

Iniciativa Exascale (14 Julio 2017)

J. D. Rangel, J. Agudelo

Universidad Industrial de Santander, UIS
Bucaramanga, Colombia

email: danieljrangel@outlook.com

email: jhbr08@hotmail.com

Resumen— La iniciativa Exascale es un proyecto que tiene sus raíces en Estados Unidos de América (UEA), y surge con el fin de mejorar y optimizar la supercomputación ya existente, a tal punto de que sea 50 veces más veloz y más potente. En relación a esto, en este artículo se hace un análisis de las investigaciones y los proyectos que se han dado con el propósito de centrar los factores a tener en cuenta, para llevar esta iniciativa a un ámbito nacional.

Abstract— The Exascale initiative is a project that has its origins in the United States of America (USA), and it arises with the final intention to improve and optimize existing supercomputing, to the point that it gets 50 times faster and more powerful. Regarding this, In this article an analysis is made of the researches and the projects that have been given with the purpose of centering the factors to take into account, and to take this initiative to a national scope.

Palabras clave— ECP, Exascale, Departamento de Energía (DOE, *The Department of Energy*)

I. INTRODUCCIÓN

La computación desde sus comienzos ha tenido diferentes limitaciones en sus distintas épocas, siendo la más recurrente la relación entre el consumo energético y el rendimiento de las máquinas a nivel físico, esto incluye también las diferentes limitaciones que pueden presentar por usar determinados elementos para su elaboración, características medioambientales, etc. Pero esto no ha impedido que se siga investigando y logrando cada día más avances en este campo, muy importante hoy en día. Actualmente el hecho de tener cada vez más recursos nos lleva a tener más preguntas que contestar, aunque algunas de ellas exijan todavía más de lo que se tiene disponible, como lo puede ser el proyecto Cerebro Humano (Human Brain Project) que busca simular o superar la cantidad de sinapsis existentes en un cerebro humano real en un super computador, es aquí donde la iniciativa Exascale (Exascale Initiative) tiene una de las aplicaciones más prometedoras. Y para llevar a cabo estos proyectos correctamente hay que tener en cuenta cada detalle que se puede mejorar y superar, es aquí donde el proyecto

Mont-Blanc busca dar soluciones de mayor eficiencia energética para los sistemas Exascale futuros.

II. EXASCALE

1. *Acerca de Exascale*

El último hito de la informática en cuanto a nivel de rendimiento de los super computadores fue la escala pentaescala que es mil billones de cálculos por segundo (10^{15}), pero aunque estos cálculos son bastante potentes se busca cada día mejorar nuestros recursos disponibles por lo que nace la iniciativa Exascale que trata de elevar esos cálculos a un trillón de cálculos por segundo (10^{18}). Se busca tener superordenadores que simulen de manera más realista aquellos procesos de diferentes áreas como la medicina de precisión, el clima, fabricación de biocombustibles, relación de energía y uso del agua, física cuántica y microscópica en materiales ya descubiertos, etc. Stephen Lee, director adjunto de ECP (Proyecto de Computación Excascale) sostiene que el descubrimiento y su correcta aplicación de la computación Exascale traerá consigo una nueva generación de ideas, descubrimientos y soluciones a los problemas más difíciles.

2. *La iniciativa Exascale*

ECP por sus siglas en inglés, o Proyecto de Computación Exascale en español, es un proyecto nacido en Estados Unidos en el año 2015, bajo la premisa de acelerar el desarrollo de un ecosistema informático capaz de sobrellevar una arquitectura Exascale, este

proyecto tiene como finalidad optimizar la supercomputación ya presente en Estados Unidos mejorando en al menos 50 veces más los superordenadores más potentes con los que cuenta hoy en día esta nación. Para la realización de este proyecto se unieron esfuerzos entre dos grandes organizaciones norteamericanas pertenecientes a el Departamento de Energía de los Estados Unidos, las cuales son la Oficina de Ciencia (DOE-SC) y Administración Nacional de Seguridad Nuclear (NNSA).

Esta iniciativa comienza siempre con el fin de generar todo un ecosistema Exascale, por lo tanto, no solo toma el campo del desarrollo físico del sistema también abarca desarrollo de aplicaciones, software de sistema, tecnologías de hardware y arquitecturas, junto con un importante departamento de trabajo.

Proyecto Mont-Blanc

Nace en Europa en octubre del año 2011, bajo el objetivo de diseñar una arquitectura de ordenador capaz de otorgar soluciones energéticamente eficientes para dispositivos embebidos y móviles para el campo de computación de alto rendimiento (HPC) generando así normas para sus futuras aplicaciones a nivel global. Este proyecto comienza en Barcelona, por el Barcelona Supercomputin Center (BSC) financiado por la comisión europea. Años después se logra el desarrollo de un modelo de programación en paralelo OmpSs pensado en múltiples nodos, una verificación para la tolerancia a fallos, soporte para procesadores de 64 Bits ARMv8 y el diseño

Exascale Computing Initiative Proposed Timeline

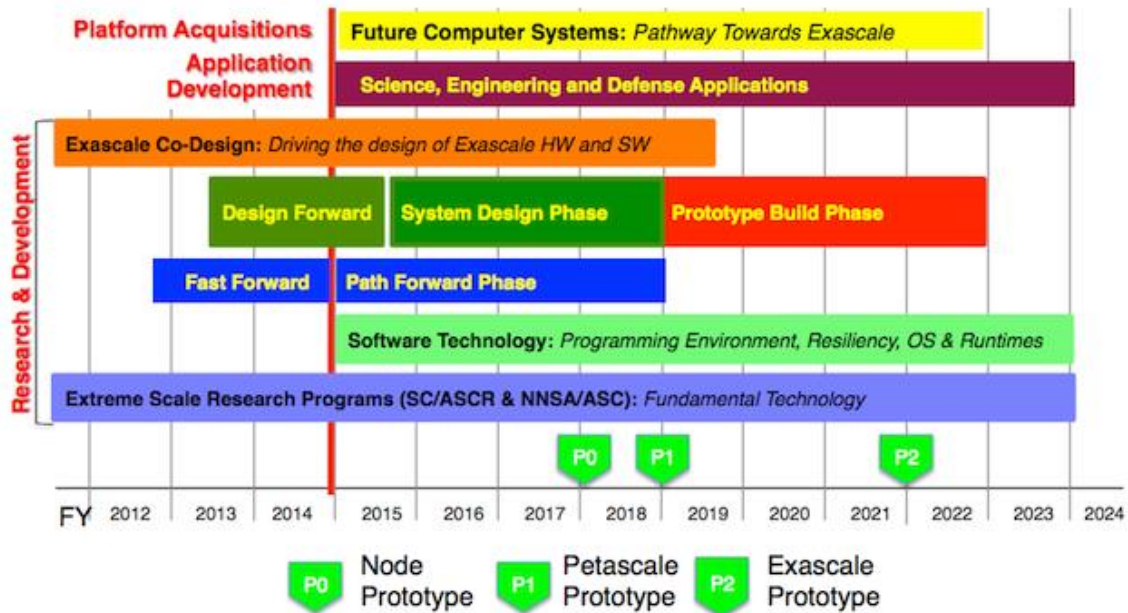


Figura 1: Cronograma ECP

inicial para la arquitectura Mont-Blanc Exascale, aquí concluyeron las fases 1 y 2 de este proyecto. Seguidamente la tercera fase fue llevada a cabo por Bull, la marca Atos para productos de tecnología y software, financiada nuevamente por la Comisión Europea bajo el programa Horizonte 2020. La tercera fase se enfoca en generar un diseño para el entorno HPC capaz de ofrecer una mejor relación entre energía y rendimiento bajo la ejecución de operaciones reales. Se espera que en 2017 los supercomputadores alcancen una potencia de cálculo de 200 Petaflops con un límite de consumo de 10 MW.

Actualmente viendo la lista del Top 500 encontramos que el supercomputador número 1 es el Tianhe-2 perteneciente a China el cual

consume exactamente 17,6 MW. El objetivo de este proyecto es con tan solo un aumento de 2,4 MW, es decir

llegar como máximo a los 20 MW, generar a una arquitectura de 1000 petaflops o 1 exaflops mejorando en una cantidad 20 veces mejor que sus antecesores.

3. Departamento de Energía

Es el gabinete del gobierno de Estados Unidos responsable de la política energética y de la seguridad nuclear, fundada en 1997 juntando diferentes agencias federales que trabajaban en políticas energéticas en un solo departamento.

El departamento de energía se une al proyecto Exascale al ver la necesidad de computación a gran capacidad, para lo cual se

usaron los proyectos Fast Forward y Design Forward cada uno con diferentes etapas, siendo su principal enfoque la computación de alto rendimiento. Estos dos proyectos toman su rumbo para el beneficio del proyecto Exascale cada uno cumpliendo con un papel importante en el proyecto en general. Fast Forward se encarga de diseñar los componentes físicos, esenciales para cualquier arquitectura, como lo son los campos que incluyen al procesador, la memoria y el almacenamiento de datos maximizando la eficiencia de energía y concurrencia. Por otro lado, y en paralelo, el diseño de Design Forward se centra la creación de sistemas integrados y su correcta interrelación o comunicación. Esta sinergia entre el departamento está orientado esencialmente hacia I+D (innovación y desarrollo).

- *Fast Forward:*

Su finalidad inicia siendo generar asociaciones con varias empresas para acelerar la I+D de los componentes críticos para la computación a escala extrema. El programa comienza en el 2011 con un periodo de desempeño pensado para dos años y una planeación de producción de 5 a 10 años. Busca satisfacer por medio de diseños la maximización de la energía y concurrencia aumentando al mismo tiempo el rendimiento, productividad y confiabilidad. La manera de proceder para este proyecto es analizar los posibles requisitos que se exijan a futuro con las tecnologías de supercomputación y estar preparados para posibles retos de los mismos.

- *Fast Forward-2*

En correlación a la anterior fase, se crea una segunda en la cual se siguen llevando los mismos parámetros, pero con un enfoque de arquitectura de nodo y tecnología de memoria. Se estima que los resultados de los proyectos producidos en esta fase se tendrán en un periodo de tiempo de 2020-2023. Aquí encontramos los proyectos ya llevados a propuestas, entre éstos encontramos a AAR Memory Technology, AAR Node Architectures, Cray Node Architecture, IBM Memory Technology, Intel Node Architecture, NVIDIA Node Architecture.

Tecnología de Memoria:

Proposed Exascale Memory Architecture

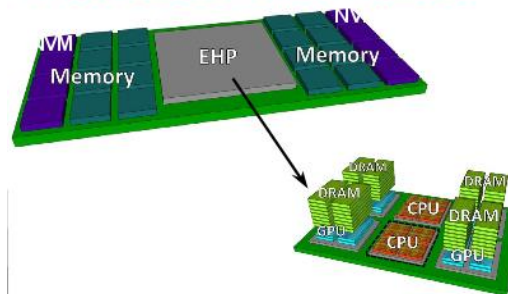


Figura 2: AAR Memory Technology

Consta de:

- Nueva interfaz de memoria avanzada
- Arquitectura de memoria multinivel y Soporte de software
- Arquitectura de procesamiento en memoria y Soporte de software
- Prueba de procesamiento en la memoria

Investigado por Michael Schulte y John Keaty.

Arquitectura de Nodos:

Proposed Exascale Node Architecture

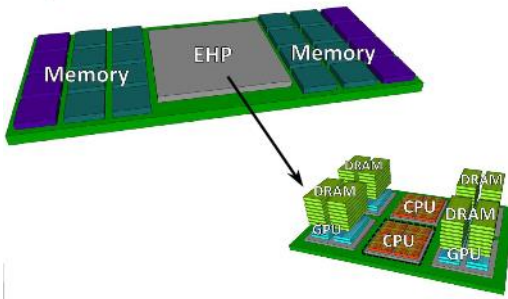


Figura 3: AAR Node Architectures

- Arquitectura, integración y evaluación de nodos
 - Mejoras en el diseño del procesador y SoC
 - Técnicas de Utilización de Energía
 - Mejoras en la Resistencia y Confiabilidad
 - Movimiento de Datos y Procesamiento en Memoria
 - Programación mejorada y aplicaciones
 - Infraestructura de Simulación y Modelado
- Investigado por Michael Schulte y John Keaty.

-Infraestructura para el modelado del rendimiento,

simulación y análisis

-Protocolo universal y especificación

-Desarrollo de diferentes tecnologías de memoria

-Eficiencia de la memoria

-Mejoras en la arquitectura de la interfaz de memoria

-Señalización off-chip de bajo consumo energético

-Señalización eficiente de energía dentro de las pilas

-Diseño DRAM de bajo consumo energético

-Habilitar una tensión DRAM reducida sin impacto significativo en el rendimiento

-Mejorar la ubicación de las filas DRAM con almacenamiento en memoria caché de DRAM

-Innovaciones en la administración de energía

- *Design Forward*

Su ejecución va en paralelo al desarrollo llevado a cabo por Fast Forward, este diseño busca suplir las necesidades que muchas de las aplicaciones de DOE exigen en los campos de computaciones, movimiento de datos y con fiabilidad. Se espera que los contratos o subcontratos generados de este desarrollo se lleven a ejecución en un periodo de dos años. Estas propuestas deben cumplir con explicar cómo sus investigaciones y logros van a influir en los objetivos a gran escala de DEO y sus

Tecnología de Memoria:

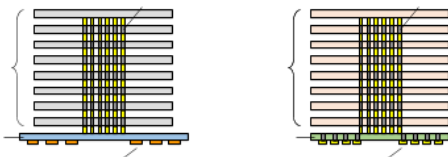


Figura 4: IBM Memory Technology

- Implementación flexible del controlador de memoria en un sistema de servidor comercial

aplicaciones, al igual mostrar un impacto en una comunidad más amplia a solo el proyecto, pudiendo llevar este potencial tecnológico a usos como los centros de datos, aplicaciones HPC y usos en la nube.

- *Design Forward-2*

Los sistemas de integración han sido el enfoque de la nueva fase que aún se encuentra vigente, aceptando nuevas propuestas que cumplan con lo requerido dicho anteriormente.

En esta propuesta encontramos proyectos como AAR system integration, Cray system integration, IBM system integration, Intel System integration.

- *Path Forward*

Finalmente encontramos la fase Path Forward, fase que busca soluciones que mejoren el rendimiento de las aplicaciones al mismo tiempo que se mantiene el pensamiento de maximizar la eficiencia energética y la fiabilidad de los sistemas Exascale.

El 11 de marzo de 2016 se publican en la página oficial del proyecto Exascale los requisitos técnicos para la fase Path Forward, requisitos que abarcan los puntos críticos acerca del desarrollo de tecnología Exascale a gran escala y sus consecuentes aplicaciones que deben estar pensadas en gran medida a la maximización de la eficiencia energética. Estos requisitos se enfocan en cuatro diferentes áreas:

Desarrollo de aplicaciones, Tecnología del software, Tecnología Hardware y sistemas Exascale.

La siguiente es un fragmento de la introducción tomado de los requisitos publicados el 11 de marzo del 2016, donde explican brevemente de que trata cada área, previamente traducido:

‘Desarrollo de Software: El esfuerzo Exascale de desarrollo de aplicaciones creará y/o potenciará aplicaciones importantes del DOE mediante el desarrollo de modelos, algoritmos y métodos; Integración de software y hardware mediante metodologías de co-diseño; Mejora sistemática de la preparación y utilización del sistema Exascale; Y demostración y evaluación de la integración efectiva de software / hardware.

Tecnología del Software: Para lograr el máximo potencial de la computación Exascale, la pila de software en la que se basan las aplicaciones de DOE SC y NNSA se mejorará para satisfacer las necesidades de las aplicaciones Exascale y evolucionará para utilizar las características de las arquitecturas de hardware Exascale de manera eficiente.

Tecnología de Hardware: El área de enfoque de Tecnología de hardware admite las actividades de I + D de hardware de proveedores y de laboratorio necesarias para diseñar al menos dos sistemas Exascale capaces con diversas características arquitectónicas en apoyo de las adquisiciones de sistemas HPC Exascale.

Sistemas Exascale: Esta área supera las brechas entre el alcance habitual de las instalaciones de HPE del DOE y los recursos adicionales necesarios para colocar los primeros sistemas de Exascale. Esta área de enfoque

incluye financiamiento para el trabajo de ingeniería no recurrente (NRE) a partir de 2019, financiamiento adicional de adquisiciones, preparaciones adicionales del sitio y financiamiento para prototipos y bancos de pruebas para el desarrollo de aplicaciones y pruebas de software. Las actividades de adquisición del sistema se coordinarán con las adquisiciones existentes del sistema 2023 del DOE HPC'

4. *Campos de aplicaciones de Exascale*

El ECP ha reconocido muchas áreas en distintos campos de investigación en los cuales se evidencia que los estudios de exascale tendrían un impacto sustancial. Las aplicaciones de ECP ofrecen una amplia gama en algunos pilares estratégicos tales como cuidado de la Salud, Sistemas Terrestres, Seguridad Económica, Seguridad Energética, Seguridad Nacional. Además, DOE ha ido desarrollando diversidad de proyectos en áreas de la ciencia y la energía, tales como Energía Eólica, Ciencia Química, Clima, Energía Nuclear, Ciencia de los Materiales, Física Nuclear, Redes Eléctricas, Astrofísica, Geociencia, Sísmica, Sistemas Urbanos. Estos campos tienen en común que requieren el movimiento de enormes volúmenes de información para la resolución algunos de sus problemas, y esto puede representar grandes costos de tiempo en análisis de datos.

En cualquiera de los campos de desarrollo del ECP siempre se busca proveer aplicaciones que sean producto de la investigación y que le den sentido a la construcción de un sistema exascale, es decir, que realmente se aprovechen al máximo

estos sistemas para que se resuelvan problemas críticos en estas áreas.

5. *Países con planes para sistemas exascale*

En el último año, se han revelado planes específicos para los sistemas de exascale en Japón, China, Francia y Estados Unidos. Si esto se mantiene, entre los años 2020 y 2023, los cuatro países mantendrán sus primeras máquinas exascales.

Cualquiera de estas naciones podría construir una computadora exascale hoy en día, siempre y cuando estén dispuestos a pagar una exorbitante suma de dinero para comprar un valor exaflops de hardware de computación de la era 2016, y luego alinear varios cientos de megavatios para alimentar a la bestia. Pero incluso con eso, habría que comprometerse un poco sobre la eficiencia computacional, dada la lentitud de las interconexiones actuales en relación con el gran número de nodos que se requeriría para un exaflop de rendimiento. Luego está el hecho de que no hay ni aplicaciones ni software de sistema exascale que estén listos, relegando tal sistema a un gigantesco clúster de trabajo compartido.

III. CONCLUSIONES

Debido a que la era exascale puede llegar a ser extremadamente impredecible y los grandes factores que implica incluirse en esta iniciativa, sería un poco difícil que Colombia entrara por sí sola en esta era, ya que la nación estaría obligada invertir exorbitantes sumas de dinero en componentes para un superordenador de la talla exascale, comprar exaflops de hardware y

a su vez alinear cientos de megavatios para alimentar a la super máquina, esto sería sumamente costoso. Sumado a esto Colombia tendría que invertir en la eficiencia computacional.

Sin embargo, si Colombia quisiera integrarse a la iniciativa exascale como un colaborador estaría en la total capacidad de hacerlo debido a que los RFL de DOE admiten que las entidades de otros países sean fundadas por el programa. Para poder llegar a esto es necesario de una propuesta que logre persuadir a DOE, y esto se logra cumpliendo ciertos principios, tales como el desarrollo e investigación en tecnología a largo plazo que no se encuentre en las rutas actuales, la demostración de que la elaboración de esta tecnología no solo beneficiara a los sistemas exascale sino que también al mercado más amplio de la computación. La clave está en la búsqueda de propuestas innovadores.

dia con China” *Revista Forbes*. Disponible en: <https://www.forbes.com/sites/aaronilley/2017/06/15/department-of-energy-invests-258-million-to-build-an-exascale-supercomputer-to-keep-up-with-china/#5d0d794c5ebc>

(The Next Platform) N. Hemsoth. (2016, abril). “Exascale Timeline Pushed to 2023: What’s missing in Supercomputing?”. Disponible en: <https://www.nextplatform.com/2016/04/27/exascale-timeline-pushed-2023-whats-missingsupercomputing/>

M. Feldman, 19 mayo, 2016 “La carrera de cuatro vías a Exascale” *Revista Top500*. Disponible en: <https://www.top500.org/>

REFERENCIAS

Proyecto de computación exascale (*ECP*). Disponible en: <https://exascaleproject.org/>

Iniciativa Exascale (*Exascale initiative*) Disponible en: <http://www.exascaleinitiative.org>

BDEC (*Big Data and Extreme-Scale Computing*). Disponible en: <http://www.exascale.org/bdec/>

Science Alert: China dice que su primer supercomputador “Exascale” está casi completo. Disponible en: <https://www.sciencealert.com/>

Wikipedia: Departamento Nacional de Energía de los Estados Unidos. Disponible en: <https://es.wikipedia.org>

Laboratorio Nacional Lawrence Livermore 7000 East: Programa de Computacion Exascale de DOE. Disponible en: <https://asc.llnl.gov/>

A. Tilley “Departamento de Energía invierte \$258 millones para contruir un supercomputador Exascale para mantenerse al