

RGB-Depth 카메라 기반의 실내 연기검출

박장식*

Smoke Detection Based on RGB-Depth Camera in Interior

Jang-Sik Park*

요 약

본 논문에서 RGB-Depth 카메라를 이용하여 실내에서의 연기를 검출하는 알고리즘을 제안한다. RGB-Depth 카메라는 RGB 색영상과 깊이 정보를 제공한다. 키넥트(Kinect)는 특정한 패턴의 적외선을 출력하고 이를 적외선 카메라로 수집하고 분석하여 깊이 정보를 획득한다. 특정한 패턴을 구성하는 점들 각각에 대하여 거리를 측정하고 객체면의 깊이를 추정한다. 따라서, 이웃하는 점들의 깊이 변화가 많은 객체인 경우에는 객체면의 깊이를 결정하지 못한다. 연기의 농도가 일정 주파수로 변화하고, 적외선 영상의 이웃하는 화소간의 변화가 많기 때문에 키넥트가 깊이를 결정하지 못한다. 본 논문에서는 연기에 대한 키넥트의 특성을 이용하여 연기를 검출한다. 키넥트가 깊이를 결정하지 못한 영역을 후보영역으로 설정하고, 색영상의 밝기가 임계값보다 큰 경우 연기영역으로 결정한다. 본 논문에서는 시뮬레이션을 통하여 실내에서의 연기 검출에 RGB-Depth 카메라가 효과적임을 확인할 수 있다.

ABSTRACT

In this paper, an algorithm using RGB-depth camera is proposed to detect smoke in interior. RGB-depth camera, the Kinect provides RGB color image and depth information. The Kinect sensor consists of an infra-red laser emitter, infra-red camera and an RGB camera. A specific pattern of speckles radiated from the laser source is projected onto the scene. This pattern is captured by the infra-red camera and is analyzed to get depth information. The distance of each speckle of the specific pattern is measured and the depth of object is estimated. As the depth of object is highly changed, the depth of object plain can not be determined by the Kinect. The depth of smoke can not be determined too because the density of smoke is changed with constant frequency and intensity of infra-red image is varied between each pixels. In this paper, a smoke detection algorithm using characteristics of the Kinect is proposed. The region that the depth information is not determined sets the candidate region of smoke. If the intensity of the candidate region of color image is larger than a threshold, the region is confirmed as smoke region. As results of simulations, it is shown that the proposed method is effective to detect smoke in interior.

키워드

Smoke Detection, RGB-Depth Camera, Kinect, Infra-red Pattern
연기검출, RGB-Depth 카메라, 키넥트, 적외선 패턴

* 교신저자(corresponding author) : 경성대학교 전자공학과학과(jsipark@ks.ac.kr)
접수일자 : 2013. 10. 18

심사(수정)일자 : 2013. 12. 16

게재확정일자 : 2014. 02. 11

I. 서론

화재 발생시 신속 검출과 대응이 되지 않으면 인적 물적 피해가 심각하게 된다. 화재의 조기 검출과 예측을 위하여 습도센서, 온도센서, 연기 센서와 같은 다양한 센서들이 개발되어 적용되고 있다. 이들 일반적인 센서는 직관적인 화재 정보가 부족하기 때문에 오검출이 많고, 검출 범위에 한계가 있기 때문에 조기 검출에 어려움이 있다[1]. 또한 센서가 발화지점에서 떨어져 있다면 검출하는데 어려움이 있다. 최근에는 화재의 발생, 확산 정도의 정보를 제공할 수 있는 영상기반의 화재 조기 검출 방법들이 제안되고 있다 [1-3].

영상기반의 화재 검출 시스템은 일반적으로 색영상으로부터 경계특성(edge), 색분포(color distribution), 주파수 특성(frequency characteristics or wavelet transform)[4], 통계적인 특징[5]을 이용하여 화염과 연기[6]를 구분하여 검출하는 방법들이 제안되었다. 카메라를 이용한 연기 검출은 배경의 움직임이나 조명 환경의 변화로 인한 오검출을 줄이는 것이 필요하다.

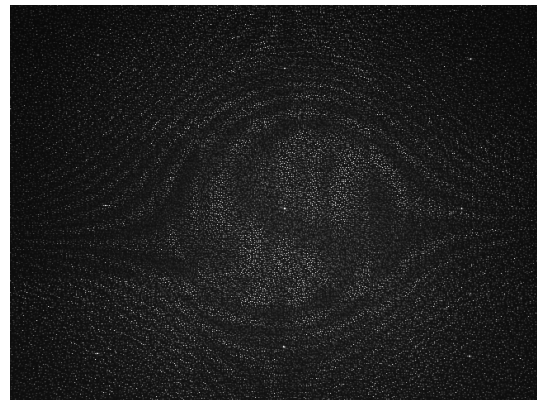
본 논문에서는 최근 NUI(natural user interface) 실현을 위하여 널리 사용되고 있는 RGB-Depth 카메라를 이용하여 실내에서 연기를 검출하는 알고리즘 제안한다. 키넥트(Kinect)는 RGB 영상뿐만 아니라 특정한 적외선 점 패턴을 물체에 투영하여 점 패턴의 특성을 분석하여 깊이 정보를 획득한다. 그러나, 연기에 대하여 투영된 적외선 점들이 일정한 패턴을 갖지 못하여 깊이를 결정하지 못한다. 본 논문에서는 연기에 대하여 키넥트가 깊이를 결정하지 못하는 특성을 활용하여 연기를 검출한다. 키넥트에서의 연기는 색영상에서 흰색, 회색 또는 검은색을 띄고, 깊이 영상에서 깊이 값을 가지지 않는 특징을 가지게 된다. 연기 영역은 이 2가지 조건을 동시에 만족하는 영역을 연기영역으로 확정한다. 깊이영상에서 깊이를 결정하지 못한 영역을 후보영역으로 설정하고 후보 영역에 대한 색영상 특성이 흰색에 범위 내에 있으면 연기 발생을 결정한다. 실험을 통하여 제안하는 방법이 실내에서 효과적으로 연기를 검출할 수 있음을 보인다.

II. 키넥트의 깊이 측정

NUI기술을 선도하는 RGB-Depth 카메라는 마이크로소프트사의 키넥트이다. 본 논문에서는 연기검출을 위하여 키넥트를 사용한다. 키넥트의 깊이 정보 획득 원리는 그림 1과 같이 특정한 IR 패턴을 방사하고, 동시에 IR통과필터를 갖춘 CMOS 카메라의 IR영상을 이용한다. 키넥트의 영상처리기는 패턴에서의 상대적인 위치를 이용하여 영상에서 각 화소의 위치에 대한 깊이 변이(depth displacement)를 계산한다[7,8].



(a)



(b)

그림 1. 키넥트에서 방출되는 IR 패턴. (a) 외부 IR 카메라로 획득한 IR 영상 (b) 내부 IR 카메라로 획득한 IR영상

Fig. 1 IR pattern emitted by kinect. (a) IR image of external IR camera (b) IR image of internal IR camera

그림 1의 (b)와 같이 내부 IR카메라의 특성은 렌즈

의 접선왜곡(tangential or decentering distortion)에 의하여 약간의 일그러짐(warp or swirl) 이 발생하지만 방사왜곡(radial distortion)은 작다.

키넥트 하드웨어는 시야각이 수평 57°, 수직 43°이며, 프레임레이트는 약 30 fps이며, 정규 영상 해상도는 640×480 이다. 정규 공간 해상도는 2 m 에서 3 mm 이다. 정규 깊이 측정 범위는 0.8에서 3.5 m 이다. 정규 깊이 해상도는 2 m에서 1 cm 이다.

그림 2는 기준면(reference plane)에 물체가 존재하고 객체면(object plane)에 물체의 적외선 반점(sp-eckle) 위치 k 와 측정 변이 d 의 관계를 나타내고 있다[9]. 적외선 카메라의 중심점을 원점으로 객체의 3 차원 위치를 표시한다. Z 축은 영상면(image plane)에 수직이고, X 축은 Z 축에 대하여 수직이며 적외선카메라에서 레이저로 향하는 방향이다. Y 축은 Z 축과 X 축에 대하여 수직이다.

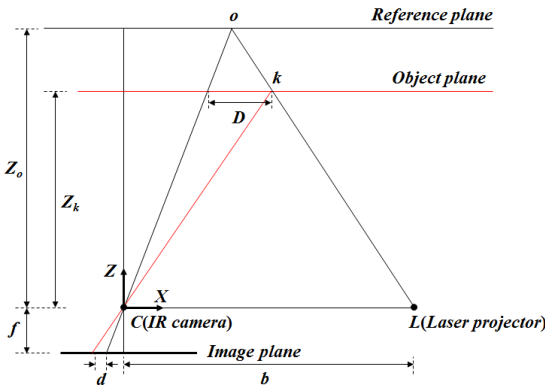


그림 2. 키넥트 깊이 정보 추정
Fig. 2 Kinect depth estimation

적외선 카메라에서 기준면까지의 거리를 Z_o 에 물체가 존재하고 물체 위에 적외선 반점이 적외선 카메라에의 영상면에 상이 나타난다고 가정한다. 물체가 센서 즉 적외선 카메라 쪽으로 가까이 이동하거나 멀리 이동하면, 변이 d 의 변화가 생기게 된다. 물체 공간(object space)의 k 의 변화에 대응하여 영상공간(image space) 변이 d 가 측정된다. 삼각형의 닮음꼴(similarity of triangles)에 의하여

$$\frac{D}{b} = \frac{Z_o - Z_k}{Z_o} \quad (1)$$

그리고,

$$\frac{d}{f} = \frac{D}{Z_k} \quad (2)$$

를 얻을 수 있다. Z_k 는 적외선 카메라에서 객체면까지의 거리이며, b 는 적외선 카메라의 중심과 적외선 레이저 중심 사이의 거리이다. f 는 적외선 카메라의 초점 거리(focal length)이며, D 는 객체면에서의 변이이다. 식 (2)로부터 식 (1)의 D 를 대입하면

$$Z_k = \frac{Z_o}{1 + \frac{Z_o}{fb}d} \quad (3)$$

를 얻을 수 있다. 식 (3)은 깊이(depth)를 추출하는 기본 수식이며 식 (3)의 상수 Z_o , f 그리고 b 는 보정에 의하여 결정된다.

III. 연기검출 알고리즘

키넥트의 깊이추정 원리에 따라 객체면의 각 점에 대하여 깊이를 계산하고 각 점들의 깊이가 유사한 점들을 하나의 객체로 설정한다. 연기는 농도가 주기적으로 변화하고, 객체면의 각 점들의 깊이 정보가 다르기 때문에 깊이를 결정하지 못한다. 따라서 연기 영역에 대하여 특정 화소의 깊이 정보를 결정할 수 없기 때문에 깊이 영상에서 부정(不定) 화소를 연기영역을 간주할 수 있다.

그림 3은 실내에서 연기를 발생하여 키넥트를 이용하여 색영상과 깊이영상을 획득한 결과이다. 그림 3의 (a)는 색영상이며, (b)는 깊이영상이다. 색영상에서 확인된 연기영역이 깊이영상에서 깊이를 결정하지 못하여 검게 표시된 것을 확인할 수 있다.

본 논문에서는 키넥트의 연기에 대한 특성을 이용하여 간단한 연기를 검출하는 방법을 제안한다. 제안하는 연기검출 알고리즘은 2 단계로 구성된다. 1 단계는 키넥트의 깊이영상에서 값이 결정되지 않는 영역

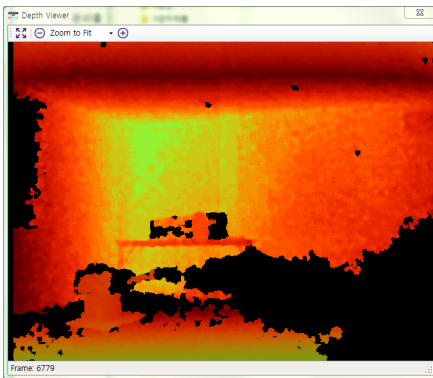
에 대하여 연기 후보영역으로 설정한다. 키넥트는 검은 색을 가진 물체에 대해서도 깊이를 결정하지 못한다. 따라서 깊이가 결정되지 않은 연기 후보영역에 대하여 색영상의 밝기를 이용하여 밝기가 특정 임계값 이상이 되면 연기영역으로 결정한다.

영상에서 깊이가 결정되지 않은 영역으로 설정하는데 키넥트는 그 값이 0인 영역이다. 그리고, 후보영역에 대한 색영상의 밝기 임계값은 실험적으로 설정하였다.

그림 4는 키넥트를 이용하여 실내에서 연기를 검출하는 실험을 한 결과이다.



(a)



(b)

그림 3. 연기에 대한 키넥트 깊이 영상. (a) 연기의 색영상 (b) 연기의 깊이 영상

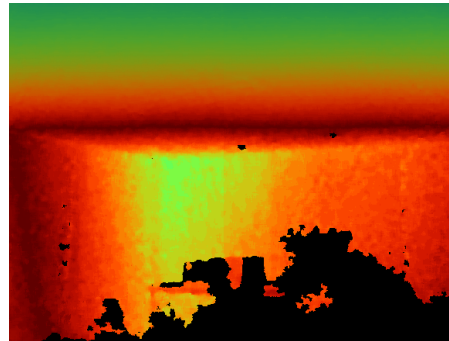
Fig. 3 Depth image of smoke from kinect. (a) color image of smoke (b) depth image of smoke

IV. 실험 결과 및 검토

제안하는 키넥트를 이용한 연기검출 방법에 대한 성능을 검증하기 위하여 연기 검출 실험을 하였다. 그림은 키넥트에서부터 약 5.5 m에 실내벽이 있고, 키넥트로부터 4.2 m에 위치한 연기발생기에 의하여 발생한 연기를 검출한 결과이다. 연기 후보영역은 깊이



(a)



(b)



(c)

그림 4. 실내에서 연기검출 실험 결과. (a) 색영상 (b) 깊이 영상 (c) 연기검출 결과

Fig. 4 Experimental results of smoke detection in interior (a) color image (b) depth image (c) result of smoke detection

그림 4의 (a)는 키넥트의 색영상(color image)이며, (b)는 깊이 영상(depth image)이다. (c)는 연기를 검출한 결과이다. 그림 4의 (a)에서 연기발생기에 의한 흰색 계열의 연기가 실내의 바닥에서 확산되고 있다. (b)의 깊이 영상에서 빨간색 영역은 키넥트로부터 가까운 영역이고 노란색 영역은 약 4.2 m 정도의 거리이다. 검은 영역이 키넥트가 깊이를 추정하지 못한 영역이다. 검은 색 영역이 키넥트가 깊이를 추정하지 못한 영역이다. 즉, 객체면의 적외선 패턴의 각 점들의 위치가 영상면에서 일정하지 않아, 유사한 거리에 있는 객체로 처리가 되지 않고 거리를 결정하지 못하여 깊이가 0으로 검은 색으로 표시되고 있다. (c)는 색영상에 연기 후보영역과 연기영역을 겹쳐서 표시한 것으로 연기영역으로 검출된 결과이다. 파란색으로 표시된 영역이 깊이 영역에서 깊이를 추정하지 못한 영역이고, 노란색으로 표시된 영역이 색영상에서 일정한 밝기 이상이면서 깊이를 추정하지 못한 영역으로 연기로 검출된 영역이다.

V. 결론

본 논문은 실내에서 조기 화재 검출을 위하여 RGB-Depth 카메라의 한 종류인 키넥트를 이용하여 연기를 검출하는 알고리즘을 제안하였다. 제안한 연기 검출 방법은 키넥트의 깊이를 추정하는 원리를 이용한 것으로 화소의 깊이 추정을 주변 화소와 관계를 이용하는데, 연기의 특성상 화소간의 밝기가 수시로 변화하여 특정한 값으로 설정되지 않아 값을 정할 수 없다. 이러한 원리를 이용하여 깊이 영상에서 값을 결정하지 못한 영역을 연기 영역으로 판정함으로써 실내에서 연기 검출에 활용한다. 실험을 통하여 제안하는 방법이 실내에서 연기를 검출하는데 효과적임을 보였다.

감사의 글

이 논문은 2013년도 경성대학교 학술연구비지원에 의하여 연구되었음.

참고 문헌

- [1] X. Zhou, F. Yu, Y. Wen, Z. Lu, and G. Song, "Early Fire Detection Based on Flame Contours in Video," In *Proc. on Information Technology J.*, 2010, pp. 1-10.
- [2] S. Surit and W. Chatwiriyaya, "Forest Fire Smoke Detection in Video Based on Digital Image Processing Approach with Static and Dynamic Characteristic Analysis," In *Proc. on Int. Conf. on Computers, Networks, Systems and Industrial Engineering*, 2011, pp. 35-39.
- [3] J. Park, H. Kim, and Y. Yu, "Video Based Fire Detection Algorithm Using Gaussian Mixture Model," *J. of The Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 6, no. 2, 2011, pp. 206-211.
- [4] Y. Dedeoglu, B. U. Toreyin, U. Gudukbay, and A. E. Cetin, "Real-time Fire and Flame Detection in Video," In *Proc. Acoustics, Speech and Signal Processing*, vol. 2, March 18-23, 2005, pp. 669-672.
- [5] B. U. Toreyin, Y. Dedeoglu, and A. E. Cetin, "Flame Detection in Video Using Hidden Markov Models," In *Proc. Int. Conf. Image Processing*, vol. 2, Sept. 11-14, 2005, pp. 1230-1233.
- [6] Z. Teng, J. Kim, and D. Kang, "Fire Detection Based on Hidden Markov Models," *Int. J. of Control, Automation and Systems*, vol. 8, no. 4, 2010, pp. 822-830.
- [7] J.-S. Park, J.-K. Song, and B.-W. Yoon, "Gaussian Mixture Model Based Smoke Detection Algorithm Robust to Lights Variations," *J. of The Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 7, no. 4, 2012, pp. 733-739.
- [8] B. Freedman, "Method and System for Object Reconstrucion," *US Patent US 2010/0118123 A1*
- [9] K. Khoshelham and S. O. Elberink, "Accuracy and Resolution of Kinect Depth Data for Indoor Mapping Application," *Sensors*, 2012, pp. 1437-1454.
- [10] K. Khoshelham, "Accuracy Analysis of Kinect Depth Data," *Geo Information Science* 38(5/W12), 2010, pp. 1-6.

저자 소개



박장식(Jang-Sik Park)

1992년 부산대학교 전자공학과 졸업(공학사)

1994년 부산대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)

1999년 부산대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)

1997년~2011년 동의과학대학 디지털전자과 교수

2011년~현재 경성대학교 전자공학과 부교수

※ 관심분야 : 영상이해 및 신호처리, 적응신호처리, 음성 및 음향신호처리, 임베디드시스템