

# 연속 항공 영상에서의 상대적 편이 추정에 관한 연구

황 윤 식, 이 췌 회  
서강대학교 전자공학과

## A study on the estimation of relative shift from aerial image sequences

Y. S. Hwang, K. H. Lee

Dept. of Electronic Engineering, Sogang Univ.

### Abstract

This paper addresses estimation of the relative shift vector from aerial image sequences.

We perform similarity function tests and decide the most appropriate similarity function for the visual navigation system using aerial images. Finally, we propose the maximum variance reference line selection method for reducing the estimation error of the shift vector.

### I. 서론

컴퓨터 하드웨어의 발전과 영상 처리 (image processing) 기술의 진보에 따라 실시간 처리가 가능한 영상 항법 시스템의 개발이 시도되었다[1,2]. 영상 항법 시스템이란 그림 1에서 나타낸 바와 같이 비행기에 지면을 향하도록 장착된 카메라로부터 받아 들인 연속 영상들로부터 상대적 편이 (relative shift)를 찾아내고 다른 보조 측정 장치 (auxiliary measurements)와 고도 정보 (digital elevation model, DEM)를 이용하여 지상에서의 비행기의 현재 위치를 추정해내는 시스템이다. 따라서 영상 항법 시스템의 구현을 위해서는 먼저 두 연속 영상의 상대적 편이를 정확히 빠른 시간에 찾아낼 수 있는 효율적인 image registration 알고리즘의 개발이 필수적이다.

본 연구에서는 II 장에서 일반적인 translational image registration 문제와 카메라 motion에 대한 사전 정보를 갖는 recursive image registration 문제에 대하여 생각해 보고, III 장에서 실제 연속 항공 영상을 사용하여 여러 유사

함수 (similarity function)에 대한 성능 평가 실험을 수행하였고, 마지막으로 IV 장에서 registration error를 줄이기 위하여 maximum variance를 갖는 reference line 선택 방법을 제안하였다.

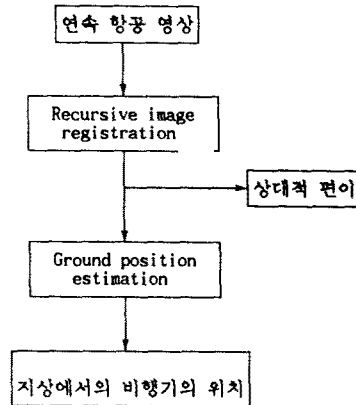


그림 1. 영상 항법 시스템 개략도

### II. Image Registration

#### 1. Translational image registration

그림 2에서와 같이 reference 영상내의 윈도우 (window)안의 영역과 가장 유사한 영역을 search 영상내에서 찾아내는 것을 image registration 이라고 한다. 이때 유사 영역을 찾기 위해 단지 search window의 이동 (translation)만을 시켜 가며 찾는것을 특히 translational image registration 이라고 말한다[3,4,5].

두 영상의 유사도는 유사함수  $f_s(w_r, w_s(p, q))$ 의 값으로 나타내며 search area 내의 각 후보점  $(p, q)$ 에 대하여 유사함수의 값이 가장 큰 점  $(p', q')$ 를 찾아 낸다. 몇가지 대표적인 유사 함수의 예를 표 1에 나타내었다.

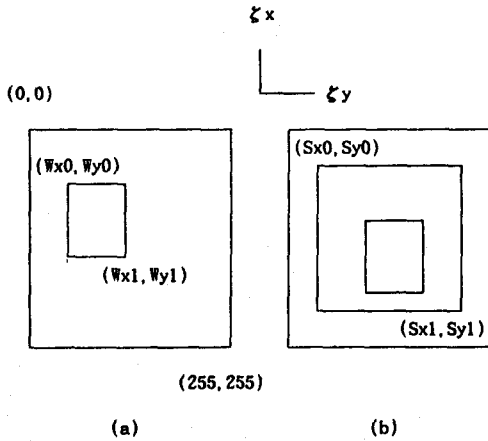


그림 2. Image registration

(a) reference 영상 (b) search 영상

표 1. 유사 함수들

이름	표현식
CC	$E[W_r W_s(p, q)]$
CV	$E[(W_r - E[W_r])(W_s(p, q) - E[W_s(p, q)])]$
NCC	$\frac{E[W_r W_s(p, q)]}{(E[W_r^2] E[W_s(p, q)^2])^{1/2}}$
NCV	$\frac{E[(W_r - E[W_r])(W_s(p, q) - E[W_s(p, q)])]}{(E[(W_r - E[W_r])^2] E[(W_s(p, q) - E[W_s(p, q)])^2])^{1/2}}$
MSD	$-E[(W_r - W_s(p, q))^2]$
MAD	$-E[ W_r - W_s(p, q) ]$
NMSD	$-E[(W_r - E[W_r] - W_s(p, q) + E[W_s(p, q)])^2]$
NMAD	$-E[ W_r - E[W_r] - W_s(p, q) + E[W_s(p, q) ]$

$$W_{x1} - W_{x0} \quad W_{y1} - W_{y0}$$

여기서,  $E[\ ] = \sum_{i=0} \sum_{j=0} [\ ] / \text{window size}$

2. Recursive image registration

카메라가 비행기에 지면을 향하도록 부착되어 날아갈 경우 카메라 motion은 비행기 motion과 일치하게 된다. 또한 비행기가 일정한 고도를 한 방향으로 날아갈 경우 카메라로부터 받아들인 두 연속 영상 사이의 시간 간격이 짧고 비행기

motion의 선형 특성 때문에 두 영상에서의 scaling과 rotation을 무시할 수 있다. 따라서 두 연속 영상에서의 상대적 편이를 찾아내면 비행기와 지상 사이의 높이 정보를 이용하여 영상에서의 상대적 편이를 지상에서의 비행기의 편이, 즉 비행기의 현재 위치를 알아 낼 수가 있다.

비행기가  $\zeta x$  축 방향으로 동속도로 날아갈 경우 영상에서 나타나는 상대적 편이  $\zeta x, \zeta y$ 는 식 (1), (2) 와 같다.

$$\zeta x = \zeta x_0 + \Delta \zeta x \tag{1}$$

$$\zeta y = \Delta \zeta y \tag{2}$$

윗식에서  $\zeta x_0$ 는 비행기가 동속도로 비행하여 나타나는 영상에서의 편이를 의미하고  $\Delta \zeta x, \Delta \zeta y$ 는 바람동의 영향에 의한 속도 변화분에 의하여 나타나는 영상에서의 편이를 나타낸다.  $\Delta \zeta x, \Delta \zeta y$ 가 유사도가 최대인 점으로의 수렴 가능 지역 이내의 변화를 보일때 gradient search방법을 사용할 수 있다[1,2]. 그러나 이 방법은 그의 하드웨어 구현이 복잡해지고  $\Delta \zeta x, \Delta \zeta y$ 가 유사도가 최대인 점으로의 수렴 가능 영역을 벗어나게 될 때 문제가 된다. 따라서  $\Delta \zeta x, \Delta \zeta y$ 의 최대 변화를 포함하는 search area를 결정하고 sequential search를 수행하는 것이 더 유리할 것이다.

비행기가  $\zeta x$  축 방향으로 날아갈 때 reference window의 형태는 두 영상의 중첩 (overlap)이 많은 방향으로 길어지고 중첩이 적은 방향으로 짧아지는 형태를 가지는 것이 바람직할 것이다. 처리 시간을 단축하기 위하여 reference window를 영상의 가운데 line 으로 정할 수 있다[1,2].

III. 여러 유사 함수들에 대한 성능 평가

본 연구에서는 그림 3에서와 같이 실제 연속 항공 사진 5장을 256 x 256 크기로 digitizing하여 실험에 사용하였고 이때 실제의 편이  $\zeta$ 를 표 2에 나타내었다.

유사 함수에 대한 성능 평가 실험은 표 1에 나타낸 유사 함수들에 대하여 IBM pc/386 상에서 수행하였다. 이때 reference window는 영상의 가운데 line으로 정하였고 search area는 잡음에 대한 영향도를 알기 위하여 영상 전체로 정하였다. 실험 결과를 표 3에 나타내었으며 NCC 와 NCV가 가장 정확히  $\zeta$ 를 찾아냄을 알 수 있었다. NCC 와 NCV

의 성능을 비교하기 위하여 reference line의 row의 위치를 31~130 까지 변화시켜 가면서  $\zeta$ 를 구하여 실제  $\zeta$ 와의 error를 계산하였다. 그림 4. (a), (b)에 항공영상 1,2에 대하여 얻은 결과를 나타내었고 표 4에 각각의 mean square error, maximum error 와 minimum error를 보였다. 표 4의 결과에서 보듯이 NCC 와 NCV의 정확도는 서로 비슷하였다. 그러나 수행 시간과 하드웨어 구현시의 복잡도를 고려할 때 NCC가 영상 항법 시스템의 유사 함수로서 적합하다는 결론을 얻었다.

표 2. 연속 영상의 실제 편이

입력 영상	실제의 상대적 편이 (pixel)	
	$\zeta_x$	$\zeta_y$
항공영상 1,2	114	14
항공영상 2,3	107	11
항공영상 3,4	106	-12
항공영상 4,5	110	8

IV. Maximum variance를 갖는 refernce line 선택

그림 4. (a), (b)에서 보듯이 reference line의 위치에 따라서 error가 변화한다. 이러한 error와 reference line의 variance가 어떠한 관계를 갖는지 알기 위하여 마찬가지로 reference line의 row 위치를 31~130 까지 변화시켜 가면서 variance를 구한 결과가 그림 4. (c)이다. 그 결과 variance가 큰 영역에서 error가 작아짐을 알 수 있었다. 최대 variance를 갖는 reference line을 선택하여 얻은 error와 단순히 영상의 가운데 line을 선택하였을 때의 error를 비교하여 표 5에 나타내었다. 그 결과 최대 variance를 갖는 reference line을 선택하는 것이 단순히 영상의 가운데 line을 선택하는 것보다 error가 작음을 알 수 있었다.

V. 결론 및 추후과제

본 연구에서는 영상 항법 시스템 구현을 위해 가장 적합한 유사 함수를 결정하였고 추정한 상대적 편이의 error를 줄이기 위하여 최대 variance를 갖는 reference line 선택 방법을 제시하였다. 앞으로 수행할 추후과제로서 좀더 많은 항공 영상을 사용하여 search area의 자동 선택문제를 해결하고 reference 영역을 단지 line으로 할 것이 아니라 직사각형 윈도우로 하여 실험해 보고 정확도/계산 시간 비가 가장 좋

은 reference window의 결정 문제가 남아 있다.

표 3. 유사 함수들에 대한 실험 결과

	영상 1,2		영상 2,3		영상 3,4		영상 4,5		time
	$\zeta_x$	$\zeta_y$	$\zeta_x$	$\zeta_y$	$\zeta_x$	$\zeta_y$	$\zeta_x$	$\zeta_y$	
CC	-127	20	-127	20	-127	-3	-127	20	32 sec
CV	108	18	128	-15	102	-13	105	7	38
NCC	109	18	107	9	102	-13	109	7	45
NCV	109	18	107	9	102	-13	-101	12	50
MSD	35	20	-6	0	15	-12	-102	12	36
MAD	35	20	-6	-19	17	-12	108	8	30
NMSD	114	9	107	9	10	7	109	7	146
NMAD	113	13	106	10	11	7	108	7	138

표 4. NCC 와 NCV의 비교

(단위 pixel)

	영상 1,2		영상 2,3		영상 3,4		영상 4,5	
	*		*		mse		max	
	mse	max	mse	max	mse	max	mse	max
NCC	2.52	9.48	1.67	2.82	2.21	28.45	1.79	5.09
NCV	2.41	7.21	1.66	2.82	2.20	28.45	1.93	8.06

\* mse : mean square error  
\* max : maximum error

표 5. maximum variance line vs center line

(단위 pixel)

	max var line error	center line error
영상 1,2	1.0	6.40
영상 2,3	2.23	2.0
영상 3,4	2.23	4.12
영상 4,5	1.41	1.41



항공영상 1



항공영상 2



항공영상 3

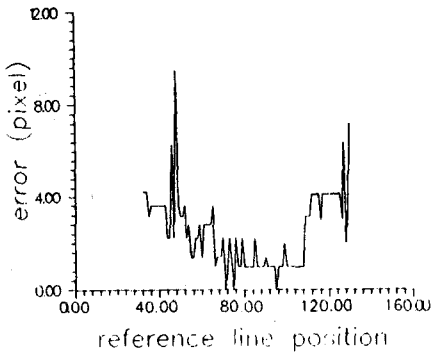


항공영상 4

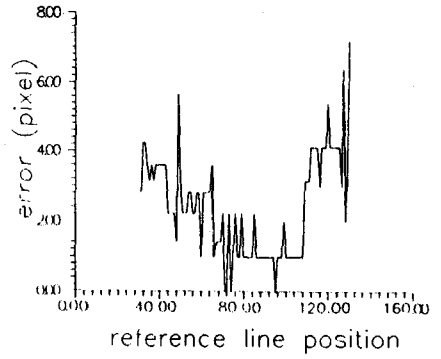


항공영상 5

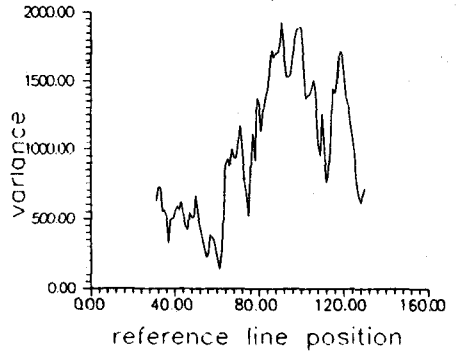
그림 3. 연속 항공 영상



(a)



(b)



(c)

그림 4. Reference line 위치 변화에 따른 error 변화와 variance 변화

(a) NCC error (b) NCV error (c) variance

참고 문헌

- [1] Shmuel J. Merhav and Yoram Bresler, "On-line vehicle motion estimation from visual terrain information," IEEE Trans. Aerosp., vol. AES-22, pp. 583-603, 1986.
- [2] Yoram Bresler and Shmuel J. Merhav, "Recursive image registration with application to motion estimation," IEEE Trans. Acoust., vol. ASSP-35, pp. 70-85, 1987.
- [3] Daniel I. Barnea and Harvey F. Silverman, "A class of algorithms for fast digital image registration," IEEE Trans. Comput., vol. C-21, pp. 179-186, 1971
- [4] J.S. Boland, L.J. Pinson and E.G. Peter, "Design of a correlator for real-time video comparisons," IEEE Trans. Aerosp., vol. AES-15, pp. 11-20, 1979.
- [5] D. R. Sullivan and J. S. Martin, "A coarse search correlation tracker for image registration," IEEE Trans. Aerosp., vol. AES-17, pp. 29-34, 1981.