

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI  
WARSZAWA-MIEDZESZYN

**BIULETYN**

**INFORMACYJNY**

5(269)

1989



# BIULETYN INFORMACYJNY

ROK 29

WARSZAWA 1989

NR 5(269)

---

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI  
Branżowy Ośrodek  
Informacji Naukowej, Technicznej i Ekonomicznej

Redakcja Biuletynu Informacyjnego

---

Redaktor Naczelny - dr inż. Krystyn Plewko  
Z-ca Redaktora Naczelnego - doc. dr inż. Stanisław Sońta

Redaktorzy działów:

doc. dr inż. Alina Karwowska-Lamparska  
mgr inż. Mirosław Żurawski

Adres Redakcji:

Instytut Łączności  
Branżowy Ośrodek  
Informacji Naukowej, Technicznej i Ekonomicznej  
Warszawa-Miedzeszyn, ul. Szachowa 1

**ISSN 0209-1046**

Redaktor: mgr Krystyna Juszkiewicz  
Montaż tekstu: techn. Grażyna Woźnica

---

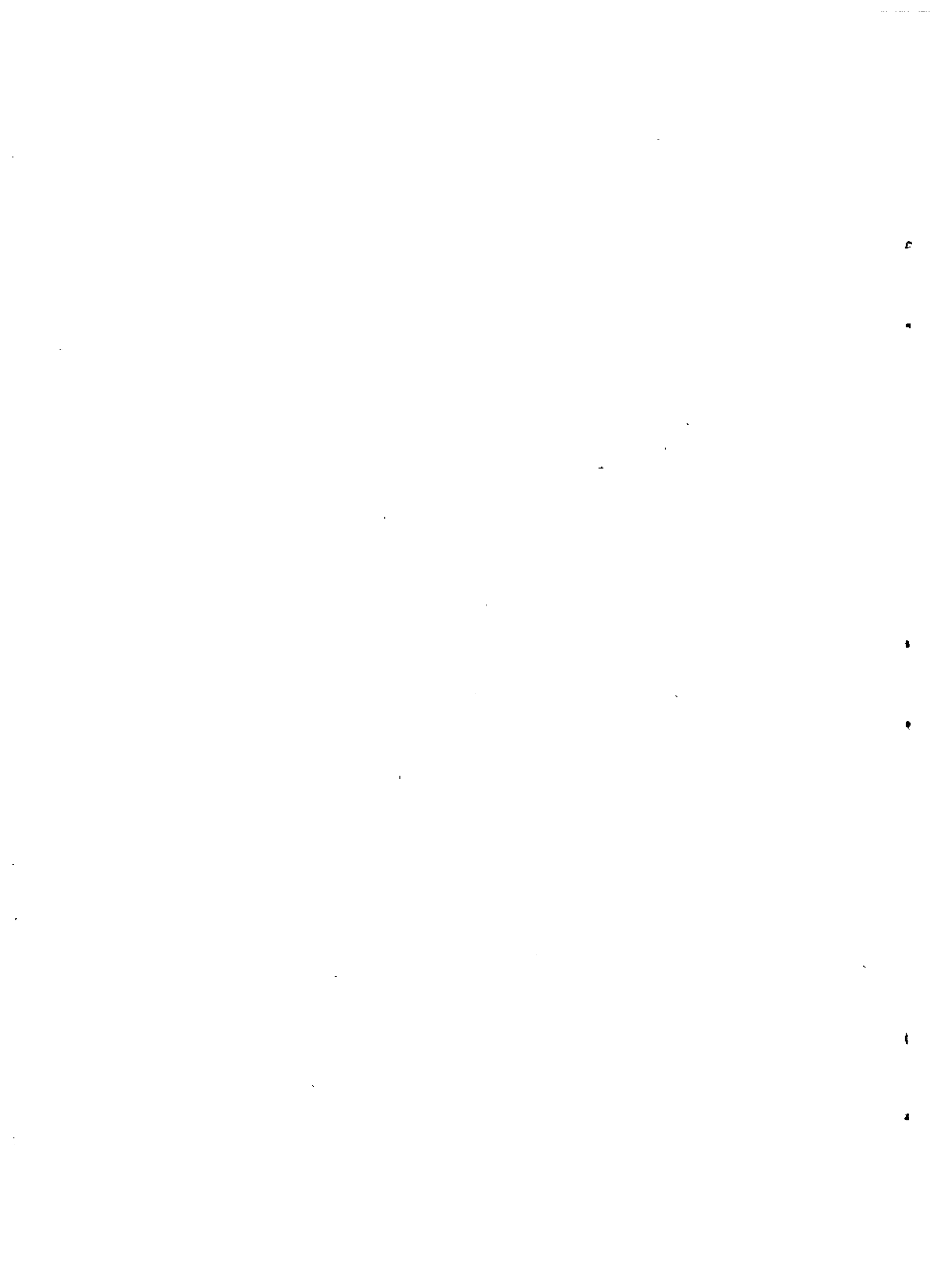
Dział Wydawniczy Instytutu Łączności  
Format B5. Nakład 625. Wpłynęło do  
Działu Wydawniczego 1989.11.08.  
Druk ukończono w lutym 1990 r.

Elżbieta Siwak-Szczepek

UWARUNKOWANIA SIECIOWE TRANSMISJI DANYCH  
(METODYKA REALIZACJI OPROGRAMOWANIA SYSTEMOWEGO)

SPIS TREŚCI

	Str.
1. Istota problemu	1
2. Wstęp	3
3. Systemowa charakterystyka sieci z komutacją pakietów	7
4. Hierarchiczny model odniesienia OSI/ISO - - systemowa interpretacja standardu	15
5. Własności funkcjonalne poszczególnych warstw modelu odniesienia	28
6. Zakończenie	36
Wykaz literatury	37



Elżbieta Siwak-Szczepek

## UWARUNKOWANIA SIECIOWE TRANSMISJI DANYCH (METODYKA REALIZACJI OPROGRAMOWANIA SYSTEMOWEGO)

### 1. ISTOTA PROBLEMU

Publikacja stanowi prezentację poglądu na realizację oprogramowania systemowego w kontekście uwarunkowań sieciowych transmisji danych. Podejmuje również próbę uporządkowania zagadnień z tym związanych. Opiera się przede wszystkim na doświadczeniach resortu łączności w zakresie planowego rozpowszechniania sprzętu komputerowego i realizacji oprogramowania systemowego (powszechnego użytku i specjalizowanego z zakresu głównie telekomunikacji), realizowanego pod kątem przyszłych zastosowań sieciowych. Jej głównym celem jest uporządkowane przedstawienie informacji z dziedziny scentralizowanego i rozproszonego przetwarzania danych.

Podjęto próbę usystematyzowania roli i znaczenia komputerów różnej klasy (różnej generacji), z zaznaczeniem ich miejsca w funkcjonalnej strukturze sieci transmisji danych. Rolę tę wyznacza ocena wartości użytkowych i struktura oprogramowania systemowego (różnego poziomu) w ramach danego komputera, które w głównej mierze decydują o wartości i przydatności sprzętu do zastosowań profesjonalnych. Aplikacje, na których podstawie kształtowany jest pogląd uogólniony, zawierają się w obrębie jednego resortu, a przedstawione w artykule propozycje stanowią próbę praktycznej realizacji problemów, z którymi na bieżąco styka się resort łączności w swych pracach nad standaryzacją i unifikacją oprogramowania użytkowego najniższego poziomu.

Pojęcie oprogramowanie użytkowe najniższego poziomu wprowadzone zostało do rozważań świadomie. Związane jest ono z koniecznością respektowania pewnej hierarchii realizacyjnej przy tworzeniu oprogramowania. W strukturze oprogramowania komputera poziom najniższy oznacza realizacje systemowe w języku wewnętrznym maszyny, najczęściej sprzętowe (hardwarowe) lub sprzętowo-programowe (hardwarowo-sofwarowe), niekiedy wyłącznie programowe (sofwarowe).

W strukturze oprogramowania sieciowego, poziom najniższy to ten, który sieci nadaje inteligencję, tworzy z niej rzeczywisty nośnik informacji, a więc między innymi system sterowania i zarządzania.

Nie ulega wątpliwości, iż obie wspomniane sfery oprogramowania są nadrzędne w stosunku do systemów poziomu użytkowego. Bez nich bowiem realizacja tych ostatnich byłaby po prostu niemożliwa. Nie tylko warunkują one realizację oprogramowania użytkowego, ale - i ten aspekt jest decydujący - rzutują na jego strukturę. Tak więc, choć zarówno komputer, jak i sieć stanowią jedynie narzędzie do realizacji problemów użytkowych, ich oprogramowanie jest hierarchicznie, strukturalnie i funkcjonalnie oprogramowaniem wyższego poziomu. Nie oznacza to bynajmniej, że oprogramowanie użytkowe, z racji lokalizowania go na najniższym poziomie, jest najmniej istotne. Optymalna, systemowa jego realizacja jest głównym celem w omawianym przedsięwzięciu sieciowym. Znajomość i świadomość tych systemowo nadrzędnych zagadnień, ułatwia wspomnianą optymalizację rozwiązań użytkowych. I taka jest myśl przewodnia rozważań.

Swoistego rodzaju wyznacznikiem proponowanych przez resort łączności unifikacji jest obecnie tworzoną sieć teleinformatyczna z komutacją pakietów - POLPAK. W jej kontekście proponuje się podział oprogramowania na określone poziomy (warstwy), zarówno z punktu widzenia ich struktury jak i własności czysto użytkowych. Ta strukturalna interpretacja sieciowa oprogramowania systemowego-użytkowego pozwala na swoistego rodzaju specjalizowaną interpretację modelu odniesienia dla wzajemnej komunikacji między systemami otwartymi.

Z tego punktu widzenia artykuł może stanowić propozycję metodyki postępowania dla realizacji sprzężeń między systemami użytkowymi różnych resortów, a następnie tworzenia powiązań między różnymi sieciami - powiązań opartych na zaplanowanej i systemowo nadzorowanej wymianie informacji.



## 2. WSTĘP

Scentralizowany system zarządzania siecią telekomunikacyjną Państwa, z jakim mamy do czynienia w naszym kraju, determinuje sposób podejścia do wyposażenia sieci w urządzenia końcowe - w tym komputery oraz wymaga opracowania, a po wstępnym przetestowaniu uruchomienia sieciowego oprogramowania systemowego, zapewniającego prawidłowość przebiegu procesu transmisji danych.

Wspomniany wyżej sposób zarządzania siecią zmusza do kompleksowego podejścia do struktury oprogramowania systemowego, nie tylko na styku użytkownika z siecią, ale również w pozostałych warstwach sieci. Styk użytkownika z siecią zawiera aplikacje protokołów komunikacyjnych, stanowiących międzynarodowe standardy ustalone między innymi przez takie organizacje jak CCITT oraz ISO<sup>\*)</sup>.

Pozostałe warstwy sieci natomiast mają za zadanie realizację prawidłowego i optymalnego procesu wymiany informacji między systemami poziomu użytkowego. Pod pojęciem optymalizacji wymiany informacji zawiera się nie tylko aspekt czasowy procesu, ale przede wszystkim jego forma strukturalna, będąca konsekwencją szeroko pojętego problemu specjalizacji i integracji zasobów w sieci.

W grupie tych zagadnień zawierają się między innymi problemy komunikacji między bankami danych i realizujących tę komunikację procedurami systemowymi.

Struktury, zakres i funkcje oprogramowania systemowego związanego integralnie z poszczególnymi poziomami (warstwami) sieci, wynikają ze specyfiki opracowanego przez ISO wzorcowego modelu dla wzajemnego połączenia i współpracy systemów otwartych, zwanych modelem OSI/ISO<sup>\*\*)</sup>.

\*) CCITT - Międzynarodowy Doradczy Komitet Telegraficzny i Telefoniczny - The International Telegraph and Telephone Consultative Committee, ISO - Międzynarodowa Organizacja Normalizacyjna (Standaryzacyjna) - International Standard Organization.

\*\*\*) OSI - Open System Interconnection - wzajemna komunikacja (łączność) między systemami otwartymi.

Niemniej znaczący wpływ w tym zakresie posiadają uwarunkowania lokalne, jakimi są między innymi topologia sieci z jej podstawowymi elementami, takimi jak:

- specyfika podsieci transportowej (patrz rys. 1, dotyczący sieci POLPAK);
- zasady koncentracji i komutacji pakietów;
- lokalizacja bankowych centrów informacji;
- kryteria projektowania systemów obiektowych i przestrzenie rozległych;
- zasady ustalania redundancji informacji w bankach i bazach danych.

Ten ostatni aspekt niejednokrotnie dotyczy również informacji podlegającej transferowi.

Praktyczna realizacja poszczególnych poziomów oprogramowania systemowego (zgodnie z modelem OSI/ISO), gwarantujących wymienną informację w sieci, postępować winna współbieżnie z postępem prac nad techniczną realizacją sieci POLPAK, po to między innymi, aby zapewnić jej prawidłowe wykorzystanie i optymalną eksploatację oraz zagwarantować swoisty ład informacyjny w sieci. Jest to istotnej rangi zagadnienie zarówno dla gospodarki kraju, jak i ogólnokrajowego systemu zarządzania.

Zagadnienia te są przedmiotem rozważań specjalizowanych zespołów problemowych działających w ramach resortu łączności. Istota przemyśleń i ustaleń merytorycznych sprowadza się do wnikliwej analizy zasadności tworzenia własnych standardów systemowych w obszarze sieci, jak też wytypowania takich obszarów praktycznych zastosowań, dla których zasadne byłoby implementowanie w sieci standardów międzynarodowych, zrealizowanych (oprogramowanych) przez liczące się w tej dziedzinie firmy światowe.

Patrząc na problem strukturalnie, jest istotna w pierwszej kolejności forma przesyłanej informacji, a w związku z tym konsekwentne zasady tworzenia standardów systemowo-programowych, zasady testowania, a następnie dopuszczania do sieci rozwiązań (systemów) poziomu użytkowego.



- Węzły PSPNN w I etapie
- ◐ Węzły PSPNN uruchomione w II etapie
- Centrum zarządzania

np.  $\frac{400}{920}$  liczba zakończeń łączy ab. w I etapie  
 liczba zakończeń łączy ab. w II etapie

4 × 9600 bit/s.

Rys. 1. Podsieć transportowa sieci POLPAK - wizja teoretyczna

Treść informacji zaczyna odgrywać istotną rolę wówczas, gdy należy podjąć decyzję co do sposobu projektowania i realizacji systemowego aparatu ochrony i zabezpieczania informacji (metody kryptograficzne). W inteligentnych sieciach transmisji danych jest to już bardzo poważny problem (choć ułatwiony przez sam fakt cyfryzacji sieci).

Sfera wzajemnych wpływów oprogramowania systemowego zarówno operacyjnego jak i użytkowego, w aspekcie sieciowym jest trudna do uchwycenia i jednoznacznej interpretacji. Oceniana przez pryzmat hierarchicznego, standardowego modelu OSI/ISO staje się realniejsza i pozwala, zgodnie z logiką specjalizacji (chodzi o metodologię projektowania systemów informatycznych), na takie kierunkowanie prac związanych z oprogramowaniem (softwarem), aby zagwarantować optymalną i poprawną wymianę informacji między użytkowymi systemami branżowymi. Następnie zaś daje podstawy do tworzenia sukcesywnych, międzyresortowych i wreszcie międzynarodowych sprzężeń sieciowych. Tylko wówczas wspomniana na wstępie publiczna sieć teleinformatyczna z komutacją pakietów (POLPAK) będzie spełniać prawidłowo swoją rolę. Ocena jej funkcji winna się sprowadzać (w oczach specjalistów od oprogramowania) głównie do optymalizacji i uniwersalizacji powszechnego wykorzystania, tj. optymalizacji w sensie strukturalno-systemowym.

Próbie odpowiedzi na te problemy podejmuje artykuł. Systematyzację zagadnień podporządkowano modelowi OSI/ISO w nim upatrując źródła dla standaryzacji i unifikacji systemowych, w tym również poziomu użytkowego.

Przedstawione zostaną między innymi metody tworzenia wzorcowych algorytmów postępowania projektowego, gwarantujących realizację otwartości systemów użytkowych.

Zaproponowana zostanie ponadto metodyka do realizacji:

- prawidłowych aplikacji sieciowych dla systemów użytkowych;
- zasady tworzenia interfejsów programowych, gwarantujących realizację współpracy różnych struktur w ramach systemów określonej grupy tematycznej (określonego profilu), tzn. takich, dla których zdecydowano się na realizację dwóch lub

więcej standardów projektowo-programowych (standardów dopuszczonych do działania w sieci).

Czasami bowiem, w ostatecznym rozrachunku, kryteria natury ekonomicznej biorą górę nad przesłankami metodycznymi. Szczególnie tam, gdzie zainwestowano np. w proces zakładania i aktualizacji banków danych, o istotnej dla użytkowników zawartości informacyjnej. Zasadne jest wówczas kontynuowanie do końca procesu projektowego.

Cały zespół zagadnień zaliczany do grupy algorytmów wzorcowych, o których dalej będzie mowa, wpływa na kształtowanie optymalnej infrastruktury sprzętowo-programowej bądź sprzętowo-systemowej sieci teleinformatycznej.

### 3. SYSTEMOWA CHARAKTERYSTYKA SIECI Z KOMUTACJĄ PAKIETÓW

Istotnym problemem w dziedzinie projektowania sieci z komutacją pakietów jest umiejętne i optymalne przypisanie zadań węzłom sieci i komputerom obliczeniowym oraz logiczne rozgraniczenie między nimi wzajemnych stref wpływów. Ukształtowana w ten sposób pewna proporcja, jednoznacznie charakteryzująca sieć, jest zarazem istotą funkcjonalnego podziału na specjalizację i integrację zasobów i obowiązuje w każdej sieci. Specjalizacja oznacza realizację indywidualnych zadań funkcjonalnych, charakterystycznych wyłącznie dla określonej podsieci. Integracja natomiast w ujęciu systemowym oznacza zgrupowanie pewnego zespołu zadań funkcjonalnych, w tym również takich, które są już realizowane przez inne podobszary sieci. Mówimy wówczas o redundancji funkcji w sieci. Świadome planowanie redundancji podnosi niezawodność sieci lub eliminuje np. niektóre zbyteczne transfery informacji.

Tak więc zespół zadań realizowanych indywidualnie przez węzły sieci i indywidualnie przez komputery obliczeniowe jest podstawowym elementem funkcjonalnym i wyznacznikiem specyfiki sieci, a ponadto przede wszystkim jej charakterystyczną własnością.

Wiąże się to również z koniecznością:

- opracowania (w sensie określenia problemu użytkowego),
- zdefiniowania (komputerowo-systemowo-sieciowego) w sensie podziału na bloki i funkcje,
- i praktycznej realizacji

protokołów wewnętrznych, określających sposób i zakres wymiany informacji.

Rozróżniamy bowiem w sieci protokoły wewnętrzne poziomu sieciowo-zależnego (dla podsieci transportowej) i protokoły wewnętrzne poziomu użytkowego. Pierwsza grupa ma ścisły związek z istotą zaleceń CCITT i charakteryzuje styk komputera (użytkownika) z siecią. Druga zaś, w standardowym modelu OSI/ISO zawiera się w obszarze warstw sieciowo-niezależnych (co zostanie bliżej omówione przy okazji interpretacji hierarchicznego modelu sieciowego).

Dotychczas protokoły wewnętrzne poziomu użytkowego nie są publicznie definiowane i zalecane jako standard międzynarodowy do powszechnego użytku. Ich praktyczna realizacja pozostaje wyłącznie w gestii użytkownika, jemu pozostawiając inicjatywę kreowania specjalizowanych funkcji sieciowych oprogramowania. Pewne jednak prace w tym zakresie prowadzi wspomniana już Międzynarodowa Organizacja Normalizacyjna - ISO. Dla systemów uznanych za standardy międzynarodowe (zarówno na poziomie oprogramowania systemowego - operacyjnego, jak też dla poziomu sfery użytkowej) opracowuje i zaleca do stosowania między innymi ściśle określone struktury banków danych, a w ich obszarze określone struktury rekordów. Na ich podstawie winny być definiowane protokoły wewnętrzne poziomu użytkowego dla sieci, dając tym samym gwarancję optymalizacji procesu wymiany informacji. Przykładem takiego rozwiązania są generowane pod systemem ISIS\*) bibliograficzne bazy danych, stanowiące podstawę do wymiany informacji naukowo-technicznych i ekonomicznych.

---

\*) Integrated Scientific Information Service.

Zaletą tego rozwiązania jest możliwość generacji systemu na komputerze dowolnej klasy (generacji), co w aspekcie sieciowym jest nader istotne. Ułatwia bowiem implementację sieciową tego rozwiązania i nie nastrocza systemowych trudności w planowaniu centralnych i lokalnych banków oraz baz danych. Strukturalnie bowiem są one kompatybilne, co jest właśnie istotą problemu w ujęciu systemowo-sieciowym.

Ponadto do indywidualnych własności każdej sieci należą między innymi:

- sposób wyboru drogi transmisji (w podsieci transportowej),
- sposób realizacji połączeń (według ściśle określonego modelu (wariantu)),
- sposób realizacji transmisji.

Realizacja wymienionych wyżej cech sieci wymaga z kolei realizacji specjalizowanego oprogramowania systemowego. Ono właśnie, w połączeniu z komputerami obliczeniowymi, tworzy wspomnianą infrastrukturę sprzętowo-systemową sieci.

Sposób wyboru drogi transmisji może odbywać się statycznie lub dynamicznie. Pierwszy wariant polega na przygotowywaniu na stałe tablic w węzłach sieci, które jednoznacznie definiują trasę przepływu danych, niezależnie od zmian ruchu. Realizacja tego typu algorytmu sterowania przepływem wymaga pełnej znajomości topologii sieci. Przykładem takiej sieci jest IBM-owska sieć SNA (System Network Architecture).

Wariant drugi - dynamiczny - za podstawę swej realizacji przyjmuje dynamiczne rozmieszczenie (alokację) punktów trasy przebiegu, który to sposób w pierwszych implementacjach sieciowych nie wymagał pełnej informacji o topologii sieci definiowanej a priori. Sieć ARPANET<sup>\*)</sup> stanowi klasyczny przykład takiego rozwiązania. Autorem i realizatorem tej sieci jest Wojskowy Instytut Badawczy w Departamencie Obrony USA.

Doświadczenia z praktycznej eksploatacji różnych sieci wykazały, iż optymalny algorytm wyboru drogi transmisji winien być

---

\*) ARPA/DARPA - Defense Advanced Research Projects Agency, NET - network.

dynamiczny i realizowany z pełną znajomością topologii sieci. Jest on wypadkową przytoczonych powyżej dwóch metod i gwarantuje optymalizację trasy przebiegu.

Duże doświadczenia teoretyczne i praktyczne w zakresie metodologii projektowania, analizy systemowej, tworzenia standardów programowych i realizacji praktycznych aplikacji sieciowych, posiada Międzynarodowy Instytut Analizy Systemowej - IIASA<sup>\*)</sup> - powstały w 1972 roku w Austrii.

W zakresie sposobu realizacji połączeń w sieci rozróżniamy dwa modele połączeń: model wirtualny i model datagramowy.

Model wirtualny bazuje na realizacji drogi wirtualnej, która to z kolei stanowi uporządkowaną listę węzłów, tworzącą drogę w podsieci transportowej. W praktyce oznacza to realizację alternatywnych połączeń dla zagwarantowania danego transferu informacji (zależnie od natężenia ruchu w sieci). Przy decyzji o wyborze drogi wirtualnej, poza bieżącym obciążeniem sieci, należy brać pod uwagę priorytet realizowanej usługi (sesji). Priorytet usługi jest integralnie związany z klasą usługi. Najpowszechniej realizowane klasy usług w tym zakresie, to np.:

- przesyłanie zbioru (zbiorów),
- ochrona danych,
- praca w czasie rzeczywistym,
- praca z podziałem czasu,
- praca w trybie konwersacyjnym,
- obsługa przetwarzania wsadowego,
- komunikacja między systemami,
- komunikacja między bankami danych itp.

W przypadku dużego obciążenia sieci realizuje się systemowo kolejki dla poszczególnych klas usług i nadaje im odpowiednie priorytety. Inną metodą zaradczą jest blokowanie pakietów. Pa-

---

\*) International Institute Analysis Systems Applications, zwany również Międzynarodowym Instytutem Stosowanej Analizy Systemowej (International Institute of Applied System Analysis).



kiety te mogą pochodzić z różnych źródeł i mogą być przeznaczone dla różnych odbiorców. Metoda ta stosowana jest głównie na poziomie sieci między komputerami obliczeniowymi a procesorami czołowymi, głównie do zredukowania liczby przerwań jednostki centralnej. Jest to dylemat trudny do praktycznego rozstrzygnięcia, ponieważ zwykle przed uruchomieniem całej sieci dopuszcza się do eksploatacji jej wersję modelową, sukcesywnie projektując dalszy rozwój strukturalny i funkcjonalny sieci. Wyznacznikiem dalszego jej rozwoju są doświadczenia wyniesione z eksploatacji modelu, doświadczenia organizacyjne, sprzętowe, systemowe, ekonomiczne, prawne, niekiedy polityczne.

Idealnym modelem do wstępnych badań jest model uproszczony, w którym wszystkie kanały mają jednakową szybkość, a wszystkie pakiety jednakową długość. Przy realizacji takiego wariantu, w sieci pojawiają się pakiety wyłącznie z informacją sterującą i pakiety użytkownika. Nie jest to wprawdzie optymalne założenie projektowe, ale bez wątpienia łatwiej pozwala pogodzić całą złożoność nakładającej się tutaj problematyki. Ułatwia także konieczny na tym etapie proces uogólnień, niezbędny do wstępnego, matematycznego opisu modelu i zaprojektowania standardów systemowych (nadających sieci inteligencję) tak, aby możliwa była ich rozbudowa wraz z rozbudową sieci.

W szczególności dotyczy to struktury, zawartości i długości pakietów, konstrukcji oprogramowania akceptującego pakiety dowolnej długości i organizującego proces ich ewentualnego blokowania, wreszcie interpretacji treści informacji pakietowej oraz tworzenia wiadomości adresowanej do określonego odbiorcy, zgodnie z protokołem wewnętrznym poziomu użytkowego (charakterystycznego wyłącznie dla danej sieci). Większość pierwszych sieci międzynarodowych uruchamiana była właśnie w taki sposób. Są to po prostu sieci komputerowe integrujące sprzęt różnej klasy i generacji.

Komputery zaś, poza tym że pełnią rolę węzłów komutacji w sieci transmisji danych cyfrowych, pełnią także, a może przede wszystkim, rolę urządzeń końcowych w tej sieci. Stąd między innymi wynika wspomniana złożoność problematyki, a do ogólnych

problemów standaryzacji systemowych dochodzi problem umiejętności realizacji aparatu przenośności oprogramowania. Jest on narzędziem gwarantującym optymalny i "elegancki", z punktu widzenia specjalizacji (chodzi o projektowanie systemów), sposób dostępu do różnych komputerów, różnych systemów, różnych programów, różnych baz danych i różnych wreszcie (strukturalnie) rekordów.

Ta "elegancja" jest gwarantem ekonomicznej i efektywnej eksploatacji sieci, dającym szansę zwiększenia jej przepustowości, przez między innymi eliminację niepotrzebnych i nieprzemysłanych transferów informacji. Pozwala jednocześnie na ograniczenie różnorodności dostępnych algorytmów do obsługi transmitowanych danych. Te przesłanki leżą u podstaw unifikacji oprogramowania systemowego dla sieci.

O jeszcze jednym aspekcie należy pamiętać w przypadku realizacji połączeń w modelu wirtualnym. Rzutuje on bowiem na metodykę realizacji oprogramowania. W tym przypadku podsieć wyposażona jest w programowy aparat korekcji błędów. Chodzi tutaj o błędy łącza danych i inne błędy programowe, takie jak np. wykrywanie duplikatów pakietów lub wykrywanie faktu gubienia pakietów.

Model połączenia datagramowego w sieci jest odmienną formą transmisji danych i z założenia bardziej obciąża komputer obliczeniowy. Jest to sytuacja odwrotna, niż ma to miejsce w przypadku transmisji wirtualnej. Procedury korekcji błędów instalowane są w komputerze obliczeniowym i na nim spoczywa odpowiedzialność za wykrycie błędów w przesyłanej informacji. Poza problemem korekcji błędów rozwiązany musi być w tym modelu problem formatowania, transformacji informacji (zgodnie z potrzebami użytkownika określonego komputera końcowego) i sterowania kolejnością jej przepływu. Wszystko to po to, by zapewnić połączenie wirtualne wszystkim procesom użytkowników komputera obliczeniowego (tzw. host computer).

Tak więc zakres oprogramowania w tym przypadku jest znacznie większy i wykracza poza funkcje czysto użytkowe. Ma ono charakter specjalizowany i bardzo nadaje się do tworzenia typ-

wych standardów systemowych. To funkcjonalne rozgraniczenie roli podsieci i komputerów obliczeniowych, ułatwia, ogólnie rzecz biorąc, realizację oprogramowania i podział jego na niezależne, lecz współpracujące ze sobą bloki funkcjonalne. Jest to kluczowe zagadnienie, które należy rozwiązać przy projektowaniu sieci - rozgraniczenie roli podsieci i komputerów obliczeniowych, a w kontekście tego przesuwanie środka ciężkości systemu przetwarzania danych.

Optymalnie skonstruowany mechanizm transmisji danych i ich przetwarzania, pozwala na takie sterowanie przepływem pakietów w sieci, by nie dopuścić do jej przeciążenia. Tablica 1 zawiera zestawienie podstawowych cech połączenia wirtualnego i datagramowego, wpływających na specyfikę oprogramowania.

Sposób realizacji transmisji, która to cecha należy również do indywidualnej własności sieci, może być:

- transmisją ciągłą (w postaci transferu zbiorów),
- transmisją konwersacyjną (pytanie - odpowiedź).

W przypadku transferu zbiorów mamy do czynienia z informacją wielopakietową, natomiast dla transmisji konwersacyjnej jest to zazwyczaj po prostu jeden pakiet.

Właściwa, programowa realizacja związana ze: sposobem wyboru drogi transmisji w sieci, sposobem realizacji połączeń i sposobem realizacji transmisji - decyduje o niezawodności, wydajności i koszcie sieci. Jest to decydujące kryterium oceny jakości sieci.

Na uwagę zasługuje fakt, że standardowa implementacja programowa protokołu X.25, definiującego styk z użytkownikiem w sieci pakietowej, zawiera zarówno realizację usługi transmisji danych za pośrednictwem połączenia wirtualnego, jak też datagramowego. Zwykle w innym standardzie odbywają się połączenia wewnętrzne w ramach podsieci, a w innym połączenia zewnętrzne. Wskazuje na to analiza rozwoju topologii i oprogramowania różnych sieci światowych. Optymalne wykorzystanie tak skonstruowanego oprogramowania wymaga dużej znajomości zagadnień profesjonalnych od użytkownika i umiejętności realizacji aplikacji sieciowych wła-

Tablica 1

ZESTAWIENIE CECH SYSTEMOWYCH DLA OPROGRAMOWANIA MODELU POŁĄCZENIA WIRTUALNEGO I DATAGRAMOWEGO

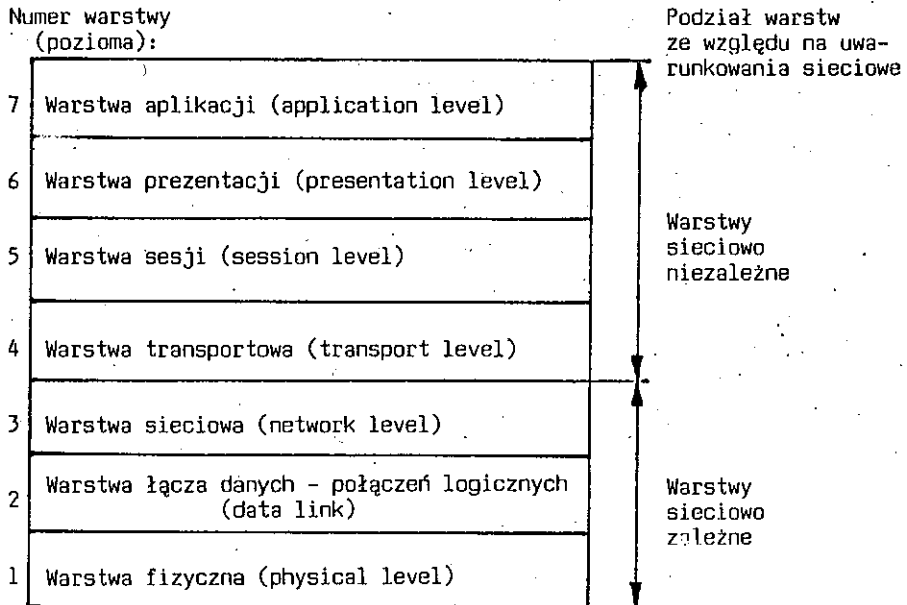
CECHY OPROGRAMOWANIA (zagadnienia podstawowe)	MODEL WIRTUALNY	MODEL DATAGRAMOWY
Sposób gromadzenia danych wejściowych	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sposób gromadzenia i transmisji zdeterminowany znajomością a priori drogi transmisji (alokacja dynamiczna).</li> <li>- Orientacja na obsłudze całego pakietu danych.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kolejność pakietów przypadkowa, informacja niespójna (pochodząca z różnych urządzeń końcowych i od różnych użytkowników) - alokacja statyczna.</li> <li>- Orientacja na obsłudze pakietów pochodzących z różnych źródeł.</li> </ul>
Rola komputera obliczeniowego	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Koncentracja na realizację funkcji użytkowych oprogramowania.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Koncentracja na realizację funkcji użytkowych oprogramowania.</li> <li>- Realizacja standardowych procedur transformacji i interpretacji pakietów.</li> <li>- Sterowanie kolejnością przepływu pakietów.</li> </ul>
Rola podsięci	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pełna kontrola i sterowanie kolejnością przepływu pakietów.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Podsięć nie jest wyposażana w systemowy aparat kontroli i sterowania.</li> </ul>
Sposób obsługi błędów	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Za pośrednictwem specjalizowanych procedur w podsięci.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Za pośrednictwem specjalizowanych procedur komputera obliczeniowego.</li> </ul>
Sposób definiowania odbiorcy	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Jednakowo dla pełnego transferu informacji.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Każdorazowo dla każdego pakietu w ramach danego transferu informacji.</li> </ul>
Sposób transmisji pakietów	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Systemowa kontrola nad zagwarantowaniem kolejności transferu pakietów.</li> <li>- Tylko jeden łącznik adresowy w pakiecie wiódącym.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kolejność pakietów przypadkowa.</li> <li>- Każdy pakiet posiada łącznik adresowy (spełalnie generowany).</li> <li>- "Porządkowanie" pakietów spoczywa w gestii komputera obliczeniowego.</li> </ul>

snych systemów użytkowych - aplikacji widzianych od strony sieci najniższego poziomu - w strukturze oprogramowania użytkowego najwyższego poziomu. Problem ten należy odnosić do warstwowego modelu OSI/ISO.

"Patrząc" natomiast od strony urządzenia końcowego, specyfika programowych pakietów aplikacyjnych zależy od roli i funkcji podsieci. Pakiet w tym kontekście należy utożsamiać np. z procedurą. W każdym modelu połączeń sieciowych owa zależność kształtuje się indywidualnie.

#### 4. HIERARCHICZNY MODEL ODNIESIENIA OSI/ISO - - SYSTEMOWA INTERPRETACJA STANDARDU

Podstawowym modelem dla wzajemnego połączenia i komunikacji między systemami otwartymi jest 7-warstwowy (7-poziomowy) model odniesienia OSI/ISO. Jego strukturę obrazuje rys. 2. Struktural-



Rys. 2. Model odniesienia OSI/ISO  
do wzajemnego połączenia systemów otwartych.

na definicja tego modelu ułatwia strukturalizację oprogramowania sieciowego. Stworzenie swoistego rodzaju systematyki oprogramowania dla sieci komputerowych jest bardzo istotnym zagadnieniem. Wprowadza ona bowiem określony ład systemowy, który z kolei gwarantuje w sieci nadzorowany systemowo ład informacyjny. Faktem jest jednak, iż w środowiskach naukowych (światowych i krajowych) brak jak dotąd pełnej jednoznaczności i zgodności w dziedzinie definiowania podstawowych zagadnień z tego zakresu. Podejmowanie prób ujednoczenia i standaryzowania podstawowych pojęć w tej dziedzinie, jak też sugerowanie powszechnie akceptowanych i sprawdzonych metod i technik w zakresie realizacji oprogramowania jest ze wszech miar pożyteczne i potrzebne.

Kolejnym krokiem systematyzującym i ułatwiającym oprogramowanie jest umiejętność funkcjonalnego rozgraniczenia zagadnień czysto komunikacyjnych w sieci od zagadnień czysto użytkowych. Pomaga to również w projektowaniu infrastruktury sprzętowej dla sieci (w zakresie poszczególnych podobszarów tematycznych - komunikacyjnego i użytkowego). Uzasadnia ponadto przedstawiony na rys. 2 podział modelu odniesienia na warstwy zależne i niezależne sieciowo. W tym kontekście patrząc na wspomniany model, dokonać można jeszcze następującego, funkcjonalnego podziału zasobów sieciowych.

Nośnikiem informacji w sieci, a zarazem ośrodkiem skupiającym wszelkie funkcje komunikacyjne jest podsieć transportowa. Składa się ona z:

- elementów komutacyjnych,
- i linii transmisyjnych.

Elementy komutacyjne, są to po prostu węzły sieci. Praktyczna ich implementacja w sieci z komutacją pakietów realizowana jest w komputerach wyposażonych w specjalizowane oprogramowanie, zwanych komputerami komunikacyjnymi. Często w terminologii telekomunikacyjnej te specjalizowane komputery określane są mianem komutatorów pakietów. Linie transmisyjne natomiast, są po prostu kanały sieciowe.

W podsieci transportowej (komunikacyjnej) realizowane są dwa typy połączeń:

- połączenia typu punkt-punkt,
- połączenia rozsiwcowe.

Pierwszy rodzaj połączeń opiera się na ustalonej a priori topologii połączeń związanej z architekturą sieci. Definicja architektury sieci zostanie podana nieco później. Drugi natomiast każdorazowo realizuje algorytm przesyłania informacji do wszystkich węzłów sieci. Te z kolei wybierają systemowo tylko te pakiety, które są do nich adresowane. Świadomie w tych rozważaniach pominięte zostały aspekty łączności radiowej i satelitarnej.

Realizacja zagadnień komunikacyjnych w sieci jest realizacją uwarunkowań technicznych dla sieci komputerowych. Poza nimi istnieją jeszcze (a może przede wszystkim) uwarunkowania społeczne. Jest to po prostu zagwarantowanie możliwości praktycznej realizacji procesu transmisji danych przez komputery obliczeniowe wspomagane przez sieć. Stanowi to zarazem podstawowy miernik użyteczności oprogramowania tego poziomu. Realizacja tej grupy zagadnień wymaga również specjalizowanego oprogramowania. Uwarunkowania, które tutaj należy brać pod uwagę, są jednak zupełnie odmienne. Należy do nich między innymi:

- klasa (generacja) komputera (komputerów),
- specyfika i własności systemu operacyjnego,
- specyfika syntaktyki i semantyki języka programowania,
- rodzaj translatora i przyjęta metodyka translacji,
- uwarunkowania realizacji przenośności oprogramowania,
- umiejętność wykorzystania oprogramowania emulacyjnego, (o ile takowe istnieje).

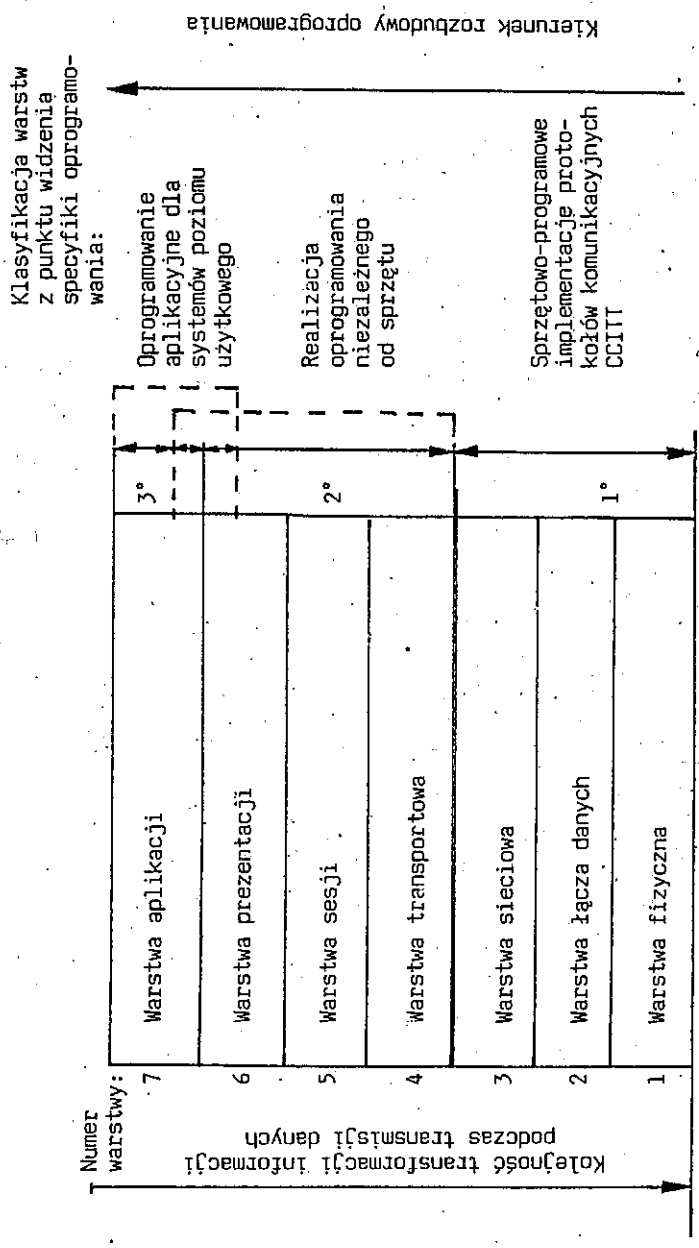
W kontekście tych uwarunkowań wyłania się grupa zagadnień czysto użytkowych, określających otwartość systemów, takich jak:

- \* zdefiniowanie architektury systemu użytkowego;
- \* zdefiniowanie zasad przetwarzania w trybie lokalnym i zdalnym, w tym zakresie zaś:
  - opracowanie standardowych algorytmów wymiany informacji między systemami (pracującymi w trybie rozproszonym),
  - opracowanie standardowych algorytmów wymiany informacji między bankami danych,
  - realizacja parametryzacji procedur odpowiedzialnych za wymianę informacji,
  - opracowanie reguł strukturalnej transformacji informacji,
  - określenie sposobów interpretacji informacji na poziomie użytkownika,
  - określenie jednoznacznych procedur redakcji i edycji informacji (rekordów) - stanowiących standard w stacjach końcowych i w centrum informacyjnym.

Różnorodność strukturalna w tym zakresie jest oczywiście możliwa. Trzeba sobie jednak zdawać sprawę, że niepotrzebnie obciąża ona wówczas komputery obliczeniowe, zaś sam proces wymiany informacji staje się mało efektywny. Te przesłanki winny decydować o konieczności optymalizacji oprogramowania. Taką metodykę podejścia do oprogramowania przedstawia rys. 3. Szczegółowa jego interpretacja zaprezentowana zostanie nieco później.

Przypisanie określonej roli i funkcji każdej z warstw modelu OSI/ISO oraz ustalenie zasad wymiany informacji między nimi pozwala, jak wspomniano, na logiczne uporządkowanie i usystematyzowanie oprogramowania w ramach każdej z nich. Te ustalenia z kolei systematyzują reguły wymiany informacji między poszczególnymi warstwami (w pionie i w poziomie) i decydują o charakterze, liczbie i rodzaju występujących w sieci interfejsów programowych (sprzęgów) oraz protokołów wewnętrznych poziomu sieciowo-zależnego i protokołów wewnętrznych poziomu użytkowego. Zaś takie konsekwentne podejście do realizacji omawianego problemu rzutuje na sposób wymiany informacji między różnymi sie-





Rys. 3. Strukturalna interpretacja modelu odniesienia OSI/ISO

ciami (obowiązuje naturalnie respektowanie zaleceń CCITT oraz ISO). One bowiem narzucają określone ramy projektowe i dopiero w ich zakresie rozważana może być pewna swoboda implementacyjna.

Programowa realizacja ogólnie przyjętych zaleceń dotyczących struktury i zasad wymiany informacji w każdej sieci ma ściśle określony charakter. Mówimy wówczas o określonym sposobie implementacji zaleceń w sieci. Ta, swoiście pojmowana dowolność implementacyjna nie powinna być utożsamiana z pełną swobodą dopuszczania do eksploatacji, w ramach jednej sieci, wielu wariantów implementacyjnych. Konieczne jest dokonanie jednoznacznego wyboru i przyjęcie jednego standardu systemowo-programowego. Ten aspekt bowiem decyduje między innymi o efektywności sieci.

W modelu odniesienia OSI/ISO trzy pierwsze warstwy, tzn. fizyczna, łącza danych (zwana również warstwą połączeń logicznych) i sieciowa noszą nazwę warstw sieciowo zależnych. Ich specyfika realizacyjna na poziomie oprogramowania ściśle związana jest z topologią sieci. Natomiast warstwy: transportowa, sesji, prezentacji i aplikacji - to warstwy sieciowo niezależne. W systemowej ich interpretacji wiodącą rolę odgrywa struktura informacji, a nie uwarunkowania topologiczno-sprzętowe.

Przyjmując ten podział za punkt odniesienia w rozważaniach, można na model OSI/ISO spojrzeć nieco inaczej. Tak właśnie, jak pokazano to na rys. 3.

Z punktu widzenia specyfiki oprogramowania 7-warstwowy model odniesienia OSI/ISO podzielić można na trzy bloki tematyczne, a mianowicie:

- 1 - obszar hardwarowo-sofwarowych implementacji protokołów komunikacyjnych CCITT,
- 2 - obszar realizacji oprogramowania niezależnego od sprzętu,
- 3 - obszar realizacji oprogramowania aplikacyjnego dla systemów poziomu użytkowego (tego, który wcześniej określono mianem najniższego).

W modelu OSI/ISO, jak widać jest to poziom najwyższy. Jego realizację warunkuje jednak realizacja poziomów niższych. Patrząc od strony komputera obliczeniowego, oprogramowanie to zajmuje poziom najniższy. Nie wynika to z braku logiki rozważań, lecz bierze się stąd, iż rozważania te charakteryzuje pewien poziom uogólnienia i abstrakcji. Więcej, stanowią one zestaw interdyscyplinarny z pogranicza telekomunikacji i informatyki. Różnorodność terminologiczna w obszarze tych dyscyplin i indywidualna hierarchizacja oprogramowania w zakresie każdej z nich, utrudnia jednoznaczne ujęcie niektórych pojęć.

Obszary 1°, 2°, 3° stanowią podstawowe elementy dla strukturalizacji sieci i w nich zawiera się elementarna metodyka realizacji oprogramowania sieciowego. Pewne, z pozoru istotne różnice interpretacyjne pojawiające się w tym zakresie w literaturze (poza aspektem, o którym była mowa powyżej), wynikają głównie z przyjęcia różnego punktu odniesienia dla analizy systemowej. Można bowiem na model i wymagania związane z jego realizacją patrzeć od strony sieci, można też to samo zagadnienie analizować od strony urządzeń końcowych, którymi w omawianym przypadku są komputery połączone w sieć za pośrednictwem podsieci transportowej (rys. 1).

Zrozumienie istoty funkcjonalnego znaczenia wyszczególnionych obszarów w ramach modelu OSI/SIO (1°, 2°, 3°) będzie pełniejsze po krótkim scharakteryzowaniu roli kolejnych warstw w omawianym modelu. Charakterystyka poszczególnych warstw dotyczy tzw. modelu uogólnionego, co oznacza możliwość występowania pewnych różnic przy praktycznej realizacji różnych sieci. Obowiązuje jednak w tym modelu pewna zasada ogólna. Z założenia każda warstwa niższego poziomu dostarcza informacji warstwie poziomemu wyższego (następnego). Jest to tzw. komunikacja pionowa. Mówimy wówczas o definicji tzw. sprzęgu w sieci (interface). Sprzęgi te mają najczęściej charakter programowy, stąd określenie interface programowy. Ponadto dopuszcza się możliwość komunikacji między tymi samymi poziomami (warstwami) modelu strukturalnego różnych urządzeń końcowych (komputerów). Jest to tzw. komunikacja pozioma.

W tym obszarze zastosowań praktycznych, przy sprzężeniu różnych komputerów w procesie wymiany informacji, definiowane są pewne, standardowe protokoły wewnętrzne dla każdej sieci. Są to po prostu protokoły danego poziomu.

Tak więc, indywidualne standardy protokołów tworzone są w obszarze sieciowo zależnym i w obszarze zastosowań użytkowych (na rys. 3 jest to obszar 1° i 3°, zaś 2° stanowi grupę uniwersalnych standardów, niezależnych od sprzętu). Poza warstwą fizyczną sposób połączeń między tymi warstwami ma charakter wirtualny.

Interfejsy programowe i protokoły wewnętrzne warstw sieciowo niezależnych, jak dotąd nie podlegają rygorystycznym ustaleniom międzynarodowym. Co więcej, decydują one o specyfice danej sieci i leżą u podstaw ich różnorodności, czy wręcz odmienności. Systematykę systemową w tym obszarze administracja każdego państwa tworzy we własnym zakresie. Jest ona najczęściej objęta tajemnicą.

Należy zwrócić uwagę na jeszcze jeden istotny aspekt systemowy w sieci. Definiowanie i tworzenie protokołów wewnętrznych poziomu użytkowego znacznie upraszcza się, gdy urządzeniami końcowymi w sieci są komputery tej samej klasy, pracujące pod tym samym systemem operacyjnym, zaś języki programowania użyte do konstruowania oprogramowania użytkowego są takie same (bądź charakteryzują się podobną syntaktyką) i dodatkowo do ich translacji użyto podobnych technik z generacją tego samego kodu wewnętrznego (wynikowego). Ułatwia to tworzenie standardów protokołów wewnętrznych dla sieci i zarazem minimalizuje ich liczbę. Przy projektowaniu tych standardowych protokołów interesować winny projektanta na wstępie jedynie zasady strukturalnej transformacji informacji (z formatu na format). W interpretację merytoryczną zawartości formatów danych (informacji), na tym etapie nie należy wnikać. Interpretacji tej dokonuje najniższy poziom użytkowy systemu (eksploatowanego w urządzeniu końcowym, nie koniecznie jednak tam posadowionego). Podejście takie stanowi istotny element odciążenia sieci, co zarazem podnosi jej niezawodność.

Gdyby takie, jak wskazano, podejście do zagadnienia było niemożliwe, można zastosować inne kryterium. Mianowicie kryterium minimalizacji różnorodności dopuszczanego do sieci sprzętu komputerowego oraz staranne dobranie oprogramowania systemowego wyższego poziomu (o czym wspomniano w rozdziale o istocie problemu poprzedzającym wstęp).

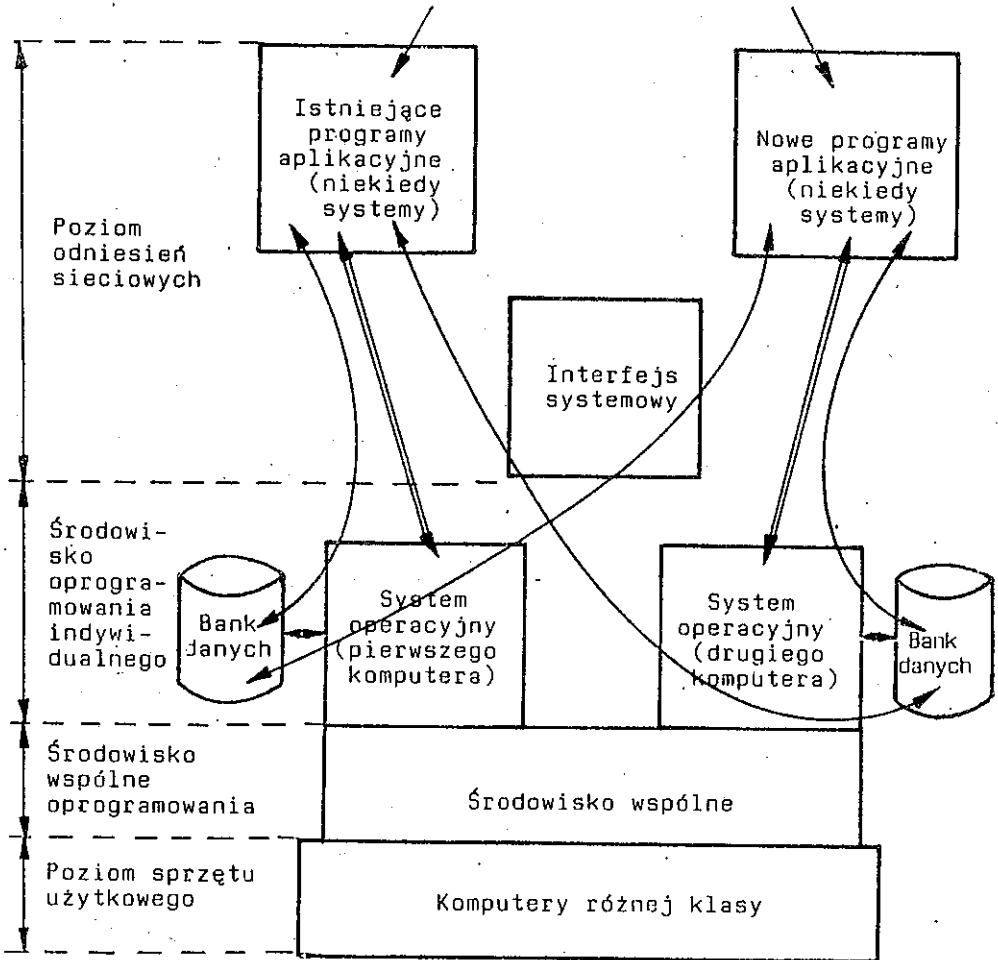
Konsekwencją takiego postępowania jest konieczność stworzenia  dodatkowych standardów systemowych (mieszczących się w grupie 2° modelu OSI/ISO na rys. 3), pełniących rolę interfejsów systemowych, realizujących komunikację między różnymi systemami operacyjnymi bądź gwarantujących pracę systemów użytkowych pod emulatorem (emulatorami). Zasadę konstrukcji i współpracy takich interfejsów pokazuje rys. 4.

Również i w tym zakresie istotą postępowania projektowego jest minimalizacja liczby tych standardów. W tym wariancie wiąże się to nie tylko z koniecznością odciążenia sieci, ale w równej mierze wpływa na efektywność czasową procesu wymiany informacji. Ponadto ta grupa standardów decyduje o przeñośności oprogramowania, elemencie niezwykle istotnym dla sieci.

Oprogramowanie z grupy 1° i 2° nadaje sieci przezroczystość i od jego jakości zależy jakość sieci. Grupa 3° to sfera aplikacji użytkowych i tak naprawdę, jedynie ona powinna być wymierna i dostępna dla użytkownika. W tym obszarze zawiera się interpretacja merytoryczna zawartości informacyjnej formatów (rekordów). Granica między oprogramowaniem grupy 2° i 3° jest płynna i w głównej mierze zależy od specyfiki problemu użytkownika i jego systemowej realizacji (jest to linia przerywana na rys. 3). Od projektanta i użytkownika bowiem zależy, na której warstwie modelu kończy się wymiana informacji. Nie dla każdej aplikacji użytkowej wszystkie warstwy sieciowo niezależne modelu OSI/ISO są obowiązujące (i o tym należy pamiętać). W ramach tego samego systemu użytkowego eksploatowanego w trybie rozproszonym, poziomy dostępności informacji winny być takie same (oczywiście może być ich kilka).

W przypadku współpracy różnych systemów użytkowych, wymagana jest dokładna analiza ich architektury i proponowanych algorytmów wymiany informacji. Protokół wewnętrzny (sieciowy) wy-

## Środowisko programów użytkowych



↔ Podstawowe drogi przepływu informacji

→ Drogi przepływu w środowisku rozproszonym (sieciowym)

Założono standardowe struktury banków danych.

Rys. 4. Zasada konstrukcji interfejsów systemowych

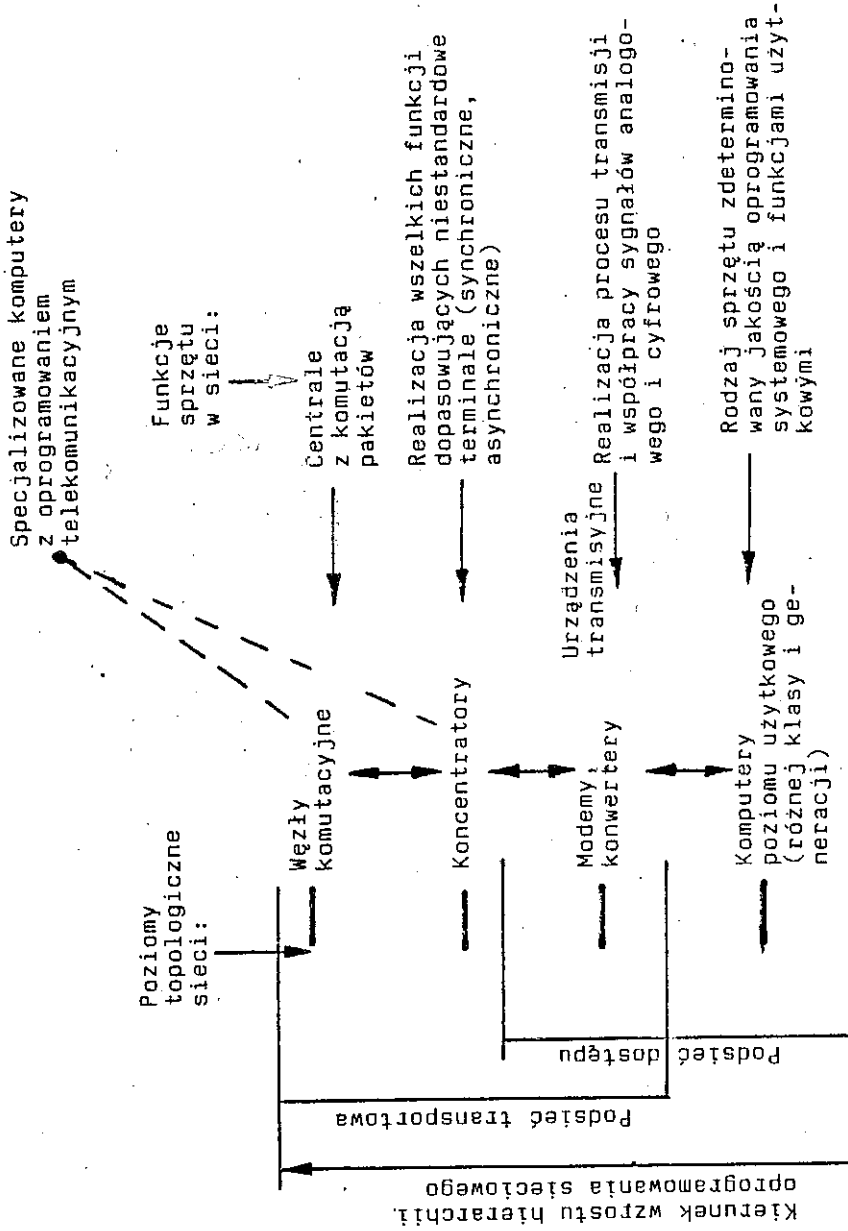
miany informacji między nimi, powinien - operując pojęciem z algebry Boole'a - stanowić zbiór wspólny. Jest to istotą minimalizacji standardów systemowych w sieci.

Wspomniane już interfejsy programowe (sprzęgi), protokoły wewnętrzne poziomu sieciowo zależnego i sieciowo niezależnego, interfejsy systemowe i programowe dla oprogramowania poziomu użytkowego oraz standardowe algorytmy wymiany informacji, stanowią charakterystyczną dla danej sieci infrastrukturę systemową. W połączeniu z urządzeniami dla sieci tworzą one infrastrukturę sprzętowo-systemową.

Hierarchia funkcjonalna urządzeń w sieci pokazana została na rys. 5. Oprogramowanie i sprzęt stanowią tutaj ściśle określoną, logiczną całość. Należy zwrócić uwagę, iż hierarchia sprzętu i oprogramowania nieco inaczej widziana jest od strony sieci i nieco inaczej od strony komputera użytkowego. W związku z tym, szczególnie w tym zakresie, nie mogą pojawiać się nieścisłości interpretacyjne.

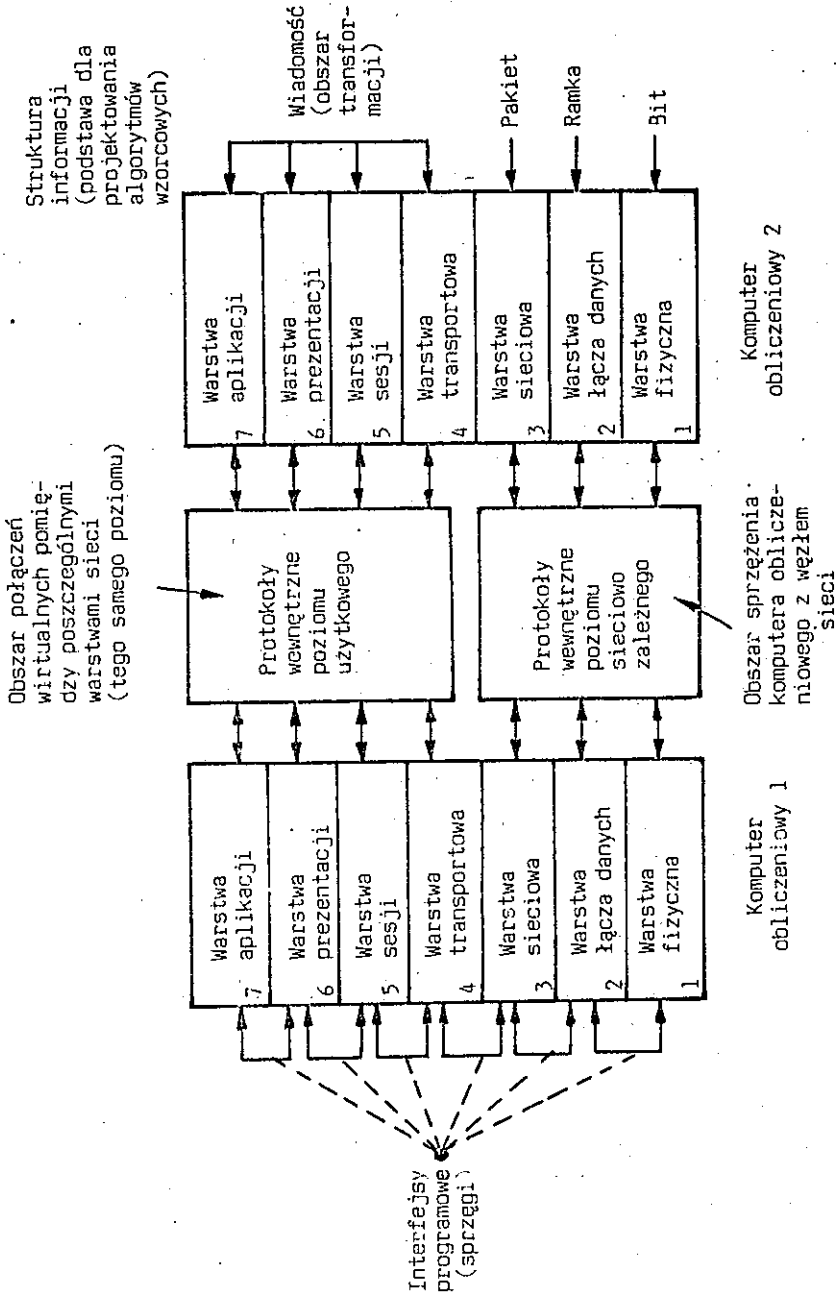
W grupie podstawowych pojęć składających się na pełną charakterystykę modelu odniesienia OSI/ISO, jeszcze jedno ma istotne znaczenie. Podobnie jak każdy system posiada własną architekturę, tak też każda sieć, poza określoną topologią posiada określoną architekturę. Pod pojęciem topologii rozumiana jest określona hierarchiczna lokalizacja sprzętu w sieci (obrazuje to rys. 5 - oczywiście w pewnym uproszczeniu). Na architekturę sieci natomiast, poza jednoznacznie zdefiniowanym modelem warstwowym, składają się odpowiednio zdefiniowane protokoły wymiany informacji między urządzeniami końcowymi w ramach poszczególnych poziomów sieci. Chodzi tutaj o zaplanowanie i zaprojektowanie pewnego rodzaju optimum między liczbą funkcji realizowanych przez poszczególne warstwy modelu OSI/ISO i przypisanie im określonej liczby standardowych algorytmów, zachowując pewne specyfiki dotyczące każdej warstwy. W przeciwnym przypadku hierarchiczny model nie miałby większego sensu.

Takie spojrzenie na architekturę sieci obrazuje rys. 6. W miarę jednoznacznie rozgranicza on poszczególne poziomy oprogramowania. Specyfikę funkcjonalną każdego z tych poziomów bę-



Rys. 5. Sprzętowa infrastruktura sieciowa





Rys. 6. Architektura sieci w ujęciu strukturalnym

dzie można określić precyzyjnie po dokładnym scharakteryzowaniu każdej warstwy modelu OSI/ISO.

## 5. WŁASNOŚCI FUNKCJONALNE POSZCZEGÓLNYCH WARSTW MODELU ODNIESIENIA.

Analiza porównawcza różnych rozwiązań sieciowych spotykanych w skali międzynarodowej prowadzi do wychwycenia istotnych różnic implementacyjnych i równie istotnych, z funkcjonalnego punktu widzenia, podobieństw. Te ostatnie pozwalają na dokonanie pewnych uogólnień, które charakteryzują modelową sieć z komutacją pakietów. Tak więc, rolę poszczególnych warstw w sieci scharakteryzować można następująco:

### 1. Warstwa fizyczna

- generowanie informacji w postaci ciągu bitów,
- kontrola poprawności transmisji.

### 2. Warstwa łącza danych

- zestawianie ciągu bitów w ramki,
- eliminowanie ewentualnych duplikatów ramek,
- powielanie ramek błędnie wygenerowanych.

### 3. Warstwa sieciowa

- tworzenie pakietów informacyjnych,
- definiowanie sprzęgu węzeł-komputer użytkowy;
- identyfikowanie i wybieranie drogi do transmisji pakietu,
- dzielenie zadań pomiędzy węzły i komputery obliczeniowe,
- ustalenie hierarchii transmisji pakietów,
- kompleksowe rozwiązywanie problemu sterowania ruchem pakietów,
- analizowanie obciążenia sieci,

- systemowe realizowanie taryfikacji krajowej i międzynarodowej (jednostką informacji jest pakiet, standardowej długości),
- generowanie zestawień i statystyk.

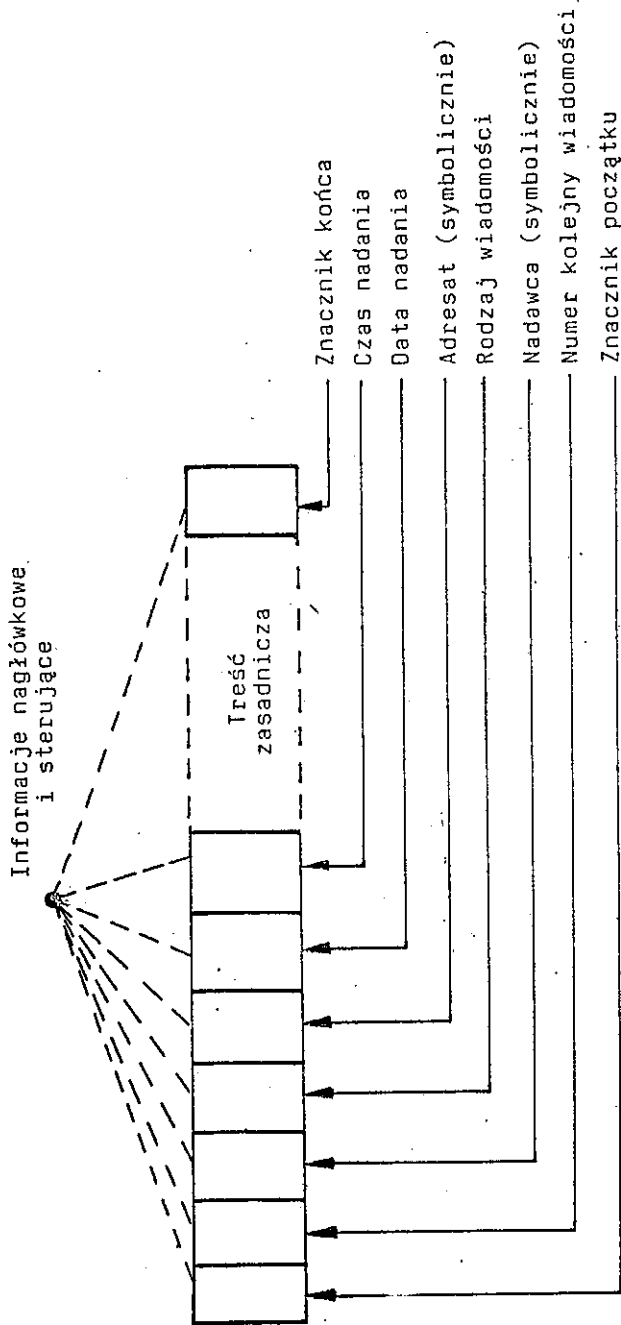
#### 4. Warstwa transportowa

Jest to warstwa typu nadawca-odbiorca. Następuje tutaj wymiana wiadomości (informacji) w standardowej strukturze. Warstwa ta wyposażona jest w systemowy aparat interpretacji informacji nagłówkowych i sterujących, a także aparat gwarantujący prawidłowe kojarzenie połączeń (w przypadku np. komputerów pracujących w trybie wieloprogramowym).

Warstwa transportowa realizuje ponadto następujące funkcje:

- łączenie między sobą komputerów obliczeniowych,
- dzielenie wiadomości na mniejsze bloki,
- inicjowanie kolejnych połączeń sieciowych do realizacji transferu wiadomości;
- kontrolowanie poprawności transmisji,
- realizowanie wirtualnego połączenia punkt-punkt celem przesłania informacji do warstwy sesji, z zachowaniem kolejności nadawanej informacji,
- realizowanie transmisji bez zachowania kolejności,
- realizowanie transmisji rozsiewczej,
- realizowanie systemowego mechanizmu adresowania,
- realizowanie systemowego mechanizmu regulującego przepływ informacji (wypływa to z konieczności regulacji strumienia informacji w przypadku komputerów końcowych pracujących z różną szybkością).

Adresy transportowe generowane w tej warstwie są interpretowane na poziomie systemu operacyjnego komputera obliczeniowego. Większość funkcji systemowych tego poziomu realizuje system operacyjny komputera obliczeniowego. W terminologii telekomuni-



Rys. 7. Przykładowa struktura wiadomości poziomu transportowego

Kacyjnej nosi on nazwę stacji transportowej (transport station). Rys. 7 przedstawia przykładową strukturę wiadomości poziomu transportowego. Podstawowy człon informacyjny wzbogacony jest na tym etapie w informacje nagłówkowe i sterujące.

## 5. Warstwa sesji

W warstwie tej odbywa się realizacja połączeń na poziomie procesów, innymi słowy na poziomie oprogramowania użytkowego. W grupie zagadnień mieszczących się w tym zakresie występują między innymi następujące zadania:

- realizowanie połączeń na poziomie systemów między odległymi komputerami końcowymi w trybie z podziałem czasu (time sharing),
- realizowanie połączeń gwarantujących transfer zbiorów,
- generowanie odpowiednich pól adresowych (interpretowane są one przez programy użytkowe danego komputera obliczeniowego; mówimy wówczas o adresach użytkowych),
- realizowanie aparatu transformacji adresowych.

Zależnie od rodzaju zestawianego połączenia, w warstwie tej dokonuje się transformacja adresów transportowych na adresy użytkowe warstwy sesji bądź odwrotnie. Jak więc widać, wyraźnie rozróżniane są tutaj poziomy nawiązywania połączeń w obszarze oprogramowania systemowego, zarówno operacyjnego, jak też użytkowego. Ponadto do problemów rozstrzyganych w obszarze tej warstwy należą:

- ustalanie rodzaju transmisji (półdupleks, dupleks);
- organizowanie i realizowanie aparatu ochrony transakcji związanych z operacjami na bazie danych i dotyczących transferu baz danych (tworzenie podzbiorów na życzenie użytkownika); wiąże się to z koniecznością zachowania spójności baz danych; dlatego między innymi aparat programowy w tym zakresie grupuje pełną wiadomość i tak skompletowaną przekazuje użytkownikowi;

- zależnie od specyfiki warstwy transportowej warstwa sesji niekiedy porządkuje wiadomości przed ich skierowaniem do użytkownika; nie jest to jednak generalną zasadą.

Funkcjonalnie warstwy 4 i 5 są bardzo do siebie podobne. Nie zawsze, biorąc pod uwagę specyfikę oprogramowania użytkowego, zasadne jest rozdzielanie tych funkcji i tworzenie niezależnych modułów. Dlatego też w pewnych implementacjach sieciowych warstwy te stanowią po prostu jedną, logicznie spójną całość.

## 6. Warstwa prezentacji

Obszar systemowych zastosowań w tej warstwie sprowadza się do realizacji standardowych algorytmów wymiany informacji. O algorytmach tych wspomniano przy okazji omawiania procesu nawiązywania połączeń między poszczególnymi (odpowiednimi) warstwami modelu OSI/ISO różnych komputerów końcowych. Ten rodzaj połączeń nazwano komunikacją poziomą.

Oprogramowanie systemowe tej warstwy gromadzi wspomniane algorytmy w specjalizowanych bibliotekach programów standardowych. Niekiedy stanowią one część składową systemu operacyjnego. W różnych, programowych implementacjach sieciowych rozwiązanie tego problemu może być inne. Poziom interpretacji informacji będzie wówczas różny, sposób interpretacji natomiast jest taki sam. Czas dostępu do informacji i czas realizacji procesu wymiany informacji będą również różne. Na te ewentualne różnice czasowe algorytmy systemowe muszą być uczulone w procesie gromadzenia (buforowania) i dystrybucji informacji.

Podstawowym zadaniem warstwy prezentacji jest kompresja tekstu (informacji). Proces ten polega na transformacji informacji z postaci i formatów standardowych (z punktu widzenia transmisji sieciowej) do postaci informacji użytecznej (z punktu widzenia systemu użytkowego i odbiorcy informacji). Pomijane są na tym poziomie przetwarzania informacje nagłówkowe i sterujące. Oczywiście zależy to od tego, czy informacja przekazywana będzie warstwie wyższej czy niższej. Dokonywana jest ponadto interpretacja zgodnie z wymaganiami danego (dopuszczonego do sieci) systemu użytkowego. Ogólnie określając ten proces, kom-

presja polega na usuwaniu redundancji informacji i jej pełnej interpretacji (np. eliminacji powtarzających się znaków).

W omawianej warstwie odbywają się również transformacje kodowe. Postępowanie takie jest możliwe, ponieważ jest to najniższy poziom przetwarzania z punktu widzenia komputera obliczeniowego. Może to być między innymi zamiana kodu ASCII na EBCDIC lub odwrotnie.

Na poziomie przekształceń strukturalnych w warstwie prezentacji odbywają się ponadto transformacje formatów danych (z formatu na format). Ze standardowego formatu sieciowego, który jest elementem składowym standardowych algorytmów, dokonuje się przekształcenie na standardowe formaty obowiązujące w danym systemie użytkowym (lub odwrotnie - zależnie od kierunku transmisji).

W warstwie tej odbywa się również realizacja zabezpieczania przesyłanej informacji. Realizowana jest ona najczęściej metodą szyfrowania wiadomości. Wyróżniamy trzy podstawowe klasy zabezpieczania informacji:

- zabezpieczanie fizycznego dostępu do systemu,
- zabezpieczanie na poziomie systemu operacyjnego, (uprawnienia i priorytety, hierarchia dostępu do informacji),
- zabezpieczenia kryptograficzne.

W zakresie ostatniej klasy zabezpieczania informacji wyróżniamy następujące rodzaje szyfrów:

- permutacyjne,
- podstawieniowe,
- iloczynowe.

Metoda szyfrowania stosowana w warstwie prezentacji jest realizacją jednej z dostępnych metod kryptograficznych. Na ich praktyczną realizację w wersji sieciowej obowiązują normy i standardy międzynarodowe. Inne mogą obowiązywać w obszarze danej sieci, a inne na styku z sieciami międzynarodowymi. Realizacja metod kryptograficznych w sieci, poza kosztem, powoduje opóźnienie transmisji informacji (wiadomości), z czego projektant musi sobie zdawać sprawę.

Uogólniając, warstwa prezentacji stanowi obszar systemowych realizacji standardowych algorytmów wymiany informacji (wiadomości), wynikłych z różnic sprzętowych komputerów obliczeniowych i specyfiki oprogramowania na poziomie systemu operacyjnego i systemów użytkowych współpracujących ze sobą w sieci.

## 7. Warstwa aplikacji

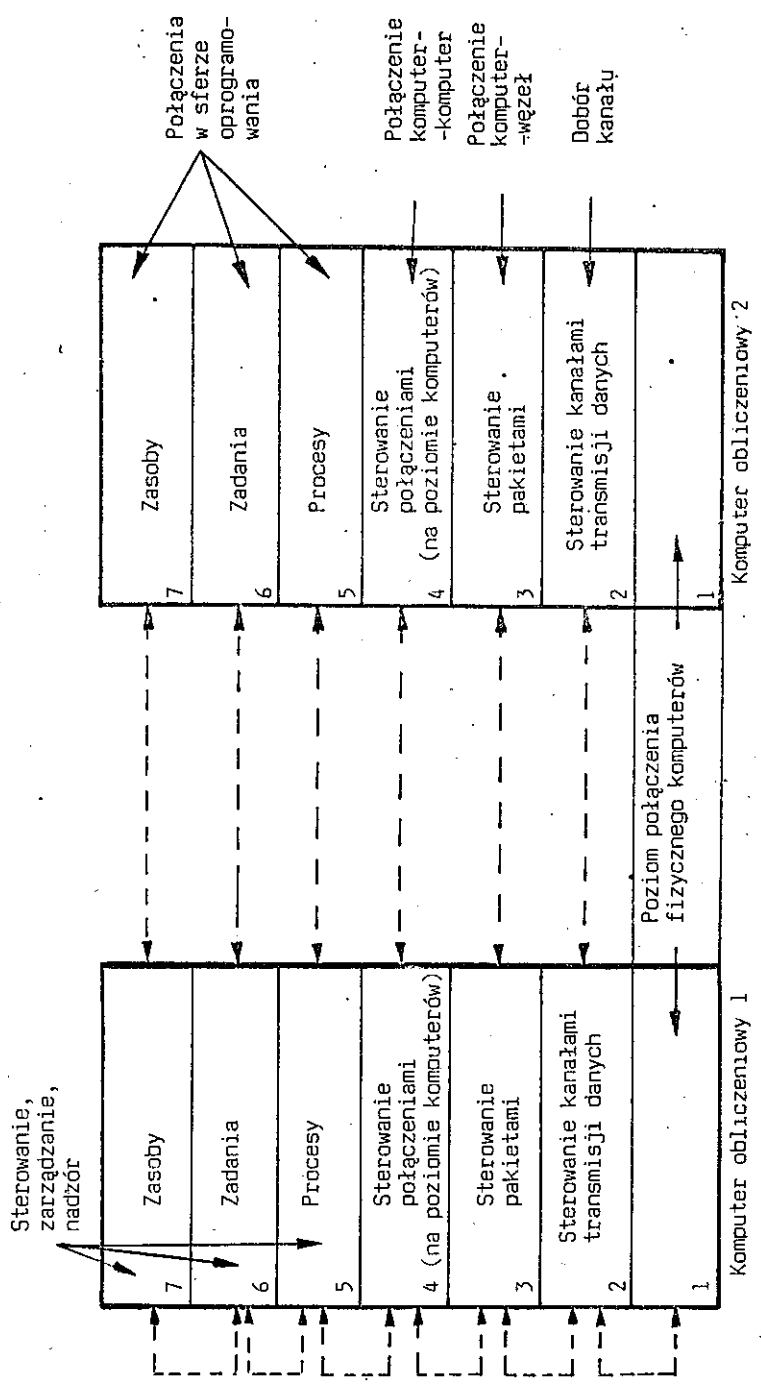
Warstwa aplikacji realizuje wymianę informacji na najniższym poziomie, a więc na poziomie programów użytkowych. Zagadnienia wymagające rozwiązania w tym zakresie są następujące:

- ustalenie formatów wymienianych informacji (wiadomości),
- oprogramowanie reakcji systemu w przypadku przyjęcia określonego formatu informacji,
- oprogramowanie reakcji systemu w przypadku sytuacji awaryjnej (są to tzw. zabezpieczenia systemowe),
- realizacja oprogramowania nadającego sieci przezroczystość kodową (o czym była już mowa).

Wiąże się to ze specyfiką między innymi rozgraniczenia linii podziału między przetwarzaniem centralnym i rozproszonym, dystrybucją zasobów informacyjnych, przydziałem zadań indywidualnym komputerom obliczeniowym, definicją protokołów wewnętrznych poziomu użytkowego. Praktyczna implementacja tej grupy zagadnień decyduje o charakterze integracji i specjalizacji w sieci, jest jej indywidualną własnością.

Przedstawione powyżej systemowe rozważania na temat funkcjonalnej specyfiki poszczególnych warstw modelu odniesienia OSI/ISO, pozwalają na odmienną, systemową interpretację architektury sieci z komutacją pakietów. Interpretację taką obrazuje rys. 8. Interpretacja ta odzwierciedla poszczególne poziomy oprogramowania, realizujące funkcje, o których była mowa. Systemowe spojrzenie na model odniesienia OSI/ISO posiada szczególne znaczenie przy realizacji oprogramowania dla systemów przestrzennie rozległych. Ułatwia ono systematyzację pewnych zagadnień, prowadząc do zagwarantowania tym systemom spójności.





Rys. 8. Architektura sieci w ujęciu systemowym (interpretacja związana z podziałem na poziomy oprogramowania)

Ważna jest ona nie tylko z metodycznego punktu widzenia, ale przede wszystkim z punktu widzenia możliwości realizacji efektywności i niezawodności procesu wymiany informacji.

## 6. ZAKOŃCZENIE

Umiejętność organizacji wzajemnej spójności systemów i kompatybilności strukturalno-funkcjonalnej, decydują w głównej mierze o przydatności sieci. Następnym jest z kolei możliwość realizacji procesu agregacji zasobów informacyjnych z różnych baz danych. Ten etap musi być optymalnie rozwiązany przy realizacji sprzężeń programowych dla powiązań między systemami międzyresortowymi.

W następnych publikacjach z tego cyklu zostaną poruszone następujące problemy:

- systemowe aspekty przenośności oprogramowania i sposoby jej realizacji,
- zasady tworzenia standardów systemowych w grupie oprogramowania poziomu użytkowego,
- sposób realizacji otwartości systemów przy rozproszonej alokacji zasobów programowych w sieci,
- sposoby tworzenia uniwersalnych implementacji protokołów CCITT i zaleceń ISO, tak by zawierały się w standardach międzynarodowych i decydowały o otwartości systemów użytkowych dla współpracy międzynarodowej

Ponadto zostanie dokonana próba algorytmizacji problemów na podstawie dostępnych, powszechnie używanych i sprawdzonych metod i technik projektowania.

## WYKAZ LITERATURY

1. Abramson N., Kuo F.F.: Sieci telekomunikacyjne komputerów. WNT, Warszawa 1978.
2. Bazewicz M.: Własności i funkcje sieci komputerowych. Politechnika Wrocławska, Wrocław 1983.
3. Bielecki J.: System VSAM. WNT, Warszawa 1987.
4. Butriemienko A.W.: Projektowanie i eksploatacja sieci komputerowych. WNT, Warszawa 1983.
5. Maroński J., Rupińska M.: Computer Networks Terminology. PAN, Warszawa 1980.
6. Materiały informacyjne firm: ICL, IBM, AREL, CASE TELECOMMUNICATION, ZE "ELWRD".
7. Meadow C.H.T.: Analiza systemów informacyjnych. WNT, Warszawa 1972.
8. Rosner R.D.: Satellites, Packets, and Distributed Telecommunications. Lifetime Learning Publications Belmont. California 1984.
9. Siwak-Szczepek E.: Rozwój systemów teleinformatycznych. Wiadomości Telekomunikacyjne, nr 10, 1979.
10. Siwak Szczepek E.: Teleinformatyka i zarządzanie. Wiadomości Telekomunikacyjne, nr 4, 1979.
11. Siwak-Szczepek E.: Założenia metodyczne dla realizacji przenośności oprogramowania systemów specjalizowanych, z wykorzystaniem aparatu lingwistyki matematycznej i teorii języków formalnych do kontroli poprawności realizacji. OIT, Warszawa 1981.
12. Tanenbaum A.: Organizacja maszyn cyfrowych w ujęciu strukturalnym. WNT, Warszawa 1988.
13. Tanenbaum A.: Sieci komputerowe. WNT, Warszawa 1988.
14. Ullman J.D.: Systemy baz danych. WNT, Warszawa 1988.
15. Waite W.M., Goos G.: Konstrukcja kompilatorów. WNT, Warszawa 1989.

