

## 지문인식 호환을 위한 국제 표준화 동향

김학일, 한영찬(인하대학교 정보통신공학부)

### 1. 서론

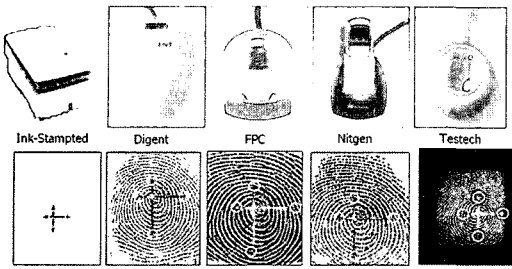
생체인식이란 인간의 신체적 행동적 특징을 자동화된 시스템을 통하여 획득하여 이를 개인 인증의 수단으로 사용하는 학문이다. 생체인식에 사용되는 신체적 특성은 얼굴, 손 모양, 홍채, 망막, 손등정맥, 지문, 장문 등이 있고, 행동적 특성으로는 음성, 서명, 자판 사용 특성 등이 있다. 이 가운데 지문인식이 편의성과 소형화의 장점을 가지고 있어 생체인식 시장의 높은 점유율을 차지하고 있다. 생체인식 기술의 초기에는 패스워드 대응의 많은 애플리케이션이 개발되었으나, 911테러 이후 Homeland Security 관점에서 많은 관심의 대상이 되고 있으며, 그 예로 출입국 관리 시스템, 생체 여권, 선원관리 수첩 등에 생체 인식을 이용하여 관리하고 있으며, 앞으로 그 활용 영역은 더 커질 것이다.

현재 상용화 되어 있는 지문입력기로는 광학식, 반도체식, CCD 센서, Thermal 센서, TFT 센서, 접촉발광식 등으로 그 종류가 다양하며 동일한 방식으로 센싱한다 하더라도 제조사마다 센서의 특성은 약간씩 다르다. 그림 1과 그림 2는 현재 상용화된 다양한 종류의 센서와 이들로

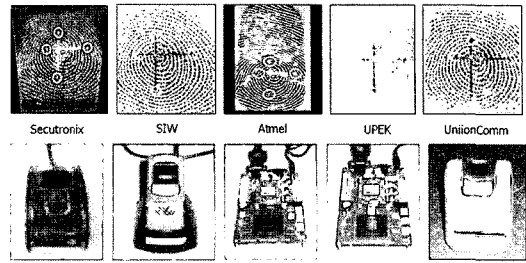
부터 획득한 영상을 보여주고 있으며 동일 손가락의 동일 특징점에 대한 해상도가 센서마다 차이를 확인할 수 있다. 동일인의 지문임에도 불구하고 다양한 지문입력기를 통하여 획득한 지문 영상은 각각의 센싱 방식 및 제품의 특성에 따라 다르다. 각 지문입력기의 지문 영상의 해상도 (Resolution)를 비교하기 위하여, 특수지문채취용 스탬프를 이용하여 종이에 지문을 찍은 후 평판 스캐너에서 500DPI의 해상도로 스캔한 영상과 각 지문영상의 동일 특징점을 잇는 선분의 길

〈표 1〉 Pixel Distance between Same Minutiae Pair

Items	Senser Spec.		Experimental Results		
	DPI	A.R.	Horizontal	Vertical	A.R.
Digent	500	1	506	511	0.990
FPC	363	N/A	368	378	0.937
Nitgen	500	1	497	500	0.994
Secutronix	480	N/A	464	417	1.112
SIW	500	0.65	502	501	1.001
ATMEL	500	1	496	524	0.946
UPEK	508	1	524	502	1.043
Testech	620	0.98	614	615	0.998
UnionComm	460	0.78	446	439	1.015



〈그림 1〉 동일 특징점 쌍에 대한 각 센서별 영상(1)



〈그림 2〉 동일 특징점 쌍에 대한 각 센서별 영상(2)

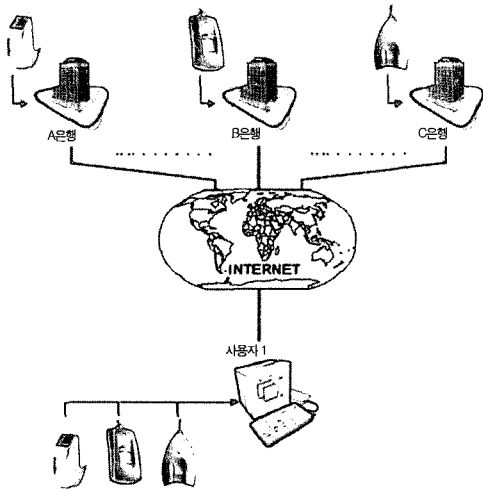
이(Pixel)를 측정하여 비교하였더니 센서 스펙상의 해상도와 실제 해상도와 차이가 있고, 수평, 수직 해상도가 서로 다른 제품도 있다[표 1].

현재의 인식 알고리즘들은 대부분 동일 센서를 사용하여 추출하고 인증함을 기본전제로 하고 있지만, 은행전산망 통합, 국가간 출입국 관리 시스템 연동 등과 같이 시스템의 통합이 필요할 시 현재 구축된 시스템을 이용하고자 할 경우 반드시 이 기종 지문입력 센서간 호환이 이루어져야 한다. 그림 3은 기존의 은행 전산망 시스템을 나타내고 그림 4는 입력기간 호환이 이루어질 때를 가정한 시스템을 보이고 있다. 센서 및 적용 인증알고리즘 기술이 다름으로 인하여, 현재 개발된 지문인식 기술은 사용하고자 하는 시스템마다 개별적으로 등록해야 하고 인증 시 동일한 센서를 이용해야하는 제약사항이 따르고 있다. 이런 제약은 지문인식 시스템의 보급이 늘어날 수록 개인이나 시스템이 다른 종류의 지문 입력 센서를 모두 보유해야 하는 문제점을 내포한다.

이기종 지문입력기간 호환성은 인터페이스적인 측면, 데이터 포맷적인 측면, 알고리즘적인 측면에서 고려되어 질 수 있다. 인터페이스적인 측면에서의 표준화는 CBEFF<sup>[14]</sup>와 BioAPI<sup>[15]</sup>를 이용하여 생체인식 데이터를 다른 시스템 또는 어플리케이션과의 상호연동을 위해서 인터페이스

표준을 맞추어 주는 것이며, 데이터 포맷적인 측면에서의 표준화 작업은 생체인식 데이터의 표준 포맷을 따르는 것을 말하는데 ISO/IEC JTC1 SC37 국제회의에서 다양한 생체인식 데이터의 국제호환표준을 제정하고 있으며, 지문특징점 표준 호환 포맷<sup>[16]</sup>은 IS(International Standard)단계로 이미 국제표준으로 확정된 상태이다. 알고리즘적인 측면에서의 호환성은 이기종 지문 입력기간의 센서 개별 특성 즉, 해상도(Resolution), 영상 크기(Image Size), 입력기 종횡비(aspect Ratio), 왜곡(Distortion) 등을 극복하여 인식가능한 특징벡터를 찾고 이를 매칭하여 본인임을 인증하기 위한 센서독립적인 알고리즘의 개발에 있다. 이를 위해 융선개수(Ridge Count)와 같은 알고리즘을 이용한 방법을 제안하기도 하였다.

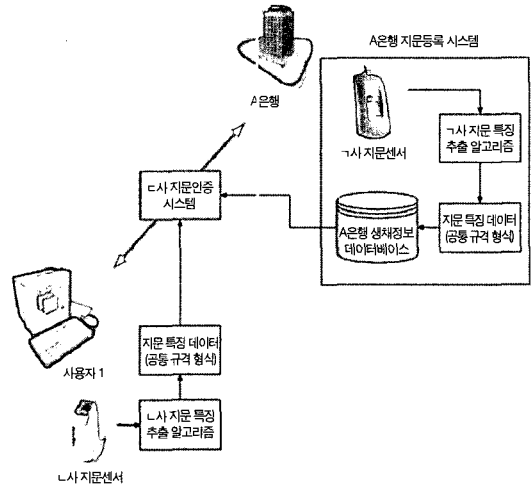
현재의 지문인식 알고리즘은 지문입력기마다 자신의 입력기에서 획득한 지문영상에 최적화되어 있으므로 다른 방식, 다른 회사의 지문입력기에서 얻은 지문 영상을 비교하면 원하는 지문 인식 성능을 기대할 수 없게 되어 있다. 이러한 현실에서 지문인식을 사이버공간에서의 개인 인증의 수단으로 사용하기엔 무리가 있다. 네트워크 환경에서는 수많은 사용자가 사용하는 지문입력기를 동일한 제품으로 제한할 수 없고, 지



〈그림 3〉 기존 지문인식 기술 기반의 인터넷 뱅킹 개념도

문영상으로부터 추출한 생체정보인 템플릿을 네트워크상에서 전달할 경우 데이터의 위조, 변조 행위로부터 무결성, 기밀성이 보장될 수 있어야 한다.

이기종 지문입력기간의 호환 성능은 인터페이스 표준을 준용하면서 데이터 표준을 준용한다는 전제하에 알고리즘의 호환성이 이루어 졌을 때 다른 시스템과의 충분한 호환성을 가져갈 수 있다. 호환 가능한 시스템이 만들어 졌을 때 이를 평가하여 시스템간 호환성의 정도를 평가할 수 있어야 하는데 이를 위한 표준<sup>[4]</sup> 또한 SC37 국제회의에서 진행 중에 있다. 또한 호환성 평가를 위한 이기종 지문 입력기간 호환성을 테스트하기 위해서 국제노동기구(ILO: International Labor Organization)에서는 해양선원의 출입관리를 위한 이기종 지문 입력기간의 호환성 평가를 실시하였고<sup>[5]</sup>, NIST에서는 MINEX04라는 호환성 평가를 위한 대회를 주체하고 있다<sup>[6]</sup>. 따라서, 본 논문의 목적은 현재 진행되고있는 지문인식 호환 기술과 관련된 표준화 동향을 인터페



〈그림 4〉 이기종 지문입력 센서간의 상호인증 개념도

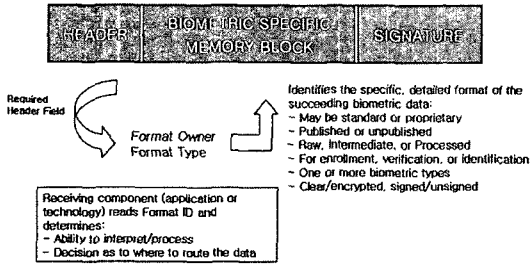
이스, 호환 데이터, 호환 시스템의 평가 표준과 평가 사례의 관점에서 소개하고자 한다.

## II. 인터페이스 표준화

호환을 위한 표준데이터 포맷을 준용하면서도 시스템측면에서의 인터페이스가 가능하기 위해서는 아래에서 소개하는 인터페이스 표준을 따름으로서 해결할 수 있다. 인터페이스 표준으로는 CBEFF(Common Biometric Exchange File Format)와 BioAPI(Biometric Application Programming Interface)가 있으며 이에 대해 간단히 소개한다.

### 1. CBEFF(Common Biometric Exchange File Format)

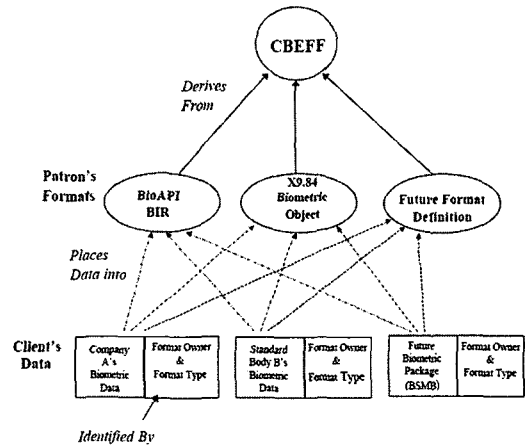
CBEFF는 생체인식 기술을 지원하기 위하여 필수적인 공통데이터요소들을 규정하고 생체인식 어플리케이션의 상호 운용성과 서로 다른 시



〈그림 5〉 CBEFF Data Components

스텝컴포넌트 사이의 생체데이터의 교환을 가능하게 하기 위하여 사용된다. CBEFF의 데이터 형식을 사용하면 어떤 타입의 생체정보를 담고 있는 템플릿인지, 버전이 어떻게 되는지, 판매회사 이름 등 생체정보 처리에 중요한 사항을 어플리케이션이 쉽게 인식하도록 해 줄 것이며, 이러한 특성이 다른 타입의 생체인식 시스템 사이의 상호 운용성을 발전시키고 서로 다른 시스템 사이의 생체정보의 교환을 가능하게 한다. CBEFF는 그림 5에서 보는 것과 같이 크게 세부분으로 구성되어 있다. SBH(Standard Biometric Header)는 헤더 부분으로 데이터의 암호화여부, 버전, 생체정보의 타입, 생성 날짜, 사용가능한 기간 등의 정보를 담고 있으며, BSMB(Biometric Specific Memory Block) 부분이 실제로 생체 데이터를 가지고 있는 부분으로 가공되지 않은 초기 데이터, 중간과정의 데이터, 추출된 특징 데이터, 비생체 데이터까지 다양한 형태의 데이터가 위치할 수 있다. SB(Signature Block)는 서명(Signature)이나 MAC(Message Authentication Code) 데이터를 가지며 이를 복원하기 위한 AID(Algorithm Identifier Information)를 포함하고 있다.

생체 데이터의 상호 운용성을 보장하는 CBEFF를 도식적으로 표현하면 그림 6과 같이 표현 할 수 있다. 그림 6에서 알 수 있듯이



〈그림 6〉 Relationship Between CBEFF, CBEFF Patron Formats and CBEFF Clients<sup>11)</sup>

Vendor, Working Group, Consortium 같은 Client에 의해 정의된 생체자료 구조는 BioAPI, X9.84와 같은 CBEFF Patron을 따르게 되고 CBEFF는 Patron Format을 수용할 수 있는 형태로 되어있으며 앞으로 생체 데이터의 표준화 기구를 통해 만들어질 표준까지도 폭 넓게 수용하여 생체인식 시스템의 상호 운용을 가능하게 한다. 또한 생체 인식이 필요한 시장을 분류하고 각 시장에 알맞은 데이터 형식에 따라 4가지의 Patron Format으로 구분하여 정의하고 있다.

#### (1) Patron Format A

- CBEFF가 Patron이고 제한적으로 자료를 저장할 수 있는 작은 규모의 내장된 시스템이나 로컬시스템을 사용 영역으로 하는 형식

#### (2) Patron Format B

- BioAPI Consortium이 Patron이고 BioAPI 적용을 위한 형식으로 클라이언트와 서버간의 자료저장 및 교환을 사용하는 영역으로 하는 형식

(3) Patron Format C

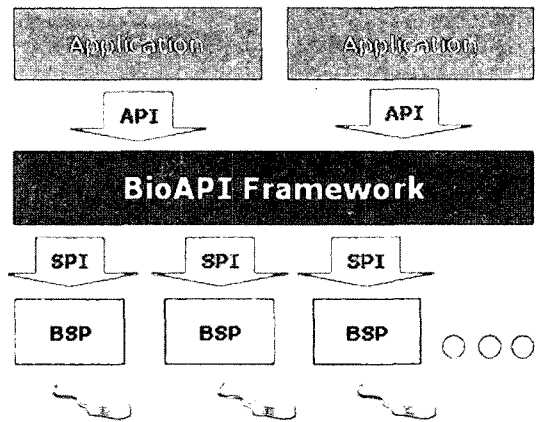
· ANSI Subcommittee X9과 Working Group F4가 Patron이며 안전하고, 인증된 방법으로 생체정보를 주고 받을 수 있는 대규모 시스템을 사용영역으로 하는 형식

(4) Patron Format D

· ISO/IEC SC17이 Patron이며 스마트 카드를 이용하는 생체인식 영역을 사용 영역으로 하는 형식, CBEFF V.1에 없었던 내용이며 V.2에서 새롭게 추가된 내용

2. BioAPI(Biometric Application Programming Interface)

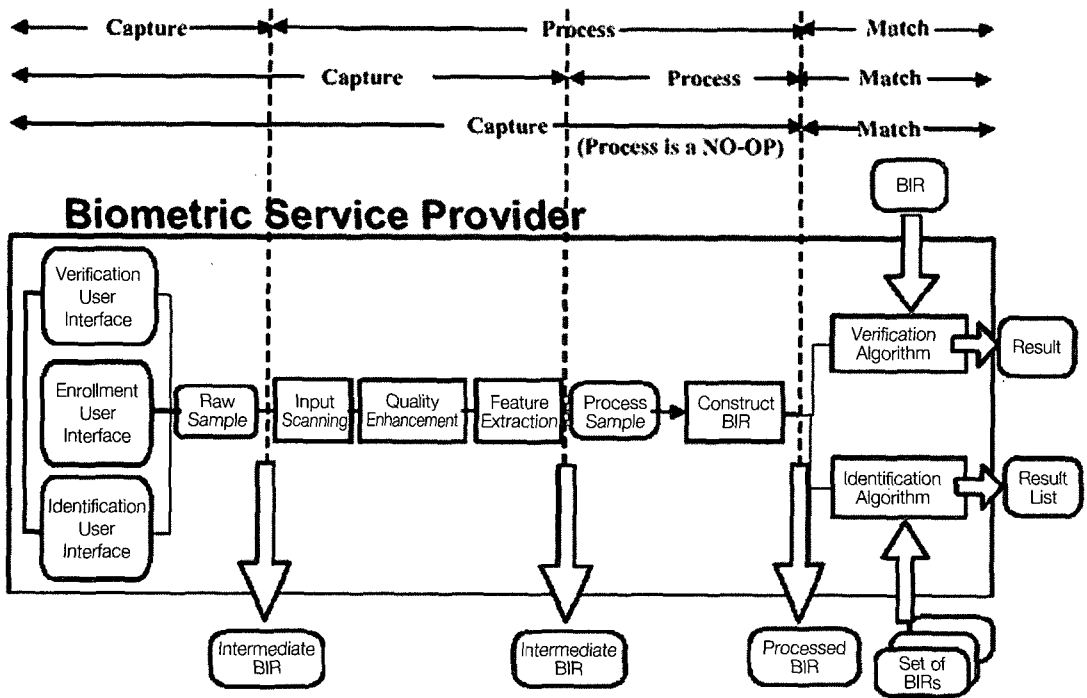
국제표준인 BioAPI는 대부분의 생체인식 기술에 적합한 고 수준의 생체인식 기술을 제공한다. 이 규격은 전 세계적으로 널리 사용되고 있는 생체인식 제품의 상호운용성(Interoperability)을 증대하기 위하여 제정된 인터페이스 규격이다. 다양한 시스템의 컴포넌트를 사용하는 생체인식 시스템 안에서의 API와 SPI를 위한 표준 인터페이스를 정의하고 있으며, 다른 국제 표준과 연계되어 사용되는 컴포넌트간의 상호작용을 위해 사용될 수 있다. 생체인식과 관련된 응용프로그램간의 인터페이스 규약과 생체정보 자료포맷(BIR, Biometric Identification Record)을 정의하여 서로 다른 종류의 생체인식 기술의 통합(Integration)을 가능하게 함으로써 어떤 형태의 생체인식 기술에도 적용할 수 있는 생체인증 모델을 제시하고 생체인증의 기본적인 등록, 인증, 식별 함수를 정의하는 것을 목적으로 한다. 이로써 생체인식 응용프로그램의 개발을 용이하게 단축시키고, 유연한 개발환경을 조성하



〈그림 7〉 BioAPI API/SPI Model

여 개선된 성능의 생체인식 시스템이나 다중 생체인식시스템을 개발할 수 있는 환경을 조성하였다. 또한 간단한 Application Interface, 생체인식 함수와 알고리즘, Device로의 Access 모듈의 표준화, 생체인식 Data의 관리와 저장 방법 제시, 서로 다른 형태의 생체인식 기술이나 다른 형식의 Device간의 호환보장을 통한 경제적인 이익 창출을 가능하게 하였다. 이밖에도 BioAPI는 Server/Client 구조의 생체 인식, GUI에 의한 Application 제어, 생체인식 Database등을 구현할 수 있도록 모델을 제공하고 생체인식 시스템의 기본적인 기능의 설정에 유연성을 제공하는 기능을 가지고 있다.

BioAPI의 구조는 그림 7과 같이 Device에서 Application까지의 계층구조로 이루어져 있는데 Application 은 “API Language”에 의해 각각의 생체인식기술을 구현한 API Framework를 호출하고 API Framework는 생체인식 서비스 제공자(BSP, Biometric Service Provider) 각각의 SPI (Service Provider Interface) Language를 통하여 각 BSP의 고유한 기능과 각각 Device 핸들링을 가능하게 한다.



〈그림 8〉 Possible Implementation Strategies<sup>[2]</sup>

BioAPI의 내용은 API Framework 자체에 대한 정의와 BSP의 Interface에 대한 정의로 나눌 수 있는데 BSP Interface는 API Framework에서 각각의 상이한 BSP에 접근하기 위한 Interface이며 각 BSP가 가질 수 있는 가능한 함수와 Data형을 정의하였다. 하지만, 실제로 각각의 BSP가 어떤 Application을 서비스하고자 한다면 API Definition을 따라야 한다 API Definition은 기본적으로 Enroll, Verify, Identify와 같은 생체인식 서비스를 위한 필수적인 기능부터 Data의 포맷(BIR)과 Database의 관리 등, 생체인식 시스템의 구조와 GUI를 포함하여 그 운용에 필요한 가능한 모든 함수 및 Data형을 제시함으로써 생체인식 시스템의 표준화된 모델을 제공하고 있다. BIR(Biometric Identification Record)은 다양한 생체인식 기술의 다양한 센서에 의한 생체

정보를 일관된 형태로 저장함으로써 획득(Capture)에서 처리(Process), 정합(Match)까지 동일한 처리를 가능하게 한다. 이는 궁극적으로 다양한 생체인식 기술과 BSP에 독립적인 Application의 개발을 가능하게 한다. BIR의 기본적인 구조는 다음과 같으며 Header에는 BIR 자체에 대한 정보가 Opaque Biometric Data에는 각 생체인식 알고리즘에 적용하기 위한 사용자의 생체 Data가 들어가며 Signature는 선택사항으로 Process에 필요한 정보가 들어가게 된다.

BioAPI의 구현은 BSP가 BioAPI의 규정을 얼마나 잘 따르느냐에 달려있다. 그림 8은 BSP에 의한 몇 가지 구현 전략을 보이고 있다 Biometric Service Provider라고 Labeling 된 Box 내부에는 Verification과 Identification의 과정이 보여지고 있다. Box 위쪽에는 BSP가 수행 가능한 Top

〈표 2〉 Finger image header record<sup>7)</sup>

Field	Size	Valid values	Notes
Length of finger data block(bytes)	4bytes		Includes header, and largest image data block
Finger/palm position	1byte	0-15, 20-36	See Table 4 and 5
Count of views	1	1-256	
View number	1	1-256	
Finger/palm image quality	1byte	1-100	BioAPI specification
Impression type	1byte		Table 6
Horizontal line length	2byte		Number of pixels per horizontal line
Vertical line length	2byte		Number of horizontal lines
Reserved	1byte	—————	Byte set to '0x0'
Finger/palm image data	<43×10 <sup>8</sup> byte	—————	Compressed or uncompressed image data

Level Interface의 본 기능(Capture, Process, Match)을 표시하였다. BSP가 가지는 본 기능을 위치에 따라 해당 BSP가 가지게 되는 자유도를 보여주고 있다. 실제로 BioAPI Consortium에서는 개발자의 이해를 돕기 위해 Reference Implementation를 발표하였으며 이는 BioAPI의 웹사이트(<http://www.bioapi.org>)에서 다운받을 수 있다.

### III. 지문데이터포맷 표준화

이 기종간 지문입력기로부터 획득한 지문영상을 이용하여 개인 인증을 위한 매칭을 원활히 수행하기 위해서는 먼저 데이터표준규약을 따르는 템플릿을 생성하고 템플릿으로부터 정보를 읽을 때는 표준 규약에 맞도록 해당 정보를 해석하여야 한다. 그러기 위해서는 먼저 지문과 관련된 표준데이터 포맷에 대한 이해가 선행되

어야 한다. 지문과 관련한 표준 데이터타입으로는 지문의 영상(Image), 특징점(Minutiae), 주파수(Spectral), 골격(Skeletal)에 대한 데이터타입이 있으며 이는 ISO/IEC JTC1 SC37 표준화 회의에서 담당하고 있으며, 영상과 특징점에 대한 데이터표준은 확정된 상태이며 주파수와 골격에 대한 데이터표준은 현재 진행중에 있다. 그림, 아래에서 그 각각에 대한 표준데이터 포맷에 대한 구성과 몇가지 특징들을 알아보기로 한다.

#### 1. Image Data Format

입력기로부터 획득한 지문 영상데이터를 표준 데이터포맷으로 정형화 하였다. 여기서 정의되는 용어로 Scan Resolution은 지문 영상 획득시 사용한 영상 입력기의 해상도를 말하고, Image Resolution은 영상에서 일정한 거리 안에 존재

〈표 3〉 Finger position code and maximum size<sup>7)</sup>

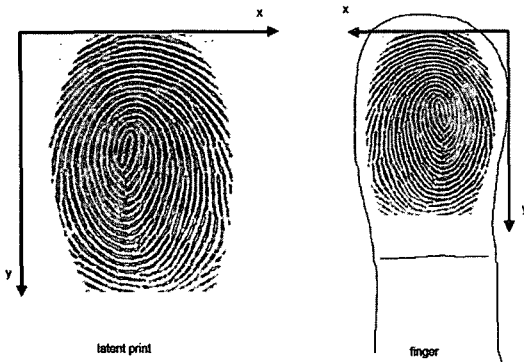
Finger position	Finger code	Max image area (mm <sup>2</sup> )	Width		Length	
			(mm)	(in)	(mm)	(in)
Unknown 0	1745	40.6	1.6	38.1	1.5	
Right thumb	1	1745	40.6	1.6	38.1	1.5
Right index finger	2	1640	40.6	1.6	38.1	1.5
Right middle finger	3	1640	40.6	1.6	38.1	1.5
Right ring finger	4	1640	40.6	1.6	38.1	1.5
Right little finger	5	1640	40.6	1.6	38.1	1.5
Left thumb 6	1745	40.6	1.6	38.1	1.5	
Left index finger	7	1640	40.6	1.6	38.1	1.5
Left middle finger	8	1640	40.6	1.6	38.1	1.5
Left ring finger	9	1640	40.6	1.6	38.1	1.5
Left little finger	10	1640	40.6	1.6	38.1	1.5
Plain right thumb	11	2400	25.4	1.0	50.8	2.0
Plain left thumb	12	2400	25.4	1.0	50.8	2.0
Plain right four fingers	13	6800	81.3	3.2	50.8	2.0
Plain left four fingers	14	6800	81.3	3.2	50.8	2.0
Plain thumb(2)	15	4800	50.8	2.0	50.8	2.0

하는 픽셀수를 말하며 획득된 이미지를 최종적으로 처리한 결과 영상을 말한다. 손가락으로부터 입력기를 이용하여 영상을 얻을 때 픽셀을 왼쪽에서 오른쪽으로 스캔하면서 위에서 아래로 진행한다. 원점은 좌측상단으로 하며 오른쪽으로 갈수록  $x$ -좌표가 증가하고 아래로 갈수록  $y$ -좌표가 증가한다. 영상 획득시 요구 조건으로는 Pixel Aspect Ratio가 Vertical에 대한 Horizontal의 비로 1%미만을 만족해야 하며 Fingerprint Image Location의 경우 코아(Core)가 영상의 가운데 울수록 인식성능이 높아지므로 영상 획득시 코아가 영상의 가운데로부터 25%를 벗어나지 않도록 획득하여야 한다. 획득

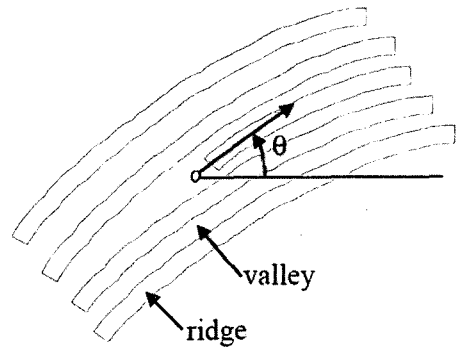
한 영상은 저장, 기록, 전송, 압축이 가능하여야 하며 영상의 Gray Level의 Dynamic Range는 응용분야에 맞는 정밀도를 유지하여야 한다<sup>7)</sup>.

입력기를 이용하여 획득한 영상은 표2에서 보는 레코드 포맷으로 저장된다. Length of Finger Data Block은 손가락에 해당하는 헤더와 영상데이터를 합한 길이를 저장하기 위한 필드로 4바이트가 할당된다. Finger Position은 취득한 영상의 손가락 위치를 표현하기 위해 한바이트의 영역을 사용하며 손가락의 위치는 표3에서 정의하고 있다.





〈그림 9〉 영상의 좌표계<sup>[3]</sup>



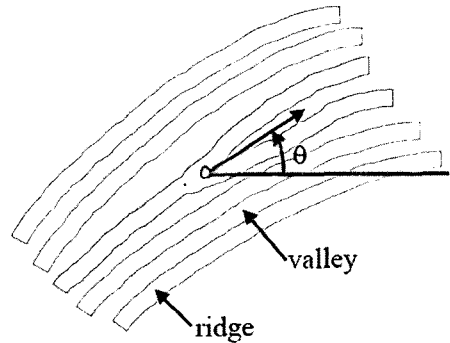
〈그림 10〉 Ridge Ending 방향과 위치<sup>[3]</sup>

## 2. Minutiae Data Format

입력기로부터 획득한 지문 영상데이터로부터 특징점을 추출하여 해당 특징점을 표준데이터 포맷으로 정형화 하였으며 이 정의는 일반적이고 자동지문인식 분야의 넓은 응용분야에 쓰이고 있다<sup>[3]</sup>.

### ① Minutiae Type

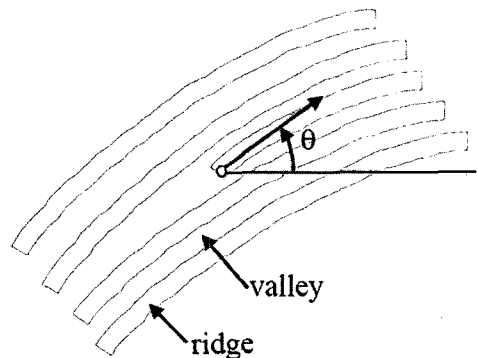
두 가지 큰 타입으로 나누는데 Ridge Ending 과 Ridge Bifurcation이 그것이다. 특징점의 타입이 Ending 인지 Bifurcation인지 명확하지 않을 때 그것을 Other Type이라고 정의한다.



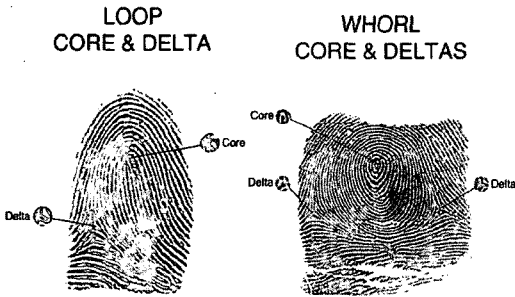
〈그림 11〉 Ridge Bifurcation 방향과 위치<sup>[3]</sup>

### ② Minutiae Location

- Coordinate System (그림 9)  
좌측상단을 영상의 원점으로 한다. 오른쪽으로 x 좌표가 증가하고, 왼쪽으로 y 좌표가 증가한다.
- Minutiae Placement on a Ridge Ending (그림 10)  
용선의 단점은 골의 분기점으로 정의한다.
- Minutiae Placement on a Ridge



〈그림 12〉 Ridge Skeleton Endpoint의 방향과 위치<sup>[3]</sup>



〈그림 13〉 Core와 Delta의 예<sup>[3]</sup>

### Bifurcation (그림 11)

융선 분기점은 융선의 세션화 영상에서 분기하는 지점을 융선의 분기점으로 정의한다.

- Minutiae Placement on a Ridge Skeleton Endpoint (그림 12)

융선 골격선의 단점은 융선이 끝나는 지점으로 정의한다.

- Minutiae Placement on Other Minutiae Types

Other Type의 특징점에 대한 방향성은 공급자(Vendor)가 알아서 정한다.

### ③ Minutiae Direction

- Angle Convention

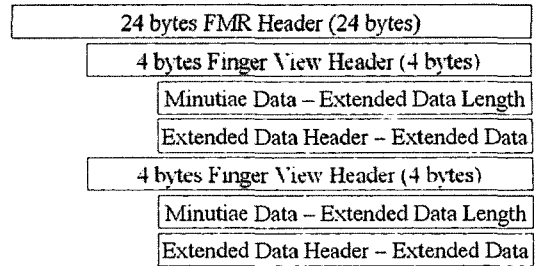
특징점의 각도는 3시 방향을 기준으로 반시계 방향으로 각도를 측정하며 360도를 256등분한 1.40625의 Granularity를 가진다.

- Minutiae Direction of a Ridge Bifurcation (그림 11)

(Encoded as Ridge Skeleton Bifurcation Point)

Ridge Bifurcation의 예각을 이루는 두 Ridge의 반대쪽 Ridge가 3시 방향과 이루는 Tangent 형태의 각으로 정의된다.

- Minutiae Direction of a Ridge Ending (그림 12)



〈그림 14〉 FMR Data Format

(Encoded as Valley Skeleton Bifurcation Point)

Valley Bifurcation의 예각을 이루는 두 Valley의 반대쪽 Valley가 3시 방향과 이루는 Tangent 형태의 각으로 정의된다.

- Minutiae Direction of a Ridge Skeleton EndPoint (그림 12)

Ridge Ending이 3시 방향의 수평선과 이루는 방향이 Tangent 형태의 각으로 정의되며, 이는 단 Card Format으로만 사용되며 Ridge Ending과 Ridge Bifurcation은 Record Format에서 사용된다.

- Core and Delta Placement and Direction (그림 13)

Core와 Delta는 지문에서 관심의 대상이 되는 점이다. 이들은 한 지문에 0개 또는 1개 이상의 Core와 Delta Point를 가진다. Core와 Delta의 방향과 위치에 대해 정의한다.

- Core의 위치는 지문의 융선 중에서 만곡도가 가장 큰 부분을 찾아 최대한 만곡도에 가장 가까운 Ridge의 끝점의 위치로 정의하고, 방향은 오목한 Ridge의 열린방향으로 정의한다.

- Delta의 위치는 하나의 Ridge가 두개의 Ridge로 발산하기 시작하는 세점의 공간적

〈표 4〉 Minutiae Record Format<sup>[3]</sup>

Field	Size	Valid Value	Notes
Format Identifier	4 bytes	0x464d5200('F' 'M' 'R' 0x0)	"FMR" – finger minutiae record
Version fo this Standard	4 bytes	n n n 0x0	"XX"
Length of total record in bytes	4 bytes	24-4294967295	Either 0x0018 to 0x000FFFFFFFFF
Capture Equipment Certification	4 bits		Compliance with fingerprint Image Quality
Capture Equipment ID	12 bits		Vendor specified
Image Size in X	2 bytes		In pixels
Image Size in Y	2 bytes		In pixels
X (horizontal) Resolution	2 bytes		In pixels per cm
Y (vertical) Resolution	2 bytes		In pixels per cm
Number of Finger Views	1 bytes	0-255	
Reserved byte	1 bytes	00	0 for this version of the standard
Finger Position	1 bytes	0-10	Refer to ANSI/NIST standard
View Number	4 bits	0-15	
Impression Type	4 bits	0-3 or 8	
Finger Quality	1 bytes	0-100	0-100
Number fo Minutiae	1 bytes		
X (Minutiae type in upper 2 bits)	2 bytes		Expressed in image pixels
Y (Minutiae type in upper 2 bits)	2 bytes		Expressed in image pixels
$\theta$	1 bytes		Resolution is 1.40625 degrees
Quality	1 bytes		1 to 100 (0 indicate "quality not reported")
Extended Data Block Length	2 bytes		0x0000 = no prvate area

평균으로 정의하고 각은 발산하는 Ridge의 Delta로부터 바깥쪽으로 향하는 방향으로의 Tangent값으로 정의 된다.

#### ④ Minutiae Record Format

특징점 데이터는 기본 데이터와 확장 데이터를 포함하는 표준 호환 포맷으로 표현된다. 표준에 대한 포맷 식별자와 버전을 제외하고는 모두 바이너리코드로 표현되며 분리자나 필드 태그는 없다. 레코드의 구성은 고정길이 레코드 헤더가 24바이트이고 각 손가락에 대한 Single Finger Record Header 4바이트와 6바이트의 고정길이 특징점 데이터와 하나이상의 확장 데이터영역

으로 구성된다[그림 13].

Format Identifier 필드에 지문 특징점 데이터 포맷은 "FMR0" 이라고 쓰는데 0는 NULL String 종료자 이다. Version Number에는 특징점 포맷을 구성하는데 사용한 표준화 버전을 기록하기 위한 영역으로 4바이트가 할당된다. 3바이트의 아스키값과 한바이트의 NULL 스트링으로 구성되는데, 첫번째 와 두번째 바이트는 주 버전을 3번째 바이트는 서브버전을 나타낸다. Length of Record 전체 레코드의 길이를 기록하는데 4바이트를 활용한다. Capture Equipment Certifications, 이 필드는 4비트로 이루어 지며 지문영상을 획득하는데 쓰인 입력 센서가 규격

검정 방법에 적합한지를 체크한다. 최상위 비트가 1이면 미국 FBI의 영상품질특성에 만족한다는 것이다. Capture Device ID에는 공급자(Vendor)가 제공하는 지문영상입력기의 ID를 말한다. Size of Scanned Image in X Direction에는 X 축 방향의 영상의 사이즈, Size of Scanned Image in Y Direction에는 Y 축 방향의 영상의 사이즈, X (Horizontal) Resolution에는 센티미터당 픽셀 수로 X 축 방향의 해상도를 2바이트로 표현하여 저장하고 Y(Vertical) Resolution에는 센티미터당 픽셀 수로 Y축 방향의 해상도를 2바이트로 표현하여 저장한다. Number of Fingers에는 특징점 레코드를 작성할 때 사용된 손가락(지문)의 수를 나타낸다[표 4].

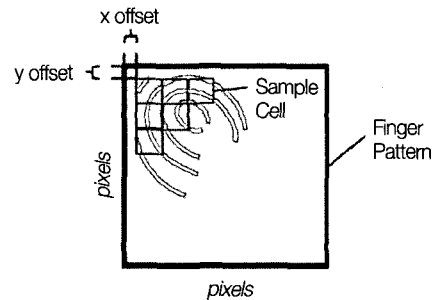
각 손가락의 데이터를 표현하는 섹션은 Finger Header로 시작되어야 한다. 즉, Finger Minutiae Record에 포함된 손가락은 각각의 헤더를 가져야 한다. Finger Header는 총 4바이트로 구성되는데 Finger Position(1바이트), View Number(4비트), Impression Type(4비트), Finger Quality(1바이트), Number of Minutiae(1바이트)가 그것이다.

Extended Data Block Length를 나타내기 위하여 2바이트가 사용되며 이 필드의 값이 0이면 확장 데이터는 존재하지 않으며, 그렇지 않을 경우 해당 수 만큼의 확장 데이터가 존재함을 나타낸다. 확장 데이터가 존재할 경우 바로 이어지는 2바이트의 필드를 이용하여 확장 데이터의 종류를 구분하게 되는데, 2바이트 모두가 0일 경우 확장 데이터가 없으며, 첫 바이트가 0이면 뒤에 따르는 바이트에 따라 Ridge, Core, Zonal Quality 등의 정의된 확장데이터를 의미하고, 첫 바이트가 0x01에서 0xFF 값을 가질 경우 Vendor Defined 확장 데이터 영역임을 나타낸다. 추출

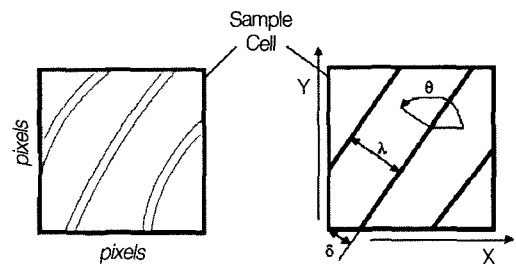
된 특징점 데이터와 사용자 고유의 확장 데이터는 위에서 설명한 방법으로 SIF(Standard Interchange Format) 템플릿을 생성하여 이기종 입력기간의 매칭에 이용한다.

### 3. Spectral Data Format

입력기로부터 획득한 지문 영상데이터의 주파수 성분(Spectral Component)을 추출하여 표준 데이터포맷으로 정형화 하였다. Spectral Data Format 생성을 위해서 크게 세단계의 과정을 거치게 되는데 첫번째로 Reduction in Resolution 과정이다. 이 과정은 지문 영상으로부터 필요한 만큼의 Down Sampled 영상을 잘라낸다. 두번째로 Cellular Partitioning과정인데 첫번째 과정에서 얻어진 Pattern에 대하여 일정한 크기를 갖



(a) Finger Pattern의 Cellular Partitioning<sup>[8]</sup>



(b) Spectral Components

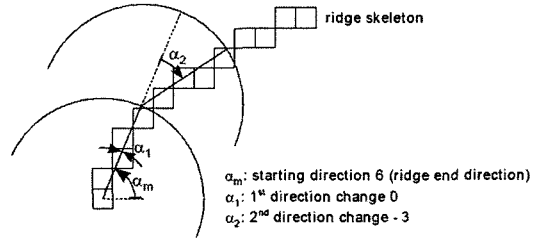
〈그림 15〉 Spectral Data Sample<sup>[8]</sup>

는 셀로 분할 한다. 이때 그림 15의 (a)와 같이 셀 크기와 Pattern의 크기가 정수배로 나뉘 떨어지지 않을 때 오프셋을 들수 있다. 세번째 과정은 Spectral Component Selection과정이다. 즉, 각 셀마다의 Spectral Component를 찾아내는 과정이라 하겠다. Spectral Information을 얻는 방법은 여러가지가 있다. 예를 들어 Fourier Transform, Gabor Filter등과 아래 그림 15의 (b)에서 설명하고 있는 미리 정의된 Spectral Triplets으로부터 구할 수도 있다<sup>8)</sup>.

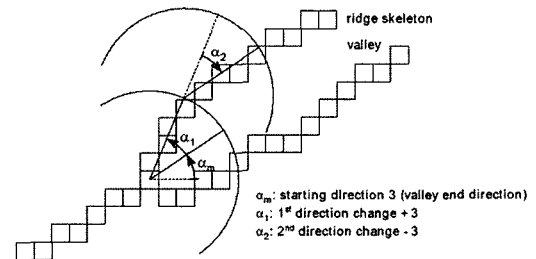
#### 4. Skeletal Data Format

입력기로부터 획득한 지문 영상데이터를 세션화하고 세션화된 라인을 정의된 엘리먼트로 코드화하여 표준데이터포맷으로 정형화 하였다. 세션화된 용선을 엔코딩하기 위해서 특징점을 4가지로 정의한다. 기본적 특징점인 Ridge Ending, Ridge Bifurcation, 이외에 Skeleton Encoding을 위해서 특징점은 아니지만 용선의 끝에서 Encoding을 시작해야만 할 때 이를 Virtual Minutiae라고 하고, Continuation Minutiae는 용선이 페루프로 닫혔을 때 이를 Encoding하기 위해서는 특징점을 지정해 주는데 만족도가 가장 큰 부분을 특징점으로 지정하고 이를 Continuation Minutiae라고 정의한다.

세션화된 영상에 있는 각 라인은 Offset 좌표에서 Starting Direction을 따라서 레코드헤더에 정의 되는 Polygonal Element의 정해진 길이에 준해서 각 스텝을 이용하면서 Encoding 된다. 이때 Minutiae는 Minutiae Type, Minutiae Direction, X Coordinate, Y Coordinate 등의 값을 가지며 연속되는 Polygonal Element는 앞의 Polygonal Element에 대한 상대적인 Direction



<그림 16> Encoding the Skeleton Ridge Ending<sup>9)</sup>

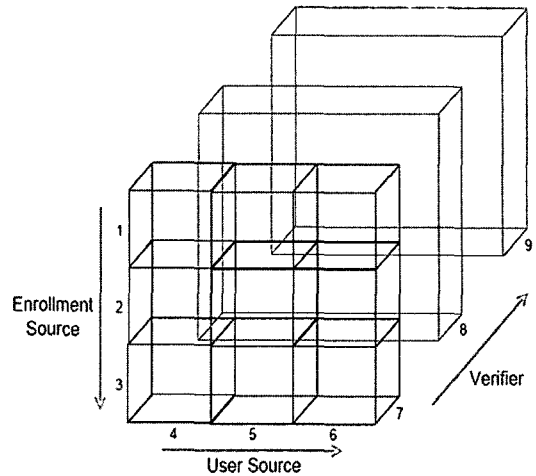


<그림 17> Encoding the Skeleton Ridge Bifurcation<sup>9)</sup>

변화에 의해서 정의된다. Direction Change는 90도 에서 +90도 사이에서 변하며, 헤더의 Bit depth 필드에 의해서 Direction Change의 Step Size가 정해진다. 예를 들어 Bit depth가 4이면  $2^4=16$ 단계로  $\pm 90$ 도를 표현하기 위해서는 Signed Integer형태로 표현되어야 하므로 7-7사이의 값으로 Encoding 된다. 4비트를 사용 할 경우의 End Marker는 1000으로 사용한다. 즉, 1로 시작해서 나머지 3개의 비트는 0으로 채우는 형태이다. 이러한 Direction Change를 라인의 끝이 될 때 까지 반복 수행하며 Direction Code의 끝이면 1000으로 채운다. 이때 Line End는 역시 Minutiae Type중에 하나일 것이다<sup>9)</sup>.

그림 16은 Minutiae Ending의 엔코딩과정을 보여주고 있다. Minutiae Ending의 초기 방향이  $\alpha_m = 6$  이고, 헤더에 정의된 Element의 길이 만

크의 진행 스텝에서 원래 Minutiae의 방향과 같으므로 Direction Change가 없으며, 다음에 역시 Element 길이 만큼 나아 갔을 때 만큼의 Direction 변화가 생겼다. 이는 각의 변화로 봤을 때 음의 방향으로 3 만큼의 변화가 생긴 것이다. 그림 17는 Minutiae Bifurcatin의 경우를 설명하고 있는데 역시 동일한 방법으로 진행하면 된다. Bifurcation의 경우 Starting Direction과 처음 Element의 방향이 항상 다르게 시작될 것이며, 동일 지점에서 두번의 엔코딩과정을 거쳐야 할 것이다.

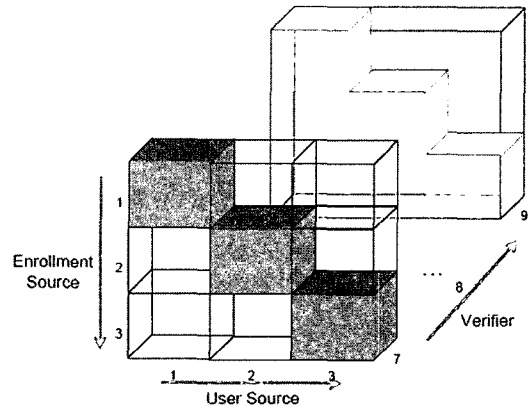


〈그림 18〉 General Interoperability Array<sup>[4]</sup>

#### IV. 호환성 평가 표준화

##### 1. Standard Interoperability Evaluation

Vendor가 소유하고 있는 지문인식 시스템 또는 알고리즘은 다른 시스템 또는 알고리즘과 호환이 가능하도록 하기 위하여 앞절에서 언급한 데이터 호환 표준을 만족하여야 한다. 이와 같이 SIFI(Standard Interchange Format Instance)를 이용했을 때 알고리즘 및 시스템간의 호환성 성능을 분석할 필요가 있다. 이에 따른 지문인식 호환 알고리즘의 평가를 위한 표준 또한 SC37에서 제정하고 있으며 평가항목으로 크게 6가지로 나뉘볼 수 있다. 먼저 호환성 평가를 위해서는 Interoperability Array를 이해할 필요가 있다. 그림 18에서 보는바와 같이 등록에 사용된 SIFI Generator에 의해 생성된 Enrollment Source와 사용자의 입력에 사용된 SIFI Generator에 의해 생성된 User Source가 있다고 가정할 때 각 Vendor의 Matcher(Verifier)를 이용한 매칭의 성능을 분석함으로써 호환성 평가를 수행 할 수 있다. 호환성 평가에 사용되는 평가 Measure는



〈그림 19〉 Homogeneous Generator Application Space<sup>[4]</sup>

FVC(Fingerprint Verification Competition)에서 사용하는 Measure를 그대로 사용할 수 있으며 단지 다음 6가지를 호환성 평가를 위한 추가 항목들 (Metrics)을 표준화 하고 있다. Homogenous Interoperability, Proprietary Performance, SIF Performance, Absolute Interoperability, Relative Interoperability, Sufficiency, Heterogeneous Interoperability가 그것이다. Homogenous Interoperability는 하나

Items	Vendor 1 proprietary matcher	Vendor 2 proprietary matcher	Vendor 3 proprietary matcher
Vendor 1 proprietary generator	$P_{11}$	NA	NA
Vendor 2 proprietary generator	NA	$P_{22}$	NA
Vendor 3 proprietary generator	NA	NA	$P_{33}$

〈그림 20〉 Proprietary Performance Matrix (PPM)<sup>[4]</sup>

Items	Vendor 1 SIF matcher	Vendor 2 SIF matcher	Vendor 3 SIF matcher
Vendor 1 SIF generator	$c(F_{11}, F_{11})$	$c(F_{12}, F_{22})$	$c(F_{13}, F_{33})$
Vendor 2 SIF generator	$c(F_{21}, F_{11})$	$c(F_{22}, F_{22})$	$c(F_{23}, F_{33})$
Vendor 3 SIF generator	$c(F_{31}, F_{11})$	$c(F_{32}, F_{22})$	$c(F_{33}, F_{33})$

〈그림 22〉 Relative Interoperability Matrix<sup>[4]</sup>

Items	Vendor 1 SIF matcher	Vendor 2 SIF matcher	Vendor 3 SIF matcher
Vendor 1 SIF generator	$F_{11}$	$F_{12}$	$F_{13}$
Vendor 2 SIF generator	$F_{21}$	$F_{22}$	$F_{23}$
Vendor 3 SIF generator	$F_{31}$	$F_{32}$	$F_{33}$

〈그림 21〉 Absolute Interoperability Matrix<sup>[4]</sup>

Items	Vendor 1 SIF matcher	Vendor 2 SIF matcher	Vendor 3 SIF matcher	
Vendor 1 SIF generator	$c(F_{11}, P_{11})$	$c(F_{12}, P_{22})$	$c(F_{13}, P_{33})$	Overall Sufficiency
Vendor 2 SIF generator	$c(F_{21}, P_{11})$	$c(F_{22}, P_{22})$	$c(F_{23}, P_{33})$	
Vendor 3 SIF generator	$c(F_{31}, P_{11})$	$c(F_{32}, P_{22})$	$c(F_{33}, P_{33})$	

Single Vendor Sufficien

〈그림 23〉 Sufficiency Matrix<sup>[4]</sup>

의 Matcher(Verifier)를 이용하여 Enrollment Source와 User Source가 동일 Vendor에 대하여 성능을 분석하는 것이며 그림 19에서 강조된 대각선 요소가 그것이다. Proprietary Performance는 호환을 위한 템플릿 표준인 SIF를 사용하는 게 아니라 기관 및 기업 고유의 포맷을 그대로 이용한 인식 성능을 말하며 그림 20에서 보는 바와 같이 각 Vendor 자체의 Enrollment 와 User Source에 대해서만 테스트가 가능하다. 이에 비해 SIF Performance는 그림 21에 보는 바와 같이 호환 표준 포맷인 SIF를 이용한 성능을 말하며 다른 Vendor사이의 성능을 테스트 하여 각각의 Matrix 요소를 채운다. 그림 22은 Absolute Interoperability를 나타내는데 특정 Vendor  $i$ 가

Matcher $k$	Vendor 1 SIF matcher	Vendor 4 SIF matcher	Vendor 5 SIF matcher
Vendor 1 SIF generator	$F_{11k}$	$F_{14k}$	$F_{15k}$
Vendor 2 SIF generator	$F_{21k}$	$F_{24k}$	$F_{25k}$
Vendor 3 SIF generator	$F_{31k}$	$F_{34k}$	$F_{35k}$

〈그림 24〉 Heterogeneous Interoperability Matrix<sup>[4]</sup>

만든 SIF템플릿을 다른 Vendor  $k$ 의 Matcher를 이용하여 매칭한 성능을 말하며, 그림 23에서 나타나는 Relative Interoperability는 Absolute Interoperability를 Matcher를 제공한  $k$ 의

〈표 5〉 Enhanced Test : Dual Finger FRR at 1% FAR for All Visits

	A	B	C	E	F	G	Enrol Product
A	3.5%	52.3%	10.4%	6.8%	-1.1%	6.3%	
B	2.2%	97.4%	5.9%	-0.5%	1.8%	-0.9%	
C	0.0%	96.1%	3.6%	-1.4%	0.2%	0.2%	
E	4.6%	96.3%	3.8%	0.2%	-1.2%	-2.5%	
F	5.7%	74.7%	6.9%	8.2%	0.0%	3.0%	
G	1.7%	92.7%	38.7%	-3.7%	15.5%	-4.8%	
Verify Product							

Generator를 이용한 성능 F로 Normalization 시켜 준 값으로 자사의 Generator에 의해 만들어진 SIFI에 대해 자사의 Matcher로 매칭한 성능 대비 타사의 Generator에 의해 만들어진 SIFI에 대하여 자사의 Matcher를 이용한 성능 비를 의미한다. Sufficiency는 Vendor의 고유한 포맷을 이용한 성능대비 SIFI를 이용한 성능의 비를 말하며 이를 통해 SIFI를 이용했을때의 성능변화를 알 수 있다. 마지막으로 그림 24에서는 Heterogeneous Interoperability를 나타내고 있는데 Enrolled SIFI, User SIFI, Matcher가 모두 다를 때 Interoperability를 말한다.

## V. 평가사례

### 1. ILO Seafarer's Test

국제노동기구인 ILO(International Labour Organization)에서는 해양선원의 출입국관리를 위한 호환성 평가를 위해 Convention No. 185를 제정하여 호환성 평가를 실시하였고, 2004년에는 Finger Minutiae based Biometric Profile을 제정하고, SC37 표준화 기구에 Finger Minutiae Data에 대한 표준안을 제안하였다. ILO의 호환

성 평가는 Conformance, Performance, 그리고 Interoperability 3 부분에 대해서 하였으며 119명의 선원에 대하여 왼쪽과 오른쪽 손의 엄지 손가락을 등록하여 3번의 시도로 평가를 수행하였다. 지원자들은 한번의 등록과 테스트를 위한 방문과 두번의 테스트를 위한 방문으로 테스트 기간동안 총 3번의 방문을 하였다. Conformance Test는 BioAPI의 적합성을 만족하는지 테스트를 하고 Interoperability와 그것의 Performance를 평가하였다. 표 5는 호환성 평가의 결과 예를 보여주고 있다.

### 2. MINEX04

Mintiae Interoperability Exchange Test 2004 (MINEX04)는 다른 지문인식 시스템 사이에서 지문에 대한 정보로 Minutiae Data를 이용한 실행 가능성을 결정하기 위한 목적 아래 MINEX04에 15개의 기관이 등록되어 호환성 테스트를 받고 있다<sup>6)</sup>. 참가 기관은 소정의 지원양식을 작성하여 지원하면 되고 참가를 위해서는 MINEX에서 지원하는 API Specification을 만족하여야한다.



## VI. 결 론

이상에서 지문인식의 호환에 있어서 해결해야 할 문제점과 준용해야 할 여러가지 표준안에 대하여 살펴보고 또한 호환성 평가 방법 및 테스트 사례에 대해 살펴 봤다. 지문인식의 호환에 있어서 선결 되어야 할 과제로는 다양한 지문센서로부터 발생하는 센서간 상이한 해상도, 종횡비, 왜곡, 영상 크기이다. 이러한 문제를 해결할 수 있는 센서 독립적인 특징벡터 및 SIFI 데이터표준을 준용하는 추출 및 매칭알고리즘의 개발이 시급히 필요하며 다른 시스템과의 호환을 위해서는 BioAPI와 CBEFF와 같은 인터페이스 표준을 준용하여야한다. 또한 평가를 위한 DB 구축 작업도 중요한 요소이며 평가 표준에 준하는 평가 절차와 평가 항목에 대한 평가를 진행하여야 하며 이기중 입력기간의 원활한 호환을 위해서는 센서의 표준화 및 센서평가에 관한 표준도 정해 지기를 바란다.

### 참고문헌

[1] <http://www.itl.nist.gov/div895/isis/bc/cbeff/CBEFF%20Data%20Elements.htm>  
 [2] <http://www.bioapi.org/>  
 [3] ISO/IEC JTC 1/SC 37 N945, Text of FDIS 19794 2, Biometric Data Interchange Formats Part 2: Finger Minutiae Data.  
 [4] Text of CD 19795 4, Biometric Performance Testing and Reporting Part 4: Performance and Interoperability Testing of Interchange Formats.  
 [5] <http://www.ilo.org>  
 [6] <http://fingerprint.nist.gov/minex04/>  
 [7] ISO/IEC JTC 1/SC 37 N341, Text of CD 19794 4, Biometric Data Interchange Formats Part 4: Finger

Image Data.

[8] ISO/IEC JTC 1/SC 37 N947, Text of 2nd FCD 19794 3, Biometric Data Interchange Formats Part 3: Finger Pattern Spectral Data.  
 [9] ISO/IEC JTC 1/SC 37 N962, Text of CD 19794 8, Biometric Data Interchange Formats Part 8: Finger Pattern Skeletal Data.

## 용 어 해 설

### 정보개시의무 (Duty to disclose)

특허출원 시에 출원에 관계된 자인 발명자, 출원인 등이 출원특허와 관련된 정보를 특허청에 의무적으로 개시하여야 한다는 제도. 우리나라는 시행하지 않고 있으나 미국 연방 행정규칙에는 "특허출원 및 심사과정에서 특허를 받고자하는 자는 정직(candor), 신의(good faith) 및 개시의무를 부담하며, 당해 출원발명의 특허성에 중요하다고 생각되는 정보를 모두 공개하여야 한다."고 명시되어 있다. 개시해야 하는 정보는 선행특허, 간행물, 사용 및 판매 또는 타인의 선행발명, 동시에 계류중인 다른 특허출원 등 출원 당시에 이미 알고 있었던 정보와 관련 외국출원, 관련 소송, 계속중인 다른 미국출원과 관련된 정보, 전시회, 동료나 경쟁자와의 대화 등 출원이후 과정에서 알게 된 모든 정보 등을 말한다.

## 저자소개



김학일

1979년-1983년 서울대학교 공과대학 제어계측공학과 학사학위 취득  
 1983년-1984년 (미)Case Western Reserve Univ. 전기공학과 석사과정  
 1984년-1985년 (미)Purdue Univ. 전기/컴퓨터 공학과 석사학위 취득.  
 1985년-1990년 (미)Purdue Univ. 전기/컴퓨터 공학과 박사학위 취득.  
 1983년-1984년 (미)Case Western Reserve Univ. 전기공학과 실험조교.  
 1985년-1990년 (미)Purdue Univ. 전기/컴퓨터공학과 연구조교.  
 1987년-1988년 석사장교(예비역 소위)  
 1990년-현 재 인하대학교 정보통신대학원 교수  
 2001년-현 재 한국생체인식포럼 시험평가분과 위원장  
 2002년-현 재 한국정보보호진흥원 생체인식기술 자문위원  
 2002년-현 재 한국전자통신연구원 생체인식기술 자문위원  
 2002년-현 재 ISO/IEC JTC1-SC37 (Biometrics) 국내 및 국제 전문위원  
 2003년-현 재 산업과학기술협회 연구클러스터 생체인식기술 전문위원  
 2004년-현 재 Pattern Recognition Letter Associate Editor  
 2005년-현 재 ITU-T SG17/Q.8 Associate Rapporteur  
**주관심분야** 생체인식(Biometrics), 패턴인식(Pattern Recognition), 컴퓨터비전(Computer vision), 해양 GIS/GPS 응용(Ocean GIS & Applications of GPS), 자율주행로봇(Autonomous Mobile Robots), 센서 및 계측공학(Sensors and Measurement Engineering)

## 저자소개



한영찬

1998년 대구대학교 제어계측공학과 학사  
 2000년 인하대학교 자동화공학과 석사  
 2000년-현 재 인하대학교 정보통신공학과 박사과정  
**주관심분야** 영상신호처리, 생체인식, 패턴인식, 인공지능, 디지털신호처리, 자동제어, 모빌로봇