



Erciyes University Journal of the Institute of Science and Technology

Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi

ISSN 1012-2354

Cilt (Volume): 29, Sayı (Issue): 1, Ocak/January-2013

<http://fbe.erciyes.edu.tr/>



Hesaplamanın Farklı Formları ve Hesaplama Paradigma Kaymaları

Deniz DAL*, Tolga AYDIN

Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü 25240 Erzurum

ÖZET

Hesaplama (Computing), bilgisayar gerektiren, bilgisayarlardan faydalanma amacı güden veya farklı ihtiyaçlara yönelik bilgisayar tasarımını amaçlayan her türlü faaliyeti işaret eder. Bu tanımın da belirttiği üzere hesaplama ile bilgisayarlar arasında çok sıkı bir ilişki vardır ve bu nedendir ki bilgisayar teknolojisinin gelişimine paralel olarak geçmişten günümüze hesaplamanın farklı formları ortaya çıkmıştır. Doğal olarak bu süreç, içerisinde hesaplama kelimesi geçen birçok terimi de literatüre kazandırmıştır. Bu çalışmanın amacı ise söz konusu hesaplama terimlerinin sebep olduğu/olabileceği kafa karışıklıklarına son verebilmek, hesaplamanın geçirdiği paradigma kaymalarını dönem dönem ele almak ve detaylı olarak incelemek şeklinde özetlenebilir.

Anahtar

Kelimeler:

Seri Hesaplama,
Paralel
Hesaplama,
Küme Hesaplama,
Kafes Hesaplama,
Genel Amaçlı
GPU Hesaplama
(GPGPU),
Bulut Hesaplama,
Paradigma
Kayması

Various Forms of Computing and Paradigm Shifts in Computing

ABSTRACT

Computing is a general term that points to all kinds of activities requiring, benefiting from or designing computers for different needs. As the definition states, computing is tightly coupled with computers and that is why, various forms of computing have emerged from past to present in parallel with the evolution of the computer technology. Inherently, this period of time has brought many technical words consisting of the term "computing" into the literature along the way. The main objective of this study is to put an end to the confusions caused by those computing-related terms in question and to address the paradigm shifts in computing from a historical perspective.

Keywords:

Serial Computing,
Paralel
Computing,
Cluster
Computing,
Grid Computing,
General Purpose
GPU Computing
(GPGPU),
Cloud Computing,
Paradigm Shift

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author) E-posta: ddal@atauni.edu.tr

1. Giriş

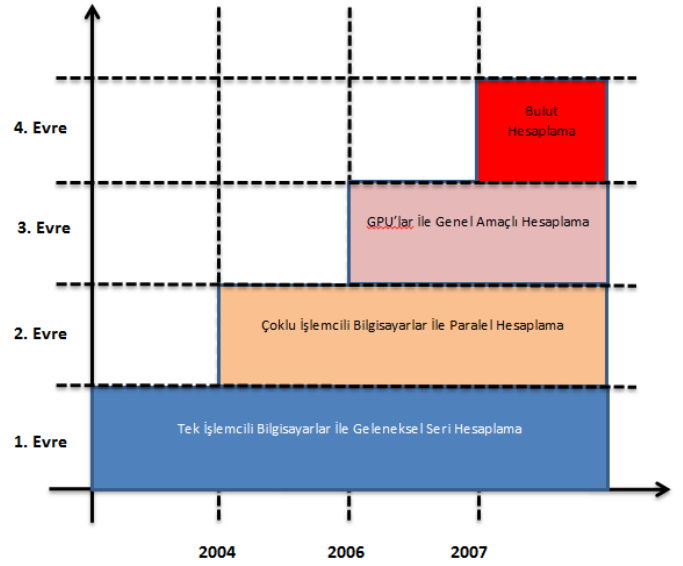
Hesaplama (Computing), bilgisayar gerektiren, bilgisayarlardan faydalanma amacı güden veya farklı ihtiyaçlara yönelik bilgisayar tasarımını amaçlayan her türlü faaliyeti işaret eder [1]. Bu tanımın da belirttiği üzere hesaplama ile bilgisayarlar arasında çok sıkı bir ilişki vardır ve bu nedendir ki bilgisayar teknolojisinin gelişimine paralel olarak geçmişten günümüze hesaplamının farklı formları ortaya çıkmıştır. Tarihi kronolojik bir sıralama içerisinde seri hesaplama, alt bileşenleri ile paralel hesaplama, genel amaçlı GPU hesaplama ve bulut hesaplama bunların en temel olanlarıdır ve bu makalenin sonraki bölümleri içerisinde her biri bağımsız birer evre olarak ele alınacaktır. Bu sıra içerisindeki hesaplamının bir formundan bir diğerine geçiş bir paradigma kayması (paradigm shift) olarak da adlandırılmaktadır.

Paradigma kayması, bir teorinin ya da inancın radikal bir değişikliğe uğraması, bir evrim geçirmesi olarak tanımlanabilir [2]. Örneğin cep telefonlarının günlük hayatımıza girişi bir paradigma kaymasını ifade eder, çünkü cep telefonları haberleşmenin şeklini mekândan bağımsız kılmıştır ve dolayısıyla onu radikal bir değişikliğe uğratmıştır. Filmi fotoğraf makinelerinden dijital fotoğraf makinelerine geçiş de bir başka önemli paradigma kayması örneğidir.

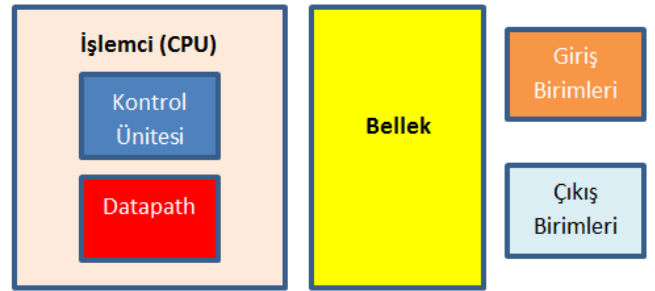
Bu makalede hesaplamının geçirdiği paradigma kaymaları detaylı olarak mercek altına alınacak, literatürde kullanılan ve içerisinde hesaplama kelimesi geçen birçok terimin sebep olduğu/olabileceği kafa karışıklıklarına son verilmeye çalışılacaktır. Bu anlamda makalenin kalan kısmı şu şekilde organize edilmiştir. 1. Bölümde geleneksel Seri Hesaplama bahsedilecektir. Farklı şekilleri ile Paralel Hesaplama 2. Bölümün ve onun alt bölümlerinin konusu olacaktır. 3. Bölüm Genel Amaçlı GPU hesaplama ayrılmıştır. Bulut Hesaplamanın detaylandırıldığı kısım 4. Bölümdür. 5. ve son Bölüm ise makaleyi sonlandıran tartışma ve sonuç bölümüdür.

2. (1. Evre) Geleneksel Hesaplama (Seri Hesaplama)

Hesaplamanın bilinen ve günümüzde halen kullanılan ilk formu, son 10 yıla kadar hesaplamının geleneksel formu olarak da adlandırılan ve bir bilgisayar programını oluşturan buyrukların (instructions) tek bir işlemci üzerinde birbiri ardına işletildiği seri/ardışıl (serial/sequential) hesaplama formudur. Şekil 1 üzerinde kendisinden 1. Evre olarak bahsedilen bu form Von Neumann mimarisinin veya depolu program (stored-program concept) diye de anılan bilgisayar tasarımının doğal bir sonucudur. Macar matematikçi John Von Neumann tarafından 1945 yılında önerilen ve günümüz bilgisayarlarının tasarımına ilham veren şekilli bir bilgisayar beş temel bileşenden oluşmaktadır. (Bkz. Şekil 2) Bunlar Giriş Birimleri, Çıkış Birimleri, Bellek, Datapath ve Kontrol Ünitesi olarak sıralanabilir [3]. (Genellikle son iki bileşen (yani Datapath ve Kontrol Ünitesi) birlikte İşlemci (CPU) olarak da anılır.). Bu tasarımın **bellek** adlı bileşeni hem program verilerini ve hem de programı oluşturan makine buyruklarını içerisinde saklayan bir depolama ünitesi olarak düşünülmüştür.



Şekil 1. Hesaplamanın Geçirdiği Evreler (Paradigma Kaymaları)



Şekil 2. Bir Bilgisayarın 5 Temel Bileşeni

Giriş Birimleri sayesinde dış dünyadan bilgisayara bilgi aktarılması, **Çıkış Birimleri** üzerinden ise bilgisayarın işlediği bilgilerin dış dünyaya yansıtılması amaçlanmıştır. Öte yandan **Datapath** adlı bileşen bilgiyi işleyen birimdir ve kabaca bir aritmetik-mantıksal ünite (ALU) ile işlemci içerisindeki saklayıcılardan (registers) oluşmaktadır. **Kontrol Ünitesi** ise buyrukları çözen (decode) ve bu buyrukları işleyecek kontrol sinyallerini Datapath'e, ilgili diğer kontrol sinyallerini de sırasıyla Belleğe, Giriş ve Çıkış Birimlerine üreten-gönderen ünedir.

3. Paralel Hesaplama

Hava tahmini gibi üstün bir hesaplama gücü gerektiren ve makul bir sürede çözüme kavuşturulması beklenen birçok bilimsel problem mevcuttur. Bu türden problemlerin üstesinden gelebilmek için genel olarak 3 yöntemden faydalanılır [4]: mevcut olandan daha iyi bir algoritma geliştirmek, eldekenden daha hızlı bir bilgisayar kullanmak veya hesaplamayı birkaç işlemci/bilgisayar arasında paylaşarak. Paralel Hesaplama (Parallel Computing), bu 3 yöntemden sonuncusunun adıdır ve zaman alıcı bir işlemi hızlandırabilmek gayesi ile -birbirlerinden bağımsız ve birden fazla- bilgi işleyebilen mekanizmanın (*çoklu işlemci (multicore veya multiprocessor) veya çoklu bilgisayar (multicomputer)*) kullanımını ifade eder [4].

Bu tanımdaki çoklu işlemci, anakartı üzerinde barındırdığı birden fazla işlemcinin ortak paylaşımlı bir bellek (shared memory) üzerinden haberleşebildiği bir bilgisayar mimarisidir ve çoklu bilgisayar da, her biri kendi belleğine sahip (distributed memory) birden fazla bilgisayarın birbirleri ile yerel bir ağ üzerinden haberleşebilmesine imkân sağlayan bir paralel hesaplama formudur.

3.1. (2. Evre) Çoklu İşlemcili Bilgisayarlar ile Paralel Hesaplama

Von Neumann mimarisi ile temelleri atılan geleneksel seri bilgisayarlar Moore Kanunu sayesinde bir nesilden (generation) diğerine hızlarını artırarak günümüze ulaşmışlardır. Aynı zamanda Intel firmasının da kurucu ortaklarından olan Gordon Moore'un 1960'lı yılların sonlarına doğru yaptığı ampirik bir öngörüsü olan Moore Kanunu yaklaşık olarak her 18-24 ayda bir aynı yonga (chip) yüzeyine (die surface) iki kat daha fazla tranzistör konulabilmesine imkân tanımıştır. CMOS yonga fabrikasyonu ile uğraşan firmalar Moore Kanununun baskısı altında her bir nesilde mevcut tranzistörlerin boyutlarını biraz daha küçültecek proses teknolojilerini geliştirebilmeyi ve bu sayede tek işlemcili bir bilgisayarın saat (clock) frekansını (dolayısıyla performansını-hızını) daha yükseklere çıkarabilmeyi mümkün kılmışlardır. Bu trend yaklaşık olarak 2004 yılına kadar devam etmiştir ve bu süreç sonunda saat frekans değeri 3 GHz mertebelerine, tranzistör boyutları da 100 nm (nanometre) nin altında mertebelere ulaşmıştır. "DSM (Deep Sub Micron)" rejimi şeklinde de tanımlanan bu son dönem tranzistör boyutları açısından fiziksel sınırların zorlanmaya başlandığı, CMOS teknolojisinin ise sonrası tahmin edilemez bir sona yaklaştığının düşünüldüğü bir dönemdir. Bu yeni dönemde DSM öncesi ihmal edilebilecek seviyelerde seyreden sızdırma (leakage) adlı güç bileşeni nanometre seviyelerinde boyutlara çekilen tranzistörlerin çalışmadıkları anlarda bile güç tüketmeye başlamaları ile birlikte dominant bir güç bileşeni olmaya başlamıştır. DSM öncesi güç tüketiminin ana bileşeni olan anahtarlama gücü ise (switching power) ikinci plana gerilemiştir. Daha da önemlisi mühendisler artık yüksek frekanslı-tek işlemcili DSM rejimi entegre devrelerinin söz konusu yüksek güç tüketimi yüzünden aşırı ısınmaları nedeniyle yeni problemlerle karşılaşmışlardır: soğutma (cooling) ve güvenilirlik (reliability). Öte yandan milenyum başında dizüstü bilgisayarlar, mobil telefonlar ve mp3 çalarlar gibi taşınabilir elektronik cihazlar günlük hayatın vazgeçilmez birer parçası olmaya başlamışlardır. Bu tür cihazları üreten firmaların acımasız ve kıyasıya bir rekabetin hüküm sürdüğü piyasada tutunabilmeleri ise büyük ölçüde ürünlerinin batarya ömürleri (tam bir şarj ve deşarj arası geçen süre) ile orantılı hale gelmiştir. Bütün bu bilgiler ışığında ve yüksek güç tüketimine sahip entegre devreler kullanılarak uzun batarya ömrüne sahip cihazların üretilmesinin zorluğu da dikkate alınarak Moore Kanununun mevcut haliyle seri hesaplama performans artırımı anlamında artık bir katkı sağlayamayacağı anlaşılmıştır. Tam bu noktada önce AMD ve daha sonra Intel firmaları tarafından tek işlemcili seri bilgisayarlar yerine daha düşük frekanslı çoklu işlemciler (multicore) içeren bilgisayarlar piyasaya sürülmüştür [5], [6].

2004 yılı ortalarına rastlayan bu mimari değişim hesaplamada bir paradigma kayması olarak Şekil 1'de 2. Evre olarak kendisine bir yer bulmuştur. Söz konusu bu paradigma kayması bir zamanlar dünyanın sadece sayılı süper bilgisayar merkezlerinde rastlanabilecek çoklu işlemcili pahalı bilgisayarların küçük ölçeklilerini son kullanıcının emrine sunmuştur. "Bir elin nesi var, iki elin sesi var." atasözümüzün de özetlediği üzere, çoklu işlemcili bilgisayarlarda performans artırımı birbirlerinden bağımsız veya başka bir deyişle paralel çalışabilen her bir tekil işlemcinin performanslarının birleşimi (Amdahl Kanununun izin verdiği ölçüde [7]) ile sağlanmaktadır.

3.2. Çoklu Bilgisayarlar ile Paralel Hesaplama - Küme Hesaplama

Küme bir tür paralel veya dağıtık bilgi işleme sistemidir ve birbirlerine yerel bir ağ üzerinden bağlı (genellikle) tekil bilgisayarların birlikte tek, entegre ve güçlü bir hesaplama kaynağı olarak çalıştırılması prensibine dayanır [8]. Kümeler (ticari ürün olarak piyasaya sürülen kümeler hariç [9], [10]), çoğunlukla sıradan (off-the-shelf) bilgisayarlar, makul fiyatlı donanımlar ile açık kaynaklı yazılımlar kullanılarak oluşturulurlar ve 1994 yılında NASA'da geliştirilen Beowulf Kümesi [11] söz konusu bu kümelerin temelini teşkil eder. TÜBİTAK bünyesinde de Türk akademisyenlerin paralel hesaplama ihtiyaçlarını karşılamak üzere oluşturulmuş bir Beowulf Kümesi bulunmaktadır [12]. Günümüzde ise endüstride ve akademik dünyada farklı amaçlarla kullanılan 3 tür küme mevcuttur:

- ❖ Bir küme insan genom projesi gibi bilimsel bir uygulamanın ihtiyaç duyacağı yüksek performansı elde etmek amacıyla oluşturulabilir ve böyle bir küme **Yüksek Performans Kümesi** veya **Yüksek Başarımlı Hesaplama Kümesi** (High Performance Computing Cluster – HPC) olarak adlandırılır.
- ❖ Bir başka küme kritik bir amaca hizmet eden bir web sunucusunun her daim ayakta kalması veya çökmemesi (down, failover) amacıyla kullanılabilir. Bu türden bir küme ise **Yüksek Erişilebilirlik Kümesi** (High Availability Cluster, Failover Cluster) adını alır.
- ❖ Bir web arama motorunun işleyeceği/depolayacağı veriyi birçok bilgisayar arasında dengeli dağıtmak suretiyle performansını artırmaya yönelik oluşturulan kümeler de **Yüksek Dengeleme Kümeleridir**. (Load Balancing Clusters)

Kümelerin avantajları ise şu şekilde sıralanabilir [13]:

- ❖ **Büyüyelebilmeye Açıklık:** Daha yüksek bir hesaplama gücüne ihtiyaç duyulan durumlarda işlemci sayısının tek bir sunucu bilgisayar üzerinde artırılması maliyeti inanılmaz boyutlara çekmektedir. Öte yandan, böyle bir durumda, kümeye gerekli sayıda hesaplama düğümü (compute node) ekleyerek bir çözüme ulaşmak daha ekonomik ve pratik bir yaklaşım olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu nedendir ki dünyanın en hızlı 500 süper bilgisayarının içerisinde kümeler büyük bir oranda kendilerine yer bulabilmektedirler [14], [15].

- ❖ **Maliyet:** Bir sunucunun maliyeti içerisine konulacak işlemci sayısının artmasıyla yükselir. İşlemci sayısı yerine sunucu sayısını artırma yoluna gidildiğinde ise maliyetin çok büyük ölçüde azalacağı aşikârdır.
- ❖ **Yedeklilik:** Sunucu kümesi içerisindeki herhangi bir bilgisayarın arızalanması sistemin işleyişine bir zarar vermez. Yani kümeler sunucu sayısı kadar yedeklilik sağlarlar.

Kümelerin en büyük dezavantajı ise kümenin performansının çok büyük ölçüde küme bilgisayarlarını birbirlerine bağlayan ağ alt yapısının (interconnection) hızına bağımlı olmasıdır. Hesaplama/haberleşme oranı (computation/communication ratio) büyük olan uygulamalarda bu durum belki çok önem arz etmez ama aksi durumlarda hesaplama ile elde edilen performans artışı haberleşme sırasında kayba uğrayarak olumsuz bir duruma sebep olur. Örneğin küme içi mesajlaşmayı sağlamak amacıyla kullanılacak Gigabit Ethernet teknolojisi bizlere bant genişliği olarak 1 Gb/s sunar. Diğer yandan, aynı amaçla kullanılacak Infiniband teknolojisinin bant genişliği ise 40 Gb/s mertebesindedir, yani bu teknoloji 40 kat daha hızlı bir iletişim kanalıdır.

3.2.1. Yüksek Performans Kümeleri

Hava ve iklim değişiklikleri tahmini veya insan genom projesi gibi bazı problemlerin mümkün olan en kısa sürede çözüme kavuşturulması istenir. Yarının hava tahminini hesaplamak için gerekli sürenin 3 hafta olması elbette kabul edilemez bir durumdur.

Yüksek Performans Kümeleri hızın/performansın önem arz ettiği durumlarda küme elemanlarının bir problemin kendilerine tahsis edilmiş bölümü üzerinde eş zamanlı/paralel olarak çalıştığı ve böylece hızlandırılmış sonuca katkıda bulunduğu kümeler olarak karşımıza çıkarlar. Bu kümeler sayesinde çözülmesi düşünülen problemin/algoritmanın paralelleştirilmesi genellikle kullanıcı sorumluluğundadır. Öte yandan hesaplama düğümlerindeki işlemlerin maksimum, düğümler arası haberleşmelerin de minimum seviyede gerçekleşeceği bir yük paylaşımının paralel bir bilgisayar programı formunda kümeye bir iş olarak teslim edilmesi beklenir. İstanbul Teknik Üniversitesi bünyesinde kurulu Ulusal Yüksek Başarılı Hesaplama Merkezi (UYBHM) de Türkiye'deki hesaplamalı bilim ve mühendislik problemlerinin çözümünde gerekli performans ihtiyacını karşılamak amacıyla tesis edilmiş bir Yüksek Performans Kümesidir [16].

3.2.2. Yüksek Erişilebilirlik Kümeleri

Bir yıl 365 gün kabul edildiğinde %99 erişilebilirlik oranına sahip bir sunucunun yıl boyunca 361.35 gün ayakta kaldığı sonucu çıkarılır. Bu hesap ise bizlere söz konusu sunucunun bir yılın yaklaşık olarak 4 gününde kullanıcılarına hizmet veremediğini (down) söyler.

Bir hastanenin hastalarının verilerinin tutulduğu kritik bir veri tabanı uygulaması çalıştıran bir sunucuda, dosya paylaşım hizmeti veren bir sunucuda ya da büyük bir e-ticaret sitesine hizmet sağlayan bir sunucuda 4 günlük bir erişim dışılık müşteri ve para kaybı yanında can kayıplarına da yol açabilir. Bu nedenle erişilebilirlik oranını %99.99 mertebelerine çekebilmek, dolayısıyla sistemin ayakta kaldığı süreyi maksimuma yükseltmek, down olduğu süreyi de minimuma indirmek amaçlanır. Yüksek Erişilebilirlik Kümeleri ise bu amaçla kullanılan çözümlerden birisidir. Bu tür kümeler aynı hizmeti verebilecek (aynı bilgiye sahip) birden fazla yedekli (redundant) sunucudan oluşur. Sistemde oluşabilecek bir yazılım veya donanım hatasını (fault) anında fark eden bir ünite sayesinde başka bir sunucu üzerinden bu durum tolere (fault tolerance) edilir ve hizmetin devamlılığı sağlanır.

3.2.3. Kafes Hesaplama

Kafes Hesaplama (Grid Computing) konum olarak birbirlerinden izole/uzakta bulunan Yüksek Performans Kümelerinin bir araya getirilmeleri ile elde edilen hesaplama gücünü kullanır. Başka bir deyişle kümelerin kümesi olarak düşünülebilecek bir alt yapı kafes hesaplamanın temel mantığını oluşturur. Ülkemizde Bilkent Üniversitesi, Boğaziçi Üniversitesi veya İstanbul Teknik Üniversitesi gibi üniversiteler bünyesinde Yüksek Başarılı Hesaplama Kümeleri mevcuttur. Bu kümeler TÜBİTAK ULAKBİM'in Türkiye'nin Ulusal Grid Oluşumu (TR-Grid UGO) projesi kapsamında bir kafes yapısı üzerinden de birbirlerine bağlanmışlardır [17].

TR-Grid aynı zamanda Avrupa ve Güney Doğu Avrupa'daki bazı bölgesel kafes oluşumlarına da entegredir ve bu sayede kafesi oluşturan kümelerin gücünü aşan işlem hızlarına, hafıza ve depolama kapasitelerine ihtiyaç duyulduğunda yardımına başvuracağımız bir yapı olarak karşımıza çıkmaktadır.

4. (3. Evre) Genel Amaçlı GPU Hesaplama

Grafik İşlem Birimi veya İngilizce orijinal adıyla GPU (Graphics Processing Unit), bilgisayar ekranına yansıtılacak bir görüntüyü oluşturmak için gerekli kayan nokta ve benzeri tüm işlemleri gerçekleştirmek amacıyla grafik/ekran kartına eklenmiş özel bir CPU'dur [18]. Başka bir deyişle grafik kartının bilgi işleme ünitesidir. GPU'lar 2006 yılının Kasım ayına [19] kadar grafik kartlarının ihtiyaç duyduğu karmaşık matematiksel ve geometrik hesaplamalar için kullanıldılar, yani sadece grafik işlemlerine/ekran kartlarına hizmet ettiler. Bu tarihten sonra ise GPU'lar NVIDIA firması tarafından piyasaya sunulan CUDA (Compute Unified Device Architecture) paralel hesaplama platformu/mimarisi sayesinde tıpkı CPU'lar gibi genel amaçlı bilimsel ve mühendislik hesaplamaları için de (General Purpose GPU Computing – GPGPU) kullanılmaya başlandılar ve bu yeni hesaplama şekli bir paradigma kaymasına yol açtı. Şekil 1 üzerinde kendisinden 3. Evre olarak da bahsedilen hesaplamının bu yeni formu, aslında, host olarak adlandırılan CPU ile device olarak isimlendirilen GPU'nun birlikte kullanıldığı heterojen bir mimariyi işaret etmektedir. Bu mimari CPU üzerinde gerçekleştirilen merkezi bir işlemeyen, CPU ve GPU üzerinde gerçekleştirilen ortak bir işlemeye kayma evrimi olarak da ifade edilebilir [20]. Herhangi bir uygulamanın seri/ardışıl kısmı CPU üzerinde, hesaplama yoğunluklu yani paralel çalışabilen kısmı da grafik kart üzerindeki birden fazla GPU core ile gerçekleştirilir.

Son kullanıcının günümüzde artık maddi olarak zorlanmadan erişebileceği ekran kartları yüzlerce hatta binlerce GPU'yu bünyelerinde barındırmaktadırlar. CUDA-etkinleştirilmiş GPU'lar yazılım geliştiriciler, bilim adamları ve araştırmacılar için, görüntü ve video işleme, hesaplama dayalı biyoloji ve kimya, akışkan dinamiği simülasyonu, CT görüntü oluşturma gibi geniş kullanım alanları sunmaktadırlar [20]. Ayrıca CUDA şu anda, yeni ilaçların keşfini hızlandırmak için dünya genelinde 60.000'den fazla akademik ve ilaç şirketi araştırmacısı tarafından kullanılan bir moleküler dinamik benzetim programı olan AMBER'i hızlandırmak amacıyla da kullanılmaktadır [20]. CUDA kullanıcıları ise CUDA için genişletilmiş C, C++ veya Fortran gibi üst düzey diller ile paralel uygulamalar geliştirirler ve CUDA-etkinleştirilmiş NVIDIA ekran kartlı bir bilgisayar üzerinde bu uygulamalarını çalıştırırlar.

5. (4. Evre) Bulut Hesaplama

Günümüzde birçok kamu kuruluşu ihtiyaç duydukları bir takım özel araçları operatörleriyle birlikte kiralama şeklinde özel sektörden temin etmektedirler ve yakın bir geçmiş kadar çoğunlukla tercih ettikleri bir yöntem olan satın alma yoluna gitmemektedirler. Böylece bünyelerinde ayrıca bir araç parkı, yedek malzeme departmanı, operatör ve teknik servis elemanı bulundurma zorunluluğundan kurtulmaktadırlar. Bu türden bir hizmet alım stratejisi Bulut Hesaplamanın veya Bulut Bilişimin (Cloud Computing) temel felsefesini oluşturmaktadır. Bulut kelimesi günümüz dünyasının artık vazgeçilmez bir parçası haline gelen interneti işaret eden bir metafordur. Bulut Hesaplama (BH) ise sadece bir internet bağlantısına ve bir web gezgini yazılımına sahip bir bilgisayar veya bir elektronik cihaz kullanıcısının ihtiyaç duyacağı her şeyi buluttan temin edebileceği bir hesaplama formudur. (Bkz. Şekil 3)



Cloud Computing

Having secure access to all your applications and data from any network device

Şekil 3. Bulut Hesaplama [21]

Şekil 1 üzerinde kendisinden 4. Evre olarak bahsedilen hesaplamanın bu formu, yaklaşık olarak 2007 yılından itibaren kamunun yoğun ilgisini çekmeye başlamıştır [22] (Google firmasının Google Docs'u hizmete sunmasıyla birlikte) ve hesaplama yeni bir paradigma kayması gerçekleşmiştir.

Birkaç dakikalığına internetin yaşantımızı nasıl değiştirdiğini düşünelim ve şu andan itibaren internetsiz hayat acaba nasıl olurdu sorusuna cevap arayalım.

Bu makalenin yazarları "İnternetsiz bir hayatı artık düşünmek bile istemiyorum." diyenlerin aynı cümleyi yakın bir gelecekte BH için de kullanacakları öngörüsünü yapmaktadırlar. Yazarları böyle düşünmeye iten sebepler ise BH'nin aşağıda sıralanan avantajlarıdır.

Herşeyden önce BH'nin maliyet avantajı vardır. BH sayesinde ön yatırım, bakım ve güncelleştirme masrafları olmadan kullandığımız kadarıyla donanım veya yazılıma (buluttan temin ederek) para öderiz. BH, verilerimizin buluttaki bir veya birçok bilgisayarda saklanması, benzer şekilde ihtiyaç duyduğumuz hesaplamaların da buluttaki kaynaklar tarafından gerçekleştirilmesi ve nihayetinde işlenen verilerin internet aracılığıyla kendi bilgisayarlarımıza yönlendirilmesi mantığıyla çalışır. Böylece elimizdeki bilgisayarların kapasitelerinin de pek bir önemi kalmamış olur. Cep telefonlarının sabit telefonlardan farklı olarak iletişimi mekândan bağımsız kılmaları gibi BH de verilerimize internet bağlantısı olan bir bilgisayar ile dünyanın herhangi bir köşesinden ulaşabilmemize imkân sağlar. BH tarafından kullanıcılara sunulan kaynaklar ve hizmetler çoğunlukla ücretsizdir (en azından şimdilik), ücret talep edilenler ise "kullandığın kadar öde" tarifesi içerir. (Bir şehrin sakinleri evlerinde ihtiyaç duydukları suyu veya elektriği barajlardan doğrudan kendi imkânları ile ve ayrıca bir sürü alt yapı maliyetini de üstlenerek temin etmezler. Bu işi onlar için üstlenen kurumlara hizmet bedeli olarak her ay "kullandıkları kadar" bir ödeme yaparlar. Aynı kural BH kullanıcıları için de geçerlidir.) Bulut'un ne olduğunu anlamamızı kolaylaştıracağı düşünüldükçe birkaç ilginç bulut uygulaması aşağıda listelenmiştir:

- ❖ **Cloudo:** Cloudo, internette yaşayan ücretsiz bir kişisel bilgisayar olarak düşünülebilir [23]. Bu bilgisayarın bir işletim sistemi ve üzerinde çalışan uygulamaları mevcuttur. İnternet erişimi olan bir bilgisayar/mobil telefon ile bu bilgisayara bağlanabilirsiniz ve kullandığınız web gezgini üzerinde bulut bilgisayarınızın masaüstünü görebilirsiniz. (BH söz konusu olduğunda kullanılan internetin bant genişliğinin buluttan temin edilecek/satın alınacak hizmetin kalitesini doğrudan etkileyeceği unutulmamalıdır.)
- ❖ **eyeOS:** eyeOS, içerisinde bir web tarayıcısı da olan açık kaynak kodlu bir web işletim sistemidir [24]. Bu bulut uygulaması içerisindeki web gezgini yazılımı bir proxy olarak da kullanılabilir ve böylece internet sağlayıcıların erişimine kısıtlama getirdiği sayfalar pas geçilebilir.
- ❖ **pixlr:** pixlr, kullandığınız web gezgini üzerinde, profesyonel anlamda, çevrim içi görüntü düzenleyebilmenize imkân tanıyan ücretsiz bir bulut uygulamasıdır [25]. Photoshop gibi bir satın alma ve kurulum süreci gerektiren yazılımlara ücretsiz ve kurulumuz bir alternatif olarak düşünülebilir.
- ❖ **Google Docs:** Google Docs, Google tarafından kullanıcılara ücretsiz olarak sunulan ve bünyesinde bir grup uygulama barındıran bir web hizmetidir [26]. Bu hizmet sayesinde, bir kullanıcı, Microsoft Office veya LibreOffice gibi ofis programlarının kurulumuna gerek duymadan, çevrim içi şekilde hesap tablosu veya kelime işleme ihtiyaçlarını karşılayabilir. Oluşturduğu dökümanları yine bu ücretsiz hizmet dâhilinde bulutta saklayabilir, istediğinde erişebilir ve başka kullanıcılarla paylaşabilir.
- ❖ **Amazon EC2:** Amazon Elastic Compute Cloud (Amazon EC2), kullanıcılara üzerinde hesaplamalar yapabileceği sanal bilgisayarlar sunan bir bulut uygulaması ve bir web hizmetidir [27]. Kullanıcı, hesaplama için ihtiyaç duyacağı bellek miktarını ve CPU hızını bir konfigürasyon olarak belirler ve bu hizmete kullandığı saat üzerinden bir bedel öder.

Sürekli ve çoğunlukla bant genişliği yüksek bir internet bağlantısına ihtiyaç duyuyor oluşu, buluttaki servis sağlayıcıların verileri ne derece güvenli korudukları, gerektiğinde bir sağlayıcıdan başka bir sağlayıcıya verilerin güvenli olarak nasıl taşınabileceği, bir hizmeti sadece belirli sağlayıcıların temin ettiği tekelleşme ve bunun beraberinde getirdiği yüksek maliyet problemi ve kullanıcılar ile hizmet verenler arasında oluşabilecek anlaşmazlıkları giderebilecek kanuni düzenlemelerin yetersizliği gibi hususlar ise BH'nin dezavantajları olarak sıralanabilirler.

6. Sonuç ve Tartışma

Seri Hesaplama, Paralel Hesaplama, Küme Hesaplama, Yüksek Başarımli Hesaplama, Kafes Hesaplama, Genel Amaçlı GPU Hesaplama, Bulut Hesaplama ve daha niceleri. Günümüz literatüründe sıklıkla karşılaştığımız, hesaplamamızın bütün bu farklı formları arasındaki ince ayrımlar kafa karışıklıklarına sebep olabilmektedir. Bu nedenle bu makale kapsamında yukarıda sıralanan tüm hesaplama türleri detaylı olarak incelenmiştir ve aralarındaki farklılıklar listelenmiştir. Hesaplamanın seri hesaplama ile başlayan tarihi serüveninin zaman içerisinde uğradığı paradigma kaymaları ve bunların gerekçeleri de yine bu makale bünyesinde irdelenmiştir. İnsanoğlu son 10 yıl içerisinde (daha spesifik olarak 2004-2007 yılları arasında) hesaplama anlamında 3 paradigma kaymasına şahitlik etmiştir. Paradigma kaymaları, alışla gelmiş kuralları değiştirirler ve beraberlerinde yeni kurallar getirirler; bu yüzden ki onların sebep oldukları radikal değişikliklere uyum sağlayabilmek bir miktar zaman alır. Örneğin 2004 yılında gözlemlediğimiz paradigma kayması neticesinde gerçekleşen tek işlemcili geleneksel seri bilgisayarlardan çok işlemcili paralel bilgisayarlara geçişin sancuları yazılım tarafında halen sürmektedir. Senelerce seri programlar yazmış, onları test etmiş, hatalarını ayıklamış bizler için paralel bir yazılım dünyasının kapılarını aralamak pek kolay olmamıştır/olmayacaktır. Günümüzün çoklu işlemcili bilgisayarlara halen seri programlar çalıştırmaktadırlar ve mevcut işlemcilerin tamamını efektif bir şekilde kullanacak paralel yazılımların sayısı yok denecek kadar azdır. Bir zamanlar sadece grafik kartlarına hizmet eden GPU'ların da günümüzde artık genel amaçlı (paralel) hesaplamalar için kullanılıyor olması geleceğin dünyasının paralel bir dünya olacağını habercisidir. Ön yatırım maliyetlerini azaltarak "buluttan kullandığım kadar öde" tarifesiyle hayatımıza yavaş yavaş girmeye başlayan bulut hesaplama ise vazgeçilmezlerimizden olmaya çok ciddi bir adaydır. Bulut hesaplama, evlerimizde, iş yerlerimizde ve beraberimizde bulundurduğumuz elektronik cihazların minimum konfigürasyonlu (dummy) olacağı, sadece bir internet bağlantısı ile ihtiyaç duyacağımız bütün yazılımları ve donanımları buluttan temin edebileceğimiz bir dünyanın kapılarını bizlere açmaktadır; bu nedenledir ki, bu makalenin yazarları, çok yakın bir gelecekte, "İnternetsiz yaşayamam." diyenlerin bu sloganlarını "Bulutsuz yaşayamam." şeklinde değiştirecekleri öngörüsünde bulunmaktadır.

Kaynaklar

1. The Joint Task Force for Computing Curricula, The Overview Report, http://www.acm.org/education/curric_vols/CC2005-March06Final.pdf, 2005.

2. Paradigm Shift, Dictionary.com, <http://dictionary.reference.com/browse/paradigm+shift>
3. Patterson, D. A., Hennessy J. L., Computer Organization and Design – The Hardware/Software Interface, Third Edition, Elsevier Inc., 2005.
4. Sloan, J. D., High Performance Linux Clusters with OSCAR, Rocks, OpenMosix and MPI, O'Reilly Media, 2004.
5. AMD Press Release, http://www.amd.com/us/press-releases/Pages/Press_Release_89872.aspx
6. EETimes News&Analysis, <http://www.eetimes.com/electronics-news/4049957/Intel-will-demo-its-first-multi-core-CPU-at-IDF>
7. Hill, M. D., Marty, M. R., Ahmdal's Law in the Multicore Era, IEEE Computer Journal, 2008.
8. Jin, H., Buyya, R., Baker, M., Cluster Computing Tools, Applications, and Australian Initiatives for Low Cost Supercomputing. Monitor, The Institution of Engineers Australia (IEAust), Volume 25, No 4., 2000.
9. HP HPC Solutions, <http://h20311.www2.hp.com/hpc/us/en/hpc-index.html>
10. IBM Cluster Systems, <http://www-03.ibm.com/systems/clusters/>
11. Sterling, T. L., Savarese, D., Becker D. J., Dorband J. E., Ranawake U. A., Packer C. V., BEOWULF: A Parallel Workstation for Scientific Computation, ICPP, 1995.
12. TÜBİTAK ULAKBİM Yüksek Başarımli Hesaplama Merkezi, <http://beowulf.ulakbim.gov.tr/>
13. Proline HPC Kataloğu, <http://www.proline.com.tr/tr/Solutions/Information-and-Communication-Technologies/Data-Processing-and-Management/Pages/High-Performance-Computing-Solutions.aspx>
14. Top 500 Supercomputer Sites, <http://www.top500.org/>
15. ITJungle, Linux Clusters Continue to Expand in Top 500 SupersRanking, <http://www.itjungle.com/breaking/bn111405-story01.html>
16. İstanbul Teknik Üniversitesi Ulusal Yüksek Başarımli Hesaplama Merkezi, <http://www.uybhm.itu.edu.tr/>
17. TÜBİTAK ULAKBİM Ulusal Grid Oluşumu, <http://www.grid.org.tr/>
18. Grafik İşlemci Ünitesi, http://tr.wikipedia.org/wiki/Grafik_%C4%B0%C5%9Flemci_%C3%9Cnitesi
19. NVIDIA CUDA C Programming Guide, http://developer.download.nvidia.com/compute/DevZone/docs/html/C/doc/CUDA_C_Programming_Guide.pdf
20. CUDA Nedir?, <http://www.nvidia.com.tr/object/what-is-cuda-new-tr.html>
21. Zadaonkar, H., Cloud Computing Concepts and Migration Strategies of an Application to Cloud, <http://hrushikeshzadgaonkar.wordpress.com/2011/05/20/cloud-computing-concepts-and-migration-strategies-of-an-application-to-cloud/>
22. Cloud Computing World, <http://www.cloudcomputingworld.org/cloud-computing/when-did-cloud-computing-develop.html>
23. <http://cloudo.com/>
24. <http://www.eyeos.org/>
25. <http://piklr.com/>
26. <http://docs.google.com>
27. <http://aws.amazon.com/ec2/>