

# Algunas aplicaciones de Cinemática Computacional a Navegación \*

Finat, J.      Vilorio, A.,      Gonzalo, M.      Fuentes, L. †

## Resumen

La Cinemática Computacional es una extensión natural de la Geometría Computacional a un espacio en el que se consideran objetos móviles cuyas trayectorias se desean estimar. Este problema afecta a la localización de objetos con movimiento (real ó aparente), la estimación de características cinemáticas (velocidad y, si es posible, aceleración), diseño e implementación de herramientas para el seguimiento (segmentación móvil), desarrollo de sistemas de control predictivos basados en la actualización de la información móvil (filtros de Kalman extendidos iterados). La implementación computacional de estos objetivos requiere disponer de estructuras de datos que puedan adaptarse a múltiples inputs geométricos (puntos, segmentos, cuadriláteros) ó topológicos (regiones en grises ó en color); el esquema seguido es similar al de las KDS. La identificación de estos "hechos" utiliza técnicas de segmentación móvil. La localización para el seguimiento se lleva a cabo mediante técnicas de complejidad creciente dependiendo de las condiciones de iluminación y de las restricciones, ligadas al tiempo real ó la robustez. La identificación de características cinemáticas utiliza Diagramas de Voronoi móviles asociados a puntos ó a regiones.

## 1 Introducción

El espacio de estados inicial para la Cinemática Computacional está dado por coordenadas de localización (posición y orientación), velocidades (lineales y angulares), etc de (objetos geométricos asociados a nubes de) puntos móviles. Para simplificar, este trabajo sólo considera estados correspondientes a las coordenadas de localización y velocidades correspondientes a puntos significativos. Estas coordenadas cinemáticas proporcionan los estados para la Cinemática Computacional de primer orden (las de segundo orden incluyen aceleraciones). La metodología seguida en Cinemática Computacional de primer orden es similar a la de la Geometría Computacional y presenta fases correspondientes al análisis y modelado, estructuras de datos y algoritmos.

- *Modelado*: Si el espacio de configuraciones  $\mathcal{C}$  inicial tiene estructura de variedad diferenciable, el espacio de estados para la Cinemática Computacional de primer orden es el fibrado tangente  $TC$  de la variedad  $\mathcal{C}$ . En general,  $\mathcal{C}$  sólo tiene estructura de variedad diferenciable local, en el mejor de los casos. No obstante, el esquema de razonamiento para la Cinemática Computacional se adapta a una versión discreta de  $TC_i$  para cada uno de los objetos móviles  $\mathcal{C}_i$  presentes en una vista  $2D$  ó una escena  $3D$ . En particular, para un potencial (una función ó un funcional)  $f : \mathcal{C}_i \rightarrow \mathbb{R}$  definido sobre  $\mathcal{C}_i$ , en una primera aproximación se supone que la cinemática deriva del *campo gradiente*  $grad(f)$  asociado a  $f$ . En este caso, el 1-jet  $j^1 f_{\underline{x}}$  de  $f$  en un punto móvil  $\underline{x}$  está dado por  $(\underline{x}, f(\underline{x}), df(\underline{x}))$ , donde  $df(\underline{x})$  representa el valor de la aplicación lineal diferencial evaluada en el punto  $\underline{x}$ . El espacio de 1-jets soporta una estructura de contacto de gran utilidad para las aplicaciones a Robótica y no requiere restricciones de lisitud sobre  $f$  ó estructura de variedad para el espacio ambiente.
- *Estructuras de datos*: Las KDS (Kinetic Data Structures) proporcionan un marco común para el tratamiento de diferentes problemas de naturaleza discreta, pero adaptados al marco móvil. El

---

\*Plataformas móviles, Escenas de Tráfico, Segmentación de Video

†Grupo MoBiVA, Lab 2.2, Edificio I+D, Univ. de Valladolid

procesamiento de la información se basa en una simulación orientada por eventos (asociados a puntos significativos) que puedan cambiar de forma relevante atributos asociados a la forma ([4], [13]). Los datos asociados a las "velocidades" en el espacio de 1-jets se expresan en términos de aplicaciones lineales.

- *Algoritmos*: Los algoritmos fundamentales de las KDS extienden al caso de objetos móviles el cálculo de envolventes convexas, la búsqueda del par más próximo, así como diagramas de Voronoi y triangulaciones de Delaunay.

Las restricciones habituales para los algoritmos en Geometría Computacional en las que los objetos geométricos de precisión ó robustez proporcionan tan sólo una guía muy genérica para casos reales de objetos en movimiento relativo. En ausencia de información adicional no es posible proporcionar una información precisa fiable, ni tampoco identificar el origen (ruido, procesamiento defectuoso, inconsistencia local, etc) de las posibles degeneraciones. Por otro lado, la presencia de un gran número de outliers ligados al procesamiento de la información, hace difícil alcanzar los requerimientos de robustez propios del enfoque habitual de la Geometría Computacional.

Estas circunstancias han impulsado diferentes líneas de trabajo orientadas hacia el desarrollo de estrategias que permitan dotar de robustez ó de precisión al enfoque original, pero adaptado ahora a datos móviles en secuencias de movimiento dentro del marco de la Visión Computacional:

- La *robustez* afecta a la captura y está relacionada con el movimiento relativo de focos de atención:
  - captura: desarrollo de métodos de muestreo
  - interpretación biológica: identificación automática de Focos de Expansión (FOE) para el modelado de la atención y la percepción
  - procesamiento: modelos probabilísticos
- La *precisión* requiere el procesamiento y fusión de información procedentes de sensores adicionales ([19]). Una adaptación de este enfoque está siendo llevada a cabo dentro del grupo MoBiVA en el marco de proyectos de Domótica y servicios TIC relacionados con la Accesibilidad Digital al Patrimonio.

El movimiento más complejo corresponde a cámara móvil con objetos móviles, eventualmente deformables (el cuerpo humano, p.e.). El análisis de este caso, requiere resolver antes situaciones más elementales.

En el caso de una *cámara fija*, los casos analizados por miembros del grupo MoBiVA afectan a la identificación de posturas de una mano (robótica y humana), la detección de personas en movimiento en escenarios mal iluminados y el seguimiento de caras. Las tareas relacionadas más importantes corresponden a la segmentación móvil, el etiquetado y el seguimiento. El análisis del movimiento propio (egomotion) se puede considerar como un caso particular de seguimiento, pero con respecto a un fondo no necesariamente estático; las estrategias seguidas afectan a la identificación y la sustracción del background (eventualmente móvil pero con características cinemáticas inferiores) en escenas capturadas de la televisión. En este caso, la clave consiste en segmentar hechos característicos presentes en la secuencia de imágenes para identificar elementos de la estructura del objeto (cara, manos, cuerpo, etc); por ello, esta aproximación se enmarca dentro del enfoque SFM (Structure From Motion).

En el caso de una *cámara móvil* se han desarrollado modelos e implementado algoritmos para la captura de información móvil (movimiento relativo en imagen) de escenas de interior (pasillos de Informática) y de exterior (escenas de tráfico con cámara incorporada al vehículo en escenarios urbanos y de autovía). En ambos casos, la estrategia consiste en generar modelos de perspectiva que se actualizan en función de la información recibida. La clave es la generación de mapas 2D y 3D de perspectiva basados en cuadriláteros y cuboides móviles. En este caso, la clave consiste en identificar y actualizar componentes de la estructura para analizar el movimiento propio; por ello, esta aproximación se enmarca dentro del enfoque MFS (Motion from Structure).

Es obvio que un análisis más completo del movimiento para el caso general que siga una estrategia *secuencial* basada en el desacoplamiento del movimiento y la estructura requiere una realimentación entre los enfoques SFM y MFS.

Alternativamente, la resolución simultánea de los problemas ligados a la percepción sincronizada de estructura y movimiento, requiere un marco diferente basado en el modelado biológico (trabajos de Alejandro Vilorio) ó en el modelado geométrico extendido basados en Algebra Geométrica (trabajos de Margarita Gonzalo). En ambos casos es importante disponer de una representación interna de estados del objeto móvil que pueda incluir un modelo de ruido en movimientos sencillos. La aproximación perceptual (A.Viloria) utiliza segmentación en color y restauración de imagen. La aproximación geométrica para escenas arquitectónicas se beneficia de un tratamiento global basado en Algebra Geométrica y utiliza variantes de filtros Kalman (EKF, IEKF) para facilitar la representación, el seguimiento y la predicción de eventos. A medio plazo cabe esperar una realimentación entre ambos enfoques.

## 2 Fundamentos

Las *metodologías básicas* para el tratamiento de información visual móvil son de dos tipos:

- *top-down* basadas en modelos previos para objetos ó para el movimiento en las vistas  $2D$  ó en la escena  $3D$
- *bottom-up* basada en la identificación de hechos geométricos, topológicos ó específicamente cinemáticos contenidos en una muestra de la secuencia de vistas

El modelado de primer orden para el análisis del movimiento se basa en aspectos físicos (alguna variante del flujo óptico) ó matemáticos (alguna variante del campo gradiente). Ambos aspectos siguen un mismo esquema computacional basado en diferencias de primer orden relativas a "hechos" fácilmente detectables con un soporte  $0D$  (marcas geométricas ó radiométricas, p.e.),  $1D$  (segmentos ó contornos móviles, p.e.) ó  $2D$  (regiones, típicamente). En escenas estructuradas (con conocimiento previo ó buena iluminación, p.e.), es fácil extraer los contornos a partir de los bordes de las regiones; esta extracción proporciona una realimentación entre los métodos de topología computacional y de geometría diferencial computacional.

La estrategia seguida para el análisis del movimiento se basa en la identificación y el desacoplamiento del movimiento propio con respecto al movimiento real de los objetos que aparecen en la escena. Para ello, es necesario caracterizar el fondo (background) con respecto a los objetos móviles en primer plano (foreground). Esta distinción se realiza utilizando información "densa" sobre una cantidad "suficiente" de puntos/regiones móviles dependiendo del tipo de segmentación utilizado.

## 3 Aproximación basada en modelos

La aproximación *top-down* presupone la existencia de un modelo conocido a priori ó generable a partir de la información que se procesa on-line. Las escenas arquitectónicas de interés para gran número de aplicaciones, permiten extraer de una forma relativamente sencilla modelos de perspectiva. Los modelos considerados en esta sección se basan en líneas. El procesamiento de la información se basa en filtros de baja frecuencia: filtran el contenido topológico de las regiones y dejan el contenido geométrico de las aristas, soportado por mini-segmentos desconectados.

### 3.1 Modelos de perspectiva móviles

Existen diferentes tipos de perspectiva; los más comunes son *la perspectiva oblicua* con tres puntos de fuga l.i. a distancia finita, *la perspectiva angular* con dos puntos de fuga l.i. a distancia finita, *la*

*perspectiva frontal* con un punto de fuga a distancia finita y *la proyección ortogonal* con ningún punto de fuga a distancia finita.

El último modelo no es propiamente un modelo de perspectiva; está dado por la proyección perpendicular a planos coordenados de un sistema de referencia euclídeo desde puntos situados en el infinito; se incluye por su utilidad en Ingeniería ó Arquitectura y para poner de manifiesto su relación con modelos habituales en la Geometría Computacional Euclídea.

Estos modelos se relacionan en el marco proyectivo gracias a la selección de transformaciones proyectivas que dejan invariantes ciertos elementos: la cónica absoluta en el caso euclídeo ó elementos de perspectiva (puntos de fuga, línea del horizonte) para el caso afín. Por ello, el primer problema a resolver es la estimación de los datos que permiten recuperar la estructura euclídea ó afín del espacio 3D a partir de los datos contenidos en una secuencia de vistas. La estimación on-line de datos correspondientes a la estructura euclídea a partir de datos contenidos en vistas es un problema avanzado de Visión Computacional. Para la navegación visual basta con estimar datos correspondientes a la estructura afín. La herramienta desarrollada se basa en mapas de cuadriláteros superpuestos a las vistas.

## 3.2 Mapas de cuadriláteros

La mayor parte de las escenas reales están mal iluminadas. Por ello, es muy difícil detectar y mantener esquinas ó puntos significativos en movimiento. La clave para la navegación y el seguimiento radica en la estimación de las propiedades de incidencia de líneas "estables" como las líneas de perspectiva y sus puntos de fuga asociados. La conservación de dichas propiedades por transformaciones proyectivas facilita la puesta en correspondencia entre elementos homólogos manteniendo la coherencia global de la imagen y la escena de forma simultánea.

Las líneas de perspectiva se calculan a partir del agrupamiento de mini-segmentos con pendientes "similares" que verifican relaciones de adyacencia para sus extremos. La incidencia de al menos 4 líneas de perspectiva a través de un punto determina un candidato a punto de fuga  $\mathbf{v}$  en la vista. En una escena arquitectónica de exterior puede haber varias docenas de puntos de fuga (vistas aéreas de ciudades, p.e.). En las escenas de interior el número de puntos de fuga es mucho más bajo; la selección de tres puntos de fuga l.i.  $\mathbf{v}_1$ ,  $\mathbf{v}_2$  y  $\mathbf{v}_3$  proporciona una descripción de la estructura proyectiva de la escena. El mayor problema aparece ligado al diseño e implementación de algoritmos *robustos* para la estimación de los puntos de fuga de una escena. Este problema se resuelve en [1] y [?].

El haz proyectivo  $\lambda_i$  de líneas de perspectiva  $\ell_{ij}$  que pasan por cada punto de fuga  $\mathbf{v}_i$  está muestreado por las líneas determinadas previamente. La intersección  $\lambda_i \cap \lambda_j$  de dos haces proyectivos de líneas de perspectiva determina un mapa de cuadriláteros que se superpone a la vista como referencia para la navegación visual en la representación plana de la escena.

Cada cuadrilátero es una representación de un rectángulo determinado por la prolongación de segmentos supuestamente perpendiculares presentes en la escena. A cada cuadrilátero se le asocia un par de bivectores correspondientes a los dos triángulos que resultan del trazado de una diagonal interior. Esta representación del Álgebra Geométrica presenta múltiples ventajas tales como su carácter sintético, la manipulación simultánea para todos los cuadriláteros de un mapa y las facilidades para expresar la cinemática utilizando la misma representación como bivectores .

El problema más complicado corresponde a la gestión de eventos asociados al desdoblamiento ó colapso de cuadriláteros que se presentan en la navegación visual. Elementos característicos (marcos de puertas y ventanas, p.e.) que han servido para la determinación de las líneas de perspectiva pueden (des)aparecer, dando lugar a problemas en la gestión de las estructuras de datos asociadas. Por ello, un algoritmo robusto debe ser capaz de gestionar estos eventos.

## 3.3 Filtros Kalman

Los filtros Kalman han sido utilizados en Visión Computacional para evaluar el movimiento propio (egomotion) de una cámara móvil a partir de la identificación de marcas ó hechos característicos [6]. La

actualización de la información se realiza mediante procedimientos de búsqueda que limitan la ventana para el rastreo de elementos homólogos a lo largo de una secuencia muestreada de video.

Para facilitar la gestión de la información global, se supone que uno de los puntos de fuga está fijo a lo largo del movimiento ; esta hipótesis permite realizar una reducción dimensional del problema inicial, simplificando el seguimiento de cuadriláteros a un seguimiento de mapas de segmentos situados sobre haces de líneas de perspectiva a lo largo de una secuencia de imágenes. Se han implementado versiones correspondientes a Filtros Kalman Extendidos (EKF) e Iterados Extendidos (IEKF) asociados a mapas de cuadriláteros ([15]).

El control de las situaciones de desdoblamiento y posibles degeneraciones en dicho espacio, lleva a problemas matemáticos abiertos que están siendo actualmente objeto de una tesis. En lugar de plantear la resolución completa del problema, se ha realizado un análisis de casos genéricos para el desdoblamiento y posibles degeneraciones, excluyendo las demás y remitiéndolas a una reiniciación del proceso caso de presentarse.

### 3.4 Escenas de tráfico

La metodología ha sido aplicada a la generación de mapas de perspectiva móviles que se actualizan on-line (a razón de 4 por segundo) correspondientes a escenarios urbanos y de tráfico en autovía. Para ello, se construye un modelo de perspectiva ligado a elementos característicos en edificios próximos (escenarios urbanos) ó señalizaciones vertical y horizontal en la calzada (escenas de autovía). La segmentación en tiempo real basada en color (ver más abajo) permite insertar y gestionar los eventos asociados a otros vehículos dentro de la escena [16]. Están pendientes el refinamiento del modelo para la gestión de información en carreteras mal señalizadas, el control basado en la navegación visual y la interacción hombre-máquina.

## 4 Aproximación basada en hechos

Frecuentemente, no es posible identificar ningún dato estructural relativo a la escena que permita referenciar adecuadamente los objetos presentes en ella. La disponibilidad de pares de vistas puede ser una solución y la Geometría Epipolar proporciona el marco estructural para la puesta en correspondencia utilizando haces de rectas a través de puntos homólogos que se corresponden mediante transformaciones proyectivas. Sin embargo, esta solución no es viable para vistas aisladas sin información estructural. Asimismo, los requerimientos de tiempo real para un gran número de aplicaciones hacen imposible el cálculo y actualización de modelos geométricos complejos.

La solución consiste en recurrir a propiedades radiométricas contenidas en las vistas. Las propiedades radiométricas más significativas corresponden a la intensidad en la escala de grises, el contraste de luminancia, alguna escala 3D de color ó la estimación de texturas (por orden creciente de complejidad). Es frecuente utilizar varias de ellas sobre una misma vista ó secuencia. Con excepción de las texturas , el procesamiento de la información se basa en filtros de alta frecuencia: filtran el contenido geométricos de las aristas y dejan el contenido topológico de las regiones.

### 4.1 Segmentación y seguimiento a bajo nivel

En escenas con iluminación deficiente (interior del Metro, p.e.), la segmentación de objetos móviles presenta problemas difíciles de resolver debido a la escasa resolución. Se parte de un modelo de la escena como fondo que se evalúa previamente y se resta a dicho modelo cada una de las imágenes muestreadas de la secuencia de video. Para simplificar el seguimiento de personas, es necesario adoptar modelos toscos (blobs). La segmentación se realiza utilizando el contraste de luminancia. Los contornos están poco definidos, pero es posible estimar en tiempo real manchas en movimiento que permiten identificar *características cualitativas de los comportamientos* de múltiples personas desplazándose en el interior de una escena. El seguimiento se facilita gracias a la superposición de una primitiva geométrica (una elipse,

típicamente) asociada a cada uno de los diferentes agentes moviéndose en la escena. La estimación de la "pose" de la elipse asociada a cada blob es la clave para la identificación de comportamientos. Los objetos geométricos asociados son arreglos de elipses ([8]). Las situaciones de conflicto (cruce de elipses) se resuelven de forma similar al caso de arreglos de circunferencias. La localización móvil de los diferentes agentes en la escena se resuelve mediante la superposición de mapas de perspectiva. La identificación de las características cinemáticas de los diferentes agentes basada en clusters de elipses está actualmente en desarrollo.

## 4.2 Segmentación basada en color

Cuando la escena está bien iluminada, es posible aplicar métodos de segmentación en color. El filtrado que da mejores resultados se basa en un filtrado adaptativo a los valores más frecuentes (medianas) dentro del histograma de frecuencias para una escala de color apropiada (habitualmente la HSV). De este modo, se realiza una reducción del número de colores que permite alcanzar una segmentación en tiempo real ([17]).

## 4.3 Identificación del movimiento propio

Una cámara en movimiento genera imágenes que son la proyección de un campo vectorial  $3D$  sobre el plano de la pantalla. La puesta en correspondencia de datos homólogos contenidos en imágenes muestreadas de una secuencia de video proporciona una representación discreta del campo vectorial correspondiente al *flujo óptico*. La estimación de las características cinemáticas de dicho flujo se lleva a cabo mediante alguna variante del descenso del campo gradiente. Una estimación directa del campo del movimiento  $3d$  a partir del flujo óptico es un problema "mal condicionado" . Por ello, es necesario introducir restricciones de inicialización del sistema que afectan a la escena ó bien al movimiento.

El enfoque tradicional desacopla el problema de la estimación del movimiento en tres subproblemas asociados a la evaluación de la velocidad traslacional (independiente de las distancias de puntos en la escena y de la profundidad), la estimación de velocidad rotacional y la estimación de las distancias relativas entre varios puntos de la escena. Algunas de las dificultades más importantes conciernen a la identificación automática del ruido y a la improbable persistencia de datos comunes a lo largo de la secuencia de video. De ahí, la necesidad de contar siempre con información robusta y redundante que pueda ser agrupada y gestionada de forma (sub)óptima, independientemente del ruido, outliers y de posibles oclusiones ([1]).

Se han implementado soluciones que incluyen mapas de relieve en imagen asociados a campos gradientes direccionales , ([18]). Estos mapas refuerzan rasgos característicos que permiten una identificación de los hechos salientes que van a ser seguidos a lo largo de una secuencia de imágenes. La cuantificación de las características cinemáticas del movimiento asociado a dichos campos gradiente se plantea en términos de reglas de iteración y actualización [14]. Más recientemente se han incorporado procedimientos "warping" similares a los utilizados en Informática Gráfica y esquema de cálculo inspirado en la Cinemática Inversa típica en Robótica [3]

## 4.4 Múltiples objetos en movimiento

El desarrollo de sistemas multi-agente para el seguimiento de múltiples agentes en movimiento es clave para la provisión de servicios individualizados en aplicaciones avanzadas de Sistemas de Información. En este caso, el problema es doble: localización de agentes a partir de diferentes tipos de información (radiofrecuencia, visión) y provisión remota de servicios estáticos (información de texto ó planimétrica) ó dinámicos (video adaptativo, generación de entornos gráficos interactivos  $3d$  a baja resolución). Actualmente, se está trabajando en todos estos aspectos en el marco de Servicios de Información en entornos arquitectónicos ó urbanos y para aplicaciones de Domótica Avanzada en entornos distribuidos.

## 5 Integración en objetos complejos

La integración requiere combinar herramientas de procesamiento de imagen (orientadas a la segmentación móvil), con otras correspondientes al reconocimiento (identificación de modelos para facilitar la localización en escenas y la actualización de información) con objeto de facilitar el seguimiento. La estimación de propiedades cinemáticas requiere diseñar modelos e implementar algoritmos que permitan extraer de forma automática la actualización de las propiedades métricas observadas en "hechos característicos".

La inestabilidad ó indeterminación de hechos  $0D$  y el ruido en el entorno de bordes móviles  $1D$  justifica la orientación hacia objetos  $2D$  como soporte para el seguimiento. En este caso, se plantea una doble estrategia basada en el "adelgazamiento" de contornos (generación automática de esqueletos) ó en la generación simultánea de "mapas métricos móviles" (diagramas de Voronoi) cuya estimación y seguimiento pueda proporcionar un soporte para las propiedades métricas ligadas a la cinemática de los objetos en movimiento (real ó aparente).

### 5.1 Arreglos de rectas para identificar posturas

La Robótica de Asistencia a Discapacitados es una línea de trabajo comentada de forma independiente en otro trabajo de estas actas. La herramienta de Visión Computacional más avanzada desarrollada por dos de los autores ([11]) concierne a la identificación de posturas de una mano robótica y de una mano humana en operaciones de agarre y manipulación. Para ello, se ha seguido una estrategia híbrida de modelado cuyo punto de partida es la extracción de segmentos asociados a los contornos de la mano y la generación automática de una representación simbólica en forma de árbol para las articulaciones de la mano para posturas ó gestos manuales que se realizan lentamente. La gestión del árbol resultante se lleva a cabo de forma similar a la de un arreglo de segmentos con restricciones sobre el enlazado de segmentos próximos.

Hay que tener presente que las deficientes condiciones de iluminación y el propio movimiento de la mano, hacen muy difícil ambas tareas. Algunos de los resultados obtenidos se pueden ver en ([7], [10]). El paso siguiente es el acoplamiento de la información visual y motora sobre un mismo esquema común (Cinemática Inversa) que facilite su realimentación en operaciones guiadas por Visión.

### 5.2 Mapas de Voronoi móviles

Para una cámara fija y objetos móviles se reduce el número de colores y el tamaño permitido para las regiones de Voronoi que presentan características comunes de color. Esta reducción permite generar on-line un mapa de Voronoi con una tasa de refresco de al menos dos imágenes por segundo. El mapa de Voronoi resultante para cada una de las imágenes genera un conjunto de células con características de color similares (modulo un umbral de tolerancia) que facilita el seguimiento de células móviles próximas en las imágenes muestreadas de la secuencia de video. Asimismo, las características radiométricas comunes de células adyacentes permiten "empaquetar" la información correspondiente a objetos (componentes de figuras más complejas) en clusters. El seguimiento de los clusters resultantes se ha realizado ya. ([9] [12]) Actualmente está en curso la evaluación de características cinemáticas asociados a dicho seguimiento.

## 6 Conclusiones

El análisis del movimiento es uno de los problemas más interesantes y más difíciles en Cinemática Computacional. A lo largo de los últimos diez años se han desarrollado diferentes estrategias para cámaras u objetos móviles, ó la combinación de ambas. La aproximación basada en el campo gradiente y productos relacionados proporciona un nexo común para el "alineamiento" ó puesta en correspondencia entre datos homólogos contenidos en diferentes vistas de una secuencia monocular capturada con una

cámara de video digital. Las aplicaciones son bastante numerosas, pero aún falta un marco común para la integración de todas ellas.

## Referencias

- [1] S. Aguilar, M.J. Antolinez, M. Gonzalo-Tasis. and J. Finat, "Dynamical trapezoidal maps for coarse perspective model in indoor scenes", The Intl Archives of ISPRS, XXXIV pag: 149-151, 2002.
- [2] D. Aguilera, M. Gonzalo-Tasis, J. Gomez-Lahoz, M. Alvarez and J. Finat "Robust methodology for vanishing points in architectural scenes", E-Dardus Technologie per comunicare la ´architettura, Ancona (Italia), 2004.
- [3] S.Baker and I.Matthews: "Lucas-Kanade 20 Years On: An Unifying Framework", IJCV Vol.56, n° 3, 221-255, 2004.
- [4] J.Basch, L.J.Guibas and J.Hersberger: "Data Structures for mobile data", Proc.8th ACM-SIAM Symp. Discrete Algorithms, 747-756, 1997.
- [5] B.Chazelle: "Computational Geometry: A Retrospective", en D.Z.Du and F.Hwang: "Computing in Euclidean Geometry", World Scientific, LNS in Computing Vol.4, 22-46, 1995.
- [6] O.Faugeras: "Three-dimensional Computer Vision. A Geometric Perspective", The MIT Press, 1993.
- [7] J. Finat, M. Gonzalo-Tasis, "Fast recognition of postures for a simplified three-fingered artificial hand", IEEE SMC, San Diego, October 1998.
- [8] L. Fuentes and S. Velastin, " Tracking based event detection for CCTV systems", Pattern Anal, Applic (2005) 7: 356-364
- [9] M. Garcia, "Guía Automatizada de barcos en Entornos con Icebers", Master's Thesis, MoBiVA Group, Enero 2000, Universidad de Valladolid.
- [10] M. Gonzalo-Tasis. D. Sánchez, R. Pellón, and J. Finat, "Symbolic Models For Postures Recognition of a Three Fingered Artificial Hand", Proc. of ISPRS 2000, Amsterdam, July 16-23, 2000.
- [11] M. Gonzalo-Tasis, C. Laschi, J. Finat and P. Dario, "Recognizing hand posture by vision: applications in humanoid personal robotics", IEEE-ICRA 2002, Whashington, 2002
- [12] M. Gonzalo-Tasis, A. Viloría, I. de Paz , A. Hevia and J. Finat, "Segmentation Techniques for identification and tracking of oil spills in ocean surface", ISRSE IEEE Intl Conf., Honolulu, 2003.
- [13] L.J.Guibas: "Kinetic Data Structures: a state of the art report", Proc. 1998, Workshop Algorithms on Foundations of Robotics, A.K.Peters, Wellesley, MA, 1998, 191-209.
- [14] B.Lucas and T.Kanade: "An iterative image registration technique with an application to stereo vision", Proc. of the Intl Joint Conf. on Artificial Intelligence, 674-679, 1991.
- [15] K.Olafson, "Herramientas de Visión Computacional para la generación de modelos de perspectiva en escenarios arquitectónicos", Master's Thesis, MoBiVA Group, Septiembre 2004, Univ. de Valladolid.
- [16] A.Ruiz-García, "Segmentación móvil y detección de la profundidad relativa en escenas de tráfico", Master's Thesis, MoBiVA Group, Julio 2003, Univ. de Valladolid.
- [17] A. Viloría, M. Gonzalo-Tasis. and J. Finat, "A fast self organized iconic segmentation and grouping based color ", The Intl Archives of the ISPRS, XXXIV, 152-155, 2002
- [18] A. Viloría, M. Gonzalo-Tasis, and J. Finat, "Video segmentation with superimposed mobile map distances", ISPRS , Estambul (Turquia), 2004.
- [19] F. Zhao and L. Guibas. Wireless Sensor Networks: An Information Processing Approach. Elsevier/Morgan-Kaufmann, 2004.