informa

OŚRODEK BADAWCZO-ROZWOJOWY INFORMATYKI

MINIKOMPUTERY

Europejski Program Badawczy Diebolda

57

Warszawa 1974

informa

OŚRODEK BADAWCZO-ROZWOJOWY INFORMATYKI

MINIKOMPUTERY

Europejski Program Badawczy Diebolda

Wyłącznie do użytku na terenie PRL

57

Warszawa 1974

Tytuł oryginału: Minikomputers II
Document No E 105 P September 1973

Tłumaczenie: Roman Nowicki
Redakcja: Andrzej Idźkiewicz

Komitet Redakcyjny

Mieczysław Gula, Andrzej Idźkiewicz, Janina Jerzykowska /sekretarz/, Jerzy Kisielnicki /zastępca przewodniczącego/, Stanisław Nelken, Krzysztof Skulski, Ryszard Terebus /przewodniczący/, Zdzisław Zapolski

Wydawca

Dział Wydawnictw, 00-017 Warszawa, ul. Marszałkowska 104/122

OERI.Warszawa 1974.Nakład: 900 + 154 egz.Objętość ark.wyd.2,75; ark.druk.7. Format A4. Papier offsetowy kl.III,80g, 61x86.

Zam.251/74 GN-444-13/73 Cena zł 92.-

SPIS TREŚCI

Streszczenie 5

I. Wprowadzenie 7

II. Uaktualniony pogląd na rolę minikomputerów 9

A. Definicja minikomputera 9
B. Tendencje rynkowe 11
C. Tendencje w zakresie techniki i kosztów 14
D. Wpływ rozwoju minikomputerów 16
1. Wpływ na cykl opracowania systemów 18
2. Względy organizacyjne 20
E. Podsumowanie i wnioski 21

III. Technika a rynek minikomputerów 22

A. Osiągnięcia techniczne 22
B. Podsumowanie 28

IV. Krótki przegląd niektórych zastosowań minikomputerów 29

A. Atmosfera zmian 29
B. Minikomputery w zastosowaniach gospodarczych.. 29
C. Zastosowania teleinformatyczne 33
1. Minikomputery w zdecentralizowanym przetwarzaniu 34
D. Dalszy rozwój 37

V. Wybór minikomputera 39

A. Potrzeby użytkowników 39
B. Cechy komputera 40
1. Kryteria wyboru procesora 40
2. Procesor centralny i pamięć 41
3. System przerwań 47
4. Struktura wejścia/wyjścia 49
5. Dostępne złącza /interfaces/ 50
6. Oprogramowanie 51

STRESZCZENIE

Minikomputery II

Szerokie rozprzestrzenianie się minikomputerów we wszystkich dziedzinach zastosowań trwa nadal. Większy niż przewidywano i gwałtowny wzrost ich liczby w ostatnich latach - w samym tylko 1972 roku 85% z 13.000 komputerów dostarczonych na rynek w Stanach Zjednoczonych było minikomputerami - może być przypisany ciągłemu postępowi technicznemu w zakresie miniaturyzacji, obniżki kosztów i równoczesnej poprawie zdolności przetwarzania.

W dodatku do tradycyjnych zastosowań w telekomunikacji, sterowaniu procesami, aparaturze naukowej, minikomputery wkroczyły ostatecznie do wielu podstawowych dziedzin zastosowań gospodarczych jak fakturowanie, płace i szereg innych rodzajów rachunkowości. Przeważająca część tych prac wykonywana jest jednak raczej przez małe, specjalizowane systemy komputerowe niż przez duże czy małe komputery uniwersalne /ogólnego przeznaczenia/.

Te łatwe do wdrożenia małe systemy, nazywane także komputerami biurowymi i wytwarzane między innymi przez firmy Nixdorf, Kienzle, Olivetti i Philips, wypełniły zapotrzebowanie na niedrogie i niezawodne systemy przetwarzania "wrażliwych" danych.

Szerokie użycie minikomputerów nieuchronnie doprowadziło do konieczności ponownego przemyślenia idei "oszczędności dzięki skali", uważanej dotąd za nieodłącznie związaną z wielkimi komputerami. Sieci i systemy minikomputerów zastąpiły już wielkie scentralizowane komputery, przynosząc istotną oszczędność kosztów. Jednocześnie usprawnienie wejścia/wyjścia i urządzeń peryferyjnych tych systemów wymaga opracowania nowej bazy dla kalkulacji kosztów stosowanej przy wyborze systemu, porównywaniach i implementacji.

Ponadto minikomputery unaoczniły fakt, że zdecentralizowane

przetwarzanie /distributed processing/ może przemawiać za zdecentralizowanym sterowaniem, wymagającym odpowiednich zmian organizacyjnych. Szczególnie ważna dla potencjalnych użytkowników minikomputerów jest potrzeba opracowania jednolitej polityki przedsiębiorstwa odnośnie zakupów i wykorzystania minikomputerów, po to by sterować ich rozrostem zarówno w sensie ilości jak i zastosowań. Ponadto zaleca się wykorzystywać istniejącą fachowość i doświadczenie działów APD jako pomoc w wyborze i stosowaniu minikomputerów, co ułatwi w przyszłości integrację z innymi systemami.

Najważniejsze jednak jest to, że łatwiejsza i pochłaniająca mniej czasu implementacja minikomputerów, zarówno w zastosowaniach tradycyjnych jak i wcześniej nie branych pod uwagę, wymaga dokonania rewizji stosowanego podejścia do opracowywania systemów i organizacji działów APD. W obu tych dziedzinach osiągnięto wprawdzie ostatnio pewną stabilizację, lecz odnosiło się to do warunków scentralizowanego przetwarzania.

Pojęcia kluczowe:

- systemy teleinformatyczne,
- architektura komputerów,
- dobór komputera,
- zdecentralizowane przetwarzanie,
- mikrokomputer,
- minikomputer.

I. WPROWADZENIE

Jeszcze w połowie 1971 roku podstawową kwestią dotyczącą minikomputerów było pytanie, jaką rolę będą one odgrywać w przetwarzaniu danych gospodarczych.

Bez poważnego przewrotu /drogą "cichej rewolucji"/ minikomputery zdobyły sobie pozycję po części zwycięskiego i koniecznego elementu w przetwarzaniu danych gospodarczych. To wkroczenie minikomputerów nie dokonało się bez trudności, jednak większość z nich została rozeznana i skutecznie przezwyciężona przez szereg firm.

Z wielu różnorakich powodów uważano, że minikomputery znajdują się poza głównym nurtem przetwarzania danych i dlatego większość wydziałów przetwarzania danych /w przedsiębiorstwach/ poświęcało im niewiele uwagi. To zaniedbanie często było podstawową przyczyną powstawania kłopotów, które zwykle objawiają się w tym, że system minikomputerowy staje się w pełni rozbudowaną komórką przetwarzania danych, łącznie z programistami, analitykami, a czasem nawet i działalnością szkoleniową - niezależnie od istniejącego działu przetwarzania danych. Wynikły kosztowne w skutkach problemy, jak dublowanie prac z zakresu oprogramowania i brak możliwości koordynacji wykorzystania zasobów dla osiągnięcia bardziej ekonomicznego działania.

Rozwój minikomputerów odbywa się ze znacznie większą szybkością, pozostawiając w tyle nawet szybkość rozwoju większych komputerów. Zatem celowe jest dokonanie przeglądu zmian i ich skutków, w świetle ostatnich innowacji technicznych i doświadczeń szeregu użytkowników gospodarczych. Celem niniejszego raportu jest uaktualnienie zaleceń wyrażonych w raporcie E 85: "Implications of Minicomputers", wydanym w lipcu 1971 r. oraz przedstawienie pewnych ostatnich osiągnięć w zakresie techniki i architektury.

Następnie, ponieważ minikomputery reprezentują nowy, odmienny rodzaj zakupów dla wielu firm, przedstawiono szeroką dyskusję o

cechach, które powinny być brane pod uwagę przy wyborze minikomputera.

Problemy, a zatem i ich rozwiązania nie są wyraźnie zarysowane, ponieważ definicje i aspekty organizacyjne dotyczące minikomputerów nie osiągnęły jeszcze stabilizacji. Tym niemniej zgromadzono dostateczne doświadczenie, by zidentyfikować szereg niebezpieczeństw i unikać ich.

II. UAKTUALNIONY POGLĄD NA ROLĘ MINIKOMPUTERÓW

A. Definicja minikomputera

Przed omawianiem roli, rozwiązań technicznych i kryteriów wyboru minikomputerów, celowe będzie ujednolicenie definicji, tak by wszystkie porównywane cechy, dane statystyczne dotyczące pozycji rynkowej i charakterystyki techniczne mogły mieć wspólną bazę.

Jakkolwiek minikomputery są produkowane, sprzedawane, stosowane i opisywane od prawie dziesięciu lat, wciąż brak zgody co do ich definicji. Istnieją dwa podstawowe podejścia w definiowaniu minikomputera, jedno w ujęciu charakterystyk technicznych, drugie w ujęciu kosztów.

Podejście od strony charakterystyk technicznych definiuje minikomputer w takich kategoriach jak długość słowa, wymiary fizyczne, moc zasilania, wielkość pamięci, czas cyklu, sposoby adresowania i rejestry. Chociaż pozwala to na dużą precyzję, staje się jednak nieaktualne, z chwilą gdy tylko producenci wprowadzą nowy model oparty na postępach w technice, czasem zupełnie przekreślając charakterystyki tradycyjne, jak to miało miejsce w przypadku wymiarów i zapotrzebowania mocy mikroprocesorów wykonywanych w technice LSI /large-scale integration - wielka skala integracji/.

Tak więc druga definicja, ustalająca zakres cen,staje się coraz częściej używana, ze względu na elastyczność i niezależność od zmian technicznych, mimo jej względnego braku precyzji. Lecz nawet wewnątrz takiej uproszczonej definicji pojawiają się istotne różnice w zakresach cen ustalanych przez różnych badaczy. Chcąc zachować spójność opracowań będziemy stosować zakres cen ustalony w naszym raporcie z 1971 roku i zakres cen stosowany w Diebold Computer Census[x/].

---

x/ Diebold Computer Census - zestawiana co pół roku przez Diebold Group, Inc. światowa statystyka liczby komputerów wg rodzajów zastosowań i wielkości /przyp.red./.

Raport E 85 z lipca 1971 roku definiuje minikomputery jak następuje:

"Minikomputer jest małym systemem komputerowym[x/] /small-scale computer system/, kosztującym nie więcej niż $ 25.000, ale zarazem zdolnym do wykorzystywania pełnej gamy urządzeń peryferyjnych, a więc z punktu widzenia sprzętu lub systemu mogącym pracować w typowych zastosowaniach ogólnego przeznaczenia w rodzaju tych, jakie są realizowane na systemach[x/] takich jak IBM 360/30".

Z drugiej strony, aktualny Diebold Computer Census ustalił zakres miesięcznej opłaty dzierżawnej do $ 3000 lub cenę zakupu do $ 150.000.

W rzeczywistości te dwa zakresy cen można uważać za zgodne, ponieważ górna granica zakresu, do $ 150.000, odpowiada w pełni rozbudowanym systemom w maksymalnej konfiguracji i może obejmować taki sprzęt jak IBM System /3, czy System /7. Granicę $ 25.000 proponowaną w raporcie z lipca 1971 roku można uważać za odpowiadającą cenie złożonej jednostki centralnej minikomputera lub cenie kompletnej maszyny specjalizowanej /special-purpose hardwired machine/. Należy również mieć na uwadze, że pewne specjalne procesory /zwłaszcza zorientowane na teledację procesory front-end dla wielkich komputerów, wyposażone w pełny komplet sprzętu peryferyjnego, urządzenia sprzęgające (interfacing devices), oprogramowanie i środki pomocnicze/ mogą łatwo osiągnąć górną krawędź przedziału.

Ponadto, coraz bardziej powszechne staje się traktowanie kosztu minikomputera jako globalnej ceny całego systemu, ponieważ, jak stwierdzono w raporcie z 1971 roku, początkowy niski koszt sprzętu "jest tylko wierzchołkiem góry lodowej".

Jeśli wziąć to pod uwagę, globalny koszt może znacznie przekroczyć podane wyżej granice.

---

x/ Mowa o systemach sprzętowych /przyp.tłum./.

B. Tendencje rynkowe

Mają miejsce dwie dość zaskakujące tendencje, dopiero ostatnio stwierdzone. Pierwsze zajwisko, to wzrost liczby instalowanych minikomputerów, znacznie przekraczający wszystkie wcześniejsze przewidywania. Drugie: minikomputery wtargnęły szerokim frontem do dziedziny bardziej tradycyjnych zastosowań gospodarczych, nie tracąc swoich pozycji w sferze uważanej zawsze za dziedzinę normalnych zastosowań minikomputerów /tzn. teledacja, funkcje laboratoryjne i automatyzacja fabryk/.

Ostatni Diebold Computer Census dotyczący instalacji amerykańskich pokazuje /zob. tablica 1/, że ponad 65% instalowanych systemów to minikomputery. Procent ten ma tendencję wzrostu. Świadczy o tym fakt, że z ponad 13.000 komputerów dostarczonych w ciągu ostatnich 6 miesięcy 1972 roku, 11.000, czyli 85% to minikomputery. W ciągu 6 miesięcy po okresie objętym ostatnim Diebold Computer Census, liczba zainstalowanych minikomputerów wzrosła o 20%.

Druga tendencja przejawia się w fakcie, że pełne 30% minikomputerów będących aktualnie w użyciu /prawie 21.000 maszyn/ wykorzystywane jest w zastosowaniach gospodarczych. Ponieważ jednak zakres cen używany do przygotowania spisu komputerów ostatnio wzrósł, objął on teraz takie urządzenia jak terminale inteligentne - przy dolnej granicy zakresu i większe niż przedtem systemy - przy granicy górnej. Fakt ten w powiązaniu z niejasną definicją co należy uważać za zastosowania gospodarcze, ma tendencję zafałszowywania w pewnym stopniu przytoczonych liczb. Tym niemniej jasne jest, że wkroczenie minikomputerów do przetwarzania danych gospodarczych stało się faktem, jest zjawiskiem istotnym i najprawdopodobniej będzie narastało.

Inna definicja minikomputera, opracowana w studium Diebold Deutschland dotyczącym minikomputerów w Niemieckiej Republice Federalnej[x/], koncentruje się na ich danych technicznych. Zgod-

---

x/ "Small Computer Systems in Germany 1972", Diebold Deutschland GmbH.

Tablica 1

Wielkość systemu	Zakres cen		Liczba systemów 31.12. 72x/	Procent łącznej liczby systemówx/
	Miesięczna opłata dzierżawna	Zakup		
Minikomputery	do $ 3.000	do $ 150.000	73.003	65,3
Małe	$ 2.000÷10.000	$100.000÷500.000	21.415	19,1
Średniomałe	$ 7.000÷28.000	$350.000÷1.400.000	11.165	10,0
Średnioduże	$18.000÷60.000	$900.000÷3.000.000	4.815	4,3
Duże	$ 48.000 i powyżej	$ 2.400.000 i powyżej	1.469	1,3
Łącznie			111.867	100,0

nie z nią małe komputery dla zastosowań gospodarczych /small business computers/ muszą spełniać co najmniej pięć następujących wymagań:

. elementy — wyłącznie elementy elektroniczne w realizacji wszystkich funkcji arytmetycznych i logicznych,

. wejście/wyjście — klawiatura alfanumeryczna jako urządzenie wejściowe dla przetwarzania bezpośredniego, drukarka alfanumeryczna z minimum 40 znakami w wierszu i wyjście na nośnik danych, z funkcjami weryfikacji,

. pojemność pamięci — rejestry i/lub pamięć, która może być uży-

x/ Oceny wstępne

wana jako rejestry dla funkcji arytmetycznych, i w dodatku co najmniej cztery pamięciowe obszary robocze po minimum osiem pozycji każdy,

. funkcje arytmetyczne — hardware'owa możliwość wykonywania dodawania, odejmowania i mnożenia,

. programowanie — software lub też "zaszyte" programy dające się modyfikować /"firmware"/ albo zewnętrzna pamięć dla programów.

Poza tymi małymi komputerami do zastosowań gospodarczych, spełniającymi powyższe wymagania, należy tu szereg systemów APD, które niekoniecznie są zorientowane na bezpośrednie przetwarzanie danych, lecz których konfiguracja i zastosowanie są ukierunkowane przede wszystkim na rachunkowość. Tak więc objęte są takie systemy, jak IBM System /3, czy Honeywell-Bull Seria G 50.

Poza powyższym wyjątkiem linia biegnąca pomiędzy małymi komputerami do zastosowań gospodarczych i większymi systemami przetwarzania danych została poprowadzona tam,gdzie kończy się techniczny i organizacyjny koncept bezpośredniego przetwarzania danych. Przykładem są systemy zorganizowane wokół zbiorów i istnieje maszynowy dostęp do tych zbiorów. Wszelkie inne kryteria nie są już wystarczające jako takie, by umożliwić definicyjne rozróżnienie, gdyż to, co było uprzednio charakterystyczne dla małych komputerów do zastosowań gospodarczych, spotyka się dziś często i wśród większych maszyn i vice versa.

W porównaniu z definicją opartą na kosztach, linia podziału między minikomputerami i większymi systemami została poprowadzona z grubsza na poziomie 250 000 do 300 000 marek, tuż poniżej liczby $ 150 000 cytowanej w przeglądzie amerykańskim.

Ze wspomnianego opracowania Diebold Deutschland wynika szereg istotnych stwierdzeń:

. w Niemieckiej Republice Federalnej w ciągu pięciolecia 1965-1970 liczba dostawców minikomputerów wzrosła więcej niż dwukrotnie, a liczba dostępnych modeli potroiła się. Liczba modeli wzrastała ze stałą prędkością - w przybliżeniu ośmiu nowych modeli rocznie,

- w tym samym okresie czasu liczba zainstalowanych minikomputerów wzrosła o 1200% z 1500 w 1965 roku do ponad 20.000 w 1970 roku przy średnim rocznym wzroście o 70%,
- początkowo sądzono, że gwałtowny napływ małych urządzeń do przetwarzania danych na bardzo chłonny rynek może być związany z istnieniem wyraźnej luki pomiędzy przetwarzaniem danych na konwencjonalnych maszynach księgujących i fakturujących i rozwiniętym elektronicznym przetwarzaniem danych. Obszar ten często określany bywa jako "pośrednia technika przetwarzania danych" /"intermediate data technology"/, dla podkreślenia faktu, że systemy takie wypełniają lukę istniejącą pomiędzy wymienionymi ugruntowanymi trybami przetwarzania. Jednak, w wyniku bliższego zbadania sprawy studium wskazuje, że małe komputery do zastosowań gospodarczych reprezentują rozległy i szeroko zróżnicowany rynek przeciwstawiający się próbom wytyczenia mu ostatecznych granic. Stwierdza się w konkluzji, że termin "pośrednia technika przetwarzania danych" jest zatem zbyt ograniczony by mógł objąć wszystkie aspekty aktualnego rynku i będzie jeszcze mniej odpowiedni w przyszłości, gdy maszyny takie przejmą więcej funkcji i gdy odsłonią się nowe obszary zastosowań.

Trudno powiedzieć, czy wtargnięcie minikomputerów do przetwarzania danych komercjalnych miało podłoże w technice /wzrastająca moc procesora w połączeniu ze zmniejszeniem kosztów/, czy też osiągnięcia techniczne były stymulowane przez potencjalny rynek. Tak czy inaczej minikomputery stanowią żywotne alternatywne rozwiązanie zaspakające potrzeby przedsiębiorstw w zakresie przetwarzania danych gospodarczych.

C. Tendencje w zakresie techniki i kosztów

Jednym z najbardziej hamujących czynników w zastosowaniach i wykorzystaniu minikomputerów było to, że od samego początku używały one urządzeń peryferyjnych zaprojektowanych pierwotnie dla większych i szybszych maszyn. Obciążało to minikomputery elemen-

tami drogimi i kłopotliwymi w podłączeniu. Dopiero ostatnio wprowadza się urządzenia peryferyjne, specjalnie zaprojektowane dla minikomputerów, umożliwiając rozwijanie efektywnych, ekonomicznie uzasadnionych systemów dla środowiska przetwarzania danych gospodarczych. Nawet najczęściej stosowane urządzenie peryferyjne, zwykły dalekopis, używany głównie ze względu na swą niezwykle niską cenę, był projektowany dla zupełnie innych celów i jest dalekim od optimum urządzeniem peryferyjnym dla minikomputerów.

Ostatnio, pojawienie się takich elementów, jak kasety magnetyczne dla wprowadzania danych i jako pamięci zewnętrzne wskazuje, że producenci podejmują pełne rozeznanie potencjalnego rynku i wprowadzają urządzenia pozwalające rozszerzyć użyteczność i potencjalne możliwości zastosowania minikomputerów.

Jedną z głównych zalet minikomputerów jest to, że nie wymagają one do pracy specjalnych warunków otoczenia /nie wymagają klimatyzacji/. Istotnie, niektóre minikomputery zainstalowano w tak trudnych warunkach otoczenia, jak szyby naftowe do nadzorowania i sterowania pracą pomp, gdzie podlegają silnemu nagrzewaniu i złemu obchodzeniu się. Inne umieszczane są w halach fabrycznych w warunkach bardzo silnego zapylenia, jeszcze inne w pojazdach kosmicznych, gdzie podlegają silnym naprężeniom i ekstremalnym temperaturom. Głównym czynnikiem umożliwiającym minikomputerom znoszenie takich warunków jest użycie obwodów scalonych, redukujących ich wymiany fizyczne, pobór mocy i koszty.

Osiągnięcia w dziedzinie obwodów scalonych, zwłaszcza obwody LSI /wielkiej skali integracji/ wskazują, że rozpoczął się już prawdziwy przełom otwierający czwartą generację komputerów.

Firma Intel Corporation w Santa Clara w Kalifornii wprowadziła na rynek mikroprocesor ze wszystkimi podstawowymi funkcjami tradycyjnego minikomputera, wykonany w jednej płytce /w jednym chipie/ krzemu, która może być zamknięta w obudowie o długości tylko dwóch centymetrów. Dwudziestomikrosekundowe urządzenie model 4004 firmy Intel było pierwszym dostępnym na rynku mikroprocesorem. Nastąpił po nim model 8008, który kupowany w większych partiach kosztuje tylko 65 dolarów, a jest faktycznie nową generacją mikroprocesora z dwunastomikrosekundowym cyklem pracy. Urządzenie zawiera wszystkie podstawowe elementy komputera łącznie z ośmioma rejestrami roboczymi i siedmioma pamięciami notatnikowymi.

Takie jak ta jednostki muszą być uzupełnione innymi składnikami realizującymi zegar wewnętrzny, pamięć główną i wejście/wyjście. Tak więc mikroprocesor stanowi tylko element liczący czy przetwarzający /computing element/, który powinien być używany w taki mniej więcej sposób, jak już tradycyjne elementy w rodzaju multipleksorów, modułów pamięci i rejestrów przesuwnych. Tym niemniej te nowe mikroprocesory mogą stanowić rdzeń mikrosystemów, które, kosztując tylko $ 1250, będą mogły, jak się przypuszcza, zastąpić szereg małych jednozadaniowych minikomputerów, które obecnie kosztują powyżej $ 5.000.

Rysunek 1 pokazuje jak kształtowały się ceny w ciągu ostatniej dekady, przy czym mikroprocesory zaczynają tworzyć swój własny sektor, leżący sporo poniżej sektora elementarnych minikomputerów.

D. Wpływ rozwoju minikomputerów

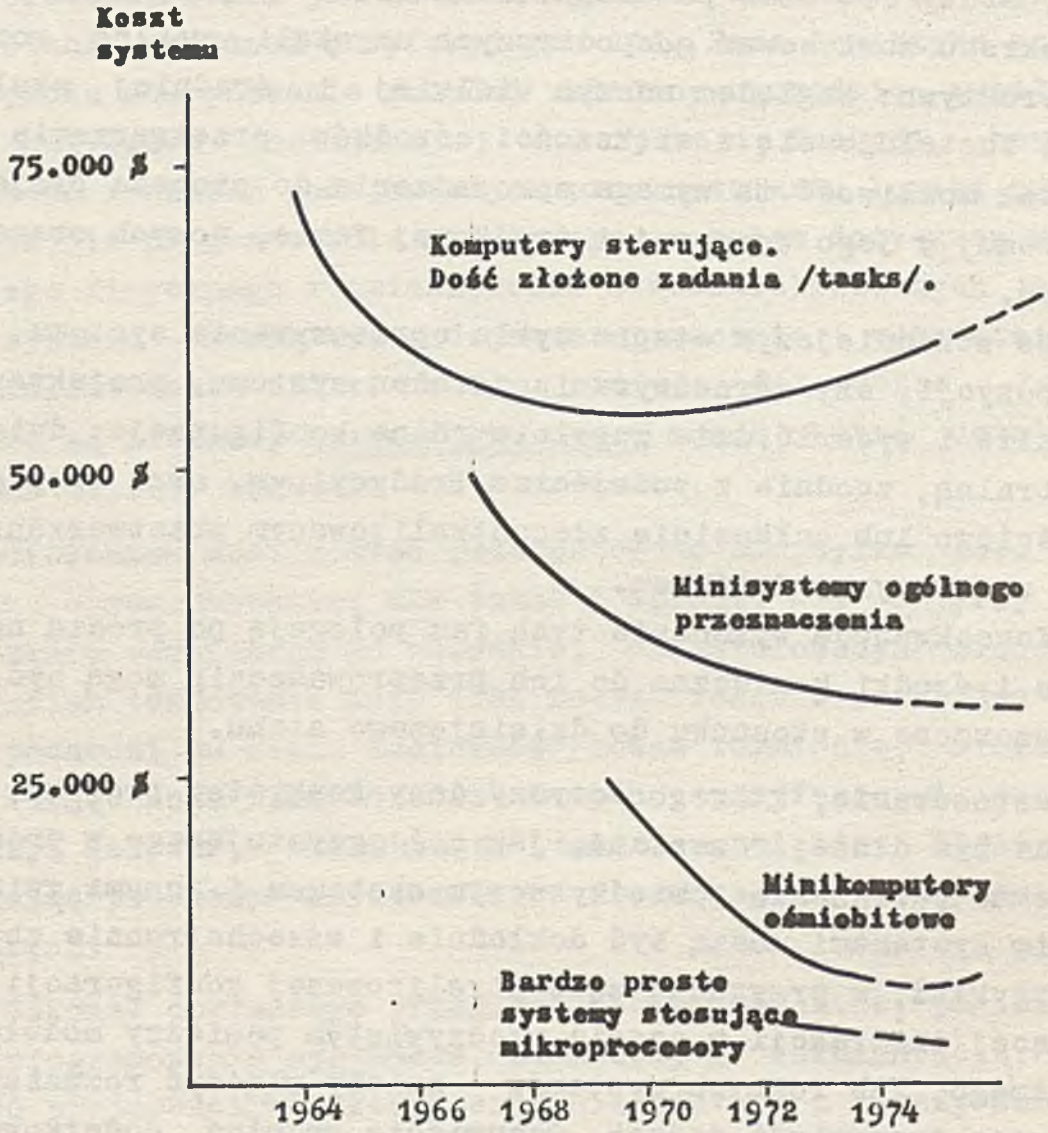
Przypuszczalnie najistotniejszym aspektem rozwoju minikomputerów było spowodowanie konieczności ponownego przemyślenia idei "oszczędności dzięki skali", nieodłącznie, jak uważano, związanej z wielkimi komputerami.

Minikomputery rozwinęły się do stanu, w którym dzisiaj przeciętny minikomputer jest funkcjonalnym odpowiednikiem dużej maszyny sprzed lat dziesięciu.

Mówi się, że idea "oszczędności dzięki skali" przy coraz to większych maszynach jest złudzeniem. W istocie użytkownik otrzymuje mniej od większych maszyn, w stosunku do ich "czystej" mocy przetwarzania[x/].

Rezultaty tego ponownego rozważenia mogą być bardziej przenikliwe niż pierwotnie przewidywano i mogą dodać zupełnie nowy wymiar czy nową fazę do tradycyjnego procesu opracowywania systemu. Rezultaty tej rewizji poglądów mogą pociągnąć za sobą poważne zmiany w strukturze organizacyjnej wydziałów APD w podstawowym podejściu do towarzyszących funkcji wspomagających /np. programowanie systemowe, szkolenie i zbieranie danych/.

x/ EDP Analyzer, The Mini-Computer's Quiet Revolution, Vol.10, Nr 12, Grudzień 1972.


Koszt systemu
75.000 $
50.000 $
25.000 $
Komputery sterujące.
Dość złożone zadania /tasks/.
Minisystemy ogólnego przeznaczenia
Minikomputery ośmiobitowe
Bardzo proste systemy stosujące mikroprocesory
1964
1966
1968
1970
1972
1974

Rys.1.

1. Wpływ na cykl opracowywania systemów /System Development Cycle/

Niezależnie od tego, że pewne zastosowania, które przedtem były albo nieuzasadnione ekonomicznie, albo niemożliwe technicznie, stały się dziś potencjalnie możliwe - projektanci systemów z zakresu zastosowań gospodarczych uzyskali realne rozwiązanie alternatywne względem maszyn wielkiej i średniej skali jakie dziś instaluje się w większości ośrodków przetwarzania danych. Jednak możliwość ta wymaga wprowadzenia do procesu projektowania systemu, w jego wczesnej i środkowej fazie, nowych obszarów rozważań.

We wcześniejszym etapie cyklu opracowywania systemu, w fazie propozycji, czy opracowywania założeń systemu, projektanci muszą ustalić i wycenić dwie zupełnie różne konfiguracje: dużą maszynę centralną, zgodnie z podejściem tradycyjnym, oraz konfigurację o częściowo lub całkowicie zdecentralizowanym przetwarzaniu, zgodnie z nowszym podejściem.

Konsekwencje wykonania tych faz polegają po prostu na tym, że czas i środki konieczne do ich przeprowadzenia mogą być znacznie rozszerzone w stosunku do dzisiejszego stanu.

. Zastosowanie, którego dotyczy dany konkretny projekt, nie może już być dłużej rozważane, jak coś egzystującego w próżni. Wzajemne powiązania pomiędzy nowym systemem i innymi związanymi z nim systemami muszą być dokładnie i wszechstronnie zbadane. Na przykład, w przypadku zdecentralizowanej konfiguracji, wymagającej interakcji w czasie rzeczywistym pomiędzy modułami tego samego, lub różnych systemów - należy włączyć rozważania dotyczące transmisji danych. Oczywiście podażne dodatkowe koszty transmisji danych mogą dać pierwszeństwo tradycyjnemu podejściu stosującemu większe maszyny. Jednak w przypadku,gdy interakcja między modułami nie musi odbywać się w czasie rzeczywistym, lub gdy potrzeba interakcji jest niewielka - zdecentralizowane przetwarzanie może stać się w pełni uzasadnione. Wynika z tego konieczność wcześniejszego i bardziej krytycznego przeglądu nowych zastosowań, wydłużającego cykl projektowania i wymagającego większej świadomości ze strony projektantów systemu.

- Jeśli rozważa się konfigurację zdecentralizowaną, obejmującą zespół minikomputerów, to w trakcie fazy projektowania systemu muszą nie tylko zostać określone zbiory, wejście/wyjście itp., ale także muszą ulec znacznemu rozszerzeniu i komplikacji proste standardy przyjęte już w danym zastosowaniu przez większość ośrodków, takie jak wielkość pamięci rdzeniowej, język, wykorzystanie urządzeń peryferyjnych itd. Sama logistyka nowego podejścia zdecydowanie przyćmi wkładany uprzednio wysiłek. Decyzje dotyczące rzeczywistej dystrybucji funkcji, bardzo zbliżone do rozważań podejmowanych przy ustalaniu logiki przetwarzania dla programowania modułowego, a zatem dotyczące rzeczywistego fizycznego rozmieszczenia zdecentralizowanych elementów systemu - muszą być podejmowane znacznie wcześniej w cyklu projektowania niż to miało miejsce dotychczas. Jeśli stosowane są elementy mikroprogramowane muszą zostać ustalone optymalne udziały software'u i firmware'u.

- Przed wdrożeniem musi zostać przetestowane nie tylko nowo opracowane oprogramowanie, ale także i sprzęt. Nie dotyczy to zastosowania wdrażanego na wcześniej zainstalowanym procesorze. Problem testowania może ulec rozszerzeniu w przypadku gdy sprzęt pochodzi od wielu dostawców /różne terminale, minikomputery, urządzenia wprowadzania danych, peryferia i środki transmisji danych/, utrudniając także ustalenie błędów i zwiększając problemy bezpieczeństwa fizycznego i bezpieczeństwa danych.

- Należy dokonać dokładnego przeglądu takich aspektów, jak szkolenie, programowanie systemowe, standardy i dokumentacja. Na przykład producenci minikomputerów nie oferują z zasady szerokiego szkolenia i związanej z nim dokumentacji, jak to czynią producenci większych komputerów. Obciąża to użytkowników koniecznością opracowania u siebie podstawowej dokumentacji systemu i programów szkolenia. Wymienione czynniki nie powinny być traktowane jako powody skłaniające do poniechania rozważań nad zastosowaniem minikomputerów do celów gospodarczych. Znaczenie tych potencjalnych konsekwencji polega na tym, że należy je brać w rachubę gdy rozważa się użycie minikomputerów, po to by można było prawidłowo ocenić wpływ na organizację.

2. Względy organizacyjne

Fakt, że zdecentralizowane przetwarzanie może wymagać zdecentralizowanego sterowania ma daleko idące skutki organizacyjne. Jakkolwiek widoczne są wyraźne trendy w kierunku centralizacji środków przetwarzania danych /zob. Research Brief E 107 B, "Systems Consolidation and Replacement"/, tendencje te bazują na aktualnie dostępnym sprzęcie i na istniejącej polityce przedsiębiorstw. Jak wykazano wcześniej, postęp techniczny w dziedzinie minikomputerów może zachwiać uznawaną od dawna doktryną "oszczędności przez skalę", przemawiającą za wielkimi procesorami, czyniąc zdecentralizowane środki przetwarzania nie tylko sensownymi, ale i uzasadnionymi ekonomicznie. Niewątpliwie, ta zmiana będzie wymagała odpowiednich zmian w strukturze organizacyjnej, ukształtowanej dla zarządzania i sterowania scentralizowanymi środkami.

Chociaż istnieje wyraźna tendencja w kierunku centralizacji "ciężkiego" sprzętu, równie silny wydaje się ruch w kierunku decentralizacji personelu pracującego w dziedzinie zastosowań. Zatem w dostrzegalnej przyszłości możemy stać się świadkami decentralizacji zarówno zespołów pracujących nad rozwojem zastosowań, jak i części sprzętu /w postaci minikomputerów/. Nie oznacza to jednak w żadnym wypadku zanikania potrzeby centralizacji pewnych funkcji, na przykład:

- wysoko specjalizowany personel w takich dziedzinach jak transmisja danych i symulacja,
- scentralizowane wielkie komputery dla zbiorczych zadań, takich jak przetwarzanie zbiorczych raportów finansowych korporacji, gdy poszczególne raporty składowe są przygotowywane w sposób zdecentralizowany,
- zadania takie jak przeszukiwanie czy reorganizacja wielkiej bazy danych.

Trudno przewidzieć dokładny kształt jaki przyjmie ta reorganizacja. Najważniejsze jest jednak zapewne przygotowanie się na to, że ona nastąpi, gdyż najtrudniejszym elementem zmiany struktury jest zawsze aspekt psychologiczny, nie fizyczny.

E. Podsumowanie i wnioski

W coraz liczniejszych przedsiębiorstwach niekontrolowane wprowadzanie minikomputerów prowadzi do powodzi problemów. W zasadzie powstają one dlatego, że działający w różnych obszarach zastosowań użytkownicy instalują minikomputery bez ścisłego włączenia w to swoich własnych wydziałów przetwarzania danych, w wyniku czego posiadane tam doświadczenie w wyborze, wdrażaniu i stosowaniu komputerów nie jest wykorzystywane.

Izolowanie się takich użytkowników powoduje te problemy prawie w każdym przypadku, z typowymi rezultatami w postaci zaprzepaszczenia wszelkich wstępnych korzyści ekonomicznych, czy wzrostu elastyczności, jakiego można by oczekiwać.

Konieczność ujednolicenia polityki przedsiębiorstwa /a być może i procedur/ odnośnie stosowania minikomputerów jest widoczna. Polityka ta musi być ustanawiana i realizowana z dostatecznie wysokiego szczebla w przedsiębiorstwie, by wyeliminować dysputy wewnętrzne.

Dalej, doświadczenie i specjalistyczna wiedza wydziału przetwarzania danych powinny być wykorzystywane i praktyka pokazuje, że ich trwałe włączenie do wprowadzania minikomputerów może pomóc w ich rentownym wyzyskaniu.

Chyba najistotniejszym wnioskiem jaki można stąd wyciągnąć jest stwierdzenie, że wykorzystanie minikomputerów nie powinno być dłużej lekceważone i pomijane, jako nieodpowiednie w zastosowaniach gospodarczych. Możliwość ich zastosowania w tej dziedzinie została już wykazana, a względna ilość instalacji będzie nadal wzrastała.

Towarzyszy tym zmianom - które mogą uczynić realną i żywotną ideę automatyzacji zastosowań dotąd odrzucanych - zmiana podejścia do opracowywania systemów i do struktury organizacyjnej wydziałów APD. Dopiero ostatnio zaczęło się ono stabilizować, ale dla warunków scentralizowanego przetwarzania.

III. TECHNIKA A RYNEK MINIKOMPUTERÓW

Pierwsze układy logiczne minikomputerów wykorzystywały tranzystory. Dopiero jednak nadejście obwodów o średniej skali integracji spowodowało rozprzestrzenienie się minikomputerów. Postęp techniczny tak znacznie zredukował cenę elementów logicznych, że komputery będące funkcjonalnymi równoważnikami wielkich komputerów sprzed dziesięciu lat mogą dziś być produkowane i sprzedawane w cenie poniżej 20.000 dolarów. W związku z rozwojem wielkiej skali integracji i nowymi rozwiązaniami technicznymi pamięci przewiduje się w ciągu następnych trzech do pięciu lat jeszcze większy spadek cen minikomputerów, przy dalszym wzroście ich możliwości.

A. Osiągnięcia techniczne

Integracja wielkoskalowa /LSI - Large-Scale Integration/ - w ciągu ostatniego dziesięciolecia obserwowaliśmy drogę przemysłu od jednego obwodu na jednej płytce /chip/ do 10-50 obwodów na jednej płytce, czemu towarzyszył poważny wzrost niezawodności. Nie wiadomo na razie gdzie leży, jeśli w ogóle istnieje, górna granica integracji. Jakkolwiek by się nie okazało, integracja stwarza możliwość obniżki kosztów do kilku centów za obwód, poprawy niezawodności i oferowania bardzo wysokich prędkości pracy.

Technika pamięci - w przeszłości pamięć główna była oparta na rdzeniach magnetycznych. Obecnie kilku producentów oferuje pamięci półprzewodnikowe. Ponieważ pamięć często stanowi 40% lub więcej globalnej ceny komputera, ulepszenia w technice pamięci w zakresie jej własności czy kosztu będą w istotny sposób wpływały na przyszłą architekturę i ceny minikomputerów.

Ogólnie rzecz biorąc, podstawowa prędkość działania komputera

limitowana jest prędkością pamięci. Obwody logiczne[x/] aktualnie dostępne mogą z powodzeniem sprostać dowolnej prędkości pamięci w minikomputerach. W rezultacie szereg firm konstruuje obecnie jednostkę centralną tak, by z chwilą pojawienia się szybszych pamięci można było zastosować je bez przeprojektowywania systemu. Jakkolwiek możliwości funkcjonalne minikomputerów zależą w znacznym stopniu od użytej techniki pamięci, należy podkreślić, że sprawność konkretnych obwodów przełączających i konkretnych pamięci w istotny sposób zależy od architektury, repertuaru rozkazów, długości słowa i wbudowanych funkcji.

Urządzenia peryferyjne - koszt urządzeń peryferyjnych i sprzęgających ograniczał rozrost rynku minikomputerów. Z rozwojem techniki koszt urządzeń peryferyjnych będzie nadal spadał, a własności będą się poprawiały, w wyniku czego będą mogły być budowane lepiej zrównoważone systemy. /Nie przewiduje się, by spadek cen urządzeń peryferyjnych i wzrost ich własności odbywał się z taką szybkością jak w przypadku układów logicznych i pamięci, a zatem ceny urządzeń peryferyjnych i ich własności mogą okazać się nadal czynnikiem ograniczającym/.

Architektura - w trzeciej generacji komputerów, erze maszyn IBM System/360, producenci starali się pomieścić w jednej jednostce centralnej /CPU - central processing unit/ wszystkie możliwe funkcje i środki realizacyjne. W rezultacie powstało poważne opóźnienie w rozwoju oprogramowania i niewykorzystanie ekonomicznych możliwości sprzętu. Nowe i kompleksowe założenia robiono w oparciu o ograniczoną wiedzę. Konieczność przeprojektowania niektórych cech spowodowała opóźnienia we wprowadzaniu nowych modeli, a niektóre już zapowiedziane charakterystyki nie zostały zrealizowane. Użytkownik musiał sobie sam radzić z wynikłymi brakami systemów.

Obecnie jednak można dostrzec tendencje w kierunku separacji funkcjonalnej wewnątrz systemu. Można powiedzieć,że systemy niedalekiej przyszłości będą zbiorem złożonym z:

---

x/ Obwody przełączające /przyp.tłum./.

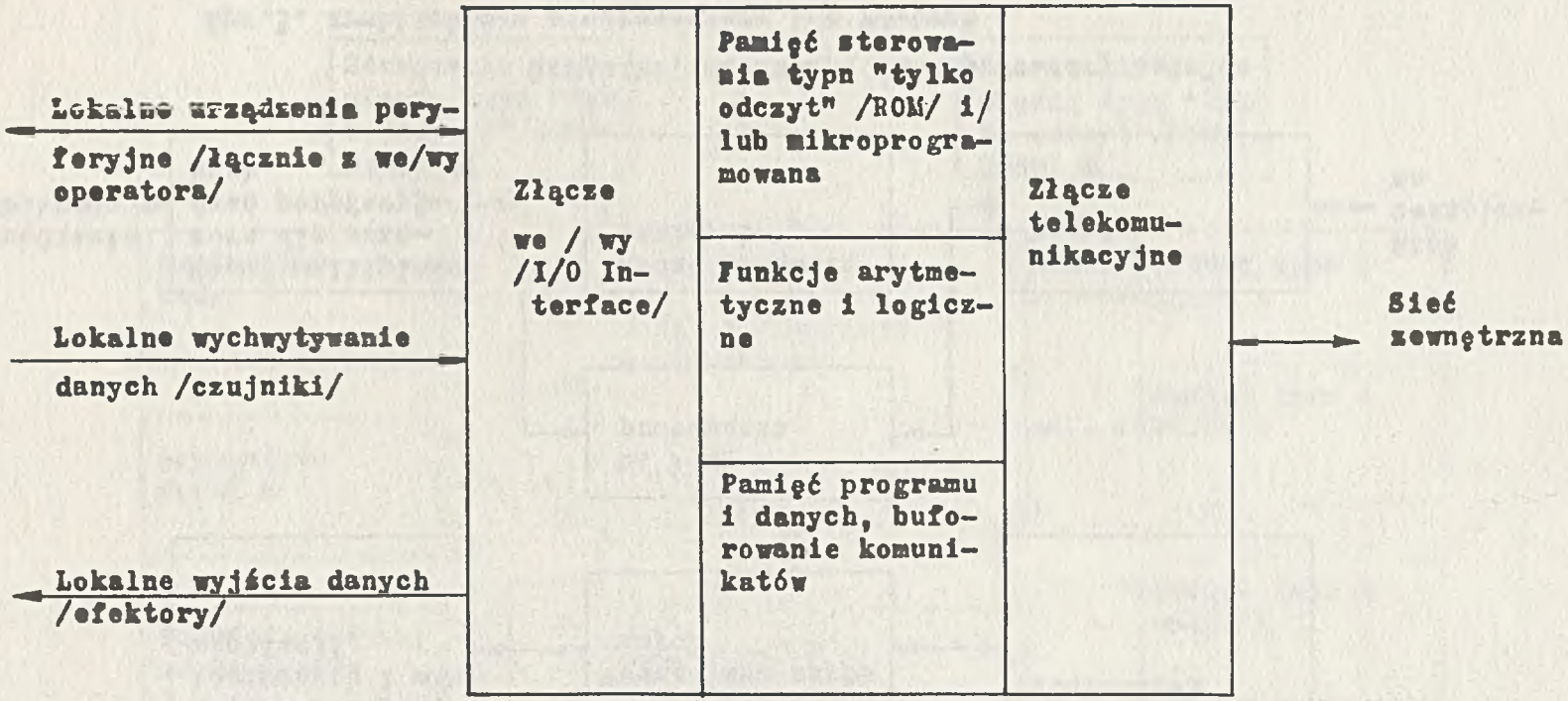
. zdecentralizowanych pamięci,
. zdecentralizowanych jednostek arytmetycznych,
. zdecentralizowanych pamięci sterowania typu "tylko odczyt" /read-only/,
. układów logicznych procesora we/wy.

Elementy te będą zorganizowane w jeden system, z wykorzystaniem układu szyn /bus structure/ dla wewnętrznego sterowania i komunikacji.

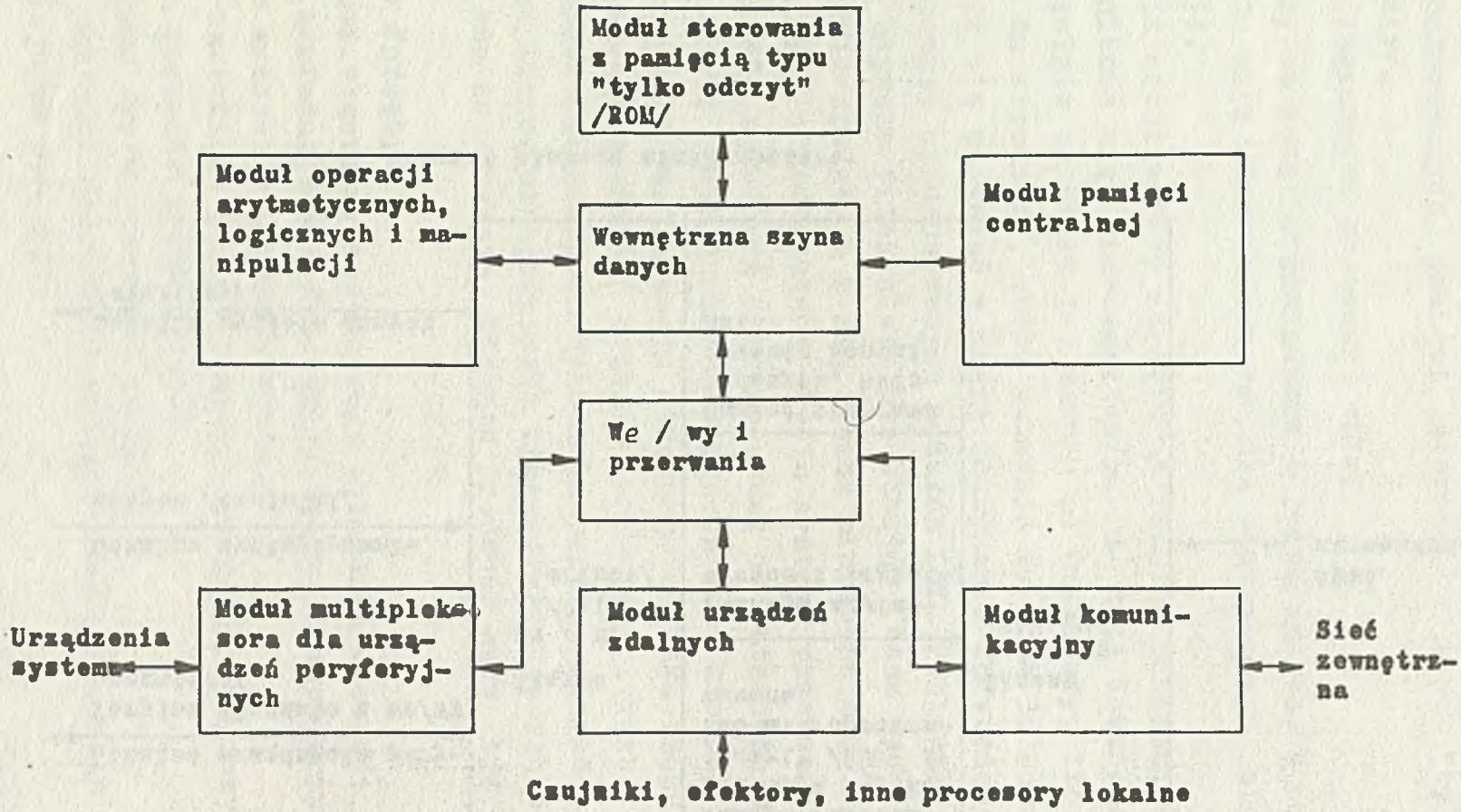
Ewolucja architektury sprzętu ma istotne znaczenie dla rozprzestrzeniania się minikomputerów. W tej dekadzie będziemy przypuszczalnie oglądali jej zmiany od struktury, którą pokazuje rysunek 2 do struktury, którą pokazuje rysunek 3. Nowa architektura będzie się pojawiać w miarę zdobywania doświadczenia w stosowaniu obecnie opracowywanych modułów LSI. Ponieważ te same moduły będą używane przez wielu producentów, cena tych podzespołów będzie ciągle spadać, a z nią i cena minikomputerów.

Będące dziś w powszechnym użyciu systemy przetwarzania danych cyfrowych mają strukturę przystosowaną do atakowania problemów drogą sekwencji indywidualnych operacji czy kroków, z których każdy wykonywany jest w ciągu odrębnego odcinka czasu. Chcąc na takiej maszynie rozwiązać problem szybciej, trzeba zredukować odcinki czasu potrzebne do wykonania poszczególnych operacji,lub zmniejszyć liczbę sekwencyjnych operacji wymaganych do rozwiązania problemu na maszynie. Większa prędkość może być osiągnięta przez:
. szybszy sprzęt,
. ulepszone algorytmy maszynowego wykonania operacji,
. metody nakładania się /w czasie/ operacji maszynowych koniecznych do wykonania danego rozkazu,
. metody nakładania się /w czasie/ operacji maszynowych dla kolejnych rozkazów sekwencyjnych,
. pełniejsze /more powerful/ rozkazy,
. lepsze techniki sterowania służące identyfikowaniu i wykonywaniu kolejnych operacji.

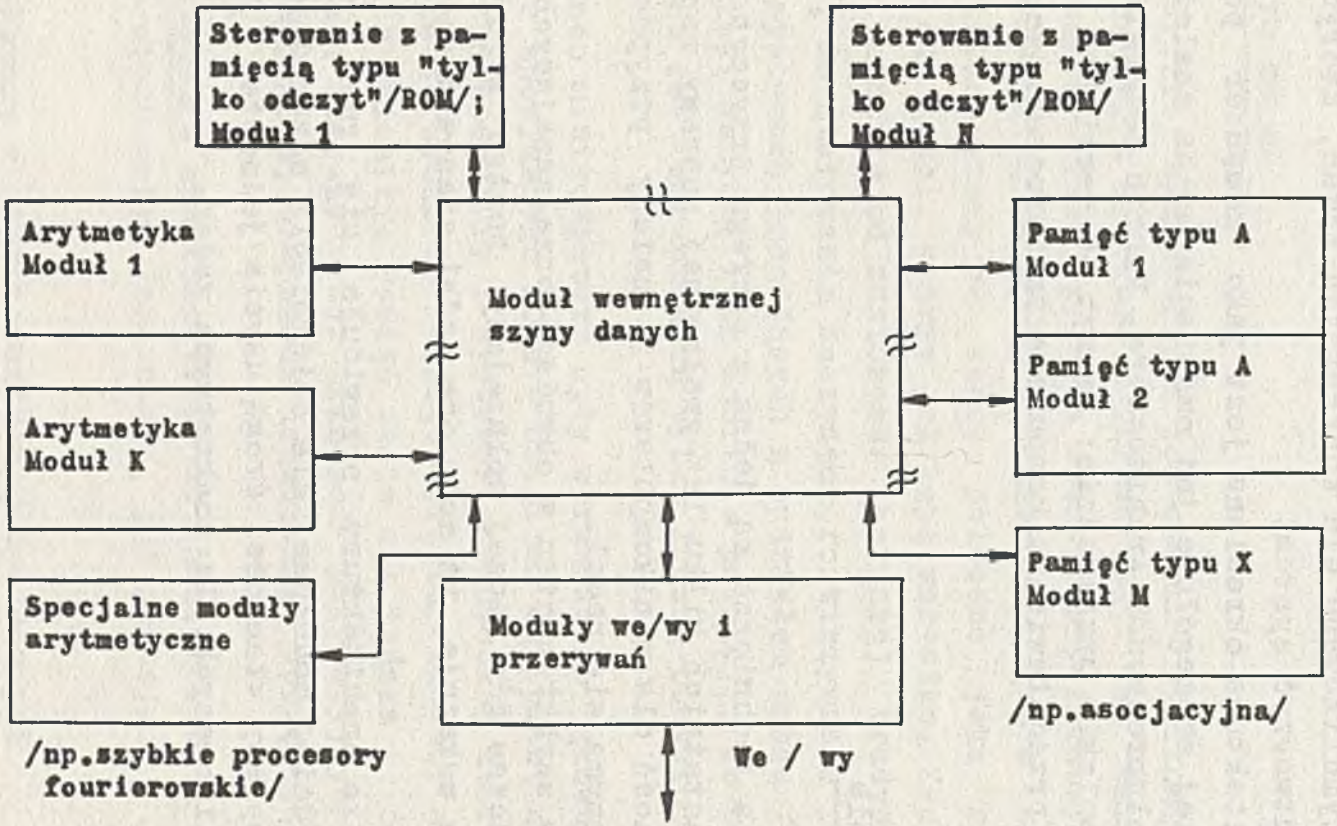
Każdy z tych sposobów jest w stanie przyspieszyć proces sekwencyjnego rozwiązywania problemu. Nie jest to jednak jedyna droga uzyskania większej szybkości. Lepszym sposobem jest zmiana



Rys.2. Schemat blokowy minikomputera



Rys.3. Architektura minikomputera lat 70-tych



Rys.4. Komputer poliprocesorowy

podstawowej struktury maszynowego sposobu rozwiązywania problemów. Znaczy to zorganizować maszynę tak,by atakowała szereg kroków rozwiązywania problemu raczej równosześnie, niż sekwencyjnie w kolejnych odcinkach czasu albo zaprojektować jednostki funkcjonalne zoptymalizowane dla konkretnych zadań, których połączenie mogłoby utworzyć system.

Taka architektura określana jest jako "komputer poliprocesorowy". Bardziej szczegółowe jej omówienie można znaleźć w raporcie E 100 "Polyprocessor Architecture, Fourth Generation Breakthrough" /w polskim przekładzie: Zeszyt 48 serii EPB Diebolda/. Schematyczne przedstawienie komputera poliprocesorowego pokazuje rysunek 4.

B. Podsumowanie

Osiągnięcia techniczne są jedną z szeregu przyczyn występującej w ciągu ostatnich kilku lat gwałtownej poprawy współczynnika cena/efektywność dla minikomputerów i należy przypuszczać, że trend ten utrzyma się nadal.

Zanotowano szybki postęp w obwodach przełączających i w pamięciach, podczas gdy raczej wolniejszy postęp w urządzeniach peryferyjnych wskazuje, iż mogą one nadal stanowić czynnik ograniczający.

W dziedzinie architektury przewiduje się ruch w kierunku struktury bardziej modułowej dla osiągnięcia oszczędności w wytwarzaniu i poprawy własności drogą użycia jednostek funkcjonalnych zoptymalizowanych dla konkretnych zadań.

IV. KRÓTKI PRZEGLĄD NIEKTÓRYCH ZASTOSOWAŃ MINIKOMPUTERÓW

A. Atmosfera zmian

Wśród bardziej egzotycznych zastosowań minikomputerów wyliczonych w ostatnim artykule w DATAMATION[x/] są takie czynności jak: sortowanie śmieci, pisanie scenariuszy filmowych, kierowanie eksperymentalną taksówką bez kierowcy, gra w szachy i gry wojenne. Minikomputery są także polecane jako modny prezent gwiazdkowy dla ludzi, którzy już mają wszystko. Zastosowania te różnią się istotnie od zastosowań bardziej tradycyjnych /zob. tablica 2/, do sterowania maszynami, rozwiązywania problemów naukowych, w systemach pracujących z podziałem czasu /time-sharing/ i w transmisji danych, lecz dobitnie pokazują, że przyszłość minikomputerów jest ograniczona tylko ludzką pomysłowością i wyobraźnią.

Początkowo minikomputery były sprzedawane głównie wytwórcom wyposażenia specjalnego /OEM - original equipment manufacturers/ - producentom aparatury i systemów sterowania, którzy wstawiali "gołe", małe skrzynki do swojego sprzętu. Akcenty na rynku teraz wyraźnie się zmieniły. Pamięć stała się tańsza i obszerniejsza, dostępny jest szerszy wybór urządzeń peryferyjnych, opracowano pakiety programowe, ulepszono urządzenia sprzęgające i służby wspierania.

Okres systemów minikomputerowych, nakierowanych na rynek ostatecznego użytkownika /end-user/, już nastaje.

B. Minikomputery w zastosowaniach gospodarczych

Jeszcze zupełnie niedawno minikomputer jako samodzielny system wydawał się propozycją związaną z niebezpieczeństwem. W

---

x/ Gardner W.D., "Those Omnipresent Minis", Datamation, lipiec 1973.

TABLICA 2

RODZAJE ZASTOSOWAŃ MINIKOMPUTERÓW*/

1. Systemy gospodarcze "pod klucz" /Turnkey business systems/
Zastosowania w rachunkowości /rachunki dłużników, rachunki wierzycieli, płace, księgowość ogólna, raporty wpływów i wydatków/, zbieranie zamówień, sterowanie zapasami, raporty analityczne /analizy zbytu, analizy zaopatrzenia, analizy amortyzacji, analizy okresu zwrotu nakładów, analizy giełdowe/, dane personalne, uaktualnianie katalogów.

2. Przetwarzanie ogólnego przeznaczenia
Translacja taśma-taśma dla niejednakowych komputerów; sprawdzenie formatu wejścia "bibliograficznego" /wprowadzanie informacji, a nie wprowadzanie danych/; systemy wprowadzania danych /jak np. klawiatura - dysk/; wewnętrzne /in-house/ systemy z podziałem czasu; hierarchizowanie podziału czasu, gdy mniejszy system podłącza się do większego; systemy zapytywania /inquiry system - sprawdzanie kredytu, hurtowe udzielanie pożyczek hipotecznych/; małe komputery gospodarcze ogólnego przeznaczenia /general purpose business computers - takie jak System 3 i B 1700/ dla szerokiego wachlarza użytkowników gospodarczych.

3. Zbieranie danych, nadzór i sterowanie
   a. Zbieranie danych, wstępne przetwarzanie i magazynowanie: fabryczne systemy kontroli czasu /time and attendance systems/, wydawanie i przyjmowanie materiałów, transakcje i zapisy w punktach sprzedaży, dane z satelitów meteorologicznych.
   b. Zbieranie danych, przetwarzanie, magazynowanie, opracowywanie sprawozdań, odpowiadanie na zapytania: rejestracja zapisów transakcji w masowych magazynach sprzedaży /takich jak supermarkety/, raporty związane ze zmianami cen artykułów.
   c. Nadzór nad złożonymi procesami /działaniami/ z wieloma wejściami, ewentualnie z pewnym sterowaniem: testowanie w przemyśle /silniki, sprzęt elektryczny i elektroniczny/; sterowanie i kontrola urządzeń w budynkach /ogrzewanie, wentylacja, klimatyzacja, pożar, bezpieczeństwo, obserwacja klatek schodowych/; dozór w systemach zabezpieczeń /kontrola dostępu ludzi, sprawdzanie zamknięcia drzwi, sprawdzanie cyfrowych zapisów głosu/; sterowanie pracą obrabiarek w hali fabrycznej; sterowanie wytwarzaniem i przesyłem mocy; sterowanie magazynowaniem i przesyłem wody, nadzór pracy linii produkcyjnych /dobra produkcja, braki itp./, obserwacja cen akcji giełdowych; elastyczny system okienkowy /zmienia przydział okienek w zależności od obciążenia/.
   d. Sterowanie bezpośrednie: sterowanie pakowania dla zmniejszenia przepełnień, sterowanie zautomatyzowanych procesów montażu; sterowanie sygnalizacją uliczną dla poszczególnych skrzyżowań.
   e. Sterowanie złożonych maszyn i procesów: sterowanie układarkami w zautomatyzowanych magazynach, sterowanie produkcją w petrochemii, sterowanie systemów operowania bagażem; sterowanie urządzeniami peryferyjnymi komputera; sterowanie położeniem w systemach telemetrycznych /które dane zbierać, kiedy agregować dane/; sterowanie systemami gromadzenia danych /wykrywanie i sygnalizowanie odchyleń/.

4. Zautomatyzowane wejście/wyjście
Optyczne rozpoznawanie znaków OCR /sterowanie czytaniem, opuszczaniem/; sterowanie terminalami z monitorami graficznymi /włączając w to odświeżanie obrazu, przerwania, formatowanie/; sterowanie koordynatografów pracujących off-line; sterowanie wyjściem komputera na mikrofilm; sterowanie systemami reagującymi na głos.

5. Teledacja
Procesory komunikacyjne front-end; przełączanie komunikatów w systemie store-and-forward, koncentratory danych i koncentratory linii; multipleksory, układy kontroli uszkodzeń linii; sterowanie terminalem, przełączanie linii w wewnętrznej sieci przedsiębiorstwa; kompresja /dekompresja danych/.

6. Dozór, analiza i sterowanie w badaniach fizycznych; kontrola warunków doświadczenia /komory próżniowe, próby cieplne, tunele aerodynamiczne/; zbieranie danych o badanym urządzeniu w trakcie próby; przygotowywanie parametrów dla ustawienia nowych warunków doświadczenia /szybciej niż mógłby to uczynić człowiek/; analiza wyjścia rozmaitych instrumentów naukowych mierzących zjawiska fizyczne; symulowanie trudnych do odtworzenia zdarzeń /takich jak spotkanie dwóch ciał w przestrzeni kosmicznej/; nadzór i kontrola środowiska /zanieczyszczenie atmosfery, zanieczyszczenie wody, hałas, neutralizacja ścieków, rozprowadzanie opadów burzowych/.

7. Dozór i sterowanie w naukach medycznych: obróbka danych w laboratoriach klinicznych; analiza zapisów elektrokardiograficznych; automatyczny dozór stanu pacjentów w salach intensywnej opieki: planowanie zabiegów w terapii radiacyjnej; analizy danych dotyczących rytmów biologicznych.

8. Inne zastosowania: edukacja /systemy szkolne z podziałem czasu, nauczanie z pomocą komputera, rejestracja danych o studentach, harmonogramy zajęć szkolnych, szkolenie w posługiwaniu się komputerem/; inżynieria /gotowe systemy "pod klucz" dla obliczeń inżynierskich z zakresu budownictwa, mechaniki, elektroniki itp./; automatyczny skład do druku.

---

*/ Przedrukowane za zgodą Canning Publications Inc., Vista, Kalifornia, z "EDP Analyzer", grudzień 1972, s. 13

szczególności powszechnym zjawiskiem było wydawanie poważnych sum pieniędzy na redundantne oprogramowanie dla szeregu systemów wewnątrz tej samej korporacji. W powiązaniu z nieprzenośnością tego rodzaju oprogramowania, zalety wynikające z tańszego sprzętu często były niwelowane przez niepomiernie wysokie wydatki na opracowanie oprogramowania. Widoczne jest jednak, że sytuacja ta się zmienia, zarówno z powodu wzrastającego przygotowania użytkowników do takich potencjalnych problemów, jak i w wyniku szerszego wsparcia ze strony wytwórców minikomputerów. Dostawcy systemów "pod klucz" /turnkey/ dostarczają minikomputer, oprogramowanie, programy aplikacyjne, pomoc techniczną /support/ i serwis. Wielu dostawców z powodzeniem instaluje na tej zasadzie minikomputery jako pomoc w takich zastosowaniach, jak: rachunkowość, fakturowanie, sterowanie zapasami, zbieranie zamówień, transmisja danych itd.

Przykładem firm, które z powodzeniem zainstalowały minikomputery dla zastosowań gospodarczych są Jewel Companies Inc[x/] i Predelivery Service Corporation[xx/].

W Jewel, korporacji składającej się z 13 indywidualnych przedsiębiorstw z ponad 400 punktami sprzedaży detalicznej,systemy minikomputerowe istnieją pośród scentralizowanych systemów komputerowych.

Ściśle określone informacje, potrzebne zwłaszcza w oddziałach typu supermarket, z takich dziedzin jak księgowanie i zarządzanie kapitałem gotówkowym, analizy sprzedaży, rozliczanie personelu, płatności firmy, dystrybucja, zarządzanie magazynami - dostarczane są przez transmisję danych oraz przez minikomputerowe systemy umieszczone bezpośrednio w magazynach /in-the-store systems/.

Podstawą systemów magazynowych jest minikomputer służący jako główne urządzenie sterujące /master controller/ magazynem. Ma on podłączone końcówki przy ladach ekspedycji, które z kolei są sterowane przez osobny minikomputer. Główny minikomputer realizuje

---

x/ Shatz, Vermon L. "Computer Networks for Retail Stores" kwiecień 1973.

xx/ Wetzel, Wm.R. "Minisystem Mixes Real-Time, Batch", Computer Decisions, czerwiec 1973.

także komunikację z większym, centralnie zlokalizowanym ośrodkiem komputerowym. Systemy te poza działaniem jako systemy wprowadzania i zbierania danych stwarzają możliwość przetwarzania na szczeblu magazynu w każdej chwili, gdy tego zażąda kierownictwo magazynu.

Minikomputery umożliwiają także stosowanie jednocześnie różnych trybów przetwarzania. Sieć minikomputerów firmy Predelivery Service Corporation w La Mirada w Kaliforni pracując w czasie rzeczywistym, pozwala na zapytywania w trybie on-line, kierowane do zbiorów sieci za pomocą terminali CRT /Cathode Ray Tube - terminale na lampie elektronopromiennej/ z wielu stacji i produkuje szereg raportów dla kierownictwa.

Najpoważniejszego wkroczenia do gospodarki dokonały jednak systemy minikomputerowe określane powszechnie jako komputery biurowe /office computers/.

Poważny postęp na tym polu osiągnięto w Europie. Na przykład Diebold Deutschland Statistik z 1 lipca 1972 roku wykazała, że w samej tylko NRF na początku 1972 roku było zainstalowanych 36.500 małych komputerów biurowych /w dodatku do 2.500 "tradycyjnych" minikomputerów i 8.200 komputerów ogólnego przeznaczenia/. Ocenia się, że 50% z tego to niezależne systemy gospodarcze używane w wymienionych wyżej zastosowaniach. Pozostałe systemy używane są do zbierania /wprowadzania danych, do transmisji danych, lub do obu tych celów łącznie.

W Europie takie komputery gospodarcze zaspokoiły potrzebę małego, niezawodnego i niedrogiego systemu liczącego, bliskiego obszarowi działania, który przetwarzałby znaczny procent bardziej "wrażliwych" /przede wszystkim finansowych/ danych przedsiębiorstwa. Aż do ostatnich czasów tę samą funkcję w Stanach Zjednoczonych spełniały prawie wyłącznie komputery ogólnego przeznaczenia.

Powszechnie znany jest sukces takich wytwórców jak Philips, Kienzle, Nixdorf, Olivetti i inni. W niektórych przypadkach sukces został osiągnięty częściowo dzięki wiedzy zgromadzonej w trakcie wytwarzania minikomputerów do zastosowań tradycyjnych.

Użycie takich niezależnych komputerów gospodarczych ma szereg zalet, lecz stwarza potencjalne problemy, różne od wspomnianych uprzednio.

Najistotniejsze spośród zalet to:

- wkomponowanie minikomputera w środowisko, dla którego staje się on podstawowym narzędziem,
- posługiwanie się komputerem wprost przez merytoryczny personel liniowy przedsiębiorstwa, zamiast za pośrednictwem personelu APD, likwidując potrzebę operatorów komputera, programistów, konserwatorów itd.,
- dostępność oprogramowania aplikacyjnego dla większości podstawowych funkcji gospodarczych,
- krótkie okresy wdrażania /rzędu tygodni/ dla poszczególnych zastosowań,
- dostępność wystarczającej, zorientowanej na zastosowania pomocy technicznej i fachowej ze strony producenta, w przeciwieństwie do zaaferowania charakterystykami technicznymi, jak to ma miejsce w przypadku komputerów ogólnego przeznaczenia.

Potencjalne niebezpieczeństwa to:

- nagromadzenie się małych, izolowanych systemów spełniających podobne funkcje,
- brak możliwości przyszłej integracji danych na większą skalę, z powodu ograniczonej przepustowości wejścia/wyjścia i mocy przetwarzania,
- nieelastyczność, lub ograniczenia w rozwijaniu bardziej złożonych zastosowań komputerów.

C. Zastosowania teleinformatyczne

Powszechnym zastosowaniem, w którym minikomputery już dobrze utrwaliły swoją pozycję i które przyciąga wzrastającą uwagę producentów minikomputerów jest telekomunikacja. Jedno z najpowszechniejszych zastosowań polega na użyciu minikomputera jako procesora front-end dla wielkiego komputera. Specjalizowany minikomputer może realizować zadania transmisji danych w systemie pracującym w czasie rzeczywistym, w zasadzie bardziej efektywnie

niż główna jednostka centralna - zadania w rodzaju wykonywania podprogramów dla operacji wejścia/wyjścia /w tym także koncentracja komunikatów, konwersja kodów danych, kontrolowanie błędów/ i sterowania linią. Minikomputery bywają również oprogramowywane dla bardziej na zastosowania zorientowanej obsługi ruchu komunikatów i ich redagowania.

Zastosowania teleinformatyczne obejmują również użycie programowanych minikomputerów jako urządzeń do zdalnego wprowadzania zadań do przetwarzania partiowego na wielkim komputerze. Przewaga nad nieprogramowalnymi /hard-wired/ terminalami RJE /Remote Job Entry - zdalne wprowadzanie zadań/ leży w elastyczności - zarówno w sensie zwiększonej niezależności realizowanych funkcji jak i w sensie większej swobody prodecenta.

Podział czasu niezależnie od komputera centralnego jest kolejną funkcją, która otwarta została dla nowych, silnych minikomputerów. Zastosowania takie jak rozwiązywanie problemów naukowych i technicznych wydają się być tu osiągalne. Także proste zapytywanie kierowane do zbiorów /być może tworzonych na kompatybilnym nośniku przez komputer instalacji głównej/ może być w pewnych okolicznościach rozwiązaniem pożądanym. Tablica 3[x/] stanowi przegląd wielu potencjalnych zastosowań minikomputerów w teledacji.

1. Minikomputery w zdecentralizowanym przetwarzaniu

Zdecentralizowane przetwarzanie, jako rezultat dostępności niezawodnych środków telekomunikacyjnych wysokiej jakości i możliwości skoncentrowania większej mocy przetwarzania w mniejszych i tańszych ramach - stało się jedną z nowszych technik opartych na telekomunikacji.

Obciążenie może teraz być rozdzielane pomiędzy różne zasoby przetwarzające, wewnątrz zorganizowanej sieci komunikacyjnej zarządzanej według wspólnego zbioru zasad.

---

x/ Przedrukowana z Automatic Data Processing Newsletter, Vol.XVI, Nr 9, 1 maj 1972, publikowanego przez Management Science Publishing, Inc., podlegające Diebold Group, Inc.

TABLICA 3

POTENCJALNE ZASTOSOWANIA TELEDACYJNE MINIKOMPUTERÓW W WYBRANYCH GAŁĘZIACH PRZEMYSŁU

Prawie nie ma zastosowań minikomputerów, które nie byłyby choć w pewnym stopniu związane z teledacją. Przykłady: zdalna końcówka o małej szybkości w systemie zbierania danych laboratoryjnych..., zdalne wprowadzanie zadań do wielkiego procesora centralnego. Zastosowanie minikomputerów wzrasta także w zakresie funkcji teledacyjnych tradycyjnie stanowiących dziedzinę konstrukcyjnie wyspecjalizowanych /hardwired/ urządzeń, takich jak zdalne terminale partiowe, zdalne multipleksory i procesory front-end. W związku z silnym wkroczeniem Data Equipment Corporation na rynek telekomunikacyjny dyrektor do spraw marketingu dla DECcomm 11, Donald A. Alusic podkreślił następujące potencjalne zastosowania:

. finanse /banki, ubezpieczenia, maklerzy giełdowi/. W dziedzinach tych będą nadal stosowane komputery zorientowane na teledację, dla okienek pracujących on-line, dla przetwarzania on-line dotyczącego pożyczek, dla sprawdzania kredytu, dla notowań giełdowych, dla przerzutów giełdowych itd. Minikomputery będą używane w zdalnych terminalach partiowych, procesorach front-end i jako samodzielne systemy,

. transport /linie lotnicze, koleje, transport morski, transport samochodowy, hotele, wynajem samochodów/. Linie lotnicze stosują od wielu lat systemy on-line do rezerwacji miejsc i podobnie czynią hotele i przedsiębiorstwa wynajmujące samochody. Minikomputery obejmą i inne funkcje, takie jak przełączanie komunikatów, sterowanie zapasami i ogólna rachunkowość. Najbardziej interesującym dla transportu zastosowaniem będą zdalne koncentratory i systemy przełączenia komunikatów,

. służba zdrowia /zbiory informacji medycznych, zapisy danych o pacjentach, automatyzacja laboratorium analitycznego, sterowanie zapasami leków, obliczanie należności od pacjentów/. Próby umieszczenia wszystkich funkcji służby zdrowia związanych z kompleksem szpitalnym na pojedynczym dużym komputerze nie okazały się szczególnie pomyślne. Aktualna tendencja zmierza w kierunku rozdzielenia funkcji na mniejsze elementy obsługiwane przez liczne minikomputery. Będą one włączone w sieć telekomunikacyjną by utworzyć całościowy medyczny system informacyjny. Szpitalnictwo będzie używało zdalnych koncentratorów, systemów front-end i niezależnych systemów banków danych,

. oświata. Systemy komputerowe dla wspomaganego komputerem nauczania stosują końcówki, które ćwiczą i testują studentów za pomocą serii pytań i odpowiedzi. Celem w tym zakresie jest obniżenie kosztu studentogodziny poniżej 1 dolara. Wiele małych wielokońcówkowych komputerów służy temu zastosowaniu. W miarę spadku cen sprzętu minikomputerowego wzrośnie popyt na takie systemy wielokońcówkowe. Interesujące są także zdalne terminale partiowe, procesory komunikacyjne front-end, wielkie komputery do pracy wsadowej /obsługiwane przez minikomputery/ i sieci komputerowe, w których zasoby odpowiadające wielkiemu komputerowi są rozdzielone w wyniku zastosowania minikomputerów,

. biura usługowe /systemy abonenckie, kierowanie ośrodkami obliczeniowymi, usługi teledacyjne/. Wielkie organizacje usługowe jak General Electric, Tymshare, UCC rozwijają się obejmując planowanie gospodarcze, analizę systemową, usługi z dziedziny zarządzania i programowanie aplikacyjne. Z reguły wymagają one przetwarzania telekomunikacyjnego front-end dla systemów przełączenia komunikatów,

. hurtownicy i sprzedawcy detaliczni. Minikomputery będą stosowane do sterowania zapasami, fakturowania i bezpośredniego ujmowania danych w punktach sprzedaży. Będzie to wymagało zdalnych końcówek partiowych, zdalnych koncentratorów i systemów front-end, systemów ujmowania danych w punktach sprzedaży i samodzielnych wielokońcówkowych systemów baz danych;

. wytwarzanie. Zastosowania minikomputerów w wytwarzaniu dzielą się na trzy kategorie, związane z: 1/ procesem produkcyjnym, jak sterowanie procesem, automatyczne testowanie, sterowanie numeryczne i zbieranie danych, 2/ procesem zaopatrzenia i zbytu, jak rejestracja zamówień, fakturowanie wysyłka i odbiór, 3/ danymi administracyjnymi, jak przełączanie komunikatów. Zastosowania te wymagają komputerów ze zdalnym zbieraniem danych, zdalnych koncentratorów danych i zdalnych końcówek partiowych, systemów z komputerami front-end i systemów przełączania komunikatów,

. administracja publiczna. Komputery są coraz częściej używane do sterowania ruchem ulicznym, szybkiego wyszukiwania danych związanych z wymiarem sprawiedliwości, odczytu stanu liczników, rozsyłaniem informacji pożarowych i policyjnych itp. Wymagane będą zdalne koncentratory, systemy front-end i niezależne wielokońcówkowe systemy baz danych,

. reagowanie na głos. Zastosowanie urządzeń reagujących na głos będzie wzrastało w wielu dziedzinach. Najbardziej interesujące są systemy potwierdzania kredytu, systemy podawania notowań giełdowych i automatyzacja wielu, dziś ręcznie wykonywanych, czynności operatora telefonu.

System, w którym połączono szereg minikomputerów osiągnął już pewne sukcesy w Uniwersytecie Kalifornijskim w Irvine[x/]. Stosując koncepcję, która może być określona jako system pierścieniowy, zadania do przetwarzania są tam rozdzielane pomiędzy minikomputery według mocy przetwarzania i pojemności poszczególnych maszyn. Chociaż eliminuje to potrzebę dużego scentralizowanego komputera, zapewniając bezpieczeństwo przetwarzania, elastyczność programów i redukując łączne koszty systemu,to jednak ograniczenie tego systemu polega na jego niezdolności do wykonywania bardzo wielkich programów w rodzaju typowo realizowanych na wielkich komputerach uniwersalnych.

Jednak system może oferować nieograniczoną możliwość przetwarzania dla małych i średnich programów, co według kierownika przedsięwzięcia zaspokaja wymagania stawiane instalacji.

System, zbudowany z minikomputerów produkcji Lockheed Aircraft Corporation, miał być uruchomiony w całości we wrześniu 1973 roku.

Zastosowane w tym systemie nowe podejście do problemu zdecentralizowanego przetwarzania - pozwalając użytkownikowi zaczynać z kilkoma minikomputerami i stopniowo dodawać dalsze w miarę narastającego zapotrzebowania na przetwarzanie - wzbudziło już zainteresowanie w kraju i zagranicą.

Oprócz zainteresowania rządu federalnego,japońska grupa przemysłowa rozważa zastosowanie takiej sieci pierścieniowej do systemu rezerwowania miejsc w pociągach. /Należy stwierdzić, że sieci pierścieniowe z większymi komputerami już istnieją: np. sieć ARPA, sieć "Cybernet" firmy CDC/.

Użycie wielu symetrycznych miniprocesorów połączonych w sieć jest nieco odmiennym podejściem do zdecentralizowanego przetwarzania, jednak mającym podobny cel, w postaci wyeliminowania dużego centralnego procesora obsługującego wielkie bazy danych. Główny nacisk w tym systemie, wdrożonym przez Carnegie-Mellon University[xx/], położono na lokalnie programowanych zdolnościach

---

x/ "Where Minicomputers Do All of The Job" Business Week, 14 lipca 1973.

xx/ Cohen, Ellis, "Symmetric Multi-Mini Processors a Better Way to Go?", Computer Decisions, styczeń 1973.

przełączania w sieci złożonej z komputerów i pamięci, podczas gdy w systemie Irvine nacisk położono na szybką komunikację pomiędzy stacjami w pierścieniu.

Jeśli uwzględni się badania i rozwój w toku, a także już zdobyte doświadczenie, wydaje się prawdopodobne, że minikomputery będą stanowiły alternatywne rozwiązanie względem wielkich wieloprogramowych komputerów centralnych w tworzeniu sieci zdecentralizowanego przetwarzania.

Użycie minikomputerów zamiast wielkich komputerów uniwersalnych ma, poza omówionymi dla systemu Irvine, następujące zalety:

- zastosowania łatwiej wdrażać na minikomputerach, ponieważ zadania są rozdzielone na mniejsze, łatwe w operowaniu części,
- koncepcja z minikomputerami jet bardziej modularna, zapewniając większą elastyczność przy modyfikowaniu i rozbudowywaniu.

Potencjalnymi problemami związanymi z użyciem minikomputerów mogą być:

- będzie potrzebna pewna forma centralnego sterowania dla zapewnienia komunikacji pomiędzy systemami,
- liczba minikomputerów w sieci musi być kontrolowana. Efektywny nadzór nad zasobami systemu ma zatem szczególne znaczenie.

W każdym razie nie jest już dziś za wcześnie, by brać pod uwagę minikomputery i wyważać zalety i ryzyko związane z ich wdrażaniem.

D. Dalszy rozwój

W miarę trwania tendencji w kierunku przetwarzania on-line i przetwarzania w czasie rzeczywistym, techniki te będą używane coraz intensywniej w gospodarce i sektorze publicznym. Dziedziny zastosowań komputeryzowane w najbliższej przyszłości - wytwarzanie, sterowanie procesami, sprzedaż hurtowa i detaliczna, telekomunikacja i usługi publiczne - będą uzupełniane szpitalami, sterowaniem ruchem ulicznym, kontrolą lotu, oświatą i inżynierskimi systemami projektowania.

Można przewidywać, że minikomputery, już szeroko stosowane, odgrywać będą poważną rolę w zakresie przetwarzania w sieciach komputerowych przyszłości.

V. WYBÓR MINIKOMPUTERA

A. Potrzeby użytkowników

Przeprowadzono wiele porównań rozlicznych charakterystyk minikomputerów, lecz porównania te stają się nieaktualne z chwilą wkroczenia nowego wytwórcy, lub gdy starzy wytwórcy zmodyfikują model albo wprowadzą nowy. To opracowanie, zamiast mnożyć tego rodzaju wysiłki, omawia ogólny proces wyboru i kryteria, dając czytelnikowi podstawy do sprawdzenia różnych alternatywnych rozwiązań i dokonania wyboru samemu.

Nie istnieje na rynku jakiś jeden najlepszy komputer. Nie istnieje komputer o najniższym współczynniku cena/efektywność, jako że nie ma jakiegoś jednego najlepszego komputera dla danego zastosowania. Wybór minikomputera nie powinien być wcale trudniejszy niż wybór dużego systemu przetwarzania, lecz nie jest to łatwe zadanie.

Mądry wybór komputera polega na pełnej znajomości zastosowania, jakiemu komputer ma służyć. Należy włączyć w to wielu ludzi. Szczególnie ważne jest współdziałanie ostatecznych użytkowników. Zależnie od zakresu zamierzonego wykorzystania komputera, może okazać się wskazane utworzenie komisji, która dokona wyważenia kryteriów wyboru.

Użytkownicy powinni opracować zestaw kryteriów,odzwierciedlających względną istotność poszczególnych potrzeb. Opracowanie kryteriów jest jednym z najtrudniejszych elementów procedury wyboru. Trzeba zbadać obszar zastosowania w sensie: co robi się teraz, co można zrobić lepiej za pomocą komputerów i co będzie się robiło w przyszłości. Każda osoba w zespole musi nauczyć się co komputer potrafi robić i musi pojąć, że komputery różnią się architekturą, ponieważ wytwórcy projektowali je różnie dla osiągnięcia różnych celów.

B. Cechy komputera

Mając opracowane kryteria oparte na potrzebach użytkownika, w następnym kroku opracowuje się kryteria porównywania sprzętu. Pewnymi ogólnymi elementami, jakie należy uwzględnić opracowując te kryteria, są:

. efektywność /sprawność/ systemu,

. sprzęt
  - jednostka centralna,
  - urządzenia peryferyjne,

. oprogramowanie
  - system operacyjny,
  - kompilatory,
  - programy usługowe,

. pomoc fachowa
  - szkolenie,
  - programy aplikacyjne,
  - dokumentacja,
  - podręczniki,

. konserwacja
  - sprzęt,
  - oprogramowanie,

. rezerwa awaryjna /Back-up/,

. możliwości dostawcy.

Powyższe punkty powinny być wyważone odpowiednio do potrzeb danego użytkownika. Szczególnie ważna jest znajomość możliwości dostawcy, ponieważ na rynek wkroczyło wiele nowych firm i można przewidywać, że wiele z nich może zawieść.

1. Kryteria wyboru procesora

Zwykle kryteria wyboru procesora są tworzone z charakterystyk następujących elementów:

. procesor centralny,

. pamięć,
. system przerwań,
. układy wejścia/wyjścia i kanały,
. dostępne złącza /interfaces/,
. oprogramowanie.

2. Procesor centralny i pamięć

Procesor centralny i pamięć w znacznym stopniu determinują moc obliczeniową systemu. Ważnymi charakterystykami pamięci są długość słowa, czas cyklu i wielkość. Długość słowa powinna odpowiadać wymaganej w danym zastosowaniu precyzji danych. Krótsze słowo daje w rezultacie niższe koszty, ale maszyny o większej długości słowa mają zwykle bogatszy repertuar rozkazów i lepszą efektywność. Czas cyklu określa szybkość pamięci, lecz użytkownik powinien wystrzegać się sugerowania się wyłącznie czasem cyklu. Jak efektywny jest repertuar rozkazów dla danego zastosowania? Jaki jest pożytek z błyskawicznego dodawania,jeśli potrzebne jest złącze komunikacyjne, a do wykonania każdej operacji wejścia/wyjścia konieczne są dwa lub trzy rozkazy?

Poważne znaczenie ma czas dostępu związany z przesyłaniem informacji między pamięcią i innymi częściami komputera. W istocie, obecnie pamięć komputera ma większy wpływ na przepustowość niż arytmometr.

Szybkość pamięci i "logika" przetwarzania danych musi być współmierna, jeśli szybkie układy logiczne mają być efektywnie wykorzystane. Osiągnięcie tej równowagi jest jednym z zadań konstruktora maszyny. Jeśli podstawowym wymaganiem jest duża szybkość zbierania danych, stosowane są takie techniki jak pamięci zwielokrotnione, dostęp z "patrzeniem wprzód" /look-ahead accessing/, dostęp buforowany z "patrzeniem w bok" /buffering lock-aside accessing/, dostęp do wielu słów jednocześnie /multiple-word accessing/ i dostęp do słów zmiennej długości /variable-word accessing/.

Na przykład, system pamięci może być zorganizowany w postaci dwóch oddzielnych, niezsynchronizowanych części. Każda pamięć /część/ ma swój własny układ wybierania,rejestry buforowe i ste-

rowanie, połączone ze sterowaniem centralnym dla utrzymywania informacji w odpowiednim porządku. Jako zaletę uzyskuje się przy dwóch pamięciach większą szybkość dostępu, aczkolwiek zazwyczaj nie będzie ona podwojona ze względów, których nie musimy tu rozważać.

Koncepcja pamięci zwielokrotnionych może być rozszerzona. Jeden z takich systemów wykorzystuje dwie oddzielne pamięci dla rozkazów i cztery oddzielne pamięci dla danych. Jakkolwiek ten rodzaj systemu w naprawdę istotnym stopniu zmniejsza czas dostępu, to jednak koszty i złożoność wymaganego wyposażenia wzrastają bardzo gwałtownie.

Decyzja co do tego, czy stosować pamięć zwielokrotnioną i ile użyć pamięci opiera się na szeregu czynnikach. Obejmują one wymagania co do czasu dostępu, charakterystyki dostępnych urządzeń pamięciowych, złożoność układów wybierania i stopień zdefiniowania jaki można wiązać z sekwencyjnym układem wyszukiwanej informacji.

Koncepcja pamięci wirtualnej, aczkolwiek obecnie stosowana tylko w większych maszynach, powinna być brana pod uwagę, gdyż to podejście może być rozważane dla rozszerzenia lub rozbudowy dostępnej pamięci głównej lub rdzeniowej.

Wdrożenie tej koncepcji w pełnej skali, jak to się czyni dla większych maszyn, może być zbędne, a nawet przekraczać możliwości większości firm, ale w postaci uproszczonej technika ta może być wdrażana w formie prostego stronicowania /paging/ i nakładania /writable overlays/[x].

W większości komputerów pobieranie danych do przetwarzania /data consumption/ nie odbywa się z jednolitą prędkością. Pewne operacje wymagają dłuższego czasu niż inne, na przykład zwykłe mnożenie trwa dłużej niż zwykłe dodawanie. Zamiast stosować pamięć, która co do szybkości odpowiada najszybszej spośród wykonywanej operacji, może być użyta pamięć mająca czas dostępu le-

---

[x] Omówienie tego ostatniego rozwiązania można znaleźć w artykule T.R. Spacek, "A Proposal to Establish a Pseudo Virtual Memory via Writable Overlays" zamieszczonym w Communications of the ACM, 1972, Vol.15, Nr 6 i przedrukowanym w Data Exchange, czerwiec 1973.

żący gdzieś pomiędzy skrajnymi czasami wykonywania operacji. W czasie trwania dłuższych operacji może być zastosowana technika "patrzenia w przód" /look-ahead/ dla sięgnięcia po informację jaka będzie użyta w następnych obliczeniach /preaccess/. Informacja ta jest wówczas magazynowana w małej, bardzo szybkiej pamięci do czasu, gdy będzie potrzebna jednostce przetwarzającej.

"Patrzenie w bok" /look-aside/ jest zbliżone do "patrzenia w przód", ponieważ i tu stosuje się wcześniejszy dostęp /preaccess/ do informacji i umieszcza ją w małej buforowej pamięci o szybkim dostępie.

Różnica polega na tym, że pewne informacje, które mają być wykorzystywane powtórnie w którejś z kilku najbliższych operacji przetwarzania, są po użyciu ich przez jednostkę przetwarzającą, zatrzymywane w buforze. Pozwala to na dłuższy czas "patrzenia w przód".

Charakterystyki organizacji pamięci obejmują również metody wywoływania informacji umieszczonej w pamięci. Wywoływanie może następować albo według położenia /miejsca/, albo według zawartości. Krótko ujmując, pamięć zorganizowana dla wywoływania według położenia /miejsca/ identyfikuje konkretne słowo przez dokładne określenie fizycznego elementu pamięci, w którym jest ono przechowywane. Każdemu miejscu jest zwykle przypisany jednoznaczny adres cyfrowy; dlatego wywoływanie za pomocą położenia jest zwykle określane jako "adresowanie". Pamięci zorganizowane dla wywoływania według zawartości identyfikują dane słowo przez jego zawartość bez względu na fizyczne umiejscowienie. Pamięci tego rodzaju nazywane są pamięciami asocjacyjnymi.

W większości obecnie stosowanych komputerów rozkaz specyfikuje wywołanie jednego słowa informacyjnego; są to zatem rozkazy jednoadresowe.

Możliwe jest jednak specyfikowanie jednocześnie więcej niż jednego słowa informacyjnego. Mówi się wówczas o rozkazach wieloadresowych. Przy wywoływaniu według położenia, w szczególności przy adresowaniu, wyróżnia się dwu-, trój- i czteroadresowe formaty rozkazów. Dwuadresowe rozkazy zwykle specyfikują dwa argumenty operacji arytmetycznej, lub jeden argument i adres następnego rozkazu. Rozkazy trójadresowe zwykle używają trzeciego ad-

resu do określenia miejsca, w którym ma być przechowywany wynik. Czteroadresowy format rozkazu może wykorzystywać czwarty adres do określania następnego rozkazu, aczkolwiek stosuje się wiele różnych wariantów w celu bardziej efektywnego wykorzystania takiego formatu.

Wieloadresowa struktura rozkazu ma na celu zredukowanie liczby dostępów do pamięci, podnosząc w ten sposób globalną wydajność maszyny. Na przykład wykonanie dodawania przy użyciu rozkazów jednoadresowych wymaga trzech rozkazów: jednego do znalezienia dodajnika, drugiego do znalezienia dodajnej, trzeciego do przechowania wyniku. Rezultatem jest sześciokrotne odwoływanie się do pamięci. Wszystkie te trzy funkcje mogą być zawarte w jednym rozkazie trójadresowym dla wyeliminowania dwóch odwołań do pamięci i dwóch specyfikacji operacji. Wadą takiego wieloadresowego schematu jest wydłużenie słowa rozkazowego i strata pamięci na dodatkowe adresy, gdyż wiele operacji nie wymaga zwielokrotnionych adresów, zwłaszcza więcej niż dwóch.

Połączenie różnych form postaci rozkazu może czasem okazać się pożyteczne.

Jedną z dróg uniknięcia wad wieloadresowych rozkazów o stałym formacie, stosowanych do operacji, które nie wymagają wielu adresów, a zarazem zachowania zalet systemu wieloadresowego, jest użycie rozkazów o zmiennej liczbie adresów. Długość słowa pozostaje jednak nadal problemem. W dodatku do słowa rozkazowego trzeba dodawać bit kontrolny. Tak więc system wieloadresowy prowadzi do złożoności sprzętu. Należy podkreślić, że architektura minikomputerów szczególnie ogranicza długość słowa w dążeniu do utrzymania małych rozmiarów pakietów i minimalizacji kosztów. To z kolei, może być rozpatrywane jako ograniczenie przez architekturę dążenia do wprowadzenia dodatkowej elastyczności.

Ważną techniką w konstruowaniu struktury rozkazu jest technika modyfikowania specyfikacji wywołania z pamięci. Pozwala ona na wielokrotne użycie danej sekwencji rozkazów na różnych danych. Opracowano wiele sposobów modyfikacji adresów, które mogą być realizowane w całości przez programowanie,lecz ostatnio szerokie uznanie zdobyły specjalne rozwiązania sprzętowe rejestrów indeksowych i arytmetyki indeksowej.

Zwielokrotnione indeksowanie wprowadza dodawanie dwóch, lub więcej wartości indeksowych w celu modyfikowania specyfikacji wywołania. Wymaga to zwykle dodatkowych elementów sprzętu i specjalnych rozkazów, lecz może być dość użyteczne dla pewnych zastosowań przetwarzania danych.

Ostatnią formą struktury rozkazu, jaką należy rozważyć, jest struktura listowa. Rozkazy o takiej strukturze działają raczej w oparciu o listy i wartości typu niż o specyfikacje wywołań. Wywołanie jest zatem realizowane automatycznie za pośrednictwem słów listowych. Struktura listowa składa się ze słów zorganizowanych w szyku liniowym /linear array/. W każdym słowie zawarta jest pewna informacja o następnym słowie na liście, lub o zbiorze słów na liście. Ponadto słowo może zawierać wyróżnik "typu" /"type" designator/, który można wykorzystać przy wyszukiwaniu na liście słów danego typu[x/].

Choć można zaprojektować wiele rodzajów struktur listowych, np. odwrócone /inverted/, wielokomórkowe /multicellular/, dzieli się je zwykle na dwa podstawowe typy: tak zwane listy drzewiaste /threaded sublists/ i tak zwane listy kolumnowe /pushdown lists/. Oba te typy mogą także być stosowane łącznie.

Listy drzewiaste wymagają utworzenia oznaczeń pozwalających poruszać się po listach i podlistach. Każde słowo zwykle identyfikuje dwa inne słowa. Jedno z nich jest następnym słowem na liście, a drugie jest punktem odgałęzienia do podlisty, jeśli odgałęzienie występuje. Muszą być również zapewnione dodatkowe informacje, takie jak wyróżniki typu, koniec listy czy wskaźniki podlist. Przetwarzanie odbywa się wzdłuż listy, dopóki nie natrafi się na punkt odgałęzienia. Od tej chwili przetwarzana jest podlista wskazana przez odgałęzienie. Po osiągnięciu końca podlisty proces wraca do listy głównej, do punktu odgałęzienia. Podlista może sama mieć swoje podlisty, w ten sposób powstaje struktura drzewiasta.

Struktura kolumnowa /pushdown structure/ stosuje, w rezultacie, przesyłanie słowa na początek /wierzchołek/, podczas gdy

---

x/ Istnieje daleko idące podobieństwo pomiędzy strukturą rozkazów i fizyczną strukturą pamięci. Literatura dotycząca tej kwestii jest bardzo obszerna.

wszystkie inne słowa są przesuwane w dół. Jeśli słowo ma być usunięte z listy, umieszczane jest na wierzchołku listy i usuwane, a następnie wszystkie słowa pozostałe są przesuwane w górę. Procedura przesuwania realizowana jest raczej nie przez przemieszczenie słów w pamięci, a drogą modyfikowania specyfikacji wywołań za pomocą list indeksowych.

Skoro zostaną ustalone kryteria wyboru pamięci, należy porównać, w świetle poprzednich rozważań, korzyści przynoszone przez poszczególne minikomputery. Ponieważ rozmiar pamięci determinuje złożoność i rozmiar programów jakie będą mogły być wykonywane, oraz rodzaj oprogramowania, jakie może być użyte, należy w procesie wyboru poświęcić należytą uwagę minimalnemu rozmiarowi pamięci i możliwościom jej rozbudowy.

Ważnymi cechami centralnego procesora są:

. repertuar /lista/ rozkazów,
. możliwości adresowania,
. szybkość wykonywania instrukcji,
. liczba akumulatorów,
. wielkość akumulatorów,
. układ akumulatorów,
. układ rejestrów indeksowych,
. liczba przerwań wewnętrznych,
. cechy fakultatywne /optional features/.

Jeśli repertuar rozkazów nie zawiera jakiejś wymaganej funkcji, takiej jak arytmetyka zmiennoprzecinkowa, wówczas odpowiednie operacje muszą być realizowane za pomocą podprogramów. Podprogramy te zajmują miejsce w pamięci, a także czas wykonania operacji jest dłuższy niż przy realizacji sprzętowej.

Liczba, wielkość i układ rejestrów indeksowych i akumulatorów wpływa na czas konieczny do wykonania zadania i na obszar pamięci potrzebny dla programu. Rejestry indeksowe likwidują potrzebę odwoływania się do programowych rejestrów indeksowych umieszczonych w pamięci i ograniczają liczbę odwołań pośrednich. W zależności od układu mogą one ułatwiać pracę programisty przy sterowaniu pętlą i włączaniu podprogramów. Liczba, wielkość i układ akumulatorów determinuje dokładność operacji arytmetycznych i wydajność procesora.

Liczba przerwań wewnętrznych i cechy fakultatywne są czynnikami określającymi elastyczność procesora dla danego zastosowania. Kryteria wyboru powinny określać wymagane cechy fakultatywne.

3. System przerwań

Inną bardzo użyteczną cechą, jaka powinna być brana pod uwagę przy wyborze systemu komputerowego są możliwości w zakresie przerwań. System przerwań pozwala przetwarzać w specjalnych warunkach, które mogą wymagać zmiany bieżącej sekwencji rozkazów, lecz które pojawiają się stosunkowo rzadko, lub w narzuconych momentach, tak że nie jest możliwe użyteczne przewidzenie momentu ich wystąpienia. Pożądana wówczas staje się praca asynchroniczna sprzętu, pozwalająca utrzymać jego efektywne wykorzystanie.

System przerwań pozwala komputerowi wykonywać maksymalną ilość ptzetwarzania w trakcie oczekiwania na zaistnienie tych zewnętrznych warunków programowych. Typowym takim warunkiem jest sygnał wejścia/wyjścia wskazujący, że otrzymano jakieś zapytanie, lub że zakończyła się operacja wejścia/wyjścia. Zastosowania wykorzystujące pracę w czasie rzeczywistym wymagają, by komputer obsługiwał przerwania natychmiastowo. Dzieje się to przez przekazanie sterowania do programu napisanego specjalnie dla takich przypadków.

Poza przydatnością w sterowaniu wejściem/wsjściem, system przerwań pozwala procesorowi na dokonywanie szybkiego i "płynnego" wyboru alternatywnych programów, gdy bieżący program napotyka warunek zatrzymujący jego pracę. Na przykład pozwala on na automatyczną detekcję wyłączeń i zatrzymań maszyny, często bez konieczności włączania do programu specjalnych rozkazów testujących.

System przerwań, by mógł służyć tym celom, powinien być zaprojektowany tak, aby:

- programowanie było tak łatwe, bezpośrednie i efektywne, jak tylko pozwala problem,
- wdrożenie wymagało możliwie najmniej dodatkowego sprzętu,

. nie opóźniał, ani nie wpływał w inny sposób na przetwarzanie programu w czasie, gdy nie jest używany,
. był elastyczny.

Dla wypełnienia omówionych funkcji i zrealizowania powyższych wymagań projektowych system przerwań musi spełniać następujące warunki:

. określanie momentu przerwania. Robi się to przez zapamiętywanie zarówno sygnałów wewnętrznych jak i zewnętrznych, a mianie: a/ identyfikację przerwania, b/ ustalenie, czy aktualnie wykonywany rozkaz może być przerwany, realizowane drogą badania rozkazu, c/ ustalenie czy aktualnie wykonywany program może być przerwany, realizowane drogą badania bitu zmienności,

. określanie działania, jakie powinno być podjęte. Jedna z metod stosuje przekazywanie sterowania do pewnego stałego miejsca, gdzie przechowywany jest podprogram, który analizuje warunek i ustala przyczynę przerwania oraz określa działanie, jakie powinno być podjęte. Metoda ta jest stosunkowo wolna, a różne fragmenty tego procesu są czasem wykonywane niepotrzebnie. W pewnym innym systemie dla każdego stanu wyjątkowego generowany jest inny adres skoku, tak że sterowanie może być przekazywane wprost do odpowiednich podprogramów,

. zapewnienie powrotu do przerwanego programu jest konieczne,by sterowanie maszyny mogło być zwrócone właściwemu przerwanemu programowi,

. zapamiętywanie rezultatów pośrednich istniejących w rozmaitych rejestrach roboczych, takich jak akumulator, na czas przerwania,

. środki do ustalania kolejności obsługi przerwań gdy więcej niż jedno przerwanie pojawi się w trakcie wykonywania rozkazu. Priorytety różnych sygnałów przerwań mogą być ustalone /na stałe/ w rozwiązaniu konstrukcyjnym, lub w czasie montażu. Priorytety mogą także być programowane,lub mogą być zmienialne dynamicznie,

. przerwania zwielokrotnione /multiple interruptions/. Określe-

nie postępowania w takiej sytuacji pozostawiano zwykle programowi, lecz ostatnio wyposaża się maszyny w środki do realizacji przerwań w przerwaniach wprowadzając słowo sterowania przerwania /interrupt control word/ we wszystkich programach dla poszczególnych warunków przerwań.

Złożone systemy priorytetów przerwań mają szereg "linii" z przypisanymi do nich miejscami pamięci dla wybierania podprogramów obsługi przerwań odpowiednio do sygnałów przerwań. Obniża to poważnie czas odpowiedzi procesora na sygnały przerwań i daje bardziej efektywny system.

Priorytet przypisany poszczególnym "liniom przerwań" może być stale sterowany przez środki sprzętowe, lub przez zespół bitów w jednym lub kilku programowalnych rejestrach sterowania przerwaniami /interrupt control registers/. Programowalne rejestry czynią system przerwań bardziej elastycznym, co może być istotne przy optymizowaniu efektywności systemu dla różnych dziedzin zastosowania.

4. Struktura wejścia/wyjścia

Dla składników systemu, które są zdecydowanie różne od procesora, potrzebna jest jednostka sterująca. Urządzenia zewnętrzne i przyłącza komunikacyjne prawie zawsze będą znacznie wolniejsze niż sam procesor. Aby uniknąć ograniczenia, czy istotnego zwolnienia obliczeń muszą być użyte sposoby pozwalające na równoległe wykonywanie operacji wejścia/wyjścca i przetwarzania. Można to uzyskać stosując techniki buforowania, lub techniki multipleksowania, które mogą dać w rezultacie różne stopnie jednoczesności.

Inny problem, który powstaje w komunikacji wejścia/wyjścia wynika z faktu, że rytm czasowy w urządzeniach zewnętrznych może być zupełnie niezależny od zegara wewnętrznego w komputerze. Może to zachodzić z powodu oddalenia tych dwóch jednostek, lub z powodu różnic w ich charakterystykach.

Asynchronizm może być także stosowany celowo, tak, by urządzenie zewnętrzne pracowało najbardziej efektywnie. Dla zapewnienia synchronicznego przepływu danych może być konieczne

transmitowanie pomiędzy procesorem a urządzeniem zewnętrznym informacji o stanie /status information/. Może to odbywać się w oddzielnym kanale sterowania, lub w kanale informacyjnym za pomocą pewnej techniki kodowej.

Przy dobieraniu sprzętu pożądane może być użycie szeregu urządzeń wejściowych wykorzystujących wspólny bufor wejściowy pracujący z podziałem czasu. Pewne urządzenia wejściowe są wolniejsze od innych i dlatego częstotliwość zwracania się do jednostki centralnej będzie różna. Zapotrzebowanie na nową informację lub na przesłanie informacji może także być rezultatem pewnych obliczeń i dlatego żądania przesłania wejścia/wyjścia nie dają się z góry przewidzieć. W takich przypadkach sterowanie wejścia/wyjścia musi mieć zdolność określenia urządzenia zewnętrznego, które będzie użyte w danej chwili. Może to również wymagać ustalenia priorytetów, na wypadek, gdy dwa lub więcej urządzenia zewnętrzne zażądają jednocześnie dostępu do procesora.

Większość minikomputerów ma uogólnione rozkazy wejścia/wyjścia, które przenoszą dane, słowa sterujące i słowa statusu pomiędzy akumulatorem i układem sterującym urządzeniami peryferyjnymi. Rozkazy wejścia/wyjścia należy krytycznie sprawdzić co do łatwości identyfikowania urządzenia żądającego obsługi. Bazowa konfiguracja systemu zawiera zwykle jeden kanał przerwań,do którego wszystkie urządzenia kierują zgłoszenia potrzeby obsługi przez procesor.

5. Dostępne złącza /interfaces/

Olbrzymia większość producentów minikomputerów zapewnia złącza do standardowych urządzeń transmisji danych, do przetworników analogowo-cyfrowych i cyfrowo-analogowych oraz do modułów czujnikowo-sygnalizacyjnych, które mogą włączać lub wyłączać urządzenia zewnętrzne, albo stwierdzać stan włączenia/wyłączenia urządzeń zewnętrznych. Niektórzy producenci dostarczają szerokiej gamy sprzętu transmisji danych i przetworników analogowo-cyfrowych i cyfrowo-analogowych oraz wspierające ten sprzęt oprogramowanie.

W zastosowaniach wymagających złącz do urządzeń specjalnych, kryteria wyboru powinny precyzować wymagania co do złącz. Koszt opracowania specjalnego złącza może podnieść cenę całego systemu do wysokości kilkakrotnej ceny minikomputera podstawowego.

6. Oprogramowanie

Opracowanie oprogramowania dla specjalnego zastosowania jest najczęściej niedocenianą pozycją w budżecie instalacji komputerowej. Ponieważ koszt minikomputera jest mały, większość producentów nie dostarcza z nim szerszego oprogramowania. Kryteria wyboru powinny obejmować potrzebne oprogramowanie i mieć wagi przypisane pożądanym jego cechom dla stanu aktualnego i dla przyszłości.

Ogólnie rzecz biorąc opracowanie i uruchomienie programów na małej konfiguracji sprzętowej jest trudniejsze niż na większych systemach, ponieważ zapewniane jest mniejsze oprogramowanie systemowe. Możliwości w zakresie języków wyższego poziomu są mniej frapujące, a system jest zautomatyzowany w mniejszym stopniu i wymaga więcej interwencji operatora, na przykład: zakładanie i zdejmowanie taśm w określonej kolejności. Małe konfiguracje sprzętowe nadają się najlepiej do zastosowań, w których wykonywane są stale podobne zadania. Ponieważ jednak programy wymagają od czasu do czasu zmian, nawet najmniejsze konfiguracje sprzętowe powinny zapewniać możliwości rozszerzania czy zmieniania programów. Im większe zmiany przewiduje zespół dokonujący wyboru, tym większą wagę należy przypisać temu właśnie czynnikowi. Oprogramowanie dostarczone przez producentów powinno, jako minimum, zawierać programy diagnostyki sprzętu i assembler. Programy diagnostyki czy sprawdzania sprzętu są niezbędne dla konserwacji systemu. Assembler jest językiem najniższego poziomu jaki już znajduje praktyczne zastosowanie w programowaniu aplikacyjnym. Pożądane jest także mieć pewien rodzaj programów usługowych, używanych przy uruchamianiu programów i obsłudze wejścia/wyjścia.

Jako że assembler jest przypuszczalnie najistotniejszym z dostarczonych pakietów programowych, jego cechy powinny być oceniane ze szczególną uwagą. Wielu producentów dostarcza więcej

niż jeden assembler dla różnych konfiguracji sprzętowych; assembler dla mniejszej konfiguracji jest podzbiorem assemblera dla konfiguracji większej. Należy skupić się na następujących cechach assemblera:

- liczbie przebiegów kodu źródłowego,
- wielkości pamięci rdzeniowej zajmowanej przez assembler,
- rodzajach komunikatów diagnostycznych,
- kodach pseudooperacji,
- formatach kodu wyjściowego,
- liczbach i rodzajach makrorozkazów języka,
- środkach umożliwiających włączanie makrorozkazów definiowanych przez użytkownika,
- stopniu zagnieżdżenia makrorozkazu /macro nesting/.

Zespół dokonywujący wyboru powinien ocenić szybkość i łatwość z jaką mogą być pisane, uruchamiane i wykonywane programy aplikacyjne w danym systemie. Problem polega na korelacji potrzeb danego zastosowania z ogólnymi charakterystykami assemblera.

Większość minikomputerowych assemblerów wymaga co najmniej dwóch przebiegów kodu źródłowego dla uzyskania programu wynikowego. Tak zwane assemblery jednoprzebiegowe albo pozostawiają wiele odsyłaczy wymagających rozwiązywania przez program ładujący, albo są w rzeczywistości assemblerami dwuprzebiegowymi, które nie wymagają dwukrotnego wczytywania programu źródłowego z urządzenia wejściowego. Pierwszy przebieg sprawdza kod wejściowy ze względu na błędy składni i buduje tablice symboli w pamięci. Drugi przebieg kończy kompilację i zaznacza nierozwiązane odsyłacze dla programu ładującego.

Liczba i rodzaj komunikatów diagnostycznych wyjścia określają łatwość uruchamiania programów źródłowych. Większość assemblerów łączy kilka rodzajów błędów w pewne komunikaty diagnostyczne i drukuje kod błędu łącznie z błędną deklaracją i jej miejscem w pamięci rdzeniowej.

Assembler przesuwny /relocatable assembler/ daje wyjściowy kod w języku maszyny, odniesiony do adresu bazowego. Gdy program wynikowy jest ładowany celem wykonania, program ładujący dodaje adres bazowy odpowiedni dla aktualnego wykorzystania pamięci. Zatem program może być przechowywany i wykonywany w dowolnym

miejscu pamięci. Niektóre assemblery dają kod wyjściowy, który musi być ładowany i wykonywany zawsze w tym samym obszarze pamięci, co ogranicza możliwości wieloprogramowej pracy systemu.

Możliwość włączania do programów pisanych w assemblerze makrorozkazów definiowanych przez użytkownika jest skutecznym narzędziem dostosowywania assemblera do konkretnego zastosowania. Często realizowane funkcje mogą zostać zaprogramowane i włączone do assemblera, a następnie będą traktowane jako makrorozkazy systemowe.

Należy mieć na uwadze dwa dalsze czynniki dotyczące assemblera:

. wielkość zajmowanej pamięci rdzeniowej,
. szybkość assemblera w powiązaniu z szybkością wykonywania programu.

Ponieważ assembler jest programem rezydującym w pamięci rdzeniowej, jego rozmiar, oraz rozmiar całej pamięci rdzeniowej systemu, limitują wielkość programów użytkowych. Sprawdzając czy porównując assemblery należy zwracać pilną uwagę na zapotrzebowanie assemblera i programów użytkowych na pamięć rdzeniową.

Druga z wymienionych kwestii jest raczej oczywista, a często bywa pomijana. Niewielką korzyść przynosi assembler szybki w tworzeniu programów wynikowych, a wolny w ich wykonywaniu - w instalacjach gdzie raz opracowane programy są wykonywane wielokrotnie. I znów należy podkreślić zasadę: rozpoznaj swoje zastosowanie zanim rozpoczniesz proces wyboru.

Podobnie jak inne składniki systemu również kompilatory muszą być rozważane w odniesieniu do zastosowania. Językiem wyższego poziomu najpowszechniej oferowanym dla minikomputerów jest Fortran. Pomimo usiłowań normalizacyjnych kompilatory Fortranu są maszynowo-zorientowane i programy fortranowskie używające języka jednego systemu nie będą pracować na innym systemie.

Kompilator Fortranu dla konkretnego systemu albo nie obejmuje wszystkich cech standardowego języka Fortran, albo zawiera dodatkowe cechy nie zdefiniowane w języku standardowym. Kryteria wyboru powinny dotyczyć standardowego Fortranu,który zawiera wymagane cechy i powinny definiować potrzebne dodatkowe cechy,oraz cechy które mogą być pominięte.

Innymi oferowanymi językami wyższego poziomu są Basic, RPG i Cobol. Dla każdego istnieje zróżnicowanie cech oferowanych przez różnych wytwórców.

Kompilatory powinny być zatem porównywane według kryteriów zorientowanych na zastosowanie. Podobnie jak w przypadku assemblera innymi istotnymi cechami są: wymagana konfiguracja sprzętu, wymagana pamięć rdzeniowa, wielkość programu jaki może być kompilowany oraz liczba i rodzaj możliwych komunikatów diagnostycznych.

System sterowania dostarcza programowych, wspieranych sprzętowo sposobów zapewnienia sterowania zasobami. Sterowanie to obejmuje zadania /tasks/, pamięć, wejście/wyjście, system przerwań i dane.

Ponieważ znaczenie systemu sterowania zależy od potrzeb użytkownika, stopień jego skomplikowania zapewniany przez różnych wytwórców musi być poddany rozważaniom. Użytkownik musi ustalić kryteria, które pozwolą właściwie ocenić system, jako że stopień niezbędnego wsparcia systemowego zależy od zastosowania.

Nie sposób przesadzić w podkreślaniu jak ważna jest w wyborze minikomputera pełna znajomość zastosowania, któremu ma on służyć, a zatem znajomość, które z poszczególnych cech mają największe znaczenie w danym konkretnym przypadku. Tablica 4 może służyć pomocą w określeniu kilku cech, które są istotne dla różnych użytkowników.

Czynniki istotne w wyborze minikomputera[x/]

Tablica 4

Klasa zastosowań	Istotne czynniki
OEM[xx/]	Dostępność, koszt sprzętu, niezawodność i naprawialność, elastyczne sposoby adresowania i indeksowania
Powietrzne systemy pokładowe	Rozmiary fizyczne i ciężar
Automatyczne testowanie	Przerwania priorytetowe
Przetwarzanie komunikacyjne i zbieranie danych	Długość i struktura słowa, wygodne operowanie bajtami, szybkość i przepustowość we/wy, duża pamięć, pamięć pomocnicza
Systemy instrumentacyjne	Struktura we/wy, szybkość
Systemy dozoru i sterowania procesami	Przerwania priorytetowe, elastyczność we/wy, system operacyjny, szybkość
Ostateczny użytkownik	Kompilatory i oprogramowanie, duża pamięć
Przetwarzanie danych gospodarczych	Niezawodność i obsługa techniczna, urządzenia peryferyjne, długość i struktura słowa
Kształcenie	Kompilatory, oprogramowanie do uruchamiania programów, repertuar rozkazów, podział czasu
Systemy nadzorcze	Struktura we/wy, system operacyjny, urządzenia peryferyjne
Autonomiczne rozwiązywanie problemów /naukowych/	Maksymalna wielkość pamięci, czas dodawania i mnożenia, elastyczność sposobów adresowania i indeksowania, urządzenia peryferyjne, podział czasu.

x/ Bhushan, A.K., "Guidelines for Minicomputer Selection", Computer Design, kwiecień 1971. Przedruk za zgodą wydawcy, West Concord, Massachusetts, USA.

xx/ Original equipment manufacturers-producenci wyposażenia specjalnego.

Cena zł 92.-