

Usando Simulación en los Sistemas Astronáuticos y Aeroespaciales

Luis Carlos Rabelo Mendizábal

Notas del autor

Dr. Luis Carlos Rabelo Mendizábal

P.O.Box 162450

University of Central Florida

Orlando, Florida 32816, USA

Luis.Rabelo@ucf.edu

Para citar este artículo:

Rabelo, L. (2013) Usando Simulación en los Sistemas Astronáuticos y Aeroespaciales. *Espacio I+D Innovación más Desarrollo*, 2 (2), 16-26. doi: 10.31644/IMASD.2.2013.a02

Abstract

In this article the ideas of simulation and its agents are presented with their applications in the development of aerospace systems and in the decision making process at NASA. The following themes will be highlighted: the simulation of new spacecraft (MPCF/SLS and CubeSats), continuous simulation of the Martian atmosphere, and the use of agents.

Resumen

En este artículo se introducen ideas de simulación y los agentes con sus aplicaciones en el desarrollo de sistemas aeroespaciales y la toma de decisiones en la NASA. En particular los siguientes temas serán discutidos: simulación de las nuevas naves espaciales (MPCF/SLS y CubeSats), simulación continua de la atmósfera marciana, y la utilización de agentes.

Conceptos Generales de Simulación

Un modelo se refiere a la construcción de un modelo abstracto que representa algún sistema de la vida real. El modelo describe los aspectos pertinentes del sistema como una serie de ecuaciones, relaciones, y/o sentencias lógicas plasmadas en un programa de computación. Esta serie de ecuaciones, relaciones, y/o sentencias lógicas pueden entonces ser ejecutadas. Y esto último si es simulación!

Los modelos de simulación han sido exitosos y eficaces en la representación de diversas funciones y diseños de sistemas de Astronáutica y Aeroespacial. Esta simulación se puede llevar a cabo desde varias formas:

- Simulación de Eventos Discretos: Tradicional en procesos y orientado a objetos
- Simulación Continua: Ecuaciones matemáticas diferenciales complejas y utilizadas en muchísimos modelos.
- Dinámica de Sistemas: Desarrollada en el Instituto de Tecnología de Massachusetts y con amplia historia y que está enfocada en retro-alimentación
- Simulación Basada en Agentes: Emerge de la investigación en complejidad

Sistemas de Simulación

Los Sistemas de Simulación proveen un ambiente para ejecutar simuladores/modelos integrados desarrollados para elementos específicos del área de interés. Por ejemplo, un sistema de simulación para una nueva nave espacial incluiría las operaciones necesarias para llevar a cabo el lanzamiento, mantenimiento, y la seguridad. Estos modelos serían ejecutados en redes de simuladores interactivos para apoyar una vista individual de las operaciones.

Los Sistemas de Simulación tienen que utilizar modelos de objetos y métodos orientados a objetos para practicar una descripción jerárquica de las entidades, actividades, e interacciones representadas en los modelos integrados. El Departamento de Defensa (DoD) de los Estados Unidos y el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) han desarrollado estándares para la integración de modelos [3]. La Arquitectura de Alto Nivel (HLA) es uno de esos estándares. HLA es utilizado para proveer un enfoque consistente y reglas para integrar sistemas de simulación distribuida, heterogénea, y heredados. El HLA ha sido aprobado como un estándar de la IEEE (<http://standards.ieee.org/>) y ha sido adoptado como la facilidad para sistemas de simulación distribuidos por el Object Management Group (<http://simsig.omg.org/>). El software "Run Time Infrastructure" (RTI), que implementa las reglas y especificaciones del HLA, provee métodos, que pueden ser llamados y usados por federados de simulación individuales. Las interfaces RTI pueden integrar federados, pero la implementación es bastante compleja.

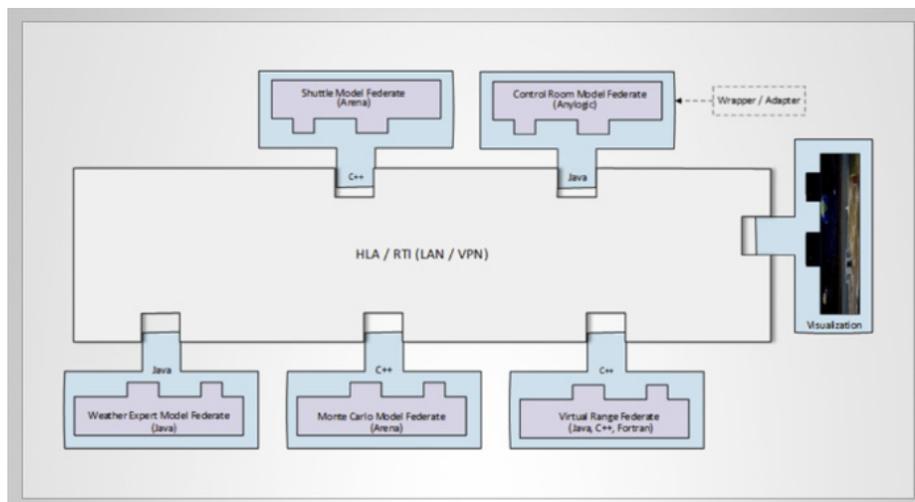


Figura 1: Varios simuladores continuos y de eventos discretos para simular el ciclo de vida operacional de una nave espacial usando HLA.

Procesamiento Distribuido y en Paralelo [7]

Los ambientes computacionales para estos sistemas avanzados para la toma de decisiones utilizarán sistemas de procesamiento distribuido y paralelo. Esto es debido a que se necesita apoyo computacional (1) capaz de manejar múltiples modelos, (2) compatible con HLA, (3) de Código Libre ("Open Source") (para permitir modificaciones), y (4) un sistema comprobado que sea utilizado como la columna vertebral de ambientes de simulación avanzados.

Sistemas computacionales que asignan eventos sobre múltiples procesadores para acelerar las simulaciones mejoran el tiempo de ejecución, especialmente cuando se explota el gran número de procesadores y las altas velocidades de comunicaciones internas que se pueden encontrar en plataformas computacionales de alto rendimiento. La arquitectura orientada a objetos tiene un impacto significativo en el desarrollo de estos sistemas. Las entidades en un sistema pueden ser representados por clases individuales. Estas representaciones, a su vez, facilitan la distribución de los modelos en diferentes procesadores y el diseño de experimentos paralelos. Adicionalmente, los ambientes distribuidos se ejecutan a través del World Wide Web.

Simulador de Eventos Discretos para el Ciclo Operacional de las Naves Espaciales

La NASA [8, 9] ha anunciado que la próxima nave espacial tripulada será el MPCV que se basa en el diseño de la cápsula del Programa Apolo (Figura 2a). El MPCV y SLS (Figura 2b). La Figura 3 es un modelo de simulación de eventos discretos que modela el ensamblaje del SLS y el MPCV en el edificio VAB que es también mostrado en la Figura 4. Este modelo de simulación discreta fue construido mediante la consulta de expertos de la NASA y utiliza como base de referencia los tiempos / características del Transbordador Espacial de la NASA. El SLS consiste de diferentes módulos. Estos módulos deben ensamblarse en el VAB. Se requieren las siguientes secuencias para este ensamblaje:

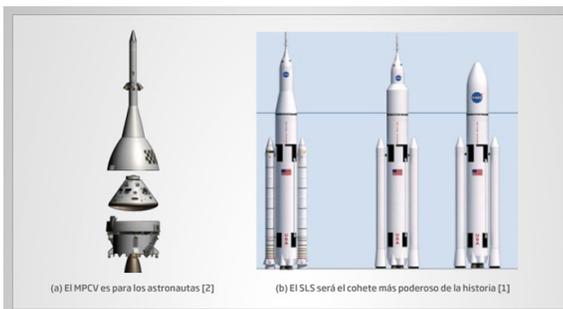


Figura 2: El MPCV y el SLS

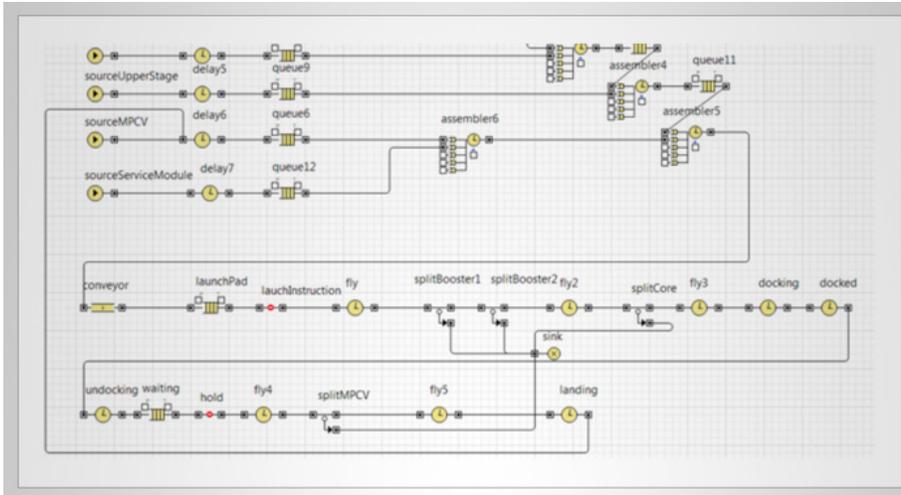


Figura 3: Representación parcial del modelo de simulación de eventos discretos para el ensamblaje del SLS y el MPCV dentro del VAB.

1. **Las fases 1 y 2 del SLS son transferidos al VAB:** La primera fase y la segunda fase del SLS llegan a Centro Espacial Kennedy (KSC). Ellos son inspeccionados, a continuación, fuera de la carga y remolcados a la "isla" de transferencia del VAB, donde se almacenan hasta que se integre con los cohetes de combustible sólida (SRBs).
2. **Cohetes de combustible sólido (SRBs) son ensamblados en el VAB:** Los SRBs se ensamblan en los hangares del VAB. También, a los SRBs se les añade los paracaídas y sus sistemas de aviónica.
3. **Fases 1 y 2 del SLS se ensamblan y se acoplan a los SRBs en la VAB:** Esto se logra con grúas para poner las fases a una posición vertical en la isla de transferencia, se elevan, y se ensamblan.
4. **MPCV se integra al VAB:** El MPCV es remolcado al VAB y se coloca en la isla de transferencia del VAB. Una grúa se adjunta al MPCV y el vehículo se levanta y se adjunta (acoplado a la Fase 2) a la Fase 2 del SLS y así completar la nave espacial.



Figura 4. El Edificio de Ensamblaje de Vehículos (VAB) fue construido para el programa Apolo (1964). El VAB fue diseñado para albergar y ensamblar el Cohete Saturno V de 110 metros de altura. Una de las características más notables del VAB son sus puertas de 139 metros de altura (que son las puertas más altas del mundo). El VAB también se utilizó para el montaje del Transbordador Espacial de la NASA. El VAB se utilizará para el montaje/ensamblaje del SLS y el MPCV. Foto cortesía de la NASA.

No solo se pueden hacer modelos de simulación para los CubeSats. Un CubeSat es un satélite en miniatura para la investigación espacial que tiene un volumen de exactamente un litro, tiene una masa de 1.33 kilogramos, y por lo general utiliza componentes electrónicos industriales. "A partir de 1999, de la Universidad Estatal Politécnica de California (Cal Poly) y la Universidad de Stanford desarrollaron las especificaciones de CubeSat para ayudar a las universidades de todo el mundo para llevar a cabo la ciencia espacial y la exploración." La mayor parte del desarrollo proviene de la academia, pero varias compañías han construido CubeSats.



Figura 5: CubeSats son pequeños satélites utilizados para estudiar el clima espacial y los cambios atmosféricos (Adaptado de http://www.nsf.gov/news/news_summ.jsp?cntn_id=112341)

Simulador Continuo para Investigar si Microorganismos pueden Sobrevivir en Marte

Marte es considerado como un lugar probable para buscar vida extraterrestre por las siguientes razones:

- Proximidad a la Tierra;
- Presencia de Carbono y otros elementos esenciales,
- Presencia de agua.

Hay posibles fuentes de energía en Marte que podrían sustentar la proliferación microbiana tales como:

- Luz solar,
- Hierro,
- Azufre,
- H₂/CO₂.

El debate actual es si los microorganismos terrestres pueden sobrevivir y vivir en Marte a pesar del ambiente Marciano donde estarían expuestos a intensas radiaciones, oxidaciones y deshidratación extrema. Esto puede verificarse con la creación de simuladores continuos que simulen a los microorganismos y su ADN y su exposición al ambiente Marciano. El ambiente Marciano puede describirse en forma matemática y también las reacciones químicas pueden describirse.

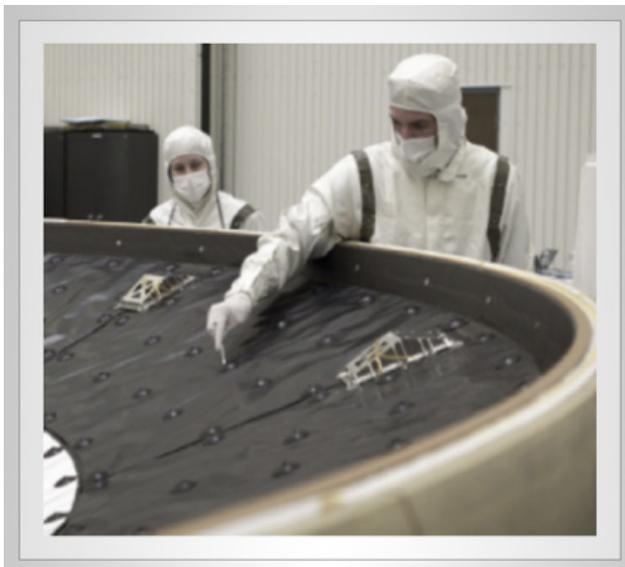


Figura 6: Ingenieros de la NASA examinan el escudo térmico del "Rover Curiosity" y comprueban su limpieza. Foto es cortesía de la NASA [6].

Simulación con Agentes para estudiar los recursos humanos para el programa Espacial

Los modelos basados en agentes son capaces de capturar determinadas características que no son posibles con los modelos de eventos discretos o continuos. En esta simulación hay dos tipos de agentes. Un tipo de agente es el empleador (por ejemplo, NASA KSC) y otro tipo de agente es el empleado (por ejemplo, un ingeniero de la NASA) [4]. Los agentes se implementan utilizando AnyLogic (<http://www.anylogic.com/>). AnyLogic proporciona una "Clase" denominada "Objeto Activo". Objetos activos pueden ser utilizados para modelar los empleados y los empleadores. Los empleados se modelan mediante un sistema de eventos discretos con el apoyo de diagramas de estados. Los empleados cambian de un estado a otro basado en las decisiones tomadas por los agentes (por ejemplo, la formación) y/o las interacciones con el medio ambiente. Estos agentes pueden compartir estados y recursos con otros empleados. Además, un objeto activo es un derivado de una clase de objeto activo. Objetos activos como un "Empleador" puede encapsular otros objetos activos a cualquier profundidad deseada.

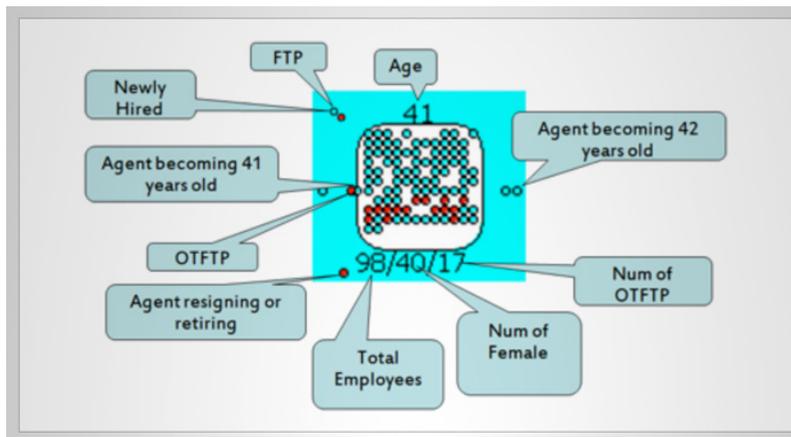


Figura 7: Animación de los ingenieros que tienen 41 años

Según la Figura 7, hay 98 ingenieros con 41 años de edad, 40 de los 98 son mujeres, y 17 de los 98 están con contrato temporal. En otra dimensión, se puede visualizar el área de especialización y el nivel correspondiente de esa experiencia.

Por lo tanto, el modelado de las productividades individuales de los ingenieros y sus equipos para lograr los diferentes objetivos del programa/

proyecto se puede lograr usando los agentes. Las diferentes áreas se basan en las ingenierías necesarias para llevarse a cabo la transformación del Centro Espacial de un Centro de Lanzamiento del Transbordador Espacial a un Centro de Lanzamiento del MPCV/SLS.

Clasificación según Linneo

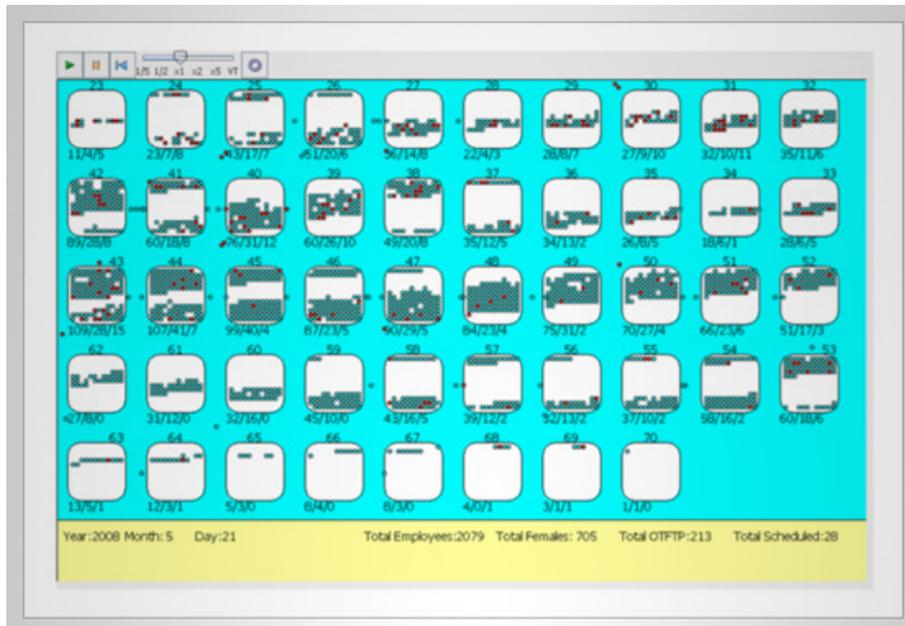


Figura 8: Representación de toda la mano de obra simulada) del Centro Espacial Kennedy de la NASA en un momento determinado (21 de mayo de 2008). Ahí están los diferentes bloques de los empleados de 23 años de edad hasta 70 años de edad (2079 empleados).

Conclusiones

Simulación es una de las áreas más importantes para la exploración espacial. La Oficina del Gerente de Tecnología (OCT) de la NASA [5], ha considerado que “la simulación se centra en el diseño, planificación y desafíos operacionales de los sistemas de misión de la NASA distribuidos y de larga duración.” Estamos de acuerdo en que el modelo representa las características de un sistema de un punto de vista unidimensional o multidimensional. Por otro lado, la simulación es la ejecución de un modelo que tiene la posibilidad (si el modelo es capaz de capturar adecuadamente las características hasta cierto nivel de fidelidad) para representar su comportamiento. Además, la Oficina OCT nos dice que “A través de la combinación de los dos, podemos tomar mejores decisiones y comunicar las decisiones a tiempo en el proceso de diseño y desarrollo cuando los cambios son fáciles y rápidos, en lugar de durante la producción cuando son muy costosos y prácticamente imposible”. Así que la simulación es muy importante para los sistemas de Astronáuticos y Aeroespaciales.

Referencias bibliográficas

1. Bergin, C. (2012). Dynetics and PWR aiming to liquidize SLS booster competition with F-1 power. <http://www.nasaspaceflight.com/2012/11/dynetics-pwr-liquidize-sls-booster-competition-f-1-power>.
2. Eddy, M. (2011). A Closer Look at NASA's Multi-Purpose Crew Vehicle. <http://www.geekosystem.com/nasa-mpcv-infographic/>.
3. Judith, D., M. Richard and M. Richard (1998). The DoD high level architecture: an update. 1998 Winter Simulation Conference Proceedings (Cat.No.98CH36274), 797-804.
4. Marin, M., Y. Zhu, P. Meade, M. Sargent and J. Warren (2006). "System Dynamics and Agent-based Simulations for Workforce Climate," Proceedings of the 2006 Winter Simulation Conference, 667 – 671.
5. NASA Office of the Chief Technologist (OCT) (2010). DRAFT Modeling, Simulation, Information Technology & Processing Roadmap Technology Area 11 http://www.nasa.gov/pdf/501321main_TA11-MSITP-DRAFT-Nov2010-A1.pdf.
6. Matson, J. (2013). "Can Hitchhiking Earth Microbes Thrive on Mars?," Scientific American.
7. Rabelo, L. (2003). "Ambientes Avanzados para la Toma de Decisiones," Política Digital, publicación de Nexos, Vol. 12, pp. 14-18.
8. Rabelo L., Y. Zhu, J. Compton and J. Bardina (2011). "Ground and Range Operations for a Heavy-Lift Vehicle: Preliminary Thoughts," International Journal of Aerospace, Vol. 4, No. 2, 1064-1073.
9. Review of U.S. Human Spaceflight Plans Committee (2009). Seeking a Human Spaceflight Program Worthy of a Great Nation, NASA Publications. http://spacegrant.nmsu.edu/ispcs/2009/news/augustin_report.pdf.