

# 동일 특징점의 확률분포 모델링을 이용한 지문정합

전성욱<sup>0</sup> 이응봉 류춘우 김학일  
인하대학교 정보통신대학원

{mistral<sup>0</sup>, atropiny, ryusrain}@dreamwiz.com, hikim@inha.ac.kr

## A Probabilistic Modeling of Feature Distribution Between Corresponding minutiae in Fingerprint Matching

Sungwook Joun<sup>0</sup>, Eungbong Yi, Choonwoo Ryu, Hakil Kim  
The Graduate School of Information Technology & Telecommunication, INHA University

### 요 약

특징점 기반의 지문 정합 시스템은 동일 특징점의 검색을 통하여, 주어진 두 지문의 동일 여부를 결정하는 것을 목적으로 하고 있다. 정합과정의 검색 단계에서 동일 특징점으로 결정된 두 특징점간 거리 및 각도차의 분포를 확률적으로 모델링함으로써, 검색된 동일 특징점의 신뢰도를 높이고자 하였으며 전체적으로 지문 정합시스템의 성능향상을 목적으로 한다. 본 논문에서는 확률기법을 사용한 동일 특징점 유사도 산출 방법과 이를 통한 지문의 동일여부 결정 방법을 제시하였으며 구현결과, EER의 경우 2.64%에서 0.78%로 70%의 감소효과를 얻을 수 있었다.

### 1. 서론

지문정합 방식은 사용하는 정보에 따라 영상에 공간 영역 및 주파수영역의 상관기법을 적용한 전역적 정합(Global Matching)기법[1][2]과 지문영상으로부터 동일 특징점을 검색함으로써 두 지문의 동일 여부를 결정하는 특징점 정합(Minutiae Matching)기법[3]으로 구분할 수 있다. 특징점 인식기법은 다양한 영상처리 기법을 적용할 수 있고 저장해야 하는 데이터의 크기가 작기 때문에 근래에 가장 활발히 연구되고 있다.

특징점은 용선의 흐름이 멈추거나 갈라지는 점을 말하며 형태에 따라, 각각 단점(Ending)과 분기점(Bifurcation)으로 정의된다. 특징점을 이용한 지문인식 알고리즘은 지문 영상에서 특징점을 추출하는 추출(Feature Extraction)과, 지문의 유사도를 판정하는 정합(Minutiae Matching)으로 이루어진다. 정합알고리즘은 지문영상의 회전, 전이를 보정하는 정렬과정(Alignment Stage)과 동일 특징점을 검색하는 정합과정(Matching Stage), 지문의 동일여부를 결정하는 평가 과정(Scoring Stage)이 있다.

본 연구는 정렬과정을 통한 회전, 전이량 보정 후, 정합과정시 특징점의 확률 분포모델링을 이용한 동일 특징점 검색방법을 제시함으로써 동일 특징점 검색단계의 신뢰도를 높여 지문정합성능을 향상하였다.

본 논문의 구성은 2절에서 동일특징점의 검색방법과 사용되는 정보량을 정의하고 3절에서 동일 특징점의 확률 모델링, 4절에서 실험 결과와 5절에서 결론을 기술하도록 한다.

### 2. 동일 특징점 검색

정렬과정을 통하여 지문 영상의 회전 및 전이량을 보정한 후 주어진 특징점과 동일한 특징점을 찾기위해 그림1과 같이 지문 영상의 xy좌표평면에 동일 특징점 허용영역(Tolerance Region)으로 정의한 후, 허용 영역 내의 모든 특징점을 대상으로 추출과정에서 얻어진 좌표, 방향, 형태(단점, 분기점)와 같은 특징점 정보를 비교하여 특징점간 거리 $\{D_D\}$ , 방향차 $\{D_A\}$ , 형태차 $\{D_T \neq 0\}$  (다른 형태),  $\{D_{T=1} | \text{동일 형태}\}$ 를 구할 수 있다.

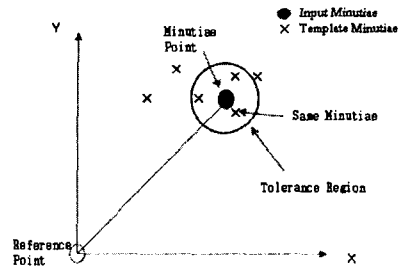


그림1. 동일 특징점 검색 [4]

따라서 (식1)과 같이 동일 특징점에서  $D_D$ ,  $D_A$ ,  $D_T$ 에 대한 확률  $P_{dist}$ ,  $P_{angle}$ ,  $P_{type}$ 이 각각 결정된다.

$$P_{dist} = p(D_D | GE), P_{angle} = p(D_A | GE), P_{type} = p(D_T | GE) \quad (\text{식1})$$

$GE$ : 본인 정합에서 특징점이 동일한 경우

결정된  $P_{dist}$ ,  $P_{angle}$ ,  $P_{type}$ 은 (식2)와 같이 각각 동일 특징점일 확률에 기여하는 상대적인 정도와 그들간의 상관관계에 의하여 작성된 함수  $U$ 에 의하여 최종 특징

점 유사도  $P_{hit}$ 을 결정하고 허용 영역내의 특징점들에 대하여 가장 큰  $P_{hit}$ 을 가지는 특징점을 동일 특징점으로 결정한다.

$$P_{hit} = P(GE | D_D, D_A, D_T) = UK P_{dist}, P_{angle}, P_{type} \quad (식2)$$

이를 위해 3절에서는  $D_D, D_A, D_T$  이 각각 동일 특징점 일 확률에 기여하는 정도와 그들간의 상관관계를 조사하여 특징점의 유사도 결정을 위한 함수  $U$ 에 대한 근거로 결정하였다.

### 3. 동일 특징점의 확률적 모델링

#### 3.1 형태차( $D_T$ )에 의한 지문 유사도

표1에서 볼 수 있는 바와 같이 본 논문에 사용된 추출 알고리즘의 경우, 본인 정합에서 동일 특징점의 형태가 다른 경우와 같은 경우의 비는 3:7로 일정하게 유지되는 것을 관찰할 수 있다.

표1. 동일 특징점에 대한  $P_{type}$ 의 결정(본인 정합)

지문의 확률적 유사도 점수	상위점수	하위점수
동일 특징점쌍	1008개	1146개
$(D_{T=0}) : (D_{T=1})$	285:723	313:833
$p(D_{T=0}   GE) : p(D_{T=1}   GE)$	0.3 : 0.7	

#### 3.2 방향차 ( $D_A$ )에 의한 지문 유사도

동일 특징점의 방향차이는 그림2와 같은 분포를 보이는데, 동일형태의 경우와 다른 형태의 경우의 각도차의 분포형태는 그 차이가 미미하다. 그림2의 곡선은 주어진 분포 데이터를 감마 분포(Gamma Distribution)의  $a, \beta$  값을 조절하여, 주어진 데이터를 (식3)과 같이 모델링하여 도시한 것이다.

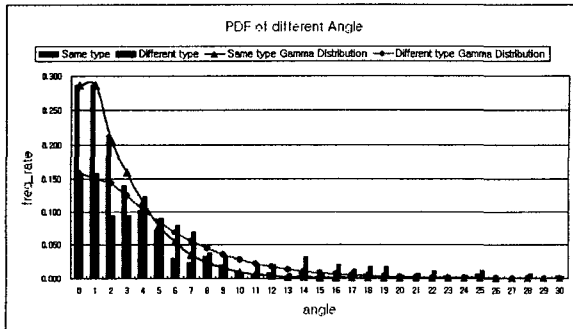


그림2. 특징점 형태별 거리차  $D_A$ 의 확률밀도

$$p(D_A | GE, D_T) = Cx^{\alpha-1} e^{-x/\beta} \quad (식3)$$

$C$ : 정규화 상수

$D_{T=1}$ :  $a = 1.6, \beta = 2$

$D_{T=0}$ :  $a = 1.3, \beta = 3.8$

$P_{type}$ 은 특징점 형태의 동일 여부에 따라 일정한 값을 가지고  $D_A$ 는 형태에 따라 다른 확률밀도함수를 가지므로 전확률 공식(Total Probability Formular)을 이용하여 언급된 두 가지 확률을 결합하고 베이저안 공식(Baysian's Formula)을 이용하여 형태와 방향차에 의한 지문유사도  $P_{angle, type}$ 을 결정한다(식4).

$$P_{angle, type} = \frac{p(D_A | GE, D_{T=0,1}) p(D_{T=0,1} | GE)}{P_{AT}} \quad (식4)$$

$$P_{AT} = p(D_A | GE, D_{T=0}) p(D_{T=0} | GE) + p(D_A | GE, D_{T=1}) p(D_{T=1} | GE)$$

#### 3.3 거리 ( $D_D$ )에 의한 지문 유사도

동일 특징점임에도 불구하고 틀린 형태로 추출된 경우, 그림3과 같이 특징점의 위치가 이웃하는 용선위로 옮겨지기 때문에 용선 간격/2 만큼의  $D_D$ 를 가지게 되어 동일한 형태인 경우보다 큰 거리 분포를 가진다.

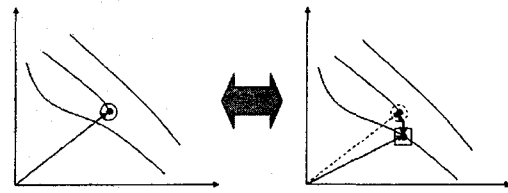


그림3. 종류의 변화로 인한 특징점의 좌표변화

거리  $D_D$ 의 확률분포를 그림4에 표현하였다.  $D_A$ 와 마찬가지로 감마 분포를 이용하여 (식5)와 같이 확률밀도 함수를 모델링한 후 베이저안 공식을 사용하여  $P_{dist, type}$ 을 정한다(식6).

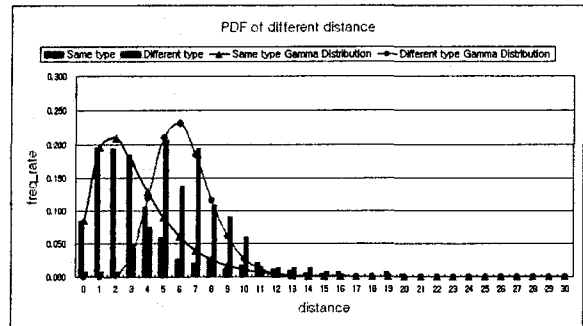


그림4. 특징점 형태별 거리  $D_D$ 의 확률밀도

$$p(D_D | GE, D_T) = Cx^{\alpha-1} e^{-x/\beta} \quad (식5)$$

$C$ : 정규화 상수

$D_{T=1}$ :  $a = 1.9, \beta = 1.8$

$D_{T=0}$ :  $a = 12.5, \beta = 0.5$

$$P_{dist, type} = \frac{p(D_D | GE, D_{T=0,1})p(D_{T=0,1} | GE)}{P_{DT}} \quad (식6)$$

$$P_{DT} = p(D_D | GE, D_{T=0})p(D_{T=0} | GE) + p(D_D | GE, D_{T=1})p(D_{T=1} | GE)$$

3.4  $P_{dist}$ ,  $P_{angle}$ ,  $P_{type}$  에 의한 특징점 유사도

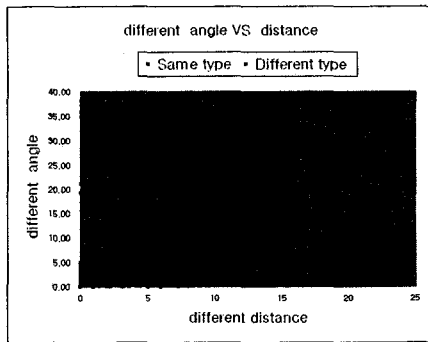


그림5.  $D_D$ ,  $D_A$ 의 상관관계

특징점 유사도 산출함수  $U(\cdot)$ 를 작성하기 위해 그림 5와 같이 도시한 결과,  $D_A$ ,  $D_D$ 의 상관관계가 존재하지 않으므로  $P_{dist, type}$ 와  $P_{angle, type}$ 은 서로 독립이라고 말할 수 있으며 서로 독립인 사건의 동시발생 확률을 구해야 하므로  $U$ 는 (식7)과 같이 정의한다.

$$P_{hit} = U(\cdot) = P_{dist, type} * P_{angle, type} \quad (식7)$$

동일 특징점의 확률분포 모델링을 사용할 경우, 지문 유사도 점수(Similarity Score)는 동일 특징점의 개수 보다는 동일하다고 판단된 특징점의 확률적 유사도를 사용할 경우에 정합결과를 더 정확하게 반영한다. 따라서 지문 정합의 결과로 출력되는 지문 유사도는 (식 8)과 같이 확률적 유사도의 총합에 의해 정의된다.

$$Similarity\ Score = \frac{\sum P_{hit}}{\min(file\_num, search\_num)} \quad (식8)$$

$file\_num$  : 등록된 지문의 특징점 수  
 $search\_num$  : 입력된 지문의 특징점 수

4. 실험 및 결과

실험에 사용된 지문 DB는 니트젠사의 광학식 센서 (500dpi)로 획득된 80(8지문× 10장)장의 지문 영상으로 구성하였으며 동일 특징점 선정방식에 있어  $D_D$ ,  $D_A$ ,  $D_T$ 의 분포특성을 고려하지 않은 경우의 정합방식과 본 논문에서 제시한 확률적 모델링을 통한 정합방식의 성능차이를 조사한다. 본인 거부율(FNMR, False Non-Match Rate)과 타인 수락율(FMR, False Match Rate)를 이용한 ROC(Receiver Operating Characteristic)을 그림 6에, 지문 인식 시스템의 성능을 평가하는 척도(EER,

ZeroFNMR, ZeroFMR)를 통한 성능의 차이를 표2에 각각 표현하였다[5].

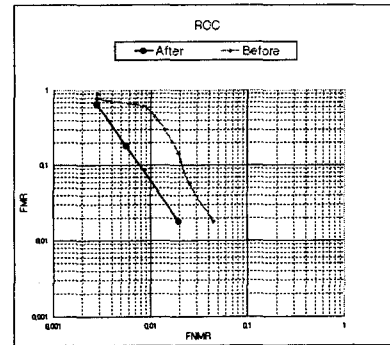


그림6. ROC()

표2. 제안된 방법에 의한 성능 변화

	EER(%)	ZeroFNMR(%)	ZeroFMR(%)
Before	2.64	85.0	3.91
After	0.78	44.8	0.84

5. 결론 및 향후 연구과제

본 논문은 동일 특징점 검색시, 특징점간 거리 및 각도차의 분포특성을 확률적인 기법으로 모델링하여 동일 특징점의 결정 신뢰도를 높임으로써 특징점 정합을 기반으로하는 지문인식 시스템의 성능을 개선할 수 있는 가능성을 제시하였다.

정확한 확률적 모델링은 본 논문에서 제시한 방법을 통한 성능개선에 중요한 변수로서 가설 검정기법을 통한 정확한 모델링에 대한 연구가 이루어져야 한다.

6. 참고 문헌

[1] H. Yahagi, S.Igaki, F. Yamagashi, " Moving-window algorithm for fast fingerprint verification," *Proceedings of the IEEE Southeastcon' 90*, Vol. 1, pp.343-, 1999.  
 [2] A.Stoianov, C. Soutar, A. Graham, " High-speed Fingerprint verification using an optical correlator," *Opt.Engineering*, vol. 38, No.1, pp99-, 1999.  
 [3] A.K. Jain, L. Hong and R.Bolle, " On-line fingerprint verification," *IEEE Trqans. Pattern Anal. Machine Intell.*, Vol. 19, no. 4, pp.302-314, 1997.  
 [4] K. Karu, S. Chen, and A.K. Jain, " A Real-Time Matching System for Large Fingerprint Databases," *IEEE Trqans. Pattern Anal. Machine Intell.*, Vol. 18, No. 8, August, 1996.  
 [5] G.O.Williams, " The Use of d' as a ' decidability' index," *Security Technology1996*, 30<sup>th</sup> Annual 1996 International Carnahan Conference, pp.65-71, 1995