

IDENTIFICACIÓN DE MODELOS, SIMULACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE SISTEMAS COMPLEJOS

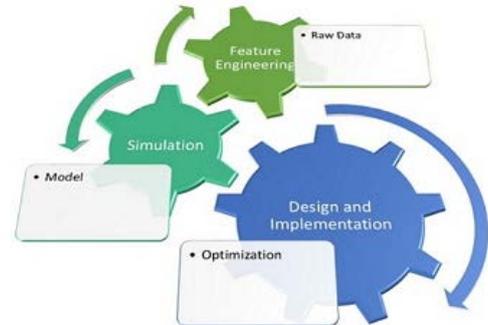
Descripción

El grupo GreenDISC, del Departamento de Arquitectura de Computadores y Automática de la Universidad Complutense de Madrid ha desarrollado nuevas técnicas de identificación de modelos utilizando Ingeniería de Rasgos (del inglés Feature Engineering), técnicas de optimización multivariable, herramientas de simulación compleja, y algoritmos de extracción de conocimiento de fuentes heterogéneas de datos. Entre otros resultados, los modelos obtenidos para diversos problemas prácticos se han integrado en un marco de simulación DEVS (Discrete Event Systems Specification) para su estudio y optimización usando, entre otras, técnicas de Aprendizaje Automático y Computación Evolutiva.

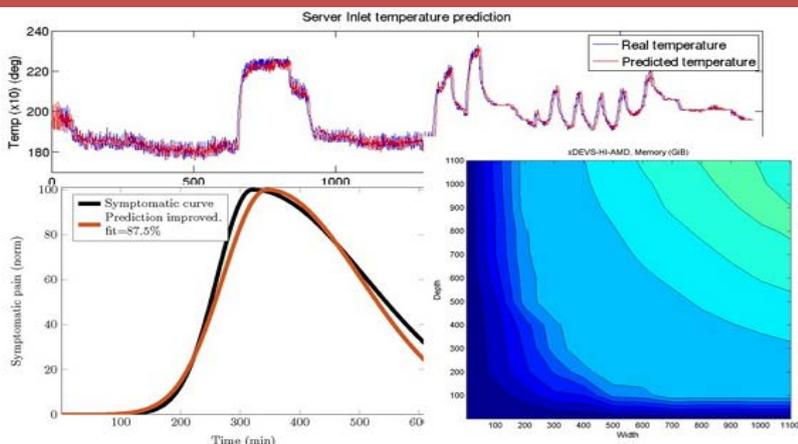
Nuestra investigación presta especial atención a problemas prácticos donde una estrategia de modelado y optimización global puede ser de especial utilidad. Estos problemas son de elevada complejidad para ser abordados mediante estrategias clásicas y analíticas, por lo que requieren de un enfoque multi-nivel y heterogéneo. Para ello, nuestro trabajo parte de un conocimiento preciso del problema en cuestión, desarrollando técnicas y metodologías que comienzan con la adquisición de datos en entornos reales, y con las restricciones prácticas del escenario.

En particular, nuestras técnicas ya se han aplicado con éxito en casos de uso provenientes de áreas de Ciencias de la Salud (monitorización ambulatoria e inalámbrica para predicción de crisis sintomáticas), e Ingeniería de Computadores (modelado de consumo energético en centros de procesamiento de datos).

Cómo funciona



(1) *Visión general de la metodología. Con los datos "en crudo" se seleccionan los rasgos, que se usan para definir el modelo. El modelo se simula y optimiza para finalmente proceder a su implementación hardware.*



Ejemplos de modelos obtenidos en casos reales. De arriba a abajo: (1) modelo predictivo de temperatura de inlet de un servidor, (2- izquierda) modelo predictivo de crisis de migrañas (2-derecha) modelos elaborados para evaluar el rendimiento de distintos simuladores.

En primer lugar, es necesario disponer de un conjunto de datos suficientemente representativo del sistema para el cual se quiere definir un modelo. Posteriormente, usando técnicas provenientes de la Programación Genética y en combinación con algoritmos de regresión clásicos como LARS (Least-Angle Regression), LASSO (Least Absolute Shrinkage and Selection Operator) y Aprendizaje Automático, obtenemos: (1) los rasgos o combinaciones de variables de entrada que son representativos para el modelo y (2) el propio modelo, que es una función de estos rasgos.

La adquisición de los datos necesarios para la definición del modelo puede requerir el despliegue de redes de sensores inalámbricas, la monitorización ambulatoria de

parámetros fisiológicos, o la definición de técnicas de muestreo de sensores hardware/software. En estos casos, nuestro grupo desarrolla dichas técnicas o equipamiento hardware si es necesario, decidiendo e implementando el procesado de señal requerido por las características de las variables a monitorizar.

En segundo lugar implementamos el modelo en software usando conocidas técnicas de modelado y simulación de eventos discretos. En particular, el grupo es especialista en DEVS (Discrete Event Systems Specification). Con estos modelos estudiamos el comportamiento del sistema, validando simultáneamente la viabilidad del mismo en simulaciones en tiempo virtual o real. Si el modelo es sustancialmente grande, el simulador desarrollado en el grupo admite simulaciones paralelas o distribuidas en la nube con DEVS/SOA.

Generalmente se realiza a posteriori algún tipo de optimización en el entorno en el cual se aplica el modelo. Minimización de riesgos de salud, de energía, de costes, maximización de rendimiento, etc., son algunos ejemplos.

Para ello se aplican técnicas de optimización variadas: MILP (Mixed Integer Linear Programming), Simulated Annealing, Algoritmos genéticos, Enjambres de partículas, Programación genética, Optimización multi-objetivo, etc. En algunos casos se estudia hacer el sistema más robusto incluyendo algunas características adaptativas con aprendizaje automático.

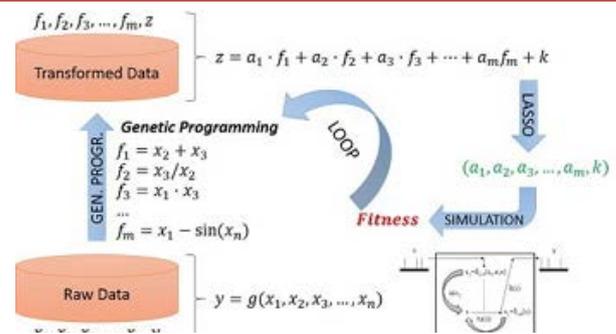
Finalmente, el sistema se implementa en hardware en caso de ser necesario. La implementación se realiza de forma paulatina, incorporando prototipos hardware al modelo software y en un entorno de co-simulación hardware y software, verificando el diseño y validando todo el estudio previo en un entorno real.

Ventajas

Las nuevas técnicas de diseño e identificación de modelos permite explorar nuevas representaciones de un sistema que hasta ahora eran desconocidos. Además, este método admite la sencilla incorporación de experiencia y conocimiento previos, lo que facilita mucho la comprensión y adaptabilidad de estos modelos a las necesidades del usuario final.

Las dimensiones del modelo no son un aspecto preocupante, porque al usar el formalismo DEVS, modelo y simulador son completamente independientes, por lo que la paralelización o distribución de las simulaciones es un proceso ortogonal al de la implementación del modelo.

Finalmente, la generación de modelos de forma "agnóstica" (sin conocimiento previo del problema) permite discernir cuáles son las verdaderas magnitudes que intervienen en la dinámica del sistema, aportando un conocimiento amplio del mismo, no alcanzable por técnicas clásicas debido a la gran cantidad de variables implicadas.



Visión específica de la metodología. La fase de selección de rasgos se resuelve con programación genética y algoritmos de regresión. Junto con la simulación de los modelos podemos recurrir a un bucle tratando de mejorar el modelo y a su vez (o a posteriori) optimizar los parámetros del sistema real.

¿Dónde se ha desarrollado?

El grupo, dentro del [Departamento de Arquitectura de Computadores y Automática](#), ha venido desarrollando varios estudios sobre el modelado de pacientes con enfermedades neurológicas, y la predicción de crisis sintomáticas en migraña e ictus con el Hospital Universitario de la Princesa en Madrid.

También se ha aplicado identificación de modelos, en colaboración con el [Centro de Supercomputación y Visualización de Madrid](#) (CeSViMa), con el objeto de obtener modelos de predicción de consumo de energía en centros de procesamiento de datos, incluyendo los efectos térmicos originados por los servidores computacionales y los sistemas de refrigeración en la sala.

En los diversos estudios realizados, el equipo ha desplegado redes inalámbricas de sensores para la monitorización ambulatoria y continua de las variables descriptivas. Igualmente, se ha realizado el diseño e implementación de nodos inalámbricos de monitorización, cuando las soluciones comerciales no han sido suficientes, realizándose la fabricación de los mismos en colaboración con empresas del sector.

Con respecto a modelado y simulación en DEVS, el grupo desarrolla investigación en este campo en conjunto con ACIMS ([Arizona Center for Integrative Modeling and Simulation](#)), en la Universidad de Arizona. El grupo tiene sus propios simuladores desarrollados en colaboración con [DUNIP Technologies](#).

En cuanto a optimización, el grupo dispone de experiencia y herramientas propias en multitud de métodos de optimización numérica y no numérica. Destaca la investigación realizada en áreas de la Computación Evolutiva.

En el ámbito académico, los estudiantes también contribuyen al avance de estos campos con varios proyectos de fin de carrera, de fin de máster y trabajos de doctorado encaminados a estas áreas.

Y además

El grupo [GreenDISC](#) (greendisc@ucm.es) del [Departamento de Arquitectura de Computadores y Automática](#) ofrece su participación en:

- **La colaboración** en proyectos de investigación relacionados con ingeniería de rasgos, bioingeniería, eficiencia energética, simulación, optimización, aprendizaje y diseño e implementación hardware.
- **El desarrollo** de herramientas ad-hoc para la implementación de modelos y simulación de los mismos.
- **La formación** en ingeniería de rasgos, simulación de eventos discretos, optimización y diseño e implementación hardware.

Investigadores responsables

José Luis Risco Martín; jlrisco@ucm.es, José Luis Ayala Rodrigo: jayala@ucm.es

Departamento: Arquitectura de Computadores y Automática.

Facultad: Informática