

# 블록 정합을 이용한 국부적인 직물 구김 인식

이 현 진<sup>†</sup> · 김 은 진<sup>††</sup> · 이 일 병<sup>†††</sup>

## 요 약

최근 컴퓨터의 하드웨어 및 소프트웨어의 기술이 발전하면서 섬유공업의 여러 분야에서도 생산 속도의 향상과 품질의 균 일성을 높이는 연구들이 많이 진행되고 있다.

명도영상에서 직물 구김을 인식하는데 있어서 발생하는 문제점은 다음과 같다. 첫째, 구김에 의한 명도값의 변화량이 작 다는 것이다. 둘째, 명도 영상에서 색과 패턴 모두 명도값을 변화시키므로 이러한 변화와 구김에 의한 변화를 구분하는 것이 문제이다. 셋째, 조명의 불균일에 의한 명도의 변화와 구김에 의한 명도값의 변화를 구분하는 것이다. 본 논문에서는 생산공 정에서 발생 할 수 있는 오류중의 하나인 구김을 대상으로 위의 문제를 해결할 수 있는 구김 인식 방법을 제안한다.

본 논문에서는 영상을 강화하여 구김의 윤곽을 뚜렷하게 한 후 구김을 여러 방향의 힘에 의한 직물의 변형으로 보고, 움직임 추정에서 사용되는 블록 정합 알고리즘(block matching algorithm)을 적용하여 기준 영상의 각 블록과 대응되는 평가 대상 영상내의 블록의 위치를 추정하였다. 추정된 위치에서의 두 블록의 차이를 구김에 의한 값으로 보고 구김 지도를 만들 었다. 하지만 구김지도에는 조명의 차이, 직물을 당기는 힘의 세기와 구김을 형성한 힘의 방향에 따라 패턴이 변화 하기 때 문에 오정합이 발생되어 구김지도에서 잔여부늬가 존재하게 된다. 이러한 것을 제거하고 구김 정보만을 추출하기 위해 후처 리를 하였다. 이렇게 생성된 구김지도 영상의 평균 명도값을 바탕으로 구김을 인식하였다.

명도영상에서 직물의 구김을 연구하는 기존 연구들은 색과 패턴이 있는 직물에서 구김을 인식하지 못하였다. 본 논문에 서는 직물의 구김을 힘에 의한 변형으로 봄으로서 색과 패턴이 있는 직물에서 구김을 인식 할 수 있었다.

## Automatic Recognition of Local Wrinkles in Textile Using Block Matching Algorithm

Hyun-Jin Lee<sup>†</sup> · Eun-Jin Kim<sup>††</sup> · Yill-Byung Lee<sup>†††</sup>

### ABSTRACT

With the recent outstanding advance in computer software and hardware, a number of researches to enhance the manufacturing speed and the process accuracy has been undertaken in many fields of textile industry.

Frequently issued problems of automatic recognition of textile wrinkles in a grey scale image are as follows. First, changes in grey level intensity of wrinkles are so minute. Second, as both colors and patterns in a grey scale image appear in grey level intensity, it is difficult to sort out the wrinkle information only. Third, it is also difficult to distinguish grey level intensity changed by wrinkles from those by uneven illumination. This paper suggests a method of automatic recognition of textile wrinkles that can solve above problems concerned with wrinkles, which can be raised in a manufacturing process as one of errors.

In this paper, we first make the outline of wrinkles distinctly, apply the block matching algorithm used in motion estimation, and then estimate block locations of target images corresponding to blocks of standard images with the as-

\* 본 연구는 한국과학재단 특정기초연구(과제번호 : 96-0101-02-01-3)지원으로 수행되었습니다.

† 준 회원 : 연세대학교 대학원 컴퓨터학과

†† 준 회원 : 연세대학교 소프트웨어융합연구소 연구원

††† 정 회원 : 연세대학교 컴퓨터학과 교수

논문접수 : 1999년 7월 8일, 심사완료 : 1999년 10월 12일

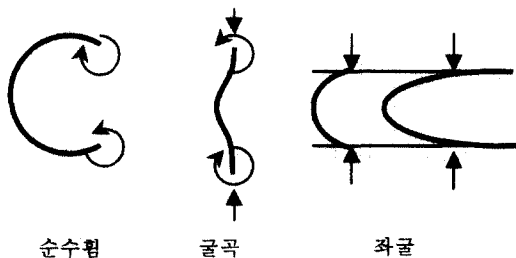
sumption that wrinkles are kind of textile distortions caused by directional forces. We plot a "wrinkle map" considering distances between wrinkles as depths of wrinkles. But because mismatch can occur by different illumination intensity and changes in tensions and directions of the force, there are also undesirable patterns in the map. Post processing is needed to filter them out and get wrinkles information only. We use average grey level intensity of wrinkle map to recognize wrinkles.

When it comes to textile with colors and patterns, previous researches on wrinkles in grey scale image hasn't been successful. But we make it possible by considering wrinkles as distortion.

## 1. 서 론

최근 많은 센서들이 개발되면서 섬유 산업에서도 직물의 흡수율, 섬유의 직경 측정, 직물의 필링 측정, 섬유 이주 현상의 관찰, 재봉시 나타나는 심퍼커(seem pucker)의 측정과 같은 여러 영역에서 광학센서를 이용하고 있다. 1960년대 초반부터 비약적으로 발전한 영상분석 기술을 이용하여 직물표면의 평가 및 검사, 면섬유의 성숙도 평가, 부직포 웹구조 분석, 카페트 표면의 마찰 손실 평가 등을 연구하고 있다[18].

구김이란 직물의 점탄성적인 성질 때문에 일어나는 것으로 직물에 외력이 가해졌을 때 흡수이나 열에 의해 가해진 외력이 완전히 회복되지 못하고 직물에 외력이 잔류하여 일어나는 현상이다. 이러한 구김은 (그림 1)과 같이 직물에 순수휨, 굴곡, 좌굴과 같은 세 가지의 힘이 상황에 따라 다른 비율로 작용하여 변형을 일으켜 발생된다[17].



(그림 1) 구김을 발생시키는 역학적 변수

기존의 직물 구김 연구들은 구김 회복성 평가를 위한 시스템으로서 AATCC TM/128에 따른 외관법으로 만든 직물 전체가 균일하게 구겨진 영상을 대상으로 5개의 표준 레프리카(replica)와 비교하여 구김을 판별하는 것이었다[18]. 하지만 본 논문에서는 공정에서 발생 할 수 있는 오류종의 하나인 구김을 인식하는 방법으로서 일부분에 구김이 있는 직물을 대상으로 하였

다. 본 논문에서는 직물의 구김을 힘에 의한 직물의 변형으로 보고 움직임 추정에서 사용되는 블록 정합 알고리즘을 이용하여 기존 직물 영상에 있는 각각의 블록이 평가 대상 영상에서는 어느 곳에 위치하는가를 추정하였다.

(그림 2) 구김을 형성하는 힘의 방향

움직임 벡터로 구김을 인식하는 데는 다음과 같은 문제점들이 있다. 첫째, 오정합에 의해 잘 못 추정된 움직임 벡터로 인해 오인식 될 수 있다는 것이다. 둘째, 하나의 구김에 대해 여러 가지 가능성이 존재한다. (그림 2)의 구김을 보면, 1과 같이 좌측 상단에서 미치는 힘에 의해 형성될 수 있고, 2와 같이 우측 하단에서 미치는 힘에 의해 형성될 수 있고, 3과 같이 1과 2의 힘이 동시에 작용하여 형성 될 수 있다.

따라서 본 논문에서는 이러한 여러 가지 가능성을 고려해야 하는 어려움을 해결하기 위하여 블록의 움직임을 추정하여 추정된 위치에서의 두 영상의 명도값의 차이값을 구김에 의한 깊이로 보고 구김지도를 형성하였다. 그리고 이 구김지도 영상의 평균 명도값을 바탕으로 구김을 인식하였다.

논문의 구성은 다음과 같다. 1장에서는 서론으로서 직물의 구김을 형성하는 요인과 직물 구김 인식의 문제점에 대해 살펴보았다. 2장에서는 직물 구김 인식에

관한 기존의 연구와 본 논문에서 적용한 블록 정합 알고리즘에 대해 살펴보도록 하겠다. 3장에서는 제안하는 시스템의 구조와 각각의 모듈에 대해 살펴보겠다. 4장에서는 구김지도 생성결과와 구김 인식율을 살펴보고, 마지막으로 5장에서 본 연구에 대한 결론을 내린다.

## 2. 배경

### 2.1 직물 구김 인식에 관한 기존 연구

직물의 구김 측정에서도 센서를 통한 광학적인 연구가 이루어지고 있는데 그들을 살펴보면 트와레 회절법을 이용하여 AATCC법의 구김의 등급을 평가하려는 시도가 있었다[7]. 여기에서 H.Matsuoka 등은 등고선의 개수를 계산하여 각 등급에 따른 표준을 정하고 이를 주관적인 평가와 비교하여 좋은 상관관계를 얻었다. 영상 분석 시스템을 사용한 직물구김의 평가법은 영상의 명도 정보로부터 직물 구김 형상을 추출하는 것이다. 명도정보를 바탕으로 구김의 너비와 높이에 대한 비로서 경사도(sharpness)를 계산하고, 스캐닝 방향에 따른 명도의 전체함으로부터 불규칙도(randomness)를 계산하고, 단위면적에서 인접한 명도의 차를 모두 합하여 구김 표면의 너비를 구하였다. 이러한 특징을 AATCC 표준 레프리카의 5가지 등급에 적용한 결과 각 등급마다 차이를 보였다[8]. 이들은 이미지 센서의 색과 패턴이 있는 직물에 적용할 수 없는 한계 때문에 실제 직물에 대한 비교는 없었다. B. Xu 등은 직물의 구김 사진을 스캐너로 읽어 들여 구김에 의해 생성된 그림자가 생기는 부분과 그렇지 않은 부분의 면적비를 측정하는 방법을 제안하였다[14]. 이 방법은 쉽게 구할 수 있는 스캐너를 사용하였다는 점에서 장점을 갖고 있다. 하지만 직물의 색에 의해 나타나는 명도값과 구김에 의한 명도값의 구분을 할 수 없다는 점에서 문제점을 가지고 있다.

직물 구김에 관한 기존의 연구들은 AATCC TM/128에 따른 외관법에 의해 만들어진 전체적으로 구겨진 직물을 대상으로 표준 레프리카와 비교하여 5등급 중 한 등급으로 판정하는 것이었다. 기존의 연구들은 영상 분석 시스템을 이용하여 직물의 구김을 객관적으로 평가할 수 있는 시스템 구축을 목적으로 하고 있다.

조대환의 논문에서는 명도영상에서 명도값을 분석과 투영 격자면 분석 방법으로 구김을 평가하였다. 명도값을 분석하여 구김을 평가하는 방법은 구김의 불규칙

도, 밀도, 경사도를 구하여 구김을 판정한다. 하지만 이 방법은 직물의 색깔, 무늬, 조명의 불균일 등에 의한 명도 변화와 구김을 구별할 수 없기 때문에 적용하는데 문제가 있다. 이러한 단점을 보완하기 위하여 투영 격자면 분석 방법을 제시하였는데 직물에 격자를 투영하여 그 일그러짐 정도를 분석하여, 평균 높이와 표준편차를 구하였다. 이 방법을 실제 직물이 아닌 5가지 표준 레프리카에만 적용하였다. 격자의 일그러짐 정도를 분석해 본 결과 각 등급별로 구분할 수 있는 결과를 보였다. 하지만 3차원으로 복원하였을 때 오차가 있었다[21]. 김의화의 논문에서는 CCD(Charge Coupled Device) 카메라를 이용한 영상 측정 시스템과 레이저 센서(laser sensor)를 이용한 비접촉식 측정 시스템을 연구하였다. CCD카메라 및 레이저 변위 센서를 사용하여 직물구김의 형상을 측정할 수 있는 2종류의 구김형상 측정기를 제작하여 이 측정기들로부터 얻어진 직물구김의 형상을 통해 FFT, 스플라인등의 필터를 거쳐 인공 신경망 모델에 적용하여 직물의 구김을 평가하였다. CCD카메라를 이용한 구김 측정장치는 직물의 색에 매우 민감하였으며, 레이저를 이용한 측정장치는 CCD카메라를 이용한 구김 측정 장치 보다는 색에 의한 영향을 적게 받았으나 완전히 색에 독립적이지 못했다[18].

기존의 연구들은 직물 전체에 일정하게 구김이 있는 직물을 표준 레프리카 5개와 비교하여서 5등급중 한 등급으로 판정하기 위한 연구들이었다. 하지만 본 연구는 공정에서 발생하는 오류중의 하나인 구김을 인식하는 연구로 직물 일부분에 구김이 있는 것을 대상으로 구김의 유무를 인식하는 것이다. 기존의 연구와 차이점은 구김의 유형이 다르다는 것이다. 하지만 직물의 색과 패턴에 의한 명도 변화와 구김을 구분해야 하는 문제점은 같다. 이러한 문제점을 해결하고자 기존 연구에서는 투영 격자 분석 방법이나, 레이저 변위 센서를 이용하는 방법들이 제안되었다. 본 논문에서는 직물의 구김을 힘에 의한 변형으로 보고 블록 정합 알고리즘을 적용하여 구김정보를 획득하여 인식하는 방법을 제안한다.

### 2.2 블록 정합

본 논문은 직물의 구김을 힘의 작용에 의한 변형으로 보고, 이러한 변형을 추정하기 위하여 움직임 추정에서 사용되는 블록 정합을 이용한다. 움직임 벡터를

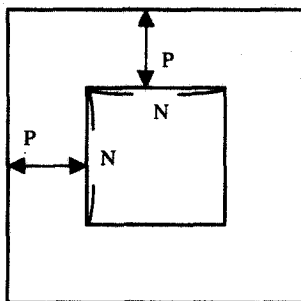
구하는 방법 중에서 가장 보편적으로 쓰이고 있는 블록 정합 알고리즘은 화면의 움직임이 수평, 수직으로 평행 이동한 것으로 가정한다. 블록 정합 알고리즘은 변화가 일어난 블록이 움직임이 일어나기 이전 프레임의 어느 위치에 있는 블록과 가장 일치하는가를 추정하는 방법이다.

2.2.1 블록 정합 알고리즘

블록 정합을 할 때 탐색영역 안에 모든 블록의 값에 대해 정해진 평가함수를 적용하여 최소의 오차를 나타내는 블록의 위치를 움직임 벡터로 산정하는 방식을 전체 탐색(Full Search) 블록 정합 알고리즘이라 한다. 전체 탐색 블록 정합 알고리즘은 정확한 움직임 벡터를 찾는 데는 가장 적합한 방법이지만 계산량이 많아 수행 속도가 느리다는 단점이 있다. 이를 보완하기 위한 고속 알고리즘으로 대각 탐색 알고리즘(Cross Search Algorithm), 3단계 탐색 알고리즘(Three Step Search Algorithm), 4단계 탐색 알고리즘(Four Step Search Algorithm), CBOSA(Center-Biased Orthogonal Search Algorithm)등이 있다[5] [9] [10] [12].

2.2.2 평가함수

블록 정합 알고리즘에서 이동량을 추출하기 위해서는 먼저 현 화면을 N×N화소의 블록으로 나눈 후 이전 (N+2P)×(N+2P)화소의 탐색 영역을 정한 다음 이동량이 이 영역을 벗어나지 않는다고 가정한다. 블록과 탐색영역은 (그림 3)과 같다.



(그림 3) 블록과 탐색영역

탐색알고리즘을 정한 다음 현재 화면의 블록과 이전 화면 탐색 영역내의 블록을 비교하여 가장 유사한 블록을 찾는다. 이 때 가장 유사한 블록을 찾아내는 단

거가 평가함수이며, 평가함수는 블록 정합 알고리즘의 성능에 영향을 미친다[13]. 평가함수는 움직임 벡터 검출에 크게 영향을 미치는 요소로써 일반적으로 평균 제곱 오차, 평균 절대값 오차등이 많이 사용된다.

(1) 평균 제곱 오차(Mean Squared Error)

가장 기본적인 평가함수로서 이를 이용하면 가장 정확한 움직임 벡터를 찾을 수 있으나 계산량이 많고 수행속도가 느린 것이 단점이다[3].

$$MSE(i, j) = \frac{1}{MN} \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N (S_{t,k}(m, n) - S_{t-1,k}(m+i, n+j))^2$$

(1)

S<sub>t,k</sub> t번째 영상에서 k번째 부영상  
S<sub>t-1,k</sub> t-1번째 영상에서 k번째 탐색영역

(2) 평균 절대값 오차(Mean Absolute Error)

평균 제곱 오차를 사용하는 것보다 정확도는 떨어지지만 계산과정이 단순하고 같은 계산이 반복되므로 하드웨어 구현이 용이하고 LSI 구성이 쉬워 실제 가장 많이 사용되는 평가함수이다[20].

$$MAE(i, j) = \frac{1}{MN} \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N |S_{t,k}(m, n) - S_{t-1,k}(m+i, n+j)|$$

(2)

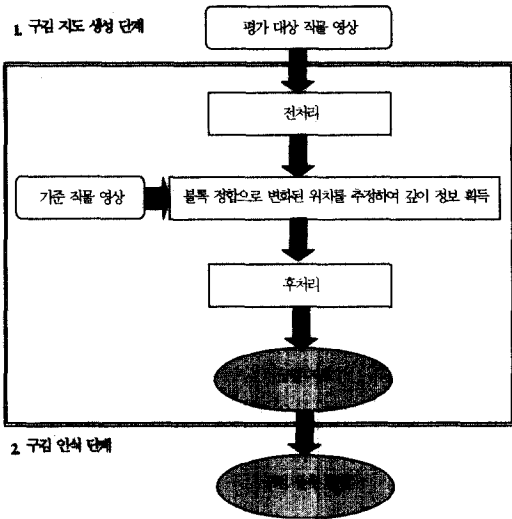
S<sub>t,k</sub> t번째 영상에서 k번째 부영상  
S<sub>t-1,k</sub> t-1번째 영상에서 k번째 탐색영역

3. 제안하는 직물 구김 인식 시스템

공정에서 획득되는 직물 영상은 무작위적인 패턴의 연속이 아니라 정해진 패턴의 주기가 있게 된다. 그 주기가 한 개의 영상이 될 수도 있고 여러 개의 영상이 될 수도 있다. 제안하는 구김 인식 시스템은 주기 안에 있는 직물 영상들 중 현재에 들어온 평가대상 영상과 가장 유사한 영상을 선정하여 기준 직물 영상으로 정했다는 가정하에서 시작한다. 본 시스템은 크게 구김지도 생성 단계와 구김인식 단계가 있다. 본 장에서는 제안하는 시스템의 전체적인 구조와 각 단계들의 세부적인 처리에 대해 기술하겠다.

3.1 전체적인 시스템 구조 및 처리도

제안하는 구김 인식 시스템의 구조도는 (그림 4)와 같으며 크게 구김 지도 생성단계와 구김 인식의 두 단계로 되어 있다.



(그림 4) 전체적인 시스템 구조 및 처리도

첫째, 구김지도 생성 단계는 다시 3단계로 구성된다. 전처리 단계에서는 영상의 잡영을 제거하고 영상을 강화한다. 블록 정합 단계에서는 기준 영상의 각각의 블록이 평가 대상 직물에서 어느 위치에 있는가를 추정한다. 그리고 추정된 위치에서 두 영상의 차이를 구함으로써 깊이 정보를 얻는다. 이렇게 구해진 구김지도에는 조명의 불균일에 의한 차이, 직물의 신축성 때문에 당기는 힘의 세기에 따라 패턴이 변화하기 때문에 발생하는 오정합에 의하여 잔여무늬들이 존재한다. 후처리 단계에서는 밝기 교정(Brightness Correction)을 통하여 구김 지도에서 잔여무늬들을 제거한다.

둘째, 구김 인식 단계에서는 구김지도의 평균 명도값으로 구김 유무를 인식한다.

### 3.2 구김 지도 생성 단계

#### 3.2.1 전처리

CCD 카메라로부터 획득한 영상에는 반드시 잡영이 존재한다. 이것은 렌즈의 오염에서 비롯되는 경우도 있고, 조명에 따른 반사, 미세한 먼지나 흠에서 발생하기도 하며, 카메라에서 빛의 강도를 전기적 신호로 변환시킬 때 광전자 센서에서 발생하기도 한다. 이러한 잡영을 제거하기 위하여 미디언 필터링을 하였다. 영상이 어두우면 어떤 물체인지 식별하기 어렵기 때문에 영상의 밝기를 교정하고 구김 윤곽을 선명하게 하기 위하여 콘트라스트를 개선하였다.

#### (1) 미디언 필터링 (Median filter)

미디언 필터는 어떤 화소 주변의 영역내의 화소 농도의 중간값을 구하여 원하는 화소의 농도로 처리하는 것이다. 에지 정보를 보존하면서 노이즈를 제거할 수 있다는 장점이 있다.

#### (2) 밝기 교정 (Brightness Correction)

영상이 어두우면 물체를 식별하기 어렵다. 본 논문에서 사용하는 입력영상이 전체적으로 어둡기 때문에 영상의 밝기를 높혀 구김 식별을 쉽게 하였다.

$$y(i, j) = x(i, j) + \text{brightness} \quad (3)$$

$x(i, j)$  : 원래 영상에서의 위치(i,j)의 명도값

$y(i, j)$  : 강화된 영상에서의 위치(i,j)의 명도값

brightness : 밝기 정도를 나타내는 매개변수

#### (3) 콘트라스트 개선(Contrast Stretching)

기준 직물 영상과 평가 대상 직물 영상을 비교하여 구김을 인식하는데 어려운 점은 구김에 의한 명도값의 변화량이 작다는 것이다. 따라서 영상을 강화하여 윤곽을 뚜렷하게 함으로써 구김이 더 잘 나타나도록 하였다.

영상을 강화하기 위하여 화면의 밝은 부분과 어두운 부분의 명도의 비율인 콘트라스트를 증가시켜 영상을 개선하였다. 콘트라스트가 높은 영상은 피사체의 윤곽이 확실하고 보기 쉽지만, 콘트라스트가 낮은 영상은 피사체의 윤곽이 확실하지 않고 보기 어렵다[2]. (그림 5)의 (a)는 전처리를 하기 전의 영상이고, (b)는 전처리를 한 후의 영상이다. (그림 5)에서 보는 바와 같이 전처리를 한 (b)의 영상이 구김 윤곽이 뚜렷해졌다.

(그림 5) 전처리

#### 3.2.2 블록 정합

이 단계에서는 직물 영상에서 패턴과 색을 제외한

구김의 깊이 정보만을 얻는다. 다음은 블록정합을 위한 블록정합 알고리즘, 평가함수, 블록크기, 탐색 공간에 대해 살펴 보기로 하겠다.

3.2.2.1 전체 탐색 블록 정합 알고리즘

움직임 추정 기법에서 가장 많이 사용되는 알고리즘으로 먼저 이전 프레임에서 기준블록과 동일한 위치에 가상의 블록을 정하고 이 가상 블록 주변에 수평 및 수직 방향으로 일정한 변위의 탐색영역을 정한다. 그 다음 이 탐색 영역 내에서 기준 블록과 동일한 크기를 가지고 수직 및 수평방향으로 한 화소 만큼 변화되어 증첩되는 후보 블록 전체에 대해 기준 블록과 평가함수를 비교하여 움직임 벡터를 찾는다. 그러므로 계산량이 대단히 많다. 예를 들어  $N \times N$  화소의 기준블록,  $(N+2P) \times (N+2P)$  화소의 탐색영역에서 전체 탐색 블록 정합을 행한다면  $N \times N$ 번의 쉼셈, 덧셈, 절대차 계산을  $(2P+1)^2$  번 해야한다. 전체 탐색 블록 정합 알고리즘은 블록정합알고리즘 중에서 가장 정확한 방법이지만 계산량이 많아 수행시간이 느리다는 단점이 있다.

3.2.2.2 평가함수

블록 정합 알고리즘에서 이동량을 추출하기 위해서는 우선 현 화면을  $N \times N$  화소의 블록으로 나눈 후 이전  $(N+2P) \times (N+2P)$  화소의 탐색 영역을 정한 다음 이동량이 이 영역을 벗어나지 않는다고 가정한다. 그리고 탐색알고리즘을 정한 다음 현재 화면의 블록과 이전 화면 탐색 영역내의 블록을 비교하여 가장 유사한 블록을 찾는다. 이 때 가장 유사한 블록을 찾아내는 근거가 평가함수이며, 평가함수는 블록 정합 알고리즘의 성능에 큰 영향을 미친다. 본 논문에서는 평가함수로 평균 절대값 오차를 사용하였다. 평균 절대값 오차는 계산과정이 단순하고 같은 계산이 반복되므로 하드웨어 구현이 용이하고 LSI 구성이 쉬워 실제 가장 많이 사용되는 평가함수이다[11][20]. 평균 절대값 오차는 2.2.2절에서 설명하였다.

3.2.2.3 블록 크기

블록의 크기는 크게 고정크기 블록과 가변크기 블록으로 나누어 실험을 하였다. 고정크기는  $16 \times 16$  화소의 블록을 사용하였다. 이에 대해서는 3.2.2.4절 탐색영역에서 다룰 것이다. 가변크기 블록은 가변 크기는 최대  $64 \times 64$  화소 ~ 최소  $8 \times 8$  화소인 블록과 최대  $64 \times 64$  화

소 ~ 최소  $16 \times 16$  화소인 두 가지를 사용하였다.

(1) 고정크기

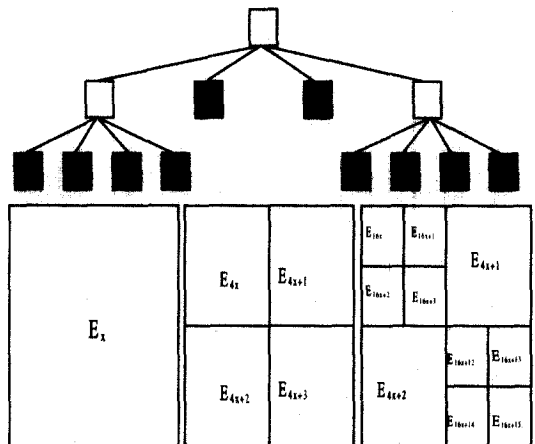
블록의 크기는  $8 \times 8$  화소가 많이 사용되며 본 논문에서는  $16 \times 16$  화소의 고정크기 블록을 사용하였다.

(2) 가변크기 블록

가변 블록의 가장 기본적인 형태는 4진 트리와 2진 트리를 이용하는 방법이다. 블록을 나누는 기준에 따라 블록의 개수와 영상의 화질이 결정된다. 구김이 있는 부분은 블록의 크기와 기준 영상과 평가 대상 영상 간에 최적의 정합이 이루어지는 부분의 오차와 관계가 있다. 블록정합은 블록 안의 화소는 같이 움직인다고 가정한다. 따라서 블록이 커지면 블록 안의 구김이 없는 부분도 같이 이동한 것으로 보아 오차가 커진다. 이상적인 가변크기 블록정합은 블록의 크기와 총 오차간의 최적을 찾는 것이다[1][6][19].

$$E_x = \min\{E_x, (E_{4x} + E_{4x+1} + E_{4x+2} + E_{4x+3})/4\} \quad (4)$$

본 논문에서 블록을 나누는 기준은 식 (4)와 같다. 현재의 블록을 정합 하였을 때 최적의 정합에서의 평가함수의 오차와 4조각으로 분할하여 각각의 블록을 정합 하였을 때 각각의 최적의 정합에서의 평가함수의 오차들의 평균값을 비교하여 이 값이 작은 블록을 택한다. 이러한 방식으로 블록을 정합하며 4진 트리를 생성하며 가변크기 블록을 만든다.



(그림 6) 4진 트리 분할

3.2.2.4 탐색 영역

블록 정합 알고리즘은 탐색영역에서 최대의 상관도를 갖는 블록과 정합 시키는 방법이다. 움직임 추정에서는 탐색영역이 8 화소인 것이 많이 사용된다[12]. 본 연구에 탐색영역을 8 화소로 하여 적용해 본 결과 (그림 7)의 (b)와 같이 구김윤곽이 뚜렷하게 추출되지 않았다. 그 원인은 움직임추정에서 사용되는 동영상의 현재 프레임과 다음 프레임간의 변화량 보다, 논문에서 사용되는 평가 기준 영상과 평가 대상 영상간의 변화량이 더 크기 때문에 탐색영역 안에 추정될 위치가 들어 가지 않은 상황에서 추정되기 때문이다. 이를 고려하여 탐색영역을 16화소로 늘였다. 그 결과 (그림 7)의 (c)와 같이 구김 윤곽이 뚜렷하게 추출되었다.

(그림 7) 탐색영역과 구김정보

3.2.3 후처리

블록 정합시 오정합이 발생하는 경우는 다음과 같다. 첫째, 무늬가 단순하거나 무늬요소의 크기가 큰 직물에서 조명차이만 있는 블록이 잘 발생하고 이러한 블록에서 오정합이 발생한다. 둘째, 직물의 신축성에 의해 당기는 힘의 세기에 따라 패턴이 변화하기 때문에 오정합이 발생한다. 셋째, 구김을 형성하는 힘의 방향으로 패턴 전체가 밀리기 때문에 오정합이 발생한다.

구김지도에 구김정보 이외에 잔여 무늬들이 존재하게 된다. 이러한 잔여무늬는 오정합에 의한 것이다. 따라서 구김지도 생성시의 정합오차 즉 평가함수의 값을 잔여무늬의 오차영역으로 설정하여 식 (5)와 같이 잔여 무늬를 제거 하였다.

$$x(i, j) = \begin{cases} x(i, j) & \text{for } x(i, j) \leq 255 - \text{error} \\ 255 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (5)$$

$x(i, j)$ : 원래 영상에서 (i, j)의 명도 값  
 error: 구김지도 생성시의 정합오차

(그림 8)에서 보는 바와 같이 후처리를 한 후 잔여 무늬들이 제거 되었다.

(그림 8) 후처리

3.2.4 구김 인식

위의 전처리 블록 정합 후처리 단계를 거쳐 생성된 구김 지도 영상은 구김에 의한 깊이 정보를 나타내게 된다. 따라서 인식단계에서는 이 구김 지도 영상의 평균 명도값을 바탕으로 k-means 클러스터링 알고리즘을 사용하여 안 구겨진 직물과 구겨진 직물을 인식 하였다. k-means 클러스터링 알고리즘은 우선 패턴을 k 개의 클러스터에 포함되어 있는 패턴들의 평균으로 클러스터의 중심값을 계산하고 이 중심값과 각 패턴과의 거리를 계산한 후 가장 거리가 가까운 클러스터에 패턴을 포함시키는 방법이다[4].

4. 실험 결과 및 분석

4.1 실험 환경

실험에 사용한 시스템은 Pentium II 350 MHz 프로세서에 주메모리 64MB이다. 288×288화소의 명도영상을 대상으로 Windows 98환경에서 Visual C++ 5.0을 사용하여 구현하고 실험하였다.

4.2 평가대상 영상

실험에 사용된 직물 영상은 12종류이며 이 중 8종류는 중심 결정을 위해 사용하였으며 4종류는 테스트를 위해 사용하였다. 중심 결정을 위한 데이터는 8종류의 직물에 대해 48개의 데이터를 사용하였고, 테스트를 위해서 4종류의 직물에 대해 32개의 데이터를 사용하였다. (그림 9)는 실험에 사용된 직물들의 예이다. 실험에 사용된 직물은 크게 무늬가 없는 것과 있는 것으로 나누어 볼 수 있다. 또한 무늬가 있는 것은 무늬의 크기가 큰 것과 작은 것으로 나누어 볼 수 있다.

본 시스템에 사용된 구김의 종류는 다음과 같다.

- (1) 안구김
- (2) 구김
  - (a) 변화가 적은 구김
  - (b) 변화가 많은 구김
    - ① 날카로운 구김
    - ② 둥근 구김

(그림 9) 실험에 사용된 직물 영상의 예

본 시스템은 국부적인 구김을 대상으로 구김 유무물 인식하는 시스템이다. 하지만 구김인식에 장애가 되는 요인을 분석하기 위해서 구김을 변화의 정도에 따라 유형별로 나누고 이를 실험 데이터에 골고루 포함되도록 하였다. 실험 데이터는 크게 구김이 있는 직물과 구김이 없는 직물로 나누었다. 구김이 있는 직물을 변화의 정도에 따라 변화가 적은 구김과 변화가 많은 구김으로 나누었다. 변화가 많은 구김은 중앙의 모양에 따라 둥근 구김과 날카로운 구김으로 나누었다.

(그림 10) 실험에 사용된 구김이 있는 영상에 대한 몇가지 예를 보인 것이다.

(그림 10) 실험에 사용된 구김이 있는 영상의 예

4.3 실험결과 및 분석

4.3.1 구김 지도 생성

구김지도 생성은 4가지의 방법에 대해 실험을 하였다. 고정크기 16×16화소의 블록크기에 탐색영역이 8화소인 것, 고정크기 16×16화소의 블록 크기에 탐색영역이 16화소인 것, 가변크기 64×64화소~8×8화소의 블록크기에 탐색영역 10화소인 것, 가변크기 64×64화소~16×16화소의 블록크기에 탐색영역 10화소인 것에 대해 실험을 하였다. 구김지도 생성 시간은 <표 1>과 같다. 가변크기 블록 정합은 4진 트리를 생성하는데 소요되는 시간 때문에 수행시간이 고정크기에 비해 길다. 탐색 영역이 늘어나면 계산량이 많아지므로 수행시간이 길어진다.

<표 1> 구김 지도 생성 시간 비교

|      | 블록크기(화소)    | 탐색영역(화소) | 수행시간(초) |
|------|-------------|----------|---------|
| 고정크기 | 16×16       | 8        | 0.51    |
|      |             | 16       | 1.56    |
| 가변크기 | 64×64~8×8   | 10       | 22.54   |
|      | 64×64~16×16 |          | 11.41   |



다음은 구김의 종류에 따른 구김 지도 생성 결과에 대해 살펴보도록 하겠다.

(1) 안구김

구김이 없는 직물에 대한 구김지도는 (그림 11)의 (a)와 같다. 직물은 신축성이 있기 때문에 당기는 힘에 따라 패턴이 변화한다. 구겨지지 않은 직물에서 문제가 되는 것은 당기는 힘의 세기에 따라 패턴의 변화하여 발생한 오정합에 의해 잔여무늬가 나타난다. 이러한 잔여무늬는 후처리에 의해 대부분 제거되었다.

(2) 변화가 적은 구김

변화가 적은 구김의 구김 지도는 (그림 11)의 (b)와 같다. 이 구김은 구김의 높이가 높지 않고, 구김을 형성하는 영역이 좁은 구김이다. 변화가 적은 구김은 힘에 의한 변형이 적으므로 탐색 영역을 적게 했을 때에도 구김을 잘 추출할 수 있었다.

(3) 날카로운 구김

변화량이 많은 구김 중에서 날카로운 구김은 구김의 높이가 높고, 패턴의 변화가 많은 것이다. 날카로운 구김에 대한 구김 지도는 (그림 11)의 (c)와 같다. 힘에 의한 변형이 크기 때문에 탐색공간이 8화소와 같이 적을 때는 잔여무늬들이 많이 나타났고, 탐색공간을 16화소로 크게 하였을 때에는 구김에 의한 움직임울 잘 추정하여 구김정보를 잘 추출 할 수 있었다. 가변크기의 경우 최소 블록의 크기를 8×8 화소로 작게 하였을 때는 오분할에 의해 블록들이 너무 작게 분해되어 블록들의 구김이 상쇄 되었다. 가변 크기 중 블록의 최소 블록의 크기를 16×16로 하였을 경우를 살펴보면, 블록정합은 움직임이 블록단위로 발생하였다고 생각하므로 오분할에 의해 커다랗게 통합된 블록의 차이 값을 깊이 정보로 보았기 때문에 실제보다 구겨진 영역이 넓게 나타났다.

(4) 둥근 구김

둥근 구김에 대한 구김지도는 (그림 11)의 (d)와 같다. 둥근 구김은 사람이 느끼는 구김의 정도에 비해 영상의 명도값 차이는 적다. 가변크기 블록으로 정합할 때 블록을 너무 작게 하면 조명 차이만 있는 블록이 많이 발생하게 된다. 블록 정합의 단점은 이러한 조명차이만 있는 블록에서 오정합이 발생된다는 것이

다. 가변크기 블록 정합은 대부분의 경우 구김 지도를 만드는 데 효과적이지 못하였다. 하지만 무늬가 없고 명도 차이만 있는 블록이 큰 블록으로 통합됨으로써 조명차이에 의한 오차와 구김에 의한 오차를 구분하는데 효과적으로 작용하여 둥근 구김을 잘 추출하였다.

기존의 움직임 추정에서 사용되는 가변크기 블록 정합 알고리즘들을 직물 구김 인식에 적용하였을 때 잔여무늬의 제거나 구김형상 보존에 있어서 결과가 좋지 않았다. 움직임 추정에서 가변블록을 나누는 것은 움직임이 있는 부분은 작은 블록으로 나누고 움직임이 없는 부분에서는 큰 블록으로 통합되어 정합의 성능을 높이는 것이었다[15][16]. 하지만 직물 구김은 여러 방향의 힘에 의해 영상 전체에 변형이 발생하므로, 움직임 추정처럼 국부적으로 블록을 분할 할 수 없기 때문에 결과가 좋지 못하였다.

4.3.2 구김 인식

구김 인식은 구김지도 생성단계에서 잔여무늬가 적고 구김의 형태가 잘 보존되는 측면에서 보았을 때 가장 결과가 좋은 16×16화소의 고정크기 블록에 탐색영역은 16화소를 사용한 블록정합으로 생성한 구김지도 영상을 대상으로 실험을 하였다. 구김인식의 평균 수행시간은 2.03초였다.

(1) 후처리에 따른 인식율 변화

구김이 없는 직물의 구김지도에는 직물의 신축성 때문에 당기는 힘의 세기와 방향에 따라 패턴이 변화하여 발생한 오정합 때문에 잔여무늬들이 존재하게 된다. 이러한 잔여무늬는 후처리에 의해 제거될 수 있다. 구김의 깊이가 깊지 않을 경우 후처리에 의해 구김 정보에 손실이 오게 된다. 하지만 후처리는 구김을 형성하는데 작용한 힘의 방향 때문에 패턴이 변화하여 발생한 잔여무늬를 제거하는데는 효과가 있었다. 후처리 전과 후처리 후의 인식율을 비교하면 다음과 같다.

<표 2> 후처리 전후의 인식율

| 구 김 종 류 |        | 직물 data | 인 식 율 |      |
|---------|--------|---------|-------|------|
|         |        |         | 후 처 리 |      |
|         |        |         | 전     | 후    |
| 안 구 김   |        | 16      | 75%   | 88%  |
| 구 김     | 변화가 적은 | 10      | 100%  | 100% |
|         | 변화가 많은 | 날카로운    | 100%  | 100% |
|         |        | 둥근      | 58%   | 75%  |
|         | 합 계    |         | 48    | 81%  |



등근 구김의 구김지도에는 구김을 형성하는 힘의 방향에 따라 패턴이 변화하여 발생한 오정합 때문에 잔여무늬들이 존재하게 된다. 등근구김은 육안으로 느끼는 깊이 정보에 비해 명도값의 변화는 작다. 따라서 잔여무늬가 존재하는 구김이 없는 직물의 구김지도와 등근 구김의 구김지도는 구분하기 힘들기 때문에 인식이 낮았다. 하지만 후처리로 인해 구김이 없는 직물의 잔여무늬들이 많이 제거 되므로써 이 둘에 대한 구분이 용이해져서 인식이 향상되었다.

(2) 전체 데이터에 대한 인식율

전체 인식율은 <표 3>과 같다. 구김인식에서 k-means 알고리즘으로 중심을 결정할 때 40개의 직물영상을 사용했으며, 테스트는 40개의 직물 영상으로 하였다. 안구겨진 직물의 인식이 좋지 않은 것은 직물의 신축성 때문에 당기는 힘의 세기에 따라 직물의 패턴이 변화하므로 오정합이 발생하여 잔여무늬들이 구김지도에 남아있기 때문이다. 변화가 적은 구김은 패턴들의 변화가 작기 때문에 좁은 탐색영역에서도 정합이 잘되므로 명도값의 변화량은 작았지만 구김정보를 잘 추출할 수 있었다. 날카로운 구김은 깊이 차이가 크고 직물 전체의 움직임도 크다. 날카로운 구김을 가진 직물 영상의 구김지도에 존재하는 잔여무늬는 힘의 방향에 따라 패턴이 많이 변화되어 발생한 잔여무늬와, 움직임이 많아 탐색영역 안에서 최적의 정합이 되지 않아 발생한 잔여무늬들이 존재하게 된다. 이러한 잔여무늬는 오정합이 심하게 발생하여 생긴 것이므로 낮은 명도값을 나타내고, 따라서 후처리에 의해서도 잘 제거되지 않는다. 이러한 잔여무늬는 실제 구김의 깊이 정보는 아니지만, 힘에 의해 심하게 변화된 패턴에 의한 명도 변화의 정보로서 인식율에 기여하였다. 등근구김은 패턴의 변화가 심하고 구김에 의한 명도변화는 작다. 따라서 잔여무늬와 깊이에 의한 명도변화의 차이가 적다. 이러한 경우 후처리 과정에서 구김 정보의 손실이

나타나기 때문에 구김이 없는 직물과 구분이 모호하기 때문에 인식이 다른 구김에 비해서 낮았다. 전체인식율은 중심결정에 사용된 데이터에 대해 90%였고, 테스트 데이터에 대해서 88%였다.

5. 결 론

기존의 연구들은 직물의 구김 회복성을 평가하기 위한 연구들이었다. 기존 연구들은 AATCC TM/128에 따른 외관법에 의해 만들어진 전체적으로 구겨진 직물을 대상으로 표준 레프리카와 비교하여 5등급 중 한 등급으로 판정하는 것이었다. 본 연구는 공정에서 발생하는 오류중의 하나인 구김을 인식하는 연구이다. 기존의 연구와 다른 점은 영상의 일부분에 구김이 있는 것을 대상으로 하는 것이다.

대부분의 기존연구가 실제 직물 보다는 비교 기준이 되는 표준 레프리카의 특성 분석에 중점을 두었다면 본 연구는 실제 직물의 적용에 주안점을 두었다. 기존 연구들과 인식 해야하는 구김의 유형은 다르지만 직물의 색과 패턴에 의한 명도 변화와 구김을 구분해야 하는 문제점은 같다. 이러한 문제점을 해결하고자 기존 연구에서는 투영 격자면 분석 방법이나, 레이저 변위 센서를 이용하는 방법들이 제안되었다. 투영 격자면 분석 방법은 표준 레프리카에만 적용을 하였고, 레이저 변위 센서를 사용한 방법에서는 진한 체크무늬와 진한 색의 직물에서 구김을 인식하는데 문제가 있었다.

본 연구에서는 직물의 구김을 힘의 작용에 의한 변형으로 보고, 움직임 추정에서 사용되는 블록 정합 알고리즘을 적용하여 기준 영상의 각 블록과 대응되는 평가 대상 영상내의 블록의 위치를 추정하였다. 조명의 불균일이나, 직물에 신축성 때문에 당기는 힘에 따라 패턴이 변화하여 오정합이 발생하였다. 따라서 움직임 벡터로 구김을 인식하기 힘들며, 또한 구김을 생성하기 위해 작용하는 힘의 가능성도 다양하다. 이러한 문제를 해결하고자 본 논문에서는 추정된 위치에서의 두 블록의 차이를 구김에 의한 깊이로 보고 이를 바탕으로 구김지도를 만들어 구김을 인식하였다. 그 결과 색과 패턴이 있는 직물에서 구김을 인식할 수 있었다.

앞으로 개선해야 할 점은 다음과 같다. 첫째, 기준직물 영상과 평가대상 영상의 선정과 블록크기의 설정을 들 수 있겠다. 본 논문은 기준 직물영상과 평가대상

<표 3> 전체 인식율

| 구김 종류 |          | 직물 data |     | 인식율  |      |
|-------|----------|---------|-----|------|------|
|       |          | 중심결정    | 테스트 | 중심결정 | 테스트  |
| 안 구김  |          | 16      | 8   | 88%  | 75%  |
| 구 김   | 변화가 적은   | 10      | 8   | 100% | 100% |
|       | 변화가 날카로운 | 10      | 8   | 100% | 100% |
|       | 많은 등근    | 12      | 8   | 75%  | 75 % |
| 합계    |          | 48      | 32  | 90%  | 88%  |

영상의 비교영역이 선정되었다는 가정하에서 시작하였다. 하지만 직물의 무늬 요소(primitive)를 찾아 그것을 블록으로 사용하여 정합을 한다면 보다 향상된 결과를 얻을 수 있을 것이다. 둘째, 기존의 구김 연구는 영상 전체에 일정한 형태의 구김이 있는 것이었다. 그렇기 때문에 인식하기 위하여 통계적인 특징들을 사용하였다. 이러한 특징들을 일부분에만 구김이 있는 영상에 적용하기에는 적합하지 못하다. 따라서 일부에 구김이 있는 것을 인식하기 위한 특징 연구가 있어야 될 것으로 본다.

### 참 고 문 헌

- [1] M.H. Chan, Y.B. Yu, "Variable size block matching motion compensation with applications to video coding," IEE Proceedings, Vol.137, pt. I, No.4, pp.205-212, 1990.
- [2] Randy Crane, "A simplified approach to image processing : classical and modern techniques in C," Prentice Hall PTR, 1997.
- [3] M.H. Ahamad Fadzil, T.J. Dennis, "A hierarchical motion estimator for interframe coding," IEE Electronics Division Colloquium on Applications of Motion Compensation On Monday, 8, Oct, 1990.
- [4] Earl Gose, Richard johnsonbaugh, Steve Jost "Pattern recognition and image analysis," pp.213-215, Prentice hall PTR, 1996.
- [5] Renxiang Li, Bing Zeng, Ming L. Liou, "A New Three-Step Search Algorithm for Block Motion Estimation," IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol, Vol.4, No.4, pp.438-442, 1994.
- [6] G.R. Martin, R.A. Packwood, I. Rhee, "Variable Size Block Matching Motion Estimation with Minimal Error," *Proceedings of IS&T/SPIE Symposium on Electronic Imaging : Science and Technology(Digital Video Compression: Algorithms and Technologies)*, San Jose, CA, USA, 1996.
- [7] H. Matsuoka, M. Niwa, S. Nagae "On Evaluation Methods for Wrinkling by Using Moir Topography," J.Jpn .Res .Assn. Text. End-Uses, 25, 40-48, 1984.
- [8] Y.J. Na and B. Pourdeyhimi, "Assessing Wrinkling Using Image Analysis and Replicate Standards," *Text. Res.J.*, 65, 149-157, 1995.
- [9] Lai-Man Po, Chok-Kwan Cheung, "A New Center-Biased Orthogonal Search Algorithm For Fast Block Motion Estimation," *Proceedings of IEEE TENCON 96*, Vol.2, pp.874-877, 1996.
- [10] L.M. Po, C.K. Cheung, "A novel four-step search algorithm for fast block motion estimation," *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Tech*, Vol.6, No.3, pp.313-317, 1996.
- [11] Majid Rabbani, Paul W., Jones, "Digital Image Compression Techniques," SPIE Optical Engineering Press, 1991.
- [12] A.M. Tekalp, "Digital Video processing," pp.101-106, Prentice Hall, 1996.
- [13] Luis Miuel Lopes Texieira, Artur P.Alves, "Block Matching Algorithms in MPEG Video Coding," *Proceedings of the 13<sup>th</sup> ICPR*, Vol.3, pp.934-938, 1996.
- [14] B.Xu, J.A.Ree, "Instrumental Evaluation of Fabric Wrinkle Recovery," *J. Text. Inst.*, 86, 129, 1995.
- [15] T.Yoshida, "Reliability metric of motion vectors and its application to motion estimation," *Proc. VCIP'95*, pp.799-809, 1995.
- [16] Toshiyuki Yoshida, Hidetoshikatoh, Yonsinori Sakai, "Block Matching Motion Estimation using Block integration based on Reliability Metric," *ICIP 97*, Vol. II, pp 152-155,1997.
- [17] 김노수, 김상용, "섬유 계측과 분석", 문운당, 서울, 1996.
- [18] 김의화, "인공지능을 이용한 직물 구김의 객관적인 평가", 전남대학교 대학원 박사학위 논문, 1997.
- [19] 김진태, "영상의 국부적 성질을 이용한 가변 크기 블록 정합 알고리즘", 전자공학회논문지, Vol.29B, No.7, pp.62-69, 1992.
- [20] 문수정, "MPEG-2에 사용된 블록매칭알고리즘의 평가함수에 관한 연구", 연세대학교 석사학위 논문, 1996.
- [21] 조대환, "화상처리에 의한 직물구김의 객관적 평가에 관한 연구", 서울대학교 대학원 석사학위 논문, 1996.

**이 현 진**

e-mail : dryad@csai.yonsei.ac.kr  
1996년 순천향대학교 전산학과  
졸업(학사)  
1998년 연세대학교 대학원 컴퓨터  
과학과 졸업(석사)  
1998년~현재 연세대학교 본대학  
원 컴퓨터과학과 박사과정

관심분야 : 신경회로망, 규칙 추출, 패턴인식

**이 일 병**

e-mail : yblee@csai.yonsei.ac.kr  
1976년 연세대학교 전자공학과  
졸업(학사)  
1980년 University of Illinois  
전산과학과 졸업(석사)  
1985년 University of Massa-  
chusetts 전산정보과학과  
졸업(박사)

1985년~현재 연세대학교 컴퓨터과학과 교수

1995년~1999년 연세대학교 소프트웨어 응용 연구소  
소장

관심분야 : 신경회로망, 문서인식, Computer Vision, Data  
Mining

**김 은 진**

e-mail : ejkim@csai.yonsei.ac.kr  
1987년 연세대학교 전산학과 졸업  
(학사)  
1990년 연세대학교 대학원 전산학  
과 졸업(석사)  
1997년 연세대학교 대학원 컴퓨터  
과학과 졸업(박사)

1997년~현재 연세대학교 소프트웨어 응용연구소 연구원

관심분야 : 신경회로망, 패턴인식, 문자인식