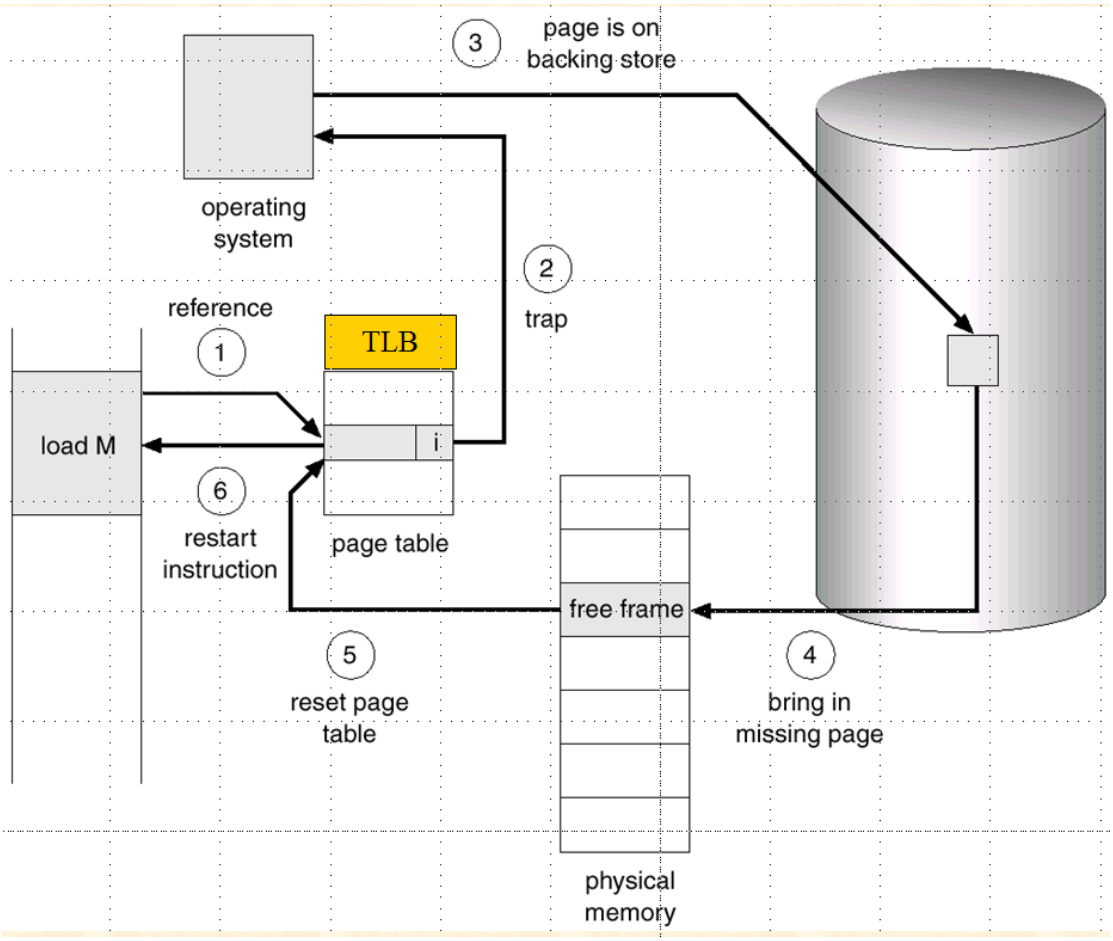

Fig. 9.6 Steps in handling a page fault

给定某进程中的1个逻辑地址M，计算M对应的物理地址、访问M所需时间。

访问m所在的page经历如下步骤：

（1）访问页表/TLB，地址变换，得到page number、offset

（2）根据page number访问对应的frame，有可能缺页中断

（3）在缺页中断中，加载page number的page，可能需要页置换，采用局部、全局置换策略、LRU/FIFO/OPT页置换算法

（4）页置换完成后，m所在的page被调入内存中某个frame N，根据N的物理地址计算m所对应的物理地址

例 1. In a demand-paging system, the page size is 1KB, and there is a process P_i with the size of three pages. The page table for P_i is as follows:

page number	frame number	valid-invalid-bit
0	2	v
1	—	i
2	100	v

It takes 100ns to access memory and 20ns to search the TLB (translation look-aside buffers) respectively, and the average page-fault service time is 110ns (including the times for updating the TLB, updating the page table, and page replacement).

It is assumed that

(1) the TLB contains two page-table entries, and is initially empty;

(2) for a logical address generated by the CPU, if its page number is not found in the TLB, a memory reference to the page table is made, and the page entry for this address is then loaded into the TLB;

(3) if valid-invalid-bit=i, the page is not in memory, and a page fault occurs;

(4) there are only two frames allocated to P_i, i.e. frame 2 and frame 100;

(5) OS takes the local replacement strategy and the LRU algorithm for page replacement.

Given three logical addresses 2300, 1500, and 2500, if the CPU makes accesses to these addresses in order,

(1) how long does it takes to access to the addresses 2300, 1500, and 2500 respectively?

(2) what is the physical address for the logical address 1500 ?

Answers:

step1.

(1) 根据逻辑地址结构，计算3个逻辑地址的页号、页内偏移

页面大小为1KB，即1024 byte，因此逻辑地址中，页内偏移占低10位，page number占剩余高位。

逻辑地址2300=2*1024 + 252，

1500=1*1024 + 476，

2500=2*1024 + 452

，对应的page number分别为2、1、2。

Step2. 分别计算3个地址的访问时间

(2) 逻辑地址2300=2*1024 + 252的访问过程和访问时间——需要访问page2：

2.1) 首先访问TLB，需要20ns；

2.2) 因TLB初始为空，TLB访问失败，继续访问page table，得到frame number 100，无缺页中断，需要100ns；

2.3) 合成物理地址，据此访问主存单元，并将page table中page number=2对应的entry调入TLB，需要100ns。

共计：20ns+100ns+100ns=220ns。

(3) 逻辑地址1500=1*1024 + 476访问过程和访问时间——需要访问page1：

3.1)首先访问TLB，需要20ns；

3.2) TLB不为空，但其中没有page table中page number=1对应的entry，TLB访问失败；继续访问page table，需要100ns；

3.3) page table 中page number=1对应的valid=0，page1不在物理内存中，发生缺页中断。

3.4）由于分配给进程的2个frame中当前存放的是page0、page2，无空闲frame，需要进行页置换，替换page0，page1进入page0所在frame2，耗时110ns；

3.5) 根据page0所在frame2的物理地址，合成1500对应的物理地址，据此再访问主存单元，并将page table中page number=1对应的entry调入TLB，需要100ns。

共计：20ns + 100ns + 110ns + 100ns = 330ns。

(4) 逻辑地址2500=2*1024 + 452访问过程和访问时间——需要访问page2：

4.1) 首先访问TLB。因之前访问2300时，已将page number=2对应的entry调入TLB，因此可直接从TLB中得到page2的物理地址frame100花费20ns；

4.2) 根据page2的物理地址frame100，合成2500对应的物理地址，再访问主存单元，需要100ns。

共计：20ns+100ns =120ns。

Step3. 根据逻辑地址所在frame，计算逻辑地址对应的物理地址

(5) 计算1500=1*1024 + 476= pagenumber*1024 + offset 的物理地址

5.1）访问1500时，page number=1，该页的valid=0，不在物理内存中，产生缺页中断。

5.2）由于当前分配给P_i的2个frame2、frame100已经放置了page0、page2，因此需要进行page replacement。

5.3）对已在内存中的page0、page2，由于上一步访问2300时，访问了page2，而page0最近没有访问。故根据LRU算法，将淘汰page0，将page1放入page0所在的frame2中，frame2首地址为2048。

因此，1500对应的物理地址为：

2048 + offset = 2048 + 476 = 2524

改进 1：

在页表中记录各个页面的最近一次的访问时间 **reference time**，根据 **reference time** 确定哪个页面最近一段时间最少访问，据此确定 **LRU** 算法替换哪个页面。

Page number	frame number	Valid/invalid	Reference time
0	----	i	100
1	80	v	500
2	20	v	200
3	10	v	80

假设：为进程分配了 3 个 frame 10、20、80。

目前需要再次访问当前不在物理内存中的 page0，发生页置换，应替换访问时间最早（Reference time=80）的 page3，将 page0 放入 frame10 中。

改进 2：给出 page 的 loading time，采用 FIFO 置换算法。

例 7. In a demand-paging system, the physical address space is of 512K bytes, and the page size is 2K bytes. A process holds a logical address space of 10 pages, and OS takes the local replacement strategy to allocate 5 frames for it, as shown bellow.

page number	frame number	loading time	recently reference time	valid bit
0	6	150	250	1
1	4	260	270	1
2	3	220	221	1
3	10	190	210	1
4	7	245	280	1

When the system proceeds at the time 300, the process wants to makes accesses to the logical address 32AB H (hexadecimal),

(1) What is the page number corresponding to this address? (4 points)

(2) If FIFO replacement algorithm is taken, what is the physical address corresponding to this address? (4 points)

(3) If LRU replacement algorithm is taken, what is the physical address corresponding to this address? (4 points)

Note: the calculation details should be given.