

Diez años de actividades realizadas en MoBiVA *

Javier Finat †

Resumen

La Geometría Computacional ha proporcionado el hilo conductor para las actividades desarrolladas dentro del grupo MoBiVA. El desarrollo de Sistemas de Información, herramientas de Visualización y Sistemas Expertos asociados proporcionan extensiones en diferentes aspectos complementarios motivados por algunos de los desarrollos iniciados a partir de la Geometría y la Cinemática Computacional. En este trabajo se revisan algunas de los modelos, desarrollos y aplicaciones en el marco más amplio del Ciclo Acción-Percepción (CAP). Este marco proporciona el contexto para una integración del conocimiento y la práctica que va más allá de la parcelación tradicional de las diferentes disciplinas, abriendo el camino de otras ramas del conocimiento.

1 Introducción

1.1 Un poco de historia

El germen del grupo MoBiVA surge a partir de las actividades desarrolladas por algunos de sus miembros dentro del Instituto de NeuroTecnología y Aplicaciones de la Universidad de Valladolid. Dentro de este Instituto, y a largo de la segunda mitad de los años noventa, se intenta llevar a cabo una fusión entre el modelado neuronal y biomecánico de las actividades humanas. Las dificultades para desarrollar un modelado híbrido y para integrar en un marco común computacional las aproximaciones simbólica y procedural, ponen de manifiesto la necesidad de impulsar diferentes iniciativas que permitan en el futuro los resultados obtenidos a partir de diferentes metodologías. Esta situación lleva al inicio de una actividad por separado que al cabo de dos años ya funcionan como un colectivo con intereses comunes y métodos complementarios. Así, el grupo Modelización, Biomecánica y Visualización Avanzada nace inicialmente con una vocación pluridisciplinar con el objetivo de proporcionar un soporte común para desarrollar herramientas e incorporar recientes avances tecnológicos a dispositivos de asistencia y rehabilitación a discapacitados físicos y sensoriales. Para fijar ideas, se distinguen tres etapas que pueden etiquetarse como configuración (1998-2001), desarrollo (2002-2005) y consolidación (a partir de 2006).

1.2 Primera etapa: Configuración

Los *objetivos de MoBiVA* en esta primera etapa de configuración son

- Promover la coordinación en la investigación, desarrollar las transferencias tecnológicas y difundir los avances en los resultados obtenidos a los posibles usuarios, instituciones y asociaciones de discapacitados.
- Identificar las necesidades y competencias para favorecer las sinergias entre los grupos de investigación, las instituciones y los usuarios finales.
- Desarrollar una plataforma común para facilitar las comunicaciones entre los diferentes actores y las instituciones encargadas de promover actividades, así como proporcionar un soporte a los discapacitados posibles beneficiarios.

*Modelización, Biomecánica y Visualización Avanzada.

†A todos los que han apoyado y colaborado con el grupo MoBiVa

- Satisfacer la demanda social en el terreno de las aplicaciones de las nuevas tecnologías al servicio del hombre, con una especial atención a la reinserción social, económica y mejora en la calidad de vida de los discapacitados físicos y sensoriales.
- Disminuir el coste de oportunidad que supone la dispersión física de los posibles beneficiarios, la difusión de competencias entre las instituciones y la falta de coordinación entre los investigadores con los agentes económicos, sociales e industriales.

En torno a estos objetivos se desarrollan actividades conjuntas que permiten poner en escena la experiencia previa adquirida, proyectarla y contrastarla en relación con actividades similares que están realizándose en otros países cercanos de la Unión Europea. La difusión y proyección internacional de estas actividades se concreta en la Reunión Internacional de Neurotecnología (RINVA'98), el Simposio Internacional sobre Biomecánica (SIBVA'99) y el Simposio sobre Rehabilitación y Motricidad en Ingeniería y Medicina (REMEMVA'00).

Para impulsar esta actividad, Javier Finat como coordinador inicial del grupo MoBiVA, participa en las actividades de la Red Temática Europea CLAWAR (CLimbing And WALKing Robots), la red francesa Handicap y algunas de las actividades organizadas por Sociedades Internacionales tales como IEEE-EMBS (Engineering in Medicine and Biology Society) y AAATE (Association for the Advancement of Assistive Technology in Europe), en relación con los objetivos del MoBiVA. La actividad se estructura en torno a tres *líneas de actuación*

- *Modelización físico-matemática* de dispositivos sensoriales y motores para facilitar la asistencia en situaciones de pérdida temporal ó irreversible de capacidades relacionadas con sensores externos ó internos. Resp: J.González-Vizmanos, Óptica, Facultad de Ciencias, Univ. de Valladolid.
- *Biomecánica*: Diseño, evaluación y fabricación de dispositivos para rehabilitación y asistencia a discapacitados. Resp. para el diseño: F.Montoya. Responsable para evaluación y fabricación: M. Sanjuán, Depto de Ingeniería Mecánica, ETS Ingeniería Industrial, Univ. de Valladolid.
- *Visualización Avanzada*: Diseño e implementación de algoritmos para Visión Computacional (Procesamiento de Imagen, Reconocimiento, Reconstrucción, Estimación del Movimiento), Simulación e Integración Multimodal. Responsable para Visión: J. Finat, Dpto de Álgebra y Geometría, ETS Ingeniería Informática, Univ de Valladolid. Responsable para Integración Multimodal: V.Cardeñoso, Depto de Informática, ETS Ingeniería Informática, Univ. de Valladolid

El objetivo fundamental de esta primera etapa es el modelado y desarrollo de software para diferentes funcionalidades cognitivas y motoras, así como la integración de algunas de ellas en torno a la coordinación visuo-motora y la fusión sensorial. Por ello, las cuestiones relacionadas con Robots Humanoides y su aplicación a discapacitados ocupan un lugar central de las actividades de los miembros de MoBiVA a finales de los noventa y principios de la primera década del siglo XXI.

Si bien los resultados en áreas parciales son bastante significativos y obtienen un reconocimiento externo importante (CLAWAR), la fusión de información visuo-motora requiere aún más desarrollos parciales de los que habían sido previstos inicialmente. Asimismo, se presentan serias dificultades para encontrar suficientes recursos financieros que permitan mantener el esfuerzo de investigación en áreas relacionadas con Robótica para Humanoides.

Todo ello, da lugar a un replanteamiento de las actividades del grupo que tiene como consecuencia relegar las líneas de Biomecánica y de Fusión Sensorial, en beneficio de las líneas más "visuales", es decir, del procesamiento de información 2D (Visión Computacional) y 3D (modelos sintéticos en el marco de la Informática Gráfica). La necesidad de profundizar de una forma más sistemática en los aspectos de integración de herramientas y la generación de entornos inmersivos para facilitar la interacción, da lugar a la constitución del grupo ECA-SIMM (Entornos de Computación Avanzada, Simulación e Integración Multimodal) por V.Cardeñoso como GIR, con el que se comparten resultados y procesos a través de actividades y proyectos conjuntos.

1.3 Segunda etapa: Desarrollo

La etapa de desarrollo (2002-2005) participa asimismo de buena parte de los objetivos generales de la primera etapa, pero con una menor incidencia de los aspectos biológicos, biomecánicos y asistenciales ligados a la Robótica para Discapacitados. Además de las razones expuestas más arriba, la jubilación de F.Montoya y J.González Vizmanos deja sin soporte buena parte de las actividades relacionadas con los aspectos citados más arriba. Por otro lado, la incorporación de titulados superiores de Informática y la creciente disponibilidad de software para diferentes tareas de Visión Computacional dan lugar a un mayor desarrollo de las actividades relacionadas con Procesamiento de Imagen y Análisis del Movimiento, en una primera fase, y Reconocimiento y Reconstrucción 3D, más recientemente.

Los desarrollos se articulan según aproximaciones complementarias de tipo bottom-up (basada en imagen) ó top-down (basada en modelos), y atendiendo a requerimientos como la precisión (en Procesamiento de Imagen ó en Reconstrucción 3D más recientemente) ó la robustez (en Análisis del Movimiento ó en Reconocimiento a bajo nivel). Hacer compatibles ambos requerimientos es muy difícil sin disponer de herramientas métricas adicionales como las basadas en sensores adicionales (luz estructurada, p.e.) que puedan proporcionar información precisa sobre aspectos geométricos (posición, orientación) y radiométricos (gris, color, iluminación) de forma simultánea.

Los dispositivos láser 3D proporcionan, a partir de procedimientos de barrido, (nubes de) puntos con coordenadas geométricas (posición 3D) y radiométricas (intensidad en la escala de grises ó color). El apoyo por parte de un grupo interdisciplinar de investigadores de la pertenecientes a ocho departamentos de la UVA, permite la adquisición de dos dispositivos láser en el año 2003 en el marco del Proyecto DELTAVHEC (Dispositivos para el Escaneo Láser Tridimensional para el Análisis y Visualización de la HErencia Cultural). Este proyecto es cofinanciado con fondos FEDER, el Ministerio de Ciencia y Tecnología, la Junta de Castilla y León y la Universidad de Valladolid. Gracias a esta financiación se adquieren un láser Minolta 910 y el Iliris 3D de Optech.

El dispositivo láser Minolta 910 opera por triangulación para calcular la posición 3D de cada punto, es decir, calcula la posición de cada punto a partir de los ángulos correspondientes a los focos de emisión y recepción del haz de luz estructurada y del punto enfocado. Dispone de tres tipos de lentes, con un alcance comprendido entre 50 y 250 cm, lo cual da lugar a una precisión comprendida con cota superior comprendida 1 mm y 0.01 mm (mejorable mediante post-procesamiento).

El dispositivo láser Iliris 3D de Optech opera por tiempo de vuelo, es decir, mide los picosegundos entre la emisión y la recepción del rayo de luz estructurada cuando regresa al mismo foco emisor del que partió. Tiene una única lente y un alcance nominal comprendido entre los cinco y los mil metros, aunque los resultados por encima de los quinientos metros presentan una elevada dispersión, baja resolución y deficiencias significativas.

Ambos dispositivos proporcionan en cada escaneo nubes densas de varios cientos de miles de puntos para objetos situados en diferentes rangos. A estas nubes de puntos se les pueden asociar estructuras superpuestas (triangulaciones ó superficies texturadas). La gestión de estas estructuras plantea problemas de gran interés desde el punto de vista de la Geometría Computacional que se abordan más abajo y para las que se han proporcionado soluciones originales (ver también artículo de J.D.Pérez-Moneo).

La redundancia en la información (procedente del "pegado" de nubes, p.e.) plantea problemas de muestreo que requieren el diseño e implementación de estrategias asociadas a propiedades radiométricas (intensidad debida a variaciones en la reflectancia de los objetos) ó geométricas (orientación relativa de cada una de las componentes de los objetos escaneados, distancia del objeto con respecto al escáner). Se ha realizado ya una primera implementación de variantes de las técnicas habituales de muestreo (RANSAC) atendiendo a "funciones de importancia". Estas funciones asignan "pesos" diferentes a porciones de las nubes de puntos atendiendo de forma adaptativa a las variaciones de propiedades geométricas ó radiométricas.

En esta etapa de desarrollo, resulta fundamental el apoyo de J.I. San José Alonso y J.J.Fernández Martín, así como del Técnico J. Martínez Rubio, todos ellos miembros del Laboratorio de Fotogrametría Arquitectónica (LFA), dentro del Departamento de Urbanismo y Representación de la Arquitectura en la ETS de Arquitectura de Valladolid. La profesionalidad demostrada en el terreno de la Fotogrametría

basada en cámaras métricas ó calibradas y su buen hacer en el terreno de la documentación arquitectónica y urbanística son las piezas clave para proponer y realizar proyectos de envergadura creciente, lo cual permite disponer de recursos económicos y humanos para el desarrollo de aplicaciones de complejidad creciente. La experiencia de los miembros del LFA ha sido y es una fuente permanente de inspiración y de realimentación para la resolución de toda clase de problemas relacionada con la representación, gestión y generación de información adicional (incluyendo modelos de realidad virtual) para objetos 3D.

Para resolver los problemas que plantea la gestión de la información asociada a datos basados en vistas 2D y rango 3D, se plantea el desarrollo de una Plataforma Software que permita integrar herramientas de procesamiento de imagen y de láser 3d, referidas ambas a un marco geométrico preciso orientado común (ver más abajo y artículo de J.D.Pérez-Moneo). La extensión de la labor a realizar motiva que se plantee una plataforma software con una base muy amplia a la se van incorporando herramientas desarrolladas en un gran número de trabajos parciales correspondientes, en su mayor parte, a Proyectos Fin de Carrera de Ingeniería Informática.

Asimismo, la extraordinaria capacidad de trabajo y de organización del LFA permiten abordar un gran número de actividades y proyectos que proporcionan un excelente banco de pruebas para ir validando y demostrando los resultados que se van alcanzando dentro de la futura Plataforma Software UVACAD. Esta plataforma software se desarrolla en el marco del proyecto MAPA (Modelos y Algoritmos para el Patrimonio Arquitectónico) coordinado por J.J. Fernández Martín y es uno de los principales activos de la cooperación entre MoBiVA y LFA.

Las sinergias desarrolladas por la cooperación entre el MoBiVA y el LFA dan lugar a la constitución de un *cluster* para la Documentación, Análisis y Visualización del Patrimonio (DAVAP) que funciona como "marca". El objetivo de este cluster es proporcionar un soporte flexible que permita compartir recursos y orientar las actividades de investigación y desarrollo, tratando de hacer compatibles el enfoque a largo plazo con las tareas cotidianas ligadas a la realización y entrega de proyectos. Como cluster tiene una organización abierta a la participación de quien desee hacerlo, lo cual le permite incorporar temporalmente a miembros de otros grupos ó de otras Universidades, en torno a iniciativas de interés común. Asimismo carece de estructura pre-determinada, pudiendo adoptar diferentes formas dependiendo de los proyectos ó actividades en marcha. Esta forma de organización es un valor añadido de gran flexibilidad que extiende la excesiva fragmentación de los Grupos de Investigación Reconocidos que hay actualmente en la Universidad de Valladolid, y permite abordar proyectos de una envergadura muy superior a la de la etapa precedente junto con otros GIR de la UVa.

1.4 Tercera etapa: Consolidación

La etapa de consolidación en la que estamos actualmente corresponde a la apertura hacia el exterior y que se plasma en la cooperación con empresas e instituciones, en torno a actuaciones concretas ó proyectos de largo recorrido.

En esta etapa, D.Llanos asume la coordinación del grupo MoBiVAP, en el que la "P" corresponde a Patrimonio, aunque sin renunciar a las herramientas de Visualización Avanzada para otras áreas, relacionadas con la simulación, la inmersión interactiva en entornos virtuales y las aplicaciones "bio" (biomédicas y biomecánicas). La incorporación de D.Llanos y de B.Palop al grupo MoBiVAP se traduce en un reforzamiento del procesamiento (gracias al desarrollo de herramientas de computación paralela y modelos distribuidos) y del modelado geométrico (sobre todo para el caso 3D).

Asimismo, la participación en las Plataformas Tecnológicas Española y Europea de la Construcción (PTEC y ECTP) proporcionan un soporte para la difusión de resultados y posibilitan la elaboración de proyectos de envergadura, con una valoración creciente por parte de diferentes agentes de los sectores de construcción y de servicios.

En esta etapa, la plataforma software UVACAD adquiere funcionalidades cada vez más sofisticadas que la están convirtiendo en uno de los elementos de referencia para empresas e instituciones dentro del ámbito nacional. El paso siguiente es la difusión de dicha plataforma dentro del contexto internacional, difusión que ya ha sido iniciada. Una vez consolidada la plataforma software de referencia, los retos

más importantes conciernen a su utilización para diferentes aplicaciones relacionadas con Fusión de Información Multimedia (FIM), Sistemas de Información Digital (SID) e Inmersión Virtual Interactiva (IVI), en los que se trabaja de forma activa.

Los proyectos actualmente en marcha y las propuestas presentadas afectan a los ámbitos regional, nacional y europeo. El carácter más ambicioso de proyectos y propuestas requiere la cooperación con otros GIR de la UVa que puedan proporcionar soporte con productos ya acabados a algunas de las actividades de interés común ó que estén dispuestos a un desarrollo conjunto en torno a objetivos especificados de común acuerdo en proyectos relacionados. El conocimiento mutuo de los resultados, procesos y servicios está generando actualmente una dinámica de gran interés que se traduce en la participación en un número creciente de propuestas dentro de los marcos nacional y europeo. Algunos de los resultados de esta forma de cooperación ya están a la vista dentro del Proyecto Tractor AIVI (Ambientes Inteligentes para la Vida Independiente) y otros serán visibles en breve.

2 Modelado

El *objetivo general* de los trabajos realizados en el grupo MoBiVA es el desarrollo de herramientas (estructuras de datos, análisis, diseño e implementación de algoritmos) para el tratamiento automático de cualquier problema que sea susceptible de una representación geométrica estática ó dinámica.

2.1 Herramientas para el modelado

Las herramientas de modelado proceden de diferentes áreas de Matemáticas y Física relacionadas con datos espaciales estáticos ó en movimiento. Las áreas matemáticas más significativas para el modelado se encuadran dentro de la Geometría, la Topología, la Estadística y los Sistemas Dinámicos. Las áreas físicas más significativas para el modelado se encuadran dentro de la Dinámica, la Óptica y la Mecánica. El desarrollo de herramientas computacionales para estas áreas es muy desigual y las metodologías son muy diversas; así por ejemplo, el desarrollo de herramientas para Geometría Computacional es bastante elevado, pero no así para la Topología Computacional.

Los marcos simbólico y procedural son realmente difíciles de compatibilizar; las aplicaciones en tiempo real son actualmente inviables en el marco simbólico, pues requieren la introducción de datos por el operador. Todo ello da lugar a dificultades importantes para alcanzar una interoperabilidad entre herramientas de diferente carácter. El Álgebra Geométrica proporciona un marco común para integrar diferentes aproximaciones al modelado y sus aplicaciones a la Ingeniería tales como Visión Artificial, Cinemática Computacional, Informática Gráfica, Simulación y Computación Neuronal, entre otras. Sin embargo, el formalismo del Álgebra Geométrica no es el habitual en el ámbito de las aplicaciones más inmediatas y la mayor parte del software para Algebra Geométrica está desarrollado en el marco simbólico.

El enfoque habitual de la Geometría Computacional está basado en la Geometría Euclídea, que tan sólo es un caso particular (en cierto modo excepcional) de las diferentes Geometrías útiles en los procesos de modelado. Por ello, la Geometría Computacional Euclídea presenta importantes limitaciones en relación con el modelado y visualización de fenómenos complejos en los que se requieren representaciones adaptativas ligadas a diferentes sensores y la fusión de la información procedente de dichos sensores.

2.2 Algoritmos

Los requerimientos para el *diseño de algoritmos* pueden ser relativas a la *robustez* ó la *precisión*. Los algoritmos robustos proporcionan soluciones aceptables bajo condiciones genéricas de los parámetros; por ello, no dependen de las posibles degeneraciones asociadas a configuraciones "excepcionales" (soportadas por conjuntos "de medida nula") de los elementos geométricos. El requerimiento de precisión aparece asociado al cálculo de la solución exacta para *todos* los casos que puedan presentarse, incluyendo las posibles degeneraciones. Privilegiar la precisión presenta el inconveniente de incrementar

la complejidad espacial y temporal del algoritmo hasta extremos inoperantes en casos prácticos, pues el análisis correspondiente al peor caso posible es irrelevante en la práctica; por ello, es conveniente diseñar estrategias que tengan algún tipo de "tolerancia a fallos".

En la primera etapa del grupo MoBiVA se ha privilegiado la robustez con respecto a la precisión, debido a la necesidad de contar con soluciones operativas y adaptables a diferentes tipos de interacción en entornos cambiantes sobre los que sólo se dispone de información parcial. La necesidad de contar con soluciones fieles a la realidad para la documentación de objetos 3D en entornos estáticos ha impulsado en la tercera etapa del grupo el desarrollo de herramientas computacionales en las que se ha privilegiado la precisión. Buena parte de los desarrollos actuales están orientados hacia sistemas de información y modelos de VR/AR que deben combinar la robustez (en trabajo de campo ó en tareas de visualización interactiva) y la precisión (para la documentación 3D). Por ello, es preciso encontrar un equilibrio entre ambos requerimientos.

3 Biomecánica: El Ciclo Percepción-Acción

El Ciclo Percepción-Acción (PAC) afecta al diseño, implementación y construcción de dispositivos artificiales que hagan compatibles las señales procedentes de diferentes tipos de sensores y las respuestas (reflejas, automatizadas ó pensadas) por parte de un sistema inteligente. Con ello se pretende reemplazar los mecanismos puramente computacionales por otros más "activos" que tengan en cuenta asimismo herramientas de modelado neurobiológico (incluyendo inteligencia emocional relacionada con la interpretación de gestos y expresiones). La aproximación estructural sigue un esquema de complejidad creciente partiendo de diferentes módulos relativos a la realimentación entre componentes sensoriales y motoras. En el grupo MoBiVA "sólo" se aborda la información sensorial procedente de la Visión. La Cinemática Computacional (ver estas mismas actas) proporciona un marco común de referencia para la integración de la información visuo-motora.

3.1 Espacios de Configuraciones y de Trabajo en Robótica

Las operaciones de agarre y manipulación son algunas de las más complejas en Robótica. Requieren la resolución óptima de problemas geométricos (localización y exploración), cinemáticos (velocidades en las juntas y en el efector final para el agarre) y dinámicos (mecanismos anticipatorios y compensatorios ligados a la manipulación). El carácter óptimo se define con respecto a varias funciones de coste. La percepción del estado actual de las tareas afecta a sensores (en juntas/efector ó al sistema visual para la realimentación). La realización de las tareas afecta a los dispositivos electromecánicos del robot.

La clave teórica para la resolución de los problemas geométricos consiste en describir la aplicación de transferencia $\pi : \mathcal{C} \rightarrow \mathcal{W}$ como un fibración que localmente es topológicamente trivial. Este hecho proporciona un número suficiente de secciones cuyas prolongaciones (k -jets para $k \geq 1$) soportan la cinemática y la dinámica inversa asociadas al k -jet $j^k \pi : J^k \mathcal{C} \rightarrow J^k \mathcal{W}$ para $k = 1, 2$.

Este enfoque se ha aplicado a problemas como la resolución de algoritmos de la trampa para monos y el modelado de mecanismos de locomoción en bípedos (pierna como acoplamiento de tres osciladores no-lineales). Es necesario avanzar en el desarrollo de plataformas de Stewart para el modelado de mecanismos complejos ligados a la mano ó la cadera.

3.2 La Geometría de Contacto para la Cinemática

Las restricciones asociadas a problemas de optimización se pueden interpretar como funcionales definidos sobre los espacios de configuraciones ó de trabajo; la existencia de un "número suficiente de secciones" para $\pi : \mathcal{C} \rightarrow \mathcal{W}$ y sus k -jets permite elevar las restricciones de forma natural a los espacios $J^k \mathcal{X}$ donde $\mathcal{X} = \mathcal{C}$ ó \mathcal{W} . Cada (elevación de cada) restricción se interpreta como una hipersuperficie en el espacio $J^k \mathcal{X}$. Cualquier hipersuperficie soporta una estructura natural de contacto. Las estructuras de contacto están relacionadas a través del grafo $\mathcal{G}(j^k \pi)$ del k -jet de la aplicación de transferencia. El

grafo de cualquier aplicación soporta una estructura natural de contacto, de la misma forma que los espacios de jets asociados a π . La existencia de *estructuras de contacto naturales* proporciona integrales primeras para el estudio de las propiedades locales y globales de las soluciones correspondientes a los problemas de optimización. Existe un diccionario que permite transferir los problemas de optimización a problemas de control.

El esquema anterior ha sido aplicado a modelos de realimentación (de tipo compensatorio y anticipatorio) en la locomoción humana para el control de dispositivos adaptados a robots humanoides (Karlsruhe Clawar'01, Salzburg 2003).

3.3 Realimentación sensorial-motora

La realimentación necesita un soporte común al que referir la información capturada por diferentes sensores; este soporte viene dado por la representación interna del espacio (geométrico ó cinemático) que realiza el sujeto. De ahí, el papel que juegan diferentes geometrías para la representación perceptual. Uno de los casos más estudiados (aún no completamente entendidos) concierne a la percepción visual. La aproximación perceptual tradicional en Visión consiste en extraer la máxima información posible a partir de una vista. La incorporación del movimiento sacádico ó de la cabeza proporciona el mecanismo de realimentación visuo-motora. La realimentación entre diferentes sistemas sensoriales y motores es el núcleo del Ciclo Acción-Percepción (CAP). El modelado del CAP requiere una realimentación entre la percepción sensorial y la coordinación de movimientos orientada frecuentemente hacia la mejora de dicha percepción. La aproximación tradicional se basa en el análisis del comportamiento e incluye una realimentación entre sensores, transductores y actuadores. Un problema importante concierne al modelado de dicha realimentación para el caso visuomotor. En la primera fase del Grupo MoBiVA se desarrolla de forma independiente el modelado de aspectos visuales y motores. En el caso de sensores visuales se presta especial atención a los procesos de formación y procesamiento de imagen. En una primera aproximación, se pueden distinguir tres *niveles de modelado visuomotor*:

- *bajo*: concierne al comportamiento reactivo que afecta a la parte refleja del sistema nervioso.
- *medio* afecta a procedimientos repetitivos que han sido adquiridos a través del aprendizaje y que, una vez aprendidos, se realizan de forma automática, estando controladas por el cerebelo.
- *alto*: concierne a labores superiores de coordinación, controladas por módulos especializados de la corteza cerebral.

Por el momento, el modelado realizado sólo afecta a los niveles bajo y medio, aunque algunos módulos del nivel alto relacionados con las componentes visual y motora tienen un desarrollo parcial.

3.4 Robótica de asistencia para discapacitados

Los trabajos relacionados se han centrado en dos "casos" correspondientes a la mejora de los reciprocadores para parapléjicos (en cooperación con el Dpto de Ingeniería Mecánica de Turin) y la realimentación visuo-motora para robots de asistencia a tetrapléjicos (en cooperación con el Lab ARTS de la SSSA de Pisa).

4 Visualización Avanzada

La Visualización es una forma de cálculo que transforma objetos simbólicos en datos geométricos, cinemáticos ó dinámicos posibilitando a los investigadores observar sus efectos mediante simulación interactiva. Integra un gran número de disciplinas matemáticas, físicas y de computación.

4.1 Visión Computacional

Se han desarrollado módulos básicos de procesamiento de imagen y aplicaciones a 1) Reconocimiento a bajo nivel, 2) Análisis del Movimiento propio (egomotion), ajeno (seguimiento y seguridad) y simultáneo (segmentación dinámica en secuencias de video), y 3) Reconstrucción 3d. Estas aplicaciones se revisan en otros dos trabajos de estas actas.

4.2 Documentación basada en láser 3d

El escaneo láser 3D proporciona nubes densas (varios millones) de puntos para los que se han desarrollado herramientas de cálculo y post-procesamiento que permiten superponer PL- ó PS-estructuras (triangulaciones ó superficies lisas). La gestión y visualización de nubes y estructuras adicionales plantea problemas de modelado (Geometría Proyectiva Avanzada, Campos vectoriales y tensoriales, Gestión de Isosuperficies), simplificación inteligente (estadística adaptada a la geometría) y optimización (incluyendo análisis variacional) de gran complejidad que se abordan en la plataforma UvaCad.

4.3 Informática Gráfica

Los problemas más significativos de *VR-modelado* basado en nubes de puntos afectan a la gestión a diferentes niveles de detalle (acceso a datos, p.e.), la gestión de la visibilidad y la renderización avanzada de los objetos visibles. Los problemas más significativos de *AR-modelado* afectan al desarrollo de interfaces para la generación de primitivas sobre modelos VR, la detección de colisiones y la manipulación en entornos virtuales (extrusión e intrusión). Actualmente, se dispone ya de resultados iniciales en todas las líneas mencionadas.

5 Retos actuales

5.1 Sistemas de Información Digital 3D

Una extensión natural de la plataforma software UvaCad es el desarrollo de Sistemas de Información que permitan gestionar de forma simultánea datos 2D y 3D en tiempo real. Ello requiere una referencia común robusta proporcionada en este caso por modelos basados en láser 3D. Existe ya una versión beta de dicho SID que se está aplicando en tareas de restauración. Otros sistemas similares actualmente en desarrollo se refieren a entornos urbanos y territoriales.

5.2 Entornos inmersivos interactivos

Los dos escenarios iniciales básicos para la interacción en entornos inmersivos son de tipo virtual/virtual y Virtual/Real. Actualmente, se está desarrollando un módulo de interacción virtual/virtual para la representación de intervenciones sobre modelos simplificados de la realidad basados en láser 3d. Las intervenciones básicas actualmente en desarrollo se refieren a operaciones de extrusión e intrusión en solares ó edificios muy deteriorados, como herramienta para la planificación de intervenciones. El paso siguiente es la introducción de avatares y el desarrollo de una interacción dinámica con ellos en entornos de complejidad creciente.

Referencias

Referencias en <http://mobivap.uva.es/>