

Tek Kart Bilgisayarların Paralel İşlem Başarımının İncelenmesi

Parallel Performance Research of Single Board Computers



Tunca KÖKLÜ

Nucleo Araştırma Geliştirme Yazılım
Donanım Sanayi Ticaret Ltd. Şti.
tunca.koklu@nucleo.com.tr



Dr. Özgür TAMER

Elektrik ve Elektronik Mühendisliği
Bölümü Dokuz Eylül Üniversitesi
ozgur.tamer@deu.edu.tr



Recep ÖZTÜRK

Nucleo Araştırma Geliştirme Yazılım
Donanım Sanayi Ticaret Ltd. Şti.
recep.ozturk@nucleo.com.tr



Türker TÜRKORAL

Nucleo Araştırma Geliştirme Yazılım
Donanım Sanayi Ticaret Ltd. Şti.
turker.turkoral@nucleo.com.tr

1.Özetçe

Son yıllarda teknolojiadaki gelişmelerle birlikte akademik çevrelerde ve iş dünyasında büyük boyuttaki veri kümeleri ile çalışma zorunluluğu doğmuştur. Bu zorunluluk çerçevesinde kullanılan bilgisayarların performansları yetersiz kalmaktadır. Bilgisayarların performanslarının sürekli gelişmesine rağmen büyük veri kümeleri ile çalışma ihtiyacı üreticileri üretilen ürünlerde birden fazla çekirdek ile üretim yapmaya yöneltmiştir. Bu çözümün yetersiz kaldığı durumlarda paralel bilgisayarlar kullanılır. Bu tarz bilgisayarlar birden çok işlemciye sahip olan ve yalnızca büyük veri kümeleri üzerinde işlem yapmak için tasarlanmış bilgisayarlardır. Bu bilgisayarlarda kullanılan paralel işleme algoritmaları, bir görevin birden fazla parçaya bölünerek işlemciler arasında paylaşılmasına ve görevin çok daha kısa sürede sonlandırılmasına yardımcı olur. Bir programın nasıl paralelleştirileceği doğrudan program ile ilgilidir ve program-

ların birçoğu paralelleştirilebilir. Çok çekirdekli bilgisayarların son dönemdeki yaygınlığı paralel programlamaya duyulan ihtiyacın bir göstergesi olarak görülebilir.

Anahtar Kelimeler: Paralel programlama, paralel bilgisayar, tek kart bilgisayar, tek kart bilgisayar ile paralel bilgisayar, Raspberry Pi

2.Abstract

Dealing with large data sets in the academic and business environments have become necessary by the technological improvements. Because of the sizes of the data sets, the performances of the computers become inadequate. Although the performances of the computers increase constantly, the large data sets lead the manufacturers who are working with them to use more than one core in the processors. When this solution is insufficient, parallel computers are used. These computers have more than one processor core and

designed only for the use on large data sets. The parallel processing algorithms which are used in these computers assists to allocate a task into cores and makes the process time a lot less. The parallelization of a program is directly related with the program itself and most of the programs can be parallelized. The recent common use of the computers that have multiple cores should be the indicator of the need of parallel programming.

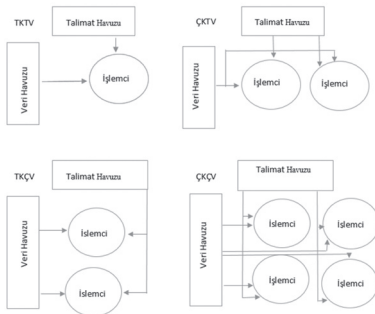
Keywords: Parallel Programming, Parallel Computer, Single board computer parallel programming, raspberry pi, Single board computer

3.Giriş

Günümüz teknolojisi çerçevesinde bilgisayar hem iş dünyasının neredeyse tüm sektörlerinin, hem de eğlenme, haberdar olma, herhangi bir konu hakkında bilgi sahibi olma gibi ihtiyaçların karşılandığı ve ülkemizde ortalama günde 4,6 saat kullanılan vazge-

çilmez bir araç haline gelmiştir[1]. Ancak son çeyrek yıl içerisinde hava durumu tahmini, akademik çevrelerde problem çözme amacıyla kullanılan veri kümelerinin boyutunun sürekli büyümesi gibi uygulamalarda bilgisayarın donanım özelliklerinin ihtiyaçları, istenilen performans da karşılamaması üreticileri alternatif bir üretim ve/veya çözüm metodu araştırmaya itmiştir. Bu ihtiyacın karşılanması çerçevesinde paralel bilgisayar teknolojileri kullanılmaya başlanmıştır. Bu teknoloji çerçevesinde birden fazla işlemci aynı bilgisayar üzerinde aynı görevi tamamlamak için birleştirilmiştir ve bu sayede bir işlemci tarafından tamamlanması öngörülen görev birden çok işlemci tarafından bir işlemcinin tamamlayacağından daha kısa bir süre içerisinde tamamlanır. M. J. Flynn, bilgisayar sistemlerini aynı anda işlenebilen veri ve komut sayılarına göre dört gruba ayırmıştır [2]. Bunlardan ilki Tek Komut Tek Veri (SSID) seri bilgisayarlar için bir örnektir. Veri tek bir işlemci

Tarafından işlenir ve tek bir seferde yalnızca bir işlem gerçekleştirilir. Bir görev sonlanmadan diğer görev başlatılmaz.



Şekil 1: Flynn taksonomisi

M. J. Flynn tarafından kullanılan sınıflandırmalardan bir diğeri ise Tek Komut Çok Veri (SIMD) yapısıdır. Bu yapı çerçevesine program tektir ancak veri ve iş-

lemci birden fazladır. İşlemciler zamanın her anında aynı komut ile başka veri işlerler. Çok Komut Tek Veri (MISD) bir yapı tarafından üretilen veri ayrı komutlar üzerinden işleme alınır ve işlenir yani her veri her işlemcide başka bir işleme tabi tutulabilir. Çok Komut Çok Veri (MIMD) yapısında ise, işlemciler bağımsız ve asenkron olarak çalışabilmektedir. Her işlemci için ayrı veri akışı ve program mevcuttur. Bu sayede her işlemci kendi veri seti üzerinde kendisine biçilen görevi aynı anda tamamlar.

Paralel bilgisayarlar kullanılan işlemcinin büyüklüğüne göre büyük taneli (large grain) ve küçük taneli (small grain) olarak iki sınıfta incelenir. Büyük taneli yapılar, süper bilgisayarlar olarak karşılaşılabileceğimiz çok fazla işlemci sayısına sahip ve hafızası çok büyük yapılardır. Küçük taneli yapılara ise tek kart bilgisayarlar ile paralel işleme yapabilen sistemler örnek verilebilir. Bu çalışmada ise güncel tek kart bilgisayarlardan Raspberry Pi kullanılarak çeşitli haberleşme programları yardımıyla yapılan paralel bilgisayarın eklenen her kart için performans değişiminin gözlenmesi ve raporlanmasını içerir.

3. Paralel Programlama Tarihi

Intel'in kurucularından Gordon E. Moore tarafından ortaya atılan Moore yasası aslında paralel programlama kavramının ihtiyaca cevap verdiğini göstermektedir. Bu yasa çerçevesinde Moore mikro işlemciler içerisindeki transistörlerin her yılda iki katına çıkacağını söylemiştir. Ancak işlemci hızının fiziksel sınırlara ulaşacağını öngören IBM, 1958 yılında ilk defa paralel programlama fikrini

ortaya atmıştır.

1960'lara gelindiğinde Novosibirsk Matematik enstitüsünde tasarlanan ve birbirleri ile iletişim halinde programlanabilen paralel mimari örneğinin tasarlanmasıyla birlikte paralellik göz önüne çıktı. Daha sonra paralellik kavramı hızla gelişmeye devam etti ve 1967 yılında iki bilim insanı çalışmalarını paralel işleme adına bir standart ortaya koydu. Bu standart, kanun "Amdahl Kanunu" olarak adlandırıldı. Amdahl kanunu, sistemin (programın) bir parçası hızlandırıldığında sistemin tamamının ne kadar hızlanacağını hesaplamak için kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntem ile sistemin ne kadar paralelleşebileceği, yazılımsal olarak paralelleşme oranının artırılması konuları bir çalışma konusu olarak gündeme geldi [3].

Tek kart bilgisayarlarla birçok kez bilgisayar kümeleri ve paralel işleme yapılmıştır. Southampton Üniversitesi'nde yapılan çalışma dünya çapında ses getirmiştir. Kırk adet kart ile gerçekleştirilen bilgisayar kümesi gerekli paralel kodlama ile paralelleştirmeye açıktır. Ayrıca West Coast Lab'da konu hakkında güzel bir özet ve Andrew K. Dennis'e ait Raspberry Pi Super Cluster kitabından ayrıntılı bilgiler bulunabilir [4, 5].

4. Raspberry Pi

Raspberry Pi düşük fiyat, güç tüketimi ve yüksek performans değerleri sebebiyle son birkaç yılda çokça tercih edilen bir tek kart bilgisayardır. 25 dolarlık fiyatı ile lise öğrencilerinin programlamayı öğrenmesi ve programlamaya ilgi duyan popülasyonun artırılması için bir vakıf tarafından piyasaya sürülmüştür[6].

İşletim sistemi olarak Debian , Fedora ve yeni çıkan modeli için Windows 10 destekleriyle ön plana çıkan kart, paralel işleme için de yaygın olarak kullanılmaktadır[6]. Çeşitli üniversitelerde yapılan çalışmalarla hem paralel işleme hem de bilgisayar kümesi oluşturmada kullanılmıştır[3]. Bilgisayar kümesi olarak bahsi geçen ve birkaç tane işlemcinin bir araya gelerek oluşturduğu küme herhangi bir dış etkiye ihtiyaç duymaksızın PWM ya da MPI gibi haberleşme programlarında bir tanesi kurularak bir görevin aynı anda işlemciler tarafından yapılması sağlanabilir.

Paralel programlama içinse kurulan program çerçevesinde python veya C programlarında yapılan kodlama programı istenilen parçaya bölerek tamamlayabilir. Yazılan programa eklenen kütüphaneler yardımıyla yüklenen mesaj ile geçiş arayüzü çağrılır ve görevi tanımlanır. Projede kullanılan raspberry pi model B'dir. Bu modelin güç tüketimi 3.5 Watt, hafızası 512 MB ve işlemcisi ise Arm 11 700Mhz'dir [6].

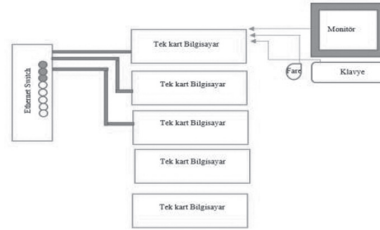
5. Raspberry Pi Paralel Bilgisayar Mimarisi

Yapılan çalışmalarda kullanılan yapı en çok 5 adet raspberry Pi'nin birbirine ethernet altyapısı üzerinden bağlanmasıyla oluşturulmuştur. Bu özellikleri sebebiyle ayrı hafızalı paralel bilgisayar olarak oluşturulduğu düşünülebilir. Aynı zamanda kartlar arasındaki iletişimi sağlamak için MPI ve OPENMPI programları kurulmuştur. Bu programların tercih edilmesinin sebebi programların daha serbest bir yazılıma izin vermesidir.

Paralel bilgisayar donanım özellikleri sebebiyle toplam 2560

MB (512*5) hafızaya sahiptir ve eklenen her kart için hafıza lineer olarak 512 MB artmaktadır. Bir adet kart için programlar kurulduktan sonra diğer kartlar içinde bulunacak SD kartlar ilk SD kartın birebir kopyası olarak gerçekleştirilmiştir [4].

Şekil 2: Tek Kart Paralel Bilgisayar Şeması



Test süreci çerçevesinde kurulan bu ağ öncelikle bir bilgisayar kümesi olarak eklenen her kart için denenmiş daha sonra bahsi geçen programların talimatları altında programlanmıştır. Programlama Python programlama dilinde gerçekleştirilmiştir. Python programlama dili MPI ile kurulan paralel bilgisayarlar için gereken her türlü altyapıya sahiptir ve programlaması kolaydır. Bu sebeple tercih edilmiştir.

6. Paralel Bilgisayar Testleri

Kurulan paralel bilgisayarın test edilmesi ve eklenen her kartın performans üzerindeki etkisinin ortaya konulması çalışmanın amacını oluşturmaktadır. Bu çerçevede kurulan 5 kartlık paralel bilgisayar ayrı ayrı hem 2 kartlı hem 3 kartlı hem de 4 kartlı paralel bilgisayar olarak kabul edilebilir. Bu paralel bilgisayarların her biri yazılan 3 adet program yardımıyla zaman kıstası baz alınarak test edilmiştir.

Yazılan bütün programlar başlangıçta birkaç satır kullanıcı girişi ile yönetici kart dışında her karta eşit iş yükü dağıtacak şekilde programlanmıştır. Bu kullanıcı

girişleri paralel yapıda kaç adet kartın olduğu, yapılacak işlemin büyüklüğü ve kaç defa yapılmasının istendiği gibi temel bilgilerdir. Yönetici kart dışındaki her kart görevin tamamının paralel bilgisayarda olan kart sayısı kadar parçasının birini tamamlar ve yönetici karta gönderir. Yönetici kart ise diğer kartlar gibi görevin bir parçasını yapmakla beraber hiçbir karta bilgi göndermez ama her karttan gelen bilgiyi alır ve monitörler. Açıklamadan da anlaşılacağı üzere programın yüzde beşlik bir kısmı paralelleşemez.

Birinci programda bir ile on arasında rastgele yüzyirmibin sayıdan oluşan bir dizinin elemanlarının karelerinin toplanmasını içerir. Eklenen her kart için işlem yükü kartlar arasında paylaştırılır. Örneğin ikinci kart eklendiğinde her kart öncelikle altmışbiner adet rastgele sayı üretir ve bu sayıların kareleri alınarak toplanır. Yönetici Pi dışındaki pi toplam bilgisini yönetici karta gönderir ve yönetici kart bu toplam bilgiyi ile kendi toplam bilgisini toplar ve monitörler.

İkinci Program matris çarpımlarını içerir ve bu yöntem bilgisayar performansını denemek için kullanılan yaygın yöntemlerden biridir. Öncelikle 1-1200 ve 1200-1200 boyutlarında iki adet 1200 ve 1440000 rastgele tamsayıdan oluşan matris oluşturulur. Bu matrisler oluşturulduktan sonra birbirleri ile çarpılır ve çarpım matrisinin tüm elemanları toplanır. Yönetici kart dışındaki her kart bunu yönetici karta gönderir ve toplamlar birbiri ile toplanır ve monitörler.

Matrislerinin birbiri ile çarpılması esnasında 1728000000 adet çarpım işlemi ve 1438800 adet toplama işlemi yapılmaktadır. Bu



işlemlerin eşit olarak her karta dağıtılması için oluşturulan ikinci matrisin sütun sayısı her eklenen kart ile toplam kart sayısına bölünür. Bu sayede bu işlemler her kart için eşit yük oluşturacak şekilde bölünür. Matris çarpımı sonrasında ortaya çıkan matrisin elemanların toplanması işlemi bir kart için 1199 toplama işlemi içerirken iki kart için 599 adet toplama işlemi içermektedir. Tam olarak yarısı olmamakla beraber aradaki işlem sayısı farkı toplam işlem sayısı düşünüldüğünde ihmal edilebilecek kadar küçüktür.

Son programda ise birinci ve ikinci test içerisinde yapılan işlemlerin hepsi yapılmaktadır. Bu sayede işlemci maksimum seviyesinde test edilebilir. Kullanılan bütün programlar başlığın ikinci paragrafında da bahsedildiği gibi eklenen her kart için uygulanabilir yalnızca çalıştırılacak olan programın içerisindeki kullanıcı girişleri içerisinde kart sayısını bildirmek gerekmektedir. Ayrıca programı çalıştırmak için standart olarak kullanılan bir adet dosya bulunur. Bu dosya bütün kartların ip adreslerini bulundurur. Eklenen her kart için bu dosya içerisine eklenen kartın ip adresinin yazılması gerekmektedir.

Bu üç programda her paralel bilgisayar için çalıştırılmış ve geçen zamanlar kayıt edilmiştir. Her test ellişer defa tekrarlanmış ve ortaya çıkan zamanın ortalaması alınmıştır. Bu ortalamalar bir tablo halinde sonuç başlığında sunulmaktadır. Ayrıca çıkan sonuçların Amdahl kanunu ile uyumluluğu test edilmiştir.

Amdahl yasası bir sistemin bir parçasının hızlandırılması ile sistemin tamamının ne kadar hızla-

nacağını anlatan yasadır. Aşağıdaki denklem ile ifade edilir.

$$\text{Toplam Hızlandırma} = \frac{1}{(1-P) + \frac{P}{S}}$$

P=Yüzde olarak programın paralellik oranı

S=Beklenen hızlanma oranı(2 kat, 3 kat) olarak ifade edilebilir [7, 8].

Bu yasa altında programın paralellliği tam olarak kestirilememele birlikte hızlanma oranı test edilecektir. Birbirleri olan ilişkisi çerçevesinde incelenecek ve yorumlanacaktır.

7. Sonuçlar

Bahsi geçen testler her paralel bilgisayar için ellişer defa tekrarlanmış ve ortalamaları alınmıştır. Sonuçlar aşağıdaki tabloda görülmektedir.

Bu tabloda başlıklardan anla-

Kart Sayısı	Kart Sayısına Bağlı Test Sonuçları		
	Test 1:	Test2:	Test3:
1	8.2357	0.661489	8.5241889
2	4.321942	0.3498299	4.40638685226
3	2.962315	0.248414058685	2.99501609802
4	2.216796	0.188381929398	2.3918030262
5	1.76823115349	0.160069007874	1.83987307549

şılacağı gibi eklenen her kartın programın tamamlanması için geçen süreye etkisi yer almaktadır. Programın paralellliği kesin olarak hesaplanamayacağı için sonuçlardan bir tanesi esas alınarak Amdahl Yasasındaki formül ile paralellik oranı gözlenen değerlerin teorik değerlerden büyük olmaması prensibi esas alınarak hesaplanmış ve sonuçları incelemek için kullanılmıştır.

Birinci program yaklaşık olarak %97 oranında paralellliğe sahip olarak değerlendirilmiştir. Aşağıdaki tabloda beklenen ve gözle-

nen hızlanma oranları verilmiştir. Değerlerin birbiri ile tam olarak aynı olmadığı, gözlenen değerlerin bir miktar küçük olduğu gözlenmiştir.

Kart Sayısı	Beklenen Hızlanma	Gözlenen hızlanma
2	1.98	1.905
3	2.94	2.78
4	3.88	3.71
5	4.80	4.65445

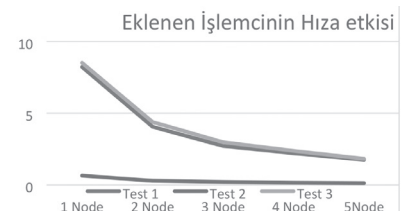
İkinci Program ise yaklaşık olarak %95 oranında paralellliğe sahip olduğu değerlendirilmiştir. Aşağıda bulunan tabloda bilgilere yer verilmiştir.

Kart Sayısı	Beklenen Hızlanma	Gözlenen hızlanma
2	1.92	1.89
3	2.77	2.66
4	3.57	3.5
5	4.31	4.125

Son program ise iki programın karması oluşu için yaklaşık olarak %97 oranında bir paralellliğe sahiptir. Bu programa ait veriler ise aşağıdaki tabloda özetlenmiştir.

Kart Sayısı	Beklenen Hızlanma	Oluşan hızlanma
2	1.98	1.93
3	2.94	2.85
4	3.88	3.56
5	4.80	4.6

Aşağıdaki grafikte eklenen her kartın hız etkisini gösteren bir grafik bulunmaktadır.



8.Yorumlar

Sonuçlardan da görülebileceği üzere eklenen her kart paralelliği etkilemekte ancak eklenen kart sayısı arttıkça hızlanma oranı azalmaktadır. Uygulanan testlerin zaman aralığı arttırılırsa sonuçların daha netleştiği görülebilecektir. Teorik değerlere tam olarak benzeşme görülmesi beklenmemektedir, ancak değerleri yakınlığı tatmin edici testler yapıldığı gerçeğini göstermektedir. Beklenen teorik değerlere tam olarak benzeşmeme sebepleri Ethernet bağlantısı, arkaplan işlemleri vb. gibi etmenlerden olduğu değerlendirilmektedir.

Paralel işleme hayatımızda her geçen gün değerini arttırmakta olan popüler bir daldır. Bu teknoloji sayesinde edinilen kazanımların hayatımıza etkisi neredeyse kullanılan her türlü aletin içeri-

sinde birden çok işlemci olmasından da bellidir. Yapılan çalışma sayısı ve niteliği arttıkça paralellik konusu daha da gelişecek ve sistemlerin performansını belirleyecek parametrelerin temel özelliği halini alacaktır.

9.Referanslar

[1] Digital, social and mobile in 2015 we are social's c compendium of global digital statistics January,2015 [2] CS-421 Parallel Processing BE (CIS) Batch 2004-05 Handout_3

[3]Hakan Akar, Uğur Ercan, Abdülkadir Koçer, "Paralel Programlamada Kullanılan Temel Algoritmalar", Akdeniz Üniversitesi, Enformatik Bölüm Başkanlığı, Antalya Akdeniz

Üniversitesi, Teknik Bilimler MYO, Antalya

[4] Prof Simon Cox Computational Engineering and Design Research GroupFaculty of Engineering and the

EnvironmentUniversity of Southampton, SO17 1BJ, UK. V0.4:

9th January 2013 [Updated step 33]

[5]<http://westcoastlabs.blogspot.co.uk/2012/06/parallelprocessing-on-pi-bramble.html>

[6] Raspberry Pi User Guide, 3rd Edition, Eben Upton, Gareth

Halfacree Wiley, 312 pages,September 2014

[7]<http://alparslansen.blogspot.com.tr/2011/11/amdahlyasas.html>

[8] http://tr.wikipedia.org/wiki/Amdahl_uyasas%C4%B1

eğitim merkezinden...

01 Kasım 2017 Çarşamba günü M. Kemal Sarı tarafından "Patlayıcıdan Korunma Dökümanı Nasıl Hazırlanır?" başlıklı seminer düzenlendi.

08 Kasım 2017 Çarşamba günü Ali Yılmaz tarafından "Kesin Hesap, Metraj, Hakediş" başlıklı seminer düzenlendi.

16-18-20-23-25-27-30 Ekim, 01-03-06-08-10 Kasım 2017 tarihlerinde EMO Ankara Şubesi'nde düzenlenen FPGA kursuna katılan üyelerimize ve eğitimci Ali Yılmaz'a 10 Kasım 2017 Cuma günü katılım belgeleri verildi.

"Alçak Gerilim Tesislerinde Nötr Kesilmeleri ve Sonuçları" semineri Nejat Cahit Gençer tarafından 15 Kasım 2017 Çarşamba günü düzenlendi.

EMO Kayseri İl Temsilciliğinde, 17-18-19 Kasım 2017 tarihlerinde "Yüksek Gerilim Tesislerinde İşletme Sorumluluğu Yetkilendirme Belge" eğitimi düzenlendi. Eğitimler; Elektrik Mühendisi Murat Eraslan ve EMO Ankara Şubesi Avukatı Cem Erkat tarafından gerçekleştirildi.

22 Kasım 2017 Çarşamba günü Elektrik Mühendisi Nejat Cahit Gençer tarafından "Temel

Topraklaması" semineri düzenlendi.

6 Aralık 2017 Çarşamba saat "Kısa Devre Hesapları" semineri üyemiz Ali Gündüz tarafından düzenlendi.

Elektrik sistemlerinde kompanzasyon, güç kalitesi ve enerji, ölçme, uzaktan izleme, donanım ve yazılımları, koruma kontrol bağlantı ürünleri üzerine faaliyetlerini sürdüren ENTES firması yetkilileri, 12 Aralık 2017 Salı günü EMO Konferans Salonu'nda firma sunumu gerçekleştirdi.

13 Aralık 2017 Çarşamba günü Ömer Mete Atalay tarafından "Bilgisayar Network Sistemleri" semineri gerçekleştirildi.

20 Aralık 2017 Çarşamba günü Biyomedikal Mühendisi Dr.Onur Koçak tarafından "Elektrofizyolojik Monitörizasyon" semineri düzenlendi.

EMO Afyonkarahisar İl Temsilciliği, Afyonkarahisar Organize Sanayi Bölgesi Müdürlüğü ve Schneider Elektrik tarafından 21 Aralık 2017 Perşembe günü OSB Konferans Salonu'nda "Servis Çözümleri ve Röle Kombinasyonları" semineri düzenlendi.

