

Evolución da Supercomputación na década 1995-2005

Javier García Tobío

Director do Centro de Supercomputación de Galicia (CESGA)

Ao longo dos dez últimos anos a tecnoloxía aplicada ao cálculo intensivo seguiu a Lei de Moore: practicamente cada dezaioito meses duplicouse a capacidade de proceso dos maiores servidores de cálculo, tamén coñecidos como superordenadores.

A evolución da tecnoloxía e usos dos grandes sistemas de cálculo pode sintetizarse na tabla, extraída da lista Top 500, que clasifica as 500 instalacións de supercomputación máis potentes do mundo. Deste cadro despréndense as seguintes conclusións:

A comezos da década, desaparece o prototipo de supercomputador de entón, consistente nun sistema vectorial monoprocador. No seu lugar, implántase de modo definitivo a arquitectura paralela con nodos SMP e procesadores escalares. Cabe destacar, sen embargo, a existencia dalgúns clústers puntuais significativos que incorporan procesadores vectoriais.

O paralelismo esixe un grande desenvolvemento da tecnoloxía de conexión interna entre nodos, pasándose de redes propietarias de fabricante de sistemas a redes deseñadas por compañías especializadas e adaptadas por múltiples fabricantes de servidores (Gigabit, Myrinet, Infiniband, Quadrics...).

En canto aos procesadores, a mediados dos anos 90 utilízanse predominantemente procesadores con tecnoloxía escalar RISC e, en menor medida, procesadores vectoriais. A continua mellora de rendemento dos procesadores de Intel cos seus Pentium e Itanium, así como a aparición decidida de AMD, fixo que un número significativo de

TABLA EVOLUCIÓN SISTEMAS TOP500 PERIODO 1995-2005

CONCEPTO (NÚMERO DE SISTEMAS)	1995	2000	2005
	%	%	%
▶ ARQUITECTURA SISTEMA			
MPP	43,8	69,2	20
SMP	48,2	30,8	80
Uniprocador Vectorial	5,8	0	0
▶ ARQUITECTURA PROCESADOR			
Escalar	66,2	90	95,8
Vectorial	31,6	10	4,2
▶ RED INTERNA			
Cray Interconnect	6,4	9,4	0,4
Crossbar	3,8	22,2	4,6
Ethernet, Fast & Giga Ethernet	0	3,2	35,5
Myrinet	0	1,8	38,6
Quadrics	0	0	4
Numalink	0	0	3,4
Otros	89,8	63,4	13,5
▶ TIPO PROCESADOR			
MIPS	25,4	13,4	0,4
CRAY	18,6	0	1,4
Power (4, 5, Pc)	16,2	42,8	12,4
Intel (Pentium + Itanium + X86)	10,6	1,2	63,6
Fujitsu	7,4	3,4	0
Alpha	6,8	12	2,4
SPARC	5,2	18,4	0,8
NEC	3,8	4,6	2
TMC, KSR, Convex	4,4	0	0
PA-RISC	0	2,2	10
AMD	0	0	6,2
▶ FABRICANTES			
SGI	25,4	13,4	4
Cray	25	9,4	1,8
IBM	14,4	43	43,2
Intel	9,4	0,2	0,2
Fujitsu	7,4	3,4	0,6
TMC + Parsytec + Meyko + KSR	12,4	0	0
NEC	3,8	4,6	2,4
SUN	0	18,4	0,8
HP	0	3,4	34,6
Selfmade	0	1	2,2
Dell	0	0	2,8
▶ ORIGEN DE FABRICANTES			
USA	92,8	91,2	92,8
Asia	5,4	7,8	4,6
Resto del mundo	1,8	1	2,6
▶ TIPOS DE USOS			
Centros investigación	36,2	22,4	22
Universidades	27,4	18,8	16
Industria	16,6	48,8	55
▶ MAYORES USUARIOS POR PAISES			
USA	54,6	46,8	53,4
Japón	13,2	12,6	6
Alemania	10,4	11	7
Francia	5,4	5,6	3
Reino Unido	3,2	6,8	8,4
....
España	0,6	0,4	0,6

FUENTE: WWW.TOP500.ORG

procesadores RISC perdan competitividade no ámbito da supercomputación, quedándose aqueles fabricantes con perto do 70% do mercado.

Tamén os fabricantes de grandes sistemas de computación teñen que adaptarse ás novas condicións do mercado. En 1995, os líderes do mercado seguían sendo os produtores dos grandes vectoriais (Cray, Fujitsu, NEC), os provedores de sistemas paralelos masivos (Intel, IBM, SGI...) e unha serie de pequenas empresas que por entón acadan un grande desenvolvemento coa fabricación de sistemas paralelos masivos de custo reducido (KSR, TMC, Meiko,...).

POTENCIA DE CÁLCULO	1995	2000	2005
▶ Capacidad de proceso del mayor superordenador a nivel mundial. (GFlops)	170,4 (NWT-Fujitsu)	2.379,6 (ASCI-Intel)	70.720 (DOE-IBM)
▶ Capacidad del cálculo agregada de los 500 superordenadores más potentes del mundo. (GFlops)	5.895	64.333	1.127.000
▶ El superordenador más potente de España.	3,8 (INM-Cray)	96 (CEPBA-IBM)	40.000 (BSC-IBM)
FUENTE: HTTP://WWW.TOP500.ORG/ + ELABORACIÓN CESGA			

Trancurridos dez anos, podemos observar que os fabricantes de grandes superordenadores, así como os integradores de sistemas paralelos de baixo custo, cederon a súa cota de mercado aos fabricantes de clústers escalares, con especial mención a HP e IBM, que entre ambos acadan o 77% do mercado de grandes sistemas. Á vista da orixe dos constructores de supercomputación, maniféstase o absoluto dominio da industria estadounidense, sen perspectivas de que isto poida cambiar no medio prazo.

Con relación ao uso destes grandes servidores, obsérvase un claro aumento porcentual da súa aplicación pola industria, proseguindo ao mesmo tempo o incremento continuo do número de sistemas noutras actividades. Os maiores usuarios por países sufriron modificacións no ranking, condicionados fundamentalmente polos avatares económicos dos mesmos. Permanece inalterable o predominio de EEUU, mantendo máis do 50% dos sistemas, mentres que Xapón cede a segunda praza ao Reino Unido.

A presenza de España na supercomputación a nivel mundial foi historicamente testimonial, en canto ao número de sistemas instalados. Non obstante, no ano 2004 anúnciase a instalación do "Mare Nostrum", un superordenador que desenvolverá unha capacidade de cálculo de 40 TFLOPS e que se encontra entre os cinco máis potentes do mundo.

No ano 1995, existían un número reducido de superordenadores en España, localizados en: CESGA, CESCA, CICA, LBEIN, CEDEX, CIEMAT, INM. Na actualidade, incrementouse o número de centros dotados de grandes servidores de cálculo en España, superándose a docena.

GRANDES CENTROS DE SUPERCOMPUTACIÓN EN ESPAÑA (2005)		GFLOPS
▶	Barcelona Supercomputing Center	40000
▶	Centro de Supercomputación de Galicia	1600
▶	IFCA	1550
▶	Universidad Politécnica de Valencia	800
▶	CIEMAT	767
▶	Centre de Supercomputació de Catalunya	664
▶	Centro de Supercomputación Complutense	550
▶	Universidad de Valencia	541
▶	INM	512
▶	IFIC	400
▶	Instituto de Biocomputación de Zaragoza	400
▶	CIRI	336
▶	CEPBA	126

FUENTE: LIBRO VERDE DE LA E-CIENCIA EN ESPAÑA (FECYT) Y GESGA.

GFLOPS: 10^9 OPERACIONES ARITMÉTICAS POR SEGUNDO, CON NÚMEROS REALES CODIFICADOS EN FORMA DE COMA FLOTANTE DE 64 BITS.

Durante os cinco últimos anos veuse desenvolvendo unha actividade intensa no relativo ás arquitecturas GRID, á que os grandes centros españois non permaneceron alleos, destacando a iniciativa IrisGRID, na que participan a práctica totalidade das institucións comprometidas co HPC no noso país. Asimesmo, case tódolos grandes proxectos GRID promovidos pola Comisión Europea contan coa participación activa de grupos de investigación españois.

HPC VS HTC

Na década 1995-2005 consolídase a coexistencia de dous tipos diferentes e complementarios de cálculo intensivo: HPC e HTC.

HPC (High Performance Computing)

Arquitecturas de servidores deseñadas para solucionar poucos "grandes" problemas nun tempo reducido. Estas arquitecturas incorporan procesadores de alto rendemento escalares ou vectoriais con acceso a grandes cantidades de memoria, utilizando para este fin redes de interconexión interna de tempo de latencia baixo e alta capacidade de transferencia. Algúns computadores representativos de HPC son: SX de NEC, Superdome de HP, Altix de SGI ou Blue Gene de IBM. O custo de 1 TFLOPS nunha arquitectura HPC escalar estímase en 1'5 millóns de euros.

HTC (High Throughput Computing)

Arquitecturas de servidores deseñadas para solucionar un grande número de "pequenos" problemas nun tempo reducido. Os servidores HTC incorporan un número elevado de procesadores escalares con acceso rápido á memoria local de tamaño limitado e dispoñendo dunha rede interna de interconexión cunha latencia media-alta. Este tipo de arquitecturas é idóneo para procesos repetitivos con baixa dependencia, entre eles, por exemplo: renderización de imaxes dunha película,

algoritmia xenética, procesado masivo de datos experimentais, etc. Servidores representativos de HTC son os clústers de PC's interconectados con Fast ou Gigabit Ethernet. O custo de 1 TFLOPS nunha arquitectura HTC é de 200.000 euros aproximadamente (7'5 veces máis barato que 1 TFLOPS HPC).

Conclusión:

A mediados dos 90 finalizou a etapa dos supercomputadores, caracterizados entón por dispoñer dun número reducido de sistemas vectoriais, cada un dos cales incluía procesadores deseñados especificamente para cálculo (vectoriais) cun grande ancho de banda e reducida latencia de acceso a memoria, procesador específico de entrada/saída a periferia, sistema operativo Unix adaptado e ferramentas específicas de software (compiladores, librarías matemáticas, optimizadores de código, etc.).

Ao longo da última década, impúxose como practicamente única alternativa o uso de múltiples procesadores de propósito xeral traballando en paralelo, coas limitadas excepcións de NEC e CRAY. As arquitecturas dos sistemas de cálculo actuais adoecen de dificultades só superables mediante fortes inversións en investigación para a consecución de: incremento significativo no ancho de banda de acceso a memoria, redución do tempo de latencia de acceso a memoria, xa sexa local ou remota, simplificación de programación paralela, mellora de sistemas de acceso a periféricos...