

Currículum, Clusters, Cuadrículas y Datos Masivos: Tratado Proposicional de Revisión de Literatura en Recursos Informáticos de Computación de Alto Rendimiento en la Nube Multinacional

C. Miranda de Jesús y M. A. Carro, *Candidatos en M.Sc en Ingeniería de Computadoras, UT, SUAGM*

Abstract—El Zúrich-Basel *Plant Science Center*, por sus siglas en inglés, del *Eidgenössische Technische Hochschule Zürich* (Escuela Politécnica Federal de Zúrich; ETH Zürich; ETH-Z) - Alma mater de von Neumann, Albert Einstein - enuncia alto estándar estableciendo las complejidades de una revisión literario-científica.¹ Engendramos nuevo género, el *Tratado Proposicional de Revisión de Literatura*, como aquel englobando revisión de literatura científica conjuntamente con proposición científico-pedagógica. Revisamos literaturas acaparando los ámbitos pedagógico-técnicos del paralelismo en *clusters* y cuadrículas (*grid computing*, por sus siglas en inglés), en el contexto del procesamiento de datos masivos. Enunciamos narrativa de sus pretextos, con énfasis en la arquitectura y los retos de la ingeniería de clusters y cuadrículas (*grid*) dentro del contexto de los datos masivos, proponiendo que dentro del currículo se haga la práctica mediante el uso de laboratorio.

Keywords—*Procesamiento de datos masivos, cluster grid computing, ingeniería de currículo.*

ACRÓNIMOS:

- ADN: *Ácido desoxirribonucleico*
- CPU: *Central Processing Unit*
- DM : *Datos Masivos (Big Data)*
- DOC: *Decentralized Online Clustering Algorithm*
- GPU: *Graphical Processing Unit*
- HPC: *High Performance Computing*
- RAM: *Random Access Memory*

I. INTRODUCCIÓN

Como resultado de la creciente interconexión digital de las sociedades surgen subproductos de información sin precedentes. La capacidad de minar, procesar y analizar ésta data para aumentar el patrimonio neto, la competitividad estratégica y el aprovechamiento económico

engloba la formalización de una nueva industria, con sinnúmero de retos [1], comúnmente referida como *Analytics*. La habilidad de concatenar múltiples fuentes “independientes” de información y descubrir las subyacentes interrelaciones entre ellas presenta, entre otras vertientes, novedosas disciplinas académicas y oportunidades de desarrollo económico. Éste paradigma popularmente se conoce como el de los Datos Masivos (*Big Data*) [1]. Se estima que el mercado de DM y *business analytics* crecerá a una tasa compuesta de crecimiento anual del 11,7%, de \$130.1 miles de millones de dólares en 2016 a \$203 miles de millones de dólares en 2020 [2].

No obstante, aunque los DM procesados en la nube ofrecen/prometen aumentar substancialmente el valor de las organizaciones, alcanzar ese retorno de inversión requiere necesariamente superar múltiples desafíos. Uno de los aspectos envolviendo el rendimiento del procesamiento de Datos Masivos (DM) en el contexto de *High Performance Computing* (HPC) es la localidad de los datos (*data locality*) [1]. Dado el alto volumen de data a procesarse en el paradigma de DM, el costo de transportar la información a nodos particulares para su procesamiento resulta ser impráctico. Assunção *et al.* enuncian la necesidad de enfoques alternos para el procesamiento de DM dentro del contexto de HPC en la nube, e.g. las cuadrículas (*data grids*; y consecuentemente los *clusters*) [1]. Ésto presupone la añadidura e ingeniería de currículos concisos o especializados a nivel de pregrado y de posgrado en formación del capital humano necesario para el avance de ésta *industria*.²

Actualmente, la formación y el desarrollo de las habilidades necesarias para emerger en el campo de HPC se adquieren, principalmente, mediante estudios independientes relacionados a HPC, cursos de maestría/doctorado o centros especializados de formación [3]. Con excepción de los cursos avanzados COMP 6786 (*High-Performance Computing, graduate*) y CIIC 4019 (*High-Performance Computing, undergraduate*), ofrecidos en el RUM (Recinto Universitario de Mayagüez de la Universidad de Puerto Rico), no existen otros cursos (en Puerto Rico)³ que

C. Miranda de Jesús y M. A. Carro son estudiantes graduados en el Departamento de Ingeniería Electricista y de Computadoras de la Escuela de Ingeniería José Domingo Pérez de la Universidad del Turabo, SUAGM. Monografía sometida el día 12 de mayo del año dos mil diecisiete A.D.

¹http://ueberfachliche...ethz.ch/.../guidelines_review_article.pdf

²Dígase por *industria* HPC de DM en la nube mediante *cluster, grid computing*.

³Basado en investigación de los autores.

empresan la enseñanza de HPC, *cluster* y *grid computing* a nivel post-secundario. Para abordar la cuestión de la escasez de competencias en el HPC, es esencial proporcionar pedagogías-curriculares tanto de postgrado como de pregrado. Aunque el diseño y desarrollo de dichos cursos en los campos de los sistemas distribuidos a gran escala en la nube como *clusters* y cuadrículas (*grid*) debe tomar en cuenta la palingenesis del cambio continuo, no obstante los estudiantes al completar tales cursos graduados o sub-graduados habed de estar a la vanguardia de éstas tecnologías en su práctica y teoría, preparados para emprender sus conocimientos laboral o empresarialmente en actuales o futuras empresas dentro de ésta área de rápido crecimiento.

En éste manuscrito monográfico, exponemos, un tratado proposicional de revisión de literatura, narrativo, acerca de las tendencias emergentes en el campo de HPC, *cluster*, y *grid computing* en la nube dentro del contexto del procesamiento de DM. Motivados por sus dinámicas emergentes y potencial para el desarrollo económico, proponemos curricular-estructura para el emprendimiento académico-práctico de tal currículo, fundamentando la *arquitectura de sus activos - id est su hardware - en equipos decomisados* y la *ingeniería de sus pasivos - id est su software - en sistemas de código abierto*. En la primera parte revisamos literaturas englobando la “*taxonomía*” de los DM y las particularidades de HPC en la nube mediante *clusters* y cuadrículas (*grids*); en la segunda parte proseguimos a enunciar potencial implementación en el currículo, mediante el uso de equipos decomisados y sistemas de código abierto.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

A. HPC

Los datos de HPC y Big son nuevas tecnologías vitales para el avance en la ciencia, los negocios Y la industria. Al identificar la Importancia estratégica de la HPC y de la infraestructura electrónica como motores del crecimiento y bienestar, se señala que la formación y las competencias avanzadas debían ser de la formación postdoctoral, pero que el fundamento básico debe ser puesto en el nivel de pregrado.

Según estudios realizados en Europa para impulsar la innovación en los negocios y la industria y apoyar la investigación científica, no es suficiente Invertir sólo en la infraestructura de hardware y software de los sistemas HPC, sino también para invertir en La formación de mano de obra calificada y conocedora capaz de utilizar la tecnología HPC y Capaz de desarrollar y construir nuevas infraestructuras HPC y Big Data. Con el fin de colmar la brecha entre la necesidad de personal competente en HPC y la Calificados de ingeniería y cursos de postgrado de ingeniería, es necesario diseñar y desarrollar HPC Cursos y formación como parte de los programas de pregrado, postgrado e investigación [1].

B. Clusters

Los “clusters” a gran escala a menudo fallan debido al fracaso de un componente individual o un error derivado de una falla en las interacciones complejas entre los componentes, y como los “clusters” se hacen cada vez más y más grandes, la frecuencia de convertirse en una preocupación real y muy importante aumenta. El monitoreo de estos complejos sistemas e interacciones para detectar y predecir fallas y otras condiciones basados en la gran cantidad de datos de monitoreo son para garantizar la fiabilidad. Ha habido enfoques en la forma de diagnósticos que ayudan en la comprensión y corrección de los errores después de que sucedan, y en algunos casos pueden prevenir algunos fallos futuros. Mientras que la detección y el diagnóstico es esencial una vez que el error ha ocurrido, la confiabilidad y el tamaño de estos sistemas hacen que sea imposible para los administradores del sistema resolver todos los fallos de manera oportuna y así evitar el tiempo de inactividad del sistema. Por esta razón, la predicción se está volviendo importante, ya que permite adoptar medidas preventivas por los administradores, o incluso automáticamente, que garantizan la fiabilidad del sistema [4].

C. Fallas

Se ha demostrado que las anomalías registradas en los registros de eventos del sistema que proporcionan buenos indicadores de fallas a menudo, minutos o incluso horas antes de que el fallo del sistema ocurra pueden ayudar a detectar estas fallas en tiempo de ejecución convirtiéndose en una valiosa herramienta en la predicción de fallas. La lista de fallas es estática y sólo puede derivarse mediante un análisis exhaustivo sin conexión de múltiples conjuntos de registros. Se ha encontrado que las anomalías de recursos de los datos que están defectuosos están presentes la mayor parte del tiempo en nodos defectuosos. Así, la detección de anomalías en recursos de nodo en tiempo de ejecución también podría ser utilizado como un medio para predecir bloqueos débiles futuros, potencialmente con el mismo o mayor tiempo que el proporcionado por los eventos de falla y con ventaja adicional de tener una mayor capacidad de adaptación a las condiciones cambiantes del sistema [4].

D. Registros

Los llamados registros racionalizados nos proveen un formato normalizado que contiene información sobre uso de recursos, ID de trabajo, ID de nodo y hora. Con éstos podemos predecir futuros bloqueos blandos con precisión. En los supercomputadores que tienen miles de nodos, cada uno produciendo monitoreo detallado de datos cada segundo que se debe comprobar anómalo o no anómalo es realmente un problema difícil, y es donde las soluciones son insuficientes, ya que el comportamiento anómalo detectado tan pronto como ocurre para anticipar el fallo, en estas escalas, empieza a convertirse en un cuello de botella. Una solución totalmente distribuida puede evitar el problema de cuello de botella de los datos y también aprovechar la potencia de todos los nodos presentes en el sistema [4].

A medida que los superordenadores crecen, comienza la predicción de fallos a convertirse en una herramienta fundamental para garantizar confiabilidad. En uno de los trabajos recopilados por Pelaez *et al.* se propuso el DOC (*Decentralized Online Clustering Algorithm*) como una solución y permitir la supervisión y predicción en línea descentralizada por medios de detección de anomalías de recursos utilizando registros del sistema que demostró que este enfoque arrojó resultados favorables, exactitud similar a la de otros métodos relacionados, precisión y recordación, e incluso superarlos en algunos casos, demostrando que las anomalías encontradas usando sólo un subconjunto de las características de los registros racionalizados, de hecho, puede predecir la falla. Dado que el éxito de cualquier predicción de falla del sistema depende de que sea ligero y capaz de escalar a miles de nodos, en este sentido fueron realizados varios experimentos y demostraron que DOC tiene muy poco impacto en el CPU, la memoria y el uso de ancho de banda (con alrededor del 2% sobrecarga de rendimiento, utilizando menos de 10 MB de RAM y consumiendo en promedio 5 MB de ancho de banda por nodo en total). En el lado de la escalabilidad, demostraron que DOC es capaz de manejar al menos 60k eventos utilizando hasta 5k nodos, una escala en que las típicas técnicas centralizadas fallan debido a la enorme comunicación y rendimiento [4].

III. PROPUESTA DE LABORATORIO

A. Recomendación de Cursos

Programación en lenguaje C / C ++, comunicaciones, sistemas informáticos, arquitectura y sistemas operativos. Los cursos deben contener los siguientes temas: Revisión de la arquitectura de sistemas informáticos, *multicore* - unidades de procesamiento gráfico (GPU), sistema operativo Linux, redes informáticas y almacenamiento, *cluster middleware* OSCAR, *Grid Globus* toolkit, *Condor middleware*, *Message (MPI)*, programación paralela básica utilizando *MPICH* y *OpenMP*, aceleración y eficiencia de la programación paralela.

B. Laboratorio

Experimentos: Deben ofrecer la experiencia práctica necesaria con el “software” de *middleware* de *cluster* y *grid* necesario para construir, implementar y evaluar aplicaciones de *cluster* y *grid*. Proporcionar tal enfoque práctico y experiencia en la informática de alto rendimiento en la licenciatura y cursos de postgrado. Se recomienda utilizar software de código abierto y desarrollo HPC. Al diseñar los módulos para la enseñanza del HPC a nivel de pregrado, en los cursos avanzados se deben desarrollar cursos de computación *cluster* y *grid* para estudiantes de ingeniería e informática que ya tengan algún conocimiento en campos relacionados con *cluster* y *grid* tales como ingeniería de sistemas informáticos, redes, sistemas operativos y programación. Se recomiendan sistemas operativos de código abierto, *middleware* de *cluster*, *grid software*, MPI (interfaz de paso de mensajes), entornos de programación en paralelo y conocimientos prácticos en tecnologías HPC.

Con el fin de apoyar la enseñanza experimental basada en la solución de problemas y promover la investigación de HPC, se debe iniciar un proyecto para establecer un laboratorio de alto rendimiento de computación (HPC). El uso de éstos recursos debe comenzar a nivel subgraduado en la Escuela de Ingeniería, extendiéndose a nivel graduado trabajando con los investigadores de ciencias, arte, diseño y arquitectura, y el personal de los servicios de computación y biblioteca [1].

Deben ofrecer experiencia práctica en arquitecturas orientadas a servicios de cluster, cloud, grid, informática, Big Data, manejo de registros, nodos etc. Se puede hacer sin necesidad de comprar equipos costosos de supercomputación. Los grados de MSc en Big Data deben centrarse en análisis, aprendizaje de lenguaje de máquina y sistemas distribuidos.

Existe la necesidad de cursos de licenciatura que se centren en la escasez de esta importante área estratégica para la economía. Además, esto justifica el diseño y desarrollo de módulos de computación de cluster y grid.

Para el equipo de laboratorio los módulos de cluster y grid deben involucrar a los estudiantes en la construcción de sus propios dispositivos de cluster, con material reciclado de PC dentro del laboratorio utilizando equipos de red con sistema operativo Linux de código abierto y *middleware* de cluster grid. Ésto aumenta aún más el compromiso de los estudiantes, y en algunos, a repetir los experimentos en casa utilizando equipo en desuso y el conocimiento y las habilidades adquiridas en los cursos. Se puede construir un clúster de computadoras dedicado, construido a partir de un número determinado de máquinas reconstruidas por los estudiantes para la enseñanza de los cursos. Los cursos deben ser basados en el trabajo de laboratorio práctico. Trabajar con diferentes arquitecturas y plataformas informáticas y la evaluación de su rendimiento. Éste escenario de la vida real proporciona un enfoque práctico para la solución de problemas en la enseñanza de los sistemas cluster y grid.

C. Recomendaciones para el Estudiantado

Los estudiantes deben ser alentados a la investigación de los sistemas de supercomputación existentes, para compararlos y contrastarlos con los clusters de pequeña escala y la red del campus, para presentar sus hallazgos en una sesión de seminario. Hay que motivar a los estudiantes a comparar diferentes arquitecturas de sistemas, identificar posibles cuellos de botella y mejorar el rendimiento de los sistemas. Como resultado del desarrollo, los cursos de software se deben actualizar cada año, según la tecnología cambia, ya que la misma puede quedar obsoleta en cualquier momento. El estudiante hay que exponerlo desde sus comienzos a los sistemas, sus fallas y soluciones para crear la fuerza laboral necesaria para enfrentar los nuevos retos que se avecinan con la estructura de alta velocidad para “quantum” y “ADN”.

IV. CONCLUSIÓN

En esta revisión de literatura se exponen las necesidades actuales dentro de las tendencias de DM y computación de alto rendimiento en *cluster* y *grid*. Particularmente, se narran las necesidades de personal competente en el diseño y desarrollo de HPC dentro del contexto de los DM. Se discuten algunas de las fallas de software y hardware de los clusters analizando la frecuencia de las fallas para prevenirlas. Para garantizar la confiabilidad, accesibilidad e integridad del grid, se proponen soluciones como el DOC *Decentralized Online Clustering Algorithm*. En base al crecimiento económico esperado de ésta industria - \$203 miles de millones de dólares para el año 2020 - se presenta la necesidad de crear nuevos currículos dirigidos a la práctica y desarrollo de software y hardware para HPC en cluster y grid en distintas arquitecturas y sistemas operativos. Proponemos la creación de laboratorios, a nivel subgraduado y graduado, utilizando equipos en desuso para la construcción de clusters con propósito de aprendizaje en la implementación de nuevas tendencias.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a el Dr. Miguel Goenaga por la oportunidad de presentar éste escrito como parte de el curso de *Advanced Computer Architectures* y por los conocimientos impartidos. Igualmente agradecemos a el Dr. Jeffrey Dufany y el Dr. José Miguel Almodóvar por su enseñanza.

REFERENCES

- [1] V. Holmes and I. Kureshi, "Developing high performance computing resources for teaching cluster and grid computing courses," *Procedia Computer Science*, vol. 51, pp. 1714–1723, 2015.
- [2] "Double-digit growth forecast for the worldwide big data and business analytics market through 2020 led by banking and manufacturing investments, according to idc." [Online]. Available: <https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS41826116>
- [3] M. D. Assunção, R. N. Calheiros, S. Bianchi, M. A. Netto, and R. Buyya, "Big data computing and clouds: Trends and future directions," *Journal of Parallel and Distributed Computing*, vol. 79-80, pp. 3–15, 2015.
- [4] A. Pelaez, A. Quiroz, J. C. Browne, E. Chuah, and M. Parashar, "Online failure prediction for hpc resources using decentralized clustering," *2014 21st International Conference on High Performance Computing (HiPC)*, 2014.



Carlos Miranda de Jesús es un estudiante graduado, del Departamento de Ingeniería Electricista y de Computadoras de la Escuela de Ingeniería José Domingo Pérez de la Universidad del Turabo, SUAGM.



Manuel Carro es un estudiante graduado en el Departamento de Ingeniería Electricista y de Computadoras de la Escuela de Ingeniería José Domingo Pérez de la Universidad del Turabo, SUAGM.