

적외선 및 가시광선의 센서 융합시스템의 개발¹⁾

김대원*, 김모곤*, 남동환*, 정순기*, 임순재**

Development of a Sensor Fusion System for Visible Ray and Infrared¹⁾

Dae Won Kim*, Mo Gon Kim*, Dong Hwan Nam*, Soon Ki Jung* and Soon Jae Lim**

요 약

적외선 센서는 대상 물체의 열 분포를 감지할 수 있고, 그것으로부터 얻은 영상은 물체 내부의 결함과 그 물체 표면의 이물질 등의 효과가 모두 포함된 상태이므로 적외선 열 화상 자체만으로는 비정상적인 부분들을 찾아내기 어렵다. 따라서 본 논문에서는 적외선 센서로부터 얻은 영상을 가시화하는 방법으로 가시광선 영상과의 중첩 방법을 제시한다. 이를 위해서 평행이동 관계에 있는 두 가시광선 영상으로부터 열 화상에 대응하는 보간 영상을 생성하고, 이것을 적외선 센서에 의해 감지된 온도를 매핑한 열 화상과 중첩시킨다. 본 논문에서 제안한 가시화 기법은 적외선 센서의 특성을 최대한 고려할 수 있기 때문에 재해방지를 위한 비파괴 검사 등에 쓰여질 수 있다.

Abstract

Every object emits some energy from its surface. The emission energy forms surface heat distribution which we can capture by using an infrared thermal imager. The infrared thermal image may include valuable information regarding to the subsurface anomaly of the object. Since a thermal image reflects surface clutter and subsurface anomaly, we have difficulty in extracting the information on the subsurface anomaly only with thermal images taken under a wavelength. Thus, we use visible wavelength images of the object surface to remove exterior clutter. We, therefore in this paper, visualize the infrared image for overlaying it with a visible wavelength image. First, we make an interpolated image from two ordinary images taken from both sides of an infrared sensor. Next, we overlay the intermediate image with an infrared image taken from the infrared camera. The technique suggested in this paper can be utilized for analyzing the infrared images on non-destructive inspection against disaster and for safety.

1. 서 론

적외선 센서에 의해 획득할 수 있는 열 화상은 대상

물체의 열 분포에 의한 특징을 검출할 수 있기 때문에 군사적 용도와 비행시의 관측 용도로 사용될 뿐만 아니라, 각종 재해방지를 위한 목적에도 사용된다. 예를 들면, 건축물, 구조물, 도로 등은 수시로 안정성에 대한 평가 및 세밀한 시험 또는 평가·점검이 필요하다. 이를 위해서는 신속하고 정확한 점검 방법이 요구되는데 특히 그 대상물들을 파괴·변형 또는 접촉하지 않고 행해져야 한다는 조건은 매우 중요하다.

* 경북대학교 컴퓨터공학과 가상현실연구실 (VR Lab., Dept. of Computer Engineering, Kyungpook Nat'l Univ.)

** 한국표준과학연구원 계측공학연구그룹(Instrumentation Lab., Korea Research Institute of Standards and Science)

<접수일자 : 1999년 9월 30일>

적외선의 방사 파장대는 가시광선과 마이크로파 사이의 $0.75\mu\text{m}$ 에서 $1000\mu\text{m}$ 파장대에 있는 전자기파이다. 이렇게 넓은 파장대에 있는 적외선을 검출하기 위해 광선 변환 장치(photodiodes), 광전도 검출기(photoconductive detector), 광기전 검출기(photovoltaic detector), 초전기 검출기(pyroelectric detector) 그리고 이러한 것들이 합쳐진 검출기 등이 있다^[1].

특히, 주파수 대역에 따른 적외선 센서는 근적외선 센서와 원적외선 센서가 있다. 원적외선 센서는 상온에서 방출되는 적외선의 검출이 용이하고, 근적외선 센서는 상온보다 훨씬 높은 온도에서 방출되는 적외선을 검출하는데 용이하다. 따라서, 두 센서의 감지할 수 있는 온도의 범위가 다르기 때문에 두 적외선 센서를 융합하여 물체의 내부 상태를 파악하는데 이용될 수 있다^{[2][3]}.

그러나 물체에 대한 열 화상은 적외선 카메라에 의해 쉽게 얻어질 수 있지만, 열 화상만으로는 사람이 인지하기에는 다소 어려움이 있다. 이것은 가시 광선 영상을 참조함으로써 열 화상은 비로소 사람이 인지할 수 있는 형태로 나타나게 된다. 본 논문에서는 적외선 열 화상을 가시광선 영상과 동시에 보여줌으로써 적외선 열 화상 시스템의 효율성을 극대화한다.

적외선 열화상과 가시광선 영상간의 정합 방법은 크게 세 가지로 나눌 수 있다. 첫째는 적외선 열 화상 스캐너의 광축(optical axis)과 가시광선 카메라의 광축을 정렬시키기 위해 반투명(적외선필터-특정 적외선 주파수의 파장만을 투과)필터를 이용하여 하드웨어적으로 정합 하는 방법이다. 이 방법은 단지 영상의 크기와 왜곡 함수만을 구함으로써 임의의 3차원 대상 물체에 대한 영상에 대해서 쉽게 정합이 가능하다. 그러나 특정 적외선 주파수의 파장만을 투과시키면서 가시광선은 거의 완벽하게 반사시키는 재질을 갖는 필터를 구하기가 쉽지 않다는 단점이 있다.

둘째는 수작업에 의한 정합 방법이 있다. 이 방법은 적외선 열 화상 스캐너로부터 입력된 영상으로부터 미리 정해진 표시점을 구하고, 이와 정합 되는 가시광선 영상에서의 점을 구하여 정합 하는 방법이다. 이를 위하여 대상 물체 혹은 카메라와의 상대적인 배치가 변화될 때마다 사용자가 특정 표시점을 사용하여 카메라 조정(calibration) 작업을 수행해야 한다. 물론 특정 표시점 가시광선 영상뿐만 아니라 적외선 열 화상에서도 쉽게 추출 가능한 장치를 사용하여야 한다. 정합 알고

리즘이 간단하기 때문에 쉽게 구현된다는 장점은 있지만, 대상 물체가 평면을 이룬다는 가정 하에 정합이 되므로 중첩 결과는 정확하지 않다는 단점이 있다.

마지막으로 본 논문에서 제안하는 시점 보간법(view interpolation method)을 이용하여 정합하는 방법이 있다. 이 방법은 중앙에 적외선 열 화상 스캐너를 두고 양쪽에 두 개의 가시광선 카메라를 둔다. 두 가시광선 영상으로부터 열 화상 스캐너의 위치에서 측정되는 가시광선 영상을 시점 보간법에 의해 구하고, 구해진 보간 영상과 열 화상을 사용하여 대상 물체의 위치와 모양에 상관없이 정확하게 중첩시킬 수 있다는 장점이 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 적외선 영상에 대한 내용을 기술한다. 3장에서는 수평 이동만 있는 두 가시광선 영상간의 관계와 보간 영상의 생성에 관하여 기술한다. 4장에서 열 화상과 보간 영상의 중첩 영상 생성을 위한 왜곡(warping) 기법에 대하여 기술한다. 마지막으로 5장에서 실험결과를 보이고 본 논문의 결론을 맺는다.

2. 적외선 영상

원적외선과 근적외선 센서에 의해 획득된 영상은 열의 분포를 나타내고 있으며 해당되는 열 분포를 인식할 수 있는 데이터로 저장된다. 근적외선(3-5 μm) 센서는 상온보다 높은 온도에서 방출되는 적외선을 검출하는데 용이하고, 원적외선(8-12 μm) 센서는 상온에서 방출되는 적외선을 검출하는데 용이하다. 본 논문에서는 원적외선 센서에서 획득된 영상만으로 두 가시 광선 영상으로부터 생성한 중간 영상과 중첩한다. 원적외선 센서에 의해서 감지되는 대상 물체의 적외선 방출량을 계산하기 위하여 식 (1)을 이용한다. E는 방사율(Emissivity)이고, B는 스테판-볼츠만 상수(Stephan Boltzman Constant)이고, T는 절대온도($^{\circ}\text{K}$)이다. 식 (1)은 적외선 센서에 의해 획득된 절대 온도를 적외선 에너지(Infrared Energy)로 변환하여 이용 가능한 데이터로 변환하여 저장한다. 적외선 센서의 해상도는 12비트이며 온도 맵핑 범위는 0~4095(w/cm²) 사이이다. 적외선 열화상에 대한 가시화는 gray scale, rainbow scale, ironbow color 및 false color 등의 기법을 이용하여 적외선의 양에 대한 크기를 칼라로 대체하여 영상을 생성한다

$$\text{Infrared Energy} = E \times B \times T^4 \quad [\text{w/cm}^2] \quad (1)$$

E : Emissivity

B : Stephan Boltzman constant

(5.67102 watts/cm²)

T : Temperature (° K)

Fig. 1의 (a)는 적외선 카메라로 얻은 열 화상을, (b)는 가시광선 영상을, (c)는 가시광선영상과 열 화상과의 중첩영상의 예를 각각 도시하였다.

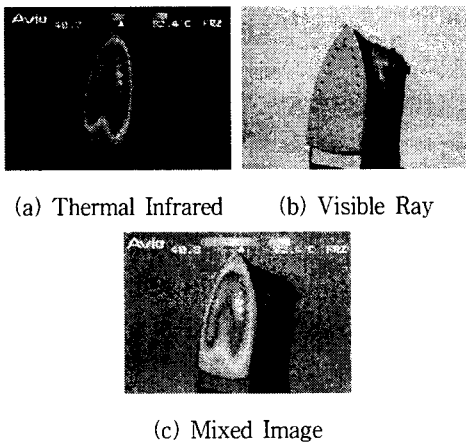


그림 1. 센서 융합의 예
Fig. 1. An example of sensor fusion

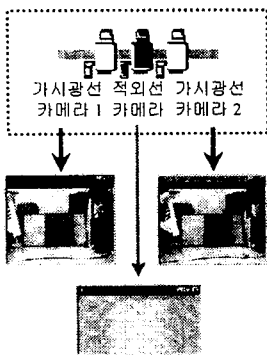


그림 2. 센서 융합 시스템
Fig. 2. A sensor fusion system

본 논문의 센서 융합 시스템은 Fig. 2와 같이 적외선 열 화상 스캐너의 양쪽에 두 대의 가시광선 카메라를 위치시켜 영상을 획득한다. 따라서 두 가시광선 영상은 수평 이동(translation motion) 모션을 가진다는 조건을

만족하고, 모션 벡터의 반만큼을 이동시켜 적외선 카메라의 위치에 대응되는 보간 영상을 생성할 수가 있다.

3. 시점 보간 영상의 생성

시점 보간 영상을 생성하는 방법에 대해서는 많은 연구 결과가 있다. 대표적인 방법으로는 시점 모핑(view morphing)을 이용한 보간 영상 생성방법이 있다⁴⁾. 여기서는 현재 널리 사용되고 있는 모핑 방법을 이용하지 않고, 모션 정보에 의한 보간 영상 생성에 대해서 논한다.

Fig. 3은 시점 모핑을 이용하여 보간 영상을 생성하는 원리를 보여준다⁵⁾. 수평이동을 하는 두 장의 영상을 사용하여 모션을 구하면 추정된 모션 벡터를 적절히 처리함으로써 열 화상과 대응되는 보간 영상을 생성할 수 있다.

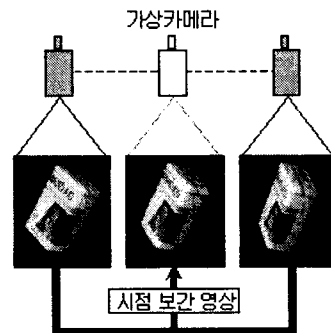


그림 3. 보간 영상 생성 예⁵⁾
Fig. 3. An example of image interpolation⁵⁾

3.1 모션 추정

모션 추정 방법은 미분에 의한 방법(differential method), 영역에 의한 방법(region based matching), 에너지 기반 방법(energy based method) 및 위상 기반 방법(phase based method) 등으로 구분할 수 있다¹⁸⁾.

미분에 의한 매칭 방법을 이용하면 영상의 에지 부분에서의 모션 벡터가 잘 구해지지 않는다. 일반적인 블록매칭 방법을 적용하면 에지 부분에서는 정확하게 구해될 수 있지만 상대적으로 인접 화소 값의 변화가 적은 부분에서의 모션 추정은 정확하지 않다. 에지는 인접 화소값(intensity)의 변화가 특정 임계치보다 크게 변화한다는 사실로부터 물체의 경계선 부분에서 정확한 모션을 얻을 수 있다. 또한 두 가시광선 영상이 정

확하게 수평 이동 모션을 가지기 때문에 본 논문에서는 에지를 수직성분에 대해서만 고려한다. 이 때, 수직적인 에지 성분에서의 모션은 연속적이어야 한다. 따라서, 본 논문에서는 이러한 방법들 중에서 에지(edge) 정보를 이용한 블록 매칭(block matching)[6][7]을 통해서 영상 데이터들간의 대응점을 조사하여 모션을 추정한다.

두 대의 가시광선 카메라로 얻은 영상들을 각각 키(key) 영상과 오프셋(offset) 영상이라고 하면, 키 영상의 에지 부분에 해당하는 화소(pixel)에 가장 가까운 오프셋 영상의 화소를 블록 매칭 방법을 이용하여 찾음으로써 키 영상의 에지 부분의 모션을 추정한다. 블록 매칭을 하기 위하여 두 영상의 매칭 창을 이용하며, 그 차이 값을 *Diff*라 두고 식 (2)와 같이 얻을 수 있다.

$$Diff = \sum_{i \in block} ABS(키영상[i] - 오프셋영상[i]) \quad (2)$$

*Diff*가 최소인 화소가 키 영상에 가장 근접한 화소라는 사실로부터 광 흐름을 구할 수 있다. 그러나 실제 크기의 영상에서만 블록 매칭을 적용하면 큰 모션에 대한 매칭 처리와 속도 그리고 잘못 추정된 광 흐름에 대한 보정에 문제가 있다. 따라서 가우시안 피라미드를 사용하여 실제 크기의 영상에서 각 단계의 영상을 미리 구하여 단계적으로 에지 부분에 대한 효과적인 블록 매칭을 수행한다.

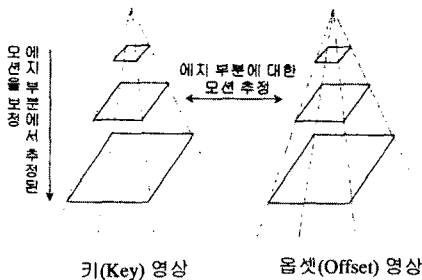


그림 4. 가우시안 피라미드를 이용한 모션 추정
Fig. 4. Motion estimation using Gaussian pyramid

본 논문에서는 Fig. 4와 같이 4단계의 가우시안 피라미드를 구성하여 최상위 단계에서 에지 부분을 먼저 추출하여 블록 매칭에 의한 광 흐름을 구한다. 하위 단계로 내려가면서 상위 단계에서 구한 광 흐름을 기준

으로 매칭창의 크기는 같게 하고, 전후 화소를 비교하여 가장 근접한 화소를 구하고 광 흐름의 값을 수정한다.

3.2 보간 영상 생성

본 장에서는 적외선 센서의 위치에 대응되는 가시광선 영상의 보간 영상을 생성하는 방법을 기술한다.

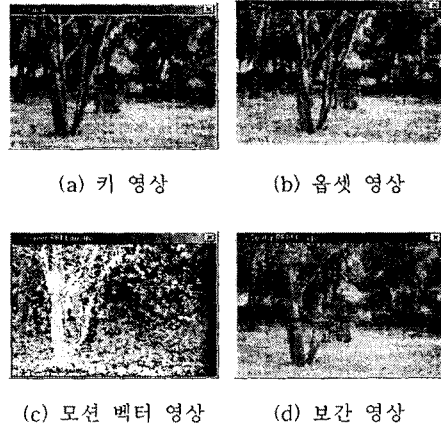


그림 5. 움직임벡터 영상 및 보간 영상 생성 결과
Fig. 5. Motion vector and interpolation images

원 영상 전체를 블록 매칭하여 추정된 광 흐름은 화소의 수평이동을 의미하므로 추정치를 반으로 나누어 키 영상과 오프셋 영상의 중간 영상을 생성하면 카메라 이동운동(motion parallax) 때문에 많은 구멍(hole)과 잡음(noise)이 생긴다.

Fig. 5의 (a), (b)는 실험에 사용된 스테레오 영상이고, (c)는 이들 영상으로부터 얻어진 모션에 대한 벡터 영상이고, (d)는 가우시안 피라미드를 거치면서 블록 매칭을 통해 얻어진 두 보간 영상을 합친 중간 영상이다.

위와 같은 문제점을 해결하기 위해 영상의 에지 부분의 정보를 이용하며 다음과 같은 순서를 따른다.

첫째, 키 영상에 대한 각각의 에지 부분에서의 화소를 생성하고자 하는 중간 영상에 모션 벡터의 반만큼을 이동하고 모션 정보를 저장한다.

둘째, 각각의 에지 부분의 사이에는 저장된 에지 부분의 모션 정보를 이용하여 모션 벡터를 보간 한다.

셋째, 에지가 아닌 부분의 보간된 벡터를 이용하여 키 영상에서 해당 화소를 가져온다.

최종적으로 이동운동 때문에 보이지 않던 부분이 보

이게 되는 경우에는 옅색 영상을 키 영상으로 하여 다시 에지 기반 블록 매칭을 통해 보간한 영상에서 대체함으로 비교적 정확하게 물체에 의해 가려졌다가 새롭게 보여지는 부분을 채울 수 있다.

본 논문에서 제안한 구멍과 잡음을 제거하는 알고리즘은 키 영상과 옅색 영상의 블록 매칭을 키 영상의 수직 에지 성분에서만 적용한다. 구해진 에지 부분에서의 모션 벡터는 그대로 사용하고, 에지가 아닌 부분에서의 모션 벡터는 전후 에지의 모션 벡터를 이용하여 보간하고 모션 벡터에 해당하는 키 영상의 화소 값을 그대로 가져오기 때문에 구멍과 잡음이 생기지 않는다.

4. 열 화상과 보간 영상의 중첩 영상 생성

적외선 열 화상 스캐너를 이용하여 넓은 지역을 측량해야 하는 특정 응용 분야에서는 적외선 열 화상만을 분석해서는 열 화상의 특정 부분이 실제 대상 물체의 어떤 부분에 해당하는지를 파악하기가 어렵다. 따라서 본 논문에서는 열 화상과 가시광선 영상과의 중첩 기법을 이용한다.

영상 획득 과정에서 카메라들 사이에 해상도와 초점 거리가 서로 다르기 때문에 가시광선 영상과 적외선 열 화상의 크기 및 해상도에서 많은 차이를 보인다. 따라서 열 화상과 생성된 보간 영상과의 매칭 점을 이용해서 영상을 적절하게 와핑(warping)하여 중첩시키고, 혼합 함수(blending function)를 사용하여 중첩된 열 화상의 가시화 정도를 조정한다. 이러한 작업은 장면과는 독립적으로 영상면에서만 존재하는 왜곡으로 모델링이 가능하며, 초기 시스템 설정시 한 번의 작업으로 가능하다.

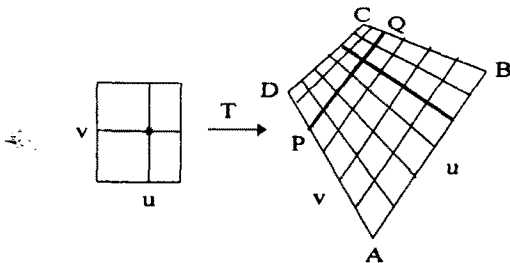


그림 6. 양 선형 변환의 개요
Fig. 6. bilinear transformation

Fig. 6에서는 양 선형 변환(bilinear transformation)^[9]

에 의한 와핑 과정을 나타낸다. 여기서 필요한 매칭 점은 최소한 4개가 필요하다.

원 영상의 (u, v) 와 중첩을 위한 영상의 (x, y)를 가지고 식 (3) 및 (4)에 의해 양 선형 변환 계수를 얻을 수 있다.

$$x = T_1(u, v) = auv + bu + cv + d \tag{3}$$

$$y = T_2(u, v) = evv + fu + gv + h \tag{4}$$

네 개의 점 $(u_1, v_1) \sim (u_4, v_4)$ 각각에 대응하는 점 $(x_1, y_1) \sim (x_4, y_4)$ 는 다음의 식과 같다.

$$\begin{bmatrix} x_1 & y_1 \\ x_2 & y_2 \\ x_3 & y_3 \\ x_4 & y_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} u_1v_1 & u_1 & v_1 & 1 \\ u_2v_2 & u_2 & v_2 & 1 \\ u_3v_3 & u_3 & v_3 & 1 \\ u_4v_4 & u_4 & v_4 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a & e \\ b & f \\ c & g \\ d & h \end{bmatrix} \tag{5}$$

식 (5)로 계수 a, b, c, d, e, f, g, h를 구한다. 그런 다음 식 (3), (4)로부터 u, v를 구할 수 있고

$$v = \frac{x - bu - d}{au + c} \tag{6}$$

$$u = \frac{y - gv - h}{ev + f} \tag{7}$$

식 (6)과 (7)을 각각 식 (3)과 (4)에 대입하여 u와 v에 관하여 식을 전개하면 다음의 두 식을 얻을 수 있다.

$$Au^2 + Bu + C = 0 \tag{8}$$

$$Dv^2 + Ev + F = 0 \tag{9}$$

여기서 계수는 식 (10)과 같다.

$$\begin{aligned} A &= af - be \\ B &= ex - ay + ah - de + cf - bg \\ C &= gx - cy + ch - dg \\ D &= ag - ce \\ E &= ex - ay + ah - de - cf + bg \\ F &= fx - by + bh - df \end{aligned} \tag{10}$$

중첩을 위한 영상의 한 점 (x, y)가 원 영상의 어떤

점에 해당되는 지를 알아내기 위해 양 선형 역 변환을 이용한다. A, B 그리고 C는 양 선형 변환 계수로부터 얻을 수 있으며 식 (11) 및 (12)에 의해 원 영상의 (u, v)를 얻을 수 있다.

$$u = \frac{-B \pm \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A} \quad (11)$$

$$v = \frac{-E \pm \sqrt{E^2 - 4DF}}{2D} \quad (12)$$

따라서, 중첩을 위한 영상의 모든 점에 대한 원 영상의 (u, v)를 구함으로써 왜곡된 영상을 구할 수 있고, 이 영상을 가시광선 영상과 혼합 함수로 적절히 중첩시킬 수 있다.

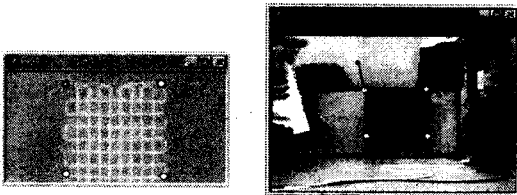


그림 7. 왜곡 방법
Fig. 7. Warping method

Fig. 7은 왜곡시킬 영상(source image)에 임의의 네 점을 찍으면 목적 영상(destination image)에서 각각의 네 점에 해당되는 점들이 생성되고 목적 영상에서 이 네 점을 왜곡시킬 영상과 일치되도록 점의 위치를 조정한다.

5. 실험결과 및 결론

본 논문은 정확한 수평 이동만을 가진 두 가시광선 영상으로 보간 영상을 생성하고, 이것을 열 화상과 중첩시킴으로써 가시화하는 시스템을 기술하였다.

구현 환경은 Pentium-II 333MHz의 CPU와 64MB의 메모리를 가진 PC에서 Visual C++ 6.0으로 구현하였으며 FLIR Systems 사의 AGEMA Thermovision 900 모델의 적외선 카메라와 두 대의 Hitron 칼라 CCD 카메라 및 Matrox사의 metoer 영상 캡처 보드를 사용하였다. 카메라 실험에 사용된 영상들은 바둑판에 열선을 일정한 간격으로 배치한 후 열을 발생시켜 가시광선

카메라를 적외선 카메라의 양쪽에 수평으로 놓고 동시에 얻었다.

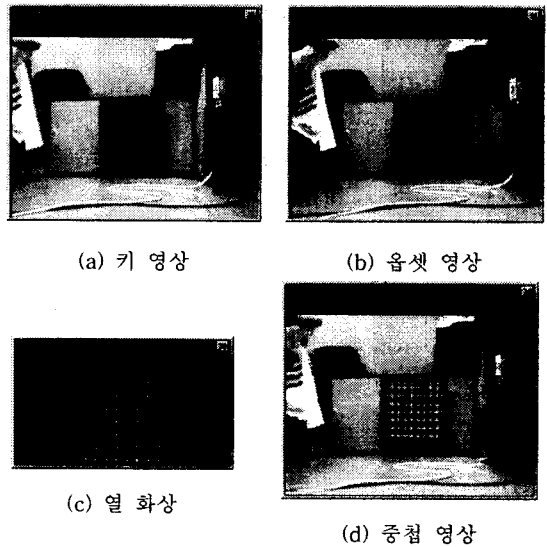


그림 8. 중첩 영상 생성 결과
Fig. 8. Overlapped image construction

Fig. 8의 (a)와 (b)는 가시광선 영상을, (c)는 적외선 카메라로 얻은 열 화상을, (d)는 열 화상과의 중첩영상을 각각 도시하였다. 중첩 영상은 에지 영상의 모션 정보를 이용하였으며, 에지 사이에 구해지지 않은 모션 벡터를 보간 하여 각각의 화소에 해당하는 모션 벡터에 따라 키 영상으로부터 해당 화소를 가지고 왔기 때문에 이동운동에 의해 생기는 구멍문제를 해결할 수 있었다.

앞의 실험 결과에서 보여주듯이 본 논문은 열 화상만으로 인식이 불가능한 장면의 복잡도를 가시광선 영상과 융합함으로써 적외선 센서의 효율성을 극대화하는 적외선 센서 융합 시스템을 개발하였다.

1) 본 연구는 표준과학연구원 방재기술 연구센터 '99 기관 고유 사업의 재정지원을 받아 수행되었음.

참고문헌

[1] Arch C. Luther, "Video Camera Technology," Artech House Inc, Section 3.1, 1998.
[2] N. K. Del Grande and P. F. Durbin, "Using

- Emissivity-Corrected Thermal Maps to Locate Deep Structural Defects in Concrete Bridge Decks," SPIE Symposium on Non-Destructive Evaluation of Aging Infrastructure Oakland, CA, June 06-08, 1995.
- [3] Nancy K. Del Grande and Philip F. Durbin, "Mapping hidden aircraft defects with dual-band infrared computed tomography," Lawrence Livermore National Laboratory, P.O. Box 808, Livermore CA 94551.
- [4] S. E. Chen and L. Williams, "View interpolation for image synthesis," Proc. SIGGRAPH '93, in Computer Graphics, pp. 279-288, 1993.
- [5] S. M. Seitz and C. R. Dyer, "Physically-valid view synthesis by image interpolation," in Proc. IEEE Workshop on Representations of Visual Scenes, pp. 18-25, 1995.
- [6] A. M. Tekalp, "Digital Video Processing," Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1995.
- [7] B. Lucas and T. Kanade, "An iterative image registration technique with an application to stereo vision," in Proc. Image Understanding Workshop, pp. 121-130, 1981.
- [8] J. L. Barron, D. J. Fleet, S. Beauchemin and T. Burkitt, "Performance of optical flow techniques," IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Champaign, pp. 236-242, June 1992.
- [9] Jonas Gomes, et al, "Warping and Morphing of Graphical Objects," Morgan Kaufmann Publishers, 1999.

著 者 紹 介



김 대 원

1972년 4월 29일생. 1999년 영남대학교 컴퓨터공학과 졸업(공학사), 1999년~현재 경북대학교 컴퓨터공학과 석사과정. 주관심분야 : 컴퓨터그래픽스 및 컴퓨터비전, 영상처리, 센서시스템



김 모 곤

1970년 9월 25일생. 1998년 경일대학교 전자계산학과 졸업(공학사), 1998년~현재 경북대학교 컴퓨터공학과 석사과정. 주관심분야 : 영상처리 및 영상기반 렌더링, 센서시스템



남 동 환

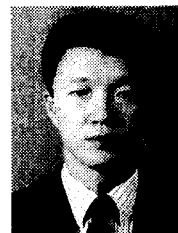
1985년 동아대학교 전자공학과 졸업(공학사), 1987년 동 대학원 전자공학과 졸업(공학석사), 1996년 미국 WRIGHT 주립대 컴퓨터과학과 졸업(이학석사), 현재 경북대학교 컴퓨터공학과 박사과정. 주관심분

야: 가상현실, 3차원 컴퓨터 그래픽스 및 컴퓨터 비전, 센서시스템



정 순 기

1990년 2월 경북대학교 컴퓨터공학과 졸업(공학사), 1992년 2월 한국과학기술원 전산학과 졸업(이학석사), 1997년 2월 한국과학기술원 전산학과 졸업(공학박사), 1997 8월 - 1998년 8월 미국 매릴랜드대학 방문연구자, 1998년 8월~현재 : 경북대학교 컴퓨터공학과 전임강사. 주관심분야 : 가상현실, 3차원 컴퓨터 그래픽스 및 컴퓨터 비전, 카메라센서 시스템.



임 순 계

1959년 8월 25일생
1982년 2월 충남대학교 졸업, 1985년 8월 서울대학교 대학원 수료(석사), 1994년 2월 충남대학교 대학원 수료 생산기계전공 (공학박사), 1982년 3월 ~ 현재 : 한국표준과학연구원 계측공학연구소 근무. 책임연구원, 주요 관심분야 : 센서 및 계측기기의 성능 및 신뢰성 평가, 역학분야 센서 개발