

論文95-32B-6-10

블럭 FFT를 이용한 실시간 지문 인식 알고리즘

(Automatic Real-time Identification of Fingerprint Images Using Block-FFT)

安 都 成 * , 金 學 一 *

(Dosung Ahn, and Hakil Kim)

요 약

본 논문에서는 실시간 지문 인식을 이용한 출입 통제 시스템의 개발을 목적으로 고속 푸리에 변환(Fast Fourier Transform - FFT)을 이용한 지문용선의 방향 결정 알고리즘과 통계학적 정보를 이용한 지문 인식 알고리즘을 제안한다. 지문 인식 단계에서 사용되는 정보는 용선의 흐름에 따른 방향성과 특징점들을 이용한다. 본 논문에서는 이러한 특징점을 찾아내기 위한 방법으로서, 8x8 화소크기의 작은 블럭에 대하여 2차원 FFT를 적용하기때문에 평활화 (smoothing), 이진화 (binarization), 세선화 (thinning) 및 보정 (restoration) 등의 여러 전처리 과정이 생략되어 실시간 처리를 가능하게 한다. 지문 인식의 초기단계에서는 지문 방향의 분포 형태와 기준블럭의 그레이값(gray level)의 상관계수를 이용한 대략적인 비교로 적절한 후보 지문을 선택, 빠르고 효율적인 인식을 가능하게 한다. 2차 지문 인식 과정에서는 2가지 특징블럭을 비교하는데, 첫째는 푸리에 스펙트럼으로부터 방향성이 정의될 수 없는 블럭이고, 다른 하나는 그 주위에서 방향이 급격히 변화하는 블럭이다. 제안된 알고리즘을 SunSparc-2 워크스테이션에 구현하여 256x240화소크기의 지문 영상에 적용하여 그 성능을 평가하였다. 그 결과, 상이한 지문을 동일 지문으로 오인식하는 Type II 에러율을 0%로 했을 때, 동일 지문을 상이한 지문으로 오인식하는 Type I 에러율은 2.2%였다.

Abstract

The objective of this paper is to develop an algorithm for a real-time automatic fingerprint recognition system. The algorithm employs the Fast Fourier Transform (FFT) in determining the directions of ridges in fingerprint images, and utilizes statistical information in recognizing the fingerprints. The information used in fingerprint recognition is based on the directions along ridge curves and characteristic points such as core points and delta points. In order to find ridge directions, the algorithm applies the FFT to a small block of the size 8x8 pixels, and decides the directions by interpreting the resulted Fourier spectrum. By using the FFT, the algorithm does not require conventional preprocessing procedures such as smoothing, binarization, thinning, and restoration. Finally, in matching two fingerprint images, the algorithm searches and compares two kinds of feature blocks, one as the blocks where the directions cannot be defined from the Fourier spectrum, and the other as the blocks where the changes of directions become abrupt. The proposed algorithm has been implemented on a SunSparc-2 workstation under the Open Window environment. In the experiment, the proposed algorithm has been applied to a set of fingerprint images obtained by a prism system. The result has shown that while the rate of Type II error - Incorrect recognition of two different fingerprints as the identical fingerprints - is held at 0.0%, the rate of Type I error - Incorrect recognition of two identical fingerprints as the different ones - is 2.2%.

* 正會員, 仁荷大學校 自動化工學科
(Dept. of Industrial Automation, INHA Univ.)
※ 본 논문은 1993년 인하대학교 교내연구비로 일부

지원받아 수행되었습니다.

接受日字: 1994年4月7日, 수정완료일: 1995年5月12日

I. 서 론

지문을 이용한 개인 인증과정은 크게 여러 지문을 형태별로 구분하는 분류 (classification) 와 본인임을 확인하는 조합 (matching) 의 절차를 포함한다. 또한, 이러한 지문의 개인 인증 시스템은 다수의 등록되어 있는 지문 중에서 입력된 지문을 구별해 내는 1 대 다수의 식별 시스템 (identification system) 과, 등록된 지문과 입력된 지문을 1 대 1로 대조 판별하는 인증 시스템 (verification system) 으로 구별 될 수 있다. 식별 시스템의 경우, 지문인식의 최종목표인 개인 식별을 위해서는 결국 지문의 조합을 행하여야 하는데, 등록지문의 방대함으로 인하여 최종인식에 앞서 먼저 입력지문을 특정 범주로 분류하여 조합에 사용될 대상 등록지문의 갯수를 최소화하는 것이 효율적인 지문인식을 위해서는 필요한 절차이다. 조합 시스템은 개인의 ID를 입력받아 저장된 데이터베이스내의 지문과 입력된 지문만을 이용하여 인식과정을 수행한다. 따라서, 지문의 전체적인 형태의 분석을 거치지 않고 한번의 조합만이 이루어진다. 이는 작업과정이 간단하고 소요시간이 짧다는 장점이 있으나 ID를 기억하거나 최근 각광받고있는 IC card에 의한 등록지문의 소지가 요구되는 등, 범죄 수사와 같은 불특정 다수의 표본집단에 대해서는 사용할 수 없으므로 회사의 비밀접근에 대한 통제등의 용도를 갖는다.

지문 인식은 기존의 화상 처리와는 달리, 지문 자체의 기준 좌표축이나 좌표 원점이 없으며, 신체 일부로서의 유연성으로 인하여 절대 좌표계를 사용한 고전적인 방법을 구사할 수 없는 문제를 추가로 가지는 난점이 있다. 또한 보안 시스템 영역이 기본적으로 추구하고 있는 고신뢰성과 출입 통제를 위한 실시간 처리라는 목표점도 지문 인식 시스템의 구현을 더욱 어렵게 만드는 요인이 되어 왔다. 실제, 지문의 인식을 위해 사용하는 알고리즘은 방대한 경우의 수와 뛰어난 변별력, 그리고 탁월한 수행속도 등을 위해 대형 시스템이나 병렬 처리가 가능한 시스템을 사용하여 왔다¹¹⁾.

그림 1 에서 보는 바와 같이 지문에는 정확한 방향성을 띤 융선으로 이루어진 정상영역 (normal region) 이외에 여러 특징적인 부분이 존재하고 있다. 이들 중에서 융선이 진행하다가 끊어지거나 분리되는 점등이 한 지문에 많이 분포되어 있음을 볼 수 있다. 이때 융선이 끊어지는 점을 단점 (ending point) 이라 하며, 갈라지는 점을 분기점 (bifurcation) 이라 한다. 이들을 통칭하여 지문의 특징점 (minutiae) 이라 부른다. 일반적으로 한 손가락에는 이러한 특징점이 100 - 150개 정도가 분포하며 사람마다 모두 그 종류

와 위치, 방향이 다르게 나타난다고 알려져 있다. 이러한 특징점의 위치 관계와 방향 등이 50~60% 이상 일치하면 동일한 지문이라 판정할 수 있다. 따라서 이러한 특징점에 대한 정보는 각 지문 또는 각 개인마다의 식별 수단으로 사용될 수 있다.¹¹⁾

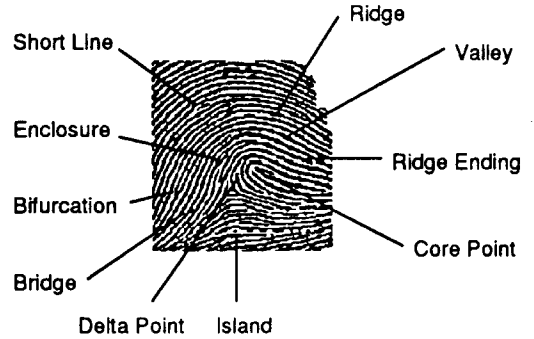


그림 1. 지문의 구조적 특징점
Fig. 1. Structural features of fingerprint.

컴퓨터를 이용한 지문의 자동 인식의 경우, 전술한 지문 융선의 방향 패턴과 특징점에 관한 정보를 적절히 이용하여 지문 인식 시스템이 개발되어 왔다.

이러한 점을 고려하여 본 논문에서는 전체 처리 시간중 가장 많은 부분을 차지하는 지문의 방향성 결정과정을 효율적으로 수행할 수 있는 방법과 인식 과정의 계산량을 감소시킬 수 있는 방법을 중점으로 지문 인식 알고리즘을 개발한다. 기존의 지문 인식 알고리즘들은 윈도우연산을 이용하여 지문의 방향패턴을 얻고, 평활화나 세션화 등의 전처리 과정을 거쳐 지문의 특징점들을 추출하기 때문에 처리과정이 복잡하고, 영상내의 잡음에 민감하며, 계산량도 많다¹²⁻⁵⁾. 본 연구는 이러한 단점을 극복하고 데이터 처리 과정을 단순화하기 위하여, 256x240 화소 크기의 지문 영상을 8x8 화소 크기의 블록으로 분할하고, 각 블록에 2차원 이산 푸리에 변환 (Discrete Fourier Transform) 으로 얻어진 푸리에 스펙트럼의 분포로 융선의 방향 및 특징블럭들을 결정한다. 이 방법은 이미 널리 사용되고 있는 고속 푸리에 변환 알고리즘을 이용하여 전 처리로부터 방향패턴 및 특징점추출의 과정까지의 계산량을 감소시킬 수 있으며, 점차 저렴한 가격으로 보편화되고 있는 디지털 신호처리 프로세서 (digital signal processor) 를 이용하여 실시간 자동지문인식 시스템을 구현할 수 있도록 해줄 것으로 기대된다.

II. 일반적인 지문 인식 알고리즘

일반적으로 이용되고 있는 아홉가지 지문의 분류 방

식에는 Henry 시스템을 기본으로 하는 경우가 많다. 이것은 그림 2 에서 보여주는 바와 같이 와상문 (whorl), 궁상문 (arch), 제상문 (loop), 중제상문 (double loop) 등의 형태에 의한 분류를 이용한다. 그러나 이 분류법은 자동화시키기에는 효율적이지 못하고 유일한 지문을 결정하는데 불충분하다. 일반적인 지문 인식 절차로서 다음에 설명될 지문의 방향패턴 및 특징점추출을 위한 전처리, 조합/판별에 사용될 특징점 추출, 그리고 이들을 이용한 인식의 과정이 있다.

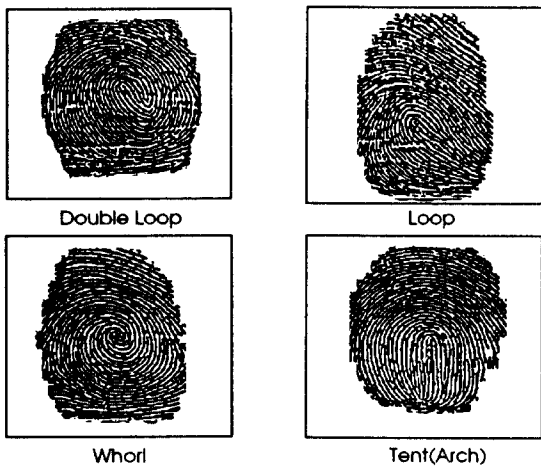


그림 2. 전형적인 지문 형태
Fig. 2. Typical patterns of fingerprints.

1. 전처리 (Preprocessing)

입력된 영상은 여러가지 이유에 의하여 많은 잡음을 가지게 된다. 이로부터 원하는 정보를 추출하기 위해서는 일반적으로 여러 과정의 전처리를 수행하여야 한다. 지문 인식의 경우도 이러한 잡음을 제거하고, 데이터의 양을 축소하여 필요한 정보를 찾아내기에 수월한 형태로 지문영상을 처리할 필요가 있다.

평활화 (smoothing) : 하드웨어로부터 많이 발생하는 반점잡음(speckle noise) 등의 영향을 최소화하기 위해 흔히 spatial low-pass 필터링이나 median 필터링을 사용한다. 그러나 입력 영상의 상태가 양호한 경우는 생략될 수도 있다.

이진화 (binarization) : 이 과정은 취급하는 데이터의 양을 크게 감소시킬 수 있으며, 이후에 전개될 인식 알고리즘의 내용에 크게 영향을 미치게 된다. 지문 영상에 있어 이진화는 기본적으로 지문의 돌출부인 융선부와 패인 부분인 곡부를 흑백으로 구별하는 처리를 의미한다. 그러나 입력 영상이 지문 이외의 배경 영역

을 포함하는 경우도 발생하므로 지문 영역과 배경 영역을 구별하는 과정까지 포함해야 하는 경우도 있다. 지문은 전체 입력 영상의 그레이값의 분포가 일정하지 않기 때문에 국소 영역에대한 지역적 이진화 (local binarization)와 윈도우연산을 이용한 중첩 (overlapping) 기법이 많이 사용되어 왔다. 그림 3 은 지문영상에 대한 지역적 이진화의 예이다.

세선화 (thinning) : 이진 화상으로부터 융선의 폭이 1 화소인 선 (line) 화상을 만들어 내는 것을 의미한다. 특히 세선화된 지문 영상은 특징점을 구함에 있어 유리하다는 장점으로 대부분의 인식 시스템에서 이 과정을 포함하고 있다. 그러나, 많은 정보량에 대한 단순 반복의 처리 과정이 전용 프로세서나 병렬 처리 시스템의 사용을 요구하는 단점이 있다. 따라서 많은 세선화 알고리즘이 개발되어 사용되고 있으나, 실시간 지문 인식의 실용화에 가장 큰 장애 요인이 되고 있다.

보정 (restoration) : 특징점을 찾는 방식에 관계없이, 결과로서 나타난 특징점의 집합에는 지문 영상 획득시의 조건이나 처리상의 한계에 의하여 의사 특징점이 나타나게 된다. 이는 실제로는 존재하지 않으나 특징점 추출과정에서 특징점으로 나타나는 것을 말한다. 이러한 의사 특징점을 제거하는 과정을 보정 또는 복원처리라 한다. 이러한 과정은 전체 인식 알고리즘에 대한 적용 순서상, 원화상에 대해서 그 화질을 향상시키는 방법과, 특징점 추출이 끝난뒤 세선화된 영상에 대하여 의사 특징점을 제거하는 방법등이 있다^[2].



그림 3. 입력 원화상과 이진화상
Fig. 3. Original image and binary image.

2. 특징점 추출 (Feature Extraction)

지문의 판별을 위한 요소는 크게 일정한 방향성을 나타내는 부분과 그렇지 않은 부분으로 나누어 진다. 이를 다시 정리하면 방향성을 갖는 영역은 이들의 방향을 45 또는 22.5의 간격으로 분할하여 이산화된 방향값을 부여한다. 이때 이들은 지문이 일반적인 개인 고유의 기준좌표계가 없으므로, 매번 입력된 지문영상

에서의 상대적인 방향을 의미한다. 그리고, 방향이 설정되지 않는 영역은 표 1과 같은 고립점, 융선의 교차점등, 여러가지가 있을 수 있다. 지문 인식에서는 이들이 본질적으로 단점과 분기점의 조합된 형태이므로, 단점과 분기점을 찾는것을 목표로 한다. 또한, 지문의 기준이 될 수 있는 중심점 (core point), 삼각주 (delta point) 에 중점을 두기도 한다^{13, 41}. 이들을 찾는 과정과 방법은 여러가지 논문이 발표되어 왔으나, 공통적으로 전처리 과정에 크게 영향을 받고, 계산량도 많은 점들이 문제로 지적되어 왔다. 결과적으로 이들 특징점들을 효과적으로 찾아내고, 그 종류를 분류하는 것이 지문 인식의 큰 부분을 차지하여 왔다. 대표적인 지문 인식 연구의 초기 방법으로서, 지문의 방향성을 찾는 기본적인 개념은 다음과 같다¹⁵⁻¹⁷.

각 화소 (i,j) 에 대하여 융선과 곡부를 포함하는 n x n 화소크기의 영역을 설정하여 다음 식과 같이 그레이값 C(i,j) 의 균일성을 찾는다.

$$K(i, j) = \text{Min} \sum_{k=1}^n [C(k, j_k) - C(i, j)] \quad (1)$$

그러나, 이는 분기점과 같이 영역내에 일정한 그레이값 갖는 융선의 흐름이 없는 경우나, 전체 영역이 균일한 그레이값 갖는 경우에 각 화소가 어떠한 방향값을 갖는지 정의할 수 없다. 이러한 경우들을 보정하기 위하여 다음의 식을 이용하여 분산에 의한 문턱치를 설정하여 사용하지만 적절치 않은 전처리 과정을 거쳤을 때, 명암대조 (contrast) 가 작은 영상, 또는 잡음이 심한 영상에 대하여는 역시 이 방법도 좋은 결과를 얻지는 못한다¹⁷.

$$V(k) = \frac{1}{N} \sum_{k,m} C(i, j)^2 - M(k)^2 \quad (2)$$

윗 식에서와 는 각각 그 영역에서 그레이값의 분산과 평균값을 나타낸다.

표 1. 특이점들의 발생빈도^[11]

Table 1. Frequencies of Strudcutral Features in Fingerprint.

Feature	Average Frequencies	
	% of total features	# per print
DOT	4.3	18
RIDGE ENDING	60.6	258
BIFURCATION	17.9	76
ISLAND	0.7	3
SPUR	4.7	20
CROSSOVER	3.2	14
BRODGE	2.5	10
SHORT RIDGE	6.1	26

단점과 분기점을 찾기위한 방법으로는 이진 화상에

대한 윤곽선 추적법, 세션화후의 윈도우 사용등이 많이 이용되어 왔다. 표 1은 지문의 특징점들의 종류와 각각의 발생빈도를 보여주고 있다.

3. 식별 및 인증 (Identification & Verification)

위에서 논의된 특징점들을 이용하여 인식하는 방법에는 크게 두 가지가 있다. 첫째는 두 지문으로 부터 방향성이 정의되는 영역들의 방향패턴지도(direction map)를 구하여 이들을 수평, 수직 방향으로 한 블럭씩 천이시키면서 평균 방향차를 구하는 방법이다. 즉, 두 지문으로부터 구해진 방향패턴지도의 상관계수가 최대가 되도록 좌표변환을 수행한다. 이 방법은 회전을 고려하지 않은 상태에서 평행전이 (translation) 에 대응하기 위하여 지문의 중심을 정확히 정의할 수 있을 때 효과가 있으며, 인식의 초기에 본인 지문의 일치 여부를 판정하기 쉽고, 회전을 고려하지 않음으로써 구현이 쉬운 장점이 있다.

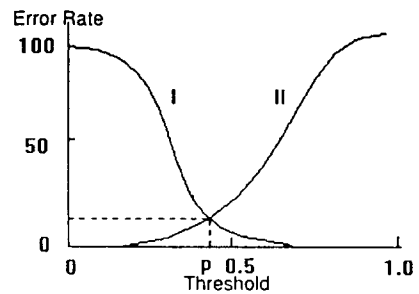


그림 4. 임계치 변화에 의한 오인식율의 증감
Fig. 4. Threshold level and error rates.
(I: Type I Error, II: Type II Error)

그러나, 이 방법은 적절한 임계치의 설정이 정성적으로 분석되지 않으며 높은 인식율을 확보하기 위해서는 정상영역에 대한 방향값뿐만 아니라 다른 특징점들의 복합적인 사용이 요구된다. 다른 방법으로서 MST(Minimal Spanning Tree)를 사용한 그래프비교법(graph matching)을 사용하는 방법이다. 이 방법은 기본적으로 특징점의 특성에 의한 좌표변환법으로서, 지문에대한 특징점의 조사가 완료된 후 특징점의 특성과 그들의 상관관계로서 두 지문간의 대응되는 특징점을 찾아내는 방법이다. 이 방법은 두 지문간의 회전을 효과적으로 보정할 수 있고, 강체가 아닌 사람의 신체이기에 발생하는 상대적인 지문의 변형에도 적응하는 장점을 보인다. 그러나, 특징점 상호간의 상관관계를 이용하기 때문에 의사 특징점이 많이 남아 있을 경우 예상치 못한 오차가 발생할 수 있는 것과 지문의

특징점을 끝까지 구한 후 인식과정에 들어가므로 빠른 응답시간을 제공하지 못하는 것이 단점으로 지적될 수 있다 [8-11].

어떠한 종류의 지문 식별 및 인증 방법을 사용하든지, 지문인식의 목적상 타인 지문을 동일 지문으로 판별하는 것이 치명적인 결과를 초래할 수 있기 때문에, 지문 식별 방법의 효율성은 그림 4에서 보여주는 바와 같이 전체적인 오인식율을 최소화하는 것보다는 타인 지문을 동일 지문으로 오인식하는 Type II 오류를 0%로 고정했을 때, 동일 지문을 타인 지문으로 오인식하는 Type I 오류를 얼마나 최소화하느냐로 판정된다.

III. 제안된 알고리즘

본 연구에서 구현하는 지문인식을 위한 비교 알고리즘은 그림 5와 같다.

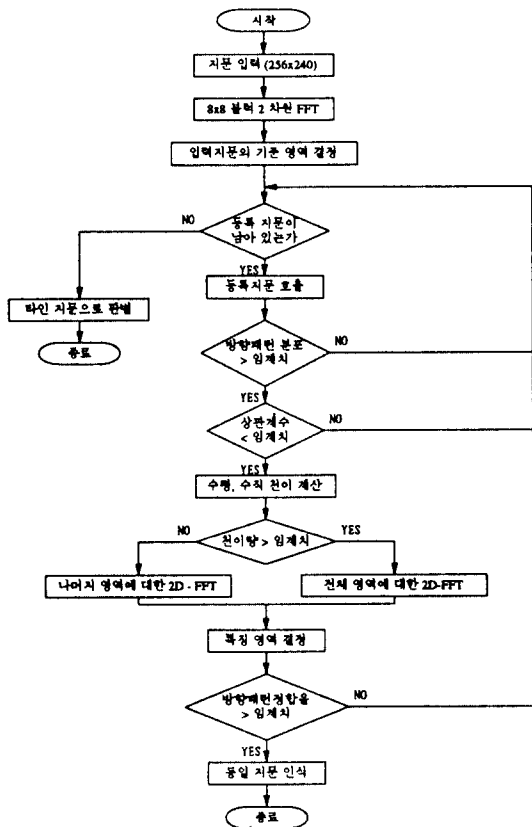


그림 5. 제안된 지문인식 알고리즘의 흐름도
Fig. 5. Flow-chart of the proposed algorithm for fingerprint identification.

비교의 기준이 되는 지문들을 모아놓는 등록과정

(registration) 은 이 가운데서 비교의 절차를 제외한 방향결정 및 특징점 추출 기능만을 갖고 있다. 이 장에서는 제안된 알고리즘의 각 기능들을 상세히 설명한다.

1. 용선의 방향성 결정

지문의 용선 방향패턴을 구하기 위해 256×240 화소, 256 그레이 레벨의 화상을 8×8 화소의 단위블럭으로 분할하여 32×30 개의 블럭을 얻는다. 이 때, 각 단위블럭에는 지문의 용선이 두세개씩 들어 있도록 지문입력부의 렌즈의 배율을 조정한다. 각 블럭에 대하여 2차원 고속 푸리에 변환을 수행한다. 본 연구에서 사용한 1차원 고속푸리에 변환 알고리즘은 N개의 입력에 대하여 의 계산량을 가지며, 결과값에 대한 bit-reverse가 행해지는 Sande-Tukey FFT (decimation-in-frequency) 알고리즘을 사용하였다.

지문 영상의 용선은 잡음, 표피 손상등에 의한 영향으로 그 방향 성분이 국부적으로 큰 변화를 가질 수 있다. 따라서, 방향패턴도 이의 영향을 받게 되어 후속의 조합 과정시에 방향성 잡음으로 작용하여 오류발생의 원인이 된다. 그러나, 이산 푸리에 변환을 이용하면 하드웨어 작동시 생기는 반점 잡음등을 제거하기 위한 평활화 과정을 필요로 하지 않는다. 그리고, 지문영상 입력시 조명 상태와 압력변화에 따르는 그레이값의 변화에 덜 민감하며 가장 많은 시간이 소요되는 이진화와 세션화 과정이 필요치 않은 장점이 있다.

8×8 화소 크기의 단위블럭에 대하여 2차원 고속 푸리에 변환을 수행한 후 얻어진 그림 6과 같은 푸리에 스펙트럼에서 DC-성분 (주파수 (0,0)에 해당하는 푸리에계수의 절대치) 을 이용하여 배경이되는 프리즘과 지문을 구별한다. 이후 DC-성분을 제외한 크기가 가장 큰 두개의 계수를 찾아 그들의 위치와 크기의 비를 해석하여, 그 영역의 방향을 그림 7과 같이 정의된 8-방향중의 하나로 결정하거나, 방향이 정의되지 않는 특징블럭으로 구분한다. 본 논문에서는 단점이나 분기점과 같은 형상 자체를 특징점이라 하며 이들이 존재하는 단위블럭을 특징블럭이라 하고, 용선의 급격한 변화가 생기는 단위블럭을 불연속블럭이라 부른다. 그리고 이들을 통칭하여 특이영역이라 한다.

푸리에 스펙트럼으로부터 용선의 방향을 결정하는 원리를 간략히 설명하면 다음과 같다.

1. DC-성분은 변환 영역내의 평균그레이값을 의미하며, 항상 가장 큰 계수값을 갖는다. 이러한 특성으로 어두운 영역으로 표현되는 프리즘을 찾아내고 방향성 결정의 과정에서 배제한다.
2. 푸리에 변환은 2차원 영상데이터에 대하여 영상내의 물체의 회전 정도와 똑같은 크기로 푸리에 스펙

트럼에도 회전이 일어난다. 이러한 특성으로 말미암아, 8x8화소의 단위블럭내에 지문의 융선의 흐름이 정확하게 존재하는 경우, 푸리에 스펙트럼상에 지문 방향에 수직인 방향으로 절대치가 큰 계수들이 나타난다.

3. 푸리에 변환은 입력신호의 주기성을 나타내므로, 블럭내에 융선의 갯수가 많아지면 DC-성분으로부터 멀리 있는 고주파영역에 절대치가 큰 푸리에계수가 나타나서 융선의 간격에대한 측정이 가능해진다.
4. 블럭내에 지문의 방향패턴이 불규칙한 경우, 즉 정상 융선이 아닌 단점이나 교차점 등의 특징점을 포함하는 경우, 스펙트럼상에 크기가 비슷한 푸리에계수가 방향성이 없이 나타나므로, 특징점의 존재를 예측할 수 있다.

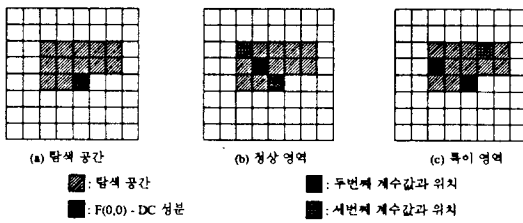


그림 6. 푸리에 스펙트럼을 이용한 방향성 결정
Fig. 6. Decision of ridge directions based on Fourier spectrum.
(a) Fourier spectrum search space
(b) Fine ridge block.
(c) Characteristic block

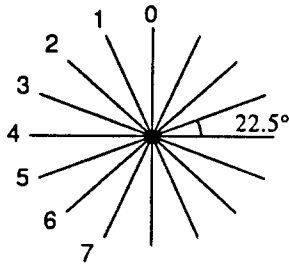


그림 7. 8-방향성 패턴
Fig. 7. 8-Directional patterns.

그림 8은 정상영역과 특징점을 포함하는 특이영역, 각각에 대하여 그들의 푸리에 스펙트럼을 보여주고 있다. 정상영역의 경우, 융선의 방향은 45이고 푸리에 스펙트럼은 -45 방향으로 절대치가 큰 계수 (밝은색) 들이 나타남을 볼 수 있다. 특이영역의 경우, 푸리에 스펙트럼에는 DC-성분 이외에 절대치가 큰 계수가 없

음을 볼 수 있다.



(a) 정상 영역



(b) 특이 영역

그림 8. 8x8 단위영역의 원화상과 푸리에 스펙트럼
Fig. 8. Original and Fourier spectrum images of 8x8 pixel blocks.

(a) Fine ridge block.
(b) characteristic ridge block.

2. 기준블럭 결정

동일 지문에 대한 등록 및 입력영상이라도 두 영상 사이에는 일반적으로 좌표변이가 존재하므로, 두 지문 영상의 방향 비교를 위한 기준이 되는 기준블럭을 결정하고, 두 기준블럭 사이의 천이 정도에 따라 좌표변환을 할 필요가 있다. 기존의 좌표변이 보정 방법으로서 두 지문 영상을 상대적으로 천이시키면서 중첩된 부분의 평균 방향차가 최소가 되는 점을 검색하여 두 지문간의 천이 정도를 구하는 방법이 있다. 그러나, 이런 경우에도 효율적인 방법으로 조합의 기준블럭을 제공한다면 많은 계산량을 감소시킬 수 있다.

일반적으로 지문영상의 중앙부근에는 중심점 (core point) 이 존재하나 궁상문 가운데는 중심점을 정의할 수 없는 경우도 있다. 그리고, 많은 과정을 거쳐 중심점을 찾아내더라도, 모든 지문에 대하여 확일적으로 중심점을 기준으로 조합을 실시하게 되면 대부분의 지문 방향 패턴이 유사하게 되어, 본인 확인을 위한 방향차의 임계치 설정이 민감해지고, 보조수단을 사용해야 하는 단점이 있어 실시간 처리를 어렵게 만드는 요인이 된다.

본 연구에서는 이에 대한 새로운 방법으로서, 그림 9와 같이 지문영상의 중앙으로부터 13x13 블럭 크기의 영역에 대하여 방향패턴을 구한 후, 행과 열 방향으로 방향패턴에 대한 산술평균과 분산을 계산하여 기준블럭을 결정한다. 하나의 행 또는 열로부터 구해진 방향패턴의 평균은 수직 또는 수평으로 방향이 결정된

블럭이 많을 경우와 좌우 대칭인 경우를 구별할 수 있다. 그리고 두개의 행 또는 열의 분산과 두 분산의 차를 이용하여 전술한 두 경우를 구별하여, 고르게 수직 또는 수평의 방향패턴이 존재하고 융선의 흐름에서 변곡이 일어나는 곳을 x(수평축), y(수직축)의 기준좌표로 삼는다. 이러한 방법으로 얻어진 기준좌표는 항상 지문상의 중심점과 일치하는 것은 아니며, 여기에서 각 개인 고유의 지문의 중심을 정의할 수 있고, 지문 조합시 본인과 타인의 구별을 위한 차별성을 극대화하여 에러를 방지할 수 있다. 예를 들면, 외상문은 동심원 모양의 지문이므로, 방향패턴의 산술평균이 0-방향에 가장 가까운 행과 4-방향에 가장 가까운 열이 만나는 블럭을 기준블럭으로 한다. 또한, 궁상문의 경우, 행방향으로 분산의 차이가 가장 크고 열방향으로 평균이 4-방향에 가장 가까울 때, 그 행과 열이 만나는 영역을 기준블럭으로 정한다.

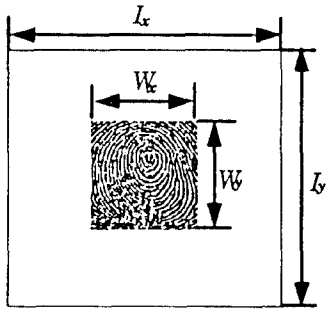


그림 9. 지문의 기준 영역을 찾기위한 중앙 영역
 Fig. 9. Prescribed area to find the base-block in fingerprint.
 (지문영상의 전 영역: Ix=32, Iy=30 블럭, 중앙 영역: Wx=13, Wy=13 블럭.)

이를 식으로 표현하면, $i = 1, 2, \dots, W_x$, $j = 1, 2, \dots, W_y$ 에 대하여 다음과 같다:

열 방향 산술평균 :

$$\bar{d}_j = \frac{1}{W_x} \sum_{i=(I_x+W_x)/2}^{(I_x+W_x)/2} (d_{ij}-A) \quad (3)$$

열 방향 분산 :

$$S_j^2 = \frac{1}{W_x-1} \sum_{i=(I_x+W_x)/2}^{(I_x+W_x)/2} (d_{ij}-\bar{d}_j)^2 \quad (4)$$

행 방향 산술평균 :

$$\bar{d}_i = \frac{1}{W_y} \sum_{j=(I_y+W_y)/2}^{(I_y+W_y)/2} d_{ij} \quad (5)$$

행 방향 분산 :

$$S_i^2 = \frac{1}{W_y-1} \sum_{j=(I_y+W_y)/2}^{(I_y+W_y)/2} (d_{ij}-\bar{d}_i)^2 \quad (6)$$

위에서 d_{ij} 는 (i, j) -블럭의 방향을 나타낸다.

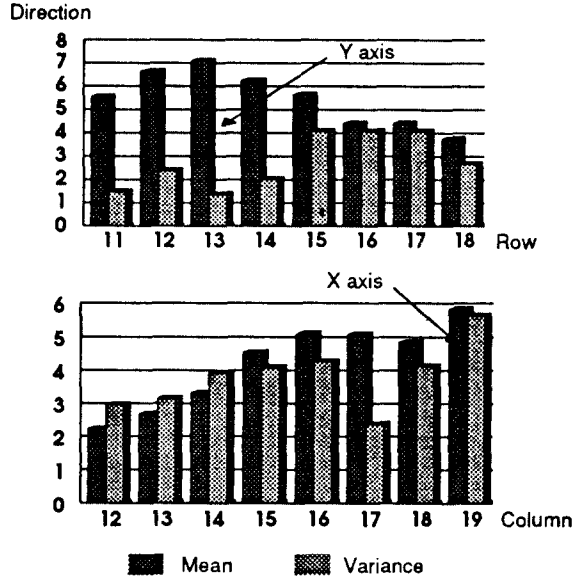


그림 10. 방향패턴의 평균과 분산을 이용한 기준영역 결정의 예
 Fig. 10. An example of the base-block decision using direction means and variances.

그림 10은 외상문에 대하여 본 연구가 제안한 방법으로 기준블럭을 결정하는 예를 그래프로 보여주고 있다. 여기서, 방향패턴의 평균값이 최대인 열과 행이 만나는 (13,19)-블럭이 이 지문의 기준블럭으로 정의된다.

3. 방향 패턴 및 기타 정보 계산

지문의 기준블럭을 결정한 후 그 블럭을 중심으로 나머지의 지문 영상에 대하여도 2차원 FFT를 수행하여 지문의 방향패턴을 결정한다. 지문은 그 패턴의 특성상 전반적으로 융선이 부드러운 흐름의 형태를 가지며, 일부 영역에서 이 융선의 흐름 형태는 특이한 형태를 갖는다. 이들은 크게 다음의 두가지로 나누어 지는데, 향후 지문 비교를 위한 요소로 활용된다.

첫째, 방향 패턴의 흐름에서 이웃한 블럭과의 방향차가 45이상인 경우, 급격한 융선의 회전이 있음을 예측할 수 있다. 일반적으로 중심점과 삼각주가 이에 해당하지만 그들의 근방에서도 급격한 변곡점들이 존재

하게 되며, 이들의 분포가 각 지문의 특징으로 사용될 수 있다. 이러한 블럭들을 불연속블럭 (discontinuous block) 으로 정의한다. 둘째, 푸리에 스펙트럼이 방향성이 없어 방향패턴을 정의하기 어려운 블럭은 단점 또는 분기점에 의해 일정한 방향성이 없기 때문이다. 이러한 영역들을 특징블럭 (characteristic block) 으로 정의한다.

이들의 위치와 방향성 및 특징점여부를 방향패턴지도에 저장한다. 이들을 지문 정합의 특징으로 사용함으로써 방향패턴만에 의존하는 방법에 비하여 더욱 높은 인식율의 향상을 가져올 수 있다.

4. 방향패턴의 발생빈도 분포

두 지문의 대략적인 비교뿐 아니라 지문의 분류를 위하여, 1차 판별과정으로서 각기 다른 형태의 지문이 각 방향패턴의 발생 빈도에 있어 상이한 분포를 갖는 특성을 이용하여, 두 지문의 기준블럭을 중심으로 방향이 정의되어 겹쳐지는 부분에 대하여 방향패턴 발생빈도를 비교한다. 이 과정은 불필요한 조합의 횟수를 줄이는 효과를 주는데, 비교 방법은 각 방향패턴에 대하여 두 빈도수의 절대값 차이가 정량적인 임계치보다 크고 입력지문의 빈도수에 대한 상대적인 차이가 비례 관계에 의한 정성적인 임계치보다 크면 상이한 지문으로 판정한다.

5. 기준블럭의 재정의

앞에서 결정된 기준블럭은 등록지문과 입력지문사이의 단위블럭 크기의 좌표편이를 보정하여 주지만, 조합의 정밀도를 높이기 위하여 화소단위의 좌표편이를 보정할 필요가 있다. 지문의 등록시에 기준블럭의 그레이값들을 저장하였다가, 비교과정에서 입력지문의 기준블럭을 중심으로 하는 3 x 3 블럭 크기의 영역과 상관계수를 계산하여 그 값이 최대가 되는 천이 정도를 결정하고, 이 때에 두 지문의 기준블럭사이의 상관계수를 비교한다. 등록지문 $R(i, j)$ 과 입력지문 $S(i, j)$ 사이의 그레이값의 상관계수를 계산하는 식은 다음과 같다.

$$C_{\max} = \min_{(m, n)} \left\{ \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} |S(m+i, n+j) - R(i, j)| \right\} \quad (7)$$

for $m, n = 0, 1, \dots, N \times 2 - 1$, and $N = 8$.

즉, 등록된 지문의 기준블럭과 입력 영상의 기준블럭을 포함하는 3x3 블럭의 영역에 대하여 그레이값의 차이의 절대치의 합이 작을수록 두 기준블럭내의 지문 형상이 유사한 것으로 판단한다. 이 때, 지문 비교의 2차 판별과정으로서 최대상관계수가 임계치보다 크면

상이한 지문으로 판정한다. 여기서 사용한 임계치는 지문영상의 평균적인 밝기차이에 기인하는 상관계수값보다 큰 값으로 설정한다. 반대로, 동일 지문으로 판정될 때, 얻어진 천이 정도는 수평, 수직방향 각각 최대 4-화소가 될 수 있는데, 실제 천이 정도가 2-화소 이하이면 두 지문영상 사이의 좌표변환이 필요없다고 판단하여 현 블럭분할을 그대로 유지하고, 천이 정도가 3-화소 이상이면, 그 정도에 따라 지문 전체 영역에 대한 블럭분할선을 다시 설정하여 지문의 방향 패턴 지도를 다시 구한다. 이러한 과정으로 선별된 후보 지문에 대하여는 화소단위의 정확한 조합이 가능하도록 한다.

6. 지문의 인식 및 결정 규칙

본 연구에 사용된 지문 입력 장치는 손가락 가이드가 없으며 프리즘의 면이 크게 설계되었다. 그러므로, 항상 의미있는 지문 용선을 포함 하는 영역의 크기를 설정하여 사용하여야 한다. 실험에서는 주어진 영상의 전체 960개의 블럭중에서 기준 블럭을 중심으로 하는 17x17블럭 크기의 289개 블럭을 사용하였다. 이 영역은 입력 화상의 중앙이나 중심점을 기준으로 한 것이 아니라, 본 논문이 제안하는 지문의 기준블럭을 중심으로 사용하였다. 이는 본 논문이 제안하는 기준블럭 위치결정 알고리즘에 따라 각 개인마다 다르게 정의되므로 작은 크기의 임계치와 넓은 폭의 안전영역을 확보할 수 있는 장점이 있다.

최종인식과정에서는 정상영역, 특징블럭, 불연속블럭의 종류와 그들의 방향성을 이용한다. 등록지문과 입력지문사이의 각 방향패턴의 발생빈도와 대응되는 블럭마다 방향차를 계산하고, 방향패턴의 정합율을 계산하기 위해 표 2와 같은 가중치를 부여 한다. 표 2의 내용을 살펴보면, 두 대응 블럭의 방향패턴이 같은 경우와 방향패턴의 차이가 1 인 경우에 대하여 입력지문의 블럭이 가지는 세가지 특성 (정상, 특이, 불연속)에 따라서 동일한 특성과 방향을 가질 경우, 방향이 같으나 특성이 다를 경우, 그 외의 경우로 나누어 18가지의 발생 가능한 경우의 수에 대하여 1, 2, 또는 4의 가중치를 차등적으로 부여한다. 즉, 화상의 전체적인 회전에 대응하지는 못하더라도 신체의 유연함으로 생기는 국부적인 변형에 기인하는 지역적 회전을 보정하기 위하여 방향패턴의 차이가 1인 경우에는 정확히 일치하는 경우의 50%로 인정한다. 또한, 본 논문에서 제안한 알고리즘은 특징블럭을 정의할 때, 푸리에 스펙트럼에 따른 방향패턴도 부여하는데, 두 대응하는 특징블럭이 동일한 방향을 갖는 경우, 정상영역이 정확히 일치하는 경우보다 두배의 가중치를 부여한다.

인식 판정을 위해서는 이들의 정합에 따르는 가중치의 합을 구하여 전체 평균을 얻는다. 최종 평균값이 임계치보다 크면 두 지문은 동일한 사람의 지문으로 인식하고, 반대의 경우 현 등록지문을 배제하고 다음 등록지문과 비교를 시작하며, 더이상 등록지문이 없는 경우에는 입력지문을 배제하여 모든 인식과정을 종료한다. 이 때의 임계치는 Type II 에러율을 0%로 하도록 실험에 의해 결정된다.

표 2. 정합을 위한 가중치 행렬

Table 2. Weight matrices for identification.

- (a) When there is no directional difference.
- (b) When the directional difference is 1.

(a) 방향차가 0 일때

	test normal	test characteristic	test discontinuous
ref normal	2	2	2
ref characteristic	2	4	4
ref discontinuous	2	4	4

(b) 방향차가 1 일때

	test normal	test characteristic	test discontinuous
ref normal	1	1	1
ref characteristic	1	2	2
ref discontinuous	1	2	2

IV. 실험 결과 및 고찰

실험에 사용된 지문 영상은 프리즘을 이용하여 획득된 256 그레이레벨을 갖는 256×240 화소 크기의 오른손 엄지손가락 영상이다. 입력된 지문 영상은 푸리에 변환을 이용하여 지문의 방향패턴을 찾기위해 8x8 화소 크기의 단위블럭으로 분할된다. 이 과정에서 전체 지문 영상은 32×30개의 단위 블럭으로 분할되며, 방향패턴을 구함으로써 지문의 등록시에 영상 데이터가 패턴정보로 변환되어 많은 데이터 압축 (lossy data compression) 을 얻게 된다. 표 3은 이러한 단위블럭의 그레이값의 예이다. 여기서 지문의 융선은 그림 8 (a)에서 볼 수 있듯이 좌상에서 우하로 일정한 흐름을 보이고 있다.

표 4는 표 3이 보여주는 단위블럭의 푸리에 변환 후 스케일링을 하지 않은 상태의 스펙트럼값을 나타내고 있다. 표에서 알 수 있듯이 DC-성분을 기준으로 지

문의 융선 흐름과 90 회전된 방향으로 절대치가 큰 스펙트럼이 나타남을 알 수 있다. 이는 대상 블럭내의 그레이값이 마치 파도가 한 방향으로 일정한 주기를 가지고 이동하듯이, 융선과 곡부가 주기적으로 블럭내에 반복됨을 나타낸다. 또한, 융선의 갯수가 많을수록 DC-성분으로부터 떨어진 고주파 성분에 절대치가 큰 스펙트럼이 발생하며, 프리즘 배경영역과 같이 어둡고 균일한 그레이값을 갖는 블럭에서는 그레이값의 평균 성분만이 DC-성분으로 나타나고, 주기성과 방향성이 없으므로 그 이외의 값들은 상대적으로 매우 낮아진다.

표 3. 8×8 단위 영역의 그레이값의 예

Table 3. An example of gray values in an 8 × 8 pixel block.

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	136	154	102	86	100	148	150	136
2	150	160	130	92	84	104	154	162
3	150	162	152	110	94	82	132	166
4	100	128	146	148	94	86	110	164
5	94	90	148	166	136	102	84	136
6	112	86	110	158	164	134	86	84
7	132	90	90	134	168	162	104	86
8	132	90	90	134	168	162	104	86

표 4. 표 3의 푸리에 스펙트럼

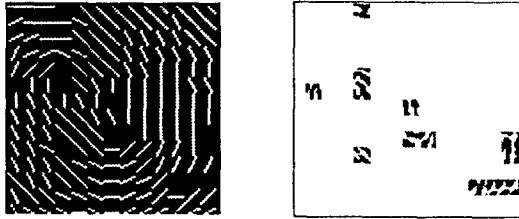
Table 4. Fourier spectrum of Table 3.

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	6	60	74	120	70	120	74	60
2	128	46	46	131	11	97	186	61
3	162	84	182	94	74	141	46	30
4	148	120	198	490	282	1179	781	312
5	82	70	230	57	7894	57	230	70
6	148	312	781	1179	282	490	198	120
7	162	30	46	141	74	94	182	84
8	128	61	186	97	11	131	46	46

또 다른 경우로서, 영역내에 융선의 흐름이 균일하지 못한 경우를 생각해 볼 수 있다. 즉, 이들은 지금까지 설명되어 온 단점과 분기점의 형태로서 그림 8 (b) 에서 보는 바와 같다. 이러한 블럭들은 하나의 주된 흐름이 없으며, 그림 6 (c) 와 같이 푸리에 스펙트럼의 탐색 영역 안에서 절대치가 큰 스펙트럼들이 서로 흩어져 나타나게 된다. 기본적으로 푸리에 변환은 신호의 주기성을 나타내므로 단점과 분기점은 동일시할 수 있다. 즉, 단위블럭내에서 융선에 단점이 생기면 곡부는 분기점이 되며, 융선이 분기점이면 곡부는 단점이 생기는 지문의 특성이 발생한다.

그림 11은 이러한 실험을 통하여 방향패턴지도의 결

과를 보여 준다. 그림 (a)는 용선의 흐름이 일정하여 방향이 정의된 블럭에 선분으로 그 방향을 표시하였고, 그림 (b)는 단점과 분기점들로 결정된 블럭의 이진화상을 보여주고 있다. 블럭의 크기, 블럭내 용선의 수, 그리고 이들의 판단을 위한 임계치들의 결정은 이러한 결과를 도출함에 있어 중요한 요소로 작용한다. 본 실험에서는 많은 실험을 통하여 정상영역과 특이영역에서 나타나는 스펙트럼 값들을 이용한 비례관계를 주로 사용하여 임계치들을 설정하였다.



(a) 방향패턴 지도 (b) 특이영역의 이진화상

그림 11. 방향패턴 지도의 예
Fig. 11. An example of direction map.

- (a) Direction map
- (b) Binary image of characteristic blocks

표 5는 본 실험에서 사용한 지문들의 방향패턴을 구한 후, 네가지의 지문 형태에 따라 구해진 방향패턴의 발생빈도의 평균비율을 나타낸 것이다. 이 실험에서 일반적으로 외상부와 제상부는 대각선 방향의 용선이 많음을 알 수 있다. 이 과정까지의 실험에서 비교 대상 지문 가운데 인식 초기인 III장 4절과 5절에서 제안하는 알고리즘에 의해서 49.78%의 타인 지문을 배제할 수 있었다.

표 5. 지문형태에 따른 방향패턴의 평균분포율.
Table 5. Distribution of 8-directions for different fingerprint patterns.

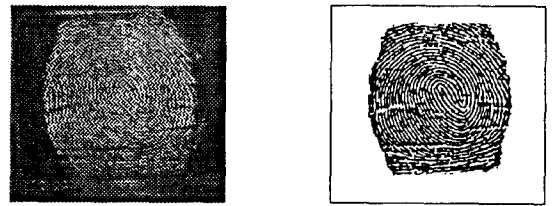
	0	1	2	3	4	5	6	7
Tent	34%	10%	10%	8%	8%	9%	7%	7%
Whorl	13%	9%	21%	10%	21%	8%	10%	7%
Left Loop	6%	5%	23%	18%	27%	9%	6%	6%
Left Double	13%	9%	24%	10%	19%	10%	9%	6%
Average	18%	7%	20%	12%	19%	9%	8%	7%

일반적으로 지문에는 100~150개의 특징점이 분포하지만 입력 장치로부터 오는 디지털 영상에는 전체적인 밝기와 명암대조에 의해 용선의 흐름이 연결 또는

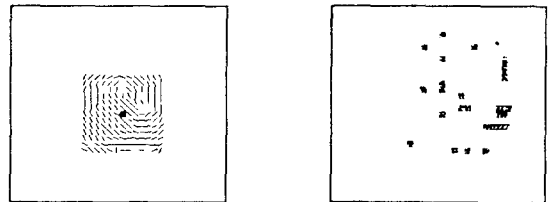
단절된 것으로 인식되어 그 평균 갯수에는 변동이 있을 수 있다. 본 실험에서 사용된 입력 장치와 임계치들에 의해 평균적으로 그림 12와 같은 세가지 영역의 분포 결과를 얻었다. 여기서 배경영역은 전체 256×240 화소 크기의 영상안에서 지문이 아닌 프리즘이 나타난 영역의 면적비를 나타낸다.



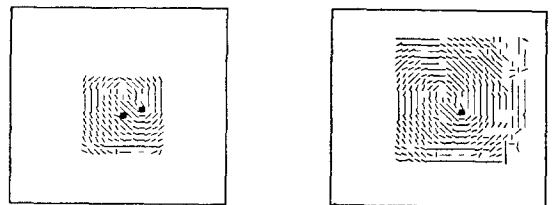
그림 12. 전체 지문의 영역별 평균분포율.
Fig. 12. Average ratio of normal and characteristic blocks in fingerprints.



(a) Original Image (b) Binary Image



(c) Finding Center Block Area (d) Characteris Area



(e) Decided Center Block (f) Total Direction Map

그림 13. 제안된 알고리즘에 의해 방향패턴 지도를 구하는 과정

Fig. 13. Procedure of finding direction map.

그림 13은 입력된 하나의 지문에 대하여 비교를 위해 사용할 17x17 블록 크기의 영역에대한 정보를 만들어 낼 때까지의 과정을 나타낸다. 그림 (a)는 원영상이며, (b)는 본 연구의 알고리즘과는 관계없이, 입력 지문의 이진영상을 보여주고 있다. (c) - (e)는 입력지문의 영상의 중앙을 기준으로 13x13 블록크기의 중앙영역에 대하여 방향패턴을 구하고, 이로부터 본 연구가 제안하는 기준블록 결정 알고리즘에의하여 얻어진 기준블록과 특이영역들을 보여주고 있다. (f)는 정의된 기준블록을 중심으로 17x17 블록 영역의 방향패턴지도이다. 이러한 과정의 결과로서 하나의 지문이 289개의 단위 블록에 대한 방향값 또는 특징점 등의 정보로 압축되어 개인 지문정보로 등록되어 사용된다. 두 지문의 비교에서는 등록지문의 기준블록의 그레이값과 입력지문의 기준블록을 포함하는 3x3 블록의 영역들에 대하여 III장 5 절의 과정을 거쳐 화소단위의 보정을 실시한다.

전체적으로 지문의 인식을 위해, 본 실험에서는 개인 지문의 정보를 추출하기 위한 과정과 비교 판별을 위해 3단계의 판별과정을 두고 있다.

수행 시간면에서 본 연구에서 제안하는 방법은 정보 추출과 비교 과정이 평균적으로 80:20의 비율을 갖는다. 비교시에는 III장에서 설명된 알고리즘과 그림 5의 순서도에 의하여 실시되며 등록지문들과 입력지문이 최종 3차 판별과정까지 통과하면 한 번의 실험이 종료되는 것으로 하였다.

실험에 사용된 지문입력부는 실리콘 코팅된 프리즘을 이용하여 간접 조명법을 사용하였다. 그러나 영상의 획득에 관한 장치와 방법은 본 연구의 연구범위를 벗어나므로 본 논문에서는 다루지 않는다. 최종 실험을 위한 지문 영상은 20대와 30대의 남여 30명으로부터 지문을 채취하였다. 실험영상은 천이는 일정량을 가지고 있으나 회전은 가능하면 발생되지 않도록 하여 채취하였으며, 각 다섯장씩, 총 150장의 오른손 엄지손가락 지문으로 구성되어 있다. 그리고 제안된 알고리즘은 C-언어만을 사용하여 작성되었고 X11 라이브러리를 사용한 인터페이스를 구현하였다. 하드웨어로는 16MB의 기본 메모리, 64KB의 캐시메모리와 GX 그래픽보드를 가지고 있으며 SunOS 4.1.3과 한글 OpenWindows Version 2.0.2을 사용하는

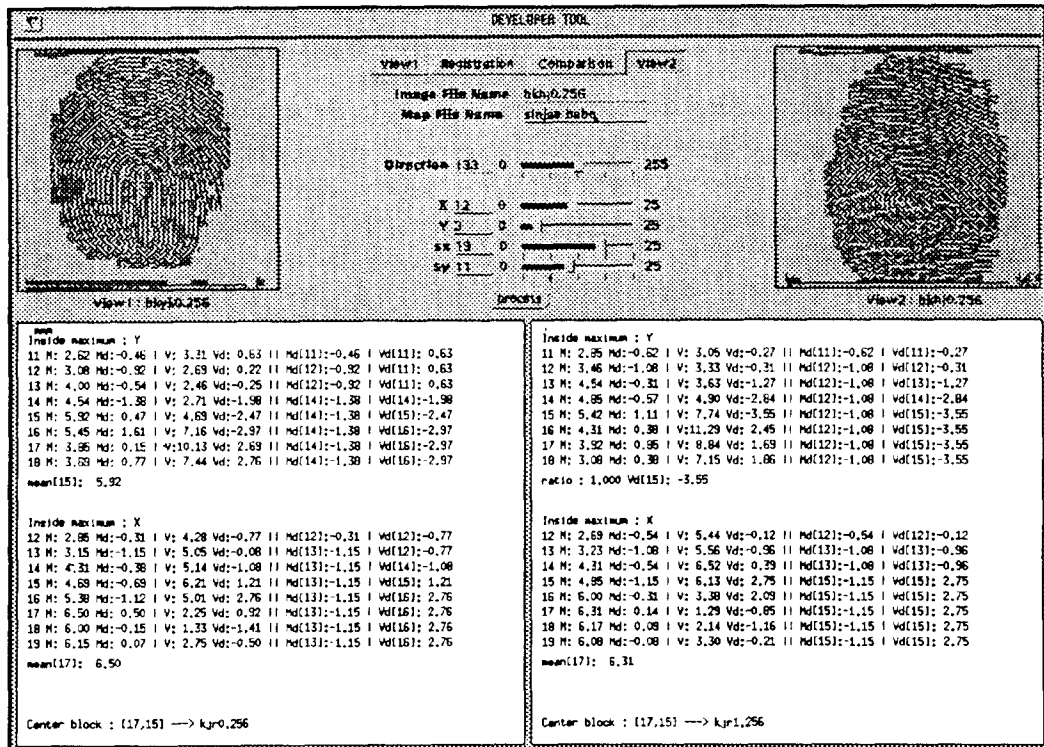


그림 14. OpenWindow상에 구현된 본 시스템의 실행모습
Fig. 14. Implemented system running on OpenWindow.

SunSparc-2 워크스테이션에서 구현되었다. 그림 14는 개발된 시스템이 OpenWindow상에서 실행되고 있는 모습을 보여주고 있다. 실험 결과는 획득된 지문 영상중에서 소규모 인원의 출입통제를 상정하여 10명씩 무작위로 이루어진 세개의 그룹을 작성하여 등록과정을 거쳐 저장을 하였다. 이에 대하여 각 본인들의 나머지 지문들과 등록되지 않은 타인의 지문으로 이루어진 비교 대상에 대한 오인식율이다. 이상의 과정에서 비교 대상이 되는 한장의 입력지문은 저장된 10사람의 지문과 비교하게 된다.

총 오인식율 (total error rate) 이 최소일 때, Type I 오인식율(False Rejectance Rate)은 1.2%, Type II 오인식율(False Acceptance Rate)은 0.6% 이었다. 반면, Type II 오인식율을 0%로 고정하였을 때, Type I 오인식율은 2.2% 였다. 실시간 작동을 위해 인식에 사용되지 않는 영역을 구별하였으며, 계산의 중복을 최소화하여, SunSparc-2상에서 일대일의 비교를 위하여 입력된 지문영상으로부터 이차원 FFT를 적용하고 비교하는 과정에 소요된 시간은 최저 0.8초 최고 1.0초의 실행시간을 기록하였다.

V. 결 론

본 논문이 제안하는 알고리즘은 등록된 다수의 지문과 하나의 입력지문사이의 동일성 여부를 판별하는 지문영상의 자동인식 방법으로서, 고속 푸리에 변환과 통계학적 패턴인식 (statistical pattern recognition) 기술을 사용하여 실시간 처리를 목표로 하고 있다.

본 연구는 지문영상의 방향패턴을 결정함에 있어 8x8 화소크기의 단위블럭에 대하여 2차원 이산 푸리에 변환을 이용하므로 기존의 복합적 지문인식 방법과 근본적인 차이를 갖고 있다. 지문인식에 있어서 Block-FFT를 이용함으로써 얻어지는 효과는 전처리 과정의 생략과 더불어, 지문영역과 배경의 구별, 용선의 방향결정, 특이영역의 구분 등이 하나의 과정으로 이루어질 수 있으며, 잡음 및 화상의 명암대조, 밝기 변화와 적은 평행천이에도 적응할 수 있다는 것이다. 그리고, 다수의 등록지문 가운데 입력지문과 동일한 것을 찾는 과정에서 기준블럭의 상관계수와 방향패턴의 발생빈도수와 같은 대략적인 판별기준을 이용하여 상이한 지문을 인식 초기에 배제할 수 있어 전체적인 처리시간을 단축시킬 수 있다. 최종 판별과정에서 사용되는 특징블럭들도 푸리에 변환을 이용하여 결정하거나, 급격한 변곡점들을 정의하여 사용함으로써 기존의 지문인식 방법들과 다른 특징을 갖고 있다.

본 연구는 기존의 지문 인식 방법들이 채택하고 있는 평활화, 이진화, 세선화 등의 복잡한 전처리 과정을 단순화하여 고가의 DSP 또는 병렬 프로세서를 사용하지 않고도 실시간 지문 인식이 가능하도록 고속 푸리에 변환 알고리즘을 이용하였다. 또한, 등록지문과 입력 지문 사이의 평행천이를 보정하기 위하여 행방향과 열방향의 방향패턴의 평균, 분산, 평균의 차, 분산의 차 등의 통계학적인 정보를 이용하였고, 화소 단위의 평행천이를 보정하기 위하여 두 지문 사이의 기준블럭에 대하여 상관계수를 이용하였다. 따라서, 본 연구의 결과는 가정 보안, 기밀 지역의 출입관리, 경찰 범포수사, 컴퓨터 시스템에의 접근 통제 등을 위한 지문자동 인식시스템을 저가의 하드웨어를 이용하여 고속화하는데 응용될 수 있다. 최근 국내외에서는 위와 같은 응용분야에서 많은 실용화된 자동지문인식시스템들이 개발되어 있는데, 그 내부의 인식 알고리즘들은 앞에서 서술한 전형적인 영상처리 기술들을 이용하고 있다. 그 시스템들이 각기 다른 컴퓨터시스템을 사용하고 있고, 대상으로 하는 지문영상의 크기에 차이도 있으며 똑같은 목적의 영상처리 기능이라도 그 구현방법에 차이가 있으므로 정량적인 기능의 평가는 이루어지지 않았다. 그러나, 본 논문이 제안하는 알고리즘의 특성이 명확하게 서술되어 기존의 방법들과 정성적인 비교가 되어진다고 생각된다.

향후 연구과제로서, 아동의 지문과 같이 영상 분해능의 차이에 따르는 앨리아싱 (aliasing)의 정량적 해석이 필요하며, 회전량을 측정하는 방법이 고안되어 회전에 적응 할 수 있도록 해야 하겠다. 또한, 특징추출과 인식 과정에는 여러 임계치가 이용되고 있는데, 이러한 임계치들은 현재 수많은 실험을 반복하여 결정된 값들을 사용하고 있다. 향후에는 임계치들의 타당성을 정량적으로 해석할 것이다. 그리고, 최종 판별과정에서 지문의 구조적인 특징점들을 포함시킨다면 인식율은 더욱 향상될 것으로 기대된다.

감사의 글

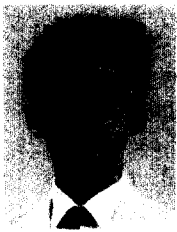
본 연구 수행을 위하여 자료공급과 시스템 제작을 도와주신 (주)네스트에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- [1] H.C. Lee and R.E. Gaensslen (Eds.) *Advances in fingerprint technology* Elsevier, 1991.

- [2] Q. Xiao and H. Raafat, "Fingerprint image postprocessing: A combined statistical and structural approach," *Pattern Recognition*, vol. 24, no. 10, pp. 985-992, 1991.
- [3] V.S. Srinivasan, "Identification of Core and Delta points in fingerprint images," *Proceeding of IAPR Workshop on Machine Vision Applications*, Tokyo, Japan, pp. 263-266, Nov 1990.
- [4] M. Kawagoe and A. Tojo, "Fingerprint pattern classification," *Pattern Recognition*, vol. 17, no. 3, pp. 295-303, 1984.
- [5] B.M. Mehtre and A.K. Jain, "Automatic Classification of fingerprint images," *Proceeding of IAPR Workshop on Machine Vision Applications*, Tokyo, Japan, pp. 287-290, Nov 1990.
- [6] B.M. Mehtre, N.N. Murthy, S. Kapoor, and B. Chatterjee, "Segmentation of fingerprint images using the directional image," *Pattern Recognition*, vol. 20, no. 4, 1987.
- [7] B.M. Mehtre and B. Chatterjee, "Segmentation of fingerprint images - a composite method," *Pattern Recognition*, vol. 22, no. 4, pp. 381-385, 1989.
- [8] B. Moayer and K.S. Fu, "Tree system approach for fingerprint pattern recognition," *IEEE Trans. on PAMI*, pp. 376-387, May, 1986.
- [9] D.K. Isenor and S.G. Zaky, "Fingerprint identification using graph matching," *Pattern Recognition*, vol. 19, pp. 113-122, 1986.
- [10] K. Rao and K. Balck, "Type classification of fingerprints : a syntactic approach," *IEEE Trans. on PAMI*, vol. PAMI-2, no. 3, May, 1980.
- [11] A.K. Hrechak and J.A. McHugh, "Automated fingerprint recognition using structural matching," *Pattern Recognition*, vol. 23, no. 8, pp. 893-904, 1990.

저 자 소 개



安 都 成(正會員)

1967년 6월 3일생. 1992년 2월 인하대학교 자동화공학과 졸업(공학사). 1994년3월 ~ 1995년 2월 (주)네스트 연구원. 현재 인하대학교 자동화공학과 박사과정 재학중. 주연구분야는 패턴인식, 영상처리

등임.



金 學 一(正會員)

1960년 3월 30일생. 1983년 2월 서울대학교 제어계측공학과 졸업(공학사). 1985년 8월 미국 Purdue대학교 전기공학과 졸업(공학석사). 1990년 8월 미국 Purdue대학교 전기공학과 졸업(공학박사). 1990년 9월 ~ 현재 인하대학교 자동화공학과 조교수. 주연구분야는 컴퓨터비전, 패턴인식, 원격탐사등임.