Giriş

- Modern bilgisayar sistemlerinin çalışmasında **hafıza merkezi role sahiptir.**
- **Hafıza**, her birisi kendi adresine sahip olan **çok sayıda byte alanına sahiptir.**
- **CPU,** program counter (PC) değerine göre **hafızadan bir komutu fetch eder.**
- Hafızadan alınan komutlar, **bir veya birden fazla parametre için hafıza erişimi (operand) gerektirebilirler.**
- Komutun çalıştırılmasından sonra **elde edilen sonuç hafızaya tekrar yazılabilir.**

Giriş

Temel donanım yapısı

- **Main memory ve general purpose register'lar,** CPU tarafından adreslenen **genel amaçlı kayıt alanlarıdır.**
- Makine komutlarında **hafıza adresini parametre** (operand) **olarak alan komutlar vardır**, ancak **disk adresini alan komutlar yoktur**.
- **CPU'nun ihtiyaç duyduğu veri veya komut hafızada değilse, öncelikle hafızaya alınmalıdır.**
- CPU içerisindeki **register'lara genellikle bir cycle ile erişilebilmektedir.**
- **Hafızaya erişim** bus üzerinden yapılır ve **register'a göre oldukça uzun süre gerektirir.**
- Hafıza ile CPU arasına çok daha **hızlı ve CPU'ya yakın** bir saklama alanı oluşturulur **(cache).**

Giriş

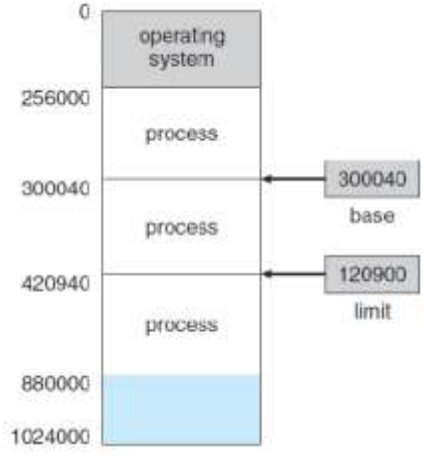
Temel donanım yapısı

- **Diğer kullanıcı process'lerin** bir process'e **ayrılan alana erişiminin engellenmesi gereklidir.**
- Çok kullanıcılı sistemlerde **bir kullanıcı process'ine başka kullanıcının erişiminin de engellenmesi gereklidir.**
- **Bu tür koruma işleri donanımsal düzeyde yapılır.** İşletim sistemi düzeyinde yapıldığında performans düşer.
- **Her process kendisine ait ayrı bir hafıza alanına sahiptir.**
- Böylelikle, process'ler birbirinden ayrılmış olur ve birden fazla process eşzamanlı çalıştırılabilir.

Giriş

Temel donanım yapısı

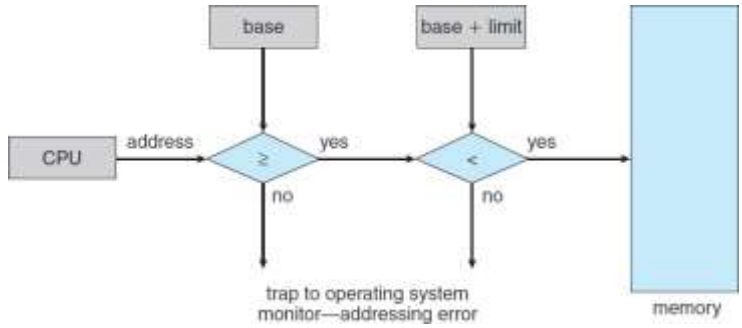
- Bir process için ayrılan alanın **başlangıç adresi (base register)** ve **boyutu (limit register)** belirlenmelidir.



Giriş

Temel donanım yapısı

- **Hafıza alanının korunması donanımla gerçekleştirilebilir.**
- Kullanıcı modunda istek yapılan her hafıza adresinin **base** ile **base+limit aralığında olduğu kontrol edilir.**



- İstenen adres **process için ayrılan alanın dışında ise hata üretilir.**

Giriş

Adres binding

- Bir program disk üzerinde binary dosya olarak bulunur.
- **Bir programın çalıştırılabilmesi için hafızaya alınması gereklidir.**
- Bir process **disk üzerinden hafızaya alınmak için kuyruğa alınır (input queue).**
- Bir process hafızaya yerleştikten sonra komutları çalıştırır veya hafızadaki veri üzerinde işlem yapar.
- **Process'in çalışması tamamlandığında kullandığı hafıza alanı boşaltılır.**
- Kullanıcı programı çalışmadan önce ve çalışması süresince farklı aşamalardan ve/veya durumlardan geçer.

Giriş

Adres binding

- **Kaynak programda adres genellikle semboliktir (`count`).**
- Compiler bu adresleri yeniden yerleştirilebilir (relocatable) adreslere dönüştürür **(Örn.: program başlangıcından itibaren 14.byte)**.
- Linkage editör veya loader, bu adresleri mutlak (absolute) adreslere dönüştürür **(Örn.: 74014)**.

Giriş

Adres binding

- Komutların veya verilerin hafıza adreslerine bağlanması (binding) farklı şekillerde olabilir:
  - Compile time: **Compile aşamasında kodun hafızada yerleşeceği yer bilinirse mutlak code (absolute code) oluşturulabilir.** Yerleşeceği hafıza alanı değişirse yeniden compile edilmesi gereklidir. (**MS-DOS** işletim sistemi **.com programlarını** bu şekilde çalıştırır.)
  - Load time: **Compile aşamasında programın yerleşeceği yer bilinmiyorsa, derleyici yeniden yerleştirilebilir (relocatable code) kod oluşturur.**
  - Execution time: **Eğer program çalışması sırasında bir segment'ten başka bir segment'e geçerse, adres binding run-time'da yapılır.**

Giriş

Mantıksal ve fiziksel adres alanı

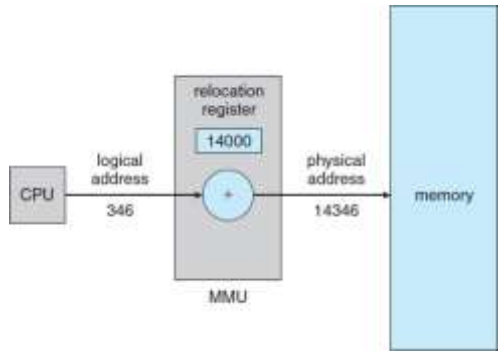
- **CPU** tarafından oluşturulan adres **mantıksal adres (logical address)** olarak adlandırılır.
- **Hafıza** biriminin gördüğü adres **fiziksel adres (physical address)** olarak adlandırılır.
- **Compile-time** veya **load-time** adres binding işlemleri **mantıksal** veya **fiziksel adres üretir.**
- **Execution-time** adres binding ise **sanal adrestir (virtual address) (page number + offset).**
- Run-time'da sanal adresin fiziksel adrese dönüştürülmesi **donanım bileşeni (memory-management-unit, MMU) tarafından yapılır.**
- Base-register fiziksel adrese dönüştürme için kullanılan **donanım bileşenidir**.

11

Giriş

Mantıksal ve fiziksel adres alanı

- **Base-register** (relocation register) değeri, **CPU'nun hesapladığı adrese eklenir.**



- Kullanıcı programı hiçbir zaman fiziksel adresi bilmez.
- Mantıksal adres **[0, 0+max]** aralığında, fiziksel adres **[R, R+max]** aralığındadır.

12

Giriş

Dynamic loading

- Bir programın tamamı hafızaya yüklenmez gerektikçe modül (blok) halinde yüklenir (dynamic loading).
- **Önce main program hafızaya yüklenir ve çalıştırılır.**
- Bir program parçası (routine) çalışırken başka routin'i çağırdığında, **hafızada yüklü değilse loader tarafından yüklenir.**
- **Çok büyük boyuttaki programların çalıştırılması için hafıza yönetimi açısından fayda sağlar.**
- Sık kullanılmayan rutin'lerin (hata yordamları) hafızada sürekli bulunmasını engeller.

13

Giriş

Dynamic linking ve paylaşılan kütüphaneler

- **Dinamik bağlanan kütüphaneler** sistem kütüphaneleridir (dil kütüphanesi) ve **kullanıcı programına çalışırken bağlanır.**
- Bazı işletim sistemleri statik bağlamayı destekler ve binary programa loader tarafından bağlanır.
- Her kütüphane için küçük bir **kod parçası (stub) yükleneceği uygun hafıza alanını gösterir.**
- Tüm programlar aynı kütüphaneyi kullanır.
- **Kütüphanelerde yapılacak güncellemeler tüm kullanıcı programlarına kolaylıkla yansıtılır.**

14

Konular

- Giriş
- Swapping
- Bitişik hafıza atama
- Segmentation
- Paging

15

Swapping

- **Bir process çalışmak için hafızada olmak zorundadır.**
- Bir process geçici olarak **diske (backing store) aktarılabilir ve tekrar hafızaya alınabilir (swapping).**
- Ready queue (hazır kuyruğu), CPU'da çalıştırılmak üzere bekleyen process'leri tutar.
- **CPU scheduler bir process'i çalıştırmaya karar verdiğinde dispatcher'ı çağırır.**
- Dispatcher, çalışacak process'in hazır kuyruğunda olup olmadığını kontrol eder ve kuyrukta ise çalıştırır.
- Kuyrukta değilse ve **hafızada yeterli yer yoksa başka bir process'i hafızadan atar (swap out) ve istenen process'i yükler (swap in).**

16

Swapping

- **İki process'in yer değiştirmesi context-switch işlemini gerektirir ve uzun süre alır.**
- 100 MB'lık bir process'in 50MB/sn hızındaki bir diske kaydedilmesi için 2sn gerekir. **İki process'in yer değiştirmesi 4sn süre alır.**
- Process'lerin **dinamik hafıza gereksinimleri** için **request_memory()** ve **release_memory()** sistem çağrıları kullanılır.
- Bir process'in **swap out** yapılabilmesi için **tüm işlemlerini bitirmesi zorunludur.**
- Bir process I/O kuyruğunda bekliyorsa veya başka bir işlem sonucunu bekliyorsa swap out yapılamaz.
- Modern işletim sistemleri **hafıza eşik değerin altına düşmeden swapping yapmaz.**

Swapping

Mobil sistemlerde swapping

- **Mobil sistemler swapping işlemini desteklemez.**
- Mobil cihazlar kalıcı saklama birimi olarak **hard disk yerine flash bellek kullanır.**
- **Flash belleklerde yazma sayısı limiti vardır.**
- Mobil cihazlarda, **main memory ile flash bellek arasındaki throughput değeri düşüktür.**
- Apple **iOS** işletim sistemi, **uygulamalardan hafızayı boşaltmasını ister.**
- Read-only veri sistemden atılır ve sonra flash bellekten tekrar yüklenir.
- Değişebilen veriler (stack) hafızadan atılmaz.
- **Android** işletim sistemi, **yeterli hafıza alanı yoksa bir process'i sonlandırır** ve **durum bilgisini flash belleğe kaydeder.**

Konular

- Giriş
- Swapping
- Bitişik hafıza atama
- Segmentation
- Paging

19

Bitişik hafıza atama

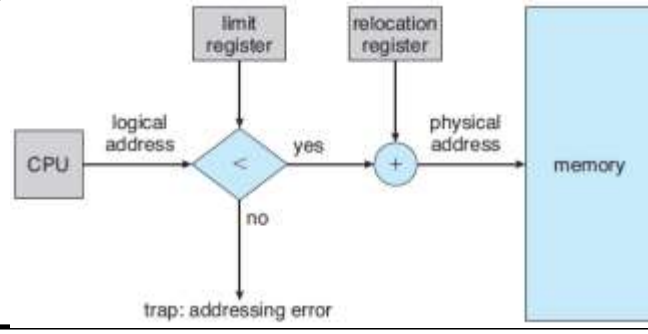
- **Main memory** hem **işletim sitemini** hem de **kullanıcı programlarını yerleştirmek zorundadır.**
- Bitişik hafıza atama yönteminde **hafıza iki parçaya ayrılır:**
  - **İşletim sisteminin yerleştiği kısım**
  - **Kullanıcı process'lerinin yerleştiği kısım**
- İşletim sistemi **hafızanın başlangıcına** veya **sonuna yerleşebilir.**
- Interrupt vector table düşük adrese veya yüksek adrese yerleştirilebilir.
- İşletim sistemi ile interrupt vector tablosu genellikle aynı tarafa yerleştirilir.
- **Bitişik hafıza atama yönteminde bir process için ayrılan alan tek bölümden oluşur** ve sonraki process için ayrılan yere kadar devam edebilir.

20

Bitişik hafıza atama

Hafıza alanı koruma

- Bir process'in sahip olmadığı hafıza alanına erişimini engellemek gerekir.
- Sistemde **relocation register ve limit register ile her process'e kendisine ait hafıza alanı ayrılabilir.**
- CPU tarafından istenen her adresin **[base, base + limit]** arasında olup olmadığı kontrol edilir.



Bitişik hafıza atama

Hafıza alanı atama

- Bir process'e **hafıza alanı atama** işletim sistemine göre **farklı şekillerde yapılabilir.**
- Hafıza çok sayıda **sabit boyutta** küçük **parçaya ayrılabilir** (fixed-sized partitions) ve **her parça bir process'i içerebilir** (multiple partition).
- Multiprogramming sistemlerde **eşzamanlı çalışan program sayısı partition sayısına bağlıdır.**
- Bir **partition boşaldığında**, hazır kuyruğunda **bekleyen bir process seçilerek partition atanır.**
- IBM OS/360 işletim sistemi kullanmıştır günümüzde kullanılmamaktadır.
- Değişken parçalı (variable-partition) yönteminde **işletim sistemi hafızanın boş ve dolu olan parçalarını bir tabloda tutar**.
- Bu yöntemde, **her process'e farklı boyutta parça ayrılabilir.**

Bitişik hafıza atama

Hafıza alanı atama

- Bir process sisteme girdiğinde **ihtiyaç duyacağı kadar hafıza alanı ayrılabilirse hafızaya yüklenir** ve CPU'yu beklemeye başlar.
- Bir **process sonlandığında** ise ayrılan **hafıza alanı serbest bırakılır.**
- Herhangi bir anda, işletim sisteminde **kullanılabilir hafıza blokları listesi** ile **process'lerin giriş kuyruğu kümeleri** vardır.
- Kuyruğun başındaki process için **kullanılabilir yeterli alan yoksa beklenir** veya **kuyruktaki process'ler taranarak boş alana uygun olan** varsa **seçilir.**
- **Hafızaki boş alanların birleştirilmesi**, **process'e uygun alanın oluşturulması**, **serbest bırakılan alanların birleştirilmesi** işlemleri dynamic storage allocation problem olarak adlandırılır.

23

Bitişik hafıza atama

Hafıza alanı atama

- Dynamic storage allocation problemi için **3 farklı çözüm kullanılabilir:**
  - First fit: Yeterli boyuttaki **ilk boş alan atanır** ve listede kalan kısım aranmaz.
  - Best fit: Yeterli boyutta alanların **en küçüğü seçilir**. Tüm liste aranır.
  - Worst fit: Yeterli boyuttaki alanların **en büyüğü seçilir**. Tüm liste aranır.
- Simülasyonlarda, alan atama süresinin **first fit** ile, hafıza alanı kullanma verimliliğinin **best fit** ile daha iyi olduğu görülmüştür.
- **First fit** yöntemi best fit ve worst fit'e göre **daha kısa sürede atama gerçekleştirmektedir.**

24

Bitişik hafıza atama

Fragmentation

- Process'ler hafızaya yüklenirken ve atılırken **hafıza alanları sürekli parçalanır (fragmentation).**
- Bir process için yeterli alan olabilir, ancak bunlar **küçük parçalar halinde dağılmış durumda olabilir.**
- **En kötü durumda her iki process arasında boş kısım olabilir.**
- First fit ile yapılan **istatistiksel analize göre**, **N tane kullanılmış blok** için **N/2 tane boş blok oluşur.**
- Bu durumda hafızanın 1/3 kısmı kullanılamaz. **Buna %50 kuralı (50-percent rule) denir.**
- Fragmentation çözümünde küçük bloklar yer değiştirilerek büyük blok elde edilir **(fazla süre gerektirir)**.
- Segmentation ve paging yaklaşımları fragmentation çözümünde etkindir.

25

Konular

- Giriş
- Swapping
- Bitişik hafıza atama
- Segmentation
- Paging

26

Segmentation

- Segmentation yaklaşımda, her segment bir isme ve uzunluğa sahiptir.
- Bir **mantıksal adres**, **segment adı ile offset** (segment içerisindeki konumu) **değerini belirler.**

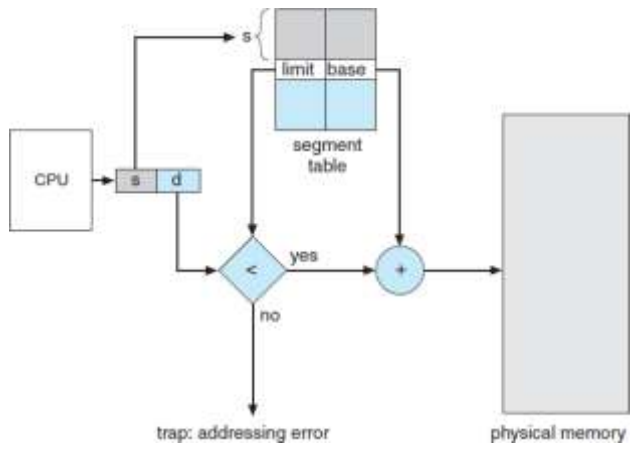
<segment number (ad), offset>

- Bir C derleyicisi aşağıdakiler için ayrı ayrı segment oluşturabilir:
  - Program kodu
  - Global değişkenler
  - Heap (nesneler yerleştirilir)
  - Stack (thread'ler kullanır, lokal değişkenler, call/return)
  - Standart C kütüphanesi
- Derleme sırasında **derleyici segment atamalarını gerçekleştirir.**

Segmentation

Segment adresleme donanımı

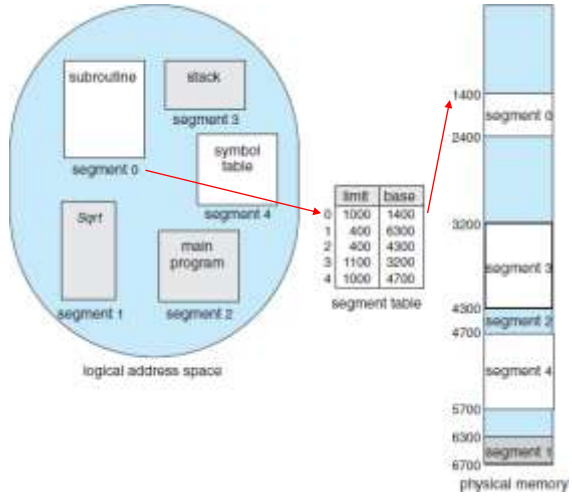
- Segment ve offset adresiyle **iki boyutlu adresleme yapılır.**
- **Hafıza adresleri tek boyutludur** ve dönüştürme işlemi gereklidir.



Segmentation

Segment adresleme donanımı

- Şekilde 5 segment vardır ve aşağıdaki gibi yerleştirilmiştir.



25

Konular

- Giriş
- Swapping
- Bitişik hafıza atama
- Segmentation
- Paging

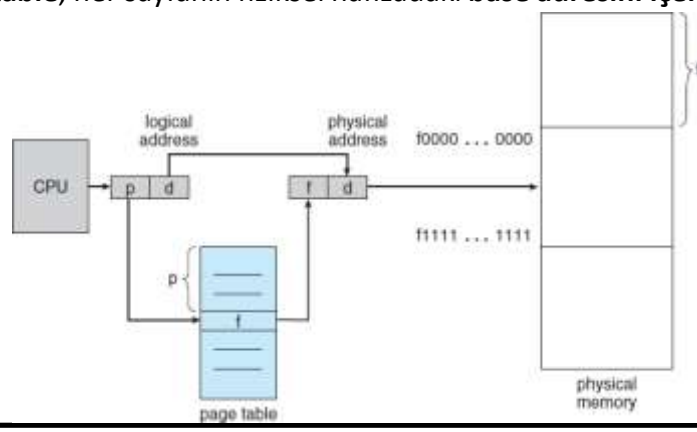
26

Paging

- **Segmentation ile bir process'e atanan fiziksel adres alanının bitişik olmamasına izin verilir.**
- **Paging ile** segmentation'da olduğu gibi **process'lere bitişik olmayan hafıza adresleri atanabilir.**
- Paging yönteminde,
  - **Fiziksel hafıza frame adı verilen küçük bloklara bölünür.**
  - **Mantıksal hafıza ise aynı boyutta page adı verilen bloklara bölünür.**
- Bir process çalıştırılacağı zaman **kaynak kodu diskten alınarak hafızadaki frame'lere yerleştirilir.**
- Mantıksal adres alanı ile fiziksel adres alanı birbirinden ayrıştırılmış durumdadır.

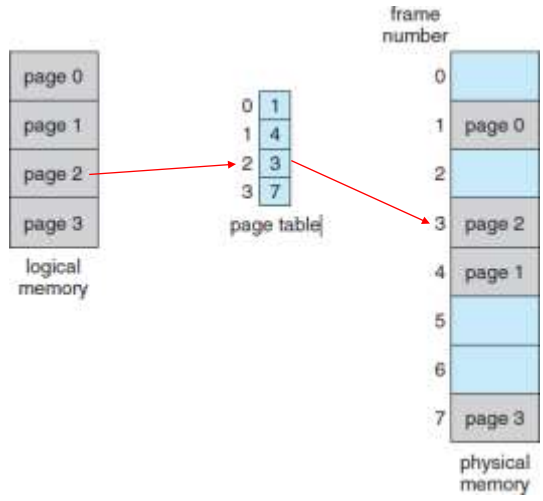
Paging

- CPU tarafından oluşturulan **her adres iki parçaya ayrılır: page number(p) ve page offset(d).**
- **Page number**, **page table içerisindeki indeks değeri için kullanılır.**
- **Page table**, her sayfanın fiziksel hafızadaki **base adresini içerir.**



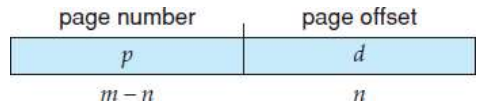
Paging

- Page size donanım tarafından mikroişlemci mimarisinde belirlenir.
- **Page size 512 byte ile 1 GB arasında olabilir.**



Paging

- Mantıksal adres boyutu **2^m**, fiziksel adres (offset) boyutu **2^n** byte ise, **sayfa numarası** için soldaki **m-n bit**, **offset değeri** için sağdaki **n bit** alınır.
- Aşağıda örnek mantıksal adres görülmektedir.

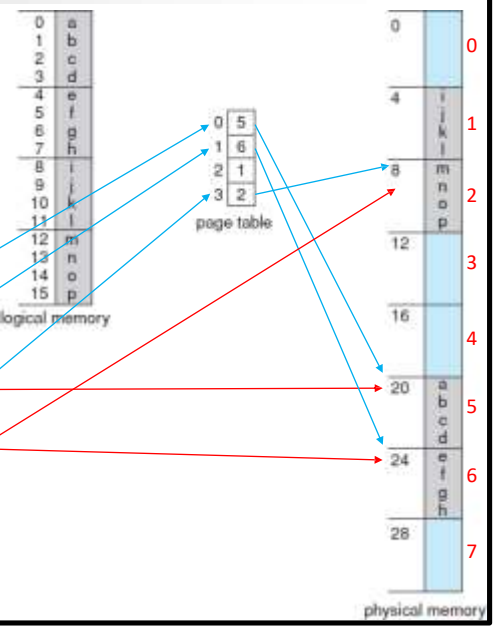


- ***p*** page table içindeki **indeks**, ***d*** ise sayfadaki **displacement** değeridir.

Paging

- Fiziksel hafızada **8 sayfa** var ve toplam 32 byte boyutundadır.
- **Page size = 4 byte**
- **Mantıksal adres** boyutu **m = 4 bit**
- **Offset adresi n = 2 bit**
- Mantıksal adres = 0 için page = 0 ve offset adres = 0 olur.
- Mantıksal adres = 0000
- Mantıksal adres = 0100

Mantıksal adres = 13 (1101)
Fiziksel adres = (2 x 4) + 1 = 9



Paging

- **Paging ile fragmentation oluşabilir.**

  Page size = 2048 byte

  Process size = 72766 byte

  Gerekli alan = 35 sayfa + **1086 byte**

  1086 byte 36. sayfaya yerleştirilir.

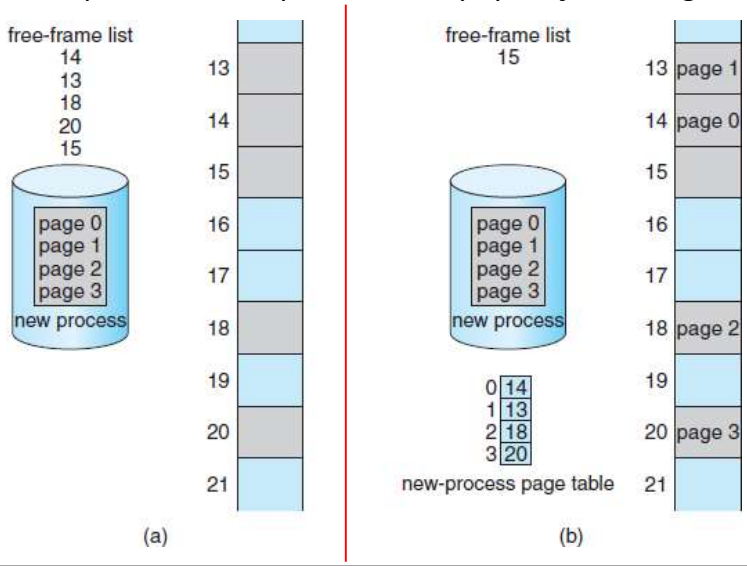
  Kullanılmayan alan 2048 – 1086 = **962 byte**
- 36. sayfada 962 byte boş alan kalır.
- En kötü durumda 1 byte kalır ve ayrı sayfaya yerleştirilir.
- Boş alan 2048 – 1 = 2047 byte olur.

Paging

- 32-bit CPU'da genellikle **32-bit ile page table adresi verilir.**
- 2^{32} adet fiziksel page frame bulunur.
- **Bir frame boyutu 4 KB (2^{12})** ise,
  Toplam adreslenebilir fiziksel hafıza = $2^{32} * 2^{12} = 2^{44}$ olur (16 TB).
- Bir process sisteme çalışmak için geldiğinde, gerekli sayfa sayısı belirlenir.
- **Process'in her sayfası bir frame'e ihtiyaç duyar.**
- Toplam n sayfa varsa, en az n tane frame boş olmalıdır.
- Her sayfa bir frame'e yerleştirilir ve **frame numarası page table'a kaydedilir.**
- **Programcı process'in adresini tek ve bitişik olarak görür.** Frame eşleştirmesini işletim sistemi yapar.

Paging

- Şekilde bir process'e ait sayfaların hafızaya yerleştirilmesi görülmektedir.



Paging

Translation look-aside buffer (TLB)

- **Her işletim sistemi page table saklamak için kendine özgü yöntem kullanır.**
- Bazı işletim sistemleri **her process için ayrı page table kullanır.**
- **Her page table için pointer** ayrı bir register'da tutulur.
- Her page table için **bir grup register oluşturulur.**
- **Modern bilgisayarlarda page table çok büyüktür** (Örn.: 1 milyon giriş).
- Bu durumda **page table için register oluşturulması mantıklı değildir.**
- Page table'ın **hafızada tutulması** halinde, **her adres değişikliğinde hafıza erişimi gerekli olur (performans düşer).**
- Mikroişlemcilerde, **küçük boyutta ve hızlı donanımsal önbellek (translation look-aside buffer)** ile bu **problem çözülür.**

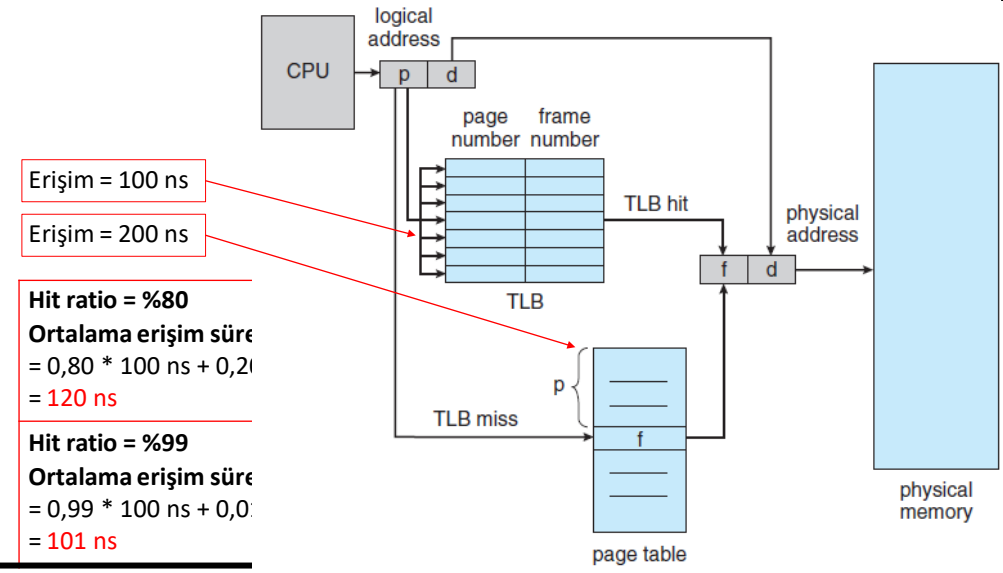
Paging

Translation look-aside buffer (TLB)

- TLB içerisindeki **her giriş** satırı **page number** ile **frame number** değerlerini tutar.
- Bir mantıksal adres geldiğinde, **page number tüm TLB içerisinde aranır** (full associative).
- Page number değeri bulunursa, **ilgili satırdaki frame number değeri alınarak** hafızada **ilgili sayfaya gidilir.**
- TLB içerisinde bulunamayan page number için page table'a gidilir.
- Page table'dan alınan frame number ile page number değeri TLB'ye kaydedilir.
- **TLB dolu ise replacement algoritması** (least recently used, round robin, random) **ile seçilen satır silinerek yerine yazılır.**

Paging

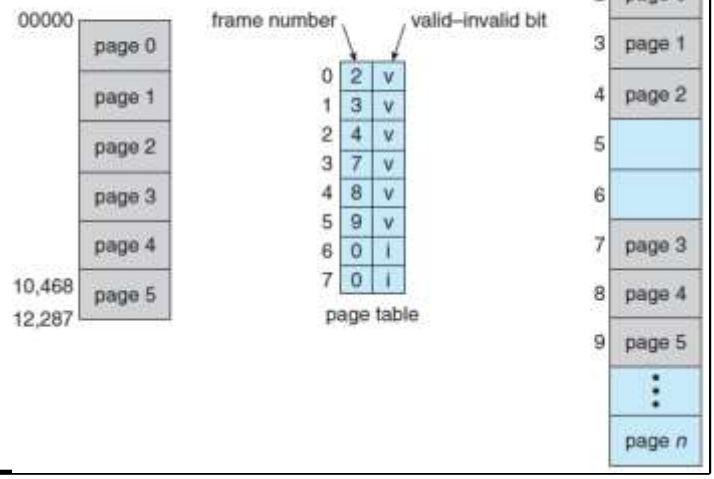
Translation look-aside buffer (TLB)



Paging

Sayfa koruma

- Page table içerisine her frame için **1 bit protection biti (valid-invalid)** eklenebilir.



Paging

Sayfa paylaşımı

- **Birden fazla kullanıcı aynı sayfayı paylaşıp kullanabilir.**
- Şekilde **3 process aynı text editörünü farklı verilerle kullanmaktadır.**
- Kodun değişmez olması (reentrant / pure code) gereklidir.