



ScienceDirect

Disponible en www.sciencedirect.com



Revista Iberoamericana de Automática e Informática industrial 12 (2015) 304–312

www.elsevier.es/RIAI

Modelado Basado en Agentes: un Enfoque desde la Ingeniería de Sistemas

María Pereda, Jesús M. Zamarreño*

Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática, EII, Universidad de Valladolid, C/ Doctor Mergelina s/n, 47011, Valladolid, España

Resumen

El modelado basado en agentes (ABM, Agent Based Modeling) es una técnica de modelado que está siendo explotada con gran éxito en áreas como la ecología, ciencias sociales, economía, etc. Sin embargo, su uso como técnica de modelado en el campo de la Automática es más bien testimonial. En este artículo mostramos cómo se puede abordar el modelado basado en agentes desde el punto de vista de la Ingeniería de Sistemas y Automática y las particularidades que tiene como herramienta de modelado. Asimismo, proponemos una descripción matemática de los modelos basados en agentes que ilustramos con un par de ejemplos *Copyright © 2015 CEA. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.*

Palabras Clave:

Agentes, Modelado dinámico, Ingeniería de sistemas, Espacio de estados, Representaciones conceptuales.

1. Introducción

El modelado basado en agentes (MBA) es una técnica de modelado de sistemas complejos cuyo uso se ha incrementado notablemente en las últimas dos décadas como herramienta de modelado en diferentes campos de aplicación, desde las ciencias sociales, economía, ecología, etc. Esta técnica se basa en modelar los sistemas desde el punto de vista de los elementos que los componen; los agentes, y las relaciones entre ellos. Una de las principales ventajas de esta técnica de modelado es que existe una correspondencia directa entre los elementos en el sistema y los elementos en el modelo, y las relaciones entre ellos en el sistema y las relaciones entre elementos en el modelo (Galán et al., 2009). Se trata pues de un proceso de modelado de abajo hacia arriba, en el que las propiedades macroscópicas de los sistemas son consecuencia (*emergen*) de las relaciones entre los agentes que forman el sistema, de forma opuesta a las técnicas de modelado tradicionales basadas en parámetros concentrados. Esta característica permite estudiar los sistemas desde el punto de vista de sus elementos constitutivos.

El modelado basado en agentes se basa, como su propio nombre indica, en el modelado del sistema a partir de agentes. No existe una definición universalmente aceptada de agente. Sin embargo, tomando como base (Macal and North, 2006), se puede concluir que un agente sería un elemento individual e identificable, con un conjunto de características o atributos, y

reglas que gobiernan su comportamiento y su capacidad de decisión. Este agente estaría situado en un entorno con el que interactúa, además de con otros agentes. Un término muy utilizado también es el de sistema multi-agente (MAS, Multi-Agent System), que, según (Torsun, 1995), consiste en un conjunto de agentes autónomos, heterogéneos e independientes que viven en un entorno, interactúan con él y entre ellos, con sus propias metas, capacidades y conocimiento. La aplicación de los sistemas multi-agente puede hacerse atendiendo a diversos puntos de vista (Luck et al., 2005), siendo los más interesantes, desde el punto de vista de la Automática, el estudio de los agentes como origen de tecnología (incluyendo técnicas y algoritmos para tratar con interacciones en entornos dinámicos y abiertos) y el uso de los agentes como simulación (para representar sistemas dinámicos complejos). El modelado basado en agentes se incluiría en esta última categoría.

El estudio de los sistemas multi-agente desde el punto de vista del origen de tecnología ha sido tratado desde la Ingeniería de Sistemas por parte de numerosos investigadores: (Dong et al., 2008), (Lo, 2012), (Innocenti et al., 2007), (Hu et al., 2013), (Wen et al., 2013), (Yu and Wang, 2013), (Zhu, 2014), por citar algunos, donde el interés principal es analizar las interacciones y, en muchos casos, la sincronización de agentes, que pueden ser desde simples robots hasta elementos coordinados de un sistema de control.

Sin embargo, en este artículo queremos centrarnos en los sistemas multi-agente desde el punto de vista del modelado basado en agentes, que puede definirse como un método computacional que permite al investigador crear, analizar y expe-

* Autor en correspondencia.

Correos electrónicos: maria.pereda@autom.uva.es (María Pereda),
jesusm@autom.uva.es (Jesús M. Zamarreño)

rimentar con modelos compuestos de agentes que interactúan dentro de un entorno (Gilbert, 2008). Esta técnica de modelado se aplica de forma natural en aquellos sistemas que están compuestos a bajo nivel por multitud de elementos (modelados como agentes) que interactúan entre sí y con el entorno; por ejemplo, en procesos biológicos (fermentación, depuración, etc.) donde se modelaría a nivel de microorganismo (Pereda and Zamarreño, 2011), en procesos químicos modelando a nivel de molécula, procesos de cristalización (Wilensky, 2002), de difusión (Wilensky, 2007), etc. Para todos estos procesos, existen modelos de conocimiento o de primeros principios que se obtienen a partir de balances de masa y energía principalmente así como de otra serie de relaciones empíricas o experimentales cuyos resultados concuerdan con la realidad hasta cierto punto, pero que en ocasiones carecen de una base teórica que las sustente. No obstante, existen comparativas con otras técnicas de modelado como las basadas en dinámica de sistemas (Borshchev and Filippov, 2004), (Schieritz and Milling, 2003), (Izquierdo et al., 2008) o directamente con modelos basados en ecuaciones diferenciales (Van Dyke Parunak et al., 1998), (Rahmandad and Sterman, 2008) donde pueden verse las ventajas y desventajas de cada enfoque así como las razones para elegir una u otra alternativa en función del sistema a modelar.

Con el modelado basado en agentes se modelan los elementos microscópicos que constituyen el sistema así como la dinámica de estos a partir del conocimiento que se dispone sobre su comportamiento y, como resultado de las interacciones de los agentes, *emerge* un comportamiento macroscópico del sistema que se valida sobre la realidad observable. Este concepto, el de emergencia, es clave en el modelado basado en agentes, y se puede definir como la aparición de patrones macroscópicos estables a partir de las interacciones locales entre agentes. Uno de los primeros modelos que ilustraron el fenómeno emergente es el modelo Boids, desarrollado por (Reynolds, 1987) para simular el comportamiento colectivo de una bandada de pájaros.

Los modelos basados en agentes son modelos computacionales cuyo análisis debe hacerse a través de simulación. Actualmente se tienen diversas alternativas software (MASON (Luke et al., 2003), Repast (Collier, 2003), Swarm (Mina et al., 1996), NetLogo (Wilensky, 1999), etc.), pudiendo utilizarse también lenguajes de programación de propósito general, paquetes científicos especializados como Matlab (MATLAB, 2010) o simples hojas de cálculo para la creación de este tipo de modelos.

En los primeros años de aplicación de esta técnica de modelado no existía un estándar para la descripción de este tipo de modelos que favoreciera su difusión en la comunidad investigadora. Hoy en día, el estándar más extendido y asentado es el protocolo ODD (Overview, Design concepts, and Details) (Grimm et al., 2006). Su objetivo es estandarizar las descripciones de los modelos basados en agentes para hacer descripciones más comprensibles y completas, reduciendo los problemas de irreproducibilidad de los modelos. El protocolo ODD se organiza en torno a tres componentes principales: Visión general, Conceptos de diseño, y Detalles. Estas secciones, que deben ser escritas en un determinado orden, abarcan siete elementos que deben ser documentados con la suficiente profundidad y

claridad permitiendo que el modelo sea replicable por terceros: Propósito, Entidades, Variables de estado y escalas, Visión del proceso y planificación, Conceptos de diseño, Inicialización, Datos de entrada, y Submodelos. Sus autores han continuado publicando actualizaciones del protocolo con ejemplos de aplicación (Grimm et al., 2010).

En este trabajo se aporta una visión desde la Ingeniería de Sistemas para la representación de modelos basados en agentes. Este punto de vista proporciona un enfoque adecuado para la representación de los agentes, el entorno, y las relaciones de los agentes con otros agentes, y agentes con el entorno, los cuales conducen a comportamientos emergentes. Desde este punto de vista, los agentes son sistemas dinámicos cuyos estados evolucionan en el tiempo dentro de un dominio en el espacio de estados, como resultado de las relaciones complejas entre agentes y agentes con el entorno. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo es abordar el modelado basado en agentes desde el punto de vista de la Ingeniería de Sistemas y Automática y proponer una representación de modelos basados en agentes que facilite posteriores desarrollos.

El artículo está estructurado de la siguiente manera. En esta primera sección se ha dado una panorámica del modelado basado en agentes, indicando sus características y su relación con el área de la Ingeniería de Sistemas y Automática. En la sección 2 se aborda la forma de representar este tipo de modelos de forma que sea útil como notación general en el área. En la sección 3 se muestran un par de ejemplos sencillos de modelado basado en agentes que ilustran la utilización de la notación propuesta y permiten centrarse en la dinámica de los agentes. Por último, en la sección 4 se presentan las principales conclusiones de este trabajo.

2. Representación de Modelos Basados en Agentes

La descripción matemática de los modelos basados en agentes no ha sido un tema muy estudiado aunque sí se pueden encontrar algunos estudios relacionados. Por ejemplo, (Hinkelmann et al., 2010) proponen un complemento al protocolo ODD consistente en una estructura algebraica para describir un modelo basado en agentes como un sistema dinámico usando funciones polinómicas. Con esta propuesta, la representación matemática es más precisa pero menos intuitiva y más compleja al estar basada en polinomios. En (Leombruni and Richiardi, 2005) se estudia cómo a partir de la formulación matemática de la dinámica de los agentes se puede determinar el comportamiento macroscópico de las variables agregadas, pero sus autores concluyen que su resolución algebraica no es factible en la práctica. No obstante, aunque en estos y otros artículos aparecen formulaciones matemáticas de los modelos basados en agentes, o bien estas no son completas y generales, o bien no se adaptan a las necesidades propias del campo de la Ingeniería de Sistemas y Automática.

El objetivo de la representación propuesta en este trabajo es acercar la técnica de modelado basado en agentes al campo de la Ingeniería de Sistemas y Automática. Puede ser considerada como un complemento al protocolo ODD, centrada en la descripción dinámica de los estados. En este sentido, desde el punto de

Download English Version:

<https://daneshyari.com/en/article/1701877>

Download Persian Version:

<https://daneshyari.com/article/1701877>

[Daneshyari.com](https://daneshyari.com)