

Base de Datos Interoperable para Biometría de la Mano

Ester González, Aythami Morales, Miguel A. Ferrer

Instituto Universitario para el Desarrollo Tecnológico y la Innovación en Comunicaciones
Departamento de Señales y Comunicaciones
Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, mferrer@dsc.ulpgc.es

Abstract. La identificación de personas mediante biometría de la mano ha suscitado el interés de diversos grupos de investigación por su sencillez, fiabilidad y aceptabilidad. De hecho, en los últimos años se han presentado múltiples trabajos basados en los diversos rasgos de la mano tales como morfología, textura de la palma o dedos, nudillos, distribución vascular y combinación entre ellos a diversos niveles. Aunque estos estudios abarcan tanto entornos de laboratorio como realistas en diferentes ámbitos operacionales, no se ha abordado un estudio de interoperabilidad entre dispositivos dedicados a biometría de la mano. Este artículo propone el desarrollo y diseño de una base de datos adquirida con diferentes dispositivos biométricos de la geometría y textura de la palma de la mano con el objetivo de estudiar la interoperabilidad entre ellos.

Keywords: Identificación biométrica, biometría de la mano, geometría de la mano, textura de la palma de la mano, combinación de biometrías, fusión de biometrías, interoperabilidad.

1 Introducción

Desde siempre, nuestra sociedad ha considerado de gran importancia mantener la privacidad de la información confidencial. Por ello, resulta crucial tener un control de identidad en el acceso a cualquier servicio.

Los sistemas de autenticación que tradicionalmente se han utilizado son aquellos que requieren algo conocido únicamente por el usuario, como puede ser una contraseña, y aquellos que requieren de un objeto poseído solo por el usuario, véase una tarjeta de identificación. La principal desventaja de este tipo de sistemas de autenticación es la gran facilidad de usurpación de la identidad del individuo. Como resultado, poco a poco han aparecido otro tipo de métodos en los que resulta más complicado suplantar una personalidad como son los sistemas basados en biometrías del individuo a identificar.

Los sistemas biométricos son aquellos que utilizan alguna característica física o de comportamiento propia de un individuo para su identificación. Las principales características que un rasgo biométrico debe cumplir para garantizar la viabilidad del sistema son universalidad, que todas las personas dispongan de dicho rasgo, discriminante, dicho rasgo debe permitir diferenciar a dos personas, invariante, el

rasgo biométrico debe permanecer estable en el tiempo, y cuantificable, el rasgo debe ser descrito mediante un conjunto de números.

Adicionalmente, y desde un punto de vista comercial, un sistema biométrico ha de tener una buena relación calidad/coste, esto es, debe proporcionar una tasa de aciertos aceptable con un número de recursos razonable. Igualmente, se ha de tener en cuenta la aceptabilidad del sistema por parte del usuario. Finalmente, y no por ello menos importante, se tiene que evaluar la robustez del sistema frente a los posibles fraudes minimizando su vulnerabilidad.

Los principales sistemas biométricos que miden rasgos físicos se basan en secuencias de ADN, la cara, la mano, huella dactilar, iris, etc. Por otro lado algunos ejemplos de sistemas biométricos de comportamiento son la letra manuscrita, la firma y la voz.

De todos ellos, la mano es uno de los sistemas biométricos que aporta una fiabilidad suficiente para ser utilizada en entornos realistas con coste bajo. Igualmente, una de las principales ventajas reside en las diferentes características disponibles con una sola adquisición y que pueden combinarse entre sí, por ejemplo su geometría, la huella palmar, las venas, etc. También se ha demostrado que el sistema biométrico tiene bastante aceptabilidad entre los usuarios por ser poco intrusivo y de procesamiento rápido. Incluso últimamente la comunidad científica se ha organizado para intercambiar bases de datos de forma que los diferentes algoritmos puedan contrastarse frente a los mismos datos.

Uno de las cuestiones pendientes de trabajar en biometría de la mano es la interoperabilidad de dispositivos, es decir, entrenar un usuario con el dispositivo biométrico de manos A e identificarlo con el dispositivo biométrico de manos B. Hasta el momento no se conoce ninguna base de datos para abordar dicho problema.

En éste artículo se pretende abordar dicha problemática presentando un conjunto de sistemas de biometría de la mano con los cuales se pretende realizar una base de datos común, esto es, todos con las mismas personas y en las mismas condiciones.

Los sistemas que se pretenden utilizar son: 1) adquiriendo la mano por el dorso de la mano, 1.a) una webcam en visible, 1.b) una webcam en infrarrojo cercano (NIR: 850nm) y 1.c) una cámara en la banda infrarroja de onda corta (SWIR: 1450nm). 2) adquiriendo la mano por la parte de la palma: 2.a) un scanner sin topes, 2.b) un dispositivo PRM233c big eye de la empresa Hungarian Recognition que sólo capta los dedos en la banda visible e infrarroja, 2.c) dos webcams en paralelo en las bandas visible e infrarroja (NIR) que capturan la mano sin contacto y 2.d) dos webcams alineadas mediante un hot mirror que captura la imagen de la mano en las bandas visible e infrarroja (NIR).

En lo que resta de artículo, en el siguiente apartado se realizará una breve revisión del estado del arte en biometría de la mano, en el apartado 3 se describirán los sistemas de biometría de la mano enumerados, el apartado 4 describirá los resultados obtenidos con cada uno de ellos utilizando las bases de datos con las cuales se han ajustado, el apartado 5 se dedicará al diseño de la base de datos que se pretende realizar y se concluirá el artículo con las conclusiones en el apartado 6, agradecimientos y bibliografía utilizada.

2 Estado del Arte

Dejando de lado la huella dactilar, las primeras publicaciones relevantes referentes a biometría de la mano datan de 1999 [1]. Estos primeros sistemas estaban basados en imágenes del dorso de la mano, usando como sistemas de adquisición sensores CCD. Los rasgos biométricos se basaban en anchos y largos de los dedos así como medidas geométricas de la palma de la mano. Las tasas de verificación se situaban por debajo del 3%. Estos sistemas utilizaban topes que guiaban al usuario en la colocación de la mano. Puesto que los topes deforman la mano al forzar su postura y añaden complejidad al sistema, pronto surgieron sistemas libres de topes [2] principalmente basados en escáneres comerciales como sistemas de adquisición los cuales obtienen como imagen de partida la palma de la mano.

Al mismo tiempo que se desarrollan los sistemas basados en la geometría, se estudian sistemas basados en la palma de la mano, los cuales se pueden dividir en los basados en textura [3] y en los basados en huella palmar [4]. Los sistemas basados en textura utilizan filtros para obtener un mayor contraste entre líneas de la mano. En [5] se estudian diferentes filtrados y se propone el uso de filtros gaussianos ortogonales entre sí. Una vez se tiene la imagen filtrada, se binariza y se utiliza como máscara. La clasificación de las diferentes máscaras se realiza a partir de la distancia de Hamming Normalizada. Utilizando las bases de datos públicas UST y PolyU se consiguen errores inferiores a 0.22%.

Los sistemas basados en huella palmar extraen medidas locales de la palma de la mano similares a las minucias. En [4] se estudia la robustez del método de extracción de medidas “Speed-up Robust Features”. Usando como referencia las bases de datos IIT and PolyU se obtienen errores por debajo de 0.02%. Respecto a la robustez, el método se muestra robusto ante cambios de escala, rotación y oclusión. En [6] se utilizan minucias extraídas de la huella dactilar palmar de forma similar a como se hace con huellas dactilares. Por lo general, los sistemas basados en huella palmar precisan de una mayor resolución y calidad de imagen aportando a su vez unas tasas de reconocimiento mayores.

El siguiente paso lógico es la utilización de esquemas multimodales, pues la imagen de la palma de la mano permite obtener medidas de geometría y textura [7]. Surge también la textura de los dedos como otro rasgo a fusionar [8]. Aparecen nuevas formas de parametrización de la textura de la palma [9-11] así como de métodos de fusión entre las biometrías de la mano. La utilización de sistemas multimodales hace caer las tasas de error a niveles similares a los ofrecidos por sistemas basados en huellas dactilares.

Como último paso, se comienza a mostrar interés por los sistemas de biometría de la mano sin contacto con la intención de mejorar las medidas higiénicas y ganar aceptabilidad por parte de los usuarios. Zheng *et al.* [12] proponen el uso de medidas invariantes a los cambios de proyección para su aplicación en sistemas sin contacto. En trabajos recientes [13] han aparecido sistemas sin contacto basados en la palma y el patrón vascular de la palma de la mano. El sistema fusiona ambos rasgos a nivel de características y muestra unas tasas de errores cercanas al 0.5%. La segmentación de la mano se facilita utilizando una “caja negra” donde el usuario debe introducir la mano.

Buscando eliminar la necesidad de ningún tipo de caja negra, en [14] se propone un sistema biométrico sin contacto basado en la geometría de la mano para su utilización en entornos operacionales. La utilización del espectro infrarrojo hace posible la segmentación en entornos no controlados. El sistema reporta unos errores cercanos al 3%. Como clasificador se propone el uso de Maquinas de Soporte Vectorial.

3 Sistemas Biométricos

En este apartado se realizará una breve descripción de cada uno de los sistemas de biometría de la mano con los que se pretende estudiar la interoperabilidad. Los sistemas se presentarán comenzando por los que adquieren la imagen de la mano por el dorso, se continuará con los que adquieren la palma precisando contacto con el dispositivo para terminar con los que no requieren contacto.

3.1 Sistemas que Adquieren la Imagen del Dorso de la Mano

En este caso adquirimos tres imágenes: una en visible, otra en la banda NIR de 850nm y la última en la banda SWIR de 1450nm. Se ilumina con una bombilla incandescente que emite radiación en las tres bandas de interés. Tres cámaras se colocan en la vertical de la mano. El montaje de este sistema se puede observar en la figura 2. La cámara en la banda visible es una webcam de 640x480 pixeles. La cámara en la banda NIR es otra webcam de 640x480 pixeles modificada para operar en infrarrojo. La modificación consiste en quitar el filtro de visible y poner un filtro de visible. La cámara en la banda SWIR consiste en un sensor de AsGaIn sensible desde 900 a 1700nm con una lente filtro pasobanda centrada en 1450nm y ancho de banda 250nm. Un ejemplo de las tres imágenes adquiridas puede verse en la figura 1. Con éste sistema podemos identificar personas mediante la geometría de su mano.



Fig. 1. Imágenes adquiridas del dorso de la mano en las bandas visible (izquierda), infrarrojo cercano (centro) y 1450nm (derecha).

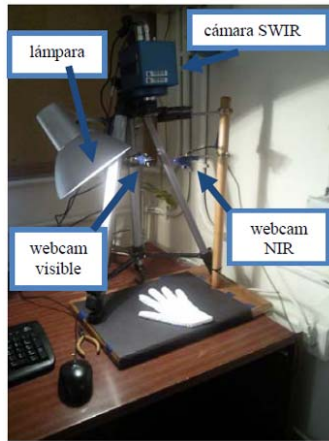


Fig. 2. Sistema para adquirir imágenes del dorso de la mano en visible y en dos bandas de infrarrojo: de 850nm a 1000nm y en 1450nm.

3.2 Sistemas que Adquieren la Palma de la Mano con Contacto

Sistema Basado en el Escáner. Es uno de los sistemas de biometría de la mano clásicos. El usuario deposita su mano sobre el escáner con la única restricción de no tocar los bordes de la pantalla del escáner y tener los dedos extendidos, tal y como puede observarse en la figura 3. El escáner adquiere la imagen a 60 ppp con 256 niveles de gris adquiriendo imágenes de 500 x 700 píxeles. Con este sistema podemos obtener medidas de la geometría de la mano, textura de la palma y dedos. Un ejemplo de imagen adquirida caso puede verse en la figura 4.



Fig. 3. Ejemplo de uso de un escáner para adquirir la palma de la mano.



Fig. 4. Imagen de la mano adquirida mediante un escáner.

Sistema Basado en el PRM233c Big Eye. Este dispositivo desarrollado por la empresa *Hungarian Recognition* se diseñó con el fin de obtener imágenes de pasaportes en banda visible, infrarroja y ultravioleta. El dispositivo se muestra en la figura 5. En el presente contexto se pretende utilizarlo para adquirir imágenes de la mano. Como no cabe la mano completa, se adquiere la imagen de los dedos índice a meñique. Por tanto las biometrías de la mano disponibles serán la geometría de los dedos y la textura de los dedos. Están disponibles la imagen en visible y en infrarrojo. La luz ultravioleta está desconectada pues es dañina para el ojo humano. Las imágenes son tomadas por una cámara con un sensor CCD iluminando la mano primero con leds de luz blanca y posteriormente con leds de infrarrojo. Las imágenes obtenidas son de 1000 por 1040 píxeles. La figura 6 muestra un ejemplo de la imagen visible e infrarroja adquirida.



Fig. 5. Dispositivo PRM233c utilizado para biometría de los dedos de la mano.



Fig. 6. Imagen de la mano adquirida por el PRM233c big eye. Banda visible (izquierda) e infrarroja (derecha).

Sistemas de Adquisición Multiespectral sin Contacto. Estos sistemas están pensados para verificar usuarios a través de la geometría de la mano y la textura de la palma.

Para ello se utilizan dos webcams, una ajustada para adquirir imágenes en la banda NIR y la otra en visible. La webcam NIR se utiliza para facilitar la segmentación de la mano en entornos abiertos. Para ello, sus parámetros se ajustan a un tiempo de exposición muy pequeño, un brillo bajo, un contraste alto y una ganancia alta. Con ello se obtienen imágenes saturadas donde la mano aparece brillante en primer plano y el fondo oscuro.

La webcam visible se utiliza para obtener una imagen de la palma de la mano. Sus parámetros se ajustan con un tiempo de exposición muy pequeño que evite imágenes borrosas debidas a posibles movimientos de la mano durante el tiempo de adquisición de las imágenes.

La placa que contiene ambas webcams contiene diodos LED de IR y luz blanca para iluminar la mano y obtener imágenes menos dependientes del entorno lumínico. Los diodos se sitúan de forma que iluminen uniformemente la mano. Las cámaras utilizadas son de 1200x1600 píxeles. Según se coloquen estas dos cámaras tenemos dos sistemas biométricos diferentes:

Sistema con Dos Cámaras Independiente. En este caso se coloca una cámara a unos 5 cm de la otra. La figura 7 muestra el montaje de este sistema. La cámara en infrarrojo se utiliza para segmentar la la mano. Con el fin de aumentar la capacidad discriminativa del dispositivo, se pide al usuario que acerque la mano y ésta cámara tan solo adquiere la imagen de los dedos de la mano, de forma similar al PRM233c. La webcam que opera en visible esta colocada de forma que al adquirir la webcam NIR la imagen de los dedos, ésta adquiere la imagen de la palma de la mano. El problema de la imagen en visible es la precisa segmentación de la mano. Para ello se aproxima su contorno desplazando el perímetro de la mano segmentada en NIR y se realiza un ajuste fino mediante un *Adaptive Shape Model* (ASM). Un ejemplo de las imágenes adquiridas puede verse en la figura 8.

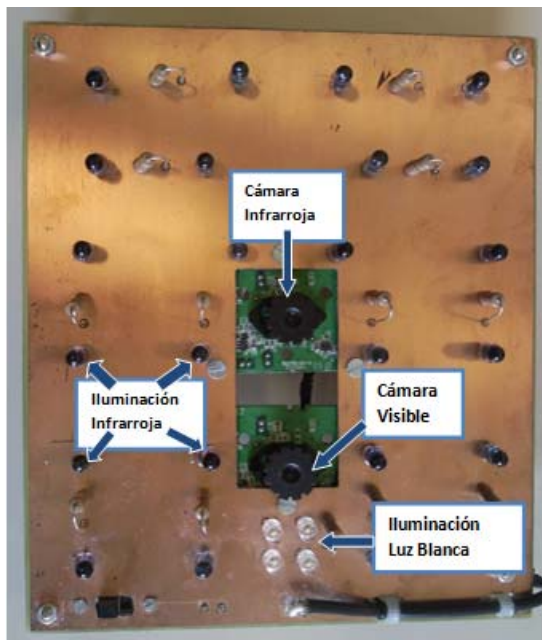


Fig. 7. Sistema formado por dos webcams independientes para biometría de la mano sin contacto.



Fig. 8. Imágenes adquiridas por las dos webcams independientes del dispositivo para biometría de la mano sin contacto: arriba en infrarrojo y abajo visible.

Sistema con las Dos Cámaras Alineadas. En este caso se utilizan las dos webcams mencionadas, una en visible y otra en infrarrojo, alineadas con un hot mirror que permite pasar la banda NIR y refleja la banda visible. En la figura 9 se muestra el montaje de este sistema. El espejo Cold Mirror está situado entre estas dos cámaras a

45° de cada una de ellas. En este caso la imagen de ámbas cámaras es la misma, aunque la mano debe situarse más lejos para incluir los dedos y la palma de la mano en la imagen con la consiguiente pérdida de precisión. En la figura 10 pueden verse las imágenes adquiridas.

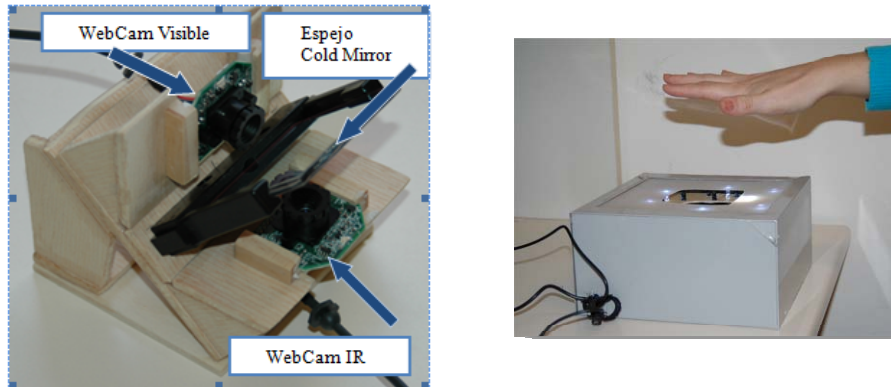


Fig. 9. Las dos cámaras alienadas con el *hot mirror*. Izquierda: detalle del montaje del *hot mirror* con las dos webcams en 45 grados. Derecha: Ejemplo de adquisición de muestras.



Fig. 10. Imágenes adquiridas con las dos cámaras alienadas. Izquierda imagen en visible, derecha imagen en NIR.

Una vez descritos los diferentes sistemas, pasamos a describir los experimentos realizados con ellos de forma independiente.

4 Experimentos Realizados con los Dispositivos de Biometría de la Mano

Con el fin de un futuro estudio de interoperabilidad, es necesario que los parámetros obtenidos de la mano sean, en la medida de lo posible, independientes del sensor. Con dicha finalidad, se propone un procesado común a todos los dispositivos.

4.1 Segmentación de la Mano.

Puesto que los sistemas de adquisición se han diseñado para dar imágenes con un contraste alto, al segmentación de la mano se ha realizado binarizando la imagen mediante el método de Otsu seguido de las clásicas operaciones de eliminación de ruido tipo sal y pimienta y relleno de huecos.

4.2 Extracción de Puntos Característicos

El contorno se ha representado en coordenadas polares, siendo el origen el centro de la parte inferior de la imagen la cual corresponde a la muñeca, tomando los máximos y mínimos del radio como una primera aproximación de las puntas de los dedos y valles entre dedos respectivamente. A partir de estos puntos se aproximan los laterales por rectas que minimizan el error cuadrático medio con el contorno del dedo. El corte del contorno del dedo con la recta promedio de ambos lados del dedo es una estimación más precisa de la punta del dedo.

4.3 Extracción de la Palma de la Mano.

Para extraer una imagen invariante de la palma de la mano, se traza la circunferencia que minimiza el error cuadrático medio con los valles y el contorno de la palma de la mano. Un ejemplo de dicha circunferencia puede verse de la figura 11. Dicha imagen circular se rota el ángulo de la recta que aproxima el contorno de la palma de la mano por el lado del meñique. Si la circunferencia sale de la imagen pues el usuario ha puesto la mano muy baja en relación a la webcam se pide una nueva muestra.

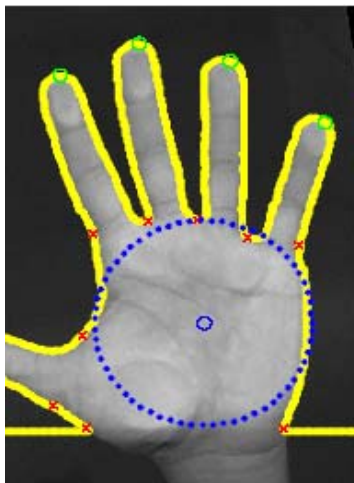


Fig. 21. Área de la palma invariante a la postura de la mano

5.4 Parámetros Utilizados.

El conjunto de parámetros utilizados es el siguiente:

Geométricos. Se ha utilizado únicamente el ancho de los dedos índice a meñique. Se obtienen dos conjuntos de parámetros que caracterizan la mano: 1) Desde el 10% al 90% de la longitud del dedo se toman 10 medidas del ancho, se concatenan y se normalizan a máximo igual a uno, 2) Desde el 10% al 90% de la longitud del dedo se toman 100 medidas del ancho, se concatenan, se normalizan a máximo igual a uno y se obtiene su DCT quedándonos con los primeros 50 coeficientes. De ambos conjuntos de datos se obtiene el modelo de la mano entrenando una máquina de vectores soporte (SVM).

Medidas de Textura. Hasta el momento se ha filtrado la palma por un filtro de Gabor y utilizamos como parámetros la palma de Gabor binarizada y reducida a imágenes de 50 por 50 píxeles. Como decisor se utiliza la distancia de Hamming.

5.5 Resultados Obtenidos

La tabla I muestra los resultados obtenidos por cada sistema con su propia base de datos en términos de equitasa de error (EER). La tabla I incluye el número de personas en cada base de datos y las biometrías que incluye.

Tabla 1. Comparativa de los diferentes sistemas de biometría de la mano considerados.

| | sistema | #personas | biometrias | EER (%) |
|----------------------------|--------------------------|-----------|---------------|---------|
| dorso mano | visible | 100 | geometria | 0.47 |
| | SWIR | 100 | geometría | 0.46 |
| palma mano contacto | scanner | 150 | geometria | 0.80 |
| | | 150 | textura palma | 0.70 |
| | | 150 | textura dedos | 0.81 |
| | | 150 | combina | 0.01 |
| | PRM233c | 50 | geometria | 0.12 |
| | | 50 | textura dedos | 0.11 |
| | | 50 | combina | 0.08 |
| palma mano sin contacto | webcam independientes | 100 | geometria | 0.33 |
| | | 100 | textura palma | 2.94 |
| | | 100 | combina | 0.17 |
| | webcams alineadas | 100 | geometria | 3.3 |
| | | 100 | textura palma | 2.5 |
| | | 100 | combina | 0.6 |

Como puede observarse, cada sistema se ha utilizado de forma independiente al resto. Si se tuvieran bases de datos de todos los sistemas con las mismas personas en las mismas condiciones sería posible compararlos a la vez que estudiar la posibilidad de entrenar un usuario con un sistema y testear con los demás.

5 Diseño de la Base de Datos Interoperable

Con este objetivo se propone como línea de investigación actual el desarrollo de una base de datos de 100 personas. De cada persona se propone obtener 10 imágenes en una sesión. El usuario no proporcionará las 10 imágenes de forma consecutiva en el mismo dispositivo sino que en orden irá rotando por los diferentes sistemas: adquisición de la imagen del dorso de la mano en tres bandas, escáner, PR233c, manos sin contacto con cámaras separadas y el de manos sin contacto con cámaras alineadas. Se realizará entre estudiantes de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.

6 Conclusiones

Tras haber realizado el estudio de cada sistema biométrico por separado se plantea la posibilidad de realizar un estudio conjunto en el que cada sistema sea probado con los mismos usuarios en las mismas condiciones. Con estos resultados se podrían obtener conclusiones nuevas sobre la interoperabilidad de sistemas de biometría de la mano para identificación de personas a la vez que se posibilita una comparación entre ellos.

Agradecimientos El presente trabajo se ha realizado en el marco del proyecto TEC2009-14123-C04 financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación.

Referencias

1. A. Jain, A. Ross, and S. Pankanti, "A prototype hand geometry-based verification system," in *Proceedings of 2nd International Conference on Audio and Video-Based Biometric Person Authentication*, pp. 166–171. Mar. 1999.
2. L. Wong and P. Shi, "Peg-free hand geometry recognition using hierarchical geometry and shape matching," in *IAPR Workshop on Machine Vision Applications*, Nara, Japan, pp. 281–284, 2002.
3. D. Zhang and J. You, "Online Palmprint Identification" in *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 25, no. 9, Sep 2003.
4. G. S. Badrinath and Phalguni Gupta, "Robust Biometric System Using Palmprint for Personal Verification" in *Proceedings of the Third International Conference on Advances in Biometrics*, vol 558, pp. 554-565, 2009.
5. Z. Sun, T. Tan, Y. Wang, and S. Z. Li, "Ordinal palmprint representation for personal identification", in *Proceedings of Computer Vision and Pattern Recognition*, vol. 1, pp. 279- 284, 2005.
6. Z.J.J.Li, M.A. Ferrer, C.M. Travieso, J.B. Alonso, "Biometric based on ridges of palm skin over the head of the second metacarpal bone", in *IET Electronic letters*, vol. 42, no. 7, pp 391-393, 30th March 2006
7. A. Kumar, D.C.M. Wong, H.C. Shen, and A.K. Jain, "Personal Verification Using Palmprint and Hand Geometry Biometric", in *Proceedings of Fourth International Conference on Audio and Video-Based Biometric Person Authentication*, pp. 668-678, June 2003
8. M. A. Ferrer, A. Morales, C. M. Travieso, J. B. Alonso, "Low Cost Multimodal Biometric identification System Based on Hand Geometry, Palm and Finger Print Texture", in *41st Annual IEEE International Carnahan Conference on Security Technology*, pp. 52 – 58, October 2007
9. A. Kumar, D.Wong, H. C. Shen, and A. K. Jain, "Personal verification using palmprint and hand geometry biometric," in *Proceedings of 4th International Conference on Audio and Video-Based Biometric Person Authentication*, pp. 668-678, August 2003.
10. M. Ong, T. Connie, A. Jin, and D. Ling, "A single-sensor hand geometry and palmprint verification system," in *Proceedings of ACM SIGMM Workshop on Biometrics Methods and Applications*, Berkley, CA, pp. 100–106., 2003.
11. X. Wei, D. Xu, and C. Ngo, "Multibiometrics based on palmprint and hand geometry," in *Proceedings of 4th Annual International Conference on Computer Information Science*, pp. 495–500, 2005.

12. Zheng, G.; Wang, C.-J.; Boulton, T. E., "Application of Projective Invariants in Hand Geometry Biometrics", in IEEE transactions on Information Forensics and Security, vol. 2, issue 4, pp. 758 – 768, December 2007.
13. Ying Hao, Zhenan Sun, Tieniu Tan and Chao Ren, "Multi-spectral palm image fusion for accurate contact-free palmprint recognition" on International Conference of Image Processing, pp. 281-284, 2008.
14. Morales, A.; Ferrer, M.A.; Alonso, J.B.; Travieso, C.M.; "Comparing infrared and visible illumination for contactless hand based biometric scheme" on 42nd Annual IEEE International Carnahan Conference on Security Technology, pp. 191 – 197, 2008.