



ÓŚRODEK BADAWCZO-ROZWOJOWY INFORMATYKI

UKŁADY WIELOKOMPUTEROWE

Europejski
Program
Badawczy
Diebolda

65

Warszawa 1975



OŚRODEK BADAWCZO-ROZWOJOWY INFORMATYKI

UKŁADY WIELOKOMPUTEROWE

Europejski Program Badawczy Diebolda

*Wyłącznie do użytku
na terenie PRL*

65

Warszawa 1975

Tytuł oryginału: Computer networks

Document No. E 114P

December 1973

Tłumaczenie: Aleksander Małecki

Redakcja: Jerzy Kisielnicki

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

QBRI. Warszawa 1975. Nakład: 850+132 egz. Objętość: ark. wyd. 9,50;
ark. druk. 23. Format A4. Papier offsetowy kl. III, 80 g, 61x86

zam.

Cena 92 zł.

SPIS TREŚCI

| | |
|--|----|
| STRESZCZENIE | 5 |
| I. WPROWADZENIE | 6 |
| A. Tło | 6 |
| B. Międzynarodowa Grupa Robocza | 7 |
| II. CELE UKŁADÓW WIELOKOMPUTEROWYCH | 9 |
| A. Cele główne | 9 |
| B. Cele pochodne | 11 |
| C. Podejmowanie decyzji o utworzeniu układu wielokomputerowego | 12 |
| D. Układy wielokomputerowe i kontrola | 13 |
| E. Układy wielokomputerowe - organizacja i sprawność | 14 |
| III. TYPY UKŁADÓW WIELOKOMPUTEROWYCH | 18 |
| A. Cechy funkcjonalne | 18 |
| B. Cechy proceduralne | 19 |
| C. Cechy fizyczne | 21 |
| D. Rozmieszczenie zasobów | 21 |
| E. Podsumowanie | 23 |
| IV. ROZWAŻANIA DOTYCZĄCE PROJEKTU TECHNICZNEGO | 26 |
| A. Logiczny układ wielokomputerowy | 26 |
| B. Funkcje fizyczne | 28 |
| C. Funkcje systemowe układu wielokomputerowego | 33 |
| D. Funkcje użytkownika układu | 36 |
| V. WPŁYW NA ZARZĄDZANIE | 39 |
| A. Wspólnie użytkowane zasoby | 39 |
| B. Cele kierownictwa projektu | 41 |
| C. Całość potrzeb w zakresie komunikacji | 43 |
| D. Zabezpieczenie | 44 |
| E. Niezawodność | 45 |
| F. Metodologia | 46 |
| G. Personel | 47 |
| H. Doświadczenia praktyczne | 48 |

Załącznik I: BIBLIOGRAFIA 49
Załącznik II: PRZEGLĄD UKŁADÓW WIELOKOMPUTEROWYCH W STANACH
ZJEDNOCZONYCH 56

STRESZCZENIE

Tradycyjną tendencją w informatyce było dotąd dążenie do coraz większych centralnych systemów liczących. Urządzenia końcowe miały służyć powtórnemu przybliżeniu komputera do jego użytkowników, jednak u podłoża systemu nadal leżała zasada oszczędności wynikających z dużej skali. Istnieją jednak dwa czynniki, które mogą zachwiać supremacją wielkich "przezuwaczy liczb": mikrokomputery i układy wielokomputerowe.

Nie ulega wątpliwości, że utrzyma się obecna tendencja do zwiększania zakresu transmisji danych i do terytorialnej decentralizacji mocy obliczeniowych. Udowodniona została celowość i opłacalność samodzielnych minikomputerów oraz metod, przy których moc obliczeniowa /"inteligencja"/ jest rozdzielona na różne części systemu. Warto zauważyć, że tę ostatnią metodą użytkuje się też w architekturze scentralizowanych systemów, przy której stosuje się obecnie podział funkcjonalny.

Obecnie łączy się między sobą komputery uniwersalne i dokonuje się eksperymentów ze sprzętem obejmującym bardzo rozległy wachlarz zarówno centralnych jednostek komputerów jak i urządzeń peryferyjnych. Takie próby stawiają techników informatycznych wobec fascynujących problemów, ale bez właściwych wskazówek i kontroli ze strony kierownictwa mogą oni być narażeni na duże rozczarowania. Wspólne użytkowanie zasobów pociągnie za sobą zmiany w podziale kompetencji, w strukturze organizacyjnej i w procedurach. Toteż zanim zaczniesz się cokolwiek robić, kierownictwo musi sformułować swoje cele, aby zapewnić właściwą orientację prac.

W najbliższej przyszłości kierownictwo stanie w obliczu wielu możliwych wariantów organizacji swoich zasobów obliczeniowych: niezależne ośrodki, wzajemnie powiązane ośrodki, układy wielu małych maszyn, sieci publiczne itd. Aby ruszyć z miejsca badania, utworzono Grupę Roboczą dla członków Europejskiego Programu Badawczego Diebolda. Niniejsze opracowanie stanowi wynik prac tej grupy.

I. WPROWADZENIE

A. TŁO

Banałem niemal stało się stwierdzenie, że społeczeństwo "zachodnie" osiągnęło stan, w którym jest ono wysoce uzależnione od informacji i jej wymiany. Jesteśmy świadkami wzrostu złożoności i zasięgu geograficznego sieci informacyjnych oraz stosowania komputerów w celu usprawnienia zarówno jakości tych sieci, jak i zarządzania nimi.

Spór na temat centralizacji i decentralizacji prawdopodobnie nigdy się nie skończy i niewątpliwie jest on żywy także w dziedzinie informatyki. Wyniki badań terenowych wskazują, że większość przedsiębiorstw zdecydowała się na centralizację sprzętu informatycznego oraz przetwarzania i przechowywania danych. Argumentami na rzecz tej metody są m.in.: potrzeba zintegrowania wyników operacji w skali całego przedsiębiorstwa, lepsze wykorzystanie wykwalifikowanego personelu, łatwość kontroli oraz oszczędności wynikające z dużej skali. Ale centralizacja sprzętu nie musi oznaczać centralizacji zarządzania i faktycznie często spotykamy się ze zdecentralizowanymi formami odpowiedzialności za prace rozwojowe i za użytkowanie /przy istnieniu centralnej komórki koordynującej/. Zalety polegają w tym przypadku na bliższej znajomości problematyki miejscowej, szybkim reagowaniu na potrzeby lokalne oraz na bezpośredniej odpowiedzialności za zyski i straty. Te argumenty podsumował już George Glaser w 1970 r. /por. poz. bibliograficzna 3/.

Najnowszy rozwój techniki może radykalnie zmienić te tendencje, ponieważ dwie zasady leżące u ich podłoża mogą częściowo utracić swoje uniwersalne znaczenie. Po pierwsze, dowiedziono - i w toku są dalsze doświadczenia - że komputery można skutecznie wiązać w układy. Po drugie, może okazać się, że oszczędności wynikające z dużej skali tracą na wartości i znaczeniu, w przypadku dużych systemów informatycznych. W nowo powstałej sytuacji o wyborze podejścia będą więc decydować inne czynniki, takie jak np. elastyczność, modułowość i specjalizacja.

Nie ulega wątpliwości, że obecna tendencja w dziedzinie

transmisji danych i rozłożenia mocy obliczeniowych utrzyma się. Pierwszym krokiem w tym kierunku było przyłączenie urządzeń końcowych do /wielkich/ centralnych systemów łączących. Później wykazano celowość i opłacalność innych rozwiązań technicznych, dzięki którym przesunięto pewien zakres sterowania /czyli "inteligencji"/ z centralnej jednostki komputera do komputerów ozołowych, koncentratorów, a ostatnio - do innych centralnych jednostek komputera. Stan sztuki jest obecnie taki, że można poważnie myśleć o budowie układów wielokomputerowych w sensie, w jakim określono je w niniejszym opracowaniu; to znaczy - powiązanie dwóch lub więcej geograficznie oddalonych jednostek centralnych komputera. Dokonano już doświadczeń w tym kierunku z bardzo szerokim wachlarzem różnych jednostek centralnych i peryferyjnych.

Ogólnie biorąc, trudno jest sformułować wytyczne dla optymalnej organizacji zasobów informatycznych. Czy należy dążyć do jednego wielkiego ośrodka? Do kilku niezależnych ośrodków? Do układu wielokomputerowego wiążącego dwa lub trzy ośrodki? Do układu złożonego z wielu małych maszyn? Czy też należy się opowiedzieć za międzyorganizacyjnym lub publicznym układem wielokomputerowym? Większość tych wariantów jest dziś albo niewykonalna albo nieekonomiczna, ale jak długo jeszcze?

B. MIĘDZYNARODOWA GRUPA ROBOCZA

Ze względu na zainteresowanie tym problemem i potrzebę podjęcia badań nad możliwością komercyjnego użytkowania układów wielokomputerowych, utworzono Międzynarodową Grupę Roboczą, mającą prowadzić te badania na rzecz członków Europejskiego Programu Badawczego Diebolda. Pierwsze posiedzenie odbyło się 5 października 1972 roku i ustalono na nim następujące zadania Grupy:

- skatalogowanie i sklasyfikowanie obecnych możliwości technicznych w odniesieniu do układów wielokomputerowych /prywatnych, międzyorganizacyjnych i publicznych/, mających na celu wspólne użytkowanie sprzętu, oprogramowania i danych,
- określenie wpływu takich układów na organizację przedsiębiorstw, normy itd.,

- . przestudiowanie niektórych przykładów praktycznych,
- . zbadanie celowości ekonomicznej tego rodzaju układów.

Odbyło się kilka posiedzeń, na których poszczególne podgrupy donosiły o swoich badaniach i projektach. Wstępne ustalenia przedstawiono na XXVIII Konferencji Europejskiego Programu Badawczego Diebolda w Madrycie w czerwcu 1973 r. Zainteresowanych czytelników odsyłamy do protokołu tego spotkania. Niniejsze opracowanie zawiera bardziej szczegółową informację oraz załącznik opisujący wyniki badań przeprowadzonych w Stanach Zjednoczonych przez jednego z członków Grupy Roboczej.

Członkami Grupy Roboczej byli:

| | |
|------------------|--|
| G. Akos | Technische Hogeschool Delft |
| J.W. Bosch | Rijksuniversiteit Leiden |
| E.J. Boutmy | N.V. Philips 'Gloeilampenfabrieken |
| H.G. Derksen | Unilever N.V. |
| P.M. Hall | Unilever Ltd. |
| G.M. Haijken | N.V. Philips 'Gloeilampenfabrieken |
| C.T.C. Heyning | Diebold Europe S.A. |
| J.J. Poort | Technische Hogeschool Delft |
| G.H. Probyn | Dunlop Ltd. |
| H.L. Ruppert | Deutsche Lufthansa A.G. |
| S. Seale | Monsanto Europe S.A. |
| S. Smith | Berenschot-Diebold B.V. |
| W.M. Winkel | Shell Internationale Petroleum Maatschappij N.V. |
| B. van der Zwaag | Algemene Bank Nederland N.V. |
| F. van Iersel | NOBIN |

Należy stwierdzić, że brak jeszcze ogólnie przyjętej definicji terminu "układ wielokomputerowy". Termin ten jest często identyfikowany i mylony z sieciami zdalnego przetwarzania danych. Grupa Robocza poświęciła nieco czasu temu zagadnieniu i postanowiła zajmować się tylko układami, które są złożone z komputerów połączonych podsystemem transmisji danych i w których dwa lub więcej komputerów głównych /hosts/ posiada pewien stopień samodzielności i służy do więcej niż jednego celu. /Np. minikomputer zaprogramowany do pełnienia funkcji koncentratora nie będzie odpowiadał temu określeniu/. Definicję tę zastosowano w całym opracowaniu.

II. CELE UKŁADÓW WIELOKOMPUTEROWYCH

W jakim celu projektuje się, wdraża, zarządza i użytkuje układy wielokomputerowe? Pytanie to jest zbyt ogólne i należy je rozbić na kilka prostszych, takich jak np.: kto będzie użytkownikiem układu? Czy rzeczywiście jest mu on potrzebny? Ile będzie on gotów zań zapłacić?

Kandydatami na użytkowników mogą być:

- przedsiębiorstwa z jednostkami organizacyjnymi rozrzuconymi w geograficznie odległych miejscowościach,
- grupy organizacji zainteresowane we wspólnym użytkowaniu mocy obliczeniowych i/lub informacji.

Ważniejszym pytaniem jest, po co układ ma być zaprojektowany i wykorzystywany. Na to pytanie otrzymuje się różne odpowiedzi, a z podanych powodów jedne mają większą, inne mniejszą wagę. Wszystkie te powody, zamierzenia i motywy łącznie będącymy nazywać celami układu wielokomputerowego. Niektóre z nich są wzajemnie uzależnione, inne mają charakter samodzielny lub mogą być wyprowadzone z motywów wyższego rzędu. Dlatego trzeba rozróżnić cele główne i pochodne.

A. CELE GŁÓWNE

1. Prowadzenie badań naukowych

Najczęściej omawiane istniejące dziś układy wielokomputerowe, takie jak układ należący do ARPA /Advanced Research Projects Agency - Agencja Zaawansowanych Programów Badawczych/ w Stanach Zjednoczonych, zostały pierwotnie opracowane dla zbadania techniki układu wielokomputerowego, określenia jego skutków dla przetwarzania informacji oraz dla zbadania jego celowości. Pomimo istnienia już szeregu układów wielokomputerowych do celów badawczych, nowe projekty układów często uzasadnia się znowu potrzebą badań i gromadzenia doświadczeń w posługiwaniu się tymi nowymi instrumentami technicznymi, przy czym zmiana ulega tylko obszar geograficzny lub dziedzina zastosowania. Powinno

to wzbudzić podejrzenie, że chodzi o coś w rodzaju "mody na układy wielokomputerowe".

Choć badanie nowej techniki jest niewątpliwie pożyteczne, wysiłek badawczy nie powinien się ograniczać tylko do wykonalności technicznej. Potrzebna jest wszechstronna ocena układów wielokomputerowych. Badaniem trzeba więc objąć aspekty zarządzania, zachowania się użytkowników, organizację itd. Uwzględnić należy też skutki uboczne. Jakie będą na przykład skutki społeczne zwiększonych możliwości wymiany kartotek i danych dzięki układom wielokomputerowym?

2. Jak najefektywniejsze i najsprawniejsze przetwarzanie informacji odpowiednio do wymagań zainteresowanych organizacji

Grupa Robocza uznała, że jej prace powinny skoncentrować się właśnie na tym głównym temacie, a ściślej mówiąc na wypracowaniu niezbędnych wytycznych efektywności ekonomicznej układów wielokomputerowych. Ważne jest, aby przy opracowywaniu, eksploataowaniu lub użytkowaniu układu wielokomputerowego odbywał się ciągły proces sprawdzania i ponownego sprawdzania tego głównego celu. Stwierdzenie to może się wydać banalne. Ale doświadczenie uczy, że szczególnie w dziedzinie opracowywania systemów komputerowych siłą napędową są raczej technicy niż ekonomiści lub działacze gospodarczy.

Nie jeden raz okazało się, już po stworzeniu łącz komunikacyjnych między komputerami, że znacznie tańsze byłoby użycie śmigłowca, a użycie ciężarówki też nie byłoby mniej efektywne. Zdarzało się też, że gdy po wielkiej wrzawie wreszcie łącze zostało uruchomione, nie było komu z niego korzystać. Szczególnie w uniwersalnym układzie wielokomputerowym zachodzi niebezpieczeństwo, że każdy komputer główny chce "sprzedawać", a mało jest takich, które chciałyby "kupować". Aby uniknąć takich rozczarowań, trzeba na możliwie najwcześniejszym etapie rozważyć wszelkie inne rozwiązania mogące stanowić alternatywę w stosunku do układu wielokomputerowego. W fazie planowania i projektowania, badanie wykonalności technicznej i celowości ekonomicznej musi postępować równolegle i należy stale zadawać sobie pytanie, czy ostateczny użytkownik będzie gotów ponieść koszty ułatwień,

jakie będzie dawać układ wielokomputerowy. Oznacza to, że główne cele kierownictwa projektu muszą być stale konfrontowane z celami ostatecznych użytkowników i że kierownictwo to nie może uwolnić się od konieczności "badania rynku".

B. CELE POCHODNE

Ponieważ układy wielokomputerowe oznaczają przenoszenie danych na odległość odpowiednio do pewnych wymagań czasowych, główne cele często zostają w praktyce przełożone na jeden lub więcej celów pochodnych, obejmujących aspekty odległości i czasu; takim celem pochodnym jest np. spełnienie wymagań wynikających z odległości. Uzyskanie krótkiego czasu odpowiedzi, to przykład próby osiągnięcia jednego z głównych celów, jakim jest efektywność. Ale efektywność tę dałoby się może osiągnąć i w inny sposób - przez przyspieszenie rozporządzalności danych, które mają być zebrane z oddalonych źródeł. Gdy dzieje się to w przedsiębiorstwie z geograficznie rozproszonymi jednostkami organizacyjnymi, cel pochodny może brzmieć:

- osiągnąć bezpośrednio sterowanie procesami gospodarczymi lub zintegrować systemy informatyczne, umożliwiając przez to wymianę danych. Skoordynowane zarządzanie zbiorami danych w różnych miejscowościach jest środkiem wiodącym do tego celu. Cel polegający na udostępnieniu geograficznie rozproszonej informacji kilku lub wszystkim użytkownikom podłączonym do układu, można sformułować w postaci dalszego celu pochodnego:
- zoptymalizować dyspozycyjność specjalnych urządzeń informatycznych, biorąc pod uwagę wymagania użytkownika. Takiemu celowi służą układy, które pozwalają na wspólne użytkowanie zasobów informatycznych - dotyczy to sprzętu lub oprogramowania, które zapewniają większą rezerwę mocy.

Wyżej wspomniane cele są pochodnymi celu głównego w jego aspekcie efektywności. Aspekt sprawności objawia się często w formie następującego celu pochodnego:

- zoptymalizować - z uwzględnieniem wymagań użytkownika - istniejące zdolności przetwarzania informacji pod względem kosztów. Drogą wiodącą do tego celu jest wspólne użytkowanie urządzeń, zbiorów danych, wiedzy technologicznej i personelu.

Można w ten sposób uniknąć dublowania sprzętu i oprogramowania, zredukować liczbę wysoko opłacanych specjalistów, opóźnić potrzebę modernizacji systemu oraz uzyskać oszczędności wynikające z dużej skali.

C. PODEJMOWANIE DECYZJI O UTWORZENIU UKŁADU WIELOKOMPUTEROWEGO

Nawet w przypadku, gdy istnieją ściśle określone cele, należy pamiętać, że wielokomputerowy układ ma prawo egzystencji tylko wówczas, gdy stanowi on z punktu widzenia efektywności i sprawności rozwiązanie lepsze niż ewentualne alternatywne rozwiązania. Oznacza to, że nie wolno podejmować decyzji bez uprzednich rozległych badań porównawczych. Należy wyważyć efekty i koszty i rozważyć inne warianty rozwiązania. Dlatego przy dokonywaniu porównań trzeba korzystać z pomocy systemu sprawozdawczości budżetowej i administracyjnej przedsiębiorstwa. W szczególności należy niezbędne obliczenia nakierować na ocenę efektów zastosowań. Dodatkowe trudności wyłaniają się, gdy ocena korzyści wynikających z układu wielokomputerowego jest różna na różnych szczeblach kierownictwa i w różnych działach funkcjonalnych organizacji.

Najłatwiejsza jest sytuacja, gdy korzyści wynikające dla samego działu APD górują nad kosztami. Gdy tak nie jest, decyzje muszą być uzasadnione korzyściami, jakie daje układ wielokomputerowy systemowi lub systemom ostatecznego użytkownika, lub korzyściami istniejącymi z punktu widzenia wyższych szczebli kierownictwa. Układy wielokomputerowe mogą na przykład być narzędziem wprowadzenia w życie normalizacji procedur administracyjnych w wielkim przedsiębiorstwie. Wynikające z tego korzyści mogą być ocenione zapewne jedynie na szczeblu naczelnego kierownictwa. W takich przypadkach zainteresowane szczeble kierownictwa powinny czynnie uczestniczyć w analizie efektywności ekonomicznej i w podejmowaniu decyzji odnośnie opracowania lub zastosowania układu wielokomputerowego. Często w ogóle nie próbuje się tego, uważając pozyskanie udziału kierownictwa za zbyt trudne lub niecelowe; w wyniku tego decyzję o utworzeniu układu lub o przyłączeniu się do istniejącego układu podejmuje się bez dostatecznego uzasadnienia lub w oparciu o zbyt zawężone rozważania.

D. UKŁADY WIELOKOMPUTEROWE I KONTROLA

To czy układy wielokomputerowe potrafią osiągnąć określone cele, zależy od ich praktycznej wykonalności w konkretnych sytuacjach. Nie chodzi tu o wykonalność techniczną - bo z technicznego punktu widzenia problem można w taki czy inny sposób rozwiązać. Praktyczna wykonalność polega na tym, czy można będzie układem i jego użytkowaniem pokierować, czy można będzie je utrzymać pod kontrolą i czy układ pasuje do struktury organizacyjnej przedsiębiorstwa. Pierwszą rzeczą, na jaką należy zwrócić uwagę, jest stopień integracji organizacyjnej, jako podstawa układu wielokomputerowego.

Układ wielokomputerowy na pewno zintegruje w pewnej mierze swoich użytkowników, stwarzając pewien wspólny "obszar" w ich pracy. Stopień zintegrowania będzie zależał od "wielkości" tego obszaru. Kontrola, ustalanie budżetu, rachunkowość i sprawozdawczość komputerów głównych objętych układem powinny być zintegrowane w takiej mierze, w jakiej zintegrowane jest użytkowanie układu. Na przykład, gdy użytkownicy ograniczają się tylko do wspólnego użytkowania zasobów w celu uzyskania pewnych oszczędności wynikających z dużej skali operacji, potrzebny będzie odpowiedni system rozliczania tych zasobów, a gdy oba ośrodki należą do tej samej organizacji, ich budżetowanie i sprawozdawczość powinny być połączone, aby uniknąć podoptimalizacji. Pozaplanowe oddziaływania zachodzące między komputerami głównymi i ich użytkownikami zakłócają kontrolę zasobów i zastosowań przez kierownictwo i osłabiają rozliczalność nawet jego własnej działalności informatycznej.

Budowa autostrad nie tylko poprawiła ekonomikę transportu, ale także przyczyniła się do rozwoju turystyki i podobne skutki mogą też zajść w układach wielokomputerowych. "Turystyka" informatyczna jest realnym niebezpieczeństwem i może przeszkodzić ujęciu działalności informatycznej w ramy normalnej analizy efektywności ekonomicznej. Układy wielokomputerowe, które integrują systemy informatyczne, wymagają też zintegrowanej finansowej i administracyjnej kontroli zastosowań. W przeciwnym razie nie będzie można zmierzyć i rejestrować efektu integracji, co spowoduje niebezpieczeństwo niezrealizowania korzyści.

E. UKŁADY WIELOKOMPUTEROWE - ORGANIZACJA I SPRAWNOŚĆ

Można założyć, że w dobrze zorganizowanym zdecentralizowanym przedsiębiorstwie istnieją solidne przesłanki ekonomiczne, aby utrzymać decentralizację i oprzeć kierowanie operacjami gospodarczymi na komputerach lokalnych. Stopień integracji organizacyjnej powinien zależeć od ilości danych, które trzeba wymieniać i od wymaganych czasów odpowiedzi.

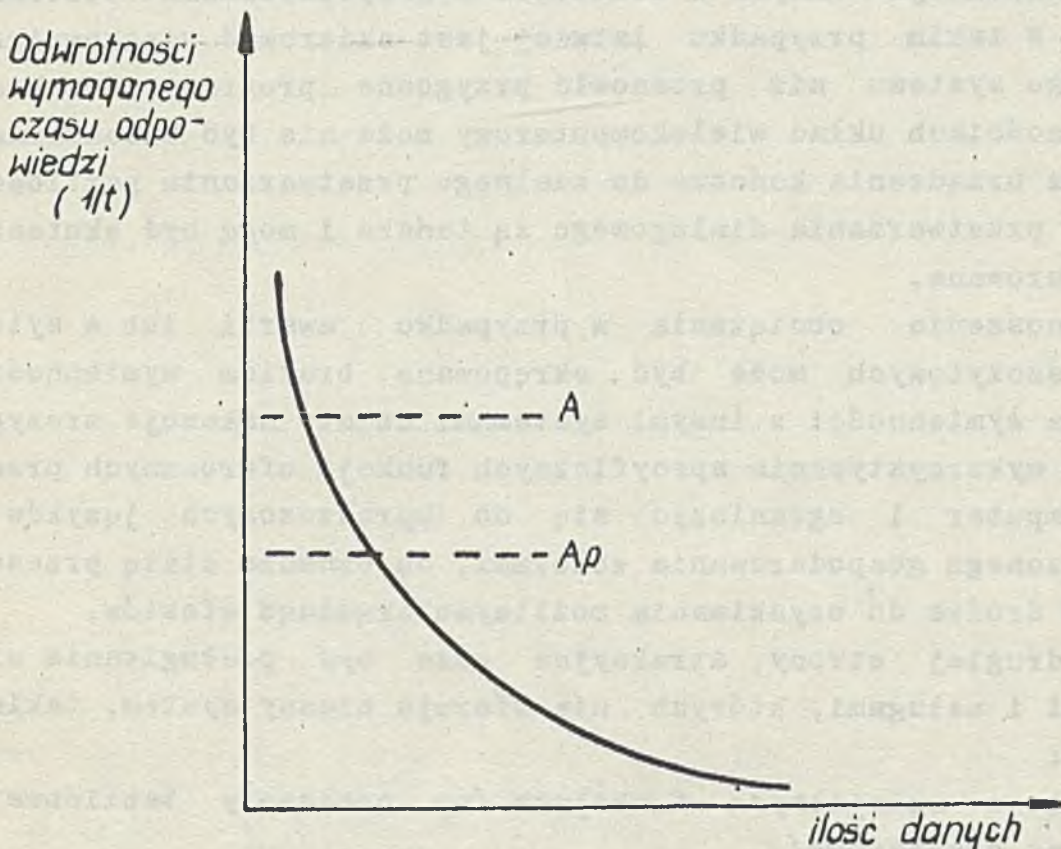
W dobrze zorganizowanym zdecentralizowanym przedsiębiorstwie wymianę danych między komputerami lokalnymi cechuje zwykle odwrotna proporcja między wymaganym czasem odpowiedzi a ilością danych, które mają być wymieniane z zachowaniem tego czasu odpowiedzi. Na ogół tylko niewielka ilość danych potrzebuje krótkich czasów odpowiedzi, a podstawowa masa danych niekoniecznie wymaga bezzwłocznej odpowiedzi /rys.1/.

Z tego stwierdzenia wynika, że gospodarze systemy informatyczne wymagające ciągłej wymiany dużej ilości danych z krótkimi czasami odpowiedzi mogą być symptomem niewłaściwej struktury organizacyjnej przedsiębiorstwa. Może nieprawidłowe jest rozmieszczenie ośrodków obliczeniowych, a może należałoby usprawnić sieć urządzeń końcowych lub sieć zbierania danych. W takich przypadkach układ wielokomputerowy nie byłby najlepszym rozwiązaniem.

Bardzo niewiele - i to tylko największych - organizacji gospodarczych /np. projekt "Switch" IBMu/ ma wystarczający ładunek informacji, aby opłacalny dla nich był własny wewnętrzny układ wielokomputerowy dla celów gospodarczych. Dla większej grupy przedsiębiorstw osiągalna jest integracja gospodarczych zastosowań informatycznych za pomocą publicznej sieci łączności lub innej sieci łączności opartej na zasadzie komercyjnej. Niektóre przedsiębiorstwa oferują z powodzeniem tego rodzaju usługi, czasem nawet w skali ogólnosiwiatowej.

Usługi wielokomputerowe, które raczej ograniczają się do wspólnego użytkowania zasobów i nie integrują zastosowań, stawiają - obok już wspomnianych wymagań administracyjnych - stosunkowo mniejsze wymagania organizacyjne.

*Stosunek między ilością danych o wymaganym
czasem odpowiedzi*



*Przy określonym poziomie „A” inne metody wymiany
danych będą bardziej ekonomiczne niż układy
wielokomputerowe*

*A_p reprezentuje taki poziom dla publicznego układu
wielokomputerowego*

*Rys. 1. Wymiana danych między komputerami służącymi
do celów gospodarczych*

Jeśli zaś idzie o sprawność układów wielokomputerowych, trzeba zasygnalizować kilka dodatkowych uwag.

Strukturalne niebilansowanie mocy komputerów wymaga częstego przenoszenia obciążeń roboczych między komputerami, co może doprowadzić do stabilnej sytuacji, w której pewną ilość programów i danych przetwarza się zdalnie, aby uniknąć dodatkowej transmisji danych i trudności w gospodarowaniu zbiorami danych. W takim przypadku łatwiej jest skierować użytkowników do innego systemu niż przenosić przygodne programy. W takich okolicznościach układ wielokomputerowy może nie być uzasadniony, ponieważ urządzenia końcowe do zdalnego przetwarzania partiowego lub przetwarzania dialogowego są tańsze i mogą być skuteczniej sterowane.

Przenoszenie obciążenia w przypadku awarii lub w sytuacjach szczytowych może być skrzępowane brakiem wymienności. Potrzeba wymienności z innymi systemami często nakazuje zrezygnować z wykorzystywania specyficznych funkcji oferowanych przez dany komputer i ograniczyć się do uproszczonych języków i uproszczonego gospodarowania zbiorami, co oznacza stałą przeszkodę na drodze do uzyskiwania możliwych skądinąd efektów.

Z drugiej strony, atrakcyjne może być posługiwanie się zasobami i usługami, których nie oferuje własny system, takimi jak np.:

- . sprzęt o specjalnych funkcjach /np. procesory tablicowe - array processors/,
- . specjalne własności sprzętu /np. duża pamięć operacyjna/,
- . specjalne urządzenia wejściowe i wyjściowe /np. optyczne czytniki pisma lub urządzenia wyjścia mikrofilmowego/,
- . specjalne pakiety programowe lub kompilatory, których własny ośrodek obliczeniowy nie jest w stanie wykonywać,
- . zbiory lub banki danych,
- . wysoko wykwalifikowani programiści lub projektanci systemów.

Zdecentralizowane specjalizowane ośrodki obliczeniowe mogą stanowić ekonomiczne rozwiązanie dla wielkich organizacji, jeśli potrafią one eksploatować je jako jedną całość. Grupa Robocza liczy na wypracowanie ustalonego wzorca użytkowania z niskimi wymaganiami w zakresie przepływu danych, o ile zadanie układu nie będzie ograniczać się do korygowania błędnej polityki zakupu komputerów.

Jeśli idzie o wspólne użytkowanie zasobów, pozytecznym etapem przejściowym między obecną sytuacją a układami wielokomputerowymi mogłoby być skierowanie prac rozwojowych ku problemowi ułatwienia przełączania urządzeń końcowych na różne komputery z pominięciem komputera centralnego.

III. TYPY UKŁADÓW WIELOKOMPUTEROWYCH

Dobrze byłoby, gdyby można opisywać układy wielokomputerowe za pomocą określonego zbioru cech /fizycznych, funkcjonalnych, topologicznych itd./, ale zupełnie niemożliwe jest dopracowanie się do określonej klasyfikacji tam, gdzie wszystkie cechy są wzajemnie od siebie niezależne. Trudno jest też zbudować hierarchię cech, ponieważ względna ważność poszczególnych pozycji zmienia się od jednego układu wielokomputerowego do drugiego.

Nie da się też skatalogować wszystkich lub chociażby tylko najważniejszych kombinacji charakterystyk. Mimo to podano poniżej listę cech, jakie Grupa Robocza uważa za kluczowe oraz opis wartości, jakie mogą one przybierać. Kolejność poniższego omówienia nie odzwierciedla jakiegoś porządku logicznego.

A. CECHY FUNKCJONALNE

Omawiając przeznaczenie układów wielokomputerowych, można rozróżnić:

- Układ specjalizowany, czyli układ przeznaczony do jednego szczególnego zastosowania lub do ściśle spokrewnionego zbioru zastosowań, np. układ wielokomputerowy do przełączania wiadomości administracyjnych lub układ przeznaczony do rezerwacji miejsc na liniach lotniczych, albo też układ pełniący rolę rezerwy.
- Układ uniwersalny ukierunkowany raczej na wzajemne dzielenie się przez większą liczbę użytkowników zasobami takimi jak np.:
 - sprzęt /centralne jednostki komputera, urządzenia peryferyjne/,
 - oprogramowanie /kompilatory, programy użytkowe/,
 - dane /zbiory danych, transakcje - węzeł, w którym zainicjowana zostaje transakcja, może rozprowadzić ją lub jakąś

jej zmodyfikowaną lub uogólnioną postać do innych węzłów układu/,

- personel, jego wiedza i doświadczenie.
- Układ wielokomputerowy powszechnej użyteczności jest otwarty dla nieograniczonej liczby użytkowników i służy do niemal nieograniczonej liczby zastosowań.
- Dostępność rozgraniczamy na:
 - dostępność tylko dla użytkowników należących do jednej organizacji przy użyciu lub bez użycia publicznej sieci telefonicznej. Celem własnego układu wielokomputerowego przedsiębiorstwa jest podniesienie ogólnej efektywności i wydajności własnych systemów liczących przez ich wzajemne powiązanie. Wszyscy użytkownicy zwykle mogą mieć dostęp do zasobów wszystkich komputerów i taki układ wielokomputerowy może być traktowany jako jeden zasób informatyczny,
 - dostępność ograniczoną do użytkowników należących do "n" organizacji, przy użyciu lub bez użycia publicznej sieci telefonicznej,
 - dostępność publiczną. Nie ma ograniczeń dostępności, gdy urządzenia wejściowe i wyjściowe są wymienne. Zwykle należące do tej kategorii komercyjne układy wielokomputerowe korzystają z publicznej sieci telefonicznej. Układy takie można uważać za rozszerzenie istniejącego systemu usług informatycznych, świadczonych za pośrednictwem urządzeń końcowych, mieszczących się w ramach ogólnej polityki ich dostawców, polegającej na stałym doskonaleniu jakości usług dostępnych abonentom urządzeń końcowych.

B. CECHY PROCEDURALNE

Przez cechy proceduralne należy rozumieć metody zapewniania transmisji danych między węzłami i sterowania nią. Mogą istnieć:

Komunikacja "od punktu do punktu"

Komunikacja między węzłami odbywa się bez węzłów pośrednich. Łącze transmisji może być albo specjalizowane i stałe,

albo może mieć zastosowanie pewna forma łączności dla stwarzania wybiórczych połączeń "od punktu do punktu" z innymi węzłami.

Komunikacja wielopunktowa

Kierowanie wiadomości od jednego węzła do drugiego może być realizowane przez:

. Przełączanie obwodów

Każdy tor danych między dwoma węzłami zostaje ustanowiony przez przełączanie obwodu transmisji danych na potrzebny okres. Komputery końcowe będą zajmować obwód tak długo, jak długo są w stanie czynnym. Obwód musi być umyślnie rozłączony, a jego istnienie jest niezależne od aktualnego transmitowania danych. Obwód przynależy zwykle do dwóch węzłów. Tam gdzie stosuje się techniki przełączania z podziałem czasu /np. przełączanie sterowania komputerem/ w publicznej sieci przełączanie sterowane komputerem/ w publicznej sieci przełączaniowej, obwód może być wykorzystany w tym samym czasie do wielu przeznaczeń.

. Przełączanie wiadomości

Przez wiadomość należy rozumieć samodzielny blok informacji cyfrowej.

Informacja dotycząca trasy i inna informacja sterująca jest zawarta w nagłówku wiadomości oraz w etykiecie końcowej, zawartej w węźle nadawczym i pozostaje niezmieniona dopóki wiadomość nie dotrze do swego miejsca przeznaczenia. Wiadomości mają bardzo różną długość.

Choć wykorzystanie obwodu jest lepsze niż przy metodzie przełączania obwodów, długie wiadomości mogą przeszkadzać w transmisji innych wiadomości przez ten obwód /np. przy pracy metodą dialogową/.

. Przełączanie pakietów

Ten tryb działania wymaga istnienia procesora komunikacyjnego w każdym węźle układu wielokomputerowego. Procesor komunikacyjny odbiera wiadomość, od swego komputera głównego, segmentami, tworzy z tych segmentów pakiety i wysyła pakiety pojedynczo do sieci. Procesor komunikacyjny w punkcie przeznaczenia ponownie składa pakiety i wydaje je w odpowiedniej kolejności do komputera odbiorczego, który otrzymuje je w postaci

jednej jednostki /wiadomości/. Każdy pakiet jest kierowany indywidualnie ku swemu miejscu przeznaczenia poprzez sieć od jednego komputera komunikacyjnego do drugiego na zasadzie dynamicznego ustalania trasy.

W danym momencie między każdą parą komputerów /komputerem nadawczym i komputerem odbiorczym/ może być w toku więcej niż jedna "transmisja logiczna". W ten sposób uzyskuje się wysoką wydajność obwodu, łącznie z dużą niezawodnością transmisji, przy pewnym dodatkowym "narzucie" z tytułu operacji systemowych.

C. CECHY FIZYCZNE

Chodzi tu o wymiennność węzłów układu wielokomputerowego. Węzły mogą być:

. Jednorodne

Wszystkie komputery węzłowe są pod względem charakterystyk takich jak kod transmisji danych, lista rozkazów i inne czynniki wpływające na zdolność węzłów do dzielenia między sobą danych, programów, zbiorów danych itd. bezpośrednio wymienne.

. Różnorodne

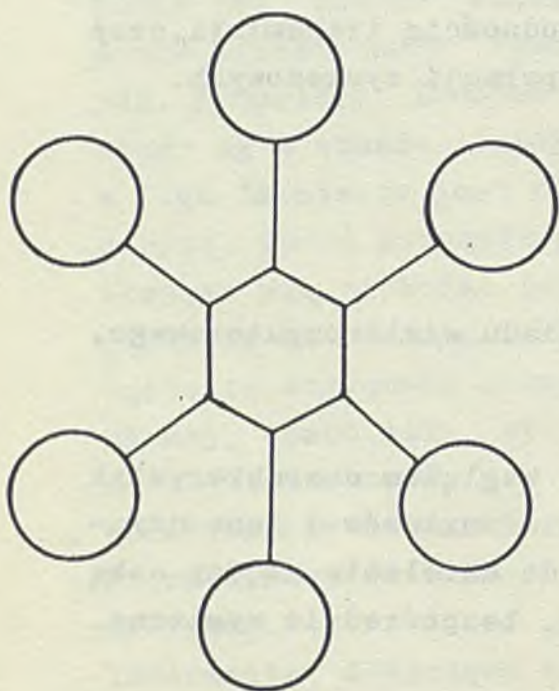
Charakterystyka przynajmniej jednego komputera jest niewymienna z charakterystyką innych węzłów lub komputerów.

D. ROZMIESZCZENIE ZASOBÓW

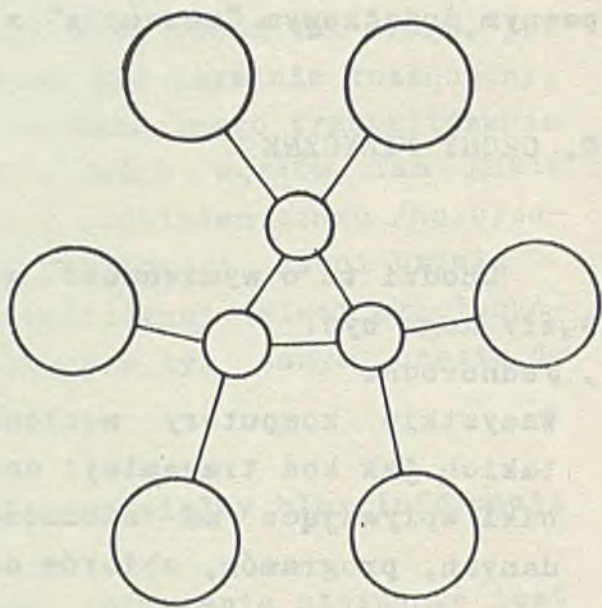
Cecha topologii określa fizyczną organizację układu wielokomputerowego. Można zdefiniować dwie podstawowe topologie /rys.2/:

Układ gwiazdzisty

Przy takiej konfiguracji wszystkie węzły są połączone z jednym węzłem wykonującym wszystkie funkcje przełączeniowe i sieciowe. Stopień centralizacji odpowiada zakresowi, w jakim przyłączone zestawy komputerowe mogą dzielić zasoby głównego komputera tylko w węzle centralnym.



*układ gwiazdowy czyli
scentralizowany*



*układ wielokątowy czyli
zdecentralizowany*

Rys. 2. Dwie podstawowe topologie układów wielokomputerowych

Układ wielokątowy

Jest oczywiste, że istnieje tu nieskończona liczba kombinacji form zasadniczych /por. rys.3/.

Na pierwszy rzut oka cecha topologii nie wydaje się przydatna do klasyfikowania układów dla celów naszej Grupy Roboczej. Ale wywiera ona wpływ na protokół transmisji, używany do sterowania transmisją między węzłami. Ważna jest ona także dlatego, że warunkuje koszt łączy komunikacyjnych między węzłami i umożliwia różne warianty dróg między nimi.

Sterowanie może być:

. Scentralizowane

Jeden z komputerów objętych układem jest komputerem nadrzędnym wobec wszystkich pozostałych.

. Zdecentralizowane /rozłożone/

Różne komputery sterują różnymi obszarami.

Ta sama decyzja odnosi się do cech zasobów, jako że zasoby mogą być:

. Scentralizowane

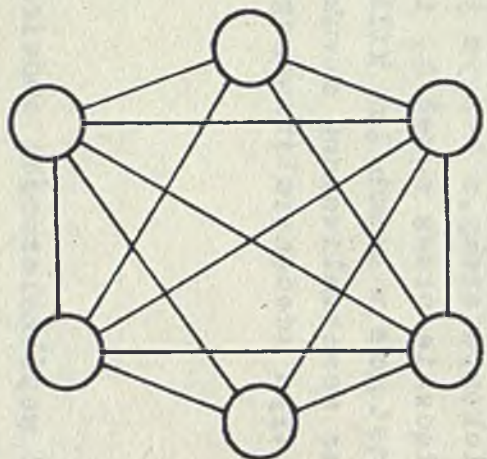
Wszystkie użytkowane zasoby są skoncentrowane w jednym węźle układu wielokomputerowego.

. Zdecentralizowane

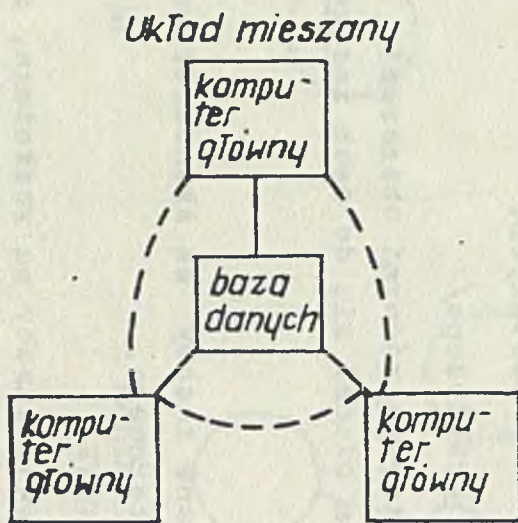
Wszystkie użytkowane zasoby są rozłożone, choć niekoniecznie równomiernie, na wszystkie węzły układu. Oczywiście możliwy i wykonalny jest układ wielokomputerowy, w którym jeden rodzaj zasobów jest dostarczany wyłącznie przez węzeł A, inny przez węzeł B, a jeszcze inne są dostępne w dwóch lub kilku węzłach. Ciekawą formą mieszaną, ale ze scentralizowaną strukturą zbiorów danych, stanowią układy typu zdecentralizowanego.

E. PODSUMOWANIE

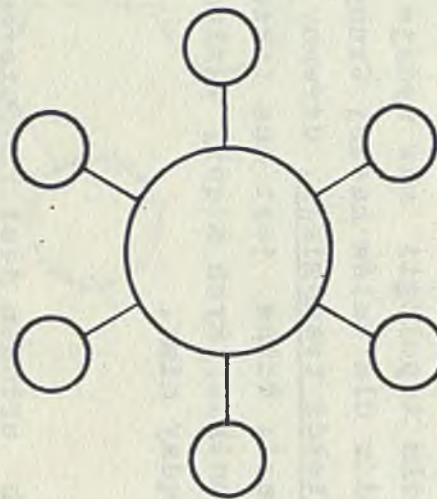
Choć różny jest stopień współzależności omówionych w tym rozdziale cech układu wielokomputerowego, najważniejsze przy projektowaniu i wdrażaniu układu wielokomputerowego są współza-



Układ wielokątowny:
układ w pełni połączony



Układ mieszany



Układ wielokątowny:
układ pierścieniowy

————— część scentralizowana przeznaczona do transmisji zbiorów danych
----- " zdecentralizowana " " " wiadomości

Rys.3. Niektóre kombinacje podstawowych topologii układów wielokomputerowych

leżności między cechami technicznymi, tzn. topologia sieci, nośniki transmisji i protokół transmisji.

Ogólnie można powiedzieć, że istnienie jedynie protokołu transmisji "od punktu do punktu" jest czynnikiem, który ogranicza możliwe topologie sieci, z wyjątkiem przypadków dwuwęzłowego układu liniowego i trójwęzłowego układu wielokątowego. Na przykład w przypadku topologii gwiazdzistej protokół transmisji "od punktu do punktu" na pewno umożliwi wspólne użytkowanie zasobów węzła centralnego, ale nie pozwoli na transmisję między komputerami węzłów peryferyjnych. Czterowęzłowy układ wielokątowy z protokołem "od punktu do punktu" jest faktycznie rozbity na szereg podukładów, w których każdy węzeł może się komunikować tylko z dwoma sąsiednimi węzłami.

Zdolność do przełączania samych łączy komunikacyjnych nadaje topologii sieci dynamiczną zmienność.

IV. ROZWAŻANIA DOTYCZĄCE PROJEKTU TECHNICZNEGO

Utworzenie układu wielokomputerowego wymaga wielu decyzji projektowych, które należy podjąć na wczesnym etapie i które będą miały rozstrzygający wpływ na działanie i sprawność układu. Dlatego Grupa Robocza przedstawia niniejszy rozdział jako próbę nakreślenia ogólnego obrazu charakteru i zakresu głównych aspektów projektu technicznego.

Nie zamierzaliśmy wychodzić poza prosty wykaz aspektów technicznych i problemów wykonalności technicznej, toteż nie dokonaliśmy oceny szczegółów technicznych. Ale w załączniku /Przeгляд układów wielokomputerowych w Stanach Zjednoczonych/ przytoczono przykłady układów wielokomputerowych wraz z najistotniejszymi szczegółami technicznymi i porównaniami.

Ważnym zadaniem będzie ustalenie, co ma dla swoich użytkowników wykonywać układ wielokomputerowy, a co ci użytkownicy muszą wykonać sami. W tym celu utworzono terminy "funkcja układu" i "funkcja użytkownika".

Funkcje użytkownika układu wielokomputerowego użytkownik musi wyraźnie wyspecyfikować, a w przeciwieństwie do systemowych funkcji układu, które z punktu widzenia użytkownika są z góry określone. Swoją specyfikację użytkownik może realizować posługując się "językiem sterowania układem" /network control language - NCL/.

Układ wielokomputerowy można określić jako zespół autonomicznych systemów liczących, obejmujących wiele zasobów i powiązanych określonymi środkami łączności.

A. LOGICZNY UKŁAD WIELOKOMPUTEROWY

W układzie wielokomputerowym można wyróżnić:

- Funkcje obliczeniowe. Są to podstawowe funkcje, które mają być wspólnie użytkowane w układzie wielokomputerowym. Względna

doniosłość niewymiennosci zależy przy tym od konkretnego stopnia różnic w:

- sprzęcie, tzn. od sterowania, formatu, rejestrów itd.,
- oprogramowaniu, tzn. od modułów, sterowania zadaniami, biblioteki, systemu operacyjnego itd.

• Funkcje komunikacyjne. W każdym węźle tkwi podsystem, którego zadaniem jest:

- łączność fizyczna /obwód/,
- podstawowa łączność logiczna /łącze/ dla sterowania przepływem danych itd.

• Funkcja logiczna układu. Funkcja ta również ma siedzibę w każdym węźle i jest ona odpowiedzialna za:

- komendy dotyczące wyszukiwania danych, operowania zbiorami danych, konwersji, transmisji itd.,
- koordynację różnych zadań w drodze sterowania i zarządzania /harmonogramowania/ współdziałaniem między różnymi programami nadzorczymi i między programem nadzorczym i użytkownikiem.

Funkcja komunikacyjna

Funkcje układu wielokomputerowego są zwykle realizowane oddzielnie w dwóch komputerach w celu zwiększenia elastyczności, niezawodności, niezależności, jednolitości itd. Funkcja komunikacyjna ma swą siedzibę w "komunikacyjnym procesorze wiadomości" /interface message processor - IMP/ lub w jednostce sterującej transmisją /communications controller - CC/. Natomiast logiczna funkcja układu ma siedzibę w większej liczbie systemów liczących /komputerów głównych - hosts/, sprzężonych z jednym procesorem komunikacyjnym /IMP/.

Wzajemne powiązanie jednostek sterujących transmisją w jeden podukład opisane jest w ustępie B niniejszego rozdziału. Poza tym potrzebne jest jakieś połączenie dla konwersji między obiema funkcjami. Ten pierwszego szczebla protokół transmisji między komputerem głównym a jednostką sterującą transmisją stwarza tor logiczny między komputerami głównymi, o jeden szczebel wyższy niż obwód fizyczny.

Funkcja logiczna układu

Tę jednolitą logiczną funkcję układu, realizowaną w różny sposób w komputerach głównych jako rozszerzenie normalnych systemów operacyjnych /a nie jako ich modyfikacja/, można określić jako dodatkową warstwę protokołu /rys.4/, stwarzającą gniazdową strukturę programu, porównywalną z kilku poziomami tradycyjnego oprogramowania komputera. Im wyższy jest szczebel protokołu, tym bardziej protokół jest ukierunkowany funkcjonalnie i zależny od treści wiadomości. Im niższy jest szczebel, tym bardziej protokół jest transmisyjnie ukierunkowany i niezależny od treści wiadomości. Różnymi wyższymi szczeblami protokołu są:

- protokół transmisji między procesami, czyli protokół połączenia logicznego /szczebel drugi/; protokół ten, realizowany w programie sterowania układem /network control program - - NCP/, ustanawia logiczny tor między procesami /zadaniami/ użytkowników, mający służyć do wymiany informacji przy pewnych zabezpieczeniach. Podstawowymi funkcjami na tym szczeblu są: stwarzanie połączenia, tworzenie kolejek, sterowanie przepływem, gwarancja niezawodności, zabezpieczenie danych i ich poufności itd.,
- protokół ukierunkowany funkcjonalnie, czyli protokół transmisji między użytkownikami /szczebel trzeci/; protokół ten zapewnia interfejs między różnymi programami w komputerach głównych w celu osiągnięcia różnych stopni wspólnego użytkowania zasobów przez różne środki dostępu przy użyciu wszystkich poprzednio wymienionych funkcji podstawowych.

B. FUNKCJE FIZYCZNE

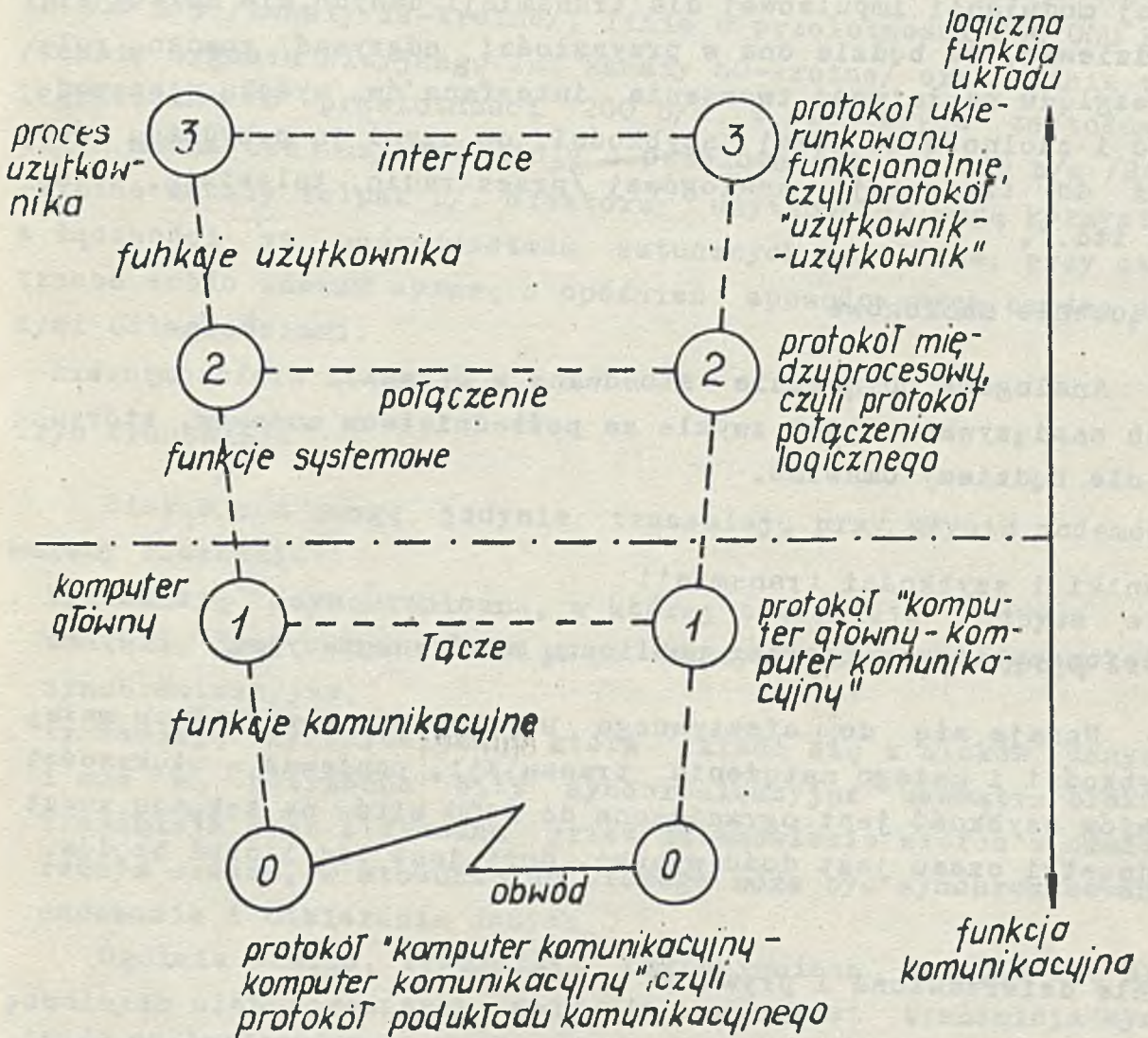
Fizyczne funkcje układu wielokomputerowego są to środki za pomocą których powiązane są między sobą różne części składowe układu. Nie obejmuje to żadnych funkcji logicznych.

Typ transmisji

Można rozróżnić:

Połączenie cyfrowe

Może to być zarówno połączenie równoległe między kanałami jak i transmisja szeregową lub w paśmie podstawowym. Wykonalność



Rys.4. Szczegółowe protokołów

połączenia kanałowego zapewniona została w kilku przypadkach, przeważnie w układach miejscowych złożonych z dużych komputerów głównych i stosujących mikrokomputery w charakterze /liniowych/ specjalizowanych jednostek sterujących. Dobrym przykładem takiego połączenia jest układ Octopus. Nie opracowano jeszcze kodowej modulacji impulsowej dla transmisji danych, ale należy się spodziewać, że będzie ona w przyszłości odgrywać znaczną rolę ze względu na łatwość tworzenia interface'ów, wysoką niezawodność i zdolność do dużej szybkości, co czyni ją przydatną również do transmisji analogowej /przez radio, telewizję, telefon itd./.

Połączenie analogowe

Analogowe połączenie stosowane w układach wielokomputerowych nawiązywane jest zwykle za pośrednictwem modemów, których tu nie będziemy omawiać.

Nośniki i szybkości transmisji

Telefon publiczny poprzez publiczną sieć komutacyjną

Nadaje się do efektywnego użytkowania w warunkach małej szybkości i małego natężenia transmisji, ponieważ w większości krajów szybkość jest ograniczona do 2400 bitów na sekundę, koszt jednostki czasu jest dość wysoki, duża jest też liczba błędów.

Linie dzierżawione i prywatne

Posługują się zwykle tymi samymi urządzeniami co wyżej wspomniane, ale omijają obwody przełączeniowe. Przyczynia się to w dużej mierze do podniesienia niezawodności, choć uruchomienie połączenia rezerwowego jest trudniejsze i bardziej pracochłonne, bo wybieranie numeru musi być wówczas inicjowane przez użytkownika, natomiast wymiana uszkodzonej linii prywatnej należy do obowiązków towarzystwa telefonicznego. W wielu krajach towarzystwa telefoniczne, nie ustanawiając żadnej granicy, pozwalają na szybkości transmisji tak wysokie, jak tylko

potrafią to zapewnić producenci modemów. Nowoczesna technika modemowa umożliwia szybkości do 9600 bitów na sekundę. Linie dzierżawione i prywatne używane są do zastosowań o średniej szybkości i dużym natężeniu transmisji.

W większości krajów istnieją też linie o przepływności 48 000 b/s /kanały 12-krotne/; linie o przepływności 250 000 b/s /kanały sygnału wizyjnego lub kanały 60-krotne/ oraz linie telegraficzne o przepływności 200 b/s. W niektórych zastosowaniach można też uzyskać linie o przepływności 500 000 b/s /240-krotne kanały telpak D/. Niektórzy użytkownicy mogą korzystać z łączności za pośrednictwem sztucznych satelitów, przy czym trzeba sobie zdawać sprawę z opóźnień spowodowanych bardzo dużymi odległościami.

Tryb transmisji

Biorąc pod uwagę jedynie transmisję przy użyciu modemów, możemy rozróżnić:

- transmisję asynchroniczną, w której transmisja odbywa się znakami, przy czym przed i po każdym znaku występują bity synchronizacyjne,
- transmisję synchroniczną, która składa się z bloków danych i nie są potrzebne bity synchronizacyjne wewnątrz bloku. Transmisja jest sterowana przez ustanowienie wzorca z odmierzonym czasem, w stosunku do którego może być synchronizowane nadawanie i odbieranie danych.

Ogólnie biorąc, transmisję asynchroniczną stosuje się dla powolnych niebuforowanych połączeń, natomiast transmisja synchroniczna jest używana w średnio szybkich i szybkich buforowanych zastosowaniach.

Interface

Określenie stosowanego typu interface'u jest w pewnej mierze zależne od typu transmisji. Można rozróżnić interface:

- szeregowy - może on być albo analogowy albo cyfrowy, ale jak dotąd najczęściej stosowana jest technika analogowa /modem/.

"Szeregowy" oznacza w tym przypadku szeregowość bitów, a zatem sterowanie i dane są przemieszane na jednej linii. równoległy - stosowany jest głównie w transmisji cyfrowej na poziomie kanału komputera, przy czym bity informacji tworzące znak są przesyłane oddzielnymi, ale równoległymi kanałami. Oznacza to, że znaki sterujące i dane znajdują się na oddzielnych liniach. Interface równoległy nadaje się tylko do warunków lokalnych /gdy komputery znajdują się w jednej miejscowości/, ale tam okazuje się bardzo użyteczny przy szybkiej transmisji. Należy zaznaczyć, że w tym przypadku utworzony zostaje niestandardowy interface zarówno hardware'owy jak i software'owy.

Funkcje komunikacyjne

- . Połączenie: patrz rozdział III, ustęp B.
- . Kontrola błędów: Nie jest naszym zamiarem wyszczególniać metody kontroli błędów, chcemy tylko podkreślić jej potrzebę. W przypadku linii o częstotliwości telefonicznej można się liczyć z jednym błędnym bitem na 50 000 do 100 000 bitów. Oznacza to, że w połączeniu jednoliniowym przy szybkości transmisji 4800 b/s można znaleźć jeden błąd co 10-20 sekund. Ponadto można przyjąć, że 10% błędów pozostaje nie wykrytych przez standardowe kontrole parzystości, ponieważ kontrole te są przeznaczone dla okoliczności, w których błąd jest wyjątkiem.

W niezawodnej sieci transmisji danych nierzadko stosuje się kody samokorygujące, ale wówczas w zależności od stopnia skomplikowania kodu trzeba pracować z wydajnością tylko 40-50% normalnej wydajności. Dobrą metodą zmniejszania ilości błędów byłoby zastosowanie sieci cyfrowej w miejsce obecnie użytkowanych sieci analogowych. Zmniejszyłoby to stosunek błędów, przy transmisji z szybkością 4 800 b/s, do około 1:10 000 000 bitów, co oznacza jeden błąd na 2 000 sekund /ponad pół godziny/.

Protokół jednostki sterującej transmisją

Wyznaczanie trasy wewnątrz zdecentralizowanego układu wielokomputerowego związane jest z jednostką sterującą transmisją.

Decyduje ona o trasie, jaką ma biec wiadomość, w zależności od rozporządzalności łącz, miejsca przeznaczenia, typu wiadomości i obciążenia linii. Na ogół, zmiana trasy może nastąpić w każdym węźle, przez który przechodzi wiadomość.

Synchronizacja musi odbyć się między każdym węzłem na poziomie jednostki sterującej w odniesieniu do każdej wiadomości.

C. FUNKCJE SYSTEMOWE UKŁADU WIELOKOMPUTEROWEGO

Systemowe funkcje układu wielokomputerowego, są to takie funkcje logiczne na poziomie użytkownika, które tkwią w samym systemie i na które użytkownik nie może zwykle wpłynąć ani ich zmienić.

Ustanawianie połączenia

Logiczny tor, czyli połączenie między użytkownikami, stanowi często rozszerzenie fizycznego pojęcia łącza, za którego pomocą można zastosować np. multipleksową transmisję z podziałem czasu /TDM/. Połączenia można uważać za parę gniazdek - gniazdko nadawcze i gniazdko odbiorcze /gniazdko stanowi odwzorowanie nazw procesów lokalnych we wspólnym obszarze gniazdek dla nazw zewnętrznych/. Gniazdko stwarza mechanizm dostępu do określonego procesu.

Niezawodność

Wysoka niezawodność polega na istnieniu zasobów rezerwowych i mechanizmów powrotu do punktu przerwania po błędach, dzięki czemu zapewniona jest ciągłość wykonywania raz rozpoczętego zadania.

. Rezerwy

Należy wziąć pod uwagę potrzebę "gorących" lub "zimnych" rezerwowych składników układu wielokomputerowego, szczególnie w przypadkach, gdy przeciętne obciążenie układu jest duże, a liczba węzłów niewielka.

Na ogół biorąc, układy wielokomputerowe powinny być tak zaplanowane, aby rezerwa znajdowała się w jednym z innych węzłów. Układ komputerowy jest często zbudowany tak, że można w razie potrzeby automatycznie przerzucić zadanie do miejsca, gdzie znajdują się rezerwy. Ta funkcja układu powinna w każdym momencie posiadać informację o stanie zadania.

Mechanizmy powrotu do punktu przerwania po błędzie

Pożądanym jest powrót do stanu pierwotnego "od końca do końca", a to oznacza, że system powinien być podzielony na trzy obszary: system nadawczy, system przynoszący i system odbiorczy. Powinien być zapewniony całkowity powrót od jednego stadium do następnego.

Najczęściej powtarzają się błędy transmisji, czy to w postaci modyfikacji /błąd na szczeblu bitów/, czy w postaci fałszywego lub podwójnego wyznaczenia trasy./błąd na szczeblu wiadomości/. Problem powrotu do punktu przerwania po błędzie na szczeblu bitów jest dostatecznie naświetlony w istniejącej literaturze; zgubieniu lub dodaniu wiadomości najlepiej zapobiega jednolity system numeracji oraz potwierdzenie od odbiorcy do nadawcy.

Zabezpieczenie

Zabezpieczenie także może być realizowane na różnych szczeblach:

. Zabezpieczenie przed przypadkowym dostępem
Wystarczy zwykła kontrola hasła.

. Zabezpieczenie przed dostępem w złej intencji

Tu sprawa jest trudniejsza, bo sprawca zapewne wie, jak się dostać do systemu i jak go użytkować. Jest jednak prawdopodobne, że nie zna on aktualnego hasła i uczyni kilka bezprawnych prób dostępu, by znaleźć to hasło. A zatem śledzenie nielegalnych dostępu /najlepiej przez sam system/ może dostarczyć wskazówki, że w pewnym okresie czasu ma miejsce zbyt dużo nieudanych prób dostępu.

. Zabezpieczenie przed kradzieżą haseł

Można to łatwo zapewnić przez kombinację klucza hardware'owego i hasła. Stanowić to będzie oczywiście ograniczenie użytkownika wzięć przez użytkowników. Można stosować techniki szyfrowe łącznie z dziennikiem wejść.

Niektóre niedawne przypadki nadużyć w przemyśle informatycznym zachwiały wiarę w bezpieczeństwo komputerów. Ale wszystkie wykryte przypadki miały jedną wspólną cechę: brak dostatecznej kontroli. Wraz z przybliżeniem mocy użytkowych i możliwości ich wykorzystywania do ostatecznego użytkownika, będzie coraz więcej okazji do nadużywania zasobów komputerowych. Dlatego należy wprowadzić staranną procedurę identyfikacji i upoważnień. Procedury inspekcyjne powinny obejmować śledzenie każdej istotnej aktualizacji zbioru danych wszędzie tam, gdzie aktualizacji wolno dokonywać tylko za zgodą drugiej strony. Monitor /program kontrolny/ powinien stale sprawdzać liczbę nieudanych prób dostępu, aby w przypadku nadmiernej ich liczby można było podjąć odpowiednią akcję.

Pomiar

Pomiar działalności obliczeniowej stał się funkcją podstawowej wagi dla użytkownika, który jest zainteresowany w wydajności systemu. Jest to szczególnie ważne gdy poszczególni użytkownicy mają być obciążani kosztami w warunkach wieloprogramowości lub przetwarzania, ale staje się ciężarem dla systemu, jeśli poszczególni użytkownicy mają być obciążani za każdy prosty dostęp /jak to się dzieje w wielu systemach opartych na urządzeniach końcowych/. Tutaj nie będziemy już mogli stosować programów kontrolnych liczących czas, ale trzeba będzie obciążać kosztami w oparciu o techniki liczenia zdarzeń.

Dla trzech wymaganych pomiarów: rozliczeń, analizy sprawności i analizy obciążenia roboczego, można stosować te same podstawowe narzędzia pomiaru.

Nadzorowanie układu wielokomputerowego

W ramach nadzorowania układu, czy to będzie układ scentralizowany, czy zdecentralizowany, należy zapewnić możliwości:

- zmiany trasy

Wiadomość wysłana, która nie dotarła do miejsca przeznaczenia, powinna być retransmitowana inną trasą; tę inną trasę należy utrzymać dopóki nie ustalono przyczyny zakłócenia.

- wyrównania obciążeń roboczych

Wyrównywanie obciążeń wysuwane jest czasem w charakterze argumentu na rzecz utworzenia układu wielokomputerowego, mimo to trzeba mieć na uwadze, że aby uzyskać wysoki stopień wyrównania obciążeń, trzeba przesyłać duże ilości danych przez kanały transmisyjne, co jest nie tylko bardzo czasochłonne, ale także wywołuje zatory dla innych użytkowników tych samych urządzeń.

Jeśli jednak pożądane jest wyrównywanie obciążeń roboczych w układzie jednorodnym, trzeba stale kontrolować obciążenie wszystkich zasobów we wszystkich węzłach i sprawdzać wszystkie zadania oczekujące we wszystkich kolejkach. Można to należycie wykonywać tylko z jednego miejsca, a zatem rzeczywiste wyrównywanie obciążeń jest możliwe tylko w scentralizowanym jednorodnym układzie wielokomputerowym.

D. FUNKCJE UŻYTKOWNIKA UKŁADU

Wspólne użytkowanie zasobów

Oczywistym celem każdego układu wielokomputerowego jest wspólne użytkowanie jednego lub kilku zasobów. Trzeba zaznaczyć, że możliwości sięgają znacznie dalej, nie tylko zwykłe rozłożenie obciążenia roboczego na różne instalacje.

- Sprzęt: centralna jednostka komputera /np. system liczący o bardzo dużej mocy dla zastosowań specjalnych/; urządzenia we/wy /np. urządzenia wyjścia mikrofilmowe/; komputery specjalizowane, jak np. komputer analogowo-cyfrowy /z elektronicznym "cerowaniem"/; urządzenia pamięci.
- Oprogramowanie: programy użytkowe, programy systemowe /programy usługowe, kompilatory/.

- Dane: bazy danych, katalogi.
- Obciążenie: Dzielenie obciążenia ma miejsce wtedy, gdy powyższe zasoby użytkowane są nie ze względu na swoją specyfikę, ale ze względu na efektywność ekonomiczną, czasu odpowiedzi, niewystarczającej mocy miejscowego komputera głównego, w charakterze rezerwy itd. Dzielenie obciążenia może być sterowane przez użytkowników lub przez sam system. W tym ostatnim przypadku jest to funkcja systemowa.

Dostęp użytkownika

Istnieją następujące tryby dostępu użytkownika: interakcyjny, czyli dialogowy /dialogowe wykonywanie programów, dialogowe opracowywanie programów, operowanie zbiorami danych, obliczanie biurkowe/ i partiiowy /partiiowy miejscowy, zdalne wprowadzanie zadań/.

Programy ustanawiające interfejs

Z wyżej wymienionych możliwości programowych można utworzyć tak wiele kombinacji, że nie sposób wyczerpująco wyliczyć wszystkich wymaganych programów ustanawiających interfejs. Co więcej, protokoły na tym szczeblu są w większości istniejących układów wielokomputerowych jeszcze w trakcie opracowania. Niektóre podstawowe funkcje interfejsów na jeszcze wyższych szczeblach protokołu dotyczą:

• wspólnego użytkowania programów

Aby dać równoczesny dostęp do jakiegoś wspólnego procesu, musi istnieć odpowiednia konwencja polegająca na programie ustanawiającym połączenie z tym procesem.

klawiaturowych urządzeń końcowych

Dla ustanowienia łączności między użytkownikiem miejscowego, klawiaturowego urządzenia końcowego a odległym komputerem głównym, pracującym w trybie podziału czasu, protokół zapewnia odwzorowanie urządzenia końcowego w wirtualnym urządzeniu końcowym układu wielokomputerowego.

. wspólnego użytkowania danych

Dostosowanie miejscowego formatu danych do jednolitego standardu dla celów transmisji, a potem - po odbiorze - przywrócenie formatu odpowiadającego standardowi odległego komputera. Wspólna metoda przetwarzania zbiorów danych na odległym komputerze głównym /czytanie, pisanie, aktualizacja, katalogowanie/.Umiejscowienie zbioru danych powinno być przejrzyste dla programu.

. danych graficznych

Protokół dla wymiany danych graficznych do wizualnego wydawania.

. zdalnego wprowadzania zadań

Protokół wprowadzania programu i sterowania nim z lokalnego urządzenia końcowego dla partiowego przetwarzania na odległym komputerze głównym.

. jednostki sterującej

Protokół, który czyni umiejscowienie urządzenia we/wy przejrzystym dla miejscowych programów usługowych sterujących wejściem lub wyjściem.

. translatora

Protokół opisujący konwencje wspólne dla wszystkich języków programowania użytkowanych w układzie wielokomputerowym.

V. WPLYW NA ZARZĄDZANIE

Układy wielokomputerowe stawiają techników informatycznych w obliczu fascynujących problemów, ponieważ w grę wchodzi co najmniej dwa komputery i niezbędne urządzenia łączności. Większość dotychczasowych prac nad układami wielokomputerowymi, prowadzonych głównie przez szkoły wyższe i instytucje państwowe, dotyczyła trudności technicznych; ale przy bliższym zbadaniu okazuje się, że równie wielkie trudności wynikają z problemów zarządzania. Dotychczasowe prace po prostu nie były nakierowane na rozwiązanie problemów zarządzania, ale ku problemom technicznym. Teraz, gdy wszystko wskazuje, że problemy techniczne są możliwe do rozwiązania, kierownictwo powinno przede wszystkim określić i ustalić cele swoich układów wielokomputerowych, aby zapewnić ich właściwe ukierunkowanie.

A. WSPÓLNIE UŻYTKOWANE ZASOBY

Jeśli kierownictwo sądzi, że układy wielokomputerowe są po prostu narzędziem technicznym, które rząd wdrożone będzie funkcjonować wiecznie, to czeka je wielkie rozczarowanie. Aby być użytecznym, układ wielokomputerowy musi być wykorzystany - z samej swej natury - przez kilku użytkowników geograficznie rozproszonych, najprawdopodobniej należących do różnych jednostek funkcyjnych i mających różne wymagania w stosunku do układu. Wszyscy ci użytkownicy muszą dzielić między sobą niektóre spośród zasobów, co nie zawsze będzie łatwe.

Po pierwsze - wspólne użytkowanie zasobów wywoła zmiany w podziale odpowiedzialności i kompetencji, a zatem w strukturze organizacyjnej, co może spowodować niezadowolenie i mieć następstwa w sferze stosunków międzyludzkich. Będzie to szczególnie trudne w sytuacjach, gdy tworzenie układu wielokomputerowego będzie dotyczyło już istniejących ośrodków obliczeniowych, ponieważ naruszone zostaną "prawa nabyte".

To niezadowolenie jest w pewnym sensie uzasadnione, ponieważ użytkownicy usług układu wielokomputerowego będą odpowiedzialni przed swoim kierownictwem za wyniki swej pracy. Mają więc słuszne prawo interesowania się oferowanymi usługami, ich ciągłością oraz stopniem kontroli, jaką mogą sprawować nad tymi usługami. Historia informatyki niezbyt obfituje w przykłady niezawodnego, kontrolowanego i ekonomicznie efektywnego zaspokajania potrzeb użytkowników. Zrozumiało, że użytkownikom zależy na możliwości kontroli nad swoimi kluczowymi zasobami - a APD stało się jednym z takich zasobów. W większości przypadków kontrola nad wspólnie użytkowymi zasobami będzie trudniejsza niż nad zasobami "własnymi", szczególnie gdy inni użytkownicy znajdują się na dużej odległości, nie są znani i/lub mają bardzo odmienne wymagania i priorytety,

Z punktu widzenia kierownictwa realizującego układ można rozróżnić kilka podejść organizacyjnych do układu:

Układy wielokomputerowe podlegające instytucjom publicznym /np. Zarządowi Poczty, Telegrafów i Telefonów/

Aby zorientować się jak dalece charakterystyka sieci PTT odpowiada ogólnym potrzebom układów wielokomputerowych, należy szczegółowo zbadać, w jakim zakresie są lub mogą być dostępne usługi w następujących dziedzinach:

- . operowanie obwodami /chodzi tu o odpowiednie połączenia linii, szybkości transmisji, modemy, adaptory, interfejsy sprzętu informatycznego, wykrywanie i korygowanie błędów itd./,
- . operowanie połączeniami /chodzi o procedury ustanawiania i utrzymywania połączeń według ogólnych norm przewidzianych protokołem, o języki połączeń do transmisji danych itd./,
- . operowanie wiadomościami, a więc m.in. wskazywanie adresu, podawanie typu wiadomości, konwersja kodów i języków itd.

Ciekawe będzie przestudiowanie polityki różnych Zarządów Poczty, Telegrafów i Telefonów w tej dziedzinie, aby ustalić wykonalność usług w skali międzynarodowej. Bezcenną wartość miałyby zalecenia na szczeblu CCITT /Comité Consultatif International Télégraphique et Téléphonique - Międzynarodowy Doradczy Komitet Telegraficzny i Telefoniczny/, ale wydaje się, że mało się o tym mówi.

Prywatne układy wielkomputerowe należące do jednego przedsiębiorstwa

W silnie scentralizowanych przedsiębiorstwach z ograniczonym stopniem niezależności podorganizacji /bankowość, niektóre organizacje przemysłowe itd./ wymagania w stosunku do układu wielkomputerowego dotyczą głównie szybkiej wymiany informacji między centralą a afiliowanymi oddziałami. W silnie zdecentralizowanych organizacjach, gdzie każda jednostka ma wysoce samodzielny status, jednostki te mogą w wielu przypadkach decydować w sposób niezależny, czy mają uczestniczyć w układzie wielkomputerowym czy też nie.

Wielofirmowe prywatne układy wielkomputerowe

W takich przypadkach zainteresowane organizacje są całkowicie niezależne. Przykładami takich istniejących układów wielkomputerowych są SITA i ARPA.

Jasne jest, że każdy z tych rodzajów układów będzie miał inne wymagania. Im wyższy będzie stopień niezależności użytkowników, tym rozleglejsze i bardziej złożone będą się stawały wymagania w odniesieniu do rozliczeń, poufności danych, zabezpieczenia, współpracy przy pracach rozwojowych itd.

B. CELE KIEROWNICTWA PROJEKTU

W dotychczasowych rozważaniach zbyt mało uwagi poświęcono potrzebie silnego zaangażowania się kierownictwa w sprawy planowania i wdrażania układu wielkomputerowego oraz kierowania nim. Może to banalne stwierdzenie, ale doświadczenie dowiodło, że aspekt ten jest często przeoczany i że długie i skomplikowane projekty zaczynają żyć własnym życiem i skazane są na niepowodzenie z braku przewodnictwa i pokierowania. Chodzi nie tyle o to, że jakaś konkretna sprawa nie udaje się lub okazuje się niemożliwa, ale o ogólną atmosferę niepewności, stagnacji i braku poparcia. Takie warunki nie sprzyjają zbiorowemu racjonalnemu wysiłkowi ku zaplanowaniu i przeprowadzeniu poważnych zmian organizacyjnych i technicznych.

Zaprojektowanie układu wielokomputerowego, pogodzenie różnych potrzeb, zintegrowanie układu z procedurami stosowanymi przez użytkowników i wdrożenie go, to oczywiście zadanie przekraczające możliwości małego wyspecjalizowanego zespołu projektowego. Zespół projektowy odgrywa ważną rolę jako centralny mechanizm planujący i kontrolujący, ale duża część pracy musi być wykonana przez inne komórki organizacyjne i w ich ramach. Te komórki organizacyjne muszą być zainteresowane, muszą wierzyć w cele projektu oraz poświęcić czas i pieniądze na ten projekt. Konieczne jest więc, aby cele te były sformułowane w sposób zrozumiały i cieszyły się poparciem zainteresowanych jednostek organizacyjnych oraz pozyskały to poparcie z ich strony w drodze odpowiedniej "propagandy".

Cele te muszą być gospodarczo ukierunkowane /np. lepsza obsługa klientów/, a więc nie mogą to być cele czysto techniczne i w miarę możliwości powinny być ujęte ilościowo. Umożliwi to pomiar wydajności i znacznie uprości późniejsze sprawdzenie, czy cele zostały zrealizowane. Jest to ważne, ponieważ zaufanie użytkowników i poparcie z ich strony będą silniejsze /i zapewne łatwiejsze do pozyskania/ tylko wtedy, gdy będą się opierać na pozytywnych doświadczeniach z przeszłości. Nic nie zastąpi dobrej opinii o sprawności i jasno określonych, łatwo zrozumiałych celów. Wskazane lub nawet potrzebne może być czasem celowe pozyskanie sobie zaufania użytkowników przy okazji innych przedsięwzięć, zanim się przystąpi do tworzenia układu wielokomputerowego.

Wiąże się z tym także i to, że w nagrodę za swoje wysiłki ludzie chcieliby uzyskiwać szybkie i namacalne wyniki. Oczywiście nie zawsze jest to możliwe i niektóre projekty z samej swej natury muszą długo trwać. Nie powinno to też być pretekstem do ograniczania zakresu i rozpiętości czasowej poszczególnych projektów. Doświadczenie zdaje się wskazywać, że należy raczej zdecydować się na szereg szybkich, wysoko opłacalnych lub pod innym względem udanych kroków, niż na jeden długi proces, który przynosi takie same lub nawet większe rezultaty w tym samym łącznym okresie czasu.

Taki szereg krótkich kroków musi być oczywiście osadzony w długoterminowym planie o takiej samej szczegółowości, jakiej wymaga podejście monolityczne. Nie ma ucieczki przed planowaniem. Dlaczego więc rozбивać wysiłek na mniejsze segmenty z ich zwiększonymi kosztami ogólnymi, dodatkowymi punktami kontrolnymi itd.? Zalety tego podejścia leżą w sferze psychologicznej, a także polegają na lepszym wykorzystaniu mechanizmu sprzężenia zwrotnego oraz na większej elastyczności w dostosowywaniu się do zmieniających się warunków. Co więcej, planowanie musi być pracą ewolucyjną z ciągłymi poprawkami i adaptacjami. A gdy proces planowania nie dzieli się na dające się wyróżnić poszczególne etapy, należy się obawiać, że brak mu należytych gwarancji pomyslnego rezultatu całości prac. Bo też niewątpliwie ryzyko w takim przypadku jest większe.

C. CAŁOŚĆ POTRZEB W ZAKRESIE KOMUNIKACJI

Specjalizowane układy wielokomputerowe są z oczywistych przyczyn łatwiejsze do wdrożenia niż układy uniwersalne. Dlatego często spotyka się organizacje, które posługują się kilkoma - czasem wieloma niezależnymi układami /urządzeń końcowych/ dla różnych zastosowań lub dziedzin zastosowań. Choć można zrozumieć, skąd wzięła się taka sytuacja, wynik jest w większości przypadków podoptymalny. Często stwierdza się, że podobieństwa techniczne między różnymi zastosowaniami są większe niż różnice. Integracja takich układów będzie zapewne niełatwa, ale może być bardzo efektywna ekonomicznie.

Ponieważ transmisja danych stanowi zwykle tylko mały ułamek ogólnych potrzeb organizacji w zakresie łączności /np. łączność głosowa i przesyłanie faksymili/, traktowanie jej jako oddzielnej całości łatwo może doprowadzić do dublowania wysiłku i do wzrostu kosztów.

Trzecim czynnikiem w procesie planowania jest długi czas realizacji związany z wdrażaniem urządzeń łącznościowych i wpływ, jaki wywierają one na strukturę systemu. Gdy system raz już został wdrożony, jego zintegrowanie z innymi systemami lub przeniesienie go do innego układu wielokomputerowego może być bardzo trudne i kosztowne.

Z powyższych uwag wynika, że projekty i instalacje układu wielokomputerowego należy oceniać nie tylko jako samodzielne przedsięwzięcie, ale powinny one być osadzone w ramach znacznie szerszego dążenia do zoptymalizowania ogólnych możliwości komunikacyjnych przedsiębiorstwa. Wskutek położenia nadmiernego akcentu na jedną tylko dziedzinę można łatwo przeoczyć oszczędności wynikające z dużej skali lub doprowadzić do zachwiania równowagi.

D. ZABEZPIECZENIE

Nieracjonalne jest tworzenie układu wielokomputerowego, jeśli utworzona w ten sposób całość nie będzie bardziej użyteczna niż suma jej składników. Efekty mogą się zapowiadać bardzo obiecująco na etapie projektowania, ale rzeczywista próba przychodzi dopiero, gdy układ wielokomputerowy jest faktycznie i prawidłowo użytkowany. Jak niezawodny i jak bezpieczny musi być układ wielokomputerowy, by mógł być pożyteczny?

Zabezpieczenie układu wielokomputerowego ma dwa aspekty - wewnętrzne zabezpieczenie komputera i zabezpieczenie sieci. Wewnętrzne zabezpieczenie komputera oznacza zbiór urządzeń, środków i procedur, jakie należy wprowadzić, gdy ma się do czynienia z niezależnymi ośrodkami obliczeniowymi; na przykład zabezpieczenie fizyczne, podział funkcji, zabezpieczenie danych itd. Ten problem został już obszernie naświetlony w innych publikacjach.

Ważne jest, że z chwilą gdy sieć staje się czymś więcej niż tylko kilkoma bardzo prostymi połączeniami kilku węzłów, nie jest ona już - przynajmniej pod względem logicznym - składnikiem wielkiego systemu ze sterowaniem centralnym, ale staje się oddzielną jednostką z własną "inteligencją". Odbija się to na problematyce zabezpieczenia i czasem potrzebne są w związku z tym nowe rozwiązania.

Niezbędne środki ostrożności będą różne w zależności od typu układu wielokomputerowego i jego przeznaczenia. Najpoważniejsze zagrożenie bezpieczeństwa i nienaruszalności wychodzi zawsze od ludzi, którzy operują systemem lub współpracują z nim;

niewygodne procedury zabezpieczenia są przez nich stosowane tylko dorywczo lub w ogóle nie są przestrzegane. Dobre zabezpieczenie musi być oparte na analizie ryzyka i na rozsądnych procedurach operacyjnych, dotyczących zarówno operowania układem jak i jego zastosowań. Rozwiązania ogólne są przy tym lepsze od trudnych do skoordynowania indywidualnych środków bezpieczeństwa w poszczególnych ośrodkach.

Przeprowadzono szereg badań nad systemami i urządzeniami służącymi do podniesienia bezpieczeństwa układu wielokomputerowego. Zaproponowano rozwiązania mające zapewnić bezpieczeństwo "od początku do końca", gwarantujące bezbłędny odbiór wiadomości we właściwym miejscu przeznaczenia. Ale nie rozwiązano jeszcze problemów takich jak np. podsłuch na linii.

Niektórzy badacze próbują zrealizować zabezpieczenie "od początku do końca" przez połączenie kilku funkcji takich jak identyfikacja użytkownika, upoważnienie i kontrola dostępu w jednej "czarnej skrzynce" - którą może być np. minikomputer - umieszczonej gdzieś wewnątrz sieci. Ale projekt ten jest jeszcze w stadium badawczo-rozwojowym. Ta sama jednostka mogłaby zajmować się interfejsami, służyć jako informator o zasobach, zbierać dane statystyczne, rozprowadzać klucze, przechowywać uwierzytelnienia itd.

E. NIEZAWODNOŚĆ

Niezawodność powinna być jednym z pierwszych czynników branych pod uwagę w fazie ustalania charakterystyki systemu. Wysoka niezawodność jest kosztowna, trzeba zatem iść na kompromisy między stopniem niezawodności a oszczędnością zastosowań. W przypadku układów wielokomputerowych, które mają wielu użytkowników rozrzuconych na rozległym obszarze geograficznym, najprawdopodobniej mających zupełnie różne zadania i problemy, a przy tym zależnych od zasobów tego układu wielokomputerowego, potrzebny będzie zapewne pewien stopień redundancji, aby zapewnić należyty poziom usług. Jedną z najprostszyc form redundancji jest zapewnienie rezerwowych jednostek najbardziej krytycz-

nego sprzętu, takiego jak np. centralne jednostki komputera, koncentratory, łącza i modemy. Bardziej pomysłowe projekty systemów potrafią czasem zapewnić redundancję znacznie mniejszym kosztem. Np. w przypadku dzierżawionych linii łącznościowych może zupełnie wystarczyć wypróbowana procedura awaryjna posługująca się publiczną siecią przełączeniową. Czasem dostateczną elastycznością może zapewnić zawczasu przygotowane skierowanie wiadomości lub obwodów przez alternatywną trasę.

Układy wielokomputerowe i ich zastosowania można zaprojektować w taki sposób, żeby awarie lub błędy w którejś części sieci /błąd transmisji, błąd synchronizacji, awaria urządzenia końcowego, komputera lub węzła/ tylko w minimalnym stopniu odbijały się na innych użytkownikach. Ta własność zwana "rozłożoną inteligencją" może stać się wielką zaletą architektur sieciowych w porównaniu z podejściem monolitycznym.

F. METODOLOGIA

Tworzenie układu wielokomputerowego należy traktować jak każde inne przedsięwzięcie z zakresu informatyki. Większość organizacji opracowała służące do tego celu metodologie albo własne, albo będące adaptacją znanych i już wypróbowanych podejść. Ogólnie biorąc każdy projekt musi przejść przez kilka faz, z których każda ma ustalone zasady w odniesieniu do norm, dokumentacji, weryfikacji przez kierownictwo i sprawozdawczości.

O potrzebie współpracy między zespołem opracowującym a użytkownikiem była już mowa i wskazano, że powiązanie już istniejących ośrodków obliczeniowych stwarza szczególne problemy ze względu na związaną z tym zmianą struktury władzy. Dlatego też tam, gdzie istnieją sprawne i dobrze kierowane, zdecentralizowane ośrodki obliczeniowe, należy je zachować. Ich kierownictwo jest zapoznane z miejscowymi sprawami gospodarczymi, procedurami i problemami.

Ponadto należy stworzyć centralną grupę planowania i wytyczania polityki, odpowiedzialną za całość problematyki układu wielokomputerowego. Grupa ta musi zapewnić niezbędne kierownic-

two, zagwarantować odpowiednie poparcie, nadzorować ekonomiczną stronę całego przedsięwzięcia, udzielać wskazówek odnośnie polityki, sposobów regulacji i działania układu wielokomputerowego itd.

Taka centralna grupa w zdecentralizowanej organizacji będzie mogła działać tylko wówczas, gdy jej autorytet będzie oparty na wynikach działalności, a nie na odgórnym zarządzeniu. Bardzo ważne jest, aby wyrobiła ona sobie zaufanie i starała się raczej uzgadniać sprawy z zainteresowanymi niż wymuszać postęp. Jeśli ustala ona cele, musi je sama terminowo realizować. Powinna być źródłem twórczej inicjatywy, a nie nadzorcą pracy innych ludzi.

Pozyskanie zaufania jest łatwiejsze, gdy przedsięwzięcie jest rozbite na szereg mniejszych przedsięwzięć, łatwych do pokierowania i indywidualnego uzasadnienia ekonomicznego.

Takie podejście da użytkownikom wrażenie stałego postępu i nadzieję na wyniki w dającej się przewidzieć przyszłości. Łatwiej też angażuje się użytkownik, gdy chodzi o krótkie przedsięwzięcie, niż gdy chodzi o dłuższy /trudniejszy i może mniej uchwytny/ wysiłek.

Obawy użytkowników można w pewnej mierze rozwiać dając im kierownictwu zapewnienie, że usługi z jakich dotąd korzystają nie zostaną uszczuplone. Bardzo pożyteczne w tym względzie są wiążące umowy między zainteresowanymi stronami na temat danych, usług, projektów, podziału odpowiedzialności itd. Użytkowników denerwują poślizgi harmonogramów, przekroczenia terminów i kosztów oraz niepewność.

G. PERSONEL

Gdy część prac rozwojowych wykonują dostawcy z zewnątrz, bardzo pożyteczne okazało się zawarowanie sobie w umowie udziału kilku pracowników użytkownika w grupie lub grupach roboczych. Korzyści są dwojakie. Po pierwsze - pracownicy nabierają doświadczenia, po drugie - daje to kierownictwu kanał informacji o postępach przedsięwzięcia; w przeciwnym razie informacja po-

chodziłaby od dostawcy zewnętrznego bez żadnej możliwości sprawdzenia.

H. DOŚWIADCZENIA PRAKTYCZNE

Szczegółowe informacje o istniejących amerykańskich układach wielokomputerowych podaje załącznik II do niniejszego opracowania. Przegląd obejmuje też problemy zarządzania i wywołujących się trudności, ale większość odpowiedzi i tym razem dotyczy raczej problemów technicznych niż problemów zarządzania.

Jeden z użytkowników wyszczególnił 5 funkcji administracyjnych, jakie powinien spełniać układ wielokomputerowy:

- . kontrola nad użytkowaniem mocy obliczeniowych,
- . kontrola nad rozwojem układu wielokomputerowego,
- . ustanowienie jednolitego kierownictwa w sprawach rachunkowości i rozliczania kosztów układu,
- . śledzenie skutków, jakie użytkowanie układu wielokomputerowego wywołuje poza tym układem,
- . ocena prawidłowości rozmieszczenia, specjalizacji i stopnia centralizacji zasobów i funkcji układu.

Innym wnioskiem z przeglądu jest, że utworzenie układu wielokomputerowego służącego wspólnym interesom gospodarczym wszystkich użytkowników jest praktycznie wykonalne. To samo odnosi się do wymagań technicznych: każde konkretne podejście będzie tanie dla niektórych systemów komputerów głównych, ale kosztowne dla innych. Fakt, że niektórzy użytkownicy ośrodków obliczeniowych ucierpią od utworzenia układu wielokomputerowego, nakazuje położyć tym większy akcent na uzasadnienie korzyści dla organizacji jako całości oraz na "propagandę" celów układu.

Późniejsze obciążenia finansowe użytkowników tylko pogorszą sprawę. Łatwość użytkowania i elastyczność układu wielokomputerowego muszą więc być i pozostać takimi, by większość użytkowników była zadowolona i wolała ten układ od bardziej konserwatywnych metod.

ZAŁĄCZNIK I

BIBLIOGRAFIA

1. Davis R.M.: Przemówienie wprowadzające, COMCON 73, Computing, kwiecień 1973.
2. Farber D.J. "Networks: An introduction", Datamation, kwiecień 1972.
3. Glaser G.: "The Centralization vs Decentralization Issue: Arguments, Alternatives and Guidelines", Data Base, t.2, nr 3, jesień/zima 1970.
4. Girardi S.: "An Experimental Computer Network", Proceedings of the ACM International Computing Symposium, Wenecja, kwiecień 1972.
5. Gostelow K.P.: "A University Computer Network for the Netherlands: the Results of a Feasibility Study", Stichting Academisch Rekencentrum, Amsterdam, grudzień 1972.
6. Grobstein D.L., Uhlig R.R.: "A Wholesale Retail Concept for Computer Network Management", Proceedings of the 1972 Fall Joint Computer Conference.
7. Hootman J.T.: "The Computer Network as a Marketplace", Datamation, kwiecień 1972.
8. Martin J.: Teleprocessing Network Organization, Prentice-Hall Inc. 1970.
9. Martin J.: Systems Analysis for Data Transmission, Prentice-Hall Inc., 1972.
10. Peterson J.J., Veit S.A.: Survey of Computer Networks, Mitre Corporation, MTP-357, wrzesień 1971.
11. Rustin R./red./: Computer Networks, Courant Computer Science Symposium, grudzień 1970, Prentice-Hall Inc., 1972.
12. Stefferud E.: "Management's Role in Networking", Datamation, kwiecień 1972.
13. Walden D.C.: "A System for Interprocess Communication in a Resource Sharing Computer Network", Communications of the ACM, kwiecień 1972.

14. Williams L.H.: "A Functioning Computer Network for Higher Education in North Carolina", Proceedings of the 1972 Fall Joint Computer Conference.
15. Proceedings IFIP Congress 1968.
16. Proceedings of the 1970 Spring Joint Computer Conference.
17. Computer Networks, Infotech State of the Art Report 6, Maidenhead Berkshire, 1971.
18. "The Emerging Computer Networks", EDP Analyser, styczeń 1973.
19. "Distributed Intelligence in Data Communications", EDP Analyser, luty 1973.
20. "Developments in Data Transmission", EDP Analyser, marzec 1973.
21. "In Your Future: Distributed Systems?", EDP Analyser, sierpień 1973.

Następujące pozycje bibliograficzne dotyczą poszczególnych układów wielokomputerowych i są przytoczone w porządku zastosowanym w załączniku II.

Układ wielokomputerowy DCS

22. Farber D.J., Heinrich F.R.: "The Structure of a Distributed Computer System; The Distributed File System", University of California at Irvine Technical Report, 1972.
23. Farber D., Larson K.: "The Structure of a Distributed Computer System; Software", Proceedings of the Symposium on Computer Communications, Networks and Teletraffic, Microwave Research Institute of the Polytechnic Institute of Brooklyn, 1972.
24. Farber D.J., Larson K.: "The Structure of a Distributed Computer System; Communications", Proceedings of the Symposium on Computer Communications, Networks and Teletraffic, Microwave Research Institute of the Polytechnic Institute of Brooklyn, 1972.

25. Farber D.J.: The Systems Architecture of the Distributed Computer System, Reliability Features, University of California at Irvine Technical Report, 1972.
26. Farber D.J.: The Systems Architecture of the Distributed Computer System, Multi Ring Networks, University of California at Irvine Technical Report, 1972.
27. Loomis D.: Ring Communications Protocols, University of California at Irvine DCS Group Memo No.46, 1972.
28. Rowe L.: DCS Systems Analysis and Instrumentation, University of California at Irvine DCS Group Memo No.57, 1972.

Układ wielokomputerowy Octopus

29. Fletcher J.G.: The Octopus Computer Network, Lawrence Livermore Laboratory Working Paper UCRL - 74338, Livermore, Calif., 1972.
30. Pehrson D.L.: An Engineering View of the LRL Octopus Computer Network, Lawrence Livermore Laboratory Working Paper UCID - 15754, Livermore, Calif., 1970.
31. LTSS: Livermore Time-Sharing System, computer systems documentation and user manuals, Computer Information Center, Lawrence Livermore Laboratory, Lawrence, Calif.

Układ wielokomputerowy Tymshare Tymnet

32. Tymes L.: "Tymnet - A Terminal Oriented Communications Network", AFIPS-SJCC Conference Proceedings, t.38, 1971.
33. Beere M.P., Sullivan N.C.: Tymnet - A Serendipitous Evolution, Tymshare, Inc., Cupertino, Calif., 1972.
34. Beere M.P.: The Challenge of Interactive Computer Networks Today, Tymshare Inc., Cupertino, Calif., 1972.
35. Beere M.P.: Teleprocessing - The Utility of the Computer Utility, Tymshare Inc., Cupertino, Calif., 1972.

Układ wielokomputerowy MERIT

36. "Organizational, Financial and Political Aspects of a Three-University Computing Centre", Proceedings IFIP Congress Edinburgh, sierpień 1968.
37. Progress Report for the Period July 1969-March 1971, MERIT Computer Network, 0571-PR-4, maj 1971.
38. Necessary Stimuli to Encourage Network Service, MERIT Computer Network, wrzesień 1972.
39. Network Resource Exchange Mechanism, MERIT Computer Network, wrzesień 1972.
40. MERIT Proposal Summary - Second Revision, MERIT Computer Network, luty 1970.
41. Aupperle E.M.: MERIT Computer Network Hardware, MERIT Computer Network, listopad 1970.
42. Becker W.D., Aupperle E.M.: "The Communications Computer Hardware of the MERIT Computer Network", IEEE Transactions on Communications, t. COM-20, nr 3, czerwiec 1972.
43. Colman S.: MERIT Network User's Guide, MERIT Computer Network, styczeń 1973.
44. Fisher, Wayne i in.: The Communications Computer and Operating System /CCOS/ - The Initial Design, MERIT Computer Network, 1070 TN-3, październik 1970.
45. Herzog B.: Computer Networks, MERIT Computer Network, 1972.

Układy wielokomputerowe IBMu do celów badawczych

46. INTENET: Report 2, Integrated Computer Network Project, Computer Science Dept., IBM Corp., T.J. Watson Research Center, Yorktown Heights, N.Y., 1970.
47. Angell M.A.K. i in.: Inter-Processor Communications under TSS, RC 2453, IBM T.J. Watson Research Center, 1969.
48. Fredericksen D. i in.: OS/360 Network Interface User's Guide, RA 23, IBM T.J. Watson Research Center, 1971.

49. Hobgood W.S.: "Evaluation of an Interactive Batch System Network", IBM Systems Journal, nr 1, 1972.
50. Karp Donald, Seroussi S.: "A Communications Interface for Computer Networks", IEEE Transactions on Communications, t.COM-20 nr 3, czerwiec 1972.
51. McKay D.B. i in.: Exploratory Research on Netting in IBM, RC 3486, IBM T.J.Watson Research Center, 1971.
52. Meyer J.W.: CAM User's Guide, IBM T.J.Watson Research Center, 1971.
53. Rutledge R.M. i in.: "An Interactive Network of Time Sharing Computers", ACM National Conference Proceedings, 1969.

Układy wielokomputerowe IBMu do celów administracyjnych

54. Wimbrow J.H.: "A Large-Scale Interactive Administrative System", IBM Systems Journal, nr 4, 1971.

Układ wielokomputerowy ARPA

55. Carr S. i in.: "Host-Host Communication Protocol in the ARPA Network", AFIPS Conference Proceedings, maj 1970.
56. Crocker S. i in.: "Function-oriented Protocols for the ARPA Computer Network" AFIPS Conference Proceedings, maj 1972.
57. Frank H. i in.: "Topological Considerations in the Design of the ARPA Computer Network", AFIPS Conference Proceedings, maj 1970.
58. Frank H. i in.: "Computer Communication Network Design --- Experience with Theory and Practice", AFIPS Conference Proceedings, maj 1972.
59. Heart F.E. i in.: "The Interface Message Processor for the ARPA Computer Network", AFIPS Conference Proceedings, maj 1970.
60. Kleinrock L.: "Analytic and Simulation Methods in Computer Network Design", AFIPS Conference Proceedings, maj 1970.

61. Ornstein S.M. i in.: "The Terminal IMP for the ARPA Computer Network, AFIPS Conference Proceedings, maj 1972.
62. Marill T., Roberts L.: "Toward a Co-operative Network of Time-Shared Computers", AFIPS Conference Proceedings, listopad 1966.
63. Roberts L.G., Wessler B.D.: "Computer Network Development to Achieve Resource Sharing", AFIPS Conference Proceedings, maj 1970.
64. Roberts L.G., Wessler B.D.: The ARPA Network, Advanced Research Projects Agency, Washington, D.C., maj 1971.
65. Roberts L.G.: "Extension of Packet Communication Technology to a Hand-Held Personal Terminal", AFIPS Conference Proceedings, maj 1972.
66. Roberts L.G.: "ARPA Network Implications", EDUCOM Bulletin, jesień 1971; Data Exchange, Diebold Europe, wrzesień 1972.
67. Roberts L.G.: "Computer Resource Sharing with the ARPA Network", Conference Proceedings, XXVIII Meeting, The Diebold Research Program-Europe, 1973.
68. Thomas R., Henderson D.A.: "McRoss - A Multi-computer Programming System", AFIPS Conference Proceedings, maj 1972.
69. Current Network Protocols, NIC 7104, ARPA Network Working Group Documentation, styczeń 1972.
70. Honeywell at Bolt, Beranek and Newman, Inc., Honeywell Information Systems, Inc., październik 1972.

Układ wielokomputerowy NSF

71. Expanded Research Program Relative to a National Science Computer Network, National Science Foundation, Washington D.C., styczeń 1972.
72. Aufenkamp D.D.: "NSF Network Initiative", EDUCOM Fall Conference, październik 1972.
73. Aufenkamp D.D., Weiss E.C.: "NSF Activities Related to a National Science Computer Network, International Conference on Computer Communications, październik 1972.

ZAŁĄCZNIK II

PRZEGLĄD UKŁADÓW WIELOKOMPUTEROWYCH W STANACH ZJEDNOCZONYCH

STEPHEN G. SMITH

Ten dokument roboczy opracowano w celu dostarczenia podstawowej informacji rzeczowej Grupie Roboczej d/s Układów Wielokomputerowych powołanej do życia przez Europejski Program Badawczy Diebolda. Niniejszą wersję rozprawdza się w ograniczonym zakresie i nie jest ona przeznaczona do szerszego rozpowszechniania.

74. Aufenkamp D.D.: "Expanded Research Program Relative to a National Science Foundation Computer Network", wystąpienie na American Association for the Advancement of Science, grudzień 1972.
75. Shull H.: Discussions of a National Center for Theoretical Chemistry, maj 1970.
76. Weingarten T.W. i in.: "A Study of Selected Regional Computer Networks in the United States", University of Iowa, wrzesień 1972.

Układ wielokomputerowy General Electric MARK-III

77. International Access Directory, General Electric Information Services Business Division, listopad 1972.
78. Sales Manual, General Electric Information Services, sierpień 1972.
79. "Users Tap Power of Time-share System", The Data Communications User, grudzień 1972.

Podziękowanie

Autor pragnie podziękować członkom Grupy Roboczej za ich pomoc, a w szczególności panu P.L.M. van Berkelowi i członkom Europejskiego Programu Badawczego Diebolda z krajów Beneluksu, których finansowa pomoc umożliwiła opracowanie niniejszego przeglądu.

WYKAZ OMÓWIONYCH UKŁADÓW WIELOKOMPUTEROWYCH W STANACH ZJEDNO-
CZONYCH

2-11 stycznia 1973

Opracował: Stephen G. Smith, Berenschot-Diebold

Układ wielokomputerowy DCS, Uniwersytet Kalifornijski w Irvine,
Prof. David Farber /szef projektu DCS/,
Kenneth Larson, D.Loomis, L.Rowe

Układy wielokomputerowe Uniwersytetu Kalifornijskiego,
Ward Sangren, Uniwersytet Kalifornijski w Berkeley,
/koordynator uniwersyteckich systemów informatycznych/

Układ wielokomputerowy Octopus, Lawrence Livermore Laboratory,
dr Sidney Fernbach / szef działu informatycznego/

Układ wielokomputerowy Tymshare Corporation, Cupertino, Calif.
Max Beere /dyrektor d/s telekomunikacji/

Układ wielokomputerowy Cybernet, Control Data Corporation,
Minneapolis, Minnesota
David Jasper /dyrektor układu Cybernet/

Układ wielokomputerowy Merit, Uniwersytet Michigan,
Ann Arbor, dr Eric Aupperle, Wayne Fischer, Sue Coleman

Układy wielokomputerowe IBMu do celów badawczych,
Yorktown Heights, N.Y.,
Donald Karp, Harlow Freitag, Dick Ryniker

Układy wielokomputerowe IBMu do celów administracyjnych
White Plains. N.Y.,
Dick Horton, Sam Albert

Układ wielokomputerowy ARPA, Arlington, Virginia,

Układ wielokomputerowy Krajowej Fundacji Naukowej /NSF/,
Washington, D.C.,

dr Don Aufenkamp /dyrektor działalności obliczeniowej/

Układ wielokomputerowy General Electric Co., Bethesda, Maryland
Al Boyton / dyrektor d/s marketingu/

Celem tego przeglądu było zbadanie niezbędnych kompromisów poczynionych w toku projektowania, napotkanych trudności oraz ogólnych wyników różnych układów wielokomputerowych zrealizowanych w Stanach Zjednoczonych. Okazało się, że wiele systemów, rozreklamowanych jako układy wielokomputerowe to w rzeczywistości wcale nie układy wielokomputerowe w naszym rozumieniu tego terminu. Zaś niektóre inne, niewątpliwie będące "prawdziwymi" układami wielokomputerowymi, nie są jeszcze w pełni wdrożone ani w pełni eksploatowane. Żaden ze zbadanych przez nas projektów układów wielokomputerowych nie obejmuje wszystkich aspektów struktury i rozwoju takiego układu oraz aspektów zarządzania, które uznaliśmy za istotne.

Naszą analizę układów wielokomputerowych przeprowadzamy według określonego schematu, biorąc pod uwagę następujące zagadnienia:

I. Uzasadnienie i cele

II. Typ układu

- A. Przełączanie obwodów, przełączanie wiadomości, przełączanie pakietów
- B. Układ jednorodny czy różnorodny
- C. Scentralizowany /gwiazdzysty/ czy zdecentralizowany /wielokątowy/

III. Funkcje z góry określone

- A. Niezawodność i ochrona danych przed zniekształceniem
- B. Rezerwa i ponowne przygotowanie do pracy
- C. Wdrożone środki zabezpieczenia
- D. Poufność danych i procedury wspólnego użytkowania
- E. Mechanizmy zbierania danych statystycznych

F. Algorytmy i procedury rozliczeń

G. Pomiar i analiza wydajności

IV. Funkcje realizowane na rozkaz

A. Ukierunkowanie i możliwości rozbudowy układu, usługi na rzecz użytkowników:

1/ układ specjalizowany

2/ układ uniwersalny

B. Wspólne użytkowanie zasobów:

1/ baz danych

2/ sprzętu /podział obciążenia roboczego/

3/ oprogramowania

C. Metody dostępu użytkowników:

1/ dialogowa /interakcyjna/:

a/ konwersacyjna

b/ graficzna

2/ partiowa

3/ komunikacja między użytkownikami

4/ komunikacja między procesorami

5/ możliwości emulacji i symulacji

V. Problemy zarządzania

A. Struktura organizacyjna

B. Podejmowanie decyzji w sprawach rozwoju i zmian

C. Koszty i finansowanie

VI. Dziedziny specjalnych trudności

A. W zakresie zarządzania

B. W zakresie technicznym

VII. Wnioski i uwagi

W odniesieniu do żadnego układu nie udało się uzyskać odpowiedzi na wszystkie pytania, a to ze względu na ograniczony czas ankiety, ochronę praw autorskich projektantów, tajemnice firmowe, a także ze względu na fakt, że niektórych spośród tych aspektów po prostu nigdy nie wzięto pod uwagę.

Poniżej podajemy podsumowanie ustaleń odnośnie poszczególnych badanych układów wielokomputerowych.

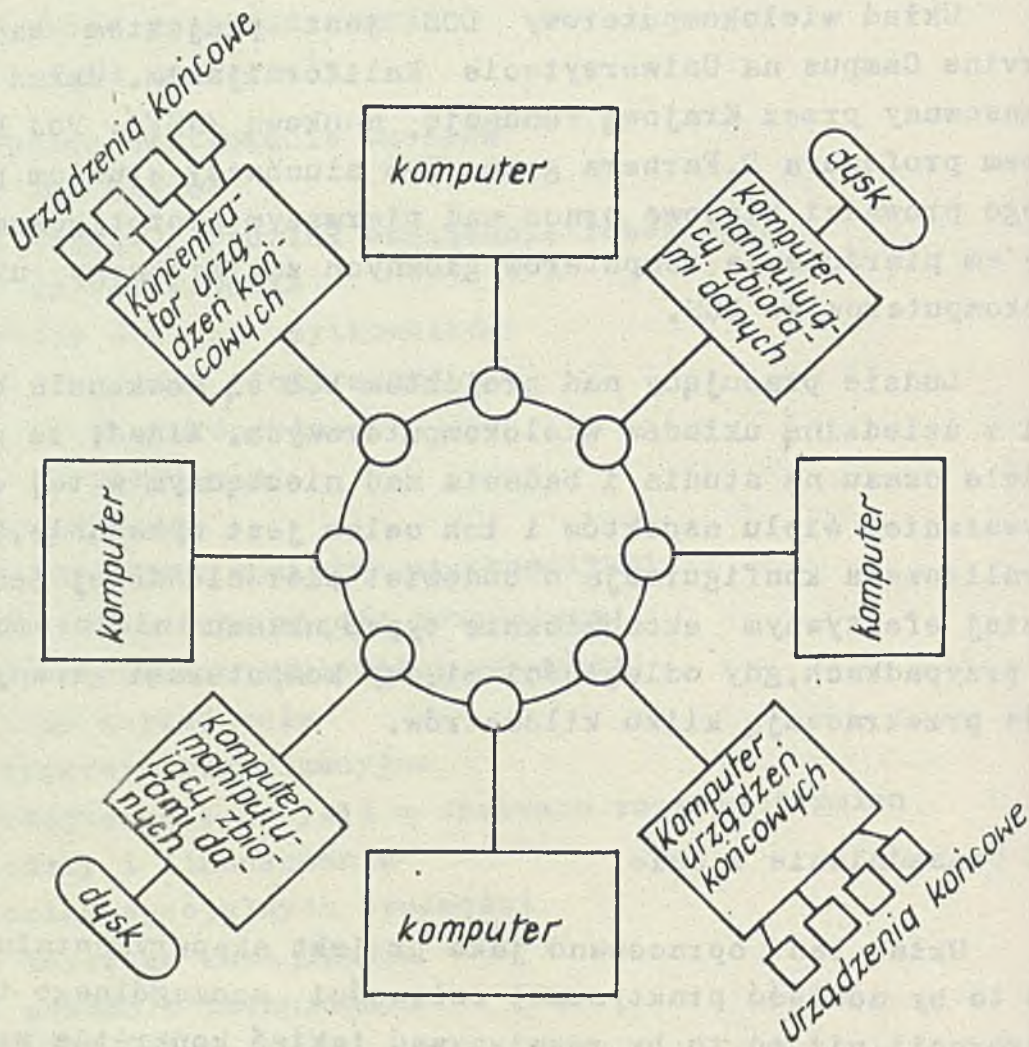
UKŁAD WIELOKOMPUTEROWY DCS /Distributed Computer System - Zdecentralizowany System Informatyczny/

Układ wielokomputerowy DCS jest projektem badawczym w Irvine Campus na Uniwersytecie Kalifornijskim. Układ jest finansowany przez Krajową Fundację Naukową /NSF/. Pod kierownictwem profesora D. Farbera grupa 5-6 słuchaczy studium podyplomowego prowadzi końcowe prace nad pierwszym prototypowym interfejsem pierścienia komputerów głównych zamierzonego układu wielokomputerowego DCS.

Ludzie pracujący nad projektem DCS są doskonale obznajmieni z dziedziną układów wielokomputerowych. Widać, że poświęcili wiele czasu na studia i badania nad niezbędnym w tej dziedzinie wyważaniem wielu aspektów i ich celem jest wykazanie, że zdecentralizowana konfiguracja o budowie pierścieniowej jest najbardziej efektywnym ekonomicznie typem układu wielokomputerowego w przypadkach, gdy odległości między komputerami głównymi układu nie przekraczają kilku kilometrów.

I. Uzasadnienie i cele

Układ ten opracowano jako projekt eksperymentalny, raczej po to by dowieść praktycznej celowości szczególnego typu konfiguracji, niż po to by rozwiązywać jakieś konkretne problemy użytkowników. Toteż ze względu na badawczy charakter układu wielokomputerowego DCS jego projektantom i autorom prac rozwojowych nie zależy na znalezieniu użytkowników, ci mogliby bowiem domagać się stworzenia warunków wymienności z przyszłymi udoskonalonymi wersjami układu, natomiast grupa badawcza pracująca nad układem pragnie zachować wolną rękę dla dokonywania w przyszłości wszelkich poważnych zmian i udoskonaleni technicznych bez ograniczeń narzuconych przez użytkowników. Zakłada się więc, że układ będzie użytkowany głównie w celach dydaktycznych; w tych warunkach wszyscy użytkownicy mają charakter tymczasowy i nie ma rzeczywistego obciążenia "produkcyjnego".



Rys.5. Układ wielokomputerowy DCS

Założone cele projektu DCS są pięciorakie:

- . wysoka niezawodność,
- . niski początkowy koszt utworzenia układu,
- . zdolność do przyrostowego rozwoju niskim kosztem,
- . możliwość stosowania różnych systemów językowych,
- . skromne wymagania pod względem oprogramowania systemowego.

Określając te cele nie wymieniono żadnych liczb, należy je zatem traktować raczej jako wytyczne niż jako założenia projektowe układu.

II. Typ układu

U podłoża projektu układu wielokomputerowego DCS leży koncepcja systemu transmisji danych opartego na "pierścieniu transmisji danych", przy użyciu handlowo dostępnego szerokopasmowego sprzętu telekomunikacyjnego T1. System T1 posługujący się kablem współosiowym ma maksymalną szerokość pasma 256 megabodów /milionów bitów na sekundę/. Przy zastosowaniu cyfrowej kodowej modulacji impulsowej z mechanizmami kontroli i korygowania błędów oraz przy użyciu stacji wzmacniakowych co 500 metrów, sprzętu do sterowania wiadomościami i skręconych parami przewodów, ten system transmisji może działać w sposób niezawodny z szybkością do 10 megabodów.

Obecnie użytkowane są trzy oddzielne linie dla jednokierunkowej transmisji pierścieniowej. Linia "pierwotna" służy zwykle jako łącze transmisji, natomiast oddzielna "linia błędów" jest stale kontrolowana w oczekiwaniu na sygnał wskazujący pojawienie się błędu. Gdy taki sygnał pojawia się, cały ruch transmisji zostaje natychmiast przerzucony na trzecią, rezerwową /"wtórną"/ linię transmisji, dopóki nie zostanie wykryte i skorygowane źródło błędu na linii pierwotnej lub dopóki błąd nie przestanie się powtarzać.

Dwukierunkową transmisję pierścieniową można by zrealizować, gdyby włączyć dodatkowy sprzęt sterujący do interfejsu sieci oraz drugi zespół trzech linii komunikacyjnych.

Aby uprościć interfejs, stosuje się pakiety wiadomości o stałej długości, które wędrują synchronicznie wokół pierścienia. Długość pakietu wynosi obecnie ok. 400 bitów, ponieważ przewiduje się, że większość wiadomości będzie nadawana z urządzeń końcowych typu dalekopisowego i będzie zawierać mniej niż 40 znaków. System realizuje się w taki sposób, by można było łatwo ustalić inną długość pakietu.

Zaprojektowano też metodę przesyłania półpakietów, ale we wstępnej wersji sprzętu sterującego interfejsem pierścienia metoda ta nie będzie zrealizowana.

Każdy pakiet wiadomości zawiera następujące pola informacji:

- . nadający interfejs pierścienia + bit parzystości /9 bitów/,
- . kontrola pierścienia /1 bit/,
- . nazwa procesu odbierającego /16 bitów/,
- . nazwa procesu nadającego /16 bitów/,
- . bit parzystości dla kontroli etykiety /1 bit/,
- . pole szeregu /1 bit/,
- . pole definicji wiadomości /8 bitów/,
- . wiadomość /około 350 bitów - długość zmienna/,
- . bit porównywany ale nie kopiowany,
- . bit przyjmowany i kopiowany,
- . sprawdzenie całości wiadomości /wykrywanie N błędnych bitów/.

Jednostka interfejsu pierścieniowego jest tanim /cena poniżej 1500 dolarów/ modułem sprzętu, mającym na celu zapewnienie półstandardowego interfejsu dla bezpośredniego dostępu do pamięci swego komputera głównego. Prototypowy interfejs pierścienia zaprojektowano obecnie dla minikomputera głównego Lockheed SUE i przewiduje się, że późniejsze przeprojektowanie tego interfejsu dla dostosowania go do nowego typu komputera głównego będzie wymagało około 10 roboczodni pracy konstruktorskiej. Jedynym istotnym sieciowo ukierunkowanym modułem programowym, potrzebnym dla każdego komputera głównego jest program formatujący wiadomości, który odbiera i przestrukturuje wszystkie

materiały wejściowe i wyjściowe przebiegające od komputera głównego do sieci i od sieci do komputera głównego. Związane z tym dodatkowe zużycie czasu maszyny okazało się minimalne.

Pod względem interfejsów pierścienia układ wielokomputerowy DCS jest jednorodny, ale ponieważ do tego standardowego interfejsu można przyłączyć każdy typ komputera, układ jest z punktu widzenia użytkownika różnorodny. Jest to przykład układu wielokomputerowego, który można nazwać rzeczywiście zdecentralizowanym, ponieważ ma zdecentralizowany: sprzęt, oprogramowanie i sterowanie układem.

Sprzęt jest zdecentralizowany w tym sensie, że nie ma centralnej jednostki przetwarzającej dla całego ruchu sieci ani scentralizowanego sterowania pierścieniem transmisji danych. Oprogramowanie jest zdecentralizowane na kilku szczeblach, a mianowicie na szczeblu:

- . przydzielania zasobów układu wielokomputerowego,
- . harmonogramowania ruchu wewnątrz sieci,
- . modułów sterowania układem i modułów aktualizacji, oraz - na życzenie,
- . programów użytkowych.

Podstawowe oprogramowanie: systemowe układu wielokomputerowego użytkuje tylko 5 K słów pamięci operacyjnej. Ponadto zaprojektowano zdecentralizowany system bazy danych do użytku w układzie DCS.

III. Funkcje z góry określone

Niezawodność osiąga się w układzie wielokomputerowym DCS dzięki decentralizacji i podwojeniu. W każdej możliwej dziedzinie system oprogramowania jest zaprojektowany w sposób, który łagodzi skutki ewentualnej awarii, dzięki czemu układ kontynuuje działanie z nieznacznie tylko osłabioną wydajnością lub z niepełnymi zdolnościami.

Niezawodność systemu transmisji można zapewnić przez zastosowanie współśrodkowych pierścieni transmisji i podwójnych modułów interfejsu pierścienia.

Podczas normalnego działania przy istnieniu pierścieni współśrodkowych efektywna szerokość pasma transmisji może wynosić np. 20 megabodów. Przy awarii jednego z pierścieni operacje sieci trwają nadal, z tym tylko, że szerokość pasma zostaje zredukowana do 10 megabodów.

Kontrola błędów ruchu danych w sieci odbywa się w ten sposób że każdej wiadomości zawsze pozwala się przebiegać wokół całego pierścienia, a usunięta z pierścienia może ona być tylko poprzez węzeł, który ją nadał. W ten sposób węzeł nadający ma możliwość sprawdzenia, czy wiadomość została należycie przekazana i czy została odebrana przez właściwe węzły. Specjalny zdecentralizowany moduł zajmuje się usuwaniem "zbiłkanych" wiadomości z sieci.

Zatorom wiadomości w wielokomputerowym układzie DCS zapobiegają protokoły pierścienia. Wiadomości mogą być kierowane do procesu przeznaczenia tylko wtedy, gdy ten proces przeznaczenia ma swobodny kanał wejściowy. Procesy przydziału zasobów utrzymują różne listy gwarantujące należyte działanie i sterowanie.

Ciągła kontrola w poszukiwaniu niesprawności dokonuje się w układzie wielokomputerowym za pomocą różnych systemów echowych. Gdy napotyka się niesprawność, niesprawny węzeł zostaje efektywnie wyłączony z sieci, natomiast moduł kontrolny nadal poszukuje dokładnej przyczyny niesprawności, aby dokonać w miarę możliwości prawidłowych ponownych startów.

Brak na razie w układzie DCS rozwiązań problemu zabezpieczenia. Ale projekt zdecentralizowanego systemu zbiorów danych obejmuje też ewentualne metody zabezpieczające poufność danych użytkowników, kontrolę dostępu i odpowiednią rezerwę. Na ogół biorąc, nie ma w tych sprawach jakichś aspektów, które odnosiłyby się specjalnie do układów wielokomputerowych, ale aby zapewnić układowi zdolność do przewyciężania awarii związanych z systemem zbiorów danych, pełna nazwa zbioru jest utrzymana w samym zbiorze, dzięki czemu można uzyskać dostęp do zbioru nawet w przypadku, gdy normalna droga dostępu do tego zbioru ulega przerwaniu. Tak samo wspólne użytkowanie realizowane jest raczej przez przyporządkowanie wielu nazw jednemu zbiorowi, niż przez

poleganie na wielu drogach do jednego zbioru, a kontrola dostępu odbywa się raczej wewnątrz samego zbioru niż na drodze prowadzącej do danego zbioru.

Zwykle w celu uzyskiwania skutecznego dostępu do zbiorów danych korzysta się z dróg dostępu, ale gdy droga uległa przerwaniu, dostęp może się nie udać.

Rzeczywista realizacja tego zdecentralizowanego zbioru danych jeszcze nie nastąpiła.

Gromadzenie statystyki dotyczącej oprogramowania w projekcie DCS ma służyć sześciu głównym celom:

- . pomoc w ujawnianiu błędów wdrożenia przez określenie warunków błędu,
- . ocena budowy różnych modułów logicznych,
- . dostarczenie parametrów on-line dla programów dynamicznego przydziału zasobów,
- . empiryczna analiza architektury układu wielokomputerowego,
- . rachunkowość użytkowania układu,
- . analiza błędów.

Te motywy gromadzenia statystyki nie odnoszą się oczywiście tylko do układów wielokomputerowych, ale wywierają one wpływ na ich realizację. Jedną z implikacji jest potrzeba zegara systemowego o wysokiej rozdzielczości, który by umożliwiał pobieranie stosunkowo małych próbek pomiarowych, aby nie zakłócać stanu układu wielokomputerowego podczas dokonywania pomiaru.

W układzie wielokomputerowym DCS nie przewiduje się wdrożenia funkcji śledzenia zdarzeń z powodu wysokich dodatkowych wymagań takiej funkcji pod względem czasu maszyny oraz ze względu na ograniczoną użyteczność śledzenia zdarzeń w wysoce zsynchronizowanym środowisku takim jak DCS.

Przedmiotem proponowanej statystyki układu mają być:

- . ogólne zużycie czasu komputera,
- . przeciętna długość wycinka czasu wykonania,
- . łączny buforowy czas czekania,
- . łączny czas czekania wiadomości na wejściu,

- . łączny czas czekania wiadomości na wyjściu,
- . liczba nadanych wiadomości,
- . liczba odebranych wiadomości,
- . łączny czas czekania wiadomości w kolejce przerwań programu,
- . ważony czas odpowiedzi,
- . ważony czas wykonania zadania,
- . ważony czas między interwencjami dialogowymi /interakcjami/.

Rzeczywiste zbieranie i użytkowanie tych możliwych statystyk będzie zależało od tego, jakie konkretne eksperymenty będą dokonywane z układem wielokomputerowym.

Chwilowo nie proponuje się ani nie wdraża żadnego mechanizmu rozliczania użytkowników. Ze względu na dynamiczny charakter układu, który w dążeniu do uzyskiwania maksymalnej wydajności przesuwając operacje systemu ku komputerom, które są mniej obciążone, ścisła rachunkowość byłaby prawdopodobnie prohibicyjnie czasochłonna. Ale mechanizm przydzielania zasobów, obejmujący procedurę "zapytań o oferty" i "przetargu" w celu przydzielania zasobów na zasadzie konkursowej, dobrze nadawałby się do realizacji mechanizmu obciążania użytkowników kosztami odpowiednio do liczby wejść i wyjść procesów.

IV. Funkcje realizowane na rozkaz

Ponieważ układ wielokomputerowy DCS nie wszedł jeszcze do eksploatacji i nie posiada "prawdziwych" użytkowników, wielu spośród funkcji realizowanych na rozkaz /czyli protokołów na szczeblu "komputer główny - komputer główny"/ jeszcze nie określono. Zamierza się uczynić z niego układ wielokomputerowy typu uniwersalnego, który łatwo da się rozbudować do 30 węzłów procesorowych w jednym pierścieniu lub do większej liczby węzłów w konfiguracji wielopierścieniowej.

Ustalono, że w układzie DCS możliwe będą wszystkie typy podziału zasobów, ale nie jest jeszcze zupełnie jasne, jak podział zasobów ma być inicjowany, organizowany i realizowany. Nie

ma na razie ustalonych protokołów użytkownika dla celów koordynacji wspólnego użytkownika bazy danych, zdalnego użytkownika sprzętu oraz użytkownika systemów oprogramowania należących do odległych komputerów i do samej sieci.

Schemat adresowania opracowany dla układu DCS ma następujący format: klasa.nazwa.typ maszyny.numer maszyny.numer kolejny

Na przykład: SYS.BASIC.SUE.4.32 oznacza, że użytkownik wskazuje program systemowy o nazwie BASIC, rezydujący w czwartym komputerze Lockheed SUE. Numer kolejny przydawany jest przez system po to by uniknąć konfliktów i niezgodności między migracjami lub modyfikacjami w systemie. Teoretycznie, użytkownik mógłby po prostu napisać ".BASIC", a system byłby w stanie dopełnić resztę, pod warunkiem, że BASIC istnieje gdzieś w układzie wielokomputerowym. Aby wydrukować coś, użytkownik mógłby po prostu napisać ".PRINT", wywołując przez tę nazwę standardowy program wydawniczy. Program przydzielający /allocator/ zasoby układu wielokomputerowego mógłby poszukać najtańszej, mało obciążonej drukarki w przypadku, gdy istnieje więcej niż jeden program PRINT. Tak więc zaprojektowano już ogólną metodę podziału zasobów - zarówno z góry określonego jak i realizowanego na rozkaz - ale rozwiązania wymagają jeszcze szczegóły takie jak konwersja danych, kontrola dostępu itd.

Wszelki przewidziany obecnie dostęp użytkownika jest w trybie konwersacyjno-dialogowym, ale nie wyklucza się innych możliwości. Komunikacja między użytkownikami jest możliwa jako szczególnie przypadek komunikacji między procesami.

Nie wiadomo jeszcze czy można będzie komunikować się wskazując w adresie bezpośrednio odległe urządzenie końcowe, czy też wskazując nazwę użytkownika.

Komunikacja między procesami będzie się odbywać w drodze symulacji pierścieniowej sieci transmisji danych wewnątrz jednego komputera. W ten sposób transmisja sieciowa i transmisja między procesami będą się odbywać w taki sam sposób, niezależnie od tego, czy procesy transmisji przebiegają fizycznie wewnątrz jednego komputera czy też nie. Dla transmisji między procesami przebiegającymi w tym samym komputerze nie wykorzystuje się sieci fizycznej.

Przy projektowaniu układu wielokomputerowego DCS posłużono się symulacją w celu zoptymalizowania cech niezawodności i przepustowości układu. Opracowano też układ prototypowy w celu ściślejszego przeanalizowania różnych aspektów kosztów i ujawnienia ewentualnych ukrytych trudności pojawiających się przy wdrażaniu układu. Symulacja będzie nadal stosowana w dość szerokim zakresie, aby stworzyć dla celów dalszej analizy układu sztuczne, ale realistyczne warunki symulujące istnienie użytkowników.

V. Problemy zarządzania

Probleмами zarządzania przy eksploatacji układu wielokomputerowego DCS nie zajmowano się dotąd ze względu na jego charakter projektu badawczego. Pracami rozwojowymi nad układem kierują dwaj dyrektorzy programu /"główni badacze"/, jeden do spraw administracyjnych, drugi do spraw technicznych. W ramach działu technicznego istnieje mała wyspecjalizowana grupa 5-6 doktorantów, którzy od dwóch lat pracują nad projektem i wdrażaniem układu.

VI. Dziedziny specjalnych trudności

- . Określenie końca wiadomości w cyfrowym systemie transmisji, w którym nie stosuje się pakietów.
- . Nieuniknione opóźnienie w węzłach synchronicznej sieci łączności, która nie działa metodą buforową.
- . Wymagania mechanizmów kontroli błędów i potwierdzeń podwajają potrzeby w zakresie szerokości pasma.
- . Wybór właściwego okresu czasu, po którym wiadomość powinna być uznana za "zbitą" lub węzeł winien być uznany za "zepsuty".

- . Fałszywe; ale ważne adresy.
- . Ograniczenie retransmisji w przypadku błędu.
- . Ocena i kontrola sposobów użytkowania układu wielokomputerowego.
- . Problemy synchronizacji, szczególnie przy przygotowaniu do pracy w sieciach wielopierścieniowych.
- . Decyzje na temat opłacalności nakładów na podniesienie niezawodności.
- . Decyzje na temat wyboru szerokości pasma i dopuszczalnej częstotliwości błędów.
- . Określenie optymalnej wielkości buforu między komputerem głównym a interfejsem pierścienia układu wielokomputerowego.
- . Rozliczenia i obciążanie użytkowników kosztami z tytułu kosztów stałych układu.
- . Ustalenie, kiedy "dzielenie obciążenia roboczego" jest opłacalne.
- . Rozwiązanie problemów "politycznych" między należącymi do układu ośrodkami; np. problemu, kto za jakie zasoby odpowiada.
- . Kontrola "przepełnienia" sieci.
- . Uruchamianie interfejsów i oprogramowania układu wielokomputerowego zanim jeszcze ten układ istnieje. Jednym z rozwiązań częściowych jest metoda "echa" w interfejsie, który nadaje wiadomość do siebie samego bez obecności sieci fizycznej.

VII. Wnioski i uwagi

Projektanci układu DCS sądzą, że opracowany przez nich typ układu jest przy dzisiejszym stanie techniki najbardziej efektywnym ekonomicznie typem miejscowego układu wielokomputerowego, o ile w ogóle jakikolwiek układ wielokomputerowy da się uzasadnić ekonomicznie. Być może, będzie to także najbardziej efektywny ekonomicznie typ terytorialnie rozległego układu wielokomputerowego, jeśli w miejsce skręconej pary przewodów wprowadzi się wieloużytkową transmisję mikrofalową i jeśli zależeć będzie na wysokiej niezawodności.

Sądzą oni jednak, że coraz bardziej niezawodne i coraz tańsze będą szybkie, centralnie ulokowane, elektronicznie przełączane sieci, wskutek czego w przyszłości nastawiać się należy raczej na sieci bezpośrednio przełączane.

Ich zdaniem mało jest zastosowań układów wielokomputerowych, które dałyby się uzasadnić z punktu widzenia użytkowników. Kluczem do uzasadnionego zastosowania jest potrzeba natychmiastowego dostępu w ograniczonym zakresie do odległego /a nieistniejącego na miejscu/ zasobu informatycznego za pośrednictwem swojego komputera. Jeśli bowiem użytkowanie ma być nieograniczone, prawdopodobnie bardziej uzasadnione będzie utworzenie tego odległego zasobu na miejscu. Jeśli zaś potrzeba mocy obliczeniowej nie jest natychmiastowa, wówczas bardziej efektywna ekonomicznie może być łączność pocztowa lub lotnicza. Jeśli objętość transmisji nie jest znaczna i nie musi odbywać się w drodze transmisji między procesami przebiegającymi w oddzielnych komputerach, wówczas sieć urządzeń końcowych będzie zapewne bardziej uzasadniona niż układ wielokomputerowy.

Dynamiczny podział obciążeń między komputerami prawdopodobnie nigdy nie będzie uzasadniony ekonomicznie ze względu na różnice systemów operacyjnych i ze względu na problem przesyłania baz danych lub utrzymywania ich stale aktualizowanych duplikatów.

UKŁAD WIELOKOMPUTEROWY UNIwersYTETU KALIFORNIIJSKIEGO

Uniwersytet Kalifornijski /UC/ jest instytucją naukową liczącą łącznie ponad 100 000 studentów rozrzuconych w 9 uczelniach na terenie stanu Kalifornia. Dwa z tych zakładów /Uniwersytet w Los Angeles i oddział w Santa Barbara - UCLA i UCSB/ są przyłączone do układu wielokomputerowego ARPA, jeden /oddział UC w Irvine - UCI/ ma własny układ wielokomputerowy, planowany jest też układ wielokomputerowy łączący trzy zakłady: UCLA, Uniwersytet Południowo-Kalifornijski /USC/ i Politechnikę Kalifornijską /CALTECH/. I wreszcie, poważnie brana pod uwagę jest możliwość połączenia wszystkich dziewięciu uczelni jednym układem wielokomputerowym, który mógłby objąć 230 zestawów komputerowych.

Oczywiście pierwszym pytaniem, jakie się nasuwa, to dlaczego te uczelnie nie zdecydowały się dotąd na opracowanie jednego układu wielokomputerowego lub na rozbudowę któregoś z istniejących układów /ARPA lub DCS/? Dwa wymienione istniejące układy są układami badawczymi, finansowanymi przez federalne resorty rządowe, z czego wynika, że nie ma obecnie możliwości udostępnienia ich dla prac niebadawczych. Ze względu na naukowo-badawcze ukierunkowanie tych sieci, obie one nie dają obecnie możliwości sprawiedliwego podziału obciążeń finansowych z tytułu ich użytkowania. Inne motywy, dla których nie opracowano jednego układu wielokomputerowego obejmującego wszystkie uczelnie, to różnice poglądów i nieopłacalność ekonomiczna.

Aby utworzyć zdecentralizowany układ wielokomputerowy typu ARPA, trzeba, jak się ocenia, ponieść początkowe koszty w wysokości ponad 300 000 \$ na jeden ośrodek na niezbędny sprzęt, oprogramowanie i założenie linii łączności. Obecny łączny budżet na operacje informatyczne Uniwersytetu Kalifornijskiego wynosi ok. 20 mln \$ rocznie. A tymczasem ocenia się, że początkowy koszt wzajemnego połączenia tych komputerów układem typu ARPA wyniósłby ponad 60 mln \$, a zatem trzykrotnie więcej niż roczny budżet. Gdyby jednak można było zainstalować układ kosztem 10% rocznego budżetu /2 mln \$/, wówczas układ taki byłby prawdopo-

dobnie możliwy do uzasadnienia ze względu na administracyjne zastosowanie informatyczne.

Głównym celem planowanego układu wielokomputerowego Uniwersytetu Kalifornijskiego jest powstrzymanie obecnej rosnącej tendencji wydatków na EPD przez wyeliminowanie potrzeby redundancyjnych urządzeń informatycznych i równoległego opracowywania programów.

W tej chwili około 25% budżetu UC na operacje informatyczne przeznaczone jest na przetwarzanie danych administracyjnych, 25% na cele dydaktyczne i 50% na cele naukowo-badawcze. Badacze chcieliby mieć układ wielokomputerowy, by móc wspólnie użytkować odległe moce i eksperymentować z transmisją między procesami. Wykładowcy są zainteresowani układem wielokomputerowym głównie ze względu na możliwości wspólnego użytkowania systemów wspomaganego komputerem nauczania.

Najsolidniejsze uzasadnienie dla posiadania układu wielokomputerowego mają pracownicy administracji, ponieważ stoją w obliczu zadania powiązania dość samodzielnych uczelni w jedną całość administracyjną z dostatecznie spójnymi i ujednoczonymi systemami księgowości i analizy finansowej.

Celem administracji jest zmiana, udoskonalenie i scentralizowanie jej obecnych warunków działania. Potrzebny jest system nie tylko bardziej ekonomiczny /wysokość wydatków na przetwarzanie danych administracyjnych na jednego studenta wzrasta w stosunku wykładowczym/, ale system nowy, który pozwoli na przyrostowe dokonywanie zmian - w różnym tempie w różnych zakładach - ale zawsze w kierunku scentralizowanej kontroli.

Istnienie układu wielokomputerowego stanowi być może najbardziej pożądaną drogą ku rozłożeniu scentralizowanej kontroli. W tych warunkach każdy zakładowy ośrodek obliczeniowy, który jest teraz dość samodzielny i samowystarczalny, zamieni swoje lokalne ogólne kompetencje i zadania na specjalizowane zadania i kompetencje w ramach układu wielokomputerowego. W ten sposób status i znaczenie każdego ośrodka obliczeniowego może wzrosnąć, a układ wielokomputerowy stanie się "politycznie" możliwy do przyjęcia.

Trudno jest ocenić wartość układu wielokomputerowego, gdy ma się ją uzasadnić głównie poprawą struktury administracyjnej.

Gdy inne systemy uczelniane dążą obecnie do zdecentralizowania swojej administracji /np. uniwersytety stanowe w Nowym Jorku/, wartość argumentów na rzecz scentralizowanej /choćby nawet rozłożonej/ administracji staje się co najmniej wątpliwa. Z tego powodu układ wielokomputerowy Uniwersytetu Kalifornijskiego prawdopodobnie nigdy nie doczeka się realizacji przy użyciu dzisiejszej techniki łączności.

Niektóre inne poważne problemy związane z planowanym układem wielokomputerowym Uniwersytetu Kalifornijskiego to:

- . Zapreliminowanie wydatków osobowych i rzeczowych na układ wielokomputerowy zanim jeszcze ustalono sposoby użytkowania tego układu. W tych warunkach zaspokojenie potrzeb użytkowników może być trudne.
- . Lokalne opory przeciw koncepcji centralnego kierowania.
- . Ustalenie priorytetów użytkowania i wdrażania zastosowań.
- . Ponieważ większość spośród 230 komputerów stanowi własność UC, trudno będzie zmienić sprzęt, aby uzyskać bardziej optymalną konfigurację układu wielokomputerowego.
- . Ustalenie zasad wspólnego użytkowania zasobów.
- . Udzielenie użytkownikom gwarancji, że będą mogli trwale korzystać z układu wielokomputerowego dla swoich specyficznych zastosowań.
- . Koordynacja i rozdział funduszy ze źródeł prywatnych, stanowych i federalnych.
- . Wrażliwość na potrzeby lokalnego użytkownika.
- . Wrażliwość na potrzeby badaczy.

Wstępne badania nad podziałem zasobów, przeprowadzone przez USC, UCLA i CALTECH w sierpniu 1972 r., wypukliły niektóre podstawowe zagadnienia wymagające rozważenia i pozwoliły nakreślić wytyczne do opracowania układów wielokomputerowych. Poniżej podajemy te zagadnienia i wytyczne w szkicowej formie:

1. Podstawowe przesłanki
 - A. Efekty na jednostkę kosztu muszą być w sytuacji istnienia układu wielokomputerowego większe niż w innej sytuacji, aby w ogóle warto było brać pod uwagę jego utworzenie.
 - B. Zasoby układu wielokomputerowego muszą być sprawiedliwie dzielone w drodze pełnego współdziałania wszystkich komputerów głównych układu.

C. Układ musi zapewnić użytkownikom stabilne warunki użytkowania.

II. Metody podziału kosztów

A. Przy organizacji układu wielokomputerowego typu "nabywca-sprzedawca":

- powinna istnieć możliwość obniżki stawek w zamian za gwarancję pewnego minimalnego użytkowania,
- dobra organizacja, uwzględniająca istnienie komputerów o nierównej wielkości i niejednakowych zdolnościach.

B. Przy organizacji układu o charakterze wspólnego przedsięwzięcia:

- równa "wymiana" obciążeń jest nierealna, ale równy podział kosztów ma pewne zalety:
 - koszty są z góry ustalone, nie ma niespodzianek,
 - obciążenie ma tendencję do rozkładania się, ponieważ jest ono odwrotnie proporcjonalne do czasu wykonywania zadań,
- nierówny stały podział kosztów dla komputerów różnej wielkości,
- zmienny podział kosztów /obliczany według zużytych maszynosekund/:
 - jest metodą niestabilną,
 - niepełne wykorzystanie układu najbardziej uderza w tych, którzy go najintensywniej użytkują,
- zobowiązanie do pokrycia kosztów preliminowanych, natomiast płać według rzeczywistego użytkowania:
 - nadwyżki i niedobory wyrównuje się w taki sposób, by premiować wyższe zobowiązania preliminarzowe, i "karać" zbyt niskie zobowiązania.

C. Obciążenie użytkowników kosztami:

- powinno być oparte na jednostkach użytkowania,
- powinno być niezależne od "ryczałtowych" obciążeń komputerów głównych kosztami układu.

D. Struktura stawek za priorytet.

E. Integracja różnych metod opracowywania kosztorysu systemów.

F. Kosztorys alokowanej i wspólnie użytkowanej bazy danych.

G. Koszty transmisji:

- nie powinny być rozdzielane według odległości,
- mogłyby być rozdzielane odpowiednio do generowanego ruchu w sieci lub na innej sprawiedliwej zasadzie podziału.

H. Planowane niedobory i nadwyżki:

- rozliczanie odpowiednio do przewidywanego użytkownika nowego sprzętu.

I. Użytkownicy "zewnętrzni" /wprowadzeni przez "członków" układu/:

- dla zużytkowania nadmiernie zaplanowanej mocy,
- struktura stawek powinna być wyższa niż dla normalnych użytkowników, ale obciążenie użytkownika powinno być zaw sze dokonywane przez komputer.

III. Zarządzanie i organizacja

A. Problemy, które nastręczają trudności:

- niewiedza,
- izolacja,
- przeciążenie,
- sprzeczne interesy,
- kierownicy ośrodków obliczeniowych posiadających komputery główne,
- wyżsi funkcjonariusze administracyjni układu wielokomputerowego,
- ogólne interesy i cele organizacji,
- naciski w kierunku innowacji,
- naciski w kierunku doskonałości,
- zbyt wielu szefów. - ze strony administracji i ze strony użytkowników,
- zaufanie,
- współpraca raczej między organizacjami patronującymi niż między samymi ośrodkami obliczeniowymi wchodzącymi w skład układu wielokomputerowego.

IV. Wstępne warunki powodzenia

- A. Zaangażowanie naczelnego kierownictwa.
- B. Sprężyste kierownictwo.
- C. Porozumienie o podziale funkcji.
- D. Zasady podziału kosztów.
- E. Jasne cele i priorytety.
- F. Współpraca między personelem zainteresowanych ośrodków.

UKŁAD WIELOKOMPUTEROWY OCTOPUS

Laboratorium Lawrence Livermore /dawniej Lawrence Radiation Laboratory/ Uniwersytetu Kalifornijskiego posiada swój własny wewnętrzny układ wielokomputerowy złożony z superkomputerów nazwany Octopus. Układ ten pierwotnie zaprojektowano i wdrożono w 1964 r., gdy zakupiono komputer DEC PDP-6 z pamięcią operacyjną o pojemności 256 K i zastosowano go do centralnego sterowania wszystkimi miejscowymi i odległymi urządzeniami we/wy, do scentralizowanego przechowywania danych i do wykonywania wszystkich transakcji układu poprzez kanały transmisji danych o bezpośrednim dostępie do pamięci. Początkowo planowano, że procesorami będą komputery Univac LARC, IBM 7094, IBM 7030 i CDC 3600. Pierwszym procesorem roboczym faktycznie włączonym do układu był jednak CDC 6600. W ciągu pierwszych sześciu lat istnienia układu procesor roboczy zastąpiono zestawem komputera CDC 7600, tak że obecna konfiguracja obejmuje jeden zestaw komputera CDC 6600, trzy CDC 7600, dwa PDP-10, a od niedawna także jeden zestaw komputera CDC Star-100 i jeden komputer XDS Sigma 7. Układ rozwinął się też od scentralizowanej struktury gwiazdистой do organizacji zdecentralizowanej, ale wszystkie komputery pozostały fizycznie ulokowane w jednym budynku, co czyni z nich prawdopodobnie najpotężniejszy ośrodek obliczeniowy świata.

Układ wielokomputerowy Octopus jest szczególnie interesujący ze względu na swoje doświadczenie rozwojowe, wielką skalę, zaawansowaną koncepcję projektową nakładających się na siebie podukładów, oferowane użytkownikom możliwości oraz specjalnie staranne zabezpieczenie /jest to jedyny system informatyczny, który uzyskał od Komisji Energii Atomowej /AEC/ zgodę na przetwarzanie tajnych informacji/.

Układ Octopus nie ma do czynienia z problemami wynikającymi z geograficznego rozdzielenia procesorów /"komputerów głównych"/, z konfliktami administracyjnymi i prawnymi, różnymi językami sterowania w różnych komputerach, użytkowaniem publicznych środków łączności, ani wreszcie z rozliczeniami, jakie bywają w układach wielokomputerowych typu handlowego.

Uzasadnienie i cele

Zasadniczym celem Octopusa było i jest podniesienie ogólnej wydajności i sprawności urządzeń obliczeniowych laboratorium. Droga, jaką obrano do tego celu, to zapewnienie wymiennego systemu podziału czasu na wszystkich komputerach "robotycznych" przy istnieniu scentralizowanego systemu nieautonomicznej /on-line/ pamięci masowej, która może być wspólnie użytkowana przez wszystkie komputery robotyczne.

Ponadto wdrożono standardowy uniwersalny kanał we/wy, który pozwala na łatwy dostęp do wszystkich komputerów ze wszystkich urządzeń końcowych, dzięki czemu wielokomputerowy kompleks można traktować jako jeden zasób mocy obliczeniowych.

Wspólne użytkowanie bazy danych przechowywanej w pamięci masowej jest uzasadnione ze względu na oszczędności wynikające z dużej skali, a także ze względu na większą elastyczność. Ale realizacja i utrzymywanie takiego scentralizowanego wspólnie użytkowanego zasobu wymaga znacznego wysiłku, a niezawodność tego zasobu stwarza duże problemy.

Wdrożenie wspólnych odległych urządzeń we/wy ma tę samą ujemną stronę wysokiego kosztu początkowego, ale uzasadnieniem są tu względy niezależności od maszyny i elastyczności.

Tak więc konserwacja i awarie systemu mogą zwykle być niedostrzegalne dla użytkownika, a wzrost i modyfikacje systemu mogą się odbywać bez zmian interfejsu z użytkownikiem. Rozwój sieci jest ułatwiony kosztem wdrożenia specjalizowanych zestawów sprzętu i oprogramowania.

U podłoża tych celów leży dążenie do zapewnienia badaczom laboratoryjnym możliwie najpotężniejszych i najbardziej zaawansowanych mocy obliczeniowych, a zatem cel, który może być usprawiedliwiony tylko względami postępów badań, a nie względami ściśle ekonomicznymi.

Typ układu

Octopus składa się w rzeczywistości z trzech układów logicznych: układu przenoszenia zbiorów danych, układu wiadomości i układu zdalnego wprowadzania zadań. Układ przenoszenia zbiorów

rów danych zapewnia dostęp do dużej centralnej pamięci poprzez szybkie kanały o przelotności ok. 12 megabodów. Każdy komputer roboczy jest bezpośrednio połączony z centralnym komputerem PDP-10, mającym za zadanie manipulację zbiorami danych, tak że ten fizyczny podukład stanowi prawdziwie gwiazdzystą konfigurację.

Układ wiadomości składa się z dwóch podukładów fizycznych: podukładu dalekopisowego i podukładu zbierania danych. Obecny podukład dalekopisowy ma zdolność do pracy z 512 dalekopisowymi urządzeniami końcowymi i posługuje się czterema minikomputerami PDP-8 jako koncentratorami danych powiązanych wzajemnie między sobą oraz z komputerami roboczymi i komputerem manipulującym zbiorami danych. Układ zbierania danych posługuje się obecnie jednym komputerem PDP-8 jako koncentrator, który może połączyć maksymalnie 16 komputerów zbierających dane z komputerem manipulującym zbiorami danych.

Układ zdalnego wprowadzania zadań składa się również z jednego koncentratora, którym jest dwuprocesorowy komputer PDP-11, bezpośrednio połączony ze wszystkimi komputerami roboczymi i z komputerem manipulującym zbiorami. Koncentrator wiąże z układem pewną liczbę komputerów końcowych /typu PDP-8/ służących do wspierania wejściowych i wyjściowych urządzeń perifereryjnych w odległych miejscach. Połączenie między koncentratorem a odległymi komputerami PDP-8 odbywa się za pomocą synchronicznych linii o częstotliwości 4800 Hz.

Układ wiadomości i układ zdalnego wprowadzania zadań są zdecentralizowane w tym sensie, że istnieje elastyczność w wyborze urządzeń przetwarzających, zaś scentralizowane w tym sensie, że całe przetwarzanie odbywa się centralnie a nie w odległych miejscach rozmieszczenia komputerów głównych.

W całym układzie wielokomputerowym Octopus stosowane są pakiety wiadomości o zmiennej wielkości, ze zmiennymi ograniczeniami maksymalnej długości. Przenoszenie zbiorów odbywa się "salwami" wiadomości, z których każda liczy do 4 mln bitów. W ten sposób średnia szybkość przenoszenia wynosi około 3 megabody /liniami o przelotności 12 megabodów/. Natomiast teksty wiadomości dalekopisowych są ograniczone do 1212 bitów.

Wszystkie wiadomości są traktowane na zasadzie "przechowaj i prześlij" z odpowiednią kontrolą przeciążeń wbudowaną w protokół układu wielokomputerowego.

Zrealizowano standardowy interfejs układu wielokomputerowego z czterema bitami stanu dla procedur nawiązywania połączenia:

- . żądanie nadania,
- . zezwolenie na nadanie.
- . żądanie odbioru,
- . zezwolenie na odbiór.

Ponadto są cztery różne bity stanu błędu, włącznie z bitami nieudanej transmisji i zanikania transmisji. Aby zapobiec kolizjom między powiązаныmi koncentratorami, utworzono interfejs, który nie zezwala na ustawienie bitu "żądanie odbioru" wtedy gdy jest już ustawiony bit "żądanie nadania".

Wiadomości przesyłane przez sieć zawsze składają się z dwóch części: nagłówka i tekstu. Nagłówek, który jest zawsze generowany przez system operacyjny /ze względów bezpieczeństwa jak i dla wygody użytkownika/ składa się co najmniej z następujących 48 bitów:

- . części adresowej /kod komputera i urządzenie odbiorcze/ 16 bitów,
- . pola źródła /kod komputera i urządzenie odbiorcze/ 16 bitów,
- . bitu identyfikacyjnego wskazującego pierwszą wiadomość ciągu,
- . bitu BYE wskazującego ostatnią wiadomość ciągu,
- . bitu ERROR wskazującego, że wiadomość ma być zwrócona nadawcy,
- . bitu BINARY wskazującego, że wiadomość złożona jest z danych dwójkowych, a nie ze znaków,
- . pola TYPE /4 bity/ wskazującego, który układ logiczny ma być użyty,
- . pola CONTROL /7 bitów/ służącego do rozszerzenia nagłówka, przechowania informacji o szczelności zabezpieczenia numeru użytkownika lub do innej informacji w zależności od zadeklarowania pola TYPE.

Zdefiniowano - do użytkowania przez węzły układu wielokomputerowego przy sterowaniu działalnością transmisyjną - specjalny zestaw 10 znaków:

- . początek nagłówka,
- . początek tekstu,
- . koniec tekstu,
- . koniec transmisji,
- . zapytanie,
- . potwierdzenie,
- . potwierdzenie negatywne /przy wstępnym nawiązaniu połączenia/,
- . znak synchronizacji /dla utrzymania synchronizacji/,
- . koniec bloku informacji,
- . znak specjalny /dla rozszerzenia zbioru znaków sterujących/.

W układzie Octopus istnieją różne szerokości i przelotności kanałów, ale stosowanie ich wszystkich opiera się na standardowym protokole kanałowym, który odpowiada standardowemu protokołowi kanałowemu komputera CDC 3600. Mimo różnorodności sprzętu Octopusa, istnieje szeroki wachlarz pomyślnie wdrożonych norm dla układu wielokomputerowego /włącznie ze standardowymi systemami operacyjnymi/, co sprawia, że użytkownikowi układ wydaje się w dużym stopniu jednorodny.

Funkcje z góry określone

Niezawodność sprzętu jest jedną z najsłabszych stron układu Octopus, podczas gdy do najmocniejszych jego stron należy bezpieczeństwo danych i ich ochrona przed zniekształceniem. Niezawodność była w przeszłości słaba z dwóch głównych przyczyn:

- . ze względu na szybki rozwój systemu nie zawsze udało się wykryć i wyeliminować błędy sprzętu i oprogramowania przed wdrożeniem nowego systemu, wdrażano go więc z całym bagażem błędów sprzętu i oprogramowania;
- . w tak skomplikowanym układzie wielokomputerowym jest wiele czułych punktów, które mogą unieruchomić duże części systemu.

Ze względu na zasadniczo scentralizowaną organizację układu, szczególnie wrażliwymi na awarię punktami systemu są komputery działające w charakterze koncentratorów oraz komputer manipulujący zbiorami danych.

Niezawodność zwiększono przez połączenie koncentratorów między sobą, umożliwiając w pewnych okolicznościach zmianę tra-

sy wiadomości. Niezawodność wzrosła też dzięki utworzeniu rezerw zasobów przy różnych koncentratorach. Jedynym zasobem, którego nie można było zdublować, był system manipulowania zbiorami danych i dlatego najlepszym sposobem zapewnienia niezawodności na tym odcinku było uczynienie zeń oddzielnego układu z oddzielnymi kanałami transmisji danych wiodącymi do koncentratorów i do komputerów roboczych. W ten sposób układ przenoszenia danych stał się systemem pomocniczym zwiększającym niezawodność układu wiadomości i układu zdalnego wprowadzania zadań, ale brak jest rezerwy dla układu przenoszenia zbiorów ze względu na jego wysokie wymagania szybkości i inne wymagania specjalne.

Duży wpływ na strukturę układu Octopus wywarły niezwykle surowe przepisy Komisji Energii Atomowej /instytucji finansującej układ/ w sprawie bezpieczeństwa i zabezpieczenia. Poza ścisłą kontrolą błędów, wymagana jest też dokładna kilkakrotna kontrola uprawnień użytkowników, ciągle poddawanie ich badaniu "czy rzeczywiście potrzebują wiedzy" oraz rozbudowany system numerów użytkowników i haseł.

Na przykład ilekroć koncentrator napotyka błąd w transmisji wiadomości, ustawiony zostaje bit błędu i wiadomość zostaje natychmiast odesłana do nadawcy. Jeśli się stwierdzi, że bit błędu już jest ustawiony, wiadomość zostaje natychmiast zniszczona, aby zapobiec możliwości zblądzenia wiadomości w układzie. Może to doprowadzić do nieporozumień między komunikującymi się procesami lub użytkownikami, ale z możliwością taką projektanci układu godzą się, aby zapobiec ewentualnym przeciekom tajnych danych.

Ilekroć następuje awaria systemu lub nieodwracalny błąd, wymogi bezpieczeństwa nakazują, by wszystkie obszary systemu, które mogły być ewentualnie dotknięte błędem czy awarią, zostały oczyszczone z danych /wyzerowane/ i żeby biegnące w danej chwili zadania zostały ponownie zastartowane dla upewnienia się, że nie nastąpi rozprzestrzenienie się błędu w systemie. Staje się to też sprawdzianem pozwalającym stwierdzić, czy błąd nie powtarza się. Takie wymagania i opóźnienia mogą być niezwykle uciążliwe dla użytkowników systemu, ale dla problemu bezpieczeństwa nie ma łatwych rozwiązań. Częściowym rozwiązaniem

był podział układu wielokomputerowego i utworzenie niezależnych podukładów, tak aby większość awarii nie wpływała na całość układu wielokomputerowego.

Fizyczne bezpieczeństwo układu zapewnione jest przez trzymanie możliwie dużej części sprzętu w budynku ognioodpornym i odpornym na bomby i przez ścisły regulamin użytkowania go oraz przez zastosowanie do wszystkich kabli, prowadzących z ośrodka obliczeniowego do urządzeń końcowych i do odległych instalacji, kanałów kablowych zabezpieczających przed manipulacją ze strony niepowołanych osób.

Wkrótce ma być wdrożony oddzielny komputer, który będzie przechowywał kartoteki haseł i działał w stosunku do wszystkich użytkowników jako weryfikator ich uprawnień i kontroler bezpieczeństwa. W sensie fizycznym zwiększy to jeszcze podatność układu na awarie, ale w sensie fizycznym pozwoli na ściślejszą kontrolę bezpieczeństwa z większą sprawnością i przy mniejszych dodatkowych wymaganiach pod względem czasu maszyny. Ponadto łatwiej będzie uchronić przed dostępem nieupoważnionych osób ten scentralizowany system kontroli niż dotychczasowy zdecentralizowany system kontroli bezpieczeństwa. W całym oprogramowaniu systemowym /utrzymywanym przez układ do manipulowania zbiorami/ wdrożono siedem szczebli zabezpieczenia. W obecnej praktyce użytkuje się tylko cztery z nich. Każdemu użytkownikowi, w zależności od osobistego zaklasyfikowania, przyporządkowuje się numer najwyższego dostępnego dlań szczebla. Może on uzyskiwać dostęp tylko do programów należących do tego lub niższego szczebla. Obecne stosowanie szczebli zabezpieczenia wymaga np., by dane generowane przez program były zaliczane do tego samego szczebla bezpieczeństwa co sam program. W pewnych przypadkach może to być niepożądane, ale zawsze istnieje możliwość przeklasyfikowania programów i danych.

Lista środków zabezpieczających, wdrożonych w układzie wielokomputerowym Octopus, jest niemal bez końca. W każdym dowolnym punkcie układu możliwe jest zastosowanie hasła określonego przez użytkownika. Aby zapewnić dodatkowy stopień niezawodności, większość wspólnego użytkowania zbiorów danych odbywa się faktycznie w drodze kopiowania i aktualizacji. Prawie wszędzie

są specjalne procedury ochronne dla eliminacji przesłuchu, kontrole nad eliminacją niepożądanych emisji, szeroko zakrojona konserwacja maszyn i rozległa redundancja.

W układzie Octopus prowadzi się pewne badania w zakresie zbierania danych statystycznych i pomiaru wydajności. Badania te są ograniczone, ponieważ przyjęto zasadę, że dodatkowe obciążenie z tytułu zbierania statystyki nie powinno przekraczać 5% ogólnego użytkowania układu oraz ze względu na fakt, że nie wydzielono personelu specjalnie do tego zadania.

System oprogramowania układu nie zawiera, jak się wydaje, żadnych specjalnych mechanizmów do zbierania danych statystycznych. Badania wykazały, że manipulujący zbiorami komputer PDP-10 jest głównym wąskim gardłem w całym układzie wielokomputerowym i jego rozbudowie. Doświadczenie wykazało, że odpowiedź na zaпытanie użytkownika jest w zasadzie natychmiastowa dopóki przydzielone użytkownikom obszary pamięci nie są większe od 50 K słów pamięci operacyjnej. Odpowiada to normalnemu 80-90%-towemu współczynnikowi obciążenia użytkowanego komputera roboczego. Problem automatycznego podziału obciążeń uznano za mniej istotny w porównaniu z prostszym zagadnieniem sprawnego gospodarowania pamięcią w ramach jednego komputera roboczego.

System rozliczeń stosowany w Octopusie jest realizowany na komputerach roboczych i manipulujących zbiorami raczej w celu kontroli równomierności przydziału zasobów użytkownikom niż po to by rzeczywiście obciążać ich kosztami. Użytkownicy muszą zgłaszać dwa razy dziennie zapotrzebowanie na czas komputera i zapotrzebowania te są uwzględniane dopóki istnieje rozporządzalny czas komputera. Te "budżety" czasu są jednak elastyczne, mogą być wymieniane między użytkownikami i w razie potrzeby zmieniane.

Tak więc w większości komputerów każdy użytkownik będzie miał swoje "konto" opiekujące na pewną ilość jednostek zasobów, które zostały zapreliminowane na jego rzecz. To "konto" jest zmniejszane odpowiednio do tabeli stawek i w określonych odstępach czasu uzupełniane. Użytkownikowi, którego konto jest wyczerpane, nie zezwala się na dostęp do zasobów komputerowych.

Funkcje realizowane na rozkaz

Octopus jest wyraźnie ukierunkowany na użytkowników uniwersalnych, jak również na użytkowników lokalnych specjalizowanych komputerów przyłączonych do układu. Układ jest zaprojektowany zgodnie z przeznaczeniem i zdokumentowany w sposób pozwalający na łatwą zmianę i rozbudowę.

Oprogramowanie użytkowe układu wielokomputerowego zapewnione jest przez grupę 30 programistów, którzy stale zajmują się aktualizacją i rozbudową systemów oprogramowania układu. Te systemy są zaprojektowane w taki sposób, że większości modyfikacji można dokonywać w drodze prostej wymiany tablic systemowych.

Znaczną część prac rozwojowych prowadzi się w dziedzinie zastosowań układu do przetwarzania danych na bieżąco. Ogólna metoda rozwiązywania tych problemów polega na dodaniu specjalnych węzłów w postaci komputerów-koncentratorów, które mają wysoki priorytet dostępu do komputerów roboczych i do układu przenoszenia zbiorów.

W większości zastosowań komputery robocze są zamienne i użytkownik może wybrać sobie komputer, na którym chce wykonać swoje zadanie, aby być jak najlepiej obsłużonym. Zwykle jednak użytkownikowi jest obojętne, którym komputerem się posługuje, a wyboru dokonuje sprawdzając, na którym ze swoich kont ma najwięcej czasu do dyspozycji. Ale stałe algorytmu podziału czasu są tak dostrojone, że dla wielkich problemów korzystniejsze jest użycie jednych komputerów, a dla małych problemów - użycie innych komputerów. Zbiory danych są zawsze w jednym miejscu i zawsze dostępne dla wszystkich komputerów roboczych.

Do inicjowania, sterowania i potwierdzania transmisji zbiorów danych służy układ wiadomości, natomiast sama transmisja odbywa się przez układ przenoszenia zbiorów. Wspólne użytkowanie tego układu realizuje się przez zdefiniowanie wielu nazw dróg do jednego zbioru danych, a warunkiem jego jest uzyskanie zezwolenia na dostęp do właściciela lub właścicieli zbioru. Możliwe są cztery typy dostępu, przy czym wszystkie one są dodatkowo uzależnione od właściwego wylegitymowania się użytkownika. Wykazanie wspólnie użytkowanego zbioru dla jednego użytkownika

nie zawsze jest jednoznaczne z wymazaniem tegoż zbioru dla innych użytkowników, ponieważ na niektórych szczeblach to "współużytkowanie" odbywa się w drodze tworzenia duplikatów zbiorów.

Octopus umożliwia i realizuje wszystkie typy dialogu z użytkownikiem. Brak jest zdokumentowania konkretnych emulacji innych systemów, ale dla niektórych zastosowań możliwości takie niewątpliwie istnieją. Emulacja jest zwykle pożądana jako pomoc podczas rozwijania systemu, ale ponieważ w Octopusie rozwój odbywa się w sposób ciągły a nie przyrostowy, emulacja zwykle nie ma tu zastosowania. Doskonalenie sprzętu przebiega raczej niewidocznie dla użytkownika, ponieważ zawsze wdraża się systemy operacyjne wymienne w górę. Nie prowadzi się również na większą skalę symulacji działania układu, ponieważ nie brak "rzeczywistych" użytkowników.

Problemy zarządzania

Na ogół, układ Octopus przyjmuje większość zastosowań bez jakiegokolwiek ściślejszej kontroli administracyjnej. Jeśli tylko stwierdzony został "szczebel bezpieczeństwa" użytkownika i jeśli jego zadanie wynika z kontraktu Agencji Energii Atomowej, pozwala mu się na użytkowanie układu wielokomputerowego w granicach czasu, jaki potrafi sobie zapreliminować. Jeśli to zastosowanie wymaga dodatkowych zasobów obliczeniowych, niezbędna modyfikacja układu otrzymuje odpowiedni priorytet wykonania i następuje gdy tylko to jest możliwe. Przeciętny koszt realizacji zmiany wynosi około 20 000 dolarów. Inne problemy administracyjne i "polityczne" są w warunkach Lawrence Livermore Laboratory nieistotne.

Wnioski i uwagi

Układ Octopus opracowano w celach naukowo-badawczych, przy których koszty nie odgrywają decydującej roli, a problemy zabezpieczenia są zaakcentowane aż do przesady. W normalnych warunkach zbyt kosztowne byłoby wdrażanie specjalnie opracowanych systemów operacyjnych na wszystkich komputerach tak dużego u-

układu wielokomputerowego jak Octopus. Ale w tym przypadku zostało to zrobione z powodzeniem i w sposób ciągły w toku ostatniego dziesięciolecia przez grupę tylko 30 programistów. Koszty takiego podejścia niewątpliwie usprawiedliwiają nakład 300 roboczolát programowania, ale w normalnych warunkach rzecz taka byłaby nie do powtórzenia. W tej grupie ci sami ludzie projektują i wdrażają, a na takie podejście organizacyjne większość kierowników ośrodków obliczeniowych nigdy by się nie zgodziła.

Fakt, że układ wielokomputerowy Octopus potrafił rozwinąć się i przewyciężyć niedociągnięcia swej pierwotnej struktury, jest frapujący. Kozwój układu był pomyślny w tym sensie, że nigdy nie usunięto żadnego uzupełnienia lub modyfikacji, tak że zawsze można było przywrócić dawny sposób działania.

Brak akcentu na podział obciążenia, przy równoczesnym położeniu akcentu na superniezawodny, scentralizowany system pamięci masowej i inne funkcjonalnie ukierunkowane podsystemy układu wielokomputerowego, może faktycznie stanowić prawidłową drogę wiodącą ku ekonomicznemu uzasadnieniu układu wielokomputerowego.

UKŁAD WIELOKOMPUTEROWY TYMNET FIRMY TYMSHARE

Układ wielokomputerowy Tymnet firmy Tymshare był jednym z pierwszych dostępnych układów wielokomputerowych świadczących usługi na zasadach komercyjalnych. Wyrósł on z trzech niezależnych regionalnych systemów abonenckich, przekształcając się w obecny układ 27 wzajemnie powiązanych średnich i wielkich zestawów komputerów. Temu wzrostowi, który odbywał się na przestrzeni ostatnich trzech lat, towarzyszyło ciągłe rozwijanie nowych koncepcji, z których jedne okazały się użyteczne, a inne nie.

Początkowo Tymshare zamieniła swoje trzy niezależne instalacje komputerowe na jeden scentralizowany zestaw komputera połączony z odległymi koncentratorami transmisji /zmodyfikowane komputery Varian Data 620/. Pierwotnie tym centralnym komputerem był ADS-940 z całkowicie duplexowym systemem oprogramowania opracowanym w charakterze tematu badawczego ARPA na Uniwersytecie Kalifornijskim w Berkeley. Taki całkowicie duplexowy system podziału czasu był w owym czasie atrakcyjny ze względu na swoje własności korygowania błędów i inne zaawansowane zdolności, ale transmisja łączami sieci publicznej, nawet na średnie odległości, okazała się niezadowalająca. Zastosowanie multipleksowania z podziałem częstotliwości /FDM/ w celu zwiększenia szerokości pasma kanału transmisyjnego okazało się jeszcze gorsze /problemy szumu na liniach i zawodności sprzętu/. A gdy do tego jeszcze zarząd telefonów postanowił, że multipleksowanie z podziałem częstotliwości nie będzie dozwolone na łączach sieci publicznej, Tymshare zdecydowała się na większą liczbę minikomputerów i na multipleksowanie z podziałem czasu. Tak więc, aby zapewnić działanie ekonomicznie opłacalnej liczby urządzeń końcowych, Tymshare zastosowała w centralnym ośrodku minikomputery czołowe /front-end minicomputers/, które stwarzają interfejs z urządzeniami końcowymi komputera ADS-940 oraz użycia synchronicznych linii o prędkości 2400 bodów dla łączności z oddalonym minikomputerem pełniącym rolę koncentratora.

Do owego czasu możliwa była tylko transmisja 10 znaków na sekundę i wyraźnie odczuwalne było opóźnienie echowe /zjawisko tzw. "lepkiej klawiatury"/. Łącznościowe urządzenia końcowe zas-

tapiono interface'em bezpośredniego dostępu do pamięci, co umożliwiło transmisję 15 i 30 znaków na sekundę. Aby rozwiązać problem opóźnienia echowego, nadano minikomputerowemu koncentratorowi zdolność do dawania echa za każdym razem gdy:

- nie ma znaków czekających na wydrukowanie,
- nie przewiduje się nadejścia znaków od XDS-940,
- nie działa hamowanie echa.

Ale w ten sposób zatraciły się zalety, jakie ma w pełni duplexowe echowanie dla wykrywania i korygowania błędów, chyba że rozkaz echowania otrzymuje XDS-940.

Tymczasem rozwiązano różne inne problemy, m.in.:

- programowane próbkowanie wejścia i wyjścia poprzez urządzenia końcowe, które automatycznie uwzględnia różne szybkości transmisji,
- przyjęcie ASCII jako standardu znaków dla układu wielokomputerowego, przy czym konwersji znaków dokonuje się w miarę potrzeby w oddalonych koncentratorach, o ile nie wyspecyfikowano dwójkowej transmisji danych,
- wdrożenie urządzenia korekcyjnego do śledzenia położenia głowicy drukującej i dla uwzględnienia odpowiedniego czasu opóźnienia powrotu karetki,
- wdrożenie pomysłowego programu wykrywania błędów i retransmisji, który zmniejsza częstotliwość nie wykrytych błędów, przy użyciu łącza sieci publicznej, do mniej niż jednego bitu na $4 \cdot 10^{13}$ przekazanych bitów,
- ustalenie zmiennych długości bloku, sięgających od 12 do 66 znaków, co jest długością wystarczającą do przeniesienia większości wejściowych i wyjściowych wierszy dalekopisowych, a przy tym taką, że większość seryjnych błędów na linii transmisji dotyczy tylko jeden blok danych,
- obniżenie dodatkowego obciążenia z tytułu sterowania układem przy transmisji wyjściowej, w niektórych przypadkach nawet do 23%,
- rozszerzenie pojemności typowej linii o przepływności 2400 bodów do maksymalnie 57 równoczesnych użytkowników /którzy działają z przeciętną szybkością 3 znaków na sekundę/.

Dalszy rozwój zwiększający liczbę linii, jakie może obsługiwać jeden minikomputerowy koncentrator, polegał na przetwarzaniu synchronicznych transmisji na bazie 16-bitowego słowa zamiast na bazie pojedynczego bitu. Ponadto wdrożono urządzenie do wykrywania stanu zerowego, co pozwoliło nowym wersjom koncentratora /mającym szybszą jednostkę centralną/ obsługiwać do ośmiu synchronicznych linii, każda o przelotności 9600 bodów.

Jedną z ostatnich nowości wdrożonych w układzie wielokomputerowym Tymnet jest "sieciowy program nadzorczy". Dawniej użytkownik mógł wybrać przez nakręcanie tarczy tylko jedną drogę do centralnego komputera poprzez jedną określoną linię, ponieważ trasa dla niego była ustalona w tablicach programowych każdego koncentratora wzdłuż drogi transmisji. Aktualizacja była możliwa tylko "ręcznie" i wymagała dużego nakładu pracy koordynacyjnej i wysiłku, by przeprowadzić jedną modyfikację równocześnie w całej sieci. Dlatego w jednym z centralnych komputerów XDS-940 /z rezerwowymi kopiami w innych komputerach centralnych/ utworzono funkcję "nadzoru sieci", której zadaniem jest kontrola obciążenia i częstotliwości błędów linii oraz przyjmowanie wszystkich wywołań z żądaniem wejścia, tak aby można je było skierować optymalną trasą poprzez sieć do komputera bazy danych. Zmiany trasy dokonuje się później w przypadku awarii linii lub za każdym razem, gdy użytkownik ponownie wchodzi do układu.

Wraz z funkcją "nadzoru sieci" pojawiło się i wdrożonych zostało wiele drobnych, ale cennych funkcji:

- . kompilowanie statystyki układu wielokomputerowego,
- . usuwanie niepożądaných danych wyjściowych z buforów linii,
- . usuwanie informacji ze wszystkich wejściowych i wyjściowych buforów powiązanych z odłączonymi liniami,
- . operowanie specjalnymi kanałami nadzorczymi między węzłami,
- . koordynowanie pomocniczych obwodów użytkownika /chodzi o równoczesną transmisję wieloma obwodami przez jednego użytkownika dla łączności między procesami lub dla równoległych operacji we/wy/.

Układ wielokomputerowy firmy Tymshare składa się obecnie z 83 minikomputerów-koncentratorów Varian 620 połączonych z dwudziestoma centralnymi zestawami komputerów XDS-940, czterema zestawami PDP-10 i trzema zestawami IBM 370/155, pracującymi w

trybie podziału czasu. Procesory te są powiązane między sobą ponad 50 tysiącami kilometrów wydzierżawionych linii telefonicznych, sięgających do licznych miast w Stanach Zjednoczonych i do Paryża. Na strukturę tego układu wielokomputerowego składa się kilka konfiguracji gwiazdzystych powiązanych poprzez koncentratory.

Firma Tymshare jest gotowa zawierać kontrakty na usługi zaspokajające niemal wszelkie indywidualne potrzeby użytkowników niezależnie od tego, czy będzie chodziło o pojedynczy dostęp poprzez urządzenie końcowe, czy też o wielokrotny dostęp komputera użytkownika do niezawodnej sieci transmisji danych. Obecne maksymalne szybkości dialogu między użytkownikiem a układem wielokomputerowym są ograniczone istniejącym oprogramowaniem i wynoszą: 150 bodów przy wejściu i 1200 bodów przy wyjściu.

Usługi typu Tymcom-III /do 30 portów/ mogą być obecnie wynajęte za 2 150 \$ miesięcznie. Przeznaczone są one dla klientów, którzy pragną przyłączyć swój własny system informatyczny do Tymnet. Minimalny koszt zainstalowania wynosi 1 000 \$, a typowe stawki wynoszą:

- 0,50 \$ za jedno wejście,
- 1,00 - 3,00 \$ za zamówioną godzinę, w zależności od wykorzystania,
- 0,25 \$ za 1000 przekazanych znaków,
- 7,50 \$ miesięcznie za użytkowanie wydzierżawionej linii,
- 16,00 \$ za godzinę użytkowania linii międzykontynentalnej.

Tymshare gwarantuje 95% dostępności do systemu i zapewnia serwis konserwacyjny w ciągu 4 godzin od zgłoszenia zapotrzebowania.

Komercyjne usługi układu wielokomputerowego, takie jakie świadczy Tymnet, należy wziąć pod uwagę przy analizie możliwości realizacji układów wielokomputerowych. Może warto byłoby w pierwszej kolejności opracować zastosowania przy użyciu takiego komercyjnego układu wielokomputerowego, a potem dopiero opracować prywatny układ wielokomputerowy przystosowany do specyficznych wymagań konkretnych zastosowań, gdy usprawiedliwiają one utworzenie prywatnego układu wielokomputerowego.

Ewolucja komercyjnego układu wielokomputerowego jest pod wieloma względami bardziej interesująca niż ewolucja układu przeznaczonego do celów badawczych, z tej prostej przyczyny, że przy decyzjach jakle podejmowano podczas jego tworzenia zwraca- no prawdopodobnie większą uwagę na efektywność ekonomiczną.

UKŁAD WIELOKOMPUTEROWY CYBERNET

CYBERNET jest to komercyjnie dostępny na terenie Stanów Zjednoczonych układ wielokomputerowy firmy Control Data Corporation. Rozwinął się jako integralna część operacji biura obsługi klientów CDC i jako taki przeszedł inną drogą rozwoju niż większość pozostałych układów wielokomputerowych.

Usługi informatyczne CDC rozpoczęły się od przetwarzania danych na komputerze, przy czym użytkownicy dostarczali zadania do przetwarzania partiiowego i po pewnym czasie zgłaszali się po odbiór wyników. Chcąc zaoferować klientom warunki dialogowe, oddano im do dyspozycji publicznie dostępne urządzenia końcowe w różnych oddziałach biura usługowego. Użytkownicy mogli przychodzić do tych biur i wykonywać swoje zadania dialogowe na lokalnym wielodostępnym komputerze. Ten typ usług dostępny jest tylko na zasadzie "kto pierwszy przychodzi, jest pierwszy obsłużony", a zatem żeby rozszerzyć dostępność systemu, użytkownikom pozwolono na posiadanie własnych urządzeń końcowych z dostępem do lokalnych systemów wielodostępnych.

Aż do tego punktu rozwoju usług informatycznych CDC, wszystkie ośrodki usługowe były w zasadzie niezależne i oferowały tylko takie usługi, jakie były uzasadnione popytem ze strony miejscowych użytkowników. Z czasem trzeba było jednak podjąć decyzję, czy zakupić drugi komputer dla któregoś szczególnie przeciążonego ośrodka usługowego czy też umożliwić tamtejszym użytkownikom korzystanie z nie wykorzystanych w pełni mocy któregoś odległego ośrodka usługowego. Ze względu na zdolność podziału obciążeń, większą elastyczność i rezerwowe zasoby oferowane przez konfigurację układu wielokomputerowego, wybrano tę ostatnią jako formę dalszej rozbudowy usług informatycznych CDC.

A zatem CYBERNET powstał z wzajemnego powiązania miejscowych układów gwiazdzystych, a wyrósł w taki sposób, że centralnymi węzłami układu stały się komputery CDC 6600 i CDC 6400, a komputery CDC 3300 stały się węzłami peryferyjnymi układu, spełniając dodatkowo funkcje koncentrowania danych. Użytkownik mający dostęp do CYBERNETu miał możliwość użytkowania trzech różnych systemów operacyjnych, a wybór zależał od tego, gdzie prze-

chowywane były jego bazy danych, jakiego języka programowania używał i który system operacyjny najlepiej zaspokajał jego potrzeby w zakresie przetwarzania danych.

Dzisiaj CYBERNET oferuje usługi przetwarzania danych wyłącznie przez komputery CDC 6600 i CDC 6400, ponieważ znacznie przewyższają one wydajnością dawniejsze komputery CDC 3300. Komputery CDC 3300 pełnią w układzie wyłącznie funkcje koncentratorów danych i jednostek sterujących. Dodano też funkcję, która pozwala użytkownikom na równoczesny dostęp do obu systemów operacyjnych, CDC 6600 i CDC 6400, /ograniczona forma transmisji między procesami/, tak że każdy system operacyjny może być używany tylko do tych funkcji, które wykonuje najbardziej ekonomicznie. Jak użytkownik ma podejmować tę decyzję o rozdzieleniu funkcji, pozostaje jak dotąd nierozwiązanym problemem.

- CYBERNET posługuje się pięcioma klasami urządzeń końcowych:
- . drukarki znakowe,
 - . urządzenia końcowe z monitorem ekranowym, drukarka wierszowa i czytnikiem kart,
 - . komputery uniwersalne połączone liniami o częstotliwości telefonicznej,
 - . komputery uniwersalne połączone liniami szerokopasmowymi,
 - . komputery uniwersalne z miejscowymi urządzeniami pamięci masowej połączone liniami szerokopasmowymi.

W ramach tych klas dostępne są różne stopnie wyrafinowania usług: użytkownik ma możliwość wyboru różnych systemów operacyjnych, różnych szczebli priorytetu i różnych typów pamięci. Ponadto do dyspozycji stoją niektóre programy użytkowe z gwarancją, na podstawie której użytkownik nie płaci za nieproduktywną pracę spowodowaną błędem oprogramowania lub systemu. A oto orientacyjna rozpiętość opłat pobieranych od użytkowników za usługi w systemie operacyjnym CDC 6600 SCOPE:

- | | |
|-----------------|--|
| 0,20 - 0,40 % | za "sekundę systemową" w warunkach wieloprogramowości /w zależności od priorytetu/, |
| 1 200 % | za wyłącznie zarezerwowaną godzinę systemu, |
| 0,007 - 0,013 % | za dzień przechowania 1 000 znaków w pamięci nieautonomicznej /w zależności od ilości/ |

8,00 - 25,00 zł za godzinę połączenia, w zależności od typu linii i szybkości transmisji.

Różne inne opłaty pobierane są za inne systemy operacyjne, za przetwarzanie partiiowe, za użycie pamięci autonomicznej, za usługi kopiowania zbiorów danych itd. Udziela się też rabatów przy dużych ilościach przetwarzanych danych.

Obecnie układ wielokomputerowy obejmuje 12 komputerów serii CDC 6600 powiązanych między sobą 40 tysiącami kilometrów linii telekomunikacyjnych, z czego 6 500 km stanowią linie szerokopasmowe o przepływności 50 kilobitów. Układ ma tendencję do wzrostu raczej przez powiększanie liczby linii i komputerów niż przez stosowanie mniejszej liczby większych maszyn. Przewiduje się, że coraz więcej funkcji układu wielokomputerowego będzie realizowanych w koncentratorach, tak że możliwe stanie się automatyczne dzielenie obciążeń według liczby zadań i będzie można zautomatyzować także inne funkcje układu.

Jednym z najpoważniejszych problemów podziału obciążeń jest stosunkowo duża nieruchliwość baz danych oraz trudność określenia, kiedy jest celowe wykonywanie programu przy zualnym użyciu odległej bazy danych, a kiedy lepiej opłaca się przenieść albo program, albo bazę danych do innego komputera. Obecnie przeniesienie bazy danych wewnątrz układu wielokomputerowego zajmuje ponad 1/2 godziny na jedną szpulę taśmy. Jeśli potrzebne jest przeniesienie więcej niż sześciu szpul taśmy do innego komputera, używa się samolotu zamiast transmisji danych przez sieć telekomunikacyjną. /Nie jest przypadkiem, że wszystkie główne ośrodki obliczeniowe CDC są położone w odległości zaledwie kilku minut drogi od lotniska./

Ocenia się, że podczas rozwoju układu CYBERNET nie uzyskano znaczniejszych oszczędności wynikających z dużej skali po dodaniu ósmego komputera do pojedynczego ośrodka. Ocenia się, że zespoły sześciu do ośmiu komputerów miejscowych, przy wzajemnym połączeniu wszystkich rejonów za pośrednictwem kilku szybkich linii, będą w przyszłości stanowić optymalną konfigurację układu wielokomputerowego. Może tylko w ten sposób dadzą się rozwiązać w sposób ekonomiczny problemy wspólnego użytkowania i rezerwy baz danych, sprawności i niezawodności transmisji oraz podziału obciążenia między systemami operacyjnymi.

W poszukiwaniu koncepcji rozwoju CYBERNETU po niedawnym porozumieniu między CDC i NCR, CDC przeanalizowała i sklasyfikowała istniejący rynek usług układów wielokomputerowych, dzieląc go według typu usług:

- układy obsługi informacji, gdzie łącza transmisji służą do rozprowadzania wiadomości i informacji oraz do wyznaczania ich trasy;
- układy usługowe, w których programy i dane mogą być dynamicznie wymieniane między komputerami w celu eliminacji nadmiaru lub dla zapewnienia rezerwy mocy obliczeniowej;
- układy funkcjonalne, w których specjalizowane komputery są powiązane między sobą i każdy z nich przetwarza specyficzne części zadań wprowadzonych do układu wielokomputerowego;
- układy konfiguracyjne, gdzie układ jest utworzony w taki sposób, by różne komputery mogły wspólnie zdalnie użytkować niektóre zasoby, takie jak np. szybkie drukarki, bazy danych, urządzenia wyjścia mikrofilmowego itd.;
- układy podzadaniowe, gdzie części /podzadania/ programów użytkowych są z góry przyporządkowane do różnych komputerów w układzie wielokomputerowym w celu optymalizacji wykorzystania zasobów i zmniejszenia do minimum ogólnych potrzeb w zakresie przetwarzania.

W niektórych przypadkach nie daje się danego układu wielokomputerowego zakwalifikować tylko do jednego z powyższych typów albo też niemożliwe jest zakwalifikowanie go do żadnego z nich.

Tych pięć typów to właściwie pięć uzasadnień dla wszelkiego rodzaju układów wielokomputerowych. Czy będą to uzasadnienia ekonomicznie efektywne, będzie zależało od sposobu realizacji takiego układu.

Dotychczasowa realizacja powyższych pięciu typów układów wielokomputerowych przedstawia się następująco:

- układy obsługi informacji istnieją już dla prywatnych użytkowników;
- układy usługowe są wykonalne tylko dla niektórych wymiennych zestawów programów lub problemów;

- . układy funkcjonalne są możliwe do zrealizowania, podobnie jak układy konfiguracyjne, jeśli się te ostatnie traktuje jako specjalny rodzaj układów funkcjonalnych;
- . układy podzadaniowe już istnieją.

Na podstawie tej analizy CDC zamierza obecnie opracować /lub rozwinąć/ nowy układ wielokomputerowy, który będzie się składać z trzech głównych węzłów lub "zespołów" w postaci superkomputerów połączonych w pierścieniu linii transmisji danych o prędkości 250 kilobitów. Każdy taki zespół stwarzać będzie kompletne warunki przetwarzania danych z rezerwowymi mocami, dzięki czemu transmisja w szybkim pierścieniu będzie musiała obejmować tylko ruch wiadomości i przenoszenie zbiorów danych. A zatem nie przewiduje się podziału obciążenia między zespołami.

Wokół każdego z głównych węzłów układu przewiduje się podukład o konfiguracji gwiazdowej, powiązany liniami o prędkości 50 kilobitów. Przez te podukłady będzie wykonywane 70% przetwarzania danych w układzie wielokomputerowym.

Łącznie z tą konfiguracją układu wielokomputerowego wdrożone zostaną dwa typy baz danych. Lokalne bazy danych będą dostępne i możliwe do wspólnego użytkowania tylko w ramach podukładów. Uzupełnianie lokalnych baz danych będzie zadaniem użytkownika. Natomiast układowe bazy danych będą utrzymywane on-line przy jednym z większych komputerów węzłowych. Rezerwa dla tych baz danych będzie tworzona automatycznie i trzymana off-line. Dalsze tworzenie rezerw i dystrybucja zbiorów danych będą wykonywane na żądanie użytkownika.

Proponowana konfiguracja układu wielokomputerowego ma wiele zalet, a mianowicie:

- . główne zasoby są rozłożone i zdublowane dla podniesienia niezawodności i zmniejszenia ryzyka zniszczenia fizycznego,
- . ułatwiony jest przyrostowy sposób rozwoju, co pozwala łatwiej rozwiązywać problemy "polityczne",
- . elastyczność wyznaczania trasy w strukturze pierścieniowej,
- . łatwe wejście użytkownika do podukładu,
- . łatwe operowanie scentralizowanymi bazami danych służącymi wielu użytkownikom,
- . obciążenie czasu maszyny operacjami systemowymi jest stosunkowo niskie,

użytkownik może wybrać pożądany stopień niezawodności.

Konfiguracja ta ma też pewne wady:

- do realizacji protokołów przełączania węzłów i dla wielokomputerowych systemów operacyjnych potrzebne jest specjalne oprogramowanie,
- do utworzenia takiego układu wielokomputerowego potrzebne są znaczne nakłady inwestycyjne; nie ma przy tym dostatecznej gwarancji, że układ będzie dostatecznie wykorzystany, nawet jeśli wydaje się, że istnieje nań zapotrzebowanie.

UKŁAD WIELOKOMPUTEROWY MERIT

W 1966 roku Uniwersytet Stanowy Michigan /MSU/, Uniwersytet Stanowy Wayne /WSU/ i Uniwersytet Michigan /UM/ utworzyły Międzyuniwersytecki Michigański Komitet d/s Systemów Informacyjnych /MICIS/. Jednym z celów MICIS było opracowanie i wdrożenie prototypu układu wielokomputerowego do celów dydaktycznych, dzięki któremu mogłyby być wspólnie użytkowane i rozwijane zasoby dydaktyczne i moce obliczeniowe każdego z trzech uniwersytetów.

Poszukiwania dostatecznych funduszy na zaprojektowanie i wdrożenie tego układu wielokomputerowego trwały trzy lata. Legislatura stanu Michigan przyznała na ten cel 400 000 dolarów, a Krajowa Fundacja Naukowa /National Science Foundation/ dostarczyła drugich 400 000 dolarów na sfinansowanie układu, który ostatecznie otrzymał nazwę MERIT /Michigan Educational Research Information Triad - Michigański Oświatowo-Badawczy Trójsystem Informacyjny/.

Uzasadnienie i cele

Układ MERIT utworzono do badania zastosowań oświatowych i aspektów technicznych wspólnego użytkowania zasobów w następujących dziedzinach:

- sprzęt,
- oprogramowanie,
- bazy danych i wyszukiwanie informacji,
- nauczanie wspomagane komputerem.

Sprzęt wspólnie użytkowany w układzie MERIT składa się obecnie z centralnego zestawu komputera na każdym z trzech uniwersytetów: dupleksowego zestawu komputera IBM 360/67 z systemem operacyjnym MTS na Uniwersytecie Michigan, zestawu komputera CDC 6500 z systemem operacyjnym SCOPE na Uniwersytecie Stanowym Michigan oraz dupleksowego zestawu komputera IBM 360/67 z systemami operacyjnymi MTS i OS na Uniwersytecie Stanowym Wayne.

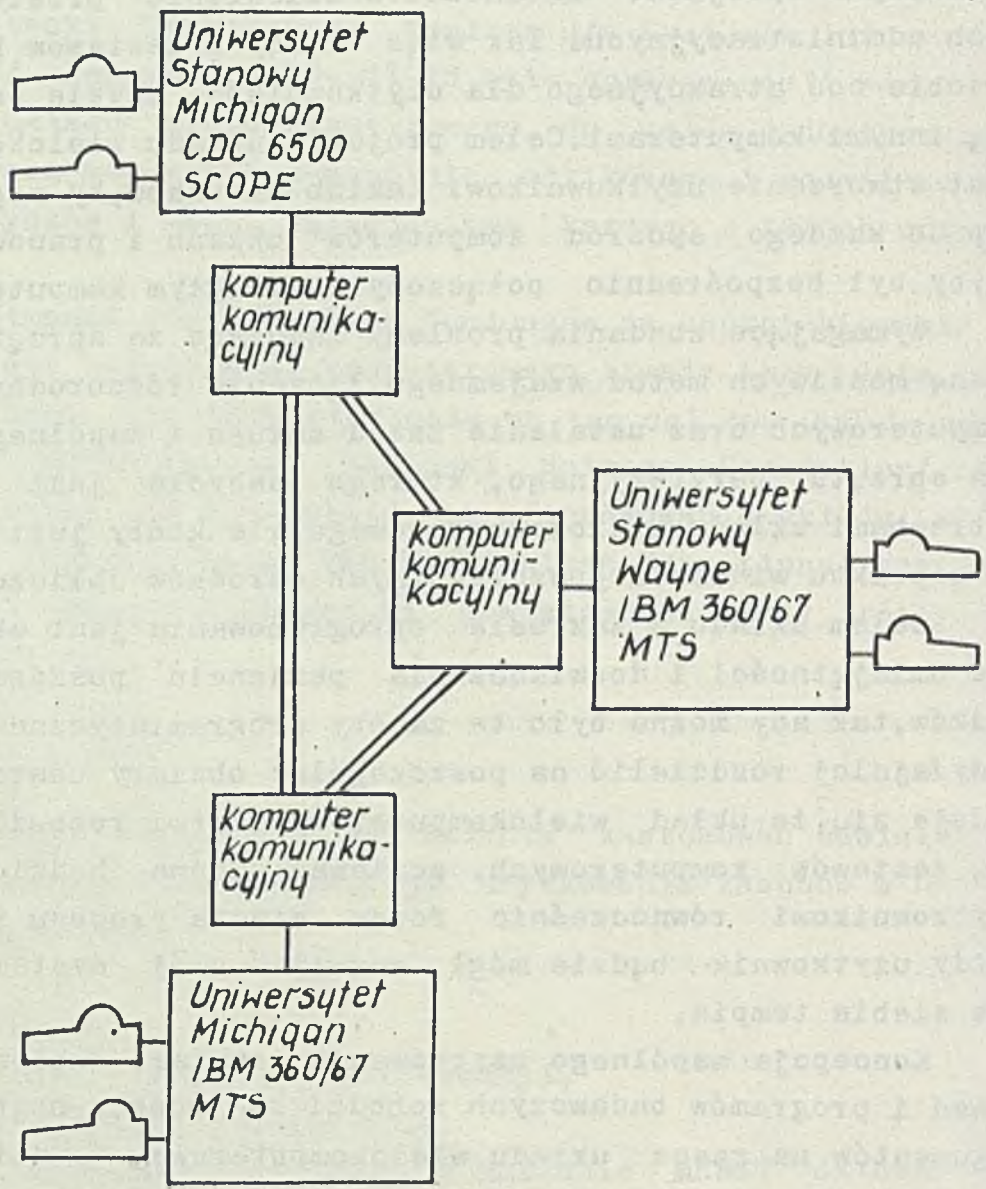
Zestaw komputera na Uniwersytecie Michigan zapewnia wyjątkowo dobre warunki dla podziału czasu, natomiast zestaw na Uni-

wersytecie Stanowym Michigan jest niezwykle szybki i odpowiedni do wykonywania zadań wymagających dużej ilości obliczeń. Zestaw Uniwersytetu Stanowego Wayne daje możliwość pracy w IBMowskim systemie operacyjnym OS, którego nie ma w innych zestawach, a ponadto ma specjalne zdolności w dziedzinie przetwarzania danych administracyjnych. Tak więc każdy z zestawów komputera ma w sobie coś atrakcyjnego dla użytkowników zwykle posługujących się innymi komputerami. Celem projektu układu wielokomputerowego jest stworzenie użytkownikowi takich warunków, by mógł mieć dostęp do każdego spośród komputerów układu i pracować tak, jak gdyby był bezpośrednio połączony z odległym komputerem.

Wymagające zbadania problemy związane ze sprzętem obejmują ocenę możliwych metod wzajemnego łączenia różnorodnych zestawów komputerowych oraz ustalenie zasad zakupu i wspólnego użytkowania sprzętu peryferyjnego, którego nabycie jest uzasadnione potrzebami układu wielokomputerowego, ale który jest niepotrzebny z punktu widzenia poszczególnych ośrodków obliczeniowych.

Celem układu w zakresie oprogramowania jest skoncentrowanie umiejętności i doświadczenia personelu poszczególnych ośrodków, tak aby można było te zasoby programistyczne efektywniej i wydajniej rozdzielić na poszczególne obszary zastosowań. Przewiduje się, że układ wielokomputerowy ułatwi rozbudowę i ewolucję zestawów komputerowych, ponieważ można będzie udostępnić użytkownikowi równocześnie różne stadia procesu rozwojowego; każdy użytkownik będzie mógł rozwijać swój system w dogodnym dla siebie tempie.

Koncepcja wspólnego użytkowania zamiast dublowania zastosowań i programów badawczych uchodzi za jeden z najmocniejszych argumentów na rzecz układu wielokomputerowego w dziedzinie oświatowej. Każdy uniwersytet może skupić uwagę na własnej dziedzinie specjalności, często za pomocą urządzeń i ułatwień opracowanych przez specjalistów z innych dziedzin na innych uniwersytetach. Równocześnie istnieje większa populacja użytkowników do należytego wypróbowania i przeanalizowania nowych procedur i nowości technicznych. Specjalną uwagę trzeba poświęcić tym dziedzinom, w których może być pożądanym opracowanie specjalnych baz danych dla efektywnego wspólnego użytkowania informacji, przy



Rys. 6. UKTad wielokomputerowy MERIT

czym istnienie takich baz jest uzasadnione tylko w warunkach układu wielokomputerowego.

Metody nauczania wspomaganego komputerem to systemy użytkowe, które prawdopodobnie są opłacalne tylko w warunkach układu wielokomputerowego. Ponadto opracowanie metod nauczania wspomaganego komputerem jest celowe tylko tam, gdzie rozporządza się dużą liczbą studentów do testowania systemu i do eksperymentowania z nim oraz gdzie istnieje wśród badaczy gotowość do ścisłej współpracy. Sytuacja układu MERIT spełnia te podstawowe wymagania, ponieważ w grę wchodzi populacja ponad 100 000 studentów, a motywacja do ścisłej współpracy między trzema uczelniami już istnieje.

Podstawowym założeniem koncepcji projektowej układu MERIT jest poszanowanie i popieranie autonomii instytucjonalnej odrębnych ośrodków obliczeniowych. Uczestniczące w układzie ośrodki nie mają obowiązku nabywania lub opracowywania wymiennego sprzętu i oprogramowania, jako warunku przyłączenia się do układu wielokomputerowego.

Typ układu

Ze zdecentralizowanych różnorodnych zestawów komputerów, połączonych między sobą jednorodną siecią transmisji danych, konfiguracja układu MERIT należy wyraźnie do klasy konfiguracji. Obecna sieć transmisji danych złożona jest z minikomputerów PDP-11/20 sterujących transmisją, po jednym na każdy komputer główny, połączonych między sobą wydzierżawionymi liniami telefonicznymi o normalnej częstotliwości i z wybieraniem tarozowym. "Zapisy" wiadomości są przy przejściu przez układ dynamicznie przełączane odpowiednio do wyspecyfikowanego połączenia logicznego i do rozporządzalności linii.

Wiele starannej uwagi poświęcono decyzjom dotyczącym zasadniczej struktury układu. Za główne cele uznano niski koszt i wysoką elastyczność, a akcent w rozważaniach położono na sprzęt, którego nie można było wynająć i trzeba było nabyć na własność. Przewidziano pracę przez 20 godzin na dobę oraz udostępnienie wszystkim użytkownikom możliwości równoczesnego przetwarzania partiowego i przetwarzania dialogowego z podziałem czasu. Ze

względu na wybraną koncepcję wspólnego użytkowania zasobów, każdy komputer główny musi tylko w minimalnym stopniu pracować w trybie wieloprogramowości.

Przy projektowaniu układu MERIT rozważono cztery możliwe konfiguracje:

Bezpośrednie połączenia między komputerami głównymi

Do przyłączenia każdego komputera głównego potrzebne byłyby rozległe prace oprogramowaniowe, wskutek czego wymagania związane z wprowadzeniem każdego nowego komputera głównego do układu wielokomputerowego byłyby wysokie i kosztowne. Sam układ zużywałby na swoje wewnętrzne potrzeby znaczną ilość czasu jednostki centralnej komputera głównego, co przyczyniłoby się do naruszenia autonomii poszczególnych komputerów głównych. Ale niepotrzebne byłyby specjalne komputery komunikacyjne, a transmisją danych między komputerami głównymi mogłyby zapewnić istniejące urządzenia peryferyjne takie jak IBM 2701, IBM 2703 i CDC 6674.

Scentralizowany /gwiazdzisty/ układ węzłowy

Pojedyncozy specjalny komputer do przełączania transmisji, z bezpośrednimi połączeniami ze wszystkimi komputerami głównymi, upraszcza interface komputerów głównych, ale nie eliminuje potrzeby znacznej ilości specjalnego sieciowo ukierunkowanego oprogramowania komputerów głównych oraz potencjalnie wysokiego obciążenia komputera głównego wewnętrznymi operacjami układu wielokomputerowego. Ale największą zapewne wadą konfiguracji z centralnym węzłem jest podatność takiego układu na awarie.

Układ wielokomputerowy z przełączaniem asymetrycznym

To podejście polega na użyciu specjalnych komputerów komunikacyjnych, które mają wykonywać operacje przetwarzania i wynikające z potrzeb samego układu, ażeby obciążyć te komputery główne, którym taka zewnętrzna moc obliczeniowa może być potrzebna. Przykładem może być przydanie komputerów komunikacyjnych dwóm komputerom IBM i użycie jednego z procesorów peryferyjnych komputera CDC 6500 w charakterze wewnętrznego komputera

komunikacyjnego. Wadą takiej konfiguracji jest, że te komputery główne, które nie posiadają komputerów komunikacyjnych są nadal obciążone wysokimi wymaganiami pod względem oprogramowania, a poza tym w takim układzie wielokomputerowym standaryzacja transmisji może być trudna.

Układ wielokomputerowy z przełączaniem symetrycznym

Podejście to zapewnia najmniejsze obciążenie komputerów głównych operacjami układowymi i pozwala na najwyższy stopień autonomii komputerów głównych. Każdy komputer główny posiada oddzielny komputer komunikacyjny, który wykonuje jego operacje wynikające z przynależności do układu; wszystkie te komputery komunikacyjne są jednakowe, różnią się tylko jednym modułem programowym, który tłumaczy standardowe protokoły układu wielokomputerowego na protokoły konkretnego komputera głównego. W ten sposób dla każdego komputera głównego układ wielokomputerowy stanowi wymienny interfejs, który wymaga niewiele lub wcale nie wymaga specjalnego oprogramowania wewnątrz komputera głównego.

Ważnym aspektem tej konfiguracji jest, że na funkcje układu wielokomputerowego nie wpływają ograniczenia wynikające z interfejsu z poszczególnymi komputerami głównymi, ponieważ zawsze może się odbyć odpowiednie tłumaczenie wewnątrz komputera komunikacyjnego. A oto inne zalety:

- całość prac rozwojowych nad oprogramowaniem potrzebnym do wdrożenia układu wielokomputerowego jest sprowadzona do minimum dzięki tożsamości komputerów komunikacyjnych - z tych samych względów ułatwiony jest rozwój przyrostowy;
- zmiany w zestawach komputerów głównych mogą odbywać się bez ujemnego wpływu na strukturę układu /trzy takie zmiany już miały miejsce i nie powodując trudności/ - jest to ważny czynnik zwiększający autonomię komputerów głównych;
- komputery główne można w specjalnych okolicznościach bez trudu odłączyć od układu w celu:
 - wypróbowania interfejsu między komputerem głównym i komputerem komunikacyjnym bez wywierania ujemnego wpływu na całość układu wielokomputerowego;
 - wypróbowania sieci komunikacyjnej bez ujemnego wpływu na komputer główny.

Głównymi wadami takiej symetrycznej konfiguracji przełączania komputerów jako podstawy dla układu wielokomputerowego są: wysoki początkowy koszt sprzętu, instalowanie obcego sprzętu w ośrodkach obliczeniowych oraz trudności planowania konserwacji.

Wdrożony sprzęt komputerów komunikacyjnych składa się z trzech jednostek funkcjonalnych:

- specjalizowanego interfejsu na styku ze swoim komputerem głównym,
- standardowego interfejsu do sterowania transmisją przez sieć telefoniczną,
- procesora do harmonogramowania, multipleksowania i kontrolowania transmisji wiadomości.

W każdym przypadku komputer komunikacyjny ma dla systemu operacyjnego komputera głównego charakter specjalnego urządzenia we/wy. Dzięki temu niepotrzebna była zmiana systemów operacyjnych, a wystarczyło tylko rozszerzyć je pisząc dla każdego komputera głównego odpowiedni usługowy program nowego urządzenia we/wy. Pierwotny projekt i realizacja umożliwiają maksymalną szerokość pasma transmisji 6000 bodów w każdym kierunku na trzech liniach telefonicznych. Komputer komunikacyjny zaprojektowano tak, że w miarę wzrostu potrzeb transmisji każdą z trzech linii telefonicznych można będzie zastąpić szybszym łączem transmisji danych o prędkości do 50 K bodów.

Ze względu na jednorazowy charakter wyboru komputerów komunikacyjnych i wdrażania układu wielokomputerowego, prace rozwojowe zlecono kontraktem jednej z niezależnych firm /Applied Dynamics Division firmy Reliance Electric Company/. Uznano to za konieczne, ponieważ żaden z dwudziestu dostawców sprzętu, do których zwrócono się, nie był w stanie zapewnić 1/ dostatecznej wydajności interfejsu telefonicznego ani 2/ interfejsów komputerów głównych dla transmisji w wysokim stopniu dialogowej 3/ po umiarkowanej cenie.

Standardowy DEC PDP-11/20 z pamięcią o pojemności 16 K słów 16-bitowych, wyposażony w standardowy dalekopis i czytnik oraz dziurkarkę taśmy, pełni zawsze funkcje komputera komunikacyjnego. Zdecydowano, by w celach sprawdzania i zdalnego usuwa-

nia błędów uczynić oba te urządzenia peryferyjne komputera komunikacyjnego dostępnymi bezpośrednio z sieci. Dla układu wielokomputerowego w jego obecnej postaci trzeba było opracować cztery specjalne jednostki interface'u.

"Interface zespołów danych" przeznaczony do przenoszenia całych wiadomości z linii telefonicznych do pamięci operacyjnej komputera komunikacyjnego i odwrotnie bez udziału programu. Każdy komputer komunikacyjny ma cztery takie interface'y przeznaczone do pracy w trybie w pełni lub na wpół duplexowym w sposób wymienny z procedurami synchronicznej transmisji dwójkowej /binary synchronous communications - BSC/.

Interface IBM 360/67 przeznaczony do połączenia komputera komunikacyjnego z komputerem głównym IBM 360/67 za pośrednictwem kanału multipleksorowego IBM 2870. Informacja jest zatem przenoszona w postaci pojedynczych bajtów ośmiobitowych równolegle w jednym kierunku, dopóki nie zostanie przesłany cały zapis wiadomości o długości 240 bajtów.

Przebiegłe szybkości przenoszenia danych wynoszą około 60 K bodów. Pary bajtów zostają automatycznie upakowane i rozpakowane z pamięci operacyjnej komputera komunikacyjnego przez interface. Cechą tego interface'u jest wieloadresowość, która pozwala na wspólne użytkowanie jednego komputera komunikacyjnego przez różne programy użytkowe, tak jakby chodziło o kilka identycznych komputerów komunikacyjnych.

Interface CDC 6500, łączy komputer komunikacyjny z jednym z 12 kanałów komputera CDC 6500, który to kanał jest z kolei sterowany jednym z 10 "procesorów peryferyjnych".

Ten interface jest w dużej mierze sterowany oprogramowaniem, w przeciwieństwie do interface'u IBMu zrealizowanego wyłącznie w "twardej strukturze". 12-bitowe słowa są przenoszone przez kanał w trybie wyspecyfikowanym przez procesor peryferyjny. Możliwe są szybkości przenoszenia ponad 3 megabody i interface ten posiada też cechę wieloadresowości podobną do zrealizowanej w interface'ie IBM 360/67.

Automatyczna jednostka wywołująca i interface multipleksorowy umożliwiają wspólne użytkowanie modelu 801C automatycznej jednostki wywołującej przez 8 linii telefonicznych biegnących

od każdego komputera komunikacyjnego.

Obecnie zrealizowany układ wielokomputerowy ma szereg braków pod względem niezawodności i elastyczności transmisji danych, ale braki te istnieją po prostu z przyczyn oszczędnościowych. Niespotykaną gdzie indziej cechą jest zdolność każdego komputera komunikacyjnego do dynamicznej zmiany konfiguracji połączeń telefonicznych z innymi komputerami komunikacyjnymi w celu optymalnego dostosowania układu do warunków obciążenia lub do warunków zaistniałych na skutek błędu. Obecnie w wielokomputerowym układzie MERIT możliwych jest 41 różnych konfiguracji linii.

Funkcje z góry określone

Przenoszenie zapisów wiadomości między dwoma współdziałającymi komputerami głównymi układu wielokomputerowego odbywa się za sprawą sześciu głównych "składników" oprogramowania. Tymi "składnikami" są moduły programowe, które realizują szczegóły koordynacji układu i transmisji danych.

Moduł "operacji sieciowych" /network support - NS/ i moduł "nadzwyczajnego warunku" /exceptional condition - XC/ stanowią łącznie moduł programowy mający swą siedzibę w komputerze głównym i działający w ewentualnych nadzwyczajnych sytuacjach. Różne moduły NS i XC są we wszystkich komputerach głównych jednakowe pod względem funkcjonalnym, ale muszą być w odmienny sposób wdrożone, odpowiednio do wymagań systemu operacyjnego danego komputera głównego.

Moduł "operacji komputera głównego" /host support - HS/ stanowi "wykonaną na miarę" część każdego systemu operacyjnego komputera komunikacyjnego /communications computer operating system - CCOS/. Moduł ten związany jest z charakterystyką danego komputera głównego i jego interface'u.

Pozostałe trzy moduły są identyczne w każdym CCOS. Moduł "Strap" składa się z różnych modułów podzadaniowych, które interpretują komendy układu, kodują i dekodują bloki wiadomości oraz spełniają niezbędne funkcje związane z przenoszeniem zapisów wiadomości między modułem HS a modułem "przełączania wiadomości" /message switching - MS/. Moduł MS multipleksuje zapisy

wszystkich połączeń logicznych na rozporządzalnych drogach przenoszenia danych wychodzących i w podobny sposób odpowiednio odmultipleksowuje wiadomości przychodzące. Moduł "operacji telefonicznych" /telephonic support - TS/ realizuje specjalne wymagania "interface'ów zespołów danych" /data set interfaces/.

W ten sposób około 80% programów CCOS jest jednakowych we wszystkich komputerach komunikacyjnych. Inne specjalne moduły CCOS, nie objęte czterema wyżej wyszczególnionymi składnikami, to:

- . moduł interwencji operatora poprzez konsolę dalekopisową komputera komunikacyjnego,
- . moduł obsługujący w każdym komputerze komunikacyjnym wejście i wyjście na taśmie dziurkowanej,
- . moduł manipulowania zapisami nadzwyczajnymi.

W celu zapewnienia maksymalnej niezawodności i prawidłowej pracy układu wielokomputerowego wdrożono w ramach CCOS koncepcję "natychmiastowej wiadomości asynchronicznej" /immediate asynchronous message - IAM/. Istnieją dwa typy wiadomości asynchronicznych - czyli wiadomości wymagających specjalnej uwagi i o wysokim priorytecie - natychmiastowe i oczekujące w kolejkach. Wiadomości o błędach systemu i komunikaty systemowe mogą być przykładem asynchronicznych wiadomości ustawianych w kolejce, gdy żądanie czytania zostaje odebrane zanim asynchroniczna wiadomość została wysłana w taki sposób jak zwykła wiadomość. Natychmiastowe wiadomości asynchroniczne nie czekają w kolejkach, ale są natychmiast przesyłane do komputera głównego niezależnie od jego bieżącego stanu lub bieżącej sytuacji połączenia sieciowego. Ten typ pilnej wiadomości przewidziany jest do realizacji komunikatów "uwaga" i "przerwań" oraz do zawiadomienia o awarii układu wielokomputerowego. Takie wiadomości muszą torować sobie drogę przez zatłoczone połączenie.

Realizacja funkcji IAM związana jest z ponownym startem wszystkich niezbędnych podzadań systemu operacyjnego komputera komunikacyjnego /CCOS/, wskutek czego zaniechane zostaje bieżące przetwarzanie i usunięte zostają kolejki. Stwierdzono, że funkcja ta jest niezbędna, by umożliwić zadowalające użytkowanie układu, jak również awaryjne ponowne przygotowanie układu do pracy i ponowny start.

Z wyjątkiem dwóch początkowych miesięcy działania układu MERIT, kiedy to usunięto ostatnie błędy programów systemu operacyjnego CCOS, prawidłowość działania układu jest, jak dotąd, 100-procentowa. Mniej idealna jest jednak niezawodność, a to wskutek faktu, że użytkownik układu jest uzależniony nie od jednego, ale od dwóch układów operacyjnych komputerów głównych. Ponadto minikomputerowy sprzęt komputerów komunikacyjnych o normalnym stopniu niezawodności ulega awarii przeciętnie raz na miesiąc, ale częstotliwość ta powinna w przyszłości znacznie się zmniejszyć.

Oczywiście awaria jednego komputera komunikacyjnego uniemożliwia tylko łączność układu z jednym komputerem głównym przynależnym do tego komputera komunikacyjnego, a poza tym nie wpływa na działanie układu. Bezzałogowa praca ośrodków komputerów głównych, gdzie umieszczone są także komputery komunikacyjne, powoduje że wadliwe funkcjonowanie komputera komunikacyjnego zwykle zostaje naprawione dopiero po stracie kilku godzin pracy. A zatem w układzie wielokomputerowym MERIT nie położono większego akcentu na niezawodność ze względu na koszty.

Rezerwa istnieje tylko w postaci linii telefonicznych, ale niestety użytkownicy sieci muszą tu współzawodniczyć z wszystkimi użytkownikami telefonu na uniwersytetach, co często w godzinach szczytu oznacza z góry przegraną bitwę. I tu również niezgodność wynika z decyzji oszczędnościowej, która prawdopodobnie ulegnie zmianie, gdy tylko natężenie ruchu w układzie wielokomputerowym uzasadni potrzebę bardziej przepustowych linii telekomunikacyjnych. W tej chwili układ ma przeciętnie tylko 20 użytkowników dziennie, którzy przekazują średnio dziennie ogółem 1,5 mln bajtów informacji. Jest to tylko jeden procent użytkowania, potrzebnego do uzasadnienia istnienia tego układu na podstawie stosunku kosztów do uzyskanych oszczędności wynikających z dużej skali operacji. Ten czynnik w połączeniu z faktem, że szybkość obecnych urządzeń łącznościowych można jeszcze podnieść z teraźniejszych 2 kilobodów do 10 kilobodów wykorzystując te same linie o częstotliwości telefonicznej, wskazuje, że układ MERIT będzie jeszcze przez dłuższy czas posługiwał się obecnymi liniami transmisji danych.

Wszystkie inne zagadnienia, takie jak środki bezpieczeństwa, zabezpieczenie tajemnicy danych, procedury wspólnego użytkowania, zbieranie statystyki, pomiar sprawności i procedury rozliczeń, pozostawiono poszczególnym ośrodkom obliczeniowym. Użytkownik układu musi posiadać nazwę, którą podaje przy wejściu i hasło zarówno dla swojego miejscowego systemu, jak i dla odległego komputera głównego z którym komunikuje się. Opłaca on ze swego konta równocześnie oba komputery, ponieważ zajmują się one jego wejściem i wyjściem i przy użytkowaniu musi stosować się do protokołu tego komputera, do którego w danej chwili adresuje.

Komputer główny Uniwersytetu Michigan wdrożył standardowy program zbierania danych statystycznych, który rejestruje wszystkie dokonane połączenia oraz nieudane połączenia wraz z kodami przyczyn niepowodzenia.

Ponadto prowadzona jest statystyka przenoszenia danych i oblicza się podział kosztów z tytułu użytkowania sieci; pełna lista zbieranych informacji statystycznych, rozbita na typy użytkowników, przedstawia się następująco:

- . łączna liczba wejść, z podziałem na nadania i odbiory przez komputery główne,
- . chybione połączenia, sklasyfikowane według kodu przyczyn,
- . przeniesienia danych: bajty przyjęte, zapisy przyjęte, bajty nadane, zapisy nadane,
- . średnia ilość przekazanych danych na jedno połączenie,
- . średnia długość zapisu na jedno przeniesienie,
- . łączny czas trwania połączeń,
- . rozkład wejść w przekroju godzin,
- . rozkład wejść w przekroju dat,
- . statystyka użytkowania w przekroju numerów identyfikacyjnych użytkowników.

Niektóre wyniki z listopada 1972 r. wskazują, że 43% wszystkich prób wejść /połączeń/ było nieudanych, w dużej mierze z powodu zajętych linii telefonicznych albo z powodu przestoju odległego komputera głównego.

Przeciętny zapis wychodzący miał długość 30 bajtów, przeciętny zapis wchodzący miał długość 42 bajtów. Przeciętny czas połączenia użytkownika wynosił tylko 10 minut.

Na sześciu spośród 64 użytkowników układu wielokomputerowego w listopadzie przypadła większość czasu połączenia, ale czterech spośród tych sześciu użytkowników należało do personelu układu MERIT. Ponieważ statystyka ta dotyczyła tylko węzła na UM i ponieważ w dużej mierze wpłynęły na nią będące w toku prace rozwojowe nad samym układem, nie jest ona szczególnie miarodajna. Sądzi się, że lepszym sposobem pomiaru statystycznego operacji przetwarzania danych byłoby zastosowanie przy każdym komputerze komunikacyjnym kasetowych przyrządów rejestrujących.

Funkcje realizowane na rozkaz

Obecna realizacja protokołów transmisji między komputerami głównymi oraz analiza większości działań użytkowników układu, nie należących do personelu MERIT, potwierdzają uniwersalny charakter tego układu wielokomputerowego. Najczęstszy rodzaj użytkownika układu stanowią przeniesienia zbiorów danych, ale nie wdrożono żadnego specjalnego sieciowo ukierunkowanego systemu gospodarowania zbiorami danych.

Oczywiście możliwe jest znacznie "wymyślniejsze" użytkowanie układu MERIT. Zamiast komunikowania się użytkownika znajdującego się przy jednym komputerze głównym z odległym komputerem głównym i wykonywania na nim swojego programu, użytkownik ten może mieć na miejscowym komputerze specjalny program, który za niego będzie komunikował się ze zdalnie przebiegającym programem. Miejscowy użytkownik może też zainicjować kilka zdalnych programów i spowodować ich równoczesny przebieg lub ustanowić połączenie sieciowe z sobą samym, w celu równoczesnego wykonywania programów na swoim komputerze głównym. Poza normalnymi operacjami w trybie podziału czasu, użytkownik może też wprowadzać swoje zadania do kolejek przetwarzania partiiowego we wszystkich systemach operacyjnych. Istnieją też specjalne możliwości "rozpowszechniania", czyli rozprowadzania materiałów wyjściowych równocześnie do wielu użytkowników układu wielokomputerowego.

Synchronizację między komunikującymi się procesami w układzie MERIT można osiągnąć tylko pod warunkiem przestrzegania specjalnego protokołu. Obecny protokół nie pozwala przy normal-

nej transmisji na czekanie rozkazów pisania, toteż zawsze musi być wydany rozkaz czytania, który czeka na jakiś korespondujący z nim proces pisania. Zwykle rozkaz czytania jest spełniony przez pochodzące od użytkownika wejście przez urządzenie końcowe, ale użytkownik może zakończyć swoje połączenie i zainicjować program, który przywróci to połączenie i "napisze" do zdalnie przebiegającego procesu. Tak więc w tym przypadku odległy komputer główny jest tym, który panuje nad transmisją, co jest sytuacją czasem niepożądaną, ale taki protokół znacznie uprościł początkowe wdrożenie układu wielokomputerowego.

W dotychczasowych pracach rozwojowych nad układem MERIT zakładano, że użytkownik będzie się zachowywał "przyzwoicie". Ale wiadomo, że użytkownik mógłby wiązać zasoby układu i ewentualnie generować wiadomości w sposób zakłócający oprogramowanie układu i czynić to wszystko bez ponoszenia dodatkowych kosztów.

Toteż dalsze prace rozwojowe obejmą plany ochrony zarówno przed umyślnymi jak i nieumyślnymi błędami w użytkowaniu układu. Ponadto coraz ważniejsze stają się rozpowszechnianie informacji o oferowanych przez układ możliwościach. Niedawno napisano przewodnik dla użytkowników i utworzono służbę doradczą w sprawach układu MERIT na wszystkich trzech uczestniczących uniwersytetach. Operatorzy komputerów w każdej z siedzib komputera głównego są jeszcze w trakcie zaznajamiania się ze sposobem przygotowania do pracy sieciowo ukierunkowanych programów i procedurami ponownego startowania. Toteż na razie jedną z głównych przyczyn awarii układu są błędy operatorów.

Obeonie czyni się starania o fundusze na utworzenie węzła satelitarnego w postaci komputera komunikacyjnego, który byłby w stanie zapewnić działanie różnych interfejsów wejścia i wyjścia do i z układu wielokomputerowego. Taki węzeł obsługiwałby użytkowników pragnących użytkować jedynie moce odległych komputerów głównych, ponieważ na miejscu nie mieliby żadnego komputera głównego. Węzły satelitarne uznano za najlepszą metodę rozciągnięcia usług układu wielokomputerowego na inne mniejsze szkoły wyższe na terenie stanu Michigan.

Dodatkowe uzasadnienie dla tworzenia węzłów satelitarnych wynika z faktu, że w konwencjonalnych wielkich wieloprogramowych

systemach liczących wejście i wyjście związane jest z dużym nakładem czasu maszyny. Węzeł satelitarny ograniczy te dodatkowe nakłady czasu maszyny do jednego systemu zamiast obecnych dwóch, co jest w tej chwili czynnikiem, który podwaja koszt wielu zadań, gdy się je wykonuje poprzez układ wielokomputerowy /zamiast na miejscu/, ponieważ muszą one być wprowadzane i wyprowadzane. Ze względu na ten czynnik dodatkowych nakładów czasu maszyny na wejście i wyjście może nawet być celowe postawienie do dyspozycji niektórych użytkowników oddzielnego węzła satelitarnego w siedzibie komputera głównego /jeśli tym użytkownikom nie jest potrzebne korzystanie z usług lokalnego komputera głównego/.

Inne możliwe przyszłe udoskonalenia obejmują: sprzężenie MERIT z układem wielokomputerowym ARPA i opracowanie różnych specjalizowanych zastosowań układu. Potrzebne są też szczegółowe badania dla określenia obecnej sprawności układu. Obok dalszej analizy rzeczywistych oszczędności uzyskiwanych przy obecnych łączach telekomunikacyjnych, które okazały się trudno dostępne i dość zawodne, potrzebne są jeszcze dalsze badania nad komputerami komunikacyjnymi, aby ustalić adekwatność pojemności pamięci i sprawności przekazywania wiadomości oraz lepiej ocenić rezerwy zdolności transmisji. Inną ważną dziedziną badań jest ocena łatwości użytkowania układu wielokomputerowego i motywów jego użytkowania.

Obecną realizację układu wielokomputerowego starano się uczynić możliwie jak najprostszą. Na razie nie wdrożono i nie uznano za istotne ani optymalnych algorytmów wyznaczania trasy, ani różnych form podziału obciążenia między łączami komunikacyjnymi i między komputerami głównymi. Nawet zdolność do dynamicznego modyfikowania konfiguracji połączeń telekomunikacyjnych układu uznano na zbyt skomplikowaną, aby warto ją było realizować w obecnym układzie wielokomputerowym. Stosuje się automatyczne wybieranie, natomiast koncepcję dynamicznej realokacji zamierza się wdrożyć dopiero wtedy, gdy ruch w układzie stanie się bardziej intensywny i równomierny.

Linie z wybieraniem tarczowym zostaną prawdopodobnie zastąpione w bliskiej przyszłości wydzierżawionymi liniami "od punktu do punktu".

Komunikację w układzie wielokomputerowym sklasyfikowano dzieląc ją na sześć typów dialogu:

- . od procesu użytkownika do procesu użytkownika,
- . od "modułu nadzwyczajnego warunku" do "modułu nadzwyczajnego warunku",
- . od komputera głównego do komputera głównego,
- . od procesu użytkownika do modułu "strap" komputera komunikacyjnego,
- . od komputera głównego do modułu "strap" komputera komunikacyjnego,
- . od komputera komunikacyjnego do komputera komunikacyjnego.

Na dialogi między użytkownikami układ oddziałuje tylko w sensie tłumaczenia wiadomości na kody znakowe ASCII i z powrotem z tych samych kodów i to tylko wtedy, gdy wiadomość nie ma postaci zapisu dwójkowego.

Obecna trudność w tym względzie polega na niewymierności protokołu znaku kontrolnego między maszynami IBM i CDC. Problemu tego jeszcze nie rozwiązano. Obowiązujące obecnie w układzie wielokomputerowym ograniczenie maksymalnej długości zapisu do 240 bajtów wymaga dodania bitów kontrolnych do każdej wiadomości nadanej przez użytkownika, tak aby programy CCOS mogły prawidłowo rozbić i z powrotem składać wiadomości. Proces ten zupełnie nie obchodzi użytkownika. Układ wielokomputerowy rozpoznaje również koniec zbioru danych w toku dialogu między procesami użytkowników.

Dialog między "modułami warunku nadzwyczajnego" obejmuje poprzednio opisany mechanizm natychmiastowych wiadomości asynchronicznych /IAM/ oraz kolejkowych wiadomości asynchronicznych. Te wiadomości są zwykle generowane przez system operacyjny komputera głównego i jako takie nie są powszechnie rozpoznawane przez inne systemy operacyjne lub procesy użytkownika. Takie wiadomości będą zwykle zakłócać transmisje między procesami, o ile nie opracuje się odpowiednich norm.

Dialog między komputerami głównymi jest potrzebny dla zapobiegania powstawaniu "martwych punktów", kiedy komunikujące się procesy czekają wzajemnie na siebie. Wdrożono prosty model komputera nadrzędnego i podrzędnego, rozwiązujący problem mar-

twego punktu. Model ten należałoby przy dalszej realizacji układu wielokomputerowego rozszerzyć tak, by objął niezbędne zmiany stosunku podrzędności i nadrzędności przy zmianie stanu połączenia. Stwierdzono, że trzeba tak przystosować normalny dialog między komputerami głównymi, aby pojawienie się natychmiastowych wiadomości asynchronicznych /IAM/ nie zakłócało go oraz aby mógł on być ponownie wprowadzany w sposób rekursywny przez użytkownika.

Założono, że dialog między użytkownikiem a CCOS będzie użyteczny do celów uruchamiania i pozwoli odpowiednio umiędlonemu użytkownikowi zdalnie zmieniać konfigurację połączeń sieci. Ponieważ moduł "strap" systemu operacyjnego CCOS stwarza łączność tylko między dwoma "gniazdkami" sieci, utworzone zostaje fikcyjne gniazdko, które "owija" drogę transmisji i odsyła odpowiedzi przez źródłowe gniazdko modułu "strap".

Dialogi między komputerem głównym a modułem "strap" komputera komunikacyjnego obejmują procedury otwierania i zamykania połączeń. W dialogu otwierania połączenia używa się fikcyjnych gniazdek, dzięki czemu dialog może zaistnieć, nawet gdy połączenie nie może dojść do skutku /z powodu braku rozporządzalnych zasobów/.

Dialogi między komputerami komunikacyjnymi istnieją tylko dla przekazywania żądań otwarcia i zamknięcia połączenia.

Problemy zarządzania

Struktura organizacyjna układu wielokomputerowego MERIT jest jednym z najciekawszych aspektów i jednym z najbardziej udanych osiągnięć tego przedsięwzięcia. Zalecenie utworzenia układu wielokomputerowego wyszło od "komitetu zarządzającego" /MICIS/, który z kolei powołał do życia stowarzyszenie o odrębnej osobowości prawnej mające za zadanie zabiegać o fundusze ze źródeł prywatnych na rozwój układu wielokomputerowego oraz komitet współdziałający mający się starać z ramienia uni-

wersytetów o kredyty stanowe na potrzeby układu i organ finansowy odpowiedzialny za wydatkowanie uzyskanych funduszy na rozwój układu. Te dwie organizacje zabiegające o fundusze składają się z tych samych trzech osób /po jednej z każdej uczelni/ i do ich zadań należy także angażowanie dyrektora i kierowniczego personelu projektu układu wielokomputerowego.

Funkcje tego dyrektora projektu i jego sztabu rozpoczęły się od odpowiedzialności za zaprojektowanie układu, potem objęły odpowiedzialność za jego wdrożenie, a teraz główny akcent zaczyna się przesuwac ku sprawom optymalizacji, konserwacji i działania układu wielokomputerowego.

Porozumienie o wymianie zasobów układu między dwiema uniwersytetami ma charakter umowy między nabywcą a dostawcą. Każdy komputer główny jest dla odbiorców /użytkowników/ zarówno wewnętrznych jak i zewnętrznych dostawcą swoich własnych zasobów oraz zasobów odległych komputerów głównych. Tak więc każdy komputer główny sprawuje pełną kontrolę nad użytkowaniem układu poprzez swój własny zestaw i może to użytkowanie dowolnie ograniczać lub ułatwiać.

Wymiana usług między komputerami głównymi odbywa się za opłatą według z góry ustalonych stawek, które mogą być zmienione tylko w drodze pisemnego zawiadomienia na 30 dni przed wejściem w życie nowych stawek. Rachunki za wszystkie koszty pośrednie związane z usługami układu powinny być wystawiane co miesiąc. Różnica przepływu zasobów między dwoma komputerami głównymi winna być wyrównana gotówką albo w inny uzgodniony sposób w umownie ustalonych terminach.

W charakterze zachęty do rozwoju ekonomicznego i do użytkowania układu MERIT zrealizowano dalsze zalecenie, które wymaga, żeby preliminarować zasoby komputerowe odpowiednio do przewidywanego użytkowania, a następnie ustalać górną granicę kwoty, jaka może być wydatkowana do końca roku na zdalne użytkowanie poszczególnych zasobów układu. W ten sposób umożliwiono planowanie i budżetowanie poszczególnych ośrodków obliczeniowych, natomiast użytkowanie układu i wymiana zasobów są nieograniczone dopóki nie zostaje osiągnięta ustalona granica użytkowania. Osiągnięcie tej górnej granicy zwykle oznacza, że albo lokalne

opłaty za użytkowanie komputera są nadmierne albo lokalne usługi są pod jakimś innym względem niezadowalające. Osiągnięcie granicy wskazuje też, że prawdopodobnie zmiana konfiguracji leżałaby we wspólnym interesie ekonomicznym wszystkich zainteresowanych uczelni.

Nad wdrożeniem układu MERIT pracowało usilnie przez dwa lata przeciętnie 15 specjalistów, mając do dyspozycji budżet w wysokości 800 000 dolarów. Ocenia się, że wdrożenie każdego komputera komunikacyjnego i związane z nim oprogramowanie kosztowały około 100 000 dolarów i że wdrożenie każdego następnego komputera komunikacyjnego kosztowałoby około połowy tej sumy.

Ze względu na słabe wykorzystanie, obecne wydatki operacyjne układu wielokomputerowego są dość wysokie w stosunku do obciążenia ruchowego: mniej więcej 0,33 dolarów na tysiąc bitów.

Roczne koszty eksploatacyjne układu wynoszą łącznie blisko 100 000 dolarów i są obecnie pokrywane przez trzy uniwersytety z pozycji budżetowych przeznaczonych na obliczenia naukowe. Budżety te wynoszą łącznie ponad 7 milionów dolarów. A zatem operacje układu wielokomputerowego pochłaniają obecnie ponad 1,5% połączonego budżetu operacyjnego ośrodków obliczeniowych.

A oto niektóre dalsze uwagi, które nasunęły się w wyniku rozmów z personelem układu MERIT:

- Znaczne korzyści dla przyszłych realizacji protokołu użytkownika układu mogą przynieść nowości w zakresie systemów i technik programowania wirtualnego.
- Operatorom komputerów głównych trzeba stworzyć jakiś system bodźców, który zachęcałby ich do większego zwracania uwagi i sprawniejszego reagowania na potrzeby użytkowników układu.
- Wdrożenie w układzie wielokomputerowym zdolności do dialogu między użytkownikiem a komputerem komunikacyjnym było potrzebne, ale z punktu widzenia niezawodności i bezpieczeństwa jest ogromnie ryzykowne.
- Najczęstszym błędem układu są nieprzewidziane przerwania powodowane przez sprzęt.
- W przyszłości byłoby pożądane utworzenie dwóch typów przydzielanych bloków pamięci operacyjnej w komputerach komunikacyjnych - jeden typ dla długoterminowych buforów urządzeń i

połączeń, a drugi typ dla krótkoterminowych buforów wiadomości.

- Wdraża się obecnie zbiory informacji on-line o samym układzie oraz wydaje się periodyczny biuletyn układu, aby lepiej zaznajamiać użytkowników z możliwościami układu wielokomputerowego.
- Nie udało się zorganizować i sprawnie skoordynować wystawiania rachunków za użytkowanie układu; użytkownicy będą nadal otrzymywać oddzielne rachunki od poszczególnych komputerów głównych /ale według stawek układu wielokomputerowego, a nie według stawek komputerów lokalnych/.
- Nie wdrożono jeszcze "metody gromadzenia i przechowywania" /buforowania/ wiadomości, a tym samym i przełączania wiadomości.
- Potrzebne jest wdrożenie automatycznego konektora układu dla funkcji zdalnego wprowadzania zadań.
- Dla wszystkich operacji we/wy wdrożono na ogół jednoczynnową granicę czasu.
- Specjalne typy zapisów są najlepiej realizowane za pomocą specjalnych kanałów sterowania układem, co maksymalnie usprawnia i upraszcza operowanie kolejkami.
- Kierownicy ośrodków obliczeniowych niechętnie ujawniają posiadane rezerwy mocy obliczeniowych, które można by postawić dyspozycji użytkownikom układu wielokomputerowego.

UKŁADY WIELOKOMPUTEROWE IBMu DO CELÓW BADAWCZYCH

W IBMowskim Ośrodku Badawczym im. Thomasa J. Watsona w Yorktown Heights w stanie Nowy Jork opracowano trzy duże układy wielokomputerowe. Już w 1967 r. opracowano interface'y układu wielokomputerowego dla przyłączenia procesorów satelitarnych do komputera 360/67 pracującego w systemie operacyjnym TSS /time-sharing system - system podziału czasu/. Z tego wyrósł później geograficznie zdecentralizowany układ wielokomputerowy łączący między sobą jednorodne komputery IBM 360/67 pracujące w systemie podziału czasu /układ wielokomputerowy TSS/. Drugie wielkie przedsięwzięcie z dziedziny układów wielokomputerowych podjęto w IBM w 1969 roku jako pracę czysto badawczą. Uzyskany w wyniku tych prac układ pierwotnie nazwany INTENET, a potem znany pod nazwą NETWORK/440, został już w międzyczasie zdemontowany. Trzeci układ wielokomputerowy jest pochodną układu TSS i bezpośrednim wynikiem pomyselnego opracowania standardowego interface'u układu wielokomputerowego z systemem operacyjnym OS/360.

Ten układ wielokomputerowy nie ma specjalnej nazwy, ale jest to układ wiążący wszystkie większe badawcze ośrodki obliczeniowe IBMu i jest użytkowany przez praktycznie wszystkich IBMowskich pracowników naukowych.

UKŁAD WIELOKOMPUTEROWY TSS

Układ wielokomputerowy TSS wynikał z pragnienia grupy ośrodków obliczeniowych stosujących system operacyjny TSS/360, by wy badać korzyści i ewentualne trudności związane z realizacją uniwersalnego układu złożonego z wielkich komputerów. System TSS /system podziału czasu/ wydawał się dostatecznie uniwersalny i dostatecznie modułowy, by umożliwić łatwe dodawanie modułów w celu wykonywania niezbędnych funkcji wynikających z istnienia układu. Tak więc wspólnym staraniem Uniwersytetu Carnegie-Mellon, Uniwersytetu Princeton i Działu Badawczego IBMu zaprojektowano, a następnie wdrożono moduł TSS CAM /computer access method - metoda dostępu do komputera/.

Później Laboratorium firmy Bell Telephone w Naperville w stanie Illinois, Ośrodek Programowania w Dziale Opracowywania Systemów IBMu oraz ośrodki badawcze NASA /National Aeronautics and Space Agency - Krajowa Agencja Astronautyki i Przestrzeni Kosmicznej/ nabyły komputery IBM 360 sterowane systemem operacyjnym TSS/360 i również stały się węzłami członkowskimi układu TSS.

Wszystkie komputery 360/67 włączone do układu wielokomputerowego zostały powiązane przełączanymi liniami telefonicznymi o normalnej częstotliwości poprzez urządzenie samonabierające. Układ użytkowano intensywnie do badań nad układami wielokomputerowymi i do prac rozwojowych, co doprowadziło do rozwoju podukładów w wielu węzłach układu. W ramach podukładów zainstalowano szybsze linie łączności, a ich użytkowanie jest bardziej ukierunkowane na cele produkcyjne, wspierając odnośne ośrodki obliczeniowe. W wyniku tego wszystkiego pierwotny układ TSS i jego działalność badawczą zastąpiły inne urządzenia i inne przedsięwzięcia badawcze, tak że praktycznie biorąc układ TSS przestał istnieć.

Uzasadnienie i cele

Ponieważ wszystkie komputery uczestniczące w układzie wielokomputerowym TSS były w zasadzie jednakowe, uznano że odpowiednim i najważniejszym przedmiotem badań będzie problem po-

działu obciążenia. Ponadto wyznaczono następujące cele:

- . łatwość użytkowania układu,
- . dostępność wszystkich zasobów układu dla wszystkich użytkowników,
- . minimalna ilość zasobów poświęcona operacjom systemowym układu.

Również wspólne użytkowanie zasobów wyszczególniono jako cel, ale w odniesieniu do sprzętu cel ten nigdy nie był realny, ponieważ każdy węzeł posiadał jednakowe zasoby sprzętu. Natomiast zasobami rzeczywiście dzielonymi przez układ były zbiory danych i programy specjalne. Ponadto dalsze prace rozwojowe nad oprogramowaniem mogły być teraz skutecznie podejmowane przez geograficznie rozproszonych programistów jako wspólne prace.

Oczywiście pewną rolę odegrało pragnienie współpracy, wspólnego użytkowania programów i dzielenia problemów, ale rzeczywistym uzasadnieniem układu TSS były badania nad układami wielokomputerowymi.

Typ układu

Układ wielokomputerowy TSS jest prawdziwie jednorodnym układem zdecentralizowanych systemów liczących. Rozłożenie funkcji o charakterze sieciowym miało miejsce tylko w ograniczonym sensie logicznym, na przykład węzeł NASA-Lewis stał się bibliotekarzem układu, ale nie zostało to zrealizowane ani w hardware'owych, ani w software'owych funkcjach układu. Z punktu widzenia programów sterujących układem wszystkie węzły były jednorodne.

Układ TSS zaprojektowano tak, by umożliwiał szybką i ekonomiczną transmisję dużych ilości danych. Podczas przeciętnego użytkowania średnia szybkość transmisji osiągała rząd 15 000 bajtów na minutę, czyli ponad 2 000 bodów. Uzyskiwano to przy

użyciu linii telefonicznej o normalnej częstotliwości i przepływności 2 000 bodów z zastosowaniem techniki kompresji danych eliminującej powtórki jednakowych szeregów znaków. Ponadto można było przekazywać stosunkowo duże bloki danych /maksymalnie 4096 bajtów/, co zmniejszało ilość przerw systemowych wymagających obsługi. Te funkcje łącznościowe były wykonywane przez jednostki sterujące 2701 i 2703 przy zastosowaniu synchronicznej transmisji dwójkowej.

Funkcje z góry określone

Podstawą budowy układu wielokomputerowego TSS jest logiczny stosunek "komputer nadrzędny - komputer podrzędny" ustanowiony przez utworzenie logicznych połączeń. W każdym przypadku węzeł nadający przybiera charakter urządzenia końcowego /a zatem staje się komputerem podrzędnym w stosunku do komputera węzła odbierającego/. Możliwe jest też ustanowienie połączeń wielokrotnych, aby w pełni wykorzystać możliwości układu pod względem transmisji między procesami.

Użytkownik sam musi przygotować konfigurację sieci potrzebną do swojego zadania, używając sprecyzowanych rozkazów i procedur. System sam przez się nie podejmuje decyzji odnośnie konfiguracji sieci, choć teoretycznie biorąc można by napisać makroinstrukcje, które podejmowałyby za użytkownika decyzje w sprawie konfiguracji. Dla automatycznego podziału obciążeń między zestawami komputerów także byłoby napisać makroinstrukcje, ale możliwości tej jeszcze w pełni nie zbadano. Rozkazy sieciowe, czyli "komendy pierwotne", dzielą się na następujące trzy grupy:

- . Komendy dotyczące konfiguracji sieci i sterowania nią
 - NET /stwórz połączenie z określoną maszyną za pośrednictwem jej numeru identyfikacyjnego lub numeru telefonicznego/,
 - QCOM /zawieś działanie przez określone połączenie/,
 - SCOM /wznów działanie przez określone połączenie/,
 - ATT /przerwij działanie przez określone połączenie - asynchroniczne QCOM/,
 - RESPOND /donieś o wszelkiej działalności określonego połączenia/,
 - CLOGOFF /niszczy dane połączenie/.

- Komendy informacyjne

Do dyspozycji mamy liczne komendy służące do manipulowania oczekującymi w kolejce zadaniami i do badania ich stanu, jak również komendy operatora przygotowujące do pracy podukłady /np. kontrole sprawowane przez programy/. Istnieją też inne komendy informacyjne do ustalania określonej drogi poprzez sieć lub konfiguracji sieci w określonym momencie.

- Komendy dotyczące transmisji i wymiany danych

Ta kategoria obejmuje komendy albo natychmiastowej albo kolejkowej transmisji zespołów danych między węzłami układu. Ponadto istnieją specjalne komendy do zmiany struktury i konwersji danych. Przy przekazywaniu każdego zespołu danych system tworzy blok kontroli cech. Użytkownik może wówczas wyspecyfikować specjalne cechy, odpowiednio do wymaganego potraktowania zespołu danych. Wdrożono też uzupełnienia, które pozwalają na "rozszczepianie" zespołów danych, tak aby można było wewnątrz sieci fizycznie oddzielić zaprogramowaną procedurę od przynależnych do niej danych.

Wszystkie te "komendy pierwotne" są komendami niskiego rzędu, które mogą być łączone w makroinstrukcje celem definiowania specjalnych, ukierunkowanych na użytkownika, komend sieciowych wyższego rzędu. Te "komendy pierwotne" reprezentują więc /potencjalnie z góry określone/ zasadnicze funkcje sieci.

Oddzielną, ale integralną częścią układu wielokomputerowego TSS jest pakiet zbierania statystyki dotyczącej układu. Rejestrowane mogą być zdarzenia takie jak zapoczątkowanie i zakończenie zadań oraz transmisja zespołów danych między komputerami.

W zakres możliwości standardowych systemów operacyjnych TSS/360 wchodzi też różne inne problemy, takie jak niezawodność, rezerwy, powrót do punktu przzerwania, procedury wspólnego użytkowania zasobów, mechanizmy rozliczeń oraz środki bezpieczeństwa.

Funkcje realizowane na rozkaz

Układ TSS zaprojektowano jako uniwersalny, łatwo dający się rozbudować układ wielokomputerowy służący jedynie do realizacji systemu wielodostępnego przy użyciu urządzeń końcowych.

Jednorodność tego układu uprościła wdrożeniowy i konserwacyjny aspekt opracowania i eksploatacji układu, dając jako produkt uboczny stosunkowo wysoką niezawodność układu.

Wyższego rzędu funkcje układu wielokomputerowego, takie jak baza danych układu, dynamiczny podział obciążenia oraz dynamiczne kształtowanie konfiguracji sieci były przewidziane i możliwe do zrealizowania, ale nigdy nie zostały wdrożone. Wielu możliwych badań nigdy nie przeprowadzono z różnych przyczyn ekonomicznych i "politycznych" lub ze względów bezpieczeństwa. Zamiast dalszych badań nad zaletami jednorodnego układu wielokomputerowego, prace rozwojowe nad układem TSS poszły w kierunku rozbudowy przez włączenie innych typów komputerów. Do roku 1970 układ TSS rozrósł się tak dalece, że nie można już było uważać go za jednorodny układ wielokomputerowy, jaki pierwotnie miano na myśli. Wykryto poważne usterki koncepcyjne w systemie zdalnego przetwarzania, co skłoniło do zaprojektowania i wdrożenia "tablicowej" metody dostępu do komputerów. Na skutek tego zaprojektowania układ TSS nie był już więcej ograniczony wyłącznie do protokołu transmisji w systemie operacyjnym TSS.

Wraz z wdrożeniem tablicowej metody dostępu do komputera umożliwione zostały także różne "realizowane na rozkaz" funkcje układu w tym sensie, że użytkownik nie był już więcej ograniczony do pracy w trybie podziału czasu ani do "komend pierwotnych" układu TSS. Dalsze omówienie tego układu w postaci, do jakiej się rozwinął i w jakiej istnieje obecnie, znajdzie czytelnik w rozdziale zatytułowanym "Obecne układy wielokomputerowe IBMu do celów badawczych".

Problemy zarządzania

Struktura organizacyjna układu wielokomputerowego TSS była luźna, a udział w działalności układu opierał się na zasadzie całkowitej dobrowolności. Badawczej działalności układu nie można było umotywić, a wspólne użytkowanie zasobów nie miało miejsca ponieważ nie było takiej potrzeby, a ponadto zorganizowanie i kontrola takiego wspólnego użytkowania były zbyt skomplikowane z organizacyjnego punktu widzenia.

Trudności wynikały nie tylko z braku centralnego ośrodka dyspozycji układem, ale także z powodu problemów bezpieczeństwa i praw autorskich, a to wskutek faktu, że IBM był przedsiębiorstwem, natomiast pozostałymi członkami układu były wyższe uczelnie i instytucje państwowe. Zrozumiałe jest, że takie powiązanie miało niepożądane reperkusje polityczne.

Podstawowym założeniem projektu Network/440 była koncepcja "logicznej maszyny sieciowej". Wszystkie zestawy komputerów wchodzące w skład układu zostały potraktowane jako części jednego wielkiego systemu wielomaszynowego. Te zestawy komputerów obejmowały następujące typy komputerów IBM: 360/44, 360/67 /CP/, 360/91 /CS MVT/ i 360/50. Funkcje sprzętu były często modyfikowane podczas prac badawczo-rozwojowych i doświadczeń z układem, ale koncepcja "logicznej maszyny sieciowej" pozostała jako podstawowe założenie układu aż do likwidacji układu w 1971 roku.

Uzasadnienie i cele

Układ został utworzony i był eksploatowany jako przedsięwzięcie badawcze, przy czym z góry wiadomo było, że zostanie zlikwidowany z chwilą zakończenia badań. Toteż pominięto wiele aspektów operacyjnych układu wielokomputerowego, a decyzje projektowe podejmowano mając na uwadze cele badawcze. Ponieważ zaś cele badawcze układu Network/440 nie dotyczyły konfiguracji fizycznej, wybrano podejście scentralizowane z czterech głównych powodów:

- można było zastosować specjalizowany system w celu lepszej analizy wpływu specjalnego oprogramowania na istniejące systemy operacyjne,
- przy takim podejściu istnieje centralny punkt kontrolny, co ułatwia przeprowadzanie modyfikacji,
- do wszystkich wiadomości w układzie stosowana jest buforowa metoda "gromadzenia i przesyłania",
- podejście to daje centralny punkt pomiarowy dla rejestrowania wszystkich transakcji.

Jednym z głównych celów przedsięwzięcia było badanie optymalizacji sterowania zadaniami w układzie wielokomputerowym, tak aby osiągnąć jak najefektywniejsze wykorzystanie zasobów. Ponadto układ wielokomputerowy powinien spełniać kompletny wachlarz usług o następującej charakterystyce:

- "gładki i inteligentny" przepływ programów i danych,
- możliwości wspólnego użytkowania programów i danych,

- maksymalne współdziałanie różnorodnych zestawów komputerów,
- maksymalna przejrzystość działań układu,
- uniwersalność,
- wysoki rząd języka sterowania układem.

Układ ten zaprojektowano mając na uwadze użytkownika i jego problemy, aby móc rozwiązywać w sposób jak najsprawniejszy te spośród jego problemów, które wymagają użycia układu wielokomputerowego. Uzasadnienie dla tego układu opiera się na przesłankach czysto badawczych.

Typ układu

Centralny zestaw komputera układu Network/440 nosi nazwę "węzła sieciowego", a pozostałe komputery nazywane są "węzłami użytkowników". Wewnątrz węzła sieciowego istnieje podsystem transmisji danych i jednostka sterująca układem. Podsystem transmisji zapewnia szybką obsługę wszystkim wiadomościom, dla których ustanowiono połączenie w układzie. Jednostka sterująca jest funkcją wyższego rzędu i zapewnia wykonanie programów w języku komend sieciowych oraz wykonanie tych zadań, które wykorzystują możliwości oferowane przez "maszynę sieciową", a nie przez węzły użytkowników /lub jedno i drugie możliwości łącznie/.

Funkcje "maszyny sieciowej" /wydzielony obszar w komputerze 360/91 przy systemie operacyjnym OS/MVT/ obejmują:

- interpretację języka sterowania,
- zarządzanie przenoszeniem zadań i danych poprzez sieć układu,
- możliwości wykonania asynchronicznego,
- śledzenie stanu "węzłów użytkownika",
- zarządzanie kolejkami zadań oczekujących na wykonanie partio-
we w "węzłach użytkowników",
- zarządzanie funkcją "gromadzenia i przesyłania",
- kontrolę bezpieczeństwa,
- procedury rozliczeniowe.

Funkcja każdego "węzła użytkownika" i budowa jego interfa-
ce'u z "węzłem sieciowym" są określone specyficznymi komendami
oraz protokołem danego węzła sieciowego. Węzłowi sieciowemu na-
dano charakter uniwersalny, przy założeniu, że specjalizowane
funkcje dla użytkowników układu będą spełniać poszczególne

"węzły użytkowników". Każdy interface "węzła użytkownika" musi realizować minimalny zespół funkcji na rzecz "węzła sieciowego":

- . operowanie linią transmisji zgodnie z protokołem podsystemu transmisyjnego "węzła sieciowego",
- . wykonywanie podstawowych komend pochodzących od jednostki sterującej układem w celu wykonania określonych zadań,
- . wprowadzanie zadań do ciągu zadań miejscowego komputera oraz wysyłanie informacji rozliczeniowych i informacji o stanie do jednostki sterującej,
- . przesyłanie programów w języku sterowania układem do jednostki sterującej.

Podsystem transmisyjny "węzła sieciowego" to właściwie nic więcej jak tylko centralny buforowany przełącznik cyfrowy. Działa on stosując w trybie "konkursowym" synchroniczną transmisję przez wydzierżawione na wprost duplexowe łącza o szerokości pasma od 2400 do 40800 bodów. Każdy blok transmisji składa się z nagłówka i tekstu o zmiennej długości. Nagłówek każdego bloku musi posiadać następujące pola operacyjne:

- . kod operacji /podwójna kontrola kierunku przeznaczenia/,
- . numer bloku transmisji /aktualizowany na każdej "stacji"/,
- . identyfikator zadania wykonywanego za pośrednictwem układu /unikalny/,
- . znacznik kroku zadania,
- . identyfikator komputera nadającego,
- . priorytet wiadomości /tylko do celów transmisji/,
- . identyfikator komputera nadającego,
- . znacznik wiadomości logicznych /wskaźniki pierwszego i ostatniego bloku/,
- . numer kolejny wiadomości logicznej /w celach powrotu do punktu przerwania po błędzie/,
- . identyfikator wiadomości logicznej /do ponownego składania wiadomości/,
- . długość tekstu /liczba znaków, które mają nastąpić/.

Stosowanie numeru bloku transmisji umożliwia podsystemowi transmisji śledzenie wszystkich wiadomości w układzie wielokomputerowym, dzięki czemu może on podawać informacje o stanie układu z każdym żądanym stopniem szczegółowości. Ta koncepcja

okazała się też niezwykle pożyteczna przy realizacji procedur ponownego startu od punktu kontrolnego.

Pierwotny protokół interface'u linii transmisji opracowano wykorzystując istniejące systemy oprogramowania. Ze względu jednak na ujawnioną nieelastyczność tego podejścia napisano nowy program przy użyciu nowego protokołu linii i posługując się minimalną listą znaków do sterowania linią. Ten nowy protokół nosi nazwę NCAM /network communications access method - metoda dostępu do linii transmisji w układzie wielokomputerowym/ i wdrożony został do wykonywania na komputerach IBM 360 i IBM 370 w ramach systemów operacyjnych z pamięcią wirtualną w warunkach dwupleksowych lub na wparcie dwupleksowych.

Zastosowano 12-bitowy nagłówek łącznie z programowanymi zegarami i zdefiniowano dwa typy wiadomości:

- . wiadomość logiczna /"od końca do końca"/,
- . wiadomość o błędzie.

Wiadomość fizyczna jest to albo wiadomość logiczna, albo wiadomość o błędzie z nagłówkiem mającym następujące pola operacyjne:

- . kod operacji 1 /wskazuje warianty sterowania linią/,
- . numer bloku transmisji 1,
- . numer bloku transmisji 2,
- . kod operacji 2,
- . identyfikator zadania,
- . identyfikator wiadomości logicznej,
- . identyfikator miejsca nadania,
- . identyfikator miejsca przeznaczenia,
- . numer sekwencji logicznej,
- . znacznik nagłówka.

Z porównania tej listy pól operacyjnych z poprzednim formatem nagłówka widać, gdzie udało się wprowadzić udoskonalenia. Ponadto w tym nowym protokole interface'u wdrożono pełniejsze opracowywanie błędów. Zastosowano zegary logiczne dla ustalenia, kiedy transmisja wiadomości "trwa za długo", rejestruje się także inne sytuacje wynikające z błędów, po to by likwidować martwe punkty i rozwiązywać problemy konfliktowe i tym samym podnosić przepustowość układu.

Funkcje z góry określone

Protokół operowania układem Network/440 ma różne szczeble sterowania. Sterowanie konfiguracją sieci odbywa się przy użyciu procedur nawiązywania i potwierdzania połączeń, możliwe są cztery typy potwierdzenia wychodzące z "węzła użytkownika":

- . gotów do odbioru i nadawania,
- . może odbierać tylko specjalne wiadomości sterownicze /sterowanie urządzeniami/,
- . nie jest w stanie odbierać /komputer nieczynny/,
- . nie jest w stanie odbierać nowych żądań /nasyconie/kontrola odpowiedzi/.

Ponadto "węzeł sieciowy" ma selektywny mechanizm stopujący, który zapobiega przesyleniu i pogorszeniu działania na skutek tworzenia się kolejek wiadomości. Zwykle nie jest to potrzebne, ponieważ podsystem transmisji może buforować wiadomości w pamięci dyskowej. Nie ustalono jednak, jak długo zbiory danych powinny pozostawać w buforze przed ich usunięciem z układu. Ten szczebel protokołu zapewnia zatem znaczny stopień obsługi układu wielokomputerowego i sterowania nim oraz jego ochrony.

Komunikacja między podsystemem transmisji, jednostką sterującą układem i interfejsami "węzłów użytkowników" zapewnia wysoki stopień kontroli błędów i zdolności powrotu do punktu przerwania. Stanowi to niewątpliwie dodatkowe wysokie obciążenie czasu maszyny, ale dzięki temu transmisja danych w układzie wielokomputerowym zachowała niezawodność, mimo że przeciętnie wydarzają się w układzie trzy awarie komputerów dziennie.

Protokół jednostki sterującej w odniesieniu do transmisji danych dotyczy licznych problemów, m.in.:

- . umiejscowienia zbioru i wyznaczenia jego trasy,
- . przydziału przestrzeni buforowej dla transmisji,
- . manipulowania zbiorem w zależności od wybranego przez użytkownika trybu przetwarzania /dialogowe lub partiiowe/,
- . ładowania zbioru do ciągu zadań,
- . katalogowania zbioru,
- . czasowego przechowania do natychmiastowego użytkowania,
- . późniejszego wydawania wiadomości o stanie,
- . rozliczeń,

- postępowania z błędami, retransmisji, eliminacji,
- selektywnego kierowania ruchem w układzie.

Nie dokonano pełnego wdrożenia niektórych procedur, np. procedur rozliczeniowych i kontroli bezpieczeństwa, ponieważ nigdy nie przewidywano rzeczywistego "produkcyjnego" użytkownika tego układu wielokomputerowego. Ale możliwości te pozostawiono w protokołach dla późniejszego rzeczywistego lub teoretycznego wdrożenia procedur dla wszystkich możliwych z góry określonych funkcji.

Funkcje realizowane na rozkaz

Specjalny język sterowania układem wielokomputerowym, opracowany dla układu Network/440 można nazwać łatwo czytelnym językiem niskiego rzędu. Mimo wysokiego rzędu, ukierunkowanych na użytkownika, celów układu Network/440, nie przewidziano makro-rozkazów układowych ukierunkowanych na użytkownika. Użytkownik musi posługiwać się identyfikatorami niskiego rzędu związanymi z konfiguracją układu, co czyni w pewnym sensie niewykonalnym postulat przejrzystości układu. Rozkazy języka sterowania się-
cią mają następującą postać:

WYZNACZ TRASE -- OD -- DO ---.

WYJŚCIE -- Z -- W ---.

WYKONAJ -- OD -- W ---.

CZYTAJ --, ---.

PISZ --, ---.

JESLI /RÓWNE, NIERÓWNE, MNIEJSZE NIŻ, MNIEJSZE LUB RÓWNE,
WIĘKSZE NIŻ, WIĘKSZE LUB RÓWNE/ --, --, ---.

SKOCZ DO ---.

PRZYDZIEL --, ---.

KONIEC ---.

---: format wiadomości

---: długość wiadomości

Za pomocą tego języka można napisać program utworzenia konkretnego typu połączenia do przetwarzania albo na bieżąco, albo partiiowego. Zakłada się, że struktury manipulowania danymi i zbiorami danych są dostatecznie uogólnione, aby umożliwić nieograniczone szczeble programowania, dzięki czemu możliwe są

do zaprogramowania złożone struktury układu i transmisje między procesami. Największą trudność dla użytkownika stanowi niewątpliwie definiowanie i użytkowanie identyfikatorów dla funkcji, którymi się chce posłużyć.

Większość realizowanych na rozkaz funkcji układu nie została w tym układzie wielokomputerowym w poważniejszym stopniu wdrożona ani zbadana. Założony cel, polegający na całkowitej integracji wielu komputerów w jeden logiczny zestaw komputera, został wyraźnie osiągnięty. Ponadto opracowano pomyślnie język niskiego rzędu oraz uzyskano integrację dialogowego i partiowego trybu przetwarzania danych w układzie. O dalszych doświadczeniach dotyczących ekonomiki podziału obciążenia, integracji specjalizowanych "węzłów użytkowników", transmisji między procesami, automatycznego układania konfiguracji sieci itd., brak dotychczas informacji.

Problemy zarządzania

Projektanci układu byli świadomi problemów zarządzania, wynikających z polityki harmonogramowania zasobów, problemów równowagi między zapotrzebowaniem na usługi a gotowością do ich świadczenia oraz z innych tego rodzaju zagadnień, ale nie rozwiązywali tych problemów w ramach projektu Network/440.

O innych problemach zarządzania projektem układu wielokomputerowego do celów badawczych chyba w ogóle zapomniano, ponieważ dokonano poważnych technicznych prac rozwojowych, ale nie przeprowadzono najważniejszych badań i analiz. W toku prac rozwojowych wypłynęły liczne ważne zagadnienia, ale na niewielu lub na żadne z nich nie dano zadowalającej odpowiedzi przez cały czas trwania przedsięwzięcia Network/440. Do zagadnień tych należą:

- Jak i w jakiej mierze duplexowe działanie oraz komputery czołowe z obszernymi programami powrotu do punktu przerwania po błędzie mogą podnieść ogólną efektywną szybkość transmisji danych?
- Jak można mierzyć i oceniać "łatwość dostępu do danych"?
- Jakie z góry określone /czyli "automatyczne"/ funkcje powinny być realizowane na rzecz użytkownika układu wielokomputerowego?

- Jak należałoby zrealizować katalogowanie i wspólne użytkowanie danych w układzie?
- W jaki sposób należałoby włączać do układu instrukcje definiowania danych, żeby umożliwić konwersję danych przenoszonych między różnorodnymi maszynami?
- Jak należałoby uczynić dostępnymi zapisy zespołów danych?
- Jak należy mierzyć zużycie czasu maszyny na wewnętrzne operacje układu wielokomputerowego?
- W jaki sposób należałoby podejmować decyzje ekonomiczne przy dynamicznej konfiguracji układu i zasobów oraz do jakiego stopnia dynamiczne wyrównywanie obciążeń jest ekonomiczne?

Być może uważano, że zagadnienia te będzie można lepiej zbadać w innych projektach układów wielokomputerowych, a szczególnie w układzie mającym większą liczbę rzeczywistych użytkowników i ich problemów. A oto niektóre wnioski wyciągnięte z przedsięwzięcia Network/440:

- Zmiany w algorytmie wyznaczenia trasy polegające na tym, że włącza się do tego algorytmu w charakterze kryterium decyzyjnego nie tylko liczbę łączy, ale także przydaje się wagę długości kolejek wiadomości na wejściu i wyjściu, obciążeniu systemu i względom geograficznym, przyczyniają się do sprawniejszego dostarczania danych do węzłów docelowych.
- Pożądane jest testowanie łączy komunikacyjnych on-line.
- Dla poprawy czasu odpowiedzi i zwiększenia efektywnego wykorzystania linii można zastosować pakowanie danych.

OBECNY UKŁAD WIELOKOMPUTEROWY IBMu DO CELÓW BADAWCZYCH

Jedynym układem wielokomputerowym, jaki dziś istnieje i jest użytkowany w IBMowskim Ośrodku Badawczym im. Watsona, jest rozbudowany dawny układ wielokomputerowy TSS/360. Gdy opracowano dla układu TSS/360 "tablicową metodę dostępu do komputera" /table-driven computer access method - TDCAM/, zapewnia ona natychmiast elastyczność, pozwalającą dostosować protokół telekomunikacyjny TSS do innych systemów. Przy nawiązywaniu łączności trzeba zadeklarować specyficzny protokół i tryb transmisji. Przez tę informację zostają przygotowane do pracy tablice i zastosowany zostaje odpowiedni protokół, dzięki czemu mogą teraz odbywać się równoczesne transmisje między TSS a systemami operacyjnymi OS/MVT, STAM, LASP RJE, CP/CMS, PDP-8, PDP-9, UNIVAC 1108 i innymi systemami operacyjnymi.

Aby umożliwić użytkowanie wszystkich funkcji OS poprzez inne systemy operacyjne, trzeba było też opracować dla systemu operacyjnego OS/360 standardowy moduł interfejsu z układem wielokomputerowym. Ten interfejs OS z układem był ważnym nowym elementem, który umożliwił dynamiczne definiowanie danych /na poziomie zapisu!/ i dawał się łatwo łączyć z TSS-CAM, z "węzłem sieciowym" układu Network/440 i z innymi systemami operacyjnymi. Posłużył też za podstawę do opracowania nowych systemów operacyjnych z pamięcią wirtualną, przeznaczonych do zastosowania w układach wielokomputerowych.

Uzasadnienie i cele

Ten układ wielokomputerowy opracowano dla zastąpienia dotychczasowych licznych niezależnych ośrodków obliczeniowych użytkowanych przez personel badawczy IBMu. Głównym uzasadnieniem i podstawowym celem użytkowania układu było uzyskanie dostępu do dużego, ukierunkowanego na przetwarzanie partlowe, komputera 360/91 poprzez urządzenia końcowe działające w systemie operacyjnym TSS/360. Takie użytkowanie układu okazało się też najbardziej ekonomicznym połączeniem zasobów informatycznych, ponieważ wykorzystuje mocne strony obu wchodzących w grę syste-

mów: układu TSS do komunikacji dialogowej i komputera 360/91 do intensywnych prac obliczeniowych. Urządzenia końcowe układu TSS służą też do uzyskiwania dostępu do pamięci wirtualnej systemu operacyjnego CP/CMS i do kierowania funkcjami zbierania danych wykonywanymi w układzie wielokomputerowym przez komputery IBM 1800 i IBM 1130. Ponieważ tym małym komputerom braknie czasem mocy do analizy danych, potrzebny bywa komputer 360/91 do analizy danych i do sterowania przetwarzaniem poprzez układ wielokomputerowy. Istnienie połączeń układu wielokomputerowego eliminuje potrzebę ręcznego koordynowania łączności transmisji, które w przeciwnym razie byłoby niezbędne.

Terazniejszy układ wielokomputerowy IBMu do celów badawczych jest codziennie użytkowany przez setki badaczy, z których większość posługuje się nim obecnie jako narzędziem pracy ze względu na jego moce obliczeniowe i zasoby, a nie do celów eksperymentowania z samym układem. W ten sposób więc układ ten stał się przedsięwzięciem tylko częściowo eksperymentalnym, a głównie służy jako narzędzie ułatwiające badania. Czy układ taki mógłby być uzasadniony w środowisku niebadawczym, nie da się orzec na podstawie dotychczasowych doświadczeń, choć w warunkach Ośrodka Badawczego IBMu układ osiąga, jak się wydaje, swój cel zaspokajania potrzeb użytkowników.

Typ układu

Podstawą tego układu wielokomputerowego jest wciąż jeszcze pierwotny układ TSS, choć ruch transmisyjny odbywa się niemal wyłącznie między różnorodnymi zestawami komputerów, a nie między jednorodnymi komputerami z systemem operacyjnym TSS/360. Obok protokołu telekomunikacyjnego TSS-TDCAM istnieje teraz także protokół OS-BTAM /basic telecommunications access method - podstawowa metoda dostępu telekomunikacyjnego/, który ze względu na swoje szerokie zastosowanie stał się faktycznym standardem.

Jest to układ wielokomputerowy, w którym większość funkcji komunikacyjnych musi być wykonywana raczej przez komputery główne niż przez odrębne komputery czołowe. Obecnie stosowane są czołowe jednostki sterujące 2701 lub 2703, ale zakłada się, że przy dalszym rozwoju układu zastosowana zostanie nowa jed-

nostka sterująca transmisją /transmission controller/ IBM 3075, która będzie chronić komputery główne przed przesyleniem działaniami związanymi z operowaniem układem /jak to się zdarza obecnie/. Protokół każdego komputera głównego obejmuje wszystkie funkcje operowania układem, dzięki czemu układ jest równomiernie rozłożony i żaden pojedynczy komputer główny nie jest wyłącznie odpowiedzialny za jakąś żywotną funkcję układu.

Pierwotnie był to jedynie dialogowy układ wielokomputerowy z podziałem czasu, ale z czasem objął on także zdalne wprowadzanie zadań /remote job entry - RJE/, co oznacza, że zadanie przetwarzania partiiowego może być wprowadzone przez każdy komputer miejscowy, a następnie przetworzone albo na tym miejscowym komputerze, albo na odległym komputerze połączonym poprzez układ z ciągiem zadań komputera miejscowego. Zrealizowano to w taki sposób, że użytkownik nie musi wiedzieć, który konkretny sprzęt wykonuje jego zadanie. Stosowane są linie transmisji danych o różnych szerokościach pasma; na przykład linia o przepływności 4800 bodów prowadząca do komputera 370/195 w San Jose w Kalifornii oraz linie o 40,8 kilobodach między komputerami w ramach ośrodka.

Funkcje z góry określone

Ponieważ funkcje układu są realizowane w różnym zakresie w ramach różnych systemów operacyjnych objętych układem, trudno jest dokładnie opisać, jak różne funkcje są realizowane w układzie wielokomputerowym jako całości. Większość użytkowników układu ma dostęp do różnych komputerów głównych poprzez komputery z systemem operacyjnym TSS/360, toteż dalsze omówienie dotyczyć będzie głównie tego szczególnego rodzaju realizacji.

Poprzez układ użytkownik komputera z systemem TSS/360 ma dostęp do 4 miliardów bajtów pamięci wirtualnej /CP/67/, do komputera 360/91 i do kilku specjalizowanych zestawów komputerów. Aby umożliwić należycie przygotowanie danych, stoją do dyspozycji specjalne programy redagujące teksty oraz translator FORTRANu dla konwersji danych i dla zapewnienia wymienności między systemami operacyjnymi TSS i OS.

Wersja OS wdrożona na komputerze 360/91 posługuje się "miejscowym przyłączonym procesorem pomocniczym" /local attached support processor - LASP/ dla zarządzania swoim ciągiem zadań i wyjściowymi zespołami danych. Użytkownik TSS zostaje zdefiniowany wobec LASPu jako odległe inteligentne urządzenie końcowe, a program zarządzania układem TSS /TDCAM/ dostosowuje się do protokołu LASPu. Użytkownik komputera 360/91 z systemem operacyjnym OS, który chce przesłać dane do systemu TSS, dostarcza kartę w formacie LASP, wskazując konkretny zespół danych, który ma być napisany do pseudourządzenia, którego odpowiednik rezyduje w systemie TSS.

Wiadomości od TSS do innych systemów są naprzód ustawiane w kolejce w pamięci dyskowej. Specjalne nie kończące się podzadanie zarządza następnie tą kolejką i wszystkimi rozkazami dialogowymi odnoszącymi się do tej kolejki i do jej stanu. Transmisja przez sieć odbywa się w najwcześniejszym możliwym momencie, a może to być równie dobrze natychmiast, jak za tydzień. Jeśli dialogowy użytkownik nie chce czekać na swoje wyniki, może albo anulować swoje zadanie w kolejce, albo powrócić później i wejść do układu, żeby sprawdzić, czy jego zadanie zostało już zakończone. Podzadanie zarządzające kolejką jest czynne lub aktywowane co 30 sekund, aby zapytywać odległe zestawy komputerów, jeśli są zadania w kolejce lub jeśli nie nadeszły jeszcze wyniki jakiegoś zadania.

Wbudowano specjalne "zamki zabezpieczające", które mają zapobiegać dostępowi nieuprawnionych użytkowników systemu dialogowego do wyników zadań wykonywanych na odległych komputerach przez innych użytkowników. Wyniki te są otrzymywane w postaci zapisów o zmiennej długości /maksymalna długość 947 bajtów/ zbuforowanych w miejscowej pamięci dyskowej, a następnie wydawanych na konkretne urządzenie lub użytkowanych w charakterze danych wejściowych któregoś dialogowego programu użytkownika. Puste znaki końcowe są usuwane ze wszystkich danych przed ich transmisją i stosowane są metody pakowania w celu zwiększenia wydajności linii transmisji. Obok standardowych protokołów BTAM stosowane są też procedury kontroli błędów i powrotu do punktu przerwania po błędzie.

Do niezawodności tego układu wielokomputerowego przyczynia się brak wymagania transmisji na bieżąco. Ponieważ struktura tego układu nie akcentuje ani nie gwarantuje transmisji dialogowej, połączenie w układzie jest zależne jedynie od niezawodności miejscowego zestawu komputera. Miejscowy zestaw komputera przechowuje wiadomość, retransmituje ją zgodnie z żądaniem i odpowiednio manipuluje odpowiedzią, a zatem wszelka odpowiedzialność za niezawodność spoczywa na tymże miejscowym komputerze. Także inne problemy, takie jak bezpieczeństwo, ochrona wiadomości przed zniekształceniem, wspólne użytkowanie, rozliczenia itd., opracowywane są na zasadzie miejscowej przez miejscowe systemy operacyjne.

Pomiary systemu i badania wykorzystania układu również są dokonane na zasadzie miejscowej, tak że trudno jest z tego uzyskać ogólny obraz sprawności układu i potem dokonać jej optymalizacji. W warunkach systemu TSS dokonuje się następujących pomiarów:

- . częstotliwość komend sieciowych,
- . typy przekazywanych zespołów danych,
- . powroty do punktu przerwania po błędach linii,
- . zwłoka wynikająca z czekania w kolejkach.

Ze statystyki tej wynika, że około 20% użytkowników TSS zdalnie użytkuje odległe moce za pośrednictwem układu wielokomputerowego. W ciągu czwartego kwartału 1972 roku zebrały się następujące sumy łączne:

| Transmisja | Miliony przekazanych bajtów | Liczba żądań |
|-----------------|-----------------------------|--------------|
| od TSS do OS | 204 | 5023 |
| od OS do TSS | 112 | 1782 |
| od CP/CMS do OS | 135 | 5485 |
| od OS do CP/CMS | 33 | 1802 |

Przeciętny zespół danych liczy 45 000 bajtów, a potrzebny czas transmisji wynosi około 10 sekund. Narzut na skutek czekania w kolejkach i wynikający z innych funkcji systemowych czyni rzeczywisty czas usługi nieco dłuższym. Ten narzut widoczny jest

w tym, że 55% żądań zostaje obsłużonych w ciągu dwóch minut, co stanowi zwłokę uznawaną przez prawie wszystkich użytkowników za dopuszczalną.

Obecnie dane wychodzące z systemu przetwarzania partiowego /z systemu operacyjnego OS komputera 360/91/ mają priorytet przed danymi wchodzącymi do tego systemu /tzn. nad nowymi zadaniami/. Z danych statystycznych dotyczących godzinowego wykorzystania układu wynika, że ten prosty schemat priorytetu można by udoskonalic. Inny stwierdzony charakterystyczny wzorzec użytkowania układu wskazuje, że przeciętna wielkość zadania w układzie /a tym samym stopień wykorzystania układu/ wzrasta na skutek faktu, że użytkownicy 360/91 wolą przechowywać swoje zespoły danych w wygodniejszej hierarchicznej strukturze systemu TSS. Jest to zachęcające, ponieważ świadczy o rosnącym zaufaniu użytkowników i o ich poleganiu na układzie, ale równocześnie wskazuje, że raczej należałoby zrealizować taką strukturę zbiorów danych w ramach zestawu komputera 360/91, aby podnieść sprawność manipulowania danymi.

Średnio na tydzień przypadało 160 błędów wejścia lub wyjścia, głównie z powodu niedyspozycyjności komputera 360/91. Od czasu do czasu pojawia się też inny typ błędu, gdy system przetwarzania partiowego uznaje za konieczne przerwać transmisję danych do systemu dialogowego. Ten błąd tkwi w samym systemie operacyjnym OS i w jego strukturze priorytetów i jako taki niełatwo może być skorygowany przez oprogramowanie interface'owe układu wielokomputerowego.

System TSS/360 pracuje z tablicowym programem koordynującym /table-driven scheduler/ zdefiniowanym przez 26 parametrów. Trzy spośród tych parametrów: priorytet, czas czekania i maksymalną liczbę stron w pamięci, trzeba było dopasować i starannie dostroić, aby zapewnić zadowalające operowanie zadaniem układowym w systemie TSS. Zadaniu układowemu przydano stosunkowo wysoki priorytet wynoszący 14, stosunkowo długo czas czekania 8,5 sekundy oraz maksymalny pierwotny poziom 24 stron pamięci operacyjnej. Uznano za potrzebne zmienić limit czasu /time-out/ jednostki 2701 z trzech sekund do dziesięciu i okazało się, że pożądane jest utworzenie wtórnej tablicy harmonogramowej TSS z

maksymalną liczbą 32 stron w pamięci operacyjnej. Działania wynikające z istnienia układu są obecnie trzecim pod względem aktywności zadaniem komputera, co początkowo w dużym stopniu obniżało sprawność komputera dla użytkowników "nie-układowych", ale potem niedogodność tę sprowadzono do minimum, tak że w tej chwili nie ma ona znaczenia.

Funkcje realizowane na rozkaz

Ten układ wielokomputerowy okazał się dynamiczny i łatwy do rozszerzenia /niewiadomym kosztem/, dzięki temu, że dodanie jeszcze jednego komputera głównego pociąga za sobą niewiele lub wcale nie pociąga za sobą potrzeby zmian w istniejących komputerach głównych, a tylko dość rozległe zmiany w systemach operacyjnych nowych komputerów głównych. A zatem "wpisowe" do układu może być dość kosztowne.

Obecne protokoły układu są to tego stopnia ukierunkowane na kolejki zadań partiovych i na istniejące systemy oprogramowania, że trudno byłoby kiedykolwiek utworzyć w tym układzie połączenie przeznaczone do natychmiastowej transmisji na bieżąco.

Organizacja tego układu wielokomputerowego nie zajmuje się szczególnie wspólnym użytkowaniem zasobów innych niż zestawy komputerów. Nie ma zasobów, które byłyby dostępne wyłącznie poprzez układ wielokomputerowy, a zatem nie prowadzi się gospodarowania zasobami w ramach układu.

Jeden z badaczy poczynił doświadczenia z użytkowaniem tego układu jako prawdziwego systemu wielomaszynowego. Program TSS generuje zadanie w OS/360, które zostaje przesłane do komputera 360/91 za pomocą żądania układowego. Podczas wykonywania zadania OS/360, jego program w TSS kontynuuje rozwiązywanie zadań obliczeniowych. W ten sposób więc dwa fizycznie oddzielone i logicznie odrębne systemy liczące pracują równocześnie nad różnymi częściami tego samego problemu. Gdy program TSS jest gotów do wydania z programu partiovego 360/91, program dialogowy albo czeka aż przybędzie przetworzony partioowo zespół danych, albo natychmiast przeprowadza operacje na danych, jeśli są już one dostępne. Podobnie można by bez trudu zaprogramować potrój-

ne przetwarzanie wielomaszynowe na komputerach IBM 1130, 360/67 i 360/91.

Obecnie użytkownik może kontrolować stan swojego dialogowo wprowadzonego ządania aż do chwili, gdy zespół danych wchodzi do ciągu zadań systemu partiiowego. Niestety nie ma w systemie operacyjnym OS/360 możliwości podawania systemowi TSS/360 dalszych informacji o stanie. Ta niedogodność wynika z faktu, że LASP nie oferuje możliwości takiego zdalnego zapytania, choć możliwość taka istnieje w nowszych wersjach HASPu. Inną wadą LAsPu jest niezdolność do przeplatania, czyli multipleksowania, zespołów danych z wielu wiadomości podczas ich transmisji. Wskutek tego duże zespoły danych muszą być transmitowane jako integralna całość blokując w ten sposób chwilowo inne transmisje.

Problemy zarządzania

Obecne zarządzanie układem wielokomputerowym i podejmowanie decyzji w sprawach jego rozwoju i zmian jest, jak się wydaje, włączone do normalnej struktury zarządzania Ośrodka Badawczego IBMu. Układ ulega zmianie każdorazowo, gdy zatwierdzone zostają nowe programy badawcze mogące posługiwać się tymi zasobami obliczeniowymi, gdy kończą się istniejące programy badawcze, wskutek czego istniejące zasoby przestają być potrzebne, a także wtedy gdy nadarza się możliwość ekonomicznego udoskonalenia istniejących zasobów przez zastosowanie nowych metod lub nowej techniki. W wyniku wielokrotnych zmian otrzymano mieszankę "standardów", masę specjalnego oprogramowania i zmian funkcji "narzutowych", a równocześnie układ, który jest sprawny w specyficznych warunkach działania, do jakich jest przeznaczony.

Na szczęście układ ten nie musi tak bardzo troszczyć się o stronę ekonomiczną ani o dokładne obliczanie kosztów i obciążanie użytkowników za zużytkowane zasoby - co znacznie upraszcza problemy zarządzania.

Komunikaty do użytkowników układy i między jego użytkownikami o dokonywanych zmianach i usprawnieniach odbywają się głównie czterema drogami:

- za pośrednictwem biuletynu dwutygodniowego,
- za pośrednictwem corocznie publikowanego skorowidza rozporządzalnych programów,

- . za pośrednictwem systemu kwerendy w języku naturalnym o pomoc on-line i o informacji; w ramach TSS,
- . za pośrednictwem specjalnych konsultantów i biur pomocy w programowaniu.

Dziedziny specjalnych trudności i wnioski

Jedną z największych trudności tego układu wielokomputerowego było definiowanie zespołów danych i pożądane są standardowe konwencje opisu danych łatwe do stosowania, elastyczne oraz jednolite w całym układzie. Gdy pojawia się możliwość dynamicznego definiowania danych na szczeblu zapisu, tak jak to jest realizowane w interfejsie OS z układem wielokomputerowym /OS network interface/, opis zespołu danych staje się niezwykle skomplikowany.

Również optymalizacja funkcji komunikacyjnych wciąż pozostaje trudnym problemem ze względu na zmienność struktury taryf, zmienność sposobu użytkowania oraz zmienność konfiguracji układu. Te czynniki, łącznie z dodatkowym kosztem zmiany urządzeń komunikacyjnych, przewidywaniami przyszłego użytkowania oraz niezbędnymi względami niezawodności i bezpieczeństwa, utrudniają decyzje w sprawach optymalizacji.

Ponadto zdano sobie sprawę, że praktycznie niemożliwe jest uzgodnienie wspólnego dla wszystkich komputerów głównych standardowego protokołu transmisji w układzie. Wdrożenie każdego konkretnego protokołu będzie stosunkowo tanie dla niektórych komputerów głównych, a kosztowne dla innych i protokół taki musi leżeć gdzieś pośrodku skali, na której jednym końcem znajduje się łatwość użytkowania, a na drugim - niezawodność.

Dalszym nie rozwiązany problem jest utworzenie takiego układu wielokomputerowego, który będzie leżał we wspólnym interesie ekonomicznym wszystkich użytkowników. Wiąże się to z problemem motywacji użytkowania oraz eliminacji narzutów administracyjnych.

Zarządzanie układem wielokomputerowym powinno obejmować, zdaniem jednego z ankietowanych pracowników naukowych IBMu, pięć następujących dziedzin: kontrolę nad użytkowaniem mocy obliczeniowych, kontrolę nad rozwojem układu, ustanowienie jednej wła-

dzy w sprawach obciążania za użytkowanie i w sprawach rozliczeń, nadzorowanie wpływów spoza układu na jego użytkowanie, ocenę prawidłowości rozmieszczenia, specjalizacji i stopnia centralizacji zasobów i funkcji układu.

Wiecznym problemem jest chęć tworzenia procedur ogólnych rozwiązań dla szczegółowych problemów.

Ważnym wnioskiem z analizy obecnego układu wielokomputerowego IBMu do celów badawczych jest, że użytkownicy /przynajmniej jeśli idzie o badaczy/ wolą dla zaspokajania swoich potrzeb w zakresie przetwarzania danych posługiwać się dialogowym systemem podziału czasu z łatwym do użytkowania urządzeniem pamięci. Wynika z tego, że ważniejszy jest wygodny interfejs użytkownika niż istnienie większego i bardziej ekonomicznego zestawu komputera. Toteż przyszłość układów wielokomputerowych będzie zapewne leżeć w ich połączeniu ze specjalizowanymi, ukierunkowanymi na użytkownika, systemami wstępnego przetwarzania /np. systemami tłumaczenia języków, systemami przetwarzania obrazów, uogólnionymi systemami gospodarowania danymi oraz uogólnionymi dialogowymi systemami podziału czasu/, które z kolei będą się komunikować z kompleksem superkomputera w celu jak najwydajniejszego podziału zadań obliczeniowych. W tych warunkach użytkownik, teoretycznie biorąc, mógłby komunikować się również wprost z superkomputerem w celu bardziej ekonomicznego rozwiązania swojego problemu, ale kosztem pewnej niewygody i ewentualnej niesprawności. Układy wielokomputerowe muszą oprzeć swoją egzystencję na prawdopodobieństwie, że ten koszt niewygody i ewentualnej niesprawności będzie wysoki.

UKŁADY WIELOKOMPUTEROWE IBMu DO CELÓW ADMINISTRACYJNYCH

Firma IBM ma co najmniej siedem wewnętrznych sieci telekomunikacyjnych, z których cztery można chyba zakwalifikować jako układy wielokomputerowe.

Systemy HONE są zespołem czterech niezależnych ośrodków wyposażonych w komputery CP/67 i stosujących multipleksory, aby umożliwić większości działów informatycznych IBMu posługiwanie się systemem za pośrednictwem urządzeń końcowych 2741. Ponieważ komputery te nie są powiązane między sobą, systemy HONE nie są układami wielokomputerowymi w naszym rozumieniu tego terminu.

System AAS /advanced administrative system - zaawansowany system administracyjny/ opracowany został przez IBM w celu wprowadzania zamówień i wykonywania na bieżąco innych funkcji w ośrodku obliczeniowym firmy.

Jest to prawdziwy układ wielokomputerowy, który w ciągu ostatnich czterech lat przeszedł ciekawą ewolucję i rozbudowę.

System FSS /field support system - system wsparcia operacji w terenie/ jest to w gruncie rzeczy system wspomaganego komputerem nauczania dla IBMowskiego działu obsługi terenowej. W skład FSS wchodzi "RETAIN", czyli system gospodarowania bazą danych dla katalogowania informacji o naprawach maszyn, oraz "SECOM" - system gospodarowania bazą danych dla katalogowania zmian w oprogramowaniu i sposobów naprawy.

Ponieważ system ten składa się tylko z jednego komputera 360/75 z szesnastoma koncentratorami 2905, które obsługują łącznie urządzenia końcowe 2740, FSS nie kwalifikuje się jako układ wielokomputerowy w sensie naszej definicji.

ITPS jest wewnętrznym systemem zdalnego przetwarzania danych obejmującym całość firmy IBM. System ten służy do przesyłania wiadomości i do ogólnej transmisji danych pomiędzy wszystkimi biurami IBMu. Ponieważ posługuje się połączonymi między sobą dwoma komputerami 360/50 i jednym komputerem 360/30, prawdopodobnie kwalifikuje się jako układ wielokomputerowy.

Inny system, nazwany po prostu "siecią szerokopasmową", łączy główne biura przedsiębiorstwa za pośrednictwem szerokopasmowych linii telekomunikacyjnych przede wszystkim w celu ma-

sowej transmisji zbiorów danych zapisanych na taśmie magnetycznej. System ten prawdopodobnie nie jest układem wielokomputerowym.

Trzecia sieć telekomunikacyjna obejmująca całe przedsiębiorstwo, nazwana CCSA jest zbiorem linii telefonicznych o normalnej częstotliwości użytkowanych przez około 20% czasu do transmisji danych poprzez sprzęgacze akustyczne. Jest to "wspólnie sterowana przełączana" /common controlled switched - CCS/ sieć, która łączy ponad 500 biur oddziałowych i prawdopodobnie nie odpowiada naszej definicji układu wielokomputerowego.

Dział Produktów Specjalnych IBMu posiada układ wielokomputerowy, który koordynuje harmonogramowanie produkcji podzespołów i nosi nazwę CMIS /common manufacturing information system - wspólny system informacji produkcyjnej/.

Nowy projekt zaplanowany do realizacji na rok 1974 nosi nazwę CCDN i jest pomyślany jako przedsięwzięcie ogólnofirmowe, które w fazie końcowej połączy systemy AAS, FSS i ITPS w jeden wielki układ wielokomputerowy.

Z tego krótkiego i bynajmniej nie wyczerpującego przeglądu tak zwanych układów wielokomputerowych IBMu jasno wynika, że IBM jako przedsiębiorstwo jest niewątpliwie jednym z największych w świecie użytkowników telekomunikacji /a może i najsprawniejszym/.

Jedynym układem wielokomputerowym do celów administracyjnych rozreklamowanym przez IBM jest AAS /zaawansowany system administracyjny/. Projektowanie układu i prace rozwojowe nad nim rozpoczęły się w 1966 r. Chodziło wówczas o zastąpienie niewystarczającego już ręcznego systemu wprowadzania zamówień z przetwarzaniem partiowym. Podstawowe prace rozwojowe trwały pięć lat kosztem 24 milionów dolarów, który zamortyzował się już do sierpnia 1973 roku. Po tej dacie przewiduje się uzyskanie znacznych oszczędności w postaci zdolności do opracowywania stale rosnącego obciążenia roboczego przy niewielkim wzroście lub w ogóle bez wzrostu kosztów przetwarzania i kosztów osobowych. Chronologię prac rozwojowych i wdrażania układu AAS można przedstawić w przybliżeniu następująco:

1967 - Przy projekcie AAS zatrudnionych było 276 osób. Przeanalizowano wymagania systemu, zbudowano modele matematycz-

ne proponowanych struktur sieci łączności, proponowanych systemów przetwarzania wiadomości oraz proponowanych metod organizacji gospodarowania danymi. Przeprowadzono badania symulacyjne w celu optymalizacji różnych parametrów projektu.

1968 - Wdrożono prototyp AAS na dwóch komputerach IBM 360/65J z 200 urządzeniami końcowymi rozmieszczonymi w 26 miejscach. /Tego prototypu nie można zaliczyć do układów wielokomputerowych, ponieważ jeden z dwóch komputerów był użytkowany jedynie w charakterze rezerwy i urządzenia testowego./ Dostępna była "konturowa baza danych" z 2,4 miliona bajtów w systemie operacyjnym RTOS /real-time operating system - system operacyjny pracy na bieżąco/.

1969 - Opracowano metody wspomaganego komputerem nauczania on-line w celu przeszkolenia ponad 5 000 przyszłych użytkowników systemu w posługiwaniu się repertuarem 450 procedur transakcyjnych systemu. Na początku roku zastąpiono RTOS systemem operacyjnym OS/360 MVT. Wdrożono dodatkowe systemy użytkowe i dodano 9 komputerów IBM 360/30 w charakterze koncentratorów linii telekomunikacyjnych /2400 bodów przy odbiorze, 40,8 kilobodów przy nadawaniu/. Podwojono bazę danych on-line przez włączenie on-line dodatkowego komputera 360/65J dla wykonywania wszystkich zadań gospodarowania danymi.

1970 - Włączono on-line trzeci komputer IBM 360/65J, dzięki czemu można było zapewnić działanie 700 dialogowych urządzeń końcowych. A zatem dwa komputery były wyspecjalizowane w przetwarzaniu wiadomości, a trzeci, dodatkowy komputer, w gospodarowaniu danymi. Ten komputer gospodarujący danymi zastąpiono potem komputerem 370/85K i wówczas łączna liczba dialogowych urządzeń końcowych wzrosła do 1200. Rozwiązano formalnie zespół projektowy AAS.

1972 - Zainstalowano jeden zespół komputera IBM/85K z 2 milionami bajtów pamięci operacyjnej w celu skupienia wszystkich funkcji przetwarzania wiadomości i gospodarowania danymi w jednej maszynie, która ma dostęp do bazy danych o pojemności 6,7 miliona bajtów. Dziewięć komputerów 360/30 działających jako koncentratory linii zastąpiono czterema komputerami 360/50 i jednym 360/40, zmniejszając tym samym liczbę szybkich linii

transmisji /50 kilobodów/ z dziewięciu do pięciu. Do nowego systemu dało się przenieść 10 000 programów użytkowych bez potrzeby zmiany lub konwersji.

1973 - W tej chwili są w toku prace rozwojowe nad siedzibą drugiego centralnego komputera IBM 370/85K dla układu AAS. Obecna biblioteka zawierająca 450 zadań transakcyjnych zostanie podzielona na dwie grupy o mniej więcej równym obciążeniu, dzięki czemu można będzie w jesieni istniejącą teraz bazę danych rozbić na dwie oddzielne bazy danych z minimalnym stopniem dublowania i nakładania się. Każdy z pięciu komputerów-koncentratorów będzie połączony z obiema centralnymi siedzibami /w White Plains w stanie Nowy Jork i w Bethesda w stanie Maryland/ i będzie automatycznie łączyć każde urządzenie końcowe z odpowiednim zestawem komputera w zależności od transakcji, jaką użytkownik pragnie wykonać. To łączenie będzie całkowicie widoczne dla użytkownika, tak że można będzie łatwo przenosić zadania z jednego ośrodka do drugiego, aby wyrównywać obciążenie robocze obu ośrodków. Konfigurację tę opracowano, żeby móc obsługiwać stale rosnącą populację użytkowników /obecnie - 1600 urzędzeń końcowych/ przy zagwarantowanym pięciosekundowym czasie odpowiedzi, móc zwiększyć liczbę zastosowań AAS, utworzyć interfejsy między innymi układami i systemami /np. bazą danych AIS/ a układem AAS oraz żeby zapewnić zdalną rezerwę mocy w celu zagwarantowania niezawodności i bezpieczeństwa całego układu wielokomputerowego.

Układ AAS jest dostępny dla użytkowników przez dziesięć godzin na dobę w ciągu pięciu dni tygodnia. Funkcje konserwacyjne, wypisy ze zbiorów danych i pakowanie zbiorów danych wykonywane są partiovo w nocy.

Uzasadnienie i cele

W związku z pilną potrzebą sprawniejszego wprowadzania zamówień klientów zaprojektowano i zbudowano ten oparty na urządzeniach końcowych dialogowy system zdalnego przetwarzania wyznaczając mu następujące ogólne cele: dialogowe i bezpośrednie współdziałanie z personelem administracyjnym, powiązanie różnych biur i zakładów produkcyjnych rozmieszczonych w 320 punk-

tach geograficznych, łatwość i wygoda operacji oraz zdolność natychmiastowej /w granicach 5 sekund/ odpowiedzi na zlecenia i zapytania.

Uznano, że w takich dialogowych warunkach uzasadnione są następujące zastosowania: wprowadzanie zamówień, harmonogramowanie dostaw, rejonizacja, obliczanie prowizji, weryfikacja konfiguracji, prowadzenie rachunków należności gotówkowych, przechowywanie podstawowej kartoteki klientów, inwentaryzacja zainstalowanych maszyn, wystawianie rachunków, szkolenie użytkowników systemu /nauczanie wspomagane komputerem/.

Dzięki udostępnieniu dodatkowych mocy na skutek starannego zgrania całego systemu, można było dodać niektóre dalsze zastosowania /np. "listę płac" i "nabór słuchaczy na kursy dla użytkowników"/.

Uzasadnienie systemu AAS opiera się na możliwych do udowodnienia redukcjach sprzętu, zatrudnienia i innych elementów kosztu w porównaniu z poprzednimi systemami.

Na tej podstawie AAS przyniósł w ciągu pierwszych 13 miesięcy swojej pełnej eksploatacji /od 1 stycznia 1971 do 31 stycznia 1972/ oszczędności równe czystemu kosztowi jego opracowania.

Typ układu

AAS jest przykładem scentralizowanego specjalizowanego układu wielokomputerowego. Ze względu na specjalizowany i jednorodny charakter tego układu, nie musi się on troszczyć o problemy uogólnionych struktur zbiorów danych ani o problemy transmisji między procesami. Użytkownikami tego systemu nie są programiści potrzebujący mocy obliczeniowych, ale raczej pracownicy administracyjni komunikujący się z innymi pracownikami administracyjnymi i ze scentralizowaną bazą danych. Mimo to AAS można uznać za układ wielokomputerowy, bo użytkuje on większą liczbę komputerów i posiada wewnętrzną strukturę przełączania wiadomości na zasadzie "gromadzenia i przesyłania" oraz specjalny protokół koordynujący transmisję między procesami.

Funkcje z góry określone

Ze względu na wysokiego rzędu specjalizowane ukierunkowanie tego układu, praktycznie wszystkie jego funkcje są z góry określone i przejrzyste dla użytkownika. Protokoły transmisji odbywają się na kilku szczeblach, nie tylko między użytkownikiem a komputerem przetwarzającym wiadomości, ale także między komputerem przetwarzającym wiadomości a komputerem gospodarującym danymi.

W obecnie opracowywanej, funkcjonalnie rozdzielonej konfiguracji będą dwa oddzielne komputery przetwarzające wiadomości i zajdzie potrzeba dodatkowego protokołu transmisji między tymi komputerami.

Integralną częścią układu AAS są upoważnienia użytkowników do korzystania z układu. Określony użytkownik otrzymuje od swego kierownika upoważnienie do użytkowania niektórych programów transakcji i określonych podzbiorów bazy danych. Upoważnienia takie są wydawane w granicach rzeczywistej potrzeby. Informacja ta jest przechowywana przez system, który później identyfikuje użytkownika po jego numerze i przy użyciu specjalnego kodu zabezpieczającego.

Istnieje też dodatkowa kontrola pozwalająca stwierdzić, czy użytkownik ukończył pomyślnie niezbędne kursy instruktażowe, zanim pozwoli mu się na dokonywanie pewnych czynności w systemie. Gdy następują dwa naruszenia zasad bezpieczeństwa, urządzenie końcowe /IBM 2260/ danego użytkownika zostaje natychmiast zamknięte i otworzyć je może tylko osoba odpowiedzialna za zabezpieczenie układu. System generuje i wydaje co miesiąc nowe kody zabezpieczające. Dalszą cechą projektu układu AAS jest automatyczne odtwarzanie bazy danych. Ze wszystkich transakcji przechowuje się rejestr kontrolny /audit trail/, czyli taśmę dziennika zbioru danych, tak że zawsze możliwe są procedury odtworzenia, choć są one czasochłonne i kosztowne. Ze zbiorów danych sporządza się okresowo /okres zależy od częstotliwości użytkowania bazy danych/ odpisy, żeby uniknąć potrzeby przechowywania dużej liczby taśm dziennika i dużych archiwów. Ten plan odbudowy wdrożono w taki sposób, by zmniejszyć do minimum dzienny narzut operacyjny związany z pozostawieniem rejestrów kon-

trólnych, wskutek czego odtworzenie całej bazy danych może trwać do 24 godzin. Całkowite odtworzenie nigdy dotąd nie było potrzebne, ale problemem były czasem awarie głowic dyskowych, także w kilku przypadkach potrzebne było odtworzenie 3% bazy danych. W ciągu ostatniego roku system był w stanie operacyjnym przez ponad 97% czasu. Poprzednio było wiele komputerów, a każdy z nich miał swój komputer rezerwowy. Teraz przy konfiguracji 370/85 nie ma procesorów rezerwowych dla komputerów pełniących funkcje koncentratorów. Rezerwowy komputer 370/85 może w przypadku awarii komputera głównego być włączony do sieci w ciągu 10 minut. Ten komputer rezerwowy, gdy nie jest użytkowany on-line, używany jest przez projektantów systemów do celów testowania.

Układ AAS zbiera w sposób ciągły różne dane statystyczne i dokonuje ciągłych pomiarów. Dane te były niezwykle pomocne przy badaniach symulacyjnych i ekstrapolacjach dokonywanych dla ustalenia przyszłych potrzeb w zakresie: czasu urządzenia końcowego na jedną transakcję i na jednego użytkownika, częstotliwości użytkowania programu transakcji, wolumenu transakcji, czasów transmisji, czasu na jedno żądanie z zakresu gospodarowania danymi, częstotliwości użytkowania zbiorów danych, wielkości kolejek.

Szczegółowego rozliczania użytkowników nie prowadzi się, ponieważ układ AAS wdrożony został wyłącznie w ramach działu informatycznego IBMu i jego eksploatacja jest finansowana z budżetu tego działu.

Funkcje realizowane na rozkaz

Użytkownik układu AAS rozporządza tylko ograniczoną liczbą rozkazów i żądań. Po uzyskaniu właściwego upoważnienia i dostępu do układu ma do wyboru szereg obszarów zastosowań.

W ramach każdego obszaru zastosowania użytkownik może mieć dostęp do wielu procedur transakcyjnych, a w ramach każdej procedury transakcyjnej może mieć dostęp do określonego zbioru zapisów dotyczących klientów, z możliwością odpowiedniego dodawania, modyfikowania i wymazywania informacji. Gdy użytkownik jest równocześnie kierownikiem, ma też możliwość wyszczególniania

obszarów zastosowań, które mają być dostępne poprzez układ wielokomputerowy pracownikom jego wydziału. Widać więc, że w takim specjalizowanym układzie wielokomputerowym funkcje realizowane na rozkaz są bardzo nieliczne.

Problemy zarządzania

Ponieważ ten układ wielokomputerowy nie obejmuje większej liczby organizacji ani nawet większej liczby działów tej samej organizacji i nie obejmuje też systemów obciążania kosztami z tytułu użytkowania układu, problemy zarządzania są sprowadzone do minimum. Mało jest prawdopodobne, by użytkownicy uskarżali się na usługi, które dostają "darmo", ale istnieje też dodatkowy problem, że skoro użytkownicy nie płacą za korzystanie z układu, nie są zainteresowani w jego wydajnym użytkowaniu. Toteż prawdopodobnie zdarzają się przypadki nadmiernego użytkowania układu AAS ze względu na brak systemu obciążania użytkowników kosztami, ale okazji do nadmiernego lub niewłaściwego użytkowania jest niewiele, a to z powodu ściśle specjalizowanego charakteru układu. Decyzje w sprawach rozwoju i zmian układu podejmowane są na podstawie potrzeb ustalonych w wyniku okresowych zebrań użytkowników oraz na podstawie badań symulacyjnych opartych na pomierzonych wzorcach użytkowania. Dodatkowe urządzenie końcowe zostaje przyłączone do układu za każdym razem, gdy poziom działalności gospodarczej danego biura oddziałowego uzasadnia dodatkowy wydatek na koszty transmisji związane z takim urządzeniem końcowym.

UKŁAD WIELOKOMPUTEROWY ARPANET

Skrót "ARPA" oznacza Advanced Research Projects Agency /Agencja Zaawansowanych Projektów Badawczych/, będącą organem Departamentu Obrony USA sprawującym od roku 1958 kierownictwo i zapewniającym finansowanie zaawansowanych przedsięwzięć badawczych w dziedzinie techniki. Konceptcje leżące u podłoża układu wielokomputerowego ARPA zostały publicznie omówione na Jesiennej Ogólnej Konferencji Informatycznej w 1966 roku, a w 1969 roku projekt układu był już w dużej mierze gotów i powstał układ wielokomputerowy złożony z czterech wzajemnie powiązanych węzłów. Jako początkowe węzły sieci ARPA wybrała ponad dwadzieścia miejsc na terenie całych Stanów Zjednoczonych, przy czym w większości były to badawcze ośrodki obliczeniowe pracujące nad tematami finansowanymi przez rząd. Układ ARPANET łączy obecnie dwadzieścia pięć ośrodków obliczeniowych na terenie Stanów Zjednoczonych i istnieją plany przyłączenia do niego w bieżącym roku Uniwersytetu Hawajskiego i Uniwersytetu Londyńskiego za kombinowanym pośrednictwem satelity komunikacyjnego i linii lądowej.

Uzasadnienie i cele

Pierwotnym argumentem na rzecz układu wielokomputerowego ARPA była potrzeba wspólnego użytkowania zasobów, włącznie ze zdalnym użytkowaniem dialogowego przetwarzania danych graficznych, przy którym wymagane są niezwykle szybkie czasy odpowiedzi i potrzebna jest transmisja dużych ilości informacji. Później uznano za pożądane i realne również inne cele.

- Wartość takiego układu wielokomputerowego dla użytkownika powinna wzrastać proporcjonalnie do liczby użytkowników, ponieważ każdy z nich wnosi do układu potencjalnie użyteczne zasoby.
- Koszt układu wielokomputerowego powinien być umiarkowany, np. łączne koszty transmisji danych nie powinny przekraczać 25% kosztów obliczania w systemach połączonych za pośrednictwem układu.

- Częstotliwość błędów musi być mniejsza niż jeden na 10^{12} przetransmitowanych bitów.
- Średni czas transmisji między komputerami głównymi powinien być krótszy niż 1/2 sekundy.
- Sprzęt układu wielokomputerowego powinien być elastyczny, niezawodny i łatwy do konserwacji.
- Powinna istnieć możliwość pomiaru i analizy wszystkich aspektów operacji układu.

Pierwsze zastosowania układu skupiły się na usługach zdalnego przetwarzania zadań, ale stale miano na uwadze usługi dialogowe. Obecnie wdraża się dialogowy graficzny język układu w oczekiwaniu, że zdalne użytkowanie usług graficznych spowoduje długie dialogi i transmisję dużych ilości danych od komputera głównego do odległego użytkownika.

Układ ma ponadto na celu badania metod gospodarowania danymi, problemów przenoszenia zbiorów danych i problemów dużych modeli symulacyjnych.

ARPA nie zamierza bez końca sama eksploatować i finansować układ. Istnieją różne możliwości: na przykład jakaś handlowa organizacja mogłaby poprowadzić układ jako przedsiębiorstwo usługowe dla rządu albo publiczne przedsiębiorstwo telekomunikacyjne /które może legalnie sprzedawać usługi układu/ mogłoby w charakterze przedsiębiorstwa użyteczności publicznej dostarczać mocy obliczeniowych komercyjnym abonenckim przedsiębiorstwom informatycznym.

Uzasadnieniem utworzenia ARPANETu były pierwotnie - i wciąż jeszcze są - badania nad układami wielokomputerowymi. Różne programy badawcze realizowane w węzłach ARPANETu uczyniły z niego układ "sprzedawców" - każdy chce dzielić z innymi wyniki swojego własnego programu badawczego, ale inne węzły niezbyt chętnie są do kupowania tych usług, bo ich w rzeczywistości nie potrzebują! Wraz z przewidzianym dodaniem komputera ILLIAC IV, ARPANET nabędzie swój pierwszy wielki węzeł "sprzedający" i tym samym uczyni pierwszy krok w kierunku uzasadnienia ARPANETu z punktu widzenia użytkownika gospodarczego.

Obecnie ruch w układzie wynosi ogółem 400 tysięcy pakietów /wiadomości 1000-bitowych/ dziennie, z czego około połowy sta-

nowią dane rzeczywistych zadań, reszta to dane testowe. Zadania dotyczą głównie modelowania układów meteorologicznych, cyfrowej redukcji zdjęć fotograficznych oraz użytkowania odległych komputerów jako pomocy przy konwersji systemów. Przewidziane są także zadania o charakterze produkcyjnym, ale z różnych przyczyn ekonomicznych i politycznych są one jeszcze niewykonalne w układzie ARPANET.

Typ układu

Początkowo brano pod uwagę dla ARPANETu trzy rodzaje systemów łączności: całkowicie powiązane między sobą dzierżawione linie "od punktu do punktu", przełączanie /wybieranie tarczowe/ linii oraz przełączanie wiadomości /metoda "gromadzenia i przesyłania"/. Uznano, że w obecnej sytuacji przełączanie wiadomości zapewni najwyższą elastyczność, największą efektywną szerokość pasma i najniższy koszt.

Zdecydowano się więc na całkowicie zdecentralizowany system przełączania wiadomości z ośrodkiem "gromadzenia i przesyłania" w każdym węźle układu, a nie na scentralizowaną konfigurację gwiazdzystą, a to ze względu na większą niezawodność i mniejszą podatność na nasycenie. Przy takim zdecentralizowanym podejściu każdy węzeł układu posiada kilka linii transmisji do innych węzłów i wiadomości są odpowiednio kierowane od węzła do węzła, dopóki nie dotrą do swego miejsca przeznaczenia. Każda linia transmisji multipleksuje wiadomości dla dużej liczby par połączeń logicznych, aby jak najbardziej zmniejszyć łączne koszty transmisji i średnie opóźnienie wiadomości.

Ośrodek przełączania na zasadzie "gromadzenia i przesyłania" w każdym węźle nosi nazwę IMP /interface message processor - interface'owy procesor wiadomości/, TIP /terminal IMP - IMP urządzeń końcowych/ lub SIMP /satellite IMP - satelitarny IMP/, w zależności od charakterystyki węzła i zastosowanych urządzeń transmisyjnych. Każdy z tych "przełączników" jest mini-komputerem uniwersalnym /obecnie są to minikomputery Honeywell 516 lub Honeywell 316 z pamięcią operacyjną o pojemności 12 K słów/ ze skonstruowanymi na specjalne zamówienie interface'ami wejścia i wyjścia. W tej chwili jest w trakcie projektowania

ośrodek HSIMP /high-speed IMP - szybki IMP/ oparty na minikomputerze Lockheed SUE. Będzie on miał przelotność 5 megabodów, dzięki czemu będzie zapewniony należyty dostęp poprzez układ do superkomputerów takich jak ILLIAC IV. Jest to przelotność dziesięciokrotnie większa niż w normalnym IMP. Każdy standardowy IMP /jeśli w ogóle można tu mówić o standardzie/ może stwarzać interface z czterema zestawami komputerów głównych, z których każdy może być innej wielkości, innej marki, innego typu i innej generacji. TIP jest to rozszerzony IMP, który może pracować z komputerami głównymi przy $2/3$ szerokości pasma normalnego IMP oraz dodatkowo może stwarzać bezpośredni interface układu ARPANET z maksymalnie 63 miejscowymi lub oddalonymi urządzeniami końcowymi /lub innymi urządzeniami peryferyjnymi/. W tej chwili są w toku prace rozwojowe nad dwoma SIMP, które będą się posługiwać satelitą INTERSATT dla transmisji danych między sobą w celu dostępu do innych węzłów układu.

Zaprojektowanie i wdrożenie układu ARPANET oznaczało uznanie koncepcji "przełączania pakietów" jako drugiego podstawowego trybu łączności między komputerami. Przedtem znane było tylko przełączanie obwodów /lub przełączanie wiadomości/. Przy przełączaniu obwodów wszystkie konflikty i przydziały zasobów muszą być rozwiązane zanim można ustanowić obwód. Przy przełączaniu pakietów nie ma specjalnego przyporządkowania zasobów, a rozwiązywanie konfliktów odbywa się w toku samej procedury transmisji. Porównanie ekonomiczne między techniką transmisji przez przełączanie obwodów i przez przełączanie pakietów wypada obecnie na korzyść transmisji pakietowej wszędzie tam, gdzie w grę wchodzi stosunkowo krótkie wiadomości i potrzebna jest ich szybka transmisja.

Różnego typu węzły IMP są powiązane wieloma liniami transmisji o szerokości pasma 50 kilobodów, wydzierżawionymi od zarządu telefonów. Zastosowano też różne łącza doświadczalne o wyższych szerokościach pasma /do 230,4 kilobodów/, tak że szerokość pasma 50 kilobodów nie stanowi górnej granicy możliwości. Do połączenia IMP z różnymi komputerami głównymi potrzebny jest specjalnie na zamówienie wykonany hardware'owy interface, którego budowa zależy od długości słowa komputera głównego, od-

ległości między komputerem głównym a IMP oraz od innych czynników. W tej chwili stosuje się organizację interface'u opartą na ciągu bitów, ponieważ jej wdrożenie jest tańsze od innych wariantów. Taki interface może wygodnie pracować z różnymi długościami słowa, a duże szybkości transmisji, właściwe innym wariantom interface'ów, nie są obecnie potrzebne.

Funkcje łącznościowe układu są obecnie zupełnie niezależne od różnych zestawów komputerów głównych, można więc przyłączyć do ARPANETu szeroki wachlarz różnorodnych komputerów głównych. "Wpisowe" do układu /koszt jednego IMP/ jest rzędu 100 000 dolarów i pozwala miejscowemu komputerowi głównemu uzyskać poprzez układ dostęp do różnych innych komputerów, w tym do PDP-10, PDP-11, IBM 1800, IBM 360/91, IBM 360/67, Borroughs, Honeywell, Univac, XDC itd., a także do specjalizowanych komputerów takich jak np. Lincoln Laboratory TX-2.

Funkcje z góry określone

ARPANET zaprojektowano i rozwinięto w postaci trzech podstawowych protokołów interface'u: protokół IMP-IMP, protokół IMP - komputer główny, protokół komputer główny - komputer główny.

Pierwsze dwa protokoły można uznać za wyszczególnienie z góry określonych funkcji układu, natomiast protokół "komputer główny - komputer główny" jest w zasadzie wyszczególnieniem funkcji realizowanej na rozkaz i pozostającej pod kontrolą użytkownika układu. Podział protokołów i towarzyszący mu podział sprzętu fizycznego służy do odizolowania sieci łączności od problemów ośrodków komputerów głównych i odwrotnie, co upraszcza eksploatację i konserwację układu.

Protokół IMP-IMP

Protokół IMP-IMP jest najniższego rzędu protokołem software'owym mającym styk bezpośrednio ze sprzętem łącznościowym i jest odpowiedzialny za niezawodność działania tzw. podukładu komunikacyjnego. Działanie tego integralnego podukładu będącego sercem ARPANETu jest całkowicie niezależne od zestawów kompute-

rów głównych, a z kolei w ramach podukładu poszczególne IMP są zupełnie niezależne jeden od drugiego.

Protokół IMP-IMP obejmuje wybór trasy oraz dostarczanie, notyfikowanie i odbiór pakietów wiadomości.

Funkcje te wdrożono w sposób gwarantujący wysoki stopień niezawodności i pozwalający na działanie bez operatora przy minimalnych przestojach na konserwację. Pakiety wiadomości zawierają około 1000 bitów, w czym mieszczą się: specjalny nagłówek, znaki formatu komunikatu i cyfry kontroli parzystości, które umożliwiają wykrywanie wszelkich układów czterech lub mniej błędów, lub pojedynczych ciągów błędów o długości mniejszej niż 24 bity. Nie wykryty pozostaje tylko jeden błąd na 2^{24} , tak że średni upływ czasu między nie wykrytymi błędami w podukładzie powinien być rzędu lat.

Gdy pakiet przebiega przez podukład, każdy uczestniczący w tym IMP przechowuje pakiet do chwili otrzymania potwierdzenia od następnego IMP. Takie potwierdzenie wskazuje, że wiadomość została odebrana bez błędu i przyjęta do dalszej transmisji. Gdy nie nadchodzi należyte potwierdzenie w ciągu 100 milisekund, wiadomość zostaje automatycznie retransmitowana /w miarę możliwości inną trasą/. Numer wiadomości i numer pakietu w nagłówku wiadomości służą do wysortowania duplikatów pakietów na wypadek, gdyby nadane potwierdzenie zaginęło w drodze.

Algorytm wyznaczania trasy kieruje każdy pakiet do jego miejsca przeznaczenia drogą, dla której łączny przewidywany czas przejścia jest najkrótszy. Wybór właściwej linii wyjściowej jest dokonywany dynamicznie w każdym IMP wzdłuż trasy przy użyciu szybkiej i prostej procedury przeglądu tablicy. Dla każdego możliwego miejsca przeznaczenia określona pozycja w tablicy podaje zakłócenie na linii lub w IMP, istnienie zatoru i bieżącą informację o dostępności podukładu.

Tablica trasowa każdego IMP jest aktualizowana co pół sekundy przy użyciu specjalnych komunikatów "oceniających", które każdy IMP wysyła okresowo i automatycznie do swoich wszystkich bezpośrednich sąsiadów. "Oceny" spodziewanych opóźnień transmisji na każdej trasie wyjściowej do każdego możliwego miejsca przeznaczenia są zestawiane i porównywane w celu aktualizacji

tablic trasowych informacją o trasach z najkrótszymi spodziewanymi opóźnieniami transmisji. Całą tę procedurę wdrożono w taki sposób, że żaden IMP nie musi znać aktualnej topologii układu. Można zmienić konfigurację wydzierżawionych obwodów nadając im nową topologię bez potrzeby jakichkolwiek zmian w oprogramowaniu IMP.

Aby móc dokonać oceny opóźnień transmisji przy nieistnieniu rzeczywistego ruchu danych, zaprojektowano specjalne pakiety "hallo" i "słyszę". Tak więc w normalnych warunkach każdy IMP oczekuje wywołania ze strony swoich sąsiadów przynajmniej co pół sekundy. Gdy nie ma odbioru ani potwierdzeń w ciągu 2,5 sekundy, linia zostaje uznana za "martwą". Trzeba dopiero potwierdzenia 30 kolejnych pakietów "hallo" zanim linia może zostać ponownie uznana za czynną.

Gdy istnieją martwe linie, zachodzi możliwość rozłączenia całej sieci. Gdy zachodzi taka sytuacja, wiadomości przeznaczone dla kierunków, które nie są połączone, muszą być wyeliminowane. Dokonuje się tego przez zastosowanie w każdym pakiecie licznika węzłów, przy czym stan licznika jest powiększany o jeden przez każdy IMP, przez który przechodzi pakiet. Gdy stan licznika przekracza liczbę węzłów w układzie, przyjmuje się, że wiadomość znalazła się w pętli z powodu martwej linii i tym samym wiadomość taka zostaje wyeliminowana. Są też specjalne procedury postępowania z pakietami zaadresowanymi do nieczynnego komputera głównego /co jest czymś innym niż martwy IMP/; procedury te usuwają pakiet z układu albo przy IMP źródłowym albo przy IMP przeznaczenia.

Oprogramowanie IMP potrafi też rozpoznawać trzy inne rodzaje awarii, a odbywa się to w następujący sposób:

- Za każdym razem gdy nie wszystkie pakiety wielopakietowej wiadomości zostały odebrane w ciągu 15 minut, wiadomość zostaje anulowana, a źródłowy IMP zostaje odpowiednio powiadomiony przez IMP przeznaczenia.
- Wiadomość zostaje anulowana a źródłowy IMP powiadomiony również za każdym razem, gdy komputer główny odmawia przez 15 minut przyjęcia wiadomości od swego IMP.

• Ilekroć łącze pozostaje zablokowane przez ponad 20 minut zostaje ono otwarte w sposób wymuszony i zostaje przestany komunikat do źródłowego IMP i jego komputera głównego.

Każdy IMP ma chroniony blok pamięci złożony z 512 słów zawierający specjalne programy powrotu do punktu przerwania. Awaria zasilania prądem powoduje specjalne przerwanie, które zachowuje stan procesora i pozwala na automatyczny ponowny start, gdy tylko nastąpi wznowienie zasilania. Pakiety w trakcie przetwarzania zostają celowo wyeliminowane, ponieważ nie ma sposobu zagwarantowania, że transmitowany pakiet rzeczywiście opuści maszynę przed awarią zasilania. Inny specjalny program powrotu do punktu przerwania zostaje zainicjowany przez "zegar nadzorczy", który jest co najmniej raz na minutę ustawiany na zero pod warunkiem, że programy sterowania IMP działają prawidłowo. Gdy zegar nie jest ustawiony we właściwym czasie na zero, zakłada się zaistnienie awarii programu i do któregokolwiek sąsiedniego IMP zostaje wysłana specjalna wiadomość z żądaniem ponownego załadowania programu sterującego. Ta procedura trwa dopóty, dopóki nie nastąpi pomyślne ponowne załadowanie lub do upływu kilku minut, w którym to momencie przerwane zostaje wszelkie zasilanie danego IMP prądem.

Dla ułatwienia testowania sprzętu wyposażono sprzęt IMP w specjalną funkcję "poprawiania na krzyż" /crosspatching/, która pozwala procesorowi IMP komunikować się z samym sobą. Ponadto utworzono ośrodek kontroli układu /na terenie firmy Bolt, Beranek i Newman/ w celu nadzorowania stanu układu wielokomputerowego i zajmowania się doniesieniami o zakłóceniach. Ośrodek koordynuje też i harmonogramuje wszelkie modyfikacje podukładu komunikacyjnego.

Program operacyjny IMP jest w stanie regularnie prowadzić statystykę swojej własnej wydajności /co może być zdalnie kontrolowane poprzez układ/. Możliwe jest dokonywanie trzech podstawowych rodzajów pomiaru:

• "zdjęcia migawkowe" stanu długości kolejki i informacji o wyznaczaniu trasy; funkcja ta może być zsynchronizowana na przesłaniu całego układu wielokomputerowego,

- . dziesięciosekundowe podsumowania liczby przetworzonych wiadomości z podziałem na typy, liczbę retransmisji, ruch do i z miejscowego komputera głównego itd.,
- . rejestr rzeczywistych czasów nadejścia pakietów.

Czwartym typem pomiarów dokonywanych przez IMP jest tworzenie specjalnego zapisu śledzącego dla każdej napotkanej wiadomości z ustawionym "bitem wskaźnikowym". Funkcja ta służy do analizy działania algorytmów wyznaczania trasy oraz skutków zmienności obciążenia układu wielokomputerowego.

Węzeł ARPANETu na Uniwersytecie Kalifornijskim w Los Angeles /UCLA/ działa obecnie jako ośrodek pomiarowy układu, a zatem większość danych statystycznych jest kierowana do komputera głównego na tym uniwersytecie.

IMP zaprojektowano w sposób zapewniający mu elastyczność dzięki modułowej organizacji, która umożliwia m.in.:

- . dołączanie dodatkowej pamięci operacyjnej,
- . zamianę i modyfikowanie interfejsów hardware'owych, w celu przystosowywania ich do różnych szybkości transmisji i różnych protokołów interfejsu,
- . łatwą wymianę i łatwe dodawanie podprogramów,
- . tworzenie specjalnych podprogramów komputera głównego /np. specjalnych programów konwertujących/ wewnątrz programu IMP.

W ramach każdego IMP istnieje 12 programów, z czego siedem pierwszych dotyczy bezpośrednio przepływu pakietów przez układ:

- . TASK /przetwarzanie pakietów i ponowne składanie pakietów w wiadomości/,
- . od IMP do modemu } /postępowanie z przerwaniem i przydziałem buforu/,
- . od modemu do IMP }
- . od IMP do komputera głównego } /postępowanie z przerwaniem, przydziałem buforu, generowanie nagłówek, potwierdzenia, żądania/.
- . od komputera głównego do IMP }
- . TIME-OUT /postępowanie z błędami i powrót do punktu przerwania/,
- . LINK /przyporządkowuje i sprawdza numery wiadomości/,
- . INITIALIZATION /przygotowuje do użytku struktury danych itd./,

- DEBUG /uruchamianie/,
- TTY /program zarządzający dalekopisem miejscowego IMP/,
- STATISTICS
- BACKGROUND /anulowanie, śledzenie, zmiana parametrów itd./.

Stwierdzono, że w celu skutecznego opracowania wyżej wymienionych programów operacyjnych trzeba opracować także oprogramowanie do testowania sprzętu, do zdalnego uruchamiania systemów, do symulowania komputera głównego i do sprawnego tłumaczenia programów.

Wstępna analiza wydajności i obciążeń wskazuje, że to oprogramowanie IMP przyczynia się do zmniejszenia praktycznej szybkości transmisji o 250-350 kilobodów. Przy racjonalnym obciążeniu układu oznacza to współczynnik "narzutu" w wysokości około 35%.

Protokół "IMP - komputer główny"

Podczas gdy protokół "IMP-IMP" istnieje po to by zapewnić niezawodną komunikację między poszczególnymi IMP, następnym szczeblem - czyli protokołem "IMP - komputer główny" - ma na celu wykrywanie i korygowanie błędów, kontrolę przepływu dla zapobiegania zatorom wiadomości itd. między IMP a jego komputerem głównym /lub komputerami głównymi/. Faktycznie nie ma wyraźnej linii podziału między tymi dwoma protokołami, ale w protokole "IMP - komputer główny" istnieje dość wyraźny podział funkcjonalny, który służy do wyodrębnienia fizycznego podukładu komunikacyjnego od logicznego układu komputerów. Ponieważ komputery główne nie są w stanie zmieniać logicznej charakterystyki podukładu komunikacyjnego /zaprojektowanego specjalnie w ten sposób ze względów bezpieczeństwa i niezawodności/, protokół "IMP - komputer główny" określa się jako pierwszego szczebla protokołu logicznego układu wielokomputerowego.

Programy wyznaczania trasy, korygowania błędów i kontroli przepływu w ramach każdego IMP stanowią zwykle część protokołu "komputer główny - IMP", ponieważ te standardowe programy są wywoływane w określonych warunkach w wyniku żądań komputera głównego. Do bardziej oczywistych funkcji protokołu należą:

specjalna konwersja danych i generowanie znaków sterujących wymaganych dla utworzenia interfejsu między IMP a jego komputerem głównym, przekształcanie wiadomości od komputera głównego w pakiety wiadomości /"kilopakiety"/ i odwrotnie oraz wszelkie zadania związane z ustanawianiem logicznych "łączy" komunikacyjnych /wirtualnych dróg komunikacji/.

Standardowy program "komputer główny - IMP" w ramach IMP odbiera i opracowuje wszystkie transmisje od komputerów głównych. Wiadomość od komputera głównego nie może być dłuższa niż 8096 bitów i zostaje następnie rozbita i rozszczepiona na maksymalnie osiem "kilopakietów" /pakietów tysiącbitowych/, z których każdy posiada specjalny nagłówek i bity sterujące. W tym momencie utworzone zostaje w razie potrzeby łącze logiczne z komputerem głównym, dla którego przeznaczona jest wiadomość i pakiety zostają umieszczone w kolejce zadań w oczekiwaniu na transmisję.

Standardowy program "IMP - komputer główny" w ramach IMP nie tylko zajmuje się kolejną ponownie złożoną wiadomością przeznaczoną dla jego komputera głównego, ale również wydaje potwierdzenie /komunikat RFNW - request for next message - żądanie następnej wiadomości/ dla nadającego komputera głównego na każdą dostarczoną wiadomość nie mającą charakteru sterującego.

Dalsze specyfikacje fizycznej i logicznej transmisji wiadomości między komputerem głównym a jego miejscowym IMP zawarte są w "Sprawozdaniu Bolta, Beranka i Newmana nr 1822". Sprawozdanie to opisuje konkretne wymagania interfejsu hardware'owego oraz szczegółowe procedury interfejsu software'owego, z jakimi może się spotykać każdy IMP. Ograniczenia nałożone na komputery główne obejmują określenie formatów nagłówka i formatów wiadomości, wymagania odnośnie uzupełniania bloków danych pustymi znakami, ustanawianie i wymazywanie łączy oraz specjalne typy wiadomości /tj. wiadomości do komunikowania się z IMP i do sterowania nim, a nie do komunikowania się z odległym komputerem i do sterowania nim/.

Protokół "komputer główny - komputer główny"

Protokół "IMP - komputer główny" daje komputerowi głównemu reguły operacyjne, które pozwalają mu wysyłać wiadomości do wyspecyfikowanych komputerów głównych wchodzących w skład AHPANETu i uzyskiwać informacje o stanie tych wiadomości. Natomiast protokół "komputer główny - komputer główny" stanowi faktycznie otwarty szereg protokołów zbudowany na gruncie protokołu "IMP - komputer główny". Dzięki niemu komputery główne mogą tworzyć i utrzymywać znaczącą łączność między procesami /zadaniami użytkowników/ przebiegającymi na odległych komputerach. Podukład komunikacyjny IMP oparty jest na metodzie przełączania pakietów, natomiast protokół "komputer główny - komputer główny" oparty jest na metodzie przełączania linii, dzięki czemu każdy użytkownik komputera głównego ma złudzenie, że posiada osobistą, specjalną linię do każdego odległego zasobu informatycznego. Protokół "komputer główny - komputer główny" ma szereg szczególności:

- protokół połączenia wstępnego /initial connection protocol - ICP/,
- protokół sieci telekomunikacyjnej /telecommunication network protocol - TELNET/,
- protokół przenoszenia danych,
- protokół przenoszenia zbiorów danych,
- protokół transmisji graficznej,
- protokół zdalnego przetwarzania zadań /remote job service - RJS/,
- protokół rekonfiguracji danych,
- dodatkowe specjalizowane protokoły.

Szczegóły tych protokołów będą omawiane w ustępie "Funkcje realizowane na rozkaz".

Realizację dalszych funkcji dotyczących niezawodności, funkcji rezerwowych, procedur ponownego przygotowania do pracy, środków zabezpieczenia, procedur wspólnego użytkowania oraz algorytmów rozliczeń pozostawiono poszczególnym autonomicznym komputerom głównym. "IMP urządzeń końcowych" /TIP/, który posiada wbudowany minikomputer główny, spełnia tylko minimalną liczbę dodatkowych funkcji. Opracowano też koncepcję standardo-

wego "wirtualnego sieciowego urządzenia końcowego", które ma wchodzić w styk z protokołami "IMP - komputer główny" i "komputer główny - komputer główny", ale nie dodano żadnych nowych z góry określonych funkcji oprócz niezbędnych bloków konwersji kodu potrzebnych przy posługiwaniu się różnymi typami urządzeń końcowych.

Funkcje realizowane na rozkaz

Wszystkie realizowane na rozkaz i kontrolowane przez użytkownika funkcje ARPANETu są oparte na "pierwotnych komendach" układu, wdrożonych w charakterze najniższego szczebla protokołu "komputer główny - komputer główny", w którego skład wchodzi ICP /protokół połączenia wstępnego/. Te "komendy pierwotne" stwarzają standardową /i - miejmy nadzieję - wygodną/ metodę uzyskiwania przez kilka zadań równocześnie dostępu do specyficznych procesów /takich jak np. program wejścia użytkownika/ w innych komputerach głównych.

Protokoły "IMP-IMP" i "IMP - komputer główny" zapewniły dostęp jednego komputera głównego do drugiego, natomiast zadaniem protokołów "komputer główny - komputer główny" jest zapewnienie bogatej struktury adresowania, aby zdalni użytkownicy mogli mieć skuteczny i sprawny dostęp do wewnętrznych możliwości funkcjonalnych różnych komputerów głównych.

Podstawowe rozkazy sterujące to:

- NOP - bez operacji
Rozkaz ten winien być wyeliminowany i zignorowany przez odbiorcę, ale może być przydatny do formatyzowania wiadomości sterujących.
- RST - skasuj
Rozkaz ten instruuje komputer odbierający, by wymazał wszelką informację dotyczącą poprzednich połączeń.
- RRP - odpowiedź na rozkaz RST
Jest to obowiązkowa odpowiedź na rozkaz RST.
- RTS - żądanie połączenia od odbiorcy do potencjalnego nadawcy
Wymagane są następujące parametry: numer gniazdka nadawcy, numer gniazdka odbiorcy i numer łącza.

- . STR - żądanie połączenia od nadawcy do potencjalnego odbiorcy
Wymagane są następujące parametry: numer gniazdka nadawcy, numer gniazdka odbiorcy, wielkość bajtu połączenia.
- . CLS - zamknij; zakończ to połączenie
Wymagane parametry: gniazdko miejscowe i gniazdko odległe.
- . ALL - przydziel więcej miejsca w nadającym komputerze głównym
Wymagane są następujące parametry: numer łącza, wielkość miejsca dla wiadomości, wielkość miejsca w bitach.
- . GVB - "oddał", czyli zwolnij przydzielone miejsce w nadającym komputerze głównym. Wymagane są następujące parametry: numer łącza, ułamek miejsca wiadomości, ułamek miejsca w bitach.
- . RET - zwróć przydzielone miejsce odbiorczemu komputerowi głównemu w odpowiedzi na rozkaz "GVB".
Wymagane parametry: numer łącza, wielkość miejsca wiadomości, wielkość miejsca w bitach.
- . INR - przerwanie od odbiorcy do nadawcy
Wymagany parametr: numer łącza.
- . INS - przerwanie od nadawcy do odbiorcy
Wymagany parametr: numer łącza.
- . ECO - żądanie echowania w celach testowych
Wymagany parametr: pole danych, które ma być sprawdzone echem.
- . ERP - odpowiedź echowa na żądanie "ECO"
Wymagany parametr: pole danych pobrane z rozkazu "ECO".
- . EKR - wykryty błąd
Parametry: kod błędu i pole.

Kody błędu wybrano jak następuje:

- 0 - nieokreślony
- 1 - niedozwolony kod rozkazu
- 2 - za mało parametrów
- 3 - niedozwolony parametr /niedozwolone parametry/
- 4 - żądanie inne niż "STR" lub "RTS" zostało skierowane do nieistniejącego gniazdka /łącza/
- 5 - żądanie inne niż "STR" lub "RTS" zostało wydane przez łącze, które nie jest całkowicie połączone lub otrzymano wiadomość przez niepołączone łącze.

Każde połączenie jest określone parą "gniazdek" logicznych, które sprzęgają dwa procesy w jednym kierunku poprzez "łącze". Program sterujący układem wielokomputerowym /Network Control Program - NCP/ rezyduje w każdym komputerze głównym i zadaniem jego jest interpretowanie wyżej wyszczególnionych rozkazów sterujących oraz odpowiednie sterowanie przepływem danych. Rozkazy sterujące są używane wyłącznie do komunikacji między NCP różnych komputerów głównych i dlatego między każdą parą komputerów głównych wyznaczono jedno specjalne łącze jako łącze sterowania.

Każda wiadomość przesyłana łączem /wiadomość sterująca lub inna/ musi mieć następujący format:

- . nagłówek /72 bity/
 - 32 bity - część adresowa /informacja adresująca podukładu IMP/
 - 8 bitów - pole zerowe
 - 8 bitów - długość bajtu połączenia
 - 16 bitów - liczba bajtów tekstu
 - 8 bitów - pole zerowe,
- . tekst wiadomości /liczba bajtów tekstu x długość bajtu połączenia/,
- . pole uzupełnienia pustymi znakami /zero/.

ICP /protokół połączenia wstępnego/ jest realizowany za pomocą rozkazów "STR" i "RTS". Ilekroć odpowiadająca sobie para tych rozkazów pojawia się bez błędu i w przedziale określonego czasu /zależnego od komputera głównego/, uważa się połączenie za ustanowione. Jest oczywiste, że każdy komputer główny musi realizować ICP tak, aby nie mogły wynikać konflikty i dwuznaczności w użytkowaniu gniazdek i aby istniał należyty mechanizm sterowania przepływem zapobiegający "przepełnieniu".

Dla realizacji sterowania przepływem każdy komputer posiada dwa liczniki dla każdego połączenia. Rozkaz ALL /przydziel/ używany jest przez każdy komputer odbierający do powiadamiania połączonych z nim komputerów nadających, ile wiadomości /licznik wiadomości/ i ile tekstu /licznik bitów/ odbiorca jest gotów przyjąć i jest w stanie przetworzyć. Gdy komputer odbierający zostaje przeciążony, może wysłać rozkaz "GVB", by zmniejszyć przydzielone miejsca na wiadomości.

Funkcje przerwania, zapytania testowe, możliwości ponownego przygotowania do pracy i przekazywania informacji o stanie są realizowane za pomocą pozostałych rozkazów. Łącze numer 0 jest zawsze zarezerwowane jako łącze sterowania, natomiast łącze nr 199 jest obecnie zarezerwowane dla pomiaru pracy układu przez Ośrodek Pomiarów Układu Wielokomputerowego na Uniwersytecie Kalifornijskim w Los Angeles. Ogółem każdy komputer główny posiada teraz 70 łączy dla normalnych połączeń użytkowych.

Przeciętny użytkownik nie chce posługiwać się bezpośrednio rozkazami sterującymi układem, ale woli dla wstępnego nawiązywania połączenia i dla późniejszej transmisji posługiwać się wyższego rzędu listą rozkazów "komputer główny - komputer główny". Jeden z proponowanych ICP wyższego rzędu przedstawia się następująco:

- . INIT /gniazdko miejscowe, gniazdko obce, wielkość bajtu/,
- . LISTEN /gniazdko miejscowe, wielkość bajtu/,
- . Późniejsze rozkazy dotyczące transmisji danych mogą być następujące:
 - . SEND /nadaj/ /gniazdko miejscowe, dane/,
 - . RECEIVE /odbierz/ /gniazdko miejscowe, dane/.
- I na zakończenie transmisji:
 - . CLOSE /zamknij/ /gniazdko miejscowe/.

Ta wysokiego rzędu lista rozkazów może być odpowiednio wdrożona w miejsce rozkazów sterujących NCP, co dla użytkownika układu upraszcza podstawowe procedury komunikacyjne. Dla zastosowań, przy których pożądanym jest, by użytkownik mógł ustanawiać łączność bez znajomości numerów gniazdek i/lub wielkości bajtów, można na gruncie tych pięciu rozkazów zbudować protokół jeszcze wyższego rzędu.

"Protokół sieci telekomunikacyjnej" /TELNET/ został stworzony dodatkowo do ICP dla umożliwienia pełniejszego współdziałania procesów. Procedury TELNETu zapewniają odwzorowanie dowolnego urządzenia końcowego z drukarką klawiaturową w "wirtualnym urządzeniu końcowym układu wielokomputerowego" - /network virtual terminal - NVT/, które reprezentuje standardowy zbiór znaków i specyficzne procedury echowania, nawiązywania połączeń i postępowania z przerwaniem.

Wybrany zbiorem znaków jest 7-bitowy kod ASCII w polach bajtów ośmiobitowych. Bit wysokiego rzędu służy do oznaczania funkcji TELNETu takich jak "BREAK" /długi dostęp/ i "SYNCH". Wdrożenie odrębnego łącza sterowania pomiędzy komunikującymi się ze sobą komputerami głównymi pozwala miejscowemu komputerowi głównemu interpretować klucz BREAK jako specjalny rozkaz sterujący przesyłany do odległego komputera przez łącze sterowania, a nie przez normalne połączenie transmisji danych. Odległy komputer główny w protokole TELNET interpretuje BREAK jako rozkaz przeszukania buforów wejściowych i anulowania ich treści dopóki nie natrafi na znak przerywania. W ten sposób zostaje przerwane i zakończone normalne przetwarzanie. Następnie użyty zostaje znak sterujący "SYNCH", który poleca komputerowi głównemu TELNETu, by powrócił do normalnego trybu przetwarzania danych wejściowych.

Standardy TELNETu wymagają, by każdy komputer główny był w stanie albo echać dane wejściowe z urządzenia końcowego, albo ich nie echać, w zależności od wymagań różnych typów urządzeń końcowych. Spowodowało to potrzebę specjalnych modyfikacji w niektórych zestawach komputerów głównych.

Drugi "funkcjonalny" protokół "komputer główny - komputer główny" utworzono dla celów przenoszenia zbiorów danych. Obecny dorywczy mechanizm manipulowania zbiorami danych wynika z dodania dwóch rozkazów do protokołu TELNETu:

- "SCRIPT", za którego pomocą wszelki tekst wydrukowany na konsoli użytkownika zostaje skierowany do miejscowego zbioru danych,
- "SENDFILE", za którego pomocą zbiór danych zostaje przesyłany na konsolę użytkownika do ponownego wprowadzenia.

W tej chwili przedmiotem prac rozwojowych jest obowiązkowy "protokół przenoszenia zbiorów danych" /file transfer protocol - FTP/, który umożliwi wymianę ustrukturuowanych sekwencyjnych zbiorów danych między znacznie różniącymi się systemami zbiorów danych przy minimalnym lub żadnym świadomym udziale użytkownika, który to udział jest obecnie niezbędny. Realizowane mają być następujące operacje zbiorami danych:

- zdalne listowanie spisu adresów.

- wysłanie miejscowego zbioru danych,
- wyszukiwanie odległego zbioru danych,
- przemianowanie odległego zbioru danych,
- wymazanie odległego zbioru danych.

Te rozkazy mogłyby też być stosowane jako "komendy pierwotne" dla takich czynności układu wielokomputerowego jak np. automatyczne aktywowanie rezerw i dynamiczna migracja zbiorów danych.

Także protokół zdalnego wprowadzania zadań ARPANETu jest jeszcze w trakcie opracowania.

Użytkownik może połączyć swoje urządzenie końcowe z programem zdalnego wprowadzania zadań w komputerze głównym, któremu zamierza powierzyć swoje zadanie. Po ustaleniu źródła /lub źródeł/ wejścia i zainicjowaniu wszelkich potrzebnych przeniesień zbiorów danych, może on zamknąć swoje połączenie. Później użytkownik na nowo łączy się z tym samym programem przetwarzania zdalnie wprowadzanych zadań i zapytuje o stan swego zadania lub w inny sposób otrzymuje zawiadomienie, że jego dane wejściowe zostały przetworzone oraz podejmuje kroki w celu pożądanej transmisji otrzymanych danych wyjściowych. Dalsze prace badawcze na pewno przyczynią się do utworzenia bardziej automatycznych protokołów na bazie obecnych procedur realizowanych na rozkaz.

Jednym z najtrudniejszych problemów użytkowania układu złożonego z różnych komputerów i systemów operacyjnych jest operowanie niewymiennymi potokami danych. Aby móc użytkować różne komputery i różne reprezentacje danych, trzeba stworzyć schemat pośrednictwa dla każdej pojawiającej się niewymierności oraz standardową reprezentację.

Jest wiele solidnych argumentów /ogólność, spójność itd./ na rzecz standardowej reprezentacji urządzeń końcowych, zbiorów danych, struktur spisów adresów, znaków, danych graficznych itd., chociaż dużą część niewymierności można by wyeliminować, a współpracę między komputerami znacznie przyspieszyć przez proste wyrażenie niewielu przekształceń przeznaczonych do dokonywania na strumieniach danych. Wyrazem takiego podejścia "przekształceniowego" jest proponowana "funkcja rekonfiguracji danych" /data reconfiguration service - DRS/, która rozwiązuje problemy

doraźne, natomiast problemy długoterminowe wymagają zastosowania norm obowiązujących w całym układzie wielokomputerowym. Głównym niebezpieczeństwem związanym z użyciem takich norm jest oczywiście fakt, że norma która jest dziś optymalna może nie być optymalna w przyszłości. Mimo to takie podejście oparte na normach uchodzi za potrzebne przynajmniej w celach planowania, koordynacji i integrowania prac rozwojowych nad układem wielokomputerowym. Tak więc dalszy rozwój ARPANETu pójdzie niewątpliwie w kierunku bardziej szczegółowych i wyrafinowanych protokołów "komputer główny - komputer główny".

Problemy zarządzania

ARPANET jest obecnie "zarządzany" w drodze umów ARPA z poszczególnymi ośrodkami, do których należą komputery główne układu. Każda taka umowa dotyczy innego zlecenia naukowo-badawczego i jego finansowania. Zlecenia odnoszą się do różnych dziedzin takich jak np. architektura zestawów komputerowych, projektowanie systemów informacyjnych, operowanie informacjami, wspomagane komputerem rozwiązywanie problemów, systemy inteligentne oraz układy wielokomputerowe. Jedna umowa, zawarta z ośrodkiem firmy Bolt, Beranek i Newman, dotyczy technicznego zarządzania ARPANETem. Inna umowa, zawarta z Network Analysis Corporation, dotyczy ciągłych badań nad rekonfiguracją i optymalizacją topologii ARPANETu. Wiele spośród tych zawartych przez ARPA umów dobiega już końca, natomiast nowych kontraktów udziela się w takich dziedzinach badań jak socjologia, dynamika klimatu i sejsmologia, z czego wynika, że przyszłe użytkowanie ARPANETu pójdzie raczej w kierunku złożonych obliczeń oraz rozprowadzania i wspólnego użytkowania zgromadzonych danych, niż w kierunku badań i prac rozwojowych nad samymi układami wielokomputerowymi.

Jako pierwszy krok na drodze ku utworzeniu dróg komunikacji między użytkownikami układu, powołano do życia Ośrodek Informacji o Układzie Wielokomputerowym /Network Information Center - NIC/ w Instytucie Badawczym Stanford. NIC będzie służył jako składnica informacji o wszystkich systemach przyłączonych do ARPANETu i będzie utrzymywać i aktualizować tę informację oraz rozprowadzać ją do wszystkich użytkowników. NIC zapewnia

też miejsce w zbiorach danych i komputer główny dla dostępu /poprzez układ/ do dynamicznej informacji o systemach, zmianach systemów, nowych rozporządzalnych zasobach itd. oraz dla aktualizowania tej informacji.

Typowa dokumentacja dotycząca każdego zestawu komputera głównego w układzie ARPANET zawiera następujące informacje:

- . numer IMP i numer komputera głównego,
- . personel łącznikowy układu i numery jego telefonów,
- . typ i ukierunkowanie komputera,
- . cechy i urządzenia peryferyjne komputera,
- . charakterystyka konsoli użytkownika i zbiór znaków,
- . tryby działania,
- . protokoły przerwania,
- . użytkowanie zasobów poprzez układ wielokomputerowy /wydajność, wielkość buforów, długoterminowe przechowywanie danych/,
- . projekty specjalne w toku prac rozwojowych,
- . program wejścia użytkownika w protokole ICP, nazwy specjalne, hasła,
- . komunikowanie się z operatorem, harmonogramowanie,
- . opis oprogramowania.

Zarządzanie ARPANETem jest wielce uproszczone wskutek jego minimalnego posługiwania się rozliczeniami oraz dzięki istnieniu ARPA jako jedynej władzy nad układem. Na ogół biorąc, istnienie każdego węzła układu jest uzasadnione albo ze względu na potrzebę mocy obliczeniowych, albo ze względu na potrzeby badawcze. Komputer główny, aby pozostać nim, musi więc użytkować odległe zasoby i/lub oferować atrakcyjne usługi zdalnym użytkownikom.

Ten prosty bodziec działa tylko dlatego, że ARPA nadal wydatkuje na utrzymanie układu około pół miliona dolarów rocznie, a użytkownicy nie ponoszą żadnych bezpośrednich kosztów.

Na dalszą metę istnieje zamiar obciążania użytkowników kosztami w oparciu o taryfy stawek poszczególnych komputerów głównych plus wynajem IMP, plus rozmiar generowanego ruchu w sieci. Później użytkownicy będą mogli wybierać pożądane usługi, kierując się przy tym niezawodnością, czystością danych i łatwością użytkowania /niezależnie od komputera głównego/ i opierając się na jednolitej taryfie opłat.

Przy obecnie stosowanych liniach o szerokości pasma 50 kilobodów marginalne koszty transmisji wynoszą około 0,11 dolara za milion przetransmitowanych bitów - niezależnie od miejsca przeznaczenia. Przy pełnej wydajności i przy użyciu transmisji o szerszym paśmie uda się zapewne osiągnąć koszt marginalny około 0,06 dolara za megabit. Obecnie, przy obciążeniu około 36%, średni koszt transmisji wynosi 0,30 dolara za megabit, do czego dochodzi koszt dzierżawy procesora IMP w wysokości 1 700 dolarów miesięcznie.

W związku z rozwojem ARPANETu co najmniej dwa przedsiębiorstwa próbują obecnie wyspecjalizować się w dziedzinie układów wielokomputerowych. Firma Bolt, Beranek i Newman utworzyła ostatnio filię, która ma zająć się marketingiem i działalnością operacyjną w dziedzinie układów wielokomputerowych, bez obciążenia pracami badawczo-rozwojowymi, bo te wzięła na siebie ARPA. W dziedzinie tej przewiduje się obecnie trzy typy działalności rynkowej:

- sprzedaż "pod klucz" układów wielokomputerowych z przełączaniem pakietów,
- sprzedaż komercyjnych usług układów wielokomputerowych,
- sprzedaż sprzętu informatycznego i oprogramowania dla układów wielokomputerowych.

Inne przedsiębiorstwo, Packet Communications Inc. /PCI/, podjęło już kroki w kierunku budowy ogólnokrajowego układu wielokomputerowego, który ma świadczyć usługi na zasadach komercyjnych. Firma uzyskała już wstępne zezwolenie od Federalnej Komisji Łączności. Główny problem to potrzeba dużych wstępnych nakładów inwestycyjnych zanim można będzie osiągnąć wysoki stopień użytkowania linii na duże odległości, co dopiero uczyni taki układ rentownym. Ocenia się, że potrzebne będą wstępne nakłady inwestycyjne rzędu 15 milionów dolarów oraz personel złożony z co najmniej 100 osób, by opracować a później komercyjnie eksploatować układ wielokomputerowy typu ARPA.

UZUPEŁNIENIE

Wyciąg z korespondencji między Thomasem J. Pyke Jr. /szefem Sekcji Zestawów Komputerowych w Instytucie Nauki i Techniki Informatycznej Krajowego Biura Normalizacyjnego USA/ a drem D. Donaldem Aufenkampem /szefem Sekcji Zastosowań Badawczych Komputerów w Biurze d/s Działalności Obliczeniowej Amerykańskiej Krajowej Fundacji Naukowej/ z dnia 8 sierpnia 1973 roku:

"Sprawozdanie stwierdza, że pierwsze zastosowania układu wielokomputerowego sprowadzały się głównie do zdalnego przetwarzania zadań. Choć niektóre wczesne zastosowania układów, np. użytkowanie przez RAND komputera IBM 360/91 na Uniwersytecie Kalifornijskim w Los Angeles, miały rzeczywiście charakter zdalnego wprowadzania zadań, niemal całe wczesne i obecne użytkowanie ma charakter dialogowy. Protokół TELNET dla realizacji użytkowania dialogowego opracowano i wdrożono we wszystkich ośrodkach już na długo przedtem niż w ogóle uzgodniono protokół zdalnego wprowadzania zadań. Zdalne wprowadzanie zadań jest nawet teraz słabym punktem, szczególnie dlatego, że "węzły użytkowników" wyposażone w ośrodki TIP nie pozwalają na przyłączenie do nich urządzeń końcowych dla zdalnego wprowadzania zadań.

W całej tej części opracowania poświęcono szczególną uwagę wydajności układu pod względem transmisji danych oraz możliwości wspólnego użytkowania zasobów. Nie jest wykluczone, że publiczne przedsiębiorstwo komunikacyjne utworzy sieć transmisji danych, ale samo nie dostarczy niezbędnych mocy obliczeniowych dla wspólnego użytkowania poprzez sieć. W obecnym układzie wielokomputerowym nie całe jego użytkowanie odbywa się pomiędzy ośrodkami naukowo-badawczymi. Do układu przyłączonych jest około 10 "węzłów użytkownika", w tym węzły z TIP i NBS. Użytkownicy wielu spośród tych węzłów posługują się tym doświadczalnym układem wielokomputerowym dla uzyskiwania rzeczywistych usług obliczeniowych. Np. Uniwersytet Illinois szeroko wykorzystuje komputer Borroughs i inne komputery układu, by zapewnić Ośrodkowi Zaawansowanych Obliczeń na Uniwersytecie Illinois znaczne moce obliczeniowe.

Jeśli idzie o twierdzenie, że "mniej więcej połowę ruchu w układzie stanowią dane testowe", nie podano źródła tej informacji i nie jest mi znane żadne formalne stwierdzenie w tym sensie. Larry Roberts powiedział mi, że około połowa ruchu wynika z realizacji dialogowego dostępu do PDP-10 i innych podobnych komputerów. Przy takim dialogowym użytkowaniu większość ruchu składa się z pakietów jednoznakowych /8 bitów na znak/, co prowadzi do niezwykle niewydajnego użytkowania sieci, gdy się weźmie pod uwagę stosunek liczby bitów rzeczywistej informacji do ogólnej liczby przetransmitowanych bitów. Należy zauważyć, że potrzebnych jest co najmniej 100 bitów do transmisji jednego pakietu. Przy jednoznakowym trybie transmisji, najczęściej stosowanym w komputerach PDP-10, każdy znak jest echowany przez odległy komputer, co stwarza jeszcze dodatkowy "narzut".

Trzeba zwrócić uwagę, że w układzie istnieje standardowy IMP, przynajmniej jeśli idzie o specyfikacje funkcjonalne. Program systemowy IMPSYS jest wspólny dla wszystkich IMP i zajmuje się w każdym IMP drobnymi zmianami w pewnej liczbie szybkich modemów i interfejsów komputerów głównych. Ośrodki TIP obejmują te same programy IMPSYS obok "znormalizowanego" TIPSYS. TIPSYS przyjmuje jednak różne parametry powolnych linii i przydziały buforu dla 63 powolnych połączeń tworzonych poprzez wielolinio-
wą jednostkę sterującą.

Wysunięto twierdzenie, że "porównanie ekonomiczne między techniką transmisji przez przełączanie obwodów i przez przełączanie pakietów wypada obecnie na korzyść transmisji pakietowej wszędzie tam, gdzie w grę wchodzi stosunkowo krótkie wiadomości i potrzebna jest ich szybka transmisja". Choć na pierwszy rzut może się tak wydawać, trzeba pamiętać, że problemowi opłacalności i całej dziedzinie porównań ekonomicznych projektanci i użytkownicy ARPANETu poświęcili dotąd bardzo niewiele uwagi. Warto też zauważyć, że nie należy porównywać tylko przypadków krańcowych, jakimi są przełączanie obwodów i przełączanie pakietów. Możliwe jest też przełączanie obwodów logicznych, jak np. w TYMNET. Użyta terminologia nie jest powszechnie przyjęta w tej dziedzinie, a różne czynniki wpływające na wybór techniki przełączania pakietów, wiadomości i obwodów wymagają jeszcze dalszych badań.

Wysunięto też twierdzenie, że "funkcje łącznościowe układu są obecnie zupełnie niezależne od różnych zestawów komputerów głównych". Choć w pewnym sensie odpowiada to prawdzie, to jednak same komputery główne wciąż jeszcze muszą troszczyć się o funkcje związane z transmisją, takie jak np. bardzo ważne sterowanie przepływem danych, jak również o szeroki wachlarz protokołów na szczeblu użytkownika, sięgający od protokołu "IMP - komputer główny" aż po protokół "komputer główny - komputer główny". Wszystko to jest często realizowane przez "program sterujący układem" /NCP/, który obecnie wymaga znacznych nakładów inwestycyjnych zarówno jeśli idzie o wdrożenie, jak o miejsce pamięci operacyjnej i czas centralnej jednostki komputera na jego wykonywanie.

W ustępie omawiającym protokoły trochę niejasne jest rozróżnienie między czterema warstwami protokołu. Może dokładne przeczytanie referatu Crockera "Funkcjonalnie ukierunkowane protokoły układu wielokomputerowego ARPA" mogłoby pomóc w wyeliminowaniu niektórych z tych niejasności. Ta niejasność tłumaczy się tym, że granice między warstwami protokołów są w niektórych przypadkach niezupełnie określone logicznie, a już na pewno nie są dobrze zdokumentowane. W przeciwieństwie do zawartego w sprawozdaniu stwierdzenia, protokół "komputer główny - komputer główny" jest jednostką dobrze zdefiniowaną, z wyjątkiem protokołów najbliższego wyższego szczebla takich jak protokół połączenia wstępnego, TELNET, protokoły przenoszenia danych i przenoszenia zbiorów danych oraz protokół zdalnego przetwarzania zadań.

Należy też zauważyć, że w sprawozdaniu nieco uproszczono strukturę zarządzania w odniesieniu do podukładu komunikacyjnego i że zarządzanie siecią wspólnego użytkownika zasobów jest wciąż jeszcze trochę rozczłonkowane i częściowo nie istniejące. Podane cyfry kosztów mogą wprowadzić w błąd, ponieważ nie objęto nimi niektórych ważnych czynników takich jak koszt łączenia i operowania komputerów głównych w układzie wielokomputerowym. Może też zajść pewne nieporozumienie jeśli idzie o koszt, ponieważ przy tworzeniu nowego układu wielokomputerowego, który byłby zasadniczo naśladownictwem ARPANETu, nie trzeba by już

powtarzać pracy, jakiej dokonała ARPA. A nawet gdyby takie powtórzenie było potrzebne, wstępne nakłady na utworzenie minimalnego układu tego typu byłyby znacznie niższe niż na inne proponowane rodzaje specjalizowanych sieci transmisji danych.

Przy okazji pragnę zaznaczyć, że sieć kontynentalna jest teraz połączona z Uniwersytetem Hawajskim za pośrednictwem satelity Pacific Intelsat IV /a nie INTERSAT/. Czynne jest, teraz też transatlantyckie łącze do TIP w Norwegii. To łącze ma być wkrótce przedłużone do Anglii.

I wreszcie - w części sprawozdania dotyczącej układu NSF wysunięto twierdzenie, że "oba te układy w miarę swego rozwoju wyraźnie zmiierają ku połączeniu". Nie sądzę, by to było zupełnie ściśle, ponieważ układ ARPA kładzie głównie nacisk na rozwój sieci transmisji danych i na pewne aspekty doświadczalnego wspólnego użytkowania zasobów. Natomiast w układzie NSF chodzi głównie o zastosowanie istniejącej techniki lub technik, ewentualnie włącznie z techniką stosowaną przez ARPA i zajmuje się on w znacznie większym stopniu metodami zarządzania i koordynowania rzeczywistego podziału zasobów."

UKŁAD WIELOKOMPUTEROWY NSF

Układ wielokomputerowy NSF /National Science Foundation - - Krajowa Fundacja Naukowa/ można by nazwać "logicznym" układem wielokomputerowym, który istnieje bez rzeczywistego sprzętu telekomunikacyjnego. Jest to zbiór geograficznie rozproszonych przedsięwzięć badawczych, zaplanowanych celowo w taki sposób, by mogły użytkować wspólne bazy danych i korzystać wzajemnie ze swoich wyników badań, w oczekiwaniu, że w przyszłości fizyczne łącza transmisji danych staną się ekonomicznie uzasadnione. Układ NSF przyjął zatem podejście odmienne od większości innych układów wielokomputerowych, zwracając uwagę przede wszystkim na problemy wspólnego użytkowania zasobów z logicznego punktu widzenia, z orientacją na sprawność, zakładając, że problemy techniczne będą zawsze możliwe do rozwiązania. Układ wielokomputerowy NSF jest w pewnym sensie dopełnieniem układu ARPA, ponieważ jest to układ mający użytkowników, ale nie posiadający skomplikowanego sprzętu do transmisji danych, natomiast ARPANET jest raczej układem skomplikowanego sprzętu telekomunikacyjnego z niedostateczną liczbą użytkowników. Oba te układy w miarę swego rozwoju wyraźnie zacierają ku połączeniu, ale dopóki oba pozostają niezależnymi przedsięwzięciami badawczymi, prawdopodobnie nie zostaną połączone z obawy przed wtłoczeniem wszystkich badań w jedno wspólne koryto.

W swoich badaniach nad układem wielokomputerowym NSF kładzie obecnie główny nacisk na badania celowości i wykonalności wspólnego użytkowania mocy obliczeniowych, systemów informacji naukowej, specjalizowanych banków danych i innych zasobów informatycznych, niezależnie od ich rozmieszczenia geograficznego. Celem jest udoskonalenie obecnych metod badawczych we wszystkich gałęziach nauki oraz realizacja szybkiego rozpowszechniania wyników badań. Istnieje nadzieja, że przyszły wyspecjalizowany badacz będzie mógł zawsze znaleźć moce obliczeniowe i możliwości przetwarzania informacji, które będą idealnie łatwe a zarazem ekonomiczne w użytkowaniu.

Przypuszcza się, że takie warunki potrafi stworzyć tylko układ wielokomputerowy, który przynosi oszczędności wynikające z dużej skali i posiada wielkie systemy gospodarowania danymi i specjalizowane zasoby.

Niektóre dziedziny zastosowania

Obecne roczne wydatki w Stanach Zjednoczonych na technikę obliczeniową w szkołach wyższych ocenia się na ponad 600 mln dolarów i rosną one mniej więcej o 15% rocznie. Gdyby wszystkie te niezależne ośrodki obliczeniowe połączyć wzajemnie za pośrednictwem sieci transmisji danych dającej możliwość wspólnego zdalnego użytkowania zasobów, można by bez wątpienia radykalnie zmniejszyć roczne wydatki na technikę obliczeniową w szkolnictwie wyższym. Problemem są oczywiście polityczne i organizacyjne skutki takiej propozycji - i właśnie zbadaniu tej dziedziny ma służyć układ wielokomputerowy NSF.

Pewne wstępne eksperymenty dotyczące wspólnego użytkowania mocy obliczeniowych przez uczelnie przeprowadził NSF w ramach Programu Uczelnianych Usług Obliczeniowych. W toku bieżącej działalności badawczej w ramach Regionalnego Programu Współpracy w Zakresie Działalności Obliczeniowej opracowuje się obecnie propozycje 30 różnych regionalnych układów wielokomputerowych /typu gwiazdzystego/ obejmujących 300 uczelni.

Dalsze programy badawcze NSF o zasięgu ogólnokrajowym dotyczące układów wielokomputerowych i posługujące się specjalnymi mocami obliczeniowymi lub innymi specjalnymi zasobami informatycznymi, to m.in.: Krajowy Ośrodek Badań Atmosferycznych, Krajowe Biuro Badań Ekonomicznych, Służba Abstraktów Chemicznych, Pracownia i Punkt Obliczeniowy Spisów Ludności w Laboratorium DUA, Międzyuniwersyteckie Konsorcjum Badań Politycznych oraz Wymiana Programów Chemii Kwantowej.

W celu określenia wszystkich charakterystyk i potrzeb użytkowników, spraw organizacyjnych oraz problemów operacyjnych i finansowych związanych z układem wielokomputerowym NSF, zorganizowane zostały trzy seminaria przez EDUCOM przy poparciu NSF. Na seminaria te zaproszono około 50 osób /potencjalnych użytkowników, administratorów, kierowników ośrodków obliczenio-

wych, informatyków itd./ i wkrótce ma być opublikowane sprawozdanie o problemach zarządzania układem wielokomputerowym.

NSF wykonał już przy współpracy Uniwersytetu Kalifornijskiego w Los Angeles i Politechniki Kalifornijskiej jedną pracę studialną zawierającą m.in. ocenę różnych wariantów strategii wdrażania i eksploatacji układu wielokomputerowego przy zastosowaniu różnych struktur zarządzania.

Inną pracę studialną wykonano na Uniwersytecie Kansas, a tematem jej było wypracowanie koncepcji krajowego ośrodka dla szeroko zakreślonej dziedziny międzydyscyplinarnych obliczeniowych badań językoznawczych.

Wnioski

Powyższy krótki /i bynajmniej nie wyczerpujący/ przegląd niektórych programów badawczych finansowanych przez NSF wskazuje, że wszystkie one zmierzają do zbadania możliwości wspólnego użytkowania zasobów w ogólnokrajowym układzie wielokomputerowym. Następną fazą będzie próbny układ wielokomputerowy NSF dla realizacji tych działań, ale nie jest jeszcze pewne, czy w ogóle dojdzie do tej następnej fazy ze względu na wiążące się z nią złożone problemy polityczne, organizacyjne i ekonomiczne /ale nie techniczne/.

UKŁAD WIELOKOMPUTEROWY GENERAL ELECTRIC "MARK-III"

Największym w świecie /pod względem liczby komputerów/ i prawdopodobnie najszybciej rosnącym układem wielokomputerowym jest system abonencki zdalnego przetwarzania partiiowego, prowadzony przez firmę General Electric i jej autoryzowanych agentów /Honeywell Bulla i innych/. Układ wielokomputerowy General Electric stosuje konfigurację gwiazdzistą z multipleksorami i liniami abonenckimi prowadzącymi do 14 punktów rozdzielczych w USA i zagranicą, skąd koncentratory przekazują dane do jednostek sterujących w centralnym zespole komputerów w pobliżu Cleveland w stanie Ohio. W ten sposób General Electric świadczy usługi abonenckie w postaci zdalnego przetwarzania partiiowego w ponad 250 miastach na całym świecie. Układ ten, noszący obecnie nazwę "MARK-III" może obsługiwać przez zwykłe linie telefoniczne urządzenia końcowe o szybkości 10, 15 i 30 znaków na sekundę. Funkcja znana pod nazwą "międzyprzetwarzania" /interprocessing/ pozwala użytkownikom przekazywać zbiory danych bezpośrednio między własnymi komputerami z przetwarzaniem partiiowym a komputerami układu MARK-III, dzięki czemu układ ten może stać się dla niektórych użytkowników prawdziwym układem wielokomputerowym w sensie naszej definicji takiego układu.

Uzasadnienie i cele

Układ G.E. został początkowo zaprojektowany jako komercyjna wersja systemu wielodostępnego opracowanego w Dartmouth College /w stanie New Hampshire/ i gdzie indziej. Głównymi stosowanymi językami były /i nadal są/ BASIC i FORTRAN, co od razu na wstępie zapewniło układowi duży rynek w dziedzinie przetwarzania danych dla celów naukowych. Potem G.E. szybko rozszerzył swoje usługi abonenckie na wielkie miasta na całym świecie, na-przód oferując miejscowe systemy abonenckie /MARK-I/, a potem możliwości zdalnych usług abonenckich /MARK-II/, których zaletą była scentralizowana baza danych i silniejsze moce obliczeniowe. Obecne prace rozwojowe nad układem wielokomputerowym idą raczej w kierunku użytkowych pakietów programowych niż w kierunku za-

awansowanej techniki sprzętu i transmisji danych. Wynikiem tego jest tendencja ku gospodarczym zastosowaniom informatycznym ze względu na dostępność licznych "gratisowych" pakietów programowych ukierunkowanych na stosunkowo niewymagającego okazyjnego użytkownika. Zdalne usługi przetwarzania partiiowego /układ MARK-III/ dodano do sieci dla tych użytkowników, którym potrzebne jest manipulowanie dużymi zbiorami danych wejściowych i wyjściowych, co staje się uciążliwe dla użytkownika posługującego się dalekopisem. Do dziś układ G.E. zarejestrował ponad 1,5 mln "użytkownikogodzin".

Typ układu

Przy projektowaniu i w toku ewolucyjnego rozwoju układu MARK-III dokonywano ciągłych kompromisów między szybkością komputerów, pojemnością pamięci operacyjnej i szerokością kanałów transmisji danych. Urządzenia końcowe użytkowników są połączone za pośrednictwem linii telefonicznych o przepływności 2000 bodów z odległymi koncentratorami, którymi są komputery Honeywell 416 z pamięcią 8 K i multipleksorami COMPAC. Tutaj dokonywane są blokowe sprawdzenia danych i ich konwersja, generowane są dane statystyczne oraz dokonywana jest niezbędna kontrola zbiorów znaków na interfejsie.

Każdy odległy koncentrator jest potem połączony z jednym lub /w miarę możliwości - ze względów niezawodności/ kilkoma koncentratorami centralnymi. Każdy koncentrator centralny jest komputerem GE 4020 z 32 K słów pamięci, który sprawdza bity parzystości, generuje dodatkowe dane statystyczne i wykonuje dość skomplikowane procedury pakowania i harmonogramowania dla transmisji do szybkich koncentratorów za pośrednictwem łączy o przepływności 14,4 i 96 kilobodów. Szybki koncentrator jest to komputer GE 1600 z 16 K słów pamięci, który rozpoznaje i weryfikuje kod wejściowy użytkownika i stwarza łączy transmisji danych do odpowiedniego komputera centralnego /gdzie mieszczą się jego zbiory danych/ na czas trwania połączenia użytkownika z komputerem.

Funkcja "międzyprzetwarzania" pozwala na stosowanie szybkości 2000 bodów /planuje się szybkości 2400 i 4800 bodów/ przy

transmisji z urządzeń końcowych IBM 2780 lub DATA 100 służących do zdalnego wprowadzania zadań przetwarzania partiiowego. Wejście i wyjście dialogowe lub konwersacyjne są dozwolone tylko poprzez dalekopisy "Model 33", IBM 2741 lub podobne urządzenia końcowe.

Choć procedury transmisji zezwalają na zmienną długość wiadomości, układ ten prawdopodobnie należałoby zaklasyfikować jako układ z przełączaniem obwodów, ponieważ trasy transmisji są ustalane dla całego ciągu informacji wejściowych lub wyjściowych określonego użytkownika, a nie oddzielnie dla poszczególnych wiadomości tego ciągu. Stosowany jest różnorodny sprzęt z wynikającymi stąd oczywistymi niedogodnościami, a większość procedur transmisji danych i protokołów jest zrealizowana wyraźnie w "twardej strukturze", bo dla zmiany konfiguracji sieci w przypadku awarii systemu dokonuje się raczej zmiany kabla niż zmiany programu.

Funkcje z góry określone

Wiele uwagi poświęcono niezawodności układu, gdyż w przeszłości była ona poważnym źródłem kłopotów. Ponieważ w warunkach komercyjnego użytkowania układu G.E. obciążenie układu jest trudne do przewidzenia, zwykle pojawiają się problemy niezawodności, ilekroć obciążenie dochodzi do granic pojemności i następują na tym tle nieprzewidziane awarie systemu. Główną przyczyną utrzymywania scentralizowanego ośrodka przetwarzania danych dla całego układu jest to, że można wówczas także ulokować w jednym miejscu ekspertów i sprzęt do wykrywania błędów. Dla zwiększenia współczynnika niezawodności stosuje się nieprzerwalne zasilanie energią /36 ton akumulatorów/. Gdy któryś komputer ulega awarii z niewyjaśnionej przyczyny, większość baz danych użytkowników może być w ciągu 1/2 godziny przeniesiona do innego komputera. Większość obecnie opracowywanego oprogramowania systemowego ma służyć do zbierania danych statystycznych i analizowania sprawności, po to by można było rozszerzać przeciążone kanały lub zmieniać rozkład obciążenia za czasy odpowiadające na żądania użytkowników przekroczyć próg 10 sekund i zanim nastąpi analogiczne pogorszenie niezawodności systemu.

Większość skarg użytkowników na niedociągnięcia pod względem niezawodności /np. zniekształcone wiadomości/ wynika z wadliwego działania modemów. Dlatego opracowano specjalną procedurę "pętlowania urządzeń końcowych" /terminal looping/ w celu sprawdzania ich działania z odległych koncentratorów.

Drugim z kolei problemem, na który położono duży nacisk, były środki zabezpieczenia. Choć wszystkie bazy danych użytkowników są przechowywane centralnie w miejscu, które teoretycznie biorąc jest wysoce wrażliwe na zamach bombowy lub inną podobną katastrofę, wadę tę zrównoważono całym szeregiem specjalnych środków i funkcji zabezpieczających:

- . numery użytkowników z naniesionymi hasłami,
- . niedrukowalne znaki w hasłach,
- . klasyfikacja zbiorów danych według stopnia zabezpieczenia,
- . niezwłoczne wykonanie i ograniczone uprawnienia pod względem trybu pracy,
- . podprogramy szyfrujące,
- . strzeżony ośrodek obliczeniowy, z zakazem zwiedzania,
- . urządzenia wykrywające zagrożenie,
- . sprawdzanie pracowników i pobieranie od nich odpowiednich zobowiązań,
- . okresowe inspekcje środków zabezpieczających przez zewnętrzną wyspecjalizowaną firmę,
- . rezerwa pamięci poza ośrodkiem,
- . silne zainteresowanie kierownictwa problematyką bezpieczeństwa.

Trzecią ważną dziedziną jest rozliczanie użytkowników. Rozliczenia są zorganizowane na zasadzie miesięcznej i zwykły użytkownik może otrzymać informację o swoim aktualnym obciążeniu tylko poprzez miejscowego przedstawiciela systemu abonenckiego i po co najmniej jednodniowym czekaniu. Pod koniec każdego okresu rejestracji wejść użytkownik otrzymuje podsumowanie ilości przekazanych znaków wejściowych i wyjściowych oraz ilości "jednostek zasobów informatycznych" zużytych na przestrzeni okresu rejestracyjnego, ale bez określenia kwoty pieniężnej.

Dla użytkowników, którzy pragną otrzymywać więcej informacji rozliczeniowych, układ posiada specjalną funkcję.

Funkcje realizowane na rozkaz

Układ wielokomputerowy MARK-III jest ukierunkowany na dialogowego użytkownika komputera, który korzysta z układu wielokomputerowego tylko od czasu do czasu i któremu układ ten jest potrzebny jako narzędzie do rozwiązywania jego problemów. Z tego punktu widzenia MARK-III jest układem uniwersalnym z niewielkimi możliwościami - lub w ogóle bez możliwości - ekonomicznie efektywnego wykorzystania do specjalizowanych zastosowań.

W układzie tym wspólne użytkowanie sprzętu lub podział obciążenia między komputerami w drodze transmisji między procesami są możliwe tylko w ograniczonym zakresie. Natomiast mocną stroną układu jest wspólne użytkowanie programów i baz danych, ale ze względu na szeroką dostępność i rozmieszczenie geograficzne to wspólne użytkowanie jest często ograniczone i kontrolowane numerem zgłoszenia użytkownika /ponieważ wszyscy użytkownicy muszą uzyskać dostęp do tej samej centralnej jednostki komputera, by móc dzielić prywatne programy i bazy danych/. Z tej przyczyny taki zamiar wspólnego użytkowania musi być z góry zgłoszony za pośrednictwem właściwego agenta układu abonenckiego co najmniej na dzień wcześniej, aby użytkownik mógł otrzymać przydział odpowiedniego numeru zgłoszenia.

Ale najmocniejszą stroną układu MARK-III jest duży wachlarz różnych "sieciowych" systemów oprogramowania stojących do dyspozycji użytkownika. Podanie wyczerpującej listy istniejących systemów i pakietów nie jest możliwe, ale do najpopularniejszych należą:

- . dużej mocy rozkazy manipulowania zbiorami danych,
- . różne programy redagujące,
- . rozmaite rozkazy ujawniania stanu,
- . usługi obliczeniowe o niskim priorytecie i o charakterze pomocniczym,
- . rejestr czynności bazy danych,
- . kompilator FORTRANu i programu uruchamiające on-line,
- . BASIC,
- . COBOL /tylko funkcje pomocnicze/,
- . programy gospodarowania danymi,
- . standardowe programy archiwalne /tanie, off-line/,

- generatory sprawozdań,
- programy analizy prawdopodobieństwa i analizy statystycznej,
- programy analizy inwestycji,
- programy harmonogramowania drogi krytycznej,
- programy analizy gospodarczej i zarządzania finansowego,
- programy projektowania wspomaganego komputerem i automatyzacji prac konstruktorskich,
- programy sterowania wytwarzaniem i produkcją.

Duża część organizacji układu G.E. jest, ze zrozumiałych względów, poświęcona aktualizacji i realizacji pakietów programowych.

Cena zł 92.-