

# 시각적 이미지를 촉각 이미지로 변환하기 위한 모델링 방법

이설희\*, 김상연\*\*, 서희석\*\*

요약

시각적 장애가 있는 사람들은 컴퓨터나 사진 등을 통해 그 안에 내포되어 있는 정보를 습득하는데 많은 어려움이 있다. 본 연구에서는 시각 장애가 있는 사람들을 위해 시각적 이미지를 촉각적 이미지로 전환하는 과정을 모델링한다. 제작한 모델은 사진, 지도, 도표나 글씨, 수학 수식과 같이 특정 의미가 있는 시각적 이미지를 촉각적 이미지로 전환하여 정보를 전달하는 과정이다. 시각적 이미지를 그대로 전달하면 촉각적으로 인지할 수 있는 정보의 범위를 초과하게 되므로 시각 장애가 있는 사람들에게 인식의 혼돈을 줄 수 있다. 그 결과로 전달하려고 하는 정보가 잘못된 정보로 전달 될 수도 있다. 이러한 필요성으로 시각적 이미지를 이미지 프로세싱을 통해 이미지를 단순화 하여 많은 정보로 인한 혼돈을 줄이는 방법을 선택하였다. 모델의 결과물로 시각적 이미지의 종류별로 어떤 과정을 통해 촉각적 이미지로 전환하는 것이 적합한지 그 요소와 과정을 예측할 수 있다.

## Modeling Method to Convert Visual Image to Haptic Image

Seol-Hee Lee\*, Sang-Youn Kim\*\*, Hee-Suk Seo\*\*

ABSTRACT

This paper presents the process that visual image translate to tactile image for blind people. People with visual disabilities through a computer or photo that has been implicated in a lot of information is difficult to acquire. In this study, for those who are visually impaired visual images into tactile images to model the process. Produced models photos, maps, mathematical formulas, such as the specific meaning of the visual image into a tactile image is a process and transmit information. If amount of information of visual image delivered to amount of tactile user are confused. As a result, to convey the information that could be delivered to the wrong information. As the need for visual images to simplify the image by image processing due to a lot of information was chosen to reduce confusion. Models for different types of visual images as a result of the process through which it is appropriate to switch to the tactile image, the elements and the process can be predicted.

Key Words : tactile graphic, tactile rendering, tactile, translate to tactile

---

\* 한국기술교육대학교 인터넷미디어공학부 (✉windymusic@kut.ac.kr)

\*\* 한국기술교육대학교 컴퓨터공학부

· 제1저자(First Author) : 이설희 · 교신저자(Correspondent Author) : 서희석

· 접수일(2011년 1월 11일), 수정일(1차 : 2011년 3월 7일), 게재확정일(2011년 3월 10일)

## 1. 서론

### 1.1 연구 목적 및 방향

우리는 눈을 통해서 많은 정보를 받아들인다. 지도를 보면서 길을 찾아가기도 하고 누군가의 글을 보면서 지식을 습득하고 공사판의 표지를 보고 길을 돌아가기도 한다. 그러나 시각장애가 있는 사람들의 경우 시각적 이미지를 통해서 얻을 수 있는 정보를 습득하기가 어렵다. 그래서 그 대안으로 시각장애인을 위한 점자 혹은 대응장치들이 많이 발전되어 오고 있다. 그러나 이런 장치들은 주로 글씨 위주로 발전되어 왔고, 일정 학습 후에야 이해할 수 있다는 단점이 있다.

표 1. 세가지 감각에 대한 정보 범위 제안 요약[1]  
Table 1. Summary of information bandwidth limitations for three senses[1]

Sense Modality	Limit bit/sec
Skin	$10^2$
Ear	$10^4$
Eye	$10^6$

또 지도나, 신호 표지판 사진 같은 경우는 포함된 정보를 그대로 tactile image로 변환했을 때 약간의 혼돈을 가져올 수 있다.

그 이유는 표 1에서와 같이 사람이 눈을 통해 인지할 수 있는 정보의 양보다 손을 통해 인지할 수 있는 정보 양의 차이 때문이다. 시각적 이미지에서 내포하고 있는 내용을 전부 피부로 전달했을 때 인지에 혼돈을 줄 수 있다.

일반 text 혹은 수학적 수식, 단순한 신호의 표지판, 동그라미, 네모와 같이 단순 도형의 경우는 그대로 표현해도 큰 무리가 없겠지만, 조금 복잡한 이미지의 경우 위와 같은 이유로 단순화 작업이 필요하다.

단순화 후에 얻은 결과물로 촉각적 이미지를 만들

어야 한다.

각각의 매체는 그 방법에 따라 장점과 단점이 다르므로 사용자, 혹은 변환 이미지의 특성에 적합한 매체가 다를 수 있다.

이러한 이유로 본 연구에서는 이미지의 종류에 따라 어떠한 절차를 통해 시각적 정보를 촉각적으로 전달하는 것이 가장 효율적인지를 시뮬레이션 해보는 모델을 제시한다.

### 1.2 논문의 구성

우선 본 논문에서 제시한 시뮬레이션 모델을 구상할 때 사용된 DEVS 방법론에 대해 언급 한 후, 대략적인 절차와 입력 값과 각 단계에 대한 자세한 설명, 그리고 본 시뮬레이션 모델에 성능 평가 방법을 서술한다.

위와 같이 고려된 사항들을 토대로 구상해 본 모델은 그림1과 같다.

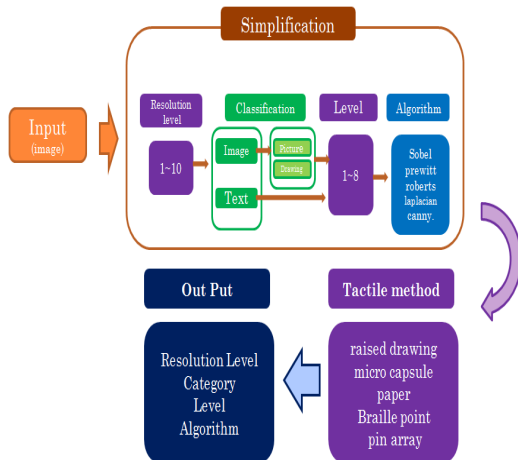


그림 1. 가상이미지를 텍타일이미지로 변환하는 과정  
Fig. 1. Translation of visual image to tactile processing model

input 값으로는 image와 함께 image의 해상도, 그리고 image 분류를 입력한다. 입력받은 해상도는 미리

설정해둔 해상도 level 별로 구분하고 그 값을 저장해 둔다.

그리고 입력받은 image의 분류도 저장해 둔다. 입력된 이미지에 미리 지정해둔 단순화에 사용할 알고리즘들을 단계별로 적용해서 그 결과 이미지와 효과 적용 조건(해상도, 이미지 분류, 적용 알고리즘, 적용 횟수)테이블을 얻어낸다. 그 후 이 결과이미지를 측각적 이미지로 생성한다.

이러한 결과를 통해서 얻어낸 결과물을 피 실험자의 눈을 가리고 결과물을 손으로 만져보게 한 후 원본 이미지를 고르게 하는 방법으로 어떤 조건에 의해서 생성된 이미지가 가장 구분 능력을 향상시킬 수 있는지 알아내는 절차이다.

## II. DEVS 방법론

### 2.1 DEVS 모델링

시뮬레이션은 문제 해결의 대상이 되는 시스템이 시간에 따라 어떻게 변화하는지를 예측 또는 평가하는 것을 말하며 시스템을 축소 및 추상화한 모델을 통해 이루어지는데 실제 시스템에서 문제 해결을 하기에는 불가능하거나 위험한 일 또는 경비가 많이 드는 일들을 비교적 쉽게 처리할 수 있으므로 그 중요성이 대두되고 있다. 네트워크의 속도가 급속하게 발전하는 상황에서 많은 양의 데이터를 처리해야 하는 보안 시스템을 직접 사용해 보안 시스템의 성능을 평가하는 것은 많은 비용과 노력을 요구하므로 이를 효과적으로 해결하기 위한 대안이 시뮬레이션 모델을 통해 보안 시스템을 평가하는 것이다. 시뮬레이션 모델을 통해 구축된 시뮬레이션 환경은 다양한 환경을 조성하고, 시뮬레이션을 반복적으로 수행할 수 있으므로 변화하는 네트워크의 상황에 알맞은 보안 환경을 효과적으로 설정할 수 있다.

Zeigler에 의해 정립된 DEVS 방법론은 연속적인 시

간상에서 발생하는 이산 사건을 처리하는 시스템을 시뮬레이션 하기 위해 이론적으로 정립된 모델링 방법론이다. 이는 모델의 구조와 행동을 시뮬레이션 수행으로부터 추상화시키기 위해 모델을 집합 이론적 방법으로 이용한 것으로, 시스템을 계층적(hierarchical)이고 모듈화(modular)된 형식으로 기술한다.

DEVS에서는 기본(Basic) 모델과 결합(Coupled) 모델을 정의한다. 기본 모델은 시스템의 동적인 특성을 표현하기 위한 모델이고, 결합 모델은 시스템의 구성 요소간의 상호작용을 표현하기 위한 모델이다. 이 모델들은 다음의 항들로 명세 할 수 있다.

- $$M = \langle X, S, Y, \delta_{int}, \delta_{ext}, \lambda, t_a \rangle$$
- $X$  : 입력 사건의 집합
  - $S$  : 상태들의 집합
  - $Y$  : 출력 사건의 집합
  - $\delta_{int}$  : 내부 상태 변이 함수
  - $\delta_{ext}$  : 외부 상태 변이 함수
  - $\lambda$  : 출력 함수
  - $t_a$  : 시간 갱신 함수

- $$DN = \langle D, \{M_i\}, \{I_i\}, \{Z_{i,j}\}, select \rangle$$
- $D$  : 구성 요소 이름의 집합
  - $M_i$  : 구성 모델
  - $I_i$  : 모델  $i$ 와 연관된 모델의 집합
  - $Z_{i,j}$  : 모델  $i$ 와  $j$ 모델간의 연결 함수
  - $select$  : *tie-breaking selection* 함수

## III. Process

대략적인 실험 절차는 그림 2처럼 표현할 수 있다.

입력을 받으면 입력받은 pixel 값에 따라 Level화 시킨 값, 입력한 이미지의 분류, 알고리즘 적용을 몇 번 할 것인지에 대한 Level 설정, 어떤 알고리즘을 적용할 것인지에 대한 값을 저장하여 데이터베이스를

작성한다. 그리고 이 내용들을 이미지에 적용 후 이것을 text이던 종류의 tactile image로 만들 것인지 결정 후 그 결과물과 결과물 생성의 조건 table을 저장하여 최적화 값을 찾는 절차이다.

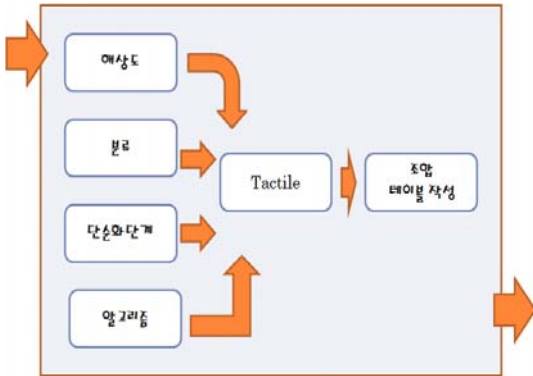


그림 2. 프로세스 과정  
Fig. 2. Processing schedule

### 3.1 Input Data

입력 값으로는 변환할 이미지와 이미지 분류, 그리고 이미지의 해상도이다. 이미지를 삽입하고 그 이미지가 일반 text인지 (글씨 혹은 수학 수식), 사진인지의 값을 입력해준다. 사진이면 단순한 선으로만 이루어진 Drawing인지 숲, 집, 인물과 같은 사진인지의 정보를 입력해준다.

### 3.2 Simplification

시각적 이미지를 촉각적 이미지로 전환하기 전에 복잡한 내용을 적당히 없애는 image processing 을 단순화(simplification)라 정의하였다.

#### 3.2.1 Resolution Level

사진으로 인화 가능한 최저 해상도부터 최고 해상도를 10단계로 나눠서 입력받은 해상도의 Pixel값이 포함되는 단계로 그 값을 설정하여 조합 테이블에 저장한다.

표 2. 해상도 단계 구분 표  
Table 2. Table of Resolution Level

Level	Pixel
1	520×750 ~ 700×1000
2	560×750 ~ 750×1000
3	600×900 ~ 800×1200
4	670×900 ~ 900×1200
5	750×1050 ~ 1000×1400
6	900×1200 ~ 1200×1600
7	1200×1500 ~ 1600×2000
8	1350×1800 ~ 1800×2400
9	1650×2100 ~ 2200×2800
10	1800×2550 ~ 2400×3400

#### 3.2.2 classification

입력한 visual image가 text 인지 사진인지, 사진이면 선으로만 이루어진 Drawing 인지 인물, 숲, 사진과 같은 복잡한 picture인지를 입력받고 그 값을 조합 테이블에 저장한다.

이렇게 구분하는 이유는 일반 텍스트의 경우 그림에 비해 많은 양의 정보가 손실되어도 원래의 정보를 추측할 수 있다. 그래서 알고리즘 적용 레벨이 일반 이미지보다 높게 적용되어도 더 많은 정보를 얻을 수 있다.

일반 이미지를 Drawing과 좀 더 복잡한 picture로 나누는 이유는 일반 Drawing의 경우 많은 단순화 작업을 거치지 않아도 주변의 노이즈 정도만 없애 준다면 사용자가 손으로 만져서 원본 사진의 의미를 파악할 수 있지만 산, 나무 인물 등이 있는 picture 구분의 복잡한 사진의 경우는 너무 많은 효과를(높은 레벨의 효과) 주면 정보가 부족해서 구분하기 힘들고 너무 적은효과(낮은 레벨)을 주면 너무 많은 정보가 남아있어서 혼돈을 주게 되므로 단순한 선으로 이루어진 Drawing category보다 더 세밀한 조정이 필요하다.

#### 3.2.3 Algorithm level

단순화를 위한 알고리즘을 몇 번 적용할 것인지를

설정해준다. level 1은 알고리즘을 1번 적용, 2는 2번 적용 하여 8단계까지 적용해보고 조합 테이블에는 몇 번 적용했는지를 기록해준다.

다음 표 3은 각 알고리즘의 적용 마스크이다.

표 3. 알고리즘 적용 마스크  
Table 3. Algorithm applying mask

Sobel	Prewitt	Roberts	Laplacian	Canny
-101	-101	000		101
-202	-101	010		-202
-101	-101	001	-1-1-1	-101
			-18-1	
121	-1-1-1	000	-1-1-1	121
000	000	001		000
-1-2-1	111	0-10		-1-2-1

### 3.2.4 Algorithm

단순화를 위해 어떤 알고리즘을 적용할 것인지를 설정해준다.

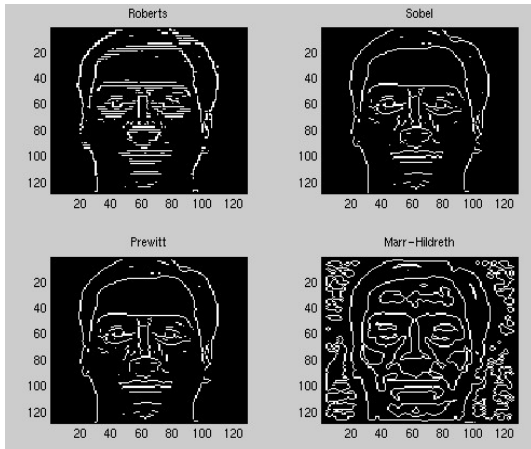


그림 3. edge detection algorithm 적용에 따른 결과물[2]

Fig. 3. Results of applying to edge detection algorithm [2]

image processing에 사용되는 알고리즘은 여러 가지가 있다. 그리고 각각 적용되는 마스크 값이 다르므로 그 결과물 역시 그림 3에서 보여주는 것처럼 다르다.

그러므로 각각 image의 category의 특성을 잘 살려 줄 수 있는 적합한 algorithm을 찾아야 한다.

알고리즘 리스트는 시스템 생성 시 구성 환경에 적합하고 구현 가능한 알고리즘들로 구성한다.

### 3.3. Tactile method

2.2 과정에서 image processing을 거쳐 변형된 시각적 이미지와 조합 테이블을 받아온다. image processing을 통해 변형된 시각적 이미지는 이 과정에서 촉각적 이미지로 변형시킨다.

현존하는 촉각적 이미지 변형 방식인 raised Drawing, Microcapsule paper, Braille point, Pin array 등과 같은 여러 가지 방법들을 통해 촉각적으로 만들어진다.

각각의 방법마다 사용 목적과, 용도, 그리고 그 결과물이 달라지므로 입력되는 값이나 사용자에게 따라 적합한 매체가 달라질 수 있다.

raised Drawing은 이미지의 윤곽선 부분을 블록 튀어나오게 표현한 방법이다. Microcapsule paper는 열을 받으면 팽창하는 Microcapsule의 원리를 이용하여 단순화된 부분을 열을 잘 흡수하는 검은색으로 처리하여 열처리 하면 Microcapsule이 팽창하여 블록하게 표현하는 방법이다. Braille point,는 문자를 전달하는 방법으로 가장 널리 이용되고 있는 점자 방식이고 Pin array는 손끝을 여러 개의 핀으로 자극시켜서 촉각적 정보로 전달하는 방식이다.[4]

text 경우에는 글자를 인식 후 Braille point로 번역 후 출력을 할 것인지 글자 모양 그대로를 Pin array로 할 것인지 역시 구분해야 한다. 사용자가 Braille point를 학습한 시각 장애인이라면 Braille point가 Pin array 보다 인식력이 좋겠지만, 완전히 Braille point

문자 판독 능력을 습득하지 못한 사용자라면 Pin array로 문자 그대로 출력하는 것이 더 효과적이다. 또 일반 Drawing의 경우는 Microcapsule paper나 Pin array 방법보다는 이미지의 선을 따라 Raised drawing 방법을 이용해서 출력하는 것이 가장 원래 갖고 있던 정보를 전달하기 좋은 매체가 될 것이다.

### 3.4 output

input 값으로 Test할 시각적 이미지와 그에 대한 해상도와 그림의 카테고리를 Database에 담고 있다가 이를 processor로 보낸다. Processor의 Simplification의 과정을 거치면서 image processing을 통해 적당한 양의 정보를 감소시킨다.

입력받은 해상도는 표 2의 구분에 따라 그 단계를 결정하고, 입력받은 분류 값은 조합 테이블의 값으로 바로 전달된다. 그리고 시스템 구성 시 구현된 알고리즘들을 각각 적용하고 그 알고리즘 적용 횟수에 따라 알고리즘 적용 level 을 결정하여 다음 단계인 tactile image process로 넘어간다. simplification 단계에서 해상도, 분류, 알고리즘적용 level, 적용 알고리즘 단계를 거쳐 생성된 결과물이 tactile image 단계에서는 시스템 구성 시 준비된 tactile method(예들들어 pin array, braille point)로 변화되어 변환된 method의 기록 역시 결과 테이블로 저장되어 output 으로 나온다. 이 결과물을 가지고 피 실험자들에게 구분 실험을 수행한다.

최종 결과물로는 시각적 이미지 원본과 이미지의 해상도 단계(단계의 숫자가 높을수록 고해상도), 종류, 단순화 단계(숫자가 높을수록 많은 정보를 삭제시킴), 적용 알고리즘, 출력된 촉각적 이미지의 매체가 되고 어떤 종류의 이미지에는 어떤 알고리즘을 얼마나 적용시켜서 어떤 유형의 촉각적 이미지로 만들어야 더 효과적으로 내용을 파악할 수 있는지의 결과를 얻어 낼 수 있다.

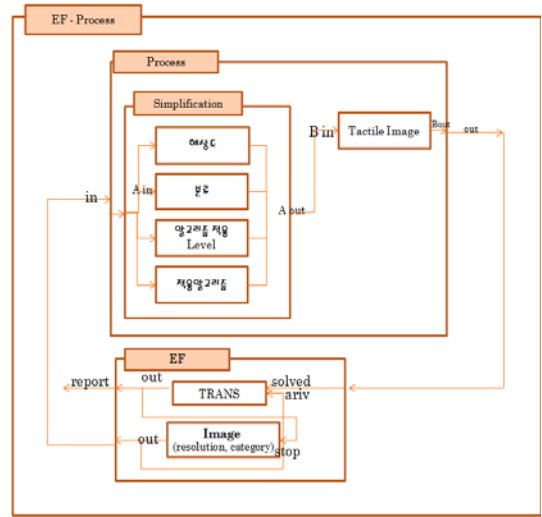


그림 4. EF - 처리 과정  
Fig. 4. EF - Process

## IV. Evaluation

이 시스템을 한 결과물의 효율성을 알아보기 위한 평가 방법으로는 피 실험자의 눈을 가린 후 결과물을 손으로 만져보게 한다.

그 후 눈가리개를 풀고 후보 이미지를 보여준 후 어떤 이미지를 변형한 것인지 선택하게 하여 각 이미지별 적합한 단순화 및 촉각적 이미지 종류를 알아낼 수 있다.

예를 들어 ☺ 모양이 출력된 750×1050 해상도의 그림을 삽입하면 그 입력 값으로 750×1050의 해상도와 이미지, Drawing을 입력해준다. 그러면 조합 테이블엔 해상도 단계 5, 카테고리는 이미지에 Drawing으로 저장된다. 그리고 알고리즘을 1~8번까지 적용된 결과물들이 나온다. 그리고 그 결과물들을 시스템 구현 가능한 촉각 이미지 결과물들로 나오고 그것들을 대상으로 실험해서 가장 피 실험자가 구별을 잘하는 결과물의 테이블로 최적의 조건 값을 결정하는 절차이다.

표 4. 결과를 조합 테이블 (인식률 : 피 실험자  
10명중 6명이 정확히 구분해 냄)  
Table. 4. Result table

해상도	분류	알고리즘	단계	tactile	인식률
5	Drow	sobel	5	rised	6/10
5	Drow	prewitt	4	micro	4/10
5	Drow	canny	7	pin	2/10

이 일련의 과정을 통해 얻어진 결과물을 피 실험자에게 구분 실험을 한 후 각각 조건에 적합한 조합 테이블을 찾아내는 것이 본 모델의 사용 목적이다.

## V. 결론

우리는 일상생활에서 얻을 수 있는 정보의 대부분을 눈을 통해서 얻는다고 해도 과언이 아니다. 그러나 시각적으로 장애가 있는 사람들의 경우는 청각이나 촉각을 통해 그 정보를 얻는다. 시각 장애인의 경우 사진, 도표, 문서 등의 정보를 얻고자 할 때 많은 불편이 있다. 그래서 이런 시각적 정보를 촉각적으로 변환하는 시스템은 필수적이다.

시각적 정보를 바로 촉각적으로 변환한다면 시신경과 촉각신경의 정보를 받아들일 수 있는 양의 차이로 단순화 작업이 필요하다.

그러나 시각적 정보를 담고 있는 이미지는 모두 같은 조건으로 생성 된 것이 아니라 그 이미지의 분류, 출력되어있는 해상도 등에 따라 얼마나 정보를 줄여야 하는지, 어떤 알고리즘을 써야 하는지, 이미지마다 그 processing의 parameter가 달라져야 한다.[6]

그래서 그 parameter를 규정하고, 시각적 이미지의 출력 해상도와 종류에 맞는 processing의 parameter table을 작성하는 모델을 만들었다.

## 참고문헌

- [1] K.J Kokjer. "The information capacity of the humal fingertip." IEEE Transactions on System. Man and Cybernetics, SMC 17(1)1987.
- [2] <http://www.ownet.rice.edu/~elec539/Projects97/morphjkrk/moredge.html>
- [3] Vincent Levesque. "Tactile Graphics Rendering Using Three Laterotactile Drawing Primitives.", Proceedings of Haptic Symposium March 13-14, Reno, Nevada. 2008
- [4] Thomas P. Way and Kenneth E. Barner. "Automatic Visual to Tactile Translation, Part I: Human Factors, Access Methods and Image Manipulation.", Rehabilitation Engineering, PVol.5 ,No. 5551221, PP.81 - 94, 2002
- [5] Thomas P. Way and Kenneth E. Barner. "Automatic Visual to Tactile Translation, Part II: Evalutation of the TACTile Image Creation System.", Rehabilitation Engineering, PVol.5 ,No. 5551221, PP.95 - 105,2002
- [6] P. Apkarian -Stielau and J.M. Loomis. "A comparison of tactile and blurred visual form perception." Perception and Psychophysics, 18(5), 1975.
- [7] J.C Bliss, M.Katcher and C.H.Rogers ,and P.P.Shepard. "Optical-to-tactile image conversion for the blind." IEEE Transactions on Man-Machine Systems, MMS-11, 19701.
- [8] Matsumoto Kosan Co.LTD. "Stereo copying system for the blind.", Product handbook,1990
- [9] J.M.Loomis, "On the tangibility of letters and braille.", Perception and Psychophysics, 29,1981.
- [10] P.K.Edman, "Tactile Graphics. American Foundation for the Blind", New York,1992.

저자소개



이설희(Seol-Hee Lee)

2011년 한국기술교육대학교  
컴퓨터공학부(공학석사)예정

※ 관심분야: 햅틱



김상연(Sang-Youn Kim)

1995년 고려대학교 공학사  
1997년 KAIST 공학석사  
2005년 KAIST 공학박사

2006년~현재 한국기술교육대학교 교수

※ 관심분야: 햅틱, 가상현실, 로보틱스



서희석(Hee-Suk Seo)

2000년 성균관대학교 공학사  
2002년 성균관대학교 공학석사  
2005년 성균관대학교 공학박사  
2005년 한국시뮬레이션학회 이사

2005년~현재 한국기술교육대학교 교수

※ 관심분야: 네트워크보안, 모델링 방법론