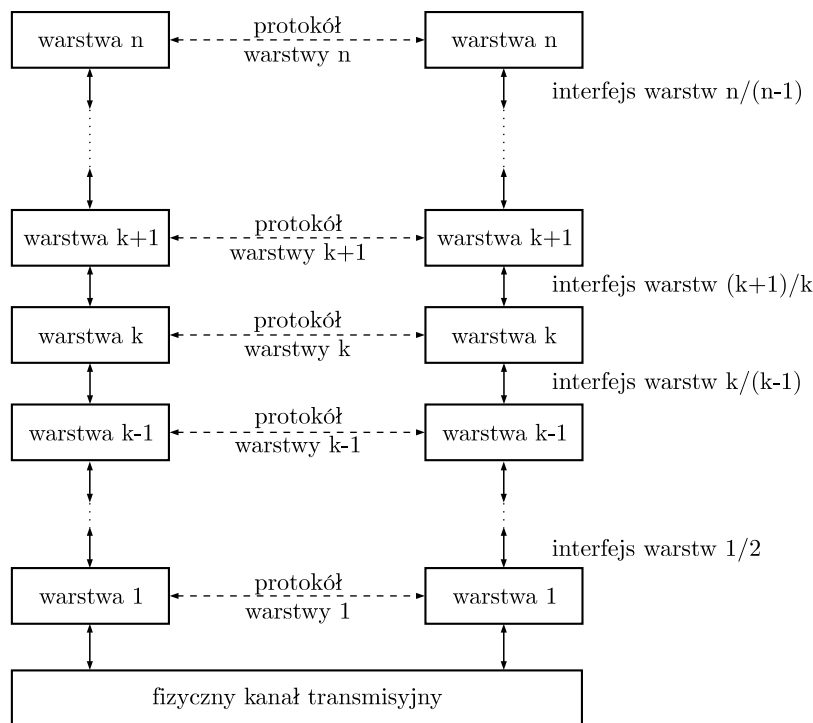


Część I

Architektury sieci komputerowych – Hierarchia protokołów

Dla ułatwienia procesu projektowania współczesnych sieci komputerowych przyjęto założenie, że będą one posiadać w miarę prostą strukturę logiczną. Ostatecznie zdecydowano, że sieć komputerowa będzie zorganizowana



Rysunek 1: Warstwowa struktura sieci komputerowej

wana w postaci szeregu uzależnionych od siebie warstw lub poziomów pokazanych na rys. 1. Liczba i nazwy warstw w sieci, jak też przyporządkowywane im funkcje są różne, w zależności od sieci. Najczęściej jednak we wszystkich sieciach obowiązuje zasada, że celem każdej warstwy jest oferowanie określonych usług warstwie wyższej, bez precyzowania szczegółów, w jaki sposób te usługi mają być realizowane. Przyjęto zasadę, że warstwa k -ta jednego komputera prowadzi konwersację z warstwą o tym samym numerze innego komputera. Taką konwersację nazywa się *procesem k -tej warstwy*, a reguły tej konwersacji noszą nazwę *protokołu k -tej warstwy*. Inaczej mówiąc, procesy porozumiewają się ze sobą, stosując protokół.

W rzeczywistości nie ma bezpośredniego transferu danych z warstwy k -

tej jednego komputera do warstwy k -tej komputera drugiego. Każda warstwa przekazuje dane i informację sterującą warstwie położonej niżej, do momentu osiągnięcia warstwy najniższej. Poniżej warstwy o numerze 1 znajdują się rzeczywiste, *fizyczne środki komunikacji*, czyli konkretne urządzenia, dzięki którym możliwa jest komunikacja między warstwami. Tak więc bezpośrednia komunikacja między warstwami w rzeczywistości nie istnieje: jest to komunikacja wirtualna (pozorna). Drogi komunikacji wirtualnej zaznaczono na rys. 1. linią przerywaną, podczas gdy komunikację fizyczną, rzeczywistą, reprezentuje linia ciągła. Między każdą parą sąsiadujących ze sobą warstw znajduje się *interfejs*, definiujący jakie pierwotne operacje i usługi oferuje warstwa niższa warstwie wyższej.

Zestaw warstw i protokołów nazywa się *architekturą sieci*. Dokumentacja architektury sieci musi zawierać pełną informację, niezbędną do napisania programów i skonstruowania urządzeń potrzebnych każdej warstwie dla poprawnego przestrzegania odpowiedniego protokołu. Każda warstwa musi posiadać mechanizm, pozwalający ustalać stosowne połączenia. Sieć zawiera zwykle wiele komputerów, a niektóre z nich posiadają po kilka procesów. W takiej sytuacji potrzebne są odpowiednie środki, pozwalające procesowi jednego komputera określić, z jakim procesem zamierza się komunikować. Do takich środków można zaliczyć odpowiedni system adresowania, niezbędny dla wybierania procesów. Z mechanizmem ustalania połączeń w sieci związany jest ściśle mechanizm rozłączania procesów po ich zakończeniu.

Inna grupa problemów projektowania sieci komputerowej dotyczy zasad przekazywania danych. W niektórych sieciach dane przesyła się tylko w jednym kierunku (łącza jednokierunkowe, simpleksowe), inne wymagają transmisji dwukierunkowej, lecz nie równoczesnej (łącza naprzemienne lub inaczej półdupleksowe). Są też sieci, w których transmisja odbywa się równocześnie w obydwu kierunkach (łącza dwukierunkowe równoczesne, czyli duplexowe).

Protokół powinien również ustalać, ile kanałów logicznych musi posiadać jedno połączenie. Zwykle przyjmuje się dwa kanały logiczne na połączenie: jeden dla danych pilnych i jeden dla normalnych.

Ważnym problemem jest zagadnienie korekcji błędów, ponieważ rzeczywiste kanały transmisyjne nie są doskonałe. Istnieje wiele kodów wykrywających lub korygujących błędy, powstające w kanałach transmisyjnych, ale obie strony każdego połączenia, nadająca i odbierająca, muszą uzgodnić, jaki kod korekcyjny będą stosować. Co więcej, strona odbierająca powinna mieć możliwość powiadamiania strony nadającej, które wiadomości zostały odebrane poprawnie, a które nie.

Nie każdy kanał komunikacyjny przestrzega kolejności wiadomości, które się przez ten kanał przesyła. Aby sobie z tym poradzić, protokół musi zapewniać, by fragmenty wiadomości były właściwie zestawiane w całość po stronie odbiorczej. Zwykle stosuje się w tym celu numerowanie pakietów jednej wiadomości.

Do ważnych zagadnień, które powinien rozwiązywać protokół na pew-

nych poziomach hierarchii, należy problem dopasowania do siebie różnych szybkości transmisji danych nadajnika i odbiornika oraz kwestia niemożności odbioru dowolnie długich wiadomości. Stosuje się tu mechanizmy dzielenia dużych wiadomości na mniejsze części po stronie nadawczej i na ich zestawianie w całość po stronie odbiorczej.

Wreszcie protokół powinien zapewniać, by warstwa dolna mogła decydować, czy dla każdej pary komunikujących się ze sobą procesów potrzebne jest jedno połączenie, czy też możnaby to połączenie stosować dla kilku nie związanych ze sobą konwersacji. W przypadku istnienia wielu możliwości połączeń między parą tych samych komputerów poprzez różne węzły, protokół powinien umożliwiać wybór możliwie najlepszej drogi połączeniowej.

Część II

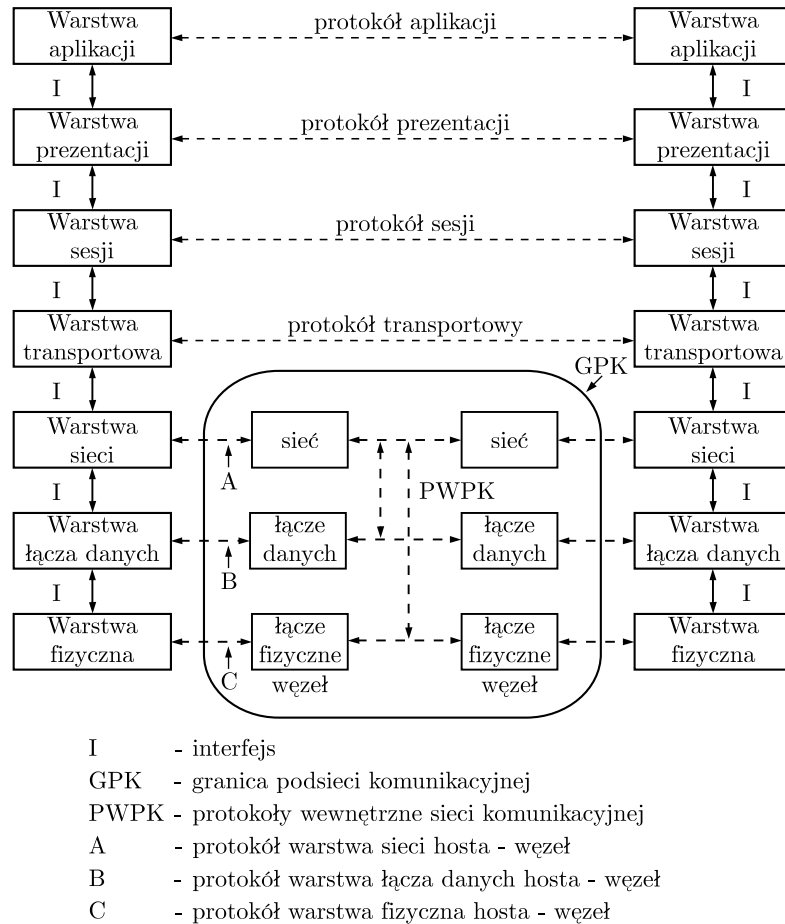
Model odniesienia ISO/OSI

Pokazany na rys. 2. warstwowy model architektury sieci komputerowej nazywany jest modelem odniesienia ISO/OSI. Model ten zaproponowała we wczesnych latach osiemdziesiątych Międzynarodowa Organizacja Normalizacyjna (International Standard Organization), traktując tę propozycję jako pierwszy krok w kierunku międzynarodowej normalizacji różnych protokołów. Nazwa modelu pochodzi od skrótu nazwy tej organizacji oraz od skrótu nazwy Open Systems Interconnection — Połączenie Systemów Otwartych, gdyż chodzi tu o systemy otwarte dla komunikacji z innymi systemami. Opisany model będzie dalej nazywany skrótowo modelem OSI.

Model OSI posiada siedem warstw. Liczbę warstw ustalono na podstawie następujących kryteriów:

1. Warstwę powinno się tworzyć wówczas, gdy wymagany jest nowy poziom abstrakcji.
2. Każda warstwa powinna wykonywać dobrze zdefiniowaną funkcję.
3. Funkcję każdej warstwy należy definiować, mając na uwadze definicję międzynarodowo normalizowanych protokołów.
4. Granice warstwy należy wyznaczać w taki sposób, by zminimalizować przepływ informacji poprzez interfejsy między warstwami.
5. Liczba warstw winna być na tyle duża, by nie było potrzeby łączenia różnych funkcji w tej samej warstwie, i na tyle mała, by architektura sieci umożliwiała zarządzanie siecią.

Należy zauważyć, że sam model OSI nie jest architekturą sieciową, ponieważ ani nie określa on dokładnie jakie protokoły należy w każdej warstwie



Rysunek 2: Warstwowy model architektury sieci komputerowej, model odniesienia ISO/OSI

stosować, ani też nie definiuje usług, jakie oferuje każda warstwa. ISO opracowała jednak i opublikowała oddzielnie normy dla każdej z warstw, które nie stanowią części omawianego modelu odniesienia.

Część III

Warstwa fizyczna

Warstwa fizyczna zajmuje się przesyłaniem bitów za pomocą kanału transmisyjnego. Definiuje ona wszystkie szczegóły techniczne związane z tym zagadnieniem, takie jak: ustalenie typu łączówki sieciowej, dopuszczalnych poziomów napięć reprezentujących sygnały binarne 0 i 1, czas trwania jed-

nego bitu, itp. Inaczej mówiąc, projektowanie warstwy fizycznej polega na ustaleniu interfejsów mechanicznych, elektrycznych i proceduralnych między tą warstwą a znajdującym się poniżej łączem komunikacyjnym. Projektowanie warstwy fizycznej jest więc zadaniem dla inżyniera elektronika, który ma do dyspozycji wiele norm, szczególnie definiujących te interfejsy, np. zestaw norm IEEE 802, norma RS 449, itp.

Część IV

Warstwa łączy danych

Głównym zadaniem warstwy łączy danych jest przekształcenie łączy fizycznego w taki sposób, by w warstwie sieci było ono widziane jako kanał komunikacyjny wolny od błędów transmisji. Cel ten osiąga się przez podział docierającego do nadajnika strumienia danych na mniejsze porcje, zwykle po kilkaset bajtów, zwane *ramkami*, i na uwzględnianiu *potwierdzeń ramek*, wysyłanych zwrótnie przez odbiornik po poprawnym odbiorze każdej ramki. Warstwa fizyczna jedynie odbiera lub nadaje strumień bitów, bez badania jego struktury, dlatego też zadaniem warstwy łączy danych jest tworzenie ramek i rozpoznawanie początku i końca każdej ramki. Każda ramka na początku i końcu posiada tzw. *flagę*, złożoną z określonej kombinacji bitów. Należy więc badać treść ramki między flagami, aby po wystąpieniu w przesyłanej informacji konfiguracji bitów, odpowiadających fladze, można było tę konfigurację bitów odpowiednio zmodyfikować i zapobiec w ten sposób fałszywej detekcji końca ramki.

Zakłócenia w kanale fizycznym mogą całkowicie zniszczyć ramkę. W takim przypadku oprogramowanie warstwy łączy danych powinno dokonać retransmisji ramki. Możliwa jest więc wielokrotna retransmisja ramek, ponieważ przekłamanie może ulec zwrótnie przesyłane potwierdzenie poprawnego odbioru ramki. Tak więc warstwa łączy danych musi rozwiązywać problemy powodowane przez błędnie odbierane ramki, eliminując przypadki duplikowania ramek i odtwarzając ramki uszkodzone.

Inne problemy, z którymi muszą uporać się projektanci warstwy łączy danych, to zagadnienie dopasowania szybkości transmisji nadajnika do możliwości odbiornika oraz zagadnienie konfliktu, pojawiającego się w kanałach dwukierunkowych podczas przesyłania ramek i potwierdzeń poprawnego odbioru innych ramek.

Podobnie jak w przypadku warstwy fizycznej, i tutaj projektanci mają do dyspozycji wiele norm międzynarodowych, np. protokoły SDLC, HDLC, X.25 LAP, ATM, NDIS, ODI.

Część V

Warstwa sieci

Warstwa sieci dotyczy zagadnień sterowania działaniem podsieci komunikacyjnej. Podstawowym problemem jest tu zagadnienie doboru drogi pakietu, od źródła do miejsca przeznaczenia. Można w tym celu stosować rzadko modyfikowane tablice statyczne, w których zapamiętywane są optymalne drogi między różnymi węzłami podsieci komunikacyjnej, albo określać dynamicznie drogę każdego pakietu na podstawie aktualnej sytuacji w sieci. Jeśli w podsieci komunikacyjnej znajduje się za dużo pakietów w tym samym czasie, może wystąpić wówczas zjawisko „wąskiego gardła”. Rozwiązanie sterowania takim zastojem w transmisji pakietów należy też do zadań warstwy sieci. Warstwa sieciowa musi zawierać oprogramowanie, umożliwiające obliczanie ilości przesłanych bajtów w czasie trwania połączenia, niezależnie od tego, czy połączenie jest lokalne, czy też przebiega przez terytoria wielu państw, oraz powinna realizować połączenia sieci heterogenicznych, posiadających na ogół różne systemy adresowania i stosujących różne protokoły. W istniejących sieciach komputerowych warstwy sieci realizują m. in. protokoły X.25, IPX, VIP i IP.

Część VI

Warstwa transportowa

Podstawową czynnością, jaką powinna wykonać warstwa transportowa, jest przyjęcie danych od leżącej nad nią warstwy sesji, rozdzielenie ich, w razie potrzeby, na mniejsze części, przesłanie danych do warstwy sieci i sprawdzanie, czy dane dotarły w komplecie na miejsce przeznaczenia. Funkcje te muszą być realizowane efektywnie i nie powinny zależeć od zmian technologii zainstalowanego w sieci sprzętu.

Zasadniczo warstwa transportowa tworzy różne połączenia sieciowe dla każdego połączenia transportowego, wymaganego przez warstwę sesji. Jeśli połączenie transportowe wymaga dużej przepustowości, to warstwa transportowa może tworzyć wiele połączeń sieciowych, rozdzielając dane między te połączenia i usprawniając w ten sposób przepustowość. Warstwa transportowa może też, dla zmniejszenia kosztów transportu danych, tworzyć na jednym połączeniu sieciowym kilka połączeń transportowych za pomocą tzw. multipleksowania.

Warstwa transportowa określa też, jakie rodzaje usług będzie dostarczać warstwie sesji i wyznacza użytkowników sieci. Najpopularniejszym połączeniem transportowym jest wolny od błędów transmisji kanał dwupunktowy, w którym zachowana jest kolejność przesyłanych wiadomości. Świadczone

są także takie usługi transportowe, które dostarczają poszczególne wiadomości jako wyizolowane elementy, z których każdy stanowi jedną całość, nie zachowując ich kolejności w strumieniu danych. Możliwe jest również przekazywanie tej samej wiadomości wielu adresatom. Typ usługi ustala się po dokonaniu połączenia.

W celu zrealizowania połączenia w warstwie transportowej, program komputera źródłowego porozumiewa się z programem komputera docelowego, przy stosowaniu odpowiednich nagłówek wiadomości oraz informacji sterującej. Inaczej jest w warstwach niższych, gdzie obowiązują protokoły między każdym komputerem a jego najbliższymi sąsiadami, a nie między komputerami źródłowym i docelowym, które mogą być podłączone do różnych węzłów.

Istnieje szereg protokołów warstwy transportowej, np. internetowe protokoły TCP i UDP, NetBIOS firmy Microsoft, itp.

Część VII

Warstwa sesji

Warstwa sesji pozwala użytkownikom różnych maszyn ustalać sesje między sobą. Sesja umożliwia taki sam transport danych, jak warstwa transportowa, oraz dostarcza dodatkowo inne usługi, użyteczne w wielu zastosowaniach. Sesję można stosować np. w przypadku pracy na zdalnym wielodostępowym systemie komputerowym lub do transferu plików między dwoma komputerami. Zadaniem warstwy sesji jest też zapobieganie usiłowaniu wykonania tej samej operacji równocześnie przez obydwa uczestniczące w sesji komputery oraz czuwanie nad tym, by w trakcie wielogodzinnych transmisji danych, w przypadkach przerwy transmisji, nie powtarzać sesji od początku.

W chwili obecnej nie ma jeszcze obowiązujących norm międzynarodowych, dotyczących protokołów tej warstwy.

Część VIII

Warstwa prezentacji

Warstwa prezentacji dotyczy głównie składników i znaczenia przesyłanej w sieci informacji. Typową usługą warstwy prezentacji jest kodowanie danych zgodnie z ustaloną zasadą. Większość użytkowników sieci nie nadaje losowych ciągów bitów, ale informacje typu lista członków jakiegoś stowarzyszenia, wykazy bankowe lub raporty techniczne. Takie wiadomości zawierają różne typy danych, jak pojedyncze znaki, łańcuchy znaków, liczby całkowite lub zmiennoprzecinkowe albo rekordy w postaci struktur danych, zawierających kilka pól różnego typu. Współpracujące ze sobą komputery mogą

stosować różne kody dla reprezentowania danych różnego typu. Dlatego też, aby komputery mogły się ze sobą porozumiewać, warstwa prezentacji powinna obsługiwać stosowne procedury konwersji takich kodów. W tej warstwie lokowane są również usługi kompresji danych, obniżających znacznie koszty transmisji, oraz zabezpieczania wiadomości przed niepowołanym dostępem za pomocą uzgodnionych algorytmów kryptograficznych.

Podobnie jak w warstwie poprzedniej, i tutaj nie ma propozycji znormalizowanych protokołów.

Część IX

Warstwa aplikacji

Warstwa aplikacji realizuje cały szereg protokołów o dużym znaczeniu praktycznym. Można tu przykładowo wymienić protokół *wirtualnego terminala sieciowego*, obsługujący różne typy niekompatybilnych terminali, używających ekranów o różnych rozmiarach oraz nie pasujących do siebie zestawów znaków sterujących. Ważną funkcją warstwy aplikacji jest również transfer plików. Stosuje się wiele różnych systemów plików, z których każdy ma inną konwencję nazw plików czy też inny sposób reprezentacji linii tekstu. Przesyłanie plików między dwoma różnymi systemami wymaga obsługi tych i innych jeszcze niezgodności. Do warstwy aplikacji należy także obsługa poczty elektronicznej, zdalnego przetwarzania wsadowego, itp. Opracowano więc cały szereg znormalizowanych protokołów, ułatwiających konstruktorom projektowanie warstwy aplikacji w taki sposób, by sieci komputerowe mogły skutecznie ze sobą współpracować (protokoły X.400, X.500, DTP i FTAM).

Część X

Porównanie stosu protokołów OSI ze stosami protokołów, proponowanymi przez niektóre firmy

Warstwowy model OSI nazywa się inaczej stosem protokołów OSI. Stos protokołów OSI nie jest całkowicie akceptowany, jako norma międzynarodowa, przez żadnego producenta, ale jest chętnie używany dla porównania możliwości działania sprzętu i oprogramowania sieciowego, oferowanego przez różne firmy, stosujące inne stosy protokołów lub łączące protokoły w odpowiednie zestawy. Dlatego też sprzęt i oprogramowanie sieciowe, skonstruowane zgodnie ze stosem protokołów jednej firmy, nie mogą bezpośrednio współpracować z analogicznymi produktami innych firm. Mimo to, współpra-

ca produktów sieciowych różnych firm jest często możliwa po zastosowaniu odpowiednich konwerterów protokołów.

Tabela 1: Porównanie modelu OSI z innymi stosami

Warstwa aplikacji	NetWare Core Protocol (NCP)		NetWare Filing Systems (NFS)				Apple Share			
Warstwa prezentacji							Apple Talk Filing Protocol (AFP)			
Warstwa sesji	Potoki nazwane	NetBIOS	S N M P	F T P	S M T P	T e l n e t	A S P	A D S P	Z I P	P A P
Warstwa transportowa	SPX		TCP				A T P	N B P	A E P	R T M P
Warstwa sieciowa	IPX		IP				Datagram Delivery Protocol (DDP)			
Warstwa łącza danych	Sterowniki LAN		Sterowniki LAN				Sterowniki LAN			
	ODI	NDIS	Media Access Control				Local Talk	Ether Talk	Token Talk	
Warstwa fizyczna	Warstwa fizyczna		Warstwa fizyczna				Warstwa fizyczna			

Porównanie modelu OSI ze stosami protokołów trzech renomowanych firm ilustruje tabela 1. Pierwszy stos jest modelem OSI, z którym będą porównywane inne stosy protokołów. Drugi zestaw to stos protokołów NetWare. Pod tą nazwą firma Novell oferuje różnorodne sieciowe systemy operacyjne. Odpowiednikami warstw aplikacji i prezentacji modelu OSI jest tu moduł NetWare Core Protocol, realizujący funkcję protokołu, definiującego transmisję między serwerem i klientami. Warstwę sesji realizują struktury programowe, pozwalające na komunikację między procesami, tzw. potoki nazwane (Named Pipe), oraz moduł NetBIOS (Network Basic Input Output System). Są to produkty firm IBM i Microsoft, przewidziane do współpracy z systemami operacyjnymi UNIX i OS/2. Protokół SPX (Sequenced Packet Exchange) realizuje funkcję sekwencyjnego transferu pakietów i odpowiada warstwie transportowej. Z kolei protokół IPX (International Packet Exchange) realizuje międzynarodowy transfer pakietów, należący do zadań warstwy sieciowej modelu OSI. I wreszcie funkcję warstwy łącza danych realizuje się tu dwuetapowo za pomocą sterowników LAN (sterowników sieci lokalnych) oraz interfejsów ODI (Open Data-Link Interface) i NDIS (Network Driver Interface Specification).

Drugim popularnym stosem protokołów jest stos, realizowany w systemie

operacyjnym UNIX. Podobnie jak poprzednio, tak i tutaj funkcje warstwy aplikacji i prezentacji są realizowane przez jeden moduł programowy o nazwie Network Filing Systems. Program Telnet, emulujący terminal i umożliwiający rejestrację w sieci, i moduły, realizujące protokoły SNMP (Simple Network Management Protocol - określający składnię i znaczenie komunikatów, wymienianych między serwerem a klientami), SMTP (Simple Mail Transfer Protocol - służący do transmisji poczty elektronicznej) oraz FTP (File Transfer Protocol - realizujący procedurę przesyłania plików) spełniają funkcję warstwy sesji. Odpowiednikiem warstwy transportowej jest tu protokół TCP (Transmission Control Protocol), zaś zadania warstwy sieciowej należą do protokołu IP (Internet Protocol). Funkcję warstwy łącza danych w tym stosie protokołów realizują sterowniki LAN oraz implementacja protokołu Media Access Control.

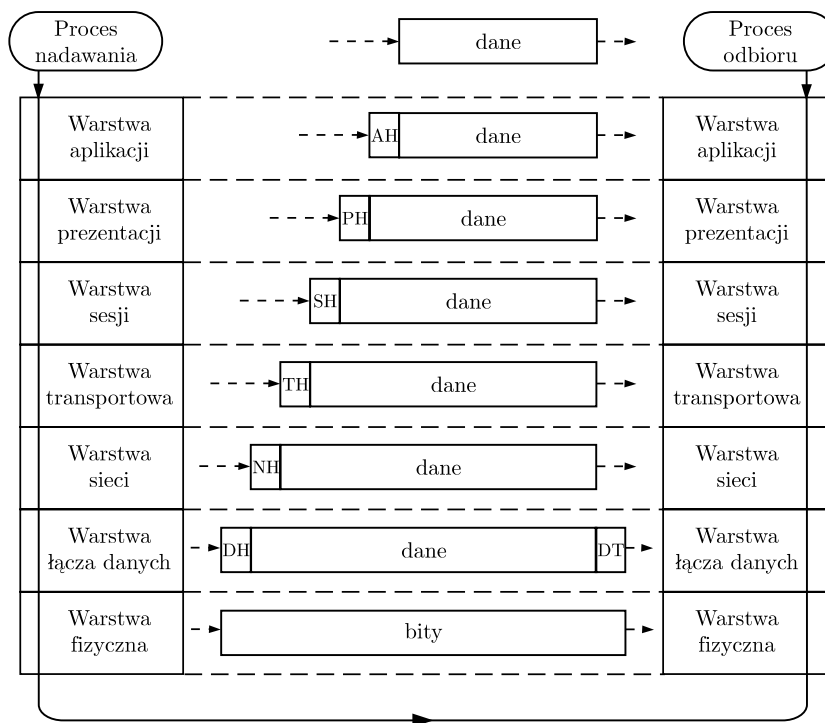
Trzecim stosem porównywanych protokołów jest propozycja firmy Apple Computer. Funkcję warstwy aplikacji realizuje w tym stosie system sieciowy AppleShare, stanowiący rozszerzenie systemu operacyjnego o funkcje serwera plików, umożliwiające wspólne użytkowanie zasobów. Odpowiednikiem warstwy prezentacji jest program AppleTalk Filing Protocol, pozwalający na komunikowanie się z serwerami plików. Warstwę sesji realizują protokoły ADSP (AppleTalk Data Stream Protocol - zarządzający duplexową transmisją między dwoma komputerami), ASP (AppleTalk Session Protocol - odpowiadający za otwieranie i zamykanie sesji komunikacyjnych), PAP (Printer Access Control - umożliwiający korzystanie z drukarek) oraz ZIP (Zone Information Protocol - tworzący tablice, używane do wyboru drogi dla przesyłanych w sieci pakietów). W stosie protokołów Apple warstwę transportową tworzą cztery protokoły:

- RTMP (Routing Table Maintenance Protocol), obsługujący tablice adresów i wymianę informacji o stanie sieci z innymi węzłami podsieci komunikacyjnej,
- AEP (AppleTalk Echo Protocol), badający dostępność węzła docelowego przed rozpoczęciem sesji komunikacyjnej,
- ATP (AppleTalk Transaction Protocol), odpowiedzialny za otwieranie i zamykanie sesji,
- NBP (Name Binding Protocol), dokonujący konwersji liczbowego adresu sieciowego na nazwę elementu sieci.

Rolę warstwy sieciowej odgrywa tu protokół DDP (Datagram Delivery Protocol), tworzący porcje danych do przesłania, zwane datagramami. Funkcję warstwy łącza danych w tym stosie realizują sterowniki LAN oraz protokoły dostępu do łącza o nazwach EtherTalk, LocalTalk i TokenTalk.

Część XI

Transmisja danych w systemie OSI



Rysunek 3: Proces nadawania i odbioru danych w modelu OSI

Specyfikę procesu nadawania i procesu odbioru danych w modelu OSI ilustruje rys. 3. Proces nadawania, posiadający pewne dane do przesłania procesowi odbioru, przekazuje te dane do warstwy aplikacji. Do otrzymanych danych warstwa aplikacji może dołączyć na ich początku swój nagłówek AH i uzupełnione w ten sposób dane przekazuje warstwie prezentacji. Warstwa prezentacji może przekształcać na różne sposoby otrzymane dane, dodając do nich, między innymi, swój nagłówek PH. Warstwa prezentacji nie musi wiedzieć, jaką porcję otrzymanych danych stanowi nagłówek AH, a jaką dane użytkownika. Procedurę tę powtarza się we wszystkich warstwach, przy czym warstwa łącza danych, oprócz nagłówka DH, dodaje też pewną porcję bitów DT, służącą do rozpoznawania końca danych. Tak uformowane dane otrzymuje warstwa fizyczna, traktując je jako strumień bitów, które należy przesłać łączem fizycznym.

Łącze to przekazuje dane w kierunku komputera odbierającego. W procesie odbioru dane przechodzą kolejno poprzez wszystkie warstwy, od warstwy

fizycznej do warstwy prezentacji. Podczas tego procesu w kolejnych warstwach od danych odłączane są odpowiednie nagłówki. W ten sposób proces odbiorczy powinien otrzymać od warstwy aplikacji takie same dane, jakie przekazał tej warstwie proces nadawczy.

Część XII

Usługi w modelu OSI

Zadaniem każdej warstwy modelu OSI jest świadczenie usług warstwie wyższej. Aby precyzyjnie opisać procedury świadczenia usług, opracowano określoną terminologię, opisaną niżej.

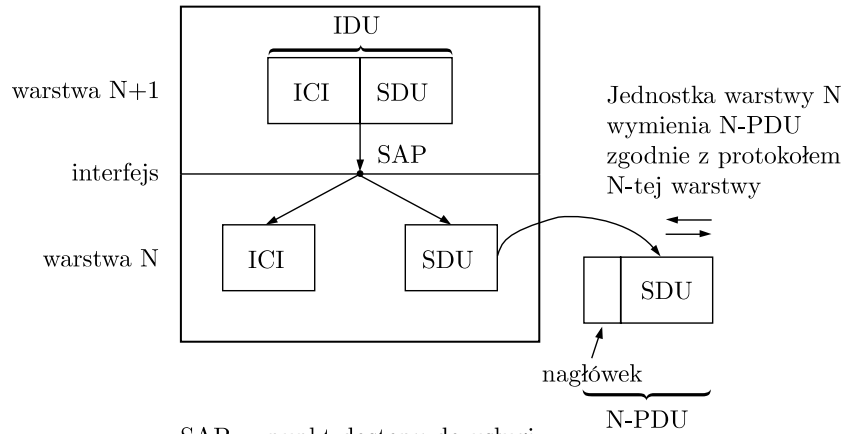
Część XIII

Terminologia OSI

Elementy działające w każdej warstwie nazywa się *jednostkami*. Mogą to być jednostki programowe (np. proces) lub sprzętowe (terminal). Jednostki warstwy siódmej nazywają się jednostkami aplikacji, szóstej - prezentacji, itd. Jednostki warstwy N realizują usługę, używaną przez warstwę $N + 1$, czyli warstwa N jest dostawcą usługi, a warstwa $N + 1$ użytkownikiem tej usługi. Warstwa może oferować kilka rodzajów usług, np. szybką i kosztowną transmisję danych albo wolną i taną.

Usługi są osiągalne w *punktach dostępu do usługi*, nazywanych skrótowo SAP (Service Access Point). SAP-em warstwy N jest miejsce, w którym udostępnia się usługę warstwie $N + 1$. Każdy SAP jest jednoznacznie identyfikowany za pomocą adresu (np. w systemie pocztowym SAP-em jest skrzynka pocztowa, a adresem SAP-u jest umieszczony na wrzucanym do skrzynki liście adres, na który to, list ma być doręczony).

Dwie warstwy wymieniają informacje za pośrednictwem interfejsu. W typowym interfejsie jednostka warstwy $N + 1$ przekazuje jednostce warstwy N *jednostkę danych interfejsu* IDU (Interface Data Unit) poprzez SAP, jak pokazano to na rys. 4. IDU składa się z *jednostki danych usługi* SDU (Service Data Unit) oraz towarzyszącej jej *informacji sterującej* ICI (Interface Control Information). SDU są to dane, przekazywane przez sieć do równoważnej jednostki warstwy N , a następnie do warstwy $N + 1$. Informacja sterująca jest wymagana dla poprawnego wykonania zadań warstwy niższej (może np. zawierać liczbę bajtów danych SDU), lecz nie jest częścią samych danych SDU. Aby przekazać informację SDU, jednostka warstwy N musi niekiedy podzielić tę informację na kilka części, każdą część zaopatrzyć w nagłówek i przesłać taki pakiet jako oddzielną *jednostkę danych protokołu* PDU (Pro-



- SAP - punkt dostępu do usługi
- IDU - jednostka danych interfejsu
- ICI - informacja sterująca interfejsu
- SDU - jednostka danych usługi
- PDU - jednostka danych protokołu

Rysunek 4: Interfejs między warstwami

toocol Data Unit). Jednostki równorzędne warstwy *N*, stosują nagłówki pakietów PDU do realizacji protokołu tych warstw. Dane PDU dotyczą tylko warstwy transportowej, sesji i aplikacji.