

# ACTUALIDAD Y PERSPECTIVAS DE UN SIMULADOR DE GESTIÓN DE RECURSOS Y PROCESOS EN SISTEMAS DISTRIBUIDOS

David L. la Red Martínez<sup>1</sup>, Federico Agostini<sup>1</sup>, Stella M. Gerzel<sup>2</sup> y Carlos L. M. Latyn<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional del Nordeste

Corrientes, Argentina

<sup>2</sup>Universidad Nacional del Chaco Austral

Sáenz Peña, Argentina

## RESUMEN

En los sistemas de procesamiento distribuido, es esencial asignar recursos a los procesos respetando la exclusión mutua en el acceso a recursos compartidos. Los procesos y los recursos pueden estar en distintos nodos, por lo que es deseable equilibrar la carga de trabajo entre ellos. Esto puede requerir la migración de procesos, evaluando su viabilidad y el impacto en la carga del nodo receptor y en el ancho de banda del sistema de comunicaciones. En investigaciones previas del grupo, se han desarrollado y publicado modelos de decisión y operadores de agregación para la asignación de recursos, además de un simulador de algoritmos tradicionales y nuevos propuestos. Este proyecto se propone desarrollar nuevos algoritmos complementarios que consideren la migración de procesos para equilibrar la carga de trabajo, contemplando escenarios de homogeneidad y heterogeneidad de nodos, impacto en el consumo de energía y ancho de banda, garantizando siempre la exclusión mutua en la asignación de recursos. Todo esto se implementará en el simulador mencionado.

## PALABRAS CLAVE

Sistemas Operativos, Administración Del Procesador, Balanceo de Carga, Operadores de Agregación, Rendimiento

## 1. INTRODUCCIÓN

En un sistema distribuidos los procesos y los recursos que precisan pueden estar alojados en distintos nodos, siendo deseable que la carga de trabajo en ellos esté equilibrada.

El equilibrio en la carga de trabajo de los nodos puede requerir la migración de procesos entre los nodos, para lo cual habrá que considerar la viabilidad de una determinada migración y el impacto de ésta en la carga de trabajo del nodo destinatario del proceso migrado, como así también el impacto en el ancho de banda del sistema de comunicaciones de datos utilizado.

En el proyecto que se comenta en este artículo se tiene previsto desarrollar nuevos algoritmos que contemplen la migración de procesos para lograr el balanceo en la carga de trabajo de los nodos del sistema distribuidos, considerando distintos escenarios tales como homogeneidad de los nodos, heterogeneidad de los nodos, impacto en el consumo de energía y en el ancho de banda, etc., pero siempre garantizando un orden de asignación de recursos a procesos que respete la exclusión mutua.

Todo esto deberá implementarse en un simulador desarrollado en un proyecto previo, que será ampliado con algoritmos específicos para dar solución a nuevos escenarios.

### 1.1 Justificación del Estudio

Debido a la proliferación de las redes de comunicaciones de datos es cada vez mayor la utilización de sistemas distribuidos en los cuales los distintos procesos compiten por el uso de recursos, muchos de ellos compartidos y accedidos en la modalidad de exclusión mutua para asegurar integridad de las estructuras de datos o debido a la naturaleza del recurso, lo cual impacta en el rendimiento al limitar el paralelismo. Esta problemática ha sido estudiada ampliamente y sus resultados constituyen los llamados modelos clásicos, entendiendo por tales

al algoritmo centralizado, al algoritmo distribuido de Lamport, Ricart y Agrawala, al algoritmo de anillo de fichas, entre otros.

Las soluciones mencionadas precedentemente no tienen en cuenta una visión global del sistema distribuido ni del estado de los distintos nodos de procesamiento y almacenamiento en particular, considerando las distintas variables que configuran su carga computacional.

Otro aspecto importante que debe ser considerado en un sistema distribuido es el balanceo de la carga de trabajo, contemplando la migración de procesos con el propósito de distribuir la carga computacional adecuadamente.

Se partirá del simulador desarrollado en el marco del proyecto PI 126-20 acreditado por la UNCAus, ampliando sus funcionalidades con la incorporación de nuevos modelos de decisión y operadores de agregación que contemplen la gestión de variables difusas, imputación de información de control faltante y migración de procesos.

La realización del simulador mencionado por sí solo constituiría un aporte importante para la enseñanza de los sistemas operativos, especialmente los sistemas distribuidos, en tanto que los nuevos modelos de decisión y los algoritmos y operadores de agregación que los integren podrían constituir un significativo aporte al mejoramiento del rendimiento global de los sistemas distribuidos en los cuales se comparten recursos, muchos de ellos en la modalidad de exclusión mutua distribuida, buscando a su vez una distribución equitativa de la carga de trabajo entre los distintos nodos del sistema.

## **2. OBJETIVOS**

Los objetivos son los siguientes:

- Generar nuevos componentes para un simulador desarrollado previamente por el grupo de investigación para modelos de decisión y sus correspondientes operadores de agregación para la gestión de recursos compartidos y de procesos, incluyendo las soluciones clásicas y las nuevas propuestas del grupo de investigación, basándose en la migración de procesos para lograr un adecuado balance en la carga de trabajo de los distintos nodos del sistema, estudiando la utilización de posibles modificaciones de los operadores de la familia OWA (Yager, 1993) aplicables a los siguientes tipos de situaciones:
  - Que todos los nodos del sistema distribuido sean homogéneos, es decir de características compatibles en cuanto a sistema operativo, arquitectura, set de instrucciones, compatibilidad de código, etc.
  - Que no todos los nodos del sistema distribuido sean homogéneos, es decir de características compatibles en cuanto a sistema operativo, arquitectura, set de instrucciones, compatibilidad de código, etc. Esto significa que habrá heterogeneidad entre los nodos, pudiendo haber grupos de nodos homogéneos dentro de dicha heterogeneidad.
  - Que sea necesario considerar aspectos relacionados con el consumo de energía.
  - Que sea necesario considerar aspectos relacionados con el consumo de ancho de banda.
  - Que en todos los escenarios anteriores sea necesario suministrar un orden para la asignación de recursos a procesos garantizando la exclusión mutua en el acceso a recursos compartidos e impidiendo la inanición.

## **3. BASES TEÓRICAS Y ANTECEDENTES**

Se detallan a continuación bases teóricas relevantes en las distintas áreas relacionadas con el presente proyecto, y de utilidad para el mismo.

En (Birman, 2005) se estudian tecnologías, servicios web y aplicaciones de sistemas distribuidos confiables.

En (Tanenbaum & Van Steen, 2008) se describen los principales algoritmos de comunicación en sistemas distribuidos (algoritmos clásicos de las ciencias de la computación).

En (Di Giusto et al., 2023) se evalúan modelos de comunicación de pasaje de mensajes, que van desde comunicaciones sincrónicas hasta comunicaciones completamente asincrónicas y se presenta una jerarquía unificada de modelos de comunicación que abarca los modelos a gran escala y a escala local, en función de sus comportamientos concurrentes.

En (Madisetti & Panda, 2021) se propone un algoritmo de selección dinámica de procesos líderes en sistemas distribuidos, que proporciona varios beneficios a través de la selección (no elección) de un conjunto de futuros líderes que luego son alertados antes de la falla del liderazgo actual y se les transfiere el liderazgo.

En (Paul & Kumar, 2022) se propone un algoritmo para la comunicación entre diferentes sistemas distribuidos interconectados, que funciona bajo cualquier carga y gestiona la sincronización entre los sistemas distribuidos.

En (Marecos Brizuela et al., 2022) se propone la aplicación de un modelo basado en competencias y en el aprendizaje centrado en el alumno para el estudio de la migración controlada de procesos, y donde el estudiante debe analizar el comportamiento de los recursos y procesos bajo diferentes cargas de trabajo, teniendo en cuenta el balanceo de carga como objetivo principal.

En (Ahn et al., 2022) se describe una metodología para la imputación de datos en series de tiempo utilizadas para pronósticos.

En (La Red Martínez & Primorac, 2023) se muestra una metodología para evaluar el rendimiento de los métodos de imputación mediante nuevas métricas derivadas de procesos de minería de datos.

## **4. METODOLOGÍA**

La investigación que se realizará será de tipo teórica en la etapa de desarrollo de los modelos de decisión.

Una vez definidos teóricamente los modelos de decisión antes mencionados, se procederá a la validación de estos comparando sus prestaciones con las de los modelos de las ciencias de la computación habitualmente utilizados en los sistemas operativos, utilizando un simulador específico. Como consecuencia del análisis, podría ser necesario modificar los modelos de decisión propuestos, lo cual iniciaría un nuevo ciclo de validaciones.

El sistema de matrices de datos que se utilizará es el descrito en (La Red Martínez, 2017) (La Red Martínez, 2022).

Se efectuarán simulaciones con los modelos de decisión propuestos y los modelos de decisión computacionales clásicos, a los efectos de analizar el comportamiento de éstos para las mismas condiciones de carga de trabajo y de consumo de recursos, dando lugar a un esquema iterativo de modificación de los modelos propuestos para intentar lograr un desempeño de éstos al menos equivalente al de los modelos computacionales clásicos. Se considerará la situación de datos faltantes, y la posibilidad de utilizar métodos de imputación de datos para completar los datos faltantes y la migración de procesos para lograr balancear la carga de trabajo de los distintos nodos del sistema distribuido.

## **5. RESULTADOS PRELIMINARES**

Las principales publicaciones realizadas son las siguientes: (La Red Martínez, 2017) (La Red Martínez, 2022) (La Red Martínez et al., 2018) (La Red Martínez et al., 2022) (Agostini et al., 2018) (Agostini & La Red Martínez, 2019) (Fornerón Martínez et al., 2020) (Fornerón Martínez et al., 2021) (Fornerón Martínez et al., 2023) (Duré Attis et al., 2021) (Silva Ruiz et al., 2021) (Marecos Brizuela et al., 2022).

En (La Red Martínez et al., 2022) se describen los principales aspectos del simulador ya desarrollado a partir del cual se incorporarán nuevos escenarios con sus correspondientes algoritmos de gestión de recursos y procesos. Se hace notar que no se tiene conocimiento de otros simuladores donde se hayan implementado los modelos de decisión y operadores de agregación (desarrollados por el grupo de investigación) descritos en las publicaciones mencionadas previamente.

## 6. CONCLUSIONES

La utilización del simulador ya desarrollado ha permitido evaluar cargas de trabajo en distintos escenarios de procesos y requerimientos de recursos, haciendo posible la representación de los procesos, recursos y nodos en un modelo dinámico.

La utilización del simulador con la misma carga de trabajo para los diferentes escenarios planteados permitió corroborar que los resultados en cuanto al orden de asignación de recursos a procesos son diferentes, conforme a los distintos escenarios planteados (La Red Martínez et al., 2022).

Se han simulado diferentes cargas de trabajo en el sistema distribuido, bajo los diferentes escenarios propuestos, habiéndose obtenido resultados acordes con los modelos teóricos utilizados, que son el sustento del simulador. Al evaluar los resultados obtenidos con el simulador, se pudo verificar que la solución producida contempla un adecuado balanceo de carga de trabajo, según lo previsto por el modelo teórico utilizado (La Red Martínez et al., 2022).

Asimismo, se pudo demostrar que la solución teórica propuesta es más adecuada que algoritmos tradicionales que asignan recursos a procesos solamente en función de la prioridad inicial de los procesos (Fornerón Martínez et al., 2023) (Duré Attis et al., 2021).

A continuación, se tiene previsto trabajar en las siguientes líneas de investigación y agregado de funcionalidades al simulador:

- a. Imputación de datos de control faltantes, por ejemplo, como consecuencia de problemas en las comunicaciones entre los nodos.
- b. Fuzzyficación de variables para dar soporte a situaciones donde no es posible o conveniente expresar valores exactos. Se considerará utilizar lógica difusa con conjuntos de etiquetas lingüísticas de al menos 5 etiquetas.
- c. Definición e incorporación de escenarios complejos, adaptándolos a las investigaciones más recientes sobre el tema que aborda el grupo de investigación.
- d. Planeamiento de capacidad, es decir, la posibilidad de que para determinadas cargas de trabajo el simulador indique las características deseables de los diferentes nodos del sistema distribuido.
- e. Incorporación de aspectos vinculados a la seguridad en la ejecución de los procesos, en el acceso a los recursos y en la comunicación entre los nodos.
- f. Incorporación del soporte para sistemas de tiempo real, es decir, sistemas con requerimientos con tiempo perentorio de finalización de tareas.
- g. Migración de procesos, por ejemplo, como consecuencia de la necesidad de requerimientos específicos, basados en las características del nodo donde se debería ejecutar el proceso.

Se considera que la incorporación de estas funcionalidades sumadas a las ya existentes permitirá disponer de un simulador complejo, flexible y de fácil utilización para la investigación y la docencia.

## AGRADECIMIENTOS

El trabajo acá mencionado se enmarca en el PI N° 195 aprobado por Res. N° 039/24 CS de la UNCAus, recibiendo aportes del PI N° 20F005 aprobado por Res. N° 454/20 CS de la UNNE.

## REFERENCIAS

- Agostini, F., La Red Martínez, D. L., (2019). "Allocation of shared resources", in *14th Iberian Conference on Information Systems and Technologies - CISTI 2019*, ISBN N° 978-989-98434-9-3, Universidad de Coimbra, Portugal, 19-22 June 2019, pp. 1-6.
- Agostini, F., La Red Martínez, D. L., Acosta, J. C., (2018). "Modeling of the Consensus in the Allocation of Resources in Distributed Systems", *International Journal of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA)*, ISSN N° 2156-5570, The Science and Information (SAI) Organization, England, U.K., vol. 9, no. 12, pp. 26-36.
- Ahn, H., Sun, K., Kim, K. P., (2022). "Comparison of Missing Data Imputation Methods in Time Series Forecasting", *Computers, Materials & Continua (CMC)*, vol. 70, no. 1.

- Birman, K., (2005). *Reliable Distributed Systems: Technologies, Web Services and Applications*. New York: Springer-Verlag.
- Di Giusto, C., Ferré, D., Laversa, L., Lozes, E., (2023). “A Partial Order View of Message-Passing Communication Models”, *Proc. ACM Program. Lang.* 7, POPL, Article 55 (January 2023), 27 pages.
- Duré Attis, D. D., Fornerón Martínez, J. T., Agostini, F., La Red Martínez, D. L., (2021). “Imputación de Información de Control Faltante en la Gestión de Recursos y Procesos”, in *Conferencias IADIS (International Association for Development of the Information Society)*, ISBN N° 978-989-8704-35-1, Lisboa, Portugal, pp. 101-108.
- Martínez, J. T., Agostini, F., La Red Martínez, D. L., (2020). “Resource and Process Management with a Decision Model based on Fuzzy Logic”, in *The 24th World Multi-Conference on Systemics, Cybernetics and Informatics*, ISBN N° 978-1-950492-37-4, USA, pp 74-79.
- Fornerón Martínez, J. T., Agostini, F., La Red Martínez, D. L., (2021). “Modelo de Decisión para Gestión de Procesos y Recursos en Sistemas Distribuidos con Balanceo de Carga de Trabajo”, *Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información (RISTI)*, N° E42, ISSN N° 1646-9895, pp. 353-366.
- Fornerón Martínez, J. T., Agostini, F., La Red Martínez, D. L., (2023). “Resource and Process Management With a Decision Model Based on Fuzzy Logic”, *International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence (IJIMAI)*, vol. 8, no. 2, ISSN N° 1989-1660, pp. 134-149.
- La Red Martínez, D. L., (2017). “Aggregation Operator for Assignment of Resources in Distributed Systems”, *International Journal of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA)*, ISSN N° 2156-5570, England, U.K., vol. 8, no. 10, pp. 406-419.
- La Red Martínez, D. L., (2022). “Nuevos modelos de decisión y operadores de agregación - gestión de recursos y procesos”, in *Selección de escritos sobre inteligencia artificial - Inteligencia Artificial: Algunos Aspectos de su Impacto*, Compilador Juan Carlos Ferreri - Centro de Estudios en Tecnologías Inteligentes (CETI), Academia Nacional de Ciencias de Buenos Aires (ANCBA), Argentina, ISBN 978-987-537-171-2, pp. 156-200.
- La Red Martínez, D. L., Acosta, J. C., Agostini, F., (2018). “Assignment of Resources in Distributed Systems”, *Journal of Systemics, Cybernetics and Informatics*, vol. 16, no. 5, ISSN N° 1690-4524, Florida, USA, pp. 81-87.
- La Red Martínez, D. L., Agostini, F., Acosta, J. C., Gerzel, S., Latyn, L., (2022). “Simulador para la evaluación de algoritmos para la gestión de recursos compartidos en sistemas distribuidos”, *Revista de Investigación en Tecnologías de la Información (RITI)*, ISSN N° 2387-0893, España, vol. 10, no. 20, pp. 62-79.
- La Red Martínez, D. L., Primorac, C. R., (2023). “Use of Data Mining for Intelligent Evaluation of Imputation Methods”, *International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence*, In Press.
- Madiseti, V. K., Panda, S., (2021). “A Dynamic Leader Election Algorithm for Decentralized Networks”, *Journal of Transportation Technologies*, vol. 11, pp. 404-411.
- Marecos Brizuela, T. D., Agostini, F., La Red Martínez, D. L., (2022). “Migración controlada de procesos en sistemas distribuidos”. *6° Congreso Argentino de Ingeniería / 12° Congreso Argentino de Enseñanza de Ingeniería - CADI/CAEDI 2022*, ISBN N° 978-987-4050-08-3, Resistencia, Argentina, pp. 173-180.
- Paul, S., Kumar, B., (2022). “Elaborated Distributed System-Activity Synchronization Among Different Distributed Systems”, In N. Khare, D. S. Tomar, M. K. Ahirwal, V. B. Semwal, V. Soni (eds) *Machine Learning, Image Processing, Network Security and Data Sciences. MIND 2022. Communications in Computer and Information Science*, vol. 1763. Springer, Cham.
- Silva Ruiz, C. A., Agostini, F., La Red Martínez, D. L., (2021). “Gestión de Tráfico en Redes de Datos Utilizando Etiquetas Fornerón Lingüísticas y 2-Tuplas”, *9no Congreso Nacional de Ingeniería Informática / Sistemas de Información – 2021*, ISBN N° 978-950-42-0213-4, Argentina.
- Tanenbaum, A. S., Van Steen, M., (2008). *Sistemas Distribuidos – Principios y Paradigmas*. 2da. Edición, Pearson Educación S. A. México.
- Yager, R., (1993). “Families Of OWA Operators”, *Fuzzy Sets and Systems*, vol. 59, pp. 125-148.