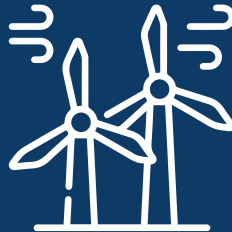


Memorias del Encuentro Argentino de Ingeniería

- | Enseñanza de la Ingeniería-CAEDI
- | Gestión de la Educación en Ingeniería
- | Agrimensura, Geodesia y Ciencias de la tierra y el mar
- | Biotecnología y Bioingeniería
- | Materiales y Nanotecnología aplicada a los materiales
- | Desarrollo Tecnológico Social, Vinculación Universidad, Empresa y Estado
- | Ejercicio Profesional de la Ingeniería, Empresas y Servicios
- | Ferroviaria, Automotriz, Naval y Transporte
- | Alimentos y Agroindustria
- | Agronomía y Forestal
- | Energía, Energías Limpias, Energías Renovables y Eficiencia Energética
- | Ingeniería Sostenible, Gestión Ambiental y Cambio Climático
- | Innovación y Emprendedorismo en Ingeniería
- | Mujeres en Ingeniería y Cambio Social
- | Obras y Proyectos de Ingeniería, Infraestructura y Conservación del Patrimonio
- | Tecnología de la Información y Comunicación



Memorias del Encuentro Argentino de Ingeniería : edición 2022 / José Basterra...

[et al.] ; contribuciones de Carolina Orcola ; compilación de Martina Perduca ; prólogo de Nestor Braidot ; Jose Basterra. - 1a ed compendiada. - Corrientes : Universidad de la Cuenca del Plata. Secretaría de Políticas del Conocimiento, 2023.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-987-4050-08-3

1. Ingeniería. 2. Educación. I. Basterra, José, prolog. II. Orcola, Carolina, colab. III. Perduca, Martina, comp. IV. Braidot, Nestor, prolog.

CDD 620.007

ISBN 978-987-4050-08-3



Título: “Migración controlada de procesos en sistemas distribuidos”

Marecos Brizuela, Terecio Diosnel^a; Agostini, Federico^b; La Red Martínez, David^b

^a Facultad de Ciencias Aplicadas -Universidad Nacional de Pilar

^b Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura – Universidad Nacional del Nordeste
ecosmar097@hotmail.com

Resumen

En los sistemas de procesamiento distribuido, existen múltiples grupos de procesos que comparten recursos y compiten entre sí por acceder a ellos. Además de que los procesos pueden o no requerir sincronización, se debe llegar a un acuerdo para lograr el acceso a los recursos de tal manera que se establezca un orden riguroso para asegurar la exclusión mutua. 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, permitiendo al estudiante desarrollar habilidades en los procesos de enseñanza-aprendizaje de esta temática, ante una amplia gama de problemas (que equivalen a desarrollar la flexibilidad y la competencia profesional), y donde el estudiante debe analizar el comportamiento de los recursos y procesos bajo diferentes cargas de trabajo. El objetivo es generar pensamiento crítico, analizando diferentes escenarios, con el fin de encontrar respuestas más inteligentes para la toma de decisiones en la gestión de recursos y grupos de procesos, teniendo en cuenta el balanceo de carga como objetivo principal. Esta metodología pretende mejorar la creatividad en el planteamiento de las diferentes soluciones que se pueden generar, proponiendo situaciones más intuitivas en las que se cuiden las áreas de percepción, intuición, cognición y pluralidad de resultados, y donde el docente debe centrarse en orientar, planteando retos y preguntas que les permitan resolver problemas reales.

Palabras claves: enseñanza basada en competencias, aprendizaje centrado en el alumno, sistemas distribuidos, migración de procesos, balanceo de carga.

Abstract

In distributed processing systems, there are multiple groups of processes that share resources and compete with each other for access to them. In addition to the fact that processes may or may not require synchronization, an agreement must be reached to achieve access to resources in such a way that a strict order is established to ensure mutual exclusion. The application of a competency-based model and student-centered learning is proposed for the study of controlled migration of processes, allowing the student to develop skills in the teaching-learning processes of this subject, in the face of a wide range of problems (which are equivalent to developing flexibility and professional competence), and where the student must analyze the behavior of resources and processes under different workloads. The objective is to generate critical thinking, analyzing different scenarios, in order to find more intelligent answers for decision making in the management of resources and groups of processes, taking into account load balancing as the main objective. This methodology aims to improve creativity in the approach to the different solutions that can be generated, proposing more intuitive situations in which the areas of perception, intuition, cognition and plurality of results are taken care of, and where the teacher should focus on guiding, posing challenges and questions that allow them to solve real problems.

Key Words: competency-based teaching, learner-centered learning, distributed systems, process migration, load balancing.

INTRODUCCIÓN

En la enseñanza de la gestión de recursos de sistemas distribuidos (SD), siguiendo el enfoque de competencia y el aprendizaje centrado en el alumno, es necesario proponer el análisis no sólo de soluciones clásicas sino también de planteos innovadores que faciliten el análisis crítico de dicha problemática.

En los sistemas de procesamiento distribuido es frecuentemente necesario coordinar la asignación de recursos compartidos que deben ser asignados a los procesos en la modalidad de exclusión mutua; en tales casos se debe decidir el orden en que los recursos

compartidos serán asignados a los procesos que requieren de los mismos [1].

Lograr un adecuado equilibrio de carga conlleva a un proceso de redistribución de la carga de trabajo entre los nodos del sistema distribuido para mejorar tanto la utilización de los recursos como también el tiempo de respuesta de los trabajos. A su vez, se evita que algunos nodos están muy cargados y otros estén inactivos o con poco trabajo. Un algoritmo que considere el equilibrio de carga debe asumir un conocimiento a priori sobre el comportamiento de los trabajos y el estado global del sistema, es decir, las decisiones de equilibrio de carga

se basan en un conjunto de información global del estado actual del sistema.

En base a lo expuesto, se propone 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.

Una actividad de enseñanza-aprendizaje es un procedimiento que se realiza en el aula a fin de facilitar el conocimiento en los estudiantes, y se eligen con el propósito de motivar la participación en el proceso de aprendizaje.

El aprendizaje por competencias supone que el alumno trabaje su capacidad reflexiva, de relacionar ideas y resolver problemas, basándose en todos los recursos y conocimiento que le proporciona la enseñanza.

La presente propuesta tiene por objetivo incentivar en los alumnos el estudio crítico de la migración de procesos en SD mediante la discusión de una innovadora propuesta para dicha problemática que se describe más adelante.

MARCO TEÓRICO

Los métodos considerados tradicionales para la asignación de recursos en sistemas distribuidos respetando la exclusión mutua en el acceso a los recursos compartidos, según se expresa en [2], [3], [4].

Los métodos considerados innovadores expresados en [1], [5], [6], [7] y [8].

Los principales métodos de migración de procesos, balanceo de carga y consumo de energía se comentan en [9], [10], [11], [12], [13], [14], [15].

Los modelos de decisión utilizando operadores de agregación adecuados mostrados en [16], [17].

Para definir los métodos de migración controlada de procesos para la gestión de recursos y procesos en SD en este trabajo, se ha realizado una revisión sistemática de la bibliografía relacionada, que permitió determinar cuáles fueron los más apropiados para los diferentes escenarios estudiados, teniendo como referencia investigaciones más relevantes sobre métodos de migración de procesos en [18], [19], [20] y [21].

En [22] se abordan temas sobre experiencias de aprendizaje del alumno, en donde se toma como tema central el hecho de favorecer un cambio en la experiencia de aprendizaje del alumnado que elabora las actividades de una asignatura universitaria con herramientas web 2.0, a fin de analizar el cambio real de aprendizaje a través de éstas. En [23] se refiere a los cambios metodológicos utilizados que tienen la

intención de transferir la responsabilidad del aprendizaje al estudiante.

En [24] se estudia la inserción de las TIC que resulta cada vez más habitual y solicitada en el ámbito de la Educación Superior. Este hecho sucede debido a que se tiene disponible el acceso a la tecnología en las instituciones educativas, así como también en el hogar y en los lugares donde se desenvuelven los estudiantes, se presenta un ambiente que favorece el desafío para la educación de innovar a través de TIC, actualizando la labor de la docencia y la educación formal e informal usando información y recursos disponibles en la web.

Propuesta

El aprendizaje por descubrimiento es una técnica docente de las propuestas para formación por competencias, donde se fomenta el aprendizaje activo y, se supone, se obtiene un mayor aprovechamiento por parte del alumno [22].

Se espera que el alumno pueda adquirir destrezas necesarias para evaluar la migración controlada de procesos conforme a distintos escenarios planteados, trabajando de manera colaborativa en el estudio de la propuesta en el tiempo estipulado.

Para afrontar la problemática planteada, se define un Runtime (software en tiempo de ejecución) que gestiona los procesos y recursos compartidos y define el escenario específico correspondiente a cada situación. Los Runtime interactúan entre sí para intercambiar información, y mediante un nodo central se recopila la información de todos los nodos, se aplica el proceso de agregación y se obtiene la lista de asignaciones de recursos a procesos.

Durante el funcionamiento de los sistemas de procesamiento distribuido, en cada ciclo se obtiene una imagen global del sistema (macro imagen), para poder verificar los estados de los nodos del SD (Sistema Distribuido).

En base a la información recogida del sistema se puede detectar la presencia de nodos muy cargados con respecto a nodos que están inactivos o con baja carga de trabajo, una inadecuada distribución de la carga de trabajo, provocando un aumento en el tiempo de ejecución de los procesos que, a su vez, puede generar un alto consumo de energía y perjudica al rendimiento general del sistema.

Al considerar aspectos relacionados con el balanceo de carga, se debe planificar una buena política de migración, que considere información sobre la prioridad de los procesos, limitaciones en la migración (para determinar el número de procesos que pueden pasar de un sitio a otro), el peso de los recursos cuyo estado puede ser local, pero podría cambiar a remoto al

realizar la migración. En el siguiente apartado, se considerarán y evaluarán los estados referentes a los nodos, procesos y recursos y las alternativas según cada escenario. Se establecerán las configuraciones iniciales del algoritmo, que podrán ser distintas para cada caso en particular y que permitirán adecuar una solución en base a la carga de trabajo de los nodos distribuidos, la locación de los procesos y recursos, de lo más general a lo particular. Para cada situación, se plantearán distintas alternativas.

Para cubrir estas necesidades se plantean un conjunto de propuestas que consideren la migración de procesos para lograr un mejor balanceo de carga de trabajo suponiendo heterogeneidad (respecto de compatibilidad de código, SO, Arquitectura y set de instrucciones), incluyendo migración de procesos que significarán el acceso a datos distribuidos con alto impacto en E/S y tráfico de red (consumo de ancho de banda), y una posible migración de proceso consecuencia de cambios en el estado global del sistema y de los requerimientos variables de los procesos a lo largo del tiempo, esta verificación se hará cada cierto Δt .

Para dar inicio a la evaluación, se obtiene una imagen global del sistema (Figura 1), para poder verificar los estados de los nodos del sistema distribuido.

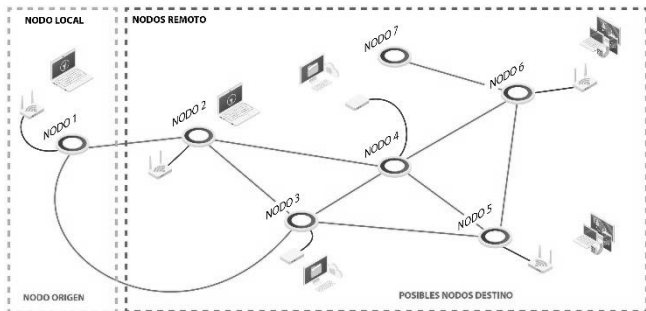


Figura 1: Sistema distribuido

Se utilizarán vectores de pesos asociados a las categorías de carga computacional de cada nodo, que incluirán distintos criterios relacionados con la información de procesos, pesos de recursos e impacto de E/S (ancho de banda), características especiales de hardware y software vinculada a los nodos.

Sin embargo, esta clasificación podría variar para cada nodo y para cada circunstancia.

Evaluación a nivel de nodos

Para obtener información de carga de nodos y estado global del sistema distribuido se debe realizar observaciones de las siguientes situaciones.

En la Figura 2 en el punto (a) se realiza la configuración de valores iniciales, en donde se establecen los parámetros para indicar los porcentajes

de carga y prioridades que se tendrán en cuenta para la migración.

En la evaluación de carga nodal, se consideran carga alta los nodos cuyo promedio sea mayor a 70, carga media entre 40 y 70, y como carga baja a los nodos que como valor promedio tenga menor que 40, el promedio se calcula el promedio de carga del porcentaje de uso del CPU, memoria y entrada/salida.

(b) El primer paso consiste en analizar el escenario a nivel de nodos del sistema, considerando que cada uno puede tener diferentes procesos y recursos. Estos procesos pueden competir no solo con el acceso exclusivo a recursos locales (RL) sino también por aquellos que se encuentran en otros nodos, es decir, que se encuentran de manera remota. Para cada situación se considerarán diferentes alternativas. Esta evaluación se repetirá siempre y cuando existan nodos por evaluar, una vez que se termina la evaluación de todos los nodos, se procederá a otra etapa que consiste en determinar un listado final de procesos y los nodos destinos.

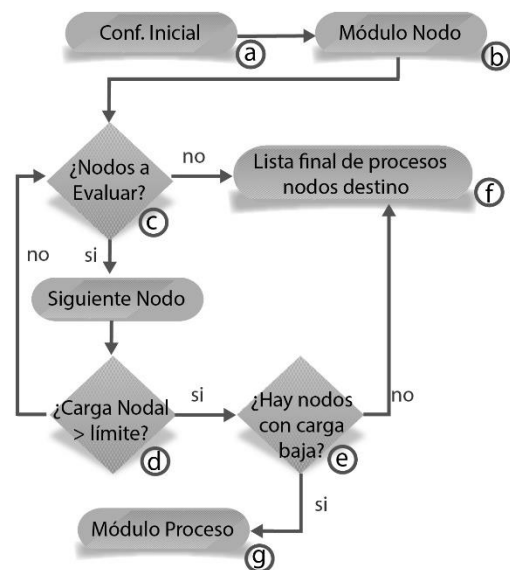


Figura 2: Módulo de nodo

(c) Situación: se analiza si existen nodos a evaluar dentro del sistema distribuido.

Primera alternativa (si): dado que existe nodos a evaluar se selecciona el siguiente nodo y se pasa a evaluar la carga nodal en el punto (d).

Segunda Alternativa (no): al no existir nodos a evaluar se pasa a verificar el listado final de procesos y nodos destinos en el punto (f).

(f) Situación: se guarda la tabla de los procesos candidatos a ser migrado con sus posibles nodos destinos. Se elabora un vector de nodos con todos los procesos y los nodos disponibles compatibles dentro del sistema distribuido. Cada registro cuenta con información del nodo origen, proceso, los nodos con

que es compatible, los pesos de transferencia de los recursos para cada nodo si se hiciera la migración y la que ronda fueron seleccionados. La elección del nodo inicia el proceso con menor peso de transferencia de recurso, si existe dos procesos con el mismo peso de transferencia de recurso, se define por la prioridad del proceso, dando oportunidad de elección al proceso con mayor prioridad.

(d) Situación: se verifica si la carga del nodo supera un cierto límite, éste se refiere al valor mínimo de carga que debe superar el nodo para considerarse como cargado (a modo de ejemplo el valor mínimo de carga podría ser un 70%).

Primera alternativa (si): dado que la carga nodal supera el límite establecido se pasa al punto (e) para verificar si dentro del SD existen nodos con carga baja.

Segunda Alternativa (no): dado que la carga nodal no supera el límite se vuelve al punto (c) para evaluar otro nodo.

(e) Situación: se verifica si existen nodos con carga baja a donde puedan migrarse procesos.

Primera alternativa (si): si existen nodos con carga baja se pasa al módulo de procesos en (g) para analizar cada proceso con que cuenta el nodo.

Segunda alternativa (no): si no quedan nodos con carga baja se vuelve al punto (f).

Evaluación a nivel de procesos

La información resultante de la evaluación del estado de los nodos ayuda a identificar aquellos con carga alta, sus procesos y los recursos tanto locales como remotos vinculados con este último.

En el punto (g) de la Figura 3, se da inicio al módulo de procesos, y es en donde se analiza el escenario a nivel de procesos, dentro de cada nodo.

(h) Situación: se verifica dentro del nodo si existen procesos que aún no han sido evaluados.

Primera alternativa (si): si existen procesos por evaluar se selecciona el siguiente proceso disponible y se pasa al punto (i) para verificar la prioridad del proceso.

Segunda alternativa (no): si ya no quedan procesos por evaluar se vuelve al módulo nodos en el punto (a).

(i) Situación: Se calcula el promedio de las prioridades del proceso en relación a cada solicitud de recurso, queda fuera de evaluación aquellos procesos que tenga prioridad de procesos igual a 0 (cero). Se verifica si el promedio de prioridad del proceso es mayor que un límite establecido. Se toma solo aquellos procesos cuyo promedio de prioridad supere 0.6, siendo que uno con prioridad baja no va a impactar si se traslada a un nodo aliviado.

Primera alternativa (si): si supera el límite establecido se pasa al a evaluar a los posibles nodos destinos en el punto (j).

Segunda alternativa (no): si el promedio de prioridad de proceso no supera el límite establecido se vuelve a evaluar otro proceso en el punto (h).

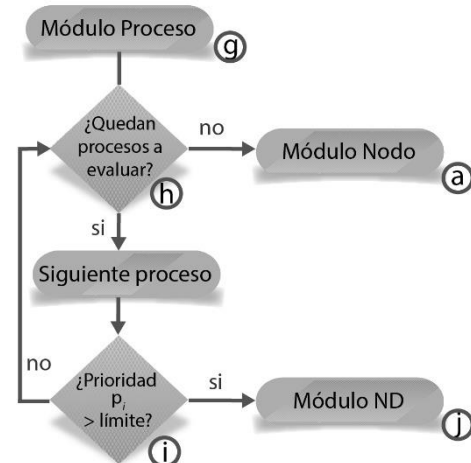


Figura 3. Módulo procesos

Evaluación a nivel nodo destino (ND)

Una vez evaluado los procesos del nodo con carga alta, se realiza la comparación de los recursos locales en relación a los remotos, con el fin elaborar la lista preliminar de los procesos migrables y sus posibles nodos destinos.

En el punto (j) de la Figura 4, se activa el módulo de nodos destinos, donde se buscan nodos remotos que puedan tener recursos para cada proceso evaluado, y así, favorecer a aquellos que tengan más peso de recursos, para que la migración contemple el menor impacto en la transferencia al pasar los recursos locales que pueda tener en un momento dado un proceso, a remotos. Cualquier nodo remoto compatible con ese nodo origen será evaluado, y podrá ser candidato a convertirse en un nodo destino.

(k) Situación: se verifica dentro del sistema distribuido si existen posibles nodos destinos (ND) que aún no han sido evaluados.

Primera alternativa (si): si existen nodos destinos que aún no han sido evaluados se selecciona el siguiente nodo destino y se pasa al punto (l).

Segunda alternativa (no): si no existen nodos destinos para evaluar entonces se vuelve al módulo de procesos en el punto (g).

(l) Situación: se evalúa si para el proceso en cuestión existen nodos destino con carga baja y compatibles (NDBC) en relación a compatibilidad de códigos, arquitectura, set de instrucciones, etc.

Primera alternativa (si): si para el proceso existen nodos con carga baja y compatibles se pasa al punto (m).

Segunda alternativa (no): si no existen nodos con carga baja y compatibles entonces se vuelve al punto (g).

(m) Situación: se verifica si el proceso tiene asociado recursos remotos (RR)

Primera alternativa (si): si el proceso tiene recursos remotos se realiza (o).

Segunda alternativa (no): si el proceso no tiene recursos remotos entonces evaluamos (n).

(n) Situación: se verifica si el proceso en cuestión tiene recursos locales.

Primera alternativa (si): si el proceso tiene recursos de forma local se evalúa (p).

Segunda alternativa (no): si el proceso no tiene recursos de forma local entonces se vuelve a (j).

(o) Situación: se verifica si el proceso en cuestión tiene recursos locales.

Primera alternativa (si): si el proceso tiene recursos de forma local se realiza (r).

Segunda alternativa (no): si el proceso no tiene recursos de forma local entonces se ejecuta el punto (v).

(p) Situación: se verifica si la sumatoria de pesos de los recursos locales (SP_{RL}) es menor a un límite, en este caso el valor límite es 1 (uno).

Primera alternativa (si): si la sumatoria de pesos de los recursos locales es menor a 1 (uno) entonces se ejecuta el punto (q).

Segunda alternativa (no): si la sumatoria de pesos de los recursos locales es no menor a 1 (uno) entonces se vuelve al punto (j).

(q) Situación: Se almacena el valor resultante de la suma de pesos de recursos locales, peso de transferencia que generaría la migración del proceso al nodo destino.

(r) Situación: Se verifica si la suma de los pesos de los recursos remotos (SP_{RR}) es mayor a la suma de los pesos de recursos locales.

Primera alternativa (si): Si la sumatoria de los pesos de recursos remotos es mayor al peso de los recursos locales se realiza (s).

Segunda alternativa (no): Si la sumatoria de los pesos de recursos remotos es menor al peso de los recursos locales se realiza (t)

(s) Situación: Se verifica si la suma de los pesos del recurso local es menor a un límite (para este caso límite es igual a uno).

Primera alternativa (si): si la suma de los pesos del recurso local es menor al límite entonces se realiza (u).

Segunda alternativa (no): si la suma de los pesos del recurso local es mayor al límite se evalúa (t).

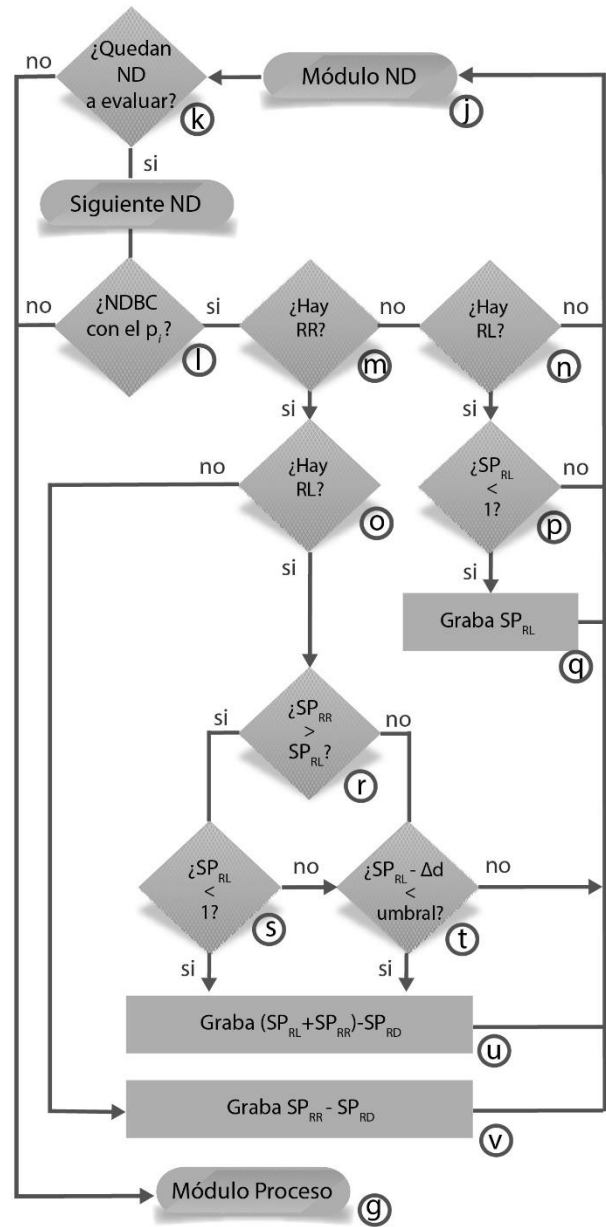


Figura 4 Módulo nodo destino

(t) Situación: se verifica si la suma de los pesos de recursos locales menos Δd (Δd es el peso de los recursos destino más un 20% del total de pesos de recursos del proceso) es menor a un umbral (para este caso umbral es igual a uno).

Primera alternativa (si): si la suma de los pesos de recursos locales menos Δd es menor a un umbral, entonces se realiza el punto (u).

Segunda alternativa (no): si la suma de los pesos de recursos locales menos Δd es mayor a un umbral, se vuelve a (j).

(u) Se almacena el valor resultante de la suma de pesos de recursos locales más la suma de los pesos de los recursos remotos menos la suma de pesos de recursos destino (SP_{RD}), peso de transferencia que generaría la migración del proceso al nodo destino.

(v) Se almacena el valor resultante de la suma de pesos de recursos locales menos la suma de pesos de recursos destino peso de transferencia que generaría la migración del proceso al nodo destino.

Pruebas y resultados

Módulo nodo

Para la prueba se tienen diez nodos dentro del sistema distribuido con sus respectivas cargas. Para el cálculo de la carga nodal se tendrán en cuenta, para cada nodo, el porcentaje de CPU, porcentaje de memoria, porcentaje de entrada/salida. El promedio de estos permitirá clasificar la carga en Alta, Media o Baja carga.

Para verificar la compatibilidad entre nodos se tendrá en cuenta una tabla de configuraciones, con datos sobre la arquitectura (x86-x64), sistema operativo (Linux, Windows, Mac, entre otros) y características especiales de hardware y de software.

Módulo Proceso

Se evalúan los procesos con promedio de prioridad superior a 0.6.

p₁₁ (0.725); p₁₂ (0.667); p₁₃ (0.688); p₁₄ (0.663); p₁₅ (0.675); p₃₁ (0.767); p₃₂ (0.800); **p₃₃ (0.538)**; p₃₄ (0.775); p₃₅ (0.743); p₃₆ (0.789); p₃₇ (0.720)

El p₃₃ no entra en la evaluación porque no supera el valor mínimo

Módulo nodo destino

En la Tabla 1 se observa las compatibilidades de nodos destinos con respecto a los procesos. En los nodos destinos puede haber o no recursos de cada proceso.

Tabla 1: Nodo destino

Proceso	ND compatibles	
	Con recursos	Sin recursos
p ₁₁	2	3;4;8;9
p ₁₂	2;3	4;6;8;9
p ₁₃	2;3	4;7;8;9
p ₁₄	2;3	4;6;7;8;9
p ₁₅	2;6	3;4;8;9
p ₁₆	2;3	4;6;8;9
p ₁₇		2;3;4;6;8;9

Vector general

En la Tabla 2 se observa el vector general de procesos, resultado de la evaluación de las diferentes situaciones que pueden presentarse dentro de un sistema distribuido para la migración controlada de procesos. En el vector se almacenan datos de procesos, sus nodos compatibles y los pesos de transferencia que se generaría si el proceso se migra a ese nodo. Las celdas de color gris oscuro indica el peso de transferencia que generaría si el proceso se migrara a ese nodo donde el proceso tiene asignado algún recurso, las celdas de color gris claro indican nodos compatibles y con carga baja

con respecto al proceso, pero no tiene asignado recursos dentro de esos nodos.

El primer paso que habrá que realizar a partir de los datos del vector general es dividirlo en dos vectores, uno primario y otro secundario. La diferencia radica en que el primero intenta favorecer a los procesos que tienen recursos en los nodos destinos, es decir, cuya migración implicaría una reducción en el impacto de entrada salida con respecto a aquellos que no tengan recursos en nodos destinos. El segundo vector se analizará luego de que el primero evalúe todas sus solicitudes.

Tabla 2: Vector general de procesos

Procesos	Nodos Compatibles	2	4	5	6	7	8	9	10
		p ₁₁	2;4;8;9	0.6	2.7				2.7
p ₁₂	2;4;6;8;9	2.3	3.5		3.5		3.5	3.5	
p ₁₃	2;4;7;8;9	4.1	5.1			5.1	5.1	5.1	
p ₁₄	2;4;6;7;8;9	4.1	3.4		5.3	5.3	5.3	5.3	
p ₁₅	2;4;6;8;9	5.3	5.9		4.5		5.9	5.9	
p ₁₇	2;4;6;8;9	0.9	0.9		0.9		0.9	0.9	
p ₃₁	9								2.2
p ₃₂	9								1.5
p ₃₄	9								3.9
p ₃₅	2;4;6;8;9	2.7	4.5		4.5			4.5	
p ₃₆	5;6;9;10			4.6	4.6			4.6	4.6
p ₃₇	2;4;5;7;8;9	2.4	3.2	3.2		3.2	3.2	3.2	

Vector Primario

En la Tabla 3 se observa el vector primario que se obtiene del vector general de procesos, contiene datos solamente de aquellos procesos que tienen asignados recursos en los nodos destino.

Tabla 3: Vector primario

Procesos	Nodos Compatibles	2	4	5	6	7	8	9	10
		p ₁₁	2;4;8;9	0.6	2.7				2.7
p ₁₂	2;4;6;8;9	2.3	3.5		3.5		3.5	3.5	
p ₁₃	2;4;7;8;9	4.1	5.1			5.1	5.1	5.1	
p ₁₄	2;4;6;7;8;9	4.1	3.4		5.3	5.3	5.3	5.3	
p ₁₅	2;4;6;8;9	5.3	5.9		4.5		5.9	5.9	
p ₃₅	2;4;6;8;9	2.7	4.5		4.5			4.5	
p ₃₇	2;4;5;7;8;9	2.4	3.2	3.2		3.2	3.2	3.2	

Vector Secundario

En la Tabla 4 se observa el vector secundario que resulta del vector general de procesos, contiene datos de procesos que no tienen asociado recursos en nodos destino.

Tabla 4: Vector Secundario

Procesos	Nodos Compatibles	2	4	5	6	7	8	9	10
		p ₁₇	2;4;6;8;9	0.9	0.9		0.9		0.9
p ₃₁	9								2.2
p ₃₂	9								1.5
p ₃₄	9								3.9
p ₃₆	5;6;9;10			4.6	4.6			4.6	4.6

Se considerará para cada proceso el menor peso de transferencia en el vector primario, el que tiene menor peso tendrá prioridad en la selección del nodo destino.

La evaluación continúa con los procesos pendientes. Por cada proceso seleccionado se verifica que el porcentaje de migración del nodo origen sea menor al límite establecido, para este caso el nodo puede migrar procesos mientras no supere el 20%, este cálculo se realiza sobre la cantidad total de procesos por nodo.

Para la segunda ronda, del vector primario se elimina al p_{11} de la lista de procesos y al nodo 2 de la lista de nodos disponibles porque fueron asignados en la primera ronda. Los procesos cuyos recursos destino estaban únicamente en el nodo 2 pasan a formar parte del vector secundario. En esta ronda el p_{14} que es el siguiente proceso con menor peso de transferencia del vector primario, es para quien se selecciona nodo, en este caso nodo 4, nodo con recursos requeridos por el proceso. Con esta selección el nodo 1 supera el límite de porcentaje de migración de procesos y ya no es evaluado en la siguiente ronda.

Tercera ronda, del vector primario se elimina de la lista de procesos al p_{14} y de la lista de nodos disponibles al nodo 4 porque fueron seleccionados en la segunda ronda. Los procesos cuyos recursos destino estaban únicamente en el nodo 4 pasan a formar parte del vector secundario.

Teniendo en cuenta que el nodo 1 ya alcanzó el porcentaje máximo de migración de procesos, sólo se evaluarán los procesos del nodo 3 del vector secundario, dado que los procesos del nodo 3 en el vector primario, ya no tienen nodos disponibles. Los procesos del nodo 1 que no fueron asignados en el vector primario, se almacenan en un vector de procesos no migrables que se muestran en la Tabla 5: Vector de procesos no migrables.

En esta ronda el p_{32} es el proceso con menor peso de transferencia del vector secundario, es a éste para el que se selecciona el nodo 9 que es compatible y con carga baja.

Cuarta ronda, del vector secundario se elimina de la lista de procesos al p_{32} y de la lista de nodos disponibles al nodo 9 porque fueron seleccionados en la tercera ronda. Los procesos cuyos recursos remotos estaban solamente en el nodo 9 pasan a formar parte del vector de procesos no migrables en la Tabla 5: Vector de procesos no migrables.

Tabla 5: Vector de procesos no migrables

Procesos	Nodos Compatibles	6	7	8	10
p12	2;4;6;8;9	3.5		3.5	
p13	2;4;7;8;9		5.1	5.1	
p15	2;4;6;8;9	4.5		5.9	
p17	2;4;6;8;9	0.9		0.9	
p31	9				
p34	9				
p35	2;4;6;8;9	4.5			
p36	5;6;9;10	4.6			4.6

En esta ronda, el p_{37} es el siguiente proceso con menor peso de transferencia del vector secundario, es a éste para el que se selecciona el nodo 5 que es compatible y con carga baja. Con esta selección el nodo 3 supera el límite de porcentaje de migración de procesos y ya no será evaluado en este ciclo. Teniendo en cuenta que los nodos con carga alta (nodo 1 y nodo 3) ya alcanzaron el límite de porcentaje de migración de procesos se pasa a los vectores finales.

Vector de procesos no migrables

En la Tabla 5: Vector de procesos no migrables se observa el vector de procesos no migrables que resulta de los procesos y nodos que no fueron seleccionados.

Vector de procesos migrables ordenado

En la Tabla 6 se observa información referente a los procesos seleccionados, nodo destino, estado del nodo destino, nodo origen, proceso, peso de transferencia y en que ronda fueron seleccionados. Aquí se muestran los procesos que van a ser migrados de un nodo con carga alta a otro nodo con carga baja y compatible.

Tabla 6: Vector de procesos migrables ordenado

ND	Estado	NO	Proceso	Peso de transferencia	Ronda
2	Asignado	1	p11	0.6	1
9	Asignado	3	p32	1.5	3
5	Asignado	3	p37	3.2	4
4	Asignado	1	p14	3.4	2

Nota: ND: Nodo Destino; NO: Nodo Origen

CONCLUSIONES

Se ha obtenido un procedimiento innovador para el estudio de la migración de procesos, utilizando el enfoque de competencias y el aprendizaje basado en el alumno.

El procedimiento propuesto, mediante su minuciosa descripción, a través del desarrollo de actividades personalizadas, permitirá al alumno, de manera activa, aplicar los conocimientos a la vez que los aprende, y descubre su utilidad.

El análisis de situaciones problemáticas consideradas en la propuesta contempla el balanceo de carga, la migración de los procesos, el impacto de la transferencia de procesos, permitiendo que en el proceso enseñanza/aprendizaje los alumnos propongan modificaciones a la propuesta y evalúen dichos cambios.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue parcialmente financiado por el Proyecto "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”, código: 20F005 de la UNNE.

REFERENCIAS

- [1] 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).
- [2] Ricart, G. & Agrawala, A. K. 1981. “An Optimal Algorithm for Mutual Exclusion in Computer Networks.” *Communications of the ACM* 24(1).
- [3] 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).
- [4] Lodha, S. & Kshemkalyani, A. 2000. “A Fair Distributed Mutual Exclusion Algorithm.” *IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems* 11(6).
- [5] La Red Martínez, D. L., Acosta, J. C. & Agostini, F. 2018. “Assignment of Resources in Distributed Systems.” *IMCIC 2018 - 9th International Multi-Conference on Complexity, Informatics and Cybernetics, Proceedings* 2.
- [6] Agostini, F. & La Red Martínez, D. L. 2019. “Allocation of Shared Resources.” *14th Iberian Conference on Information Systems and Technologies - CISTI 2019*. 1–6.
- [7] Agostini, F., la Red Martínez, D. L. & Acosta, J. C. 2019. “Assignment of Resources in Distributed Systems with Strict Consensus Requirements.” in *IMCIC 2019 - 10th International Multi-Conference on Complexity, Informatics and Cybernetics, Proceedings*. Vol. 1.
- [8] Agostini, F. 2019. “Nueva Propuesta Para La Administración de Recursos y Procesos En Sistemas Distribuidos”. Universidad Nacional del Nordeste.
- [9] Beiruti, M. A. & Ganjali, Y. 2020. “Load Migration in Distributed SDN Controllers.” in *Proceedings of IEEE/IFIP Network Operations and Management Symposium 2020: Management in the Age of Softwarization and Artificial Intelligence, NOMS 2020*.
- [10] Upadhyay, A. & Lakkadwala, P. 2015. “Migration of over Loaded Process and Schedule for Resource Utilization in Cloud Computing.” in *2015 4th International Conference on Reliability, Infocom Technologies and Optimization: Trends and Future Directions, ICRITO 2015*.
- [11] Deshmukh, S. C. & Deshmukh, S. S. 2015. “Improved Load Balancing for Distributed File System Using Self Acting and Adaptive Loading Data Migration Process.” in *2015 4th International Conference on Reliability, Infocom Technologies and Optimization: Trends and Future Directions, ICRITO 2015*.
- [12] Junaidi, J., Wibowo, P., Yuniasri, D., Damayanti, P., Shiddiqi, A. M. & Pratomo, B. A. 2020. “APPLIED MACHINE LEARNING IN LOAD BALANCING.” *JUTI: Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi* 18(2):76.
- [13] Banerjee, S. S., El-Hadedy, M., Lim, J. Bin, Kalbarczyk, Z. T., Chen, D., Lumetta, S. S. & Iyer, R. K. 2019. “ASAP: Accelerated Short-Read Alignment on Programmable Hardware.” *IEEE Transactions on Computers* 68(3):331–46.
- [14] Liu, H., Jin, H., Xu, C. Z. & Liao, X. 2013. “Performance and Energy Modeling for Live Migration of Virtual Machines.” *Cluster Computing* 16(2):249–64.
- [15] Asadi, A. N., Azgomi, M. A. & Entezari-Maleki, R. 2020. “Analytical Evaluation of Resource Allocation Algorithms and Process Migration Methods in Virtualized Systems.” *Sustainable Computing: Informatics and Systems* 25:100370.
- [16] Chiclana, F., Herrera, F. & Herrera-Viedma, E. 2001. “Integrating Multiplicative Preference Relations in a Multipurpose Decision-Making Model Based on Fuzzy Preference Relations.” *Fuzzy Sets and Systems* 122(2).
- [17] Dong, Y., Zhang, H. & Herrera-Viedma, E. 2016. “Consensus Reaching Model in the Complex and Dynamic MAGDM Problem.” *Knowledge-Based Systems* 106.
- [18] Sohrabi, Z. & Mousavi Khaneghah, E. 2020. “Challenges of Using Live Process Migration in Distributed Exascale Systems.” *Azerbaijan Journal of High Performance Computing* 3(2):151–63.
- [19] Rathore, N. & Chana, I. 2014. “Load Balancing and Job Migration Techniques in Grid: A Survey of Recent Trends.” *Wireless Personal Communications* 79(3).
- [20] Chang, C., Hadachi, A. & Srirama, S. N. 2020. “Adaptive Edge Process Migration for IoT in Heterogeneous Fog and Edge Computing Environments.” *International Journal of Mobile Computing and Multimedia Communications* 11(3).
- [21] Beiruti, M. A. & Ganjali, Y. 2020. “Load Migration in Distributed SDN Controllers.” in *Proceedings of IEEE/IFIP Network Operations and Management Symposium 2020: Management in the Age of Softwarization and Artificial Intelligence, NOMS 2020*.
- [22] Fernández-Hawrylak, M.; Sánchez Ibáñez, A. (2020). “Las actividades de enseñanza-aprendizaje en el Espacio Europeo de Educación Superior: las actividades prácticas con herramientas web 2.0”. *Academia y virtualidad*. 13(1), 61-79.
- [23] Albizu, M. R., & Fondón, M. D. (2013). Reinventando la rueda: una experiencia de aprendizaje por descubrimiento en la asignatura de Sistemas Operativos. *ReVisión*, 6(1), 3.
- [24] Quiroz, J. E. S. (2016). Metodologías centradas en el alumno: la llave para innovar con TIC en Educación Superior. *REGIES: Revista de Gestión de la innovación*, 1(1), 89-111.