
공간 필터를 이용한 스케치 스타일 효과

Sketch Style Effect using Spatial Filter

김승완, 권오봉
전북대학교 전자정보공학부

Seung-Wan Kim(kswsamson@chonbuk.ac.kr), Ou-Bong Gwon(obgwun@chonbuk.ac.kr)

요약

본 논문에서는 실영상(컴퓨터로 생성한 영상 또는 실제 촬영한 영상)을 직접 손으로 스케치한 것과 같이 터치감이 나는 영상으로 변환하는 기법을 제안한다. 즉 실영상을 공간 필터 등의 영상 처리 기법을 통하여 사람이 손으로 직접 그린 것과 같이 농담의 차이를 느낄 수 있는 인간 친화적인 영상으로 변환한다. 먼저 소벨 마스크를 사용하여 윤곽선을 검출하고, 검출된 부분 중 불필요한 선들을 제거하여 첫 번째 영상을 구한다. 그리고 이를 반전시켜, 유사한 방법으로 두 번째 영상을 구하여 두 영상 간의 차를 구하고 여기에 해칭 효과를 적용하여 스케치 효과를 표현한다. 이와 같이 일련의 처리로 기존의 연필 해칭 효과 방식과 스케치 효과 방식에 비해 선에 농담 차이를 주어 수용성 펜을 이용하여 그린 느낌을 주었다. 또한, 입력 영상의 음영 부분에 서로 다른 해칭 효과를 적용하여 스케치의 느낌을 보다 잘 표현할 수 있었다.

■ 중심어 : | 스케치|비사실적 렌더링|인간 친화적 영상|공간 필터|소모

Abstract

In this paper, we propose a method that generates a sketch likely to be drawn by a human from a real image(a computer generated image or a photo image). The method can create human friendly images with pen strokes by using image processing techniques such as spatial filters. In order to create the human friendly image, first, we made the tiny unnecessary contours. Second, we made the second image by inverting the first image and performed a processing similar to the first processing. Last, we subtracted the second image from the first image and added a hatch to it. The sequence of processing enables us to generate a human friendly image with line shading, likely to be sketched by water pen compared to the past method(pencil hatching and sketch effects). Also the proposed method can represent the sketch effects more effectively with applying different hatch to the shading area of a input image.

■ keyword : | Real Image|Spatial Filter|Human Friendly Image|Image Processing|Sketch|

I. 서론

컴퓨터 그래픽스는 여러 가지 물체와 경관, 또는 예술적 영상을 컴퓨터를 이용하여 인공적으로 생성하는

기술이라 말할 수 있다.

오늘날의 렌더링 기술은 극사실적 영상을 생성할 수 있는 기술로까지 발전했으나, 이렇게 생성된 영상은 기계적인 느낌을 주어 인간적 정취가 풍기지 않는다. 이

접수번호 : #090805-002

접수일자 : 2009년 08월 05일

심사완료일 : 2009년 09월 04일

교신저자 : 권오봉, e-mail : obgwun@chonbuk.ac.kr

에 비해 사람이 직접 그린 영상은 불완전하지만 인간적인 냄새를 느낄 수 있다.

이와 같이 인간 중심의 사고와 휴먼 터치 기술의 중요성이 부각됨에 따라 컴퓨터 그래픽스 분야에서도 인간 친화적인 영상을 생성하는 연구가 진행되고 있는데, 이를 비사실적 렌더링이라 한다. 즉 컴퓨터 그래픽스 분야는 사실적 렌더링과 비사실적 렌더링으로 나눌 수 있다. 전자는 사진과 같은 영상을 구현하는 기법이며, 후자는 사람의 감성과 예술성이 표현되는 영상을 표현하는 방법이다[1]. 비사실적 렌더링은 인간 친화적인 영상을 생성하기 위해 사람이 직접 손으로 그린 것과 같은 느낌의 영상 생성을 목적으로 한다[2]. 좀 더 넓은 의미에서의 비사실적 렌더링은 사실감을 추구하지 않는 영상을 생성하는 모든 수단으로서 정의될 수 있으며, 사람이 손으로 그리기에 비현실적일 수 있는 영상의 형태까지도 포함된다[3].

현재 영상처리 기술은 방송, 영화, 사진 편집, 출판 등의 광범위한 분야에서 이용되고 있다. 특히 이미지 편집 도구는 영상 처리 기술이 집적된 분야로 몇 가지 간단한 영상 처리 알고리즘을 조합하여 특수 효과 처리를 할 수 있다. 본 논문에서는 영상 처리 기법을 이용하여, 비사실적 렌더링의 한 분야인 실영상을 이용하여 인간 친화적인 영상으로 변환하는 스케치 스타일효과 표현 기법을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 스케치 스타일 효과를 내기 위한 기존의 연구에 대해 알아보고, 3장에서는 제안하는 기법에 대하여 설명하고, 4장에서는 제안한 방법으로 생성한 영상과 작가가 직접 스케치한 그림을 비교평가하고, 5장에서 결론을 내린다.

II. 관련연구

비사실적 렌더링에 관한 연구는 소묘, 카툰, 유화, 수묵화, 수채화 등 여러 분야에서 이루어지고 있다. 관련 연구의 조사는 소묘의 종류인 스케치와 데생으로 한정하였는데 대부분이 연필화로 크게 시뮬레이션 및 복잡한 알고리즘을 이용하는 방법[4-7]과 기존의 영상 처리

를 이용하는 방법[8]으로 분류할 수 있다. 연필화 기법에서는 주로 해칭 스타일 톤을 생성하는데 초점이 맞춰져 있다.

1. 마크 메이킹 프리미티브 모델

(Mark Making Primitive Model)

Mario 등[4]은 3차원 폴리곤 모델을 기반으로 한 연필화 렌더링 기법을 제안했다. 종이와 흑연의 상호 작용을 물리적으로 시뮬레이션 하여 스트로크를 나타냈다. 해칭 스타일 톤뿐만 아니라 명암을 표현하기 위한 마크 메이킹 프리미티브 모델을 제안하고 이를 이용하여 여러 가지 연필화를 표현했다.

2. LIC(Line Integral Convolution) 알고리즘

Mao 등[5], Zhong 등[6]은 2차원 영상에서 해칭 스타일 톤을 만들기 위해 LIC 알고리즘을 도입하였다. 이는 벡터 필드 가시화를 위한 방법으로 모두 화이트 노이즈가 추가된 영상과 방향성을 가진 벡터 필드를 입력으로 하여 해칭 스타일 톤을 나타냈다. [5]에서는 푸리에 분석기법으로 입력 영상의 텍스처로부터 방향을 추출하여 해칭 스타일 톤을 표현했으며, [6]에서는 입력 영상의 윤곽선의 방향에 따라 생성했다.

3. 영상의 스케치 효과 알고리즘

김봉민 등[7]은 실영상을 사람이 직접 터치한 것과 같은 느낌이 나도록 하는데 중점을 두었다. 스케치 효과를 표현하기 위하여 먼저 CCD 카메라로 촬영된 영상에서 잡음을 제거한 후, 소벨 마스크로 윤곽선을 검출한다. 그리고 디지털 영상의 명암 단계를 연필의 명암 단계와 같도록 양자화 한다. 마지막으로 양자화 된 명암 단계에 따라 영상에 모델링된 선을 그려 스케치한 것과 같은 효과를 나타냈다.

4. 영상 처리 기법의 이용

마장열 등[8]은 앞서 언급한 연구들과는 달리 영상 처리 분야에서 널리 쓰이는 블러링과 샤프닝을 이용하였다. 이 두 가지 필터를 이용, 영상에 대한 마스크 연

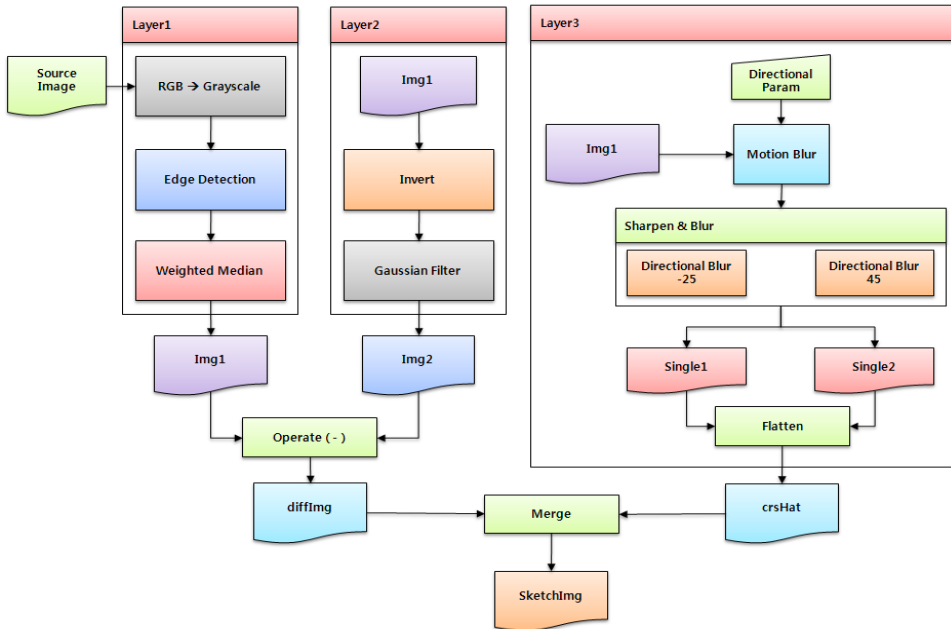


그림 1. 스케치 스타일 효과 전체 생성 절차

산을 적절히 조합하여 해칭 효과를 생성했다. 특히 모션 블러링의 파라미터를 조절함으로써 서로 다른 방향의 해칭 효과를 만들어 크로스 해칭 효과를 표현했다.

III. 스케치 스타일 효과

본 연구에서는 기존의 연구([7][8])를 수정, 보완하여 실영상을 수용성 펜을 이용하여 사람이 직접 그린 것과 같은 느낌을 주는 영상으로 변환한다. [7]에서는 제한된 기본 패턴만을 갖는 선을 사용하여 그리게 되므로, 선의 방향에 대한 고려가 부족하다. [8]에서는 [7]에서와 같이 단일 해칭으로만 표현되어 기계적인 느낌을 해결하기는 했으나, 영상의 모든 부분에 해칭 효과가 적용되어 그 결과가 완전하지 못하다. 본 논문에서는 이러한 단점을 해결하기 위하여 선의 방향을 고려, 각각 다른 방향의 해칭을 적용하여 크로스 해칭을 적용하고, 영상의 모든 부분이 아닌 외곽선 부분에만 적용한다.

제안하는 영상의 스케치 스타일 효과를 위한 전체적인 절차는 [그림 1]과 같다. *Img1*과 *Img2*의 생성,

*crsHat*으로 구성되며, *Img1*에서는 입력 영상을 흑백 영상으로 변환한 후 윤곽선을 검출하고, 가중 평균 필터 처리 과정을 거친다. *Img2*에서는 *Img1*에서 처리된 영상을 반전하여 가우시안 필터 처리를 한다. *crsHat*은 *Img1*에 방향성 파라미터를 부여, 방향성 블러를 적용하여 해칭 영상을 만든다. *Img1*과 *Img2*의 차 연산을 구하고, 여기에 *crsHat* 영상을 합성하여 최종 영상을 만든다. 알고리즘 1.은 제안한 기법을 구현하기 위한 의사코드이다.

알고리즘 1. 스케치 스타일 효과 의사코드

```

image srcImg, Img1, Img2, diffImg,
Single1, Single2, crsHat, sketchImg;

Img1:
temp = grayscale(srcImg);
temp1 = sobelEdge(temp);
Img1 = invert(temp1);

Img2:
Img2 = gaussian(Img1);
diffImg = Img1 - Img2;

crsHat:
Single1 = originBlrR_25(Img1);
Single2 = originBlrR45(Img1);
crsHat = Single1 + Single2;

sketchImg = diffImg + crsHat;
    
```

1. Img1의 생성

1.1 흑백 영상으로 변환

스케치 효과를 내기 위해서 먼저 소묘와 스케치의 의미를 알아볼 필요가 있다. 소묘는 한 가지 색으로 그리는 그림으로 모든 미술 표현의 기본이 되면서, 소묘 자체로서도 독립적인 작품이 된다. 스케치는 대상의 전체적인 형태와 특징을 간략하게 정리하여 그리는 방법으로, 채색을 하기 위한 밑그림의 역할을 하기도 한다. 데생은 대상의 형태, 비례, 균형, 명암 등을 정확하게 그리는 방법이다. 소묘의 한 종류인 스케치는 단색으로 그리는 그림이다. 이 때문에 입력받은 RGB 실영상을 흑백으로 변환해야 하는데, NTSC(National Television System Committee) 표준 수식을 이용한다.

$$Brightness = 0.299 * R + 0.587 * G + 0.114 * B \quad (1)$$

위의 수식에서 *Brightness*는 흑백 영상의 밝기, *RGB*는 적색, 청색, 녹색을 나타내며 값의 범위는 0 ~ 1 사이이다. [그림 2](나)는 입력 영상을 흑백 영상으로 변환한 것이다.



(가) 입력 영상 (나) 흑백 영상

그림 2. 입력 영상의 흑백변환

1.2 윤곽선의 검출

스케치에 있어서 물체의 형상은 주로 윤곽선으로 나타낸다. 물체의 외형을 표현할 때는 단순한 윤곽선을, 물체 내부의 음영 및 텍스처를 표현할 때는 복잡한 윤곽선을 사용한다. 컴퓨터를 이용하여 영상을 처리할 때도 이를 따라야 한다.

윤곽선을 검출하기 위해서는 밝기 변화의 차이를 이용한 미분 연산자를 주로 사용하는데, 로버츠, 소벨, 프

리윗, 캐니 등의 여러 알고리즘들이 있는데 여기서는 소벨 마스크를 사용했다. 이는 영상의 특징만을 잘 표현하고, 복잡하지 않아 데이터의 양을 줄이고 처리 시간을 단축할 수 있기 때문이다[9].

소벨 마스크는 수평과 수직의 두 방향[그림 3]으로 검출할 수 있는데, 한 방향으로만 검출하면 다른 방향의 윤곽선은 검출되지 않을 수 있다. [그림 4]의 (가)와 (나)는 각각 수평 및 수직방향의 소벨 마스크를 적용한 결과이며 [그림 5]는 수평, 수직 마스크를 동시에 적용하여 윤곽선을 검출한 결과이다. [그림 4]와 [그림 5]를 비교하면 그 차이를 알 수 있다.

-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

-1	-2	-1
0	0	0
1	2	1

(가) 수평방향

(나) 수직방향

그림 3. 소벨 마스크



(가) 수평방향

(나) 수직방향

그림 4. 한쪽 방향에 대한 소벨 마스크 적용 영상



그림 5. 수평, 수직방향 소벨 마스크 동시 적용

1.3 가중 평균값 필터 적용

소벨 마스크를 이용하여 윤곽선을 검출할 경우, 사람이 스케치 한 것과 같이 절제된 윤곽선으로 대상이 표현되지 않고 명도차가 조금씩 나는 많은 윤곽선으로 대상이 표현된다. 이는 실영상에서의 밝기 값 변화만으로

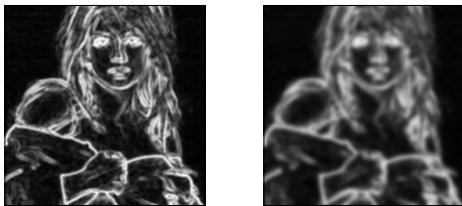
검출하여, 명도의 변화가 많을수록 불필요한 윤곽선들이 검출되기 때문이다. 이러한 불필요한 윤곽선 정보들은 약간 흐리게 표현하여(명도 값을 낮추어) 그 명도 값이 무시할 수 있을 정도면 지우고 그 보다 크면 차후 결과 영상의 음영 부분을 표시하기 위해 사용한다. 이를 위해 평균값 필터를 사용한다. 평균값 필터는 해당 픽셀의 값이 해당픽셀과 주위픽셀의 평균값을 가지므로 해당 픽셀의 값이 주위 픽셀의 값에 따라가기 때문에 고립된 가는 선들 즉 불필요한 윤곽선들을 흐리게 표현하여 제거할 수 있다. 마스크의 크기가 커지고 필터 요소간의 차이가 작을수록 영상이 부드러워지지만, 주변 픽셀들의 값을 많이 참조하기 때문에 해당 픽셀과 주위 픽셀의 명도차가 상대적으로 감소하는 경향이 있다 [10]. 이러한 단점을 가중 평균값 필터를 사용하여 보완하였다. [그림 6](가), (나)는 각각 평균값 필터 및 가중 평균값 필터이고 [그림 7] (가), (나)는 각각 이를 이용하여 처리한 영상이다.

(1/9) X			(1/16) X		
1	1	1	1	2	1
1	1	1	2	4	2
1	1	1	1	2	1

(가) 평균값 필터

(나) 가중 평균값 필터

그림 6. 블러 필터



(가) 평균값

(나) 가중 평균값

그림 7. 영상의 적용

이와 같이 입력 영상을 흑백 영상으로 변환하여 윤곽선을 검출한 후, 가중 평균값 필터를 적용하여 저장하여 $Img1$ 의 영상을 만든다([그림 8]).

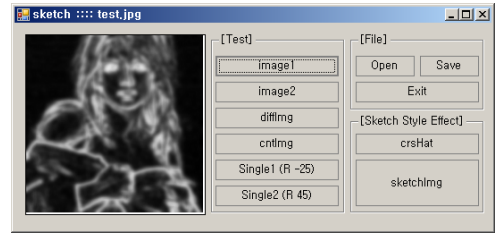


그림 8. $Img1$ 결과 화면

2. $Img2$ 의 생성

2.1 영상의 반전

일반적으로 인간의 터치 감을 느낄 수 있게 하기 위해서는 선에서 농담의 차이가 나도록 해야 한다. 예를 들어 그림판으로 그림을 그리면 선의 두께에서부터 기계적인 느낌이 나지만, 인간이 그린 것과 같은 느낌이 나도록 하기 위해서는 선의 농담과 두께에 변화를 주어야 한다. $Img1$ 을 반전시키고 $Img1$ 에서 이를 빼서 선의 농담 차를 만든다. $Img1$ 의 영상을 반전시키는 데는 다음 식을 사용한다.

$$Img(x, y) = 255 - Img1(x, y) \quad (2)$$

여기서 $Img1(x, y)$, $Img(x, y)$ 는 각각 $Img1$ 의 픽셀 값, 반전 연산의 의해서 생성되는 픽셀 값이다. [그림 9](나)는 (가) $Img1$ 을 반전시킨 영상이다.



(가) $Img1$

(나) 반전영상

그림 9. $Img1$ 영상의 반전

2.2 가우시안 필터 적용

$Img1$ 을 생성하는 과정에서 잔선들을 제거하였지만 이를 반전한 영상에서도 미세한 선들이 발생하였다. 이는 픽셀 값이 영상에 미치는 정도가 영상의 반전 전후

가 다르고 가중 평균 값 필터만으로는 잔선이 제거되지 않기 때문이다. 이와 같이 가중 평균 값 필터를 적용해도 제거되지 않은 잔선들은 가우시안 필터[11]를 이용하여 제거한다. 가우시안 필터는 가중 평균 필터와 유사하나 해당 픽셀이 미치는 영향이 보다 크다. [그림 10]은 [그림 9](나)의 반전영상에 가우시안 필터를 적용한 영상이다.

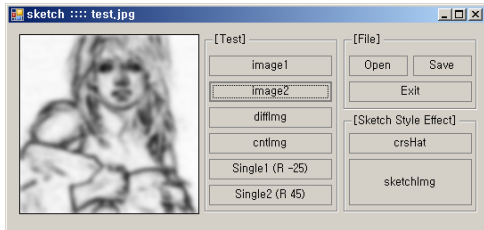


그림 10. 반전영상에 가우시안 필터적용 *Img2* 생성

3. 차 영상의 생성

*Img1*과 *Img2*의 차 연산을 이용, 윤곽선을 구성하는 선들의 농담차이를 만든다. 차 연산은 다음과 같다.

$$diffImg(x, y) = Img1(x, y) - Img2(x, y) \quad (3)$$

이 연산에서는 영상의 순서에 따라 결과 영상이 전혀 상이한 결과로 표현될 수 있으므로 *Img1(x, y)*과 *Img2(x, y)*의 순서가 바뀌지 않도록 주의해야 한다. 차 연산을 수행한 영상은 음화로 표시되므로 이를 다음 식을 이용하여 반전시켜 양화로 만들어 중간 결과인 *cntImg*를 생성한다.

$$cntImg(x, y) = 255 - diffImg(x, y) \quad (4)$$

[그림 11](나)의 *cntImg*는 윤곽선의 농담 차이를 보인다.



(가) *diffImg*



(나) *cntImg*

그림 11.농담을 준 윤곽선 영상

4. 크로스 해칭의 생성

테생은 해칭을 이용하여 명암 부분을 표현한다. 본문에서도 해칭을 만들어 *cntImg*에 합성하여 스케치 영상을 완성한다. 샤프 마스크와 블러 마스크를 이용하여 해칭을 만들 수 있는데, 이들의 적용 횟수나 조합 순서에 따라 해칭 선들의 굵기와 길이의 조절이 가능하다.

*Img1*에 [8]에서 제안한 해칭 효과를 적용하고 여기에 차 연산으로 생성한 *cntImg*와 합성하여 최종 영상을 만들었다. 윤곽선을 강조하기 위해 사용되는 샤프 필터와 영상의 노이즈를 제거하고 윤곽선을 흐리게 만드는 블러 필터를 이용했다. 해칭 효과는 *Img1*에 샤프 마스크를 적용하고, 모션 블러에 방향성 파라미터를 부여하여, 다시 샤프 마스크와 모션 블러를 반복 적용했다. 본 연구에서는 실제 작품에서와 같은 사실감을 표현하기 위해 크로스 해칭을 사용했다.



(가) -25°



(나) 45°

그림 12. 단일해칭

이를 위해 [그림 12]와 같이 -25° 와 45° 방향으로 각 각 다른 단일 해칭을 합성했다. 여기에 [그림 11]의 *cntImg*를 합성하여 최종 결과 영상([그림 16])을 만들었다.

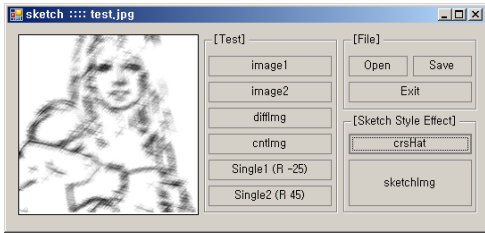


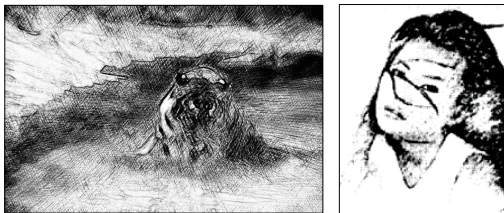
그림 13. crsHat : 크로스해칭 적용 영상

IV. 실험 결과 및 고찰

제한한 기법인 스케치 스타일 효과는 windows 환경에서 visual studio 2005 C#을 사용하여 구현하였다.



그림 14. 작가의 스케치



(가) [7]의 결과 (나) [8]의 결과
그림 15. 연필해칭효과, 스케치알고리즘

[그림 14]는 작가가 수용성 펜으로 모델의 특징만을 추출하여 스케치한 힌트라인 드로잉[12]이고, [그림 15]는 관련연구 [7][8]의 결과이다.

[그림 16]은 펜 스트로크만으로 대상의 대표적인 부

분만을 표현하는 힌트라인 부분에 크로스 해칭 효과를 적용한 최종 결과 영상이다. [7][8]에서 보이는 윤곽선의 방향을 고려하지 않은 단일해칭의 표현과, 영상의 전체 영역에 나타나는 해칭 효과는 힌트라인에 각각 다른 각도의 해칭을 생성, 영상의 윤곽선 부분에만 적용하여 해결하였다.

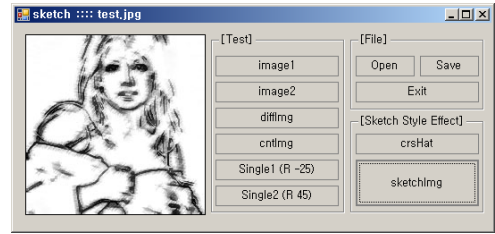


그림 16. SketchImg : 최종결과 영상

선의 농담으로 표현되는 터치감은 [그림 14]에서와 같이 사람이 직접 그린 그림과 유사한 느낌을 주고 힌트라인 표현을 위한 잔선들이 모두 삭제된 것도 볼 수 있었다. 본 논문에서 제한한 방법은 수용성 펜을 이용하여 선의 농담이 표현되는 스케치 스타일의 영상을 생성하고, 여기에 크로스 해칭 효과를 더하여 스케치 효과에 번짐 효과가 가미된 것을 알 수 있었다.

결론적으로 본 연구에서는 수용성 펜을 이용하여 사람이 직접 그린 것과 같은 스케치 스타일 효과를 생성했을 뿐만 아니라, 영상의 모든 픽셀에 해칭 효과를 적용하지 않고, 윤곽선을 이루는 입력 영상의 음영 부분에 각기 다른 방향성을 갖는 해칭 효과를 표현함으로써 스케치 스타일의 느낌을 보다 잘 표현하였다.

그러나 입력 영상의 명암 단계가 적고 윤곽선이 명확하지 않으면 결과 영상이 왜곡될 수도 있다. 이러한 현상은 컴퓨터가 정형화된 처리만을 하기 때문에 발생한다. 이는 입력 영상, 즉 실영상을 전처리함으로써 영상 왜곡의 문제를 해결할 수 있을 것이다.

V. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 스케치 스타일 효과를 표현하기 위하

여 스케치의 힌트라인, 크로스해칭, 힌트라인의 터치감과 그 번짐 효과를 표현할 수 있는 알고리즘을 제안하였다. 본 연구 결과는 컴퓨터 미술, 광고, 산업디자인 분야의 디지털 콘텐츠를 인간 친화적으로 만드는 데 활용할 수 있으리라 기대한다.

비사실적 렌더링 기술은 미술 분야만큼 그 영역이 방대하고, 또한 최근 애니메이션, 광고, 게임 등의 디지털 콘텐츠에 활발히 활용되고 있다. 본 연구의 주제인 소묘 분야에 한정하여 화구와 화가의 특징을 표현할 수 있는 비사실적 렌더링 방법에 대하여 향후 연구할 예정이다.

참 고 문 헌

[1] 김종서, 곽훈성, “영상 콘텐츠에서 카툰 렌더링 기법의 활용”, 한국콘텐츠학회논문지, 제7권, 제8호, pp.142-151, 2007.

[2] 김성예, 이지형, 김보연, 김희정, 구본기, “비사실적 렌더링 기술 동향”, 전자통신동향분석, 제20권, 제4호, pp.43-57, 2005.

[3] 이영현, “3D 애니메이션에서 사용되는 NPR에 대한 연구”, 한국콘텐츠학회논문지, 제7권, 제8호, pp.94-101, 2007.

[4] Mario Costa Sousa and John W. Buchanan, “Computer-Generated Graphic Pencil Rendering of 3D Polygon Models,” Proceedings of EuroGraphics, pp.195-207, 1999.

[5] Xiaoyang Mao, Yoshinori Nagasaka and Atsumi Imamiya, “An Automatic Generation of Pencil Drawing Using LIC,” SIGGRAPH02 Sketches and Applications, p.149, 2002.

[6] Nan Li and Zhiong Huang, “A Feature-Based Pencil Drawing Method,” Proceedings of the 1st international conference on Computer graphics and interactive techniques in Australasia and South East Asia, pp.135-140, 2003.

[7] 김봉민, 김진현, “영상의 스케치 효과 알고리즘”,

서경대학교산업기술연구소논문집, 제7권, pp.83-91, 2000.

[8] 마장열, 용한순, 박진완, 윤경현, “샤프닝과 블러링 필터를 이용한 연필 해칭 효과”, 한국컴퓨터그래픽스학회논문지, 제11권, 제1호, pp.8-12, 2005.

[9] 정민영, 이철우, *C# 디지털 영상처리*, 미래컴, 2005.

[10] 황선규, *IT EXPERT 영상 처리 프로그래밍 by Visual C++*, 한빛미디어, 2007.

[11] Randy Crane, 최형일, 이근수, 이양원 공역, *영상 처리 이론과 실제*, 홍릉과학출판사, 1997.

[12] Marilyn Scott, *the sketching and drawing bible, An Essential Reference For The Practicing Artist*, 2005.

저 자 소 개

김 승 완(Seung-Wan Kim)

정회원



- 2001년 2월 : 한일장신대학교 전자통신학부(이학사)
- 1994년 2월 : 전북대학교 컴퓨터정보학과(공학석사)
- 2006년 2월 : 전북대학교 컴퓨터정보학과(박사수료)

<관심분야> : 3차원 컴퓨터그래픽스, 게임그래픽스, 3차원모델링

권 오 봉(Ou-Bong Gwon)

정회원



- 1980년 2월 : 고려대학교 전기공학과(공학사)
- 1983년 2월 : 고려대학교 전기공학과(공학석사)
- 1993년 3월 : 일본구주대학교 총합이공학연구과(공학박사)

▪ 1993년 9월 ~ 현재 : 전북대학교 전자정보공학부 교수
 <관심분야> : 컴퓨터그래픽스, 비주얼라이제이션, 물리 시뮬레이션