

Bilgisayar Dünyasının Süper Güçleri

ABD'de 1990'da kabul edilen Temiz Hava Kanunu'nu uygulayabilmek için, politikaların belirlenmesi gerekiyordu. Bu iş için North Carolina Supercomputing Center (NCSC), hava kalitesini arttırmak amacıyla alınması gereken kararları ve bunların sonuçlarını inceleyen bir program yazdı. Bu program karar ve sonuç dizilerini zamana bağımlı olarak incelemek zorunda olduğundan, bir iş istasyonunda çalışmasını beklemek, bu kararları alıp uygulamaya koymaktan çok daha kısa sürmeyecekti. Bir Cray Research süperbilgisayarında çalıştırılan programın başarısını takiben, NCSC çalışanları, yeni ve çok daha güçlü bir CRAI T90 süperbilgisayar ile tüm ekosistemdeki çevre etkilerini incelemeye karar verdiler. Hava, su ve toprağın temiz kalması için gereken şartları incelerken, çevrenin sağlığa yaptığı etkiler ve sosyo-ekonomik durumlar da yapılacak modellere işlenecek.

Minnesota Supercomputer Center tarafından yapılan bir başka çalışma ise farklı birkaç süperbilgisayarın bir arada kullanılması bakımından oldukça ilgi çekiciydi. Bu çalışmada dünya kabuğunun altındaki mağmada ısı iletimi ve bu sırada yaptığı hareketler inceleniyor. Thinking Machines Corp. CM-5 A bilgisayarında yapılan hesaplamalarla, kabuğun altındaki ısı iletimi modelleniyor. Ardından bir CRAI-2 ile buraya parçacıklar enjekte ediliyor ve bunların akışkan içindeki hareketleri inceleniyor. Son olarak yine bir Thinking Machines Corp. ürünü olan CM-200 ile elde edilen veriler üç boyuta aktarılıyor ve bir Silicon Graphics iş istasyonunda, bu modeller ekranda bir hareket şeklinde gözleniyor.

Bu tip çalışmalar dışında süperbilgisayarlar, günlük hayatta sözünü ettiğimiz ya da kullandığımız makinelerin tasarımında oldukça yoğun şekilde kullanılmaktadır. Uzun mekiğinden arabalara, uçaklardan buzdolaplarına ve bankacılık işlemlerine kadar uzanan alan-

larda süperbilgisayarlara ihtiyaç duyulmaktadır.

İlk süperbilgisayarlar vektör tipi çok işlemcili makinelerdi (Bkz. Bilgisayar Dünyası, Bilim ve Teknik 1995). Bunlar, ana işlemciler tarafından kontrol edilen sadece matematiksel işlem yapan özel amaçlı işlemcilerden oluşuyordu. 1980'lerin başlarında ortaya çıkan paralel bilgisayarlar, birçok merkezi işlem biriminin (Central Processing Unit: CPU) çok hızlı veri iletim yollarıyla (data bus) birbirlerine bağlanmasından oluşuyordu. Bunlar, 1980'lerin sonlarında vektör süper bilgisayarlarına yetişen, hatta geçebilen hesaplama güçleriyle piyasaya çıktılar. Son zamanlarda, iş istasyonu üreticileri de güçlü iş istasyonu CPU'larının paralel bağlanmasıyla ortaya çıkan çokişlemcilerle, süperbilgisayar pazarının ucuz ve daha düşük işlem kapasiteli kısmına göz dikti.

Son 30 yıl içinde entegre devre teknolojisindeki gelişmelerle bilgisayar sistemlerinin performansları ve kapasite-



Cray C90D. Vektör süper bilgisayar

terleri oldukça arttı. Transistörlerin ve ara kabloların sürekli küçülmeleri ile bir silikon çipe konulabilen transistör sayısı, 1982'deki 35,000 rakamından günümüzün 3,5 milyona ulaştı. Küçülmenin etkisi kendini bilgi iletiminde de gösterdi; böylece çiplerin bilgi iletebilme hızları da arttı. Günümüzün yüksek performanslı bilgisayarlarının tasarımcıları da bu teknolojik gelişmelerini kullanarak, daha güçlü sistemler yaratmaya çalışıyorlar. Ancak, bu hedefe giderken yukarıda belirtilen iki farklı yolun kullanılıyor olması, bu alanda çok büyük bir rekabetin başlamasına yol açtı.

Hafıza Sistemleri

Bir süperbilgisayarın en çok ihtiyaç duyacağı şeylerden biri, hızlı bir hafıza ve bu hafızaya giden "geniş" bilgi yollarıdır. Özellikle işlemci başına 1 Gigabyte'a kadar hafıza kullanıldığı örnekler vardır.

Hafıza teknolojisi iki ana tipte hafıza sunmaktadır: Dinamik Random Ulaşılabilir Hafıza (Dynamic Random Access Memory; DRAM) ve Statik Random Ulaşılabilir Hafıza (SRAM). SRAM'ler, yüksek hızlı hafıza ulaşımını sağlamak için tasarlanmıştır. DRAM'ler ise, daha genel bir tabana (PC, Mac, iş istasyonu, yazıcı) hitap eden, çok daha yavaş ve daha ucuz hafıza birimleridir. SRAM'de saklanan her bit bilgi için 6 transistör kullanılırken, DRAM'de bu 1'dir (bu da aradaki fiyat farkının en kolay gözükür nedenlerinden biridir zaten). Ancak, performansın harcanan paradan çok daha önemli olması nedeniyle, SRAM süperbilgisayarlarda en çok tercih edilen hafıza türüdür.

Bilgisayardaki hafızada bilgi saklama ve hafızadan bilgi alma talepleri, hem komutlar hem de veriler için yapılır. Uygulamalarda, komut ve verilerin yapıları oldukça farklılaşmıştır. Bu sayede hafıza sisteminin uygun şekilde kullanılması mümkün olmaktadır. Aynı zamanda, programlar çalışırken, bazı noktaları bir süre çok kullanılır. Böylesi geçici noktasallıklar, programın içinde yer alan bazı bölümlerin tekrar tekrar çalışmasını isteyen döngüler ve benzeri işlemler nedeniyle ortaya çıkar. Geçici noktasallıktan yararlanmanın en kolay yolu, onu hafızanın kolay erişilebilir bir yerinde tutmaktır.

Ucuz ama yavaş DRAM'leri kullanmayı hedefleyen düşük fiyatlı sistemler için bu tip noktasallıklar bir miktar kolaylık sağlamaktadır. Hafıza sisteminin öncelik sırasına sahip çeşitli katmanlardan oluşturulması ve en çok kullanılan bilgilerin en yüksek önceliğe sahip kısımda saklanması, hafıza erişim hızını oldukça arttırmıştır. CPU'ya yakın, küçük, pahalı ve hızlı hafıza katmanlarında o sürede çok kullanılan bilgiler saklanmaktadır. En uzak noktada ise, en ucuz ve en büyük tabaka olan DRAM'ler bulunmaktadır. Ondan önce ikinci seviye ön hafıza yer almaktadır. Birinci seviye ön hafıza ve en yüksek önceliğe sahip register ise, CPU çipinin içinde yer alır. Bu tip bir hafıza sistemi-

nin en önemli dezavantajı hafıza ile CPU arasındaki hattın bant genişliğinin düşük olmasıdır. Aynı zamanda iyi bir noktasallık göstermeyen veri ve programların işlenmesinde de önemli yavaşlamalar olmaktadır. Bu çok seviyeli yapı, ucuz çözümlerle de üreten iş istasyonu üreticilerinin yüksek performansa ulaşmalarını engelleyen bir faktör olmaktadır.

Vektör bilgisayarlar da, genelde ön hafıza kullanılmakla birlikte, bir çeşit hafıza hiyerarşisine sahiptirler. Ön hafıza yerine bir vektör register seti kullanılmakta ve çeşitli komutlarla ana hafızadaki vektörler, yüksek bant genişliğindeki hatlarla bu register'lara aktarılmaktadır. Böylece hafızadaki bir vektör parçası oldukça süratli bir şekilde CPU'ya alınmakta ve orada işlenmektedir.

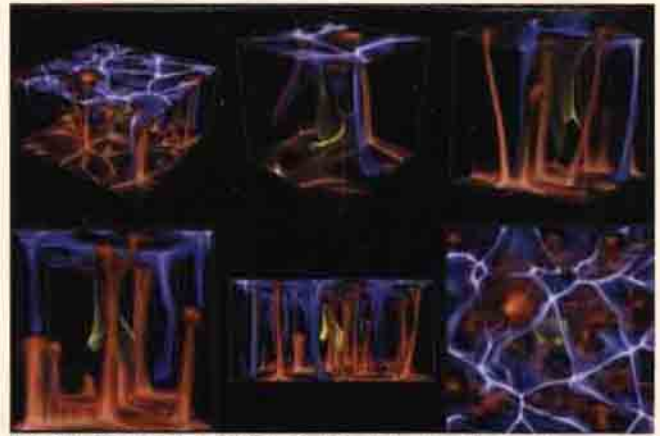
İletim Yolları

Bir süperbilgisayarın hızını etkileyen etkenlerden biri de işlemcilerin hafıza, sabit disk ve diğer birimlerle olan iletişim hızıdır. İşlemci sayısı arttıkça, bilgi yollarının kullanımı artmaktadır. Bu nedenle, bir sisteme eklenen her işlemci başına elde edilen performans artışı düşmektedir. İşlemcilerin tüm bilgi iletimi işlemleri için kullandıkları veri iletim yollarının bant genişliğini bir şekilde arttırmak önemli bir noktadır. Ancak, daha fazla iletim yolu, daha fazla kabloya ihtiyaç duyulması anlamına gelir. 16 işlemcili bir CRAY C90 bilgisayarda çeşitli bilgi iletim sistemleri için 50 km'ye yakın kablo kullanılmıştır. Cray Research'ın yeni geliştirdiği bir sistemle kablo yerine eZIF (electrically activated, zero-insertion-force: elektrikle aktive edilen, sıfır giriş güçlü) bağlantılar kullanılıyor. Bu sayede CPU ile hafıza arasındaki veri yollarının bant genişlikleri bazı tiplerde 800 Gigabyte/saniye'ye kadar ulaşmaktadır.

Tek bir sabit disk yerine bir sabit disk sistemi kullanılarak oradan yapılması gereken I/O işlemleri de büyük ölçüde hızlandırılmaktadır.

CPU'lar

Bir çözümlenilebilir bir vektör makinesinin arasındaki en büyük fark CPU yapılarıdır. Çözümlenimin ortak veya ayrı hafızaya ulaşan güçlü CPU'ları vardır. Bunlar, genellikle RISC teknolojisi ile üretilmiş işlemcilerdir. Tam anlamıyla diğer işlemcilerden bağımsız olabilmektedirler. Sun Sparc, Mips R serisi, HP PA-RISC, DEC Alpha gibi birçok iş istasyonunda kullanılan mikro işlemci CPU'lar, bu tip makinelerde de kullanılmaktadır. Bu işlemciler çok yüksek saat hızlarında (300 MHz'e ulaşılabilir) çalışmaktadırlar. Hewlett-Packard 1 GigaFLOPS (saniyede 1 milyar kayan nokta işlem) performan-



Yerelindeki en hızlı ve uygun hareketli de ilgili olarak süper bilgisayarlar için yapılan modellemenin sonuçları.



Modellemeye kullanılan bilgisayar sistemi (üç süper bilgisayar ve bir iş istasyonu). Bilgisayarların isimlerinin altında her bir kare için gereken hesaplama zamanı belirtilmiştir.

sa erişecek ilk mikro işlemci olan HP PA-RISC 8000'i gelecek yıl piyasaya sürmeye hazırlanıyor.

Vektör makinelerde durum biraz daha farklıdır. Merkezi işlemcinin etrafındaki basit mantık işlemcilerinden oluşan sistem tek CPU'su bir ana, birçok da yardımcı işlemciye sahiptir. Vektör işlemciler de, bir çözümlenilebilir gibi paralel kullanılabilmektedirler. Bu tip makinelerin ana kartları da oldukça farklı olmaktadır. 52 katlı bir ana kart üzerinde bulunan tek bir Cray T90 CPU'su ile saniyede 1.8 GigaFLOPS performansı yakalamak mümkün olmaktadır (tek CPU'lu Cray T90'ın fiyatının 2.5 milyon dolar olduğunu belirtmekte fayda var).

Optimizasyon

Süperbilgisayar kullanan kişinin güçlü bir iş istasyonundan alacağı verimden daha fazlasını elde etmesi için, bilgisayarın yapısına uygun bir programlamaya ihtiyaç vardır. Kaynaklar derlenmeden önce ve derleme sırasında, bilgisayar bazı ön programlarla bilgisayar bunları kendi yapısına uygun şekilde getirebilmektedir. Bu şekilde optimize edilmiş bir program, orijinal haline göre 10 kat daha hızlı çalışabilmektedir. Örneğin, üçlü bir döngü içindeki A(x,y,z) serisinin, A(x) serisine dönüştürülerek tek döngü ile işlenmesi ile, bir vektör makineden alınacak performans büyük ölçüde artacaktır.

Performans

Oldukça büyük miktarda bir paraya (birkaç yüz bin dolardan, birkaç milyon dolara) mal olacak bir süperbilgisayarın seçimi için, alıcı kuruluş herhalde elindeki paraya alabileceği en yüksek performanslı sistemi seçmeye çalışacaktır. Bu nedenle, benchmark adı verilen çeşitli performans testleri ile makinele- nin güçleri ölçülmektedir.

Benchmark'ların en çok kullanılan birimi FLOPS ve en yaygın olarak kullanılan ise, Linpack matrix benchmarklarıdır. Bunun dışında, süperbilgisayarların yaratılmasının nedeni olan nükleer enerji teknolojisi hesaplamaları için kullanılan bilgisayar programları da performans ölçümleri için tercih edilen bir yöntem olmuştur.

Bu performans sonuçlarına göre, günümüzün önemli markalarının en hızlı bilgisayarlarından bazıları şöyle sıralanabilir: Hitachi s-3800/180, tek işlemciyle teorik olarak en fazla 8000 MFLOPS/saniye NEC SX 3/14, tek işlemciyle teorik olarak en fazla 5500 MFLOPS/saniye Fujitsu VPP500, tek işlemciyle teorik olarak en fazla 1600 MFLOPS/saniye Cray T90, tek işlemciyle teorik olarak en fazla 952 MFLOPS/saniye Convex C4/XA 1, tek işlemciyle teorik olarak en fazla 810 MFLOPS/saniye BM ES/9000-711, tek işlemciyle teorik olarak en fazla 563 MFLOPS/saniye Silicon Graphics Power Challenge XL, tek işlemciyle teorik olarak en fazla 360 MFLOPS/saniye

Tabii bu sonuçlara hiçbir denemede erişilmemiştir. Bir Linpack benchmark çalışmasında bu sayıların dörtte biri civarında bir sonuç elde edilebilmektedir. Belirlenmesi gereken bir başka nokta ise, bu bilgisayarın genelde birden çok (bazı modellerde 64'e, bazılarında ise çok daha fazlasına kadar) işlemci kullanılmakta olduğudur.

Kaynaklar:
Bailey, David H., Misleading Performance Reporting in the Supercomputing Field.
Burnette, David, Cray's Affordable Vector Monster.
Dongarra, Jack J., Performance of Various Computers Using Standard Linear Equations Software.
<http://www.cray.com>
<http://www.hp.com>
<http://www.ibm.com>
<http://www.sgi.com>



Hitachi HDS GX800 soğutmuş paralel vektör bilgisayarı