

# BIOGIGA: BASE DE DATOS DE IMÁGENES SINTÉTICAS DE PERSONAS A 94 GHz CON FINES BIOMÉTRICOS

M. Moreno-Moreno<sup>(1)</sup>, J. Fierrez<sup>(1)</sup>, P. Tome<sup>(1)</sup>, R. Vera-Rodriguez<sup>(1)</sup>, J. Parron<sup>(2)</sup>, J. Ortega-Garcia<sup>(1)</sup>  
{miriam.moreno, julian.fierrez, pedro.tome, ruben.vera}@uam.es, josep.parron@uab.es, javier.ortega@uam.es

<sup>(1)</sup>Dpto. Tecnología Electrónica y de las Comunicaciones. Universidad Autónoma de Madrid (UAM). 28049 Madrid, Spain.

<sup>(2)</sup>Dpto. Telecomunicació i d'Enginyeria de Sistemes. Universitat Autònoma de Barcelona (UAB). 08193 Barcelona, Spain.

**Resumen**—The baseline corpus of a new database, called BioGiga, acquired in the framework of the Terasense Consolider Project, is presented. The corpus consists of synthetic images at 94 GHz of the body of 50 individuals. The images are the result of simulations carried out on corporal models at two types of scenarios (outdoors, indoors) and with two kinds of imaging systems (passive and active). These corporal models were previously generated based on body measurements taken from the subjects. In this contribution, the methodology followed and the tools used to generate the database are outlined. Furthermore, the contents of the corpus (data and statistics) as well as its applications are described.

## I. INTRODUCCIÓN

Se denomina reconocimiento biométrico al proceso que permite asociar una identidad con un individuo de forma automática, haciendo uso de una o varias características físicas o de comportamiento, inherentes al individuo [1]. Son muchas las características que se han usado en reconocimiento biométrico: huella dactilar, firma manuscrita, iris, voz, cara, mano, etc. Algunos de estos rasgos biométricos tales como la oreja, la cara, la mano o la forma de andar, son adquiridos tradicionalmente con cámaras que trabajan en el espectro visible. Tales imágenes se ven afectadas por factores como las condiciones de iluminación y las oclusiones (provocadas por la ropa, el maquillaje, el pelo, etc.)

Con el fin de superar estas limitaciones, impuestas por el uso de imágenes adquiridas en el espectro visible, investigadores en biometría y seguridad [2] han propuesto el uso de imágenes adquiridas en otros rangos espectrales, a saber: rayos X [3], infrarrojo [4], ondas milimétricas (MMW) y submilimétricas (SMW) [5]. Además de solventar hasta cierto punto las limitaciones de las imágenes en el visible, las imágenes tomadas más allá del espectro visible presentan una ventaja extra: son más robustas frente ataques contra sistemas biométricos que otras imágenes.

La banda espectral propuesta en este trabajo para capturar imágenes de rasgos biométricos es la correspondiente a la de las ondas milimétricas (de frecuencia entre 30 y 300 GHz) [6]. La importancia de este tipo de radiación se halla en: 1) su capacidad para atravesar la ropa y otras oclusiones, 2) su inocuidad, y 3) el reciente desarrollo que están experimentando los sistemas de GHz-THz en aplicaciones de captura de imágenes (especialmente en el área de seguridad). Al contrario de lo que ocurre con la tecnología de captura de imágenes en el visible o infrarrojo, la tecnología de GHz-THz está en pleno desarrollo [7]. Este hecho, junto con los problemas

de privacidad que presentan las imágenes corporales en esa banda, han hecho que, hasta la fecha, no existan bases de datos públicas con imágenes de personas adquiridas en ese rango de frecuencias. De hecho sólo existe un trabajo publicado hasta el momento sobre reconocimiento biométrico basado en imágenes de GHz [8].

Por todo lo anterior en este trabajo se describe la generación de una base de datos de imágenes simuladas de personas a 94 GHz, así como su contenido. El objetivo de esta base de datos es su futuro uso en el desarrollo de sistemas biométricos basados en dichas imágenes.

El artículo se estructura como sigue. La Sec. II introduce brevemente los diferentes sistemas de captación de imágenes en el rango de milimétricas existentes en el mercado actualmente. Además se describe el único sistema de reconocimiento biométrico basado en imágenes capturadas en la banda de las MMW. La Sec. III resume el proceso llevado a cabo para generar la base de datos: obtención del modelo corporal de cada persona a partir de medidas corporales y metodología usada para la simulación de imágenes a 94GHz a partir de tal modelo. A continuación, en la Sec. IV, se describe el contenido y características principales de la base de datos. Finalmente en la Sec. V se resume el trabajo realizado, las aplicaciones de esta base de datos y se esboza el trabajo futuro.

## II. TRABAJOS Y SISTEMAS RELACIONADOS

Las MMW y SMW presentan diferentes propiedades que las hacen muy apropiadas para su uso en sistemas de adquisición de imágenes. La más importante de todas ellas es la penetración a través de la ropa y otros materiales dieléctricos no polares, incluso a distancia. Esta propiedad ha sido, en gran medida, la responsable del actual desarrollo de la tecnología de captura de imágenes en la banda de MMW y de SMW. De hecho, existe una serie de sistemas comerciales de captura de imágenes en este rango espectral.

### A. Sistemas de captura de imágenes en la banda de MMW y SMW

Tanto en el rango espectral de las MMW/SMW como en los restantes, existen fundamentalmente dos tipos de sistemas de captura de imágenes: pasivos y activos. En los primeros las imágenes son generadas a partir de la radiación natural que ha sido emitida y reflejada por el escenario, obteniendo como imagen un mapa de temperatura. En cambio, en los



Fig. 1: Imágenes MMW extraídas de [8].

sistemas activos la radiación es transmitida al escenario y es recogida tras ser reflejada para formar la imagen, que en este caso corresponde a un mapa de reflectividad.

Dentro de los sistemas pasivos de captura de imágenes en MMW existen múltiples radiómetros en el mercado, como por ejemplo los fabricados por Quinetiq, Brijot, Alfa Imaging y Sago Systems. Mientras que entre los sistemas activos cabe citar los comercializados por Agilent y L-3 Communications. Finalmente, en la banda de las SMW las compañías Thruvision, Picometrix y Teraview producen sistemas de captación de imágenes pasivos (la primera) y activos (las dos últimas).

### B. Trabajos de biometría

El uso de imágenes obtenidas en el rango de GHz en sistemas de reconocimiento biométrico ha sido propuesto con anterioridad [9]. Sin embargo, hasta la fecha sólo ha sido publicado un trabajo que use este tipo de imágenes con fines biométricos [8].

En dicho trabajo se adquiere una base de datos compuesta por imágenes de 50 personas obtenidas con un escáner radiométrico multivista a 94 GHz en exteriores (lo cual proporciona un mayor contraste en la imagen en comparación con las adquiridas en interiores por sistemas pasivos). De cada usuario se adquieren cuatro imágenes en poses diferentes (cuerpo de frente con la cara (i) frontal y (ii) girada a la izquierda) y con/sin oclusiones en la cara (barba, pasamontañas). Cada imagen (ver figura 1) incluye dos vistas, y tiene un tamaño de  $696 \times 499$  píxeles (anchura  $\times$  altura), siendo el tiempo de adquisición 15s. La temperatura equivalente de las imágenes varía entre 225K (regiones claras) y 300K (regiones oscuras).

Finalmente Alefs *et al.* explotan las características biométricas del cuerpo humano presentes en las imágenes descritas. En concreto se hace uso del tórax, de la cara y de medidas antropométricas, para llevar a cabo experimentos de reconocimiento biométrico. Éstos revelan que el reconocimiento mediante análisis multilineal con la parte del tórax es el que proporciona mejores resultados en comparación con la cara, medidas antropométricas e incluso fusión de cara y tórax.

## III. GENERACIÓN DE LA BASE DE DATOS

La obtención de la base de datos se ha llevado a cabo conjuntamente en la Universidad Autónoma de Madrid (UAM) y

Parámetros principales	Medidas corporales	
	Género	Contorno del cuello
Edad	Altura del cuello	Distancia nuca-cintura
Tono Muscular	Contorno del brazo	Distancia cintura-cadera
Peso	Longitud del brazo	Distancia cuello-hombro
Altura	Longitud del antebrazo	Longitud del muslo
	Contorno de la muñeca	Longitud de la pierna
	Distancia frontal del pecho	Contorno del gemelo
	Contorno de pecho	Contorno del tobillo
	Contorno por debajo del pecho	Contorno del muslo
		Contorno de las caderas

Tabla I: Tabla de parámetros principales y medidas corporales tomados de cada sujeto.

en la Universidad Autónoma de Barcelona (UAB). El proceso para generar las imágenes que componen la base de datos, se puede dividir en las siguientes etapas: 1) Adquisición de medidas corporales de cada persona, 2) Generación del modelo corporal de cada usuario a partir de dichas medidas y 3) Simulación de las imágenes a 94 GHz a partir de cada modelo en los dos tipos de escenarios (interiores/exteriores) y los dos tipos de sistemas de captura (pasivos/activos).

### A. Medidas corporales

Con el fin de disponer de modelos corporales realistas, se tomaron una serie de medidas corporales de cada persona. Estas medidas se especifican en la tabla I. Asimismo se tomaron de cada sujeto unas imágenes en el espectro visible con una cámara digital convencional.

### B. Modelo corporal

El modelo corporal de cada sujeto se obtuvo mediante el software libre MakeHuman<sup>1</sup>, que permite generar imágenes de cuerpos humanos en 3D. Para cada persona se introdujeron sus parámetros principales y medidas corporales a través de los menús disponibles para ello. Posteriormente se comparó el modelo 3D con la imagen adquirida en el visible para comprobar que el modelo obtenido se correspondiera con el cuerpo de la persona en cuestión.

Adicionalmente, MakeHuman, genera prendas de ropa adaptadas al cuerpo de cada modelo. Esto nos permitirá generar, en la siguiente etapa, imágenes a 94 GHz de personas con y sin ropa.

### C. Simulación de imágenes

Los modelos generados en MakeHuman se importan con Blender<sup>2</sup>, un software libre dedicado al modelado, animación y creación de gráficos 3D. Blender dispone un motor de trazado de rayos que trata la radiación a 94 GHz como si fuera luz que interacciona con la escena. Para obtener una buena simulación se deben definir las propiedades de los materiales (piel, ropa...) y fuentes de iluminación de acuerdo con sus características en el rango de 94 GHz [10].

Para acabar, las imágenes resultantes de Blender se post-procesan para añadirles ruido y las limitaciones de resolución que tenga el sistema de medida que se desee simular [10].

<sup>1</sup><http://www.makehuman.org/>

<sup>2</sup><http://www.blender.org/>

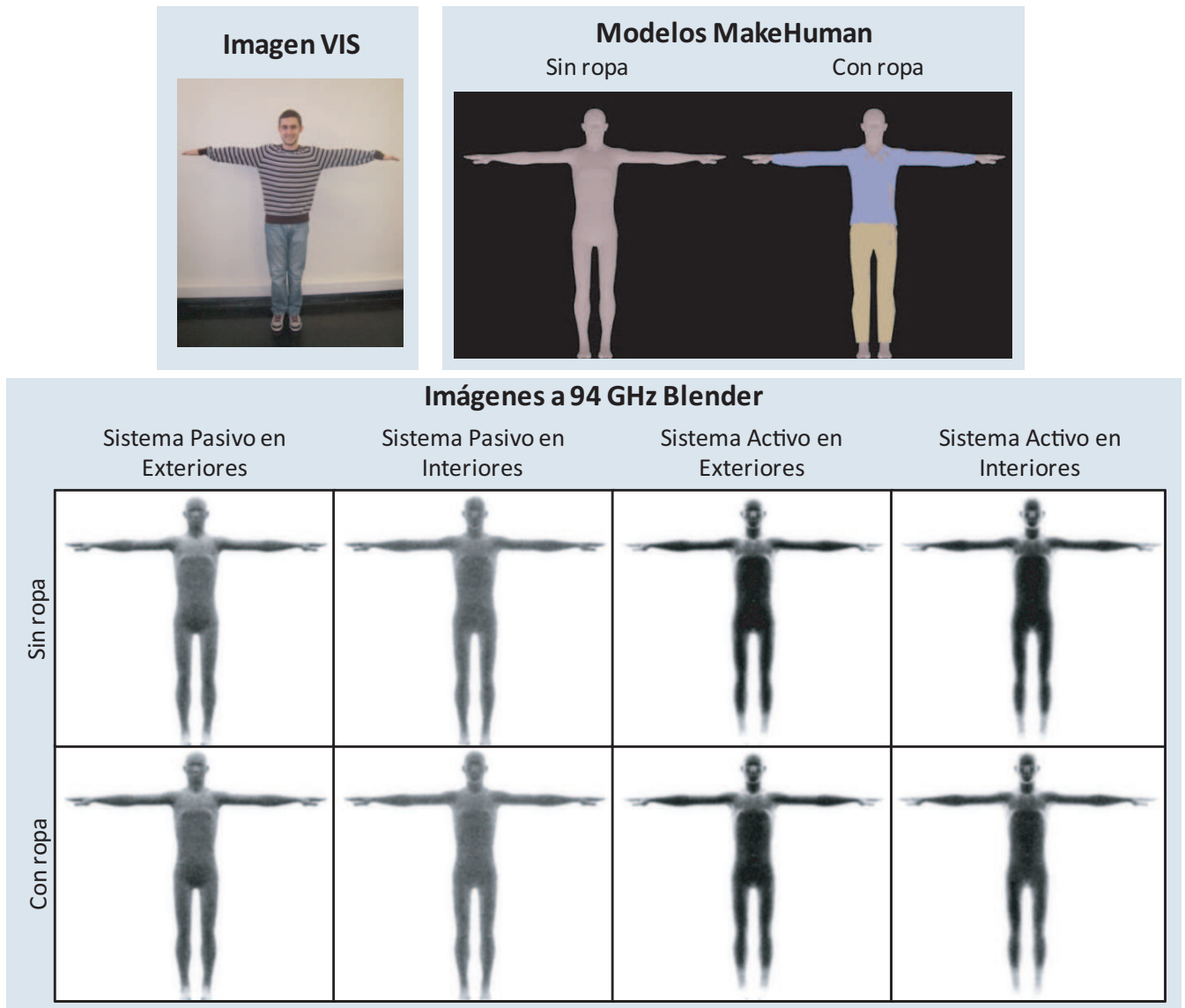


Fig. 2: Imágenes correspondientes a un usuario: imagen en el visible (arriba izquierda), modelos generados con MakeHuman (arriba derecha) e imágenes a  $0^\circ$  de orientación de la cámara en los cuatro sistemas considerados (abajo).

#### IV. DESCRIPCIÓN DE LA BASE DE DATOS

La base de datos está formada por imágenes simuladas, a 94 GHz, de 50 personas (25 hombres y 25 mujeres), con edades comprendidas entre los 15 y 55 años. Para cada sujeto se disponen de cuatro grupos de imágenes:

- Imágenes simuladas con un sistema pasivo en exteriores.
- Imágenes simuladas con un sistema pasivo en interiores.
- Imágenes simuladas con un sistema activo en exteriores.
- Imágenes simuladas con un sistema activo en interiores.

Dentro cada grupo anterior, se generaron, para cada usuario, las siguientes variantes de imágenes:

- Imágenes del modelo con ropa y ángulo formado por la cámara de  $-10^\circ$ ,  $0^\circ$  y  $+10^\circ$ .
- Imágenes del modelo sin ropa y ángulo formado por la cámara de  $-10^\circ$ ,  $0^\circ$  y  $+10^\circ$ .

Según lo anterior, para cada usuario, la base de datos cuenta con  $4 \times 2 \times 3 = 24$  imágenes a 94 GHz. Por tanto, la base de datos está compuesta por  $50 \times 24 = 1200$  imágenes.

La figura 2 muestra algunas de las imágenes correspondientes a un sujeto:

- Imagen en el visible.
- Modelos generados con MakeHuman sin ropa y con ropa.
- Imágenes simuladas a 94 GHz con Blender para cada tipo de sistema (pasivo/activo) y escenario (exteriores/interiores), todas con un ángulo de orientación de la cámara de  $0^\circ$ .

Se pueden resaltar algunas características de las imágenes a 94 GHz con respecto a (i) la influencia de la ropa y (ii) el contraste y nivel relativo de cada tipo de imagen. La vestimenta apenas se aprecia en las imágenes, de hecho, las imágenes simuladas a 94 GHz a partir del modelo con ropa y sin ropa son prácticamente iguales. Únicamente se observa ligeramente el efecto de la ropa en algunas regiones, correspondientes a lugares donde el tejido es más grueso o existen pliegues o varias capas de ropa. Esto ocurre en el cuello de la camiseta y la cintura, siendo más notorio en las imágenes de sistemas pasivos en exteriores.

Entre las imágenes simuladas con sistemas pasivos, las simuladas en exteriores presentan un mayor contraste que las simuladas en interiores, debido a la mayor diferencia de temperatura entre el cielo (100K) y el suelo (300K). Para exteriores, por tanto, las partes orientadas hacia el suelo presentan color oscuro (caliente) y las orientadas hacia el cielo color claro (frío). En cambio, en interiores el cuerpo presenta un color mucho más uniforme pues la temperatura del entorno no tiene grandes variaciones. Por otro lado, las imágenes simuladas con sistemas activos muestran un nivel de temperatura radiométrica mayor (son más oscuras) puesto que se radia a la persona con una fuente externa no natural, recogiendo esa radiación una vez ha sido reflejada por la persona. Por la misma razón no existen apenas diferencias entre las imágenes simuladas en exteriores e interiores.

Por último, en la figura 3 se recogen dos histogramas, uno correspondiente a la distribución de edades de los sujetos que forman la base de datos y el otro correspondiente a la distribución de alturas de los mismos.

## V. CONCLUSIONES

Uno de los principales problemas que se pueden encontrar a la hora de desarrollar y evaluar un sistema de reconocimiento biométrico es la carencia de bases de datos con un número alto de usuarios y de muestras por usuario. Esto ocurre especialmente con las imágenes de personas en el rango de las MMW y SMW.

En este trabajo se ha presentado una visión general de los diferentes sistemas de captura de imágenes en la banda espectral de las MMW y SMW, así como de los trabajos de reconocimiento biométrico que hacen uso de este tipo de imágenes. Asimismo se ha presentado la base de datos sintética BioGiga, formada por imágenes simuladas a 94 GHz de 50 usuarios en dos escenarios con dos sistemas de captura de imagen. Se ha descrito el proceso de generación de BioGiga así como sus principales características.

La principal aplicación de esta base de datos es la de su uso para el desarrollo de sistemas de reconocimiento biométrico basados en este tipo de imágenes. En concreto, a partir de estas imágenes se pueden extraer diferentes características representativas de cada individuo con las que realizar experimentos de reconocimiento. Asimismo, al disponer de diferentes tipos de imágenes para cada usuario, se puede realizar fusión a diferentes niveles para mejorar el rendimiento del sistema. Adicionalmente, el uso de este tipo de imágenes sintéticas permite la evaluación de vulnerabilidades de sistemas biométricos, basados en esas imágenes, frente a ataques externos.

Como trabajo futuro se prevé el uso a corto plazo de BioGiga para desarrollar un sistema de reconocimiento biométrico basado en tales imágenes. Cuanto mayor sea la población que forma la base de datos, más representativos serán los resultados obtenidos, por lo que la ampliación del número de usuarios sería muy deseable. Del mismo modo, disponer de otros rasgos biométricos de los mismos usuarios resultaría muy interesante para ser usados, conjuntamente con las imágenes a 94 GHz, en el mismo sistema y aumentar así su tasa de reconocimiento. Por esto resultaría muy interesante adquirir, de los mismos usuarios, otros rasgos como la cara, huella dactilar, etc.

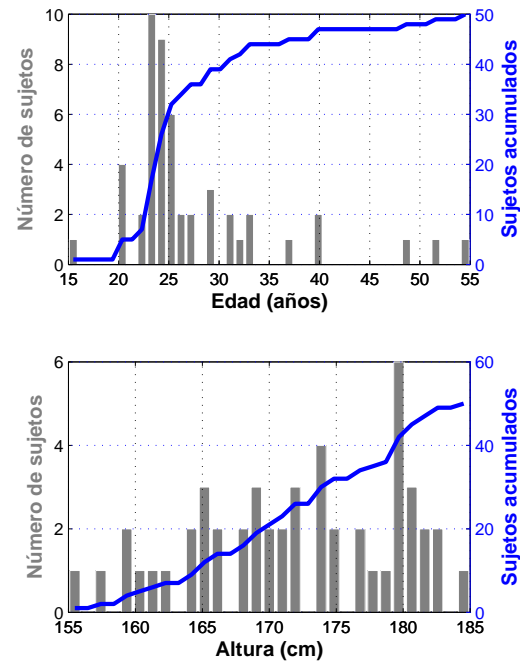


Fig. 3: Histograma de edades y de alturas de los 50 sujetos que forman la base de datos BioGiga.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado parcialmente por los proyectos Bio-Challenge (TEC2009-11186), Contexts (S2009/TIC-1485), TeraSense (CSD2008-00068) y "Cátedra UAM-Telefónica". M. M.-M., P.T. y R.V. son financiados por un contrato CPI de la CAM, una beca FPU y un contrato Juan de la Cierva, respectivamente.

## REFERENCIAS

- [1] A.K. Jain et al., "Biometrics: a tool for information security," *Information Forensics and Security, IEEE Transactions on*, vol. 1, no. 2, pp. 125-143, June 2006.
- [2] Stan Z. Li et al., *Airline Passenger Security Screening: New Technologies and Implementation Issues*, chapter Biometrics at a Distance: Issues, Challenges, and Prospects, pp. 3-21, National Academy Press, 1996.
- [3] Hong Chen and Anil K. Jain, "Dental biometrics: Alignment and matching of dental radiographs," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 27, pp. 1319-1326, 2005.
- [4] S.Z. Li et al., "Illumination invariant face recognition using near-infrared images," *Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on*, vol. 29, no. 4, pp. 627-639, 2007.
- [5] R. Appleby and R.N. Anderton, "Millimeter-wave and submillimeter-wave imaging for security and surveillance," *Proceedings of the IEEE*, vol. 95, no. 8, pp. 1683-1690, Aug. 2007.
- [6] L. Yujiri et al., "Passive millimeter wave imaging," *Microwave Magazine, IEEE*, vol. 4, no. 3, pp. 39-50, Sept. 2003.
- [7] J.N. Mait et al., "94-ghz imager with extended depth of field," *Antennas and Propagation, IEEE Transactions on*, vol. 57, no. 6, pp. 1713-1719, June 2009.
- [8] B.G. Alefs et al., "Thorax biometrics from millimetre-wave images," *Pattern Recognition Letters*, vol. 31, no. 15, pp. 2357-2363, 2010.
- [9] Miriam Moreno-Moreno et al., "Biometrics beyond the visible spectrum: Imaging technologies and applications," in *Proceedings of BioID-Multicomm 2009*, September 2009, vol. 5707 of LNCS, pp. 154-161, Springer.
- [10] J. Parron et al., "Millimeter-wave scene simulation using blender," in *Proceedings of XXV Simposium Nacional de Unión Científica Internacional de Radio*, September 2010.