

자연 화상에서 점묘화풍 화상으로의 자동생성

도 현 숙[†] 조 평 동^{††} 최 형 진^{†††}

요 약

본 논문에서는 자연 화상을 입력하여 점묘화풍 화상으로 자동 생성하기 위한 방법에 대해 논한다. 점묘화풍 화상을 생성하기 위하여 두 가지 기법을 고려하였다. 첫째는 입력된 화상을 해석하여 화상 내의 각 화소들의 그레디언트 벡터를 구하고 붓이 터치되는 위치를 결정하는 데 사용한다. 둘째는 색의 표현인데, 화상 내의 RGB성분을 이용하여 명도, 채도 등의 변환을 통해 점묘화풍의 선명하고 밝은 느낌을 나타내도록 하였다. 이 논문에서는 컴퓨터 그래픽스 기술에 화상 처리를 접합시킨 실험적인 방법을 제시하였으며, 그 방법에 의해 생성된 몇 개의 점묘화풍 화상을 예시하였다.

Automatic Generation of Pointillist Representation-like Image from Natural Image

Hyun-Sook Do[†], Pyung-Dong Cho^{††} and Hyung-Jin Choi^{†††}

ABSTRACT

This paper is on the development of tools to generate pointillist representation-like images automatically by computer. Pointillist representation-like effects on the generated images are enforced by steps as follows. First, the position of brush stroke is determined from the gradient vector so that the brush touches look more natural. Second, pointillist representation-like coloring is endorsed by changing saturation and value using the RGB components of image. Our approach combines image processing techniques with computer graphics techniques for more faithful pointillist representation-like images and a couple of sample images are presented to show the effectiveness.

1. 개 요

최근 산업, 상업, 교육 등의 다양한 분야에 걸쳐 컴퓨터 그래픽스가 이용되고 있으며, 디스플레이 장치 및 소프트웨어의 보급이 활발해짐에 따라 컴퓨터 그래픽스 응용분야도 급격하게 증가되고 있다. 종래 대부분의 컴퓨터 그래픽스 연구 분야에서는 어떤 대상을 사실적으로 표현하는 데 주로 관심을 두어왔다. 자연물의 표현이나 인간 또는 동물의 움직임 등을 표현하는 분야에서는 사실적인 화상을 생성하는 것이 아직은 부족한

부분이 많고 연구해야 할 여지가 남아 있지만, 다른 많은 분야에서는 웨이딩, 레이 트레이싱, 프랙탈 등과 같은 여러가지 고도의 컴퓨터 그래픽스 기술을 이용해서 카메라로 찍은 것과 같은 사실적인 화상을 생성하는 것이 가능해지고 있다. 그러나, 목적에 따라서는 사실감보다는 추상화된 표현 혹은 변형되어 있는 표현이 훨씬 더 효과적일 때가 있다. 사실 컴퓨터 아트나 상업분야의 디자이너들은 자신들만의 독창적인 작품 표현에 비사실적인 표현을 쓰는 경우가 종종 있다. Siggraph 1990년도 테크니컬 프로그램의 "Abstract image representation" 중에서 Paul Haeberli는 여러가지 페인팅 기술을 소개하고 있는데, 그는 시각적 커뮤니케이션에서의 표현효과를 다음과 같이 기술하고 있다[1].

† 정 회 원 : 한국전자통신연구소 통신망지능연구실
†† 정 회 원 : 한국전자통신연구소 지능망시스템연구실장
††† 총신회원 : 강원대학교 전자계산학과 조교수
논문접수 : 1994년 11월 21일, 심사완료 : 1995년 1월 14일

“그래픽스 디자이너들은 적당하다고 생각되는 경우에는 사진화상을 사용하지만, 대상이나 그림 등의 추상화되어 있는 화상도 종종 쓰고 있다. 때로는 사실적인 화상이 추상화되어 있는 화상보다 효과적이지 못할 때가 있다.”

일반적으로 디자이너나 아티스트들이 쓰고 있는 페인트 시스템은 2차원 화상을 다루는 메뉴 중심적인 방식이다. 즉, 컴퓨터에 부착되어 있는 펜이나 마우스 등을 움직여 칼라, 브러쉬 모양, 크기 등을 선택하여 그림을 완성해 나가는 방식들이다. 이런 페인트 시스템들은 사용자들의 사용 요구나 페인트 시스템을 개발하는 개발자들의 개발 경험에 의해 많은 보완과 수정이 가해져 왔으며 그로 인해 사용자들은 컴퓨터 앞에서 자유자재로 작품 활동을 할 수 있게 되었다.

한편, 이런 대화형 페인트 시스템과 조금 다른 특성을 갖고 있는 자동 페인트 시스템에 관한 연구 및 개발도 요즘 활발하게 이루어지고 있다. 이들의 예로서는 현재 상용화되고 있는 Adobe Photoshop과 앞서 소개한 Paul Haeberli의 “Abstract image representation” 등이 있다. Adobe Photoshop은 사진 수정, 사진 합성, 일러스트 제작 및 가공 등의 기능들을 가지고 있고 그 중 일부가 본 논문에서 시도한 회화풍 화상을 생성하는 기능을 갖고 있는데, 이는 단순하게 필터를 이용하였으며 그 결과도 이용자가 기대할만한 효과를 주지못한다. 또한 Paul Haeberli가 제안한 방법에 의해 생성된 점묘화풍 화상은 인위적으로 만들어졌다는 느낌을 강하게 풍기고 있다.

본 논문에서는 이런 기존의 연구 방법을 개선하여 자동적으로 사진 등과 같은 자연 화상을 점묘화풍으로 표현해내는 기술에 관해 논하고자 한다. 본 논문에서 제안하고 있는 방법은 크게 두 가지로 나누어 기술할 수 있다. 첫째는 사람이 그린 것 같이 자연스럽게 표현해내는 방법이다. 즉, 사람이 그림을 그려나갈 때는 그리고자 하는 대상의 윤곽선을 중심으로 붓터치가 이루어진다. 이는 입력된 화상을 해석함으로써 컴퓨터에서 표현해 내는 것이 가능해지는데, 즉 화상 내의 각

화소들의 그레디언트 벡터(gradient vector)를 구하여 그 그레디언트 벡터의 크기를 이용하면 된다. 또한 그림은 그림을 그리는 대상, 사람의 감정에 따라 밝게 표현되기도 어둡게 표현되기도 한다. 이는 화상 내의 RGB(Red, Green, Blue) 요소를 이용하여 색 변환을 하면 가능해진다. 둘째는 위에서 제안된 방법을 토대로 실제로 점묘 화가들이 그리는 방식을 그대로 시뮬레이션을 하였다. 이는 3장에서 자세하게 설명하겠지만, 페인트 레이어에 의한 화법을 이용하여 중복에 의해 점묘화풍 화상을 생성하는 방법을 제안하였다. 본 논문의 연구 결과는 상업적인 광고 효과를 낸다든가 디자이너나 컴퓨터 아티스트들의 작품 활동 등에 적극 활용이 될 수 있다.

본 논문의 제 2장에서는 점묘화풍 화상 생성을 위한 여러가지 기법에 대해서 설명하고, 제 3장에서는 2장에서 설명된 기법들을 토대로 점묘화풍 화상을 생성하는 방법에 대해 기술하며 생성 결과를 예시한다. 제 4장에서는 동일 입력 화상에 대해 파라미터를 달리하였을 때 생성 결과는 어떻게 달라 지는가에 대해 알아보았으며, 제 5장에서는 결론을 논한다.

2. 점묘화풍 화상 생성을 위한 기법

2.1 입력 화상

본 실험에서 사용하는 화상은 2차원 자연 화상을 대상으로 한다. 칼라 이미지 스캐너로 사진 등의 자연화상을 읽어들이 컴퓨터 내에 입력한다. 입력 화상으로는 RGB 각 256단계, 크기는 640x512의 화상을 사용한다. 본 실험에서 사용한 입력 화상을 (그림 1)에 보인다.

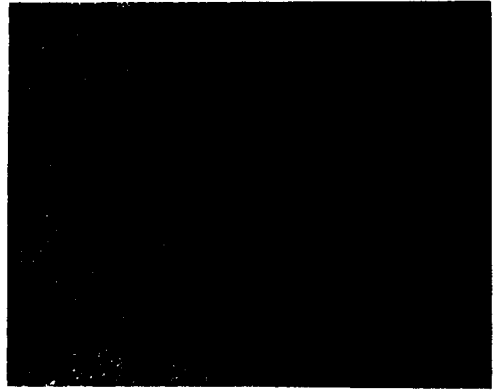
2.2 브러쉬의 생성

2.2.1 브러쉬의 위치 결정

화상이 갖고 있는 기본적인 정보에는 형상, 농도, 색채 등이 있다. 그들 중에서 여기서는 화상의 농도, 즉 명도를 이용해서 화상을 분석하여



(그림 1) 입력 화상
(Fig. 1) Input image



(그림 2) 1차 미분의 크기
(Fig. 2) The magnitude of gradient vector

브러쉬가 터치되는 위치를 결정한다. 사람들이 그림을 그릴 때에는 일반적으로 대상물의 윤곽선을 따라서 브러쉬를 움직여 나간다. 이것을 자동적으로 컴퓨터로 처리하는 경우는 화상의 명도의 그레디언트 벡터를 구한 뒤, 그 그레디언트 벡터의 방향에 윤곽선과 평행한 성분이 많이 있는 것을 이용하여 브러쉬의 위치를 결정한다. 이는 다음과 같은 절차에 의해 구해진다.

먼저, 식(1)을 이용하여 입력된 화상의 명도 $L(x,y)$ 를 구한다.

$$L(x,y) = 0.3 \cdot r(x,y) + 0.59 \cdot g(x,y) + 0.11 \cdot b(x,y) \quad (1)$$

- 단, $r(x,y)$: RGB 성분 중 Red
- $g(x,y)$: RGB 성분 중 Green
- $b(x,y)$: RGB 성분 중 Blue

다음으로 명도 $L(x,y)$ 와 가우시안 함수 $H(x,y)$ 와의 convolution을 구하고 그 결과에 대하여 1차 미분을 한다. x방향과 y방향에 대하여 1차 미분한 결과가 식(2), (3)에서 주어진 $g(x,y)$ 와 $g(x,y)$ 이다. 또한, 미분의 크기를 나타내는

$\|\vec{G}(x,y)\|$ 는 식(4)에서와 같이 구해진다.
 $\|\vec{G}(x,y)\|$ 는 점묘화풍 화상을 생성할 때, 브러쉬의 위치를 결정하기 위해 쓰여진다.

$$g(x,y) = \partial \{H(x,y) \cdot L(x,y)\} / \partial x \quad (2)$$

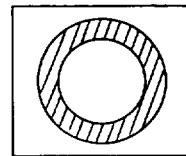
$$g(x,y) = \partial \{H(x,y) \cdot L(x,y)\} / \partial y \quad (3)$$

$$\|\vec{G}(x,y)\| = \{g(x,y)^2 + g(x,y)^2\}^{1/2} \quad (4)$$

(그림 1)을 입력 화상으로 사용했을 때 (그림 2)가 식(4)에서 구한 1차 미분의 크기를 이용한 처리 결과이다.

2.2.2 브러쉬의 모양

점묘화풍 화상을 생성할 때 사용하는 브러쉬의 모양은 점을 찍은 것과 같은 화법을 표현하기 위해서 원과 같이 둥근 모양으로 정의된다. 이때 브러쉬의 가장자리를 강조하기 위해 (그림 3)과 같은 모양의 브러쉬를 정의하여 빗금으로 표시되어 있는 브러쉬의 가장자리의 채도와 명도를 빗금 이외의 부분보다 높게 한다.



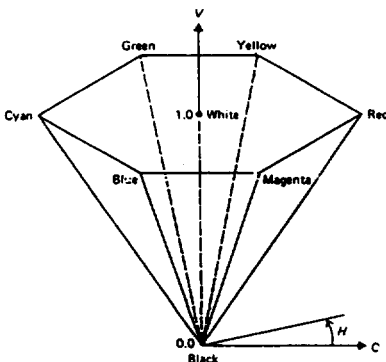
(그림 3) 브러쉬의 모양 : 빗금으로 표시된 부분은 브러쉬의 가장자리이다.

(Fig. 3) A shape of brush stroke : hatched areas the edge of the brush stroke

2.3 색 변환

잘 알려진 칼라 모델에는 RGB, CMY(Cyan,

Magenta, Yellow), YIQ, HSV(Hue, Saturation, Value)등이 있다. 그중에서 HSV 모델은 사용자가 직관적으로 색채를 조절할 수 있도록 해주며, 많은 응용 패키지에서 사용되고 있다. 여기서도 색 변환을 하기 위해 HSV 칼라 모델을 사용했다. 입력 화상은 RGB 칼라 모델로 표현되어 있기 때문에 HSV 모델을 이용하여 색 변환을 하기 위해서는 RGB값을 HSV값으로 변환을 해야 한다. HSV 모델은 (그림 4)와 같이 6각 원뿔 모양을 하고 있다. 색상은 육각형 주변을 따라, 채도는 수평축을 따라, 명도는 수직축을 따라 변화되고 있다. 그림을 그리는 대상이나 그리는 사람의 감정, 화풍 등에 따라 밝게 표현하기도 하고 어둡게 나타내기도 한다. 컴퓨터 내에서는 HSV 모델을 이용하여 채도와 명도 변환을 시키면 그린 효과를 낼 수 있다. 여기서는 점묘화풍의 선명하고 밝은 느낌을 표현하기 위해 채도를 나타내는 S값과 명도를 나타내는 V값을 증가시켰다. 채도 S는 0.0부터 1.0까지의 범위 내에서 값을 가지며, 0.0은 무채색을, 1.0은 순색을 나타낸다. 명도 V는 0부터 255까지의 범위 내에서 값을 가지며, 0은 검은색을, 255는 흰색을 나타낸다. 많은 실험을 통한 결과에 의하면 채도는 $1.25 \times C$ 에서 $1.7 \times C$ 사이의 값이, 명도는 $1.2 \times V$ 에서 $1.5 \times V$ 사이의 값이 적당하였다. 최종 결과가 되는 화상은 1600만 색과 150dpi의 해상도를 가지는 미쯔비시 칼라 프린터를 이용하여 출력하였다.



(그림 4) HSV 칼라 모델
(Fig. 4) HSV color model

3. 점묘화풍 화상 생성

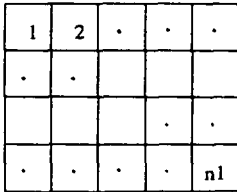
일반적으로 많은 화가들은 캔버스 전체에 그림의 밑바탕이 되는 색을 1색이나 2색을 칠한 후에 작업을 시작한다. 밑바탕이 되는 색이 존재하는 캔버스 위에서 그림을 그릴 때는 파렛트 위에서 색을 섞는 것을 피하기 위해 캔버스 위에서 채색 작업을 반복한다. 이것을 페인트 레이어 (paint layer)에 의한 화법이라 하며, 본 논문에서는 이 방법에 기초하여 점묘화풍 화상을 생성한다. 그림의 밑바탕이 되는 색으로는 완성된 화상의 선명함을 살리기 위해 입력 화상의 보색을 사용했다. 화가들이 그린 점묘화에서는 무수한 점으로 그림을 그리기 때문에 작은 부분도 섬세하게 표현되어 있고, 브러쉬 모양도 점과 같이 둥근 모양이기 때문에 브러쉬의 방향감은 나타나 있지 않다. 그러므로 여기서는 브러쉬가 터치되는 위치와 색 변환만을 고려하여 점묘화풍 화상을 생성하도록 한다.

우선, 입력 화상의 각 화소에 대해서 보색 관계를 갖는 화상을 구한 뒤, 그 화상을 완성할 그림의 밑바탕 GI라고 하자. 다음에, (그림 5(a))와 같이 입력 화상을 $n1$ 개의 작은 영역들로 분할하고 각각의 작은 영역들 내에서 $\| \dot{G}(x,y) \parallel$ 의 최대값을 갖는 픽셀 위치 (x,y) 를 찾아 브러쉬가 터치될 위치로 정한다. 이때 밑바탕이 되는 GI 위에서 결정된 브러쉬의 위치와 크기에 의해 채색 작업이 이루어진다. 브러쉬의 색깔은 선택된 위치의 RGB값을 토대로 결정되는데, 여기서는 채도와 명도를 높여 점묘화풍의 특성을 살렸다. 이런 절차를 거쳐 생성된 화상을 페인트 레이어1(PL1)이라 하자. (그림 5(b),(c))와 같이 작은 영역들의 수(각각 $n2, n3$ 이라 하자)를 증가시켜 PL1이 생성되는 과정을 반복하며, 브러쉬의 크기는 (그림 5(d))와 같이 영역 크기에 비례하도록 하였다. 이때, 전 단계에서 생성된 화상을 생성될 화상의 밑바탕으로 사용한다. 즉, 영역들의 수가 $n2$ 인 경우는 생성될 화상 페인트 레이어2(PL2)에 대해 밑바탕이 되는 화상은

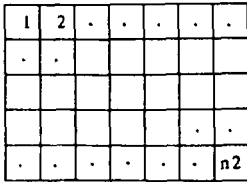
PL1이 된다. 또, 영역들의 수가 $n3$ 의 경우는 생성될 화상은 최종 결과 화상이며 밀바탕이 되는 화상은 전 단계에서 생성한 PL2를 사용한다.

최종 결과 화상을 (그림 6)에 보인다.

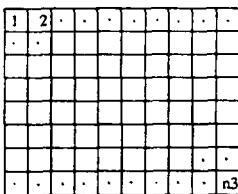
이 결과를 Adobe Photoshop을 이용하여 생성한 화상과 Paul Haeberli에 의해 생성된 화상, 두 가지와 비교하여 보면 사람이 그린 것과 같은 자연스러움을 훨씬 더 잘 나타내고 있음을 알 수 있다.



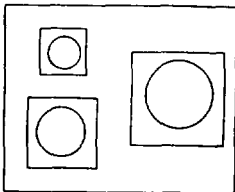
(그림 5(a)) $n1$ 개의 영역으로 나눈다.
(Fig. 5(a)) Divide into $n1$ areas



(그림 5(b)) $n2$ 개의 영역으로 나눈다. 단, $n2 > n1$
(Fig 5(b)) Divide into $n2$ areas, where $n2 > n1$



(그림 5(c)) $n3$ 개의 영역으로 나눈다. 단, $n3 > n2$
(Fig. 5(c)) Divide into n_3 areas, where $n3 > n2$



(그림 5(d)) 영역 크기에 비례하는 브러쉬의 크기
(Fig. 5(d)) Brush stroke sizes are proportional to divided small areas



(그림 6) 점묘화풍 화상 1
(Fig. 6) Pointillist representation-like image 1



(그림 7) 점묘화풍 화상 2
(Fig. 7) Pointillist representation-like image 2



(그림 8) 점묘화풍 화상 3
(Fig. 8) Pointillist representation-like image 3

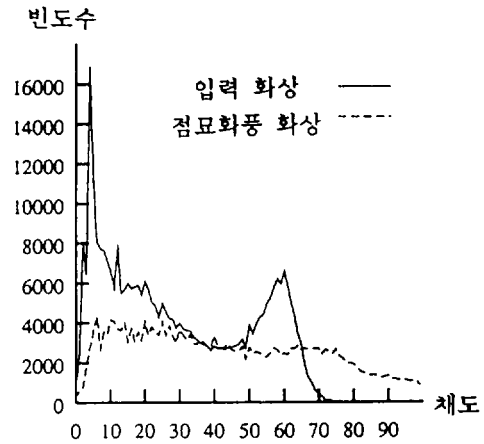
4. 파라미터 변환에 따른 점묘화풍 화상의 변화

여기에서는 파라미터, 즉 브러쉬의 크기, 브러쉬가 터치될 위치의 간격을 바꾸어 봄에 따라 같은 입력 화상에 대하여 서로 다른 분위기의 점묘화풍 화상을 생성하는 것을 시도해 보았다. (그림 7)은 (그림 6)보다 브러쉬가 터치 될 위치의 간격을 4배 넓혀서 생성한 화상이다. (그림 6)과 비교해보면 밑바탕이 되는 색이 더 많이 드러나 있으며, 브러쉬가 터치된 부분이 도드라져 보이는 느낌을 주고 있다. (그림 8)은 브러쉬가 터치될 위치의 간격은 (그림 7)과 동일하나 브러쉬의 크기를 크게하여 생성한 화상이다. (그림 6)과 비교해 보면 (그림 6)만큼 윤곽선이 섬세하게 표현되어 있지는 않지만 강한 느낌을 주고 있다. 실제로 점묘화를 그리는 화가에 따라 붓터치를 큼직 큼직하게 하여 그린 작품들을 종종 볼 수 있다.

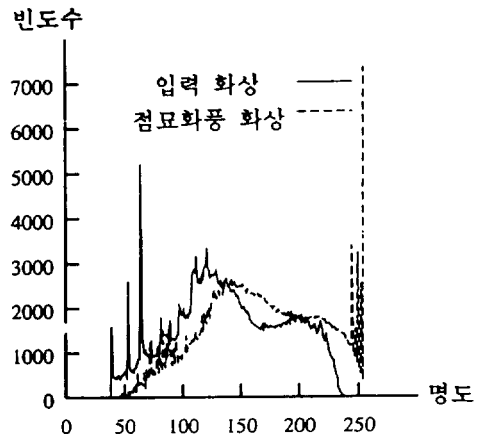
5. 결 론

이 논문에서는 컴퓨터 그래픽스 기술에 화상 처리를 접합시킨 실험적인 방법을 제시하였다. 3장과 4장에 점묘화풍 화상 생성 방법과 실험 결과를 나타 내었다. 생성된 결과를 눈으로 보았을 때는 전반적으로 좋은 결과를 얻었다고 생각할 수 있지만, 그 결과에 대한 객관적인 평가 기준, 즉 생성된 점묘화풍 화상이 가지고 있는 고유한 특징을 추출하여 그것을 평가하는 방법이 검토되어야 한다. 그러나 이런 평가 기준을 설정하는 것은 인간이 그림을 보았을 때 느끼는 무언가를 구체적으로 결정할 필요가 있기 때문에 아주 어렵다. 여기서는 간단한 방법으로서 생성된 점묘화풍 화상에 대해 채도와 명도 분포를 구하여 입력 화상의 그것들과 비교하여 보았다. (그림 9)는 입력 화상과 점묘화풍 화상의 채도 분포를, (그림 10)은 입력 화상과 점묘화풍 화상의 명도 분포를 보이고 있는 그래프이다. 이들을 보면 점

묘화풍 화상이 입력 화상에 비해 전반적으로 높은 채도 분포를 갖고 있으며, 명도 분포도 약간 높은 것으로 나타나 있는 것을 알 수 있다. 마지막으로 본 연구의 과제로서는 유화이외의 크레용이나 그림물감 등의 소재감을 살린 회화풍 화상의 생성, 점묘화풍이외의 다양한 회화풍 화상 등이 남아있으며, 이러한 기법을 활용한 친근감 있고 효과적인 GUI환경의 구축 등이 지속적으로 검토되어야 할 사항이다.



(그림 9) 입력 화상과 점묘화풍 화상의 채도 분포 (Fig. 9) Saturation distribution of the input image and Pointillist representation-like image



(그림 10) 입력 화상과 점묘화풍 화상의 명도 분포 (Fig. 10) Value distribution of the input image and Pointillist representation-like image

참 고 문 헌

[1] Paul Haeberli, "Paint By Number : Abstract Image Representations", Computer Graphics, Vol. 24, No. 4, August 1990.

[2] Michael Kass and Andrew Witkin, "Analyzing Oriented Patterns", Computer Vision, Graphics, and Image Processing, 37, PP. 362-385, 1987.

[3] Rafael C. Gonzalez and Richard E. Woods, Digital Image Processing, Addison Wesley, 1992.

[4] Steve Strassmann, "Hairy Brushes", Computer Graphics, Vol. 20, No. 4, 1986.

[5] Fukamura, Yamamoto and Aoki, "Painting by Algorithm", D-456, 1992.

[6] Ranjit Makkuni, "Pixelated structures as a compositional medium", The Visual Computer, 1986.



조 평 동

1980년 연세대학교 전자공학과 졸업(공학사)
 1980년 한국전자통신연구소 입소
 1992년~93년 지능망시스템연구실장
 1994년~현재 통신망지능연구실 근무

관심분야 : Network Protocol, Multimedia Service, Communication Processing system, AIN/B-ISDN 서비스, 컴퓨터 그래픽스 등.



도 현 속

1989년 성신여자대학교 전산학과 졸업(이학사)
 1989년~91년 한국전자통신연구소 근무
 1994년 日本 동경공업대학 지능과학전공 졸업(공학석사)
 1994년~현재 한국전자통신연구소 통신망지능연구실 근무

관심분야 : 컴퓨터 그래픽스, 화상처리, AIN/B-ISDN 서비스, Multimedia Service 등.



최 형 진

1982년 영남대학교 물리학과 졸업(학사)
 1987년 日本 동경공업대학 정보공학과(공학석사)
 1990년 日本 동경공업대학 정보공학과 인공지능 전공(공학박사)
 1990년~91년 한국전자통신연구소

선임연구원
 1991년~현재 강원대학교 전자계산학과 조교수
 관심분야 : 인공 지능, 화상 처리, 패턴인식, 컴퓨터 비전, 컴퓨터그래픽 등.