

William Stallings Computer Organization and Architecture 10th Edition

Orijinal slaytların
çevirisidir.



+ Chapter 6

External Memory



Magnetic Disk

- Disk, manyetik olmayan malzemedan yapılmış, substrat (***substrate***) adı verilen ve mıknatıslanabilir bir malzeme ile kaplanmış dairesel bir plakadır/*tabl*adır (***circular platter***).
 - Geleneksel olarak bu alt tabaka (*substrate*), bir alüminyum veya alüminyum alaşımlı malzemedir
 - Son zamanlarda cam yüzeyler piyasaya sürüldü
- Cam alt tabakanın faydaları:
 - Disk güvenilirliğini artırmak için manyetik film yüzeyinin tek biçimliliğindeki (*uniformity*) iyileştirme
 - Okuma-yazma hatalarını azaltmaya yardımcı olmak için genel yüzey kusurlarında önemli bir azalma
 - Disk dinamiklerini azaltmak için daha iyi sertlik
 - Şoklara ve hasara karşı daha fazla dayanma yeteneği



Veriler kaydedilir ve daha sonra kafa (*head*) adı verilen iletken bir bobin aracılığıyla diskten alınır.

- Çoğu sistemde iki kafa vardır, bir okuma kafası ve bir yazma kafası
- Bir okuma veya yazma işlemi sırasında, tabla altta dönerken kafa sabittir

Elektrik darbeleri yazma kafasına gönderilir ve ortaya çıkan manyetik örüntüler, pozitif ve negatif akımlar için farklı patternlerle alttaki yüzeye kaydedilir.

Teldeki bir elektrik akımı, boşluk (*gap*) boyunca bir manyetik alan oluşturur ve bu da kayıt ortamının (*recording medium*) küçük bir alanını mıknatıslar.

Yazma mekanizması, bir bobinden akan elektriğin bir manyetik alan oluşturduğu gerçeğinden yararlanır.

Yazma kafasının kendisi kolayca mıknatıslanabilen malzemedan yapılmıştır ve bir tarafında bir boşluk ve karşı tarafında birkaç tur iletken tel bulunan dikdörtgen bir halka şeklindedir.

Akımın yönünü tersine çevirmek, kayıt ortamındaki manyetizasyonun yönünü tersine çevirir

Magnetic Read and Write Mechanisms

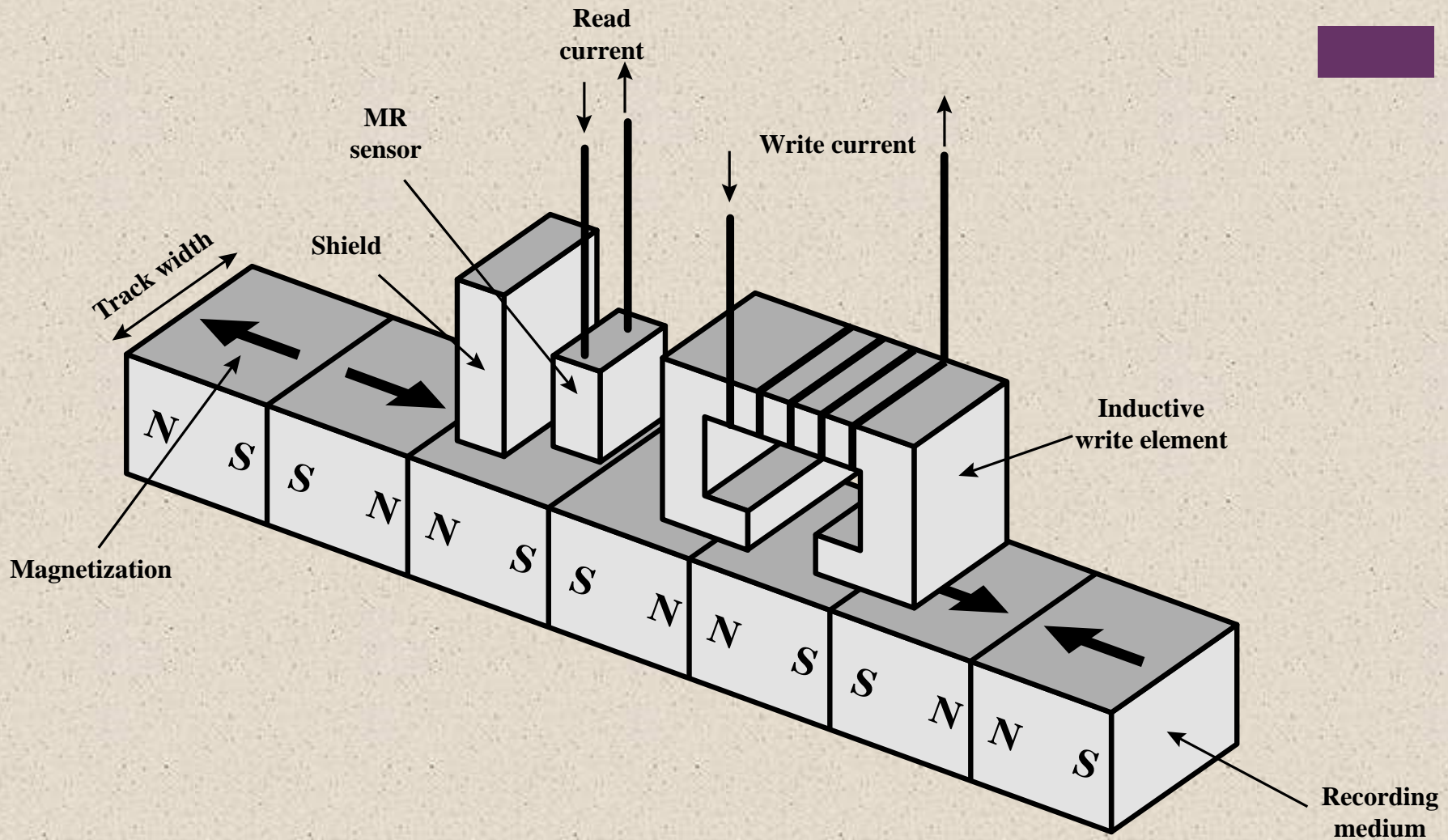


Figure 6.1 Inductive Write/Magnetoresistive Read Head

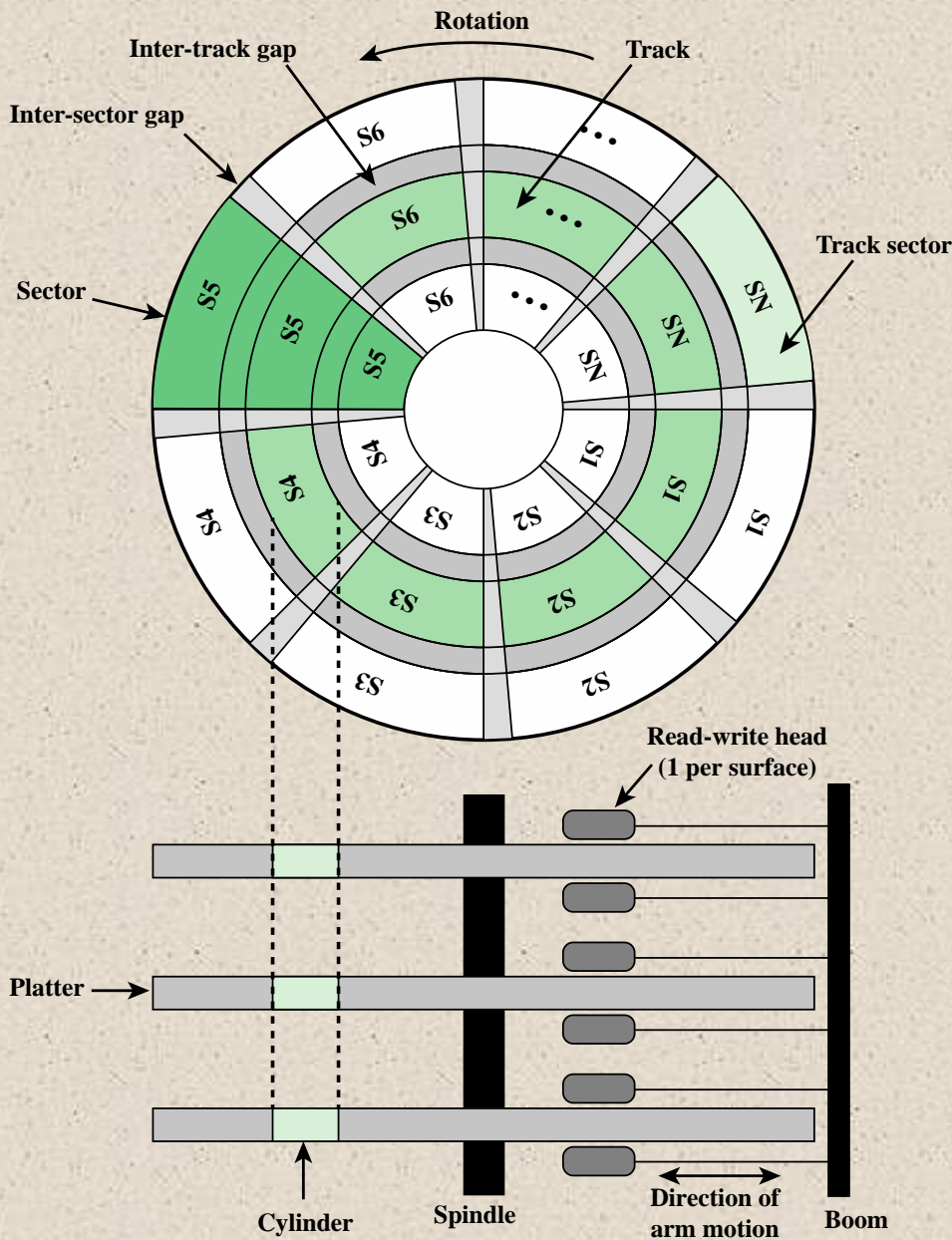


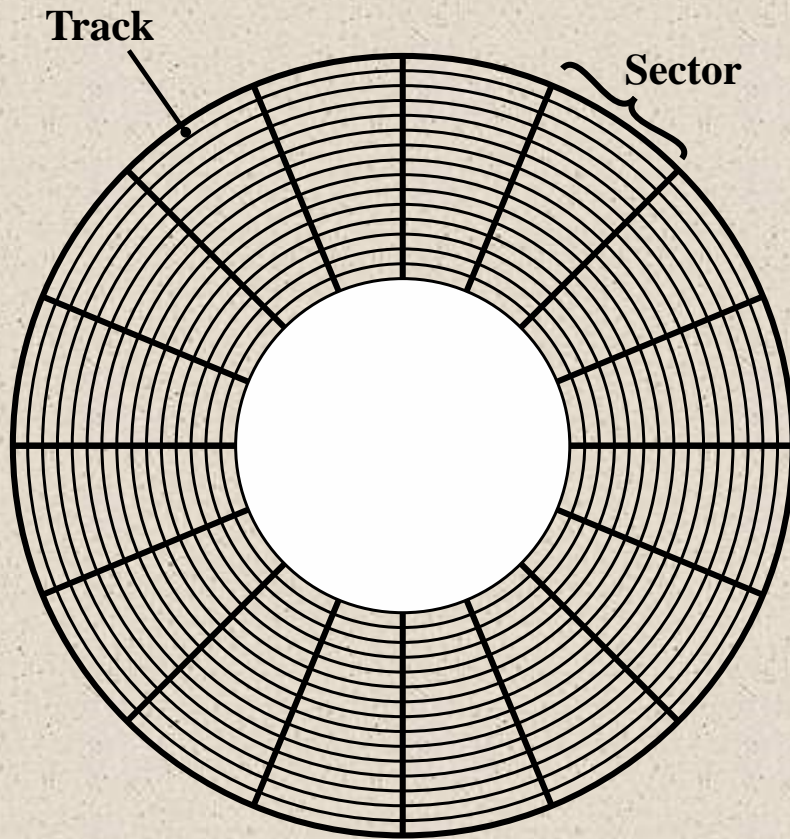
Figure 6.2 Disk Data Layout

Kafa (*head*), altından dönen plakanın bir bölümünü okuyabilen veya ona yazabilen nispeten küçük bir cihazdır. Bu, plakadaki verilerin iz (*track*) adı verilen eşmerkezli bir halka setinde düzenlenmesine yol açar. Her iz, kafa ile aynı genişliktedir. Yüzey (*surface*) başına binlerce iz vardır.

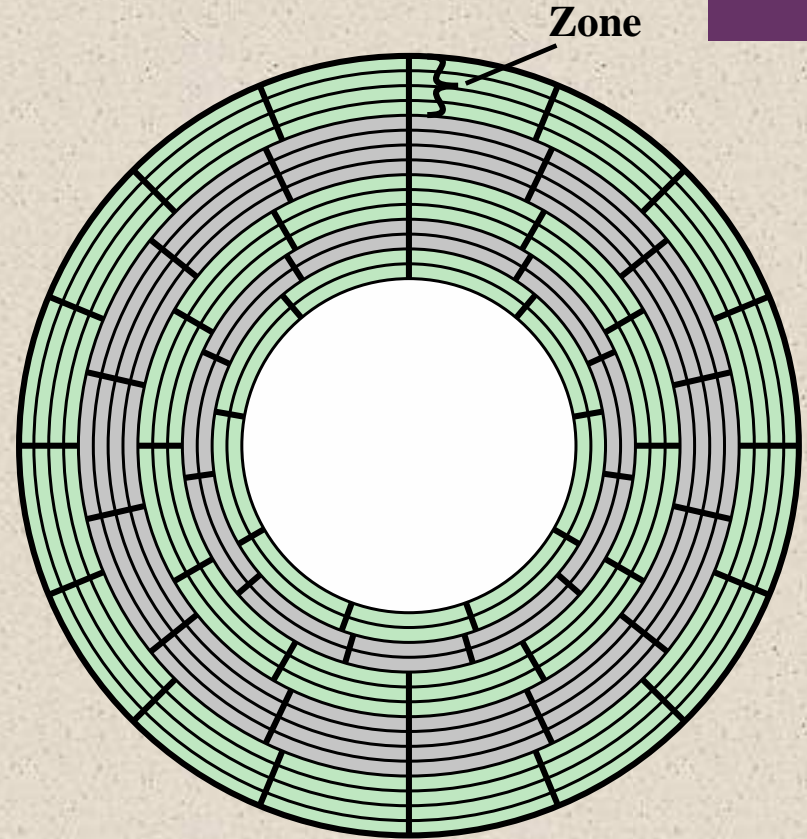
Bitişik izler, izler arası boşluklarla (*intertrack gaps*) ayrılır. Bu, kafanın yanlış hizalanmasından veya basitçe manyetik alanların karışmasından kaynaklanan hataları önler veya en azından minimize eder.

Veriler sektörler halinde diske aktarılır/diskten okunur. İz başına tipik olarak yüzlerce sektör vardır ve bunlar sabit veya değişken uzunlukta olabilir.

Çoğu modern sistemde sabit uzunlukta sektörler kullanılır, **512 bayt** neredeyse evrensel sektör boyutudur. Sisteme mantıksız hassasiyet gereksinimlerini yüklemekten kaçınmak için, bitişik sektörler, sektörler arası boşluklarla (*intersector gaps*) ayrılır.



(a) Constant angular velocity

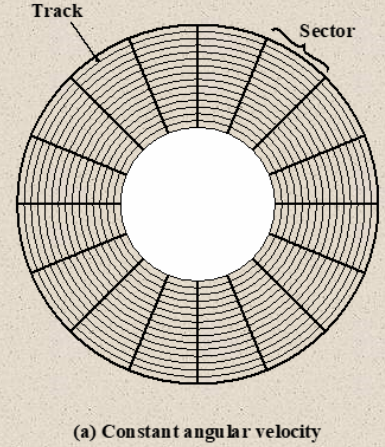


(b) Multiple zone recording

Figure 6.3 Comparison of Disk Layout Methods

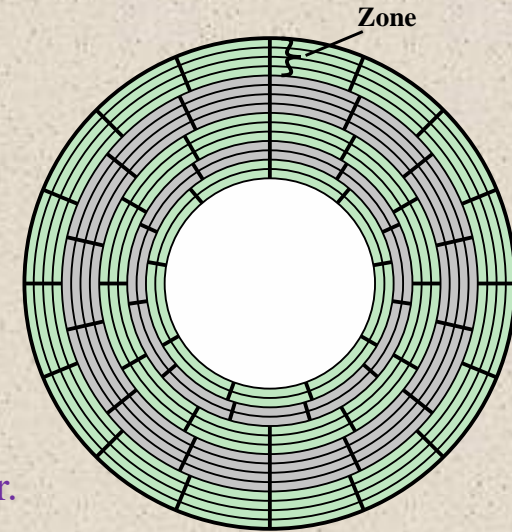
constant angular velocity

- Dönen bir diskin merkezine biraz yakın bir bit, sabit bir noktayı (okuma-yazma kafası gibi) dıştaki bir bitten biraz daha yavaş geçer.
 - Bu nedenle, kafanın tüm bitleri aynı hızda okuyabilmesi için hızdaki değişimi telafi etmenin bir yolu bulunmalıdır.
 - Bu, disk bölümlerinde kaydedilen bilgi bitleri arasındaki aralığı artırarak yapılabilir.
- Bilgi daha sonra diski sabit açısal hız (**constant angular velocity CAV**) olarak bilinen sabit bir hızda döndürerek aynı hızda taranabilir.
- ❖ Şekil 6.3a, CAV kullanan bir diskin düzenini gösterir.
- Disk, bir dizi pasta şekilli sektöre ve bir dizi eşmerkezli ize bölünmüştür.
- CAV kullanmanın avantajı, bireysel veri bloklarının doğrudan iz ve sektör tarafından adreslenebilmesidir.
- Kafayı mevcut konumundan belirli bir adrese hareket ettirmek için, sadece kafanın belirli bir ize kısa bir hareketi ve uygun sektörün kafanın altında dönmesi için kısa bir bekleme süresi gerekir.
- CAV'nin dezavantajı, uzun dış izlerde depolanabilen veri miktarının, kısa iç izlerde depolanabilenle aynı olmasıdır.

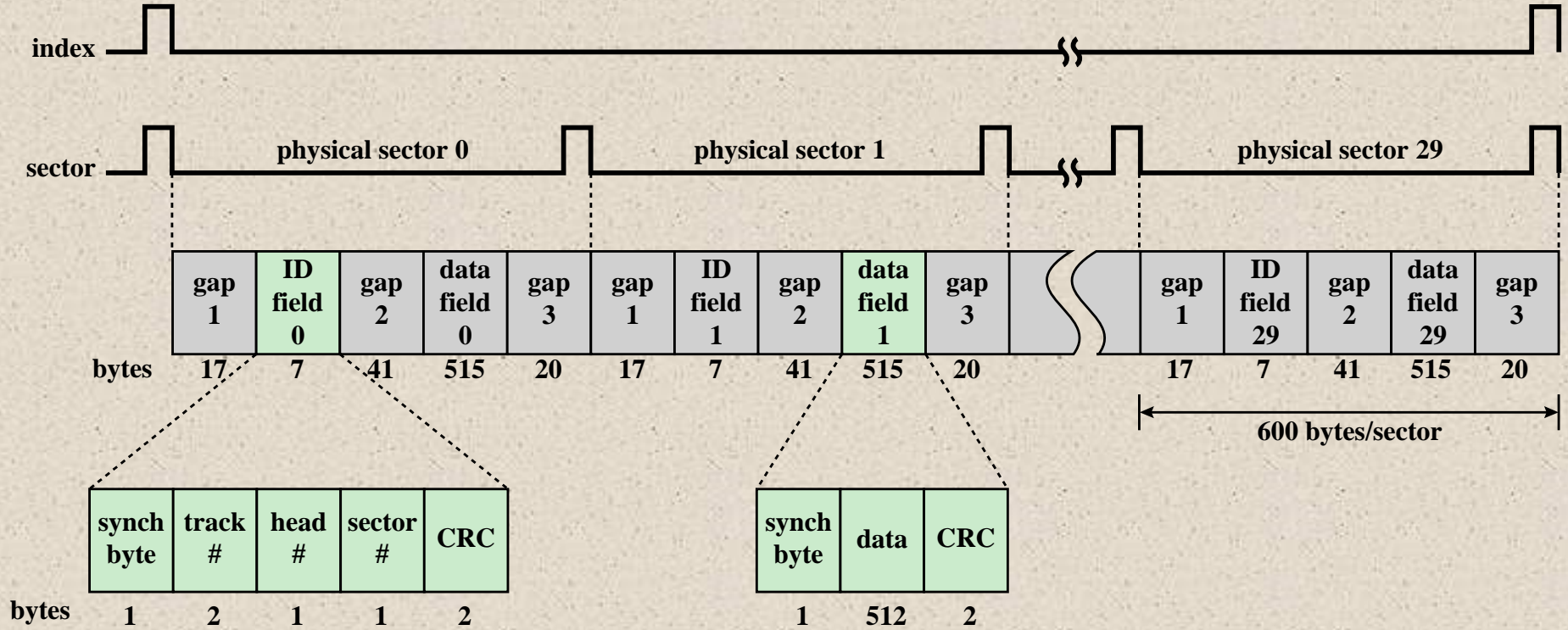


multiple zone recording

- Doğrusal inç başına bit cinsinden yoğunluk (**density**), en dıştaki izden en içteki ize geçerken arttığı için, basit bir CAV sistemindeki disk depolama kapasitesi, en içteki izde elde edilebilecek maksimum kayıt yoğunluğu ile sınırlıdır.
- Yoğunluğu artırmak için, modern sabit disk sistemleri, yüzeyin bir dizi eş merkezli bölgeye bölündüğü çoklu bölge kaydı (**multiple zone recording**) olarak bilinen bir teknik kullanır (16 tipiktir).
- Bir bölge (zone) içinde, iz başına bit sayısı sabittir.
- Merkezden daha uzak bölgeler, merkeze daha yakın bölgelerden daha fazla bit (daha fazla sektör) içerir.
 - Bu, biraz daha karmaşık devre pahasına daha büyük bir toplam depolama kapasitesi sağlar.
- Disk kafası bir bölgeden diğerine hareket ederken, ayrı bitlerin (*individual bits*) uzunluğu (iz boyunca) değişir ve okuma ve yazma zamanlamasında bir değişikliğe neden olur.
- Şekil 6.3b, 5 bölge (zone) halinde düzenlenmiş 15 iz'le basitleştirilmiş bir MZR düzenidir.
 - En içteki iki bölgenin her biri 2 ize sahiptir, her izde 9 sektör vardır;
 - sonraki bölge, her biri 12 sektörden oluşan 3 ize sahiptir;
 - ve en dıştaki 2 bölgenin her biri 4 ize sahiptir, her iz 16 sektöre sahiptir.



Bir iz (*track*) içindeki sektör konumlarını bulmak için bazı yöntemlere ihtiyaç vardır. Açık ki, izde bir başlangıç noktası olmalı ve her sektörün başlangıç ve bitişini tanımlamanın bir yolu olmalıdır. Bu gereksinimler, diske kaydedilen kontrol verileri aracılığıyla halledilir. Bu nedenle, disk, yalnızca disk sürücüsü tarafından kullanılan ve kullanıcı tarafından erişilemeyen bazı ekstra verilerle biçimlendirilir.



Şekil 6.4'te bir disk formatı örneği gösterilmektedir.

Figure 6.4 Winchester Disk Format (Seagate ST506)

Bu durumda, her iz, her biri 600 baytlık 30 sabit uzunlukta sektör içerir. Her sektör **512 bayt** veri artı disk denetleyicisi için gerekli olan denetim bilgilerini içerir. Kimlik alanı (**ID field**), belirli bir sektörü bulmak için kullanılan benzersiz bir tanımlayıcı veya adrestir. SYNCH baytı, alanın başlangıcını sınırlayan özel bir bit modelidir. İz numarası (**track number**), bir yüzey üzerindeki izi tanımlar. Kafa numarası (**head number**) bir kafayı tanımlar, çünkü bu diskin birden fazla yüzeyi vardır. Kimlik ve veri alanlarının her biri bir hata tespit kodu içerir.

**Head Motion**

Fixed head (one per track)
Movable head (one per surface)

Platters

Single platter
Multiple platter

Disk Portability

Nonremovable disk
Removable disk

Head Mechanism

Contact (floppy)
Fixed gap
Aerodynamic gap (Winchester)

Sides

Single sided
Double sided

Table 6.1
Physical Characteristics of Disk Systems



Characteristics



■ Fixed-head disk

- İz başına bir okuma-yazma kafası
- Kafalar, tüm izler boyunca uzanan sabit bir çıkıntılı kol üzerine monte edilmiştir

■ Movable-head disk

- Tek okuma-yazma kafası
- Kafa bir kol üzerine monte edilmiştir
- Kol uzatılabilir veya geri çekilebilir

■ Non-removable disk

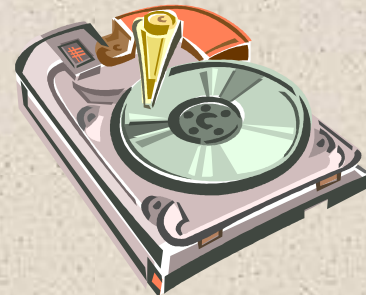
- Disk sürücüsüne kalıcı olarak takılı
- Kişisel bir bilgisayardaki sabit disk, çıkarılamaz bir disk türüdür

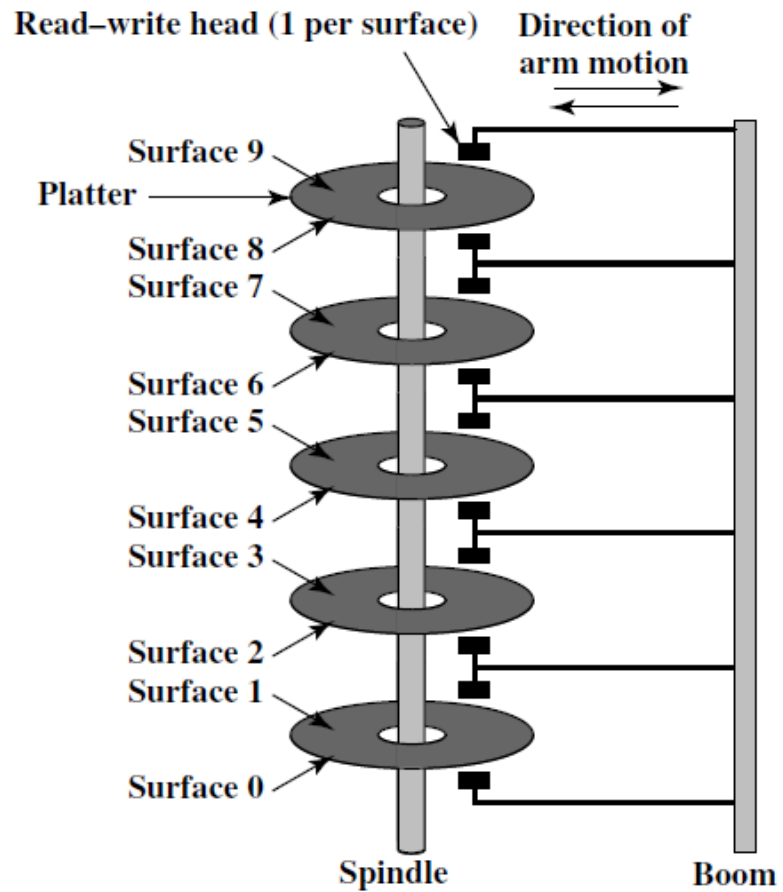
■ Removable disk

- Çıkarılabilir ve başka bir diskle değiştirilebilir
- Avantajları:
 - Sınırlı sayıda disk sistemi ile sınırsız miktarda veri mevcuttur
 - Bir disk bir bilgisayar sisteminden diğerine taşınabilir
- Disketler ve ZIP cartridge diskleri, çıkarılabilir disklerdir

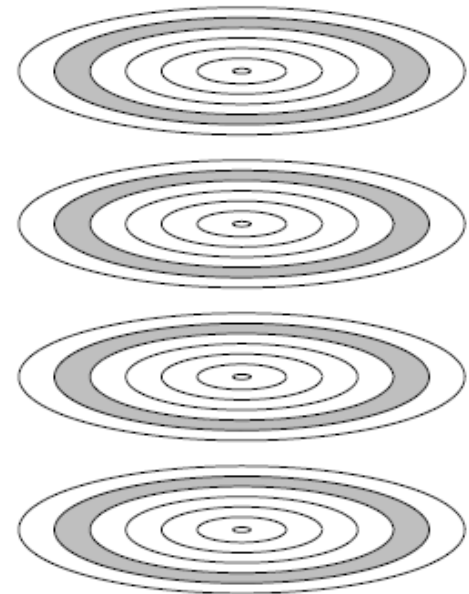
■ Double sided disk

- Mıknatıslanabilir tabaka, plakanın her iki tarafına da uygulanır.





Components of a Disk Drive



Tracks and Cylinders



Son olarak, kafa mekanizması, disklerin üç türe sınıflandırılmasını sağlar. Geleneksel olarak, okuma-yazma kafası plakanın üzerinde sabit bir mesafede konumlandırılmıştır ve bu da bir hava boşluğuna (*air gap*) izin verir. Diğer tarafta, bir okuma veya yazma işlemi sırasında ortamla fiziksel temasa geçen bir kafa mekanizmasıdır. Bu mekanizma; küçük, esnek bir tabla ve en ucuz disk türü olan disket (**floppy disk**) ile kullanılır.

Kafa mekanizması, disklerin üç türe sınıflandırılmasını sağlar

Disk Classification

Üçüncü disk türünü anlamak için, veri yoğunluğu ile hava boşluğunun boyutu arasındaki ilişki üzerine yorum yapmamız gerekir.

- Kafa, düzgün bir şekilde yazmak ve okumak için yeterli büyüklükte bir elektromanyetik alan üretmeli veya algılamalıdır.
- Kafa ne kadar dar/ince olursa, işlev görmesi için plaka yüzeyine o kadar yakın olması gerekir
 - Daha ince bir kafa, daha ince izler ve dolayısıyla daha fazla veri yoğunluğu anlamına gelir
- Kafa diske ne kadar yakınsa, kirliliklerden veya kusurlardan (*impurities or imperfections*) kaynaklanan hata riski o kadar büyüktür.

Winchester Heads

- Neredeyse hiç kirletici içermeyen sızdırmaz tahrik tertibatlarında kullanılır
- Geleneksel sert disk kafalarına göre disk yüzeyine daha yakın çalışacak şekilde tasarlanmıştır, böylece daha fazla veri yoğunluğu sağlar
- Aslında disk hareketsizken plakanın yüzeyine hafifçe dayanan bir aerodinamik folyodur
 - Dönen bir disk tarafından üretilen hava basıncı, folyonun yüzeyin üzerinde yükselmesi için yeterlidir.

Table 6.2
Typical Hard Disk Drive Parameters



| Characteristics | Seagate Enterprise | Seagate Barracuda XT | Seagate Cheetah NS | Seagate Laptop HDD |
|--|---------------------------|-----------------------------|---|---------------------------|
| Application | Enterprise | Desktop | Network attached storage, application servers | Laptop |
| Capacity | 6 TB | 3 TB | 600 GB | 2 TB |
| Average seek time | 4.16 ms | N/A | 3.9 ms read 4.2 ms write | 13 ms |
| Spindle speed | 7200 rpm | 7200 rpm | 10,075 rpm | 5400 rpm |
| Average latency | 4.16 ms | 4.16 ms | 2.98 | 5.6 ms |
| Maximum sustained transfer rate | 216 MB/s | 149 MB/s | 97 MB/s | 300 MB/s |
| Bytes per sector | 512/4096 | 512 | 512 | 4096 |
| Tracks per cylinder (number of platter surfaces) | 8 | 10 | 8 | 4 |
| Cache | 128 MB | 64 MB | 16 MB | 8 MB |



Disk I/O işleminin gerçek ayrıntıları, bilgisayar sistemine, işletim sistemine ve I/O kanalının ve disk denetleyici donanımının yapısına bağlıdır.

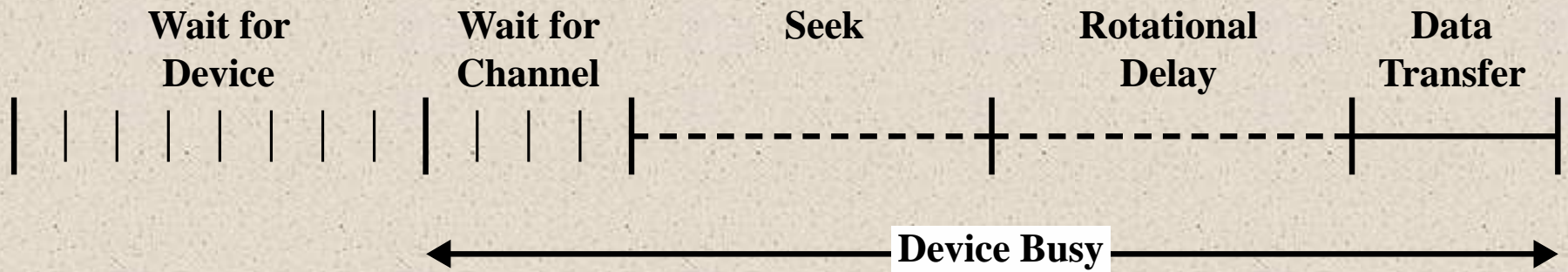


Figure 6.5 Timing of a Disk I/O Transfer

Disk I/O transferinin genel bir zamanlama diyagramı Şekil 6.5'te gösterilmektedir.

+ Disk Performance Parameters

- Disk sürücüsü çalışırken disk sabit hızda döner
- Okuma veya yazma için kafanın istenen ize ve bu iz üzerinde istenen sektörün başlangıcına konumlandırılması gerekir.
 - İz seçimi (**track selection**), kafayı hareketli kafalı bir sistemde (*movable-head system*) hareket ettirmeyi veya sabit kafalı bir sistemdeki (*fixed-head system*) bir kafayı elektronik olarak seçmeyi içerir.
 - İz seçildikten sonra, disk denetleyicisi uygun sektör kafa ile aynı hizaya gelene kadar bekler.
- Arama zamanı (**Seek time**)
 - Hareketli kafalı bir sistemde, kafayı ize konumlandırmak için geçen süre
- Dönüş gecikmesi (**Rotational delay (rotational latency)**)
 - Sektörün başlangıcının kafaya ulaşması için geçen süre
- Erişim süresi (**Access time**)
 - Arama süresi ve döndüş gecikmesinin toplamı
 - Okuma veya yazma için pozisyon almak için geçen süre
- Transfer time
 - Kafa doğru kouma geldiğinde, sektör kafanın altında hareket ederken okuma veya yazma işlemi gerçekleştirilir.
 - Bu, işlemin veri transferi kısmıdır





RAID

Redundant Array of Independent Disks

RAID stratejisi, birden çok disk sürücüsü kullanır ve verileri, birden çok sürücüden verilere eşzamanlı erişim sağlayacak şekilde dağıtır, böylece I/O performansını artırır ve kapasitede daha kolay kademeli artışlara izin verir.

- 7 seviyeden oluşur
- Seviyeler hiyerarşik bir ilişki anlamına gelmez, ancak üç ortak özelliği paylaşan farklı tasarım mimarilerini belirtir:
 - 1) İşletim sistemi tarafından tek bir mantıksal sürücü olarak görüntülenen fiziksel disk sürücüleri seti
 - 2) Veriler, şeritleme (***striping***) olarak bilinen bir düzende bir dizinin (*array*) fiziksel sürücülerine dağıtılır
 - 3) Yedek disk kapasitesi, bir disk arızası durumunda veri kurtarılabilirliğini garanti eden eşlik bilgilerini (*parity information*) depolamak için kullanılır

İkinci ve üçüncü özelliklerin detayları, farklı RAID seviyeleri için farklılık gösterir. RAID 0 ve RAID 1 üçüncü özelliği desteklemez.

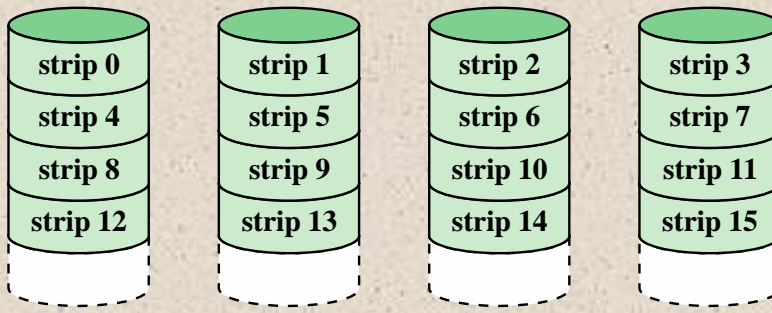
Birden fazla kafanın ve aktüatörün aynı anda çalışmasına izin vermek daha yüksek I/O ve aktarım hızları elde etse de, birden fazla cihazın kullanılması arıza olasılığını artırır.

Table 6.3 RAID Levels

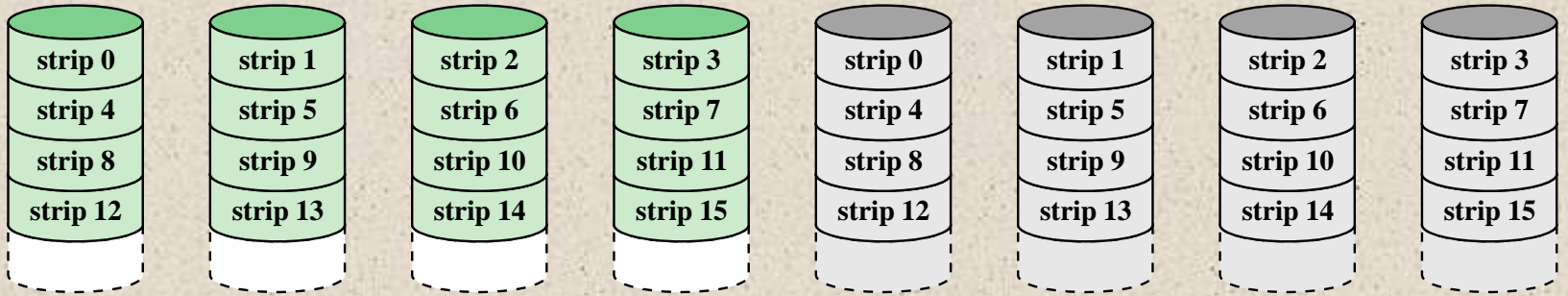
RAID, bu azalan güvenilirliği telafi etmek için, bir disk arızası nedeniyle kaybolan verilerin kurtarılmasını sağlayan depolanmış eşlik bilgilerini kullanır.

| Category | Level | Description | Disks Required | Data Availability | Large I/O Data Transfer Capacity | Small I/O Request Rate |
|--------------------|-------|---|----------------|---|--|--|
| Striping | 0 | Nonredundant | N | Lower than single disk | Very high | Very high for both read and write |
| Mirroring | 1 | Mirrored | $2N$ | Higher than RAID 2, 3, 4, or 5; lower than RAID 6 | Higher than single disk for read; similar to single disk for write | Up to twice that of a single disk for read; similar to single disk for write |
| Parallel access | 2 | Redundant via Hamming code | $N + m$ | Much higher than single disk; comparable to RAID 3, 4, or 5 | Highest of all listed alternatives | Approximately twice that of a single disk |
| | 3 | Bit-interleaved parity | $N + 1$ | Much higher than single disk; comparable to RAID 2, 4, or 5 | Highest of all listed alternatives | Approximately twice that of a single disk |
| Independent access | 4 | Block-interleaved parity | $N + 1$ | Much higher than single disk; comparable to RAID 2, 3, or 5 | Similar to RAID 0 for read; significantly lower than single disk for write | Similar to RAID 0 for read; significantly lower than single disk for write |
| | 5 | Block-interleaved distributed parity | $N + 1$ | Much higher than single disk; comparable to RAID 2, 3, or 4 | Similar to RAID 0 for read; lower than single disk for write | Similar to RAID 0 for read; generally lower than single disk for write |
| | 6 | Block-interleaved dual distributed parity | $N + 2$ | Highest of all listed alternatives | Similar to RAID 0 for read; lower than RAID 5 for write | Similar to RAID 0 for read; significantly lower than RAID 5 for write |

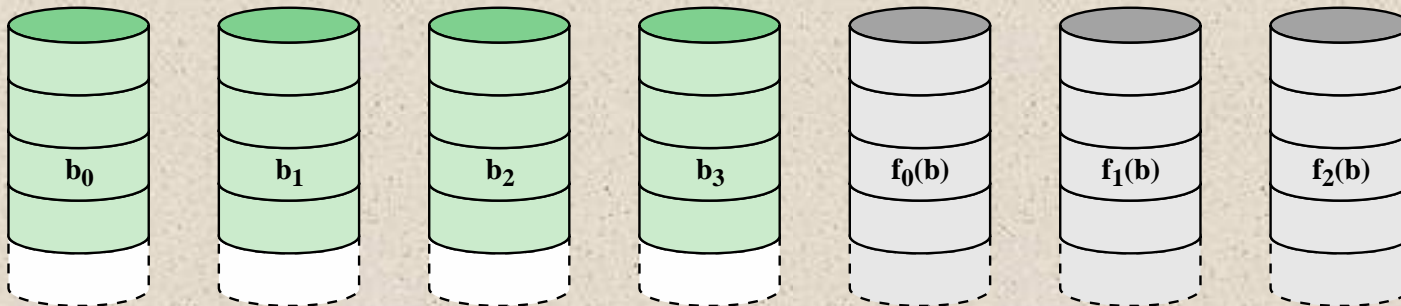
N = number of data disks; m proportional to $\log N$



(a) RAID 0 (non-redundant)



(b) RAID 1 (mirrored)

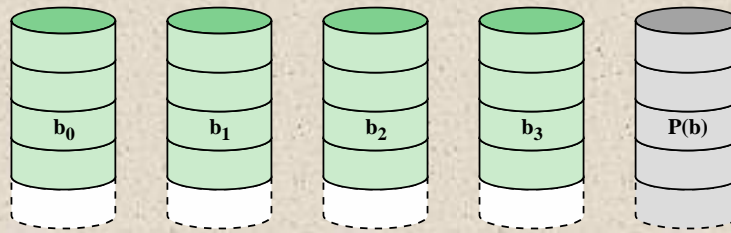


(c) RAID 2 (redundancy through Hamming code)

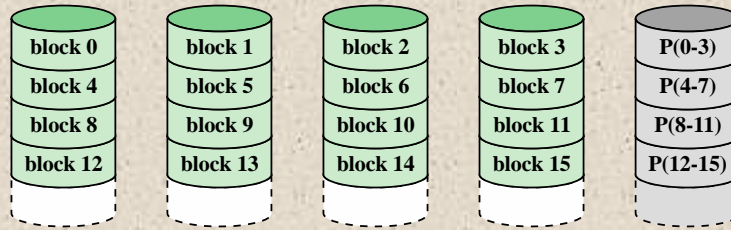
Şekiller, kullanıcı verilerinin (*user data*) ve fazlalık verilerin (*redundant data*) düzenini vurgular ve çeşitli seviyelerin ilgili depolama gereksinimlerini gösterir. Açıklanan yedi RAID seviyesinden yalnızca dördü yaygın olarak kullanılır: RAID seviyeleri 0, 1, 5 ve 6.

Figure 6.6 RAID Levels (page 1 of 2)

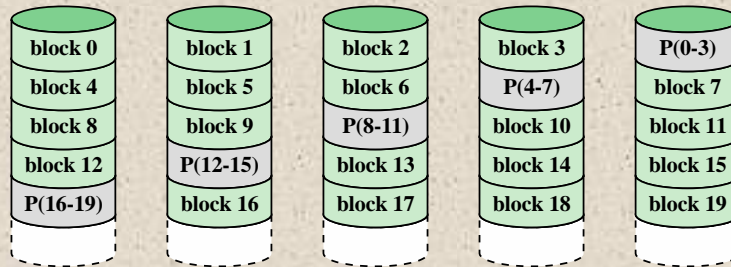
Şekil 6.6, yedeklilik içermeyen dört disk (four disks with no redundancy) gerektiren bir veri kapasitesini desteklemek için yedi RAID şemasının kullanımını göstermektedir.



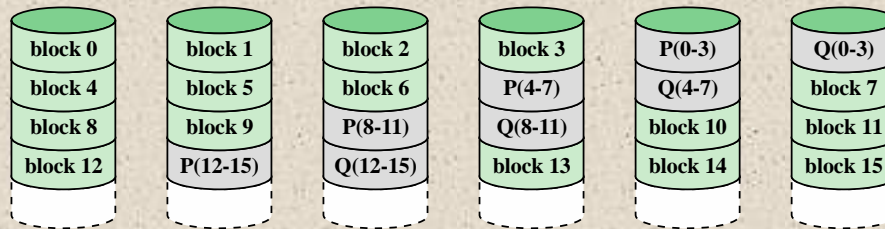
(d) RAID 3 (bit-interleaved parity)



(e) RAID 4 (block-level parity)



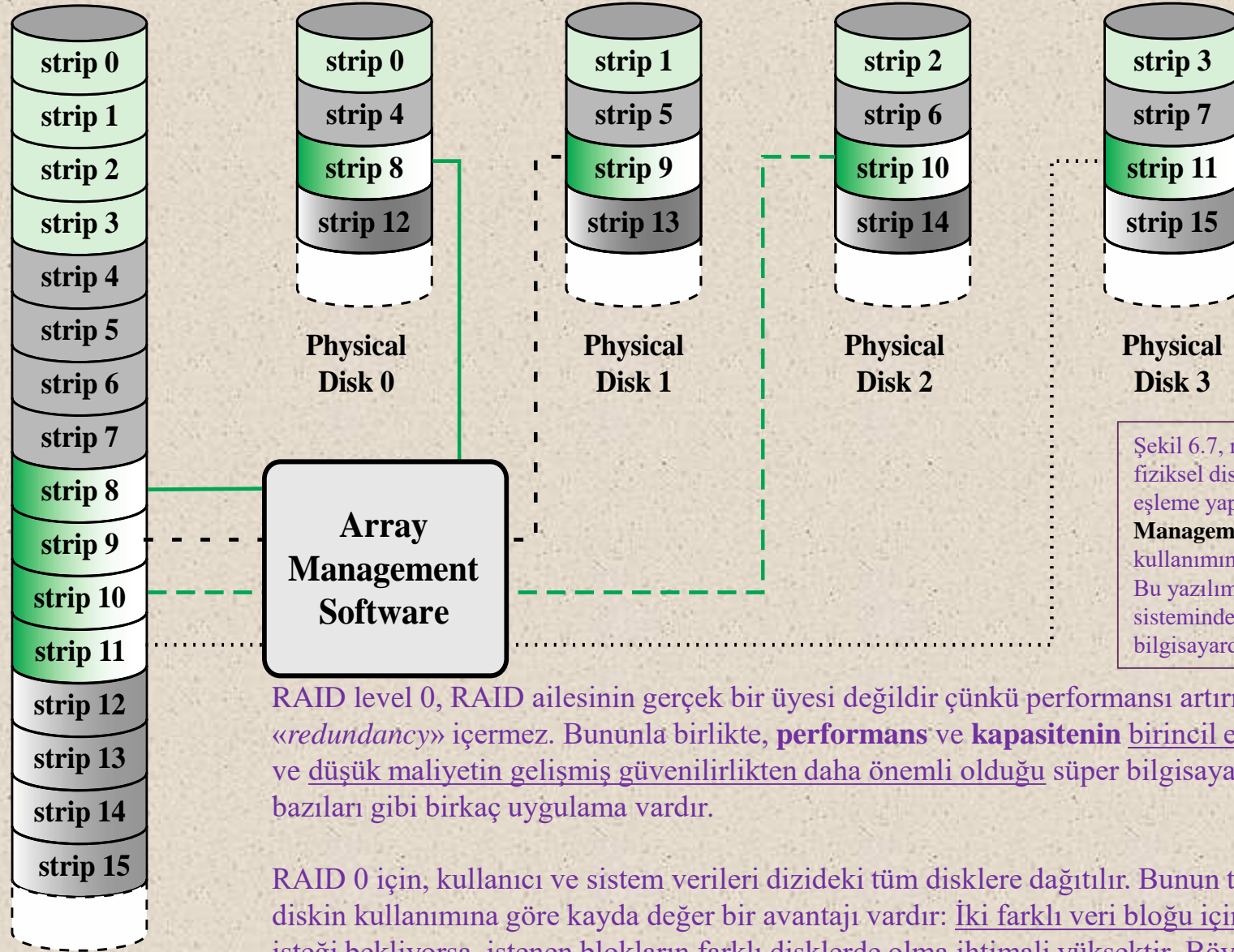
(f) RAID 5 (block-level distributed parity)



(g) RAID 6 (dual redundancy)

Figure 6.6 RAID Levels (page 2 of 2)

Logical Disk



Şekil 6.7, mantıksal ve fiziksel disk alanı arasında eşleme yapmak için «Array Management Software» kullanımını göstermektedir. Bu yazılım, disk alt sisteminde veya bir ana bilgisayarda çalıştırılabilir.

RAID level 0, RAID ailesinin gerçek bir üyesi değildir çünkü performansı artırmak için «*redundancy*» içermez. Bununla birlikte, **performans** ve **kapasitenin** birincil endişe olduğu ve düşük maliyetin gelişmiş güvenilirlikten daha önemli olduğu süper bilgisayarlar üzerindeki bazıları gibi birkaç uygulama vardır.

RAID 0 için, kullanıcı ve sistem verileri dizideki tüm disklerle dağıtılır. Bunun tek bir büyük diskin kullanımına göre kayda değer bir avantajı vardır: İki farklı veri bloğu için iki farklı I/O isteği bekliyorsa, istenen blokların farklı disklerde olma ihtimali yüksektir. Böylece, **iki istek paralel olarak gönderilebilir** ve I/O kuyruklama süresi (*I/O queuing time*) azaltılır.

Figure 6.7 Data Mapping for a RAID Level 0 Array



RAID Level 0

- Ana bilgisayar sisteminin istek kalıpları ve verilerin düzeniyle ilgili sorunları ele alır

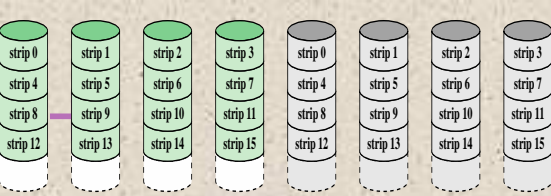
R 0
a
i
d

RAID 0 for High Data Transfer Capacity

- Uygulamaların yüksek aktarım hızına (***high transfer rate***) sahip olması için iki gereksinim karşılanmalıdır:
 1. Ana bellek (*host memory*) ile ayrı disk sürücüleri (*individual disk drives*) arasındaki tüm yol boyunca yüksek bir aktarım kapasitesi bulunmalıdır
 2. Uygulama, disk dizisini verimli bir şekilde süren I/O talepleri yapmalıdır

RAID 0 for High I/O Request Rate

- Küçük miktarda veriye yönelik bireysel bir I/O talebi için I/O süresine, arama süresi ve dönüş gecikmesi (*seek time and rotational latency*) hakimdir
- Bir disk dizisi (*disk array*), I/O yükünü birden çok diskte dengeleyerek yüksek I/O yürütme hızları/oranları sağlayabilir
- Şerit (*strip*) boyutu göreceli olarak büyükse, birden çok bekleyen I/O isteği paralel olarak işlenebilir, bu da her bir istek için kuyruğa alma süresini azaltır



RAID Level 1

Bir yazma isteği, karşılık gelen her iki şeridin de güncellenmesini gerektirir, ancak bu paralel olarak yapılabilir. Bu nedenle, yazma performansı, iki yazmanın daha yavaş olmasıyla belirlenir (yani, daha büyük arama süresi artı dönüş gecikmesini içeren). Ancak RAID 1'de "yazma cezası" yoktur. RAID seviyeleri 2'den 6'ya kadar eşlik bitlerinin kullanımını içerir. Bu nedenle, tek bir şerit güncellendiğinde, dizi yönetim yazılımının ilk önce eşlik bitlerini hesaplaması ve güncellemesinin yanı sıra söz konusu gerçek şeridi de güncellemelidir.

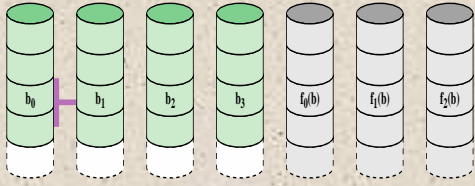
R
a
i
d

Characteristics

- Yedekliliğin elde edilme biçiminde RAID seviye 2'den 6'ya kadar olanlardan farklılık gösterir
- Yedeklilik (*redundancy*), tüm verileri kopyalamanın basit bir yolu ile elde edilir
- Veri şeritleme (*Data striping*) kullanılır, ancak **her mantıksal şerit iki ayrı fiziksel diske eşlenir**, böylece dizideki her disk aynı verileri içeren bir ayna diske (*mirror disk*) sahip olur
- RAID 1, daha az yaygın olmasına rağmen veri şeritleme olmadan da uygulanabilir

Positive Aspects

- Bir okuma isteğine, istenen verileri içeren iki diskten biri tarafından hizmet verilebilir
- "Yazma cezası" yoktur (*no "write penalty"*)
- Bir arızadan kurtarma basittir, bir sürücü arızalandığında verilere ikinci sürücüden erişilebilir
- Tüm verilerin gerçek zamanlı kopyasını sağlar
- (*In a transaction-oriented environment*) İsteklerin büyük kısmı okuma (reads) ise, yüksek I/O istek hızlarına ulaşabilir
- Başlıca dezavantaj, maliyettir



RAID

Level 2

Tek bir okumada, tüm disklere aynı anda erişilir. İstenen veriler ve ilgili hata düzeltme kodu, dizi denetleyicisine gönderilir. Tek bitlik bir hata varsa, denetleyici hatayı anında tanıyabilir ve düzeltebilir, böylece okuma erişim süresi yavaşlamaz. Tek bir yazmada, yazma işlemi için tüm veri disklerine ve eşlik disklerine erişilmelidir.

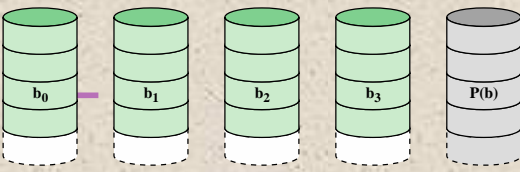
Characteristics

- Paralel erişim (*parallel access*) tekniğini kullanır
- Paralel erişim dizisinde, tüm üye diskler her I/O talebinin yürütülmesine katılır
- Ayrı sürücülerin milleri senkronize edilir, böylece her disk kafası herhangi bir zamanda her diskte aynı konumda olur
- Veri şeritleme kullanılır
 - Şeritler çok küçüktür, genellikle tek bir bayt veya kelime kadar küçüktür

Performance

- Her veri diskinde karşılık gelen bitler boyunca bir hata düzeltme kodu (*error-correcting code*) hesaplanır ve kodun bitleri, birden çok eşlik diskinde karşılık gelen bit konumlarında depolanır.
- Tipik olarak, tek bitlik hataları düzeltebilen ve çift bitli hataları algılayabilen bir Hamming kodu kullanılır.
- Yedek disklerin sayısı, veri disklerinin sayısının logaritması ile orantılıdır
- Birçok disk hatasının meydana geldiği bir ortamda etkili bir seçim olabilir

RAID 2, RAID 1'den daha az disk gerektirse de, yine de oldukça maliyetlidir.



RAID Level 3

Bir disk arızası durumunda, tüm veriler indirgenmiş mod olarak adlandırılan modda hala kullanılabilir. Bu modda, okumalar için eksik veriler, exclusive-OR hesaplaması kullanılarak anında yeniden oluşturulur. Veriler indirgenmiş bir RAID 3 dizisine yazıldığında, daha sonra yeniden oluşturmak için eşlik tutarlılığı sağlanmalıdır. Tam çalışmaya dönmek, arızalı diskin değiştirilmesini ve arızalı diskin tüm içeriğinin yeni diskte yeniden oluşturulmasını gerektirir.

R 3
a
i
d

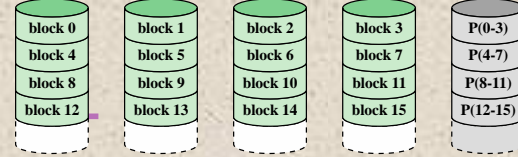
Redundancy

- Disk dizisi ne kadar büyük olursa olsun, yalnızca tek bir yedek disk gerektirir
- Küçük şeritler halinde dağıtılan verilerle paralel erişim kullanır
- Bir hata düzeltme kodu yerine, tüm veri disklerinde aynı konumda bulunan ayrı bitler kümesi için basit bir eşlik biti hesaplanır.
- Çok yüksek veri aktarım hızlarına ulaşabilir

Performance

- Bir sürücü arızası durumunda, eşlik sürücüsüne (**parity drive**) erişilir ve kalan cihazlardan veriler yeniden oluşturulur.
- Arızalı sürücü değiştirildikten sonra, eksik veriler yeni sürücüye geri yüklenebilir ve çalışmaya kaldığı yerden devam edilebilir.
- Bir disk arızası durumunda, tüm veriler indirgenmiş mod (**reduced mode**) olarak adlandırılan modda hala kullanılabilir.
- Tam çalışmaya dönmek, arızalı diskin değiştirilmesini ve arızalı diskin tüm içeriğinin yeni diskte yeniden oluşturulmasını gerektirir.
- «transaction-oriented» ortamda performans kötüleşir

Veriler çok küçük şeritler halinde şeritlendiğinden, RAID 3 çok yüksek veri aktarım hızlarına ulaşabilir. Herhangi bir I/O talebi, tüm veri disklerinden verilerin paralel aktarımını içerecektir. Büyük aktarımlar için, performans artışı özellikle belirgindir. Öte yandan, bir seferde yalnızca bir I/O talebi yürütülebilir. Bu nedenle, transaction odaklı bir ortamda (transaction-oriented environment)) performans düşer.



RAID

Level 4

RAID 4 ile, her veri diskindeki karşılık gelen şeritlerde bit bit eşlik şeridi hesaplanır ve eşlik bitleri, eşlik diskindeki karşılık gelen şeritte depolanır.

R 4
a
i
d

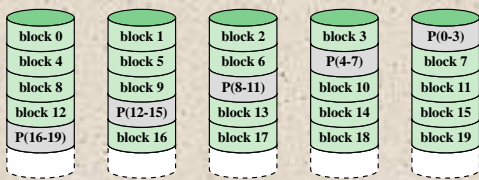
Characteristics

- Bağımsız erişim (*independent access*) tekniğini kullanır
 - Bağımsız bir erişim dizisinde, her üye disk bağımsız olarak çalışır, böylece ayrı I/O talepleri paralel olarak karşılanabilir
- Veri şeritleme kullanılır
 - Şeritler nispeten büyüktür
- Yeni eşliği hesaplamak için, dizi yönetim yazılımı (*array management software*) eski kullanıcı şeridini ve eski eşlik şeridini okumalıdır.

Performance

- Küçük boyutlu bir I/O yazma talebi gerçekleştirildiğinde bir yazma cezası (*write penalty*) içerir
- Bir yazma işlemi her gerçekleştirildiğinde, dizi yönetim yazılımı yalnızca kullanıcı verilerini değil, aynı zamanda karşılık gelen eşlik bitlerini de güncellemelidir.
- Böylece, her şerit yazma (*strip write*) iki okuma ve iki yazma içerir.

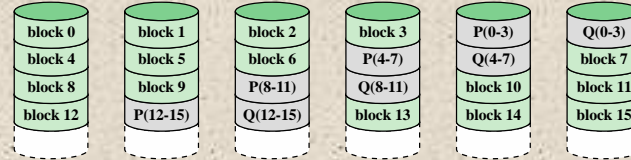
+



RAID Level 5

Characteristics

- RAID 4'e benzer şekilde düzenlenmiştir
- Farklı, eşlik şeritlerinin tüm disklere dağıtılmasıdır
- Tipik bir paylaşırma biçimi, sıralı bir düzendir (*round-robin scheme*)
- Eşlik şeritlerinin tüm sürücülere dağıtılması, RAID 4'te bulunan olası I/O darboğazını (*bottleneck*) önler



RAID Level 6

Characteristics

- İki farklı eşlik hesaplaması yapılır ve farklı disklerde ayrı bloklarda saklanır
- Avantajı, son derece yüksek veri kullanılabilirliği sağlamasıdır (*high data availability*)
- Verilerin kaybolmasına neden olmak için ortalama onarım süresi (the mean time to repair-MTTR) aralığında üç diskin arızalanması gerekir.
- Her yazma iki eşlik bloğunu etkilediği için önemli bir yazma cezasına neden olur (*substantial write penalty*)

R 5
a 6
i
d

Table 6.4 RAID Comparison (page 1 of 2)

| Level | Advantages | Disadvantages | Applications |
|-------|--|--|--|
| 0 | <ul style="list-style-type: none"> I/O performansı, I/O'nun yayılmasıyla büyük ölçüde iyileşir Birçok kanal ve sürücü arsında yükün dağıtılması Parite hesaplama ek yükü yoktur (<i>No parity calculation overhead</i>) Çok basit tasarım Uygulaması kolay | <ul style="list-style-type: none"> Yalnızca bir sürücünün arızalanması, bir dizideki tüm verilerin kaybolmasına neden olur | <ul style="list-style-type: none"> Video prodüksiyonu ve düzenleme Resim düzenleme Baskı öncesi uygulamalar Yüksek bant genişliği gerektiren herhangi bir uygulama |
| 1 | <ul style="list-style-type: none"> % 100 veri yedekliliği (<i>100% redundancy of data</i>), bir disk arızası durumunda yeniden oluşturmaya gerek olmadığı anlamına gelir, sadece yedek diske bir kopyası Belirli koşullar altında RAID 1, aynı anda birden çok sürücü arızasına dayanabilir En basit RAID depolama alt sistemi tasarımı | <ul style="list-style-type: none"> Tüm RAID türleri arasında en yüksek disk ek yükü (% 100) - verimsiz | <ul style="list-style-type: none"> Muhasebe Maaş bordrosu Finansal Çok yüksek kullanılabilirlik (<i>very high availability</i>) gerektiren herhangi bir uygulama |
| 2 | <ul style="list-style-type: none"> Son derece yüksek veri aktarım hızları mümkün Gereken veri aktarım hızı ne kadar yüksekse, veri disklerinin ECC disklerine oranı o kadar yüksektir RAID seviyeleri 3, 4 ve 5'e kıyasla nispeten basit denetleyici tasarımı | <ul style="list-style-type: none"> ECC disklerinin daha küçük kelime boyutlarına sahip veri disklerine oranı çok yüksekse – verimsiz Giriş seviyesi maliyeti çok yüksek – buna değmesi için çok yüksek aktarım hızı gereksinimi olmalı | <ul style="list-style-type: none"> Hiçbir ticari uygulama mevcut değil / ticari olarak uygun değil |

Table 6.4 RAID Comparison (page 2 of 2)

| Level | Advantages | Disadvantages | Applications |
|-------|---|---|---|
| 3 | <ul style="list-style-type: none"> • Çok yüksek okuma veri aktarım hızı • Çok yüksek yazma veri aktarım hızı • Disk arızasının, iş hacmi (<i>throughput</i>) üzerinde önemsiz bir etkisi vardır • ECC (eşlik) disklerinin veri disklerine oranının düşük olması, yüksek verimlilik anlamına gelir | <ul style="list-style-type: none"> • En iyi ihtimalle tek bir disk sürücüsüne eşit işlem hızı (eksen milleri (<i>spindles</i>) senkronize edilmişse) • Denetleyici tasarımı oldukça karmaşıktır | <ul style="list-style-type: none"> • Video prodüksiyonu ve canlı akış • İmge düzenleme • Video düzenleme • Baskı öncesi uygulamalar • Yüksek verim gerektiren herhangi bir uygulama |
| 4 | <ul style="list-style-type: none"> • Çok yüksek Okuma transaction oranı • ECC (eşlik) disklerinin veri disklerine oranının düşük olması, yüksek verimlilik anlamına gelir | <ul style="list-style-type: none"> • Oldukça karmaşık kontrolör tasarımı • En kötü yazma transaction oranı ve Yazma toplam transfer oranı • Disk arızası durumunda verilerin yeniden oluşturulması zor ve verimsiz | Ticari uygulama yoktur /ticari olarak uygun değil |
| 5 | <ul style="list-style-type: none"> • En yüksek Okuma transaction oranı • ECC (eşlik) disklerinin veri disklerine oranının düşük olması, yüksek verimlilik anlamına gelir • Toplam (aggregate) transfer oranı iyidir | <ul style="list-style-type: none"> • En karmaşık kontrolör tasarımı • Disk arızası durumunda yeniden oluşturmak zordur (RAID seviye 1 ile karşılaştırıldığında) | <ul style="list-style-type: none"> • Dosya ve uygulama sunucuları • Veritabanı sunucuları • Web, e-posta ve haber sunucuları • Intranet sunucuları • En çok yönlü RAID seviyesi (<i>Most versatile RAID level</i>) |
| 6 | <ul style="list-style-type: none"> • Son derece yüksek veri hatası toleransı sağlar ve aynı anda birden çok sürücü arızasına dayanabilir | <ul style="list-style-type: none"> • Daha karmaşık kontrolör tasarımı • Eşlik adreslerini hesaplamak için denetleyici ek yükü son derece yüksektir | <ul style="list-style-type: none"> • Görev açısından kritik uygulamalar (<i>mission critical applications</i>) için mükemmel çözüm |



SSD Compared to HDD



SSD'lerin HDD'lere göre avantajları :

- Saniyede yüksek performanslı giriş/çıkış işlemleri (IOPS)
- Dayanıklılık (*Durability*)
 - Fiziksel şok ve titreşime daha az duyarlı
- Daha uzun ömür (*Longer lifespan*)
 - SSD'ler mekanik aşınmaya duyarlı değildir.
- Daha düşük güç tüketimi (*Lower power consumption*)
- Daha sessiz ve daha soğuk çalışma yetenekleri
- Daha düşük erişim süreleri ve gecikme oranları
 - Bir HDD'deki dönen disklerden 10 kat daha hızlı.

Şu anda, HDD'ler bit başına maliyet ve kapasite avantajlarından yararlanıyor, ancak bu farklar giderek azalıyor.

Flash tabanlı SSD'lerin maliyeti düştükçe ve performans ve bit yoğunluğu arttıkça, SSD'ler HDD'lerle giderek daha rekabetçi hale geldi. Tablo 6.5, bu yazının yazıldığı andaki tipik karşılaştırma ölçütlerini göstermektedir.



| | NAND Flash Drives | Seagate Laptop Internal HDD |
|-------------------------|--|--|
| File copy/write speed | 200—550 Mbps | 50—120 Mbps |
| Power draw/battery life | Less power draw, averages 2–3 watts, resulting in 30+ minute battery boost | More power draw, averages 6–7 watts and therefore uses more battery |
| Storage capacity | Typically not larger than 512 GB for notebook size drives; 1 TB max for desktops | Typically around 500 GB and 2 TB maximum for notebook size drives; 4 TB max for desktops |
| Cost | Approx. \$0.50 per GB for a 1-TB drive | Approx \$0.15 per GB for a 4-TB drive |

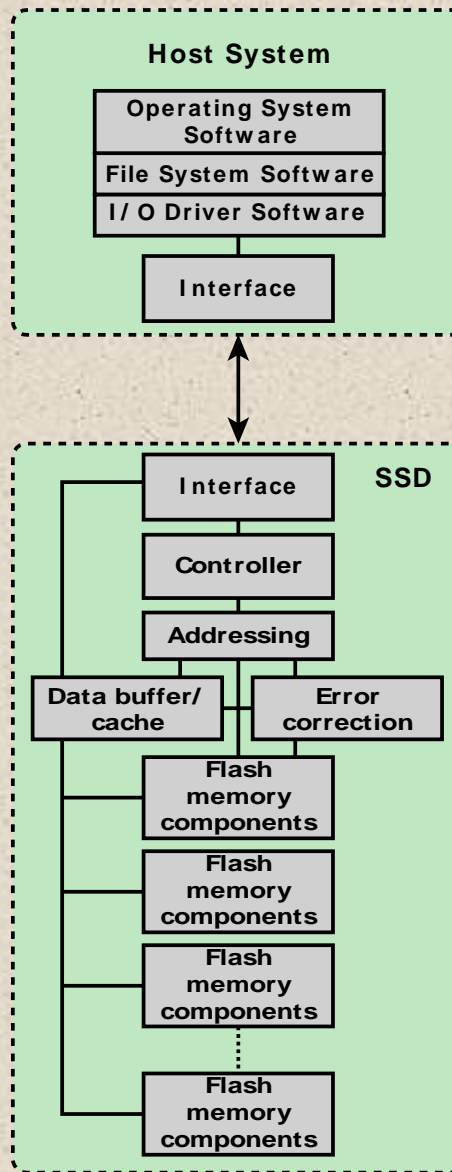
Table 6.5
Comparison of Solid State Drives and Disk Drives

Şekil 6.8, herhangi bir SSD sistemi ile ilişkili ortak mimari sistem bileşeninin genel bir görünümünü gösterir.

Ana sistemde (On the host system), işletim sistemi diskteki verilere erişmek için dosya sistemi yazılımını çağırır.

Dosya sistemi sırayla I/O sürücü yazılımını (I/O driver software) çağırır. I/O sürücü yazılımı, belirli SSD ürününe ana bilgisayar erişimi sağlar.

Şekil 6.8'deki arayüz bileşeni, ana bilgisayar işlemcisi ile SSD çevre aygıtı arasındaki fiziksel ve elektriksel arayüzü ifade eder. Aygıt dahili bir sabit sürücü ise, ortak arabirim **PCIe**'dir. Harici cihazlar için ortak arabirimlerden biri **USB**'dir.



Ana sistem arayüzüne ek olarak, SSD aşağıdaki bileşenleri içerir:

Controller : SSD aygıt düzeyinde arabirim ve aygıt yazılımını yürütmeyi sağlar.

- Addressing : Flaş bellek bileşenlerinde seçim işlevini gerçekleştiren mantık.

Data buffer/cache : Hız eşleştirme ve artan veri hacmi için kullanılan yüksek hızlı RAM bellek bileşenleri.

Error correction : Hata algılama ve düzeltme için mantık.

Flash memory components : Ayrı NAND flash yongaları.

Figure 6.8 Solid State Drive Architecture
Katı hal disk mimarisi

+ Practical Issues

HDD'lerin karşılaşmadığı SSD'lere özgü iki pratik sorun vardır.

- SSD performansı, cihaz kullanıldıkça yavaşlama eğilimindedir
 - Tüm bloğun flash bellekten okunması ve bir RAM tamponuna (*buffer*) yerleştirilmesi gerekir
 - Blok, flash belleğe geri yazılmadan önce, flash belleğin tüm bloğunun silinmesi gerekir.
 - Ardından, tampondaki tüm blok flash belleğe geri yazılır
- Flash bellek, belirli sayıda yazma işleminden sonra kullanılamaz hale gelir
 - Ömrü uzatma teknikleri:
 - Yazma işlemlerini geciktirmek ve gruplamak için flaşı bir önbellek ile ön-yüz uygulamasıyla (*Front-ending*) kullanmak
 - Yazmaları hücre blokları arasında eşit olarak dağıtan yıpranma dengeleme algoritmalarını kullanma
 - Çoğu flash cihaz kendi kalan ömürlerini tahmin eder, böylece sistemler arızayı tahmin edebilir ve önleyici eylemde bulunabilir.

Flash hücreler aşırı zorlandığında, değerleri kaydetme ve muhafaza etme yeteneklerini kaybederler. Tipik olarak limit, 100.000 yazmadır.

CD

Compact Disk. A nonerasable disk that stores digitized audio information. The standard system uses 12-cm disks and can record more than 60 minutes of uninterrupted playing time.

CD-ROM

Compact Disk Read-Only Memory. A nonerasable disk used for storing computer data. The standard system uses 12-cm disks and can hold more than 650 Mbytes.

CD-R

CD Recordable. Similar to a CD-ROM. The user can write to the disk only once.

CD-RW

CD Rewritable. Similar to a CD-ROM. The user can erase and rewrite to the disk multiple times.

DVD

Digital Versatile Disk. A technology for producing digitized, compressed representation of video information, as well as large volumes of other digital data. Both 8 and 12 cm diameters are used, with a double-sided capacity of up to 17 Gbytes. The basic DVD is read-only (DVD-ROM).

DVD-R

DVD Recordable. Similar to a DVD-ROM. The user can write to the disk only once. Only one-sided disks can be used.

DVD-RW

DVD Rewritable. Similar to a DVD-ROM. The user can erase and rewrite to the disk multiple times. Only one-sided disks can be used.

Blu-Ray DVD

High definition video disk. Provides considerably greater data storage density than DVD, using a 405-nm (blue-violet) laser. A single layer on a single side can store 25 Gbytes.

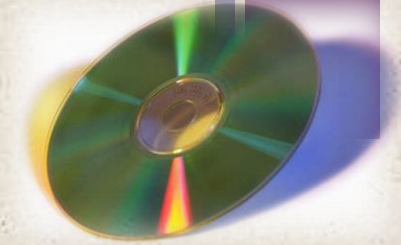
Table 6.6

Optical Disk Products

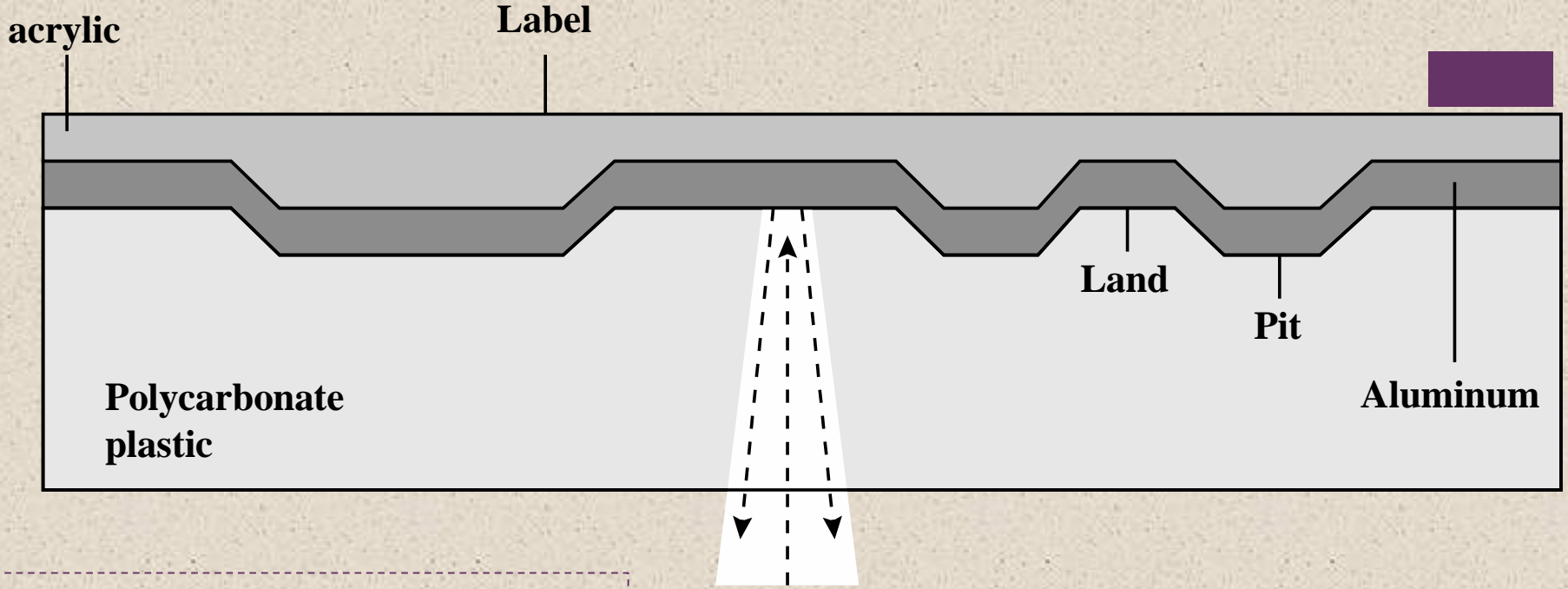
1983 yılında, tüm zamanların en başarılı tüketici ürünlerinden biri tanıtıldı: **compact disk** (CD) dijital ses sistemi. CD, bir tarafında 60 dakikadan fazla ses bilgisi depolayabilen, silinemez bir disk. CD'nin muazzam ticari başarısı, bilgisayar veri depolamasında devrim yaratan düşük maliyetli optik disk depolama teknolojisinin geliştirilmesini sağladı. Çeşitli optik disk sistemleri tanıtılmıştır (Tablo 6.6).



Compact Disk Read-Only Memory (CD-ROM)



- Audio CD ve the CD-ROM benzer bir teknolojiyi paylaşır
 - Temel fark, CD-ROM oynatıcıların daha sağlam olması ve verilerin düzgün bir şekilde aktarılmasını sağlamak için hata düzeltme cihazlarına sahip olmasıdır.
- Production:
 - Disk, polikarbonat gibi bir reçineden oluşturulmuştur
 - Dijital olarak kaydedilen bilgiler, polikarbonatın yüzeyinde bir dizi mikroskobik çukur olarak basılır
 - Bu, bir master diski oluşturmak için ince odaklı, yüksek yoğunluklu bir lazerle yapılır
 - Master, kopyaları polikarbonat üzerine basmak amacıyla bir kalıp yapmak için kullanılır.
 - Çukurlu yüzey daha sonra oldukça yansıtıcı bir yüzeyle, genellikle alüminyum veya altınla kaplanır.
 - Bu parlak yüzey, berrak akrilik bir üst kat ile toza ve çizilmelere karşı korunmuştur.
 - Son olarak, akrilik üzerine bir etiket serigrafi yapıştırılabilir



Laser transmit/
receive

Figure 6.9 CD Operation

- Çukurlar (**pit**) ve düzlükler (**land**) arasındaki değişim bir fotosensör tarafından algılanır ve dijital sinyale dönüştürülür.
- Sensör, yüzeyi düzenli aralıklarla test eder. Bir çukurun başlangıcı veya sonu 1'i temsil eder; aralıklar arasında yükseklikte hiçbir değişiklik olmadığında, bir 0 kaydedilir.

CD'de bilgi disk boyunca aynı boyutta segmentler halinde eşit olarak paketlenir ve bunlar diski değişken bir hızda (*variable speed*) döndürerek aynı hızda taranır. Çukurlar daha sonra lazer tarafından sabit bir doğrusal hızda (*constant linear velocity-CLV*) okunur.

CD-ROM'daki veriler bir dizi blok olarak düzenlenmiştir. Tipik bir blok formatı Şekil 6.10'da gösterilmektedir. Aşağıdaki alanlardan oluşur:

- **Sync** : Senkronizasyon alanı, bir bloğun başlangıcını tanımlar. Tüm bitleri 0 olan bir bayt, tüm bitleri 1 olan 10 bayt ve tüm bitleri 0 olan bir bayttan oluşur.
- **Header**: Başlık, blok adresini ve mod baytını içerir. Mod 0, boş bir veri alanını belirtir; mod 1, bir hata düzeltme kodunun ve 2048 bayt verinin kullanımını belirtir; mod 2, hata düzeltme kodu olmadan 2336 bayt kullanıcı verisini belirtir.
- **Data**: Kullanıcı verisi.
- **Auxiliary**: Mod 2'de ek kullanıcı verileri. Mod 1'de bu 288 baytlık bir hata düzeltme kodudur.

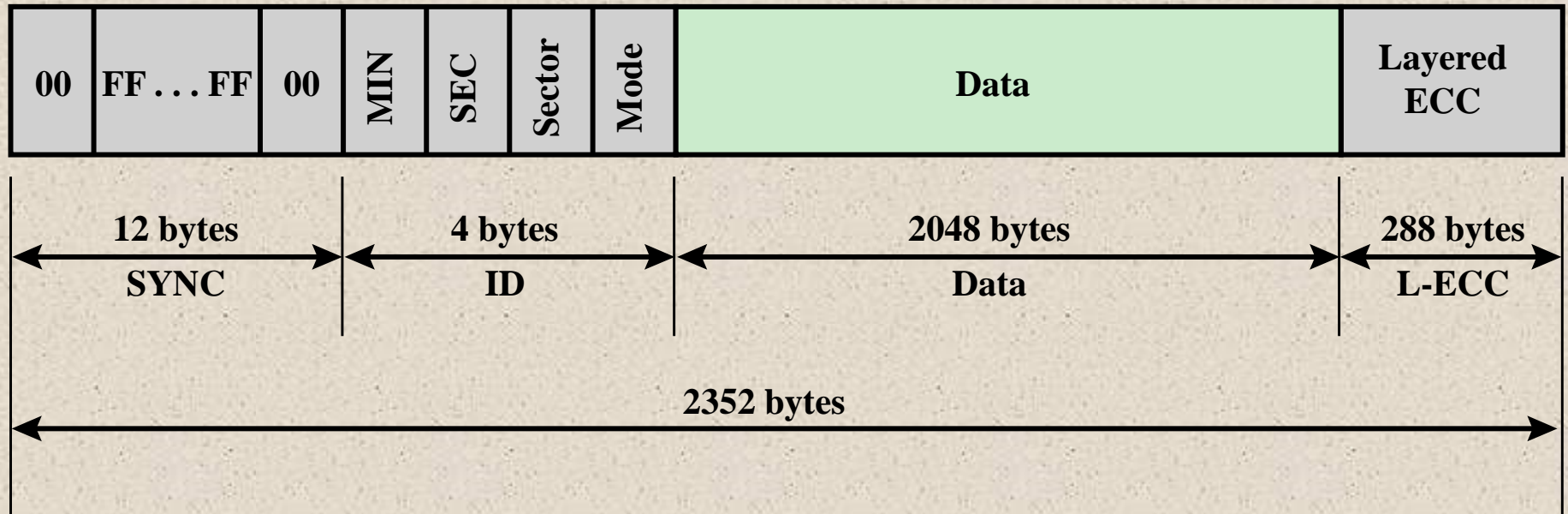
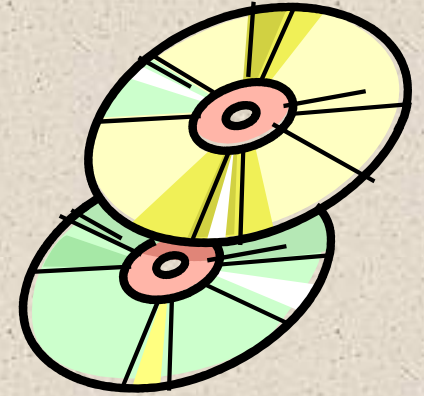


Figure 6.10 CD-ROM Block Format



- CD-ROM, büyük miktarda verinin çok sayıda kullanıcıya dağıtılması için uygundur.
- İlk yazma işleminin masrafı kişiselleştirilmiş uygulamalar için uygun değildir.
- CD-ROM iki avantaja sahiptir:
 - Optik disk, içinde depolanan bilgilerle birlikte ucuza toplu olarak çoğaltılabilir
 - Optik disk çıkarılabilir ve diskin kendisinin arşiv depolaması için kullanılmasına izin verir
- CD-ROM dezavantajları:
 - Salt okunurdur ve güncellenemez
 - Manyetik disk sürücüsünden çok daha uzun bir erişim süresine sahiptir

CD-ROM





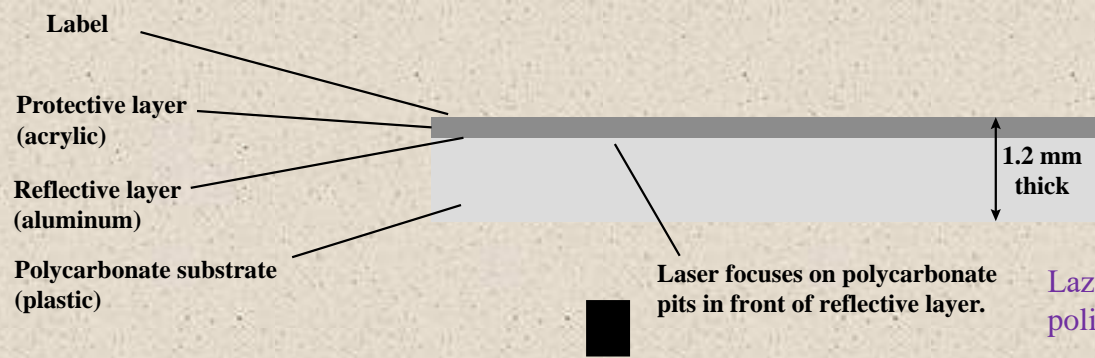
CD Recordable (CD-R)

- Bir kez yaz-defalarca oku (Write-once read-many)
- Bir veri kümesinin yalnızca bir veya az sayıda kopyasının gerekli olduğu uygulamaları barındırır
- Disk, orta yoğunlukta bir lazer ışınıyla sonradan bir kez yazılabilecek şekilde hazırlanmıştır.
- Ortam (*medium*), yansıtıcılığı değiştirmek için kullanılan ve yüksek yoğunluklu bir lazerle etkinleştirilen bir boya tabakası içerir
- Büyük hacimli kullanıcı verilerinin kalıcı kaydını sağlar

CD Rewritable (CD-RW)

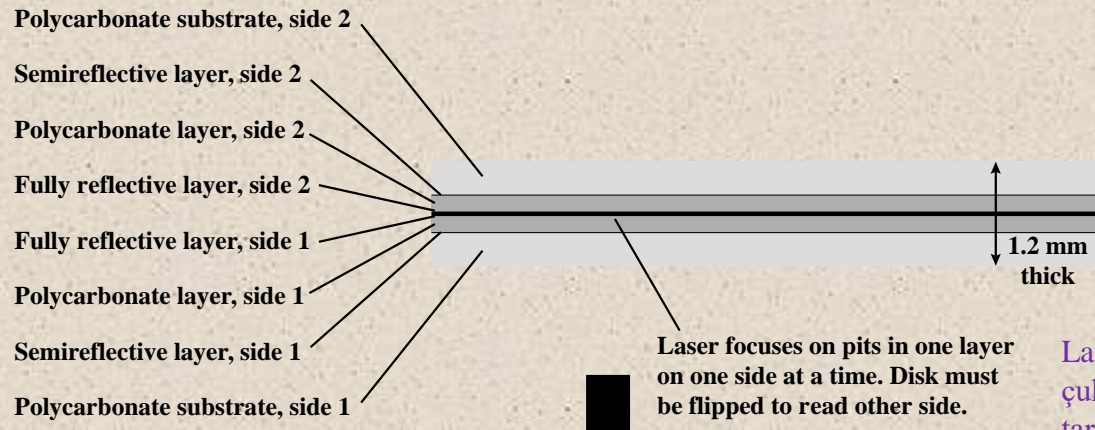
- Tekrar tekrar üzerine yazılabilir
- Faz değişim diski (*Phase change disk*), iki farklı faz durumunda iki önemli ölçüde farklı yansıtıcılığa sahip bir malzeme kullanır
- Amorphous state
 - Moleküller, ışığı zayıf bir şekilde yansıtan rastgele bir yönelim sergiler
- Crystalline state
 - Işığı iyi yansıtan pürüzsüz bir yüzeye sahiptir
- Bir lazer ışığı ışını, malzemeyi bir fazdan diğerine değiştirebilir
- Dezavantajı, malzemenin nihayetinde ve kalıcı olarak arzu edilen özelliklerini kaybetmesidir.
- Avantajı, yeniden yazılabilmesidir

Mevcut malzemeler, 500.000 ila 1.000.000 silme döngüsü için kullanılabilir.



Lazer, yansıtıcı katmanın önündeki polikarbonat çukurlara odaklanır

(a) CD-ROM - Capacity 682 MB



Lazer tek seferde bir katmandaki çukurlara odaklanır. Disk diğer tarafı okumak için ters çevrilmelidir.

(b) DVD-ROM, double-sided, dual-layer - Capacity 17 GB

Figure 6.11 CD-ROM and DVD-ROM

+ DVD



DVD, videoyu dijital çağa taşır. Etkileyici resim kalitesine sahip filmler sunar ve DVD makinelerinin de oynatabileceği ses CD'leri gibi rasgele erişilebilir (randomly accessed).

Şu anda bir CD-ROM'dan yedi kat daha fazla olan büyük hacimli veriler diske sıkıştırılabilir.

DVD'nin devasa depolama kapasitesi ve canlı kalitesiyle, PC oyunları daha gerçekçi hale geldi ve eğitim yazılımı daha fazla video içeriyor

DVD'nin daha yüksek kapasitesi, CD'lerden üç farklılığa dayanır (Şekil 6.11):

1. Bitler bir DVD'de daha yakın paketlenir. Bir CD'deki bir spiralin döngüleri arasındaki boşluk $1,6 \mu\text{m}$ 'dir ve spiral boyunca çukurlar arasındaki minimum mesafe $0,834 \mu\text{m}$ 'dir.

DVD, daha kısa dalga boyuna sahip bir lazer kullanır ve $0,74 \mu\text{m}$ 'lik bir spiral döngü aralığı ve $0,4 \mu\text{m}$ 'lik çukurlar arasında minimum bir mesafe elde eder. Bu iki iyileştirmenin sonucu, kapasitede yaklaşık yedi kat artışla yaklaşık 4,7 GB'a çıktı.

+ DVD



2. DVD, birinci katmanın üstünde ikinci bir «*pits*» ve «*lands*» katmanı kullanır. Çift katmanlı bir DVD, yansıtıcı katmanın üstünde yarı yansıtıcı bir katmana sahiptir ve odağı ayarlayarak DVD sürücülerindeki lazerler her katmanı ayrı ayrı okuyabilir. Bu teknik, diskin kapasitesini neredeyse ikiye katlayarak yaklaşık 8,5 GB'a çıkarır. İkinci katmanın düşük yansıtıcılığı, depolama kapasitesini sınırlandırır, böylece tam bir ikiye katlama elde edilmez.
3. DVD-ROM iki taraflı olabilir, oysa veriler bir CD'nin yalnızca bir tarafına kaydedilir. Bu, toplam kapasiteyi 17 GB'a çıkarır.

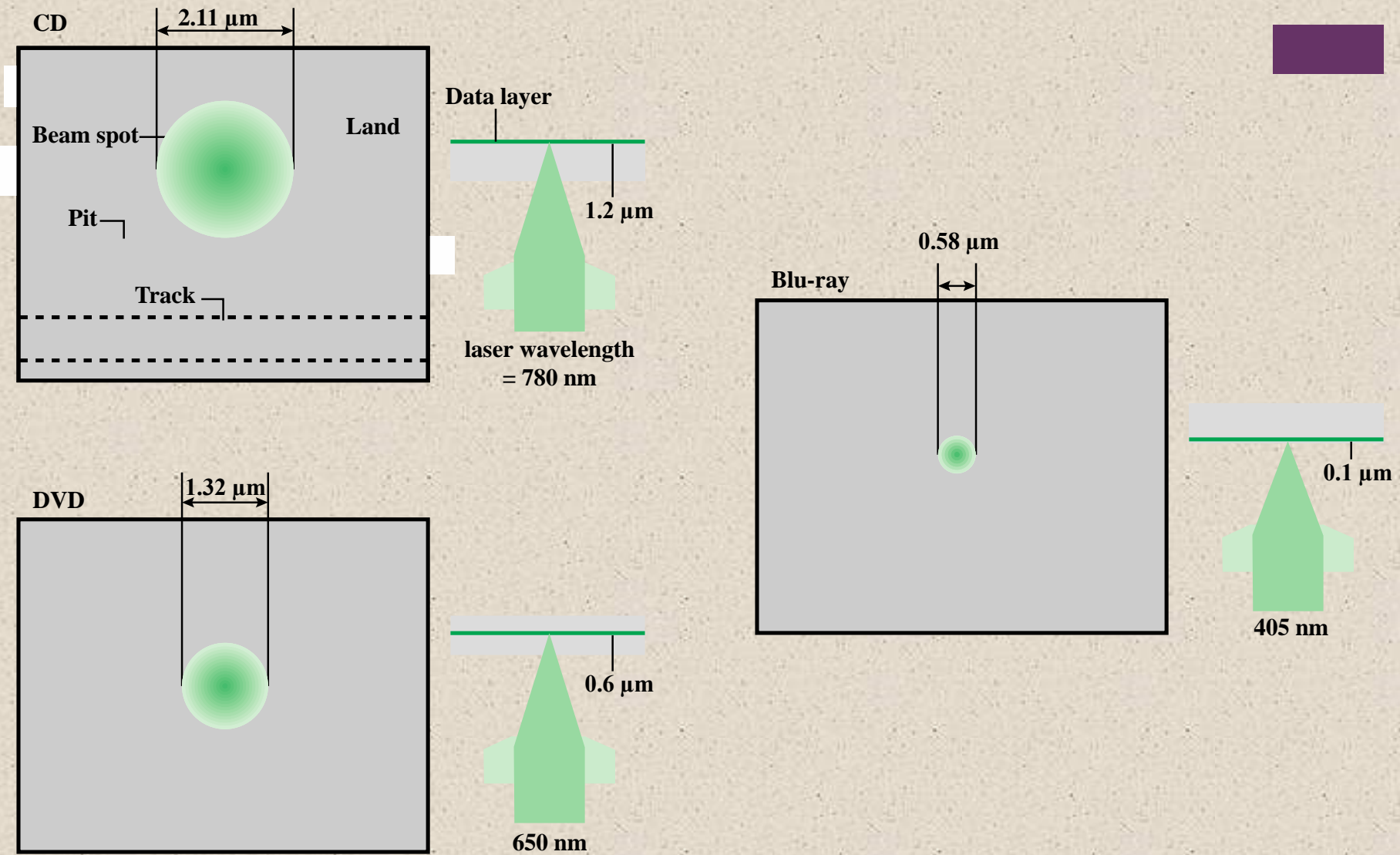


Figure 6.12 Optical Memory Characteristics

+ *High-definition optical disks*



Yüksek çözünürlüklü optik diskler (*High-definition optical disks*), yüksek çözünürlüklü videoları depolamak ve DVD'lere kıyasla önemli ölçüde daha fazla depolama kapasitesi sağlamak için tasarlanmıştır.

Daha yüksek bit yoğunluğu, mavi-mor aralığında (*blue-violet range*) daha kısa dalga boyuna sahip bir lazer kullanılarak elde edilir.

Dijital 1'leri ve 0'ları oluşturan veri çukurları, daha kısa lazer dalga boyu nedeniyle DVD'ye kıyasla yüksek çözünürlüklü optik disklerde daha küçüktür.

İki rakip disk formatı ve teknolojisi başlangıçta pazarın kabulü için rekabet etti: **HD DVD** ve **Blu-ray DVD**.

+ *High-definition optical disks*



Blu-ray nihayetinde pazar hakimiyetine ulaştı.

HD DVD, tek bir tarafta tek bir katmanda 15 GB depolayabilir.

Blu-ray diskteki veri katmanını lazere daha yakın konumlandırır (Şekil 6.12'de her diyagramın sağ tarafında gösterilmiştir).

Bu daha sıkı bir odaklanma sağlar ve daha az distorsiyon ve dolayısıyla daha küçük çukurlar ve izler.

Blu-ray, tek bir katmanda 25 GB depolayabilir.

Üç versiyon mevcuttur:

- salt okunur (BD-ROM),
- bir kez kaydedilebilir (BD-R) ve
- yeniden kaydedilebilir (BD-RE).

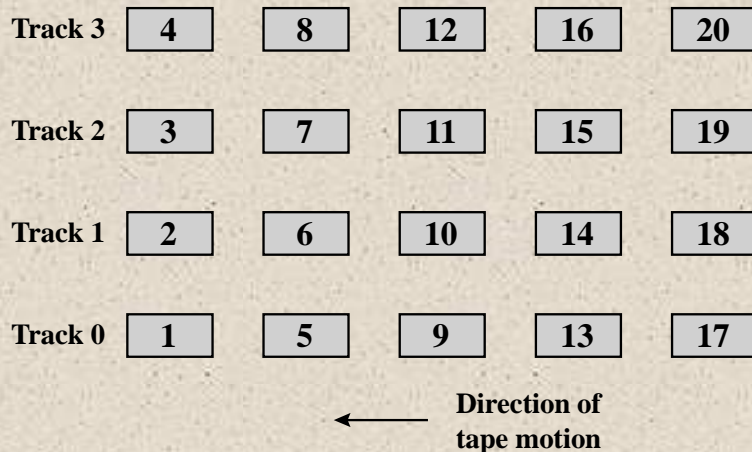
+ Magnetic Tape

- Teyp sistemleri, disk sistemleriyle aynı okuma ve kayıt tekniklerini kullanır
- Ortam, mıknatıslanabilir malzeme ile kaplanmış esnek polyester banttır
- Kaplama, özel bağlayıcılarda veya buharla kaplanmış metal filmlerde saf metal partiküllerinden oluşabilir.
- Teyp üzerindeki veriler, uzunlamasına çalışan bir dizi paralel yol olarak yapılandırılmıştır.
- Seri kayıt (*Serial recording*)
 - Veriler, her iz (*track*) boyunca bir dizi bit olarak düzenlenir
- Veriler, fiziksel kayıt (*physical records*) adı verilen bitişik bloklarda okunur ve yazılır
- Bant (*tape*) üzerindeki bloklar, kayıtlar arası boşluklar (*inter-record gaps*) olarak adlandırılan boşluklarla ayrılır.





(a) Serpentine reading and writing



(b) Block layout for system that reads/writes four tracks simultaneously

Seri teyp'lerde kullanılan tipik kayıt tekniği «**serpentine recording**» olarak adlandırılır. Bu teknikte, veriler kaydedilirken, ilk bit kümesi teyp'in/bandın tüm uzunluğu boyunca kaydedilir. Teypin(*tape*) sonuna ulaşıldığında, kafalar yeni bir ize kaydetmek için yeniden konumlandırılır ve teyp, bu sefer ters yönde, tüm uzunluğu boyunca yeniden kaydedilir. Bu işlem teyp dolana kadar ileri geri devam eder (Şekil 6.13a).

Hızı artırmak için, okuma-yazma kafası aynı anda birkaç bitişik izi okuyabilir ve yazabilir (tipik olarak 2 ila 8 iz). Veriler yine de ayrı ayrı izler boyunca seri olarak kaydedilir, ancak Şekil 6.13b'de önerildiği gibi sıralı bloklar bitişik yollarda depolanır.

Figure 6.13 Typical Magnetic Tape Features

Teyp sürücüsü, sıralı erişim aygıtıdır (*sequential-access device*). T

Teyp kafası 1. kayda yerleştirilmişse, o zaman N kaydını okumak için, 1'den N - 1'e kadar olan fiziksel kayıtları birer birer okumak gerekir.

Kafa o anda istenen kaydın ötesinde konumlandırılmışsa, bandı belirli bir mesafe geri sarmak ve ileriye doğru okumaya başlamak gerekir.

Diskten farklı olarak, bant yalnızca okuma veya yazma işlemi sırasında hareket halindedir.

Teybin aksine, disk sürücüsü doğrudan erişim aygıtı (*direct-access device*) olarak adlandırılır. Bir disk sürücüsünün istenen alana ulaşmak için bir diskteki tüm sektörleri sırayla okumasına gerek yoktur.

Table 6.7

LTO Tape Drives



| | LTO-1 | LTO-2 | LTO-3 | LTO-4 | LTO-5 | LTO-6 | LTO-7 | LTO-8 |
|---------------------------------|---------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| Release date | 2000 | 2003 | 2005 | 2007 | 2010 | TBA | TBA | TBA |
| Compressed capacity | 200 GB | 400 GB | 800 GB | 1600 GB | 3.2 TB | 8 TB | 16 TB | 32 TB |
| Compressed transfer rate (MB/s) | 40 MB/s | 80 MB/s | 160 MB/s | 240 MB/s | 280 MB/s | 525 MB/s | 788 MB/s | 1.18 GB/s |
| Linear density (bits/mm) | 4880 | 7398 | 9638 | 13250 | 15142 | | | |
| Tape tracks | 384 | 512 | 704 | 896 | 1280 | | | |
| Tape length | 609 m | 609 m | 680 m | 820 m | 846 m | | | |
| Tape width (cm) | 1.27 | 1.27 | 1.27 | 1.27 | 1.27 | | | |
| Write elements | 8 | 8 | 16 | 16 | 16 | | | |
| WORM? | No | No | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes |
| Encryption Capable? | No | No | No | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes |
| Partitioning? | No | No | No | No | Yes | Yes | Yes | Yes |

+ Summary

Chapter 6

- Magnetic disk
 - Magnetic read and write mechanisms
 - Data organization and formatting
 - Physical characteristics
 - Disk performance parameters
- Solid state drives
 - SSD compared to HDD
 - SSD organization
 - Practical issues
- Magnetic tape

External Memory

- RAID
 - RAID level 0
 - RAID level 1
 - RAID level 2
 - RAID level 3
 - RAID level 4
 - RAID level 5
 - RAID level 6
- Optical memory
 - Compact disk
 - Digital versatile disk
 - High-definition optical disks