

적외선 영상과 가시광선 영상의 중첩을 위한 보간 영상 생성¹⁾

김대원, 김모곤, 남동환, 정순기
경북대학교 컴퓨터공학과 가상현실연구실

Constructing Interpolation Image for Overlapping between Visible and Infrared Images

Dae Won Kim, Mo Gon Kim, Dong Hwan Nam and Soon Ki Jung
VR Lab., Department of Computer Engineering, Kyungpook National University

요 약

적외선 열 화상에는 물체 내부의 결함과 그 물체 표면의 이물질 등의 효과가 모두 포함된 상태이므로 적외선 열 화상 자체만으로는 비정상적인 부분들을 찾아내기 어렵다. 따라서 본 논문에서는 평행 이동 관계에 있는 두 가시광선 영상으로부터 열 화상에 대응하는 보간 영상을 생성하고, 이것을 열 화상과 중첩시킴으로써 가시화하는 방법을 연구한다. 이를 위해서 적외선 센서에 의해 감지된 온도를 매핑한 열 화상을 적외선 카메라로부터 얻고, 적외선 카메라의 양쪽에 부착된 CCD 카메라로부터 좌우의 가시광선 영상을 얻는다. 보간 영상 생성을 위해서 블록 매칭을 이용한 모션 정보를 사용하고, 생성된 보간 영상에서 생기는 구멍(hole)을 메우는 방법을 소개한다. 또한 생성된 보간 영상과 열 화상을 중첩시켜 가시화하는 방법을 기술한다. 이렇게 함으로써 본 논문에서 제안한 가시화 기법은 재해방지를 위한 비파괴 검사 등에 이용될 수 있다.

1. 서 론

열 화상은 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.

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 열 화상과 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(적외선 필터-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 알고리즘이 간단하기 때문에 쉽게 구현된다는 장점은 있지만, 대상 물체가 평면을 이룬다는 가정 하에 정합이 되므로 중첩 결과는 정확하지 않다는 단점이 있다.

마지막으로 본 논문에서 기술하는 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.

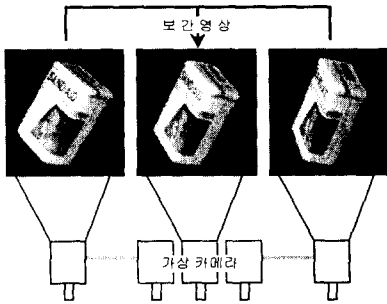
본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 수평 이동만 있는 두 가시광선 영상간의 관계와 보간 영상의 생성에 관하여 기술하고, 3장에서는 열 화상과 보간 영상의 중첩 영상 생성에 관하여 논하고, 마지막으로 4장에서 실험결과 및 향후과제를 제시한다.

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

2. 시점 보간 영상의 생성

시점 보간 영상을 생성하는 방법은 기존에 많이 연구되었다. 대표적인 방법으로는 시점 모핑(view morphing)을 이용한 보간 영상 생성방법이 있다[1][2]. 여기서는 현재 널리 사용되고 있는 모핑 방법을 이용하지 않고, 모션 정보에 의한 보간 영상 생성에 대해서 논한다.

같은 사물에 대해 두 대의 가시광선 카메라 사이에 한 대의 적외선 카메라를 두고 동시에 영상을 획득한다. 이렇게 얻은 두 가시광선 영상은 첫 번째 가시광선 영상을 수평이동(translation motion) 시킨 영상이 두 번째 가시광선 영상이라는 관계가 성립한다. 따라서 이러한 정보를 이용하여 구해진 보간 영상은 적외선 카메라로 얻은 영상과 일치한다. [그림2]는 시점 모핑을 이용하여 보간 영상을 생성하는 원리를 보여준다[2].



[그림1] 보간 영상 생성 예[2]

수평이동을 하는 두 장의 영상을 사용하여 보간 영상을 만들기 위해 모션 정보를 이용한다. 이러한 모션 정보는 영상이 평면이라는 가설로부터 얻어진다. 일단 모션이 구해지면 추정된 모션 벡터를 적절히 조작함으로써 열 화상과 대응되는 보간 영상을 생성할 수 있다.

2.1 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 있다[5]. 본 논문에서는 이러한 방법들 중에서 블록 매칭(block matching)[3][4]을 통해서 영상 데이터들간의 대응점을 조사하여 모션을 추정한다.

두 대의 가시광선 카메라로 얻은 영상들을 각각 키(key) 영상과 오프셋(offset) 영상이라고 하면, 키 영상과 오프셋 영상간의 블록 매칭을 이용하여, 키 영상의 각 화소(pixel)에 가장 가까운 오프셋 영상의 화소를 찾음으로써 모션을 추정한다. 가장 근접한 화소를 구하기 위한 방법으로 두 영상의 매칭 장을 이용한다. 두 매칭 장의 차이를 구하기 위해서 그 차이를 *Diff* 라 두고 다음과 같은 식으로 얻을 수 있다.

$$Diff = \sum ABS(키영상[i] - 오프셋영상[i])$$

Diff 가 최소인 화소가 키 영상에 가장 근접한 화소라는 사실로부터 광 흐름을 구할 수 있다. 원 영상에서만 블록 매칭을 적용하면 큰 모션에 대한 매칭 처리와 속도 그리고 잘못 추정된 광 흐름에 대한 보정에 문제가 있다. 따라서 가우

시안 피라미드를 사용하여 효과적인 블록 매칭을 수행한다.

광 흐름을 융통성 있게 구하기 위해 전체적으로 다음과 같은 과정을 통해 구할 수 있다. 가우시안 피라미드 알고리즘을 이용하여 320×240 크기의 키 영상과 오프셋 영상을 네 단계의 피라미드로 구성한다. 가장 상위 단계 영상을 블록 매칭을 하여 전체 모션에 대한 광 흐름을 구한다. 하위 단계로 내려가면서 상위 단계에서 구한 광 흐름을 기준으로 전후 화소를 비교하여 광 흐름을 조정한다. 광 흐름은 가우시안 피라미드로 구성된 각 단계에서 다시 키 영상을 영역 분할(segmentation)하여 광 흐름을 분할된 영역에 맞게 조정한다. 위의 과정을 오프셋 영상과 키 영상을 바꿔서 반복 수행한다.

이러한 과정을 원래 영상의 단계로 내려가면서 계속 반복 수행한다. 각각의 영상의 넓이와 높이가 두 배씩 커지면서 대응되는 화소와 전 단계에서 구해진 광 흐름의 값도 커진 영상에 맞게 조정된다. 또한 각각의 화소마다 광 흐름의 값을 기준으로 전후 두 화소를 다시 블록 매칭 방법을 이용하여 가장 근접한 화소를 구하고 광 흐름의 값을 수정한다. 최종적으로 구해진 광 흐름은 키 영상의 분할된 영역 정보를 이용하여 다시 수정된다.

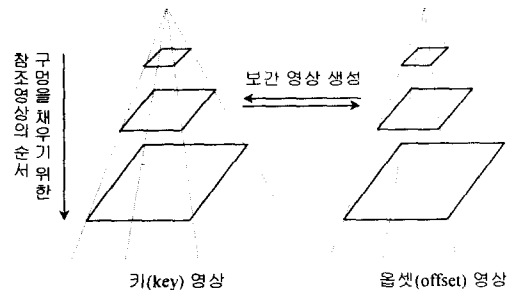
키 영상의 영역 분할은 분할 및 합병(split and merge) 방법을 이용하고, 분할된 영역에 영역 번호를 달고 그 영역에서 가장 많은 빈도 수를 가지는 광 흐름을 그 영역의 광 흐름의 값으로 정한다. 이렇게 추정된 광 흐름은 보간 영상을 생성하는데 이용된다.

2.2 보간 영상 생성 및 구멍(hole) 메우기

추정된 광 흐름은 화소의 수평이동을 의미하므로 추정치를 반으로 나누어 키 영상과 오프셋 영상의 중간 영상을 생성한다. 그러나 생성된 중간 영상은 카메라 이동운동(motion parallax) 때문에 많은 구멍(hole)과 잡음(noise)이 생긴다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 다음과 같은 순서를 따른다.

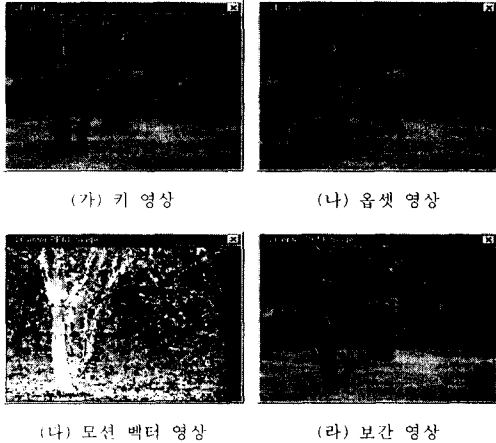
첫째, 키 영상과 오프셋 영상에 대해서 가우시안 피라미드로 구성된 각 단계마다 중간 영상을 생성한다. 둘째, 오프셋 영상을 키 영상으로 두고 단계별로 중간 영상을 생성한다. 이렇게 하면 각 단계마다 두 개의 중간 영상이 생성되고, 이들은 모두 구멍과 잡음을 가진다. 셋째, 가우시안 피라미드의 각 단계에서 생성된 두 개의 중간 영상들을 각각 더한다. 두 중간 영상들을 서로 참조하여 구멍과 잡음을 없앤다.

최종적으로 각 단계마다 하나의 중간 영상이 생성된 후에도 구멍과 잡음이 여전히 남아있다. 이를 해결하기 위해 하위 단계에서 생성된 중간 영상의 구멍은 상위단계에서 생성된 중간 영상을 참조하여 메우는 방법을 사용한다. 이 과정을 [그림2]에 나타내었다.



[그림2] 가우시안 피라미드를 이용한 보간 영상 생성

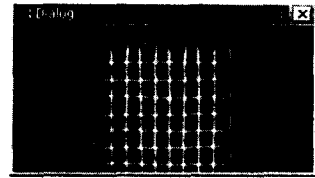
[그림3]은 스테레오 영상에 대해서 모션 정보를 이용한 벡터 영상을 나타내고, 위 과정을 거쳐 최종적으로 생성된 중간 영상을 보여준다.



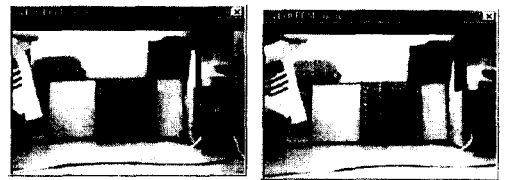
[그림3] 모션벡터 영상 및 보간 영상 생성 결과

때문에, 카메라를 수평으로 위치시켜 영상을 얻더라도 정확한 수평 이동 영상을 구하기 힘들다. 또한 적외선 카메라의 해상도와 초점 거리도 영상 획득 과정에서 틀릴 수 있다. 따라서 이들 카메라에 대한 조정을 위한 수작업이 필요하였다.

향후과제로는 영상 획득 시 불규칙하게 얻어진 참조 영상들에 대해 일련의 작업이 자동으로 수행될 수 있도록 하는 것이 필요하다.

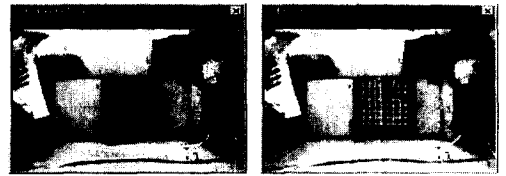


(가) 열 화상



(나) 키 영상

(다) 오셋 영상



(라) 보간 영상

(마) 중첩 영상

[그림4] 중첩 영상 생성 결과

3. 열 화상과 보간 영상의 중첩 영상 생성

적외선 열 화상은 적외선 센서(sensor)에 의해 대상 물체의 적외선의 양에 대한 값으로 감지된다. 열 화상에 대한 가시화 기법은 gray scale, rainbow scale, ironbow scale 및 false color 등의 기법을 이용하여 적외선의 양에 대한 크기를 color로 대체하여 영상을 생성한다.

그러나 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 가시광선 영상과의 중첩 기법을 이용한다.

영상 획득 과정에서 카메라들 사이에 해상도와 초점거리가 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 왜곡(warping)하여 중첩시키고, 혼합 함수(blending function)를 사용하여 가시화 정도를 조정한다.

4. 실험결과 및 향후과제

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

구현 환경은 Pentium-II 333Hz의 CPU와 64MB의 메모리를 가진 PC에서 Visual C++ 6.0으로 구현하였다.

실험에 사용된 영상들은 바둑판에 열선을 일정한 간격으로 배치한 후 열을 발생시켜 가시광선 카메라를 적외선 카메라의 양쪽에 수평으로 놓고 동시에 얻었다. [그림4]의 (가)는 적외선 카메라로 얻은 열 화상을, (나)와 (다)는 가시광선 영상을, (라)와 (마)는 가시광선으로부터 생성된 보간 영상과 열 화상과의 중첩영상을 각각 도시하였다.

두 가시광선 카메라의 내부 혹은 외부 파라미터가 틀리기

[참고문헌]

- [1] S. E. Chen and L. Williams, "View interpolation for image synthesis," Proc. SIGGRAPH '93, in Computer Graphics, pp. 279-288, 1993.
- [2] 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.
- [3] A. M. Tekalp, "Digital Video Processing," Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1995.
- [4] 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.
- [5] 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.