



Sieci Komputerowe i Technologie Internetowe (SKiTI)

Wykład 4: Model ISO/OSI i Model TCP/IP

WYDZIAŁ ELEKTROTECHNIKI I AUTOMATYKI – KATEDRA INŻYNIERII SYSTEMÓW STEROWANIA

Kierunek: Automatyka i Robotyka

Studia stacjonarne I stopnia: rok I, semestr II

dr inż. Tomasz Rutkowski

2017



Plan Wykładu

- Internet, intersieć
- Idea przełączania pakietów
- Protokoły
- Komunikat, pakiet, ramka, detekcja błędów
- Model odniesienia ISO/OSI
- Model odniesienia TCP/IP
- Enkapsulacja (na przykładzie modelu TCP/IP)
- Podstawowe elementy sieci TCP/IP



- *Internet, intersieć*



Internet – intersieć – sieć sieci

- Występuje wiele rodzajów sieci przeznaczonych do różnych zadań (sieci lokalne, sieci globalne itd.) do tego opartych o różne mechanizmy sieciowe (sposób działania)
- Nie występuje „uniwersalna”, „najlepsza” sieć do wszystkich zastosowań
- Występuje zatem niejednorodność sprzętu, technologii i zastosowań sieci



- Występuje jednak potrzeba jednolitości usług tj. zapewnienia tych samych usług np. wysyłania/odbierania wiadomości i danych pomiędzy dowolnymi komputerami znajdującymi się w sieci
- Potrzebne zatem są rozwiązania umożliwiające jednolite usługi w niejednorodnym środowisku sieciowym
- **Intersieć** to środowisko sprzętowo-programowe zapewniające jednolite usługi w niejednorodnym środowisku sieciowym („różne technologie sieciowe”)



Idea przetłaczania pakietów



Pierwsze sieci teletransmisyjne wywodziły się z systemów telegraficznych i telefonicznych, w których do utworzenia kanału komunikacyjnego konieczne było fizyczne połączenie urządzeń końcowych za pomocą pary przewodów.

W technice przełączania pakietów zamiast zestawienia dedykowanego obwodu, dane pochodzące od wielu użytkowników są przekazywane w ramach wspólnych połączeń sieciowych. Dzieli się zbiory danych na mniejsze fragmenty (pakiety) i dołącza identyfikator odbiorcy.



Protokoły



Zadaniem sprzętu jest przesyłanie bitów danych od jednego hosta (węzła sieci) do drugiego. Użytkownicy i aplikacje nie powinni jednak za każdym razem rozpatrywać tych niskopoziomowych operacji.

W celu udostępnienia interfejsu dla aplikacji opracowano **protokoły komunikacyjne** realizujące niskopoziomowe operacje przesyłania danych dostarczając użytkownikowi niezbędne mechanizmy.



Protokół to zbiór reguł i procedur rządzących komunikacją pomiędzy dwoma i więcej urządzeniami.

Protokoły mogą być różne, ale łączące się w danej chwili urządzenia muszą wykorzystywać ten sam protokół, aby była możliwa wymiana danych między nimi.

Zamiast pojedynczego wielkiego protokołu (obsługującego wszystkie media, rodzaje łączności itd. – „różne technologie”) opracowano zestaw protokołów.

np. protokoły: FDDI (ANSI X3T9.5), 10 Mb Ethernet (IEEE 802.3), 1 Gb Ethernet (IEEE 802.3z), Token Ring (IEEE 802.5), Wireless LAN (IEEE 802.11), modem przewodowy (IEEE 802.14)



*Komunikat, pakiet, ramka,
detekcja błędów*

- Wydzielona część (porcja) z całego **komunikatu** (zbioru danych) do przesłania w sieci komputerowej nazywana jest **pakietyem**
- Pakiety wysyłane są przez sieć niezależnie od siebie



Dane do przesłania (w jednym bloku - komunikat)



Dane do przesłania (podzielone na pakiety)

Powody przesyłania danych w pakietach:

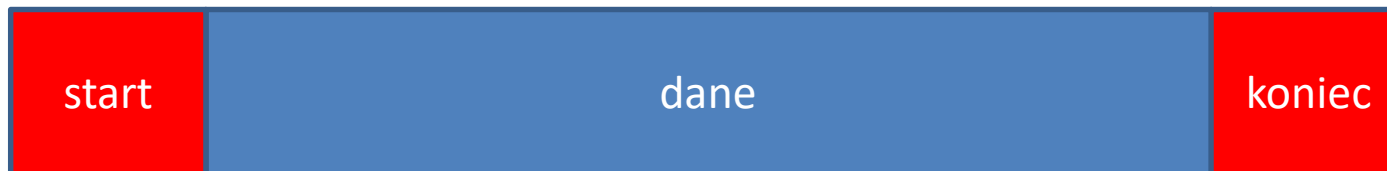
- W przypadku ewentualnego błędu transmisji powtórzyć należy transmisję tylko wadliwie przesłanego pakietu, a nie całego komunikatu
- Wysyłanie danych w pakietach umożliwia dzielenie dostępu do łącza pomiędzy wieloma komputerami (jeden komputer nie blokuje łącza)



Multiplexowanie dostępu do łącza z podziałem czasu

- Pakiet ogólnie oznacza „mały” blok danych i jest pojęciem ogólnym niezależnym od danej techniki przesyłu danych
- Dla odróżnienia format (sposób) przesyłania małej porcji danych w konkretnej technice sieciowej nazywany jest **ramką**
- Ramka jest konkretnym sposobem transportowania pakietu

Postać ramki (ogólna)



- Występuje nadmiarowość w przesyłaniu danych tzw. narzut
- Zaletą jest możliwość interpretowania czy cała ramka dotarła do adresata
- Start i Stop – np. umowne sekwencje znaków

Detekcja błędów

- Podczas transmisji danych mogą występować błędy z różnych powodów, np. :
 - zakłóceń elektromagnetycznych
 - niestabilności nadajnika lub odbiornika
 - przerwania fizycznego połączenia itd.
- Detekcja tych błędów jest ważnym aspektem sieci komputerowych
- Przeważnie sprowadza się do przesłania nadmiarowej informacji o wysyłanych danych

Detekcja błędów cd.

- Kontrola parzystości (np. w RS-232C) – nadmiarowy bit parzystości ustawia się tak, aby liczba bitów w stanie wysokim była parzysta.

Dane: **00111010** -> Bit parzystości: **0**

001110100

Dane: **11010000** -> Bit parzystości: **1**

110100001



Sumy kontrolne – powstają przy dodawaniu do siebie binarnej reprezentacji przesyłanych danych.

Dane do przestania:

W	i	t	a	j	!
57	69	74	61	6A	21

Reprezentacja w kodzie ASCII (hex):

Suma: $5769 + 7461 + 6A21 = 135EB$

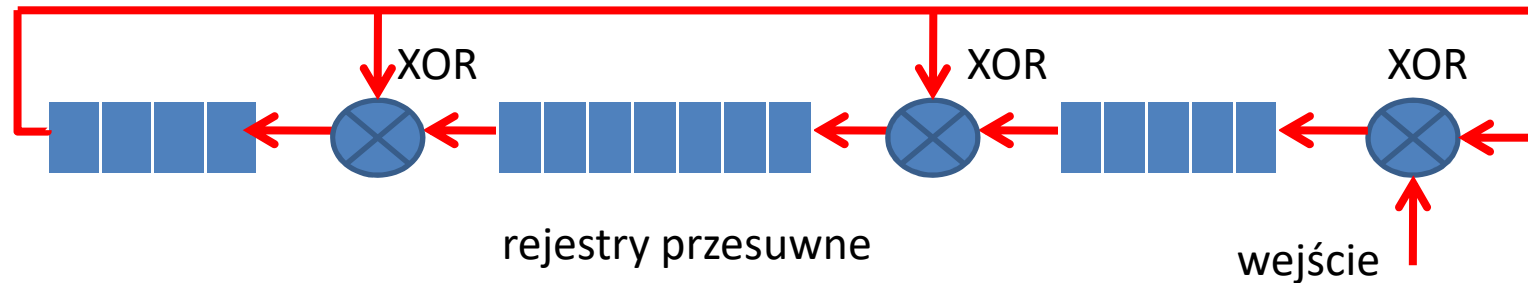
Suma kontrolna (16 bitowa) = 35EC

bit przeniesienia dodany do wyniku

- Komputer wysyłający dane oblicza ich sumę kontrolną i dołącza ją do pakietu danych.
- Komputer odbierający dane również oblicza sumę kontrolną, lecz z odebranych danych, i sprawdza czy suma uzyskana przez niego zgadza się z sumą odebraną z pakietem danych. Jeśli nie, to znaczy, że dane uległy przekłamaniu.

Cykliczna kontrola nadmiarowa CRC (*ang. Cyclic Redundancy Check*)

- Jeden z algorytmów obliczania sumy kontrolnej
- Oparte o rejestry przesuwne i bloki XOR
- Skomplikowane teoretycznie, proste w realizacji
- Duża skuteczność wykrywania błędów
- Szerokie zastosowania



Ramka z sumą kontrolną





Model odniesienia ISO/OSI

*(ang. International Organization for Standardization/
Open System Interconnection)*



ISO (ang. *International Organization for Standardization*)

OSI (ang. *Open System Interconnection*)

Model ISO OSI RM (ang. *ISO OSI Reference Model*):

model odniesienia łączenia systemów otwartych,
standard zdefiniowany przez organizację ISO opisujący
strukturę komunikacji sieciowej

Standard opracowano w 1983 roku, a w 1995 roku
przedstawiono jego zrewidowaną wersję

- Model ISO/OSI sieci

Warstwa 7	Aplikacji
Warstwa 6	Prezentacji
Warstwa 5	Sesji
Warstwa 4	Transportowa
Warstwa 3	Sieciowa
Warstwa 2	łącza danych
Warstwa 1	Fizyczna

Zadaniem warstw górnych jest współpraca z oprogramowaniem realizującym zadania zlecane przez użytkownika systemu komputerowego. Tworzą one pewien interfejs, który pozwala na komunikację z warstwami niższymi. Ta sama warstwa realizuje dokładnie odwrotne zadanie w zależności od kierunku przepływu danych. Dla ustalenia uwagi założmy, że dane przepływają w dół Modelu OSI, kiedy płyną od użytkownika do urządzeń sieciowych oraz w górę w przeciwnym wypadku.

Aplikacji	Górne
Prezentacji	
Sesji	
Transportowa	Dolne
Sieciowa	
Łącza danych	
Fizyczna	

Najniższe warstwy zajmują się odnajdywaniem drogi do celu, gdzie ma być przekazana konkretna informacja. Dzielą również dane na odpowiednie dla urządzeń sieciowych pakiety określane często skrótem PDU (ang. *Protocol Data Unit*). Dodatkowo zapewniają weryfikację bezbłędności przesyłanych danych. Ważną cechą warstw dolnych jest całkowite ignorowanie sensu przesyłanych danych. Dla warstw dolnych nie istnieją aplikacje, tylko pakiety (ramki) danych.

- **Warstwa fizyczna**

Fundamentem, na którym zbudowany jest model referencyjny OSI, jest jego warstwa fizyczna. Jest odpowiedzialna za wysyłanie i odbieranie strumieni bitów („widzi tylko zera i jedynki”).

Określa ona procesy i mechanizmy dotyczące przenoszenia sygnału na nośnik i odbierania z niego sygnałów. Skupia się na fizycznych właściwościach elektrycznych, optycznych lub radiowych technik sygnalizowania (np. napięcie prądu elektrycznego przenoszącego sygnał, rodzaje nośników i odpowiadające im właściwości impedancji, elektroniczne składniki kart sieciowych, a nawet fizyczny kształt złącza).

Aplikacji
Prezentacji
Sesji
Transportowa
Sieciowa
Łącza danych
Fizyczna

Dolną granicę warstwy fizycznej stanowi złącze nośnika, więc warstwa fizyczna nie obejmuje medium transmisyjnego – nośnika!

Nieformalnie nośniki klasyfikuje się do warstwy zerowej modelu ISO/OSI.

Nośnik to urządzenia przenoszące sygnał generowane przez mechanizmy warstwy fizycznej (np. kable miedziane, światłowody). Warstwa fizyczna określa wymagane charakterystyki wydajnościowe nośników na których oparte są jej mechanizmy.

• Warstwa fizyczna (cd.)

Warstwa fizyczna przesyła i odbiera sygnały zaadresowane dla wszystkich protokołów jej stosu oraz aplikacji, które je wykorzystują. Musi ona więc wykonywać kilka istotnych funkcji – w szczególności:

- aby móc nadawać dane, musi ona:
 - zamieniać dane znajdujące się w ramach na strumienie binarne,
 - wykonywać taką metodę dostępu do nośnika, jakiej żąda warstwa łącza danych,
 - przysyłać ramki danych szeregowo (czyli bit po bicie) w postaci strumieni binarnych.
- w celu odbierania danych konieczne jest natomiast:
 - oczekiwanie na transmisje przychodzące do urządzenia hosta i do niego zaadresowane,
 - odbiór odpowiednio zaadresowanych strumieni,
 - przysyłanie binarnych strumieni do warstwy danych w celu złożenia ich z powrotem w ramki.

Lista ta, jak widać, nie obejmuje żadnych sposobów weryfikowania integralności danych. Warstwa fizyczna nie posiada bowiem mechanizmu służącego rozpoznawaniu znaczenia wysyłanych jak też otrzymywanych danych (strumieni bitów).

Aplikacji
Prezentacji
Sesji
Transportowa
Sieciowa
Łącza danych
Fizyczna

- **Warstwa łączy danych**

Warstwa łączy danych jest czasami nazywana warstwą liniową. Ma ona nadzorować jakość przekazywanych informacji. Nadzór ten dotyczy wyłącznie warstwy niższej.

Warstwa łączy danych ma możliwość zmiany parametrów pracy warstwy fizycznej, tak aby obniżyć liczbę pojawiających się podczas przekazu błędów. Zajmuje się pakowaniem danych w ramki i wysyłaniem do warstwy fizycznej. Rozpoznaje błędy związane z niedotarciem pakietu oraz uszkodzeniem ramek i zajmuje się ich naprawą.

Podczas ruchu w dół w warstwie łączy danych zachodzi enkapsulacja (inaczej kapsułkowanie) pakietów z warstwy sieciowej tak, aby uzyskać ramki zgodne ze standardem.

Aplikacji
Prezentacji
Sesji
Transportowa
Sieciowa
Łączy danych
Fizyczna



- **Warstwa sieciowa**

Warstwa sieciowa jako jedyna dysponuje wiedzą dotyczącą fizycznej topologii sieci. Rozpoznaje, jakie drogi łączą poszczególne hosty (ang. *routing*) i decyduje, ile informacji należy przesać jednym z połączeń, a ile innym. Jeżeli danych do przesłania jest zbyt wiele, to warstwa sieciowa po prostu je ignoruje. Ona nie musi zapewniać pewności transmisji, więc w razie błędu pomija niepoprawne pakiety danych.

Nie znajdują się w niej żadne użyteczne dla użytkowników aplikacje. Jedyne jej zadanie to zapewnienie sprawnej łączności między „odległymi” punktami sieci.

Rutery są podstawą budowy rozległych sieci informatycznych takich jak Internet, bo potrafią odnaleźć najlepszą drogę do przekazania informacji. Warstwa sieciowa podczas ruchu w dół umieszcza dane wewnątrz pakietów zrozumiałych dla warstw niższych.

Aplikacji
Prezentacji
Sesji
Transportowa
Sieciowa
Łączy danych
Fizyczna

- **Warstwa transportowa**

Warstwa transportowa realizuje transport pomiędzy punktami końcowymi.

Kontroluje wiarygodność połączenia poprzez kontrolę przepływu, segmentację / desegmentację i kontrolę błędów.

Protokoły połączeniowe mogą dodatkowo śledzić, czy segmenty dotarły do celu i w przypadku porażki dokonywać retransmisji.

Aplikacji
Prezentacji
Sesji
Transportowa
Sieciowa
Łącza danych
Fizyczna

- **Warstwa sesji**

Warstwa sesji otrzymuje od różnych aplikacji dane, które muszą zostać odpowiednio zsynchronizowane.

Synchronizacja jest między warstwami sesji systemu nadawcy i odbiorcy.

Warstwa sesji "wie", która aplikacja łączy się z którą, dzięki czemu może zapewnić właściwy kierunek przepływu danych - nadzoruje połączenie. Wznawia je po przerwaniu.

Aplikacji
Prezentacji
Sesji
Transportowa
Sieciowa
Łącza danych
Fizyczna

- **Warstwa prezentacji**

Podczas ruchu w dół zadaniem warstwy prezentacji jest przetworzenie danych od aplikacji do postaci kanonicznej (ang. *canonical representation*) zgodnej ze specyfikacją OSI-RM, dzięki czemu niższe warstwy zawsze otrzymują dane w tym samym formacie. Kiedy informacje płyną w górę, warstwa prezentacji tłumaczy format otrzymywanych danych na zgodny z wewnętrzną reprezentacją systemu docelowego. Wynika to ze zróżnicowania systemów komputerowych, które mogą w różny sposób interpretować te same dane. Dla przykładu bity w bajcie danych w niektórych procesorach są interpretowane w odwrotnej kolejności niż w innych.

Aplikacji
Prezentacji
Sesji
Transportowa
Sieciowa
Łączy danych
Fizyczna



- **Warstwa aplikacji**

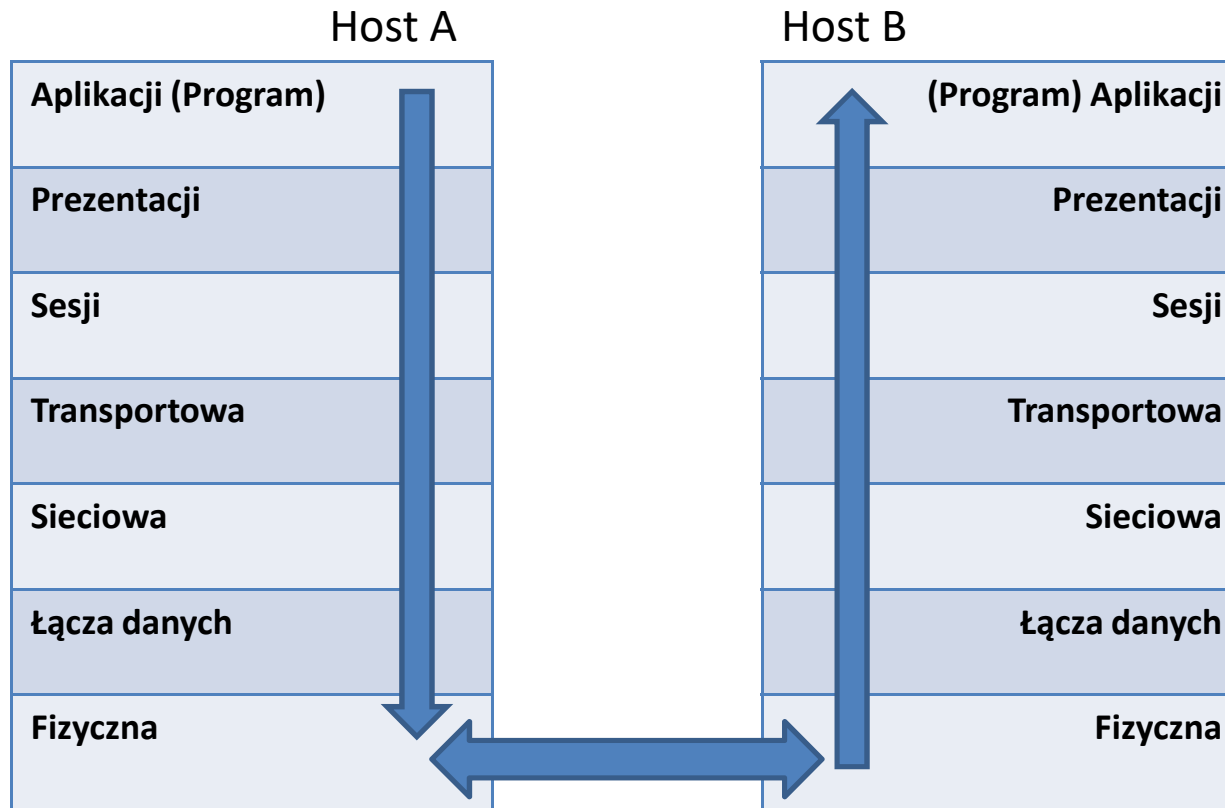
Warstwa aplikacji jest warstwą najwyższą, zajmuje się specyfikacją interfejsu, który wykorzystują aplikacje do przesyłania danych do sieci (poprzez kolejne warstwy modelu ISO/OSI). W przypadku sieci komputerowych aplikacje są zwykle procesami uruchomionymi na odległych hostach. Interfejs udostępniający programistom usługi dostarczane przez warstwę aplikacji opiera się na obiektach nazywanych gniazdami (ang. *socket*).

Jeżeli użytkownik posługuje się oprogramowaniem działającym w architekturze klient-serwer, zwykle po jego stronie znajduje się klient, a serwer działa na maszynie podłączonej do sieci świadczącej usługi równocześnie wielu osobom.

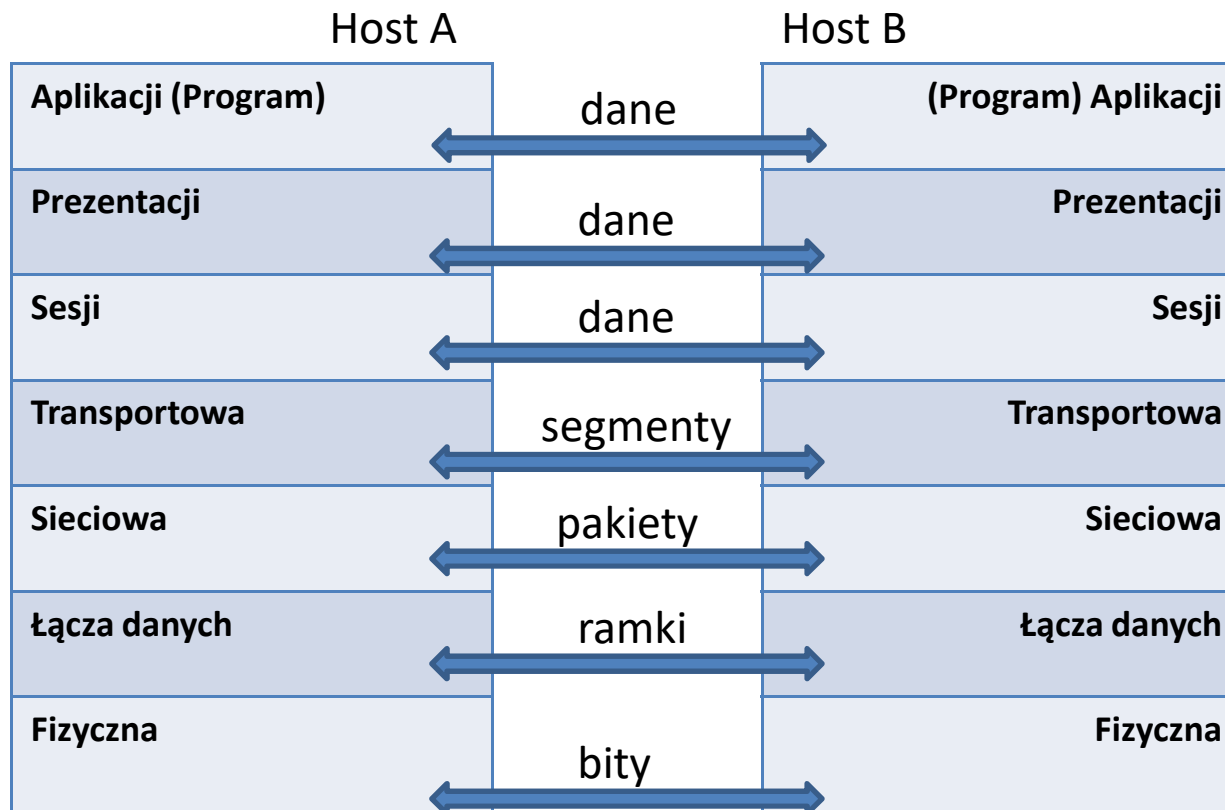
Zarówno serwer jak i klient znajdują się w warstwie aplikacji. Komunikacja nigdy nie odbywa się bezpośrednio między tymi programami. Kiedy klient chce przesłać żądanie do serwera, przekazuje komunikat w dół do warstw niższych, które fizycznie przesyłają go do odpowiedniej maszyny, gdzie informacje ponownie wędrują w górę i są ostatecznie odbierane przez serwer.

Aplikacji
Prezentacji
Sesji
Transportowa
Sieciowa
Łączy danych
Fizyczna

- Komunikacja



- Komunikacja





„Zalety” modelu ISO/OSI:

- klarowne rozróżnienie pomiędzy:
 - usługami: definiują co dokładnie warstwa robi
 - interfejsami: określają sposób dostępu do danej warstwy dla procesów położonych wyżej
 - protokołami: są wewnętrzną sprawą danej warstwy, ich podstawowy cel to spełniać funkcje danej warstwy
- ogólny

„Wady” modelu ISO/OSI:

- „niepopularny” ze względu na swoją złożoność i dość powolne działanie
- ścisłe implementowanie warstw oraz izolacji między nimi utrudnia rzeczywistym implementacją uzyskanie dużej wydajności



Model TCP/IP

*(ang. Transmission Control Protocol/
Internet Protocol)*



Zestaw protokołów, stos TCP/IP

- Jest to pierwszy zestaw protokołów opracowany do zastosowań w intersieciach
- Powstały w latach 70 w agencji ARPA w USA na potrzeby wojskowe, od połowy lat osiemdziesiątych finansowany przez organizacje naukowe i cywilne agencje rządowe USA
- Protokoły TCP/IP znajdują zastosowanie do małych sieci jak i do całego Internetu (duża skalowalność)



- Protokoły TCP/IP wprowadzają pojęcia **węzła sieci** (*ang. host computer*)
- Węzłem sieci jest każdy komputer podłączony do sieci niezależnie od jego mocy obliczeniowej, rozmiaru, możliwości komunikacyjnych itd.
- Sieci TCP/IP umożliwiają połączenie dwóch dowolnych komputerów niezależnie od wszelkich różnic pomiędzy nimi

- Model TCP/IP sieci

Warstwa 4	Aplikacji
Warstwa 3	Transportowa
Warstwa 2	Internetu
Warstwa 1	Dostępu do sieci

Porównanie modeli ISO/OSI i TCP/IP

Model ISO/OSI

Model TCP/IP

Przykładowe protokoły

Warstwa aplikacji	Warstwa aplikacji	DNS	Telnet, SHH, FTP, SFTP, SMTP, POP, IMAP, HTTP, SHTTP	
Warstwa prezentacji		SNMP		
Warstwa sesji				
Warstwa transportowa	Warstwa transportowa	UDP	TCP	
Warstwa sieciowa	Warstwa Internetu	IP	ICMP	
Warstwa łącza danych	Warstwa dostępu do sieci	ARP, RARP		PPP SLIP
Warstwa fizyczna		np.: IEEE 802.3, 802.5, 802.11, 802.14	***	



Enkapsulacja

(na przykładzie modelu TCP/IP)



Proces enkapsulacji danych

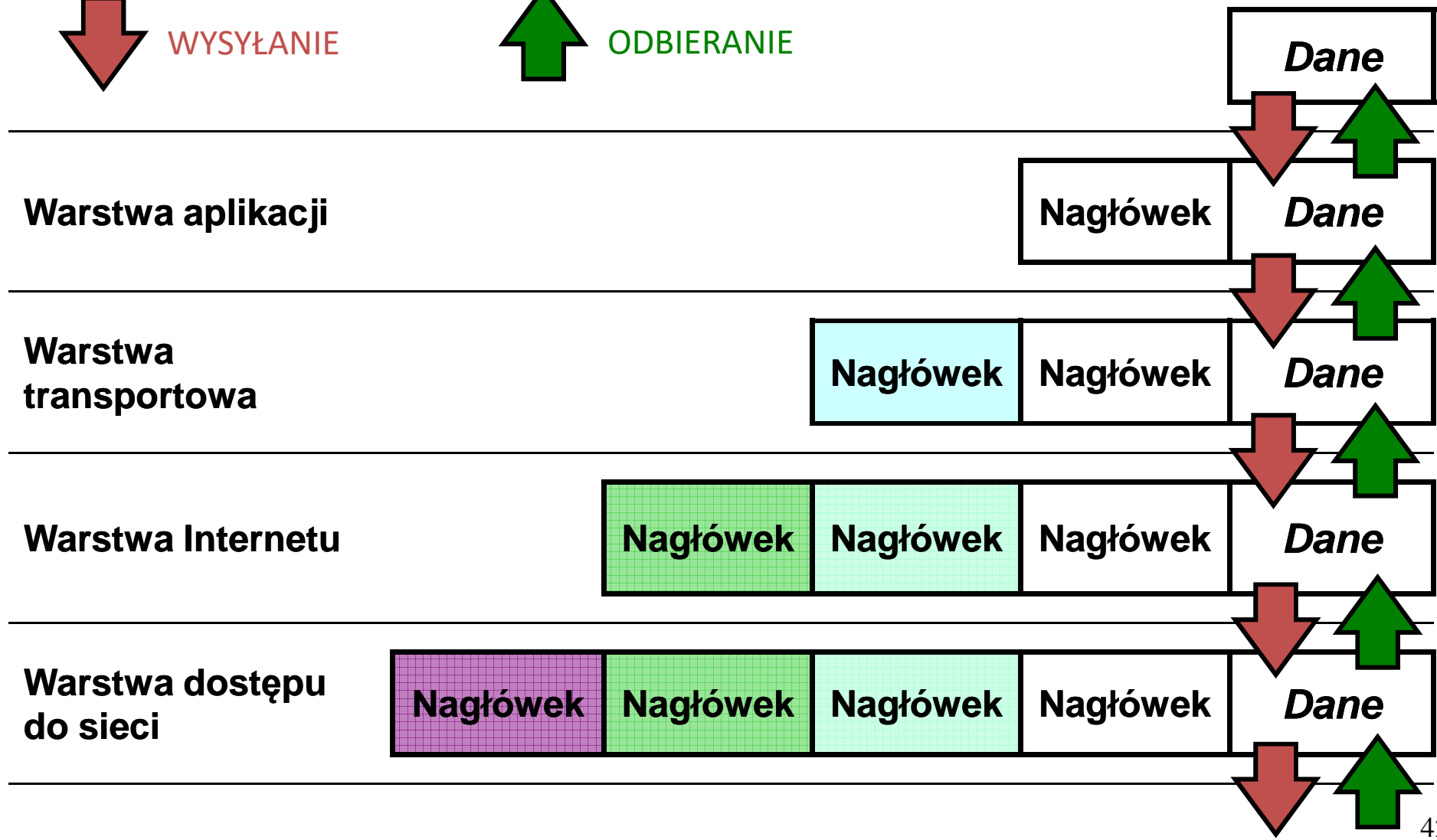
- Jeżeli komputer (Host A) chce wysłać dane do innego komputera (Host B), dane najpierw muszą być „spakowane” w procesie nazywanym enkapsulacją
- Enkapsulacja przed wysłaniem do sieci danych otacza je koniecznymi informacjami na temat protokołu/protokołów (w miarę przemieszczania się danych między kolejnymi warstwami modeli ISO/OSI czy TCP/IP)

ISO-OSI FTP DNS PHP MySQL RUTER CSS WiFi WAN
TCP/IP JavaScript Ethernet

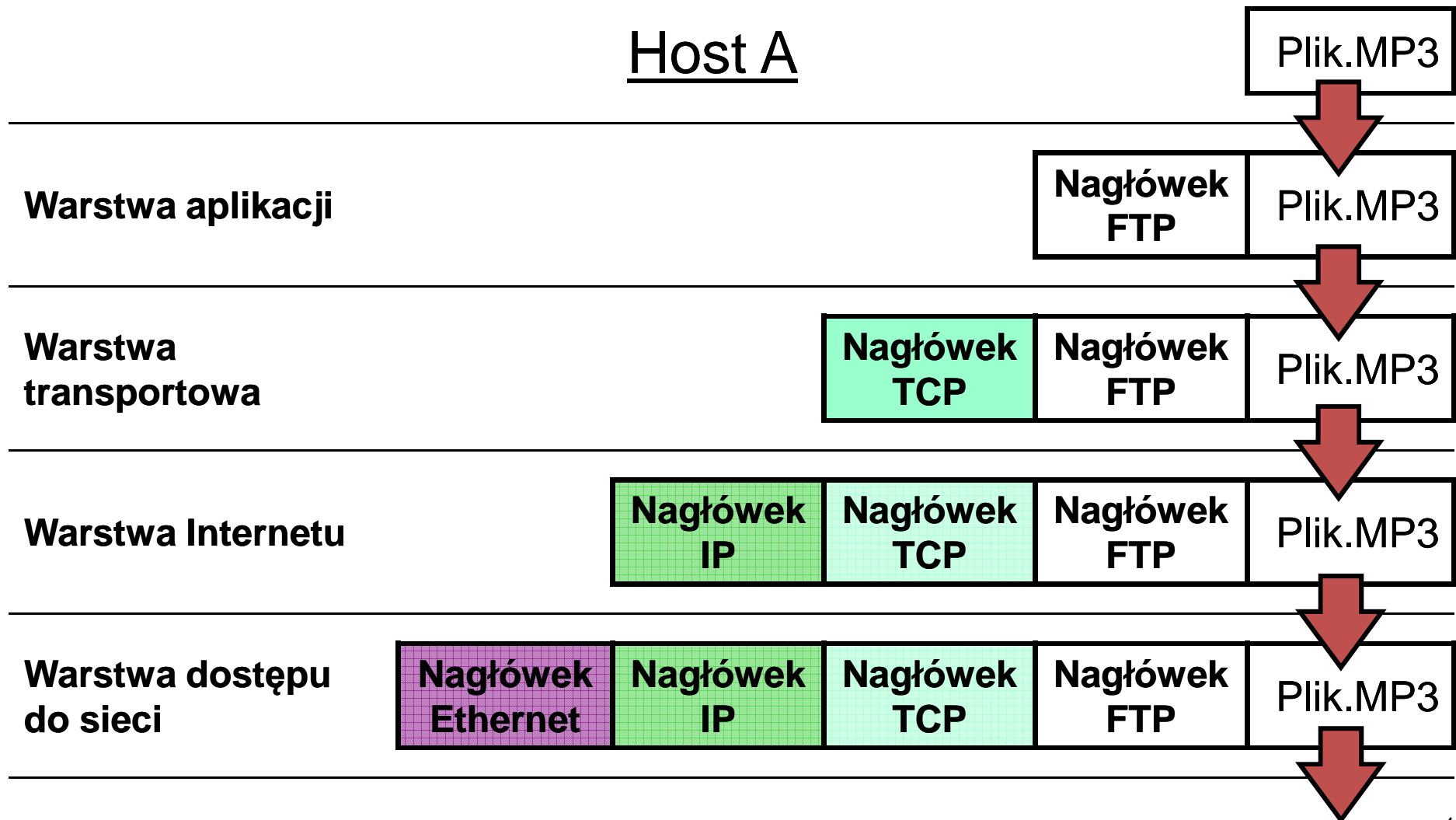
Proces enkapsulacji danych

↓ WYSYŁANIE

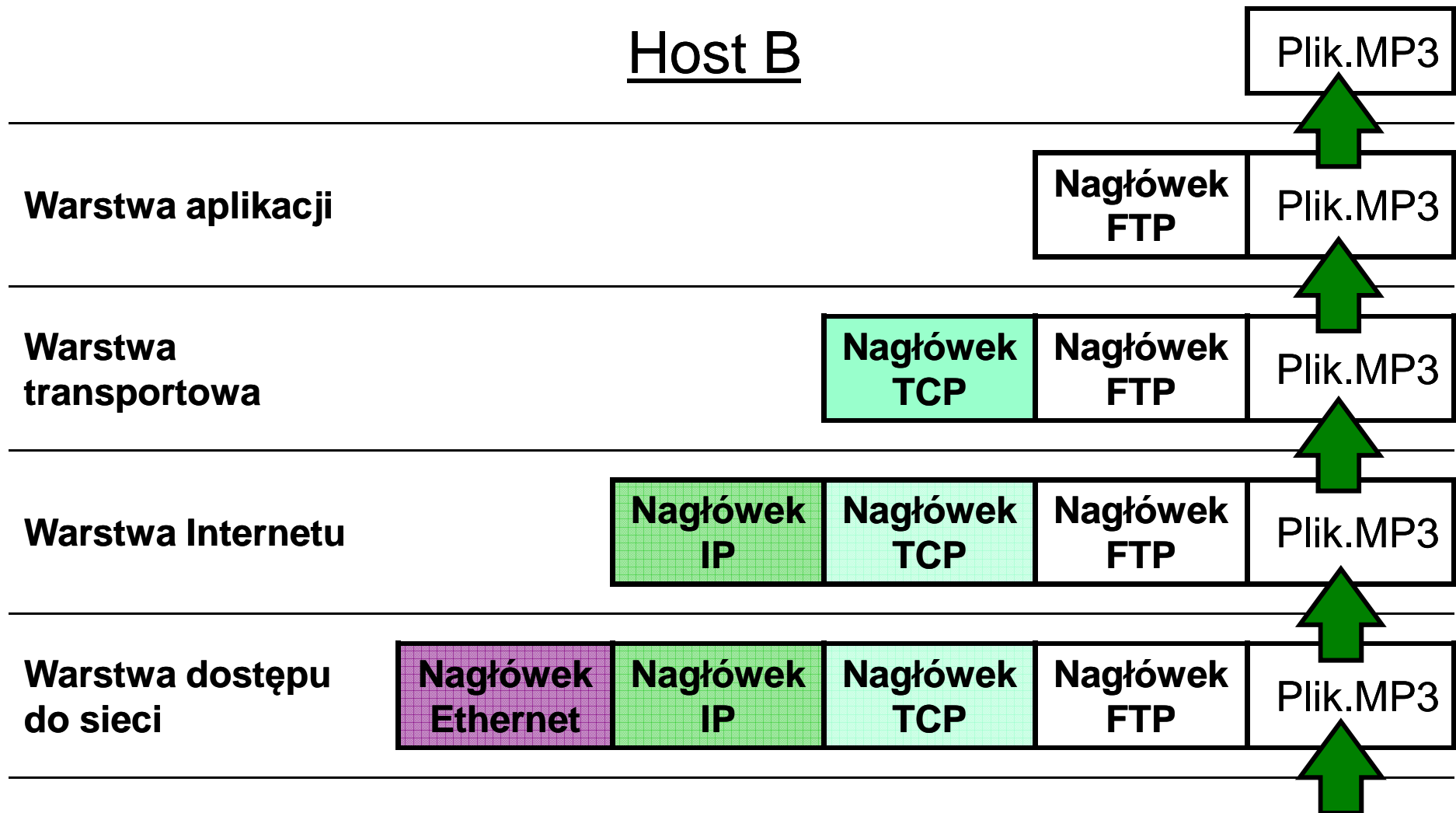
↑ ODBIERANIE



Proces transmisji pliku za pomocą protokołu FTP



Proces odbierania pliku za pomocą protokołu FTP





„Zalety” modelu TCP/IP:

- dobrze „przemyślane i zaimplementowane” wersje protokołów IP i TCP
- implementacje protokołów rozpowszechniane za darmo

„Wady” modelu TCP/IP:

- niewyraźne rozróżnienie pomiędzy idą usług, interfejsów i protokołów, dlatego nie nadaje się jako wytyczne do tworzenia sieci w „przyszłości” z wykorzystaniem nowych technologii
- nie jest ogólny, opisuje dokładnie stos protokołów TCP/IP



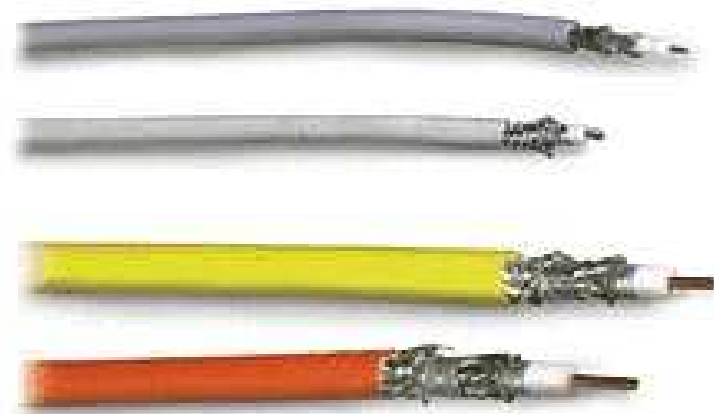
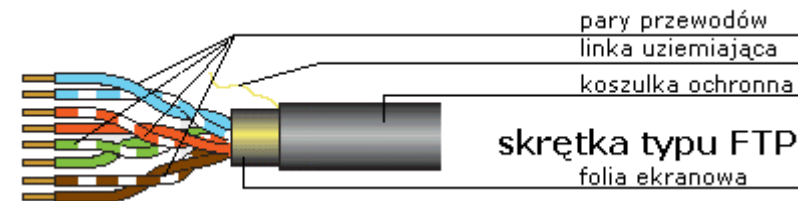
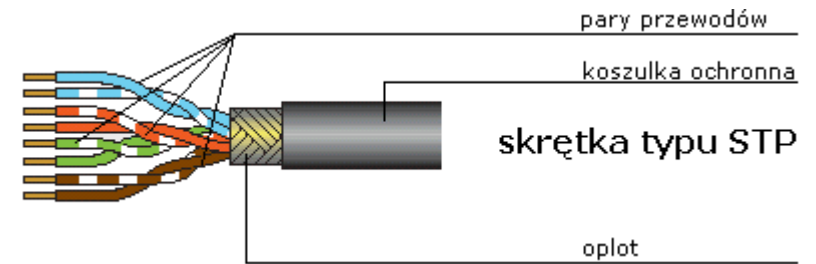
Podstawowe elementy sieci TCP/IP

- Podstawowe urządzenia sieciowe – okablowanie:

- kable miedziane

- skrętka
- koncentryk

- światłowody



- Podstawowe urządzenia sieciowe - karty sieciowe:

- Karty sieciowe w komputerach
- Karty zintegrowane z płytą główną
- Karty sieciowe USB (WiFi)
- Karty PCMCIA (WiFi)

- Głównym zadaniem karty sieciowej jest kodowanie i dekodowanie informacji przesyłanych łączami komunikacyjnymi.

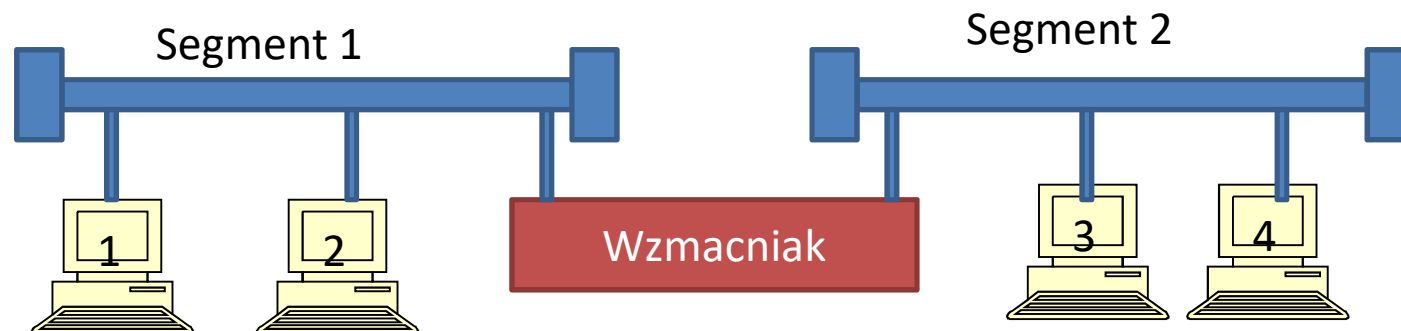
- Przesyłanie danych rozpoczyna się od uzgodnienia parametrów transmisji pomiędzy stacjami (np. prędkość, rozmiar pakietów). Następnie dane są przekształcane na sygnały elektryczne, kodowane, kompresowane i wysyłane do odbiorcy. Jego karta dokonuje ich deszyfracji i dekompresji. Tak więc karta odbiera i zamienia pakiety na bajty zrozumiałe dla procesora stacji roboczej (hosta).



- Podstawowe urządzenia sieciowe - wzmacniaki, regeneratory (ang. reapeeter):

Jeden z powodów ograniczenia zasięgu sieci lokalnych wynika z tłumienia sygnałów elektrycznych. W niektórych technikach sieciowych stosuje się wzmacniaki, aby obejść to ograniczenie. Wzmacniak jest zwykle urządzeniem analogowym, które stale monitoruje sygnał w obu kablach, które łączy. Po wykryciu sygnału w jednym kablu przekazuje jego wzmocnioną i zregenerowaną kopię do drugiego kabla.

Operują tylko w warstwie fizycznej – replikują sygnał i wysyłają do wszystkich elementów sieci.



- Podstawowe urządzenia sieciowe – koncentratory (ang. hub):

Koncentratory to wieloportowe wzmacniaki.

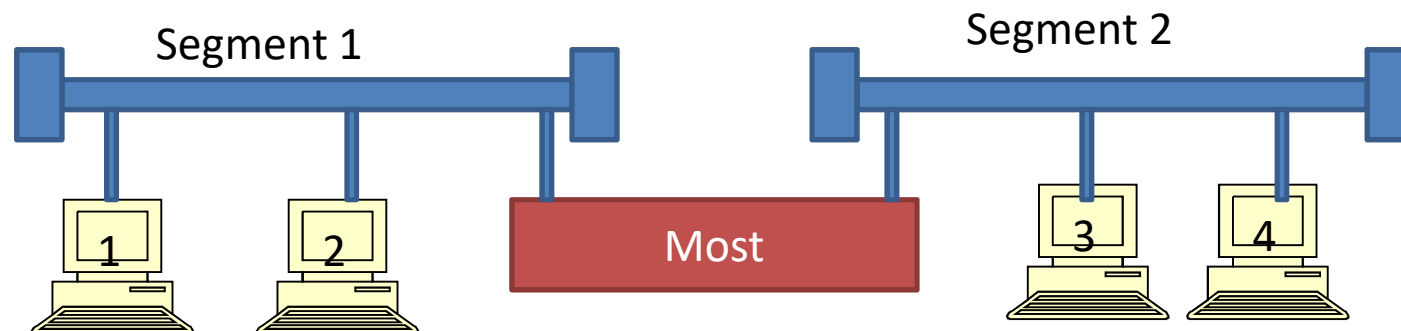
Regenerują i wzmacniają sygnał i rozsyłają do wszystkich portów huba.

Operują w warstwie fizycznej.



- Podstawowe urządzenia sieciowe - **mosty** (ang. bridge):

Most jest urządzeniem przeznaczonym do łączenia segmentów sieci. Most przekazuje poprawne ramki z jednego segmentu do drugiego. **Most wykonuje filtrowanie ramek.** Przekazuje ramki tylko gdy jest to potrzebne - na podstawie adresu przesyłanej ramki. Operuje w warstwie łącza danych .



- Podstawowe urządzenia sieciowe - przełączniki (ang. switch)

Przełączniki to wieloportowe mosty.

Kierują pakiety do odpowiednich portów.

Generują mniejszy ruch niż koncentratory.

Operują w warstwie łącza danych.



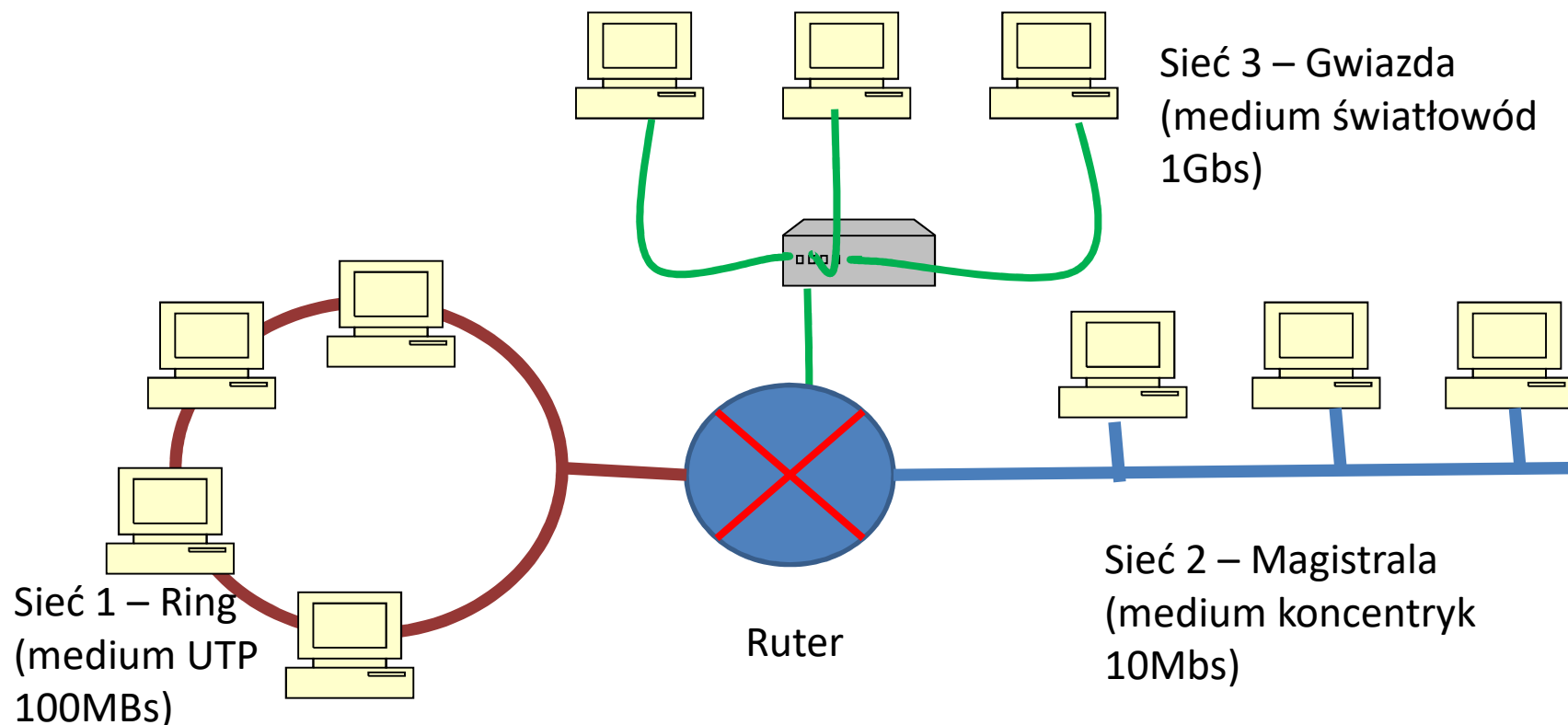
- Podstawowe urządzenia sieciowe - rutery (ang. router):
- Rutowanie ma miejsce między co najmniej dwiema podsieciami, w ramach jednej sieci komputerowej. Ruter tworzy i aktualizuje tablicę routingu, która przechowuje ścieżki do konkretnych obszarów sieci oraz metryki (miary jakości – szybkości, odległości połączenia) z nimi związane.
- Skuteczne działanie rutera wymaga wiedzy na temat otaczających go urządzeń, przede wszystkim innych routerów oraz przełączników. Może być ona dostarczona w sposób statyczny przez administratora, wówczas nosi ona nazwę **tablicy statycznej** lub może być pozyskana przez sam router od sąsiadujących urządzeń pracujących w trzeciej warstwie, tablice tak konstruowane nazywane są **dynamicznymi**.



Ruter operuje w sieciowej warstwie modeli OSI. Jest podstawową cegielką inter sieci.

Podstawowy element budowy intersieci – ruter

- Ruter posiada interfejs każdej z sieci, które łączy.





Bibliografia

- [1] Sieci komputerowe i intersieci, Douglas E. Comer, WNT, 2000
- [2] Sieci komputerowe, Andrew S. Tanenbaum, Helion, 2004



Dziękuję za uwagę