

최소고유치로 분할된 영상의 영역기반 유사도를 이용한 목표추적

An Approach to Target Tracking Using Region-Based Similarity of the Image Segmented by Least-Eigenvalue

오 홍 균, 손 용 준, 장 동 식, 김 문 화

(Hong-Gyun Oh, Yong-Jun Sohn, Dong-Sik Jang, and Mun-Hwa Kim)

Abstract : The main problems of computational complexity in object tracking are definition of objects, segmentations and identifications in non-structured environments with erratic movements and collisions of objects. The object's information as a region that corresponds to objects without discriminating among objects are considered. This paper describes the algorithm that, automatically and efficiently, recognizes and keeps tracks of interest-regions selected by users in video or camera image sequences. The block-based feature matching method is used for the region tracking. This matching process considers only dominant feature points such as corners and curved-edges without requiring a pre-defined model of objects. Experimental results show that the proposed method provides above 96% precision for correct region matching and real-time process even when the objects undergo scaling and 3-dimensional movements in successive image sequences.

Keywords : block-based feature matching, interest-regions, dominant feature points

I. 서론

고도의 발전상을 보이고 있는 컴퓨터/통신 기술은 기존의 텍스트 위주의 데이터에서 음성 및 영상 데이터까지 다양하게 적용되고 있으며, 인간의 뇌기능을 모방한 제6세대 컴퓨터(신경망 컴퓨터)시대의 도래까지 가능하게 하고 있다. 그리고 신경망 컴퓨터가 인간의 두뇌를 모방하려는 것이라면 인간에게 가장 많은 정보의 근원인 시각기능을 빼놓을 수 없다. 이러한 맥락에서 컴퓨터 비전 시스템에 대한 수요와 영상처리 응용분야는 지속적인 성장이 있을 것으로 생각된다. 하지만 영상데이터를 적용하는 데 장애로 대두되고 있는 문제중의 하나로써, 데이터의 양적인 문제와 계산속도가 있으며, 이러한 장애를 극복하기 위한 노력으로 디지털 컴퓨터 및 각종 컴퓨터기술이 많은 발전을 거듭해왔다. 그 결과로 정보·통신·의료·산업·군사무기체계분야 등에서 영상정보의 활용 폭을 넓힐 수 있었으며, 분야를 막론하고 컴퓨터 비전의 응용을 쉽게 확인할 수 있다.

본 논문에서는 유도미사일의 추적신호 감지부에 장치된 카메라에 의한 입력영상을 가정하고, 획득된 영상의 분할영역기반 특징정보(Block-based feature)를 이용한 목표추적을 제안하고자 한다.

현대전에 등장한 유도무기체계 중에서 공대지/지대지 유도무기는 컴퓨터 비전의 활용도가 상당한 수준에 달한다. 그 이유는 고정된 표적이나 비행경로의 영상정보를 이용한 영상대조 방식/지형대조 방식을 적용함으로써 비교적 간단한 영상처리로 목표 및 경로를 식별할 수 있을 뿐 아니라, 목표

의 인식/식별 및 제어과정에서 무기 통제사의 적극적인 개입이 가능하기 때문이라고 할 수 있다. 이에 반하여, 공대공 유도무기체계에서의 활용도는 미약한 상황이며, 그 이유는 무장의 운영환경에 따른 고려사항(목표의 불규칙적인 운동, 급격한 조명변화 등)과 자동화의 복잡한 과정에서 비롯되는 실행시간의 문제로 볼 수 있다.

논문의 목적은 영상을 이용한 목표추적 시스템에서 우선적으로 전제되어야 할 실시간의 연산·처리를 구현하는 것이다. 이를 위하여 입력영상의 명암 패턴을 최소고유치(Least-eigenvalue)로 표현하고, 선별함으로써 고려대상(특징영역)을 축소하고, 대상물체의 다양한 운동과 카메라의 불규칙한 포커스 변화에서 야기되는 회전, 크기, 조명의 변화 등을 효과적으로 반영하기 위하여 대상물체의 정보를 영역기반으로 표현한다.

II. 기존연구

영상내의 물체추적에 대한 방법적인 측면에서 다양한 연구가 진행되어 왔으며, 추적기법의 부류는 크게 광류흐름을 이용하는 기법(Optical Flow Techniques)과 특징치 추적 기법(Feature Matching Techniques)으로 구분할 수 있다.

광류흐름 기법은 움직임 분석을 기반으로 하며[1]-[3], 광범위하게 사용되고 있지만 잡음에 민감하여 정확도에 미치는 영향이 클 뿐만 아니라, 광류흐름 생성단계에서 움직임 가정(Object motion assumption: maximum velocity, small acceleration, common motion, mutual correspondence)을 적용하는 것이 일반적이며[1], 매우 복잡한 과정이 요구된다. 특히 독립적으로 움직이는 몇 개의 물체를 동시에 추적할 경우에 물체의 중첩이 어김없이 일어나는 상황에서는 더욱 그렇다. 그 이유는 영상에서 몇몇 물체의 일부 혹은 전체가 사라짐으로써 발생하는 대상 물체의 궤적오차를 극복해야 하기 때문이다.

접수일자 : 2001. 8. 14., 수정완료 : 2002. 1. 28.

오홍균 : 공군강릉비행단(ohhong@korea.ac.kr)

손용준, 장동식 : 고려대학교 산업시스템공학과(marksohn@korea.ac.kr/jang@korea.ac.kr)

김문화 : 고려대학교 정보통신기술연구소(munhwa@lore.ac.kr)

반면, 특징치 추적 기법은 잡음에 덜 민감하면서도 적용 강도를 유동적으로 조절 할 수 있다[4]-[6]. 하지만 물체가 다수개의 특징치로 표현되었다고 할 때, 특징치간의 관계(기하학적 위치, 정보의 일관성 등)에는 많은 제약이 포함되어야 한다. 특히, 특징치의 산출 대상이 단일화소인가, 여러 화소를 조합한 표현인가에 따라서 정확도와 복잡성에 미치는 영향이 크다.

III. 목표인식을 위한 영상변환

본 논문에서는 영역기반의 특징치 추적을 적용하고 있으며, 관심대상물체를 추출하는데 있어 물체와 배경의 가장 뚜렷한 변화부분인 경계를 이용할 것이며, 사용되는 데이터로는 단위 영역에 대한 명암변화의 최소고유치를 이용하고, 이를 통해 실시간의 연산을 시도한다.

1. 전처리 과정

영상의 전처리는 영상의 질을 개선하거나 영상을 특정한 응용 목적에 알맞도록 변환하는 과정으로, 본 논문에서는 잡음 제거를 위한 필터링을 전처리 과정으로 한다. 잡음제거는 특정 화소값에 의한 의존도를 줄이기 위하여 평활화 필터를 사용하는 것이 일반적이며, 논문에서는 3×3의 4방위 평균 필터마스크를 적용하고 있다.

2. 최소고유치(Least-eigenvalue)를 이용한 특징점 추출

관심대상인 물체의 경계영역에 해당하는 주요 특징점(Dominant feature points)을 추출하는 과정으로, 최소고유치는 영상을 구성하는 모든 화소에 대하여 구해지며, 해당화소와 인접하는 특정 범위의 영역기반 표현이라고 할 수 있다[4]. 그 영역의 범위는 윈도우(Window)의 폭(Width, Wv)과 높이(Height, Hv)를 화소의 개수로써 표현하며 논문에서는 7×7화소들의 블록으로 정의했다. 윈도우의 행과 열 방향의 명도 변화량을 Dr, Dc라고 할 때, 해당 윈도우의 총 변화량을 다음의 식(1~3)을 통해서 G로 표현한다[4].

$$G = \begin{bmatrix} G_{11} & G_{12} \\ G_{21} & G_{22} \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$G_{11} = \sum_{i=0}^{Hv-1} \sum_{j=0}^{Wv-1} D_r(i, j)^2, \quad G_{22} = \sum_{i=0}^{Hv-1} \sum_{j=0}^{Wv-1} D_c(i, j)^2 \quad (2)$$

$$G_{12} = G_{21} = \sum_{i=0}^{Hv-1} \sum_{j=0}^{Wv-1} D_r(i, j) D_c(i, j). \quad (3)$$

2×2 행렬 G에 대한 고유치(Eigenvalue)를 (4)를 통해 구한다.

$$\lambda_m^2 + (G_{11} + G_{22})\lambda_m + (G_{11}G_{22} - G_{12}^2) = 0 \quad (4)$$

λ_m 에 대한 2차식의 해 중에서 작은 값을 해당 윈도우의 최소고유치로 정의한다.

그림 1은 샘플영상의 최소고유치 분포를 보여준다. (a)는 비교적 완만한 형태의 경계를 갖는 영상으로 경계의 방향 변화가 큰 부분에서 두드러진 값을 나타내고 경계의 접합부에

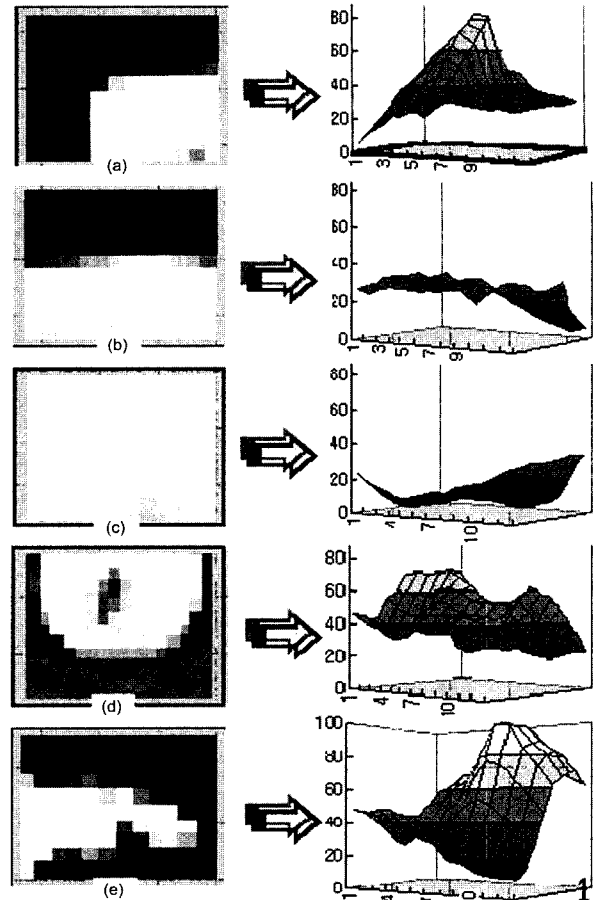


그림 1. 최소고유치의 분포 특성.
Fig. 1. Characteristics of least eigenvalue.

서 최대값을 나타낼 것으로 유추 할 수 있다. (b)는 단일 방향의 경계이며 주위의 값들과 비교할 때 두드러진 값을 보이지 않는다. 물체(Object)를 폐곡선의 영역으로 표현한다고 할 때, 이런 점들은 꼭지점 사이를 경유하는 정도의 의미일 뿐이다. 따라서 이러한 영역을 고려대상에서 제외시킨다는 것은 실행시간의 측면에서 유리하다. (c)는 화소간의 변화가 없는 영역의 일부이다. 물체의 일부이거나 배경의 일부이다. 분포특성을 볼 때 이러한 영역 또한 제외대상이다. (d)는 점(Spots)과 외곽의 경계를 비교할 수 있는 예로써 주목할 것은 소수의 화소로 구성된 잡음의 가능성이 있는 점은 경계와 비교할 때 특별한 의미를 가지지 못한다. (e)는 비교적 예리한 경계를 나타내는 샘플이다. 주위 값과의 대비정도나 값의 크기에서 현저하게 두드러짐을 볼 수 있다.

위의 분포특성은 구현하고자하는 공대공 유도무기체계의 추적상황을 가정한 영상에 대한 추적알고리즘에서 관심대상 목표가 항공기를 비롯한 공중의 목표임을 고려할 때, 유리하게 반영될 수 있다. 즉, 배경과 물체간의 명암대비가 비교적 명확하고 물체의 경계가 예리하다는 것이 장점으로 작용할 수 있다는 것이다.

따라서, (5)에서는 계산된 최소고유치에 임계값을 적용함으로써 물체의 경계가능성이 있는 부분만을 취하고, 영상을 고정된 블록으로 분할하여 각 블록을 대표할 수 있는 최대값(Local Maxima)을 갖는 화소만을 선택한다.

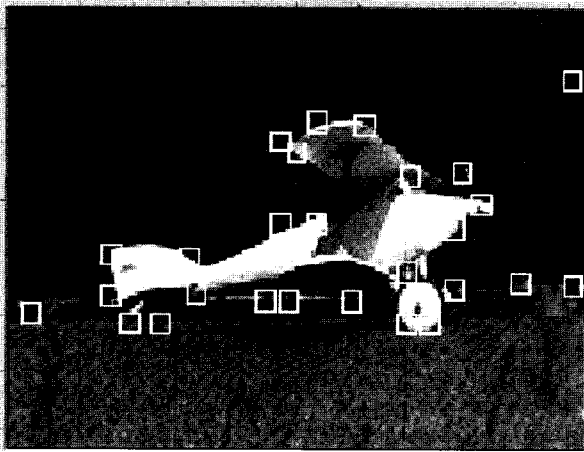


그림 2. 특징영역 추출 결과.
Fig. 2. Feature point extraction result.



그림 3. 잡음제거 적용 효과.
Fig. 3. Effect of noise-removal.

$$\lambda_m(i_M, j_M) = \max_{(i,j) \in E_s} \{ \lambda_m(i,j) \} \quad (5)$$

$$\lambda_m(i_M, j_M) \geq \lambda_{\min}$$

여기서, E_s 는 최대치를 추출하기 위한 지역적인 범위로서 15×15 화소 원도우의 항상 고정된 위치에서의 겹치지 않는 블록의 개념이다. 예를 들면, 해상도 352×240 의 영상에서는 $368(23 \times 16)$ 개의 각 블록에서 최대가 되는 최소고유치가 임계값(λ_{\min})을 만족하는 경우만을 선별한다. 그리고 그 중심 화소(i_M, j_M)를 특징점이라 하고 관계된 15×15 의 블록을 특징영역이라고 정의한다.

위에서 정의된 특징영역이 구체적으로 관심대상 물체의 일부라고 단언 할 수는 없지만, 영상에 포함된 물체의 경계 부분에 해당된다고 할 수 있으며, 연산의 범위를 획기적으로 줄일 수 있는 과정이다.

그림 2는 특징영역의 추출결과 영상으로 대부분의 특징영역으로 나타나는 영역이 물체의 경계에 해당하는 부분임을 알 수 있다. 그림 3은 전처리 과정에서 잡음제거의 수행 여부에 따른 효과를 보여준다.

IV. 영역기반의 목표 표현

영상 데이터의 속성변화(영상 자체 혹은 조명변화)가 크고 급진적일 경우, 그리고 물체의 크기, 형태, 밝기의 변화 특히, 물체간의 중첩이 일반적인 경우에 물체 개별정보의 분할·활용을 위한 연산의 복잡성(Computational complexity)은 매우 크게 나타날 것이며 실행시간의 결과로 나타날 것이

다[7][8].

본 논문에서는 물체를 개별적으로 구별하는 과정에서 비롯되는 실행시간 측면에서의 단점을 보완하기 위하여 하나 또는 그 이상의 물체가 포함된 영역의 정보로서 물체의 정보를 대신하고자 한다. 그리고 이후부터는 이 영역을 관심영역(Interest-region)으로 정의한다.

1. 관심영역의 정의 및 표현

그림 4(a, c)는 물체기반의 표현이며, 그림 4(b, d)는 영역기반의 표현이다.

(c)를 (a)로부터 얼마 간격이후의 프레임이라 할 때, A'는 A의 크기변화를 나타내고 B'는 B의 위치, 형태, 크기, 밝기 변화와 더불어 다른 물체와의 중첩으로 정보의 큰 변화를 나타내고 있으며 C'는 C의 회전 변화와 밝기의 변화가 있음을 나타내고 있다. 물체기반의 표현에서 A', C'는 비교적 단순한 변형으로 물체간의 매칭을 위한 제약식 구성에 큰 어려움이 없을 것으로 보인다. 하지만 B'의 경우는 복잡한 변형과 중첩에 의한 정보의 왜곡이 크다. 이 경우를 만족하는 제약식 구성은 상당히 복잡할 뿐 아니라 많은 고려사항을 포함해야 한다. 따라서 물체기반 추적에서의 이런 복잡성 때문에 (b)에서처럼 A, B, C가 관심의 대상이라면 모두를 포함하는 외접하는 사각의 영역으로 그 관심대상의 정보를 대신하고자 하는 것이다(개별 물체의 경우도 동일함). (b)와 (d)의 관계를 예로 한다면 (b)에서 설정된 영역 R(A, B, C를 포함)의 정보를 기반으로 이후의 프레임 (d)에서 영역 R'(A', B', C'를 포함)의 결과를 도출할 수 있는 특징정보를 추출해야 한다.

다음은 위에서 제시한 물체의 영역기반 표현 목적에 부합 되도록 관심영역의 정보를 표현하는 방법에 대해서 설명한다.

2. 관심영역의 정보 표현

관심영역의 정보는 크게 영역의 기하학적 정보와 영역이 담고있는 내용정보로 표현한다.

영역의 기하학적 정보는 영역의 크기정보와 위치정보로 표현하며, 영역의 크기는 영역의 높이와 폭으로 하고 크기

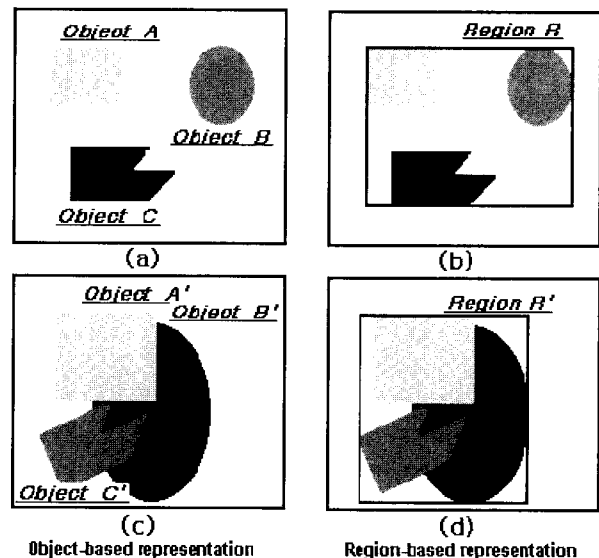


그림 4. 물체기반/ 영역기반의 정보표현.
Fig. 4. Object-based/ Region-based description.

의 정도는 화소의 개수로 나타내며, 영역의 위치 정보는 영역의 중심좌표로 한다.

영역의 내용정보는 영역의 명도 패턴과 색도 패턴으로 표현한다. 먼저 명도 패턴은 일반적인 명도 산출식인 (6)을 이용하여 그레이 값(Grey value)을 구한 다음, 영역 범위에서 그레이 값에 대한 출현 확률(즉, 히스토그램의 정규화 값)로 나타낸다.

$$Grey\ value = \frac{1}{3}(R + G + B) \quad (6)$$

다음은 영역의 색도 패턴으로 (7)을 이용하여 색도 값(Hue value)을 구하고, 그 값의 출현 확률(히스토그램의 정규화 값)로써 나타낸다.

$$Hue\ value = \arctan\left(\frac{\sqrt{3}(G - B)}{(R - G) + (R - B)}\right) \quad (7)$$

색도 값에 의한 색상표현은 영상의 특성을 고려할 때, 조명변화 및 관점의 변화를 효과적으로 극복할 수 있는 컬러모델을 적용해야 한다. 논문에서는 (7)과 같이 제안하였고, 그 근거는 Gevers와 Shafer가 제안한 반사모델(Reflection model)이다[9][10].

그리고 내용정보의 표현에 있어서 프레임간의 상관성을 높이기 위해서 명도는 26, 색상은 36 단계로 양자화한 값으로 표현하였다.

V. 영역기반의 추적 알고리즘

이 장에서는 결정된 관심영역을 초기모델(R(i))로 정의하고, 연속하는 프레임에서 영역의 추적과정은 초기모델에 부합하는 관심영역(R(i+1))을 제정의하고 관심영역(R(i+1))을 기반으로 새로운 관심영역(R(i+2))을 결정(그림 5)하는 과정으로 한다[4]-[6].

그림 6은 추적모형으로 추적알고리즘은 영상의 새로운 입력부터 새로운 관심영역의 결정까지 다섯 단계로 구분하며, 단계별 세부설명은 다음과 같다.

- Step 1: 영상의 전처리 과정으로 잡음을 제거한다.
- Step 2: 영상의 분할 구간 표현 과정으로써 프레임간의 영역 상관성을 높이고자 하는 것이 목적이다. 양자화간격을 크게 함으로써 미세한 변화를 극복하고자하며 실험을 통

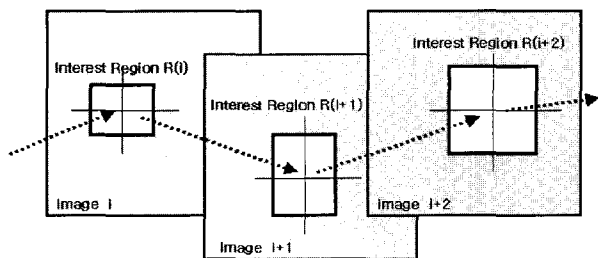


그림 5. 관심영역의 추적 과정.
Fig. 5. Interest-region tracking process.

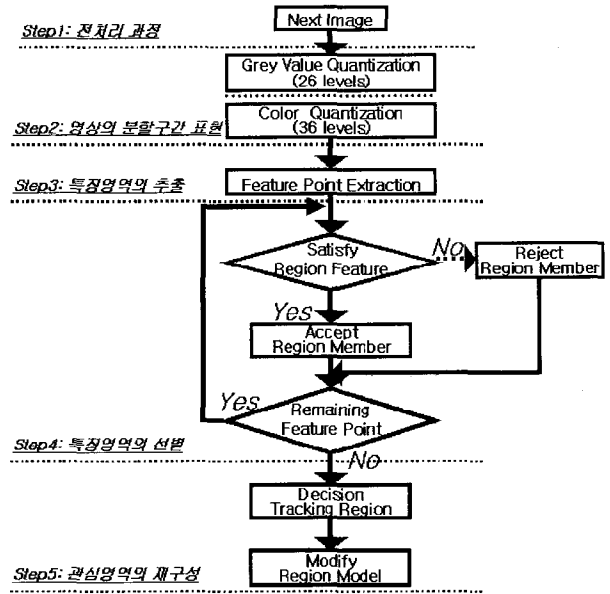


그림 6. 관심영역의 추적 모형.
Fig. 6. Interest-region tracking model.

하여 결정했다.

Step 3 : 인접화소간의 명도변화량에 대한 최소고유치를 산출하고, 임계값을 적용하고 고정된 블록의 범위에서 최대 값만을 취한다. 이는 물체의 경계에 해당하는 부분에서 나타나는 최소고유치의 특성을 반영하는 부분이다. 그림 7(c)는 추출결과이다.

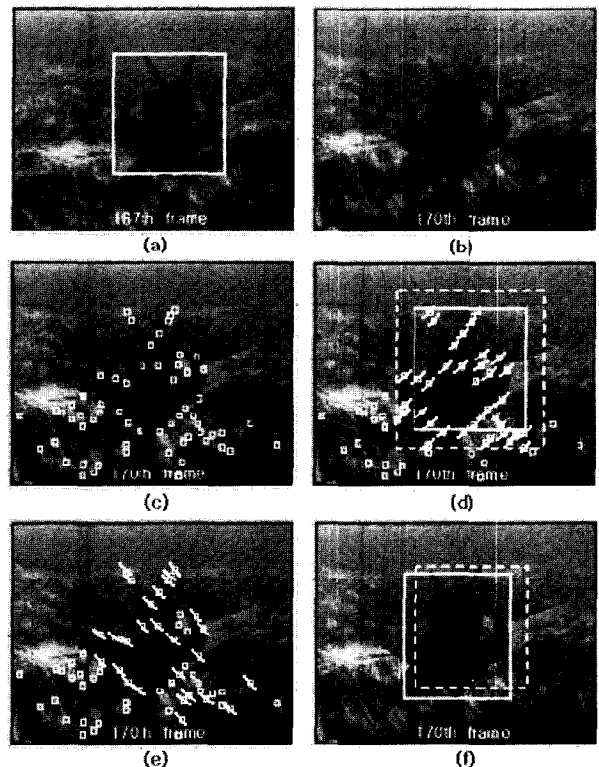


그림 7. 단계별 알고리즘 적용 예.
Fig. 7. Applied-algorithm example.

Step 4: 이 과정에서는 영역유사도의 임계값을 적용하여 새로운 관심영역을 구성할 특징영역만을 선별한다. 그림 7(d)에서 점선의 영역은 관심영역의 기하학적 정보에 근거한 확장가능 범위이며, 왼쪽사선으로 표시된 특징영역은 기하학적 제약을 만족하는 영역이다. 그리고 영역의 내용정보 유사도는 이전프레임의 관심영역정보인 명도·색도 값의 히스토그램(prevPg·prevPh)과 추출된 특징영역의 히스토그램(currentPg, currentPh)과의 교집합(Intersection)으로 하고 임계값을 적용하여 특징영역을 선별한다. 그림 7(e)의 우측 사선으로 표시된 특징영역은 유사도 임계값을 만족하는 것만을 표시한 것이다.

Step 5: 선별한 특징영역을 기반으로 새로운 관심영역을 정의하고 정보를 갱신하는 과정이다. 기하학적인 정보는 선별된 특징영역을 모두 포함하는 사각의 영역으로 하고, 영역의 내용정보는 이전 관심영역의 내용정보와 아울러 현재의 새로운 관심영역의 내용 정보를 반영할 수 있도록 (8)을 적용한다. 그림 7(f)에서 점선의 사각영역은 이전 프레임에서의 관심영역이며, 실선의 사각영역은 현재 프레임에서 새로이 결정된 관심영역이다.

$$Pg = wt \times currentPg + (1 - wt) \times prevPg, \quad 0 \leq wt \leq 1 \quad (8)$$

$$Ph = wt \times currentPh + (1 - wt) \times prevPh, \quad 0 \leq wt \leq 1$$

VI. 실험 및 결과분석

1. 실험환경

본 논문에서 제안한 목표추적 알고리즘의 성능을 평가하기 위해 Windows 98, Pentium III, 256 RAM PC를 사용하여 실험하였다. VC++을 이용하여 프로그램 하였고 사용자 인터페이스환경은 그림 8과 같다.

2. 실험 및 성능 분석

실험데이터영상은 3차원 공간을 기동하는 전투기의 MPEG 동영상 3개를 이용하였다. 초당 30프레임으로 인코딩 되었으며, 물체의 외형 변화가 급진적이면서 규칙성이 적고 태양의 위치, 관점에 따라서 화소의 색상 및 밝기에 영향을 미치는 그림자 영역의 변화가 큰 것이 특징이다.

성능분석은 일반적으로, 대상물체의 실제경로와 추적의 결과 경로를 비교하는 것이 일반적[4][6]이나, 본 논문에서는 대상물체를 중심으로 획득된 비디오 영상을 실험데이터로 사용하기 때문에 변별력을 가지지 못한다. 따라서, 제시한 알고리즘의 성능은 설정된 영역을 기반으로 연속된 프레임에서 특징영역의 검출 비율을 나타내는 (9)의 매치율(Match-rate)과 특징영역이 이전의 관심영역과 부합되는 정도를 (10)의 정확도(Precision)로써 그리고, 실행시간(Operation time: 프레임 당 연산 시간)을 계산하였다. N_{TOTAL} 은 전체 프레임 수, $N_{MATCHED}$ 는 특징영역이 존재하는 프레임의 수, $N_{CORRECT}$ 는 특징영역이 관심영역과 부합되는 매칭이 이루어진 프레임의 수, N_{FALSE} 는 잘못된 매칭이 이루어진 프레임 수를 나타낸다.

$$Match-rate = \frac{N_{MATCHED}}{N_{TOTAL}} \quad (9)$$

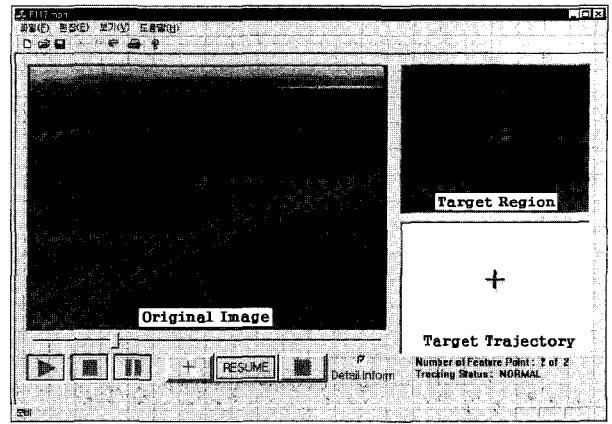


그림 8. 사용자 인터페이스.
Fig. 8. GUI(Graphic User Interface).

표 1. 실험데이터와 실험결과.

Table 1. Experimental results with video sources.

			Matched		Non-matched	Match-rate	Precision	Operation Time (sec/frame)	Objective Total frame (# of frame)
			Correct	False					
MIG29.mpg	프레임 간격	프레임 수	5087	0	14	0.99	1.00	0.02228	5101 (2' 50')
		비율	0.99	0.0	0.01				
	3	비율	0.98	0.01	0.01	0.99	0.99	0.02372	
F16.mpg	프레임 간격	프레임 수	6824	231	27	0.99	0.96	0.02261	7082 (3' 56')
		비율	0.96	0.03	0.003				
	3	비율	0.97	0.02	0.003	0.99	0.97	0.02269	
F117.mpg	프레임 간격	프레임 수	1528	21	208	0.88	0.98	0.02287	1757 (1' 00')
		비율	0.87	0.01	0.12				
	3	비율	0.84	0.01	0.15	0.85	0.98	0.02239	

$$Precision = \frac{N_{CORRECT}}{N_{CORRECT} + N_{FALSE}} \quad (10)$$

영상에서 비교적 배경과 물체의 구분이 명확한 Test_MIG29.mpg의 경우는 최소고유치에 의해 추출된 특징영역이 단일 물체인 항공기에서 주로 나타나기 때문에 특징영역이 존재하는 프레임 모두가 부합하는 매칭을 나타냈다. 하지만, 비교적 선명한 비행운이 있는 Test_F16.mpg의 경우, 비행운이 물체의 일부로 인식되거나 비행운으로 인해 물체(항공기)의 식별이 불가능한 프레임에서는 그림 9와 같이 잘못된 매칭의 결과를 확인했다. 특히, 장면전환을 포함하고 있는 F117.mpg의 결과에서는 물체인 항공기 고유의 정보만으로 0.98의 정확도를 보였으며, 일시적인 부정확한 추적 프레임이후에도 이전의 관심영역이나 물체의 정보를 이용하여 추적이 가능함을 볼 수 있었다.

실행시간에 대한 관련연구([4]: 영상을 이용(Image matching)한 로봇(ROMEO-3R) 제어시스템)에서는 C40 parallel processing system을 이용하여 영상획득, 영상처리 그리고 로봇 제어의 프로세스를 독립적으로 수행하고 있으며, 논문과 관



그림 9. 영역매칭의 오류 예.
Fig. 9. False-matching examples.

련된 영상처리에 소요되는 시간을 0.16~0.20sec/frame으로 제시하고 있으며, 주로 특징점간의 형태유사도(Shape similarity)를 반영하고 있다. 그리고 시스템에서 요구되는 경로를 지연 없이 반영함을 실시간 실행성능(Real-time performance)으로 제시하고 있다.

논문에서 제안한 알고리즘은 형태유사도 대신 최소고유치를 이용한 특징점추출과 영역기반 내용정보를 반영하여 실행시간을 0.023sec/frame 이하로 단축하는 효과를 얻을 수 있었다. 이로써 [4]와 동일한 조건을 가정한 경우의 실시간 실행성능뿐 아니라, 논문의 환경에서 영상입력간격이 0.033sec/frame임을 감안할 때, 데이터의 입·출력과 상호 독립적인 연산을 가정한다면, 현재의 프레임에 대한 연산의 결과를 다음 프레임의 입력 전에 반영할 수 있다는 결과를 도출할 수 있다. 그리고 정확도를 유지하면서 영상처리 프레임의 간격을 유동적으로 조절(표 1)할 수 있다는 것 또한 실시간의 실행성능을 뒷받침하고 있다.

VII. 결론 및 향후 연구과제

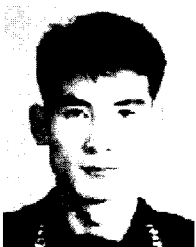
논문에서는 화소단위의 연산을 수행하면서 연산의 대상 화소를 줄이는 방법으로 명도변화 패턴을 최소고유치로 표현하고 선별함으로써 연산의 고려대상을 획기적으로 축소시킬 수 있었으며, 영역기반의 정보표현을 통하여 물체의 크기변화 및 3차원의 복잡한 변형을 효과적으로 극복할 수 있었다. 그리고 실험에서는 제시한 데이터 영상에 대한 결과(정확도: 0.96 이상, 실행시간: 입력 기준의 연산·처리 가능)를 통하여 효과와 효율성을 확인할 수 있었다.

향후 과제는 물체 기반의 추적알고리즘으로 발전시키는 것이다. 제안된 알고리즘에서는 물체 혹은 물체의 일부를 포함하는 사각의 영역을 관심영역으로 정의하고 그 영역의 명암정보와 색상정보만을 다루고 있다. 하지만 물체의 세부정보를 파악할 수 없기 때문에 물체의 식별(적·야 구분)이 요구되는 시스템에서는 추적정보로서 독자적인 사용이 불가능하다는 것을 예상할 수 있다. 따라서 물체를 식별할 수 있는 고유 형태 등의 특징정보를 추출하고 적용하기 위해서는

물체 단위의 정보파악이 선행되어야 하며, 컴퓨터비전의 응용분야 및 수요, 그리고 발전추세가 지능형의 시스템을 요구하는 측면에서 당연한 결론이라고 판단된다.

참고문헌

- [1] Milan Sonka, Valav Hlavac, and Roger Boyle, *Image Processing, Analysis, and Machine Vision*, 1998.
- [2] A. K. Chhabra, "Real-time computation of optical flow along contours of significant intensity change," *Real-Time Imaging* 3, pp. 87-99, 1997.
- [3] J. Konrad and E. Dubois, "Bayesian estimation of motion vector fields," *IEEE Trans on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 14, no. 9, pp. 910-927, 1992.
- [4] J. Ferruz and A. Ollero, "Real-time feature matching in image sequences for non-structured environments. applications to vehicle guidance," *Journal of Intelligent and Robotic Systems* 28, pp. 85-123, 2000.
- [5] S. Krishnan and D. Raviv, "2D feature tracking algorithm for motion analysis," *Pattern Recognition*, vol. 28, no. 8, pp. 1103-1126, 1995.
- [6] H. T. Tsui, S. H. Kong, and C. W. Chan, "Feature tracking from an image sequence using affine invariance and hough transform," *Intelligent Robots and Computer Vision XV, SPIE's Photonics East '96*, 1996.
- [7] S. Sista and R. L. Kashyap, "Unsupervised video segmentation and object tracking," *Computer in Industry* 42, pp. 127-146, 2000.
- [8] D. Murray and A. Basu, "Motion tracking with an active camera," *IEEE Trans on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 16, no. 5, pp. 449-459, 1994.
- [9] T. Gevers and A. W. M. Smeulders, "Content-based image retrieval by viewpoint-invariant color indexing," *Image and Vision Computing* 17, pp. 475-488, 1999.
- [10] S. A. Shafer, "Using color to separate reflection components," *COLOR Research Application*, vol. 10, no. 4, pp. 210-218, 1985.



오 홍 균

1970년 3월 18일생. 1993년 공군사관학교 항공공학과 졸업. 2000~현재 고려대학교 산업시스템정보공학과 석사과정. 관심분야는 컴퓨터비전, 자동화시스템, 제어이론.



손 용 준

1957년 7월 7일생. 1980년 서울대학교 자원공학과 졸업. 동대학 산업공학과 석사(1983). 텍사스 A&M 산업공학 박사과정 수료(1988). 1999~현재 고려대학교 산업시스템정보공학과 박사과정. 관심분야는 스케줄링, 자동화 시스템, 컴퓨터비전.



장 동 식

1956년 12월 16일생. 1979년 고려대학교 산업공학과 졸업. 텍사스 주립대 산업공학 석사(1985). 텍사스 A&M 산업공학 박사(1988). 1989~현재 고려대학교 산업시스템정보공학과 교수. 관심분야는 컴퓨터비전, 멀티미디어시스템, 로봇비전.



김 문 화

1959년 8월 15일생. 1982년 고려대학교 산업공학과 졸업. 고려대학교 산업공학석사(1982). 고려대학교 산업공학 박사(2000). 2000~현재 고려대학교 정보통신기술연구소 교수. 관심분야는 멀티미디어 시스템, 내용기반 영상검색, 컴퓨터비전.