Część I
Definicja sieci komputerowej

Sieć komputerowa jest to pewna liczba niezależnie działających komputerów, które są połączone ze sobą za pomocą kanałów komunikacyjnych, pozwalających na wymianę informacji między komputerami. Kanałami komunikacyjnymi mogą tu być dowolne środki fizyczne, umożliwiające przesyłanie informacji w postaci sygnałów elektrycznych, tzn. kanały transmisji danych, tworzone na sieci telefonicznej powszechnego użytku, łącza światłowodowe, łącza mikrofalowe lub satelitarne. Komputery muszą być przy tym autonomiczne, czyli żaden z komputerów nie może być zależny od innego komputera w sieci. W tym kontekście system komputerowy, składający się z jednego komputera nadrzędnego i kilku komputerów od niego uzależnionych nie może być nazwany siecią komputerową.

Podobne do sieci komputerowych są komputerowe *systemy przetwarzania rozproszonego*, w postaci zbioru systemów komputerowych, połączonych ze sobą kanałami transmisyjnymi. Elementy sprzętowe, z których buduje się systemy rozproszone, nie różnią się od sprzętu, pracującego w sieciach komputerowych. Mimo to, takich systemów nie uważa się jednak za sieci komputerowe, ponieważ w istocie są to systemy wieloprocesorowe, sterowane jednym systemem operacyjnym, pełniące rolę jednego wirtualnego komputera. Użytkownik rozproszonego systemu przetwarzania danych nigdy nie wie, który z komputerów wykonuje jego zadanie, podczas gdy użytkownik sieci komputerowej musi dokładnie wiedzieć za pomocą jakiego komputera jest połączony z siecią, osobiście powinien zlecać do sieci wykonanie określonego przez niego zadania i osobiście musi kierować realizacją tego zadania, co sprowadza się do jego ingerencji w działanie sieci. Różnica między siecią a systemem rozproszonym tkwi więc w oprogramowaniu, czyli w różnych systemach operacyjnych tych dwóch struktur.

Chociaż systemów rozproszonych nie identyfikuje się z sieciami komputerowymi, warto wiedzieć, że między tymi obiektami technicznymi istnieje wiele podobieństw. Na przykład zarówno w sieciach komputerowych, jak i w systemach rozproszonych, ważnym problemem jest zagadnienie przesyłania plików. Praktycznie, to trudne zadanie realizuje się tak samo w sieciach, jak i w systemach rozproszonych. W przypadku sieci sterowanie transferem plików należy jednak do użytkownika sieci, natomiast w systemie rozproszonym o potrzebie i sposobie przemieszczania plików decyduje system operacyjny.

Część II
Zalety sieci komputerowych

Szerokie zastosowania sieci komputerowych wynikają z wyższości tych systemów nad taką samą liczbą izolowanych od siebie komputerów, rozmieszczonych na pewnym obszarze. Główne korzyści, płynące z zastosowań sieci komputerowych są następujące:

- **Możliwość wspólnego użytkowania zasobów**. Wszystkie zasoby sieci komputerowej, czyli cały sprzęt i oprogramowanie, znajdujące się w sieci, są dostępne dla każdego użytkownika sieci. Na przykład, użytkownik sieci, nie posiadający w pobliżu swojej lokalizacji superkomputera, może uruchamiać własne programy na superkomputerze, znajdującym się kilka tysięcy kilometrów od miejsca jego zamieszkania w taki sposób, jak gdyby korzystał z superkomputera lokalnego.

- **Duża niezawodność**. W sieci komputerowej pewne ważne bazy danych lub oprogramowanie można instalować w kilku maszynach. Jeśli więc jakieś urządzenie, dane lub program są niedostępne w jednym miejscu, np. z powodu awarii, można korzystać z ich duplikatów, zlokalizowanych w innym miejscu sieci. Jest to szczególnie istotne w wielu zastosowaniach, przede wszystkim w instytucjach wojskowych, bankowości, systemach obsługi lotnisk, itp.

- **Oszczędność**. Wiadomo, że duże systemy komputerowe są przeciętnie 10 razy szybsze od najszybszych mikrokomputerów z jednym mikroprocesorem, ale kosztują one często co najmniej 1000 razy drożej od mikrokomputerów. W takiej sytuacji konstruktorzy sieci komputerowych wyposażają każdego użytkownika sieci w jeden wydajny komputer osobisty, a dane przechowują w stosunkowo małej liczbie większych maszyn, tzw. *serwerach plików*. Taka koncepcja doprowadziła do upowszechnienia *sieci lokalnych* (LAN - local area network), które łączą ze sobą wiele komputerów w jednym pomieszczeniu lub budynku. Zaletą sieci lokalnych jest możliwość stopniowego zwiększania mocy obliczeniowej systemu komputerowego w miarę wzrostu potrzeb w zakresie przetwarzania danych, przez dołączanie do sieci kolejnych niewielkich procesorów. Gdyby zastosowano, zamiast sieci lokalnej, duży komputer o takiej samej mocy obliczeniowej jak sieć lokalna, to w przypadku niewydolności używanego komputera, należałoby ten komputer wymienić na większy, bardziej kosztowny. Ta manipulacja spowodowałaby skokowy przyrost mocy obliczeniowej systemu, dużo większy od aktualnych potrzeb, trwałaby dłużej od wymiany niewielkiego procesora (jak w przypadku sieci) i mogłaby być dolegliwa dla wielu użytkowników systemu.

- Sieć komputerowa stanowi skuteczny i potężny **środek komunikacji** międzyludzkiej. Za pomocą sieci komputerowej grupa ludzi, mieszkających z dala od siebie, może np. opracowywać wspólną publikację. Jeśli jeden z autorów dokonuje zmian w opracowywanym dokumencie, są one natychmiast przekazywane innym autorom. Ta własność sieci komputerowej stwarza praktycznie nieograniczone możliwości współpracy międzyludzkiej w sposób niezależny od geografii. Niektórzy uczeni uważają nawet, że właśnie ta korzyść, płynąca z sieci komputerowych, jest na dłuższą metę dużo ważniejsza od zwiększania niezawodności czy uzyskiwania dużych oszczędności.

Część III
Klasyfikacja systemów wieloprocesorowych

Systemy wieloprocesorowe klasyfikuje się na podstawie ich rozmiarów fizycznych i miejsca usytuowania procesorów (tabela 1.1).

Do pierwszej kategorii zalicza się mocno zrównoleglony system, zawierający wiele jednostek funkcjonalnych, który wykonuje ten sam program. Multiprocesory są to systemy procesorów, komunikujących się ze sobą za pośrednictwem wspólnej pamięci. Prawdziwe sieci komputerowe tworzą oddalone od siebie i połączone ze sobą procesory, które mogą się ze sobą porozumiewać. Są to sieci lokalne, sieci rozległe i połączenia tych sieci.

Tabela 1: Klasyfikacja systemów wieloprocesorowych

Odległość między procesorami	**Lokalizacja procesorów**	**Nazwa systemu wieloprocesorowego**
0,1 m	karta obwodu drukowanego	transputer
1 m	obudowa komputera	multiprocesor
10 m	pokój	sieć lokalna
100 m	budynek	
1000 m	obszar uczelni	
10 km	miasto	sieć rozległa
100 km	państwo	
1000 km	kontynent	sieć sieci rozległych
10 000 km	planeta	internet

Część IV
Zastosowania sieci komputerowych

Główne zastosowania publicznych sieci komputerowych wynikają z możliwości, stwarzanych przez te sieci ich użytkownikom.

Powszechny dostęp do zdalnych baz danych już dziś umożliwia rezerwację biletu na dowolny środek komunikacji, miejsca w hotelu oraz dokonanie wielu podobnych czynności bez wychodzenia z domu. Należy oczekiwać, że wkrótce zasadą będzie zdalne robienie zakupów i dokonywanie operacji bankowych, co doprowadzi do znacznego odciążenia środków komunikacji, a więc do oszczędności energii.

Sieci komputerowe zaczynają wywierać duży wpływ na działalność wydawniczą, a słowo drukowane w postaci tradycyjnych czasopism czy książek staje się powoli czymś przestarzałym. Rośnie bowiem liczba pojawiających się w sieciach dzienników, czasopism i magazynów, głównie technicznych, na razie przeważnie dla ekspertów komputerowych. Z pewnością w niedługim czasie w sieciach dostępne będą czasopisma dla przeciętnych czytelników, poruszające na swych łamach wiele problemów z różnych dziedzin.

Użytkownicy sieci komputerowych mają też dostęp do wielu unikalnych programów oraz do superkomputerów. Pozwala to na prowadzenie zaawansowanej działalności naukowej i ułatwia rozwiązywanie trudnych problemów nauki i techniki.

Istotnie ważnym zastosowaniem sieci komputerowych jest poczta elektroniczna, pozwalająca na szybkie przekazywanie praktycznie na dowolną odległość nie tylko wiadomości w postaci tekstu, ale też sygnałów dźwiękowych, rysunków, a nawet ruchomych obrazów telewizyjnych. I dlatego już dziś uczeni całego świata ponad 90% korespondencji przesyłają do siebie za pośrednictwem poczty elektronicznej.

Widać więc, że rozwój sieci komputerowych znacznie przyspieszył postęp dokonującej się na naszych oczach rewolucji informacyjnej, która prawdopodobnie zmieni społeczeństwa znacznie bardziej, niż uczyniła to rozpoczęta około 1760 roku w Anglii rewolucja przemysłowa. Można przypuszczać, iż w niedługim czasie tradycyjne sklepy, banki, biura, szkoły i uczelnie zmienią gruntownie swój sposób funkcjonowania i organizację, a niektóre z tych instytucji mogą nawet zaniknąć. Może też zostać zmieniony rozwój miast, które ulegną rozproszeniu, ponieważ oferowane przez sieci komputerowe wysokiej jakości środki komunikacji, zminimalizują potrzebę łatwego dostępu do często odwiedzanych przez interesantów instytucji, które sytuuje się aktualnie jak najbliżej dużych skupisk ludzkich.

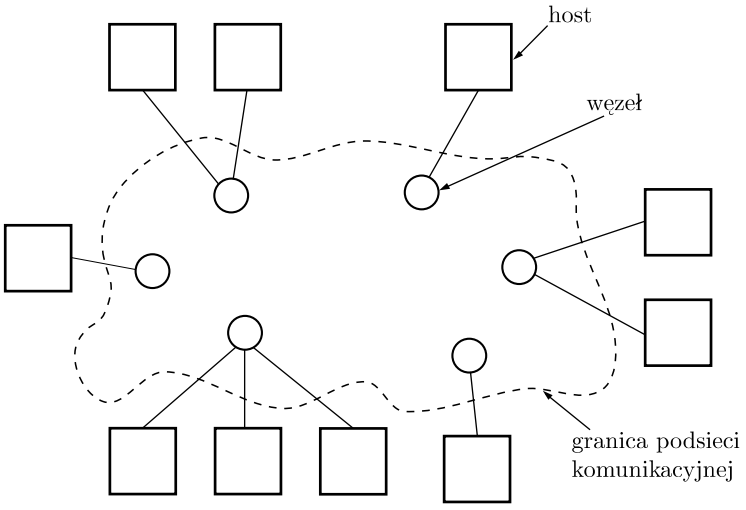
Należy jednak mieć świadomość, że powszechny dostęp do sieci komputerowych stwarza wiele zagrożeń. Ułatwiają one bowiem życie i usprawniają działalność każdego człowieka, instytucji i organizacji, nie wyłączając organizacji przestępczych. Przekazywane do sieci wiadomości nie podlegają żadnej

weryfikacji czy cenzurze, dlatego też, obok ważnych i wartościowych danych, w sieciach komputerowych pojawia się masa informacji bezwartościowych, a nawet społecznie szkodliwych. Zagadnienie to, o charakterze raczej socjologicznym, generuje jednak cały szereg problemów technicznych. Można tu np. wymienić rozwiązanie bardzo trudnego zadania filtracji wiadomości według określonych kryteriów, które oczywiście nie mogą być kryteriami obiektywnymi.

Część V

Fizyczna struktura sieci komputerowej – Struktura sieci komputerowej

W każdej sieci komputerowej istnieją pewne komputery, których podstawowym zadaniem jest uruchamianie programów użytkownika, zwanych też aplikacjami. Takie komputery noszą nazwę *hostów*. Hosty połączone są ze sobą za pomocą *podsieci komunikacyjnej* (rys. 1), przenoszącej dane między hostami w sposób podobny, jak w trakcie trwania rozmowy między dwoma abonentami sieci telefonicznej.



Rysunek 1: Hosty i podsieć komunikacyjna

Przy tej koncepcji ma miejsce oddzielenie zadań komunikacyjnej sieci komputerowej od zadań aplikacyjnych, co znacznie upraszcza projektowanie sieci.

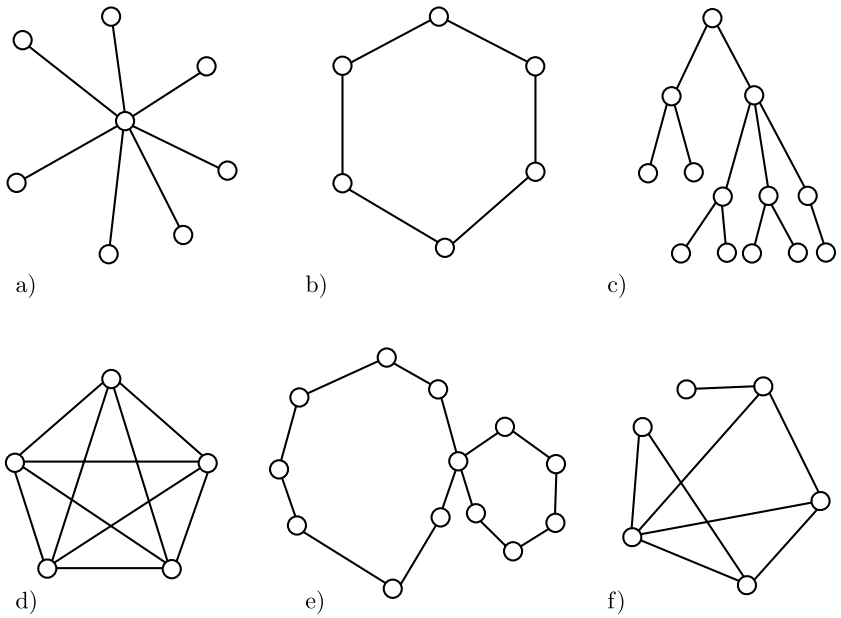
Podsieć komunikacyjna składa się zwykle z kanałów transmisyjnych i elementów przełączających. Kanałami, lub inaczej liniami transmisyjnymi przekazywane są dane między hostami, natomiast elementami przełączającymi są specjalizowane komputery, realizujące połączenia między dwoma lub kilkoma kanałami transmisyjnymi w taki sposób, aby dane wychodzące z jednego hosta były kierowane do innego hosta, właściwego dla określonego połączenia. Te elementy przełączające nazywa się najczęściej *węzłami* sieci. Każdy węzeł sieci połączony jest z jednym lub kilkoma hostami.

W sieciach komputerowych stosuje się dwa typy podsieci komunikacyjnej:

- Podsieć z kanałami *dwupunktowymi*, zawiera liczne linie kablowe lub dzierżawione linie telefoniczne, z których każda łączy jedną parę węzłów sieci komputerowej. Jeśli dwa węzły nie są ze sobą połączone za pomocą kanału transmisyjnego, wówczas mogą się one komunikować ze sobą za pośrednictwem innych węzłów. Przesyłaną między hostami wiadomość dzieli się na mniejsze porcje, zwane *pakietami*. Jeśli przesyła się pakiet z jednego węzła do drugiego, poprzez jeden lub więcej węzłów pośrednich, jest on w całości przechowywany w każdym z tych węzłów, w oczekiwaniu na zwolnienie stosownego kanału transmisyjnego, a następnie jest kierowany do właściwego węzła. Aktualnie prawie wszystkie sieci komputerowe stosują podsieci komunikacyjne, oparte na tej zasadzie, zwanej techniką przełączania pakietów. Przy stosowaniu podsieci z kanałami dwupunktowymi możliwe są różne topologie połączeń, z których kilka pokazano na rys. 2. Sieci lokalne posiadają zwykle topologię symetryczną, w przeciwieństwie do sieci rozległych, na ogół o topologiach nieregularnych.

- Podsieć z kanałami *rozgłoszeniowymi* stosowana jest w większości sieci lokalnych, gdzie każdy host połączony jest z jednym węzłem w postaci jednego czipu, i w nielicznych rozległych sieciach komputerowych, w przypadku których do jednego węzła przyłącza się zwykle kilka hostów. Takie systemy posiadają jeden kanał transmisyjny, wspólny dla wszystkich komputerów w sieci. Pakiety, wysyłane przez jeden z komputerów odbierają wszystkie pozostałe komputery. Każdy pakiet posiada tu specjalne pole adresowe, identyfikujące adresata. Przy odbiorze pakietu, każdy komputer analizuje najpierw to pole, akceptuje właściwy pakiet i ignoruje pakiety zawierające adresy innych komputerów. Istnieje też adres wspólny dla całej sieci; pakiet z takim adresem jest akceptowany przez wszystkie komputery. Niektóre podsieci omawianego typu umożliwiają transmisję pakietów do wybranego podzbioru węzłów.

  Podstawowe topologie podsieci z kanałami rozgłoszeniowymi ilustruje rys. 3. Przy pracy sieci typu *szyna* tylko jeden komputer posiada uprawnienia urządzenia typu „master" i może nadawać pakiety, podczas gdy pozostałe komputery muszą w tym momencie nadawane pakiety odbie-



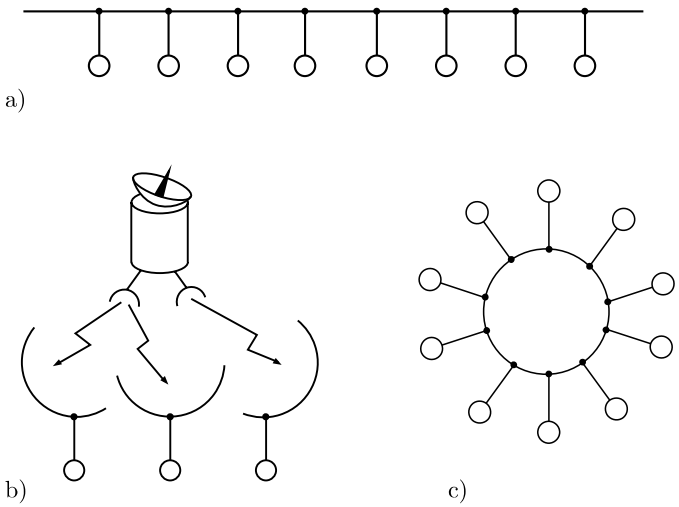
Rysunek 2: Niektóre topologie dwupunktowej podsieci komunikacyjnej.
a) – gwiazda, b) – pierścień, c) – drzewo, d) – topologia zupełna,
e) – połączone pierścienie, f) – topologia nieregularna

rać, nie mając prawa do nadawania pakietów. Dla tego typu podsieci należy więc przewidzieć mechanizm rozwiązywania konfliku, w przypadku gdy kilka komputerów chciałoby równocześnie wysyłać pakiety do sieci.

Innym rozwiązaniem podsieci z kanałami rozgłoszeniowymi jest *naziemny system radiowy* lub *system satelitarny*. Każdy węzeł posiada w tym systemie antenę, którą posługuje się w trakcie odbierania lub nadawania pakietów, i może odbierać pakiety, nadawane przez radiostację lub satelitę. W pewnych przypadkach niektóre węzły mogą odbierać to, co inne węzły nadają w kierunku satelity.

Trzecim systemem z kanałami rozgłoszeniowymi jest *pierścień*. W tym przypadku każdy bit informacji rozchodzi się dookoła pierścienia niejako na własną rękę, nie czekając na pozostałe bity pakietu, do którego należy. W rozwiązaniach typowych każdy bit przebiega cały pierścień w czasie, wymaganym dla przesłania kilku bitów, który może być krótszy od czasu przesłania całego pakietu. W tym systemie, podobnie jak i w pozostałych systemach z kanałami rozgłoszeniowymi, należy ustalić regułę równoczesnego dostępu do pierścienia.

Podsieci z kanałami rozgłoszeniowymi dzielą się na dynamiczne i statyczne, w zależności od sposobu alokacji (przydziału) kanału transmi-



Rysunek 3: Podstawowe topologie podsieci komunikacyjnej z kanałami rozgłoszeniowymi. a) – szyna, b) – naziemny system radiowy lub system satelitarny, c) – pierścień

syjnego. Typowa alokacja statyczna polega na przydzieleniu każdemu komputerowi dyskretnego przedziału czasowego, w którym ma prawo nadawać pakiety. Prowadzi to często do marnowania zdolności przepustowej kanału, ponieważ zwykle istnieją stacje, które nie mają pakietu do nadania podczas przydzielonej im „szczeliny czasowej". Dlatego też niektóre podsieci komunikacyjne usiłują przydzielać kanał transmisyjny dynamicznie, czyli na żądanie.

Metody dynamicznej alokacji kanału transmisyjnego mogą być scentralizowane albo zdecentralizowane. W metodzie scentralizowanej w podsieci komunikacyjnej instaluje się specjalne elementy, np. urządzenie do przyznawania szyny, decydujące o tym, który komputer ma prawo do nadawania pakietów. Zdecentralizowane systemy alokacji kanału nie posiadają takich urządzeń lecz stosują zasadę, że każdy komputer podejmuje samodzielnie decyzję o nadawaniu pakietów. Takie podejście mogłoby prowadzić do nieporozumień, ale istnieje wiele algorytmów zdecentralizowanej alokacji, które skutecznie zapobiegają potencjalnemu chaosowi.