

MSB: UNA APLICACIÓN WWW PARA GENERACIÓN DE RESÚMENES DE COMPORTAMIENTO

Víctor Flores, Martín Molina

*Departamento de Inteligencia Artificial, Universidad Politécnica de Madrid
Campus de Montegancedo s/n, 28660 Boadilla del Monte (Madrid), España.
vflores@fi.upm.es, martin.molina@upm.es*

RESUMEN

La disponibilidad en Internet de grandes volúmenes de información en los que se basan decisiones relacionadas con el funcionamiento de sistemas dinámicos hace que cada vez sean más necesarios métodos efectivos de generación automática de resumen de información de comportamiento. En este artículo se describe la aplicación MSB (*Multimedia Summarizer of Behavior*) como una herramienta software que genera presentaciones multimedia de resumen de comportamiento de sistemas dinámicos para ser presentadas en la Web. MSB usa como entrada datos de comportamiento de fuentes remotas (medidos por sensores) que pueden estar disponibles en diferentes servidores Web. Estas fuentes de información se interpretan y resumen usando métodos del campo de la Inteligencia Artificial simulando formas de razonamiento que realizan las personas al resumir información de interés. En el artículo se describe la arquitectura basada en el conocimiento del sistema MSB y la aplicación desarrollada en el dominio de hidrología sobre comportamiento de cuencas hidrográficas.

PALABRAS CLAVE

Generación automática de resumen, modelo de sistema dinámico, aplicación Web, presentación multimedia.

1. INTRODUCCIÓN

En muchos centros de control donde se gestiona el comportamiento de sistemas dinámicos por medio de redes de sensores están interesados no sólo en las interpretaciones de la evolución de las magnitudes físicas, sino también en los posibles descriptores de fenómenos y evolución de éstos en el tiempo en forma de resúmenes de comportamiento de sistemas dinámicos [11]. Numerosas aplicaciones informáticas usan diariamente técnicas de generación automática de resumen de información para personalizar resultados a necesidades de usuarios. Siendo Internet una de las principales fuentes de información, es cada vez más necesaria la existencia de aplicaciones Web que generen automáticamente resúmenes de comportamiento de sistemas dinámicos, para ser usados en tareas de toma de decisión. Esta demanda es aplicable a centros de control de entidades (tales como gubernamentales o de protección civil) donde se monitorizan sistemas dinámicos, como por ejemplo una cuenca hidrográfica, una red de carreteras, etc. En el caso específico de una cuenca hidrográfica, el comportamiento de sus componentes a lo largo del tiempo puede representarse en forma de series temporales. Estos valores se obtienen con la ayuda de sensores que envían periódicamente valores cuantitativos correspondientes a lluvia, niveles de embalses, caudales de ríos, etc. Cuando la complejidad y número de estas medidas es alta, puede ser útil disponer de una forma de presentación resumida que facilite la interpretación adecuada de estos datos a los diversos destinatarios de la información (operadores de centros de control, responsables de diversas instituciones locales o nacionales para gestión de la respuesta, etc.). Así, las herramientas automatizadas de generación de resumen y de presentación de información pueden ayudar a minimizar los tiempos de respuesta ante la presencia de emergencias. Recientemente, los problemas de generación automática de resumen de información y de presentación de información han sido abordados desde la perspectiva de la Inteligencia artificial [9], [10], [17]. En el caso particular de la generación automática de resumen de información de comportamiento el problema presenta una cierta complejidad que normalmente requiere conocimiento acerca del sistema dinámico [18].

En actas de Conferencia "IADIS-CIAWI Ibero-Americana Internet/WWW 2007", R. Gonçalves, F. Santoro, P. Isaías y J. M. Gutiérrez (Eds). 5ta. Conferencia Internacional CIAWI-2007. ISBN: 978-972-8924-45-4, pp. 83 – 90. Vila Real, Portugal, Octubre 2007.

En este artículo se presenta la herramienta MSB (*Multimedia Summarizer of Behavior*) como una contribución a la creciente necesidad de herramientas de generación de resumen de comportamiento de un sistema dinámico en la Web. MSB ha sido desarrollado en el Departamento de Inteligencia Artificial de la Facultad de Informática de la Universidad Politécnica de Madrid. MSB es uno de los resultados del proyecto EVIRTUAL financiado por el Ministerio de Educación y Ciencia de España. MSB ha sido implementado en el dominio hidrológico y cuenta con un generador automático de presentaciones multimedia para ser mostradas en un entorno Web. MSB identifica cuál es la información relevante de todos los componentes del sistema dinámico, creando presentaciones en un lenguaje asequible y adaptado a las características del usuario. MSB está concebido de forma que puede recibir datos de comportamiento de diversas fuentes, locales o remotos importados de diferentes servidores Web. El resto de este artículo está organizado de la siguiente forma: en la sección 2 se describe de forma general la arquitectura de MSB, la sección 3 describe la aplicación en el dominio hidrológico y al final se presenta una discusión en donde se destacan las contribuciones de la propuesta.

2. ARQUITECTURA

En el contexto de la gestión de sistemas dinámicos (como es por ejemplo una cuenca hidrográfica) es importante disponer de información adecuada y a tiempo para la toma de decisiones. El objetivo de la herramienta MSB es presentar información relevante acerca del comportamiento de un sistema dinámico, en un nivel adecuado de agregación, con información complementaria que ayude a comprender los hechos de interés y acorde a las necesidades de los procesos de decisión. Esta información puede presentarse de diferentes formas: texto, gráficos, imágenes 2D o animaciones 3D, y dispuesta en una página Web del centro o en dispositivos como por ejemplo un teléfono móvil, un ordenador, fax, etc. MSB se ha diseñado siguiendo metodologías de diseño de sistemas basados en el conocimiento de forma que la arquitectura se ha concebido con un conjunto de tareas y métodos que usan conocimiento específico del dominio [20]. En concreto, el sistema realiza dos tareas principales: (1) selección de información relevante y (2) generación del plan de presentación. Para realizar dichas tareas el sistema dispone principalmente de dos modelos específicos del dominio: (1) modelo del sistema dinámico y (2) modelo de presentación. Seguidamente se presentan la forma cada uno de estos dos modelos (más detalles sobre este diseño se pueden consultar en [17] y [18]).

2.1 El modelo del sistema dinámico

MSB dispone de conocimiento aproximado sobre el sistema dinámico en forma de modelo de la estructura y el comportamiento de dicho sistema. El diseño del lenguaje de representación para dicho modelo ha sido inspirado en propuestas del campo de la física cualitativa [2], [14] representaciones basadas en dispositivos o componentes [5] y en ontologías de sistemas dinámicos [6], [13]. La representación que maneja MSB contempla jerarquías de componentes $C = \{C_j\}$, donde cada componente posee atributos que representan magnitudes físicas y estados cualitativos. La estructura del sistema se establece con relaciones entre los diversos componentes (por ejemplo, relaciones del tipo *es-un*, *es-parte-de*, etc.). En un determinado momento un componente C_j de C presenta un estado cualitativo que puede ser detallado con magnitudes físicas Q_1, \dots, Q_n . El modelo incluye la forma en que se determina el estado cualitativo de cada componente a partir de las magnitudes físicas o a partir de los estados de otros componentes. Un parámetro es una tupla del tipo $P = \langle C_i, Q_i, F_i, T_i \rangle$ que representa una entidad física definida por un componente C_i , una magnitud (caudal, calor, etc.), opcionalmente una función F_i (el promedio, un máximo temporal, etc.) y una referencia temporal T_i (valores numéricos que representan un instante o intervalos que simboliza un lapso de tiempo).

El modelo incluye también una vista simplificada del comportamiento del sistema representado con relaciones causales entre magnitudes físicas de los componentes. Estas relaciones definidas de forma similar que en [12] pueden representar leyes físicas o características de comportamiento del componente y pueden incluir niveles como referencias temporales acerca de retardos causales o tipos de influencias [8]. En detalle, una relación causal entre una magnitud X del componente C_1 y otra Y del componente C_2 se representa con los

predicados $cause_type(C1, X, C2, Y, F)$ y $cause(C1, X, C2, Y, R)$ en donde F es un tipo de función (monótona creciente o decreciente) y R es el tiempo de retardo entre la causa y el efecto. Para determinar qué eventos resultan relevantes, se maneja un modelo de relevancia. Se considera que un hecho es relevante si produce un cambio (en el presente o en el futuro cercano) en la distancia entre el estado actual del sistema dinámico y los estados deseados, establecidos según los objetivos de gestión del sistema dinámico. Con el fin de evitar realizar simulaciones (lo que en la práctica requiere manejar un modelo del sistema más detallado y, por tanto, de mayor coste de formulación) se utiliza un modelo aproximado de relevancia expresado mediante un enfoque heurístico. Se manejan criterios para establecer un orden de prioridad entre eventos relevantes, formulados como sentencias condicionales que expresan que ciertos estados de un componente son más relevantes que los estados de otros componentes cuando se cumplen ciertas condiciones sobre el estado del sistema dinámico. Por ejemplo, en general el estado de lluvia fuerte es más prioritario que el estado de lluvia débil. Sin embargo, en el caso particular de que la lluvia fuerte se produzca aguas arriba de un embalse semivaciado de gran capacidad puede resultar menos relevante que una situación de lluvia débil en zona desprotegida con previsión de fuerte tormenta.

La estrategia de inferencia para seleccionar y resumir la información relevante recibe como entrada datos de comportamiento expresados en series temporales de valores cuantitativos (medidos por sensores) para generar interpretaciones de comportamiento de cada componente. Después, se genera lo que se denomina un árbol resumen que contiene una representación particular de la información más relevante. La construcción de este árbol sigue los siguientes pasos: (1) obtener el estado cualitativo de cada componente, (2) seleccionar los estados cualitativos relevantes, (3) establecer un orden de prioridad por interés de dichos estados, (4) eliminar los estados causa o efecto del conjunto de estados de interés y (5) condensar mediante agregación estados de componentes sencillos para producir estados de componentes más globales. La figura 1 muestra un ejemplo de árbol resumen generado en el dominio de hidrología para expresar un estado generalizado de ríos con caudales importantes en la zona del sur de España, dejando en segundo plano otro estado generalizado de lluvias en otras regiones de España.

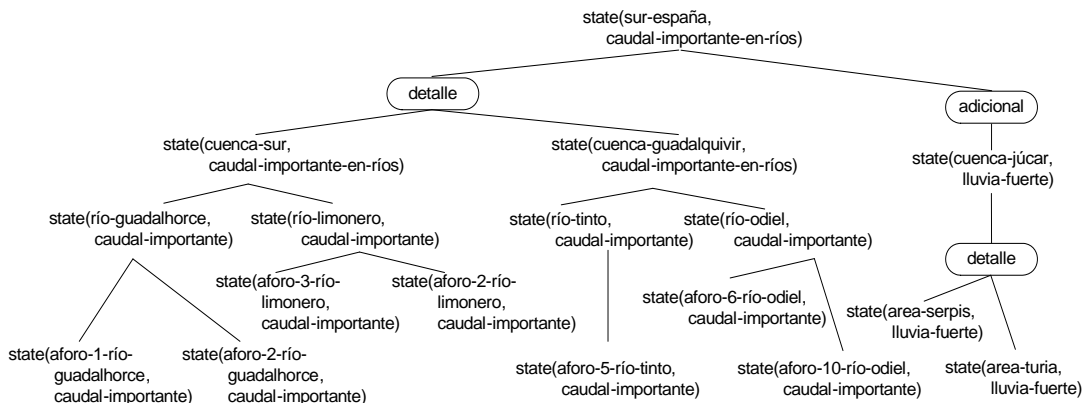


Figura 1. Ejemplo de árbol resumen en el dominio de hidrología.

2.2 El modelo de presentación

Una vez generada la información relevante, se necesita determinar cómo presentar la información de forma adecuada a (1) las características del usuario (por ejemplo, nivel técnico, usuario general, etc.) y el dispositivo de comunicación de que dispone (teléfono móvil, fax, etc.) y (2) las necesidades de información (frecuencia de reporte de información, nivel de detalle, etc.). Para este fin, MSB incluye un planificador jerárquico que determina la forma y detalle de la presentación. La construcción del plan se concibe como la confección de un discurso utilizando patrones en donde cada patrón es una plantilla prediseñada con parte del discurso. La combinación de las diversas partes del discurso se establece mediante patrones de más alto nivel que incluyen relaciones retóricas [15] (por ejemplo, detalle, contraste, causa, etc.). La totalidad de los patrones constituyen la base de conocimiento del planificador de la presentación. Se maneja un planificador HTN

(*Hierarchical Task Planning*) [3] en donde cada tarea corresponde a un objetivo comunicativo y cada método del plan corresponde a un patrón de discurso. Un patrón es un conjunto de sub-objetivos comunicativos que corresponden a las relaciones retóricas contempladas en el modelo. La base de conocimientos del planificador también incluye operadores para objetivos comunicativos básicos (los que no pueden ser subdivididos), estos operadores son implementados como primitivas de presentación en lenguaje natural y funciones especializadas para componer las animaciones 3D.

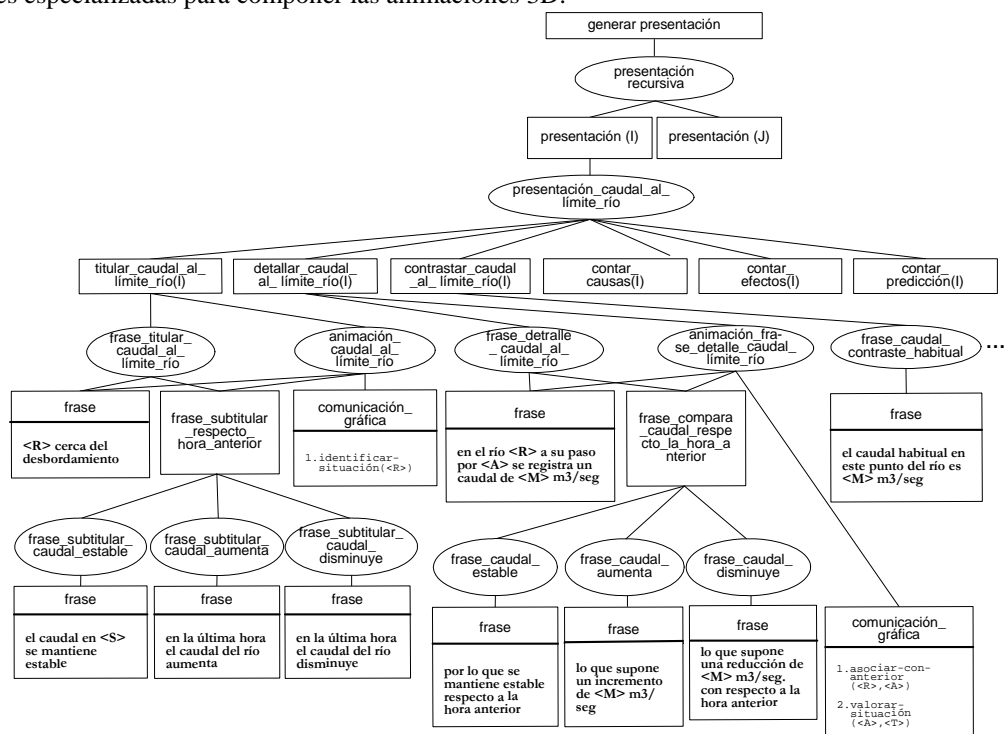


Figura 2. Ejemplo parcial de modelo HTN de patrones de discurso.

La salida generada en esta planificación es un plan de presentación con la información de detalle de cada elemento del árbol resumen. Este plan es construido de forma recursiva (figura 2), en cada paso se realizan dos tareas: generar texto y generar mandatos 3D. En la primera (generar texto) se seleccionan los patrones de discurso adecuados, se adiciona la información complementaria y se refina el objetivo comunicativo con sub-objetivos comunicativos, usando el modelo del sistema conjuntamente con el modelo de agregación. En la segunda tarea se construye el árbol de funciones especializadas usadas en la generación de la presentación.

3. LA APLICACIÓN EN EL DOMINIO HIDROLÓGICO

El método antes descrito se ha implementado para trabajar con datos de los sistemas SAIH (Sistema Automático de Información Hidrológica) de los centros de control de las Confederaciones Hidrológicas de España. Los datos de entrada a MSB son episodios hidrológicos con una duración de T horas (por ejemplo T = 24 horas) con medidas de lluvias, niveles de embalses y caudales en diferentes puntos de interés de una cuenca. En MSB el modelo del sistema dinámico incluye componentes básicos: estación pluviométrica, aforos de ríos, embalses, donde se miden las magnitudes: lluvia, caudal, nivel de llenado respectivamente. Los valores correspondientes a estas magnitudes son recogidos por sensores y enviados automáticamente y periódicamente a los centros de control. En un nivel más general se tienen componentes que agrupan a los anteriores: área de lluvia, río y cuenca. El componente más general es la cuenca. Adicionalmente se tienen las relaciones estructurales entre estos componentes, así como relaciones causales sobre comportamientos individuales y generales. El hecho de interés más prioritario en este modelo corresponde a los daños. Así, de forma general, el

orden de interés en fenómenos que pueden ocurrir en la cuenca queda determinado de la forma siguiente: daños > caudal > volumen > lluvia > previsión-de-lluvia. Además se dispone de reglas heurísticas para expresar excepciones a este orden general y órdenes de prioridad de más detalle para estados particulares.

Para generar el resumen, el planificador construye un discurso con las acciones comunicativas *titular*, *contar detalle*, *contrastar*, *contar causas*, *contar efectos* y *contar predicción*. El texto resumen queda estructurado con (1) un título con información agregada del hecho más relevante y opcionalmente un subtítulo con información que complementa la anterior y (2) un cuerpo de texto con información detallada y con información para comprender y contextualizar dichos detalles (por ejemplo, contraste con medidas históricas, causas, efectos y predicción). Para ello, se manejan plantillas de texto con lenguaje del área hidrológica. Cada plantilla se compone de texto fijo relativo a uno o más objetivos comunicativos y variables generales que son instanciadas con valores cuantitativos que reflejan magnitudes físicas del sistema. La selección de estas plantillas se produce según el proceso de búsqueda jerárquico que realiza el planificador de acuerdo con las condiciones de aplicabilidad de cada patrón de discurso. Los tipos de usuario considerados son *general* y *técnico*. Entre las características del primero está el hecho de que requiere entender las situaciones, pero no participa en la toma de decisiones, en contraparte, el usuario técnico requiere información más detallada y con lenguaje más técnico. Esta información, unida a las impuestas por las características de los dispositivos de recepción de información (fax, teléfono móvil, ordenador, etc.) y a las particularidades del modelo del sistema, guían la búsqueda de operadores del planificador. En total se han considerado 289 patrones de discurso (de alto nivel, plantillas de texto o plantillas de animación gráfica).

Para generar las presentaciones 3D, MSB contempla la comunicación con un motor de visualización propio que contiene las estrategias de presentación y una base de datos cartográfica para la generación de presentaciones 3D sobre terrenos virtuales. Esta base de datos incluye modelos digitales de elevación de terrenos, información vectorial (carreteras, puntos hidrográficos de interés, ciudades, etc.) y ortofotografías. En particular, tal como se muestra en la figura 3, el planificador genera el plan de presentación utilizando la base de conocimiento HTN con los patrones de discurso y lo transmite al motor gráfico quien produce la presentación haciendo uso de información geográfica que gestiona el módulo de información geográfica.

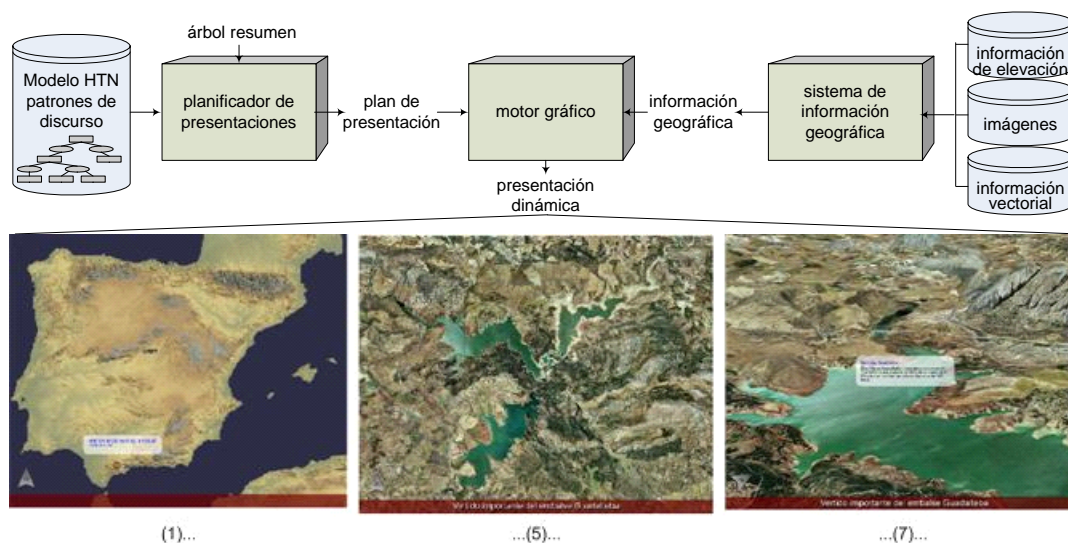


Figura 3. Módulos de presentación y ejemplo parcial de secuencia de presentación 3D generada pos MSB.

La figura 4 muestra un ejemplo de la página Web en donde se presentan resultados del proceso realizado por MSB. En la parte izquierda de la pantalla de la figura 4 se pueden observar ejemplos de las series temporales de las magnitudes hidrológicas medidas. Estas magnitudes representan la entrada de datos que pueden ser obtenidas de otros servidores Web existentes en las Confederaciones Hidrológicas (automáticamente o mediante la opción *importar datos*). La opción *generar resumen* considera las preferencias especificadas

(tipo de usuario y medio: fax, sms, etc.) para la difusión de la información. La región central de la página Web contiene la presentación de MSB (en texto o como animación 3D).

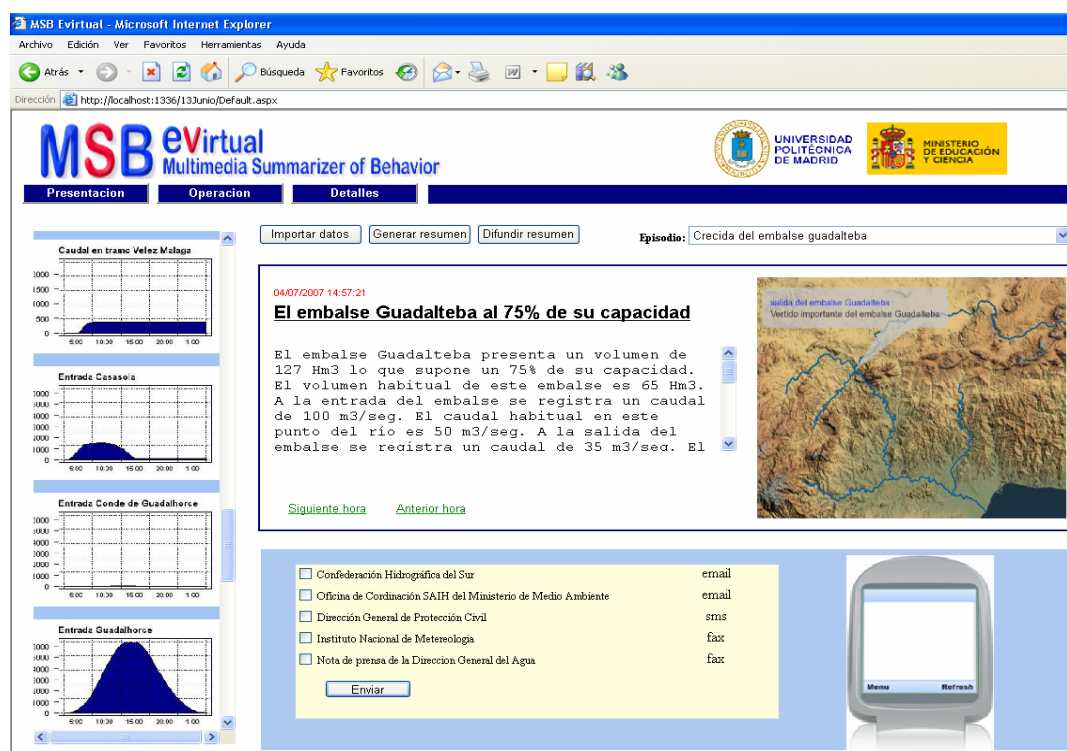


Figura 4. Interfaz Web de MSB.

4. DISCUSIÓN

Dentro del campo de la Inteligencia Artificial existen propuestas que presentan ciertas similitudes con la solución propuesta por la herramienta MSB. En líneas generales, uno de los temas de investigación relacionados que ha recibido interés en los últimos años es el problema de resumir textos [7]. En este caso la información de partida es un texto fuente (en uno o varios documentos) y el resultado es un texto resumido que señala los puntos más importantes de la información de partida. Las soluciones aportadas en este campo utilizan principalmente técnicas estadísticas para selección de información relevante y algoritmos específicos para resolver problemas de incoherencia y falta de homogeneidad en los resúmenes generados. En comparación con estas soluciones, MSB está especializado en comportamiento de sistemas dinámicos y utiliza un modelo del dominio para generar el resumen. A diferencia de los métodos basados en enfoques estadísticos, el uso del modelo del dominio permite que los resúmenes generados puedan incluir agregaciones y abstracciones no presentes en los datos de partida. Además, los datos de MSB son series temporales y los resultados son, además de texto, presentaciones gráficas animadas en escenarios de tres dimensiones.

Se han desarrollado también generadores de resúmenes con modelos de dominio [5]. Dentro de este tipo de aplicaciones se pueden citar propuestas específicas como por ejemplo un sistema para generar resúmenes en texto de partes meteorológicas [1] o ILEX para la descripción en lenguaje natural de obras de arte [19]. En comparación con estas propuestas, el planteamiento de MSB es más general dado que no está comprometido con un dominio específico y no está restringido sólo a texto dado que ofrece además presentaciones multimedia. En esta línea, se puede citar también el sistema SumTime [21] para generar sentencias a partir de datos de series temporales. SumTime es una solución más general que se ha aplicado a dominios de meteorología, turbinas de gas y cuidado intensivo en medicina. MSB, en comparación con SumTime, genera no sólo

sentencias resumen sino que incluye también descripciones que permiten una más completa comprensión del hecho de interés además de presentaciones multimedia.

MSB presenta también similitudes con herramientas capaces de generar explicaciones sobre comportamiento de sistemas dinámicos para ser utilizadas en aplicaciones educativas o de diagnóstico [5]. Dichas soluciones se basan principalmente en el manejo de un modelo detallado del sistema dinámico que permite realizar simulación del comportamiento. Esto tiene el inconveniente de requerir un mayor coste en la construcción del modelo del sistema. En el caso de MSB, dado que el objetivo es resumir información relevante y no diagnosticar o dar una explicación detallada, se maneja un modelo aproximado del sistema, más sencillo de construir que los sistemas que generan explicaciones, lo cual es una ventaja para ser aplicado en sistemas dinámicos de gran volumen de información con diversidad de componentes y estructuras complejas.

MSB se ha construido como resultado del proyecto de investigación EVIRTUAL que se desarrolló durante tres años en la Universidad Politécnica de Madrid y el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX). La utilidad práctica de MSB se verificó mediante aplicación al dominio de hidrología desarrollando un modelo de ríos de cuencas españolas. La versión desarrollada de MSB operó de forma experimental con el fin de demostrar la validez de la solución propuesta. En la evaluación se manejaron conjuntos de episodios de diversas situaciones hidrológicas con medidas cuantitativas correspondientes a sensores (caudal en secciones de río, lluvia, nivel de embalses, etc.) y, mediante participación de expertos del dominio hidrológico, se verificó que los resúmenes generados eran correctos y satisfactorios de acuerdo con los objetivos planteados.

5. CONCLUSIONES

La herramienta MSB que se describe en este artículo aporta una solución para generación automática de resúmenes multimedia sobre comportamiento de un sistema dinámico haciendo uso técnicas del campo de la Inteligencia Artificial. Entre las contribuciones principales de MSB se puede destacar (1) la generalidad de la propuesta para ser aplicada a sistemas dinámicos complejos que pueden entenderse como una estructura de componentes con influencias causales, (2) el menor coste de construcción del modelo del sistema en comparación con otras soluciones existentes en el campo de la Inteligencia Artificial para generar explicaciones del comportamiento de sistemas dinámicos, (3) la posibilidad de generar resúmenes que se presentan en formato multimedia (texto, gráficos y animaciones sobre escenarios 3D).

Las ventajas de la solución aportada por MSB hacen que sea apropiada para ser utilizada en contextos WWW para resumir grandes volúmenes de información cuantitativa sobre sistemas complejos así como para una mejor difusión de la información a un mayor número de usuarios. Por sus características, la herramienta MSB puede ser usada para ayudar en tareas específicas como interpretación de datos de sensores, alerta temprana y seguimiento de la evolución del comportamiento de sistemas en situaciones de emergencia, entrenamiento de equipos humanos responsables de la gestión de sistemas complejos, divulgación de información a diferentes destinatarios haciendo uso de lenguajes adaptados a cada tipo de usuario y análisis de resultados de simuladores de sistemas complejos para ser utilizados en toma de decisiones.

La versión actual de la herramienta MSB es una versión experimental que ha servido para verificar la adecuación y utilidad la solución propuesta sobre dominios complejos (tal como es el dominio hidrológico). Como consecuencia del resultado satisfactorio de la evaluación de la herramienta, las actividades en este campo en el propio grupo de investigación se orientan al desarrollo e instalación futura de la herramienta en un contexto WWW para interpretación y divulgación de información en el área medioambiental.

AGRADECIMIENTOS

El trabajo descrito en este artículo se realizó con financiación del Ministerio de Educación y Ciencia de España, como parte del proyecto EVIRTUAL (REN2003-09021-C03-02), con participación de la Dirección General del Agua del Ministerio de Medio Ambiente de España, quien suministró información relacionada al dominio hidrológico. En este proyecto participaron también como equipos investigadores el Departamento

de Ingeniería Civil: Hidráulica y Energética de la Universidad Politécnica de Madrid y el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX).

REFERENCIAS

1. Bourbeau L., Carcagno D., Goldberg E., Kittredge R., and Polguere A., "Synthesizing Weather Forecasts in an Operational Environment" In Proc. 13th International Conference COLING, vol.3. 315-320, Helsinki, August 1990.
2. De Kleer J.H. and Brown J.S "A qualitative physics based on confluences". In the Artificial Intelligence, vol. 24. pp. 7-83. 1984.
3. Gallab M., Nau D. and Traverso P. "Automated planning: Theory and Practice". Morgan Kaufmann, 2004.
4. Gonzalez-Branbila S. and Morales E. "Automatic Generation of explanations: AGE". Engineering Applications of Artificial Intelligence. 20(3). pp. 307-323. ISSN: 0952-1976. April, 2007.
5. Gruber T. and Gautier P. "Machine-generated explanations of engineering models: A compositional modelling approach". Proceedings of the 13th International Joint Conference on Artificial Intelligence, Chambéry, France, pp. 1502-1508, San Mateo, CA: Morgan Kaufmann.
6. Gruber T. and Olson N. "An Ontology for Engineering Mathematics". In Doyle, J., Torasso, P., & Sandewall, E., editors. Proceedings Fourth International Conference on Principles of Knowledge Representation and Reasoning, pages 258-269, San Mateo, CA. Morgan Kaufmann. 1984.
7. Hovy, E.H. and Chin-Yew Lin. 1999. "Automated Text Summarization in SUMMARIST". In I. Mani and M. Maybury (eds.), Advances in Automated Text Summarization. MIT Press.
8. Iwasaki Y. and Simon H. "Causality and Model Abstraction". Technical Report KSL-89-80, Stanford University, Knowledge System Laboratory, Stanford, CA, 1993.
9. Kacprzyk J., Wilbik A. and Zadrozny S. "Capturing the essence of a dynamic behaviour of numerical data using elements of a quays-natural language" In Proceedings of the 2006 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics IEEE Press(2006). pp. 3365-3370. Taipei, Taiwan. 2006.
10. Kacprzyk J., Wilbik A. and Zadrozny S. "Linguistic summarization of trends: a fuzzy logic based approach" In Proceedings of the 11th International Conference Information Processing and Management of Uncertainty in Knowledge-based Systems. 2166-2172 Paris, France, 2006.
11. Kacprzyk J., Wilbik A., and Zadrozny S. "Linguistic summarization of time series by using the Choquet integral" In the IFSA 2007 World Congress. pp. 284-294. Cancun, Mexico 18-21 June, 2007.
12. Kitamura Y., Sano T., Namba K. and Mizoguchi R., "A functional concept ontology and its application to automatic identification of functional structures". Advanced Engineering Informatics 16 (2), pp. 145-163. 2002.
13. Kitamura Y. and Mizoguchi R. "Ontology-based description of functional design knowledge and its use in a functional way server" Expert Systems with Application 24 (2), pp. 153-166. 2003.
14. Kuipers B. "Qualitative Reasoning: Modeling and Simulation with Incomplete Knowledge" MIT-Press, Cambridge MA. 1994.
15. Mann W.C. and Thompson S.A. "Rhetorical Structure Theory: Toward a Functional Theory of Text Organization". Text Journal, Vol. 8, N. 3, 243-281, 1998.
16. Maybury M. "Automated Event Summarization Techniques". In B. Endres-Niggemeyer, J. Hobbs, and K. Sparck Jones editions, Workshop on Summarising Text for Intelligent Communication - Dagstuhl Seminar Report (9350). Dagstuhl, Germany. 1999.
17. Molina M. and Flores V. "General Adaptive Presentation of Hydrologic Behavior" In Intelligence data Engineering and Automated Learning IDEAL 2006. E. Corchado, H. Yin. V. Botti, C. Fyfe (Eds.). 7th International Conference IDEAL 2006, LNCS 4224. pp. 896-903. Springer-Berlin Heidelberg. Burgos, Spain, September 2006.
18. Molina M. and Flores V. "A knowledge-base Approach for automatic generation of summaries of behavior". Proc. 12th International Conference on Artificial Intelligence: Methodology, Systems, Applications. AIMS-06. Lecture Notes of Artificial Intelligence (LNAI 4183). Pp. 265-274. Springer-Berlin Heidelberg. Varna, Bulgaria, September 2006.
19. O'Donnell M. "Intermixing Multiple Discourse Strategies for Automatic Text Composition". Revista canaria de estudios ingleses (RCEI), N° 40.
20. Schreiber G., Falkenhainer B., Anjewierden A., De Hoog R., Shadbolt N., Van de Velde W., Wielinga B. "Knowledge Engineering and Management. The CommonKADS methodology". MIT Press. 2000.
21. Reiter E., Sripada S., Hunter J., Yu J., and Davy I., "Choosing Words in Computer-Generated Weather Forecasts", Artificial Intelligence, pp.137-169. 2005.

