

---

# 헤어 뷰티 패션 디자인 선별을 위한 특징 점 정합을 이용한 헤어 라인 검출

송선희 · 나상동 · 배용근

A Study on the Hair Line detection Using Feature Points  
Matching in Hair Beauty Fashion Design

Sun-Hee Song, Sang-Dong Ra, Yong-Geun Bae

---

이 논문은 2003년도 조선대학교 교내학술 연구비를 지원받아 연구되었음.

---

## 요 약

본 논문은 헤어 뷰티 패션 디자인(Hair Beauty Fashion Design)을 위한 헤어모델과 헤어 얼굴 특징 점을 검출하여 긴 머리, 짧은 머리, 올림머리 등을 연출하는 헤어 라인 검출을 연구한다.

헤어 얼굴은 Gabor 특징에 의하여 지정된 특징 점의 교점 그래프와 공간적 연결을 나타내는 에지 그래프 헤어 모델로 표현한다. 제안된 탄력적 특징 정합은 헤어 모델과 헤어 입력 영상에 상응하는 특징을 취하여 정합 헤어 모델에서 국부적으로 경쟁적이고, 전체적으로 협력적인 헤어 모델 구조를 제시하며, 또 헤어 영상공간에서 불규칙 확산 처리와 같은 역할도 한다. 복잡한 헤어 얼굴 배경이나 헤어 모델 자세의 변화, 그리고 왜곡된 헤어 얼굴 영상에서도 원활하게 동작하는 헤어(얼굴)설계 식별 시스템을 구성함으로써 헤어 라인 응용의 방법 등을 탄력적 특징적 정합으로 검출한다.

## ABSTRACT

In this paper, hair beauty fashion design feature points detection system is proposed. A hair models and hair face is represented as a graph where the nodes are placed at facial feature points labeled by their Gabor features and the edges are describes their spatial relations.

An innovative flexible feature matching is proposed to perform features correspondence between hair models and the input image. This matching hair model works like random diffusion process in the image space by employing the locally competitive and globally corporative mechanism. The system works nicely on the face images under complicated background, pose variations and distorted by accessories. We demonstrate the benefits of our approach by its implementation on the face identification system.

## 키워드

특징점, Gabor 웨이블릿 변환, 탄력적 특징 정합, 영상처리

## 1. 서 론

헤어 설계 시 얼굴은 동일한 기하학적 구성으

로서 헤어, 이마, 눈썹, 눈, 코, 귀, 입, 턱과 같은  
얼굴 특징(Facial Features: FFs)으로 구성된다.

템플릿 매칭은 움직임에 의한 기하학적 변화,

---

\* 조선대학교 컴퓨터공학과

접수일자 : 2003. 06. 13

왜곡, 변형에 민감하고, 좌우 대칭 정보를 모델의 헤어와 헤어 특징 위치에 맞은 에지 투영 Brunelli[1]을 응용하여 제안할 수 있고, 또 조명에 민감하게 반응하는 에지 특징 점은 에지 특징 점 헤어 정보만을 이용한다. 헤어 뷰티 모델 점을 찾기 위한 능동적 윤곽선 헤어 모델은 Kass[2]에 의하여 단일 헤어 모델방법과 Wu[3]에 의해 복합 헤어 모델과 칼라 헤어 정보를 사용하는 방법을 연구할 수 있다. 헤어 모델은 활동적 작용을 최소화하기 위하여 평탄한 헤어 라인 표면을 필요로 하기 때문에 접근 방식에서 왜곡에 민감하고 고화질의 헤어 영상을 필요로 하였다. Lades [4]과 Wiskott [5]의 기법을 응용하여 Gabor 특징에서 분류된 그래프를 이용하여 헤어 뷰티 패션모델을 표현할 수 있었고, 분류 그래프 정합으로 표현한 헤어 모델 검출은 입력 헤어 영상과 조화를 이루게 할 수 있다.

본 논문에서는 헤어 뷰티 패션 설계 시 복잡한 배경, 자세의 변화 등에 의해 왜곡된 영상에서도 헤어 모델과 헤어 특징 점을 검출할 수 있는 새로운 시스템을 제안하고자 한다. 헤어 뷰티 설계는 헤어 특징 점이 위치한 교점에서 그래프로서 표현되어지고, 헤어 특징 점의 위치 정보는 Gabor 웨이블릿 변환(GWT:Gabor Wavelet Transformation)에 의하여 대응하는 지점에서 정합 추출한다.

헤어 뷰티 설계 시 헤어 모델 데이터베이스는 상이한 사람들의 헤어 뷰티 모델을 표현한 그래프의 모음인 헤어 모델 그래프(HMGs:Hair Model Graphs)를 통하여 변형된다. 헤어 설계 모델 그래프(HMGs)는 헤어 뷰티 설계와 특징 점 검출, 헤어 라인 식별을 위한 시스템 지식이 사용된다.

## II. 헤어 모델 시스템

헤어 뷰티 모델 시스템은 얼굴에서 헤어 얼굴 특징 점을 검출하여 긴 머리, 짧은 머리, 올림머리 등을 연출하는 것이다. 헤어 얼굴은 Gabor 특징에 의하여 지정된 특징 점의 교점 그래프와 공간적 연결을 나타내는 에지 그래프 헤어 모델로 표현한

다.

제안하는 단력적 특징 정합은 헤어 모델과 헤어 입력 영상에 상응하는 특징을 취한다. 정합 헤어 모델은 국부적으로 경쟁적이고, 전체적으로 협력적인 헤어 모델 구조를 연상케 하는 시스템이다.

그림 1과 같이 시스템은 헤어 모델 그래프(HMGs) 발생기, 헤어 검출, 헤어 특징 점 검출 절차로 구성되어짐으로서, 결과적으로 효율적인 헤어 모델을 식별하여 모델이 정확히 처리되어 있는지 등을 시뮬레이션을 이용하여 확인한다.

처리 대상자를 입력하여 모델 헤어 검출, 정합 등의 과정을 거쳐 헤어 모델을 선별처리 할 수 있는 시스템 구성도이다.

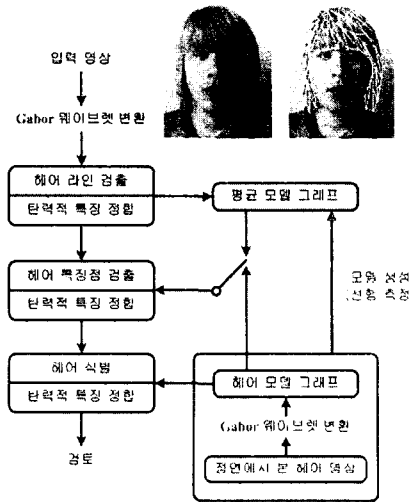


그림 1. 헤어모델 선별처리 시스템 구성도  
Figure 1. Overview the System on Hair Model Sorting process

## III. 얼굴 모델과 헤어 표

헤어 설계 처리에서 Gabor 웨이블릿을 이용한 전 처리는 국한된 헤어모델 형상[6]과 헤어 처리 설계에서도 실험적 습득[7]으로 선택되어진다. 헤어 영상의 Gabor GWT는 헤어 영상과 Gabor 커널 사이의 컨벌루션 과정을 표현하는 식(1) 과 (2) 는 다음과 같이 응용한다.

$$\eta_{k,\theta} = \frac{K^2}{\sigma^2} \exp\left(-\frac{k^2(x^2+y^2)}{2\sigma^2}\right) \dots$$

$$\left[ \exp(i k(x \cos \theta + y \sin \theta)) - \exp\left(\frac{-\sigma^2}{2}\right) \right]$$

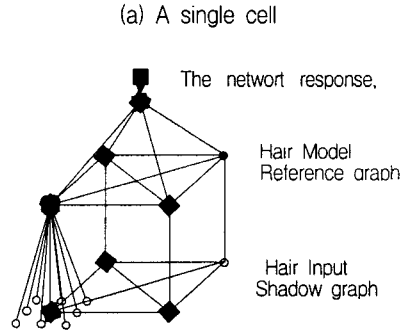
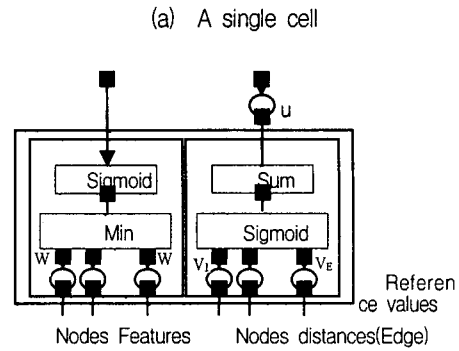
..... (1)

$$\theta = \frac{k\pi}{N_\theta} \text{ with } k = 0, \dots, N_\theta - 1 \dots\dots\dots (2)$$

식(1)에서 첫 번째 요소는 정규화 된 가우스 창이다. 가우스 창의 너비는 변수  $\sigma = 2\pi$  에 의하여 조절되어지고, 두 번째 요소는 웨이블릿의 사인곡선 성분이다.  $(x, y)$  항은  $\theta$  방향으로의 복소지수를 결정하는데 사용된다. 커널은 식(1)의 괄호 안의 두 번째 항에 의하여 헤어 얼굴 표현 값에 적합하게 정정된다. 식(2)에서 방위에 대한 민감도는 방위 헤어 방향  $\theta$ 에 달려있고,  $N_\theta$  는 지수  $k$ 에 대한 방위의 수를 나타낸다.

Gabor 커널에 대한 영상의 컨벌루션은 헤어 설계 중심 지점과, 헤어 방위, 비율에 대하여 복소특징을 산출한다. 지점에 대해서는 점진적으로 변화하므로 진폭에 대한 정보만을 연산에 사용한다.

그림 2와 같이 헤어 모델은 헤어 특징 점에 의해서 지정된 교점의 그래프로서 표현되므로 모든 헤어 교차점은 그래프 안에서 각각 연결된다. 그래프 안에서 각 교차점은 2개의 신경망을 이용한 셀 구성이다. 첫 번째 셀은 입력 헤어 영상으로부터 Gabor 웨이블릿 변환으로 확장된 지역정보를 기준값으로 유지하고, 두 번째 셀은 그래프 안에서 헤어정보 기준값을 유지하기 위해서 셀들에서 실험적으로 접하게 되는 2차원 적용 헤어 단면도의 모델은 헤어 공간 위치추정의 돌출부 조정 특성, 방위 선택성, 공간 주파수 선택성, 그리고 사각 위상 관계 등을 얻기 위해서 그림 2와 같이 2차원 Gabor 필터링[12] 해 헤어표현을 한다.



(b) The matching mechanism  
 그림 2. 탄력적 정합 헤어 모델  
 Figure 2. Hair Model the Flexible matching mechanism

2차원 헤어 공간 위치 추정 모델은 공간 헤어 응용 권, 불규칙 변수를 헤어 라인에 의해 헤어조정, 최적화한 2차원 필터 등 불확정 관계들 [9,10,11]에 의해 캡처된 헤어 변수들을 가지게 된다. 그러므로 2차원 Gabor 필터링 집단의 헤어 라인 함수 모형은 식 (1)과 (2)를 응용해 2차원으로 정규화해 필터링함으로써 정밀하게 처리한 후 헤어 라인을 표현하는 장점을 가지며 또 다른 교차점의 거리를 정확하게 유지한다.

헤어 라인 정면에서 그래프를 작성하고 헤어 모델 그래프를 수집할 수 있으므로 헤어 선별 대신에, 헤어 모델 그래프를 헤어 모델과 헤어 특징 점 정합 검출을 위하여 그래프로 사용한다. 평균 헤어 모델 그래프는 평균 헤어 정보와 헤어 모델 그래프에서 교차점과 에지에 상응하는 교차점 거리를 취하여 그래프를 생성한다. 모든 헤어 그래프 모델 원점은 헤어 라인의 중심으로 표현하고 교차점으로 정규화 한다.

헤어 정보 기준값을 유지하기 위해서 셀들에서

실험적으로 접하게 되는 2차원 적용 헤어 단면도의 모델은 헤어 공간 주파수 위치추정의 돌출부 조정 특성, 방위 선택성, 공간 주파수 선택성, 그리고 사각 위상관계 등을 얻기 위해서 2차원 Gabor 필터링하여 헤어 라인을 정밀하게 검출한다.

### 3.1 탄력적 특징 정합

탄력적 특징 정합에서 헤어 모델은 기준값을 이용하여 사용되므로 신호가 기준 값을 통과 한다면 출력은 입력과 기준값 사이에 유클리드 거리 법으로서 정의된다. 헤어 모델 그래프의 교점은 그림 2(a)와 같은 구조를 가지기 때문에 헤어 모델 그래프는 Gabor 특징 벡터와 예지 벡터 즉 다른 교점과의 거리로 표현된 기준치 벡터  $W$  와  $V$  로 구성된다.

헤어 정합 헤어 메카니즘은 그림 2(b)에서 나타내었다. 기준 그래프는 헤어 모델 그래프에서 선택하고, 투영 그래프는 입력 헤어 영상에서 Gabor GWT 후 기준 그래프를 사상함으로써 생성할 수 있다. 탄력적 헤어정합이 기준 그래프의 교점 투영 영상에 대응되는 교점의 중심으로부터 9개의 인접한 연결이 이루어지고 연결 사이에 하나만이 동작을 한다. 기준그래프에서 교점으로 근접한 Gabor 특징을 가진 연결이 동작하도록 지역 경쟁을 실행한다. 이 방법은 새로운 투영그래프의 후보를 생성하고, 변형된 헤어 모델 투영 그래프를 만든다. 만일 네트워크가 전체적인 결함을 최소화 하게 되면 헤어 모델 투영 그래프의 후보는 새로운 헤어 모델 투영 그래프가 되기 때문에 전체적인 결함은 네트워크 응답 ( $\Upsilon$ ) 과 같이 식(3)에 의해 측정할 수 있다.

$$Y = \sum_{i=1}^{Node} [S(\min_c(\|W_i - I_i\|)) + u_i \sum_{j=1}^{Node} S(\|v_{ij} - e_{ij}\|)] \dots (3)$$

여기서  $S(\cdot)$ 는 시그모이드 함수로 완만한 경사의 변화를 갖기 때문에  $W_i$  는 기본 헤어 모델의 기준값이고, 그 값은 노드  $i$  로부터의 Gabor 특징 벡터이다.  $I_i$  는 노드  $i$  로부터의 Gabor 특징 벡터 또는 가장 근접한 Gabor 특징벡터  $W_i$  을 갖는 투영 그래프를 인접한 것이다.  $v_{i,j}$  는 기준 그래프상의 노드  $i$  와  $j$  사이의 거리 정보이고.  $e_{i,j}$  는 투영 그래프 상

의 헤어 모델 거리 정보이다.  $u_i$  는 예지 셀에서 배수로 증가하는 가중치이며,  $u_i$  는 단순 감소함수이다.

### 3.2 헤어 모델과 특징 점 검출

탄력적 특징 헤어정합은 헤어 모델 검출 시 임의의 헤어 검색에 사용된다. 임의의 헤어 모델 검색에 대한 연산 효과를 고려하여 우선적으로 탄력적 특징 정합을 사용하였지만 헤어 투영그래프의 변형은 이루어지지 않았다. 그래프 상의 공간적 관계의 강성률은 지역적으로 유사하고 복잡한 배경의 입력 헤어 모델 영상에서 헤어 얼굴 같은 패턴을 찾아내는데 있어 중요한 요소이다. 헤어 얼굴 검출 과정은 그림 3.(a), (b), (c)와 같이 평균 헤어 모델 그래프를 산출함으로써 헤어 얼굴 검출 작업이 된다. 약 3~4개의 픽셀 간격을 갖는 입력 헤어 모델 영상의 Gabor 응답은 래스터 스캔을 통하여 적용되어지고, 각각의 지점에서의 네트워크 응답  $\Upsilon$  을 연산함으로써 기준그래프에서 가장 작은  $\Upsilon$  의 지점을 찾아 낼 수 있다. 가장 작은  $\Upsilon$  가 있는 지점에서 모델 얼굴 위치로 추정한다.



(a) Input Image



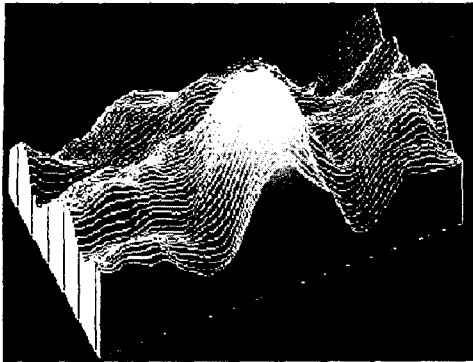
(b) Hair detection result shown as graph placement in the face area



(c) The nodes move during the flexible matching process.



(d) The result Facial Features matching



(e) The map of inverse network response, the lower  $\Gamma$  is shown as higher(brighter) in the map.

그림 3. 헤어 모델과 헤어 특징 점 검출  
Figure 3. Hair Model and Hair feature points Detection

### 3.3. 헤어 모델 특징 점 정합

헤어 모델 정합 검출 과정에서, 헤어 모델의 추정 위치를 찾을 수 있다. 이 단계에서 헤어 특징 점의 위치가 정확한 위치에서 이동되어지므로 탄력적으로 변화된 위치를 찾는 것을 필요로 하기 때문에 변형되어진 그래프와 함께 탄력적 특징 정합을 적용하는 알고리즘은 다음과 같다.

1. 입력 공간에서 초기 투영 그래프를 생성하는 헤어 라인 검출 과정의 결과에 사용한다. 평균 모델을 포함한 헤어 모델 그래프를 검색하여 네트워크 응답  $\Gamma$ 로 투영 그래프와 가장 근접한 헤어 모델을 찾는다. 그리고 이 헤어 모델 그래프를 기준 모델로 사용한다.
2. 투영 그래프와 기준그래프의 교점에서 활성화된 인접 연결에 의하여 새로운 투영 그래프는 헤어 모델 후보를 생성한다. 헤어 모델 후보 투영 그래프의 새로운 거리  $e_{i,j}$  을 연산한다.
3. 수식 (3)과 같이 네트워크 응답  $\Gamma$ 을 연산 한다. 만일 네트워크 응답이 감소되면, 헤어후보 그래프가 새로운 투영 그래프가 된다.
4.  $u_i$ 가 증가하는 가중 값을 감소한다.

2에서 4의 과정은  $\Gamma$ 이 최소화 될 때까지 반복하므로 인접된 연결의 간격이 3~4픽셀 정도이고 정

합단계가 증가함에 따라 감소된다.

헤어 모델 특징 점 검출 과정은 그림 4(b), (d), (e)에서 나타난 것과 같이 이러한 방식의 흥미 있는 점은 시스템의 로버스트에 있다. 시스템은 헤어 모델에서 동일한 헤어 라인이 없을지라도 헤어 특징 점을 검출 할 수 있다. 헤어 특징 점은 단지 평균 헤어 모델을 사용함으로써 검출해 낼 수 있고, 또 헤어 모델 검출시스템은 모자, 머리띠 등을 착용한 입력 영상에서도 무난하게 검출 할 수 있다.



그림 4. 헤어 모델 특징 점 검출  
Figure 4. Examples Hair Model Feature Points Detection

## IV. 시뮬레이션 및 헤어 라인 선별

헤어 특징 점은 헤어 모델 영상을 이해하는데 있어 필수적인 요소이다. 헤어 특징 점의 위치는 여러 가지로 유용하게 응용될 수 있기 때문에 본 논문에서는 헤어 특징 점 검출 결과를 응용하여 헤어모델 선별처리 시스템을 설계하는데 헤어 라인을 인식 수행했다.

투영그래프에서 입력 영상의 표본을 감안함으로써 헤어 특징 점이 검출되고 투영그래프의 모든 헤어 라인 정보를 기본 그래프로 입력할 수 있었다. 모든 헤어 설계 라인은 기본 그래프로서 하나씩 제공받을 수 있으므로 네트워크 응답  $\Gamma$ 은 모든 헤어 라인을 위해 계산되어진다. 만일 헤어 라인이 최소 네트워크 응답 값이고, 그 값이 임계치가 낮다면 입력 헤어를 수용하고, 그 외의 값들은 모두 무시하게 된다. 이러한 방식은 모든 헤어 라인에 대하여 탄력적 정합을 할 필요가 없기 때문에 데이터베이스 검색시간도 단축시킬 수 있었다.

표 1. 헤어 라인 데이터베이스에 의한 성능  
Table 1. Performance against the Bern University face database

Hair Test Images	Correct	rate
70 Hair Images frontal Pose	62	97.46
130 Hair images rotated in depth to the right and left	116	92.38
130 Hair images rotated in depth to the upper and lower	104	84.25

표 1에서 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 헤어 라인에서 데이터베이스 300개를 구성하였고, 헤어 라인 데이터베이스는 총 30명으로부터 5개의 자세에 대해 2개씩의 헤어 영상을 받아 시뮬레이션 한 결과 정면 헤어영상 성능 율과 측면들의 성능 율의 비율을 다음과 같이 나타냈다.

## V. 결론

본 논문에서는 GWT와 탄력적 특징 정합을 기반으로 한 헤어 라인 선별 시스템을 구성하고 특징 점 정합을 거쳐 헤어 모델을 필터링 한 후 헤어 라인을 선별하는 연구를 하였다.

제안된 시스템은 복잡한 배경이나 왜곡된 영상에서도 헤어 특징 점을 검출 할 수 있었고, 탄력적 특징 점과 헤어 모델 얼굴에서도 헤어 정합을 추출하는 헤어 모델을 제안하였다. 헤어 특징 점 정보의 유용성을 이용함으로써, 효과적인 헤어 라인을 식별할 수 있는 연산과정으로 구할 수가 있었다.

헤어 라인 영상 공간에서 불규칙 확산 처리와 같은 역할도 하였으며 복잡한 헤어 얼굴 배경이나 헤어 모델 자세의 변화, 그리고 왜곡된 헤어 얼굴 영상에서도 원활하게 동작하는 헤어 라인 선별 시스템을 구성함으로써 헤어 모델응용의 방법 등을 탄력적 특징적 정합으로 증명하였다.

정면 헤어 영상과 움직임이 있는 영상 두 가지 형태로 이루어진 시뮬레이션을 통해 정면 헤어 영상일 경우 헤어 모델 대상 70개의 헤어 영상 중 62개의 헤어 영상을 선별하여 97.46%의 성공률로 정합 추출함을 보여 주었고, 움직임이 있는 헤어

영상에서는 좌우 움직임의 경우 92.24%, 상하움직임의 경우에는 84.25%의 선별 인식률을 나타냈다.

제안한 헤어 선별 시스템은 학습 과정을 필요로 하지 않기 때문에 새로운 헤어 모델을 직접 추가할 수 있었다.

## 참고 문헌

- [1] R.Brunelli and T.Poggio. Face recognition: Features versus templates. *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 15(10):1042-1052, 1993.
- [2] M.Kass, A.P.Witkin, and D.Terzopoulos. Snakes: Active contour models. *Int. Jour. of Computer Vision*, pages 321-331, 1988.
- [3] H. Wu, T. Yokoyama, D.Pramadiahanto, and M.Yachida. Face and facial feature extraction from color image. *Proc. of the Int. Worksh. on Autom. Face-and Gesture Recogn.*, 1996.
- [4] M.Lades, J.C.Vorbruggen, J.C. Buhmannm, R. C. von der Malsburg, and W.Konen. Distortion invariant object recognition in the dynamic link architecture. *IEEE Trans. on Computers*, 42(6):300-311, 1993.
- [5] L.Wiskott, J.M.Fellous, N.Kruger, and C. der Malsburg. Face recognition and gender determination. *Proc. of the Int. Work. on Autom. Face-and Gesture Recogn.*, pages 92-97, 1995.
- [6] J.Daugman. Complete discrete 2-d gabor transform by neural networks for image analysis and compression. *IEEE Trans. on Acoust., Speech, Signal Process.*, 36(7): 1169-1179, 1988.
- [7] J.P.Jones and L.A.Palmer. An evaluation of the two-dimensional gabor filter model of simple receptive fields in cat striate cortex. *Jour. of Neurophys.*, 58(6):1233-1258, 1987.
- [8] J. Heinzmann et al., "3D Facial Pose and Gaze Point Estimation using a Robust Real-Time Tracking Paradigm". in *Proceedings of ICAFG*, pp. 142-147, 1998
- [9] T. Rikert et al., "Gaze Estimation using Morphable Models". in *Proc. of ICAFG*, pp. 436-441, 1998

- [10] A. Ali-A-L et al., "Man -Machine Interface through Eyeball Direction of Gaze". in Proc. of the Southeastern Symposium on System Theory, pp. 478-482, 1997
- [11] J. Heinzmann et al., "Robust Real-Time Face Tracking and Gesture Recognition". in Proc. of the IJCAI, vol. 2, pp. 1525-1530, 1997
- [12] Seika-Tenkai-Tokushuu-Go, ATR Journal, 1996
- [13] Matsumoto-Y, et al., "An Algorithm for Real-Time Stereo vision Implementation of Head Pose and Gaze Direction measurement", in Proc. the ICAFG 2000. pp. 499-504



**배용근(Young-Geun Bae)**

1986년 조선대학교 대학원 전자  
공학과(공학석사)  
2002년 원광대학교 대학원 전자공  
학과 졸업(공학박사)

현재 조선대학교 전자 정보 공과대학 컴퓨터공학부  
부교수

※ 관심분야: 마이크로 프로세서 응용, 프로그 래밍  
언어



**송 선 회**

E-mail: ssh6061@nate.com

1988년 : 전남대학교 공학학사

2002년 : 호남대학교 공학석사

현재 : 조선대학교 컴퓨터공학과 박

사과정

※ 관심분야 : TMO, 실시간통신, 데이터통신망, 이  
동통신, 멀티미디어 등



**나 상 동**

e-mail: Sdna@mail.chosun.ac.kr

1968년 : 조선대학교 공학학사

1980년 : 건국대학교 공학석사

1995년 : 원광대학교 공학박사

1973년~현재 : 조선대학교 전자.정보공과대학 컴퓨  
터공학과 교수

1998년 : 조선대학교 전자계산소 소장 역임

1995~1996, 2001~2002년 : Dept. of Electrical &  
Computer Eng. Univ. of California Irvine 연구교수

※ 관심분야 : TMO, 실시간통신, 디지털통신, 데이  
터 통신망 및 신호처리 등임.