

RECONSTRUCCIÓN VISUAL 3D PARA EL PREDIAGNÓSTICO DE HERIDAS POST-OPERATORIAS

N. MUNTANER ESTARELLAS¹, L. MORALES TRUJILLO¹, V. CID DE LA PAZ FUREST¹, F. BONIN FONT², A. JIMÉNEZ RAMÍREZ¹

¹ Grupo Ingeniería Web y Testing Temprano. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática. Universidad de Sevilla. 41010-Sevilla. España.

² Grupo Sistemas, Robótica y Visión. Departamento de Matemáticas e Informática. Universitat de les Illes Balears. 07122-Palma. España.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, la sanidad pública está colapsada por la cantidad de gente que asiste a consultas médicas sin ser realmente necesario [5]. En particular, los departamentos de cirugía reciben diariamente decenas de pacientes para el control y la curación de las heridas posquirúrgicas, donde la mayoría de ellos no presenta anomalías y se pueden tratar fácilmente de forma remota.

Hoy en día la informática suele ser una herramienta útil para resolver y automatizar una gran cantidad de problemas y procesos, que surgen en todos los campos, y en el de la salud no es una excepción [4]. Cada vez existen más aplicaciones disponibles en Android y Apple Store centradas en el tratamiento de heridas, pero ninguna de ellas parece ser capaz de emitir automáticamente un pre-diagnóstico fiable basado en visualizar datos que pueden proporcionar al médico una alarma, si es necesario, desde el hogar del paciente, evitando de esta forma el colapso en las consultas.

En este contexto, a partir de la colaboración entre el Hospital Universitarios Son Espases de Palma de Mallorca, la Universidad de las Islas Baleares y la Universidad de Sevilla, este trabajo presenta un primer avance en la automatización del diagnóstico visual de heridas posoperatorias. El objetivo es diferenciar, de forma automática, aquellas heridas que presentan inflamación y que requieren un tratamiento urgente en el hospital frente a aquellas que evolucionan de manera normal y que pueden tratarse en el hogar, ahorrando tiempo y recursos médicos. Para ello, se propone una aplicación que deberá realizar una reconstrucción 3D de la herida posoperatoria, a partir de las imágenes de un vídeo grabado con el móvil, para extraer información real de esta (e.g., grado de inflamación y coloración) sin tener que asistir a la consulta.

OBJETIVO

El objetivo genérico de nuestro trabajo es desarrollar una aplicación capaz de extraer información de las heridas post-operatorias para la realización de un pre-diagnóstico con el fin de estimar si el paciente necesita ser atendido o no en un centro asistencial, o puede seguir aplicándose las curas en su domicilio.

Es decir, el objetivo es filtrar, automáticamente, las heridas que presentan inflamación y necesitan ser tratadas urgentemente en el hospital de esas que pueden curarse en casa de tal manera que se pueda ahorrar tiempo y recursos sanitarios.

Aun así, este método necesita ser compactado en una aplicación móvil que contenga funcionalidades adicionales que incrementen la comunicación y el intercambio de información entre pacientes y médicos. Es por eso que el presente trabajo se centra en definir los pasos a seguir para una posterior automatización de pre-diagnóstico y filtraje de heridas post-operatorias a partir de reconstrucciones visuales en 3D mediante una App. Es decir, se va a centrar en definir una metodología basada en el procesado de imágenes digitales para extraer información de las heridas quirúrgicas.

Para lograr el objetivo final, se llevan a cabo una serie de subobjetivos:

- Extraer la secuencia de imágenes de un vídeo de la zona donde se encuentra la herida originada por la intervención quirúrgica, grabado con un teléfono móvil por el propio paciente.
- Obtener información sobre las heridas extrayendo puntos característicos y sus correspondencias en las imágenes.
- Reconstrucción 3D con las imágenes extraídas utilizando algoritmos geométricos y la técnica de Structure from Motion (SFM).
- Extracción de información métrica de la imagen 3D que nos permita diagnosticar el estado de la herida a partir del volumen de la zona reconstruida.

MATERIAL Y MÉTODOS

El proceso de análisis de heridas consiste en un *pipeline* que se ha programado en C++ usando diferentes librerías relevantes tales como OPENMVG o OPENMVS, que involucra las siguientes etapas (cf.

Figura 1):

- a) Grabación de una secuencia de vídeo enfocando la misma área pero desde diferentes perspectivas de la herida en la zona abdominal con un teléfono móvil.
- b) Extracción de las imágenes de la secuencia de vídeo.
- c) Extracción y análisis de los puntos característicos (*features*) en común de todas las imágenes. La detección de estos puntos ha sido implementada con las funciones de detección de OpenCV2. El descriptor que relaciona las *features* en las distintas imágenes ha sido implementado con la librería FLANN.
- d) Construcción de una nube de puntos en 3D usando la técnica de imagen *Structure From Motion* (SFM) [1,2]. Esta teoría geométrica se basa en la estimación de estructuras 3D a partir de una secuencia de

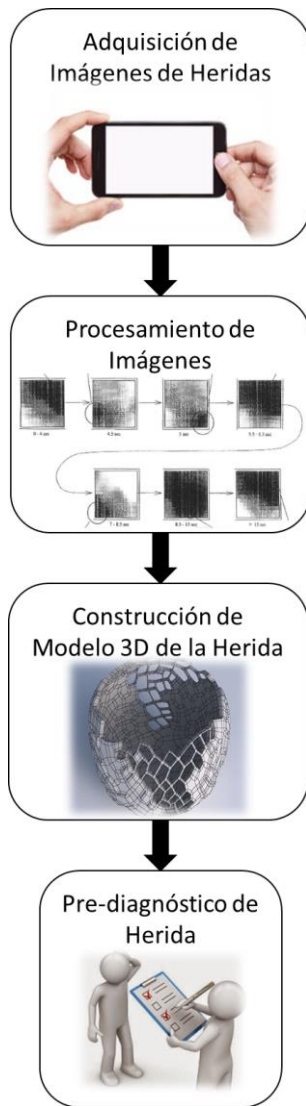


Figura 1: Esquema general

imágenes bidimensionales. Tiene en cuenta un conjunto de puntos proyectados en las distintas imágenes tomadas con la misma cámara desde distintos puntos de vista. En consecuencia, después de la extracción de imágenes del vídeo y antes de la aplicación del algoritmo de SFM, la detección y relación de *features* en todas las imágenes es necesaria para obtener un conjunto de correspondencias visuales.

- e) Construcción de una nube de puntos densa [3] y una superficie mallada para su posterior texturización [6]. Ciertas funciones de OpenMVG permiten obtener una nube de puntos densa 3D de un conjunto de imágenes aplicando SFM. Y funciones de OpenMVS nos proporcionan un conjunto completo de algoritmos para reconstruir una superficie en una nube de puntos 3D.
- f) Creación de una polilínea y un plano fijado en ella en una determinada sección del modelo 3D en la cual se encuentra la base de la herida. La malla texturizada resultante se importa a Cloud Compare, una aplicación para tratamiento de nubes de puntos 3D, y desde ésta se traza la polilínea y se fija el plano correspondiente.
- g) Cálculo de la distancia entre cada punto 3D del modelo y el plano anterior en la aplicación de tratamiento de nubes de puntos 3D mencionada anteriormente.

h) Diagnóstico en función de esas distancias.

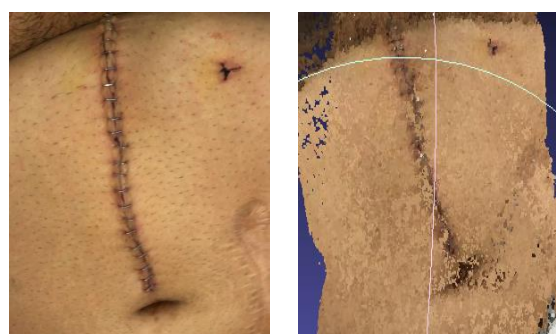
RESULTADOS

El proceso definido anteriormente ha sido aplicado tanto dentro de un entorno controlado con heridas simuladas como en heridas reales.

Por un lado, los experimentos que se han realizado con heridas simuladas revelan una clara diferencia entre las heridas infectadas y el resto. En estos casos simulados se ha utilizado un cable de 3mm. de anchura sobre una plantilla de calibración (cf.

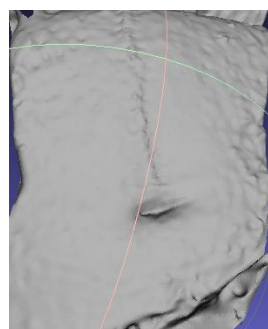
Figura 2) que permite obtener valores de referencia para ser capaces de medir distancias y colores. En estos experimentos simulados se han conseguido diferenciar distancias de entre 1 y 4 mm. En la última imagen de la Figura 2 se observa el resultado del proceso que consiste en un mapa de calor donde se resalta claramente el cable en tonos azules. Este mapa resalta las zonas que estarían más alejadas de la piel. Los resultados de estos experimentos son especialmente buenos debido a que ciertas condiciones son controladas, e.g., la superficie es plana –cosa que no ocurre en la piel—, la iluminación y la calidad de las imágenes es la adecuada –parámetros que varían en función del entorno y del dispositivo utilizado—.

Por otro lado, Los experimentos con heridas reales abdominales se realizaron con pacientes reales del Hospital Universitario Son Espases. Los resultados obtenidos todavía están en una etapa preliminar, pero apuntan en una buena dirección. La Figura 3 muestra un ejemplo de aplicación sobre una herida abdominal vertical.



(a)

(b)



(c)



(d)



Como puede verse, la herida real (cf. (a)), es convertida en una nube de puntos (cf. (b)) a través de un video tomado sobre la herida. Esta nube de puntos se transforma en una superficie mallada (cf. (c)) que posteriormente es texturizada (cf. (d)).

Para analizar la herida, se fija un plano a la estructura 3D anterior (cf. (e)) y se calcula la distancia de cada punto de la estructura a dicho plano resultando en un mapa de calor donde se resalta la herida (cf. (d)). A pesar de que los

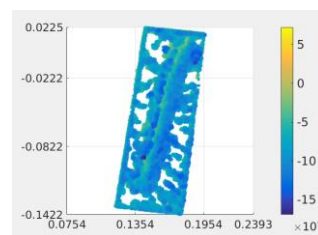
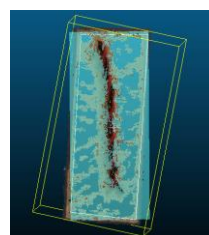
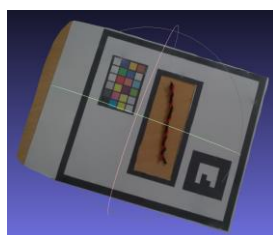
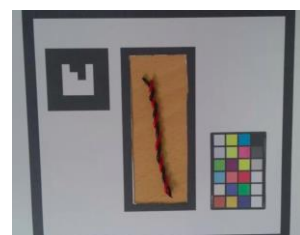


Figura 2: Experimento simulado

resultados obtenidos están lejos de asemejarse a los obtenidos en el experimento simulado (cf. Figura 2), se identifican diversas líneas de mejora como el uso de plantillas de referencia que permitan una correcta interpretación del tamaño y el color, la asistencia en la toma del video para asegurar la calidad de las imágenes tomadas y la automatización del método completo.

Aunque las pruebas reales han sido realizadas principalmente en pacientes con heridas abdominales, los resultados obtenidos en diferentes pruebas hacen pensar que las positivas conclusiones obtenidas podrían extrapolarse al aplicarse en otras partes del cuerpo.

DISCUSIÓN

En este artículo se presenta una metodología innovadora de diagnóstico previo de heridas abdominales postquirúrgicas basado en imágenes.

Los experimentos que se han realizado con escenas simuladas revelan una clara diferencia entre las heridas infectadas y el resto. Los resultados de los experimentos con heridas abdominales reales todavía están en una etapa preliminar, pero apuntan en una buena dirección.

Aunque los resultados son prometedores, el trabajo realizado todavía se encuentra en estado inicial y la técnica tiene que ser perfeccionada. Como trabajo futuro, se identifican diversas líneas de mejora:

- Probar el uso de diferentes tipos y posiciones de las plantillas de referencia que permitan una correcta interpretación del tamaño y el color.
- Asistencia en la toma del video para asegurar la calidad de las imágenes tomadas.
- Automatizar todas las etapas del proceso, prestando especial atención a la generación de plano para medir las distancias en el modelo 3D. De esta manera se podría integrar toda la funcionalidad en un paquete software, facilitando así el uso de esta metodología de diagnóstico previo de heridas abdominales postquirúrgicas tanto al paciente como al profesional sanitario.

Además, los resultados obtenidos para pacientes con heridas abdominales hacen pensar que las conclusiones positivas obtenidas podrían extrapolarse al aplicarse en otras partes del cuerpo.

Con respecto a la aportación a la sociedad de este proyecto, dado los resultados prometedores obtenidos en el prototipo desarrollado, se prevé que el uso de la tecnología descrita en este trabajo implique un cambio drástico en el sector de salud ya que reduciría notablemente los tiempos de consultas médicas en el hospital, así como el número de citas por día y médico. De esta manera, numerosos profesionales sanitarios, tanto cirujanos como enfermeros/as podrían dedicar más tiempo a los pacientes con problemas severos aumentando de esta forma el rendimiento y efectividad del funcionamiento del hospital.

Agradecimientos: Este trabajo ha sido financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad a través del proyecto Pololas (TIN2016-76956-C3-2-R), TIN2014-58662-R, DPI2014-57746-C3-2-R y Fondos FEDER.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Moulon, P., Monasse, P., and Marlet, R. (2013). Global Fusion of Relative Motions for Robust, Accurate and Scalable Structure from Motion. In Proceedings of the International Conference on Computer Vision.
- [2] Hartley, R. and Zisserman, A. (2003). Multiple View Geometry in Computer Vision. Cambridge University Press.
- [3] Barnes, C., Shechtman, E., Finkelstein, A., and Goldman, D. (2009). PatchMatch: A Randomized Correspondence Algorithm for Structural Image Editing. *ACM Transactions on Graphics*, 28(3):24:1–24:11.
- [4] Danel Ruas, O., García Alfonso, M. O., Tuero Iglesias, A. (2015) Impacto de la Informática en las ciencias de la salud. En <http://www.researchgate.net/publication/283350081>
- [5] Robustillos, A. R. (2015) Tres de cada diez consultas son innecesarias, según los médicos. En <http://www.hoy.es/v/20110511/regional/tres-cada-diez-consultas-20110511.html>
- [6] Waechter, M., Moehrle, N., and Goesele, M. (2014). Let There Be Color! Large-Scale Texturing of 3D Reconstructions. In Proceedings of the European Conference on Computer Vision, pages 836–850.