

# 방향성과 특징점을 이용한 지문 인식 시스템에 관한 연구

김인식, 권옥주, 박건주, 김정규  
인천대학교 컴퓨터공학과

e-mail : [dlstlr\\_angel@hotmail.com](mailto:dlstlr_angel@hotmail.com), [kwonwj@hanmail.net](mailto:kwonwj@hanmail.net),  
[dichter@elitech.net](mailto:dichter@elitech.net), [ckkim@incheon.ac.kr](mailto:ckkim@incheon.ac.kr)

## A Study on the Fingerprint Recognition Using Fingerprint Orientation and Features.

In-sik Kim, Wook-ju Kwon, Gun-ju Park, Chung-kyue Kim  
Department of Computer Science and Engineering, University of Incheon

### 요 약

본 논문에서는 여러 생체 인식 시스템 중 지문 인식에 관한 연구를 기술한다. 지문 입력장치를 통해 입력 받은 영상을 이용하여 개인의 식별을 위해 방향성과 특징점 정보를 이용, 매칭을 실시한다. 지문의 매칭은 1 차로 소벨 마스크와 창틀 마스크를 이용한 방향성 매칭과 2 차로 특징점 정보를 이용한 매칭 2 단계로 이루어진다. 방향성 정보를 이용한 매칭 방법에서는 가장 널리 알려진 소벨 마스크 보다 창틀 마스크가 더 정확한 것으로 판별 되었으며, 특징점 정보를 이용한 알고리즘에서는 상당한 의사 특징점을 제거 할 수 있었다. 신뢰할 수 있는 방향성 검출 알고리즘과 특징점을 검출하기 위한 연구를 하였으며, 지문영상의 특징점으로는 끝점과 분기점을 사용하였다.

Keywords : Fingerprint, 방향성, 특징점, 의사 특징점 제거

### 1. 서론

현대 사회에서 급속한 인터넷의 발달과 정보보안의 중요성이 점차 부각됨에 따라 비밀번호나 카드, 열쇠 등의 개인인증방법은 꾸준히 발달, 연구되고 있다. 그 가운데 생체 인식에 관한 연구는 분실, 망각, 도용 등의 위험이 없기 때문에 과거부터 연구되어 온 중요한 과제이다. 그 중 지문은 누구나 가지고 있는 보편성, 다른 사람과 구분할 수 있는 유일성, 시간이 흘러도 변하지 않는 불변성의 특징을 지니고 있는 생체 인식 방법(얼굴, 음성, 손 모양, 동공, 홍채, 혈관 등) 중에서도 그 신뢰도와 안정도가 다른 방법들에 비해 뛰어나기 때문에 가장 효율적인 인증 방법으로 사용되고 있다.

지문을 이용한 인증 방법에는 지문의 유형을 이용하는 방법, 지문의 특징점을 이용하는 방법, 지문의 방향성을 이용하는 방법 등 여러 방법이 있다. 지문의 유형을 이용하는 방법은 지문의 중심점을 찾아 유형을 판별하는 것으로 지문에 중심점이 없는 유형(공상문)을 검색하는 경우, 또는 다른 유형에 있어서도 중심점을 검색하지 못하면 오류에 빠질 위험이 있다.

본 연구에서는 지문의 방향성과 특징점을 이용하여 신뢰할 수 있는 지문 인식 시스템을 만들 수 있는 방법을 제안해 보고자 한다. 지문의 방향성을 구하기 위한 방법을 비교 분석해 보고, 특징점을 추출하고 잘못된 특징점(이후 의사 특징점)을 제거하여 보다 확실하고 효율적인 매칭이 이루어 질 수 있는 방법을 연구한다.

---

본 연구는 한국 과학재단 지정 인천 대학교 멀티미디어 연구 센터의 지원에 의한 것입니다.

$$S_x = (C + 2F + I) - (A + 2D + G) \quad \text{식 1-1}$$

2. 본론

본 연구는 지문인식을 위한 시스템을 개발하는데 있어 지문의 일치도를 판별하는 방법을 두 가지로 나누었다. 1 차로 지문의 방향성 정보를 이용하여 매칭을 거치고, 1 차 매칭을 통하여 어느 정도 매칭의 가능성이 있다고 판단되었을 때 특징점을 이용하여 2 차 매칭을 하는 알고리즘을 구현하는 것이다. 이런 시스템 구축을 위해 좀더 신뢰할 수 있는 방법으로 방향성을 찾는 방법을 연구하고, 지문의 입력과 전처리 과정을 통해 나타낼 수 있는 의사 특징점을 제거하는 방법을 연구함으로써 보다 신뢰할 수 있는 지문 인식 시스템을 만들고자 하였다.

$$S = (S_x^2 + S_y^2)^{\frac{1}{2}} \quad \text{식 1-2}$$

$$\theta = \tan^{-1} \left( \frac{S_y}{S_x} \right) \quad \text{식 1-3}$$

1 단계에서는 8 X 8 화소를 하나의 블록으로 나누고, 각 블록에 대하여 영상의 각 화소에 Sobel 마스크 행렬을 통과 시킨다.

2 단계에서는 방향을 8 단계로 양자화 하고, 위의 식 1-1, 1-2, 1-3 을 이용하여 방향성을 추출한다.

마지막 3 단계에서는 지문 화상을 미리 지정된 크기의 부 영역으로 나누고, 그 영역 내에서 각 화소에 대한 방향을 위에서 정의된 Sobel 마스크의 방향식에 의해 구한 다음, 이를 8 단계로 부호화한다. 그 후 같이 가장 많은 빈도를 보인 부호를 그 부 영역의 대표 방향으로 설정한다.

2.1 지문의 방향성 검색

지문에는 일정한 방향성을 가지고 있으며, 이러한 지문의 방향성을 찾는 것은 신뢰할 수 있는 지문 인식 시스템 구축을 위한 중요한 작업이다. 좀더 효율적이고 정확하게 지문의 방향성을 찾아 내기 위해 Sobel 마스크와 창틀 마스크를 구현하였다.

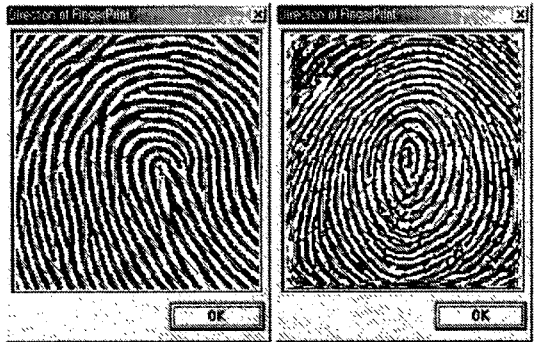


그림 3-A Sobel 마스크 결과

2.1.1 소벨 마스크

Sobel 마스크는 지문의 방향성을 검색하기 위한 방법으로 가장 널리 알려진 방법이다. 본 연구에서도 소벨 마스크를 이용한 방향성 추출 알고리즘을 적용하였다. 소벨 마스크 행렬은 다음과 같다.

-1, -1	0, -2	1, -1
-2, 0	0, 0	2, 0
-1, 1	0, 2	1, 1

그림 1. 소벨 마스크

소벨 연산을 실제 영상에 적용하기 위해서는 수학적 수식인 f(x, y)를 적용해야 하나, 컴퓨터 내에서는 이를 표현할 수 없으므로, 수화적인 방법으로 근사시킨 마스크를 이용한다. 본 연구에선 최빈 Sobel 마스크의 방향성 계산법을 이용하여, 아래 세 단계의 방향성 추출 및 분할 방법을 사용하였다.

A	B	C
D	E	F
G	H	I

$$S_x = (G + 2H + I) - (A + 2B + C)$$

2.1.2 창틀 마스크

창틀 마스크도 역시 8 x 8 크기의 부 영역으로 나누어 방향성을 구한다. 창틀마스크는 5 x 5 크기의 마스크를 띄워 주변 화소의 값을 이용, 중심 화소의 방향을 구한다. 8 x 8의 부 영역 내의 모든 화소에 창틀 마스크를 적용시키며, 그 적용 식은 아래 식 2.과 같다.

창틀 마스크의 원리는 주변 화소를 이용해 두 점의 연결성을 판단하는 것으로 화소들이 연결되어 있다면 같은 화소 값을 가지는 것에 착안, 부영역 전체에 수행하여 그 차가 가장 작은 값을 블록에 대표 방향으로 간주하는 방법이다.

$$S_i = \sum_{x=0}^{a-1} \sum_{y=0}^{b-1} |w_i(x, y) - w_i'(x, y)| \quad (i = 0, 1, \dots, 7)$$

식 2.

이 식에서 x, y는 처리 대상 화소의 좌표이며, a 와 b는 각각 부 영역의 너비와 높이이다. 즉, 화소 값의 변

화가 가장 작은 방향을 찾고자 하는 식이며 만일 양자화를 8 가지 이상으로 늘리고자 하는 경우 마스크의 크기와 수식의 약간의 변경으로 쉽게 확장할 수 있는 장점까지 있다.

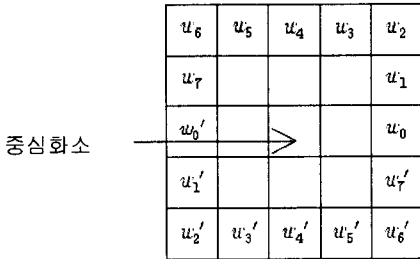


그림 2. 창틀 마스크

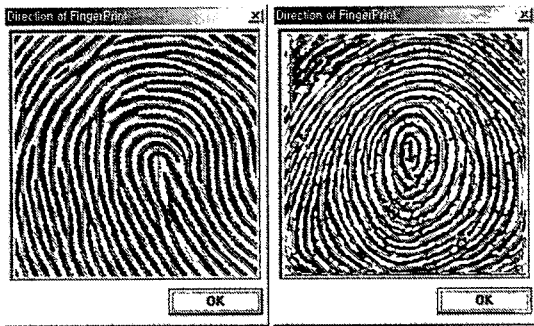


그림 3-B 창틀 마스크 결과

### 2.2 지문의 특징점 추출

지문 영상에는 개인을 식별할 수 있는 여러 특징점이 포함되어 있다. 특징점은 단점(끝점)과 분기점을 말한다. 특징점 이외에도 중심점이나 삼각주와 같은 특이 점이 존재하지만, 잡음과 왜곡에 영향을 덜 받는 특징점을 이용하기로 한다.

지문영상에서 특징점을 추출하기 위해서는 입력 받은 영상에 이진화, 평활화, 세선화의 전처리 과정을 거친 지문 영상을 구해 놓아야 한다. 특징점을 추출하기 위한 방법으로는 기존의 교차수-CN(Crossing count Number)방법을 이용하였다. CN을 이용한 특징점 추출 판별식은 아래와 같다.

$$CN = \left( \sum_{i=1}^6 |x_{i+1} - x_i| = 6 \right) \quad \text{식 3-1}$$

$$CN = \left( \sum_{i=1}^6 |x_{i+1} - x_i| = 2 \right) \quad \text{식 3-2}$$

( 단,  $i = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$  )

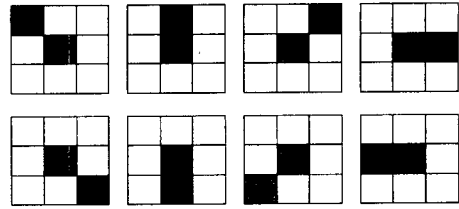


그림 3. CN=2 인 경우 즉, 끝점

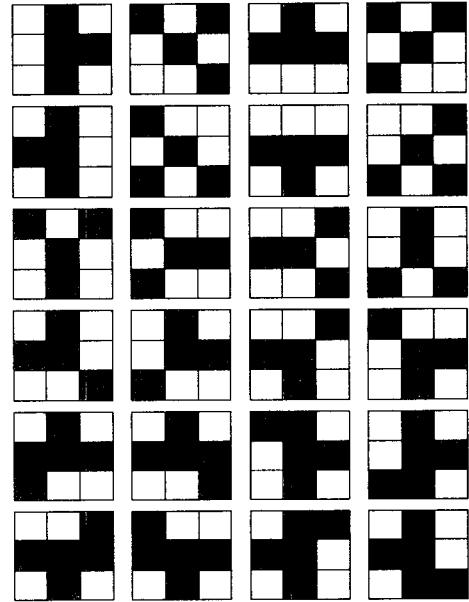


그림 4. CN=6 인 경우 즉, 분기점

본 연구에서 특징점으로 사용한 단점과 분기점은 잡음의 영향을 적게 받는 특징이 있지만, 이렇게 구해진 특징점들 중에서도 지문의 입력과 전처리 과정 등에서 기타 잡음에 의해 상당 부분 의사 특징점 들이 포함되게 된다.

### 2.3 의사 특징점 제거

의사 특징점이란 실제 사람의 지문에는 없지만 특징점 추출 과정에서 생겨난 가짜 특징점을 말한다. 우리가 사용하는 두 가지 특징점 즉 단점(Ridge ending)과 분기점(Bifurcation)은 개인 식별을 함에 있어 가장 신뢰할 수 있는 특징을 제공한다. 하지만 여기에도 몇 가지 문제가 존재한다. 주요 문제점은 지문의 질이 종종 너무 낮고 입력과정에서 발생하는 잡음과 끊김 현상이 발생하거나 전처리 과정에서 없애지 못한 잡음 등으로 인해 가짜 특징점이 만들어 질 수 있고, 왜곡에 의해 실제의 특징점들이 나타나지 않는 경우가 발생하는 것이다. 시스템의 정확성 및 효율성을 동시에 만족시키기 위해서는 이러한 의사 특징점들을 어느 정도 제거하는 과정이 필요하다.

이러한 의사 특징점들은 모두 끝점 및 분기점의 조합으로 되어 있다는 것에 착안하여 각각에 대한 특성을 정의하고 이들 조건을 만족하는 특징점 후보들을 의사 특징점으로 간주하여 제거할 수 있다. 본 논문에서는 의사 특징점을 제거하기 위해 총 3 단계에 걸쳐 지문 영상을 보정하게 된다.

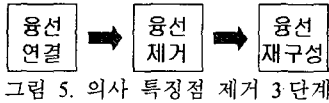


그림 5. 의사 특징점 제거 3단계

먼저 의사 특징점의 종류와 그 특징을 알고 특징점 목록에서 이들을 제거해야 한다. 대표적인 의사 특징점의 종류와 형태를 알아보면 다음과 같다.





- 단선**  선택된 한 끝점으로부터 세선화된 용선을 따라 추적했을 때 일정 기준치 보다 짧은 거리 내에서 또 다른 끝점을 만나면 두 단점은 단선을 이룬다.
- 잔가지**  선택된 한 끝점으로부터 세선화된 용선을 따라 추적했을 때 일정 기준 보다 짧은 거리 내에서 분기점을 만나면 그 끝점과 분기점은 잔가지를 이룬다.
- 연결**  선택된 한 분기점으로부터 세선화된 용선을 따라 추적했을 때 미리 정의된 길이보다 짧은 거리 내에서 또 다른 분기점을 만나면 그 두 분기점은 연결을 이룬다.
- 절선**  선택된 한 끝점으로부터 미리 정의된 길이보다 짧은 거리 내에 또 다른 끝점이 있고, 그 두 끝점의 방향 및 끝점간의 방향차가 미리 정의된 허용치보다 작으면 그 두 끝점은 절선을 이룬다.

그림 6. 의사 특징점 형태 및 특징

여기에서 연결은 세분화하여 여러 가지 형태를 갖게 된다. 그 형태로는 다리구조, 원형 구조, 삼각형 구조, 십자가 구조가 있다.



그림 7. 연결 구조의 여러 형태

위에서 정의한 의사 특징점을 제거하기 위해 1 단계로서 용선을 연결하게 된다. 이때는 미리 의사 특징점을 구별하기 위한 기준 거리를 구해놓아야 한다. 본 연구에서는 지문의 세선화된 용선 사이의 평균거리를 구해 의사 특징점 제거의 기준치로 사용하였다.

### 2.3.1 (1 단계) 절선 보정

1 단계 용선 연결 단계에서는 절선을 이어주는 단계로서, 특징점 중 끝점들을 선택하여 제거하게 된다. 특징점 목록 중 끝점을 검사하여 근접 끝점이 있는지를 조사하고, 각 끝점이 속한 용선의 방향과 두 끝점을 연결했을 때의 각도의 변화를 구해 그 각도가 변화를 허용할 수 있는 범위에 속하는지를 검사하여 두 끝점을 연결시키게 된다.

기준 끝점의 각도와 두 끝점을 연결했을 때 두 선의 각도의 차와, 근접 끝점의 각도와 두 끝점을 연결했을 때 두 선의 각도의 차를 이용하여  $\min$  값을 이용하여 절선을 연결하는 경우는 두 선이 불필요하게 수직으로 연결되는 경우가 생기게 되었다.[1]

본 연구에서는 기준 끝점과 근접 끝점을 탐색하여 각 점에서의 블록의 방향과 두 점을 이을 선의 각도를 이용하되, 두 점을 이을 선의 각도를 삼각함수를 이용하여 구하고 그 값을 블록 방향과 같은 수로 양자화 하여 그 값을 비교하여 절선을 이을 선을 선택하게 된다.

$$\text{abs}(my+\text{con\_dir}) < 3 \parallel \text{abs}(\text{your}+\text{con\_dir}) < 3 \parallel \text{abs}(\text{sum}+\text{con\_dir}) < 3 \quad \text{식 4.}$$

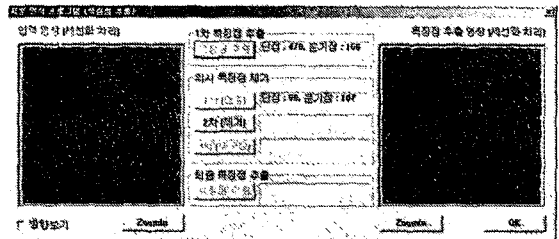


그림 8. 용선 연결 결과

위에 식을 만족하는 경우 두 끝점을 이어 주었다. 위에 그림이 그 결과를 보여주며 상당 부분 끝점들이 제거된 것을 볼 수 있다.

### 2.3.2 (2 단계) 연결, 잔가지, 단선 보정

2 단계는 용선 제거 단계로써, 특징점 중 분기점을 선택하여 의사 특징점을 제거하는 과정이다. 이 단계에서는 연결구조와 잔가지를 제거하며, 단선을 제거하기 위해 끝점을 검사하는 단계도 또한 거치게 된다. 이 과정은 용선 추적을 통해 이루어진다. 1 단계의 용선 연결을 통해 생기는 부가적인 분기점 또한 이 단계에서 제거할 수 있다.

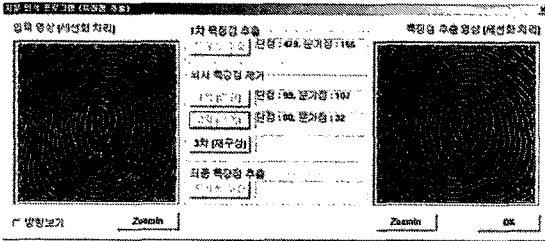


그림 9. 용선 제거 결과

### 2.3.3 (3 단계) 용선 재구성

2 단계까지 진행함으로써 많은 의사 특징점들이 제거 되고 이미지가 보정 된다. 3 단계 용선 재구성 단계에서는 분기점을 제거하는 단계가 될 수 있으며, 이는 특이한 의사 특징점의 형태로 다른 분기점과 연결되지 않은 채 원형 구조를 이루는 분기점을 제거하고, 용선 제거 과정에서 생기는 부가적인 잔가지와 단선을 다시 한번 제거하는 단계를 거친다.



그림 10. 연결구조가 아닌 원형 구조의 모습

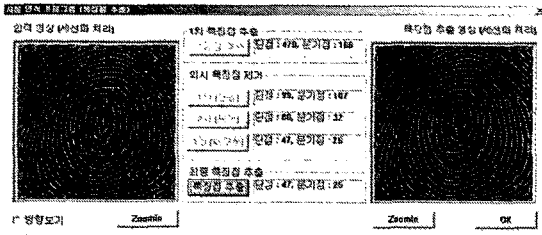


그림 11. 용선 재구성 결과

### 3. 결론 및 향후 과제

본 실험은 256 X 256 화소 크기의 그레이 레벨의 영상으로 실험 하였고, 개발 도구는 Visual C++ 6.0(MFC)을 사용하였으며, 지문 영상은 RAW 파일로 구성하였다.

방향성을 검출하기 위한 방법은 여러 가지가 있지만 그 중에서도 널리 알려진 소벨 마스크와 창틀 마스크를 써워 서로의 정확도를 비교해 보았다. 본 실험에서는 소벨 마스크 보다 창틀 마스크의 방향성 추출이 더 정확한 것으로 판명 되었다.

센서를 통해 입력 받은 지문 영상은 위에서 보는 것과 같이 입력과 전처리 과정을 거치면서 많은 잡음으로 인해 많은 의사 특징점을 포함하게 된다. 이러한 의사 특징점을 모두 이용하여 지문 인식을 하려 한다면 시스템에 많은 부하가 걸리게 되며, 정확히 개인들

을 구별해 내기에도 어려움이 따른다. 좀더 신뢰할 수 있는 지문 인식 시스템 개발을 위해 의사 특징점을 제거하는 과정은 필수적인 과정이다.

본 연구를 통해 이루어진 의사 특징점 제거 과정을 통해서 상당수의 특징점 들이 보정 되는 것을 다음 표를 통해서 알 수 있다.

	알고리즘 적용 전		알고리즘 적용 후		제거정도(%)	정추출율 (%)	오추출율 (%)	
	끝점	분기점	끝점	분기점				
1	680	333	21	35	96.92	89.49	0.59	0.825
2	479	166	47	25	90.19	84.94	0.7	0.835
3	344	126	10	13	97.10	89.69	0.84	0.645
4	440	179	10	22	97.23	87.71	0.89	0.79
5	556	217	15	44	97.31	79.73	0.675	0.83
					<b>95.75</b>	<b>86.312</b>	<b>0.739</b>	<b>0.785</b>

표 1. 의사 특징점 제거 알고리즘 적용

상당수의 의사 특징점들이 제거 되지만 정 추출율과 오 추출율의 산출 결과가 만족할 만 하지 못하다. 이를 좀더 신뢰할 수 있는 시스템으로 만들기 위해서 추출된 특징점을 좀더 효과적으로 선택하고, 매칭을 이용할 수 있는 연구가 더 이루어져야 하겠다.

### 4. 참고 문헌

- [1] 양지성, 안도성, 김학일. "자동 지문 인식을 위한 의사 특징점 제거 알고리즘"
- [2] Dario Maio, Member, IEEE, and Davide Maltoni. Direct Gray-Scale Minutiae Detection In Fingerprints. IEEE TRANSACTIONS ON PATTERN ANALYSIS AND MACHINE INTELLIGENCE, VOL. 19, NO. 1, JANUARY 1997.
- [3] 정양권, 최재호. "의사 특징점 제거 알고리즘 관한 연구", 한국 정보처리학회 논문지 제 3 권 제 4 호 (96.7)
- [4] 장동혁, 이동선, 이상범. "상관성이 적은 동일인 지문영상에서의 지문인식 알고리즘에 관한 연구"
- [5] Anil Jain, Sharath Pankanti. Fingerprint classification and Matching.
- [6] 김현, "RSTI 불변 지문 특징량 추출 및 인식과 응용" 인하대학교 석사 학위 논문, 1998.
- [7] 김승희. "지문 검증을 위한 중심점 추출" 관동대학교 석사 학위 논문, 1999.
- [8] 신미영, 김성락. "지문 인식을 위한 방향 정보와 특이점에 의한 직교 좌표 생성"
- [9] 장동혁. "Visual C++을 이용한 디지털 영상처리의 구현"
- [10] 이준재, 심재창, 황석운, 남재열, 이주형. "다해상도 방향성 정보를 이용한 지문 영상의 특이점 추출", 한국통신학회 논문지, Vol. 22, No. 5, pp. 928-938, 1997.