

Systemy operacyjne

Urządzenia wejścia-wyjścia

Dariusz Wawrzyniak



Systemy operacyjne



Plan wykładu

- Klasyfikacja urządzeń wejścia-wyjścia
- Struktura mechanizmu wejścia-wyjścia (sprzętu i oprogramowania)
- Interakcja jednostki centralnej z urządzeniami wejścia-wyjścia
 - odpytywanie
 - sterowanie przerwami
 - bezpośredni dostęp do pamięci
- Buforowanie, przechowywanie podręczne i spooling
- Wirtualne wejście-wyjście

Urządzenia wejścia-wyjścia (2)

Systemy operacyjne



Rodzaje urządzeń wejścia-wyjścia

- Urządzenia składowania danych (dyski, dyskietki, taśmy, CD ROM, DVD itp.)
- Urządzenia transmisji danych na odległość (karty sieciowe, modemy)
- Urządzenia do komunikacji z człowiekiem (monitory, projektory, klawiatury, myszy, drukarki, skanery itp.)
- Urządzenia specjalizowane
 - układy sterowania (np. elektrownią, samolotem, systemem obrony antyrakietowej itd.)
 - kasy i drukarki fiskalne itp.
 - urządzenia medyczne

Urządzenia wejścia-wyjścia (3)

Systemy operacyjne



Właściwości urządzeń wejścia-wyjścia ⁽¹⁾

- Tryb transmisji danych:
 - znakowy — przekazywanie danych odbywa się bajt po bajcie, przykład: port szeregowy
 - blokowy — przekazywanie danych odbywa się w blokach (np. po 512 bajtów), przykład: dysk
- Sposób dostępu do danych:
 - sekwencyjny — dane przekazywane są w określonym porządku, narzuconym przez urządzenie, przykład: karta sieciowa
 - bezpośredni (swobodny) — możliwe jest określenie lokalizacji danych na urządzeniu, przykład: dysk

Urządzenia wejścia-wyjścia ⁽⁴⁾

Systemy operacyjne



Właściwości urządzeń wejścia-wyjścia ⁽²⁾

- Tryb pracy urządzenia:
 - synchroniczny — dane zostaną przekazane w znanym z góry (przewidywalnym) czasie, przykład: dysk, karta graficzna
 - asynchroniczny — dane mogą zostać przesłane w dowolnym, trudnym do przewidzenia, momencie, przykład: klawiatura, karta sieciowa
- Tryb użytkowania:
 - współdzielony — dopuszczalne jest współbieżne używanie urządzenia przez wiele procesów, np.: dysk
 - wyłączny — niemożliwe jest współbieżne używanie urządzenia przez wiele procesów, przykład: drukarka

Urządzenia wejścia-wyjścia ⁽⁵⁾

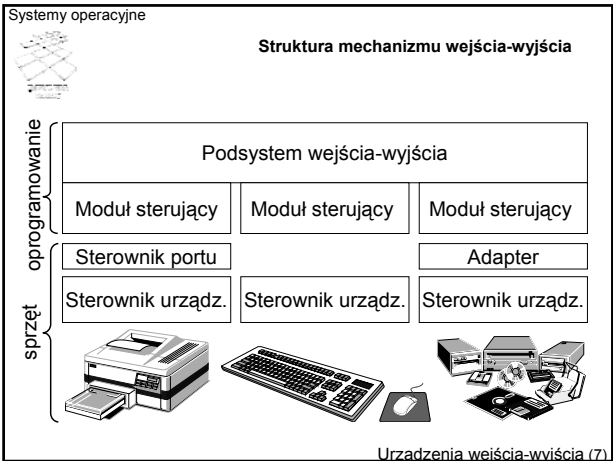
Systemy operacyjne

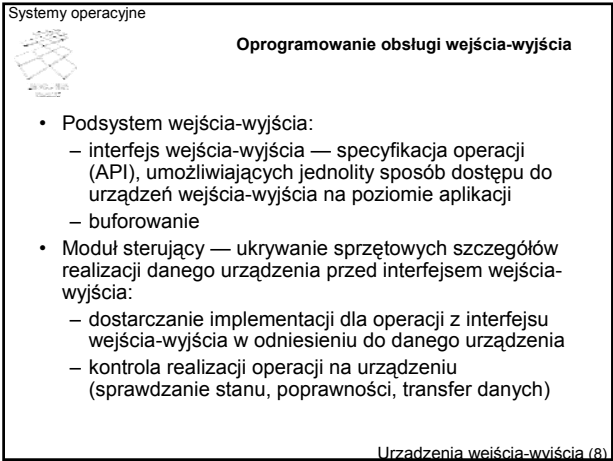


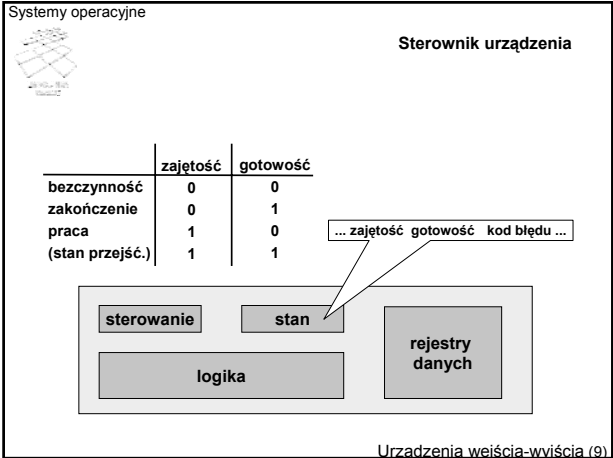
Właściwości urządzeń wejścia-wyjścia ⁽³⁾

- Szybkość działania (transmisji)
 - od bardzo wolnych, przykład: drukarka
 - do stosunkowo szybkich, przykład: dysk
- Kierunek przekazywania danych
 - urządzenia wejścia i wyjścia — możliwość zarówno zapisu jak i odczytu, przykład: dysk, karta sieciowa
 - urządzenia wejścia — tylko możliwość odczytu z urządzenia, przykład: klawiatura
 - urządzenia wyjścia — tylko możliwość zapisu, przykład: drukarka

Urządzenia wejścia-wyjścia ⁽⁶⁾







Systemy operacyjne



Miejsce urządzeń wejścia-wyjścia w architekturze systemu komputerowego

- Odzworowanie w przestrzeni adresowej wejścia-wyjścia (tzw. izolowane wejście-wyjście) — rejestry sterownika widoczne są w przestrzeni adresowej wejścia-wyjścia systemu komputerowego i dostępne są przez specjalne rozkazy (np. `in` i `out` w procesorach firmy Intel).
- Odzworowanie w przestrzeni adresowej pamięci — rejestry sterownika widoczne są w przestrzeni adresowej pamięci fizycznej i dostępne są pod odpowiednimi adresami tak samo, jak inne komórki pamięci.

Urządzenia wejścia-wyjścia (10)

Systemy operacyjne



Interakcja jednostki centralnej ze sterownikiem urządzenia wejścia-wyjścia

- Odpytywanie (ang. `polling`) — ciągłe lub okresowe sprawdzanie stanu sterownika
- Sterowanie przerwaniem (ang. `interrupt-driven I/O`) — inicjalizacja pracy sterownika przez procesor i obsługa urządzenia po zakończeniu działania w ramach reakcji na przerwanie
- Bezpośredni dostęp do pamięci (ang. `direct memory access`) — inicjalizacja pracy sterownika przez procesor i uruchomienie układu bezpośredniego dostępu do pamięci w celu realizacji transferu danych pomiędzy sterownikiem a pamięcią

Urządzenia wejścia-wyjścia (11)

Systemy operacyjne



Przebieg czasowy odpytywania

procesor sterownik

zlecenie operacji

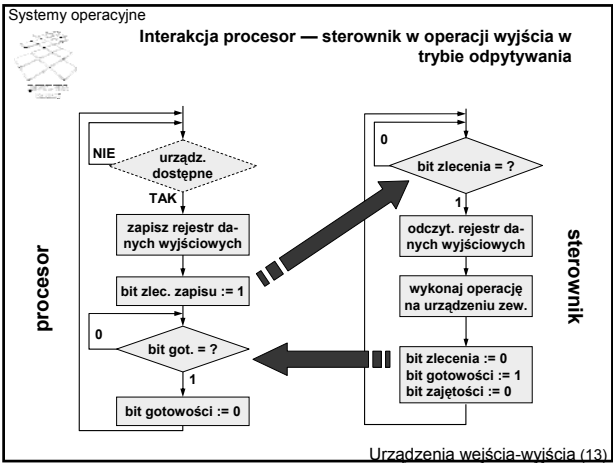
sprawdzanie stanu

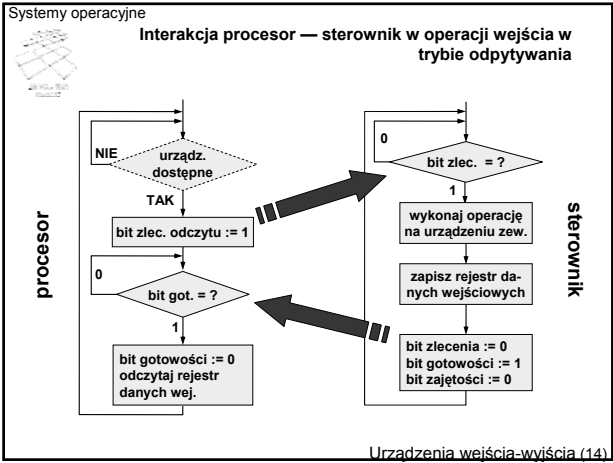
sprawdzanie stanu

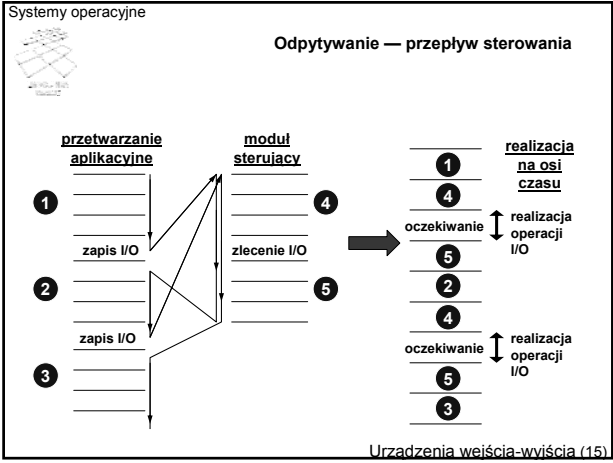
⋮

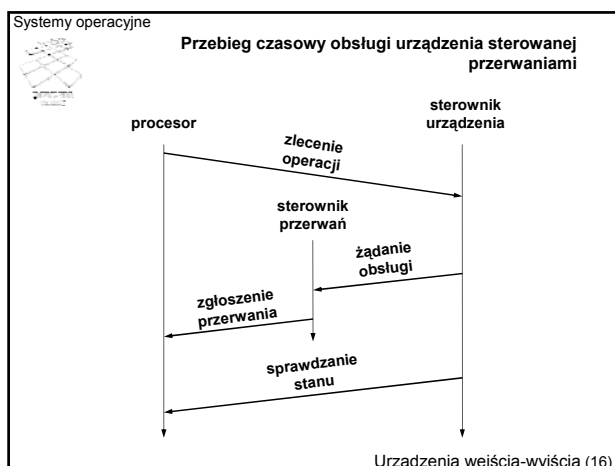
sprawdzanie stanu

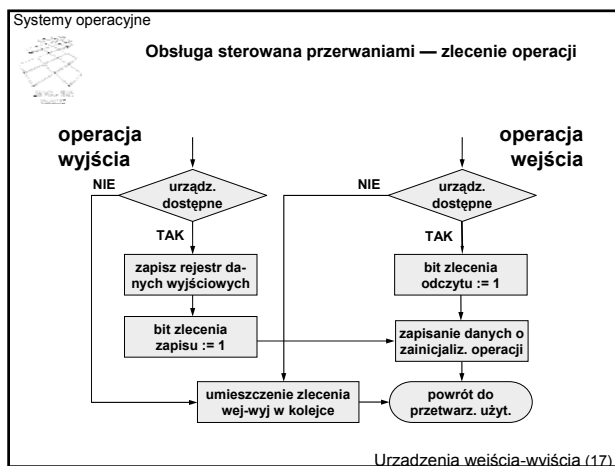
Urządzenia wejścia-wyjścia (12)

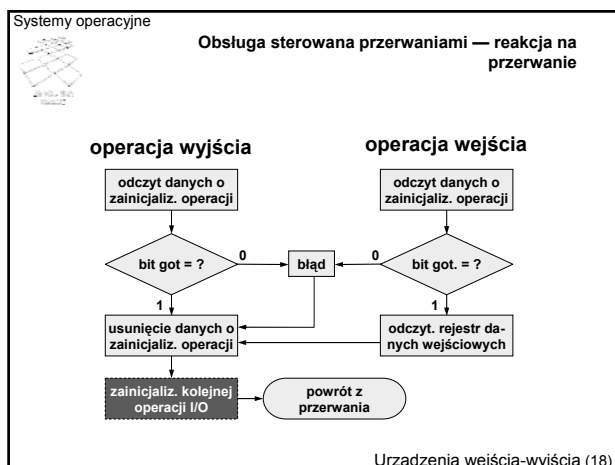


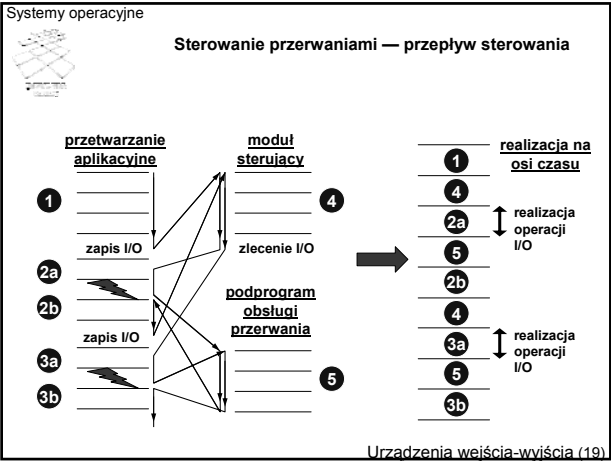










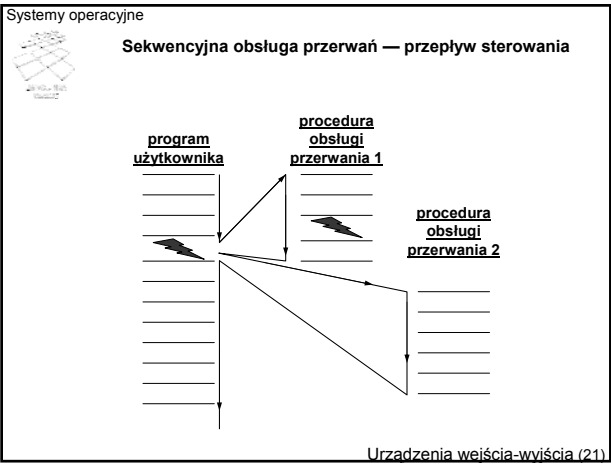


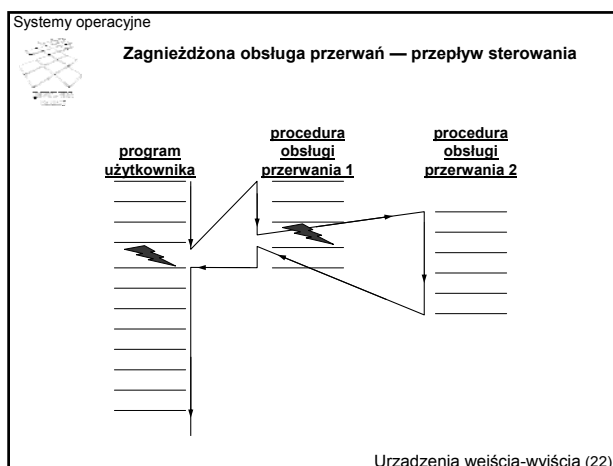
Systemy operacyjne

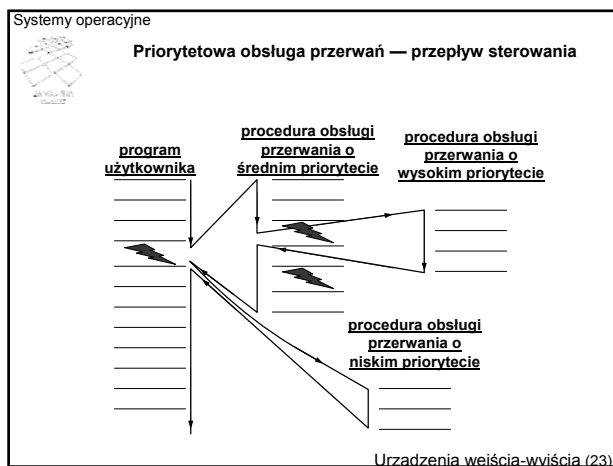
Obsługa przerw wielokrotnych

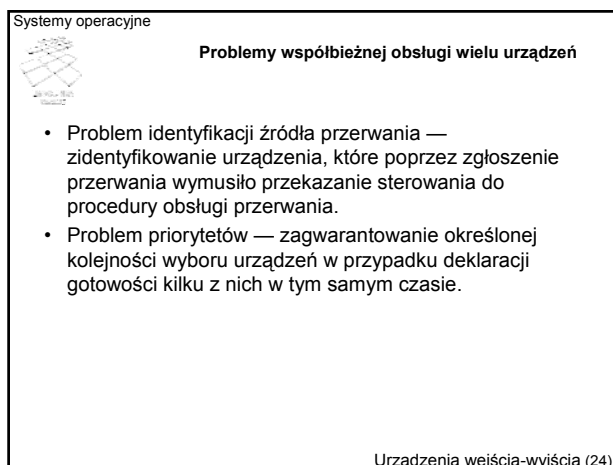
- Przerwania wielokrotne oznaczają zgłoszenie kolejnego przerwania w czasie obsługi innego przerwania.
- Podejścia do obsługi przerw wielokrotnych:
 - obsługa sekwencyjna,
 - obsługa zagnieżdżona,
 - obsługa priorytetowa

Urządzenia wejścia-wyjścia (20)









Systemy operacyjne



Sposoby identyfikacji źródła przerwania

- Wiele linii przerw — doprowadzenie do procesora osobnej linii przerwania dla każdego urządzenia
- Odpytywanie programowe — odczyt rejestru stanu i sprawdzanie bitu gotowości każdego urządzenia
- Odczyt wektora — odczytanie z magistrali informacji o adresie lub numerze urządzenia, które zgłosiło przerwanie, lub też numerze zgłoszonego przerwania

Urządzenia wejścia-wyjścia (25)

Systemy operacyjne



Poziomy obsługi przerw

- poziom 0 — wszystkie przerwy odblokowane
- poziom 1 — wyłączenie zadań okresowych szeregowanych za pomocą czasomierzy
- poziom 2 — wyłączenie przetwarzania protokołu sieciowego
- poziom 3 — wyłączenie przerw od terminala
- poziom 4 — wyłączenie przerw od dysku
- poziom 5 — wyłączenie przerw od urządzeń sieciowych
- poziom 6 — wyłączenie przerw od zegara sprzętowego
- poziom 7 — wyłączenie wszystkich przerw

Urządzenia wejścia-wyjścia (26)

Systemy operacyjne



Efektywność interakcji procesora ze sterownikiem — oznaczenia

- T_c — czas przetwarzania (obliczeń) przez procesor
- T_d — czas realizacji operacji wejścia-wyjścia przez sterowniki urządzeń
- T_o — skumulowany narzut czasowy, wynikający ze zwłoki pomiędzy zgłoszeniem gotowości przez sterownik, a reakcją przez procesor
- T_t — całkowity czas realizacji przetwarzania

Urządzenia wejścia-wyjścia (27)

Systemy operacyjne



Narzut czasowy

- W trybie odpytywania narzut czasowy $T_o = T_p$, gdzie
 - T_p — skumulowane opóźnienie w pętli odpytywania pomiędzy ustawieniem bitu gotowości, a odczytaniem rejestru stanu.
- W trybie sterowania przerwaniami narzut czasowy $T_o = T_b + T_h + T_r$, gdzie:
 - T_b — skumulowany czas oczekiwania na zwolnienie urządzenia,
 - T_h — skumulowany czas obsługi przerwań,
 - T_r — skumulowany czas oczekiwania na przydział procesora po zakończeniu operacji wejścia-wyjścia.

Urządzenia wejścia-wyjścia (28)

Systemy operacyjne



Porównanie efektywności przetwarzania w systemie jednozadaniowym

- W systemie jednozadaniowym czas cyklu przetwarzania $T_t = T_c + T_d + T_o$
- Ponieważ $T_p < T_h + T_b + T_r$
 - w systemie jednozadaniowym odpytywanie zapewnia większą efektywność nawet przy założeniu, że $T_r = 0$ i $T_b = 0$,
 - z punktu widzenia pojedynczego procesu odpytywanie zapewnia większą efektywność

Urządzenia wejścia-wyjścia (29)

Systemy operacyjne



Czas przetwarzania w systemie wielozadaniowym (1)

- Rozważmy zbiór procesów współbieżnych $P_1, \dots, P_n$.
- Niech $T_{t,i}$, $T_{d,i}$, $T_{c,i}$, $T_{p,i}$, $T_{h,i}$, $T_{b,i}$ i $T_{r,i}$ oznaczają odpowiednie parametry czasowe procesu P_i .
- Całkowity czas przetwarzania zbioru procesów w trybie odpytywania:

$$\sum_{i=1}^n T_{t,i} = \sum_{i=1}^n T_{c,i} + \sum_{i=1}^n T_{d,i} + \sum_{i=1}^n T_{p,i}$$

Urządzenia wejścia-wyjścia (30)

Systemy operacyjne

Czas przetwarzania w systemie wielozadaniowym ⁽²⁾

- Całkowity czas przetwarzania w trybie sterowania przerwami, przy założeniu, że:

$$\sum_{i=1}^n T_{c,i} \geq \sum_{i=1}^n T_{d,i}$$
- wariant optymistyczny

$$\sum_{i=1}^n T_{t,i} = \sum_{i=1}^n T_{c,i} + \sum_{i=1}^n T_{h,i}$$
- wariant pesymistyczny

$$\sum_{i=1}^n T_{t,i} = \sum_{i=1}^n T_{c,i} + \sum_{i=1}^n T_{h,i} + \max_{i=1..n} T_{d,i}$$

Urządzenia wejścia-wyjścia (31)

Systemy operacyjne

Porównanie efektywności w systemie wielozadaniowym

- Ogólna efektywność przetwarzania w trybie sterowania przerwami w wariantie optymistycznym jest większa w porównaniu z trybem odpytywania wówczas, gdy

$$\sum_{i=1}^n T_{d,i} + \sum_{i=1}^n T_{p,i} \geq \sum_{i=1}^n T_{h,i}$$
- Ogólna efektywność przetwarzania w trybie sterowania przerwami w wariantie pesymistycznym jest większa w porównaniu z trybem odpytywania wówczas, gdy

$$\sum_{i=1}^n T_{d,i} - \max_{i=1..n} T_{d,i} + \sum_{i=1}^n T_{p,i} \geq \sum_{i=1}^n T_{h,i}$$

Urządzenia wejścia-wyjścia (32)

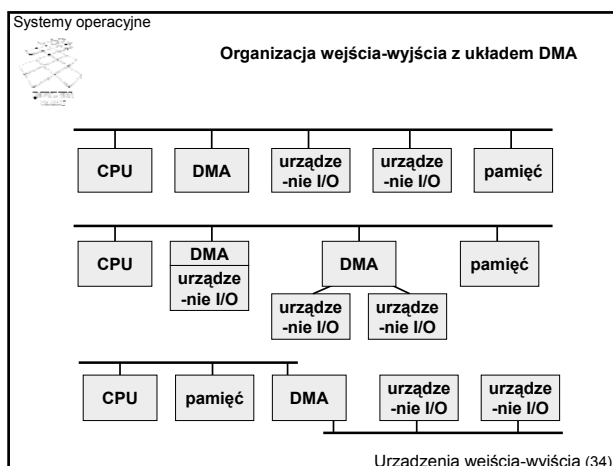
Systemy operacyjne

Bezpośredni dostęp do pamięci

tradycyjne I/O

I/O z DMA

Urządzenia wejścia-wyjścia (33)



Systemy operacyjne

Buforowanie

- Dopasowanie urządzeń różniących się szybkością przekazywania danych — dopasowanie chwilowo szybszego producenta danych do możliwości konsumenta.
- Dopasowanie urządzeń różniących się podstawową jednostką transmisji danych — dopasowanie w celu efektywnego przekazywania danych urządzeń przesyłających mniejsze jednostki danych do urządzeń wymagających większych jednostek lub odwrotnie (fragmentowanie).
- Semantyka kopii — zagwarantowanie niezmienności danych w czasie wykonywania operacji wejścia-wyjścia.

Urządzenia wejścia-wyjścia (35)

Systemy operacyjne

Dopasowanie różnic szybkości

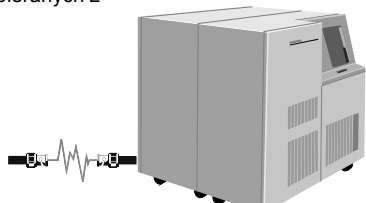
Przykład: komputer potrafi przekazać dane znacznie szybciej niż drukarka je przetworzyć (drukować).

Urządzenia wejścia-wyjścia (36)

Systemy operacyjne

Dopasowanie jednostek transmisji

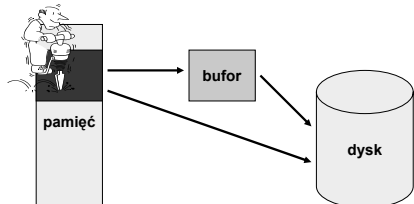
Przykład: zapis na dysku danych odbieranych z sieci.



Urządzenia wejścia-wyjścia (37)

Systemy operacyjne

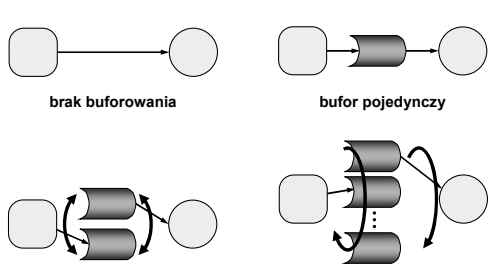
Semantyka kopii



Urządzenia wejścia-wyjścia (38)

Systemy operacyjne

Realizacja buforowania



Urządzenia wejścia-wyjścia (39)

Systemy operacyjne

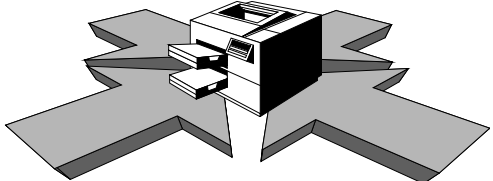
Przechowywanie podręczne

- Przechowywanie podręczne polega na gromadzeniu kopii danych w pamięci w celu poprawy efektywności ich przetwarzania.
- Przechowywanie podręczne w przypadku operacji wejścia zmniejsza czas dostępu.
- Przechowywanie podręczne w przypadku operacji wyjścia umożliwia skumulowanie wyników przetwarzania w dłuższym czasie i przekazanie ich na urządzenie zewnętrzne w wyniku jednej operacji wyjścia.

Urządzenia wejścia-wyjścia (40)

Systemy operacyjne

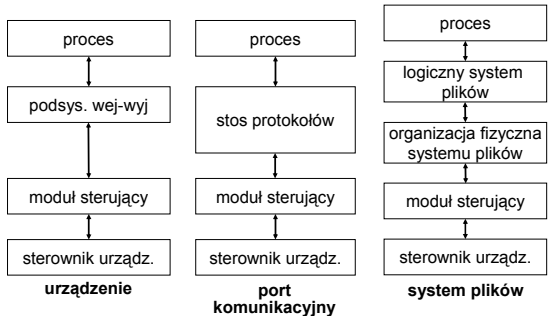
Spooling



Urządzenia wejścia-wyjścia (41)

Systemy operacyjne

Wirtualne wejście-wyjście



Urządzenia wejścia-wyjścia (42)
