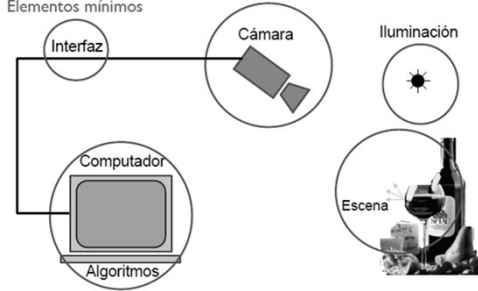


Proceso de Formación de Imágenes

Componentes típicos de sistemas de visión por computador

Elementos mínimos



Componentes típicos de sistemas de visión por computador

Iluminación

- Necesaria para obtener información de los objetos en la escena

There can be no rigid formula-based approach to designing a lighting-viewing system. This does not, in any way, diminish the need for sound mathematical analysis, where it can be applied appropriately (e.g., lens design). There can be no equation to tell us when it is most appropriate to use, say, diffuse, or dark-field illumination, monochromatic or polarised light, or a combination of these. The system designer must use his/her judgment and experience. Most importantly, he/she must look at the widget and its surroundings!

Propiedades

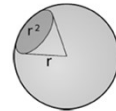
- Tipo de fuente radiante: Natural vs artificial
- Tipos de iluminadores (*illuminators*)
- Tipo de iluminación (*lighting*)



Componentes típicos de sistemas de visión por computador

Iluminación - Medición

- Candela [cd]:** Es la intensidad luminosa en una dirección dada de una fuente que emite una radiación cromática de 0.555 μm y tiene una intensidad radiante en esa dirección de 1/683 W por steradian
 - 1 vela emite en promedio un 1 cd
 - Un bombillo incandescente de 100W emite 120 cd
- Lumen [lm]:** Unidad SI de flujo luminoso. El flujo luminoso emitido en un steradian por 1 cd.



Units of illumination

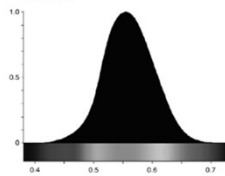
| Quantity | SI unit | Abbreviation |
|--|--------------------------|-------------------------|
| Luminous intensity (SI base unit) | candela | cd |
| Luminous energy | lumen second | lm s |
| Luminous flux/luminous power | lumen [or cd sr] | lm |
| Luminance | candela per square metre | cd m ⁻² |
| Illuminance (light incident on a surface) | lux | lx = lm m ⁻² |
| Luminous emittance (light emitted from a surface) | lux | lx = lm m ⁻² |
| Luminous efficacy of a lamp (maximum is 683/0.002) | lumen per watt | lm W ⁻¹ |

Componentes típicos de sistemas de visión por computador

Iluminación - Medición

- Lux [lx]:** Unidad SI de iluminancia relacionada con el ser humano. Se mide de acuerdo a la función de luminosidad estándar de un observador promedio
 - L \rightarrow respuesta del sistema visual humano
 - R \rightarrow Radiación electromagnética
 - P \rightarrow Función de iluminación de un observador estándar

$$P(\lambda) = R(\lambda) \cdot L(\lambda)$$



Componentes típicos de sistemas de visión por computador

Iluminación - Medición

- Lux [lx]:** Unidad SI de iluminancia relacionada con el ser humano. Se mide de acuerdo a la función de luminosidad estándar de un observador promedio

Relating photometric illuminance to everyday experience

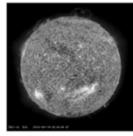
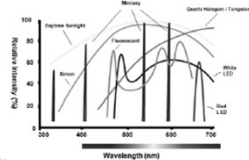
| Illuminance (lux) | Example |
|------------------------|---|
| 5×10^{-5} | Starlight |
| 10^{-3} | Moonless clear night sky (no city lights) |
| 10^{-2} | Quarter Moon |
| 2.5×10^{-1} | Full Moon, clear sky |
| 10 | Candle, 300 mm away |
| 5×10^1 | Household living space |
| 4×10^2 | Brightly lit office |
| 10^3 | Television studio lighting |
| $3 \times 10^4 - 10^5$ | Sunlight, average day |

Componentes típicos de sistemas de visión por computador

► Iluminación - Tipo de fuente radiante

- Tipo Natural
 - Sol
 - Estrellas en general
 - Radiación de cuerpos negros
- Tipo Artificial
 - Incandescentes
 - Descarga de gas
 - LED - Light Emitting Diode

Características controlables:
Longitud de onda, intensidad, ángulo de incidencia, polarización...



Componentes típicos de sistemas de visión por computador

► Tipo de fuente radiante - Incandescentes

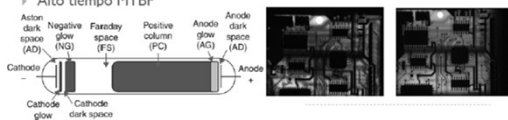
- Emiten luz mediante cambios en temperatura...efecto cuántico
- Usualmente se calienta un objeto mediante circulación de corriente eléctrica
 - Permite un control fácil de la intensidad lumínica
 - Un bombillo de 100W a 120 VAC puede calentar un filamento de Tungesto/wolframio a 2500K
 - El filamento no debe tener contacto con oxígeno para no oxidarse...se rellena la cámara con gas inerte (nitrógeno, argón, Kriptón...)
- Iluminación no uniforme → geometría del filamento
- Poco tiempo de MTBF



Componentes típicos de sistemas de visión por computador

► Tipo de fuente radiante – Descarga de gas

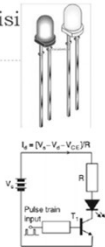
- Emiten luz mediante cambios de potencial eléctrico...efecto cuántico
- Dos electrodos general un potencial eléctrico dentro de un tubo de vidrio que contiene un gas a baja presión
 - El control de la intensidad lumínica no es fácil
 - La longitud de onda depende del gas utilizado: Mercurio, Xeon, Sodio,...
 - Menos consumo que una incandescente
- Iluminación no uniforme → Espacios oscuros por propiedades físicas (*dark spaces* y *Faraday spaces*)
- Alto tiempo MTBF



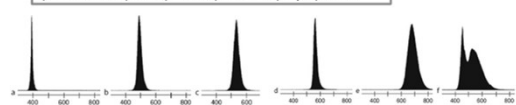
Componentes típicos de sistemas de visión por computador

► Tipo de fuente radiante – LED

- Emiten luz mediante cambios de potencial eléctrico...efecto cuántico
- Dos electrodos general un potencial eléctrico dentro de un material semiconductor
 - El control de la intensidad lumínica no es fácil...PWM
 - La longitud de onda depende de propiedades química del semiconductor



a) UV cercano; b) azul; c) verde; d) amarillo; e) rojo; f) blanco



Componentes típicos de sistemas de visión por computador

► Tipo de fuente radiante – LED

- Menor consumo de potencia respecto a las otras fuentes de iluminación
- Menor MTBF
- Opciones de longitud de ondas y espectro pequeño
- Tamaño pequeño



Componentes típicos de sistemas de visión por computador

► Factores de escogencia de iluminación I

| Main feature | Category | Factors to be considered |
|---------------------------------|-----------|--|
| Light characteristics | Intensity | Overall brightness |
| | Spectrum | Emulating day light (Black body source) |
| | | Monochromatic |
| | | Multiple peaks |
| | | Smooth panchromatic with/without spiky peaks |
| Beam shape | | Ultra-violet |
| | | Infrared |
| | | Omnidirectional |
| | | Directed |
| | | Linear |
| Coherence | | Rectangular |
| | | Circular |
| | | Beam uniformity |
| | | Coherent (Laser) |
| | | Non-coherent (Other sources) |
| Temporal variation of intensity | | Ageing |
| | | Strobing |
| | | Light fluctuating with AC power cycle |
| | | Start-up |



Componentes típicos de sistemas de visión por computador

Factores de escogencia de iluminación II

| | | |
|-----------------------------------|--------------|--|
| Use, implementation and operation | Cost | Installation |
| | Running | Displacement |
| | Electrical | Special electronic driver |
| | Physical | Voltage |
| | | Power |
| Sensitive operating environment | | AC or DC? |
| | | Size of luminaire |
| | | Maintenance (cleaning) |
| Other | | Heat generated |
| | | Operating temperature |
| | | Vibration |
| Safety | Failure mode | Slow degradation |
| | | Sudden catastrophic failure |
| | | Toxic chemicals (particularly mercury) |
| | | Flashing lights (migraine & epilepsy) |
| | | Broken glass |
| | | Electric shock |
| | | Eye & skin damage |



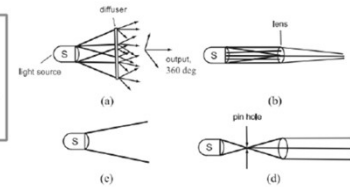
Componentes típicos de sistemas de visión por computador

Tipos de iluminadores (illuminators)

- Dispositivo que radia luz configurado con una distribución de brillo requerida
- Fuente de luz + dispositivo óptico

Difusor → La fuente de luz irradia un material translúcido que difumina la luz

- Permite mitigar la variación en intensidad luminica de la fuente de luz



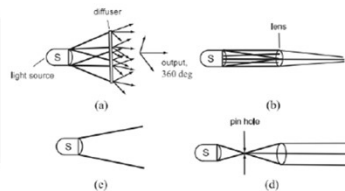
Componentes típicos de sistemas de visión por computador

Tipos de iluminadores (illuminators)

- Dispositivo que radia luz configurado con una distribución de brillo requerida
- Fuente de luz + dispositivo óptico

Condensador → La luz se cambia de dirección: de un cono a un lugar específico

- Se utiliza para iluminar un objeto en particular
- Se realiza en la practica con lentes



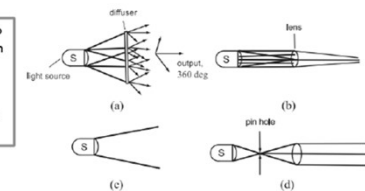
Componentes típicos de sistemas de visión por computador

Tipos de iluminadores (illuminators)

- Dispositivo que radia luz configurado con una distribución de brillo requerida
- Fuente de luz + dispositivo óptico

Proyector → La luz mantiene o expande el cono de iluminación

- Se utiliza para iluminar una escena completamente
- Se realiza en la practica con lentes



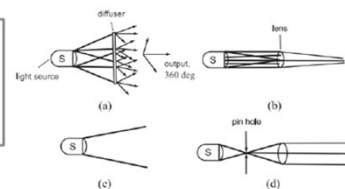
Componentes típicos de sistemas de visión por computador

Tipos de iluminadores (illuminators)

- Dispositivo que radia luz configurado con una distribución de brillo requerida
- Fuente de luz + dispositivo óptico

Colimador → Los rayos de luz emitido por la fuente se convierten en rayos paralelos

- Se utiliza para iluminar un lugar específicamente
- Laser



Componentes típicos de sistemas de visión por computador

Tipos de iluminación (lighting)

- Configuración geométrica del iluminador respecto a la cámara en la escena con el fin de facilitar la tarea del sistema de visión por computador
- El tipo de iluminación es dependiente de la aplicación!
- Existen algunas configuraciones estándar:
 - Iluminación frontal
 - Iluminación trasera
 - Iluminación estructurada

Componentes típicos de sistemas de visión por computador

► Iluminación frontal

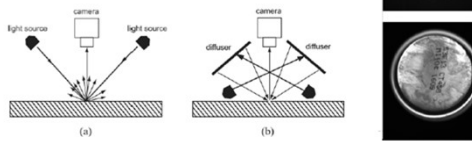
- Busca iluminar el área de trabajo tal que las características relevantes de la escena sobresalgan.

► A) iluminación frontal directa

- Fácil implementación – Puede producir sombras

► B) iluminación frontal difusa

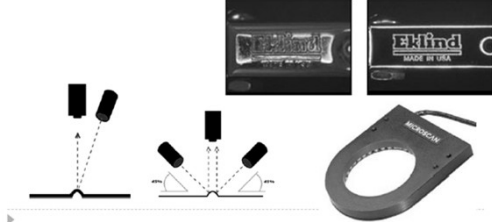
- Reduce sombras



Componentes típicos de sistemas de visión por computador

► Iluminación frontal - ángulo de incidencia

- Una iluminación frontal con un bajo ángulo de incidencia (*Dark Field Illuminators*)
- Usando en detección de detalles



Componentes típicos de sistemas de visión por computador

► Iluminación trasera

- Busca iluminar el área de trabajo tal que se destaque los bordes de los objetos de interés en el área de trabajo

- Genera un contraste entre el objeto y el fondo → crea siluetas en los objetos y el fondo

- Su uso principales la detección de huecos, aberturas, orientación de partes, medición de objetos



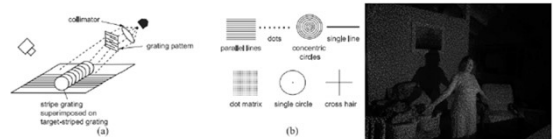
Componentes típicos de sistemas de visión por computador

► Iluminación estructurada

- Busca iluminar el área de trabajo con un patrón que facilite el trabajo del sistema de visión por computador

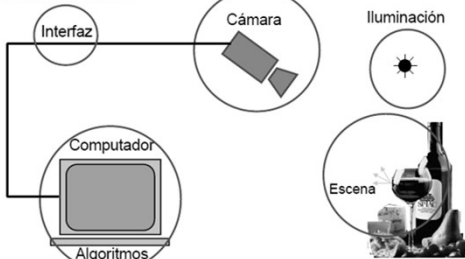
- Usualmente se utiliza un colimador junto al patrón que se desea proyectar

- Su uso principal esta en la medición de distancia



Componentes típicos de sistemas de visión por computador

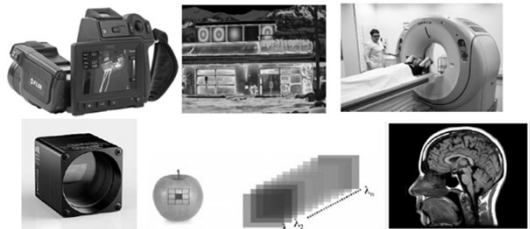
► Elementos mínimos



Componentes típicos de sistemas de visión por computador

► Cámara

- Capta la información visual de la escena...capta ondas electromagnéticas
- Clasificada de acuerdo a la parte del espectro en la cual trabajan



GC La Información Geográfica de Colombia

Sensores para remote sensing I

GC La Información Geográfica de Colombia

Sensores para remote sensing I

- ¿Qué se mide en remote sensing?
 - Se mide la reflectancia que es la radiación electromagnética que se no se absorbe, disipa o se dispersa de una fuente de energía (e.g., Sol)
 - La reflectancia a lo largo de las longitudes de ondas
 - Huellas espectrales

GC La Información Geográfica de Colombia

Sensores para remote sensing I

- ¿Qué influye una medida en remote sensing?
 - Muchos factores entre ellos el Sol.
 - Principal emisor de radiación electromagnética → Se toma en cuenta para descontarlo de la medición en el sensor.
 - De noche se tiene EMR del sol por la luna

GC La Información Geográfica de Colombia

Sensores para remote sensing I

- ¿Qué influye una medida en remote sensing?
 - Muchos factores entre ellos la atmósfera.
 - Produce dispersión de las EMR por las partículas presentes.

GC La Información Geográfica de Colombia

Sensores para remote sensing I

- ¿En una medida de remote sensing solo irradia el Sol?
 - No. Cualquier otro cuerpo inclusive el sensor.
 - Medición pasiva → El sol es la fuente de EMR.
 - Medición activa → La fuente de EMR es el sensor.

GC La Información Geográfica de Colombia

Sensores para remote sensing I

- ¿Cómo se toman (geometría) los datos en remote sensing?
 - En UAVs ó spacecrafts
 - Verticales/Nadir → El sensor está en dirección perpendicular a la tierra o máximo a $\pm 3^\circ$ contra la gravedad.
 - Oblicuas → El sensor está rotado a unos $\pm 20^\circ$.
 - Se puede pasar de unas a otras mediante homologías.

La Información Geográfica de Colombia

Sensores para *remote sensing* I

- ¿Cómo se toman (captura) los datos en *remote sensing*?
 - En UAVs ó spacecrafts
 - Fotografía (Photographics) → El sensor captura datos en su totalidad en un mismo instante...no es valido para todas las cámaras fotográficas.
 - Escaneo por líneas (Line scanning) → El sensor captura datos en una línea al mismo tiempo (arreglo de sensores)...Pushbroom (como escoba)
 - Puntos (Points) → El sensor captura datos por puntos (sensores puntuales). Los datos se llevan a los sensores usualmente por espejos...Whiskbroom

La Información Geográfica de Colombia

Sensores para *remote sensing* I

- ¿Qué es la resolución X de un sensor de *remote sensing*?
 - Es una característica particular del sensor en la toma de datos.
 - X puede ser:
 - Espacial → Spatial
 - Espectral → Spectral
 - Temporal → Temporal
 - Radiométrica → Radiometric

La Información Geográfica de Colombia

Sensores para *remote sensing* I

- ¿Qué es la resolución espacial de un sensor de *remote sensing*?
 - Espacial → Spatial
 - La resolución espacial indica el tamaño del objeto mas pequeño que se puede tener información con el sensor.
 - En una cámara fotográfica: Un pixel es la unidad de información visual → su tamaño el área mínima de información del objeto

La Información Geográfica de Colombia

Sensores para *remote sensing* I

- ¿Qué es la resolución espectral de un sensor de *remote sensing*?
 - Espectral → Spectral
 - La resolución espectral indica el numero de bandas del espectro electromagnético de las que se puede tener información con el sensor.
 - Pancromática → usualmente 3 bandas todas visibles (RGB); Multiespectral → 4 – 99, Hiperspectral → 100 - inf

La Información Geográfica de Colombia

Sensores para *remote sensing* I

- ¿Qué es la resolución temporal de un sensor de *remote sensing*?
 - Temporal → Temporal
 - La resolución temporal indica el tiempo entre el cual se puede tener información con el sensor de un mismo lugar.
 - También se conoce como tiempo de revisita.

La Información Geográfica de Colombia

Sensores para *remote sensing* I

- ¿Qué es la resolución radiométrica de un sensor de *remote sensing*?
 - Radiométrica → Radiometric
 - La resolución radiométrica indica la sensibilidad a la magnitud de la radiación de ondas electromagnéticas de las cuales se puede tener información con el sensor.
 - Usualmente se indica en potencias de 2 (sensores digitales) → $2^1 = 2$; $2^8 = 256$ (8 bits); $2^{10} = 1024$ (10 bits)

GC La Información Geográfica de Colombia

Sensores para remote sensing II

GC La Información Geográfica de Colombia

Sensores para remote sensing II

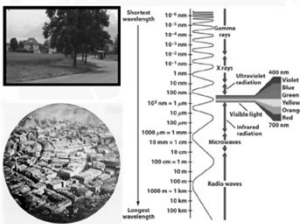
- Los sensores mas comunes para remote sensing se basan en detección de EMR de manera pasiva o activa
- EMR en el espectro visible: Cámaras
- EMR en el infrarrojo cercano, corto y medio: Cámaras infrarrojas
- EMR Infrarrojo lejano: Cámaras térmicas
- EMR en todo el espectro: Cámaras hiperspectrales
- LIDAR
- RADAR
- RADAR de apertura sintética

GC La Información Geográfica de Colombia

Sensores para remote sensing II

- EMR en el espectro visible: Cámaras

- La región visible del espectro (VIS \rightarrow Visible Light Spectrum) va de 400nm a 700nm... Inspección visual.
- Primera foto aérea Francia@1858
- Foto aérea de Boston en 1960

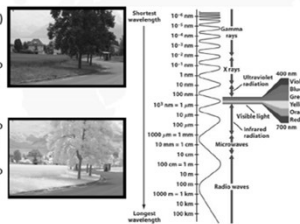


GC La Información Geográfica de Colombia

Sensores para remote sensing II

- EMR en el espectro visible e infrarrojo cercano, corto y mediano : Cámaras

- La región visible del espectro (VIS \rightarrow Visible Light Spectrum) va de 400nm a 700nm... Inspección visual
- La región de infrarrojo cercano (NIR \rightarrow Near Infrared Region) 700-1100... Índices de vegetación
- La región de infrarrojo cercano (SWIR \rightarrow Short-wave infrared) 1100-2500... minerales
- La región de infrarrojo cercano (MWIR \rightarrow Mid-wave infrared) 2500 - 5000... Algunas propiedades térmicas




GC La Información Geográfica de Colombia

Sensores para remote sensing II

- EMR Infrarrojo lejano: Cámaras térmicas

- La región infrarrojo lejano del espectro (Long-Wave Infrared (LWIR) - Thermal Infrared (TIR)) va de 800nm a 14000nm... irradiancia térmica
- Es diferente a las anteriores dado que las característica del sensor son completamente diferentes por las longitudes de onda

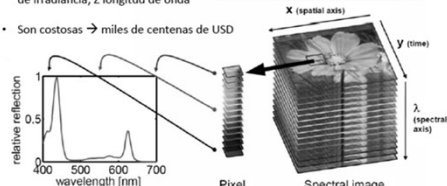


GC La Información Geográfica de Colombia

Sensores para remote sensing II

- EMR en todo el espectro: Cámaras hiperspectrales

- Las cámaras hiperspectrales abarcan 100 o mas bandas espectrales.
 - El tamaño de cada banda es importante \rightarrow resolución
- Los datos del sensor se entregan en un cubo hiperspectral \rightarrow XY datos de intensidad de irradiancia; Z longitud de onda
- Son costosas \rightarrow miles de centenas de USD



La Información Geográfica de Colombia

GC Sensores para *remote sensing* II

► **LIDAR**

- LIDAR → *Light detection and ranging* es un sensor activo que utiliza un haz láser y un receptor para medir la distancia y reflectancia de una superficie.
- El resultado del sensor es una nube de puntos referenciada al origen óptico del LIDAR.
- La gran mayoría de LIDAR son de tipo "punto". Existen algunos de tipo "line scanner" y de tipo "fotográfico"
- Son costosos → decenas de miles de USD

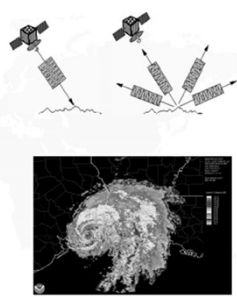


La Información Geográfica de Colombia

GC Sensores para *remote sensing* II

► **RADAR**

- RADAR (inicialmente del *Radio Detection And Ranging*) tiene como funcionalidad la detección de ondas electromagnéticas (usualmente microondas) que el mismo sensor emite y determina propiedades de estas.
 - Amplitud
 - Fase
 - retraso
- Se utiliza para encontrar perturbaciones del clima, propiedades del suelo,...

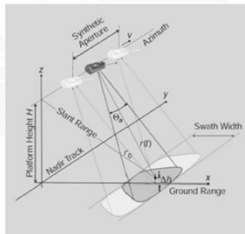


La Información Geográfica de Colombia

GC Sensores para *remote sensing* II

► **RADAR de apertura sintética**

- RADAR de apertura sintética → *Synthetic aperture radar* similar a un radar
- Se usa con longitudes de onda de 1mm a 1m → se necesitaría una antena muy grande → se simula la antena con el movimiento del vehículo que lleva al sensor
- Mayor longitud de onda → menores pérdidas e importa menos el clima
- Se pueden realizar mapas en todo momento

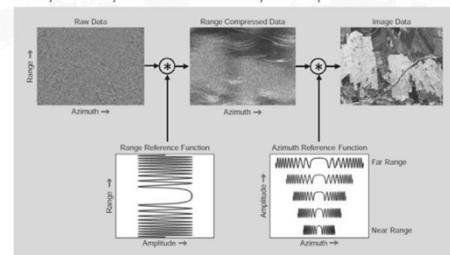


La Información Geográfica de Colombia

GC Sensores para *remote sensing* II

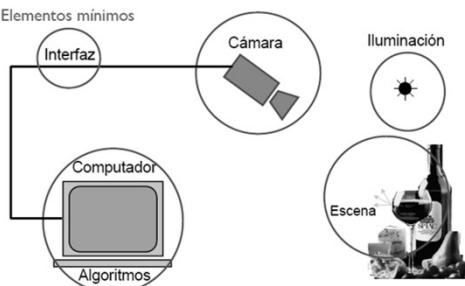
► **RADAR de apertura sintética**

► Requieren de procesamiento intensivo para recuperar datos de interés



Componentes típicos de sistemas de visión por computador

► Elementos mínimos



Componentes típicos de sistemas de visión por computador

► Interfaz → Permite la conexión de la cámara con el sistema de computo

- En los inicios la interfaz se realizaba de forma analógica
- En la actualidad la interfaz entre la cámara y el computador es digital
 - Primer intento sin estandarización → LVDS (*Low Voltage Differential Signalling*)
 - Estándar actuales
 - USB
 - FireWire
 - GigE
 - CameraLink

Componentes típicos de sistema por computador

- USB → Universal Serial Bus
- Común en PCs.
- Versiones 1.0 y 1.1 no tenían el suficiente ancho de banda para video
- Versiones 2.0 y 3.0 son comunes para sistemas de visión por computador
 - USB 3.0 → 625 MB/s
- Voltaje en interfaz eléctrica → Usualmente se usa para la cámara
- No existe interfaz software unificada → UVC driver en Linux

| Feature | Interface type | | | |
|----------------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------|
| | USB 2.0 | IEEE 1394b | GigE | CameraLink |
| Bandwidth (Mbytes/s) | 50 | 80 | 100 | ≤ 680 |
| Topology | Client/host network | Peer-to-peer network | Peer-to-peer network | Point to point |
| Interface protocol | None | IDC (formerly DCAM) | GeniCam | CameraLink |
| Guaranteed delivery | Yes | No | Yes | No |
| Guaranteed bandwidth | No | Yes | No | Yes |
| Cable length (m) | ≤5 | ≤10 | ≤100 | ≤10 |

Componentes típicos de sistemas por computador

- FireWire → IEEE 1394b
- Poco común → Tarjetas de adquisición; *Framegrabbers*
- Usualmente necesita voltaje extra
- Interfaz software unificada → IIDC
- Multipunto

| Feature | Interface type | | | |
|----------------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------|
| | USB 2.0 | IEEE 1394b | GigE | CameraLink |
| Bandwidth (Mbytes/s) | 50 | 80 | 100 | ≤ 680 |
| Topology | Client/host network | Peer-to-peer network | Peer-to-peer network | Point to point |
| Interface protocol | None | IDC (formerly DCAM) | GeniCam | CameraLink |
| Guaranteed delivery | Yes | No | Yes | No |
| Guaranteed bandwidth | No | Yes | No | Yes |
| Cable length (m) | ≤5 | ≤10 | ≤100 | ≤10 |

Componentes típicos de sistemas por computador

- GigE → Gigabit Ethernet Vision
- Común en PCs
- Usualmente necesita voltaje extra ... PoE
- Interfaz software unificada
- Multipunto



| Feature | Interface type | | | |
|----------------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------|
| | USB 2.0 | IEEE 1394b | GigE | CameraLink |
| Bandwidth (Mbytes/s) | 50 | 80 | 100 | ≤ 680 |
| Topology | Client/host network | Peer-to-peer network | Peer-to-peer network | Point to point |
| Interface protocol | None | IDC (formerly DCAM) | GeniCam | CameraLink |
| Guaranteed delivery | Yes | No | Yes | No |
| Guaranteed bandwidth | No | Yes | No | Yes |
| Cable length (m) | ≤5 | ≤10 | ≤100 | ≤10 |

Componentes típicos de sistemas por computador

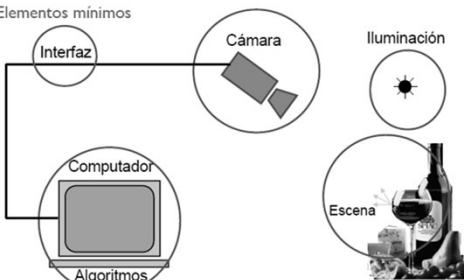
- CameraLink
- Poco común → Tarjetas de adquisición; *Framegrabbers*
- Usualmente necesita voltaje extra
- No existe interfaz software unificada
- Punto a punto
- Desarrollo de sistemas embebidos



| Feature | Interface type | | | |
|----------------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------|
| | USB 2.0 | IEEE 1394b | GigE | CameraLink |
| Bandwidth (Mbytes/s) | 50 | 80 | 100 | ≤ 680 |
| Topology | Client/host network | Peer-to-peer network | Peer-to-peer network | Point to point |
| Interface protocol | None | IDC (formerly DCAM) | GeniCam | CameraLink |
| Guaranteed delivery | Yes | No | Yes | No |
| Guaranteed bandwidth | No | Yes | No | Yes |
| Cable length (m) | ≤5 | ≤10 | ≤100 | ≤10 |

Componentes típicos de sistemas de visión por computador

- Elementos mínimos



Componentes típicos de sistemas de visión por computador

- Computador

- Sistema electrónico que permite realizar cálculos de manera rápida y precisa mediante el seguimiento de una serie de pasos dados de una manera ordenada.

Características controlables: Capacidad de almacenamiento, capacidad de procesamiento, conectividad, sistema operativo, compatibilidad con sensores

