

Sistemas de Informação (EACH-USP)
Organização e Arquitetura de Computadores II
**HPC5 - PowerEdge C4140, Xeon Gold 6252 24C
2.1GHz, NVIDIA Tesla V100, Mellanox HDR
Infiniband**

Grupo No. 9

Mirela Mei - 11208392
Sergio Guilherme Rodrigues da Rocha - 11270906

09 de dezembro de 2021

Abstract

Análise da organização e arquitetura do computador HPC5, número 9 no ranking TOP500 List - June 2021, com o objetivo de estudar a metodologia que avalia o desempenho das máquinas, buscando entender como são classificadas na lista e suas principais características.

1 Introdução

O presente relatório tem como objetivo analisar a arquitetura e a organização da máquina HPC5, usando como base o ranking TOP500 de Junho de 2021 (top500.org), o qual mostra os 500 sistemas de computador mais poderosos disponíveis comercialmente.

Um computador é uma máquina (conjunto de partes eletrônicas e eletro-mecânicas) capaz de sistematicamente coletar, manipular e fornecer os resultados da manipulação de dados para um ou mais objetivos. O esquema básico de um processamento de dados (manual ou automático) resulta em um produto acabado: a informação. Assim, os dados precisam ser processados para que algum resultado tenha significado para alguém ou para o próprio computador.

A constante busca de técnicas mais eficazes de processamento de dados, aliada ao natural avanço tecnológico em diversos outros ramos de atividade, conduziu ao desenvolvimento de equipamentos de processamento eletrônico de dados - os computadores - capazes de coletar, armazenar e processar dados muito mais rapidamente que os antigos meios manuais.

Um sistema computacional é composto por hardware e software. Hardware é o nome que se dá para a parte física do computador (mouse, teclado, caixas de som, placas, fios, componentes em geral), e software refere-se a toda parte lógica do computador, ou seja, os programas. As duas partes são imprescindíveis para o funcionamento do mesmo.

O computador deve possuir alguma forma de armazenamento (temporária ou permanente) para que os dados coletados ou processados possam ser guardados, ou seja, uma memória, que irá armazenar os bits. A menor unidade de informação em um computador é o bit, podendo assumir os valores 0 ou 1.

A CPU (Central Processing Unit ou Unidade Central de Processamento) é a parte do computador

que interpreta e executa as instruções contidas no software. Na maioria das CPUs essa tarefa é dividida entre uma unidade de controle que dirige o fluxo do programa e uma ou mais unidades que executam operações em dados. O ciclo básico de execução de qualquer CPU é buscar a primeira instrução da memória, decodificá-la para determinar seus operandos e qual operação executar com os mesmos, executá-la e então buscar, decodificar e executar a instrução subsequente. É constituída pelos seguintes componentes: a ULA (Unidade de Lógica e Aritmética), a UC (Unidade de Controle) e os registradores.

O processo de evolução dos computadores iniciou-se na década de 40. O destaque é para o matemático John Von Neumann, que criou o conceito de programa armazenado, utilizado até hoje. Outras evoluções estão alinhadas principalmente com a eletrônica, pela substituição das válvulas (que aqueciam e queimavam frequentemente) pelos transistores. Desde então, os computadores foram reduzindo de tamanho e aumentando sua capacidade de processamento e armazenamento.

A expressão "arquitetura de computadores" pode ser atribuída a Lyle R. Johnson, Muhammad Usman Khan e Frederick P. Brooks, Jr, em 1959, quando eram membros do departamento de Organização de Máquinas da IBM. Caracteriza-se pelo projeto conceitual e fundamental da estrutura operacional de um sistema computacional.

A arquitetura de computadores refere-se ao comportamento de um sistema computacional visível para o programador, ou seja, aos aspectos relacionados com a execução lógica de um programa. A organização de computadores se refere às unidades estruturais e seus relacionamentos lógicos e eletrônicos (STALLINGS, 2010).

Supercomputador é um computador com altíssima velocidade de processamento e grande capacidade de memória. Tem aplicação em áreas de pesquisa que grande quantidade de processamento se faz necessária, como pesquisas militares, científica, química e medicina. Supercomputadores são usados para cálculos muito complexos e tarefas intensivas, como problemas envolvendo física quântica, mecânica, meteorologia, pesquisas de clima, modelagem molecular (computação nas estruturas e propriedades de compostos químicos, macromoléculas biológicas, polímeros e cristais) e simulações físicas, como simulação de aviões em túneis de vento, simulação da detonação de armas nucleares e investigação sobre a fusão nuclear. O desempenho de um supercomputador é comumente medido em operações de ponto flutuante por segundo (FLOPS) em vez de milhões de instruções por segundo (MIPS).

O ranking TOP500 tem como base para comparação uma série de características medidas e analisadas nos supercomputadores, tais como:

- Nworld: Posição no ranking
- Manufacturer: Fabricante ou vendedor
- Computer: Tipo do computador
- Installation Site: Cliente
- Location: País de localização
- Year: Ano de instalação/Última grande atualização
- Field of Application: Campo de aplicação
- Cores: Número de processadores
- Memory: Quantidade de armazenamento (GB)

- Linpack Performance/Rmax: Maior performance LINPACK alcançada (TFlop/s)
- Theoretical Peak/Rpeak: Pico teórico de performance (TFlop/s)
- Nmax: Tamanho do problema para alcançar Rmax
- N1/2: Tamanho do problema para alcançar metade do Rmax
- Power: Consumo de bateria (Kw)

2 Desenvolvimento

HPC5 - PowerEdge C4140, Xeon Gold 6252 24C 2.1GHz, NVIDIA Tesla V100, Mellanox HDR Infiniband

A Eni (uma multinacional italiana de petróleo e gás com sede em Roma) apresentou seu supercomputador mais poderoso e eficiente chamado HPC5, abreviação de High Performance Computing – Layer 5. A Eni geralmente está envolvida no desenvolvimento de tecnologias para melhorar as condições de trabalho e a segurança no local de trabalho de seus funcionários. É mais uma empresa orientada a dados, que opera em vários campos, desde energia nuclear e produtos químicos até refino e indústria têxtil. Em termos de receita, está entre as 100 melhores da lista da Fortune Global 500. Em fevereiro de 2020, a Eni apresentou o HPC5 (sucessor do HPC4) para acelerar sua pesquisa e desenvolvimento de fontes de energia limpas e aprimorar o monitoramento de campos de petróleo.

Enquanto a produção de gás e petróleo continua nas áreas geográficas tradicionais da indústria de energia, a próxima fronteira de exploração está se deslocando para lugares cada vez mais remotos e se aprofundando cada vez mais no subsolo. E tudo isso ocorre enquanto a demanda por energia global exige tempos de resposta rápidos. Nesse ambiente, identificar novos recursos e colocá-los em produção o mais rápido possível torna-se um sério desafio. O uso de um supercomputador como o HPC5 nos permite aumentar a precisão de nossos estudos de rochas subterrâneas, reduzindo a margem de erro nas operações de prospecção e diminuindo o time-to-market, ou seja, o tempo entre a identificação do campo e o início da produção. Isso também tem um impacto positivo na sustentabilidade, pois reduz o desperdício, tanto em termos de energia quanto de recursos.

HPC5 é um cluster, ou seja, um conjunto de computadores que trabalham juntos para multiplicar o desempenho geral. O poder deste supercomputador é três vezes maior que o de seu antecessor, o HPC4. Para manter o consumo de energia ao mínimo, uma arquitetura híbrida foi selecionada para otimizar o desempenho: como tal, HPC5 e HPC4 usam computação GPU (unidades de processamento gráfico, otimizadas para calcular grandes volumes de dados em paralelo), os quais são muito energéticos e eficientes. Na verdade, com apenas um watt de potência, uma GPU pode realizar mais de 10.000 milhões de bilhões de operações matemáticas. Além disso, cada computador possui dois soquetes de CPU; O HPC4 também possui dois soquetes para aceleradores gráficos, enquanto o HPC5 possui quatro soquetes. No total, a máquina tem acesso a mais de 3.400 processadores de computação e 10.000 placas gráficas. Este tipo de hardware, juntamente com os algoritmos proprietários, permite produzir modelos tridimensionais do subsolo que se encontram a uma profundidade de 10-15 km, com uma superfície de centenas de km² e uma resolução de algumas dezenas de metros. Foi assim que os pesquisadores descobriram o Zohr, o maior campo de gás já encontrado no Mediterrâneo. Além disso, o supercomputador armazena dados de todos os campos e todas as explorações realizadas pela Eni em mais de seis décadas de história. Uma vez que os hidrocarbonetos foram encontrados, nossos geólogos novamente usam supercomputadores

para modelar os depósitos e otimizar sua exploração. Como o HPC5 é muito eficiente em termos de consumo de energia, isso ajuda a Eni a melhorar significativamente seu desempenho ambiental e reduzir o desperdício. Dessa maneira, o Data Center Green em Ferrera Erbognone (que abriga os supercomputadores Eni) economiza quase 4.500 toneladas de emissão de dióxido de carbono em comparação com outros datacenters convencionais.

Em 2020, a Eni disponibilizou livremente a sua infraestrutura de supercomputação e a sua experiência em modelação molecular à investigação do coronavírus, oferecendo o contributo de ferramentas e recursos de excelência na luta contra a emergência global. A equipe de trabalho em conjunto realizará uma simulação molecular dinâmica de proteínas virais consideradas relevantes no mecanismo de infecção Covid-19, para identificar, por meio da utilização de bases de dados contendo 10.000 compostos farmacêuticos conhecidos, os mais eficazes. Em seguida, será desenvolvida uma atividade para procurar novas moléculas antivirais específicas através do rastreio de bilhões de estruturas.



Figure 1: HPC5 Computer.

3 Resultados e Análises

Supercomputação ou computação de alto desempenho (HPC) é uma área de sistemas de computação que requer fortes recursos para resolver problemas científicos e de engenharia. Esses tipos de sistemas consistem em centenas ou milhares de nós de computação e armazenamento conectados por meio de equipamentos de rede complexos para criar um sistema de cluster. No estágio inicial de design do sistema, estimar o desempenho geral do sistema em várias áreas é importante porque afeta várias características do sistema, incluindo a escala do sistema, desempenho necessário de cada nó, velocidade e topologia da rede de interconexão, capacidade de armazenamento e desempenho do sistema de arquivos. Portanto, um dos fatores mais importantes na determinação da configuração do sistema de supercomputadores e sistemas HPC é o desempenho. Para avaliar com precisão o desempenho do sistema, os projetistas e engenheiros do sistema realizam simulações e estimativas com base em vários conjuntos de benchmarks de desempenho e modelos matemáticos. High-performance Linpack (HPL) é o benchmark mais conhecido para avaliar e estimar as capacidades de sistemas de computação. Tem sido usado como padrão para comparar o desempenho de sistemas de computação desde o início dos anos 1980, e os resultados do benchmarks HPL são us-

ados como uma métrica comum para medir os sistemas de computação mais poderosos do mundo. O benchmark HPL é um programa de resolução linear que calcula a solução para um problema de matriz densa $N \times N$; Ele calcula e mede o número de operações de ponto flutuante realizadas e o tempo total necessário para o cálculo. Portanto, o benchmark HPL produz métricas na forma de operações de ponto flutuante por segundo (FLOPS) para supercomputadores.

O HPC5 entregará 52 petaflop de desempenho de computação utilizando CPUs e GPUs e 15 petabyte de armazenamento, todos conectados em uma topologia HDR InfiniBand de 200 gigabits por segundo sem bloqueio para garantir conexão direta e eficiente entre cada servidor de computação e sistema de armazenamento.

Em consulta ao site que registra as informações referentes às máquinas incluídas no TOP 500, foi possível verificar as características da máquina HPC5, exibidas na tabela abaixo:

Geral	
Fabricante:	DELL EMC
Cores:	669.76
Memória:	349.440 GB
Processador:	Xeon Gold 6252 24C 2.1GHz
Interconexão:	Mellanox HDR Infiniband
Performance	
Linpack Performance (Rmax)	35.450 TFlop/s
Theoretical Peak (Rpeak)	51.720,8 TFlop/s
Nmax	5.750.784
HPCG [TFlop/s]	860.317
Consumo de energia	
Consumo:	2.252.17 kW (Submitted)
Nível de medição de potência:	1
Software	
Sistema operacional:	CentOS Linux 7

Figure 2: HPC5 Configurações.

O CentOS é uma distribuição Linux derivada do Red Hat Enterprise Linux (RHEL) e é distribuída de maneira gratuita pela comunidade. Este sistema é amplamente utilizado pelo mercado. A Red Hat conta com uma família de distribuições: CentOS: Distribuição gratuita para servidores; RHEL: Distribuição paga e com suporte direto da empresa.

O Xeon Gold 6252 é um microprocessador de servidor de alto desempenho x86 de 64 bits e 24 núcleos apresentado pela Intel no início de 2019. O Gold 6252 é baseado na microarquitetura Cascade Lake e é fabricado em um processo de 14 nm. Este chip suporta multiprocessamento de 4 vias, 2 unidades AVX-512 FMA e três links Ultra Path Interconnect. Este microprocessador suporta até 1 TiB de memória DDR4-2933 hexa-channel, opera a 2,1 GHz com um TDP de 150 W e possui uma frequência turbo boost de até 3,7 GHz. Graças a isso, ele move significativamente os limites do segmento de desempenho de camada intermediária em comparação com a geração anterior de processadores de servidor.

Fica evidente o potencial da máquina HPC5, o que justifica sua presença entre os principais com-

putadores citados no Top500, com sua vasta capacidade de memória e de processamento. Além disso, observa-se que o HPC5 apresenta grande eficiência energética, com valores de consumo relativamente baixos (2.252.17kW) para executar inúmeras operações por segundo.

4 Conclusão

Após finalizar a análise sobre os principais supercomputadores contidos no ranking Top500 (com ênfase na máquina HPC5), além do estudo de conceitos inerentes à arquitetura de computadores, foi possível observar diferentes aspectos dos supercomputadores. Dessa maneira, foi possível concluir que tais máquinas apresentam um enorme potencial de benefícios para a humanidade, uma vez que sua vasta capacidade de processamento e memória viabilizam importantes estudos científicos. Nesse sentido, destacamos o uso do HPC5 para monitorar fontes de energia limpas, o que pode gerar enormes ganhos em termos de sustentabilidade. Portanto, conclui-se que supercomputadores ajudarão cada vez mais a ciência em pesquisas de importância enorme, como o Genoma Humano. Ao mesmo tempo, pesquisas envolvendo bombas e armamento nuclear também passarão pelos mesmos processadores. Mas há um feito que talvez nenhum supercomputador consiga atingir. Nem o mais otimista e genial desenvolvedor espera construir uma máquina capaz de compreender vários idiomas, processar complexas imagens, controlar todo o corpo humano, entender problemas e criar soluções.

5 Referências

Stallings, W. Arquitetura e Organização de computadores, 10^a edição, 2017.

HPC5 - Crossborder Competence Center. hpc5.eu/. Acesso em 9 de dezembro de 2021.

HPC5: the supercomputer working for energy. eni.com/en-IT/operations/green-data-center-hpc5.html. Acesso em 9 de dezembro de 2021.

HPC5. top500.org/system/179856/. Acesso em 9 de dezembro de 2021.

Conheça o HPC5. sempreupdate.com.br/conheca-o-hpc5-o-supercomputador-mais-poderoso-fora-da-propriedade-de-um-governo/. Acesso em 9 de dezembro de 2021.

Arquitetura de Computadores. ufsm.br/app/uploads/sites/342/2020/04/ARQUITETURA-DE-COMPUTADORES.pdf. Acesso em 9 de dezembro de 2021.

Dell Technologies at the heart of Eni's HPC5. corporate.delltechnologies.com/pt-br/newsroom/announcements/releases/spain/2020/02/20200206-01.htm?filter-on/Country:pt-br. Acesso em 9 de dezembro de 2021.

Multi-communication layered HPL model and its application to GPU clusters. onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/0393. Acesso em 9 de dezembro de 2021.

Processador Intel® Xeon® Gold 6252. ark.intel.com/content/www/br/pt/ark/products/192447/intel-xeon-gold-6252-processor-35-75m-cache-2-10-ghz.html. Acesso em 9 de dezembro de 2021.