

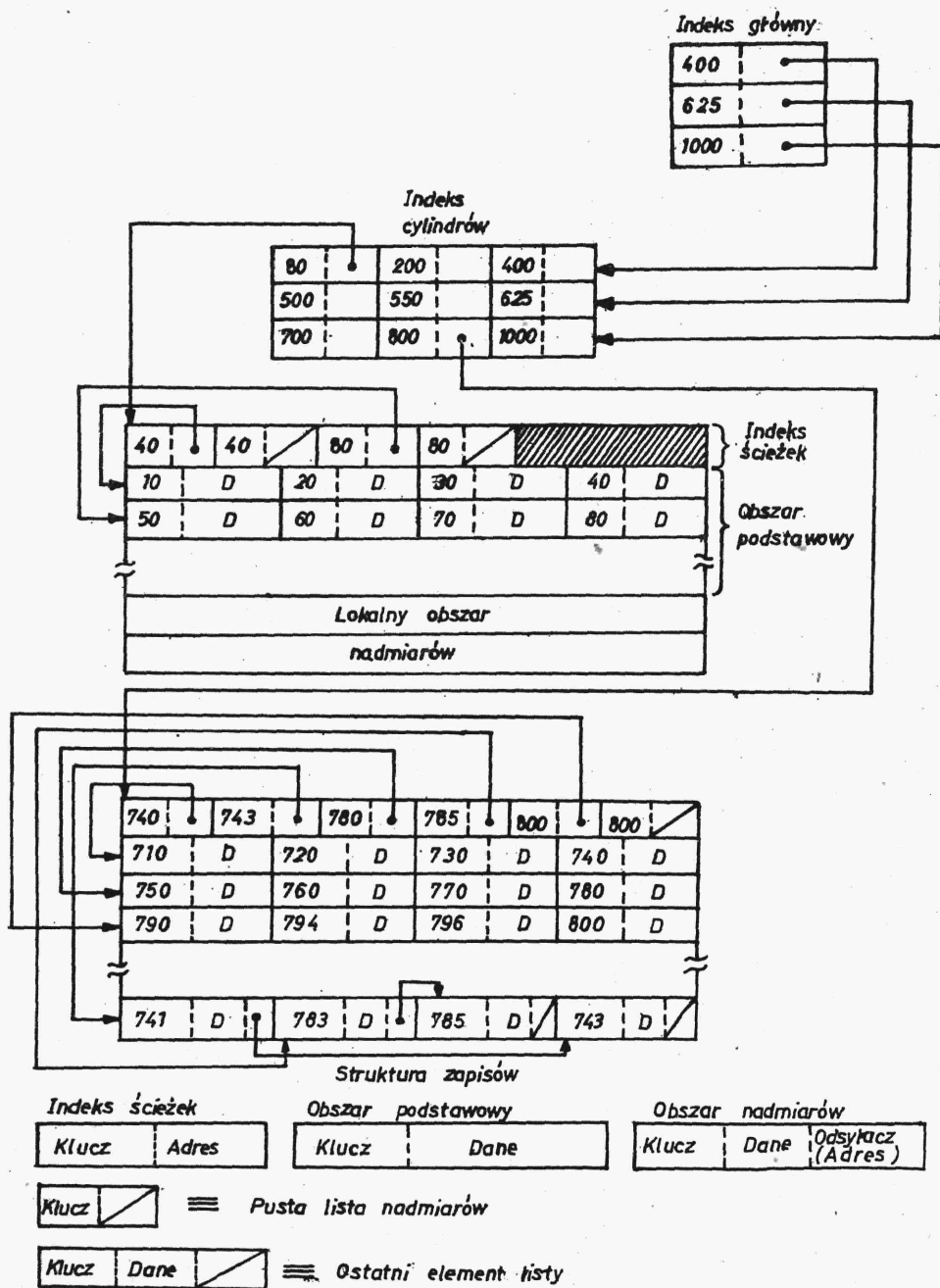
Tablica 10.3

L_b [zn]	512	1024	2048	4096
n_{bs}	8	4	2	1
n_{zb}	3	7	14	29
K_{pd}	0,82	0,957	0,957	0,991
n_b	6667	2858	1429	690
n_c	84	71	72	69
t_{tr} [ms]	3,125	6,25	12,5	25
$t_{b\text{ całk}}^{od}$ [s]	187,5	89,3	53,6	34,5
t_{sPD} [s]	190	91	55	36

10.3. Zbiory indeksowo-sekwencyjne

Jedną z najbardziej popularnych i najczęściej spotykanych organizacji zbiorów w pamięciach adresowalnych jest organizacja indeksowo-sekwencyjna. Ideą tej organizacji jest utworzenie dla każdego zbioru, uporządkowanego wg wartości klucza, wielopoziomowych indeksów, w których na podstawie wartości klucza można znaleźć adres zapisu (lub grupy zapisów), czyli np. numer porcji w zbiorze lub numer cylindra i głowicy, czyli ścieżki, na której może znajdować się szukany zapis.

Dla niewielkich zbiorów można stosować indeksy jednopoziomowe i wtedy indeks może być nawet przechowywany w pamięci operacyjnej. W przypadku zbiorów dużych stosowane są tzw. indeksy wielopoziomowe, które w całości lub w dużej części przechowywane są w pamięciach zewnętrznych, najczęściej razem



Rys.10.8. Zbiór indeksowo-sekwencyjny

z indeksowanym zbiorem (rys. 10.8). Indeks pierwszego poziomu (przechowywany często w pamięci operacyjnej w celu przyspieszenia wyszukiwania zapisów) zawiera największe wartości klucza z każdego indeksu drugiego poziomu oraz adres tego indeksu. W indeksie drugiego poziomu znajdują się maksymalne wartości kluczy poszczególnych grup zapisów oraz adresy tych grup. Przy szukaniu zapisu z podaną wartością klucza wybierany jest zawsze ten indeks lub grupa zapisów, którego lub której największy klucz jest nie mniejszy od klucza szukanego.

Istotnym problemem, z którym spotykamy się przy przetwarzaniu zbiorów indeksowo-sekwencyjnych, jest dołączanie nowych i usuwanie starych zapisów. Aktualizacja zapisów nie powodująca ich powiększania nie nastęrcza kłopotów; mianowicie wprowadzamy blok ze zmienianym zapisem do pamięci operacyjnej, wykonujemy aktualizację, a następnie zapisujemy blok na to samo miejsce na dysku. Usunięcie zapisu ze zbioru można realizować przez

1) oznaczenie zapisu specjalnym wskaźnikiem informującym, że zapis jest usunięty - usunięcie ma wtedy charakter "logiczny",

2) pominięcie usuwanego zapisu w bloku wyjściowym przygotowanym do zapisania w pamięci zewnętrznej; zapisy nie usunięte zostają przemieszczone, aby zlikwidować powstałą przerwę - usunięcie ma wtedy charakter "fizyczny".

Nowy zapis może być albo wprowadzony do odpowiedniego bloku, o ile znajduje się w nim miejsce (zarezerwowane właśnie w tym celu lub powstałe wskutek usunięć niektórych zapisów), albo do tzw. obszaru nadmiarów. Obszar ten jest specjalnie zarezerwowany dla przechowywania nowych zapisów lub zapisów, których wielkość uległa zmianie i nie mieszczą się w obszarze podstawowym.

W praktycznych rozwiązaniach dla pamięci dyskowych w każdym cylindrze zarezerwowany jest tzw. lokalny obszar nadmiarów (kilka ścieżek), aby zmniejszyć do minimum ruchy głowic, gdy szukany zapis znajduje się właśnie w obszarze nadmiarowym. Poza tym "na końcu" zbioru rezerwowane jest kilka lub kilkanaście cylindrów na tzw. globalny obszar nadmiarów. Wielkość obszarów nadmiarów można oszacować na podstawie przewidywanej

zmienności zbioru, czyli na podstawie liczby zapisów dołączanych i usuwanych.

W celu skrócenia czasu wyszukiwania zapisów w obszarach nadmiarowych można:

1) do każdego zapisu nadmiarowego związanego z danym blokiem *) dołączyć odsyłacz, którego wartość jest adresem następnego zapisu (może to być, np. numer bloku na ścieżce); w ten sposób zapisy nadmiarowe związane z danym blokiem utworzą tzw. listę jednokierunkową (p.10.6),

2) w bloku obszaru podstawowego przechowywać zapisy, składające się z klucza zapisu nadmiarowego oraz odsyłacza-adresu bloku w obszarze nadmiarowym, który zawiera cały zapis.

Wraz z zapełnianiem się obszarów nadmiarów (zwłaszcza nadmiarów globalnych) coraz częściej zdarzają się długie "wędrowki" głowic zapisu/odczytu do tych obszarów i z powrotem. Aby zapobiec temu zjawisku, przedłużającemu w sposób istotny czas dostępu do zapisów, należy okresowo reorganizować zbiory, przy czym częstość wykonywania tej operacji zależy od zmienności zbioru. Zmienność zbioru powinna być kontrolowana i rejestrowana przez specjalne programy, należące do standardowego oprogramowania systemu cyfrowego lub napisane przez użytkownika. Reorganizacja zbiorów indeksowo-sekwencyjnych polega na opróżnianiu obszarów nadmiarów i umieszczaniu zapisów we właściwych blokach w obszarze podstawowym, usuwaniu "fizycznym" zapisów usuniętych "logicznie" oraz odpowiedniej aktualizacji indeksów. Stare wersje zbiorów zostają zachowane w postaci kopii na taśmach magnetycznych lub innych pakietach dyskowych, aby umożliwić odtworzenie zawartości informacyjnej w przypadku uszkodzenia zbiorów.

Większość obecnie istniejących systemów komputerowych wyposażonych w pamięci dyskowe posiada standardowe programy zarządzania danymi umożliwiającymi tworzenie zbiorów indeksowo-sekwencyjnych, dołączanie, usuwanie i aktualizację zapisów należących do tych zbiorów. Poniżej przedstawimy budowę zbiorów indeksowo-sekwencyjnych wg standardów JS RIAD i IBM.

*) Mówimy, że zapis jest związany z pewnym blokiem, jeśli wartość klucza tego zapisu nie przekracza wartości "najstarszego" klucza bloku i jest większa od klucza "najstarszego" bloku poprzedniego.

Zbiór składa się z obszaru podstawowego, obszaru nadmiarów i obszaru indeksów (rys.10.8). Poszczególne ścieżki obszaru podstawowego zawierają zapisy użytkownika, zorganizowane sekwencyjnie. Natomiast obszar nadmiarów zawiera zapisy użytkownika, które nie zmieściły się na ścieżkach obszaru podstawowego. Uporządkowanie wg wartości klucza zapisów nadmiarowych, związanych z daną ścieżką obszaru podstawowego, jest zrealizowane nie za pomocą sąsiedztwa fizycznego, lecz przy użyciu odsyłaczy, czyli sąsiedztwa "logicznego".

Każdy cylinder obszaru podstawowego ma własny indeks ścieżek zapisany na pierwszych ścieżkach tego cylindra. Poszczególne elementy indeksu ścieżek, odpowiadające poszczególnym ścieżkom cylindra, składają się z dwóch części (dwóch zapisów): części podstawowej i części nadmiarowej. Część podstawowa zawiera wartość klucza "najstarszego" zapisu na ścieżce podstawowej oraz adres (numer) tej ścieżki. Część nadmiarowa natomiast zawiera informacje o liście zapisów nadmiarowych związanych z daną ścieżką, mianowicie klucz zapisu "najstarszego", czyli klucz ostatniego zapisu listy oraz adres zapisu "najmłodszego", czyli adres początku listy. Elementy indeksu ścieżek tworzone są sukcesywnie w miarę zapełniania kolejnych ścieżek.

Jeśli zbiór składa się z więcej niż jednego cylindra, tworzony jest indeks cylindrów, zawierający po jednym elemencie dla każdego cylindra. Każdy element tego indeksu składa się z wartości klucza "najstarszego" zapisu w cylindrze oraz numeru cylindra. Indeks główny tworzony jest w analogiczny sposób dla grup cylindrów.

Przykład 10.5

Rozważmy przebieg aktualizacji zapisów z kluczami o wartościach 720 i 741 oraz przebieg dołączenia zapisu z kluczem 79. (rys.10.8).

Aktualizacja - trzeci element indeksu głównego (znajdującego się na ogół w pamięci operacyjnej) powoduje wczytanie do PAO "trzeciego wiersza" indeksu cylindrów. Drugi element wczytanego "wiersza" zawiera klucz "najstarszego" zapisu (800 > 720) oraz numer cylindra z szukanym zapisem. Po prze-

mieszczonemu głowicy i wczytaniu indeksu ścieżek, odpowiedni element tego indeksu spowoduje włączenie odpowiedniej głowicy, w tym przypadku głowicy ścieżki drugiej, na której znajduje się szukany zapis. Szukanie zapisu z kluczem 741 prowadzi do tego samego elementu indeksu ścieżek, przy czym nadmiarowa skieruje poszukiwanie do listy (dwuzapisowej, w tym przypadku) zapisów nadmiarowych, związanych z daną ścieżką. Pierwszy element tej listy jest właśnie szukany zapisem.

Dołączanie - pierwszy element "pierwszego wiersza" indeksu cylindrów spowoduje wczytanie do PAO indeksu ścieżek pierwszego cylindra. Zapis z kluczem 79 będzie dołączany do ścieżki trzeciej. Ponieważ ścieżka jest już pełna, miejsce na wpisanie nowego zapisu można uzyskać "wypychając" zapis z kluczem 80 do lokalnego obszaru nadmiarów. Po operacji dołączenia pole klucza części podstawowej danego elementu indeksu zmieni zawartość z 80 na 79, zaś odsyłacz w części nadmiarowej będzie wskazywał na odpowiedni adres w obszarze nadmiarów, gdzie został zapisany "wypchnięty" zapis (Czytelnik proszony jest o zastanowienie się nad odpowiednimi zmianami na rys.10.8).

Zbiory indeksowo-sekwencyjne są jedynymi zbiorami zapewniającymi dostęp do informacji zarówno sekwencyjny, jak i bezpośredni. Dostęp sekwencyjny polega na sekwencyjnym przetworzeniu każdej ścieżki obszaru podstawowego oraz po zlokalizowaniu początku listy zapisów nadmiarowych z nią związanych - na przejściu "wzdłuż listy", wykorzystując odsyłacze. Dostęp bezpośredni natomiast polega na każdorazowym (dla każdej wartości klucza) przejściu przez poszczególne poziomy indeksów, następnie sekwencyjnie przez ścieżkę podstawową oraz wg odsyłaczy przez listę nadmiarową, spełniając warunek: "klucz szukany \geq klucz w indeksie lub klucz na ścieżce".

10.3.1. Algorytm projektowania zbiorów indeksowo-sekwencyjnych

Rozważmy zbiór składający się z n_z zapisów o stałej długości l_z , przy czym długość klucza zapisu wynosi $l_k [7], [8], [22]$.