

MbsLab: Un entorno colaborativo para la simulación de sistemas multicuerpo

M. González, J. Cuadrado, U. Lugrís

*Laboratorio de Ingeniería Mecánica – Universidad de La Coruña
Escola Politécnica Superior, Mendizábal s/n, 15403 Ferrol, España
Tlf.: 981337400 ext. 3871, E-mail: lolo@cdf.udc.es*

Resumen

Este artículo describe un entorno de simulación para el análisis de sistemas multicuerpo diseñado para agilizar el desarrollo, verificación y evaluación de nuevos métodos de simulación de mecanismos. El entorno, llamado MbsLab, está compuesto por tres componentes: (1) MbsML, un lenguaje modular basado en XML para la descripción de mecanismos e información relacionada, (2) MbsEngine, una herramienta de simulación modular y open-source que emplea MbsML como formato de datos nativo, y (3) MbsBenchmark, un sistema de benchmarking para software de simulación de sistemas multicuerpo. Los tres componentes pueden usarse de forma conjunta para desarrollar y comparar las prestaciones de nuevos métodos de simulación en un corto periodo de tiempo.

Palabras Clave: sistemas multicuerpo, simulación, benchmark, XML, colaboración.

Abstract

This article describes a new collaborative simulation environment for multibody system analysis designed to streamline the development, testing and evaluation of new methods for multibody system simulation. The environment, named MbsLab, is made up of 3 components: (1) MbsML, a neutral and extensible XML-based language for describing multibody system models and related information, (2) MbsEngine, an open-source modular simulation tool that uses MbsML as native data format, and (3) MbsBenchmark, a benchmarking suite for multibody system analysis software. The three components can be used together to develop and compare the performance of new simulation methods in a short time.

Keywords: multibody systems, simulation, benchmark, XML, collaboration.

1. Introducción

La simulación de sistemas multicuerpo es un proceso complejo en el que intervienen varios factores: modelado, formulación dinámica e integrador. La combinación óptima de dichos factores depende en gran medida de las características del sistema a simular, y por tanto no hay un método de simulación universal [1]; diferentes alternativas (técnicas de modelado, formulaciones e integradores) deben ser combinadas, evaluadas y comparadas para encontrar la combinación adecuada para un determinado sistema. Las herramientas comerciales no ofrecen este grado de flexibilidad, puesto que normalmente

implementan un reducido número de formulaciones e integradores que el usuario no puede ampliar. Por ello, es frecuente que quienes investigan en simulación de sistemas multicuerpo desarrollen sus propias herramientas de cálculo; es habitual que cada grupo lo haga de forma aislada, resultando en una enorme inversión en horas de trabajo, la proliferación de programas incompatibles y la dificultad de comparar resultados.

Este artículo presenta un nuevo entorno de trabajo para simulación de sistemas multicuerpo que pretende aumentar la eficiencia de los investigadores a la hora de desarrollar nuevos métodos de simulación. El entorno, denominado MbsLab (Multibody Systems Laboratory) está compuesto por tres componentes que se describen a continuación: MbsML, MbsEngine y MbsBenchmark.

2. MbsML

El intercambio de modelos de sistemas multicuerpo es un problema todavía no resuelto: no existen formatos estándar y la disponibilidad de traductores para los formatos comerciales más usados es muy reducida [2]. Esta situación es un obstáculo muy importante para la cooperación entre grupos de investigación. Para superar este problema hemos desarrollado MbsML (Multibody Systems Modeling Language), un lenguaje de modelado de mecanismos basado en XML [3].

MbsML permite describir el modelo de mecanismo (sólidos, pares cinemáticos, fuerzas ...), el análisis a realizar (cinemática, dinámica, ...), el método a usar para realizar el análisis (formulación, integrador, ...) y los resultados obtenidos. Su diseño aprovecha todas las ventajas del XML, un formato para documentos de texto estructurados con gran éxito en la Word Wide Web, facilitando: (a) el intercambio de modelos, al proporcionar un lenguaje de modelado neutro e independiente del formalismo a emplear; (b) la reutilización de modelos, al dividir la información necesaria para describir una simulación en tres secciones diferenciadas: modelo, análisis y método; (c) la ampliación del lenguaje, al poseer un diseño modular que permite a los usuarios adaptar, configurar y extender el lenguaje para satisfacer sus necesidades particulares: por ejemplo, si un usuario necesita soporte para sólidos flexibles (no soportados en la versión actual de MbsML), puede desarrollar un nuevo módulo y comenzar a usarlo de

inmediato. En el futuro, dicho módulo puede ser incluido en la especificación oficial del lenguaje y ser utilizado por el resto de investigadores.

3. MbsEngine

MbsEngine es un software de simulación de mecanismos programado en C++ que usa MbsML como formato de datos nativo para la lectura y escritura de datos. Proporciona diferentes componentes (distintas formulaciones dinámicas, integradores ...) que pueden ser combinados fácilmente para obtener una configuración particular del solver. Su diseño modular y extensible facilita la incorporación de nuevos componentes para aumentar las capacidades de análisis y explorar nuevos métodos de simulación.

MbsEngine se desarrolla de forma colaborativa empleando las facilidades proporcionadas por un portal web para software open-source [4]: un sistema de revisión de versiones, listas de correo para comunicación entre desarrolladores, sistema de seguimiento de errores, etc. Puesto que la librería tiene un diseño altamente modular, diferentes grupos de investigación pueden desarrollar módulos de forma simultánea.

4. MbsBenchmark

MBS Benchmark es una colección de problemas y procedimientos que permiten evaluar las prestaciones de herramientas de simulación de mecanismos de una forma sencilla, objetiva y sistemática. La colección de problemas, mostrada en la Tabla 1, está compuesta tanto por problemas sencillos y académicos como por casos complejos procedentes de áreas diversas.

Tabla 1. Colección de problemas.

Grupo A: problemas académicos		Grupo B: problemas complejos	
Problema	Característica	Problema	Campo
Doble péndulo	Grandes aceleraciones	Vehículo Iltis	Automoción
Doble cuadrilátero	Posiciones singulares	Antena de Dornier	Aeroespacial
Mecanismo de Andrew	Escala de tiempo pequeña	Cuerpo humano	Biomecánica
Mecanismo de Bricard	Ecuaciones redundantes	Robot PUMA	Robótica (serie)
Bicicleta	Sistema rígido	Plataforma de Stewart	Robótica (paralelo)

Cada problema dispone de documentación detallada sobre el mismo, una solución de referencia obtenida con software comercial de fiabilidad contrastada y ficheros modelo

en formato MbsML, todo ello disponible en un portal web. Los investigadores puede consultar la documentación on-line que describe los problemas y resolverlos con un determinado software de simulación (comercial o propio) para medir la precisión (error con respecto a la solución de referencia disponible) y eficiencia (tiempo de CPU empleado para resolver el problema) de éste. A continuación, puede introducir los resultados en la aplicación Web MbsBenchmark, junto con las características del software y hardware empleado para realizar la simulación. Esta información queda almacenada en una base de datos centralizada, que recoge información sobre el tipo de método empleado (formulación, integrador ...), las características del software (lenguaje de programación, compilador y librerías numéricas empleados) y las prestaciones del hardware. La estructura de esta base de datos relacional se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Estructura de la base de datos MbsBenchmark.

Tabla	Campos
Users	UserID, OrganizationID, FirstName, LastName, Email, Password
Organizations	OrganizationID, Name, Address, City, Country, URL
Computers	ComputerID, OrganizationID, Nickname, Brand, Model, Motherboard, CPUmodel, CPUnumber, Memory, OSname, PerformanceRatio
Software	SoftwareID, Name, Author, URL
Builds	BuildID, SoftwareID, Version, BuildSystem, BuildOptions, Libraries
Methods	MethodID, SoftwareID, Name, Coordinates, Formulation, Integrator
Problems	ProblemID, Name, URL
Results	ResultID, ProblemID, UserID, ComputerID, SoftwareID, BuildID, MethodID, Tags, IntegrationStep, CPUtime, RelativeError, Comments

La aplicación Web, implementada empleando las tecnologías Java Server Pages, XSLT y MySQL, también permite consultar la información almacenada en la base de datos mediante un sencillo interface de usuario HTML. Actualmente el visitante puede realizar dos tipos de comparaciones: (a) comparar la eficiencia de varios métodos al resolver un cierto problema, o (b) comparar la eficiencia de dos métodos al resolver un conjunto de problemas. La aplicación genera informes en formato HTML con gráficos SVG incrustados, como puede verse en la Figura 1. Futuras versiones permitirán realizar otros tipos de comparaciones.

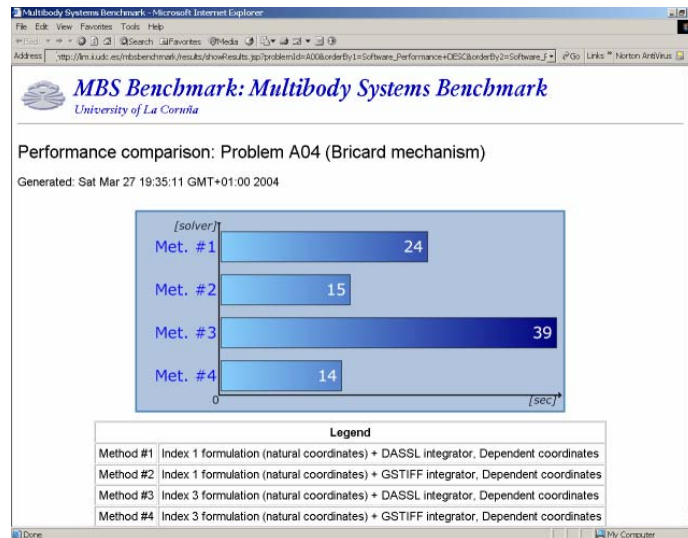


Figura 1. Ejemplo de comparativa de velocidad en la aplicación Web MbeBenchmark.

5. Conclusiones

Los tres componentes del entorno (MbsML, MbsEngine y MbsBenchmark) se usan de forma conjunta para desarrollar y probar nuevos métodos de simulación de sistemas multicuerpo: nuevas formulaciones y algoritmos pueden ser implementadas fácilmente como módulos de la librería MbsEngine; los distintos componentes pueden ser combinados para conformar un nuevo método de simulación, que es usado para resolver los problemas de la colección MbsBenchmark, empleando MbsML como formato de entrada de datos y salida de resultados. La precisión y eficiencia del método son evaluadas y almacenadas en la base de datos centralizada. De este modo las diferentes alternativas desarrolladas por los investigadores pueden ser comparadas fácilmente, y los resultados obtenidos guían el desarrollo futuro de nuevos métodos de simulación.

Si surge la necesidad de estudiar métodos de simulación para sistemas en los que intervienen fenómenos no contemplados en la versión actual de MbsLab (por ejemplo, sistemas con sólidos flexibles, impactos, contacto ...), los tres componentes pueden ser ampliados fácilmente para dar soporte al nuevo fenómeno.

El entorno permite a los investigadores desarrollar y comparar las prestaciones de nuevos métodos de simulación de forma colaborativa y en un corto periodo de tiempo, incrementando así su productividad.

3. Referencias

1. J. Cuadrado, J. Cardenal, P. Morer, *Multibody System Dynamics*, **1** (3) (1997), 259-280.
 2. W. Shiehlen, *Multibody System Dynamics: Roots and Perspectives*, **1** (2) (1997), 149-188
 3. Extensible Markup Language, <www.w3.org/xml>
 4. The BerliOS project, <www.berlios.de>
-