

차량 추적을 위한 비디오 모자이크 방법 *

이정현**, 김준철***, 이준환****

**전북대학교 전자과

***서남대학교 전자과

****전북대학교 전자정보공학부

e-mail:sircar@empal.com

Video Mosaic Method for Vehicle Tracking

Jung-Hyun Ih**, Joon-Cheol Kim***, Joon-Whoan Lee****

**Dept of Electronics, Chon-Buk University

***Dept of Electronics, Seo-Nam University

****Dept of Electronic Information, Chon-Buk University

요 약

도로 동영상의 차량 추적 시스템은 영상 내 추적 구간을 확장하는 일이 중요하다. 본 논문에서는 추적 구간을 넓히기 위하여 모자이크 기법을 제안하였다. 동영상 모자이크의 가장 어려운 문제는 프레임마다 동일한 대응점을 알아내는 데 있다. 본 논문에서는 미리 예측된 영역에서의 컬러 상관관계를 이용하여 흔들린 대응점을 탐지하고 또한 가려진 부분이나 돌발 상황에 대해서는 투영 변환만으로도 최적 근사 대응점을 찾아낼 수 있는 탐색 방법을 제안하여 실제 도로 동영상에서 실험 하였다.

1. 서론

단일 카메라의 동영상 감시시스템에서 객체를 추적할 경우 카메라의 FOV(Field of View)에 따라 제한된 감시영역의 객체를 담당할 수 밖에 없다. 이를 해결하는 방법으로 복수개의 카메라를 이용하여 각각의 카메라에서 취득된 동영상에 나타난 객체가 동일 객체 인지 여부를 가리는 작업이 필요하다. 일반적으로 이 과정은 카메라의 설치 위치 및 촬영각, 카메라의 특성들에 따라 객체가 어떻게 나타나는가를 고려하여 서로 다른 카메라 상에 나타난 객체의 동일성 여부를 판단하여야 하는 어려움이 존재한다.

본 논문에서는 도로 영상의 움직임 객체 측정의 시각적 제한 요소를 극복하고자 복수개의 카메라로 취득한 동영상들 하나의 모자이크 형태로 제작하여 객체를 추적하는 방법을 고안하였다. 그러나 동영상

모자이크를 구성하기 위해서는 카메라 흔들림에 따른 대응점 불일치 문제나 대응점의 가려짐(overlap)과 같은 돌발 상황에 대처해야만 한다. 이러한 대응점 문제는 무수히 많은 특징 점들 속에서 얼마나 정확한 대응점을 찾아내느냐가 중요하다. 따라서 본 논문에서는 모자이크 구성에 필요한 초기 대응점의 위치가 서로 달라지더라도 초기 대응점의 연속되는 프레임에서의 탐색 영역을 최소한 축소하여 후보점 근처에서만 탐색을 진행하고 가려진 부분에 대해서는 대응점간의 투영 변환을 이용한 최적의 근사점을 예측하였다. 단, 제한된 기법을 이용할 경우에는 복수개의 동영상들을 이용한 기존의 추적방법에 비해 카메라가 도로면과 먼 위치에 존재하여 추적대상인 차량객체의 왜곡이 크지 않음을 가정해야 한다. 구성된 모자이크 영상에서의 차량 추적 시스템은 복수개의 영상에 나타난 차량 객체의 동일성 여부를 판정절차 없이 단일 영상 시퀀스에서의 임의의 차량추적 알고리즘을 그대로 적용할 수 있는 장점이 있다.

* 이 연구에 참여한 연구자는 2단계 BK21사업의 지원비를 받았음

2. 도로 영상의 모자이크 제작

동영상 모자이크의 경우 개개의 프레임에서 보편 정지영상의 모자이크와 동일하다. 정지영상 모자이크 기술로 가장 잘 알려진 기법은 2D 투영 변환을 통하여 합성하는 기법이 있다[1][2][3]. 이 기법은 기준 영상과 합성 영상간의 초기 대응점의 쌍이 중요하며 이들 대응점 쌍이 투영 변환 방정식의 파라미터인 미지수에 대해 독립적인 방정식을 만들 수 있어야 한다. 만약 m 개의 대응점 쌍을 가정한다면, $\{(x_i, y_i), (u_i, v_i) | i = 1, 2, \dots, m\}$ 에 대해 2D 투영 변환 방정식은 식 (1)과 같다.

$$u_i = \frac{a_{11}x_i + a_{12}y_i + a_{13}}{a_{31}x_i + a_{32}y_i + 1} \quad v_i = \frac{a_{21}x_i + a_{22}y_i + a_{23}}{a_{31}x_i + a_{32}y_i + 1} \quad (1)$$

식 (2)는 (1)식에 대한 선형연립 방정식을 보여준다.

$$\begin{bmatrix} u_1 \\ v_1 \\ \vdots \\ \vdots \\ u_m \\ v_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1 & y_1 & 1 & 0 & 0 & 0 & -x_1u_1 & -y_1u_1 \\ 0 & 0 & 0 & x_1 & y_1 & 1 & -x_1v_1 & -y_1v_1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_m & y_m & 1 & 0 & 0 & 0 & -x_mu_m & -y_mv_m \\ 0 & 0 & 0 & x_m & y_m & 1 & -x_mv_m & -y_mv_m \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_{11} \\ a_{12} \\ a_{13} \\ a_{21} \\ a_{22} \\ a_{23} \\ a_{31} \\ a_{32} \end{bmatrix} \quad (2)$$

식 (2)를 일반화 하면 $U = WA$ 와 같으며, W 의 랭크(rank)가 n 이라면 대응점 쌍의 개수 $m > n$ 인 경우 최소자승오차(least square error)를 제공하는 해는 $A = (W^T W)^{-1} W^T U$ 와 같이 구할 수 있다. 파라미터 행렬 A 는 (1)식에 의해 합성될 부분의 모든 화소를 결정하며 그림 1과 같이 구현된다.



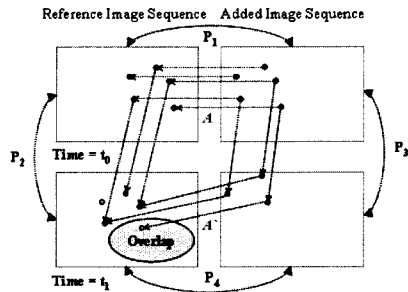
(그림 1) 4점 매칭 모자이크 도로 영상

그림 1은 도로 영상에 대해 4점 매칭의 2D 투영 변환 기법을 적용한 모자이크 영상이다. 도로 평면의 경우 대응점은 도로 차선의 꼭지점 부분을 선택해야

하며 적어도 세 점은 동일 직선상이 아닌 점을 선택해야 한다. 도로 영상은 단조로운 기하학적 특징으로 4점 매칭이나 5점 매칭만으로도 적합한 모자이크 영상을 얻는다.

3. 대응점 탐색문제

만일 고정된 카메라에서 촬영된 모자이크이면 첫 프레임에서의 대응점은 매 프레임에서의 대응점과 동일하며 A 의 역행렬 연산은 단 한번으로 끝나게 된다. 그러나 카메라의 흔들림이 존재할 경우 A 의 갱신이 중요한 문제이며 따라서 정확한 대응점 탐색 과정이 요구된다.



(그림 2) 복수 프레임에서의 대응점 관계

그림 2에서 탐색과정은 t_0 와 t_1 사이에 일어나며 P_2 와 P_3 의 관계는 P_1 과 P_4 와 마찬가지로 투영 변환 관계에 있다. 특히 각 대응점마다 이동 변화들은 투영 변환의 원근 요소 때문에 동일하게 이동했다는 보장이 없다. 따라서 대응점 탐색은 모든 대응점에서 이루어져야만 하며 대응점 탐색 시 도로면의 차선이 차량이나 그림자와 같은 가려짐이 존재할 경우 일반적인 탐색 방법으로는 돌발 상황에 대처하기 어려우며 대응점 탐색을 필요로 한다.

4. 대응점 탐색 기법

본 논문에서는 컬러 상관관계식(Color-NCC)[4]의 정합을 통하여 얻은 계수(δ_c)[4]로 대응점 판별을 위하여 표 1과 같은 기준을 두었다.

<표 1> δ_c 에 따른 대응점 판별 방법 ($-1 \leq \delta_c \leq 1$)

임계값(Threshold)	판단
$\delta_c \geq 0.95$	최대값을 확실한 대응점으로 판단
$0.95 > \delta_c \geq 0.9$	$\delta_c \geq 0.95$ 인 지점이 존재하지 않는 경우에만 최대값을 확실한 점으로 판단
$\delta_c < 0.9$	가려진 부분으로 판단

표 1의 쥘러상관계수(δ_c)는 상대적으로 높을수록 확실한 대응점으로 판단하되, 만약 임계값을 만족하지 못한다면 다음 임계값을 적용하여 판단한 경우이다. 이런 임계값을 통한 판별의 단점은 예상치 못한 곳에서 높은 계수가 나오거나 가려진 부분에서 낮은 계수가 나오는 경우 판별을 어렵게 한다. 따라서 검색 영역은 최대한 예측된 근사 지점에서 탐색하도록 하고 후보 점들을 선별한 뒤 가려진 부분이라고 판단되는 부분에 대해서는 찾아진 대응점으로 얻을 수 있는 투영 변환 식을 이용하였다. 제안된 기법을 정리하면 표 2와 같다.

<표 2> 대응점 탐색 기법

N : 찾은 대응점수, D : 변위변환, S : 유사변환, A : 어파인변환, P : 원근변환

검색 영역

$$N=1 \frac{D}{fail} N=2 \frac{S}{S} N=3 \frac{A}{A} N=4 \frac{A}{P} N=5 \frac{A}{P} N=6 \dots$$

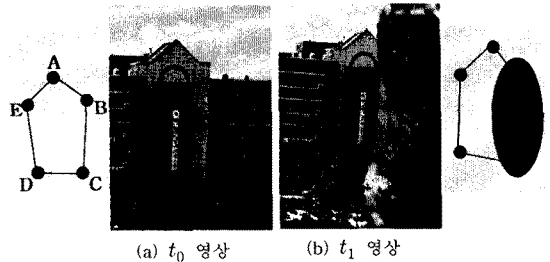
가려진 부분에서의 대응점 설정

	검색 영역 과 가려진 부분에서의 대응점 설정
$N=1$	1쌍의 대응점을 안다면 2개의 파라미터를 가지는 변위 변환(Displacement)을 구하여 이동된 변위 근처를 검색 영역으로 설정하고 다음 탐색을 진행한다. 기준 임계값을 만족하는 지점을 찾아 $N=2$ 를 결정한다. 대응점을 모두 탐색 후 $N=1$ 면 프레임을 버린다.
$N=2$	2쌍의 대응점을 안다면 4개의 파라미터를 가지는 유사 변환(Similarity)을 구하고 구해진 파라미터를 이용하여 3번째 대응점의 위치를 예측한다. 예측된 3번째 대응점을 기준으로 그 근처 영역을 검색영역으로 설정하고 다음 탐색을 진행하여 기준 임계값을 만족하는 지점을 찾고 $N=3$ 를 결정한다. 대응점을 모두 탐색한 후 결과가 $N=2$ 면 이미 구해진 점을 다음 대응점 $N=3$ 으로 결정한다.
$N=3$	3쌍의 대응점을 안다면 6개의 파라미터를 가지는 어파인(Affine) 변환을 구하고 구해진 파라미터를 이용하여 4번째 대응점의 위치를 예측한다. 예측된 4번째 대응점을 기준으로 그 근처 영역을 검색영역으로 설정하고 다음 탐색을 진행하여 기준 임계값을 만족하는 지점을 찾고 $N=4$ 를 결정한다. 대응점을 모두 탐색한 후 결과가 $N=3$ 면 구해진 점을 다음 대응점 $N=4$ 로 결정한다.
$N \geq 4$	검색 영역은 $N=3$ 일 경우와 동일하며 다음 탐색을 진행하여 기준 임계값을 만족하는 지점을 찾고 $N=5$ 로 결정한다.(이후 과정은 동일) 대응점을 모두 탐색한 후 결과가 $N=4$ 면 8개의 파라미터를 가지는 원근(Perspective) 변환을 구하고 구해진 파라미터를 이용하여 5번째 대응점의 위치를 예측하여 $N=5$ 로 결정한다.(이후과정은 동일)

제안된 알고리즘은 카메라를 멀리서 촬영했을 경우 식 1의 원근 요소(a_{31}, a_{32})가 거의 0에 가깝기 때문에 가능한 이치이다.

5. 대응점 탐색 실험

그림 3은 실험을 위한 일부 영상이며 기준 영상을 t_0 프레임 영상, 카메라를 전방향으로 이동하여 촬영한 영상을 t_1 프레임 영상이라고 가정하여 총 5개의 대응점 중 2개의 대응점(B,C)을 강제적으로 가려서 실험하였다.



(그림 3) 대응점 탐색을 위한 실험 영상

실험은 600×450 의 영상에 대하여 (a)영상의 5개의 대응점 좌표를 중심으로 각각 크기가 9×9 인 기준 마스크를 만들고 (b)영상은 70×70 크기의 검색영역을 만들어 각각의 마스크를 한 화소씩 이동하며 δ_c 를 계산하였다. 초기 탐색에 대한 결과 검색 영역은 변위 변환일 경우 20×20 로 축소되며 유사 변환일 경우 10×10 , 어파인 변환일 경우 5×5 로 축소된다. 그 결과 분석은 표 3과 같다.

<표 3> 대응점 탐색 과정

대응점	오차	탐지 요인	결정 순서	탐색 과정
A		검색	1	이전 프레임 근처 검색 성공 ⇒ Find Max ⇒ A' 결정 ⇒ Go B
B	-1	Affine	4	Displacement 영역 검색 실패 ⇒ Go C ; Affine ⇒ B' 결정 ⇒ Go C
C	0	Perspective	5	Displacement 영역 검색 실패 ⇒ Go D ; Perspective ⇒ C' 결정 ⇒ Exit
D		검색	2	Displacement 영역 검색 성공 ⇒ Find Max ⇒ D' 결정 ⇒ Go E
E		검색	3	Similarity 영역 검색 성공 ⇒ Find Max ⇒ E' 결정 대응점 탐색 종료 ⇒ GO B

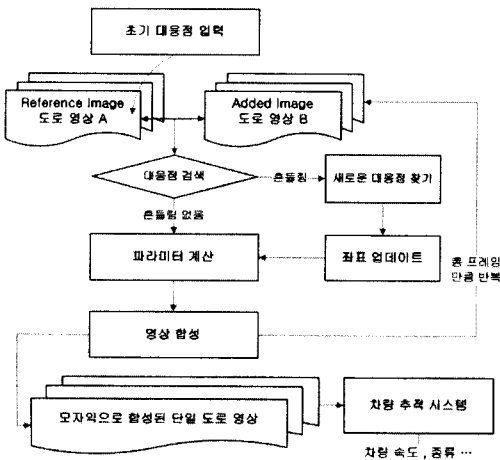
제한된 알고리즘을 그림 3에 적용한 결과 원근 변환 요소인 a_{31} 와 a_{32} 는 거의 0에 가까운 값을 갖으며 가려진 부분(B,C)에 대한 오차측정은 가려짐이 없는 동일 영상에 대해 동일 탐색 기법을 적용한 결과 -1과 0으로 정확한 탐지를 하였다. 그림 4는 탐색된 대응점을 가지고 제작된 모자이크 영상이다.



(그림 4) 탐색된 대응점으로 모자이크한 영상

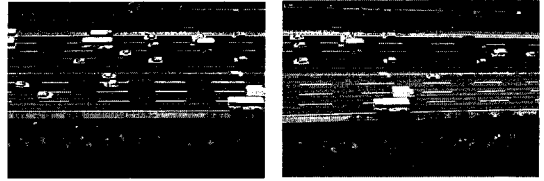
6 차량 추적을 위한 모자이크 영상 구현

차량 추적을 위한 모자이크 동영상 구현의 전체 구성은 그림 5와 같다.



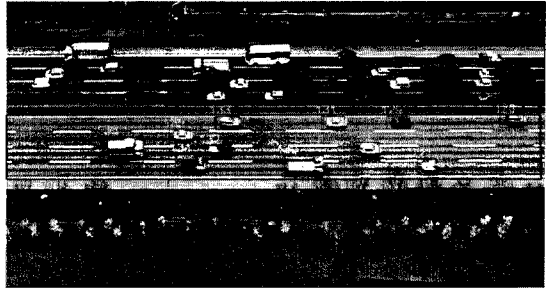
(그림 5) 모자이크 동영상 구성과 차량 추적

컴퓨터 비전을 이용한 차량 추적 시스템은 좀 더 신뢰성 있는 데이터를 얻기 위해서 도로 영상의 추적 구간(tracking scope)의 확보가 절실하다. 그림 6은 실제 차량 추적을 위하여 제작된 영상으로 고속도로지점에서 5분 분량을 촬영하였으며 최소 30%이상의 겹침을 두고 촬영된 두 영상의 모자이크 결과이다. 그 결과 130m의 추적 구간을 확보하였다.



카메라 1 촬영 영상(80m)

카메라 2 촬영 영상(80m)



(그림 6) 모자이크 영상의 차량 추적(추적 구간 130m)

7. 결론

단일 영상을 이용한 차량 추적 시스템은 카메라의 제약 조건으로 추적 구간의 확보가 어렵다. 반면 복수개의 영상을 이용한 시스템은 차량 객체의 인식과 동일화 과정이 필수적이다. 이런 복잡한 과정 없이 광범위한 구간에서의 차량 추적 시스템을 위하여 동영상 모자이크를 제안하였다. 만약 기하학적 변환을 통하여 모자이크 가능할 정도의 도로 동영상 취득을 전제로 할 경우 모자이크 영상에 의해 상대적으로 간편하게 차량 추적이 가능하다.

참고문헌

- [1] R. Szeliski, "Image mosaicking for tele-reality applications" IEEE Workshop on Applications of Computer Vision, pages 44-53, 1994.
- [2] R. Szeliski, "Creating full view panoramic image mosaics and texture-mapped models" In Computer Graphics(ACM SIGGRAPH), pages 251-258, Los Angeles, 1997.
- [3] Dos Santos. CC, "Mosaicking Images" Robotics & Automation Magazine, IEEE, Volume 11, Issue: 4, Dec. 2004.
- [4] Du-Ming Tsai "The evaluation of normalized cross correlations for defect detection" Pattern Recognition Letters Volume 24, Issue 15, Nov. 2003.