

Grupo de Investigación de Planificación y Scheduling

F. Barber M.A. de la Fuente A. Garrido E. Marzal

E. Onaindía M. Rebollo M.A. Salido L. Sebastia

{fbarber, mafuente, agarridot, emarzal, onaindia, mrebollo, msalido, lstarin}@dsic.upv.es
<http://www.dsic.upv.es/users/ia/gps>

1. Introducción

El origen de este grupo de investigación surge por la necesidad de resolver problemas dinámicos. Para ello se empleó técnicas basadas en el conocimiento (sistemas expertos) y métodos de razonamiento temporal. Con la resolución de estos problemas se puso de manifiesto la aplicabilidad de estos modelos y técnicas en problemas de ámbito real. Debido a la amplitud y complejidad de estos problemas, el grupo siguió distintas líneas de investigación. Todas ellas están enmarcadas bajo el área de la *Inteligencia Artificial*. Sin embargo, cada una se ha centrado en entornos más específicos, tal y como se muestra en la Fig. 1.

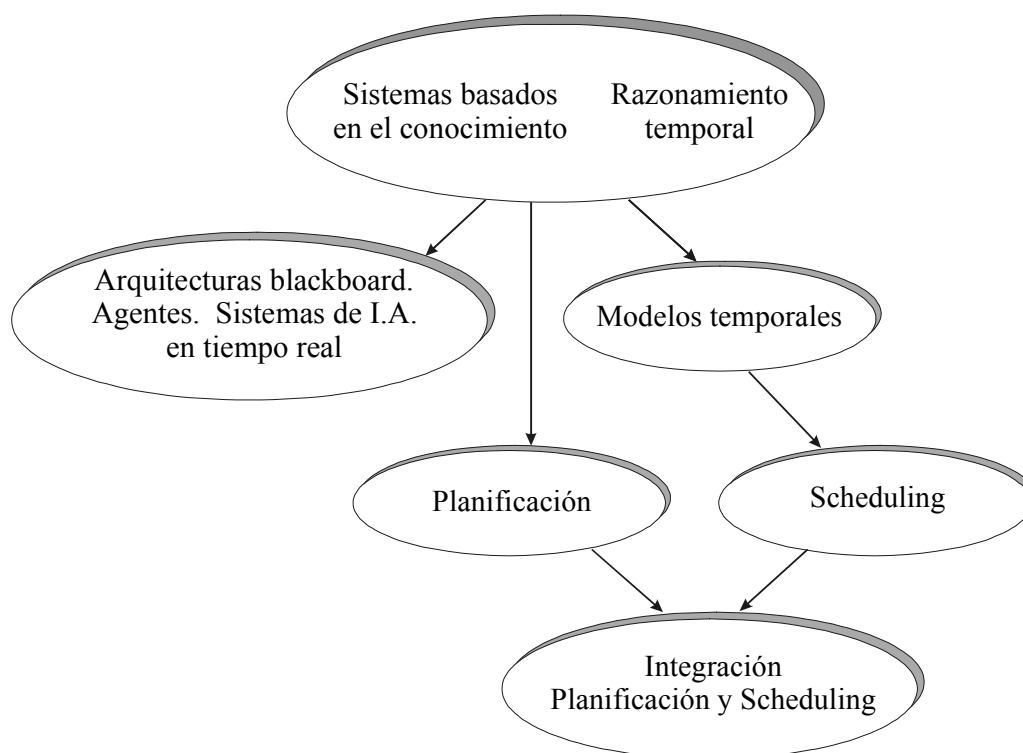


Fig. 1. Líneas de investigación del grupo

El razonamiento temporal constituye un campo activo de investigación, con aplicaciones en varias áreas de Inteligencia Artificial, tales como sistemas basados en el conocimiento, planificación, scheduling, comprensión del lenguaje natural, etc. En estas áreas, el tiempo juega un papel esencial. Los problemas tienen un comportamiento

dinámico y es necesario representar y razonar la información sobre su dimensión temporal. A raíz de los trabajos realizados en sistemas basados en el conocimiento y razonamiento temporal, surgieron las principales líneas de investigación, enunciadas a continuación:

- Sistemas basados en el conocimiento con capacidad de razonamiento temporal. Integración en una arquitectura *blackboard*. Restricciones de tiempo real.
- Sistemas de planificación.
- Modelos temporales: Representación, Algoritmos Temporales.
- Sistemas de scheduling (un problema en el marco del razonamiento temporal).

2. Sistemas basados en el conocimiento. Razonamiento temporal

Dentro de la Inteligencia Artificial y concretamente dentro de los sistemas basados en el conocimiento (de donde surgió la arquitectura *REAKT* [1] [2]), uno de los campos de mayor difusión ha sido la teoría de agentes inteligentes. Para poder incorporar conocimiento en un sistema que trabaja en un entorno con restricciones de tiempo real, se escogió la representación mediante el modelo de *blackboard* utilizando el paradigma de agente/sistemas multi-agente. Así, múltiples agentes pueden ejecutarse en paralelo, compartiendo datos comunes. Como consecuencia directa de esta línea de investigación se sigue trabajando en la teoría de agentes: arquitectura, comunicación y lenguajes. Como prueba de la importancia y aplicación de esta teoría aparecen multitud de investigaciones presentadas en certámenes y congresos como el *MAAMAW*, que en su edición de 1999 se celebró en la Universidad Politécnica de Valencia y fue organizada por miembros de este grupo. Otra de las líneas activas estudia las técnicas aplicables en los entornos de sistemas inteligentes de tiempo real.

3. Planificación

Uno de los trabajos actuales desarrollados en el grupo, y en este ámbito, consiste en un planificador de orden parcial regresivo *POCL* (*Partial Order Causal Link*) denominado *SPLIN* (*Sistema de PPlanificación INteligente*) [5].

Para poder añadir restricciones de alto nivel entre acciones, se estudia la incorporación de macro-acciones. En un primer nivel de planificación, se obtiene un plan abstracto, compuesto por una secuencia parcialmente ordenada de macro-acciones, que se refinará en sucesivos niveles de planificación. Igualmente, se está trabajando en la planificación de *Redes Jerárquicas de Tareas (HTN)* y en la aplicación de heurísticas independientes del dominio.

4. Modelos temporales.

La integración de información temporal, tanto cualitativa como cuantitativa es un proceso muy costoso. La evolución en el tiempo de los datos y las restricciones diná-

micas sobre los mismos deben tenerse en cuenta para conseguir una mejor aproximación al comportamiento de los problemas reales.

En la literatura se han definido varios tipos de modelos temporales, bajo dos puntos de vista principales. El primero hace referencia a la expresividad de la representación: ‘¿Qué información temporal puede representar el modelo como restricciones entre entidades temporales?’. La segunda se refiere a los algoritmos de razonamiento temporal: ‘¿Cómo razonar sobre un tipo dado de restricciones temporales para obtener qué restricciones son, o pueden ser, ciertas?’

Un problema temporal lo especificamos como un conjunto de variables $X=\{x_{ij}\}$ y un conjunto de restricciones temporales entre ellas $\{(x_{ij}c_{ij}x_j)\}$. Las variables pueden representar puntos o intervalos temporales, mientras que las restricciones, métrico-disyuntivas, pueden representar duraciones. Estos problemas dan lugar a una red de restricciones temporales (*Temporal Constraint Network* o *TCN*) que pueden representarse como un grafo dirigido. Esta red de restricciones permite modelar información sobre duraciones de primitivas o intervalos temporales y relaciones de precedencia. Debido a que se está trabajando con restricciones disyuntivas es posible definir más de una duración o relaciones de precedencia. Actualmente, se estudia la posibilidad de ampliar el campo de representación de relaciones de precedencia, duraciones, restricciones lineales entre variables mediante inecuaciones [4].

El módulo especial encargado de gestionar todas las restricciones se denomina *Temporal Constraint Network Manager* (TCNM) [3]. Además, este módulo debe garantizar la consistencia y corrección entre todas las restricciones del sistema. La consistencia se obtiene como consecuencia de la aplicación del proceso de clausura (transitividad entre primitivas temporales). Según el comportamiento de dicho proceso en lo referente a la propagación en el digrafo, se puede clasificar en:

- **Proceso con propagación de restricciones**, donde cada nueva restricción se debe propagar a toda la red de restricciones. El principal inconveniente estriba en la alta complejidad tanto espacial como temporal.
- **Proceso sin propagación de restricciones**, donde únicamente se mantendrían las restricciones explícitas introducidas, disminuyendo así la complejidad tanto espacial como temporal. Sin embargo, el principal inconveniente es el de tener que calcular la restricción mínima entre cada par de primitivas temporales para poder garantizar la consistencia. Puesto que este cálculo resulta temporalmente costoso, actualmente estamos estudiando la posibilidad de mejorar este coste utilizando un algoritmo de búsqueda de la restricción mínima empleando una estrategia bidireccional. La idea consiste, en realizar esta búsqueda partiendo, simultáneamente, desde un nodo inicial hacia uno final y viceversa.

5. Proceso de Scheduling.

El objetivo del proceso de scheduling es asegurar la corrección del plan en función de los recursos disponibles y de las restricciones temporales impuestas por el problema. Adicionalmente, dispone de criterios para garantizar la optimalidad del plan generado, de acuerdo a funciones de evaluación de costes y otros criterios. En el proceso de scheduling, a menudo, se utiliza un problema de satisfacción de restricciones o *CSP*

que pueda evaluar todos los posibles valores de asignación a las variables del problema, buscando aquella solución que cumpla con todas las restricciones del problema. Adicionalmente, se está trabajando en la incorporación de razonamiento temporal en la resolución de problemas de scheduling mediante CSP's.

6. Integración de Planificación y Scheduling

Hoy en día muchos problemas reales pueden ser enmarcados como problemas de planificación y scheduling. Por una parte, se trata de obtener un plan, y por otra, delimitar la ejecutabilidad de las acciones en el tiempo, asignándoles los recursos necesarios y teniendo en cuenta las restricciones generales del problema (posiblemente utilizando criterios de optimización y garantizando su ejecutabilidad).

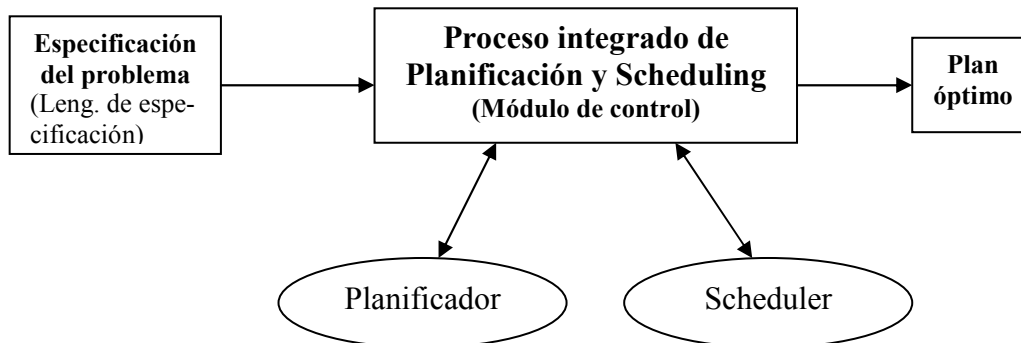


Fig. 2. Arquitectura integrada de planificación y scheduling

Tradicionalmente, los métodos para solucionar problemas de planificación y scheduling se dividen en dos etapas diferentes. Sin embargo, la resolución de estos problemas no es abordable mediante estos procesos por separados. La idea principal es la integración de ambos (ver Fig. 2). Si los procesos de planificación y scheduling colaboran durante la resolución del problema, se podría obtener una mejor solución. Por ello, trabajamos en una arquitectura independiente del dominio en la que el planificador opera de forma simultánea con el scheduler. Esta integración permite garantizar la ejecutabilidad del plan y satisfacer óptimamente las restricciones del problema, simultáneamente con la construcción del plan.

Mediante el lenguaje de especificación, basado en *frames*, del que ya disponemos, se puede definir el dominio del problema. Una vez obtenido el plan óptimo mediante el proceso de planificación-scheduling, éste pasa a ejecución. Durante la ejecución del plan pueden aparecer nuevas restricciones del problema, incidencias, etc., debiéndose producir una reactividad en el proceso readaptando el plan obtenido.

Estamos trabajando en una arquitectura integrada en la que las restricciones no son conocidas a priori, ya que van apareciendo a medida que el planificador avanza en la generación del plan. Por lo tanto el scheduler no puede comportarse como un típico CSP, requiriendo en cambio asegurar la consistencia, propagando los efectos de las nuevas restricciones, introducidas interactivamente en cada nuevo plan parcial que vaya generando el planificador. Igualmente, debe evitar hacer asignaciones innecesarias en las etapas iniciales. Por lo tanto, y gracias a esta característica, el scheduler contará con un mayor grado de flexibilidad al mantener, únicamente, las ventanas temporales en las que las acciones pueden ejecutarse. En lugar de fijar el instante en el que ejecutar una

acción o utilizar un recurso, mantiene una restricción consistente sobre el intervalo en el que dicha operación debería llevarse a cabo.

Referencias

[1] Barber, F., Botti, V., Crespo, A., García, A., Hernández, L., Onaindía, E., Ripoll, I. (1993): *Temporal Reasoning and Coherence Management in REAKT*. IRTICS'93. Workshop on Integration Technology for Real-Time Intelligent Control Systems. Madrid, Spain. 1993.

[2] Barber, F., Botti, V., Onaindía, E., Crespo, A. (1994): *Temporal Reasoning in REAKT (An Environment for Real-Time Knowledge-Based Systems)*. AI Communications, (7)3, Septiembre, pp. 175-202. 1994.

[3] Barber, F. (1998): *Reasoning on complex disjunctive temporal constraints. An extended version*. Technical Report, DSIC-II/17/1998, Dpto. Sistemas Informáticos y Computación, UPV, España, 1998.

[4] Jonsson, P., Bäckström, C. (1998): *A unifying approach to temporal constraint reasoning*. Artificial Intelligence. (102), pp. 143-155. 1998.

[5] Sebastiá, L., Marzal, E.J. (1999): *SPLIN: Una herramienta para el diseño, ejecución y evaluación de problemas de planificación*. Inteligencia Artificial. Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial. (7), pp. 54-61. 1999.