

Proyección de franjas fotogramétrica para la medida *in vivo* de topografías de piel humana

Reza Atashkhoei⁽¹⁾, Santiago Royo⁽¹⁾, Vincent Suc⁽¹⁾, Irina Sergievskaya⁽¹⁾, Miguel Ares⁽¹⁾, Jordi Segura⁽¹⁾, José Galceran⁽²⁾, David Panyella⁽²⁾, Joaquim Coll⁽²⁾

¹ Centro de Desarrollo de Sensores, Instrumentación y Sistemas (CD6), Universitat Politècnica de Catalunya. Rambla Sant Nebridi 10 E08222 Terrassa Spain

<http://www.cd6.upc.edu>

² Antonio Puig SA, Travessera de Gràcia 9 E08021 Barcelona Spain.

1. Introducción

La investigación en la industria de la cosmética y la dermatología se dedica al desarrollo y mejora de tratamientos para mejorar el aspecto y la elasticidad de la piel humana. El interés técnico y económico de la evaluación cuantitativa de las características *in vivo* de la piel antes y después de tratamientos de este tipo es evidente, ya que se convierte en la medida objetiva del éxito de un tratamiento.

Adicionalmente, muchos de los parámetros característicos de la piel a los que se dirigen los tratamientos cosméticos (rugosidad, profundidad de arrugas, etc.) son propios de la metrología de superficies [1]. Dado que la piel es una superficie ópticamente difusora de fácil acceso, la información que puede obtenerse en los procedimientos de medición en 3D (desde la rugosidad de la superficie hasta el análisis de Fourier de microestructuras [2]) se convierte en una interesante herramienta de análisis para la evaluación cuantitativa de un determinado tratamiento.

Con este propósito se han utilizado un buen número de técnicas a lo largo de los años, incluyendo reflectometría, palpado mecánico, perfilometría láser por triangulación y métodos de transmisión [3]. Sin embargo, en la actualidad existen un gran número de técnicas de topografía óptica sin contacto [4], que se están convirtiendo cada vez en más populares para la caracterización de la topografía *in vivo* de superficie de la piel. Nuestra propuesta es realizar un nuevo enfoque a la técnica clásica de proyección de franjas [5], en el que se aplica un doble sistema de cámara de observación. Esta configuración, que permite combinar técnicas de desplazamiento de fase, proyección de franjas y fotogrametría, permite una muy buena combinación de sensibilidad, resolución lateral y campo de visión en un montaje experimental económico y muy robusto.

En la siguiente sección se describen los fundamentos del principio de medida de la técnica. La Sección 3 presenta el dispositivo experimental construido, mientras que en la sección 4 se presentarán los primeros resultados obtenidos con la configuración actual, mostrando la potencialidad de la técnica de medida. En la Sección 5 se señalan las principales conclusiones y se apuntan posibles trabajos futuros.

2. Principio de medida

En las técnicas de fotogrametría, se utilizan dos cámaras que observan campos imágenes superpuestos. A partir de las posiciones de elementos físicos sobre el terreno o de diferentes tipos de elementos marcadores, y de la posición relativa de las cámaras, es posible obtener medidas topográficas tridimensionales utilizando las diferencias en los puntos de vista de ambas cámaras. En nuestro caso, recuperaremos los datos de altura de las correspondencias existentes entre los dos mapas de fase obtenidos en cada una de las cámaras, utilizando el montaje que se presenta en la Fig. 1.

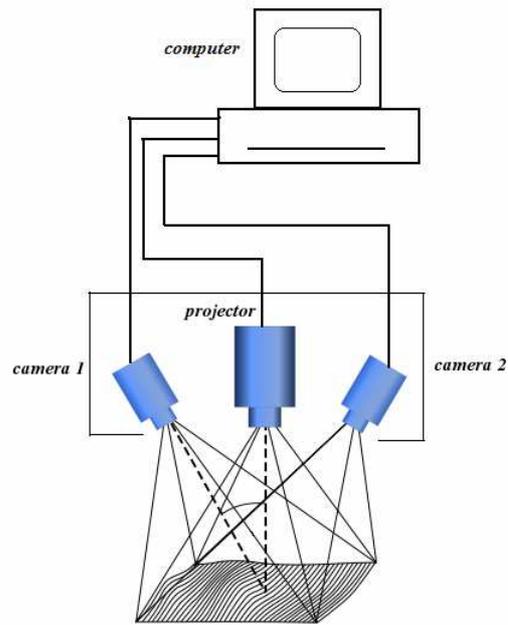


Figura 1: Esquema del sistema de medida

En el dispositivo, un conjunto de franjas con un perfil de intensidad sinusoidal se proyecta sobre la muestra objeto de ensayo. Este patrón de intensidad sinusoidal que queda registrado en las cámaras contiene la información topográfica de la muestra incorporada, en la forma de la deformación de las franjas en las imágenes.

Para mejorar la resolución vertical del sistema se aplican técnicas de desplazamiento de fase [6], bien conocidas en las técnicas interferométricas, en que permiten mejoras en la resolución de medida de la fase de la onda de dos órdenes de magnitud. En nuestro caso, se proyectan y adquieren una serie de cuatro patrones de franjas con un desfase de 90 ° entre ellos. En estas condiciones, la fase módulo 2π de la señal puede ser recuperada mediante el algoritmo clásico de cuatro pasos

$$\tan \varphi(x, y) = \frac{I_4(x, y) - I_2(x, y)}{I_1(x, y) - I_3(x, y)} \quad (1)$$

Donde $I_i(x, y)$ es la distribución espacial de intensidad en el patrón i registrado en las cámaras. Un último procedimiento de “*phase unwrapping*” permite reconstruir la fase total, obtenida de la Eq.1 en módulo 2π . El resultado final es un mapa de fase completo para cada una de las cámaras.

Por último, una técnica de triangulación entre los valores de fase de ambas cámaras permite recuperar los valores de altura de la superficie píxel a píxel tras un proceso de calibración que determina los principales parámetros geométricos de la instalación, permitiendo la obtención de la topografía de la muestra.

3. Montaje experimental

La configuración general del instrumento incluye la unidad del sensor (incluyendo las cámaras y un sistema de proyección, que se describen a continuación), montados en una caja común. La caja tiene una serie de grados de libertad que permite optimizar su posicionamiento en relación con una mentonera donde se coloca el usuario (Fig. 2).

La unidad del sensor consta de una unidad de proyección diseñada específicamente para la aplicación, junto con dos cámaras comerciales CCD, por lo que se trata de una instalación de coste moderado. El

elemento más costoso del sistema es precisamente el elemento activo de proyección, que incluye una unidad comercial LCOS con definición HDTV (1920x1080pixels) para la proyección de las franjas, y un sistema óptico-mecánico diseñado al efecto. Las cámaras son CCD estándares de 1280x960 píxeles cada una, con objetivos ajustados al campo de la visión y la resolución deseados.



Figura 2: Montaje experimental

Las cámaras y la unidad de LCOS se sincronizan mediante el software de control de manera que se realiza de manera consecutiva la proyección de patrones de franjas y su posterior adquisición. La sincronización se ha optimizado para conseguir minimizar el tiempo de adquisición, y así conseguir reducir al máximo los problemas de medida que introducen los pequeños movimientos de los usuarios. En la actualidad, la adquisición de datos se realiza en tan solo unos segundos. El software de control de la adquisición se ha incorporado a una completa interfaz de usuario desarrollada en el centro (Fig. 3), que gestiona el proceso de adquisición, calibración y gestión de archivos, y la parametrización de las diferentes adquisiciones y procedimientos de análisis de los datos.

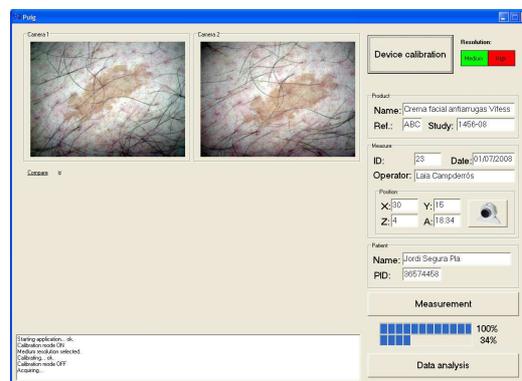


Figura 3: Interfaz de usuario

4. Resultados experimentales

La figura 4 muestra los primeros resultados de medición del montaje descrito. En la Fig.4a puede apreciarse la posición del usuario en el momento de la medición, con la zona de medida iluminada por el LCOS. La Fig.4b muestra la topografía tridimensional obtenida, sobre la que es posible determinar parámetros de rugosidad superficial, etc. La Fig.4c muestra algunos de los posibles análisis que es preciso realizar mediante software sobre los datos obtenidos: extracción de perfiles de forma y rugosidad, parámetros de rugosidad lineal, etc.

5. Conclusión

Se ha presentado y descrito un sistema de proyección de franjas con doble cámara que incorpora los principios de triangulación de la fotogrametría para la medición de topografías de superficies difusas. Se ha aplicado, en particular, a la topografía de la piel humana *in vivo*. El sistema combina

procedimientos de desplazamiento de fase, habituales en técnicas de proyección de la franjas, con el uso de la técnica de triangulación normalmente utilizada en las técnicas fotogramétricas, para obtener medidas de alta resolución de la topografía de la piel. La técnica permite el análisis de los datos detallados de los diferentes parámetros de rugosidad de la piel, permitiendo su uso en aplicaciones relacionadas con la dermatología, la cosmética, y la elasticidad de la piel.

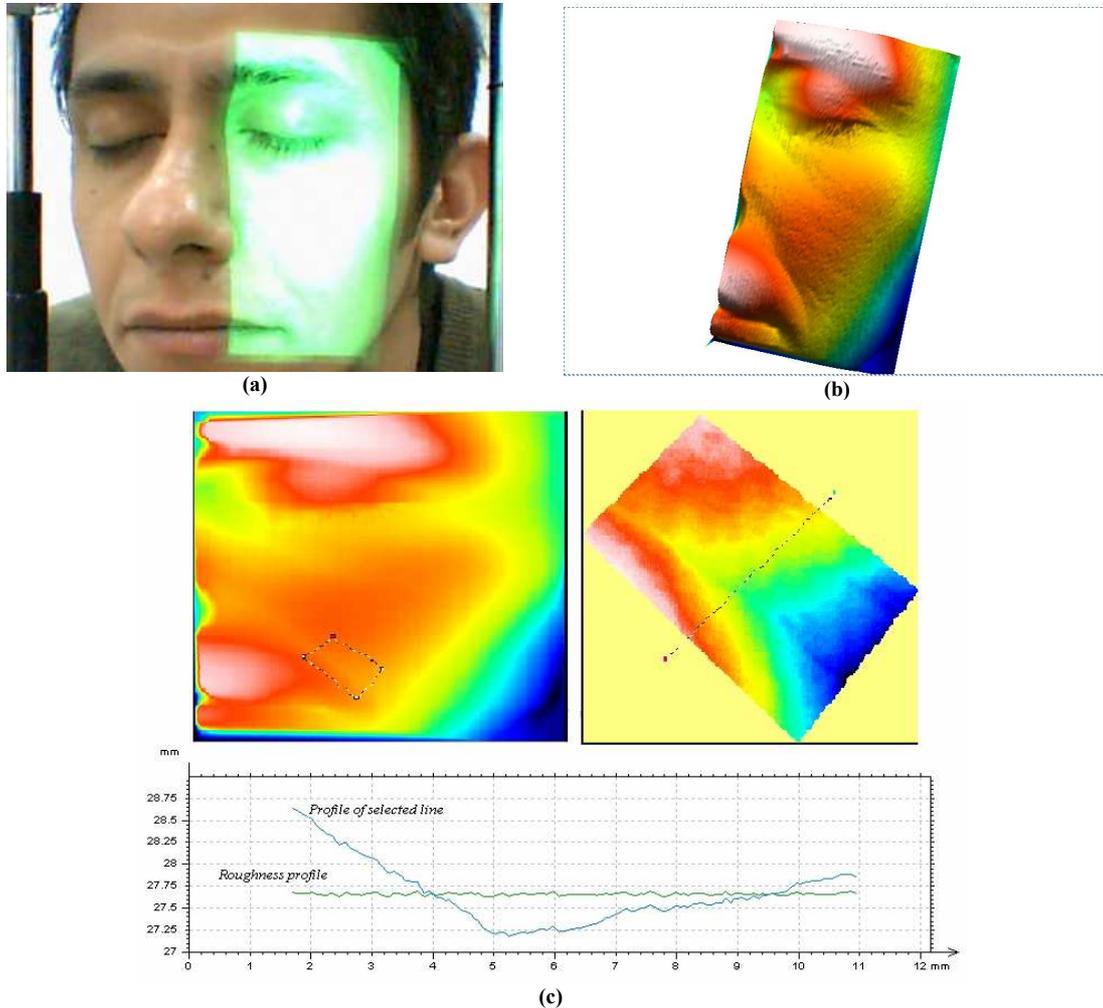


Figura 4: a) Usuario durante el proceso de medición; b) Topografía obtenida; c) Perfil de rugosidad de una sección de la medida

Agradecimientos: Los autores agradecen a la Generalitat de Catalunya la beca FI de la Sra. Sergievskaya y a la UPC por la beca UPC del Sr. Atashkhoei.

Bibliografía

- [1] ISO-DIS 25178-2 norm: *Geometrical product specifications- Surface texture* (2007)
- [2] Jacobi U, Chen M, Frankowski G, sinkgraven R, Huund M, Rzany V, Sterry W, Lademann J. "In vivo determination of skin surface topography using an optical 3D device", *Skin Res. Technol.* 10 207-214 (2004)
- [3] LAGARDE JM, ROUVRAIS C, BLACK D, Diridollou S and Gall Y, "Skin topography measurement by interference fringe projection: a technical validation" *Skin Res. Technol.* 7 112-121 (2001)
- [4] F. CHEN , BROWN GM, SONG M "Overview of 3D surface measurement techniques" *Opt. Eng.* **39** 10-22 (2000)
- [5] K.CREATH, J.SCHMIT, and J. C WYANT "Optical metrology of diffuse surfaces" Chap16 in *Optical Shop Testing* D.Malacara, Ed., Wiley, New York, 2007.
- [6] K.CREATH "Phase shifting interferometry techniques" in *Progress in Optics* 26, 357-373 (1988)