

지배 모션 분석을 통한 영상 안정 방법에 관한 연구

김희정*, 차용준*, 소영성*

*명지대학교 정보통신공학과

An Image Stabilization by Dominant Motion Analysis

Hee-Jeong Kim, Yong-Joon Cha, Young-Sung Soh

Dept of Info. & Comm. Engineering., MyongJi University.

agada@mju.ac.kr, yjc@mju.ac.kr, soh@mju.ac.kr

요약

본 논문에서는 카메라 또는 카메라 플랫폼의 흔들림 등의 외부 영향과 비디오 시퀀스내의 모션이 함께 있을 경우의 출력이는 비디오를 전자적으로 안정화시키는 방법을 제안한다. 일반적인 영상 안정 시스템은 모션 측정과 모션 보상의 두 과정으로 구성되어 있다. 모션 측정에서 프레임간 모션 모델을 가정하고 모션 파라메타를 측정한다.

모션 보상에서는 측정된 파라메타를 이용하여 현재 영상 좌표계를 기준 영상 좌표계로 변환하고 명암값 보간을 하여 영상안정을 이루어 낸다. 그러나 상기의 방법으로는 카메라 움직임외에 다른 모션 요소가 있을 때 어려움을 겪게 된다. 이의 해결을 위해 motion vector scatter diagram(MVSD)에 기반한 지배 모션 측정 방법을 제안한다. 이 방법은 영상을 일정영역의 subblock으로 나눈후 각 subblock의 중심을 특징점으로 잡아 correlation 과정을 거쳐 영상간의 모션 벡터를 구한 다음 구해진 모션 벡터로 needle diagram과 MVSD를 구축한다. 구축한 MVSD의 패턴은 모션의 종류에 따라 일정한 모양을 갖게 되는데 이의 분석을 위해 목적함수를 정의하고 그 함수의 최적화를 통해 지배 모션 파라메타를 측정한 후 그 파라메타로 모션 보상을 함으로서 영상안정을 이룰 수 있다.

I. 서론

영상안정은 카메라 또는 카메라 플랫폼의 흔들림 등으로 인한 외부 영향으로 출력이는 비디오를 전자적으로 안정화시키는 것으로 일반적인 영상안정 시스템 구조는 그림1과 같이 모션 측정과 모션 보상의 두 과정으로 구성되어 있다.

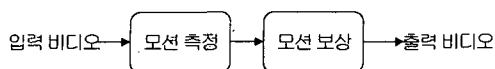


그림 1. 영상 안정 시스템

모션 측정에서는 프레임간 모션 모델을 가정하고 모션 파라메타를 측정한다. 모션보상에서는 측정된 파라메타를 이용하여 현재의 영상 좌표계를 기준영상 좌표계로 변환하고 명암값을 보간한다. 프레임간 가정할 수 있는 모션 모델을 설정한다.

Tie point 추출을 위해 기준 영상으로부터 특징점을 추출하고 그 주변 영역을 잡아 현재 영상에서 correlation을 통해 상응하는 점을 찾는다. 이 tie point 쌍을 파라메타 계산을 위한 least square 식에 넣어 파라메타를 측정하게 된다. 측정된 값으로 기하학적 변환을 하고 명암값 보간하여 영상 안정을 이루어 내게 된다. 그러나 비디오 내에 카메라의 움직임 외의 다른 모션 요소가 있을 경우 tie point 추출을 일관성 없도록 만들 수 있기 때문에 영상 안정을 이루기가 어렵다. 이 문제를 해결하기 위해 지배모션에 기반하여 파라메타를 측정하는 방법을 제안한다.

II. 제안된 방법

카메라의 모션과 영상 열 내의 모션이 함께 있을 경우 일반적인 안정화방법으로는 어렵기 때문에 지배모션에 기반하여 파라메타를 측정하는 방법을 제안한다. 그림 2에 그 방법의 순서도가 나타나있으며 각 부분의 기능은 다음과 같다.

1. 특징점 추출

영상을 subblock으로 나눈후 noise제거를 위해 gaussian filter를 적용한후 각 subblock의 중심점을 특징점으로 잡는다.

2. Motion Vector 계산

각 subblock의 특징점을 correlation 과정을 거쳐 영상 pair간의 모션 벡터를 구한다.

3. Needle Diagram 구축

앞서 구한 모션 벡터를 가지고 그림3과 같은 needle diagram을 구축한다. 그림 3의 (a)는 반시

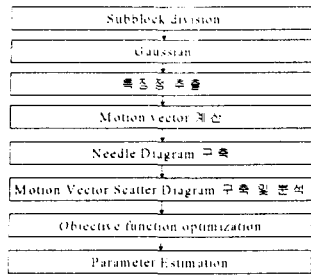
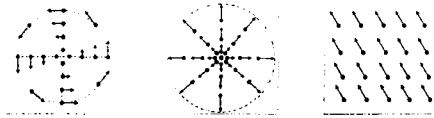


그림2. Motion Vector Scatter Diagram 기본 구성도

계방향의 rotation 모션, (b)는 scale-up, (c)는 translation 모션인 경우의 예이다.



(a) Rotation, (b) Scale-up, (c) Translation
그림 3. Needle diagram.

4. MVSD 구축 및 분석

앞서 구한 모션 벡터들을 x,y 좌표계에 표시하는 MVSD를 구축한다. Translation 되었을 때 그림3의 (c)와 같이 일정한 크기의 방향을 가진 모션 벡터들을 MVSD로 구축하면 그림4의 (a)와 같이 한점으로 나타내어진다. 이것을 역으로 생각하면 MVSD가 한점으로 표현되었을 때 translation의 특성을 지녔음을 분석할 수 있다. 그림4의 (b)는 그림4의 (a)의 MVSD를 3차원적으로 표현한 것으로 한점에 계속 누적되어 있다. 여기서 translation값은 누적 빈도율이 가장높은 곳의 좌표점이 된다. Rotation의 경우 그림3의 (a)와 같이 영상의 중심에서 외곽으로 갈수록 모션 벡터의 크기가 커지며 방향성분은 영상 중심에 대해 반시계 방향의 원을 그리며 나타나고 있다. 이러한 모션 벡터를 MVSD로 표현하면 그림4 (c),(d)와 같이 원으로 나타난다. 이것은 MVSD가 원의 형태를 지니고 있으면 rotation 성분을 지니고 있다고 분석할 수 있는 근거가 된다. 이때 rotation의 방향을 판별하기 위해 그림 5 (a),(b)의 방향 판별 A,B블럭 안에 upvector(남쪽에서 북쪽으로 향하는 벡터) 성분이 A블럭에 존재하면 반시계방향의 rotation 성분으로 간주하며 B블럭에 upvector 성분이 존재하면 rotation이 시계방향임을 알수 있다. Scale의 경우 그림 3의 (b)와 같이 scale-up일때는 원의 중심에서 외곽으로 갈수록

모션 벡터의 크기가 커지며 방향은 중심에서 외곽으로 향하게 된다. Scale down의 경우에는 모션 벡터의 크기는 중심에서 외곽으로 갈수록 커지며 방향은 모션벡터의 방향이 외곽에서 중심으로 향한다. 이러한 모션 벡터들을 MVSD로 표현하면 그림 4의 (e),(f)와 같이 원의 형태로 나타나게 된다. Scatter diagram이 원 형태로 나타나는 경우 rotation 또는 scale 특성을 나타낼수 있는데 이것을 구분하기위해 needle diagram 내의 upvector 성분을 이용한다. upvector 성분이 그림 5의 (a),(b)에서와 같이 A,B블럭내에 존재하며 rotation으로 판별되고 그림5의 (c),(d)와 같이 C,D블럭내에 존재하게 되면 scale로 판별한다. 이러한 모션들이 동시에 나타난 그림4의 (g),(h)는 MVSD가 원이면서 원의 중심 좌표점이 0, 0이 아닌 다른 좌표점으로 나타나고 있다. 이러한 경우 MVSD 형태로부터 rotation 혹은 scale이 있음을 알수 있고 중심의 이동으로부터 translation 성분이 있음을 알수 있다. 그림4 (g),(h)는 그림에 설명된 실제 모션 값을 갖는 예를 보여주고 있다.

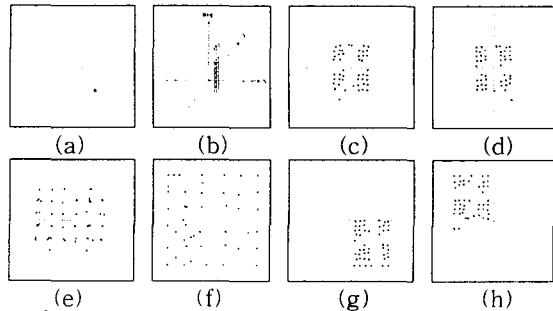


그림 4. Motion Vector Scatter Diagram
(a)Translation (-4,-4),(b)(a)를 3차원적으로 본 그림,(c)Rotation +2°, (d)Rotation -2°, (e) Scale 0.92, (f)Scale 1.1, (g)Translation (-4,-4),Rotation -2°, (h)Translation (+4,+4),Rotation +2°

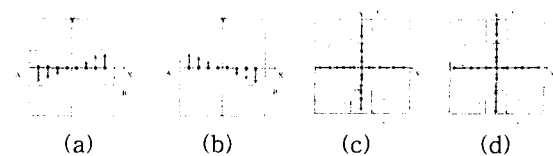


그림 5. Rotation의 방향성분과 scale up, down 성분을 판별하기 위한 needle diagram. (a)반시계 방향 rotation, (b)시계방향 rotation, (c) scale-up, (d)scale-down

5. Objective function 최적화

MVSD의 패턴을 분석하면 모션 벡터를 추정할 수 있는데 MVSD 패턴내에 원 성분이 존재하는

지와 존재하는 경우 원의 중심과 반경을 구하기 위해 식(1)과 같은 최적화 함수를 정의하여 사용한다.

$$\frac{n/m}{r/r_0} + \frac{mr - \sqrt{(\sum \bar{x}_i)^2 + (\sum \bar{y}_i)^2}}{mr} \quad \text{----- 식(1)}$$

여기서 n 은 $\sqrt{(x_c - x_i)^2 + (y_c - y_i)^2} \leq r$ 을 만족하는 점의 수를 나타내며, m 은 초기 중심점에서 초기 반지름 r_0 을 만족하는 점의 수를 나타낸다. (x_c, y_c) 는 새로 갱신되는 중심 좌표점을 나타낸다. r_0 은 원의 초기 반지름 값으로 MVSD 안에서 가장 멀리있는 두 점의 길이의 절반값으로 설정한다. (x_i, y_i) 는 갱신되는 중심점에 대해 정규화 시킨 값이다. 첫 번째 항인 $\frac{n/m}{r/r_0}$ 은 원안에 MVSD의 점들을 얼마나 압축적으로 잘 포함하고 있는지를 판단하는 부분으로서 그림 6의 (a)와 같이 초기 r_0 에 의해 결정된 원보다 최종 r 에 의해 결정된 원이 MVSD 점들을 가장 압축적으로 포함하는지를 찾아내기 위한 항으로 결과 값이 클수록 MVSD 점들을 압축적으로 포함하는 것이다. 두 번째 항은 MVSD 점들이 얼마나 고르게 분포하고 있는지를 판단하는 부분이다. 그림 6의 (b)와 같이 r 에 의해서 결정된 중심점 (x_c, y_c) 에 대해 MVSD 점들을 누적시킨 것으로 (b)와 같이 중심점 (x_c, y_c) 에 대해 균등하게 퍼져 있다면 $\sqrt{(\sum \bar{x}_i)^2 + (\sum \bar{y}_i)^2}$ 의 값이 "0"에 가깝게 나오게 된다. 식의 상하에 mr 을 적용한 것은 정규화하기 위한 것이다. 식(1)로 표현된 목적 함수의 최적화는 steepest ascent hill climbing(SAHC) 방법[1]을 사용하여 구현하였다.

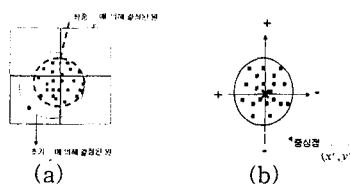


그림 6. 목적 함수(Objective function)의 각 항에 대한 예

6. Parameter Estimation

목적함수의 최적화 과정을 거쳐 MVSD내에 원의 존재 여부와 중심, 반경이 결정되면 실제 파라메타 값을 측정한다. 원이 존재하는 경우 원의 중심 좌표는 바로 translation 성분이 된다. 원이

rotation을 나타내는 경우의 실제 rotation각을 계산하는 방법이 그림 7에 설명되어 있다. 그림 7의 (a),(b)는 rotation 값이 서로 다른 두 경우의 모션 벡터를 needle diagram으로 구축한것으로써 두 모션 벡터 L_1, L_2 를 MVSD로 나타내면 그림 7(c)의 Lp_1, Lp_2 와 같다. 즉, Lp_1, Lp_2 를 압축적으로 포함한 원의 반지름 r_1, r_2 를 구할수 있으면 식(2)를 통해 rotation각을 계산해 낼수 있다.

식(2)는 그림 7 (d)에 의해 나온것으로서 r_1 같은 L_1 을 나타내고 (d)와 같은 이등변 삼각형일 때 θ 를 구하기 위한 식(2)에 의해 최종 파라메타를 측정해 낼 수 있다

$$\sin^{-1}\left(\frac{r/2}{w}\right) \times 2 \quad \text{----- 식(2)}$$

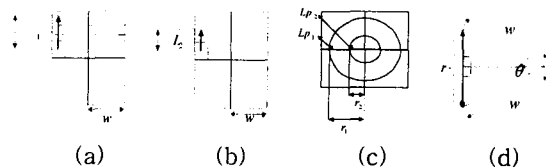


그림 7. 파라메타 측정. (a) Needle diagram, (b) Needle diagram, (c) Scatter diagram, (d)Rotation각 계산 유도

III. 실험 결과

1. MVSD기반의 지배모션 측정

1.1 특징점 추출 및 Correlation

모션 측정의 예가 그림 8에 나타나 있다. 그림 8(a)는 subblock의 중심점(검은점)으로 부터 14×14 correlation window(흰네모)가 표시되어 있다.

그림 8(b)에는 search window와 찾아진 상응점이 각각 흰네모와 흰 점으로 표시되어 있다.

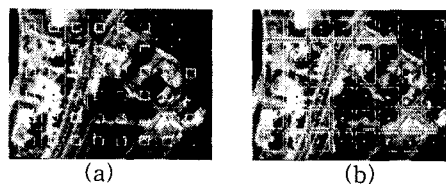


그림 8. (a) 특징점과 correlation window, (b) 찾아진 상응점.

1.2 모션 벡터 계산 및 needle diagram 구축

위의 과정을 거쳐 모션 벡터를 계산하여 그림 9 (a)의 needle diagram을 구축할 수 있었다.

1.3 MVSD 구축 및 분석, Objective function 최적화 및 파라메타 측정

그림 9 (a)는 영상의 중심에 대해 모션 벡터 활살표가 시계방향으로 나타나 있다. 앞서 구한 모

선 벡터들의 MVSD를 구축하면 그림9의 (b)와 같다. 그림9 (b)의 MVSD의 모선의 형태가 원의 형태를 띠고 있고, 그림9의 (a)에서 upvector 성분이 영상의 중심 x축의 양 끝 부분 블럭에 존재하므로 rotation의 특성을 가짐을 알 수 있다. 이 MVSD에서 초기원의 중심점과 반지름을 구하면 (0.1, -0.08), 18.46을 초기값으로 SAHC 방법[1]을 통해 목적 함수의 값을 계산하고 그 중 최대값을 선택하면 그림 9 (c)와 같은 최종 원이 생성된다.

이때 최종원에 대한 중심좌표와 반지름이 (0.43, 0.05)과 18.79이다. 그림 9(c)의 중심좌표는 translation 성분이며 최종원의 반지름을 식(2)에 적용하여 rotation 0.66 °을 얻었다. 또한, 그림 9의 (a)에서 방향성분 판별 결과 시계방향임도 알아내었다. 결국, 모선 형태가 원이면서 upvector 성분의 판별로 시계방향의 rotation임을 알았고 그것의 rotation각이 0.66 °임도 알게 되었다. 이 경우에 대한 Ground Truth와 측정 파라메타값이 표1에 나타나 있으며 실제 변환 rotation 0.5 °(시계방향), translation x,y 0에 근접하였음을 확인할 수 있다.

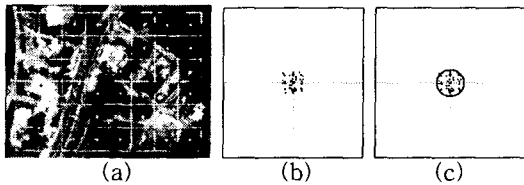


그림 9. Rotation +0.5 °(시계방향)일 경우 (a)needle diagram,(b)MVSD,(c) MVSD와 최종 원

Ground Truth		0.5°	
Initial	Center	X	Y
		0.1	-0.08
	Radius	18.46	
Final	Center	X	Y
		0.43	0.05
	Radius	18.79	
Estimated Parameter		0.66 °	

표1. Ground truth 및 파라메타 측정 결과

2. 모션 보상

그림 10 (a)는 기준영상, 그림10 (b)는 현재 영상, 그림10 (c)는 그림 10 (b)를 기준영상의 좌표계로 변환한 영상이다. 그림 10 (d)는 그림 10 (a)와 (b)의 차영상을 나타내고 그림 10 (e)는 그림 10 (a)와 (c)의 차영상을 나타낸 것으로 모션 보상의 기하학적인 변환과 hybrid한 명암값 보간[2] 과정을 거쳐 차가 감소하였음을 볼 수 있다.

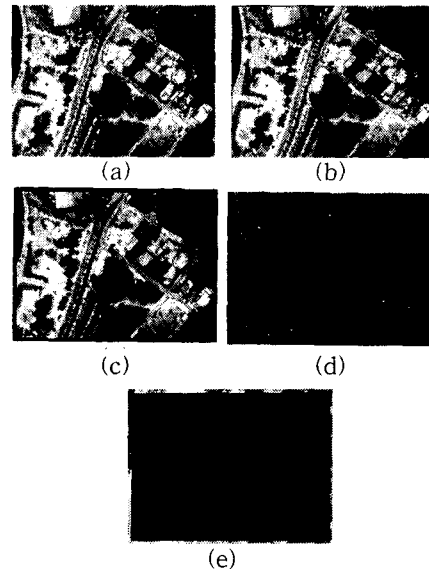


그림 10. (a)기준영상, (b)변환 전 영상, (c)변환 후 영상, (d)기준과 변환 전 영상의 차영상, (e)기준과 변환 후 영상의 차영상

IV 결론 및 향후 방향

본 논문에서는 카메라 또는 카메라 플랫폼의 흔들림 등의 외부 영향과 비디오 시퀀스내의 모션이 함께 있을 경우의 출렁이는 비디오를 전자적으로 안정화 시키기위해 motion vector scatter diagram(MVSD)에 기반한 지배 모션 측정 방법을 제안하였다. 이 방법은 영상간의 모션 벡터를 구한 다음 구해진 모션 벡터로 needle diagram과 MVSD를 구축한다. 구축한 MVSD의 패턴은 모션의 종류에 따라 일정한 모양을 갖게 되는데 이의 분석을 위해 목적함수를 정의하고 그 함수의 최적화를 통해 지배 모션 파라메타를 측정 한 후 그 파라메타로 모션 보상을 함으로서 영상안정을 이룰 수 있었다. 그러나 이 방법의 경우 계산 시간이 오래 걸리는 단점이 있고 측정 정확도가 목적함수의 최적화 결과, 파라메타의 분해능과 최종 파라메타 측정 과정에 좌우되므로 이 부분에서의 애러를 줄이는 노력이 필요하다.

참고 문헌

[1]Elaine Rich and Kevin Knight, "Artificail Intelligence", International Edition, 1991
 [2]김희정, 소영성, "영상안정 방법에 관한 연구", 한국신호처리·시스템 하계종합학술대회 논문집, pp285-288, 2000