



## **Temporal Coherent Sketch Rendering using Background Image**

**Jae-Khun Chang<sup>1</sup>, Yeong-Kwon Kim<sup>2</sup>, Seung-Taek Ryo<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*School of Computer Engineering, HanShin University*

<sup>2</sup>*Department of Computer Information, Osan University*

---

### **A B S T R A C T**

Video based stylized rendering have temporal coherence problems occurred by illumination and shape difference in corresponding pixel between previous and current frame. Especially, the rendered image is distorted in the background part rather than the foreground part. In this paper, we suggest original image correction method using background image to reduce flickering effect at background part in correction step and post blurring method using rendered image to improve sketch rendering effect in rendering step. In correction step, video frames can be input through video file or web camera, and then the original video frames can be corrected by using the frame difference between original and background image. In rendering step, we transform corrected frame into grayscale image and invert the color. And then we blur the inverted frame using bilateral filtering and apply color dodge algorithm in the blurred frame. To reduce flickering effect and improve sketching effect, post-blurring method using bilateral filtering is applied again in the rendered frame. Correction method using background image can be reduced flickering effect caused by the difference between previous and current frame. Also, post-blurring method using bilateral filtering can be represented smooth sketch rendering through removing unnecessary noise. Suggested method can be applied to realtime rendering and can be used in various fields such as image and game contents generation.

© 2017 KKITS All rights reserved

---

**KEYWORDS :** Non-photorealistic rendering, Stylized rendering, Sketch rendering, Temporal coherence, Frame difference

---

**ARTICLE INFO:** Received 27 April 2017, Revised 29 May 2017, Accepted 9 June 2017.

---

---

\*Corresponding author is with the School of Computer Engineering, HanShin University, 137 Hanshin Univ.-gil

---

Osan-si, Gyeonggi-do, 18101, KOREA.  
E-mail address: [stryoo@hs.ac.kr](mailto:stryoo@hs.ac.kr)

## 1. 서론

비사실적 렌더링(NPR: Non-photorealistic Rendering) 기술은 현실세계를 사실적으로 표현하는 대신 연필화, 스케치, 만화적 표현, 수채화, 회화와 같은 예술가의 기법을 사용하여 컴퓨터로 시뮬레이션하는 방법을 말한다. 이러한 렌더링 방법을 스타일 렌더링(Stylized Rendering)이라고도 부르기도 한다 [1]. 많은 연구들이 정지 영상을 사용하여 진행되어 왔고 현재는 비디오 영상을 기반으로 한 연구들이 활발히 진행되고 있다. 비디오 영상 기반 스타일 렌더링은 이전 영상과 현재 영상 간의 프레임의 색상 및 형태 차이로 인해 발생하는 시간적 일관성 문제가 발생한다. 특히 전경보다는 배경 부분에서 영상이 왜곡되는 현상이 나타난다.

본 논문의 목적은 비사실적 렌더링 중에서 스케치 렌더링(Sketch Rendering)을 정지 영상이 아닌 비디오 영상에 비사실적 렌더링을 적용할 때 나타나는 시간 일관성 문제들을 프레임 차이를 기반으로 참조 영상(배경 영상)을 이용하여 해결하는 것이다. 이를 위해 시간 일관성의 문제를 살펴보고 해결 방법을 제안하고자 한다.

본 논문의 구성은 2장에서 현재까지의 스케치 렌더링에 대해 알아보고 3장에서 정지 영상 기반 스케치 렌더링 방법과 한계점을 살펴본다. 4장에서는 제안된 시간 일관적 스케치 렌더링 방법에 대해 설명하고 5장에서 그 결과를 살펴본다. 마지막으로 6장에서는 결론 및 향후과제에 대해 논한다.

## 2. 관련연구

스케치 렌더링에 대한 연구는 수자(Sousa)와 뷰캐넌(Buchanan)이 연필화에서 사용되는 대표적인 문지르기, 지우개, 종이 등의 도구를 시뮬레이션하는 연구가 있다[2, 3]. 이와 유사한 접근 방법으로

타카기(Takagi)는 색연필화에 대한 볼륨 그래픽스 모델 (Volume Graphics Model)로 지우개, 색연필, 물, 종이 효과 등을 볼륨 그래픽스의 복셀 (voxel)로 표현하는 방법을 제시했다[4]. 영상을 선적분 회선에 근거하여 연필화로 생성하는 연구로는 마오(Mao) 등이 제시한 방법이 있다[6]. 그리고 영상분할 알고리즘을 통해 특징 영역을 분할하고 윤곽선을 추출한 후 그라디언트 벡터 필드를 이용하는 방법, 영상의 톤마다 다른 방향의 선적분 회선을 이용하는 방법, 에지 검출 알고리즘 통해 만들어진 영상의 변경 정보를 추가하여 연필화를 생성하는 방법이 있다[5, 6]. 야마모토(Yamamoto) 등은 선적분 회선을 이용하여 스트로크 방향에 맞는 색연필 스트로크를 생성하고, 쿠벨카-몽크(Kubelka-Munk) 모델을 이용해서 혼합함으로써 색연필 효과를 구현하였다[7]. 이와 같은 선적분 방법은 간단하게 스트로크를 생성할 수는 있지만 영역 내에서 일정한 방향성만을 갖는 한계점이 있다. 솔즈베리(Salisbury) 등은 사용자가 지정한 방향으로 영상의 톤에 따라 스트로크를 하나씩 적용함으로써 펜과 잉크로 그린 느낌을 주는 영상을 생성했다[8]. 마쓰이(Matsui)는 영상 내 물체 윤곽선으로부터 내부를 셰이딩하는 스트로크를 생성하고, 이 스트로크에 색연필 효과를 적용하는 방법을 제안하였다[9]. 무라카미(Murakami)는 파스텔, 목탄, 크레용 등의 스트로크를 이용하여 영상을 생성하는 방법을 제안하였다[10]. 본 논문에서는 캠을 이용한 스케치 방법과 그에 따라 발생하는 시간적 일관성 문제점을 배경 영상을 기반으로 해결 방안을 제안한다.

## 3. 정지 영상 기반 스케치 렌더링

<그림 1>과 같이 스케치 단계의 첫 번째는 입력 받은 RGB색상 이미지를 그레이 스케일로 변환하는 것이다. 두 번째 단계는 변환된 그레이 스케일을

네거티브 영상을 얻기 위해 색상 반전을 해준다. 세 번째 단계는 네거티브 영상에 블러링을 적용하는 것이다. 마지막으로 네 번째 단계는 칼라 닷지 [11] 함수를 이용하여 두 번째 단계의 색상반전 이미지와 세 번째 단계의 블러 이미지를 혼합하는 것이다.

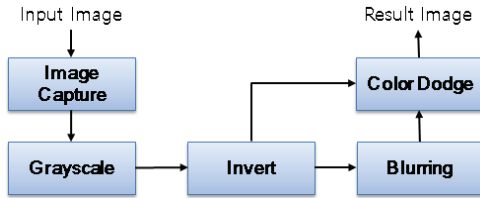


그림 1. 정지 영상 기반 스케치 렌더링 흐름도  
Figure 1. Flowchart of still-image based sketch rendering

<그림 2>은 칼라 닷지 알고리즘을 이용한 스케치 렌더링의 결과 이미지를 보여주고 있다.

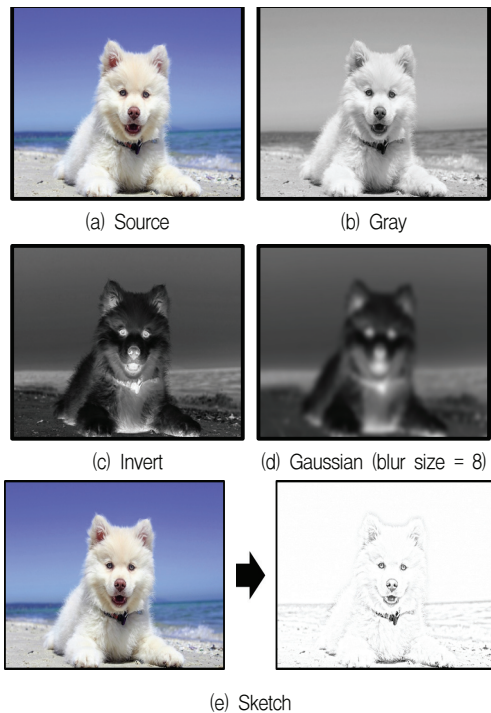


그림 2. 정지 영상 기반 스케치 렌더링 결과 영상  
Figure 2. The result of still-image based sketch rendering

스케치 렌더링을 위해 사용되는 칼라 닷지 알고리즘의 수식은 아래와 같이 나타낼 수 있다. A는 회색음영 영상의 픽셀값, B는 블러 영상의 픽셀값 그리고 C는 칼라 닷지 출력값을 말한다.

$$C = 255 * B / (255 - A) \quad (1)$$

블러링 단계에서 가우시안 블러 혹은 양방향 필터를 적용할 수 있다. 가우시안 블러를 적용한 결과와 양방향 필터를 적용한 결과영상의 차이점은 4.2절에서 설명할 것이다.

정지 영상이 아닌 비디오 영상을 사용시 현재 영상과 이전영상간의 프레임 색상 차이로 인해 배경 영역에서 랜덤한 위치의 픽셀값이 난잡하게 바뀌는 현상(플리커링)이 발생한다. <그림 3>은 정지 영상 기반 스케치 렌더링 방법을 비디오 영상 기반 스케치 렌더링에 적용하였을 때 나타나는 플리커링 현상을 보여주고 있다.

배경에서 발생하는 영상간의 프레임 색상 차이로 인해 발생하는 플리커링 현상을 제거하기 위해서는 원본 영상을 보정하는 알고리즘이 필요하다.



그림 3. 비디오 기반 스케치 렌더링의 문제점  
Figure 3. The problem of the video based sketch rendering

#### 4. 시간 일관적 스케치 렌더링

본 연구에서는 배경 영상에서 발생하는 플리커

링 현상을 제거하여 시간적 일관성을 유지하기 위해 보정단계에서 배경 영상을 이용하여 원본영상을 보정하는 방법과 렌더링 단계에서 후처리 블러링 방법을 추가하였다. <그림 4>는 제안한 비디오 기반 스케치 렌더링 시스템의 흐름도를 보여주고 있다.

먼저 보정 단계(Correction Step)에서 캡을 통해 영상을 받아오고 원본 영상과 배경 영상 간의 프레임 차이를 이용하여 영상을 보정한다. 이렇게 보정된 영상을 렌더링 단계(Rendering Step)에서 회색 음영 영상으로 바꿔주고 색상을 반전시킨다. 색상 반전된 영상은 양방향 알고리즘을 이용하여 블러링을 해준다. 이후 칼라 닷지 함수를 적용하여 스케치 효과를 주고 다시 한번 양방향 알고리즘을 이용하여 블러링을 해주어 최종 스케치 영상을 출력한다.

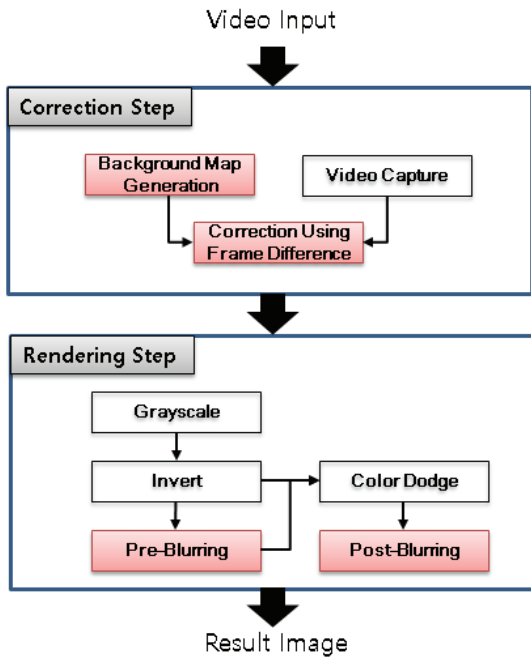


그림 4. 제안된 비디오 기반 스케치 렌더링의 구성  
Figure 4. The overview of suggested video based sketch rendering

#### 4.1 보정 단계

비디오 기반 스케치 렌더링의 문제를 개선하기 위해서는 프레임간의 차이를 보완한 원본영상의 보정이 필요하다. 본 연구에서는 원본 영상을 보정하기 위해 배경 영상을 사용하였다. 배경 영상은 전경을 제거하고 배경만을 남긴 영상을 말한다. 배경 영상은 미리 전경이 없는 영상을 캡춰하거나 일정기간동안 촬영한 영상으로부터 프레임간의 색상차이가 최소로 되는 픽셀만을 저장하여 생성할 수 있다[12, 13]. <그림 5>는 전경을 제거한 배경 영상, 원본 영상(현재 프레임), 배경 영상을 이용하여 원본 영상을 보정한 영상을 보여주고 있다.



(a) 배경영상 (b) 원본 영상 (c) 보정 영상

그림 5. 배경 영상을 이용한 원본 영상 보정

Figure 5. The correction of original image using background map

원본 영상과 배경 영상간의 프레임 색상 차이를 계산하여 <수식 2>와 같이 보정 영상을 생성한다.

$$D_F(x,y,t) = |F(x,y,t) - M_F(x,y)|$$

$$R_F(x,y,t) = \begin{cases} F(x,y,t) & \text{if } D_F(x,y,t) \geq Th_\gamma \\ M_F(x,y) & \text{if } D_F(x,y,t) < Th_\gamma \end{cases} \quad (2)$$

프레임간의 차이값  $D_F(x,y,t)$ 는 배경 영상의 픽셀값  $M_F(x,y)$ 과 원본 영상(현재 프레임)의 픽셀값  $F(x,y,t)$ 를 빼준 절대값을 말한다.  $R_F$ 는 배경 영상을 적용하여 보정된 결과 영상을 뜻하며, 만약 프레임간의 차이값이 임계값  $Th_\gamma$ 보다 크다면 보정 영상의 픽셀값을 원본영상의 픽셀값으로 바꿔주고 임계값  $Th_\gamma$ 보다 작다면 배경 영상의 픽셀값으로 바꿔준다.

## 4.2 렌더링 단계

비디오 기반 스케치 렌더링 방법은 블러링 단계를 제외하면 기존 정지 영상 기반 스케치 렌더링 방법과 유사하다. 본 연구에서는 자연스런 스케치 효과를 나타내기 위해 블러링 단계를 전처리 블러링과 후처리 블러링으로 세분화 하였다. 전처리 블러링 만을 적용하는 경우에는 스케치로 표현되는 선화 부분이 자연스럽게 표현되지 않는다.

본 연구에서는 블러링을 적용하기 위해 가우시안 블러와 양방향 필터 알고리즘을 이용하였다. 가우시안 블러[14]를 사용하는 칼라닷지를 수행하는 경우 선화부분이 정확히 표현되나 선화의 굵기가 얇아 대상 물체가 뚜렷하게 표현되지 않는다. 양방향 필터[15]를 사용하여 칼라닷지를 수행하는 경우 선화의 굵기가 제대로 표현되나 불필요한 잡음까지 선화로 추출되는 현상이 발생한다.

<그림 6-a>는 전처리 블러링 단계에서 가우시안 블러를 이용하여 스케치를 적용한 영상이다. 가우시안 블러의 필터 사이즈는 9로 적용 하였다. <그림 6-b>는 블러 단계에서 양방향 필터를 이용하여 스케치를 적용한 영상이다. 양방향 필터의 사이즈는 7로 적용 하였다. <그림 6-a>와 <그림 6-b>를 보면 얼굴과 머리 등에 잡음처럼 픽셀들이 퍼져있는 것을 확인할 수 있는데 정지영상이 아닌 실시간 영상의 경우 잡음처럼 퍼져있는 픽셀의 위치가 매 프레임 랜덤하게 바뀌게 된다.



(a) Gaussian blur (size = 9) (b) Bilateral blur (size = 7)

그림 6. 가우시안 블러와 양방향 필터 비교

Figure 6. The comparison of Gaussian blur and bilateral blur

이러한 문제를 해결하기 위해 전처리 블러링과 함께 스케치 적용 이후 후처리 블러링 작업을 진행 하였다. <그림 7-a>는 전처리 블러링에 가우시안 블러를 적용하고 후처리 블러링에 양방향 필터를 적용한 결과 영상이다. 잡음은 제거 되었으나 영상이 많이 흐려져 사람의 이목구비와 머리 그리고 배경 등이 흐릿하게 표현된다. <그림 7-b>는 전처리 블러링에 양방향 필터를 적용하고 후처리 블러링에 가우시안 블러를 적용한 결과 영상이다. <그림 7-a>처럼 영상이 흐려지진 않았지만 잡음이 제거되지 않고 그대로 남아있게 된다. <그림 7-c>는 전처리 블러링에 가우시안 블러를 적용하고 후처리 블러링에 가우시안 블러를 적용한 결과 영상이다. 잡음이 어느 정도 제거 되었지만 영상이 흐릿하게 표현된다. <그림 7-d>는 전처리 블러링에 양방향 필터를 적용하고 후처리 블러링에 다시 양방향 필터를 적용한 결과 영상이다. 잡음이 제거 되었으며 결과 영상이 흐리지 않고 뚜렷하게 표현된다. 본 연구에서는 전처리와 후처리 블러링 단계에서 모두 양방향 필터를 사용하여 비디오 기반 스케치 렌더링에 적용하였다.



(a) Gaussian -> Bilateral

(b) Bilateral -> Gaussian

(c) Gaussian -> Gaussian

(d) Bilateral -> Bilateral

그림 7. 전처리 블러와 후처리 블러 결과

Figure 7. The result of pre-blurring and post-blurring

### 5. 연구결과

<그림 8-a>는 배경 영상을 사용하지 않은 일반 결과 영상이며 <그림 8-b>는 배경 영상을 이용하여 보정된 원본 영상에 스케치를 적용한 결과 영상이다.



(a) 스케치렌더링(원본영상 사용) (b) 스케치렌더링(보정영상 사용)

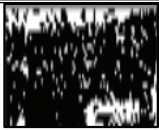
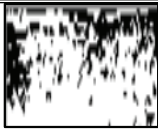
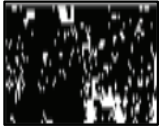
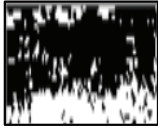
그림 8. 비디오 기반 스케치 렌더링의 비교

Figure 8. The comparison of video based sketch rendering

아래 <표 1>은 이전 영상과 현재 영상, 현재 영상과 다음 영상의 픽셀차를 배경 영상을 사용했을 때와 사용하지 않았을 때를 비교한 표이다. 각 그림은 빛에 영향을 받는 부분을 잘라낸 영상이다.

표 1. 프레임간의 픽셀 차이 비교

Table 1. The comparison of pixel difference between frames

프레임 차이	원본영상 사용 영상의 바뀐 픽셀 수 (전체픽셀 2604)	보정영상 사용 영상의 바뀐 픽셀 수 (전체픽셀 2604)
이전 영상 - 현재 영상	 2001/2604 76.8%	 690/2604 26.4%
현재 영상 - 다음 영상	 2176/2604 83.5%	 1640/2604 62.9%

배경 영상을 사용하지 않은 이전 영상과 현재 영상의 바뀐 픽셀의 비율(바뀐 픽셀수/전체 픽셀수)

은 76.8% (2001/2604) 로 나왔으며 현재 영상과 다음 영상은 83.5% (2176/2604)로 나왔다. 하지만 배경 영상을 사용한 이전 영상과 현재 영상의 바뀐 픽셀 비율은 26.4% (690/2604), 현재 영상과 다음 영상은 62.9% (1640/2604)로 배경 영상을 사용했을 때와 사용하지 않았을 때의 차이가 큼을 알 수 있다.

<그림 9>는 제안된 비디오 기반 스케치 렌더링을 이용한 결과 영상을 보여주고 있다. 실내 영상 뿐만아니라 실외 영상에서도 스케치의 느낌을 잘 표현하는 것을 볼 수 있다. 하지만 배경 영상을 사용하여 스케치 렌더링을 적용하는 경우 배경 영상을 미리 설정하고 렌더링을 하게 되어 카메라가 흔들리거나 다른 방향을 촬영할 때 다시 배경 영상을 설정해야 한다. 이러한 문제를 해결하기 위해 프레임간의 차이를 이용한 다른 접근 방법에 대한 연구가 필요하다.



그림 9. 비디오 기반 스케치 렌더링의 결과

Figure 9. The result of video based sketch rendering

## 6. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 일반적인 정지영상 기반 비사실적 렌더링이 아닌 비디오 기반 실시간 비사실적 렌더링을 구현하였다. 이를 평가하기 위해 비사실적 렌더링 중 스케치 렌더링을 사용하였다. 비디오 기반 스케치 렌더링에서 발생하는 일정 영역에서 랜덤한 위치의 픽셀이 난잡하게 바뀌는 문제점은 배경 영상을 이용해 해결하는 방법을 제안하였다. 향후 연구로는 스케치 렌더링에서 배경 영상에서 나타나는 문제점을 최소화할 수 있도록 알고리즘을 개선하는 것이 필요하다.

## References

- [1] B. Gooch, and A. Gooch, *Non photorealistic rendering*, A K Peters, Ltd. 2001
- [2] M. C. Sousa, and J. Buchanan, *Computer-generated graphite pencil rendering of 3D polygonal models*, In Proceedings of Eurographics 1999, pp. 195-207, 1999.
- [3] M. C. Sousa, and J. Buchanan, *Observational model of blenders and erasers in computer generated pencil rendering*, In Proceedings of Graphics Interface 1999, pp. 157-166, 1999.
- [4] S. Takagi, M. Nakajima, and I. Fujishiro, *Volumetric modeling of colored pencil drawing*, In Proceedings of Pacific Graphics 1999, pp. 250-258, 1999.
- [5] N. Li, and Z. Huang, *A feature-based pencil drawing method*, In Proceedings of 1st International Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques in Australasia and South East Asia, pp. 135-140, 2003.
- [6] S. Yamamoto, X. Mao, and A. Imamiya, *Enhanced LIC pencil filter*, In Proceedings of International Conference on Computer Graphics, Imaging and Visualization, pp. 251-256, 2004.
- [7] S. Yamamoto, X. Mao, and A. Imamiya, *Colored pencil filter with custom colors*, In Proceedings of Pacific Graphics 2004, pp. 329-338, 2004.
- [8] M. Salisbury, M. Wong, J. Hughes, and D. Salesin, *Orientable textures for image-based pen-and-ink illustration*, In Proceedings of SIGGRAPH, pp. 401-406, 1997.
- [9] H. Matsui, H. Johan, and T. Nishita, *Creating colored pencil images by drawing strokes based on boundaries of regions*, In Proceedings of Computer Graphics International, pp. 148-155, 2005.
- [10] K. Murakami, R. Tsuruno, and E. Genda, *Multiple illuminated paper textures for drawing strokes*, In Proceedings of Computer Graphics International, pp. 156-161, 2005.
- [11] S. Valentine, *The hidden power of blend modes in adobe photoshop*. Adobe Press, 2012.
- [12] W. Zeng, W. Gao, and D. Zhao, *Automatic moving object extraction in MPEG video*, IEEE Transaction on Signals and Image processing, pp. 524-527, 2003.
- [13] I. Kartika, and S. S. Mohamed, *Frame differencing with post processing techniques for moving object detection in outdoor environment*, IEEE 7th International Colloquium on Signal Processing and its Applications, pp. 172-176, 2011.
- [14] R. A. Haddad, and A. N. Akansu, *A class of fast gaussian binomial filters for speech and image processing*, IEEE Transactions on Acoustics, Speech and Signal Processing, Vol. 39, pp. 723-727, Mar. 1991.
- [15] C. Tomasi, and R. Manduchi, *Bilateral filtering for gray and color images*, IEEE Transactions on Computer Vision, pp. 839-846, 1998.

## 배경 영상을 이용한 시간 일관적 스케치 렌더링

장재건<sup>1</sup>, 김영권<sup>2</sup>, 류승택<sup>1</sup>

<sup>1</sup>한신대학교 컴퓨터공학부

<sup>2</sup>오산대학교 컴퓨터정보학과

### 요 약

비디오 영상 기반 스타일 렌더링은 이전 영상과 현재 영상 간의 프레임의 색상 및 형태 차이로 인해 발생하는 시간적 일관성 문제가 발생한다. 특히 전경보다는 배경 부분에서 영상이 왜곡되는 현상이 나타난다. 본 연구에서는 배경 영상에서 발생하는 플리커링 현상을 제거하여 시간적 일관성을 유지하기 위해 보정단계에서 배경 영상을 이용하여 원본영상을 보정하는 방법과 렌더링 단계에서 후처리 블러링 방법을 추가하였다. 먼저 보정 단계에서 캡을 통해 영상을 받아 오고 원본 영상과 배경 영상 간의 프레임 차이를 이용하여 영상을 보정한다. 이렇게 보정된 영상을 렌더링 단계에서 회색음영 영상으로 바꿔주고 색상을 반전시킨다. 색상 반전된 영상은 양방향 알고리즘을 이용하여 블러링을 해준다. 이후 칼라 닷지 함수를 적용하여 스케치 효과를 주고 다시 한번 양방향 알고리즘을 이용하여 블러링을 해주어 최종 스케치 영상을 출력한다. 원본영상의 보정을 통해 전후프레임의 차이로 인해 발생하는 플리커링 현상을 완화시킬 수가 있으며 후처리 블러링을 통해 불필요한 잡음을 제거하여 스케치의 부드러운 선화를 표현할 수 있다. 제안된 방법은 실시간 스케치 렌더링에 적용이 가능하여 영상 및 게임 콘텐츠 제작 등에 다양하게 사용될 수 있다.

### 감사의 글

본 논문은 중소기업청에서 지원하는 2016년도 산학협력 기술개발사업(기업부설연구소 신규설치)(No. C0261447)의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.



**Jae Khun Chang** received his B.S. degree from Hanyang University in 1985. He had received his M.S. degree from Department of Computer and Information Science in New Jersey Institute of Technology, and Ph.D. from Department of Computer Science in University of South Carolina in 1989 and 1997 respectively. He is currently in School of Computer Engineering, Hanshin University, Korea. His interests are computer vision, ITS, image processing, pattern recognition, and motion tracking.

*E-mail address:* jchang@hs.ac.kr



**Yeong Kwon Kim** received his Ph.D. in Department of Computer Science & Engineering from ChungAng University in 2009. He is currently a professor in Department of Computer Information, Osan University, Korea. His interests are artificial intelligence, embedded system, ubiquitous.

*E-mail address:* ykkim@osan.ac.kr



**Seung Taek Ryoo** received the B.S. and M.S. degrees in Computer Science Engineering from ChungAng University in 1996 and 1998, respectively. He had received his Ph.D.

in Department of Image Engineering, Graduate School of Advanced Imaging Science, Multimedia and Film from ChungAng University in 2002. He is currently an associate professor in School of Computer Engineering, Hanshin University, Korea. His interests are computer graphics, image-based rendering, realtime rendering, non-photorealistic rendering.

*E-mail address:* stryoo@hs.ac.kr