韓國地形空間情報學會誌 第16卷 第2號 2008年 6月 pp. 49-56

연구논문

KLT특징점 검출 및 추적에 의한 비디오영상등록

Sequence Images Registration by using KLT Feature Detection and Tracking

Sukhee Ochirbat* · 박상언** · 신성웅*** · 유환희****

Sukhee Ochirbat · Park, Sang Eon · Shin, Sung Woong · Yoo, Hwan Hee

要 旨

영상등록은 영상모자익기술 중 중요한 기술로 인식되고 있으며, 파노라마 영상생성이나 비디오 모니터링, 영상복원 등과 같은 다양한 분야에서 사용될 수 있다. 영상등록에서 중요한 처리과정은 많은 시간이 소요되는 특징점 검출과 추적이다, 본 연구에서는 연속된 영상자료에서 특징점을 검출하고 추적하기 위해서 KLT 특징점 추적자를 제안하였으며, 무인헬기에서 촬영된 연속영상프레임의 영상등록에 적용하여 효용성을 입증하였다. 그 결과 KLT 추적자에 의한 반복처리는 연속영상의 첫 번째 프레임에서 추출된 특징점을 이용하여 전체 프레임에 걸쳐 성공적으로 추적할 수 있었다. 또한, 회전, 축척, 이동량이 다른 각각의 프레임들간의 특징점추적은 KLT영상피라미드와 처리조건의 선택에 의해 정확도를 향상시킬 수 있었다.

핵심용어 : 영상등록, 비디오 모니터링, KLT 특징점 검출과 추적, UAV 비디오 카메라, KLT 피라미드

Abstract

Image registration is one of the critical techniques of image mosaic which has many applications such as generating panoramas, video monitoring, image rendering and reconstruction, etc. The fundamental tasks of image registration are point features extraction and tracking which take much computation time. KLT(Kanade-Lucas-Tomasi) feature tracker has proposed for extracting and tracking features through image sequences. The aim of this study is to demonstrate the usage of effective and robust KLT feature detector and tracker for an image registration using the sequence image frames captured by UAV video camera. In result, by using iterative implementation of the KLT tracker, the features extracted from the first frame of image sequences could be successfully tracked through all frames. The process of feature tracking in the various frames with rotation, translation and small scaling could be improved by a careful choice of the process condition and KLT pyramid implementation.

Keywords : Image registration, Video monitoring, KLT feature detector and tracker, UAV video camera, KLT pyramid

1. 서 론

최근 고해상 위성영상의 출현과 다양한 센서 및 플랫폼이 개발되면서 도시시설물관리, 재해관리 등에 많은 변화를 가져오고 있다. 특히 중저고도 무인헬기와 같은 UAV (Unmanned Aerial Vehicle)를 이용한 홍수재해관리 연구는 국내에서 다양한 시범연구가 진행되어 왔다(유환희 등, 2006; 김성삼 등, 2007). UAV에서 촬영된 영상자료를 모자익하여 재해 지도를 제작하고 이를 이용한 홍수재해현황분석 및 피해규모산정 등에 활용되고 있다(김성삼 등, 2007). 현재 UAV의 경우 전문적인 항공촬영용으로 개발된 것이 아닌 농약살포용 UAV를 활용하여 항공촬영을 실시하고 있는 관계로 자세제어 및 안전성에 있어서 문제점이 발생되고 있다. 그런 이유로 인하여 UAV에 비디오카메라를 탑재하여 촬영할 경우 초당 약 30프레임을 촬영하는 비디오 특성상 UAV의 자세제어가 다소 어려워도 많은 프레임을 촬영할 수 있어서 자료처리 과정에서 다양한 중복도와 촬영지역누락빈도를 최소로

2008년 5월 14일 접수, 2008년 6월 10일 채택

* 경상대학교 대학원 도시공학과 박사과정(BK21) (sukheeo@yahoo.com)
** 경상대학교 대학원 도시공학과 석사과정(BK21) (kakaukan@gmail.net)
*** ETRI, 공간정보연구팀 책임연구원 (sshin@etri.re.kr)
**** 교신저자·정회원·경상대학교 건설공학부 도시공학과 교수(BK21, ERI) (hhyoo@gnu.ac.kr)

할 수 있는 장점이 있다. 따라서 본 연구에서는 연속 촬영된 비디오영상을 이용하여 영상지도를 제작할 때 필요한 특징점 추출과 추적에 연구 목적을 두고 수행하였다. 특징점 추출과 추적에 의한 인접영상의 등록은 촬영시기, 촬영위치, 센서종류 등이 다른 영상들을 상호연계하여 등록하는 경우에 고려해야 할 영상정합기술과 처리과정 등이 연구되어 오고 있다(Lucas 등, 1981). 영상등록과 모자익에 필요한 특징점 추출에서 SIFT(Scale Invariant Feature Transforms), Harris 검출자, Forstner 검출자가 사용되고 있으며, 특징점이 검출되고 난 후 영상정합을 위해 상관관계 계수를 계산하여 이용하고 있다(김성삼 등, 2007). 그러나 이들 방법은 Fourier변환에 의한 최적해를 구하는 장점이 있으나 두 영상간의 수평변환만을 고려한다는 단점도 있다(Zhilong 등, 2000). Lucas와 Kanade는 연속적인 영상프레임에서 영상패치(patch)를 반복적으로 정렬하는 gradient descent method를 사용한 특징점 추적 이론을 제안하였고, 그 후 Shi와 Tomasi는 변환할 두 개의 영상사이에서의 변환관계를 명확하게 규정할 수 있는 변환방법으로 어핀(affine)변환식에 의한 추정 연산자를 제안하였다(Lucas 등, 1981 Ochirbat 등, 2008).

따라서 본 연구에서는 비디오 카메라에 의해 취득된 연속된 영상프레임을 이용하여 영상지도를 제작할 경우 필요한 특징점 자동 추출과 추적에 대하여 KLT기법을 도입하고, 지상비디오 영상자료와 항공UAV 비디오영상자료에 적용하여 KLT 특징점 검출과 추적에 대한 특성을 분석하여 KLT 영상피라미드 반복처리기법의 안정성과 활용가능성을 제시하였다.

2. KLT 특징점 검출 및 추적

KLT(Kanade-Lucas-Tomasi) 특징점 추적자는 연속된 비디오영상들의 특징점 검출과 추적에 사용되어 왔으며(Shi 등, 1994), 연속된 영상프레임에서 검색 윈도우내에 있는 특징점의 이동량은 최소가 된다는 가정하에 이동량을 계산한다. 비디오프레임들 중 한영상 프레임은 매트릭스 또는 함수로 표현할 수 있으며, 공간위치변수(x, y)와 임의시간(t)에 의해 함수 I(x,y,t)로 표시된다.

$$I(x,y,t+\tau) = I(x-\varepsilon, y-\eta, t) \tag{1}$$

즉, 식(1)은 임의시간(t)에서 얻어진 영상은 $d=(\varepsilon,\eta)$에 의하여 원래의 영상으로부터 이동된 것을 나타내고 있으며, 특징점 추적은 $J(x)=I(x,y,t+\tau)$과 $I(x-d)=I(x-\varepsilon,y-\eta,t)$를 찾는 것이다.

노이즈(n)와 잔차함수식(식 2)에 의해 얻어지는 이동량(d)에 의해 모델식 $J(x)=I(x-d)+n(x)$이 얻어진다.

$$\varepsilon = \int_W [I(x-d)-J(x)]^2 w dx \tag{2}$$

여기서, w는 공간경중률함수이고, I(x,y)는 영상자료의 intensity, J(x,y)는 이동량에 대한 intensity이다.

2.1 이동량 벡터(displacement vector)

인접영상과 영상사이의 특징점의 추적에 있어서 초기 예상 후보지점으로부터 편위되는 크기를 이동량벡터로 예측하여 특징점을 추적하게 되는데 이 경우 이동량벡터를 계산하게 된다.

이동량벡터가 작을 경우, 영상 intensity는 Taylor series로 처리하여 근사값으로 정의할 수 있다.

$$I(x-d) = I(x) - g \cdot d \tag{3}$$

여기서, 잔차(e)는,

$$\varepsilon = \int_W [I(x)-g\cdot d - J(x)]^2 w dx = \int_W (h-g\cdot d)^2 w dx \tag{4}$$

이며, $h=I(x)-J(x)$이다.

식(4)에서 d에 대해 미분하면 식(5)가 된다.

$$\int_W (h-g\cdot d) g w dA = 0 \tag{5}$$

$(g\cdot d)g = (gg^T)d$ 이고 d는 W내에서 상수로 가정하면 다음과 같다.

$$\left(\int_W gg^T w dA\right) d = \int_W hgw dA \tag{6}$$

식(6)을 다시 정리하면,

$$G\mathrm{d} = \mathrm{e} \tag{7}$$

이다, 여기서 $G=\int_W gg^T w dA$, $\varepsilon = \int_w (I-J) g w dA$.

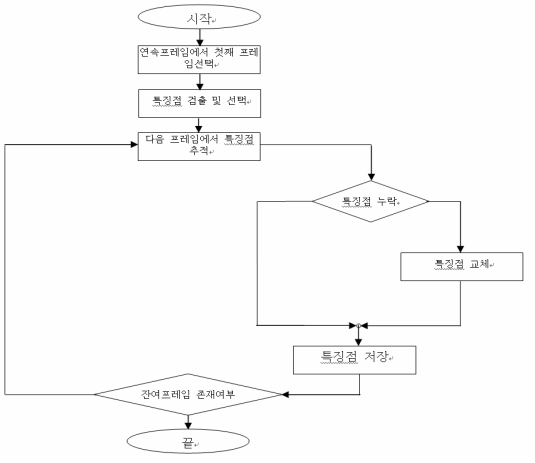


그림 1. KLT 추적자의 흐름도

KLT 추적자에 대한 자료처리과정을 흐름도로 표시하면 그림 1과 같다.

2.2 KLT 특징점 검출자

KLT검출자(detector)는 영상프레임에 있는 각각의 영상소에 대해 국소행렬(local structure matrix)을 계산하여 특징점을 검출하고, KLT에 의해 검출된 가장 좋은 특징점은 특징점 추적에 독립적으로 사용할 수 있는 모서리점으로 식(7)에 의해 검출된다.

KLT검출자 처리과정은 각각의 영상소에 대해 국소행렬을 구성하고, 행렬의 특성값 (eigenvalue)이 가장 작은 점을 찾고, 주워진 임계값과 특성값을 사용하여 예비 특징점을 순서대로 배열하며, 특성값이 임계값보다 크면 특징점 저장배열에 저장한다. 그리고, 특징점의 배열 중 상위점부터 필요한 수만큼 선정하여 최종 특징점으로 사용한다. 식(8)은 임의점(x,y)의 국소행렬식을 나타내고 있다(Lucas 등, 1981 Tomasi 등, 1991).

$$C_{KLT}=(x,y)=\begin{bmatrix}\sum\sum_x\left(\frac{\partial I}{\partial x}\right)^2 & \sum\sum_x\frac{\partial I}{\partial x}\frac{\partial I}{\partial y}\\ \sum\sum_x\frac{\partial I}{\partial x}\frac{\partial I}{\partial y} & \sum\sum_x\left(\frac{\partial I}{\partial y}\right)^2\end{bmatrix} \quad (8)$$

식(8)에 의해 계산된 특성값에 따라서 영상에 존재하는 특징점들의 형태는 모서리점, 일방향 경계선, 노이즈와 같은 형태의 모서리점으로 구분된다(Shi 등, 1994).

2.3 KLT 특징점 추적자

KLT에 의한 특징점 검출과 더불어 인접 영상프레임간의 동일점 추적이 이뤄지는데 그림 2는 특징점 추적자(tracker)에 대한 개념을 나타낸 그림이다. 즉, 첫번째 영상에서 특징점을 검출하고 검출된 특징점 중 특성값을 비교하여 신뢰성이 높은 순서로 점수를 결정한다. 이와 같이 결정된 특징점을 이용하여 인접영상에서의 초기위치를 추정하고 KLT영상피라미드 추적에 의해 동일점을 추적하며 인접영상으로 이동해 간다. 현재영상프레임과 인접영상 프레임간의 축척, 회전, 평행이동 등에 대한 변수를 고려하여 예상되는 위치에 매핑을 한 후 최종적으로 특징점을 찾아 추적을 실시한다.

특징점 추적에 있어서 추적 윈도우의 크기가 중요한 요소인데, 윈도우의 크기가 작으면 정확도를 높일 수 있고, 윈도우 크기가 크면 추적의 안정성을 확보할 수 있어서 적합한 윈도우크기 설정이 필요하다. 따라서 이러한 문제를 해결하기 위한 방안으로서 Lucas-Kanade 이동량(displacement) 계산에 영상피라미드를 적용하는 것이다.

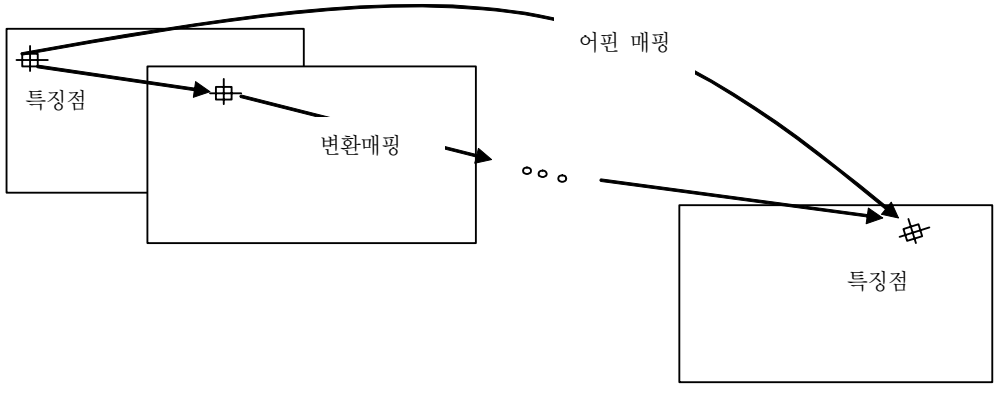


그림 2. KLT 특징점 추적

2.4 영상피라미드에 의한 KLT추적자

영상피라미드는 다해상도의 영상층으로 구성되며 원래영상을 L_0로 정의하고, 영상피라미드의 순서에 따라 L_1, L_2, …로 영상레벨을 정의한다. 따라서 L_1은 L_0로부터 계산되며 L1의 크기는 L_0의 1/2이고, 이하 레벨도 같은 원리로 계산된다. KLT 특징점 추적자에 의한 영상피라미드 처리과정은 그림 3과 같은 처리과정에 의해 수행된다. 첫번째 영상에 있는 특징점 I와 이에 상응하는 두번째 영상에서의 특징점을 J로 정의하면, I와 J의 영상피라미드 표시는 $\{I^L\}$, $\{J^L\}$이고, 여기서 L = 0, … , L_m 이다.

KLT특징점 추적자에 의한 처리시간은 컨볼루션(convolution)에 의해 발생되는데, 연속된 영상프레임을 처리할 때에는 많은 컨볼루션이 필요없다. 따라서 KLT 추적자는 이러한 측면에서 연속된 영상프레임을 처리하는데 매우 유효한 방법이다. 그림 4는 계산시간을 절약할 수 있는 KLT추적자의 처리과정을 보여주고 있다. 추적처리과정에서 첫 번째 프레임에 있는 임의 특징점은 프레임 0와 프레임 1, 프레임1과 프레임 2, 프레임 2와 프레임 3, … 순서로 연차적이고 지속적으로 추적과 저장을 실시하므로서 계산시간을 단축시킬 수 있다.

Initialization of pyramidal guess: $g^{L_m} = [0,0]^T$

for L = L_m down to 0 with step of -1

Location of feature u on image I: uL =u/2L

Derivative of I^L with respect to x and y :

$$I_x = \frac{\partial I(x,y)}{\partial x} = \frac{I^L(x+1,y) - I^L(x-1,y)}{2}$$

$$I_y = \frac{\partial I(x,y)}{\partial y} = \frac{I^L(x,y+1) - I^L(x,y-1)}{2}$$

Spatial gradient matrix: $G = \int_W gg^T w dA$

Initialization of iterative L-K: $\overline{V}^0 = [0,0]^T$

for k = 1 to K with step of 1 (or until $\|\overline{\eta}^k\| <$ accuracy threshold)

Image difference: $\partial I_k = I^L(x,y) - J^L(x + g_x^L + v_x^{k-1}, y + g_y^L + v_y^{k-1})$

Image mismatch vector:

$$\bar{b}_k = \sum_{x=p_x-w_x}^{p_x+w_x} \sum_{y=p_x-w_y}^{p_x+w_y} \begin{bmatrix} \partial I_k(x,y) & I_x(x,y) \\ \partial I_k(x,y) & I_y(x,y) \end{bmatrix}$$

Optical flow (Lucas-Kanade): $\overline{\eta}^k = G^{-1} \overline{b}_k$

Guess for next iteration: $\overline{v}^k = \overline{v}^{k-1} + \overline{\eta}^k$

end of for-loop on k

Final optical flow at level L: $d^L = \overline{v}^k$

Guess for next level L _ 1: $g^{L-1} = [g_x^{L-1} g_y^{L-1}]^T = 2(g^L + d^L)$

end of for-loop on L

Final optical flow vector: d=g^0+d^0

Location of feature point v on J: v=u+d

그림 3. KLT 영상피라미드 처리과정

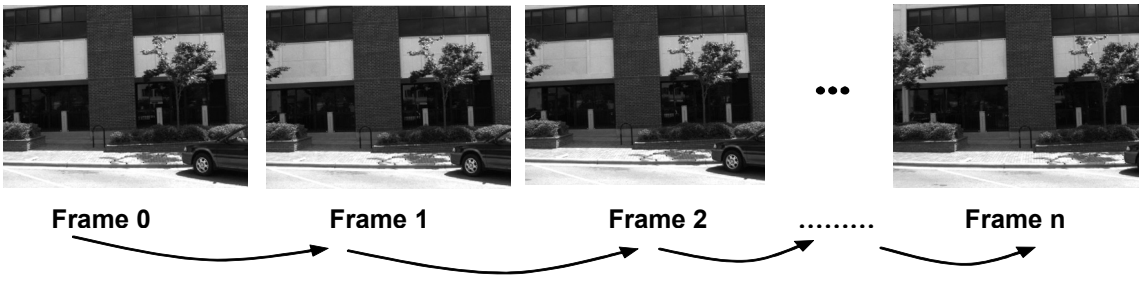
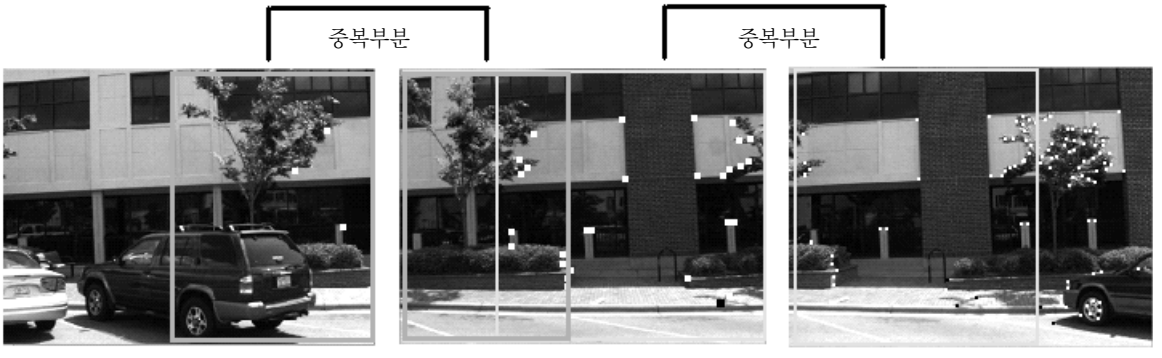


그림 4. KLT 추적자의 처리과정

a) 동영상자료(a) b) 동영상자료(b)

그림 5. 실험 동영상자료와 KLT 특징점 검출



40 번째 프레임 20 번째 프레임 첫 번째 프레임

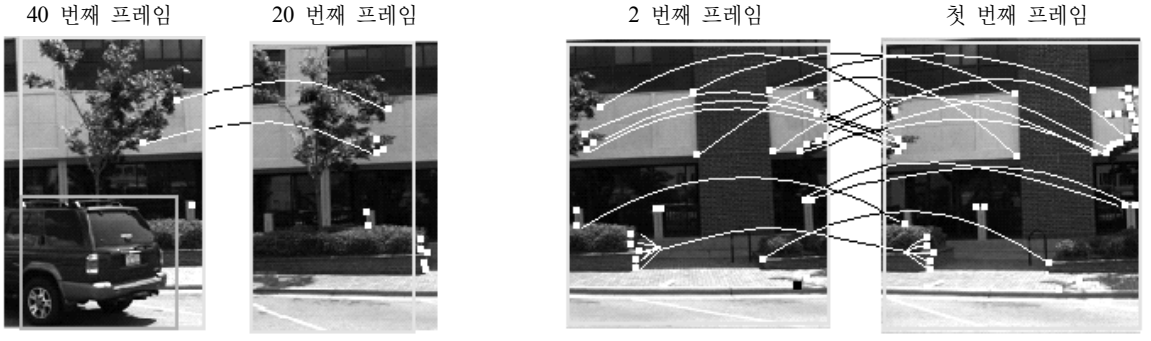
그림 6. 동영상자료(a)에서의 프레임별 중복영역과 특징점

본 연구에서는 비디오 동영상을 이용한 영상등록기술 개발을 위해서 지상에서 안정적으로 촬영된 지상 비디오 동영상(그림 5 a)과 항공 UAV에서 촬영된 동영상(그림 5 b)을 이용하여 KLT 특징점 검출과 추적에 대한 결과 분석을 실시하였다. 지상에서 촬영된 비디오 동영상은 640x480영상소 크기의 동영상자료로 촬영조건이 매우 안정적으로 촬영된 자료이며, 항공UAV에서 촬영된 동영상은 2005년 10월 31일 충남 논산지역에서 촬영된 동영상 (720x480영상소)의 일부를 발취하여 실험자료로 사용한 것으로서 UAV의 자세제어 불안정으로 인해서 흔들림이 다소 있는 영상자료이다. 이와 같이 두 종류의 자료를 채택한 이유는 KLT기법이 동영상자료의 상태에 따라 어떠한 결과를 보이는지를 분석하기 위함이다.

실험자료로 사용된 동영상들은 전체 동영상 중 100프레임을 취득하여 KLT추적자를 적용하여 결과를 분석하였다. 그림 5는 KLT특징점 검출자에 의해 첫 번째 프레임에서 검출된 특징점의 현황을 보여주고 있다. KLT특징점을 검출할 때 본 연구에서는 검출된 특징점 중 가장 특성값이 우수한 100점만을 선택하여 추적을 실시하였다. 점의 수를 더 작게 또는 더 많게 선택할 수 있으나 영상 등록이나 모자익을 수행할 때 수십점의 특징점을 이용할 목적을 두고 후보점들을 추출한다는 가정하에 우선 100점을 선정하였다.

KLT에 의한 특징점추적은 여러 프레임을 걸쳐가면서 중복지역이 변경되어가는데 이에 대한 설명으로 그림 6, 7, 8은 두 가지 동영상자료에 대한 중복지역의 변화와 프레임간의 동일점을 추적하는 과정을 나타내고 있다. 그림 6은 100개의 프레임 중 첫 번째, 20번째, 40번째 동영상에서 중복되는 영역을 표시하고 그 지역 내에서 추적된 특징점의 현황을 나타내고 있으며, 그림 7은 프레임간의 특징점 추적에 있어서 세부적인 추적과정을 나타낸 그림이다.

또한 그림 8은 100개의 프레임 중 첫 번째, 50번째, 100번째 동영상에서 추적된 특징점을 나타내고 있으며 인접한 영상간의 추적된 점들의 관계를 화살표로 표시하였다. 동일점을 추적하는데 있어서 특징점의 신뢰도를



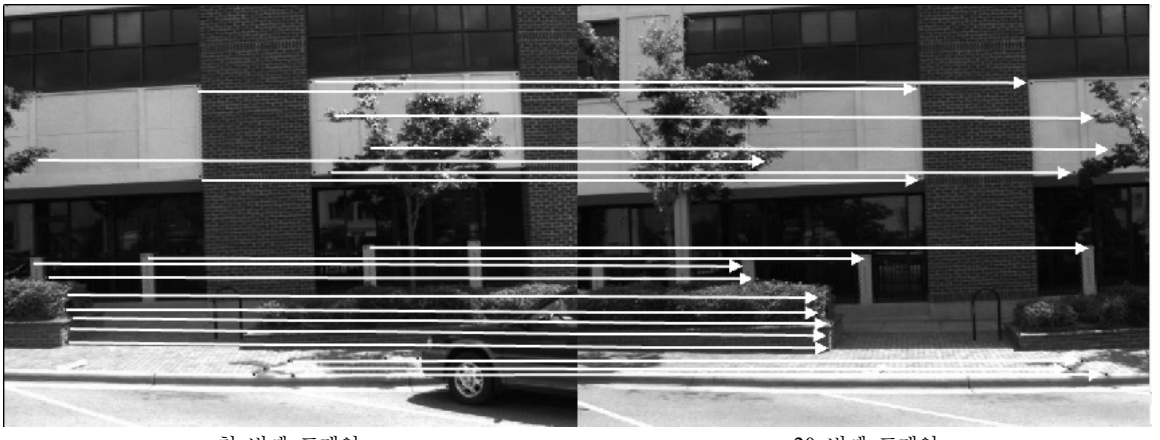


그림 7. 동영상자료(a)에서 프레임별 특징점 추적

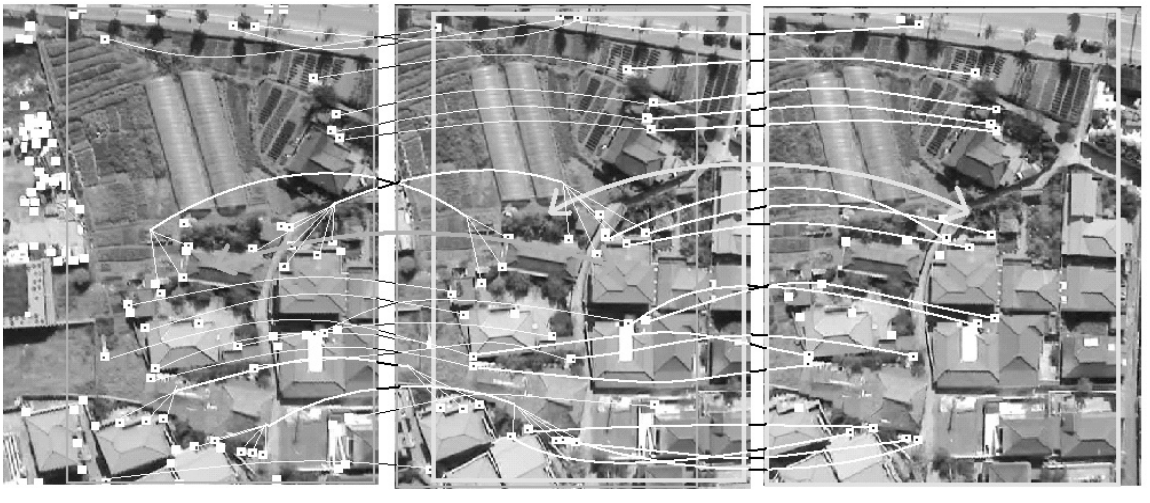
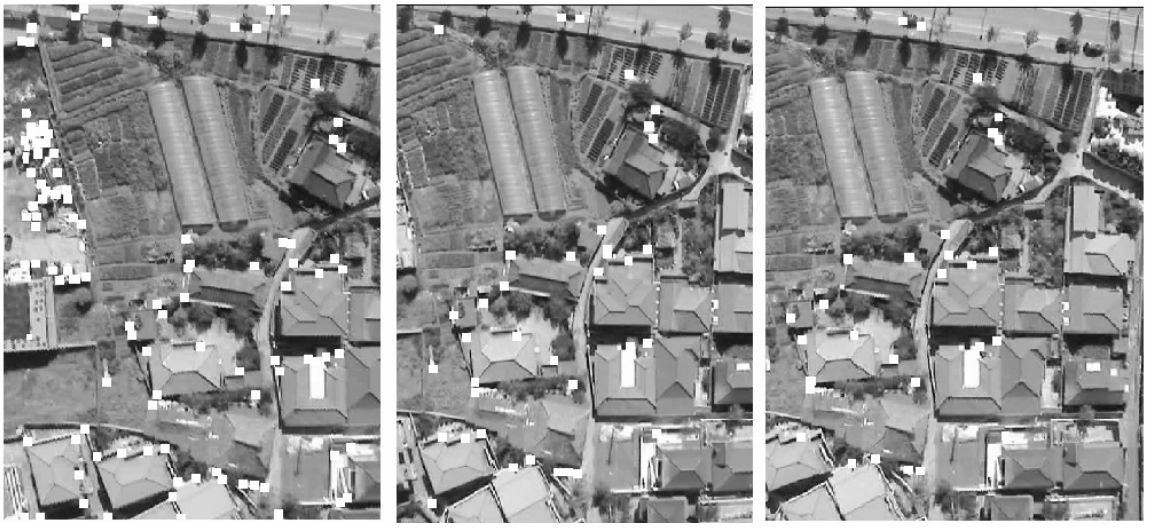


그림 8. 동영상자료(b)에서의 프레임별 특징점 검출과 추적

표 1. 프레임별 특징점의 위치와 추적결과

nFrames = 100, nFeatures = 100

feature	frame 0	1	2	3	4	5	6
0	479.0, 85.0=48027	478.3, 87.9= 0	475.9, 90.4= 0	474.7, 93.7= 0	472.4, 96.2= 0	-1.0, -1.0= -5	-1.0, -1.0= -5
1	289.0, 441.0=34295	-1.0, -1.0= -5	-1.0, -1.0= -5	-1.0, -1.0= -5	-1.0, -1.0= -5	-1.0, -1.0= -5	-1.0, -1.0= -5
2	302.0, 439.0=32237	-1.0, -1.0= -5	-1.0, -1.0= -5	-1.0, -1.0= -5	-1.0, -1.0= -5	-1.0, -1.0= -5	-1.0, -1.0= -5
3	652.0, 265.0=31318	651.2, 268.2= 0	649.2, 270.6= 0	-1.0, -1.0= -5	-1.0, -1.0= -5	-1.0, -1.0= -5	-1.0, -1.0= -5
4	197.0, 433.0=31292	196.0, 435.6= 0	193.7, 438.3= 0	192.1, 440.9= 0	-1.0, -1.0= -5	-1.0, -1.0= -5	-1.0, -1.0= -5
5	(1) (2) (3) (4) (5)	(6)	75.9, 405.7= 0	274.2, 408.1= 0	-1.0, -1.0= -5	-1.0, -1.0= -5	-1.0, -1.0= -5
6			-1.0, -1.0= -4	-1.0, -1.0= -4	-1.0, -1.0= -4	-1.0, -1.0= -4	-1.0, -1.0= -4
7	213.0, 449.0=25031	-1.0, -1.0= -4	-1.0, -1.0= -4	-1.0, -1.0= -4	-1.0, -1.0= -4	-1.0, -1.0= -4	-1.0, -1.0= -4
8	653.0, 42.0=24168	652.2, 45.1= 0	649.8, 47.8= 0	-1.0, -1.0= -5	-1.0, -1.0= -5	-1.0, -1.0= -5	-1.0, -1.0= -5
9	270.0, 426.0=23547	268.8, 428.6= 0	266.7, 431.6= 0	265.0, 434.2= 0	-1.0, -1.0= -5	-1.0, -1.0= -5	-1.0, -1.0= -5
10	213.0, 437.0=23134	211.8, 439.5= 0	209.7, 442.1= 0	208.2, 444.9= 0	-1.0, -1.0= -5	-1.0, -1.0= -5	-1.0, -1.0= -5
11	591.0, 273.0=23099	590.2, 276.3= 0	587.9, 278.6= 0	586.2, 282.5= 0	-1.0, -1.0= -5	-1.0, -1.0= -5	-1.0, -1.0= -5
12	203.0, 444.0=22330	202.0, 446.7= 0	199.7, 449.5= 0	-1.0, -1.0= -4	-1.0, -1.0= -4	-1.0, -1.0= -4	-1.0, -1.0= -4
13	381.0, 407.0=21691	-1.0, -1.0= -5	-1.0, -1.0= -5	-1.0, -1.0= -5	-1.0, -1.0= -5	-1.0, -1.0= -5	-1.0, -1.0= -5
14	249.0, 409.0=21311	247.8, 411.4= 0	245.9, 414.2= 0	244.2, 416.8= 0	242.3, 419.2= 0	-1.0, -1.0= -5	-1.0, -1.0= -5
15	211.0, 426.0=21151	209.8, 428.5= 0	207.8, 431.5= 0	206.1, 434.0= 0	-1.0, -1.0= -5	-1.0, -1.0= -5	-1.0, -1.0= -5
16	281.0, 431.0=21106	280.0, 433.6= 0	277.9, 436.4= 0	276.3, 439.0= 0	-1.0, -1.0= -5	-1.0, -1.0= -5	-1.0, -1.0= -5
17	202.0, 60.0=20788	201.1, 62.5= 0	199.1, 65.0= 0	197.9, 68.0= 0	195.9, 70.2= 0	194.8, 72.3= 0	192.5, 74.6= 0
18	300.0, 449.0=20626	-1.0, -1.0= -4	-1.0, -1.0= -4	-1.0, -1.0= -4	-1.0, -1.0= -4	-1.0, -1.0= -4	-1.0, -1.0= -4
19	403.0, 247.0=20306	402.1, 250.0= 0	399.8, 252.6= 0	398.5, 255.5= 0	396.3, 257.9= 0	394.9, 260.7= 0	392.4, 263.3= 0
20	40.0, 137.0=19756	39.9, 139.5= 0	-1.0, -1.0= -5	-1.0, -1.0= -5	-1.0, -1.0= -5	-1.0, -1.0= -5	-1.0, -1.0= -5
21	214.0, 50.0=18639	213.3, 52.5= 0	211.0, 55.5= 0	209.9, 58.0= 0	207.9, 60.3= 0	206.7, 62.5= 0	204.5, 64.7= 0
22	221.0, 416.0=18426	219.9, 418.6= 0	217.8, 421.3= 0	216.1, 424.0= 0	-1.0, -1.0= -5	-1.0, -1.0= -5	-1.0, -1.0= -5
23	469.0, 299.0=18101	467.9, 302.4= 0	465.8, 304.6= 0	464.0, 308.0= 0	461.9, 310.1= 0	460.3, 313.2= 0	458.1, 315.6= 0
24	272.0, 413.0=17891	270.7, 415.8= 0	268.7, 418.6= 0	266.9, 421.2= 0	-1.0, -1.0= -5	-1.0, -1.0= -5	-1.0, -1.0= -5
25	679.0, 254.0=17797	-1.0, -1.0= -5	-1.0, -1.0= -5	-1.0, -1.0= -5	-1.0, -1.0= -5	-1.0, -1.0= -5	-1.0, -1.0= -5
26	414.0, 282.0=16761	413.1, 284.5= 0	410.9, 287.4= 0	409.3, 290.7= 0	407.2, 292.9= 0	405.6, 295.4= 0	403.3, 297.8= 0
27	260.0, 430.0=16580	258.9, 432.7= 0	256.9, 435.4= 0	254.8, 438.2= 0	-1.0, -1.0= -5	-1.0, -1.0= -5	-1.0, -1.0= -5
28	451.0, 317.0=16535	450.1, 319.9= 0	447.8, 322.3= 0	446.0, 325.4= 0	444.0, 327.1= 0	442.0, 331.1= 0	-1.0, -1.0= -5
29	662.0, 52.0=16512	661.1, 55.2= 0	658.7, 57.8= 0	657.2, 61.8= 0	654.9, 63.8= 0	-1.0, -1.0= -5	-1.0, -1.0= -5
30	678.0, 431.0=16295	677.6, 433.9= 0	677.2, 435.6= 0	676.3, 438.5= 0	675.5, 440.2= 0	-1.0, -1.0= -4	-1.0, -1.0= -4
31	597.0, 296.0=16229	595.9, 299.2= 0	593.8, 301.7= 0	592.1, 304.7= 0	589.8, 306.6= 0	588.3, 310.3= 0	585.8, 312.2= 0
32	269.0, 401.0=16187	267.9, 403.6= 0	265.7, 406.5= 0	264.1, 409.2= 0	-1.0, -1.0= -5	-1.0, -1.0= -5	-1.0, -1.0= -5
33	231.0, 424.0=15628	229.8, 426.7= 0	227.7, 429.3= 0	226.0, 431.9= 0	-1.0, -1.0= -5	-1.0, -1.0= -5	-1.0, -1.0= -5
34	633.0, 201.0=15441	632.1, 204.0= 0	629.8, 206.7= 0	628.4, 210.1= 0	-1.0, -1.0= -5	-1.0, -1.0= -5	-1.0, -1.0= -5
35	191.0, 443.0=15341	190.0, 445.5= 0	187.8, 448.5= 0	-1.0, -1.0= -4	-1.0, -1.0= -4	-1.0, -1.0= -4	-1.0, -1.0= -4
36	170.0, 448.0=15335	168.6, 450.4= 0	-1.0, -1.0= -4	-1.0, -1.0= -4	-1.0, -1.0= -4	-1.0, -1.0= -4	-1.0, -1.0= -4
37	63.0, 447.0=15315	61.4, 449.8= 0	-1.0, -1.0= -4	-1.0, -1.0= -4	-1.0, -1.0= -4	-1.0, -1.0= -4	-1.0, -1.0= -4
38	379.0, 391.0=15250	377.8, 393.9= 0	375.9, 396.4= 0	374.0, 399.1= 0	-1.0, -1.0= -5	-1.0, -1.0= -5	-1.0, -1.0= -5
39	632.0, 235.0=15221	631.2, 237.9= 0	628.9, 240.4= 0	627.5, 244.3= 0	-1.0, -1.0= -5	-1.0, -1.0= -5	-1.0, -1.0= -5



첫 번째 프레임 50 번째 프레임 100 번째 프레임

그림 9. KLT추적자에 의한 특징점 추적 결과

나타내는 특성값의 크기를 비교하여 신뢰도가 낮거나 중복영역에 없는 경우 추적 시 누락되고 새로운 특징점을 후보로 등록하여 인접영상을 따라 계속 추적하게 된다.

표 1은 KLT에 의해 계산된 각각의 영상프레임에서의 특징점의 위치와 특성값에 대해 계산결과의 일부분을 나타낸 것이다. 표 1에서 (1)과 (2)는 프레임 0에서의 특징점의 위치좌표값(행과 열), (3)은 특성값, (4)와 (5)는 프레임 1에서의 위치좌표값(행과 열), (6)은 특징점의 추적결과를 나타내는 지표로서 0, -4, -5값을 갖는다. 0일 경우 추적이 성공적으로 이뤄진 점을 의미하며, -4는 특징점이 인접 영상간의 중복영역을 벗어나서 추적이 될 수 없는 경우를 나타내고, -5의 경우 추적점의 예상위치가

이동량에 대한 임계값을 벗어나서 위치 할 경우 추적점에서 누락된 경우를 나타내고 있다. 이와 같이 첫 번째 프레임에서 특징점을 검출한 후 이 점을 이용하여 다음 프레임에 있는 점들을 상호 비교하여 동일점을 추적하고 인접영상 프레임으로 계속하여 옮겨가며 추적한다. 이때 점이 누락될 경우 새로운 후보점을 검출하고 이를 새로 등록하여 동일한 방법으로 추적하게 된다.

그림 9는 동영상자료(b)에서 첫 번째 프레임에서100점의 특징점을 검출한 후 이들 점을 이용하여 100개의 영상 프레임에서 특징점을 추적한 결과를 보여주고 있다. 그 결과 50번째 프레임에서는 100점 중 38개의 점이 추적되었으며 100번째 프레임에서는 28개점이 추적되었다. 동영상자료(b)는 항공UAV에서 촬영된 동영상에서 추출된 100개의 프레임으로서 높은 고도에서 촬영된 관계로 동영상자료(a)에 비해 중복영역이 크게 나타나고 있어서 100번째 프레임에서도 첫 번째 프레임에 나타나는 영역이 상당수 존재하는 것으로 분석되어 동일 특징점이 많이 존재하는 것으로 평가된다. 특히 동영상자료(b)는 UAV의 자세제어 불안정으로 동영상자료간의 흔들림이 다소 큰 데도 불구하고 본 연구에서 사용한 프레임에서는 성공적으로 동일한 특징점을 효과적으로 추적되고 있음을 알 수 있었다. 따라서 영상 피라미드에 근거한 KLT 추적자는 동영상자료(b)와 같은 흔들림에 의한 영상의 회전이나 축척 등의 변화에도 안정적으로 특징점을 검출하고 추적하고 있음을 알 수 있었다. 이와 같이 추적된 특징점들은 향 후 비디오영상프레임의 자동 영상모자익생성에 변환기준점으로 사용될 후보점이 되며, 이에 대한 연구는 본 연구의 후속연구로 추진하여 영상모자익에 의한 영상지도제작에 대한 연구결과를 발표할 예정이다.

4. 결 론

지상에서 비교적 안정된 자세에서 취득된 지상 비디오 동영상자료와 항공UAV에서 불안정한 자세제어에 의해 촬영된 동영상자료를 이용하여 KLT추적자의 특징점추적에 대한 안정성을 분석한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

첫째, 영상피라미드에 의한 KLT추적자의 반복계산처리과정은 지상 및 항공 동영상자료에 특징점 검출과 추적에 있어서 안정된 결과를 보여 주었다. 특히, 자세제어가 불안정한 항공UAV 동영상자료에서도 영상프레임간의 영상등록 및 모자익에 필요한 특징점을 검출하는데 만족한 결과를 보여 주었다.

둘째, KLT 특징점 추적에 의한 영상등록방법은 비디오 및 각종 영상자료가 영상모자익에 의해 영상지도를 생성할 때 적용되고, 광범위한 지역의 환경 및 재해 모니터링 등에 활용될 경우 활용성이 증대될 것으로 예상된다. 이를 위해서 본 연구는 초기단계의 연구로서 보다 다양한 형태의 동영상자료를 추가적으로 처리하여 KLT의 안정성과 기능 개선에 대한 추가적인 연구가 이뤄져야 하며, 향 후 비디오영상의 자동 모자익에 의한 영상지도생성기술개발에 기반기술로 사용될 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구성과는 국토해양부 첨단도시기술개발사업-지능형국토정보기술혁신사업과제의 연구비 지원(과제번호 07국토정보C03)에 의해 수행된 연구결과의 일부로서 연구비지원에 깊은 감사를 드립니다.

참고문헌

1. 김성삼, 신성웅, 김의명, 유환희, “영상지도제작을 위한 항공 비디오 영상 등록”, *한국측량학회지*, 25권, 4호, pp. 279-287, 2007.
2. 유환희, 박장환, 심재현, 김성삼, “저고도촬영시스템을 이용한 영상지도 제작”, *한국지형공간 정보학회지*, Vol. 14, No. 1, pp. 37-48, 2006.
3. B. D. Lucas and T. Kanade, “An Iterative Image Registration Technique with an Application to Stereo Vision”, International Joint Conference on Artificial Intelligence, pp. 674-679, 1981.
4. C. Tomasi and T. Kanade. “Detection and Tracking of Point Features”, Carnegie Mellon University, Technical Report CMU-CS-91-132, 1991.
5. J. Shi and C. Tomasi. “Good Feature to Track”. pp. 593-600, 1994.
6. Shu Zhilong and Ruan Qiuqi, “An Image Registration Based on KLT Feature Tracker in Image Mosaicing Application”, *Proceedings of ICSP*, 2000.
7. Sukhee Ochirbat, Sangeon Park, Sungwoong Shin, Hwanhee Yoo, “Application of KLT Feature Tracker for Video Sequences Registration”, *한국측량학회 춘계학술발표회 논문집*, pp. 407-410, 2008.