

Süper Bilgisayarlar

Her sabah uyandığınızda ilk olarak merak ettiğiniz şeylerden biri olan hava durumu raporlarının nasıl hazırlandığını ya da seyahat ederken bindiğiniz bir uçağın nasıl tasarlandığını hiç merak ettiniz mi? Birkaç örnek vermek gerekirse süper bilgisayarlar olmasaydı ne bu kadar doğru hava durumu tahminlerine ne de günümüzün modern hava ve uzay araçlarına sahip olabilirdik.

Ama bir dakika...

Bunlar süper bilgisayarların günlük hayatımıza giren uygulamalarından sadece birkaçı.

Süper bilgisayarların günümüzdeki uygulama alanları yeni nesil atom bombalarının laboratuvar ortamında geliştirilip sınanmasından iklimsel gelişmelerin, volkan patlamalarının önceden tahmin edilebilmesine ve karmaşık şifrelerin kırılmasına kadar hayli geniş bir alana yayılıyor. Şimdi buyurun, süper bilgisayarın ilk olarak kim tarafından yaratıldığını, hangi firmalar tarafından üretildiğini ve hangi ülkelerde olduklarını hep beraber görelim.



İlk süper bilgisayar: CDC 6600

Henüz 1963 yılıydı ve ABD ilk süper bilgisayarın bir Amerikan şirketi tarafından başarıyla tasarlanıp üretildiğini tüm dünyaya duyuruyordu, fakat beklentilerin aksine bu süper bilgisayarın yaratıcısı ne IBM ne de HP gibi dev bir şirketti. Dünyanın ilk süper bilgisayarı CDC 6600, merkezi Minnesota kentinde olan orta büyüklükteki Control Data Corporation (CDC) tarafından tasarlanıp üretilmişti. Olayın gerçek kahramanı ise Seymour Cray adlı genç bir Amerikalı mühendisti.



Seymour Cray: Süper bilgisayarların yaratıcısı

1925 yılında doğan Cray, elektronik ve matematik öğreniminin ardından Minnesotada ERA (*Engineering Research Associates*) adlı bir bilgisayar firmasında çalışmaya başlayarak kısa bir zaman sonra firmanın ilk ticari bilgisayarı olan ERA 1103'ü geliştirdi. Seymour Cray bu ilk başarısından sonra ülke çapında yaratıcı bir mühendis olarak ün kazanmaya başladı. Sonraki yıllarda dünyanın ilk süper bilgisayarlarını geliştireceği CDC adlı bilgisayar üreticisi firmada çalışmaya başlayan Cray burada ilk önce CDC 6600'ü, daha sonraki yıllarda CDC 7600'ü tasarladı ve ilk öncü modellerini geliştirdi. 1972 yılında *Cray Research* adını verdiği firmayı kurarak, kendi adı ile anılan *Cray süper bilgisayarlarını* tasarlayıp geliştirmeye başladı. Bunların ilki ve en ünlülerinden olan Cray-1, 1976 yılında üretilmeye başlan-

arak ABD piyasasına sürüldü. Bunu takip eden yıllarda Cray-2, Cray-3, Cray-4 gibi çok ses getiren başka birçok süper bilgisayarın daha geliştirilmesine imza atan Seymour Cray, 1996 yılında geçirdiği bir trafik kazasında hayatını kaybetti. Seymour Cray ölmeden kısa bir süre önce gelecek nesil süper bilgisayarlar üzerine çalışmaya başlamıştı. Aslında bu bilgisayar dehasının hayatı aynı zamanda süper bilgisayarların tarihçesini de yansıtır. En bilinen sözü şudur: "Önemli olan hızlı bir mikroişlemci tasarlamak değildir, işin püf noktası hızlı bir sistem geliştirebilmekte yatar."

Süper bilgisayarlar

Bir süper bilgisayarı tanımlayan en önemli özellikler, sahip olduğu mikroişlemci sayısı ve işlem gücüdür. Günümüzde üretilen süper bilgisayarların büyük bir bölümünde on binlerce mikroişlemci var ve saniyede trilyonlarca işlemi kolaylıkla gerçekleştirebiliyorlar. Süper bilgisayarların işlem gücü FLOPS (*Floating Point Operation Per Second*) adı verilen bir birimle ölçülüyor (bu, normal bilgisayarlardaki Hz'e denk gelir). Bir önceki yazımızdan da (bkz. "Kumdan Mikroişlemciye uzanan uzun ince yol", *Bilim ve Teknik*, TÜBİTAK, s. 44-47, Nisan 2012) hatırlanacağı gibi bir bilgisayarın işlem gücü büyük ölçüde o bilgisayarın sahip olduğu mikroişlemcinin hızına bağlıdır.

Fakat günümüzde üretilen mikroişlemcilerin işlem hızının doğal bir sınırı olduğundan, yüksek işlem gücü gerektiren sistemlerde belirli bir performansa erişmenin sırrı o sistemde binlerce hatta on binlerce mikroişlemciyi birbirine paralel ve uyumlu çalıştırabilmekte yatıyor. Tek bir sistemdeki binlerce mikroişlemciyi birbirine paralel ve uyumlu çalıştırabilmek ise hayli zor bir süreç. Bu ancak özenle geliştirilmiş yazılımlar yoluyla gerçekleştirilebiliyor. Bu yazılımlar, bir yandan o sistemdeki mikroişlemciler arasındaki görev dağılımını büyük bir hız ve özenle yaparken diğer yandan da bu mikroişlemcilerin ihtiyacı olan kaynakları (örneğin ana bellek) onlara ihtiyaçları olduğu anda verip daha sonra ortaya çıkan sonuçları doğru bir şekilde birleştirmek zorundalar. Sonuç olarak, bu sürecin mikroişlemci jargonunda *pipelining* olarak adlandırılan ve bir mikroişlemcide birçok işlemin birbirine paralel olarak yapılmasını sağlayan süreçten binlerce kat daha karmaşık bir süreç olduğunu söyleyebiliriz.

Günümüzdeki süper bilgisayarları mimari açısından ikiye ayırabiliriz: Skalar işlemciler ve vektör işlemciler. Farklı mimari yapılarla olan bu iki süper bilgisayar grubundan vektör işlemci grubuna giren süper bilgisayarların en önemli özelliği birçok veri kümesi üzerinde aynı anda işlem yapabilme yeteneğiyken, skalar işlemciler birbiriyle uyumlu olarak



çalışan binlerce standart mikroişlemciden oluşur. Skalar işlemci grubuna giren süper bilgisayarlar aynı zamanda *cluster* (küme) olarak da adlandırılır. Standart bileşenlerden meydana geldikleri için hayli ekonomik bir yapıda olan bu *cluster*'ların tek önemli dezavantajı ise programlanmalarındaki zorluktur (yukarıda da belirttiğimiz gibi binlerce mikroişlemcinin birbiriyle uyum içinde çalışması ve sonra elde edilen sonuçların birbiriyle birleştirilmesi hiç de kolay bir iş değildir). Fakat yine de bu teknik zorluk bile son yıllarda *cluster*'ların yıldızının daha da parlamasına engel olamamıştır (günümüzdeki en güçlü ve ekonomik süper bilgisayarların büyük çoğunluğunu *cluster* grubundan süper bilgisayarlar oluşturuyor). *Cluster*'ların programlanmasında en çok kullanılan programla dilleri ise Fortran ve C.



Başlıca kullanım alanları

Üretim maliyetleri genelde yüz milyonlarca avroyu bulan süper bilgisayarların en önemli kullanım alanlarının başında sivil ve askeri alanda benzetim (simülasyon) amaçlı kullanılmaları geliyor. Bu kapsamda süper bilgisayarların en yoğun olarak nükleer enerji araştırmalarında (yeni nesil atom bombalarının yapımı, nükleer patlama ve etkilerinin araştırılması), finans dünyasında (ekonomik risk analizleri, borsa tahminleri), iklim modelleme araştırmalarında (hava durumu tahminleri ve volkan patlamalarının önceden tahmin edilmesi), astrofizik (yıldızların içyapılarının incelenmesi), savunma sanayi (kriptoloji, şifre oluşturulması ve kırılması, savaş oyunları benzetimi, füze yörunge-

si izleme), havacılık ve uzay sanayi (yeni model otomobil, hava ve uzay taşıtlarının modellenmesi, otomobil çarpışma testleri) ve tıp alanında (ilaç tasarımı, DNA yapısının ve protein özelliklerinin araştırılması) kullanılıyor.

Süper bilgisayarların işlem güçlerinin artırılması amacıyla da araştırma ve geliştirme çalışmalarına günümüzde özellikle Japonya'da, Çin'de ve ABD'de yoğun bir şekilde devam ediliyor ve bu çalışmalara her yıl milyarlarca avruluk dev bütçeler ayrılıyor.

Dünyanın en hızlı on süper bilgisayarı

Dünyanın en hızlı 500 süper bilgisayarı ve bunların bulunduğu merkezlerin listesi 1993 yılından itibaren her altı ayda bir Top500 başlıklı bir liste kapsamında belirleniyor ve değişimli olarak biri Almanya'da (Uluslararası Süper Bilgisayarlar Konferansı) ve biri ABD'de (Süper Bilgisayarlar Konferansı) düzenlenen iki süper bilgisayar konferansında açıklanıyor. Fakat sadece askeri ve istihbarat amaçlı olduklarından varlığı resmi olarak açıklanmayan ve bu nedenle Top500 listesine alınmayan veya alınsa bile kullanım amacı açıklanmayan süper bilgisayarlar da olabileceğini unutmamak gerekir (örneğin Top500'deki 66 süper bilgisayarın kullanım amacı belirtilmemiştir). Süper bilgisayarların hız ölçümlerinin yapılmasında Linpack karşılaştırmalı değerlendirilmesi başarımlı ölçütü olarak alınıyor. Ayrıca bu söz konusu Top500 listesi haricinde her altı ayda bir de süper bilgisayarların harcadıkları enerjiye göre sınıflandırıldığı Green500 adlı ikinci bir liste yayımlanıyor. Bu listede o dönem Top500'e girmiş bilgisayarlar enerji harcamalarına göre bir kere daha sınıflandırılıyor.

Top500 listesi en son Kasım 2011'de yayımlandı. Bu listenin en güncel haline göre dünyanın en hızlı on süper bilgisayarı şunlar:

1. K Computer (Japonya): Fujitsu tarafından üretilen ve dünyanın en hızlı süper bilgisayarı olan K computer, Ha-

ziran 2011'den beri listedeki yerini koruyor. Her biri 8 çekirdekli toplam 88.128 adet SPARC64-VIII mikroişlemciye sahip K computer, Linux işletim sistemiyle çalışıyor. Fiziksel ve kimyasal hesaplamaların yapılması amacıyla üretilen K computer, 10.510 TFlops hızıyla saniyede 10 trilyondan fazla yüzer nokta işlemi (*Floating Point Operations*) gerçekleştirebiliyor (1 TeraFlops/sn = $1,10^{12}$ Fops/sn, yani saniyede 1 trilyon yüzer nokta işlemi yapabilme yeteneği).

2. Tianhe-1A (Çin): 2566 TFlops, kimyasal ve fiziksel hesaplama (petrol analizi, yeni uçak modellenmesi) amacıyla geliştirilen bu süper bilgisayar da Linux işletim sistemi ile çalışıyor.

3. Cray XT5-HE (ABD): 1759 TFlops, ABD'nin ünlü süper bilgisayar firması Cray Inc. tarafından üretiliyor. İşletim sistemi olarak Linux kullanan bu süper bilgisayarın kullanım alanı yeni enerji kaynaklarının ve teknolojilerin geliştirilmesi.

4. Nebulae TC3600 (Çin), Dawning, 1271 TFlops, Linux

5. HP ProLiant (Japonya), NEC/HP, 1192 TFlops, Linux

6. Cray XE6 6136 (ABD), Cray Inc., 1110 TFlops, Linux

7. SGI Altix ICE (ABD), SGI, 1088 TFlops, Linux

8. Cray XE6 6172 (ABD), Cray Inc., 1054 TFlops, Linux

9. Bull bullx (Fransa), Bull, 1050 TFlops, Linux

10. IBM Roadrunner (ABD), IBM, 1042 TFlops, Linux

Yukarıdaki listede de görüldüğü gibi Top500 listesinde ilk ona giren süper bilgisayarların beşi ABD'den, ikisi Japonya'dan, diğer ikisi Çin'den ve biri Fransadan. Her ne kadar sahip olunan süper bilgisayar sayısı açısından ABD şu anda açık arayla listenin zirvesine yerleşmiş olsa da, K Computer ile Japonya dünyanın en hızlı süper bilgisayarına sahip olmaya devam ediyor. Listedeki yeni ve çok önemli diğer bir faktör ise Çin. Son yıllarda süper bilgisayarlar alanında da hızla boy göstermeye başlayan Çin, iki süper bilgisayarla yine ilk ona girerek başarılarına başarı katmaya devam ediyor.

TOP500 istatistikleri

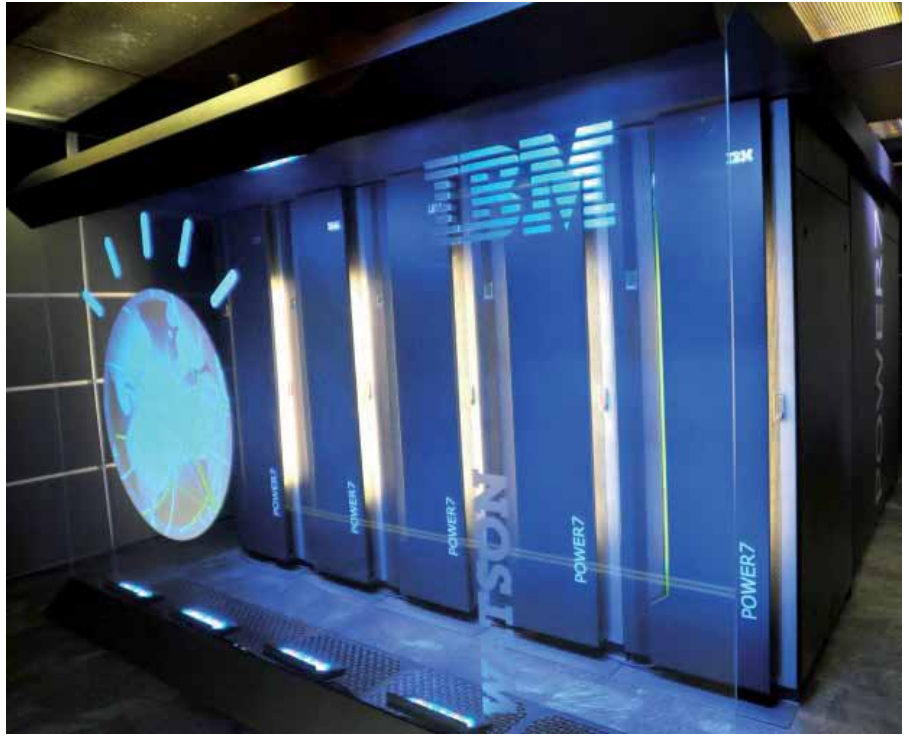
İlk beş yüze hangi ülkelerden, hangi üreticilere ait süper bilgisayarların girdiğine ve bunların diğer genel özelliklerine bakacak olursak, karşımıza şöyle bir sonuç çıkıyor: En güçlü 500 süper bilgisayardan 263'ü ABD'den, 74 tanesi Çin'den, 30 tanesi Japonya'dan. Bu üç ülkeyi ise Avrupa'dan İngiltere (27 adet), Fransa (23 adet) ve Almanya (20 adet) izliyor.

Dünyanın en büyük süper bilgisayar üreticisi ise büyük farkla yine IBM. Listeye giren 500 süper bilgisayardan 223'ü IBM tarafından üretiliyor. IBM'i 141 süper bilgisayar ile HP ve 27 süper bilgisayar ile Cray Inc. takip ediyor. Yine Top500 istatistiklerine göre süper bilgisayarlar en çok bilimsel araştırmalar kapsamında kullanılıyor (% 22,2). Bunu sırasıyla finans (% 8,2) ve web servisleri alanları (% 7,8) takip ediyor (listeye giren süper bilgisayarlardan hangi alanlarda kullanıldıkları belirtilmeyenlerin oranı ise % 13,2). Ayrıca yukarıda da belirttiğimiz gibi Top500 istatistiklerinden, mimari konusundaki genel eğilimin *cluster* sistemlerine doğru gittiğini ve gittikçe daha az üreticinin vektör işlemci mimarisine sahip süper bilgisayar ürettiğini de doğruluyor: Kasım 2011 itibarıyla Top500 listesine giren süper bilgisayarların 410'u (% 82) *cluster* mimarisine sahip.



Linux'un ve Unix'in zaferi

Daha önceki yazılarımızdan birinde de (bkz. "UNIX 40 Yaşında!", *Bilim ve Teknik*, s. 36-39, Şubat 2012) belirttiğimiz gibi Unix'in ve Linux'un önlene-meyen yükselişi burada da gözler önüne seriliyor. Dünyanın en hızlı 500 süper bilgisayarından sadece biri (% 0,2) Win-



dows (Windows HPC 2008) işletim sistemi ile çalışırken 457'si (% 91,4) Linux (SUSE, Redhat vb.), 30'u (% 6) ise Unix (örneğin AIX) ve türevi işletim sistemleriyle çalışıyor.

Deep Blue'dan Watson'a

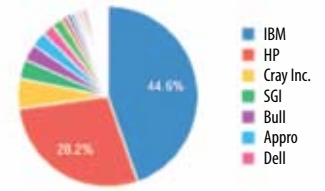
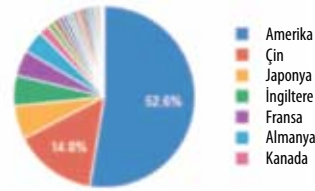
Son yıllarda hayatımıza giren süper bilgisayarlar bilimsel hesaplamaların dışında artık günlük hayatımızda insanları doğrudan ilgilendiren samsasyonel başarı-lara da imza atıyor. Örneğin IBM tarafından geliştirilen satranç bilgisayarı *Deep Blue*, 1996 yılında düzenlenen bir satranç turnuvasında dünya satranç şampiyonu Garri Kasparov'u yenerek tarihe bir dünya satranç şampiyonunu yenen ilk bilgisayar olarak geçti. 2011 yılında ise yine IBM tarafından üretilen Watson adlı süper bilgisayar bir bilgi yarışmasında iki kıdemli yarışmacıyı, hem de büyük bir farkla yenmeyi başararak yarışmadaki bir milyon dolarlık ödülü al-maya hak kazandı. Üstelik, Watson'un yetenekleri bununla bitmiyor: Gelen haberlere göre Watson şu anda Almanya'da otobanlardaki trafik tıkanıklıklarının önceden tahmin edilmesinde kullanılıyor ve yine büyük bir başarıyla.

Süper bilgisayar konferansları

İlk yıllardaki adı Mannheimer Supercomputer Seminar olan Uluslararası Süper Bilgisayarlar Konferansı (*International Supercomputer Conference*, kısaca ISC) 1986 yılında Mannheim Üniversitesi'nden Alman bilim insanı Prof. Dr. Hans Werner Meuer tarafından düzenlenmeye başlandı. 1993 yılından itibaren yine Mannheim Üniversitesi'nden Dr. Erich Strohmaier ve Tennessee Üniversitesi'nden Prof. Dr. Jack Dongarra ilk önceleri *Mannheimer Computer Statistik* adıyla bilinen ve dünyanın en hızlı beş yüz süper bilgisayarının açıklandığı Top500 listesini yayımlamaya başladı. Her altı ayda bir güncellenen Top500 listesinin o yıla ait ilk güncellemesi ISC'de, ikinci güncelleme ise ABD'de düzenlenen IEEE Süper Bilgisayarlar Konferansı'nda (*IEEE Supercomputer Conference*) açıklanıyor. 2009 yılından itibaren devamlı olarak Almanya'nın Hamburg kentinden düzenlenmeye başlanan Uluslararası Süper Bilgisayarlar Konferansı bu yıl 17-21 Haziran tarihleri arasında yine Hamburg'da yapılacak.



Börteçin Ege, Viyana Teknik Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü'nü bitirdikten sonra, yüksek lisans öğrenimini de 2005 yılında aynı üniversitede tamamladı. Yüksek lisans çalışması kapsamında birbiriyle bilgi alışverişinde bulunabilen iki kişisel veri tabanını modelleyerek programladı. 2007 yılında, günümüzde üye sayısı 3500'i bulan ve halen Almanya'nın en büyük semantik web topluluğu olma özelliği taşıyan grubu ve Ekim 2011'de İstanbul, Ankara ve İzmir Semantik Web Topluluklarını kurdu. <http://semweb.meetup.com/>



Türkiye ilk defa Top500 süper bilgisayarlar listesinde

Türkiye, 2004 yılından itibaren yürütülen ve Devlet Planlama Teşkilatı (DPT) tarafından desteklenen Ulusal Yüksek Başarımlı Hesaplama Merkezi (UYBHM) Projesi kapsamında HP teknolojilerine dayalı bir süper bilgisayar ile 2006 yılında ilk kez 353. sıradan en güçlü süper bilgisayarlar listesine girdi.

Türkiye'de bu alanda özellikle İTÜ UYBHM çalışmalar yapıyor. Ulusal Yüksek Başarımlı Hesaplama Merkezi Projesi'nde yer alan bu süper bilgisayar, 560 işlemciden oluşuyor ve saniyede 1 trilyon işlem yapabiliyor. Kamu kaynakları (DPT) ile gerçekleştirilen bu proje sayesinde, akademik ve endüstriyel araştırmalara hesaplama gücü sunmanın ötesinde bu alanda uzman insan kaynağı ve bilgi birikiminin sağlanması, yüksek başarımlı bilişim uygulamaları için bir sinerji merkezi oluşturulması amaçlanıyor.

İTÜ UYBHM'nin de katkısı ile TÜBİTAK ULAKBİM bünyesinde TR-GRID adlı bir süper bilgisayar girişimi daha başlatıldı.

Sonuç

IBM'in süper bilgisayarlar alanında her zaman ki gibi yenilmez olmaya devam ettiğini görüyoruz. Son yıllarda ürettiği diğer süper bilgisayarların yanı sıra Deep Blue ve Watson ile hayli ses getiren

başarılarla imza atan IBM'i daha uzun bir süre hiç kimsenin tahtından edemeyeceği ortada. Bu durum Linux ve Unix işletim sistemleri için de geçerli: Bu iki işletim sistemi süper bilgisayar alanında da rakipsiz görünüyor (hatırlanacağı gibi Top500'e giren sistemlerden yalnızca biri Windows ile çalışıyor). Linux'tan ve Unix'ten hiçbir zaman ayrı düşünemeyen efsane programlama dili C ise, performansından ve Linux'un ve Unix'in bu alandaki ezici üstünlüğünden dolayı süper bilgisayarların programlanmasında kullanılan dillerin en başında geliyor.

ABD, Çin ve Japonya ile karşılaştırıldığında Avrupa Birliği gerek sahip olduğu süper bilgisayar sayısı gerekse üretim açısından hayli sönük. Bu şu anda sadece bir süper bilgisayara sahip ülkemiz açısından da geçerli tabii, ama bu durumun TÜBİTAK'ın son yıllarda gerçekleştirdiği atılımlarla uzun vadede ülkemiz lehine değişeceği ümit ediliyor.

Fakat her ne kadar dünyadaki süper bilgisayarların büyük bir çoğunluğu ABD'de (% 52,6) bulunsa da, ABD, Çin ve Japonya karşısındaki üstünlüğünü göreceli olarak kaybetmeye devam ediyor. En son Çin'in hem de kendi geliştirdiği mikroişlemci mimarisine sahip iki sistemini dünyanın ilk on süper bilgisayarı içine sokmayı başararak, Top500 tarihinde bir ilk yaşıyor ve böylece zirvedeki Amerikan ve Japon mikroişlemci üstünlüğü de kırılıyor. Sonuç olarak Uzak Doğu, ABD ve Avrupa'yı geçmeye devam ederek süper bilgisayar alanını yavaş ama emin adımlarla Batı'nın tekelinden çıkarıyor.



Kaynaklar
İstanbul Teknik Üniversitesi, Ulusal Yüksek Başarımlı Hesaplama Merkezi (UYBHM), <http://www.uybhm.itu.edu.tr>
Tübitak, Ulakbilim, TR-Grid, Ulusal Akademik Ağ ve Bilgi merkezi, <http://www.grid.org.tr>
Chatzopoulos, D. "Top500: Die Liste der Supercomputer", 2011.
Malicke, M. "Die Geschichte und Gegenwart der Cray-Supercomputer", 2005.
David, A. P. ve Hennessy, J. L., "Computer Organization & Design", Morgan Kaufmann, 2. Basım, 1998.
Top500, "Supercomputer Sites", <http://www.top500.org>
The Green500, "Ranking the World's Most Energy-Efficient Supercomputers", <http://www.green500.org>