

BSM 420 – BİLGİSAYAR MİMARİLERİ

2.Hafta: Performans Metrikleri

BSM420 – Bilgisayar Mimarileri

1

İçerik

- Tarihçe
- Ölçme ve Değerlendirme
- Bilgisayar Mimarisi Konuları
- İlgili Alanlar
- Bilgisayar Mühendisliği Metodolojisi
- Ölçüm Araçları
- Performans (Başarım)

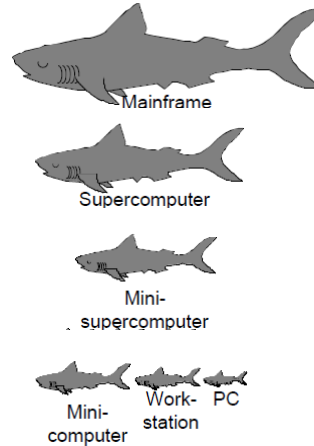
BSM420 – Bilgisayar Mimarileri

2

Tarihçe

■ Bilgisayarları sınıflandırma:

- Mainframe,
- Süper bilgisayar,
- Mini-süper bilgisayar,
- Mini bilgisayar,
- İş istasyonu,
- Kişisel bilgisayar,
- Taşınabilir bilgisayarlar,
- Çok işlemcili sistemler.



Massively Parallel Processors

BSM420 – Bilgisayar Mimarileri

3

Tarihçe (devam)

■ Performans

- Bilgisayar performansı yaklaşık olarak 18 ayda 2 kat artıyor.

	Kapasite	Hız (gecikme)
Lojik Devreler	3 yılda 2 kat	3 yılda 2 kat
DRAM	3 yılda 4 kat	10 yılda 2 kat
Disk	3 yılda 4 kat	10 yılda 2 kat

■ Fiyat

- Yıllık fiyat-performans artışı yaklaşık %70.

■ İşlevsellik

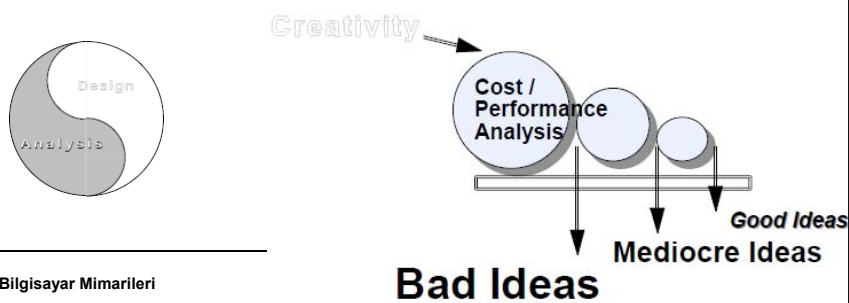
- Network ve yerel iletişim teknolojilerinin artışı

BSM420 – Bilgisayar Mimarileri

4

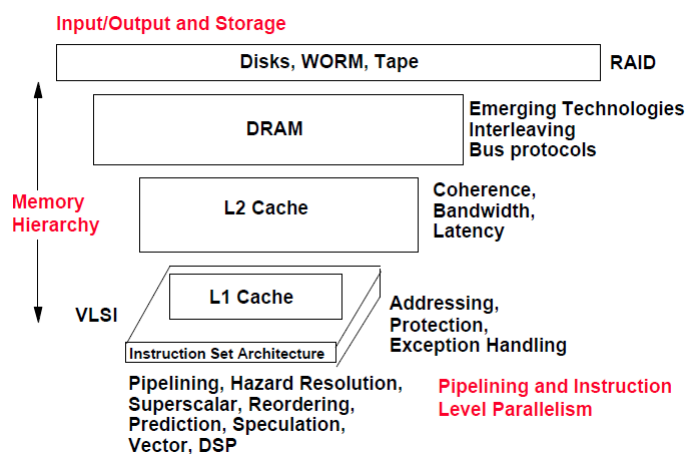
Ölçme ve Değerlendirme

- Mimari üzerinde çalışma iteratif bir süreçtir:
 - Mümkün olan tüm tasarımlar ilgili alanlarda araştırılır
 - Bilgisayar sistemlerinin tüm katmanlarında araştırmalar devam eder.



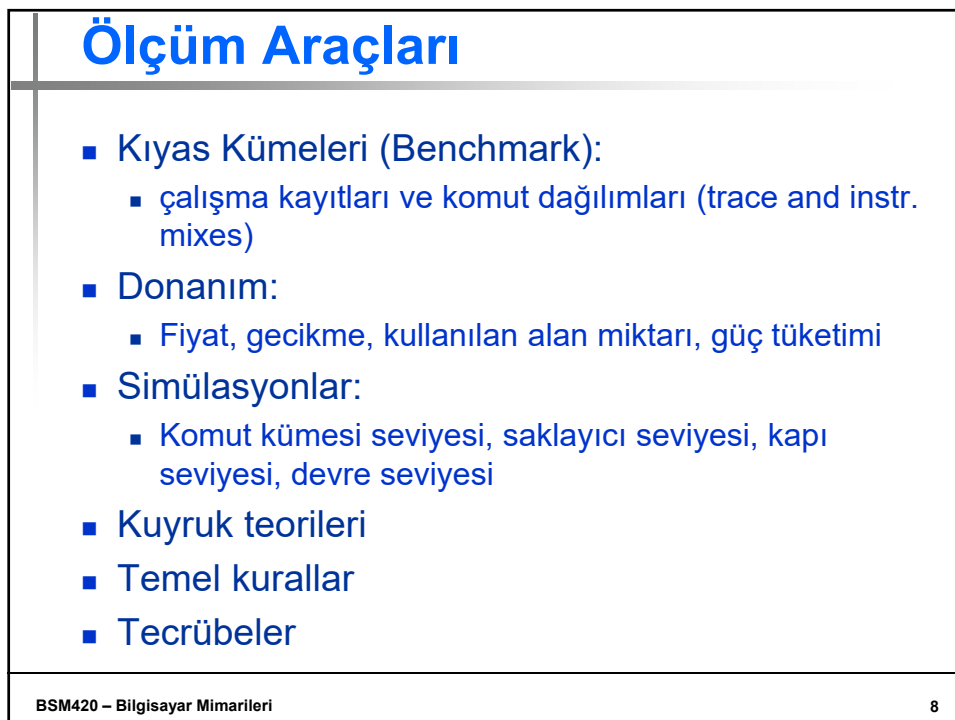
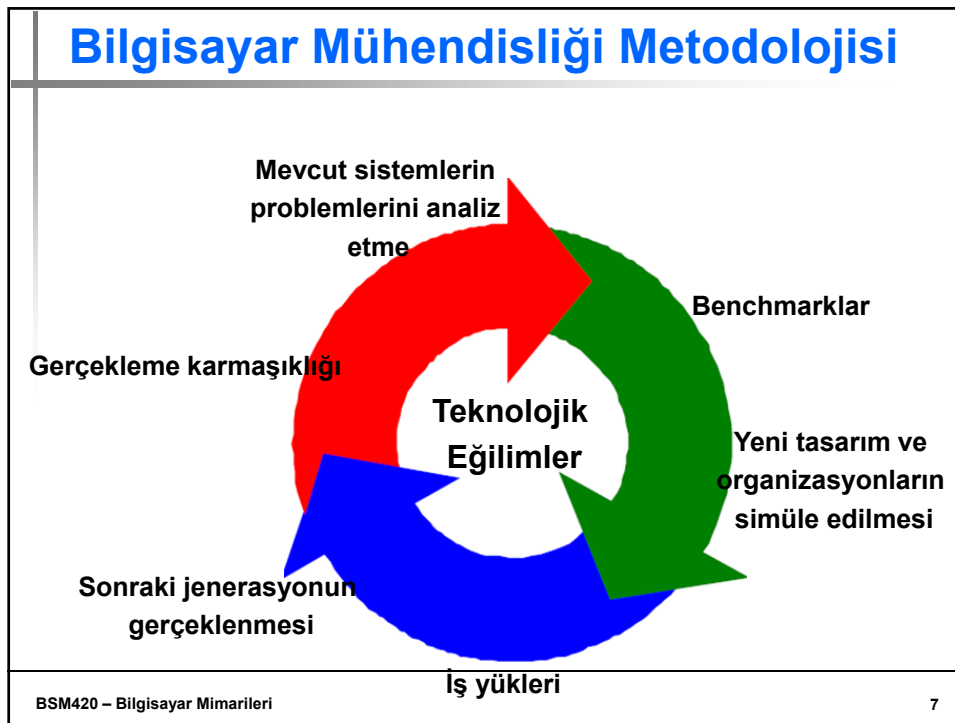
BSM420 – Bilgisayar Mimarileri

Bilgisayar Mimarisi Konuları



BSM420 – Bilgisayar Mimarileri

6



PERFORMANS-BAŞARIM

BSM420 – Bilgisayar Mimarileri

9

Performansı Ölçme

- ❶ İki temel metrik: duvar saati zamanı (bir programın cevap zamanı) ve çıkış (birim zamanda yerine getirilen görevler)
- ❶ çıkışı optimize etmek için, asgari kaynak israfı olmalıdır

BSM420 – Bilgisayar Mimarileri

10

Performans (Başarım)

- Bir işi yaparken geçen süre:
 - çalışma zamanı, cevap zamanı, gecikme vs.
- Bir günde, saatte, dakikada, saniyede yapılan iş
 - çıkış(throughput), band genişliği vs.

Plane	DC to Paris	Speed	Passengers	Throughput (pmph)
Boeing 747	6.5 hours	610 mph	470	286,700
BAD/Sud Concodre	3 hours	1350 mph	132	178,200

BSM420 – Bilgisayar Mimarileri

11

Bilgisayar Performansı: zaman

- *Cevap Zamanı (Response Time, elapsed time, latency):*
 - Bir görevin çalışması için ne kadar süre gerekli?
 - Başlangıçtan sona kadar tamamlanması için ne kadar süre gerekli?
 - Bir veritabanı sorgusu için ne kadar süre beklenmeli?
- *Performans çıkışı(Throughput):*
 - Tek seferde makine ne kadar işi çalıştırabilir?
 - Ortalama çalışma oranı ne?
 - Bir işin tamamlanabilmesi için ne kadar çalışma gerekli ?
- *Bir makineyi yeni bir işlemci ile yükselttiğimiz zaman ne kadar bir iyileşme sağlanır?*
- *Bir laba yeni bir makine konduğunda ne kadar iyileşme olur?*

BSM420 – Bilgisayar Mimarileri

12

Çalışma Zamanı (Execution Time)

- *Geçen Süre (Elapsed Time)*
 - Baştan sona herşeyi dikkate alır (*disk bellek erişimleri, I/O beklemeleri, diğer programların çalışması vs.*)
 $\text{geçen süre} = \text{CPU zamanı} + \text{bekleme zamanı (I/O, diğer programlar vs.)}$
- *CPU zamanı*
 - I/O beklemesi ve diğer programların çalışması için geçen zamanı dikkate almaz
 - Kullanıcı CPU zamanı ve sistem CPU zamanı (OS çağrıları) olarak ikiye ayrılır
 $\text{CPU zamanı} = \text{kullanıcı CPU zamanı} + \text{sistem CPU zamanı}$
 $\Rightarrow \text{geçen süre} = \text{kullanıcı CPU zamanı} + \text{sistem CPU zamanı} + \text{bekleme zamanı}$
- *kullanıcı CPU zamanı dikkate alınır (CPU çalışma zamanı veya sadece çalışma zamanı)*
 - Program içindeki kod satırlarının çalışması için geçen süre

BSM420 – Bilgisayar Mimarileri

13

Performans Tanımı

- X makinesi üzerinde çalışan bir program için:

$$\text{Performans}_X = 1 / \text{Çalışma Zamanı}_X$$

- *X makinesi Y makinesinden n kat hızlıdır:*

$$\text{Performance}_X / \text{Performance}_Y = n$$

BSM420 – Bilgisayar Mimarileri

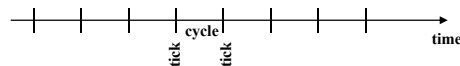
14

Saat Çevrimleri

- Çalışma zamanını saniyeler cinsinden sunmak yerine, çoğu kez saat çevrimlerini kullanırız.
- Modern bilgisayarlarda, olaylar çevrim çevrim ilerler : yani çarpma, toplama gibi her olay bir dizi çevrimde gerçekleşir.

$$\frac{\text{seconds}}{\text{program}} = \frac{\text{cycles}}{\text{program}} \times \frac{\text{seconds}}{\text{cycle}}$$

- *Saat tiklemeleri çevrimin başı ve sonunu gösterir:*



- *Çevrim zamanı* = tikler arası zaman = çevrim başına saniye
- *Saat oranı (frekans)* = saniye başına çevrim

(1 Hz. = 1 çevrim/saniye, 1 MHz. = 10^6 çevrim / saniye)

- *Örnek* : 200 Mhz $\frac{1}{200 \times 10^6} \times 10^9 = 5$ nanoseconds *çevrim süresi eder*

Performans Denklemi I

$$\frac{\text{seconds}}{\text{program}} = \frac{\text{cycles}}{\text{program}} \times \frac{\text{seconds}}{\text{cycle}}$$

≡

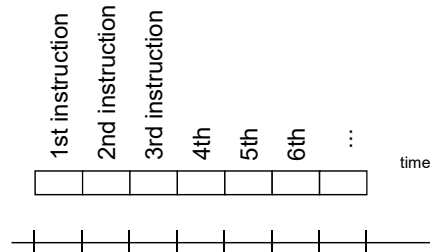
Bir program için:

CPU çalışma zamanı = CPU saat çevrim sayısı x Saat çevrimi zamanı

- Dolayısıyla, performansı artırmak için:
 - Bir programın çevrim sayısını düşür veya
 - Saat çevrim zamanını düşür veya
 - Saat frekansını artır (overclock)

Bir program için ne kadar çevrim gerekli?

- Çevrim sayısı = komut sayısı ??



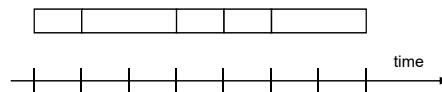
- **Bu varsayım kesinlikle yanlıştır! Çünkü:**

- Farklı komutların işlenmesi farklı zamanlar(çevrimler) alır
- Neden...?

BSM420 – Bilgisayar Mimarileri

17

Bir program için ne kadar çevrim gerekli?



- Çarpma toplamadan daha çok zaman alır
- Virgüllü (kayan noktalı) işlemler tamsayılardan daha çok zaman alır.
- Belleğe erişim kaydedicilere erişimden daha çok zaman alır
- *Çok önemli:* çevrim zamanını değiştirmek donanım tasarımının değişmesine neden olduğundan komutların çalışması için gerekli çevrim sayısını değiştirir.

BSM420 – Bilgisayar Mimarileri

18

Örnek I

- En sevdiğimiz program 400Mhz olan A bilgisayarında 10 saniye çalışıyor.
- Bir bilgisayar tasarımcısına, bu programı 6 saniye içinde çalıştıracak yeni bir B makinesi tasarlamasına yardımcı olmaya çalışıyoruz.
- Tasarımcı, saat hızını önemli ölçüde artırmak için yeni (veya belki de daha pahalı) teknolojiyi kullanabilir, ancak bu artışın CPU tasarımının geri kalanını etkileyeceğini ve aynı program için B makinesinin A makinesinden 1.2 kat daha fazla saat çevrimi gerektirmesine neden olacağını bize bildirdi..
- Tasarımcıya hangi saat hızını hedef olarak bildirmeliyiz?

BSM420 – Bilgisayar Mimarileri

19

Terminoloji

- Bir program çalışmak için aşağıdakileri gerektirir:
 - Komutlar
 - Çevrimler
 - Saniyeler
- Bu büyüklükleri aşağıdaki terimler ile açıklarız:
 - *Çevrim zamanı* (çevrim / saniye)
 - *Saat frekansı* (çevrim / saniye)
 - *(ortalama) CPI* (çevrim / komut - cycles per instruction)
 - Kayan nokta yoğun bir uygulamada yüksektir
 - *IPC* (komut / çevrim)
 - *MIPS* (milyon komut / saniye)
 - Basit komutlardan oluşan bir programda yüksek

BSM420 – Bilgisayar Mimarileri

20

Hızlanma Vs. Oran

- ⑩ “Hızlanma” bir orandır. «kat», «kere» ile ifade edilir
= eski çalışma zamanı / yeni çalışma zamanı
- ⑩ “İyileşme”, “Artış”, “Düşüş” genellikle belirli bir referansa göre yüzdelik değeri verir
= (yeni perf – eski perf) / eski perf
- ⑩ Bir program eski laptopta 100 saniye, yenisinde 70 saniye çalışıyor
 - ☞ Hızlanma ne kadar? $(1/70) / (1/100) = 1.42$ kat
 - Performanstaki iyileşme oranı ne?
 $(1/70 - 1/100) / (1/100) = 42\%$ daha fazla
 - Çalışma zamanındaki düşüm ne kadar? 30% daha az

BSM420 – Bilgisayar Mimarileri

21

Etki faktörleri

- Saat çevrim zamanı : teknoloji ve pipeline
- CPI: mimari ve komut seti tasarımı
- Komut sayısı: komut seti tasarımı ve derleyici
- CPI (cycles per instruction) or IPC (instructions per cycle) matematiksel olarak doğru hesaplanamaz

BSM420 – Bilgisayar Mimarileri

22

CPU Performansını Etkileyen Unsurlar

$$\text{CPU time} = \frac{\text{Seconds}}{\text{Program}} = \frac{\text{Instructions}}{\text{Program}} \times \frac{\text{Cycles}}{\text{Instruction}} \times \frac{\text{Seconds}}{\text{Cycle}}$$

	Inst Count	CPI	Clock Rate
Program	X		
Compiler	X	(X)	
Inst. Set.	X	X	
Organization		X	X
Technology			X

BSM420 – Bilgisayar Mimarileri

23

Örnek CPI hesabı

Base Machine (Reg / Reg)

Op	Freq	Cycles	CPI(i)	(% Time)
ALU	50%	1	.5	(33%)
Load	20%	2	.4	(27%)
Store	10%	2	.2	(13%)
Branch	20%	2	.4	(27%)
			1.5	

Typical Mix

Ortalama CPI = 1.5

BSM420 – Bilgisayar Mimarileri

24

Performans Ölçümü

- *Performans çalışma zamanı ile ölçülür*
- Diğer değişkenler de performans ölçümünde kullanılabilir mi?
 - Programın çalışması için gerekli çevrim sayısı?
 - Programdaki komut sayısı ?
 - Saniye başına çevrim sayısı ?
 - Komut başına ortalama çevrim sayısı ?
 - Saniye başına ortalama komut sayısı
- *ortak bir tuzak*: Değişkenlerden birini kabul etmek, başka bir veri yoksa performans göstergesidir.

BSM420 – Bilgisayar Mimarileri

25

Performans Denklemi II

CPU execution time = Instruction count × average CPI × Clock cycle time
for a program for a program

- *Bu denklemi 1 nolu denklemden türetiniz*

BSM420 – Bilgisayar Mimarileri

26

Performans Denklemi II

CPU execution time = Instruction count × average CPI × Clock cycle time
for a program for a program

- Bu denklemi 1 nolu denklemden türetiniz

$$\frac{\text{Komut Sayısı}}{\text{prog}} \times \frac{\text{Çevrim}}{\text{Komut}} = \frac{\text{Çevrim}}{\text{prog}}$$

↓
CPI

BSM420 – Bilgisayar Mimarileri

27

Örnek II (CPI)

- Aynı komut seti mimarisinin (ISA) iki farklı uyarlaması olsun. Bir program için:
 - A makinesi 10ns saat çevrimi zamanına sahip ve CPI=2.0
 - B makinesi 20ns saat çevrim zamanı ve CPI = 1.2
- Hangi makine ne kadar hızlıdır?
- Eğer iki makine de aynı ISA'ya sahip ise, saat hızı, CPI, çalışma zamanı, komut sayısı ve MIPS gibi büyüklüklerden hangileri benzer olur?

BSM420 – Bilgisayar Mimarileri

28

Örnek III(CPI)

- Bir derleyici tasarımcısı belirli bir makine için iki farklı kod arasında karar vermeye çalışmaktadır.
- Donanıma bağlı olarak, 3 farklı komut kümesi vardır: A, B ve C sınıfı, ve sırasıyla 1,2,3 çevrim değerlerine sahiptirler.
- İlk kod dizisi 5 komuta sahip:
2 adet A, 1 adet B, ve 2 adet C
- İkinci kod dizisi 6 komuta sahip:
4 adet A, 1 adet B, and 1 adet C.
- *Hangi kod daha hızlıdır? Ne kadar hızlıdır? Her kod dizisinin CPI değeri nedir?*

BSM420 – Bilgisayar Mimarileri

29

Örnek III (CPI)

- Bir derleyici tasarımcısı belirli bir makine için iki farklı kod arasında karar vermeye çalışmaktadır.
- Donanıma bağlı olarak, 3 farklı komut kümesi vardır: A, B ve C sınıfı, ve sırasıyla 1,2,3 çevrim değerlerine sahiptirler.
- İlk kod dizisi 5 komuta sahip:
2 adet A, 1 adet B, ve 2 adet C
- İkinci kod dizisi 6 komuta sahip:
4 adet A, 1 adet B, and 1 adet C.
- *Hangi kod daha hızlıdır? Ne kadar hızlıdır? Her kod dizisinin CPI değeri nedir?*

1,1 kat

BSM420 – Bilgisayar Mimarileri

30

Örnek IV(MIPS)

- Üç farklı komut sınıfına sahip bir 500 MHz lik makine üzerinde iki farklı derleyici test edilmektedir. Komut setleri Sınıf A, Sınıf B ve Sınıf C ve sırasıyla 1, 2 ve 3 çevrim gerektirmektedir.
- Her iki derleyici de büyük bir yazılım kodu üretmek için kullanılır.
- Derleyici 1, 5 milyar A Sınıfı komutu, 1 milyar B Sınıfı komutu ve 1 milyar Sınıf C komutu ile kod üretir.
- Derleyici 2, 10 milyar A Sınıfı komutu, 1 milyar B Sınıfı komutu ve 1 milyar Sınıf C komutu ile kod üretir.
- *Hangi derleyici MIPS e göre daha hızlıdır?*
- *Çalışma zamanına göre hangi dizi daha hızlıdır?*