

## 1. El sistema de Percepción

Que son las partes principales del oído y que función tienen?

**Oído externo:** capturar los sonidos como una antena, ampliando un rango específico (voz humana)

**Oído medio:** amplificación

**Oído interno:** La cóclea convierte el sonido a señales eléctricos.

Que es la ancha de banda del oído humano, y donde tiene su sensibilidad más alta?

**Oído:** 20-20kHz, cima 4kHz

**Voz humana:** 300-3.8kHz

Que **células fotosensibles** tenemos en el ojo?

**Conos:** hay 3 tipos (rojo, verde, azul), responsable para la percepción de color, hay menos, pero están muy colocados en el punto enfoque (**fóvea**).

**Bastones:** hay solo un tipo, responsable para las contrastes y vista nocturna, hay muchos, distribuidos por la retina.

Que son los efectos de precepción visual?

- La **Ley de Weber**: la diferencia de intensidad que podemos percibir aumenta con la intensidad y la relación es constante.  $\Delta I/I = \lambda$  En el dominio logarítmico, el incremento es constante
- **Inhibición lateral**: Facilita la detección de bordes (algo como un filtro paso alto, resto o diferencia entre pixeles cercanos)
- **Muestro/filtrado temporal**: una secuencia de imágenes estáticas aparece como una secuencia continua. A partir de 30Hz.

## 2. Elementos de un sistema percepción

Que son las responsabilidades de un sistema der percepción?

- **Captura de información:**
- **Procesamiento:** filtrar datos
- **Tomar decisiones:**

Que son los parámetros importantes de un sistema de percepción?

- **Especificidad:** mide algo en concreto
- **Precisión:** # errores
- **Sensibilidad:** mínimo tamaño medible
- **Consumo y tamaño**

Que es una conversión analógico-digital y porque se hace?

Convertir el mundo continuo y analógico en señales discretas

**Ventajas:**

- Mas flexible (software)
- Integración de muchos sensores
- Almacenamiento
- Transporte
- Compresión

**Desventajas:**

- Perdida de información

Que son las tares más comunes del preprocesamiento?

Aumenta la calidad de la información percibida.

- **Eliminación de ruido**
- **Detección de anomalías**
- **Corrección de errores**

### 3. Captura y digitalización de señales

#### Que son los elementos de un conversor A/D?

Un A/D convierte una señal

Analógico & Continuo -> digital & discreto

Sus componentes

- **Muestreador**
- **Cuantificador**
- **Codificador**

Parametros:

- Frecuencia del muestreador
- Numero de niveles del cuantificador

#### Que es el teorema de Nyquist?

Define una frecuencia mínima del muestreador para recuperar la forma de una señal original.

$$F_{\text{muestreador}} \geq 2 F \text{ (de la señal)}$$

Si la frecuencia del muestreador no es suficiente alto, aparece el efecto **Aliasing** (la señal parece tener una frecuencia muy baja)

## 4. Fuentes y tipos de ruido

### Que es la Entropia?

La cantidad de información media de una fuente/señal, o como medida de incertidumbre de los niveles futuros de una señal. Máxima en caso de distribución uniforme. Esta relacionado con el ruido, porque el ruido aumenta la entropía de una señal y así la entropía puede servir como medida para cuantificar el ruido.

$$H(X) = E\{-\log[P(X)]\} = \sum_{i=1}^M -\log[P(X_i)] P(X_i)$$

### Que fuentes de ruidos hay?

#### Ruido externo

- Galáctico
- Atmosférico
- Hombre (equipos eléctricos)
- Ruido impulso (muy corta duración, origen externo)

#### Ruido interno

- **Flicker (pink noise):**  $1/f$ , afecta bajas frecuencias, es un efecto basado en la fluctuación de la resistencia eléctrica
- **Ruido térmico:** movimiento aleatorio de los electrones, afecta amplio rango de frecuencias

### Como se modelar el ruido?

$$y(t)=x(t)+\varepsilon(t)$$

$\varepsilon(t)$  ... el ruido como un proceso **estocástico** que se suma a la señal

La **estacionalidad** puede ser:

- Sentido **estricto**: la función de densidad de probabilidad no se cambia
- Sentido **amplio**: los momentos estadísticos (media, varianza) no se cambian

## 5. Detección de Anomalías

### Que es una Anomalía (outlier) y que tipos hay?

Una anomalía es una medida no esperada que no sigue la densidad de probabilidad.

Tipos:

- **Puntuales:** un valor muy poco probable
- **De contexto:** un valor que en su contexto (tiempo o espacio) es muy poco probable. Tiene los componentes de **contexto** y **comportamiento** (valor)
- **Colectivas:** una secuencia de anomalías

La fuente puede ser ruido o un aspecto no conocido de una fuente de datos.

### Que clases de métodos de detección de anomalías hay?

**Supervised AD:**

**Semi-Supervised AD:** solo hay datos correctos/no anomalías

**Unsupervised AD:** resultado es una probabilidad de ser una anomalía basado en la densidad de probabilidad. El usuario tiene que definir un umbral de separación.

El problema principal para estos sistemas es que las clases están fuertemente **desequilibradas** con muchos puntos normales y pocas anomalías.

### Que métodos de eliminar anomalías hay?

- **Filtros** (median, mean)
- **Densidad de probabilidad:** (histograma, estimación de parámetros de una distribución concreta, Funciones núcleos que se utilizan para hacer un fit de los datos.

## 6. Procesamiento de Señales

### Que es la transformada de Fourier?

La FT transforma una señal de dominio temporal al dominio de la frecuencia.

#### Temporal -> Frecuencia

Cualquier señal temporal infinito + repitiendo se puede separar en un numero infinito de componentes **cos** y **sin** con diferentes frecuencias. Donde  $A_i$  es la **intensidad** de estas frecuencias. La FT solo sirve para la analysis de frecuencias, no lleva información temporal.

Se aplica para entender mejor una señal, filtrar ruido y extraer información.

$$f(t) = A_0 + \sum_{n=1}^{\infty} A_n \cos(n \cdot \omega_1 t) + \sum_{n=1}^{\infty} B_n \sin(n \cdot \omega_1 t)$$

Con  $e^{ix} = \cos x + i \sin x$

$$f(t) = A_0 + \sum_{n=1}^{\infty} G_n e^{jn \cdot \omega_1 t}$$

### Que es la Transformada discreta de Fourier (DFT) y la Fast Fourier Transform (FFT)

La FT sirve para señales continuas, hay que adaptarlas para señales digitales/discretas.

La FFT es la implementación/Aproximación mas rápida de la DFT.

La FT ...  $O(n^2)$   
 LA FFT ...  $O(n \log(n))$

## 7. Procesamiento de Imágenes

Porque se hace un procesamiento de Imagen y que tipos hay?

El propósito es facilitar las tareas posteriores destinadas a extraer información.

Tipos

### Ajustes de Intensidad (basado solo en el píxel original)

- Negativo de la imagen:  $T(u) = L - u$
- Transformación logarítmica:  $T(u) = C * \log(1+u)$  (cambiar la cuantificación en función de brillo)
- Ley de potencia:  $T(u) = Cu^\gamma$
- Funciones definidas de trozos

### Histograma (basado en la imagen global, pero afecta cada intensidad distintamente)

- Normalización

### Aritmética (operación global afecta todas las intensidades igual)

- Diferencia (aumentar diferencias entre imagen)
- Suma/Media (reducir ruido)

## 8. Operaciones espaciales

### Que son operaciones espaciales?

Métodos de procesamiento de imágenes en cuales el valor del píxel de salida depende el valor original + su vecindad definida por una **máscara**.

### Que tipos de filtros espaciales hay?

**Paso bajo:** suavizado

**Paso alto:** aumenta estructuras dentro de la imagen. Basado en la computación diferenciación.

- Primer orden: produce bordes gruesos

$$\frac{\partial f}{\partial n} = f[n+1] - f[n]$$

- 
- Segundo orden: detalles más finos

$$\frac{\partial^2 f}{\partial^2 n} = f[n+1] + f[n-1] - 2f[n]$$

- 

### Que operaciones hay para detectar bordes?

Filtros que aumenten el valor de geometrías específicas dependiendo de un filtro

- **Operadores Roberts**
- **Prewitt**
- **Sobel**

Una secuencia de operaciones: **Canny**



## 9. Crecimiento de Regiones

### Que es la segmentación de una imagen?

Separa una imagen en regiones distintas con un valor de color similar.

El problema de estos algoritmos es que no funcionan en paralelo y la calculación de pertinencia es costosa. Suelen ser no supervisados.

**Bottom-up:** Basado en semillas definido a mano se juntan píxeles de color similar y así crece la región deseada.

#### Bottom-up: **Split&Merge**

Separa una imagen en regiones más y más pequeñas hasta que una región tiene píxeles homogéneos (**Split**) y después junta las regiones similares (**Merge**) generando un árbol de regiones. El problema es que regiones parecidas en ramas distintos no se pueden juntar. El paso Split se puede ejecutar en paralelo.

### Como funciona Gradient Vector Flow y Active Contour Model?

ACM es un algoritmo de segmentación, y GVF una extensión de este.

También llamado el **algoritmo de la serpiente**: funciona muy bien para encontrar el contorno de una región de interés. Calcula algo como energía de dentro y fuera.

El GVF necesita una inicialización menos exacta y funciona mejor con concavidades.

### Como funciona el algoritmo Watershed?

Un algoritmo de segmentación basado en valores gris, cual genera bordes entre regiones oscuras. Este algoritmo normalmente hace una sobre segmentación y necesita un procesamiento adicional.

### Que algoritmos de segmentación basados en grafos hemos visto?

**Graph-Cut:** Cada píxel es un nodo de un grafo y se calculan las conexiones entre ellos dependiente que parecidos son los píxeles. Se cortan las conexiones más débiles/distintas y se quedan las regiones distintas.

**Multiescala:** Se detectan regiones con píxeles similares y sus 'centroides' sirven como nodos en un grafo. Este grafo sea procesado (juntando nodos) hasta que quedan solo pocos nodos distintos. Cada nodo y todos sus píxeles crear una región distinta.

## 10. Morfología Matemática

### Que es la morfología matemática?

El propósito de este procesamiento de imágenes es quitar elementos no relevantes y quedar con las características importantes de una imagen.

Utilizando un **elemento estructural (SE)** se aplican dos operaciones a una imagen, generando una imagen nueva. Hay que verlo como operaciones trabajando en cima de los valores brillantes de una imagen.

Blanco & Negro

**Erosión:** quitar elementos blancos

**Dilatación:** aumentar elementos blancos o quitar elementos oscuros.

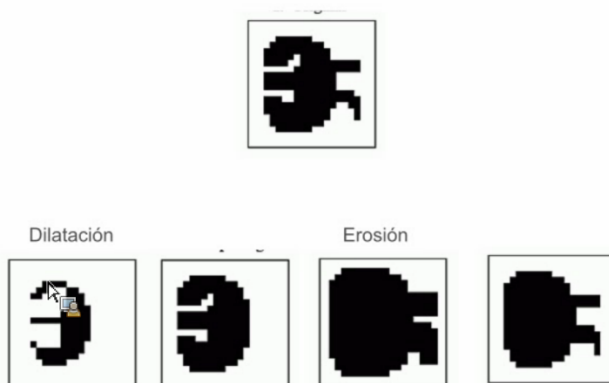
Gris

**Erosión:** rellena una región con el valor más oscuro del SE

**Dilatación:** ... el valor más brillante ...

Erosión y Dilatación NO son funciones inversas!

### Dilatación vs Erosión



### Que es apertura/opening y clausura/closing?

**Apertura** = erosión + dilatación

Quedarte con elementos **BLANCOS** que tienen la forma de SE.

**Clausura** = dilatación + erosión

Quedarte con elementos **NEGROS** que tienen la forma de SE.

Opening y Closing **SI** son funciones inversas!

### Que es gradiente morfológico y TopHat?

**Gradient morfológico:**  $D(I) - E(I)$ , detectar bordes

**TopHat:**  $I - O(I)$ , Mostrar detalles

## 11. Extracción de Características

### Para que sirve la extracción de características?

Una señal estocástica es definida por completo por la densidad probabilística, pero es más fácil trabajar con medidas estadísticas de tipo escalar.

Y es más fácil aplicar métodos de reconocimientos de patrones.

### Que son las típicas medidas de estadística descriptiva?

Media

Mediana

Moda

Varianza

Asimetría

Curtosis: Relación con una distribución normal

Percentiles

Rango intercuartil

Entropía

**Complejidad de Lempel-ziv?!** Una medida de complejidad de una fuente de información.

### Que características derivadas del análisis de frecuencia?

**Ancha de Banda**

**Formantes:** las componentes máximas (peaks) del espectro.

**Medidas estadísticas:** media, varianza, ...

**Entropía del espectro:**

## 12. Caracterización de Texturas

### Que es una textura?

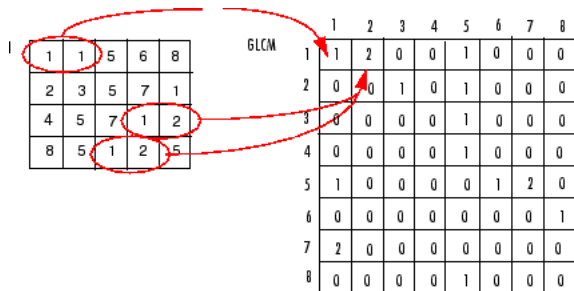
No hay una definición estricta, pero en general se define como propiedad de una superficie al respecto de la variación de la intensidad de los pixeles. En el procesamiento de imágenes se utilizan las texturas para hacer una segmentación de la imagen.

### Que es la matriz de coocurrencia de Haralick?

La matriz de Haralick es un resumen de distribución de pixeles cual se puede utilizar para calcular muchas características estadísticas de una textura. El elemento  $H(i, j)$  es la frecuencia con cual aparecen los pixeles  $i$  adyacente con el pixel  $j$ .

La matriz se calcula para múltiples orientaciones. Entonces depende de la orientación.

Energía, Contraste, Entropía, media, Varianza, Correlación



### Que son patrones binarios locales?

Funcionen como un código hash para una textura. La versión nueva LBPrui2 es independiente de rotación.

Se defina una vecindad de forma circular (R ... radios, P ... #puntos), para cada píxel y se genera un patrón binario basado en esta vecindad. Este patrón se puede utilizar para agrupar regiones similares y identificar texturas.

Son robustez frente a los cambios monótones (iluminación, ruido).

### Que son los momentos de Chebishov?

Es una descomposición de la textura en momentos/funciones de Chebishov. Los momentos son elementos de un polinomio, y hay una relación entre el orden del polinomio y la frecuencia de elementos repetitivos de la textura.

## 13. Procesamiento Multiescala

### Que es la meta del procesamiento multiescala?

Encontrar maneras de extraer características de una imagen que sean independientes de rotación, translación y escalar.

**FFT** - analizar las frecuencias de una señal (no información temporal ni dinámica)

**STFT** (Short time fourier transform) ... múltiples FT para segmentos de la imagen. Un poco información temporal, pero no es flexible

**Wavelet** - Información espectral y temporal: Bien para estudiar la dinámica de una señal

**Gabor Filter**: Similar a STFT con ventanas de tipo gaus. Bien para el análisis de texturas

**SIFT (Scale invariant Feature Transformation)**: Encontrar y describir puntos claves (keypoints) que se pueden utilizar como referencia en imágenes distintos para seguir objetos rotados, transformadas y parcialmente ocultas.

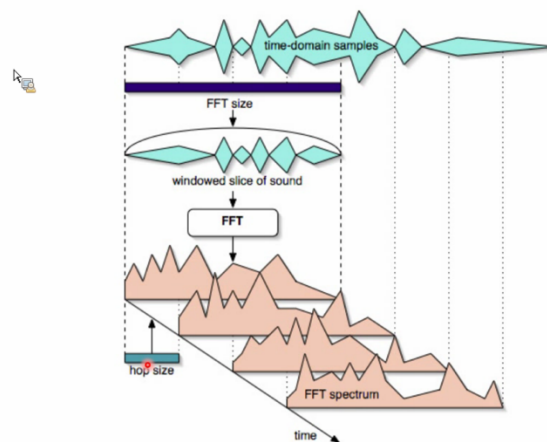
Todos parecen ser invariante a la rotación

### Que es FFT y STFT?

La Transformación de Fourier solo contiene información sobre las características espectrales de una señal. **Short Time Fourier Transform (STFT)** esta calculando la FFT para múltiples secuencias de la señal para ser capaz de estudiar las características temporales también.

#### Wavelets

- STFT
- Short Time Fourier Transform



## Que es la transformación de Wavelet y los filteres gabor?

El problema con STFT es que no esta muy flexible, en el sentido que las detalles temporales y frecuencias son rígidos y constantes.

**Las Wavelets** parecido a la FFT están construyendo una señal en función de otras señales básicas, pero conserva información temporal. Las componentes con una frecuencia alta tienen una resolución temporal mayor y visa versa.

**Los Filtros de gabor** se basen en la STFT utilizando ventanas con una distribución gaussiana y una función con un origen bioinspirado. En vez de wavelet (1D) son bidimensional (2D), y se calculan en orientaciones distintas. Puede detectar bordes, contornos y texturas.

## Que es la transformada SIFT?

**Scale invariant Feature Transformation (SIFT)** es un sistema moderno que es capaz extraer puntos de referencia dentro de una imagen que son independiente de rotación y escala. Se pueden utilizar para encontrar objetos trasladados, rotados, escalados, y parcialmente ocultos.

1. Piramida de imágenes escalados
2. Difference of Gaussian
3. Image Gradients
4. Keypoint descriptor (independiente de rotación, translación y escala)

## 14. Decisiones

### A que se refiere con Decisiones en el ámbito de percepción?

Con decisiones se refiere a detectar patrones y elementos en señales o imágenes visuales. Decir automáticamente si un elemento específico está presente en una señal o no. Por ejemplo, encontrar caras en una imagen, hacer una segmentación de una imagen.

### Que es una clasificación y como funciona?

Un modelo de la clasificación está decidiendo basado en los datos de muestra si son parte de una o otra clase.

Con entrenamiento supervisado se encuentran los parámetros del modelo, utilizando la regla de **máxima verosimilitud** o **inferencia bayesiana**.

**La regla de verosimilitud:** Encuentra los parámetros de un modelo, maximizando la probabilidad de observar los Datos de entrenamiento = Minimizar la **función de error**.

Crear un clasificador

1. **Identificación del objeto a clasificar**
2. **Preprocesado de la fuente de información**
3. **Caracterización del objeto**
4. **Definición del problema a modelar: definición de la variable objetivo t:**
5. **Construcción de un conjunto de ejemplos**
6. **Entrenamiento y test**

### Explica conceptos como: Sesgo/Variancia, Sobreajuste/infrajuste?

- **underfitting** (infrajuste): el modelo no es capaz de aprender bien los datos de entrenamiento -> **mejorar** con modelos más flexibles
- 
- **overfitting** (sobreajuste): aprende los datos de entrenamiento muy bien, pero no puede generalizar y falla con datos nuevos -> **mejorar** con más datos, reducción de dimensiones y métodos de ensambles.
- **El sesgo**, que representa el error sistemático de nuestro clasificador.
- **La varianza**, que representa la dependencia del modelo resultante con el conjunto de entrenamiento empleado. Pequeños cambios de datos tienen un efecto significativo al modelo.

## 15. Aplicaciones Actuales

Cuales son los campos actuales de aplicación de procesamiento de señales?

### **Sistemas Biometrics**

- Reconocimiento Facial
- Reconocimiento de Iris
- Huella digital
- Palmprint

### **Self-driving-Cars (tiempo real)**

- Segmentación
- Detección de Borderes
- Extracción de características
- Corrección de ruido

Que es el reto y el limite principal actual de percepción?

Hay muchos sistemas específicos que funcionen bien en un entorno controlado. Pero nos faltan sistemas de percepción genéricos que funcionen en cualquier ambiente y momento.