했다. 대상 영상을 일차원 영상 서열로 만드는 방식에 따라 질의 영상의 확대축소가 결과에 미치는 영향이 달라졌다. 또한 질의 영상의 축소율이 원본의 0.5배 미만이면 검색에 실패했으며 확대율은 결과에 영향이 없었지만 확대율이 커질수록 질의 영상의 크기가 커지므로 처리속도는 선형적으로 증가했다.

4. 결론

서열 정렬을 이용한 부분 영상 검색 방법은 대상 영상과 질의 영상을 비교할 때마다 정렬하므로 총 검색 시간이 증가하지만 연산이 단순하고 구현이 간단하다는 장점이 있다. 이전의 연구에서는 대상 영상과 질의 영상을 일차원 영상 서열로 만들고 정렬해서 영상의 크기에 따라 필요한 메모리 공간이 선형적으로 증가하고 축소된 질의 영상은 검색하지 못하는 단점이 있었다.

본 논문에서는 이전의 방법을 개선해서 부분 서열 정렬을 이용한 방법을 사용했다. 부분 서열 정렬을 사용하면 전체 서열 정렬에 필요한 메모리 공간은 $T * Q$ 에서 열 우선 방식은 $T * Qh$ 로 줄어들고 행 우선 방식은 $T * Qw$ 로 줄어든다. 부분 서열 정렬을 함으로써 약간의 처리 시간이 줄어들었고 검색 결과의 정확도가 향상되는 효과도 있었다. 또한 점 행렬의 특징 점 연결과 잡음 제거 방법을 이전 연구와 다르게 구현해서 질의 영상이 최소 0.5배까지 축소된 경우에도 검색이 가능해졌다.

기존 부분 영상 검색에서는 특징 점 추출에 많은 연산이 필요하므로 사전에 특징 점을 추출한 다음 질의 영상의 특징 점만 추출 비교하여 검색 시간을 줄이는 방법을 주로 사용하였다. 이와 같이 매번 정렬하는 작업을 줄이는 방법과 검색 속도를 개선하는 연구가 필요하다.

감사의 글

이 논문은 BB(Brain Busan)21 3차년도 사업 지원으로 수행되었음

참고문헌

- [1] 김준호, 강경민, 이도훈, “점 행렬을 이용한 새로운 부분 영상 검색 기법”, 한국산학기술학회논문지, 13권, 3호, pp. 1330-1336, 2012
- [2] A. B. Benitez, M. Beigi and Shih-Fu Chang, “Using relevance feedback in content-based image metasearch”, IEEE internet Computing, Jul/Aug, 1998.
- [3] N. Mehta, R. S. Alomari and V. Chaudhary, “Content based sub-image retrieval system for high resolution pathology images using salient interest points”, 31st Annual International Conference of the IEEE EMBS, 2009.
- [4] D. G. Lowe, “Object recognition from local scaleinvariant features”, The Proceedings of the Seventh IEEE International Conference on Computer Vision, 1999.
- [5] Yan Ke, Rahul Sukthankar, and Larry Huston, “Efficient Near-duplicate Detection and Sub-image Retrieval”, Proceedings of ACM International Conference on Multimedia, 2004.