

Paralel Bilgisayar Yapıları ve Bilgisayar Mühendisliği Eğitiminde Paralel Programlama

Gültekin Kuvat¹, Nihat Adar², Efnan Şora Günal¹

¹Elektrik-Elektronik Mühendisliği
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
kuvat@ogu.edu.tr, esora@ogu.edu.tr

²Bilgisayar Mühendisliği
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
nadar@ogu.edu.tr

Özet

Son yıllarda teknolojideki gelişmelerle birlikte hem akademik hem de iş dünyasında büyük boyutlu veri kümeleriyle çalışma zorunluluğu ortaya çıkmıştır. Bu nedenle yüksek performanslı bilgisayarlara duyulan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır. Bilgisayar performansları hızla artmasına rağmen büyük boyutlu problemler ve veri kümelerinin çözümünde kullanılacak daha güçlü bilgisayarlara ihtiyaç duyulmakta ve bu ihtiyacı karşılamak için paralel bilgisayar sistemleri kullanılmaktadır. Bu çalışmada, üniversitelerin bilgisayar mühendisliği bölümlerinde paralel bilgisayar yapıları ile ilgili verilen eğitim incelenmiş, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliğinde okutulan "Paralel Programlama" dersinin içeriği sunulmuş ve öğrencilerden alınan geri bildirimlerle dersin ve yeni bir çalışma alanı olan bu konunun eğitiminde iyileştirmeler gerçekleştirmek amacıyla analizler yapılmıştır.

1. Giriş

Dünyada bilişim sektörünün hızla ilerlemesi, buna bağlı olarak bilgisayar teknolojisinin gelişerek kişisel kullanımın yaygınlaşması ile oluşan sorunlar sektör çalışanlarını hızlı çözümler bulmaya yöneltmiştir. Kişilerin kullanımına sunulan veri boyutlarının her geçen gün büyümesi daha hızlı işlem yapabilen bilgisayar sistemlerine duyulan ihtiyacı sürekli olarak arttırmaktadır. Bu veriler metin tabanlı olabildiği gibi daha fazla işlem gücü gerektiren görüntü ve video tabanlı da olabilmektedir. Bu durumlarda işlem hızı büyük önem kazanmakta ve işlem yükünü güçlü bilgisayar yapılarında paylaştırarak daha kısa sürelerde hizmet sunulması sağlanmaktadır. Bunun yanında, bilimsel ve mühendislik problemlerinin simülasyonları yüksek hesaplama hızı gerektirmektedir. Bilgisayarların işlem hızları eskiye göre oldukça yüksek olmasına

rağmen bazı yüksek boyutlu verilerdeki hesaplama zamanı hala makul süreler düşürülememektedir. Oysaki üretim sektöründe, mühendislik hesaplamaları ve simülasyonlarında sonuçların mümkün olduğunca kısa sürelerde elde edilmesi gerekir. Örneğin istenilen işlemi doğru şekilde gerçekleştiren, ancak sonuç alma aşamasının haftalar sürdüğü bir sistem verimli bir sistem olarak kabul edilemez. Amaç kısa sürede en iyi sonuçları elde etmektir. Hava tahmini, birçok hareketli görüntüleri içeren sanal gerçeklik gibi çalışma alanlarında işlem süresi çok önemlidir [1].

Paralel yapılar son yıllarda güncel problemlerin çözümüne yönelik modeller olarak karşımıza çıkmaya başlamıştır. Yapılan bir çalışmada [2] coğrafi bilgi sistemlerinde (CBS) yüksek miktardaki veri boyutları nedeniyle daha hızlı bilgisayarlara duyulan ihtiyaç belirtilmiştir. Çalışmada CBS işlemleri ve gerekli olan performans gereksinimleri belirlenerek buna karşılık gelen bilgisayar yapıları sunulmuştur. Ancak kullanıcı sayılarındaki ve veri miktarlarındaki olabilecek artışlar göz önünde bulundurulduğunda paralel bilgisayarın iyi bir çözüm olacağı ifade edilmiştir. [3]'de son yıllarda oldukça popüler olan ve yaygın olarak kullanılmaya başlayan, bir bölgeye ait görüntüyü gerçek zamanlı ekrana taşıyan, istenilen bilgiyi verebilen, "sayısal şehir" (Virtual Los Angeles, Model City Philadelphia, Google earth gibi) denilen araçların daha başarılı performans göstermesi için çözüm önerileri sunulmuştur. Bu araçlar sayesinde uzaktan algılama yöntemiyle elde edilen görüntülerde birçok bileşen bulunduğu ifade edilmiştir. Çalışmaya göre bir bölgenin en temel haliyle toprak yüzeyi, toprak altı ve gökyüzü bileşenleri mevcuttur. Bu bileşenlere ait her bir görüntünün ayrı ayrı değerlendirilmesi gerekir. Bunun içinde paralel bilgisayarların

kullanılarak daha hızlı çalışan ve detaylı sonuçlar üretmeyi sağlayacak bir model sunulmuştur.

Paralel bilgisayar yapıları yukarıda anlatılan günlük hayatın içindeki çözümlerin yanında akademik çalışmalar içinde çözümler sunmaktadır. Görüntü işleme, örüntü tanıma, optimizasyon gibi birçok alanda kullanılan ve yüksek işlem hızına gereksinim duyulan Fourier, Cosine dönüşüm, matematiksel matris işlemleri gibi hesaplamalarda zamanı kısaltmakta ve performansı arttırmaktadır. Bu nedenle akademisyenler tarafından farklı disiplinler arasında kullanım alanı bulmaktadır.

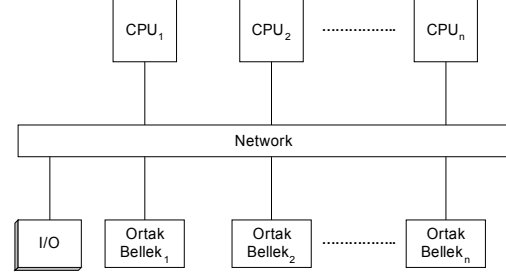
Paralel bilgisayar sistemleri donanım ve yazılım temelli olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır. Donanım ile elde edilen paralel sistemler yüksek maliyetler ile satın alınabilen, içerisinde çok sayıda güçlü işlemci ve büyük hafıza alanları barındıran süper bilgisayarlardır. Yüksek maliyet ve uzun vadede atıl duruma gelebilme ihtimali dolayısıyla donanıma dayalı yapılar gerek akademik gerekse iş dünyasını alternatif çözüm arayışlarına yönlendirmiştir. Yazılım temelli oluşturulan yapılar ise öncelikle akademik, sonrasında ise iş dünyası için iyi bir çözüm olarak kabul edilmiş ve son yıllarda yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır.

Bu çalışmada, yazılım temelli paralel bilgisayar sistemlerinin Türkiye’de bilgisayar mühendisliği eğitimindeki yeri, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi (ESOGU) Bilgisayar Mühendisliği Bölümündeki uygulaması, öğrencilerden alınan geri bildirimlerin analizi ve daha etkin bir ders için değerlendirme ve öneriler sunulmuştur. Çalışmanın devamında 2. bölümde paralel bilgisayar mimarileri ve bilgisayar mühendisliği eğitimindeki durumu, 3. bölümde ESOGU Bilgisayar Mühendisliği Bölümündeki uygulaması, öğrencilerin karşılaştıkları zorluklar ve değerlendirme, 4. bölümde ise sonuç ve öneriler sunulmuştur.

2. Paralel Bilgisayar Mimarileri ve Eğitimi

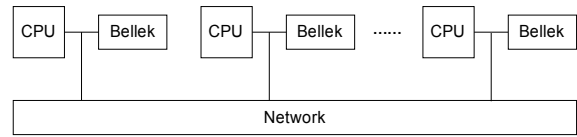
Paralel bilgisayar yapıları ortak bellek (shared memory) ve dağıtık bellek (distributed memory) mimariler olmak üzere iki grupta sınıflanır. Bu yapılar sahip mimariler sırasıyla Şekil 1 ve Şekil 2 de gösterilmektedir. Şekil 1’de gösterilen ortak bellek mimariler [4, 5], ortak bellekleri paylaşan birden fazla işlemciye sahip yapılardır. Bu mimaride yaygın olarak kullanılan bağlantılar, veri yolu tabanlı ve anahtar tabanlı olarak ifade edilen yapılardır. Veri yolu tabanlı yapılar en basit bağlantı modelidir. Ancak aynı anda birden fazla işlemci ortak belleğe erişmek istediğinde uzun gecikmeler oluşabilir. Anahtar tabanlı bağlantılarda ise işlemciler ile ortak bellekler arasında anahtarlı yapılar mevcuttur. Bu

anahtarlar sayesinde kullanılmak istenen belleğe alternatif yollar ile erişilebilir [5].



Şekil 1: Ortak bellek mimarisi

Her işlemcinin kendi belleğine sahip olduğu, çeşitli protokoller ile haberleştiği mimariler ise dağıtık bellek mimari yapısı olarak adlandırılmaktadır. Şekil 2’de gösterilen dağıtık bellek mimariler [5], yazılım temelli paralel bilgisayar sistemlerinin felsefi alt yapısını oluşturmuştur. Donanım ve yazılım temelli paralel bilgisayar sistemlerinin ortak felsefi alt yapıdan yola çıkılarak oluşturuluyor olması, bu konunun bilgisayar mühendisliği eğitiminde de donanım ve yazılım olarak iki boyutta incelenmesine yol açmaktadır.



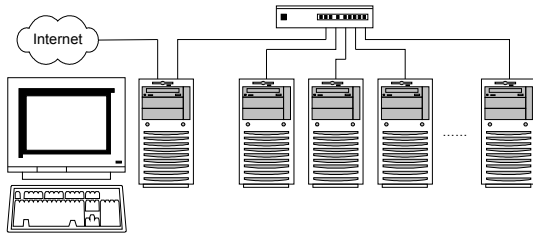
Şekil 2: Dağıtık bellek mimarisi

İnternet aracılığıyla erişilebilir durumda olan web sayfalarındaki güncel bilgilerden edinilen bilgilere göre paralel donanım ve yazılım konuları Türkiye’de bilgisayar mühendisliği bölümlerinde, “paralel bilgisayar yapıları, paralel veri işleme, paralel bilgisayarlar ve dağıtık sistemler, paralel bilgisayar mimarileri ve programlama, ileri bilgisayar mimarisi, paralel süreçleme, paralel programlama” gibi isimlerle lisans ve lisansüstü seviyelerde anlatılmaktadır. Çoğunlukla lisansüstü ya da seçmeli olarak tasarlanan bu ders, son yıllarda konunun önemi ve piyasa talepleri doğrultusunda lisans müfredatında yer bulmaya başlamıştır. ESOGU Bilgisayar Mühendisliği Bölümündeki uygulamaya göre paralel bilgisayar yapılarının donanım kısmı ve paralel yazılımın temeli 4. sınıfta “Advanced Computer Architecture”, yazılım kısmı ise daha detaylı olarak “Parallel Programming” dersinde verilmektedir. Yapılan çalışmanın devamında 3. bölümde uygulanan paralel programlama eğitimi detaylı olarak verilecek, ders içerisinde yapılan gözlem ve öğrencilerden elde edilen geri bildirimler ile belirlenen zorluklar, çözüm önerileri ve kazanımlar ortaya konacaktır.

3. Paralel Programlama ve ESOGU Bilgisayar Mühendisliğinde Uygulaması

Bilgisayar sistemlerindeki performans isteği araştırmacıları daha güçlü bilgisayar sistemleri oluşturmaya zorlamaktadır. Son yıllarda performans isteğine bağlı olarak kazandığı önem ile yazılım mühendisliği konuları arasında yer bulan dağıtık sistemler üzerinde yazılım geliştirme [6] konuları, üniversitemiz 4. sınıfta “Advanced Computer Architecture” ve “Parallel Programming” dersinde verilmektedir. Bölümümüzde bu derslerin laboratuvar alt yapısını oluşturan 16 adet Pentium IV, 1 GB Ram, Linux OS, Gigabit Ethernet ağ donanımına sahip bir paralel bilgisayar laboratuvarı bulunmaktadır. Bu bilgisayarların 9 tanesi Linux işletim sistemi ile paralel uygulamalarda kullanılırken 7 tanesi Microsoft tabanlı paralel işlemler için kullanılmaktadır.

Paralel bilgisayar laboratuvarımız oluşturulurken, maliyeti düşük, farklı yapıları uyarlanabilir ve çok amaçlı bir yapı olması hedeflenmiştir. Bu özellikleri taşıyan modellerden bir tanesi dağıtık bellek mimarisinden faydalanılarak birbirinden bağımsız bilgisayarlardan oluşturulan ve Şekil 3’de [7] verilen kümeli bilgisayarlardır. Paralel işleme alanında belli bir topolojiye sahip tek bir süper bilgisayar yerine maliyeti daha düşük, kullanıcı seviyesinde haberleşme protokolleri içeren kümeli bilgisayarlar son dönemlerde iyi bir çözüm haline gelmiştir [8, 9]. Switch ile birbirine bağlı bağımsız bilgisayarlardan oluşan kümeli yapılar, yazılım kullanarak birçok topolojiye uyarlanabilmektedir. Bu nedenlerle kümeli bilgisayar modeli kullanılmıştır.



Şekil 3: Kümeli bilgisayar yapısı

Kümeli bilgisayar yapıları üzerinde kullanılabilen ve günümüzde yaygın olan paralel programlama dilleri MPI (Message Passing Interface) ve PVM (Parallel Virtual Machine) dir. Bölümümüzde “Advanced Computer Architecture” dersinde temel, “Parallel Programming” dersinde daha ileri düzeyde MPI eğitimi verilmektedir.

“Advanced Computer Architecture” dersinde anlatılan bilgisayar mimarisinin yanında öncelikle paralel programlama mantığı ve paralel

programlamada kullanılacak araçlar tanıtılmaktadır. Bu araçlardan bir tanesi, tek bir bilgisayarı paralel gibi modelleyip üzerinde paralel programlar çalıştırılmasını sağlayan MPICH2’dir [10]. Öğrencinin gerçek bir paralel sisteme ihtiyaç duymadan üzerinde çalışma yapabileceği bu araç, farklı işletim sistemleri, bilgisayar mimarileri ve ağ yapıları ile uyumludur. Dersin sonraki aşamasında MPI komutları ve en temel haliyle paralel program yazma yaklaşımı verilmektedir. MPI’nin temel komutu olan *MPI_Send/MPI_Recv* ile bilgisayarlar arasında veri transferi, rank kavramı, I/O işlemleri açıklanmaktadır. Temel veri alışverişi işlemleri öğretildikten sonra kolektif haberleşme konuları anlatılmaktadır.

“Parallel Programming” dersi içerisinde temel konuların yanında veri gruplama, yerel haberleşme ağları oluşturma ve sanal topolojiler yaratılarak çözümler üretme konuları verilmektedir. MPI fonksiyonlarının fazla sayıda parametreden oluşması derste uygulama yapmayı gerekli kılmaktadır. Anlatılan fonksiyonlar eşzamanlı olarak örnekler ile desteklenmekte, örnek paralel programlar çalıştırılarak parametreler açıklanmaktadır. Dersin diğer aşamasında, öğrencilerin edindikleri paralel programlama becerilerinin algoritmalar üzerine uygulanması sağlanmaktadır. Bunun için görüntü işleme, sıralama, asal sayı üretme, lineer denklem sistemlerin çözümü gibi konuların paralel algoritmaları açıklanarak MPI komutlarının uygulamalarda kullanılması sağlanmaktadır. Ayrıca seri ve paralel programların karmaşıklık analizleri yapılarak paralel sistemlerin performans katkıları gösterilmektedir.

Paralel programlama teoride kolay, ancak uygulamada zorlanılan bir programlama yöntemidir. Öğrencilerin paralel programlama becerilerini arttırmak için laboratuvar çalışmaları yapılmaktadır. Bu çalışmalar, işlenen konunun pekiştirilmesini amaçlamaktadır. Bu nedenle, dersin uygulama kısımlarında MPICH2 kurulu olan bilgisayarlarda her öğrencinin tek başına çalışarak verilen bir problemin çözümünü yapması istenmektedir. Kitap, örnek program kodu gibi materyallerin serbest olduğu uygulamalar, öğrencinin paralel programlama mantığını ve çözüm yollarını araştırarak öğrenmesini sağlamaktadır.

Yapılan gözlem ve öğrencilerden gelen geri bildirimlerde paralel programlama öğrenmenin zorlukları ve yapılan tespitler şu şekilde sıralanabilir;

- Öğrenciler seri program yazmaya alışık oldukları için paralel mantığın kurulmasında zorlanmaktadırlar,
- Temel parametrelerden olan “rank” kavramı, paralel programlamaya yeni başlayanlar için zorlanılan bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu nedenle yazılan tek bir kodun birçok bilgisayarda nasıl çalıştığı konusunda karmaşaya düşülmektedir,
- Paralel sistemlerde I/O işleyişi zorlanılan konulardan bir diğeridir,
- Paralel programlama daha detaylı düşünme ve tasarım gerektirmektedir. Buna bağlı olarak temel hatalar yapılmaktadır,
- Program içerisinde oluşan hataları bulmakta zorlanılmaktadır. Çünkü hatalar yazılımdan olabileceği gibi çoğunlukla mantıksal olmaktadır,
- Öğrencilerin algoritmaları paralel yapıya uyarlamakta zorlandıkları görülmüştür,
- Paralel programlamayı iyi öğrenmek için çok sayıda kaynak, örnek kodlar ve uygulama gerekmektedir.

Özellikle paralel programlamayı kavrama ve algoritmalara uyarlama evresinde zorlanan öğrencilerin belli bir seviyeye eriştikten sonra daha istekli oldukları ve paralel problemler karşısında kısa sürelerde çözümler ürettikleri görülmektedir. Elde edilen geri bildirimlere göre öğrencilerin bu derste kazandımları şöyle ifade edilebilir;

- Programcılık becerileri gelişmektedir.
- Paralel bilgisayarlarda haberleşme mantığı oluşmuştur,
- Programcılıkta farklı bir bakış açısı elde edilmiştir,
- Performans isteyen problemler için çözüm önerileri üretilmesini sağlamıştır,
- Farklı bir algoritma mantığı ile çok yönlü düşünmeyi sağladığı için mühendislik çözümlerinde önemli bir altyapı oluşturmuştur.

4. Sonuçlar

Ülkemizde ve dünyadaki uygulama alanları incelendiğinde, paralel bilgisayar yapıları üzerinde gerçekleştirilen uygulamaların yeni gelişen bir çalışma alanı oluşturması, performans gerektiren disiplinler arası birçok ortak çalışmaya uygunluğu, uzun zaman gerektiren ancak iyi sonuç üreten algoritma ve simülasyonlar için iyi bir çözüm yöntemi olması paralel programlamanın önemini her geçen gün arttırmaktadır. Bu nedenle yapılan

çalışmada, paralel bilgisayar yapıları eğitiminin üniversitelerdeki durumu ve ESOGÜ’deki uygulaması verilmiştir. Özellikle paralel programlama eğitiminde yapılan gözlemler ve öğrencilerden gelen geri bildirimler analiz edilerek karşılaşılan güçlükler, çözüm önerileri ve kazanımlar sunulmuştur.

Elde edilen sonuçlara göre paralel programlama eğitiminin yapıldığı dersler fonksiyonların çok fazla parametre içermesi ve yeni bir bakış açısı gerektirdiği için öğrencilerin zorlandıkları dersler arasındadır. Bunun için derslerde daha fazla uygulama yapılması ve öğrencilerin ödevler yardımı ile araştırmaya yönlendirilmesi konuların daha iyi anlaşılması için kullanılması gereken metotlardan bazılarıdır.

5. Kaynaklar

- [1] Wilkinson B., Allen M., *Parallel Programming Techniques and Applications Using Networked Workstations and Parallel Computers*, Second Edition, Pearson Prentice Hall, USA, 2005.
- [2] Tuna G., “Yüksek Performanslı İşlem Kümelerinin Coğrafi Bilgi Sistemlerinde Önemi”, 2. *Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu*, Kayseri, 13-15 Ekim 2008,
- [3] Zhu D., Fan J., “Application of Parallel Computing in Digital City”, *10th IEEE International Conference on High Performance Computing and Communications*, pp. 845 – 848, 2008.
- [4] Hwang, K., *Advanced Computer Architecture, Parallelism, Scalability, Programmability*, McGraw-Hill, International Editions, 1993.
- [5] Pacheco, P.S., “*Parallel Programming with MPI*”, Morgan Kaufmann Publishers, San Francisco, California, 1997.
- [6] <http://www.uyms.org.tr/uyms09/index.php?id=bk>
- [7] Akçay, M. and Adar, N., “Beowulf Cluster Lab in an Academic Environment”, *2nd International Conference on Electronics and Computer in Kyrgyzstan (IKECCO2005)*, 166-170, 2005.
- [8] Abawajy, J.H. and Dandamudi, S.P., “Parallel Job Scheduling on Multi-cluster Computing Systems”, *Proceedings of the IEEE International Conference on Cluster Computing (CLUSTER’03)*, 2003.
- [9] Agarward, S., Choi, G.S., Das, C.R., Yoo, A.B. and Nagar, S., “Co-ordinated Coscheduling in Time-sharing Clusters Through a Generic Framework”, *Proceedings of the IEEE International Conference on Cluster Computing (CLUSTER’03)*, 2003.
- [10] <http://www.mcs.anl.gov/research/projects/mpich2/>