

효율적인 4D 영상을 위한 영상 검출 시스템 개발 및 성능평가

Development and Performance Evaluation of an Image Detection System for Efficient 4D Images

조경우*, 류택기*, 전민호*, 오창현*⁰

Kyoung-Woo Cho*, Ze-Qi Liu*, Min-Ho Jeon*, and Chang-Heon Oh*⁰

요 약

4D 영화는 3D 혹은 일반영상과 함께 물리적인 효과를 추가한 영화이다. 시청자에게 물리적 효과를 제공하기 위해선 각 장면마다 적용할 물리 효과 데이터를 작성해야 한다. 본 논문에서는 영화의 폭발 장면이나 빙설, 적설 장면의 상황을 판단하여 효율적으로 물리효과를 제공할 수 있는 영상 검출 시스템을 제안한다. 제안하는 영상 검출 시스템은 R컬러와 적색차 정보인 C_r 값을 이용한 화염 검출 알고리즘과 RGB 컬러를 이용한 적설 영역 검출 알고리즘, 8051 계열의 MCU를 사용한 제어시스템으로 구성된다. 성능평가 결과 화염의 경우 91%의 검출율을 보였으며, 적설 영역의 경우 26%의 오검출이 발생하였다. 또한 해당 알고리즘을 통한 자동적인 물리적 효과 제공이 가능함을 보였다.

Abstract

4D film is just a film that made by adding some physical effects to 3D film or general film. In order to provide physical effects to the audience, the data that make the physical effect must be added to each frames. In this paper, we proposed a video detection system that can efficiently provide physical effects by assessing the present situation such as explosion scene, snowing scene. The proposed video detection system contains an algorithm for fire detection by using R color and C_r value, and also an algorithm for snow detection by using RGB color model. The system constitutes in a MCU that from 8051 family. In the performance evaluations, the result shows that 91% of detection rate in case of fire and 25% of false detection rate in case of snow. Also the system is capable of providing physical effects automatically.

Key words : 4D System, Fire detection algorithm, Snow cover detection algorithm, Context awareness

I. 서 론

4D 영화란 영화의 입체적인 시각효과를 준 3D 영화에 물리적인 효과를 가미한 영화이다. 입체 영상이

상영되면 비행, 이동 등 동적 움직임까지 가미해 공간적인 입체 효과를 얻을 수 있다. 극장 안에 실제 비눗방울이 나온다는지, 영상 속 차량의 움직임에 따라 관객의 의자가 흔들린다는지, 하늘에서 떨어지는 장

* 한국기술교육대학교 (Department of Information Technology Engineering, Korea University of Technology and Education)

· 제1저자 (First Author) : 조경우(Kyoung-Woo Cho)

0 교신저자 (Corresponding Author) : 오창현(Chang-Heon Oh, tel : +82-10-7655-2953, email : choh@koreatech.ac.kr)

· 접수일자 : 2013년 10월 31일 · 심사(수정)일자 : 2013년 10월 31일 (수정일자 : 2013년 12월 20일) · 게재일자 : 2013년 12월 30일

<http://dx.doi.org/10.12673/jkoni.2013.17.6.792>

면에서 바람이 부는 등 실감나게 영화를 즐길 수 있다. 하지만 기존의 시스템을 이용하여 4D 영화를 구축하기 위해서는 각 장면에 대한 정보를 사람이 직접 편집해야 하는 문제가 존재하며, 날씨변화 및 영화의 실제 화면에 해당하는 상황을 연출하기에는 아직 부족하다 [1],[2].

본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 영화의 폭발장면이나, 빙설이 많은 장면, 주인공이 불 인근에 존재하는 장면 등에 물리적 효과를 줄 수 있는 영화 영상 검출 시스템을 제안한다. 제안하는 시스템은 크게 알고리즘을 이용하여 영상정보를 판독하는 영상 분석 시스템과 영상 분석 시스템에서 도출된 데이터를 이용하여 전자기기를 제어하는 제어 시스템으로 구성되며, 영상 분석 시스템에는 화재 및 폭발 검출을 위한 화염 검출 알고리즘과 빙설 및 폭발 등의 환경요인을 분석하기 위한 적설 영역 검출 알고리즘으로 구성된다.

본 논문의 구성은 II장에서는 영상 분석 시스템의 화염 검출 알고리즘과 적설 영역 검출 알고리즘에 대해서 설명하고 III장에서는 영상 분석 시스템의 정보를 이용한 제어 시스템에 대해서 설명한다. IV장에서는 본 논문에서 제안한 시스템을 실제 영화를 상영하며 실험 및 평가를 하고 마지막으로 V장에서 결론을 맺는다.

II. 영상 분석 시스템 설계

2-1 화염 검출 알고리즘

화재 발생 시 초래되는 재산 피해를 줄이기 위해 센서 및 영상을 이용하여 화염을 검출하려는 다양한 노력이 진행되고 있다. 영상을 이용한 화염 검출 알고리즘은 크게 색상 정보, 엣지 검출을 이용한 방법으로 나뉜다 [3],[4]. 본 논문에서는 영상의 화재 상황을 검출하기 위하여 RGB 및 YC_bC_r 컬러모델을 이용한 화염의 색상 정보를 이용하는 방법을 사용한다.

RGB 컬러모델은 빛의 삼원색인 적색(R), 녹색(G), 파랑색(B)의 원색 광을 0에서 255까지 혼합하여 다른 컬러를 생성해낸다 [5].

YC_bC_r 컬러모델은 ITU-R BT.601 표준에 정의되며, RGB 정보를 인코딩 하여 밝기성분(Y)과 색차정보(C_b, C_r)를 분리하여 표현하는 색공간의 일종이다. RGB 컬러를 YC_bC_r 컬러모델로 변환하는 공식은 다음과 같다 [6].

$$\begin{bmatrix} Y \\ C_b \\ C_r \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.29990 & 0.58700 & 0.11400 \\ -0.16874 & -0.33126 & 0.50000 \\ 0.50000 & -0.41869 & 0.08131 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (1)$$

본 논문에서는 RGB 컬러모델의 R값과 YC_bC_r 컬러모델의 적색차 정보인 C_r 값을 이용하여 화염을 검출한다 [7]. 카메라 영상은 RGB 컬러로 전달되므로, 영상의 RGB 값을 (1)의 공식을 이용, YC_bC_r 값으로 변환하여 C_r 값을 이용한다.

먼저 단일 프레임에서의 R 성분과 C_r 의 평균 값을 수식 (2)와 같은 형태로 구한다.

$$\begin{aligned} R_{mean} &= \frac{1}{K} \sum_{i=1}^K \sum_{j=1}^K R(x_i, y_j), \\ C_{rmean} &= \frac{1}{K} \sum_{i=1}^K \sum_{j=1}^K C_r(x_i, y_j) \end{aligned} \quad (2)$$

이 때 K 는 단일 프레임에서의 모든 픽셀 수이며, (x_i, y_j) 는 픽셀 위치를 나타낸다.

단일 프레임 내의 R_{mean}, C_{rmean} 은 붉은 색상 이 큰 화염 영역의 R 값과 C_r 값보다 작기 때문에 해당 값을 비교하여 화염 영역을 추출한다. 이에 관한 조건식은 수식 (3)과 같다 [8].

$$F'(x, y) = \begin{cases} 1, & \text{if } R(x, y) > R_{mean}, \\ & C_r(x, y) > C_{rmean} \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

이 때 $F'(x, y)$ 는 검출 결과를 확인하기 위한 프레임 마스크 F' 의 픽셀 위치를 나타낸다.

해당 조건을 만족하는 프레임 마스크의 경우, 색상 정보를 이용하는 특성 상 화염이 아닌 붉은 계열의 이미지에 반응하게 되므로 수식 (4)와 같은 조건을 만족할 시에 화염 상황으로 최종 판단한다.

$$Fire = \begin{cases} true, & \text{if } M \left(\frac{1}{K} \sum_{i=1}^K \sum_{j=1}^K F'(x_i, y_j) \right) > \alpha \\ false, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (4)$$

여기서 M 은 검출한 프레임 마스크 F' 픽셀들의 평균이며, α 는 임계값을 나타낸다.

2-2 적설 영역 검출 알고리즘

대부분의 이미지에서 눈 입자의 경우 태양의 빛을 반사하여 높은 반사율을 갖기 때문에 배경보다 밝아 흰색에 가까운 색상을 가진다 [9]. 본 논문에서의 적설 영역 검출은 RGB 컬러모델을 사용하였다.

단일 프레임 상의 눈 입자는 이미지의 밝기에 따라 그레이 스케일의 값을 가지므로, 초기에 그레이 스케일의 중간 값을 기준으로 하여 눈 입자의 후보 픽셀을 결정한다. 이때의 조건식은 수식 (5)와 같다.

$$F(x, y) = \begin{cases} true, & \begin{matrix} \text{if } R(x, y) > gray_{mid}, \\ G(x, y) > gray_{mid}, \\ B(x, y) > gray_{mid} \end{matrix} \\ false, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (5)$$

이 때 $F(x, y)$ 는 단일 프레임 상의 픽셀 위치를 나타내며, $gray_{mid}$ 는 그레이 스케일의 중간 값을 말한다.

이후 눈 입자의 초기 후보 조건에 만족하는 픽셀에 대하여 화염 검출 알고리즘과 동일하게 RGB 컬러모델 각 값의 평균을 수식 (6)와 같이 구한다.

$$\begin{aligned} R_{mean} &= \frac{1}{K} \sum_{i=1}^K \sum_{j=1}^K R(x_i, y_j), \\ G_{mean} &= \frac{1}{K} \sum_{i=1}^K \sum_{j=1}^K G(x_i, y_j), \\ B_{mean} &= \frac{1}{K} \sum_{i=1}^K \sum_{j=1}^K B(x_i, y_j) \end{aligned} \quad (6)$$

이 때 K 는 단일 프레임에서의 모든 픽셀 수이며, (x_i, y_j) 는 픽셀 위치를 나타낸다.

단일 프레임 상의 눈 입자는 눈 입자 후보 픽셀의 평균값보다 큰 값을 가지므로, 해당 값을 비교하여 적설 영역을 추출한다. 이에 관한 조건식은 수식 (7)



그림 1. 제어시스템 구성

Fig. 1. Control system configuration

과 같다.

$$F'(x, y) = \begin{cases} 1, & \begin{matrix} \text{if } R(x, y) > R_{mean}, \\ G(x, y) > G_{mean}, \\ B(x, y) > B_{mean} \end{matrix} \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (7)$$

이 때 $F'(x, y)$ 는 검출 결과를 확인하기 위한 프레임 마스크 F' 의 픽셀 위치를 나타낸다.

눈 입자의 경우, 움직임에 따른 색상의 변화가 있으므로 지속적인 후보 픽셀 판정 시, 색상 변화에 따른 초기 조건의 변경이 필요하다. 따라서 후보 영역의 판정 색상 범위를 설정하여 지속적인 눈 입자 후보 픽셀 선정이 가능토록 한다.

III. 제어 시스템 설계

영상 분석 시스템을 기반으로 영화 시청자에게 물리적 효과를 줄 수 있는 환경을 실험하기 위해 그림 1와 같은 제어시스템을 구성하였다.

그림 1의 제어시스템은 8051 계열의 MCU를 사용하여 PC를 통한 영상분석 시스템에서 검출한 화염, 적설 영역에 각각 전구, 선풍기를 동작하도록 하였다. 각 동작의 순서도는 그림 2와 같다.

PC를 통한 영상분석은 메모리 초기화 이후 영상을 읽어 각 프레임 데이터들을 저장한다. 이후 영상 검출을 위한 동일한 사이즈의 프레임 마스크를 만든 후, 컬러 맵 데이터를 저장한다. 영상 실험을 통해 얻은 화염 검출 기준 값과 적설 영역 검출 기준 값과의 비교를 통해 영상의 상황을 판단 한 후, MCU로 판단

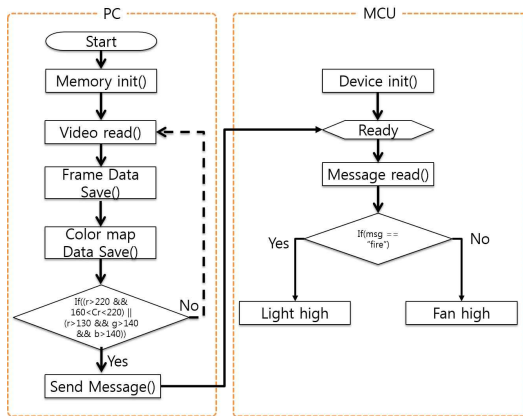


그림 2. 제어시스템 순서도
Fig. 2. Control system flow chart

결과를 전송한다. 이때의 전송은 시리얼 통신을 사용하였다.

MCU는 전달받은 메시지를 판단하여 화염일 경우 전구를 동작시키고, 적설 영역일 경우 팬을 동작시킨다.

IV. 실험 및 성능평가

본 절에서는 단일 프레임, 실제 영상에 제안한 알고리즘과 제어 시스템을 적용하여 시스템을 테스트하고 성능을 판단한다. 실험은 Intel Core i7 3.40GHz, 8GB의 메모리를 가진 시스템에서 이루어졌으며, 단일 프레임에서의 알고리즘 결과 확인은 MATLAB을 이용하였고 [10], 실제 영상에서의 제어 시스템 테스트는 C#과 OpenCV를 이용하였다.

단일 프레임에서의 알고리즘 적용은 화염 이미지와 적설 이미지를 사용하여 테스트하였다. 그림 3은 알고리즘 적용 시, 입력 영상에 대한 프레임 마스크 $F'(x, y)$ 의 결과이다.

단일 프레임 실험 결과, 화염 검출과 적설 영역 검출 모두 전 영역의 정확한 검출은 어려우나 화염이 발생하거나, 적설 상황을 판단 가능하여 제어시스템을 통한 물리적 효과 제공이 가능함을 확인할 수 있다.

그림 4는 화염이 검출되는 상황에서의 R, Cr값을 그래프로 나타낸 그림이다. 일반 영상부분에 비해 높은 R값과 Cr값을 가지는 것을 알 수 있다.



(a) 입력영상



(b) 화염 검출 결과 (c) 적설 영역 검출 결과
그림 3. 단일 프레임 검출

Fig. 3. Detection of a single frame

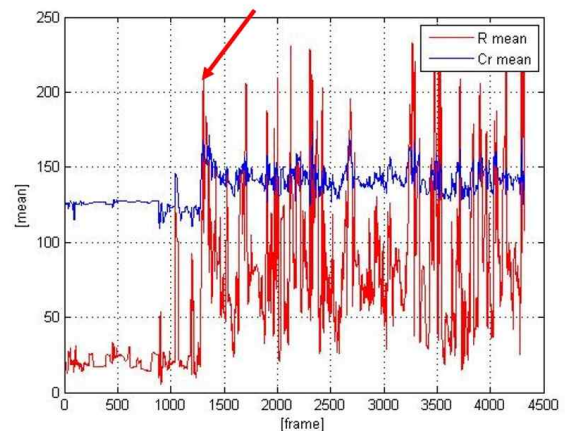


그림 4. 화염 검출 시 R, Cr의 값
Fig. 4. Fire detection R and Cr value

그림 5는 적설이 검출되는 상황에서의 R, G, B값을 그래프로 나타낸 그림이다. R과 G와 B의 값이 80 이상을 넘는 부분에서 동작이 됨을 확인할 수 있다.

표 1은 실제 영상을 통한 실험결과이다. 실험 영상은 화재 장면이 많은 영화 ‘타워’와 적설 장면이 많은 영화 ‘철도원’의 일부분을 선정하여 실험하였다.

영화 ‘타워’의 경우 화염 검출 알고리즘으로 91%의 확률로 화염을 검출하는 것을 확인하였으며, 영화 ‘철도원’의 경우 적설 영역 검출 알고리즘으로 100%의 확률로 적설을 검출하는 것을 확인하였다. 이는 영화 ‘타워’와 ‘철도원’에서 본 논문의 알고리즘들을

V. 결 론

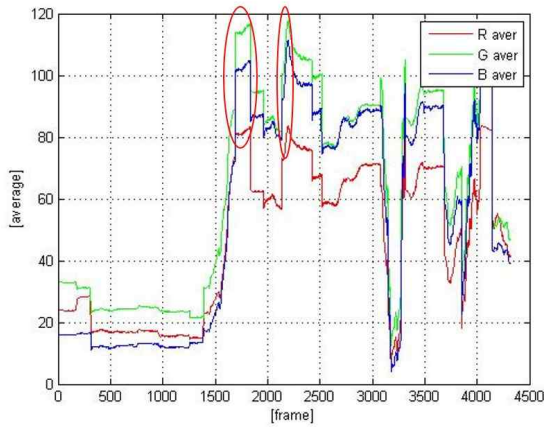


그림 5. 적설 영역 검출 시 RGB 값
Fig. 5 Snow cover area detection RGB value

표 1. 영상 검출 시스템 성능평가
Table 1. Performance evaluation of image detection system

실험 영상	화염 검출 프레임 (전체)	적설 검출 프레임 (전체)
타워	132(144)	-
철도원	-	191(191)

평가하기 위한 부분의 프레임만을 적용하여 실험했기 때문에 높은 수치가 나오는 것으로 확인된다.

표 2는 영화 ‘타워’에서 화염이 없는 프레임에 본 시스템을 적용시켰을 때 결과를 나타낸다. 화염은 검출이 되지 않았지만 영상의 밝기로 인한 흰색에 가까운 색상으로 인해 26%의 확률로 적설이 검출되는 것을 확인할 수 있으며, ‘철도원’에서는 화염과 적설 모두 검출되지 않았음을 확인할 수 있다.

표 2. 영상 검출 시스템의 오검출
Table 2. Error of image detection system

실험 영상	전체 프레임	화염 검출 프레임	적설 검출 프레임
타워	191	•	50
철도원	204	•	•

본 논문에서는 4D 영화 상영 시 프로그래머의 개입 없이 화재, 적설 장면에서 시청자에게 효율적으로 영상의 온도상황을 인지하여 물리효과를 제공할 수 있는 영상 분석 시스템을 개발하였다. 이를 위해 R컬러와 적색차 정보인 C_r 값을 이용한 화염 검출 알고리즘과 RGB 컬러를 이용한 적설 영역 검출 알고리즘을 제안하였으며, 8051 계열의 MCU를 사용하여 제어시스템을 개발하였다. 성능 평가를 위한 실험 시, 화염 검출 알고리즘으로 91%의 화염 검출이 가능하였으며, 적설 영역 검출 알고리즘으로 26%의 오검출이 발생하였다. 또한 두 알고리즘을 통한 제어시스템 동작 시, 영화 상황에 맞는 물리적 효과가 자동으로 이루어짐을 확인하였다. 향후 화염 검출 알고리즘의 경우 영상의 색 정보 분석을 통한 정확한 임계값 설정 방법과 영상 밝기에 따른 오검출을 보완을 진행할 것이며, 적설 영역 검출 알고리즘의 경우 영상의 배경 정보 분석을 통한 오검출율의 보완을 진행할 것이다. 또한 현재 사용되는 4D 시스템과 호환이 가능하도록 의지를 통한 물리적 효과를 줄 수 있는 검출 알고리즘에 대한 방안에 대한 연구를 진행할 예정이다.

감사의 글

본 과제(결과물)는 교육과학기술부의 재원으로 지원을 받아 수행된 산학협력 선도대학(LINC) 육성사업의 연구결과입니다.

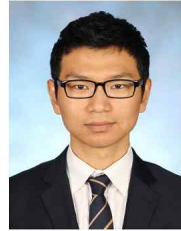
Reference

[1] Korea Creative Contents Agency, “Status and Prospects of Experiential(4D) technology and content”, *Culture and technology(CT) reports, no. 1*, June 2010.
[2] J. S. Park, H. T. Kim, Y. S. Yu, “Video Based Fire Detection Algorithm using Gaussian Mixture Model”, *The Journal of The Korea institute of electronic communication sciences*, vol. 6, no. 2,

pp 206-211, April 2011.

- [3] G. Healey, D. Slater, T. Lin, B. Drda, and A. D. Goedeke, "A system for real-time fire detection", *IEEE Computer Vision and Pattern Recognition, Proceedings CVPR '93*, pp. 605-606, 1993.
- [4] B. U. Toreyin, Y. Dedeoglu, U. Gudukbay, and A. E. Cetin, "Computer vision based method for real-time fire and flame detection", *Pattern Recognition Letters, Volume 27*, pp. 49-58, Jan. 2006.
- [5] J. W. Jung, G. C. Park, S. S. Kim, Multimedia Communication for The Ubiquitous Age, Scitech media, 2006.
- [6] Radio Communication Sector of ITU(ITU-R), "Recommendation ITU-R BT.601-7", Mar. 2011.
- [7] H. S. Lee, W. H. Kim, "The Flame Color Analysis of Color Models for Fire Detection", *The Journal of The Korea society of space technology*, vol. 8, no. 3, pp. 52-57, Sep. 2013.
- [8] D. H. Lee, J. W. Yoo, K. H. Lee, Y. Kim, "A Real Time Flame and Smoke Detection Algorithm Based on Conditional Test in YC_bC_r Color Model and Adaptive Differential Image", *Journal of the Korea society of computer and information*, vol.15, no. 5, pp. 57-65, May 2010.
- [9] JJ Koenderink and WA Richards, "Why is snow so bright?", *JOSA A*, vol. 9, issue 5, pp. 643-648, 1992.
- [10] K. W. Cho, K. C. Wang, C. H. Oh, "A Study of Fire Detection Algorithm for Efficient 4D System", *The Conference of The Korea institute of information and communication engineering*, vol. 17, no. 2, Oct. 2013.

조 경 우 (Kyoung-Woo Cho)



2013년 2월: 공주대학교 전기전자 제어공학과 (공학사)
 2013년 3월 ~ 현재: 한국기술교육대학교 전기전자통신공학과 (석사과정)
 관심분야 : 무선통신, 상황인지, IoT

류 택 기 (Ze-Qi Liu)



2010년 2월 ~ 현재: 한국기술교육대학교 전기전자통신공학부 정보통신공학전공 (공학사)
 관심분야 : 무선통신, 영상처리

전 민 호 (Min-Ho Jeon)



2009년 2월 : 극동대학교 게임디지털 콘텐츠학과 (공학사)
 2011년 8월 : 한국기술교육대학교 전기전자통신공학과 (공학석사)
 2011년 9월 ~ 현재: 한국기술교육대학교 전기전자통신공학과 (박사과정)
 관심분야 : 무선통신, 무선센서네트워크, Big Data, IoT, 상황인지

오 창 현 (Chang-Heon Oh)



1988년 2월 : 한국항공대학교 항공통신공학과 (공학사)
 1990년 2월 : 한국항공대학교 대학원항공통신정보공학과 (공학석사)
 1996년 2월 : 한국항공대학교 대학원 항공전자공학과 (공학박사)
 1990년 2월~1993년 8월: 한진전자(주) 기술연구소 전임연구원

1993년 10월~1999년 2월: 삼성전자(주) CDMA 개발팀 선임연구원

1999년 2월-현재: 한국기술교육대학교 전기전자통신공학부 교수
 2006년 8월-2007년 7월 방문교수(University of Wisconsin-Madison)
 관심분야 : 이동통신, 무선통신, Wireless Sensor N/W, CR