

Sintonización de un Método de Reducción de Incertidumbre: un proceso de medición-mejora para incrementar la eficiencia

Caymes-Scutari Paola^{1,2}, Bianchini Germán¹, Méndez-Garabetti Miguel^{1,2}

¹Laboratorio de Investigación en Cómputo Paralelo/Distribuido
Departamento de Ingeniería en Sistemas de Información
Facultad Regional Mendoza/Universidad Tecnológica Nacional
Rodríguez 273 (M5502AJE) Mendoza, +54 261 5244579

²Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

pcaymesscutari@frm.utn.edu.ar, gbianchini@frm.utn.edu.ar, miguelmendezgarabetti@gmail.com

RESUMEN

La reducción de incertidumbre constituye un proceso complejo orientado a contrarrestar o paliar los efectos negativos que ocasiona la imprecisión en los datos de entrada de un programa o en los cálculos que se realiza con ellos. ESS (*Evolutionary Statistical System*) constituye un método de reducción de incertidumbre en el proceso de predicción de fenómenos de propagación, y su funcionamiento tiene tres pilares como fundamento: un algoritmo evolutivo para guiar la búsqueda, la estadística para determinar la tendencia, y el paralelismo para potenciar la cantidad de procesamiento computacional que debe realizarse. Si bien ESS obtiene predicciones suficientemente acertadas, en este proyecto se propone incorporarle capacidades para la sintonización dinámica y automática. Ello significa que debe desarrollarse un modelo de medición-mejora, con la finalidad de detectar las situaciones de sobrecarga computacional que se susciten durante la ejecución, para ajustar y/o adecuar el comportamiento dinámico de la aplicación y así lograr una

ejecución globalmente más eficiente y precisa.

Palabras clave: Sintonización Automática, Modelo de Rendimiento, Sintonización Dinámica, Aplicaciones Paralelas, Reducción de Incertidumbre.

CONTEXTO

El año 2020 trajo consigo la pandemia de COVID-19, y ello impuso cambios en todos los ámbitos de la vida. La llamada ‘virtualidad’ se volvió la nueva forma de comunicación y de trabajo, demandando una rápida adaptación al cambio de paradigma y un esfuerzo adicional para llevar a la virtualidad tantos aspectos cotidianos y/o académicos que usualmente se transmitían o elaboraban de forma presencial. Sumado a ello, los órganos financiadores también introdujeron modificatorias en cuanto a las normativas relativas a la utilización del presupuesto de los proyectos, restricciones en las compras de

equipamiento, retrasos en las comunicaciones y formalidades atinentes a la ejecución de los proyectos, etc. Todo ello ha ralentizado el avance de los proyectos, pues el personal involucrado se ha visto afectado por la sobrecarga de la virtualidad, y refrenado por las restricciones presupuestarias. En este contexto, en el ámbito de la Facultad Regional Mendoza de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN-FRM), más específicamente en el marco del LICPaD (Laboratorio de Investigación en Cómputo Paralelo/Distribuido) hemos continuado con el desarrollo del Proyecto de I+D SIUTIME0007840ME financiado por la UTN (que inició su ejecución en enero de 2020), y estamos a la espera del inicio del recientemente aprobado Proyecto de Investigación Científica y Tecnológica Orientado PICTO-UUMM-2019-00042, adjudicado por el FONCyT. Ambos proyectos dan continuidad a la línea de investigación de proyectos previos del LICPaD, pero en esta oportunidad haciendo foco en la necesidad del proceso de medición-mejora de un método de reducción de incertidumbre para la predicción de fenómenos de propagación.

La necesidad y motivación por medir está ligada fundamentalmente a la mejora de calidad continua que requieren los procesos y productos. Para poder asegurar que un proceso o sus productos resultantes son de calidad, o bien para poder realizar comparaciones, es necesario asignar valores, descriptores, indicadores o algún otro mecanismo mediante el cual se pueda llevar a cabo dicha comparación [1]. La predicción de fenómenos de propagación como tema específico de la ciencia computacional no escapa a esta necesidad de medición, evaluación y mejora, y es allí donde emerge la Sintonización como un proceso de medición-mejora permanente que se

desea incorporar al método de predicción ESS [2], con la finalidad de ajustar y/o adecuar el comportamiento dinámico del mismo y lograr una ejecución globalmente más eficiente [2]. En 2021 esperamos poder avanzar en esta dirección, más allá de las dificultades y restricciones operativas ocasionadas por el contexto de pandemia.

1. INTRODUCCIÓN

La predicción de fenómenos de propagación constituye una tarea compleja desde distintos puntos de vista. En primer lugar, ha de considerarse el volumen de información que es necesario manejar y procesar, acompañado de la variedad de técnicas y conceptos provenientes de distintas áreas entrelazados para modelar y resolver la situación [2]. En segundo lugar, y teniendo en cuenta los desastres que podrían ocasionar los distintos fenómenos de propagación, el nivel de precisión alcanzado por los resultados de la predicción constituye un aspecto crítico para asistir a la toma de decisiones. En tercer lugar, puede mencionarse la velocidad de respuesta con la que la predicción es arrojada como otro aspecto crítico para la toma de decisiones paliativas.

El primer aspecto mencionado en el párrafo anterior constituye la principal fuente de incertidumbre, por la imprecisión o discontinuidad de la información y las mediciones o estimaciones de los parámetros y datos, los errores o redondeos en los modelos y sus implementaciones, etc. Todo ello es, de alguna manera, inevitable y por lo tanto es menester trabajar en pos de minimizar el efecto negativo que la incertidumbre proveniente de las imprecisiones ocasiona en la salida del

sistema. El segundo aspecto, conjuntamente con el tercero, hacen necesario un análisis más profundo del método de reducción de incertidumbre, a fin de mejorar su precisión y su velocidad de respuesta. Por ello, ha de introducirse el proceso de sintonización. La sintonización es un paradigma tecnológico que permite que los programas sean adaptables a una variedad de condiciones computacionales [2,4,5]. El proceso de Sintonización involucra varias **fases** sucesivas que se relacionan en pos del objetivo de mejorar la calidad de la aplicación y de su ejecución. La primera etapa es la **Instrumentación**, en la cual la aplicación es anotada a fin de habilitar la medición de valores propios de la aplicación y/o su ejecución (capturar valores de variables, medir tiempos de ocio o ejecución, etc.). La segunda etapa es la **Monitorización**, durante la cual se recolectan, se clasifican y se almacenan los datos obtenidos por medio de la instrumentación. La siguiente etapa es la de **Análisis**, en la que las mediciones y la información monitorizadas son evaluadas y valoradas a fin de detectar posibles cuellos de botella que actúen en detrimento de la calidad de la ejecución [3,5]. La etapa final del proceso se denomina **Sintonización** en sí misma, pues es la que introduce y materializa los cambios necesarios en la aplicación para adaptar su comportamiento y ajustar su rendimiento.

En el caso de ESS, podemos resumir su funcionamiento diciendo que realiza las predicciones en base a múltiples variaciones en los parámetros de entrada para constituir un conjunto de soluciones candidatas (o población), cuya transformación para alcanzar un resultado de calidad está orientada por un algoritmo evolutivo [7]. Es por ello que ESS realiza la predicción en base a la información que

le brinda una población de soluciones [7, 8]. Dicha población constituye una muestra del universo de búsqueda, y está compuesta por elementos del dominio de búsqueda (también denominados **individuos** o **escenarios**, con diferentes características: cada individuo, usualmente, representa un conjunto de parámetros con los que ha de ejecutarse una simulación, y es en el valor de tales parámetros de entrada en donde difieren unos individuos de otros, con el consecuente efecto en la salida que arrojará cada simulación). La calidad de los individuos y la predicción que arrojan se mide a través de una función de aptitud. Los individuos son sometidos a transformaciones evolutivas, mediante los operadores de cruzamiento y mutación, hasta que se converge a un óptimo o a un cierto criterio de parada. Los criterios de parada permiten decidir cuándo finalizar una generación para pasar a la siguiente, y cuándo terminar el algoritmo [6,7]. Frecuentemente el proceso evolutivo se ve degradado por la convergencia prematura o el estancamiento, dos situaciones que van en detrimento de la calidad de los resultados y que sobrecargan y retrasan la toma de decisiones incrementando innecesariamente el tiempo de cómputo [5]. Teniendo como antecedente otros trabajos en el área [9,10], en este trabajo se propone dar tratamiento al estancamiento y convergencia [5] en ESS, a fin de modelar, detectar y actuar en consecuencia para aplicar acciones de sintonización que permitan paliar el efecto negativo que ocasionan en los resultados

2. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN y DESARROLLO

La temática propuesta continúa la línea de trabajo de otros cinco proyectos previos vinculados a la sintonización y al desarrollo automático. Se propone la aplicación de un modelo matemático de rendimiento para su utilización en la sintonización automática y dinámica de un método de reducción de incertidumbre. Que la sintonización sea automática significa que el propio algoritmo o aplicación será dotado con la capacidad de realizar todas las etapas del proceso de sintonización, sin necesidad de que el usuario intervenga. Que sea dinámica significa que el proceso de mejora se llevará a cabo a la vez que el programa o aplicación esté ejecutándose, lo cual permitirá reflejar de modo inmediato las decisiones que se tomen en pos de la mejora del rendimiento, y así lograr ejecuciones más eficientes y adaptadas a las características de los datos particulares de entrada y al estado corriente del entorno de ejecución. [3,5]. Que el proceso de sintonización esté basado en modelos matemáticos de rendimiento significa que el conocimiento experto que se utilizará en la etapa de Análisis estará centrado en la utilización de un conjunto de expresiones que modelan el problema de rendimiento particular, lo cual, a la hora de tomar decisiones se reduce a la evaluación de tales expresiones matemáticas a partir de los datos recopilados durante la monitorización, permitiendo una toma de decisiones concisa en un tiempo de cómputo razonable, muchas veces despreciable en relación a la ejecución global del programa [3].

En resumen, tenemos como hipótesis que las características de dinamicidad y

automatismo antes mencionadas para el proceso de sintonización, contribuirán a lograr predicciones más precisas y veloces para el método predictivo ESS propuesto como caso de estudio.

3. OBJETIVOS

Como objetivos experimentales, se espera lograr la sintonización de ESS en sí misma, mejorando el desempeño del método de reducción de incertidumbre, tanto en calidad de resultados como en velocidad de respuesta. Como objetivo teórico, se espera definir un modelo de rendimiento que permita caracterizar el comportamiento del algoritmo de ESS para anticipar la detección de situaciones de sobrecarga computacional innecesaria y aplicar acciones paliativas que las contrarresten, automáticamente y en sintonía con la propia ejecución.

4. FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

La temática propuesta por este proyecto permite continuar con la formación y desarrollo de los distintos integrantes del grupo de trabajo, de forma complementaria a la formación adquirida hasta el momento. En 2020 se defendieron dos tesis doctorales relacionadas con esta línea de investigación, desarrolladas por la Dra. Laura Tardivo (bajo la dirección de la Dra. Paola Caymes Scutari) y el Dr. Miguel Méndez Garabetti (bajo la dirección del Dr. Germán Bianchini y la codirección de la Dra. Paola Caymes Scutari). En el caso del Dr. Ing. Méndez Garabetti, continúa su labor en el marco de la misma línea de investigación, la cual resulta transversal a su plan de beca postdoctoral. Asimismo, el grupo de

trabajo está evaluando la incorporación de un nuevo integrante, y siempre está abierto a la incorporación de nuevos integrantes (de grado o postgrado) que deseen familiarizarse con las temáticas que aquí se describen.

5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Piattini Velthuis, M., García Rubio, F., Garzías Parra, J., Genero Bocco, M. (2008) *Medición y Estimación del Software – Técnicas y métodos para mejorar la calidad y la productividad*. Alfaomega Ra-Ma.
- [2] Bianchini, G., Caymes-Scutari, P., & Méndez-Garabetti, M. (2015). Evolutionary-Statistical System: A parallel method for improving forest fire spread prediction. *Journal of Computational Science*, 6(1), 58–66. <https://doi.org/10.1016/j.jocs.2014.12.001>
- [3] Caymes-Scutari, P., Bianchini, G., Sikora, A., Margalef, T., (2016) “Environment for Automatic Development and Tuning of Parallel Applications” *HPCS 2016, International Workshop on Parallel Optimization using/for Multi and Many-core High Performance Computing*, Innsbruck, Austria. pp. 743-750. IEEE.
- [4] Wilkinson, B., Allen, M. (2005) *Parallel Programming: Techniques and Applications Using Networked Workstations and Parallel Computers*. Pearson Prentice Hall.
- [5] Naono, K., Teranishi, K., Cavazos, J. y Suda, R. (2010) *Software Automatic Tuning: From Concepts to State-of-the-Art Results*, Springer, New York.
- [6] Lampinen, J. y Zelinka, I. (2000), “On the Stagnation of the Differential Evolution algorithm”, *I.C. Soft Computing*, pp. 76-83.
- [7] Talbi, E. (2009) *Metaheuristics: From Design to Implementation*. John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey
- [8] Bianchini, G., Denham, M., Cortés, A., Margalef, T., Luque, E. (2010) “Wildland Fire Growth Prediction Method Based on Multiple Overlapping Solution”, *Journal of Computational Science Vol 1 Issue 4*, pp. 229-237. Elsevier.
- [9] Tardivo, M.L., Caymes-Scutari, P., Méndez-Garabetti, M. y Bianchini, G. (2017) “Optimization for an Uncertainty Reduction Method Applied to Forest Fires Spread Prediction”, *Computer Science – Cacic 2017*, pp. 13-23. Springer.
- [10] Mendez Garabetti, M. Bianchini, G., Caymes Scutari, P., Tardivo M.L. (2016). “Increase in the quality of the prediction of a computational wildfire behavior method through the improvement of the internal metaheuristic”, *Fire Safety Journal*, pp. 49-62. Elsevier.