

## MIGRACIÓN CONTROLADA DE PROCESOS EN SISTEMAS DISTRIBUIDOS

Marecos Brizuela, Terecio Diosnel<sup>a</sup>; Agostini, Federico<sup>b</sup>; La Red Martínez, David<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Facultad de Ciencias Aplicadas -Universidad Nacional de Pilar

<sup>b</sup> Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura – Universidad Nacional del Nordeste  
ecosmar097@hotmail.com

### RESUMEN

En los sistemas distribuido es necesario gestionar la asignación de recursos a procesos garantizando la exclusión mutua en el acceso a recursos compartidos cuando ello es requerido y distribuyendo la carga de procesamiento y de transmisión de datos, buscando la autorregulación del sistema. Así surge el siguiente interrogante: ¿cuáles son los modelos de decisión y los operadores de agregación que habrá que generar partiendo de los desarrollados en el PI 16F001 de la UNNE (“Modelos de decisión y operadores de agregación para la administración de procesos en sistemas distribuidos”), incorporando la utilización de conjuntos de etiquetas lingüísticas para expresar las variables de estado de los nodos, contemplando la posibilidad de que la información de control proveniente de algún nodo no llegue al nodo coordinador, por lo que habría que aplicar imputación de datos y, considerando la posibilidad de migrar procesos entre nodos con el propósito de autorregular el sistema balanceando su carga de trabajo y de transmisión de datos?. Para ello habrá que considerar la utilización de etiquetas lingüísticas, la necesidad de imputación de datos bajo determinadas condiciones, y la posibilidad de migración de procesos entre nodos. Los modelos de decisión considerarán la posibilidad de utilizar operadores ponderación, incluyendo los de la familia OWA (Ordered Weighted Averaging) (Yager, 1988, 1993), buscando generar operadores de agregación específicos.

**Palabras claves:** sistemas distribuidos, migración de procesos, balanceo de carga, imputación de datos, etiqueta lingüística.

### CONTEXTO

Los modelos de decisión en la actualidad disponibles y generalmente aplicables en los sistemas distribuidos se basan en algoritmos de intercambio de permisos que intentan lograr un

acuerdo de todos los procesos intervinientes para realizar determinadas acciones, como el acceso a un área de memoria compartida o a registros de archivos compartidos, recursos a los que frecuentemente se debe acceder en la modalidad de exclusión mutua.

Se considera especialmente importante estudiar la aplicación de modelos de decisión y operadores de agregación para la asignación de recursos a procesos, considerando no sólo las exigencias de la exclusión mutua cuando ella es requerida, sino también, el estado global del sistema, de tal manera que las decisiones tomadas respecto de recursos y procesos contribuyan a equilibrar la carga de trabajo y de transmisión de datos. El estado global del sistema está integrado por información de control proveniente de los distintos nodos, la que podría expresarse de manera numérica o lingüística, considerando la posibilidad de carencia de información de control de algún nodo y también la necesidad de migrar procesos entre nodos con el propósito de equilibra la carga global del sistema y mejorar así su rendimiento, buscando su autorregulación.

El punto de partida de esta investigación está dado por los modelos de decisión y operadores de agregación desarrollados en el marco del PI 16F001 de la UNNE, a los que se propone adaptar a distintos escenarios, considerando la utilización de información lingüística, necesidad de aplicar imputación de datos, conveniencia de aplicar migración de procesos y combinación de los escenarios anteriores. El marco para estas actividades está dado por el PI 20F005 de la UNNE (“Modelos de decisión para gestión de recursos y procesos en sistemas distribuidos considerando migración de procesos, imputación de datos y lógica difusa en los nuevos operadores de agregación”) y el PI 126-2020 de la UNCAus (“Desarrollo de un simulador para la evaluación de algoritmos clásicos y nuevos para la gestión

de recursos compartidos en sistemas distribuidos contemplando exclusión mutua”).

En los sistemas computacionales de procesamiento distribuido es necesario gestionar de manera eficiente la asignación de recursos a procesos, respetando las restricciones de exclusión mutua, teniendo en cuenta las prioridades de los procesos y el balanceo de la carga de procesamiento y de transmisión de datos, buscando la autorregulación del sistema distribuido considerado como un todo.

Los modelos de decisión y sus operadores de agregación propuestos para resolver las cuestiones indicadas precedentemente deben intercambiar información de control generada por los distintos nodos, deben enfrentar situaciones de falta de determinada información y deben resolver problemas de posibles sobrecargas de procesamiento y/o de transmisión de datos entre los nodos.

Ante la situación mencionada precedentemente surge la necesidad de nuevos modelos de decisión y los operadores de agregación correspondientes incorporando una visión global superadora de los modelos clásicos, para los siguientes tipos de situaciones o escenarios:

1) Que los nodos intercambien información con el nodo coordinador indicando los valores de sus variables de estado y prioridades de manera numérica o lingüística, mediante conjuntos de etiquetas no necesariamente homogéneos, por lo que habrá que aplicar traslación simbólica para que finalmente cada nodo reciba la información acorde a su propio conjunto de etiquetas lingüísticas.

2) Que la información de control proveniente de algunos nodos y necesaria para la operación del nodo coordinador central no esté disponible cuando sea requerida, lo que obligará a aplicar técnicas de imputación de datos faltantes, bajo determinadas condiciones.

3) Que a los efectos de balancear la carga de procesamiento y de transmisión de datos entre los nodos, sea necesario migrar procesos entre nodos, lo cual requerirá establecer métricas que permitan seleccionar el mejor esquema de migración posible en un momento dado.

4) Que los escenarios mencionados precedentemente se presenten concurrentemente como una combinación de dos o más de los escenarios planteados.

## INTRODUCCIÓN

La proliferación de sistemas informáticos, muchos de ellos distribuidos, en los cuales existen múltiples procesos que cooperan para el logro de una determinada función, hace necesario disponer de modelos de decisión y operadores de agregación que permitan una adecuada asignación de recursos a procesos, respetando la exclusión mutua en el acceso a recursos compartidos que así lo requieran, buscando lograr un eficiente funcionamiento del sistema distribuido mediante mecanismos de autorregulación y balanceo de carga de procesamiento y de transmisión de datos.

En dichos sistemas distribuidos es deseable considerar soluciones en las cuales los nodos del mismo puedan indicar al nodo coordinador central el valor de sus variables de estado no sólo de manera numérica, sino mediante etiquetas lingüísticas, en cuyo caso cada nodo podría utilizar su propio y diferente conjunto de etiquetas, lo que implica trabajar con conceptos de traslación simbólica.

Otro aspecto esencial a tener en cuenta es la problemática originada por la falta de información de control proveniente de alguno o algunos de los nodos del sistema distribuido, que es necesaria para la operación del modelo de decisión y de los operadores de agregación en el nodo coordinador central, no pudiendo determinarse en dicho coordinador si la información no ha llegado por una sobrecarga de trabajo en los nodos que debieron enviarla a tiempo, o por un problema de conectividad o por una caída definitiva de los nodos problemáticos. Ante esta situación, durante un determinado lapso, el modelo de decisión y sus operadores de agregación podrían seguir operando, reemplazando los datos faltantes por datos imputados por un mecanismo que habrá que determinar, siendo esta solución aplicable hasta que la información llegue al nodo coordinador o hasta que, agotado el tiempo de espera, en nodo coordinador asuma de los nodos “demorados” realmente están fuera de servicio.

Una cuestión adicional que debe ser considerada con el propósito de lograr un adecuado balanceo de la carga de procesamiento y de transmisión de datos, buscando la autorregulación del sistema, es la migración de procesos, que podrán ser trasladados para su ejecución en nodos diferentes de los nodos originarios de los mismos, bajo determinadas condiciones que habrá que analizar, utilizando métricas específicas que se definirán al respecto.

Finalmente, también es deseable buscar soluciones donde los tres escenarios mencionados precedentemente se mezclen de diferentes maneras, tratando de cubrir la mayor cantidad posible de problemáticas que se podrían generar.

Es preciso señalar que la problemática de los sistemas distribuidos y la gestión de recursos en los mismos ha sido tratada ampliamente por numerosos autores, pero generalmente el enfoque ha estado centrado en las prioridades primarias u originales de los procesos y en buscar una forma eficiente de intercambio de mensajes, asegurando la exclusión mutua, sin considerar un enfoque integrador como el que se propone para esta investigación.

Ejemplos de lo mencionado se encuentran en (Tanenbaum, 1996 y 2009), donde se describen los principales algoritmos de sincronización en sistemas distribuidos, en (Agrawal et al., 1991), donde se presenta una solución eficiente y tolerante a fallas para el problema de la exclusión mutua distribuida, en (Ricart et al., 1981), (Cao & Singhal, 2001) y en (Lodha & Kshemkalyani, 2000), donde se presentan unos algoritmos para gestionar la exclusión mutua en redes de computadoras, en (La Red Martínez, 2004), donde se describen los principales algoritmos de sincronización en sistemas distribuidos, en (Stallings, 2005), donde se detallan los principales algoritmos para la gestión distribuida de procesos, los estados globales distribuidos y la exclusión mutua distribuida. Estos temas y otros relacionados también han sido tratados en (Joshi & Holzmann, 2007), (Alagarsamy, 2003), (Fitzek & Katz, 2014), (La Red Martínez, 2017), etc.

## **LINEA DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO**

Con respecto a la imputación de datos en la gestión de recursos compartidos en sistemas distribuidos, en esta propuesta se considera que hay un nodo central que se encarga de recibir y mantener actualizada la información de control de todos los nodos, y es el encargado de la asignación de recursos en la modalidad de exclusión mutua, asegurando la disponibilidad de los mismos y respetando las prioridades de los procesos. En un determinado ciclo de recolección de información de gestión, necesaria para ejecutar y asegurar lo mencionado anteriormente, el nodo central puede recibir de alguno de los nodos información de control incompleta o inexistente, por ejemplo, de los criterios de evaluación de carga nodal, de las prioridades o preferencias de los procesos, etc. Estos datos faltantes, constituyen un obstáculo importante en la gestión de recursos. Las técnicas de imputación de datos permiten estimarlos utilizando diferentes algoritmos, mediante los cuales se puede imputar una característica importante para una instancia en particular.

Con respecto a la gestión del tráfico en redes de datos utilizando etiquetas lingüísticas y 2-tuplas, en este trabajo de investigación, la propuesta consistió en implementar un nuevo modelo de decisión que permita gestionar el control del tráfico en redes de datos en Internet, siendo la información de control representada con etiquetas lingüísticas y 2-tuplas. En el tráfico de redes es necesario que los nodos deban tomar decisiones basados en acuerdos respecto del acceso a rutas disponibles; las decisiones pueden estar relacionadas con el estado de los nodos de acuerdo con criterios y aspectos de seguridad.

En la propuesta de migración controlada de procesos en sistemas distribuidos se propone un modelo de migración controlada de procesos para la gestión de recursos y procesos en sistemas distribuidos considerando aspectos de balanceo de carga, consumo de energía y requisitos técnicos específicos, que permitirá resolver los inconvenientes relacionados a la sobrecarga que pueden presentarse en los distintos nodos de un sistema distribuido.

## **RESULTADOS ESPERADOS/OBTENIDOS**

En el modelo de decisión propuesto por (Duré Attis, 2021a), considera la imputación de datos

cuando la información sobre las variables que indican el estado de carga de alguno o algunos de los nodos no llega en su totalidad al Runtime central, reemplazando esos valores faltantes por valores estimados, para que finalmente el modelo de decisión establezca un correcto orden de asignación de recursos a los procesos, respetando la exclusión mutua. Es un método general, que permite ser adaptado a diferentes circunstancias y objetivos, de acuerdo con las necesidades de los nodos, cargas de trabajo, prioridades, etc. El método de imputación utilizado es considerado uno de los más fiables y de menor consumo de recursos computacionales. Es importante mencionar que la solución presentada es compatible con la gestión de transacciones globales habitualmente implementada en los sistemas de gestión de base de datos.

En la línea de investigación de (Silva, 2021a), se consideraron diferentes situaciones relacionadas con el hecho de despachar o no los paquetes, con criterios para el control de la congestión del tráfico en redes. Además, se crearon etiquetas lingüísticas que permitieron clasificar la información del estado de los nodos, paquetes, enlaces, etc. Los modelos desarrollados se evaluaron comparando sus características con los modelos habitualmente utilizados. Esto permitió desarrollar mecanismos para optimizar la gestión del tráfico en redes de datos en Internet, utilizando etiquetas lingüísticas y 2-tuplas para la toma de decisiones, dando un enfoque cualitativo a la información.

Se prevé desarrollar un simulador en el que se consideren los distintos escenarios posibles para permitir al sistema predecir, comparar y optimizar el comportamiento de sus procesos simulados en un tiempo muy breve sin el coste ni el riesgo de llevarlos a cabo, haciendo posible la representación de los procesos, recursos y nodos en un modelo dinámico. Con la ayuda del correspondiente soporte informático, el modelo de simulación permitirá la capacidad de considerar complejas tareas interrelacionadas y proyectarlas mediante la realización de muchas combinaciones alternativas en cuestión de segundos. Además, la interacción de los recursos con los procesos se traducirá en un gran número de escenarios y de posibles resultados imposibles

de abarcar y valorar sin la ayuda de un modelo de simulación computarizado.

En (Marecos Brizuela, 2023) se espera generar un modelo de decisión en un Sistema Distribuido agregando la migración controlada de procesos a un operador de agregación, que permita la redistribución de la carga de trabajo entre los nodos del sistema distribuido, para mejorar la utilización de los recursos, el tiempo de respuesta de los procesos, la disminución del consumo de energía y la mejora del rendimiento.

En el marco del proyecto 20F005 se han finalizado dos tesis de maestría (Duré Attis, 2021a) y (Silva Ruiz, 2021a) y se han realizado diferentes publicaciones en revistas y congresos (Forneron Martínez et al., 2021, 2023) (Dure Attis et al., 2021b, 2021c) (Silva Ruiz et al., 2021b).

## **FORMACION DE RECURSOS HUMANOS**

El equipo de trabajo está conformado por un director, un codirector, dos docentes investigadores y tres tesis de posgrado. En este contexto se ha propuesto el desarrollo de tres tesis correspondientes a la Maestría en Informática y Computación, de la Facultad de Ciencias Aplicadas de la Universidad Nacional de Pilar (Paraguay), de las cuales han finalizado dos y una está en la etapa final. Los trabajos finalizados son de Diego David Duré Attis con el tema “Imputación de datos en la gestión de recursos compartidos en sistemas distribuidos”, y César Alberto Silva Ruiz con el tema “Gestión de redes de datos utilizando etiquetas lingüísticas y 2-Tuplas”. La tesis de maestría en curso, de Terecio Diosnel Marecos Brizuela, tiene por título “Migración controlada de procesos en sistemas distribuidos”.

## **REFERENCIAS**

- Agrawal, D., & El Abbadi, A. (1991). “An Efficient and Fault-Tolerant Solution for Distributed Mutual Exclusion.” *ACM Transactions on Computer Systems (TOCS)* 9(1). doi: 10.1145/103727.103728.
- Alagarsamy, K. (2003). “Some Myths about Famous Mutual Exclusion Algorithms.” *ACM SIGACT News* 34(3). doi: 10.1145/945526.945527.
- Cao, G., & Singhal, M. (2001). “A Delay-

- Optimal Quorum-Based Mutual Exclusion Algorithm for Distributed Systems.” *IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems* 12(12). doi: 10.1109/71.970560.
- Duré Attis, D. D. (2021a). Imputación de datos en la gestión de recursos compartidos en sistemas distribuidos. Maestría en Informática y Computación. Facultad de Ciencias Aplicadas. Universidad Nacional de Pilar.
- Duré Attis, D. D., Agostini, F., & La Red Martínez, D. L. (2021b). “Imputación de información de control faltante en la gestión de recursos y procesos”. Conferencia Ibero Americana WWW/Internet, (CIAWI 2021).
- Duré Attis, D. D., Agostini, F., & La Red Martínez, D. L. (2021c). “Imputación de valores faltantes sobre la información de control en el contexto de los sistemas distribuidos”. 9no. Congreso Nacional de Ingeniería Informática / Sistemas de Información (CoNaIISI)
- Fitzek, F. & Katz, M. (2014). *Mobile Clouds: Exploiting Distributed Resources in Wireless, Mobile and Social Networks*. L. John Wiley & Sons, ed., New Delhi, India. ISBN: 978-0-470-97389-9.
- 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 Dinámico de Carga de Trabajo”. The 2021 International Conference on Information Technology & Systems (ICITS'21). RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías da Informação. ISBN N° 1646-9895. Febrero 2021. Libertad city, Ecuador. Virtual Conference.
- Fornerón Martínez, J. T., Agostini, F., & La Red Martínez, D. L. (2023) “Resource and Process Management With a Decision Model Based on Fuzzy Logic”. Aceptado para publicar.
- Joshi, R., & Holzmann, G. J. (2007), *A Mini-Challenge: Build a Verifiable Filesystem, Formal Aspects of Computing*, Vol.19.
- La Red Martínez, D. L. (2004). *Sistemas Operativos*. EUDENE. Argentina.
- La Red Martínez, D. L. (2017). “Aggregation Operator for Assignment of Resources in Distributed Systems.” *International Journal of Advanced Computer Science and Applications* 8(10). doi: 10.14569/ijacsa.2017.081053.
- Lodha, S., & Ajay, K. (2000). “A Fair Distributed Mutual Exclusion Algorithm.” *IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems* 11(6). doi: 10.1109/71.862205.
- Marecos Brizuela, T. D. (2023). Migración controlada de procesos en sistemas distribuidos. Tesis en curso. Maestría en Informática y Computación. Facultad de Ciencias Aplicadas. Universidad Nacional de Pilar.
- Ricart, G., & Ashok, K. A. (1981). “An Optimal Algorithm for Mutual Exclusion in Computer Networks.” *Communications of the ACM* 24(1). doi: 10.1145/358527.358537.
- Silva Ruiz, C. A. (2021a). Gestión de redes de datos utilizando etiquetas lingüísticas y 2-Tuplas. Maestría en Informática y Computación. Facultad de Ciencias Aplicadas. Universidad Nacional de Pilar.
- Silva Ruiz, C. A., Agostini, F., & La Red Martínez, D. L. (2021b). “Gestión del Tráfico en Redes de Datos utilizando Etiquetas Lingüísticas y 2-Tuplas”. 9no. Congreso Nacional de Ingeniería Informática / Sistemas de Información (CoNaIISI).
- Stallings, W. (2005). *Sistemas Operativos Aspectos Internos y Principios de Diseño*. Vol. Quinta Edi.
- Tanenbaum, A. S. (2009). *Sistemas Operativos Modernos Tercera Edición*.
- Tanenbaum, A. S., Guerrero, G., & Velasco, Ó. A. P. (1996). *Sistemas Operativos Distribuidos*. México: Prentice-Hall Hispanoamericana S.A.
- Yager, R. (1988). “On Ordered Weighted Averaging Aggregation Operators in Multicriteria Decisionmaking.” *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics* 18(1):183–90. doi: 10.1109/21.87068.
- Yager, R. (1993). “Families of OWA Operators.” *Fuzzy Sets and Systems* 59(2). doi: 10.1016/0165-0114(93)90194-M.