

# Tutorial

## Realidad Aumentada con detección de marcadores utilizando OpenCV

Miguel Ángel Astor R.

Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ciencias  
Escuela de Computación  
Laboratorio ICARO Caracas, 1043. Venezuela  
Email: miguel.astor@ciens.ucv.ve

Ana Verónica Morales B.

Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ciencias  
Escuela de Computación  
Laboratorio ICARO Caracas, 1043. Venezuela  
Email: ana.morales@ciens.ucv.ve

**Resumen**—En este Taller se presentarán las nociones fundamentales para el desarrollo de aplicaciones que utilicen técnicas de Realidad Aumentada desde un enfoque teórico-práctico. Se presentará una técnica para detectar características de una imagen tomada de la realidad de manera que sea posible incorporar objetos virtuales sobre la misma. Esta técnica será desarrollada de manera práctica con el desarrollo de un programa en C++ el cual implemente el algoritmo planteado con la biblioteca de procesamiento digital de imágenes OpenCV, incorporando dicho código en un pequeño programa desarrollado con OpenGL para poder visualizar los resultados obtenidos.

**Palabras clave**—Realidad Aumentada, C++, OpenCV, OpenGL.

### I. INTRODUCCIÓN

La Realidad Aumentada se define como una variante de la Realidad Virtual la cual, en lugar de intentar suplantar toda la percepción que tiene el usuario sobre el mundo que le rodea con un entorno virtual, se dedica a complementar la percepción real del usuario con información virtual que se integra de alguna manera con dicha percepción [1].

Esta definición se basa en el llamado “Continuo Realidad-Virtualidad” de Paul Milgram y Fumio Kishino [2] [3]. Este continuo se utiliza para organizar lo que los autores mencionados llaman sistemas de Realidad Mixta, los cuales son sistemas de percepción y despliegue de escenas, ordenandolos de manera grues por la naturaleza dominante del entorno utilizado por el sistema, estando los sistemas que despliegan una escena real tal como la perciben en el extremo izquierdo, y los sistemas donde toda percepción y despliegue es virtual en el extremo derecho.

La Realidad Aumentada es un concepto que ha sido conocido en la literatura desde 1965 cuando Ivan Sutherland presentó el proyecto *Sword of Damocles* (Espada de Damocles) [4], el cual consistía en un visor colocado sobre la cabeza que se utilizaba para observar una escena virtual que cambiaba de perspectiva según los movimientos del usuario. Sutherland se vió obligado a abandonar esta línea de investigación debido a que las computadoras de la época no eran capaces de proveer la capacidad de cómputo que necesitaba [5]. En la década de 1990 se reactivó el interés de la academia y la industria por esta área de investigación [6], impulsados por la naciente industria de los dispositivos móviles.

La Realidad Aumentada se cataloga en dos grandes clases dependientes del dispositivo de despliegue: La Realidad Aumentada basada en dispositivos HMD (*Head Mounted Display - Display Montado en la cabeza*) y los dispositivos móviles llamados comercialmente como *magic lenses* (lentes mágicos) [3] [7]. Así mismo la Realidad Aumentada puede catalogarse en otras dos clases según el método utilizado para incorporar información virtual al mundo real [8]. Estas dos clases son la Realidad Aumentada basada en detección de marcadores y la Realidad Aumentada sin marcadores. Un marcador es una imagen de forma regular y fácil de detectar para una computadora, las cuales pueden usarse para codificar explícitamente alguna información sobre el mundo real [8].

El presente Taller pretende introducir a los participantes en el desarrollo de soluciones de Realidad Aumentada mediante el estudio e implementación en el lenguaje C++ del algoritmo de detección de marcadores planteado por Daniel Lélis Baggio [8].

### II. OBJETIVOS

A continuación se presentan los objetivos general y específicos del Taller planteado.

#### II-A. Objetivo general

Introducir y practicar los conceptos fundamentales para el desarrollo de algoritmos y aplicaciones que utilicen técnicas de Realidad Aumentada en el lenguaje C++.

#### II-B. Objetivos específicos

- Presentar las nociones fundamentales de programación con OpenCV y su integración con OpenGL.
- Presentar un algoritmo para detección de marcadores en imágenes.
- Desarrollar el algoritmo presentado en el lenguaje utilizando la biblioteca OpenCV.
- Integrar el algoritmo desarrollado con una aplicación básica de despliegue de modelos 3D desarrollada con OpenGL provista por los presentadores.

### III. CONTENIDOS

Durante el Taller se desarrollará el siguiente contenido temático:

#### III-A. *Introducción a la Realidad Aumentada*

Tipos de realidad aumentada: con marcadores, sin marcadores. Concepto y generación de marcadores. Acciones necesarias para desplegar escenas aumentadas: calibración de la cámara, detección y decodificación de marcadores, estimación de pose, despliegue.

#### III-B. *Programación con OpenCV*

El tipo de datos Mat. Mostrar y guardar imágenes. Captura de video. Conversión de espacios de color. Binarización de imágenes. Detección de bordes y aproximación poligonal de bordes. Eliminación de distorsiones de perspectiva.

#### III-C. *Detección de marcadores*

Calibración de la cámara. Análisis de imágenes de video. Detección de candidatos a marcadores. Eliminación de *outliers*. Decodificación de marcadores.

#### III-D. *Nociones de despliegue en Realidad Aumentada*

Configuración de la cámara virtual, Transformaciones de modelo-vista.

### IV. METODOLOGÍA

La metodología del Taller está basada en presentaciones de conocimiento teórico, así como los instrumentos y herramientas relacionadas al conocimiento teórico.

El Taller se divide en dos fases de 4 horas. La primera fase presentará las herramientas a utilizar de manera teórico-práctica. La segunda parte permitirá a los participantes desarrollar un ejercicio práctico completo con base a lo visto en la primera fase.

Durante la primera fase los participantes podrán practicar y experimentar con la herramienta OpenCV las habilidades necesarias para poder llevar a cabo la implementación del algoritmo en la segunda fase. Para esto se plantean una serie de ejercicios de captura, segmentación y búsqueda de bordes en imágenes, haciendo particular énfasis en el desarrollo de código reutilizable. En la segunda fase los participantes podrán aplicar las habilidades desarrolladas en la primera fase completando su código desarrollado de manera que obtengan un módulo de detección de marcadores sencillo pero completo.

### V. DURACIÓN

Se estima una duración de 8 horas para el Taller (un día completo).

### VI. PÚBLICO OBJETIVO

Personas interesadas en conocer los fundamentos prácticos de la Realidad Aumentada y el uso de la biblioteca OpenCV para tareas complejas de procesamiento de imágenes.

Los participantes deben tener un dominio intermedio del lenguaje C++. No se necesita tener conocimientos previos con OpenCV para desarrollar el taller.

### VII. REQUERIMIENTOS

Para poder llevar a cabo el tutorial se requiere lo siguiente:

- Un proyector.
- Acceso a Internet en la sala.
- Cada participante debe poseer una laptop o, en su defecto, la sala debe poseer desktops donde puedan trabajar dos personas por computadora, las cuales deben tener el *toolchain* de compilación de C++ de GNU (el compilador g++) instalado.

### VIII. IDIOMA

La exposición, dictado, ejercicios y ejemplos serán dados en español.

### REFERENCIAS

- [1] R. T. Azuma *et al.*, "A survey of augmented reality," *Presence-Teleoperators and Virtual Environments*, vol. 6, no. 4, pp. 355–385, 1997.
- [2] P. Milgram and F. Kishino, "A taxonomy of mixed reality visual displays," *IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems*, vol. 77, no. 12, pp. 1321–1329, 1994.
- [3] P. Milgram, H. Takemura, A. Utsumi, and F. Kishino, "Augmented reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum," in *Photonics for Industrial Applications*. International Society for Optics and Photonics, 1995, pp. 282–292.
- [4] I. E. Sutherland, "The ultimate display," *Multimedia: From Wagner to virtual reality*, 1965.
- [5] —, "A head-mounted three dimensional display," in *Proceedings of the December 9-11, 1968, fall joint computer conference, part I*. ACM, 1968, pp. 757–764.
- [6] R. Azuma, Y. Baillot, R. Behringer, S. Feiner, S. Julier, and B. MacIntyre, "Recent advances in augmented reality," *Computer Graphics and Applications, IEEE*, vol. 21, no. 6, pp. 34–47, 2001.
- [7] J. Rekimoto and K. Nagao, "The world through the computer: computer augmented interaction with real world environments," in *Proceedings of the 8th annual ACM symposium on User interface and software technology*. ACM, 1995, pp. 29–36.
- [8] D. L. Baggio, *Mastering OpenCV with practical computer vision projects*. Packt Publishing Ltd, 2012.

## PRESENTADORES

### *Miguel Ángel Astor Romero*

Profesor investigador, categoría Instructor, de la Escuela de Computación, de la Universidad Central de Venezuela (UCV). Es Licenciado en Computación de la Universidad Central de Venezuela (2014). Actualmente cursa estudios de Maestría en Ciencias de la Computación en la UCV.

Dirección: Paseo los Ilustres, Urb. Valle Abajo. Facultad de Ciencias, Cdad. Universitaria de Caracas, Venezuela.

Tlf: +58-212-6051170. Correo: miguel.astor@ciens.ucv.ve

### *Ana Verónica Morales Bezeira*

Profesora investigadora, categoría Agregado, de la Escuela de Computación, de la Universidad Central de Venezuela (UCV). Es Licenciada en Computación de la Universidad del Zulia (1999), M.Sc. en Telemática (2002) y candidata a Doctora en Ciencias de la Computación por la UCV.

Dirección: Paseo los Ilustres, Urb. Valle Abajo. Facultad de Ciencias, Cdad. Universitaria de Caracas, Venezuela.

Tlf: +58-212-6051329. Correo: ana.morales@ciens.ucv.ve