

Reconocimiento de objetos en video utilizando SIFT Paralelo

Bernarda Albanesi y Nadia Funes

Directora : Prof. Laura Lanzarini
Co-Director : Prof. Franco Chichizola

Facultad de Informática - UNLP

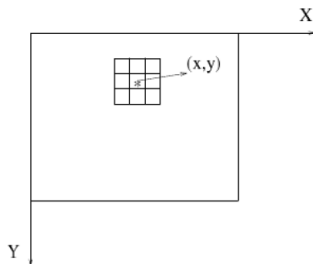
18 de diciembre de 2010

Temario

- 1 Motivación
 - Introducción
 - Filtros
 - Histograma
 - Detección de bordes y esquinas
 - Reconocimiento de objetos
 - SIFT
 - RIFT, G-RIF, PCA-SIFT, SURF
- 2 Nuestra propuesta/Resultados
 - Paralelización de SIFT
 - Arquitectura
 - Resultados
- 3 Conclusiones y líneas de trabajo futuras

Introducción - Filtros

w_1 ($x-1, y-1$)	w_2 ($x, y-1$)	w_3 ($x+1, y-1$)
w_4 ($x-1, y$)	w_5 (x, y)	w_6 ($x+1, y$)
w_7 ($x-1, y+1$)	w_8 ($x, y+1$)	w_9 ($x+1, y+1$)



Introducción - Filtros

- Filtros espaciales lineales.
 - Filtro gaussiano.

$$G(s, t) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{s^2+t^2}{\sigma^2}}$$

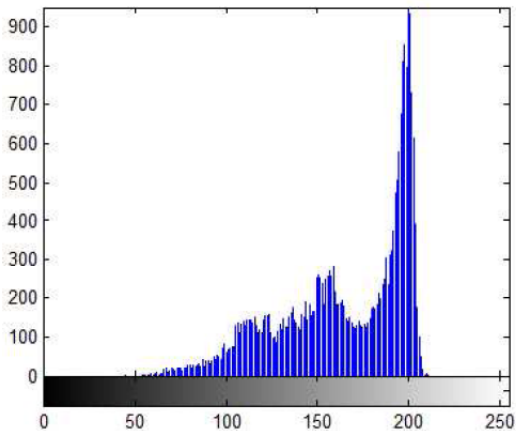


- Filtro promedio.

Introducción - Filtros

- Filtros espaciales no lineales.
 - Realizan un cálculo sobre los píxeles, no aplican máscara.
 - Filtro de la media armónica, contra-armónica y geométrica.
 - Filtro de máximo, mínimo.
 - Filtro de punto medio.
 - Filtro de la mediana.

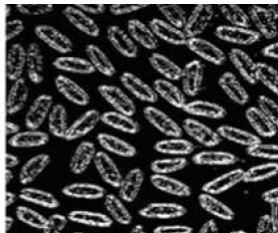
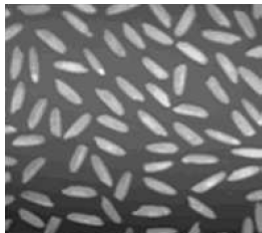
Introducción - Histograma



Introducción - Detección de bordes

- Operador del gradiente.
- Operador Sobel, Prewitt, Canny.
- Operador laplaciano.

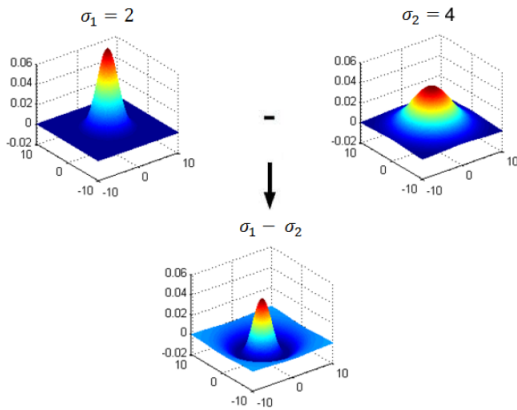
$$\nabla^2 f(x, y) = f(x + 1, y) + f(x - 1, y) + f(x, y + 1) + f(x, y - 1) - 4f(x, y)$$



Introducción - Detección de bordes

- Operador de diferencias de gaussianas.

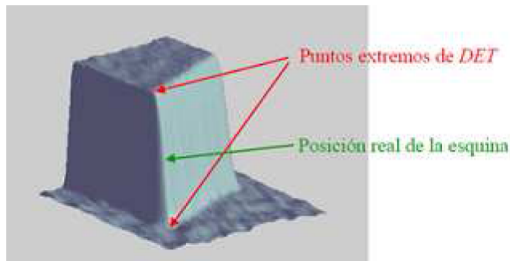
$$DoG(x, y) = k_1 e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma_1^2}} - k_2 e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma_2^2}}$$



Introducción - Detección de esquinas

- Método de Beaudet.

$$DET = f_{xx}f_{yy} - f_{xy}^2$$



- Método de Dreschler y Nagel, Susan, Harris-Plessey, Kitchen y Rosenfeld.

Introducción - Reconocimiento de objetos

- El reconocimiento de objetos en video es un tema de interés en distintas áreas como seguridad, edición de video, entretenimientos e incluso control de accesos.
- El éxito del reconocimiento se basa en la adecuada determinación de las características de los objetos motivo de estudio.
- Se han definido varios métodos en esta dirección.
- Analizaremos algunos de ellos.

Temario

- 1 Motivación
 - Introducción
 - Filtros
 - Histograma
 - Detección de bordes y esquinas
 - Reconocimiento de objetos
 - SIFT
 - RIFT, G-RIF, PCA-SIFT, SURF
- 2 Nuestra propuesta/Resultados
 - Paralelización de SIFT
 - Arquitectura
 - Resultados
- 3 Conclusiones y líneas de trabajo futuras

SIFT

- SIFT (Scale Invariant Feature Transform) es fuertemente invariante a cambios de escala, rotación y parcialmente invariante a cambios de punto de vista e iluminación



Escala



Rotación



Iluminación



Cambios de punto
de vista

SIFT

Etapas

- 1 Detección de puntos *extremos* luego de realizar una transformación espacio-escala.
- 2 Identificación de puntos claves.
- 3 Asignación de orientación.
- 4 Descriptor de puntos claves.

SIFT - Detección de ptos. *extremos*

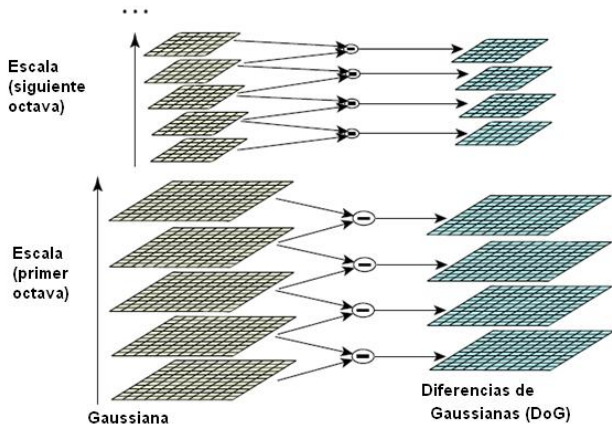
● Pirámide Gaussiana



$$L(x, y, \sigma) = G(x, y, \sigma) * I(x, y)$$

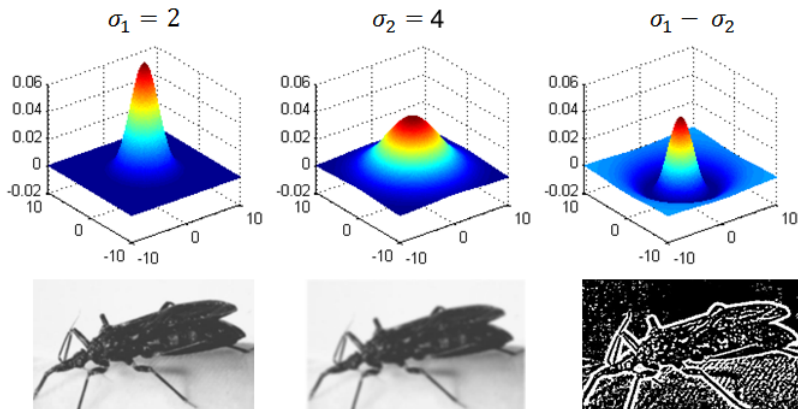
SIFT - Detección de ptos. *extremos*

• DoG - Diferencias de Gaussianas



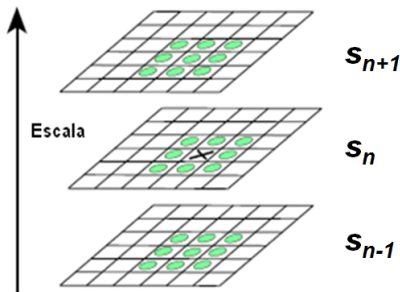
SIFT - Detección de ptos. *extremos*

- Ejemplo de diferencias de gaussianas



SIFT - Detección de ptos. *extremos*

- Se selecciona el píxel si es el máximo/mínimo entre los 26 píxeles analizados.



SIFT - Identificación de puntos claves

Eliminación de puntos extremos con bajo contraste

- Se utiliza la Expansión Cuadrática de Taylor de la función de espacio escala, $D(x, y, \sigma)$, donde D y sus derivadas son evaluadas en el punto de muestra y $x = (x, y, \sigma)^T$ es el desplazamiento desde ese punto

$$D(x) = D + \frac{\partial D^T}{\partial x} x + \frac{1}{2} x^T \frac{\partial^2 D}{\partial x^2} x$$

SIFT - Identificación de puntos claves

Eliminación de puntos extremos con bajo contraste (cont)

- Se calcula el extremo

$$\hat{x} = -\frac{\partial^2 D^{-1}}{\partial x^2} \frac{\partial D}{\partial x}$$

- Si $\hat{x} > 0,5$, el extremo está más cerca a un punto diferente entonces necesita recalcularse.
- Si $\hat{x} \leq 0,5$, se suma el desplazamiento a la localidad del punto de muestreo para conseguir el extremo estimado.

SIFT - Identificación de puntos claves

Eliminación de puntos extremos con bajo contraste (cont)

- Se calcula el valor de D en el punto extremo \hat{x}

$$D(\hat{x}) = D + \frac{1}{2} \frac{\partial D^T}{\partial x} \hat{x}$$

- Si $|D(\hat{x})| < 0,03$, se descarta el punto clave por tener un contraste bajo.

SIFT - Identificación de puntos claves

Eliminación de bordes

- No es suficiente con rechazar los puntos con bajo contraste. La función DoG tiene una respuesta firme a lo largo de los bordes, incluso si la posición a lo largo del borde no está bien determinada y por lo tanto inestable a pequeñas cantidades de ruido.

$$H = \begin{bmatrix} D_{xx} & D_{xy} \\ D_{xy} & D_{yy} \end{bmatrix}$$

SIFT - Identificación de puntos claves

Eliminación de bordes

- Sea α el valor propio con la mayor magnitud y β el más pequeño, se puede calcular la suma de los valores propios a partir de la traza de H y el producto a partir de los determinantes.

$$\begin{aligned}Tr(H) &= D_{xx} + D_{yy} = \alpha + \beta \\Det(H) &= D_{xx}D_{yy} - (D_{xy})^2 = \alpha\beta\end{aligned}$$

- Sea r la relación entre alfa y beta, se llega a:

$$\frac{Tr(H)^2}{Det(H)} = \frac{(\alpha + \beta)^2}{\alpha\beta} = \frac{(r\beta + \beta)^2}{r\beta^2} = \frac{(r + 1)^2}{r}$$

SIFT - Identificación de puntos claves

Eliminación de bordes

- Para chequear si la razón de las curvaturas principales está bajo un umbral r , necesitamos chequear si

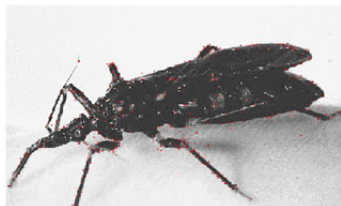
$$\frac{Tr(H)^2}{Det(H)} < \frac{(r + 1)^2}{r}$$

- Se utiliza $r = 10$ para rechazar puntos claves que están en el borde.

SIFT - Identificación de puntos claves



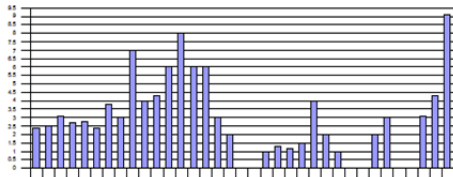
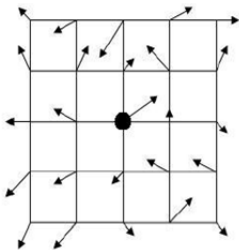
1080 puntos
claves iniciales
detectados



388 puntos clave
luego del filtro

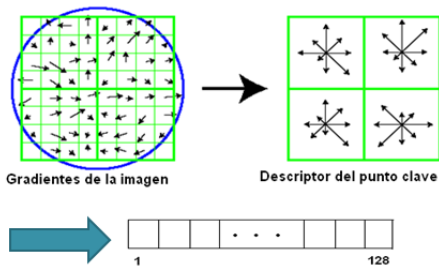
SIFT - Cálculo de la orientación

- Se genera un histograma de 36 niveles de discretización.
- Se detectan las orientaciones predominantes.



SIFT - Construcción del descriptor

- Se calcula un descriptor por cada punto clave. Las magnitudes del gradiente y las orientaciones son muestreadas alrededor de la posición de cada punto clave.



Temario

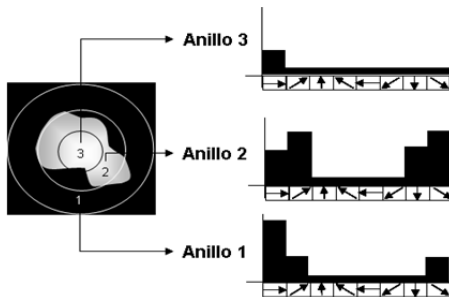
- 1 Motivación
 - Introducción
 - Filtros
 - Histograma
 - Detección de bordes y esquinas
 - Reconocimiento de objetos
 - SIFT
 - RIFT, G-RIF, PCA-SIFT, SURF
- 2 Nuestra propuesta/Resultados
 - Paralelización de SIFT
 - Arquitectura
 - Resultados
- 3 Conclusiones y líneas de trabajo futuras

Métodos alternativos

- Rotation Invariant Feature Transform (RIFT)
- Generalized Robust Invariant Feature (GRIF)
- PCA-Scale Invariant Feature Transform (PCA-SIFT)
- Speeded Up Robust Features (SURF)

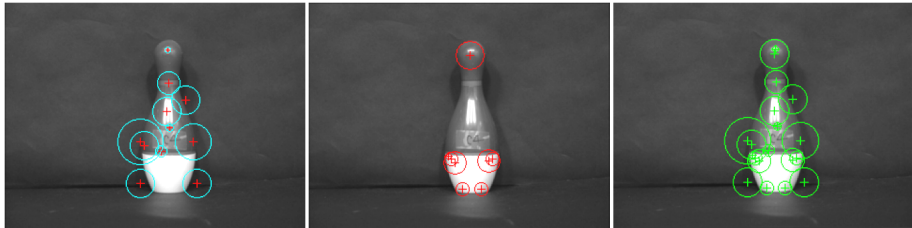
RIFT - Rotation Invariant Feature Transform

- Es una generalización de SIFT.
- Conveniente en casos en donde se necesite modelar una amplia gama de transformaciones en 3D.



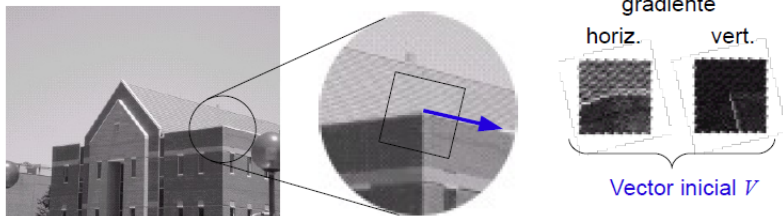
G-RIF - Generalized Robust Invariant Feature

- Orientación, bordes y color
- Buena performance en el reconocimiento de objetos, pero solo en entornos severos.



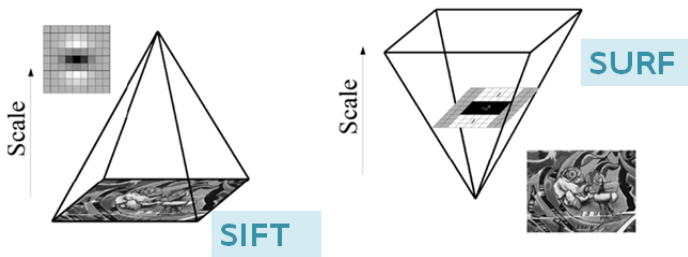
PCA-SIFT - PCA-Scale Invariant Feature Transform

- Reducción de falsos positivos
- Baja performance, para imágenes borrosas y/o de poca resolución.



SURF - Speeded Up Robust Features

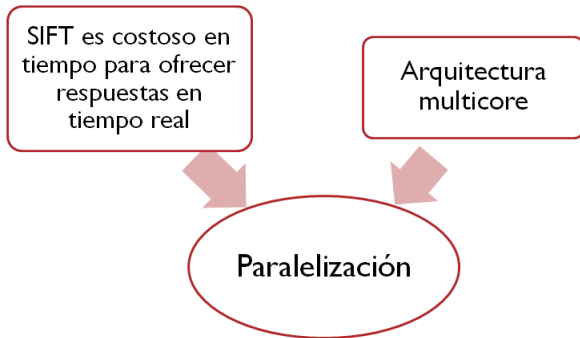
- Rápido , buena performance.
- Inestable a la rotación y cambios de iluminación.



Temario

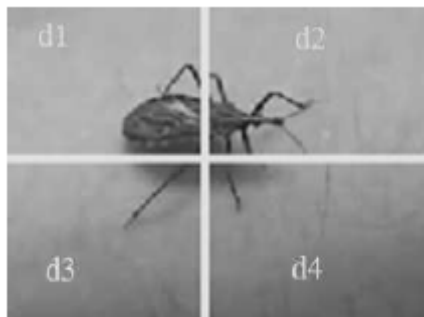
- 1 Motivación
 - Introducción
 - Filtros
 - Histograma
 - Detección de bordes y esquinas
 - Reconocimiento de objetos
 - SIFT
 - RIFT, G-RIF, PCA-SIFT, SURF
- 2 Nuestra propuesta/Resultados
 - Paralelización de SIFT
 - Arquitectura
 - Resultados
- 3 Conclusiones y líneas de trabajo futuras

Paralelización del método SIFT



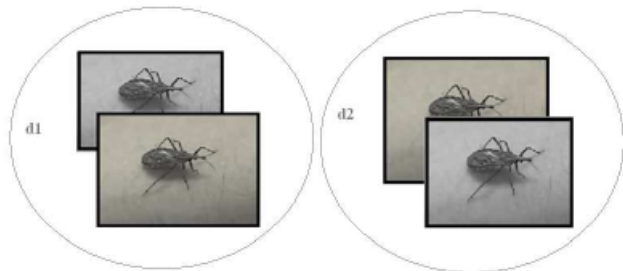
Paralelización del método SIFT

- **Particionamiento de frames**



Paralelización del método SIFT

• Distribución de frames



Esta es la alternativa seleccionada

- Sin overhead
- Escaso tiempo secuencial
- Independencia

Paralelización del método SIFT

Descripción del algoritmo

- Caracterizar la imagen a buscar.
 - Se calculan los vectores de características.
 - Se los almacena en la variable compartida “descriptor”.
- Se genera el conjunto de threads y se distribuyen los frames
 - Para cada frame
 - Se calculan los descriptores correspondientes.
 - Se realizan las comparaciones con lo almacenado en la variable compartida y se localiza el objeto.

Paralelización del método SIFT

Mecanismos de distribución de frames

- **Estático**

- Cada thread recibe al inicio todos los subconjuntos de bloques de frames a procesar.

- **Dinámico**

- A cada thread se le van asignando bloques de frames a resolver cada vez que está desocupado.

Temario

- 1 Motivación
 - Introducción
 - Filtros
 - Histograma
 - Detección de bordes y esquinas
 - Reconocimiento de objetos
 - SIFT
 - RIFT, G-RIF, PCA-SIFT, SURF
- 2 Nuestra propuesta/Resultados
 - Paralelización de SIFT
 - **Arquitectura**
 - Resultados
- 3 Conclusiones y líneas de trabajo futuras

Arquitectura y pruebas realizadas

- Se usó un multicore Dell Poweredge 1950, cuyas características son: 2 procesadores quad core Intel Xeon e5410 de 2.33 GHz, 4 Gb de memoria RAM (compartida entre ambos procesadores) y memoria cache L2 de 6Mb entre cada par de núcleos de los procesadores.
- Para poder analizar el comportamiento del algoritmo paralelo se usaron videos en escala de grises cuyos frames son de 640x480.
- Distribución Bag of Task.
- OpenMP (OpenMulti-Processing) sobre el lenguaje C.

Temario

- 1 Motivación
 - Introducción
 - Filtros
 - Histograma
 - Detección de bordes y esquinas
 - Reconocimiento de objetos
 - SIFT
 - RIFT, G-RIF, PCA-SIFT, SURF
- 2 Nuestra propuesta/Resultados
 - Paralelización de SIFT
 - Arquitectura
 - **Resultados**
- 3 Conclusiones y líneas de trabajo futuras

Resultados obtenidos - Métricas de performance

- **Speedup**

- $S = T_0/T_N.$

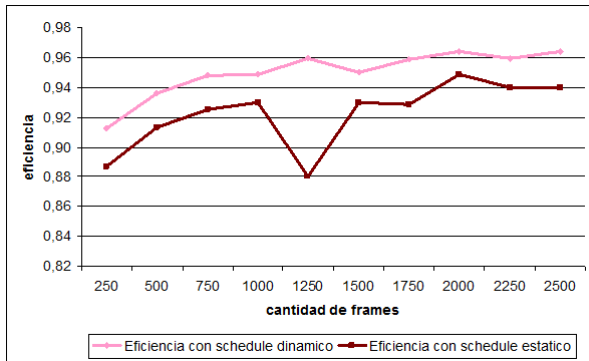
- **Eficiencia**

- $E = S/N.$

- Eficiencia óptima = 1.

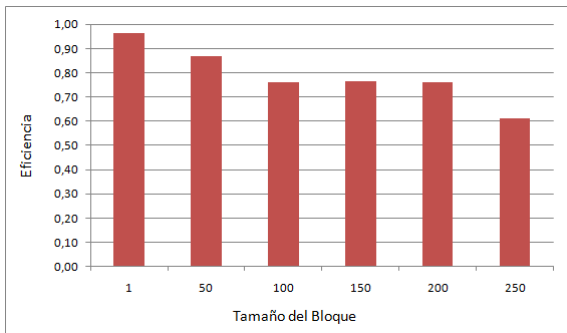
Resultados obtenidos

● Comparación entre scheduling dinámico y estático



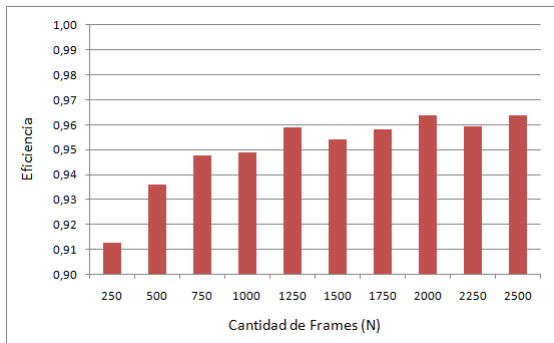
Resultados obtenidos

- **Schedule dinámico con diferentes tamaños de bloques utilizando 2500 frames**



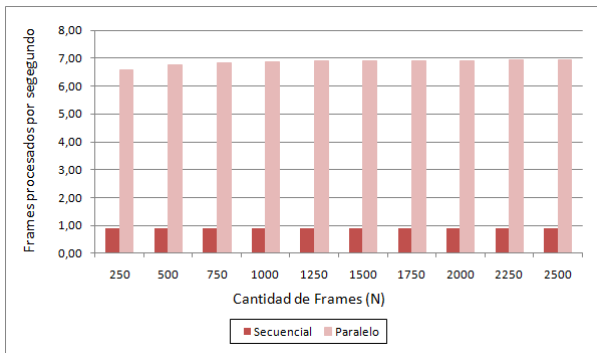
Resultados obtenidos

- **Mejores tiempos obtenidos para cada cantidad de frames**



Resultados obtenidos

- Tasa de procesamiento paralelo y secuencial con las diferentes cantidades de frames



Conclusiones

- Se ha desarrollado una implementación paralela del método SIFT que permite aplicarlo al reconocimiento de objetos en video en tiempo real.
- Se han probado tres alternativas de paralelización del algoritmo verificando que la mejor opción es la distribución por frames con asignación dinámica del trabajo.
- Los resultados de esta investigación fueron publicados en el VIII Workshop de Computación Gráfica, Imágenes y Visualización realizado en el marco del XVI Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (Bs.As. - Octubre/2010) bajo el título “Reconocimiento de objetos en video utilizando SIFT Paralelo”

Líneas de trabajo futuras

- La Minería de Datos es un área de la informática que ha cobrado un gran interés en los últimos años.
- La mayoría de las investigaciones han estado centradas en el procesamiento de vectores de características obtenidos directamente de bases de datos o de la caracterización de texto.
- Resulta de interés extender los métodos existentes al procesamiento de señales (audio y video).
- A través de la caracterización de sus elementos, un video podría ser sometido a las mismas técnicas de recuperación de información que habitualmente se usan para datos y textos.

Líneas de trabajo futuras

- El INIBIOLP (Instituto de Investigaciones Bioquímicas de La Plata) se encuentra realizando distintas pruebas sobre insecticidas no fosforados que requieren seguimiento de insectos en video.
- Se espera aplicar los resultados obtenidos de este trabajo para medir las trayectorias de vinchucas en entornos controlados.

Líneas de trabajo futuras

Seguimiento de trayectorias de vinchucas - INIBIOLP

- El experimento consiste en analizar la trayectoria de 100 vinchucas.
- Cada insecto está colocado en una cápsula de Petri independiente.
- Interesa saber si el cebo las atrae midiendo el tiempo de permanencia y la cantidad de veces que pasa sobre él.

