

INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y COMPUTACION DE ALTO RENDIMIENTO EN LA SOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE GRAN COMPLEJIDAD

ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND HIGH PERFORMANCE COMPUTING FOR SOLVE HIGH COMPLEXITY PROBLEMS

DIEGO GONZALEZ
Escuela de ingeniería de sistemas
Universidad Industrial de
Santander
Bucaramanga, Santander

CARLOS ALFONSO ESTEVEZ
Escuela de ingeniería de sistemas
Universidad Industrial de
Santander
Bucaramanga, Santander

JUAN SEBASTIAN LEON R.
Escuela de ingeniería de sistemas
Universidad Industrial de
Santander
Bucaramanga, Santander

NICOLAS GALVAN
Escuela de ingeniería de sistemas
Universidad Industrial de
Santander
Bucaramanga, Santander

HORDAN NAVARRO
Escuela de ingeniería de sistemas
Universidad Industrial de Santander
Bucaramanga, Santander

Resumen—En este artículo se presentan definiciones, características y relaciones de la computación de alto rendimiento e inteligencia artificial en el campo en que se desarrollan, esto con el fin de evidenciar la importancia de la correlación entre estos dos. Se presentan los funcionamientos, procesos, estructura y distribución espacial en la que estos se desarrollan, así como principales ventajas y desventajas durante su operación. De igual manera se abordarán temas de distinta índole que han surgido en la mayoría de las veces con necesidades o fines distintos en el ámbito de la ingeniería de sistemas y el desarrollo de software que con el transcurrir del tiempo y moldeado por las necesidades del entorno en el que se le ha dado uso y han convergido hasta los tiempos actuales en una solución conjunta con características ahora de unidad, donde se puede ver la IA y la HPC ya como complementarias y habitando un mismo entorno, en lo que se busca que al estar ambas tan entrelazadas le pueda dar nuevas aplicaciones en la vida diaria, tales como aplicaciones de IoT (internet of things), el uso del edge computing para potenciarlo en conjunto de las velocidades nuevas de 5G, un horizonte nuevo que se expande ante estas potentes herramientas.

Abstract—This article presents definitions, features and relations from High Performance Computing (HPC) and Artificial Intelligence on the field that they work, this having a purpose of show the importance and interrelationship between both. It presents the operation, process, structure and allocation space on the field that they work, just like main advantages and disadvantages during his operation. In the same way, it presents matters of different type that have appear mostly whit different needs or purpose on the field of Systems Engineering and software development that passing time and molding from environment needs where it use them and have coincide until nowadays in a combination solution whit features now as a unit, where it can see IA and HPC already as a complement and live in the same environment, where it find that as both are complements, it can give news applications of IoT (Internet of Things), the use of Edge Computing for improve it in group of 5G news speeds, a horizon that extend in front of these powerful tools.

I. INTRODUCCIÓN

Se puede evidenciar fácilmente, que el avance de la tecnología en los últimos años, ha tenido un crecimiento casi exponencial, se han desarrollado tecnologías para facilitar gran parte de las labores habituales del ser humano. Por otro lado, se han creado tecnologías de información y comunicación (TIC) con la cual, se ha facilitado la comunicación entre las personas estando en sitios muy alejados, o incluso en cualquier parte del mundo, pero no estas tecnologías no se usan solamente para que las personas se comuniquen. Hoy en día, este tipo de tecnologías de información, se usan como herramienta de trabajo, para mejorar la eficiencia de los empleados u operarios de una empresa, para facilitar procesos mecánicos o de cálculo, y para difundir información importante rápidamente. No obstante, con el gran avance de la tecnología también han avanzado problemas de gran complejidad, los cuales

requieren de mucha capacidad de procesamiento, almacenamiento y memoria por parte de los computadores, por lo cual, el ser humano se ve en la necesidad de crear nuevas herramientas y métodos con los cuales se puede dar frente a estos problemas. La computación de alto rendimiento (HPC) juega un papel muy importante, ya que mediante esta se logra una gran capacidad de procesamiento, esto lo hace mediante el uso de supercomputadores, clústeres, computación en paralelo e inteligencia artificial (IA).

La inteligencia artificial también juega un papel muy importante en la solución de estos problemas, ya que esta computación de alto rendimiento requiere el uso de clústeres, Edge Computing, y tecnologías como Kubernetes, por lo cual, la IA entra a ejercer cierto control en los diferentes nodos que se está trabajando.

El presente estudio, tiene como objetivo mostrar la convergencia entre la computación de alto rendimiento y la IA, al momento de solucionar problemas que requieren gran cantidad de análisis, procesamiento y memoria. Así mismo, se va a presentar que tan importante es esta convergencia. En relación a esto, también se presentarán diferentes tecnologías que se deben tener en cuenta en todos estos procesos, por lo que se desarrollará un marco teórico en el cual se presentan todos estos conceptos para posteriormente, utilizarlos durante el análisis y conclusiones.

II. RESEÑA DE CONCEPTOS

Antes de entrar en contexto, y con el fin de facilitar el análisis de lo que acá se propone, se dan a conocer algunos conceptos claves que se usarán más adelante, estos elementos juegan un papel importante en el tema principal de este artículo por lo que es de suma importancia darlos a conocer.

- HPC: La computación de alto rendimiento, es el uso de grandes capacidades de procesamiento, para resolver problemas de gran complejidad
- Computación paralela: En esta computación los problemas se resuelven procesando de manera simultánea las instrucciones, logrando una mayor eficiencia.
- Clúster: Son varias computadoras conectadas a través de una red compartiendo sus capacidades de memoria, almacenamiento y procesamiento.
- Bright Computing: Es un desarrollador de software que implementa y administra clústeres, clústeres de Kubernetes y nubes privadas en centros de datos locales y en la nube pública
- Inteligencia artificial: Son algoritmos desarrollados con el fin de que una máquina presenten comportamientos y capacidades a las del ser humano, esto con el fin de facilitar procesos complejos y cotidianos.
- Kubernetes : Es una aplicación de código abierto para administrar cargas de trabajo y servicios.

III. ESTADO DEL ARTE

Desde el inicio de nuestra historia los seres humanos hemos tenido la necesidad y la recursividad de aprender retomando lo que otros nos han dejado como legado y uno de estos fue la matemática donde grandes investigadores científicos mediante un lenguaje estandarizado trataron de describir los eventos que en la naturaleza sucedían haciendo modelos matemáticos que funcionaron de manera increíble, y de formas que eran increíbles pero estaban limitados por la capacidad humana de resolverlos con todo y lo que incluía como el tiempo necesario para cada problema, y la capacidad de hacer modelos matemáticos que describieran el sistema, todas estas limitaciones llevaron a los matemáticos a diseñar algunos modelos que permitieran llegar a una solución con un poco de desarrollo o pudieran tener un tiempo ilimitado de ejecución para llegar a cierta respuesta que aunque no exacta podría llegar muy cerca entonces nace la necesidad de poder ejecutar esos cálculos con un tiempo ilimitado y con la mayor cantidad de cálculos por segundo posible, estos retos matemáticos dan el nacimiento mancomunado al cómputo lo que en un principio resultaba en la solución de ejecutar sencillos cálculos, esto evolucionó hasta el punto de nacer la primera super computadora reconocida como tal, como lo sería CDC 6600 Diseñada en 1965 por Seymour Cray y fabricada por Control Data Corporation,

que con su CPU de 60 bits y 10 unidades periféricas de procesamiento daba la mayor capacidad de procesamiento del momento y se puso al alcance de las manos, los métodos de solución numéricos que constaban de grandes cantidades de cálculos que resultaban muy extensos y con resultados paupérrimos por tener que ser calculados a mano, se logró poder sistematizarlos y hacerlo cientos de veces mucho más veloz, de acá en adelante se inicia una carrera incansable que según lo planteado por la ley de Moore permitiría poner en cada dos años el doble de transistores presentes anteriormente en cada CPU lo que funcionó bien hasta casi finales de la década pasada donde los métodos de impresión litográfica tuvieron cada vez en más dificultades para reducir el tamaño de los mismos con lo que en el camino se fueron desarrollando soluciones para hacer computadores más potentes pero con la incapacidad de hacer unidades de cómputo más pequeñas lo que resultó en la creación de los clúster que con la aparición de nuevas tecnologías tanto en hardware como en software de distribución de cómputo, que con el tiempo desembocó en el concepto de High Performance Computing (HPC) donde de manera paralela terminó convergiendo con un modelo de programación que viene siendo tratado desde hace mucho tiempo en la investigación donde es un sistema que con ciertas reglas o señales iniciales fuese capaz de auto regularse y mantenerse funcionando de manera autónoma y que ejerciera alguna tarea, lo que ha irrumpido hasta ahora como Inteligencia Artificial IA que en ciencias de la computación, una máquina «inteligente» ideal es un agente flexible que percibe su entorno y lleva a cabo acciones que maximicen sus posibilidades de éxito en algún objetivo o tarea [8].

El uso de la IA ha tenido un gran auge pero a resultado en que para que estas puedan llegar a ser lo que en un principio se ha planeado que es cumplir una función o tener cierta característica necesitan de un sistema que pueda darle la potencia de ejecutar pruebas para aprender , lo que requiere grandes cantidades de poder procesamiento justo lo que resulto naturalmente en la convergencia de los dos, donde ambos aprovecharían las bondades de cada uno, y adaptando la tecnología de los contenedores para poder asimilar las HPC de forma más natural y nativa sin consumir tantos recursos como se hacía anteriormente con las máquinas virtuales, llegando hasta el día de hoy al punto que grandes empresas como Intel compren consorcios completos dedicados a los contenedores para IA como lo es la empresa Cray para ofrecer uno de los paquetes más robustos de ventas para super computadoras con estas características.

IV. HPC EN LA SOLUCION DE PROBLEMAS

Los grandes problemas de análisis recaen sobre las grandes arquitecturas de computación. Con el gran avance de la tecnología en los últimos tiempos, se han venido desarrollando problemas que tienen gran complejidad, y no han podido ser resueltos debido a la falta de capacidad de procesamiento de los computadores. A manera de solución de lo recién dicho, ingenieros expertos en computación de la mano con expertos en las ciencias aplicadas, han desarrollado técnicas, sistemas y tecnologías capaces de lidiar con estos problemas. La computación de alto rendimiento nace con el afán de poder dar solución a problemas que no se pueden tratar con una maquina estándar, por lo que mediante este tipo de computación se aprovechan las capacidades de dos o más computadores que conectados mediante una red pueden juntar sus capacidades, ya sean de procesamiento, almacenamiento o memoria, para de esta manera dar una mayor potencia de procesamiento y poder dar solución a estos problemas.

La computación en paralelo se introduce en la computación de alto rendimiento, y se base en realizar procesos de manera simultánea, esto con el fin de dar una mayor rapidez en la solución del problema [2].

En este ámbito que se va desarrollando cada vez más por la misma exigencia del mundo que cada vez más está más conectado ya su vez produciendo mayor cantidad de datos , el HPC nace como una forma de poder tratar con todas estas necesidades de procesamiento siendo un concepto integrado no solo de hardware sin incluyendo el software para un buen aprovechamiento del mismo y las cargas de trabajo que se van generando haciendo eficiente los mismos , esto es HPC una forma inteligente de aprovechar los recursos dependiendo de su uso e implementación haciendo que se pueda aprovechar de estos grandes sistemas de cómputo hasta su máximo potencial,

esto no solo va afinado en cuestiones de software que permite su aprovechamiento sino que también van diseñados de acuerdo a su uso y necesidades de los usuarios donde se tiene una gran diversidad de arquitecturas tanto de procesadores como de tarjetas gráficas, medios de almacenamiento sistemas de conexión y demás, que afectan en sobre manera los resultados pues una mala escogencia de estos componentes pueden generar cuellos de botella que a la larga significaba gastos económicos y de tiempo que al final no se vería presentes en los resultados del HPC.

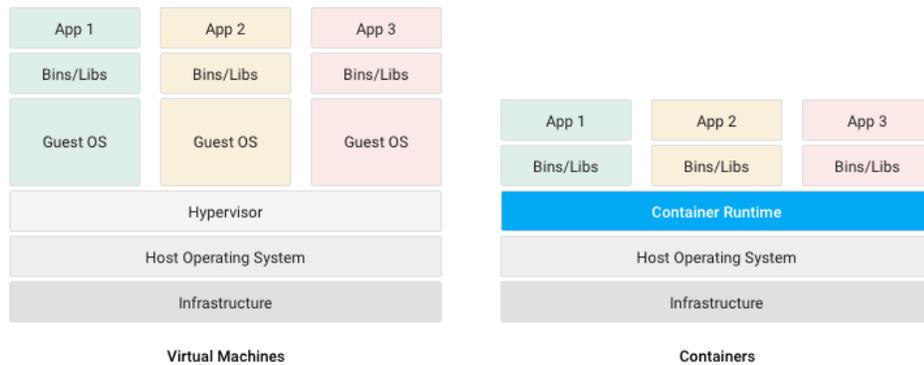
con su enfoque de poder ejecutar distintas tareas en distintos contenedores de la misma super maquina y la propia escalabilidad casi infinita con la que cuenta el HPC, podemos ver que dentro de ella que el enfoque de la inteligencia artificial (IA) y el deep learning (DL) pueden ser muy provechoso y lo abordaremos en las siguientes secciones.

V. CONVERGENCIA HPC E IA

La convergencia entre la computación de alto rendimiento y la inteligencia artificial se debe a la relación simbiótica existente entre ellas, esto puede observarse en los términos de big data ya que la computación de alto rendimiento genera grandes volúmenes de datos y en cambio la inteligencia artificial en específico el machine learning necesita estas cantidades de datos para entrenar modelos. Además, la IA puede mejorar la efectividad y la calidad de las simulaciones HPC utilizando machine learning para identificar los parámetros que tienen un efecto significativo en la salida de la simulación y así centrar las siguientes iteraciones en estos parámetros.

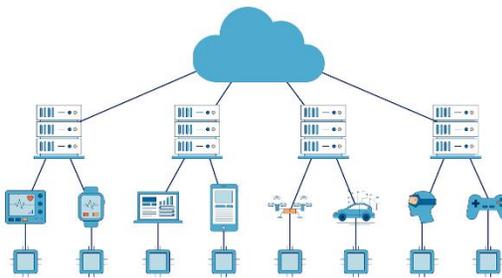
¿por qué se plantea la convergencia? la convergencia parte del hecho de que tanto HPC como la IA requieren infraestructuras de alto rendimiento para lograr resultados favorables ejecutando exhaustivas cargas de trabajo, esta infraestructura no solo es costosa sino además es en gran parte muy similar tanto para HPC como para IA.

Es por esto que las organizaciones tildan de inevitable la convergencia ya que es más viable tener un clúster auto escalable con la capacidad de determinar la demanda de recursos dependiendo de la carga del trabajo y dinámicamente asignarlos entre la IA y el HPC según lo exija la demanda y las políticas, a tener un clúster dividido en HPC y otra parte IA que, en lugar de converger, coexistirían que nos limitaría siempre a los recursos con los que fueron divididos[3].



Imag 2: Diferencias de los contenedores y las maquinas virtuales

VI. EDGE COMPUTING



Imag 2: Concepto de Edge Computing

cuando nos referimos a este término pensamos en una supercomputadora puesta en algún rincón de california o algún otro país potencia de la tecnología que se encuentra resguardados en tremendas cantidades de seguridad, pero es un poco lo contrario el Edge Computing (EC) es lo contrario a esta visión donde en vez de pensar en lugares lejanos debemos pensar en que estos sistemas de supercómputo están mucho más cerca de nosotros tanto que podrían hacer muchas de las tareas que haces diariamente en tiempo real sin tener problemas de conexión lenta o mala conexión,

lo que abordamos en este tema de Edge Computing es hacer más cercano a nosotros estos sistemas de supercómputo haciendo uso de este concepto y de sus ventajas en una sociedad cada vez más necesitada de capacidades de cómputo más grandes y de respuesta más veloz.

ya no se trata solo de hacer búsquedas en algún motor que demore un poco y nos de las respuestas que necesitamos ahora se trata de situaciones que merecen respuestas constantes con un margen de error de tan solo de milisegundos, y es en todas estas circunstancias donde las grandes capacidades del HPC vienen a servirnos acompañada de otros grandes servicios como;

- fácil desarrollo que no requiere grandes habilidades de los encargados.
- bajos costos de gerencia de muchos clústers.
- sistemas automatizados en los distintos lugares.
- funciona en lugares con poco ancho de banda también.
- diseñado para la seguridad.
- inteligencia artificial, procesamiento de datos y control automático donde sea necesario.

Es en este punto donde se hace visible la posibilidad de implementar este diseño de nodos con unos nodos aún más pequeños a los que podríamos designar como el internet de las cosas o IoT aunque no es el único y puede ser aplicado el concepto en otras formas.

VII. MACHINE LEARNING O IA

En general las IA han tenido una explosión abrumadora en las últimas décadas gracias al aumento del poder de cómputo y por la capacidad del ser humano de hacer que las herramientas para hacerlas realidad como hardware y software se hayan desarrollado también de forma muy acelerada, estos aspectos del desarrollo tecnológico han favorecido el machine learning y aumentado todas las posibilidades de aplicación de la misma de tal forma que ya no es solo un área de estudio sino que a día de hoy tiene un montón de aplicaciones en el diario vivir de las personas desde celulares cada vez más inteligentes hasta sistemas de información que con tus datos de distinta índole aprenden de tus gustos y crean campañas de ventas capaces de hacer cosas que antes no se podían con solo hacer encuestas.

la proliferación de las mismas a abierto un nuevo paradigma en las supercomputadores y clúster donde se trataba en su mayoría de enfocar o afinar las supercomputadoras para un solo tipo de trabajo y que cumpliera una misma tarea de forma eficiente casi sin ningún tipo de pérdida de potencia, pero con esta nueva forma de ver el mundo desde las perspectivas del machine learning se trata de enfocar a un clúster no solo diseñado para una sola tarea sino que también pueda a su vez albergar la información y tener dentro al mismo tiempo la capacidad de procesar los datos que la misma recibe a través del machine learning.

en la siguiente parte podremos ver como esta convergencia de estos dos conceptos pueden ser una gran herramienta.

VIII. AVANCES LOGRADOS MEDIANTE HPC E IA

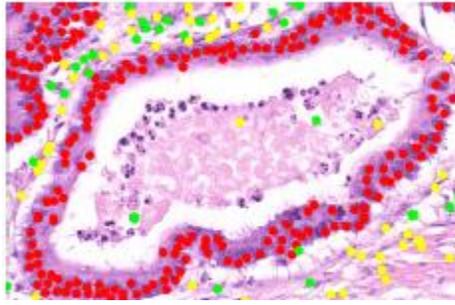
Simon warfield director del laboratorio de radiología computacional del hospital infantil de Boston y profesor de radiología en la escuela de medicina de Harvard trabaja en utilizar la inteligencia artificial para lograr un mejor diagnostico en los casos de daño cerebral incluido contusiones, desorden espectral de autismo y esclerosis múltiple de inicio temprano

el profesor warfield y su equipo creo una técnica llamada Difusión Compartment Imaging (DCI) que permite extraer la información clínicamente relevante acerca de suaves tejidos cerebrales. DCI es una mejora de Difussion-Weighted imaging (DWI), en español imagen ponderada por difusión es una forma de imagen de resonancia magnética (que es una técnica usada en radiología para formar imágenes de la anatomía y los procesos fisiológicos del cuerpo humano) basada en la medición del movimiento browniano aleatorio de las moléculas de agua dentro de un voxel(unidad cubica que compone un objeto tridimensional) de tejido. La dirección y magnitud diferencial de los movimientos provee los datos necesarios para identificar microestructuras en el cerebro y diagnosticar la integridad de las pistas neuronales y otros componentes de tejido blando.

Sin embargo aún falta para que el DCI sea una herramienta clínica útil ya que una sola escaneada DCI tarda una hora si se centra en una resolución espacial grande y alrededor de 10 minutos para la mayoría de las aplicaciones clínicas, el profesor Warfield optimizo su código gracias al Intel parallel computing center (IPPC) logrando así completar un estudio completo DCI en 16 minutos en una estación de trabajo, lo cual significa que DCI puede ser usado en situaciones de emergencia, en entornos clínicos y para evaluar la eficacia de tratamientos.

IX. DETECCION DE CELULAS CANCERIGENAS CON IA

la Universidad de Warwick, intel corporation, the alan turing institute y University Hospitals Coventry & Warwickshire NHS Trust (UHCW) realizan una colaboración para detectar y clasificar las células cancerígenas de una manera más eficiente y precisa utilizando inteligencia artificial. Científicos de la universidad de Warwick's Tissue image Analytics (TIA) Laboratory liderados por el profesor Nasir Rajpoot del departamento de ciencias de la computacion estan creando un repositorio con la variedad de tumores y células inmunes encontradas en miles de muestras de tejidos humanos, y están desarrollando algoritmos para reconocer estas células de una forma automática.



Imag 2: células de un tumor cancerígeno resaltado en rojo
(fuente: Universidad de Warwick)

el profesor Rajpoor comento “the collaboration will enable us to benefit from world-class computer science expertise at intel with the aim of optimizing our digital pathology image analysis software pipeline and deploying some of the latest cutting-edge technologies developed in our lab for computer-assisted diagnosis and grading of cancer.” [4]

X. APLICACIONES POSIBLES Y YA EXISTENTES

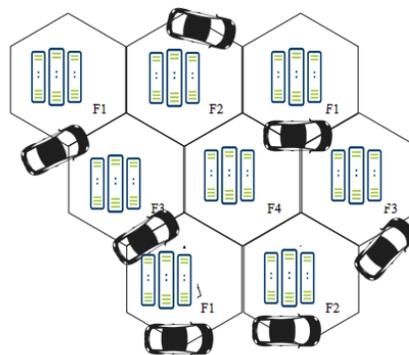
La próxima generación de supercomputadoras a exaescala que aplicarán la convergencia de HPC y IA nos permitirán tener los recursos para la investigación del cáncer, el modelado climático, tratamientos de salud e investigaciones en temas que contengan tantas cantidades de datos que hacían imposible el poder manejar esa carga de trabajo. Además, según los investigadores la potencia de cálculo de la exaescala permitirá explorar nuevos proyectos en campos como las simulaciones cosmológicas, descubrir nuevos fármacos o materiales para la creación de células solares orgánicas más eficientes.

Hemos podido hacer un recuento de tecnologías muy importantes en la realidad de la tecnología actual, pero de qué serviría si no son implementadas de una forma tangible o por lo menos de gran provecho para las personas, y una de las más importantes de estos conceptos podría ser la plataforma de Nvidia Now una de las abanderadas del concepto de videojuegos por streaming sin necesidad de tener componentes de hardware en casa que ejecuten los juegos directamente en el hogar sino que se ejecutan de manera remota en un nodo de este concepto llamado Edge Computing teniendo excelentes resultados no solo en la calidad gráfica de los mismos sino también teniendo una velocidad de respuesta por debajo de los 30 ms segundos, la desventaja para poder ejecutar los mismos con todas estas cualidades se necesita que el nodo que lo ejecute debe estar cerca al jugador por ende se necesita estar cerca a estos nodos y como estos nodos se encuentran en países como Estados Unidos y del primer mundo los países latinoamericanos no podrán disfrutar de los mismos. Lo que podría ser subsanado con la apertura de nuevos nodos alrededor del mundo para estar más cerca a los jugadores y ofrecer este servicio de gran calidad y cualidades increíbles:



Imag 3: requerimientos del pc para ejecutar cualquier videojuego en FHD.[5]

Otra de las posibles aplicaciones de la convergencia de la IA con el HPC lo podríamos ver en el uso del internet de las cosas ya no solo con aparatos pequeños y en uso de cosas poco importantes sino participando en papeles importantes de la vida diaria de las personas como controlando todo tipo de sistemas de transporte donde podría pasar a delegar por fin del todo al conductor haciendo lo ya un recuso para las masa volviéndolo mas confiable y fácil de implementar donde podríamos conectar las propias inteligencias artificiales de cada carro autónomo en mallas o paneles parecidos a los de el sistema de torres que usamos día a día en los celulares pero en ves de tener torres repetidores de señal, tendríamos un nodo de Edge computing con HPC y una IA integrada controlando la información de todos estos automóviles geocalizándolos de forma casi exacta y comunicándoles todas las acciones que se ejecutan en cada automóvil de forma casi inmediata mediante las grandes cantidades de transferencia y velocidad de respuesta como lo es el 5G, un símil de este concepto y una forma de ver que es totalmente probable y factible esta forma de conexión entre los automóviles esta presente en los videojuegos y los servidores capaces de ejecutar juegos con una gran demanda de precisión y velocidad de reacción como los juegos de FPS (First Person Shooter) que en perspectiva tienen servidores en otras ciudades y a veces países, lo que genera un retraso en la velocidad de transferencia y en nuestro caso al estar en la misma ciudad no solo uno sino varios HPC bien distribuidos lo que permitiría que el retraso de la información seria casi que nula y nos apoyaríamos ya de la eficiencia que tenga la IA presente en el HPC y la forma en que ejecuta los cálculos.



Imag 4: concepto de la red de HPC con IA para el manejo de los sistemas de transporte autónomo.

XI. CONCLUSIONES

En la sociedad, dentro de las ciencias de la computación, la de la Inteligencia Artificial es una de las áreas que causa más expectación. Que un sistema pueda mejorar su comportamiento sobre la base de la experiencia y que, además, tenga una noción de lo que es un error y que pueda evitarlo, resulta muy interesante. No obstante, la IA no es algo nuevo, lleva décadas de estudio y está en constante evolución. Los métodos tradicionales en Inteligencia Artificial que permitieron el desarrollo de los primeros sistemas expertos y otras aplicaciones han ido de la mano de los avances tecnológicos y las fronteras se han ido expandiendo constantemente cada vez que un logro, considerado imposible en su momento, se vuelve posible gracias a los avances en todo el mundo.

Con este fin, el estudio de HPC y la relación con la IA da paso a una nueva tecnología que sirve de nexo entre ambas y esta constituye un tercer elemento como lo es la Big data, los avances en HPC han permitido acabar con la limitación de procesar gran cantidad de datos algo para lo que la tecnología ha sido fundamental, nos encontramos en el punto en el que los sistemas, gracias a su potencia de hardware y al desarrollo de software específico para este fin, son capaces de procesar todos esos datos, estén o no estén estructurados, y de ofrecernos completas analíticas que nos ayuden a extraer conclusiones y a actuar en consecuencia. La convergencia entre la HPC y la IA se debe principalmente a la similitud de la infraestructura necesaria y a el aumento de las posibilidades al pasar de tener un clúster que en lugar de estar dividido en una parte para HPC y otra para IA trabajando de forma independiente en los cuales se desaprovechan recursos a pasar a un clúster que determine la demanda y asigne dichos recursos dinámicamente compartidos entre HPC y la inteligencia artificial. Esto no solo incrementa el rendimiento en procesos de HPC e IA, además aumenta la accesibilidad y convierte los clústeres en máquinas más polifacéticas potenciando así sus posibles aplicaciones.

También cabe resaltar que el rendimiento de la supercomputación de alto rendimiento y la inteligencia artificial no depende solamente de su convergencia y su capacidad de procesamiento, también depende en gran medida de la optimización del código, por lo tanto, es de suma importancia aplicar conceptos de paralelismo para de esta forma aprovechar todos los recursos que ofrecen las máquinas y más aún la nueva era exaescala.

XII. REFERENCIAS

- [1] Gottlieb, Allan; Almasi, George S. (1989). Highly parallel computing. Redwood City, California.: Benjamin/Cummings
- [2] Dash, Y. (2019). An Insight into Parallel Computing Paradigm. 2019 2nd International Conference on Intelligent Computing, Instrumentation and Control Technologies (ICICT), Intelligent Computing, Instrumentation
- [3] Bill Wagner (2019). The Convergence of HPC and IA. Insidehpc recuperado de <https://insidehpc.com/2019/08/the-convergence-of-hpc-and-ai/>
- [4] Rob Farber (2017).AI-HPC is Happening Now, insideHPC
- [5] Nvidia (2020) [Online].Available: <https://www.nvidia.com/en-us/geforce-now/system-reqs/>
- [6] Yaozhong Song, Stephen S. Yau, Ruozhou Yu, Xiang Zhang and Guoliang Xue (2017) An Approach to QoS-based Task Distribution in Edge Computing Networks for IoT Applications.
- [7] W. Hu, Y. Gao, K. Ha, J. Wang, B. Amos, Z. Chen, P. Pillai, and M. Satyanarayanan, “Quantifying the impact of edge computing on mobile applications,” in Proc. ACM SIGOPS Asia-Pacific Workshop on Systems, 2016, pp. 5:1–5:8.
- [8] Poole, David. (2018) «Computational Intelligence: A Logical Approach» . Nueva York: Oxford University Press. p. 1.