

가산 투영법을 사용한 Two-Stage Template Matching

(Two-Stage Template Matching Using Integral Projection)

金 根 亨*, 朴 來 弘**

(Geun Hyung Kim and Rae Hong Park)

要 約

Registration은 화상 처리 및 pattern 인식의 중요한 분야이다. 본 논문에서는 two-stage template matching 방법의 첫단계에 가산투영 방법을 적용시켰다. 제안한 방법은 기존의 방법보다 계산시간이 약 1/10로 감소하였다. 기존의 방법은 bias가 들어간 화상에 대하여는 정확하게 template의 위치를 찾지 못하지만 이 방법은 잡음이 들어간 실화상 뿐만 아니라 bias가 있는 화상에서도 올바른 위치를 찾아낼 수 있었다.

Abstract

The registration is an important part of image processing and pattern recognition. In this paper, the integral projection method is proposed as the first stage of the two-stage template matching. The computation time of the proposed method is one-tenth of that of the two-stage template matching technique with a sub-template. This method is applied to a noisy (real) image with a different bias level and gives a correct template position, while the two-stage template matching technique with a sub-template cannot detect correctly.

I. 서 론

두 화상 사이의 상대적 위치를 결정하는 화상의 registration은 화상처리의 중요한 분야중의 하나이다. Registration은 각 화상들의 밝기의 차이와 기하학적인 차이를 제거할 뿐 아니라 두 화상 사이의 상대적 이동을 정확하게 알아내는데 사용된다. Registration은 무인 우주선의 유도 및 비행물체에서의 지상목표물 인식, 움직이는 물체의 변화를 구하는 등 여러 분야에 응용된다.⁽¹⁾

Registration의 중요한 문제는 찾고자 하는 화상을 포함한 커다란 화상인 search image 안에서 찾고자 하는 화상인 template image와의 유사성(similarity)이 가장 큰 위치를 찾는 것이다. 먼저 search image와

template image 사이의 상대적 위치를 결정하는 것에 대해서 논하면 아래와 같다.

Search image를 S라 표시하고 template image를 R이라 표시한다. S는 크기가 $L \times L$ 이고 K개의 밝기를 갖는 화소로 구성되어 있고 R은 크기가 $M \times M$ 이고 ($L > M$) S와 같은 밝기의 범위를 갖는다고 가정하자.

$$0 \leq S(i, j) \leq K-1, \quad 1 \leq i, j \leq L$$

$$0 \leq R(m, n) \leq K-1, \quad 1 \leq m, n \leq M$$

S안에서 $M \times M$ 의 크기를 갖는 화상들은 그림 1에서와 같이 화상의 왼쪽 상단의 좌표 (u, v) 로 구별된다.

$$S_{u,v}(m, n) = S(u+m-1, v+n-1), \quad 1 \leq m, n \leq M, \\ 1 \leq u, v \leq L-M+1$$

지금까지의 유사성을 계산하는 방법에는 두 화상간의 차이의 절대값⁽²⁾과 차이의 제곱을 사용하는 것⁽³⁾과 같이 오차를 최소화 하는 점을 찾는 방법과 correlation 함수를 사용하는 방법이 주로 사용되어 왔다.⁽⁴⁾ 두 방법을 살펴보면 후자의 방법이 전자의 방법들 보다

*準會員, **正會員, 西江大學校 電子工學科

(Dept. of Elec. Eng., Sokang Univ.)

接受日字: 1986年 9月 11日

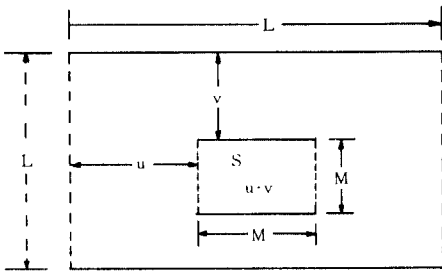


그림 1. Search 화상 및 Template 화상
Fig. 1. Search Image and Template Image.

계산시간은 더 많이 걸리지만 정확도 면에서 훨씬 좋은 결과를 얻는다.

두 화상 $R(i, j)$ 와 $S(i+u, j+v)$ 의 normalized correlation coefficient $r(u, v)$ 는

$$r(u, v) = \frac{\sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{M-1} R(i, j) S(i+u, j+v)}{\left(\sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{M-1} R(i, j)^2 \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{M-1} S(i+u, j+v)^2 \right)^{1/2}}$$

$0 \leq u, v \leq L - M$ (1)

와 같이 표시된다. 계산된 $r(u, v)$ 값중 가장 큰 값을 갖는 점 (u, v) 가 찾고자 하는 위치가 된다. S와 R에 직접 correlation 함수를 사용하는 경우 $(L-M+1)^2$ 점 모두에 대해 계산을 하여야 한다. 이렇게 많은 계산량을 줄일 목적으로 두 단계 방법(two-stage template matching)이 제안되었다.^{1,2} 첫 단계에서는 계산시간을 줄일 목적으로 template의 성질을 잃어버리지 않는 것으로 유사성을 계산한 후 계산결과가 적당한 임계값 이상이 되는 점들(template가 존재할 가능성이 높은 점들)만을 추출해 낸다. 둘째 단계에서는 앞에서 구한 점들에 대해서만 적당한 operation(예를 들면 correlation 함수 또는 차의 제곱등)을 취하여서 정확한 위치를 찾아낸다. 두 단계 방법을 사용하면 첫 단계에서 template가 존재할 것이라 예상되는 점들을 추출하여 그 점들에 대해서만 template를 사용하여 계산을 취하므로 계산시간을 줄일 수 있다. 두 단계 방법의 첫 단계에 사용된 것으로는 template의 일부분들³ 사용하는 경우와 template 보다 해상도가 낮은 화상을 사용하는 경우가 있다.⁴ 일부분을 사용하는 때는 template의 왼쪽 상단의 일부분을 택한다.⁴

본 논문에서는 첫 단계에서 계산시간을 줄이기 위해서 가산 투영법(integral projection method)을 사용하였다. 가산 투영은 수직방향과 수평방향의 두 방향에 대해서 고려하였다. 가산 투영법을 적용하여 2차원 평

면상의 분포를 1차원으로 바꿈으로써 필요한 계산량을 줄일 수 있기 때문에 계산시간을 단축할 수 있을 뿐만 아니라 잡음이 섞인 화상, 혹은 잡음이 섞여 있는 bias된 화상에서는 sub-template를 사용한 two-stage 방법에서는 올바른 template의 위치를 찾아낼 수(detect) 없었으나 평균을 이용한 변형 가산 투영법을 사용할 경우 모두 올바른 위치를 찾아낼 수 있다.

본 논문의 II장에서는 일반적인 가산 투영법에 대한 설명과 가산 투영법을 사용하였을 때의 신호에 대한 잡음의 영향이 감소됨을 보이며 기존의 template-matching 방법에 비하여 계산시간이 단축됨을 보인다. III장에서는 카메라를 통해 얻은 벽시계의 실화상(real image)에 2자, 3자 및 6자의 template를 사용하여 가산 투영법을 적용시킴으로써 각 경우에서 모두 계산시간의 단축이 생김을 보이고 IV장에서는 결론을 내렸다.

II. 가산 투영법을 이용한 Template Matching

1. 가산 투영법

가산 투영법은 화상신호가 있을 때 임의의 방향에서(예를 들면 0°, 45°, 90° 등) 투영하여 그 투영선상에서 각 화소가 갖고 있는 gray level 값을 모두 합하는 것이다. 또한 주어진 점을 중심으로 하는 원이나 사각형의 화소가 갖고 있는 값을 합하는 경우도 있다.^{1,4} 디지털 화상 f의 열(column) 성분 화소를 더하여 얻은 벡터를 수직방향의 가산 투영(vertical integral projection), 행(row) 성분 화소를 더하여 얻은 벡터를 수평방향의 가산 투영(horizontal integral projection)이라 정의하자. 예를 들면 5*5의 2차원 화상 f가

0	1	1	2	2
1	1	2	3	2
1	3	2	2	3
2	3	1	0	0
0	1	1	2	3

로 주어지고 왼쪽 하단을 기준으로 하였을 때 수직방향의 가산투영은 (4, 9, 7, 9, 10)의 1차원 array이고 수평방향의 가산 투영은 (7, 6, 11, 9, 6)이다. θ 방향의 투영은 θ 에 수직인 방향의 성분을 따라 밝기를 합하는 것으로 정의한다. 한 예로 45° 방향의 투영을 구해 보면 (0, 3, 5, 7, 6, 5, 7, 4, 2)가 된다. 수평(수직)가산 투영은 수평(수직)방향의 f의 밝기를 분포를 설명하여 주기 때문에 가산 투영법은 화상들을 구별하는데 사용될 수 있다.

2. 가산 투영법과 잡음

모든 신호는 잡음으로 오염되게 된다. 더우기 신호

는 어떤 시스템을 통과하는 과정에서 잡음을 더 얻게 된다. 그러므로 잡음을 고려하지 않은 신호를 생각한다는 것은 실제의 자연세계에서는 생각할 수 없다. 그래서 신호에 어느 정도의 잡음이 섞여있는가를 표시하는 것으로 잡음의 정도를 고려한다. 신호에 대한 잡음의 양을 표시하기 위해 신호대 잡음비(signal, to noise ratio : SNR)를 사용하고 있다. 신호대 잡음 비는 신호 전력 대 잡음전력의 비로서 신호의 순도(신호와 잡음 전력의 상대적인 값)를 나타낸다.¹⁷⁾

가산 투영법을 사용하면 사용하지 않을 때보다 신호대 잡음 비가 더 크게 된다. 즉 가산투영법을 사용하면 잡음의 영향을 줄일 수 있다. 이 관계를 설명하기 위해 잡음은 평균이 0이고 표준편차가 σ 인 Gaussian 분포를 갖고 화상 신호는 평균이 m 이고 표준편차가 σ' 인 Gaussian 분포를 갖는다고 가정하자. 즉 잡음의 확률 밀도함수 $P_n(x)$ 및 신호의 확률 밀도함수 $P_i(x)$ 는

$$P_n(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left[-\frac{x^2}{2\sigma^2}\right] \quad (2a)$$

$$P_i(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma'} \exp\left[-\frac{(x-m)^2}{2\sigma'^2}\right] \quad (2b)$$

로 주어진다. 본 논문에서는 잡음을 고려할 때 additive 한 잡음으로 가정하였다.

서로 독립적인(independent) random variable N 개를 합하여 얻은 random variable의 분산과 평균값은 각각의 분산과 평균을 합한 것이 된다. 가산 투영법도 서로 독립적인 N 개의 화소를 합하는 것이라 가정하면 가산 투영후의 분산과 평균은 투영시키지 않았을 때의 분산과 평균보다 N 배로 커진다.

가산 투영시키지 않았을 때의 신호대 잡음비와 투영시킨 후의 신호대 잡음비를 비교하기 위해 다음과 같은 가정을 사용하였다. 잡음은 평균이 0인 분포를 가지고 있고 잡음의 전력은 잡음이 평균을 중심으로 얼마만큼 넓게 분포되어 있는가를 표시하는 분산에 비례하며, 화상의 경우는 평균이 0이 아닌 값을 가지고, 또한 이 평균값이 화상의 표준편차 보다 크다고 가정하여 화상의 전력은 평균값의 제곱에 비례한다고 가정한다.

가산 투영시키지 않았을 때의 신호대 잡음 비는 화상의 평균이 m 이고 잡음의 표준편차가 σ 일때 다음과 같다.

$$(S/N) = m^2 / \sigma^2 \quad (3)$$

N 개의 화소를 가산 투영하였다면 가산 투영한 결과의 분포의 평균과 분산은 각각 N 배씩 증가한다. 가산 투영 결과 신호대 잡음비를 (S/N) 라 하면

$$(S/N)' = (N^2 * m^2) / (N * \sigma^2) = N * (S/N)$$

와 같다. 가산 투영결과 신호대 잡음비가 N 배 증가하였다. 즉 가산 투영을 하면 잡음에 덜 민감하다는 것을 알 수 있다.

3. 계산 시간의 비교

두단계 방법을 사용할 경우¹²⁾ 전체의 계산시간은 첫 단계의 계산시간과 두번째 단계의 계산시간을 합한 것이다. 두번째 단계에서는 어떠한 임계값 이상의 점들에 대해서만 correlation 함수를 적용시키기 때문에 계산시간은 첫 단계에서 얻은 임계값 이상의 후보점들의 갯수에 좌우된다. 본 논문에서는 가산 투영이 화상의 분포를 설명하여 줄 수 있으며 잡음에 대해 덜 민감하기 때문에 첫 단계에 사용하였다. 가산 투영은 여러개의 화소를 하나의 단위로 하여 1차원 array에 대해 연산을 취하는 것이기 때문에 2차원 array에 대해 correlation 결과값의 평균 M_p 와 표준편차 σ_p 를 사용하여 구하였다. 평균에 표준편차의 n 배(n 은 실수)를 한 것을 더한 값을 임계값으로 구하였다. 실험에서 n 은 $-1/1.2$ 로 하였다. 즉, 임계값 T 는 $M_p - \sigma_p/1.2$ 로 서술된다. 이러한 임계값을 사용한 이유는 sub-template를 사용한 경우의 결과는 원만하게 분포되어 있는 반면 projection을 사용한 경우의 결과는 최대값에 거의 몰려있는 분포이다. 그러므로 같은 임계값을 사용하면 후보점의 갯수는 불균형이 일어난다. 이러한 현상을 방지하기 위해 각 결과의 분포를 이용한 임계값을 구할 목적으로 위와 같은 임계값을 선택하였다. 이 결과 거의 같은 약 200개 정도의 후보점의 갯수를 얻을 수 있다.

크기가 $M * M$ 인 template를 고려할 때 M 개의 정보씩 수직성분으로 $\{V(i)\}$ ($i=1, M$), 수평성분으로 $\{H(i)\}$ ($i=1, M$)의 투영결과를 얻는다. Template를 search image 상에서 이동시켜 가면서 생기는 창(window)도 같은 수의 수직, 수평성분의 투영결과를 얻는다. 실험을 하는데 있어 가산 투영법을 사용할 때 고려대상 화소가 수평방향으로 1만큼 떨어져 있는 경우 이전의 $V(1)$ 에서부터 $V(M)$ 까지의 값중 $V(1)$ 은 사용되지 않고 $V(M+1)$ 이 첨가되어야 한다. 즉, 1만큼 이동하여도 계산에 사용된 수직성분의 가산 투영값은 M 개이다. 그러나 1위치 이동하면 고려해야 하는 것은 새로 들어온(update) 수직성분과 고려대상에서 제외된 하나의 수직성분이다. 그러므로 이러한 성질을 고려하여 computer로 수행(simulation)시키는데 있어 계산시간을 절약할 수 있다.

그림 2에는 $5 * 5$ 의 화상을 두 방향으로 가산 투영시

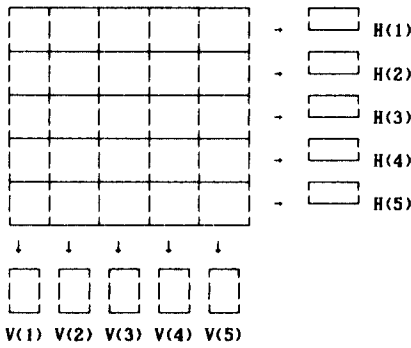


그림 2. 두 방향으로의 가산 투영
Fig. 2. Integral Projections in Two Directions.

킨 것을 나타내었다. 가산 투영시키면 이전의 25개의 화상의 정보를 10개의 정보로 감소시킬 수 있다. 본 논문에서는 읽은 수직, 수평성분의 투영결과에 correlation 함수를 적용시킴으로써 찾고자 하는 점을 찾는다. Template의 수직방향과 수평방향의 가산투영은 다음과 같이 서술된다.

$$V(j) = \sum_{i=1}^M R(i, j) \tag{4a}$$

$$H(i) = \sum_{j=1}^M R(i, j) \tag{4b}$$

화상의 가산 투영은 다음과 같이 서술된다. 여기서 철자 u와 v는 template가 search image 위에서 수직 방향으로 v만큼 수평방향으로 u만큼 이동함을 뜻한다.

$$Vv(u) = \sum_{i=1}^M S(i+u-1, v) \tag{4c}$$

$$Hu(v) = \sum_{i=1}^M S(u, i+v-1) \tag{4d}$$

위 식을 사용하여 수직, 수평성분의 correlation coefficient $r_v(u)$ 를 구하면 다음과 같다.

$$r_v(u) = \frac{\sum_{i=0}^{M-1} V(i) Vv(i+u)}{\left[\sum_{i=0}^{M-1} V(i)^2 \sum_{i=0}^{M-1} Vv(i+u)^2 \right]^{1/2}} \tag{5}$$

$$r_u(v) = \frac{\sum_{i=0}^{M-1} H(i) Hu(i+v)}{\left[\sum_{i=0}^{M-1} H(i)^2 \sum_{i=0}^{M-1} Hu(i+v)^2 \right]^{1/2}} \tag{6}$$

본 논문에서는 위에서 구한 수직성분과 수평성분의 결과의 평균값을 첫째 단계의 결과로 사용하였다. 즉 $r(u, v) = (1/2) * [r_v(u) + r_u(v)]$ 로 표시된다.

표 1에는 template를 직접 사용하였을 때와 template의 일부분을 사용하여 두단계 방법을 적용시켰을 때와 본 논문에서 제시한 가산 투영을 사용한 두단계 방법

표 1. 세가지 방법의 사용연산 수

Table 1. The Number of Operations in Direct, Sub-Template, and Projection Methods.

	직접연산		sub-template 방법 ⁽¹⁾	가산 투영 방법
덧셈	$M^2 * (L-M+1)^2$	첫단계	$K^2 * (L-K+1)^2$	$2 * M * (L-M+1)^2 + 2 * L * M + 4 * (L-M) * L + 4 * (L-M) * (L-M+1)$
		둘째 단계	$N * M^2$	$N * M^2$
곱셈	$M^2 * (L-M+1)^2$	첫단계	$K^2 * (L-K+1)^2$	$2 * M * (L-M+1)^2$
		둘째 단계	$N * M^2$	$N * M^2$

N: 임계값 이상의 점의 수, K: sub-template의 크기

에서의 사용되는 연산들의 갯수를 비교하였다. Correlation 함수의 분모항은 분자에 비해 무시할 수 있으므로⁽¹⁾ 사용되는 연산 수를 생각할 때는 분자의 계산만을 고려하였다. 계산을 하는데 고려하여야 하는 점은 template가 이동하게 되는 점의 수 $(L-M+1)^2$ 와 template 안의 점의 수 M^2 이다. 직접연산을 할 때 덧셈, 곱셈의 수는 $M^2 * (L-M+1)^2$ 개가 되고 sub-template를 사용하였을 때도 위와 같은 방법에 의해 계산할 수 있다. 본 논문에서 제안한 방법의 연산 수는 첫 단계에서 구한 후보점 수가 같다고 가정할 때 둘째 단계에서는 sub-template 방법과 같은 연산 수가 되며 곱셈의 첫 단계에서는 template를 수직, 수평방향으로 가산 투영시켰기 때문에 template에서 고려하여야 할 것은 $2 * M$ 개가 된다. 그러므로 곱셈의 연산 수는 $2 * M * (L-M+1)^2$ 가 된다. 덧셈의 경우 첫째 항은 correlation 함수에서 사용되는 덧셈수이며 둘째항은 처음에 수직, 수평가산 투영을 할 때 template 크기에 대해서만 구한 것이 아니고 전체 search 화상의 수직, 수평성분을 L개씩 구하는데 사용된 연산 수이다. 세째 항은 template의 수직성분이 수직방향으로 1만큼, 수평성분이 수평방향으로 1만큼 이동되었을 때 새롭게 연산되어지는 수이다. 네째항은 template가 수직으로 1만큼 이동할 때 수평성분의 가산 투영값의 변화와 수평으로 1만큼 이동할 때 수직성분의 가산 투영값의 변화에 사용되는 연산 수이다. 한 예로 L이 128이고 M이 20이고 K가 15일때 첫 단계에서 사용되는 연산들의 수를 구해보면 sub-template 방법을 사용하였을 때는 덧셈과 곱셈 연산이 2,924,100번 수행한다. 가산투영법을 사용하였을 때는 덧셈은 582,744번 수행되고 곱셈은 475,240번 수행된다. 덧셈의 경우 1/5배 정도의 계산연산과 곱셈의 경우 1/6 정도의 연산 수의 감

소를 보였다. 본 논문에서는 Cyber 170-825computer를 사용하여 계산시간이 1/ 10로 감소함을 보였다. 또한 임계값 이상의 점의 수가 200개가 된다고 할 때 두 번째 단계의 연산 수는 sub-template 방법이나 가산 투영법이나 80,000번 수행하게 된다. 직접연산을 하는 경우에는 연산수는 4,752,400번의 덧셈과 곱셈 연산이 행하여 진다. 가장 연산수가 적은 가산 투영방법이 계산시간이 적게 걸린다는 것을 예상할 수 있다.

4. 변형 가산 투영법

Template matching을 할 때 search image와 template를 다른 카메라로 추출했거나 서로 다른 시간에 얻었다면 화상의 밝기가 서로 다르게 될 것이다. 즉 두 화상이 갖고 있는 빛의 밝기의 범위가 달라진다. Search image의 빛의 밝기의 평균값이 template의 빛의 밝기의 평균보다 b만큼 증가된다. 본 논문에서는 화소의 밝기가 일정하게 b만큼 증가한 특별한 경우에 대하여 고려하였다. Bias 걸린 화상의 빛의 밝기 $W_{u,v}(m, n)$ 는 bias되지 않은 화상의 빛의 밝기 $S_{u,v}(m, n)$ 와의 관계는 다음과 같이 서술된다.

$$W_{u,v}(m, n) = S_{u,v}(m, n) + b, \quad 1 \leq m, n \leq M \quad (7)$$

Template와 같은 크기의 창(window) 내의 빛의 밝기 $W_{u,v}(m, n)$ 의 지역평균(local mean)을 W_m 이라 하고 $S_{u,v}(m, n)$ 의 평균을 S_m 이라 가정하자. W_m 은 S_m 보다 b만큼 차이가 난다. 즉 $W_m = S_m + b$ 가 된다. 본 논문에서는 이러한 관계를 이용하여 창의 각 화소와 평균의 차이를 사용하여 correlation coefficient를 구하였다.

$$W_{u,v}(m, n) - W_m = [S_{u,v}(m, n) + b] - (S_m + b) = S_{u,v}(m, n) - S_m \quad (8)$$

즉 앞서의 방법에 $S_{u,v}(m, n)$ 대신 $S_{u,v}(m, n) - S_m$ 을 대입하여 이것을 가산 투영시켜 후보점을 찾는 변형 가산 투영법을 고려할 수 있다. 이 방법은 가산 투영법에 적용시킬 때도 계산과정이 중복되는 것이 많아 이러한 중복을 모두 제거시키므로 계산량을 줄일 수 있다.

III. 실험 및 결과

본 논문에서는 두 방향만의 가산 투영법을 두단계 방법의 첫째 단계에 적용시켰다. 실험에 사용된 화상은 128*128의 격자이며 사용된 template는 20*20의 크기를 갖는 2자, 3자, 6자로 하였다. 2자의 위치는 (92, 38)이고 3의 위치는 (99, 55)이고 6의 위치는 (58, 98)이다.

그림 3의 (a)는 무잡음의 128*128의 격자이며 (b)

는 2자, 3자, 6자의 20*20의 template이다. (c)는 random number generator를 사용하여 표준편차가 15이고 gaussian 분포를 갖는 잡음이 섞인 화상이며 (d)는 표준편차가 20인 잡음이, (e)는 표준편차가 25인 잡음이 섞인 화상이다.

표 2는 search 화상인 시계화상에서 2자, 3자, 6자의 상대적인 위치를 찾을 때의 결과를 보였다. 표준편차가 15, 20인 것과 23이나 25인 잡음이 화상에 섞여



그림 3 (a). Search 화상
Fig. 3 (a). Search Image.



그림 3 (b). 3 개의 template 화상
Fig. 3 (b). 3 Template images.



그림 3 (c). 표준편차 15인 잡음이 첨가된 화상
Fig. 3 (c). Search Image plus Noise. ($\sigma=15$)



그림 3 (d). 표준편차 20인 잡음이 첨가된 화상
Fig. 3 (d). Search Image plus Noise. ($\sigma=20$)



그림 3 (e). 표준편차 25인 잡음이 첨가된 화상
Fig. 3 (e). Search Image plus Noise. ($\sigma=25$)

표 2. 실험결과

Table 2. Result of Simulation in noisy image.

잡 음	sub-template를 사용한 방법	가산 투영법
0	1 (1.0000) th : 0.9864	1 (1.0000) th : 0.9978
15	1 (0.9759) th : 0.9457	1 (0.9759) th : 0.9684
20	1 (0.9357) th : 0.9148	1 (0.9983) th : 0.9891
23	15 (0.9264) th : 0.9089	10 (0.9951) th : 0.9874

(a) watch 2.

잡 음	sub-template를 사용한 방법	가산 투영법
0	1 (1.0000) th : 0.9853	1 (1.0000) th : 0.9932
15	1 (0.9789) th : 0.9523	1 (0.9984) th : 0.9815
20	1 (0.9349) th : 0.9045	1 (0.9992) th : 0.9864
25	찾지못함 th : 0.8939	찾지못함 th : 0.9726

(b) watch 6.

잡 음	sub-template를 사용한 방법	가산 투영법
0	1 (1.0000) th : 0.9746	1 (1.0000) th : 0.9957
15	후보점에 포함안됨 th : 0.9693	1 (0.9985) th : 0.9856
20	찾지못함 th : 0.9529	찾지못함 th : 0.9735
25	찾지못함 th : 0.9489	찾지못함 th : 0.9698

(c) watch 3.

있는 경우와 잡음이 들어가지 않는 화상에 대한 결과를 보여 준다. 두번째 단계에서 찾은 최종적인 위치가 첫째 단계에서의 계산결과와 후보점 중에서 어느 순위(rank)에 해당하는가를 표시했으며 괄호안에는 계산결과(correlation coefficient)도 표시했다. 임계값은 th로 표시하였다. 표 2와 표 3에서 보듯이 평균을 사용한 변형 가산 투영법과 다른 방법의 계산결과가 차이가 나는 것은 평균을 이용한 방법의 결과값의 범위는 -1에서 +1까지이고 다른 방법의 결과의 범위는 0에서 1까지이기 때문이다. 15*15의 sub-template를

표 3. Bias된 화상의 실험결과

Table 3. Results of Simulation of a Biased, Noisy Image.

잡 음	sub-template 방법	변형 가산 투영법
0	찾지못함 th : 0.9789	1 (1.0000) th : 0.5291
15	찾지못함 th : 0.9634	76 (0.5877) th : 0.5029
20	찾지못함 th : 0.9596	144 (0.5214) th : 0.4891
23	찾지못함 th : 0.9572	215 (0.4809) th : 0.4577

(a) watch 2.

잡 음	sub-template 방법	변형 가산 투영법
0	찾지못함 th : 0.9875	1 (1.0000) th : 0.5872
15	찾지못함 th : 0.9746	53 (0.6990) th : 0.5586
20	찾지못함 th : 0.9632	74 (0.6582) th : 0.5330
25	찾지못함 th : 0.9486	102 (0.4831) th : 0.4157

(b) watch 6

잡 음	sub-template 방법	변형 가산 투영법
0	찾지못함 th : 0.9892	1 (1.0000) th : 0.4972
15	찾지못함 th : 0.9749	41 (0.5855) th : 0.4479
20	찾지못함 th : 0.9535	51 (0.5391) th : 0.4135
25	찾지못함 th : 0.9256	91 (0.4881) th : 0.4026

(c) watch 3.

이용할 때는 계산시간이 약 150초 정도 걸린다. 반면 가산 투영법에 의한 경우는 계산시간이 약 15초 정도 걸린다.

표 3은 잡음이 없고 bias가 10인 화상과 잡음이 섞인 bias있는 화상에 대한 sub-template 방법과 II-4절에서 언급한 바 있는 평균을 고려한 변형 가산 투영법을 적용시켰을 때의 결과를 보여 주고 있다. 이 경우 평균을 고려한 변형 가산 투영법은 계산시간이 약 20초 정도 걸렸다. 결과에서 볼 수 있듯이 다른 방법을 화상에 그대로 적용시킨 방법에서는 위치를 찾아내지 못하였으나 평균을 사용한 변형 가산 투영방법에서는 정확한 위치를 찾아낼 수 있었다.

시간 결과를 보면 가산 투영법이 sub-template를 이용한 경우보다 약 1/10로 시간의 감축을 얻을 수 있다. 결과를 보아 알 수 있듯이 계산의 정확도도 더 좋은 것을 알 수 있다. 계산시간을 줄이기 위해 sub-template의 크기를 15*15 보다 작게 할 때는 정확도가 상당히 떨어진다. 한 예로 크기가 10*10인 경우의 결과를 보면 계산시간은 약 75초 정도 걸리지만 10*10의 sub-template는 20*20의 template의 일부분이며 다른 부분과 유사한 점이 많이 생겨 올바른 유사점을 찾을 수 없었다. 두가지 방법의 첫 단계와 두번째 단계에서의 계산시간은 sub-template를 사용하였을 때는 첫번째 단계에서는 150초가 걸렸고 두번째 단계에서는 후보점의 갯수가 약 200개 정도일 때 약 20초 정도의 시간이 걸렸다. 표 2에서 가산 투영법에서는 찾았으나 sub-template 방법으로는 찾지 못한 것은 찾고자하는 점의 값이 임계값보다 작아서 후보점으로 선택되지 않은 것이고 순위가 상당히 많이 떨어지기 때문에 후보점으로 선택되어도 원래의 template를 사용하는 것에 비해 커다란 시간의 단축을 얻을 수 없는 경우이다. 가산 투영법이나 sub-template 방법 모두 찾지 못한 경우는 잡음의 영향 때문에 correlation 함수로서는 찾고자 하는 위치를 못찾는 경우에 속한다.

가산 투영법을 적용시켰을 때도 후보점의 갯수가 약 200정도가 되었다. Watch 3의 경우는 sub-template를 사용한 방법에서는 전혀 찾아내지 못하였고 가산 투영법에서는 잡음이 적게 들어갔을 때는 찾을 수 있었다. 3자가 있는 위치가 임계값 이상의 값을 가지고 있는데도 불구하고 찾아낼 수 없었던 것은 잡음이 많이 섞여서 8자와 비슷하여 두번째 단계에서의 계산결과가 8자가 있는 곳에서 큰 값을 가지기 때문이다. Bias가 걸려있는 화상에 대해서는 기존의 방법을 사용하였을 때 전혀 올바른 template의 위치를 찾아내지 못하였으나 지역적인 평균을 사용하여 변형 가산 투영법을 적

용시킨 경우에는 잡음이 섞여있고 bias도 걸려있는 화상에 대해서도 올바른 template 위치를 찾아낼 수 있었다. 여기서의 실험은 평균이 0이고 표준편차가 15, 20, 23, 25인 Gaussian 분포를 갖는 잡음을 원화상에 더한 후 수행하였다. 임계값은 표 3에 표시하였다.

IV. 결 론

본 논문에서는 가산 투영법을 두 단계 template matching 방법의 첫 단계에 적용시켰으로써 sub-template 방법을 사용한 방법보다 계산시간을 약 1/10 정도로 계산시간을 줄일 수 있었다. 또한 이 알고리즘은 가산 투영시켜 첫단계에 적용시키므로 잡음에 대해 덜 민감하며 밝기의 차이가 일정하게 나타날 때에도 bias 차를 고려한 변형 가산 투영법을 적용시켜서 기존의 sub-template를 사용한 two-stage template matching 방법으로는 찾을 수가 없는 template의 위치를 정확하게 찾을 수 있음을 simulation을 통해 보였다.

參 考 文 獻

- [1] H. Mostafavi and F.W. smith, "Image correlation with geometric distortion Part I: Acquisition performance", *IEEE Trans. Aerospace and Electronic Systems*, vol. AES-14, no. 3, pp. 487-493, May., 1978.
- [2] G.J. Vanderburg and A. Rosenfeld, "Two stage template matching", *IEEE Trans. Comput.*, vol. C-26, no. 4, pp. 384-393, Apr. 1977.
- [3] W.K. Pratt, "Digital Image Processing," Wiley & Sons, pp. 561-566, 1978.
- [4] A. Goshtasby, S.H. Gage and J.F. Barthoic, "A two-stage cross correlation approach to template matching", *IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell.*, vol. PAMI-6, no. 3, pp. 374-378, May 1984.
- [5] A. Rosenfeld and G.J. Vanderburg, "Coarse-fine template matching", *IEEE Trans. Syst., Man, Cybern.*, vol. SMC-7, no. 2, pp. 104-107, Feb. 1977.
- [6] A. Rosenfeld and A.C. Kak, "Digital picture processing," *Academic Press*, vol. 2, pp. 290-294, 1982.
- [7] A. Bruce Carlson, "Communication systems," *McGraw-Hill*, second ed., pp 138-140, pp. 180-187, 1986.*