



¿Cómo saber la diferencia entre lo que se proyecta y lo que se captura en un sistema de proyección digital de patrones?

Por Osvaldo Barragán Cabrera y Omar Vázquez Báez

Los métodos de reconstrucción tridimensional hacen uso de técnicas de luz estructurada y proyectan patrones de interferencia usan cámaras y proyectores, pero la relación entre la imagen que emite el proyector y la imagen capturada por la cámara nunca es lineal. Este error es identificado por la respuesta cámara-proyector y es compensado de manera previa por la calibración radiométrica activa; por tanto, no se nota la diferencia entre la captura y la proyección.

Este proceso de respuesta se realiza al transmitir 256 imágenes en un rango de tonos de gris de 0 (negro) al 255 (blanco). Es intuitivo que al ser manual se introducen errores humanos, de ahí que automatización es necesaria y conveniente. Por tal motivo, el Centro Universitario Valle de Chalco de la Universidad Autónoma del Estado de México inició el proyecto 4752/2019CIB, denominado Desarrollo de un método para mitigar la no linealidad del proyector en técnicas de proyección digital de patrones, a cargo de la doctora María de Lourdes López García.

Para la recuperación de la fase se propuso la automatización de la respuesta cámara-proyector mediante una interfaz que permite, además, configurar un escenario que contiene una cámara, un proyector y el objeto de estudio.

El objetivo es que el usuario controle la captura de las imágenes a través de un *software* que sincronice la cámara y el proyector; después de la respuesta de este último se realiza la calibración radiométrica para generar los patrones de franjas que se usa para obtener la información 3D del objeto (Gráfico 1).

Gráfico 1. Reconstrucción tridimensional basada en la proyección digital de patrones



SINCRONIZACIÓN CÁMARA-PROYECTOR

En la automatización se requiere que el usuario pueda manipular la interfaz en todo momento, inclusive en la proyección, aunque es importante que el almacenamiento de las imágenes en la memoria interna de la cámara sea óptimo para garantizar la eficiencia y permitir la independencia del proceso.

El algoritmo en paralelo consta de tres hilos: el primero corresponde a la interfaz principal, en la que el usuario puede comenzar con el proceso de obtención de la respuesta del proyector; el segundo tiene la tarea capturar y proyectar la imagen, y el tercero se encarga de guardar las imágenes tomadas en grupos de p elementos, reanudando la ejecución del segundo hilo, una vez se hayan almacenado todas en el *buffer* de la cámara (Gráfico 2).

Gráfico 2. Paralelización



Para la implementación se utilizó una cámara Canon EOS 5 Mark III, un proyector Viewsonic PJD7820HD DLP, computadora con procesador Intel Core i7, 12 gb en RAM y so Windows 10 Home Edition, SDK para cámaras Canon de la línea EOS y el IDE de desarrollo Visual Studio 2019 Community Edition.

Para cada imagen capturada se selecciona una ventana de 9×9 píxeles y su promedio es almacenado en un vector, cuya información es indispensable en la calibración radiométrica y la generación de los patrones de interferencia calibrados. En la adquisición de las imágenes para crear el vector se muestra la imagen proyectada del lado izquierdo y la imagen capturada del lado derecho. Una vez procesado el vector, se calcula la respuesta de la cámara-proyector y se muestra una gráfica que indica tanto la respuesta original como

la compensada, la misma que será utilizada para compensar el error y formar los patrones calibrados. Por último, es necesario apoyar al usuario con alertas que lo guíen en el proceso.

En conclusión, el *software* realiza la calibración radiométrica en la reconstrucción de un objeto usando patrones de interferencia. En experimentos de bajo presupuesto normalmente la respuesta cámara-proyector es manual, por ello la automatización hace más eficiente el proceso y cubre todos los procesos de la reconstrucción, como la calibración radiométrica, la obtención y el desenvolvimiento de la fase y la reconstrucción tridimensional.



Osvaldo Barragán Cabrera es estudiante de Ingeniería en Computación en el Centro Universitario UAEM Valle de Chalco. Su principal interés se basa en el procesamiento digital de imágenes, desarrollo de *software* de aplicación y la seguridad en sistemas informáticos.



Omar Vázquez Báez es estudiante de Ingeniería en Computación en el Centro Universitario UAEM Valle de Chalco. Su principal interés se basa en el desarrollo de *software* de aplicación, procesamiento digital de imágenes y la programación de FPGA con VHDL.