

# 1. Sensores CCD y CMOS.

## 1.1. Como funciona un sensor CCD.

Este es un sensor que posee una matriz de celdas cargadas de energía, las cuales recolectan información, primero se realiza una lectura de cada valor de la celda cargada, luego estas celdas se encargan de convertir esta energía en voltajes y da como resultado una señal analógica la cual es tomada para posteriormente convertirla en una señal digital, y ser procesada por la cámara. Uno de los detalles es que la cámara, ocupa un convertidor analógico-digital, para convertir la información analógica, a digital y ser procesada por las cámaras digitales que es donde más se presentan estos sensores, al tener este convertidor la cámara gasta más energía. Sin embargo este sensor permite capturar una mayor cantidad de tonos.

## 1.2. Qué son y en qué se diferencian las siguientes tecnologías CCD:

**1.2.1. Transferencia interlínea (Interline transfer )** según (Enciclopedia de la visión): Esta es la tecnología más común, esta misma utiliza registros de desplazamiento, que se encuentran entre las líneas de píxeles y que se encargan de almacenar y transferir los datos de la imagen. La principal ventaja de este tipo de CCD es la alta velocidad de obturación, pero no son tan sensibles y precisos como otros tipos de tecnología. Tienen un bajo nivel de factor de relleno y un rango dinámico más bajo.

**1.2.2. Transferencia de cuadro (Frame transfer )** según (Enciclopedia de la visión) Los CCD que tienen este tipo de transferencia tienen un área dedicada al almacenamiento de la luz que está separada del área activa y otra área para los píxeles activos que permiten un mayor factor de relleno. El inconveniente en este tipo de sensores es que la velocidad de obturación no puede ser tan rápida y que el coste de estos sensores es más alto al ser más grande su tamaño.

**1.2.3. Cuadro completo (Full frame)** según (Enciclopedia de la visión)

Son los CCD que tienen una arquitectura más simple. Emplean un registro paralelo simple para exposición de los fotones, integración de la carga y transporte de la carga. Se utiliza un obturador mecánico para controlar la exposición. El área total del CCD está disponible para recibir los fotones durante el tiempo de exposición. El factor de relleno de estos tipos de CCD es del 100%.

## 1.3. Que son sensores EMCCD.

Las cámaras EMCCD según (Electron Multiplying CCD) poseen las mismas variedades que los CCD comunes, esto implica que son las mismas propiedades y eficiencias cuánticas. Agregado a esto se puede decir que los problemas de ruido de los CCD, también los tiene. Sin embargo este sensor, es un sensor de imagen que es capaz de detectar eventos de fotones individuales sin un intensificador de imágenes, que se puede lograr a través de una

estructura de multiplicación de electrones única integrada en el chip, con el fin de que estas cámaras EMCCD superan una restricción física fundamental para ofrecer alta sensibilidad a alta velocidad.

#### **1.4. Como funciona un sensor CMOS.**

En el sensor CMOS según (Sensores con tecnología CCD vs CMOS. 2009), cada celda presente es independiente. La diferencia principal es que la transformación de la información de analógica a digital se realiza internamente en unos transistores que cada celda contiene, esto implica que el trabajo se lleva a cabo dentro del sensor y no se hace necesario un chip externo encargado de esta función.

#### **1.5. Que es un sensor sCMOS.**

Los sensores se denominan Scientific CMOS (sCMOS) ya que están diseñados con una combinación superior de características que pueden cumplir los requisitos de rendimiento extremo de muchas aplicaciones científicas según (SCMOS) . Estas características pueden ser como por ejemplo: alta eficiencia de recolección y conversión de luz, gran rango dinámico dentro de la escena, operación de alta velocidad para capturar eventos dinámicos, bajo costo en grandes volúmenes, entre muchas otras.

#### **1.6. Ventajas y desventajas de tecnologías CCD contra CMOS.**

El sensor CCD en uno de los puntos en los que gana es en el rango dinámico, ya que supera al CMOS en un rango de dos. El ruido en el CCD es superior al CMOS, ya que la transformación de la señal se lleva a cabo en un chip externo, el cual puede optimizarse mejor para realizar esta función. Por el contrario el CMOS; al realizarse todo el proceso de la señal dentro del mismo sensor, los resultados serán peores, pues hay menos espacio para colocar los foto-diodos encargados de recoger la luz. La respuesta uniforme en un sensor CMOS está más propenso a sufrir fallos, ya que esta constituido por píxeles individuales. En el CCD, al ser toda la matriz de píxeles uniforme, tiene un mejor comportamiento. Pero en el costo es más barato el CMOS que el CDD, al igual que en la velocidad el sensor CMOS es más rápido ya que el proceso se realiza dentro del mismo sensor, sin embargo el CDD no lo realiza dentro por ende se vuelve más lento.

#### **1.7. Con respecto a la captura de información de color:**

En su estado natural, los sensores de imágenes utilizados en la captura de imágenes digitales son blanco y negro. Para permitir la captura de color, pequeños filtros de color se sitúan encima de cada fotodiodo.

**1.7.1. Que son filtros de Bayer:** es un filtro repetitivo de pixeles rojos, azules y verdes que se sitúan de manera adyacente en el plano de la imagen. Se utiliza la interpolación para estimar la información faltante a partir de los pixeles vecinos. El patrón de filtro típico de Bayer se muestra en la figura 1.

R	G	R	G
G	B	G	B
R	G	R	G
G	B	G	B

**Figura 1. Patrón de filtro típico de Bayer. [6]**

Al utilizar dos filtros de pixeles verdes por cada filtro rojo o azul, el patrón de Bayer está designado para maximizar la percepción de nitidez en el canal de luminancia, compuesta mayormente por información de verde. Sin embargo, el detalle de color se pierde debido al bajo muestreo de densidad de los canales rojo y azul. Este patrón introdujo tres limitaciones de diseño para las cámaras, que deben realizar las siguientes operaciones:

- Interpolar la información de color perdida para crear tres planos de color de imagen completos (R, G, B).
- Llevar una cuenta para la reducción inherente en la nitidez de los canales de luminancia y de crominancia.
- Eliminar los artefactos aliasing de color resultantes del muestreo incompleto de la información de la imagen.

**1.7.2. Qué son y cómo funcionan los sensores Foveon X3:** estos sensores toman ventaja de la habilidad del silicón de absorber diferentes longitudes de onda de la luz a diferentes profundidades en el silicón. Esto permite apilar los sensores rojo, verde y azul de forma vertical como se muestra en la figura 2. Lo cual trae como ventaja una mejora en la nitidez por unidad de área del sensor.

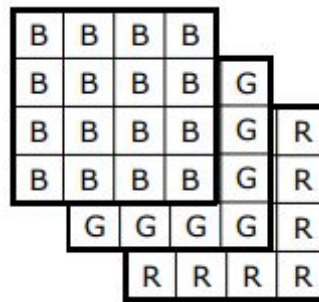


Figura 2. Muestreo de los sensores Foveon X3. [6]

**1.7.3. Qué son y cómo funcionan las cámaras de triple CCD:** nueva tecnología de cámaras RGB ideal para aplicaciones demandantes de machine learning en diversidad de rangos de industrias. Revestimientos dicróicos en la superficie del prisma separa la luz entrante en luz roja, verde y azul, las cuales son dirigidas a tres CCD cuidadosamente alineadas. Lo cual resulta en valores de píxel más precisos que aquellos que se calculan por la interpolación. También ofrecen mayor resolución espacial, permitiendo una mejor detección de bordes.

## 2. Imágenes de profundidad

**2.1. Como funcionan los sensores RGB-D de profundidad por medio de luz estructurada (por ejemplo, los utilizados en las cámaras Astra Pro de Orbbec, o también los sensores de la antigua empresa PrimeSense utilizados en las primeras generaciones de Microsoft Kinect)**

Un sistema típico de RGB-D stereo de luz estructurada como lo es el Microsoft Kinect consiste de un proyector y dos sensores de cámara. Patrones de luz especiales, típicamente en el espectro infrarrojo, son emitidas por el proyector y capturadas por el sensor infrarrojo de cámara CMOS. La información de profundidad del entorno puede ser inferida basándose en como los patrones de luz son distorsionados en las imágenes infrarrojas (sabiendo ángulos de visualización de las dos cámaras, se saca la distancia por trigonometría).

**2.2. Cómo funcionan los sensores ToF (Time of flight) (por ejemplo, utilizados en las nuevas versiones de Kinect, y por otras empresas de cámaras industriales (Basler con sensores de Panasonic) o de cámaras para sistemas embebidos (PMD+Inneon, proyecto Tango de Google).**

El principio de modulación de intensidad está basado en la correlación on-chip de la señal óptica incidente que proviene de una iluminación modulada NIR reflejada por el entorno. El principio básico es enviar una señal de luz al entorno y detectar el desfase de la luz reflejada con respecto a la emitida, luego a través de una fórmula simple se puede conocer la distancia a la que están los objetos.

**2.3. ¿En qué tipo de calificaría usted las cámaras RealSense D415 y D435 de Intel?**

Ambas cámaras utilizan sensores RGB-D de profundidad de luz estructurada.

### 3. Bibliografía

- 1) A.(n.d.). Electron Multiplying CCD Cameras. Retrieved from <http://www.andor.com/learning-academy/electron-multiplying-ccd-cameras-the-technology-behind-emccds>
- 2) ENCICLOPEDIA DE LA VISIÓN. (n.d.). Retrieved from <https://www.infaimon.com/es/caracteristicas-de-los-sensores-tipo-de-transferencia>
- 3) Interactivo, C. (n.d.). ¿Sensor CCD o CMOS? ¿Qué significa todo esto? Retrieved from [http://www.parentesis.com/tutoriales/Sensor\\_CCD\\_o\\_CMOS\\_Que\\_significa\\_todo\\_esto](http://www.parentesis.com/tutoriales/Sensor_CCD_o_CMOS_Que_significa_todo_esto)
- 4) Sensores con tecnología CCD vs CMOS. (2009, December 20). Retrieved from <https://www.xatakafoto.com/camaras/sensores-con-tecnologia-ccd-vs-cmos>
- 5) T324, I. (n.d.). SCMOS. Retrieved from <http://www.fairchildimaging.com/category/product-category/focal-plane-arrays/scmos>
- 6) Hubel, P. M., Liu, J., & Guttosch, R. J. (2004, June). Spatial frequency response of color image sensors: Bayer color filters and Foveon X3. In *Sensors and Camera Systems for Scientific, Industrial, and Digital Photography Applications V* (Vol. 5301, pp. 402-408). International Society for Optics and Photonics.
- 7) Color area scan cameras (3-CCD/3-CMOS). (n.d.). Retrieved February 24, 2018, from <http://www.jai.com/en/products/multi-imager/colorareascancameras>
- 8) Shen, J., & Cheung, S. C. S. (2013, June). Layer depth denoising and completion for structured-light rgb-d cameras. In *Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2013 IEEE Conference on* (pp. 1187-1194). IEEE.
- 9) Kolb, A., Barth, E., Koch, R., & Larsen, R. (2009, March). Time-of-Flight Sensors in Computer Graphics. In *Eurographics (STARs)* (pp. 119-134).
- 10) Intel® RealSense™ Depth Camera D435. (n.d.). Retrieved February 24, 2018, from <https://click.intel.com/intelr-realsensetm-depth-camera-d435.html>