



COLLEGIUM  
**DA VINCI**

**Sieci komputerowe**

## Spis treści

Info.....	4
Zaliczenie.....	4
Zakres materiału.....	4
Chapter 1 – Introduction.....	5
Historia.....	5
Protokoły i standardy.....	5
Standardy.....	6
Organizacje.....	6
Standardy Internetu .....	6
Poziomy dojrzałości (maturity levels) standardu .....	6
Poziomy wymagania (requirement levels) RFC.....	7
Administracja Internetu .....	8
Grupy zarządzające Internetem.....	8
Chapter 2 – The OSI Model and the TCP/IP Protocol Suite.....	9
Warstwy protokołów.....	9
Model OSI.....	9
Warstwy modelu ISO/OSI.....	10
Warstwy protokołu TCP/IP .....	11
Adresacja.....	11
Enkapsulacja i dekapsulacja .....	12
Chapter 3 – Underlying Technology .....	13
Wired Local Area Network .....	13
Ramka Ethernet .....	13
Przykład .....	14
CSMA .....	14
Ethernet.....	16
Wireless LANs .....	18
CSMA/CA .....	20
Mechanizm adresacji.....	21
Problemy w CSMA/CA.....	21
Bluetooth - architektury .....	23
Point-to-Point WANs.....	24

DSL.....	25
Modem Kablowy.....	26
Urządzenia.....	26
T Lines.....	27
SONET.....	27
PPP.....	27
Switched WANs.....	28
ATM.....	28
Urządzenia sieciowe .....	32
Repeater.....	32
Bridge .....	32
Router .....	33
Chapter 15 – Transmission Control Protocol (TCP) .....	34
Część kontrolna.....	34
Diagramy.....	35
Three-way handshake.....	35
Przesyłanie danych .....	37
Half-close.....	38
Diagramy czasowe .....	39
Excercises .....	42
Chapter 1.....	42
Chapter 2 .....	42
Chapter 3.....	44
Pytania .....	45
Podane.....	45
Chapter 1.....	46
Chapter 2 .....	47
Chapter 3.....	47
Chapter 15 .....	48

## Info

Prowadzący: Michał Sajkowski

Mail: [michal.sajkowski@cdv.pl](mailto:michal.sajkowski@cdv.pl)

### **Zaliczenie**

28.11.2022 – "3 Szybkie Pytania"

Pisemne – na uczelni (R. 312)

### **Zakres materiału**

Prezentacje na podstawie książki:

"TCP/IP Protocol Suite Fourth Edition" – Behrouz A. Forouzan ([download](#))

(rozdziały: 1, 2, 3, 4, 6, 7, 14, 15, 16, 24)

# Chapter 1 – Introduction

## Historia

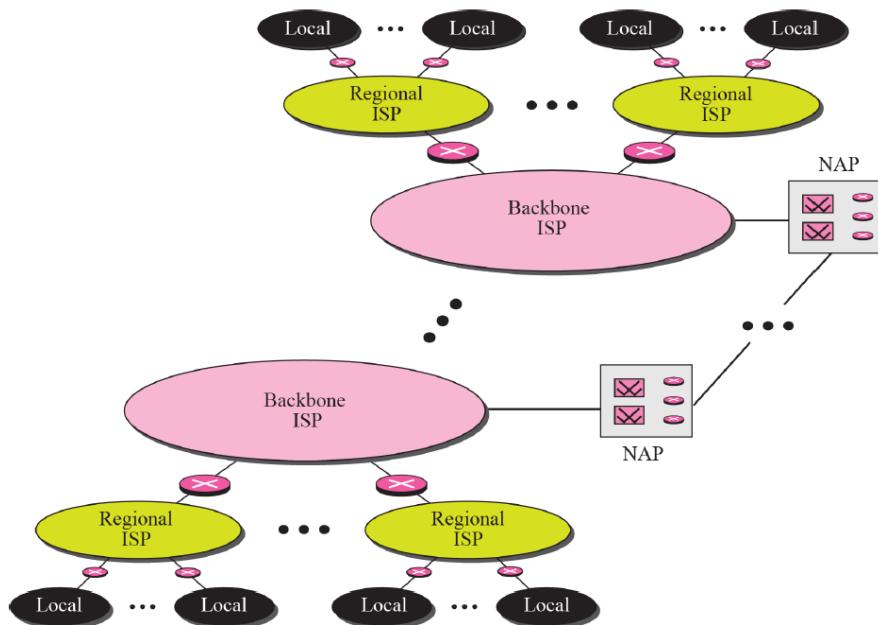
**Sieć** – grupa połączonych, komunikujących się ze sobą urządzeń (np. komputery i drukarki)

**internet** – dwie lub więcej sieci, które mogą się ze sobą komunikować

**Internet** – najważniejszy internet, skomponowany z setek tysięcy połączonych mniejszych sieci.

**ISP** – Internet Service Provider – dostawca usług internetowych

**NAP** – Network Access Point – punkt dostępu do sieci



Rysunek 1 Internet today

Przykładowe przejście pakietu przez internet:

Sieć lokalna → sieć regionalna → sieć szkieletowa → NAP → ...

## Protokoły i standardy

**Protokół** – reguły wymiany informacji pomiędzy 2 lub więcej stacjami

**Standard** – norma – specyfikacja właściwych zachowań – każdy element programowy/techniczny/elektroniczny może być opisany przez normę – „Jakie zachowanie jest poprawne”

# Standardy

## Organizacje

Standardy tworzone są przez:

- **Komityty Tworzenia Norm** – Standards Creation Committees
  - **ISO** (Genewa) – International Standards Organization
  - **ITU** (Genewa, wcześniej Paryż "CCITE") – International Telecommunications Union-Telecommunications Standards Sector
  - **ANSI** – American National Standards Institute
  - **IEEE** (standardy sieci lokalnych) – Institute of Electrical and Electronics Engineers
  - **EIA** – Electronic Industries Association
  - **W3C** (Timber Nesley) – World Wide Web Consortium
  - **OMA** – Open Mobile Alliance
- **Fora** – Forums
  - **Frame Relay Forum**
  - **ATM Forum**
  - **Universal Plug and Play (UPnP) Forum**
- **Agencje Regulacyjne** – Regulatory Agencies
  - **FCC** – Federal Communications Commission

## Standardy Internetu

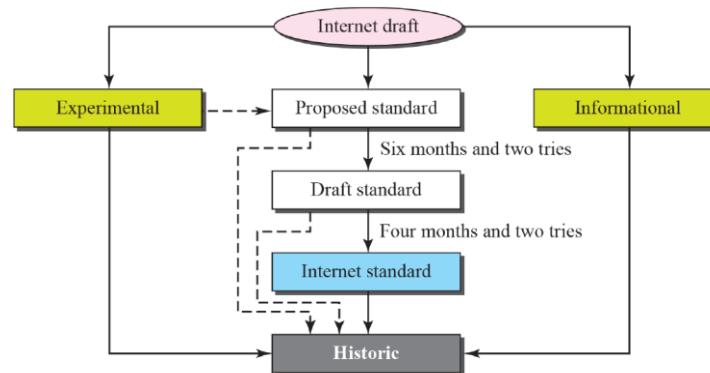
Standard to dokładnie przetestowana norma, która jest użyteczna oraz przestrzegana przez użytkowników Internetu. Do zatwierdzenia nowego standardu istnieje specjalna procedura, dzięki której procedura zyskuje status „standardu internetowego” (Internet standard).

Specyfikacja zaczyna jako szkic (Internet draft) – dokument bez oficjalnego statusu i 6 miesięcznym czasem życia.

## Poziomy dojrzałości (maturity levels) standardu

- **Proponowany (proposed standard)** – stabilny, dobrze rozumiany, wystarczająco użyteczny. Na tym etapie z reguły standard jest testowany i implementowany przez kilka różnych grup.
- **Szkic (draft standard)** – proponowany standard jest podniesiony do poziomu szkicu, jeżeli będzie miał on 2 udane implementacje i międzynarodowe implementacje.
- **Standard Internetowy (Internet standard)** – szkic standardu zyskuje status standardu Internetowego po prezentacjach udanych implementacji

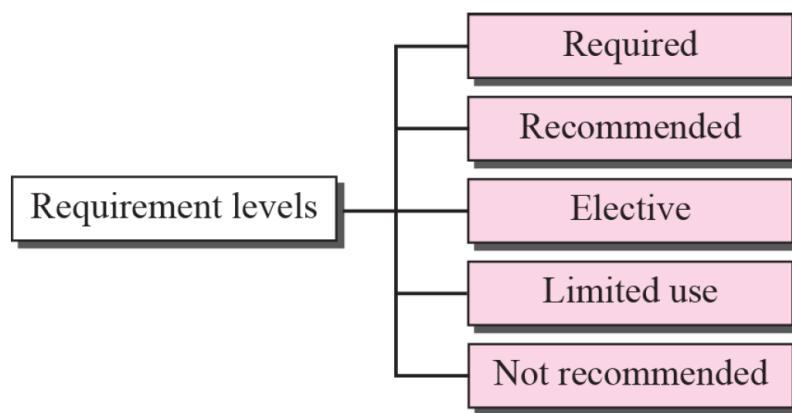
- **Historyczny (historic)** – ma on znaczenie historyczne. Został on wycofany z użytku lub nie przeszedł wymaganej procedury do stania się standardem Internetowym.
- **Eksperymentalny (experimental)** – jest w pełni eksperymentalnej wersji i nie powinien być implementowany w żadnej z działających usług Internetowych.
- **Informacyjny (informational)** – zawiera ogólne, historyczne lub instruktażowe informacje dotyczące Internetu.



Rysunek 2 Maturity levels of an RFC

### Poziomy wymagania (requirement levels) RFC

- Wymagany (required)
- Zalecany (recommended)
- Dowolny (elective)
- Ograniczone użycie (limited use)
- Niezalecany (not recommended)



Rysunek 3 Requirement levels of an RFC

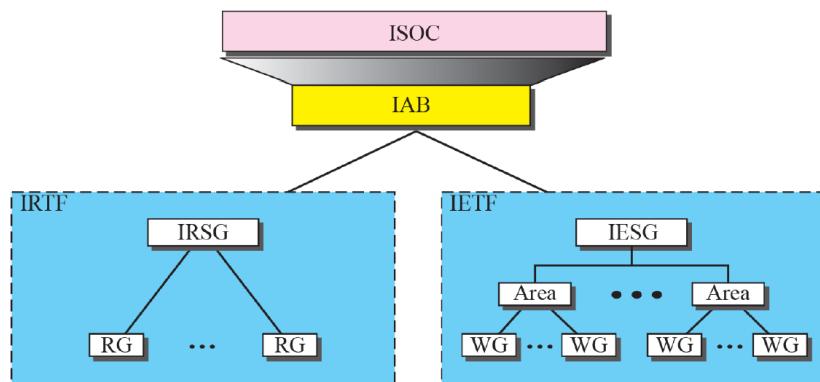
# Administracja Internetu

<b>ATM Forum</b> Presidio of San Francisco P.O. Box 29920 572B Ruger Street San Francisco, CA 94129-0920 <a href="http://www.atmforum.com">www.atmforum.com</a>	<b>International Telecommunication Union</b> Place des Nations CH-1211 Geneva 20 Switzerland <a href="http://intwww.itu.int/home">intwww.itu.int/home</a>
<b>Federal Communications Commission</b> 445 12th Street S.W. Washington, DC 20554 <a href="http://www.fcc.gov">www.fcc.gov</a>	<b>Internet Corporation for Assigned Names and Numbers (ICANN)</b> 4676 Admiralty Way, Suite 330 Marina del Rey, CA 90292-6601 <a href="http://www.icann.org">www.icann.org</a>
<b>Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)</b> Operations Center 445 Hoes Lane Piscataway, NJ 08854-1331 <a href="http://www.ieee.org">www.ieee.org</a>	<b>Internet Engineering Task Force (IETF)</b> E-mail: <a href="mailto:ietf-infor@ietf.org">ietf-infor@ietf.org</a> <a href="http://www.ietf.org">www.ietf.org</a>
<b>International Organization for Standardization (ISO)</b> 1, rue de Varembe Case postale 56 CH-1211 Geneva 20 Switzerland <a href="http://www.iso.org">www.iso.org</a>	<b>Internet Society (ISOC)</b> 1775 Weihe Avenue, Suite 102 Reston, VA 20190-5108 <a href="http://www.isoc.org">www.isoc.org</a>

Rysunek 4 Lista adresów, telefonów grup zarządzających Internetem

## Grupy zarządzające Internetem

- **ISOC** – Internet Society
  - **IAB** – Internet Architecture Board
    - **IRTF** – Internet Research Task Force
    - **IETF** – Internet Engineering Task Force
- **IANA** – Internet Assigned Number Authority
- **ICANN** – Internet Corporation for Names and Numbers
- **NIC** – Network Information Center



Rysunek 5 Administracja Internetu

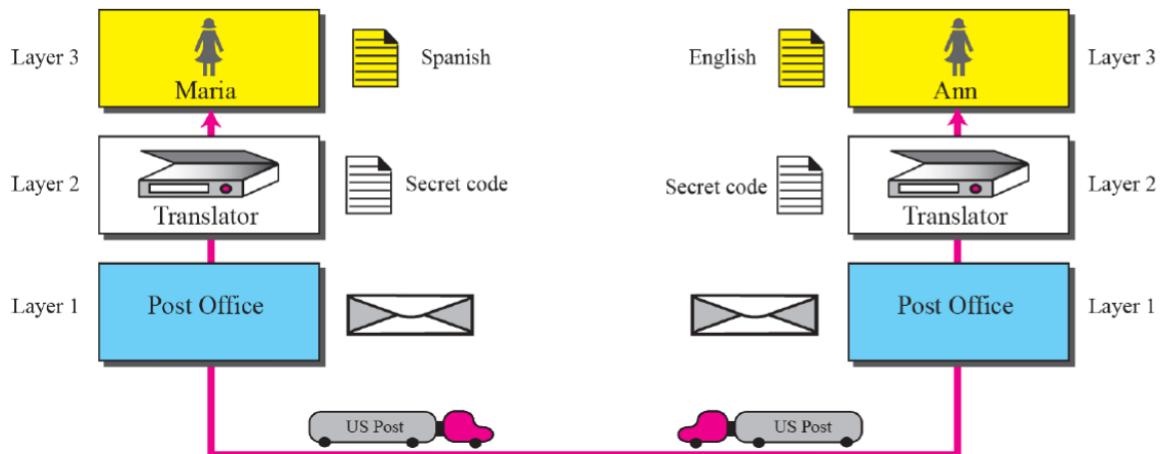
## Chapter 2 – The OSI Model and the TCP/IP Protocol Suite

### Warstwy protokołów

Nie wszystkie urządzenia korzystają z wszystkich warstw (np. router ma tylko 3 warstwy)



Rysunek 6 Komunikacja jednowarstwowa



Rysunek 7 Komunikacja 3 warstwowa

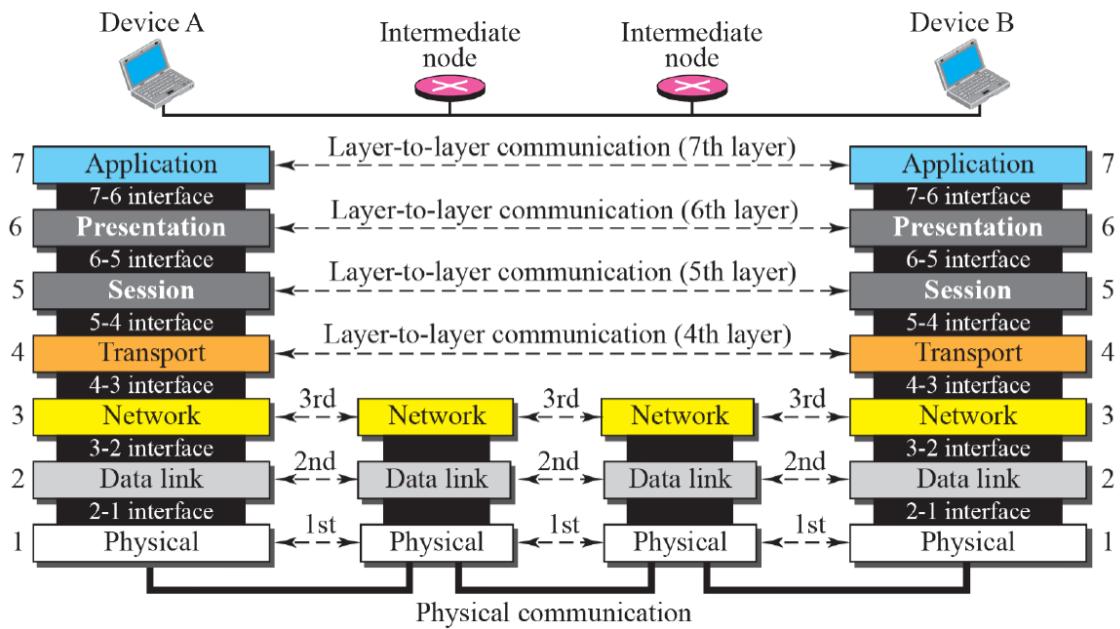
### Model OSI

**ISO – International Standards Organization** – założona w 1947 r.

**Standard ISO** zawierający wszystkie aspekty sieci – model **OSI (Open Systems Interconnection)**. Pierwszy raz przedstawiony w **1970 r.**

ISO -> organizacja

OSI -> model



Rysunek 8 Warstwy OSI

### Warstwy modelu ISO/OSI

**7. Aplikacji – Application** – zezwolenie na dostęp do zasobów internetowych

**6. Prezentacji – Presentation** – tłumaczenie, szyfrowanie i kompresja danych

**5. Sesji – Session** – nawiązanie, zarządzanie i kończenie sesji

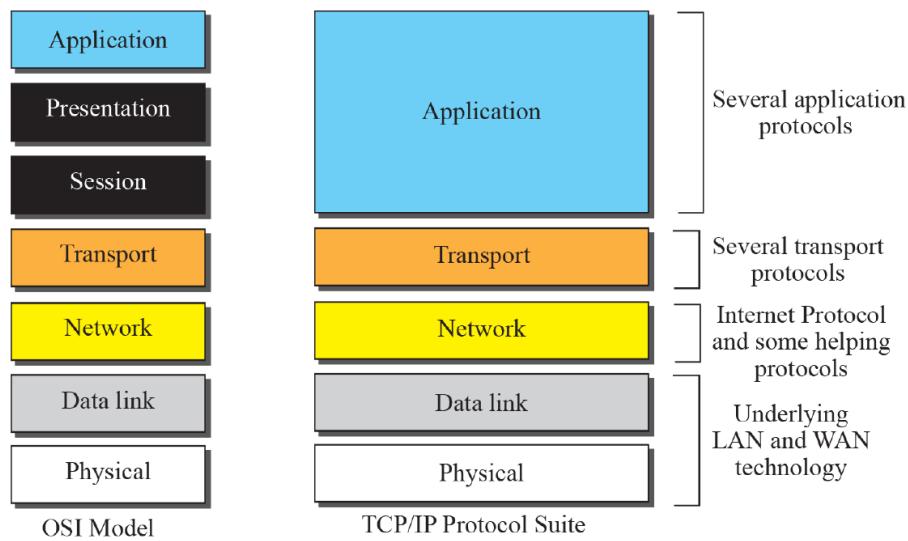
**4. Transportowa – Transport** – zapewnienie pewnego przesyłania wiadomości (proces-to-process) i poprawę błędów (error recovery)

**3. Sieciowa – Network** – przenoszenie pakietów od źródła do celu, zapewnia internetworking

**2. Łącza danych – Data Link** – organizacja bitów w ramki; zapewnienie dostarczenie skokowe (hop-to-hop delivery)

**1. Fizyczna – Physical** – transmisja bitów poprzez medium transmisyjne; zapewnia mechaniczne i fizyczne specyfikacje

## Warstwy protokołu TCP/IP



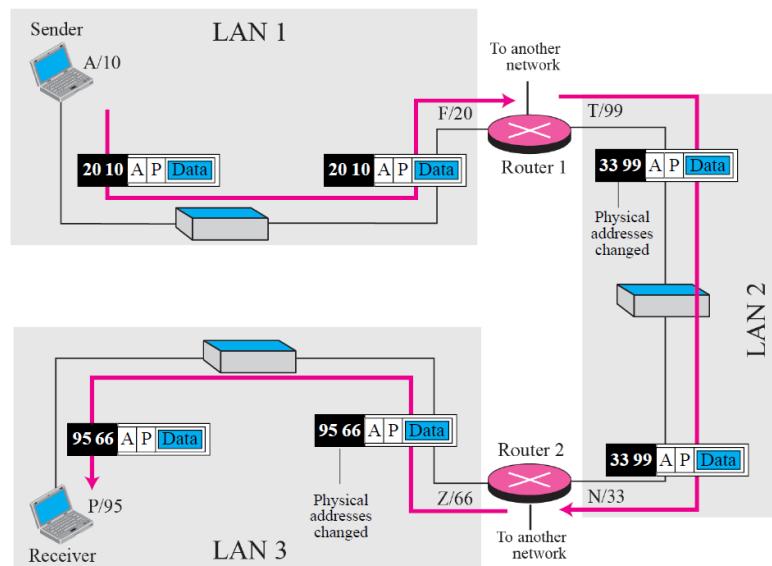
Rysunek 9 Porównanie modelu ISO/OSI z TCP/IP

5. **Aplikacji – Application** [wiadomość – message] -> adres aplikacji
4. **Transportowa – Transport** [segment/datagram/pakiet] -> port
3. **Sieciowa – Network** [pakiet – datagram] -> adres logiczny
2. **Łącza danych – Data link** [ramka – frame] -> adres fizyczny
1. **Fizyczna – Physical** [bit]

! Czasami warstwy łączą danych i fizyczną łączy się w jednej – „Dostępu do sieci”

## Adresacja

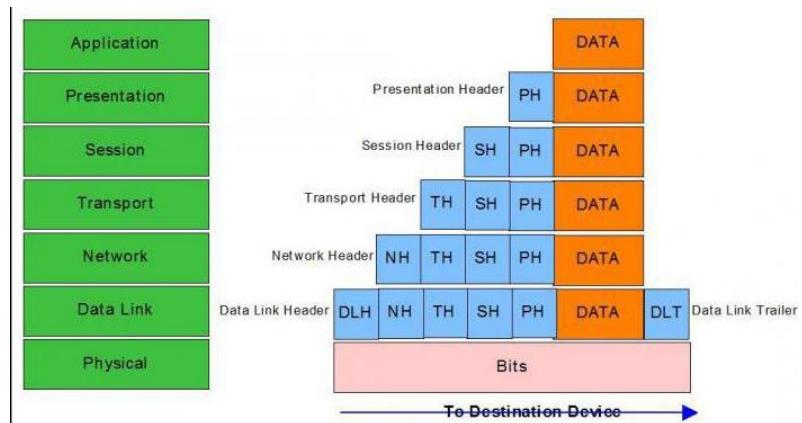
Podczas przesyłania informacji fizyczne adresy zmieniają się, ale adres logiczny oraz port z reguły zostają takie same.



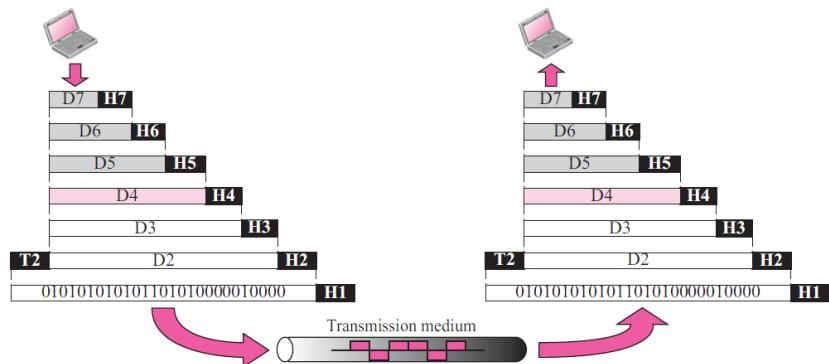
Rysunek 10 Przykład drogi pakietu

### Enkapsulacja i dekapsulacja

**Kapsułkowanie** (enkapsulacja) – proces przechodzenia danych przez warstwy w dół stosu, podział na mniejsze fragmenty oraz dodanie informacji sterujących. (7->1 / 5 ->1)



**Dekapsułkowanie** (dekapsulacja) – wyodrębnienie danych warstwy najwyższej z danych warstw niższych. (1->7 / 1->5)



## Chapter 3 – Underlying Technology

### Wired Local Area Network

**LAN (Local Area Network)** – sieć komputerowa, która jest zaprojektowana dla ograniczonego geograficznie terenu np. budynku lub uczelni. Większość sieci LAN jest podłączonych do **WAN (Wide Area Network)** albo Internetu.

Rynek sieci LAN widział już wiele technologii, m.in.:

- Ethernet – dominująca technologia
- Token ring
- Token bus
- FDDI
- ATM LAN

#### Ramka Ethernet

Minimum 512 bitów (64 Bajtów) – Maksimum 12,144 bitów (1518 Bajtów)

**d**: Hexadecimal digit

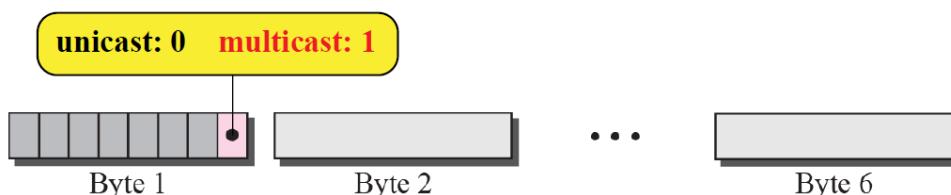
**d<sub>1</sub>d<sub>2</sub> : d<sub>3</sub>d<sub>4</sub> : d<sub>5</sub>d<sub>6</sub> : d<sub>7</sub>d<sub>8</sub> : d<sub>9</sub>d<sub>10</sub> : d<sub>11</sub>d<sub>12</sub>**

6 bytes = 12 hexadecimal digits = 48 bits

Rysunek 11 Adres ethernetowy w notacji szesnastkowej

Najmniej istotny bit pierwszego bajta określa typ adresu:

- 0 → unicast
- 1 → multicast



Rysunek 12 Adresy unicast i multicast

Docelowy adres rozgłoszeniowy (broadcast destination address) jest specjalną sytuacją, gdzie bity adresu multicast są samymi jedynkami.

## Przykład

Zad: Zdefiniuj typ adresów docelowych:

- a) 4A:30:10:21:10:1A  
A → 1010 (parzyste) → unicast
- b) 47:20:1B:2E:08:EE  
7 → 0111 (nieparzyste) → multicast
- c) FF:FF:FF:FF:FF:FF  
same F → same 1 → broadcast (multicast)

Zad: Pokaż jak adres 47:20:1B:2E:08:EE jest wysyłany.

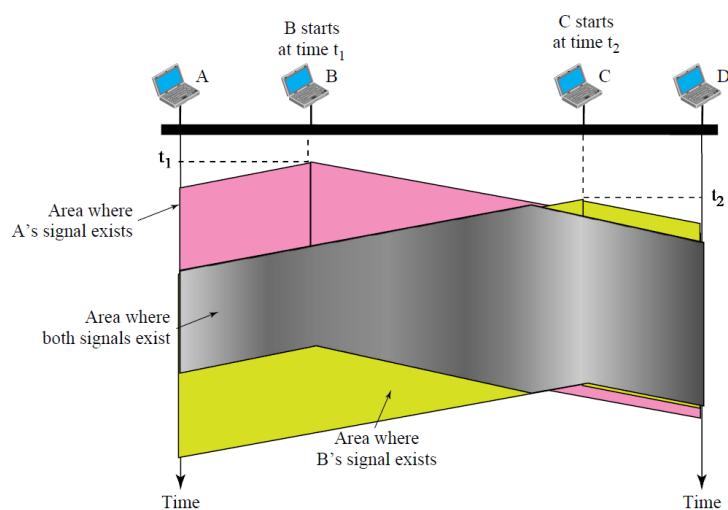
Adres jest wysyłany od lewej do prawej, bajt po bajcie

Każdy bajt jest wysyłany od prawej do lewej, bit po bicie

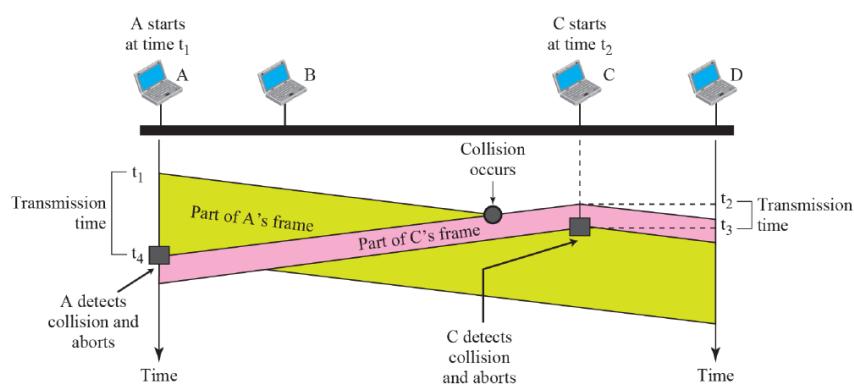
← 11100010 00000100 11011000 01110100 00010000 01110111

## CSMA

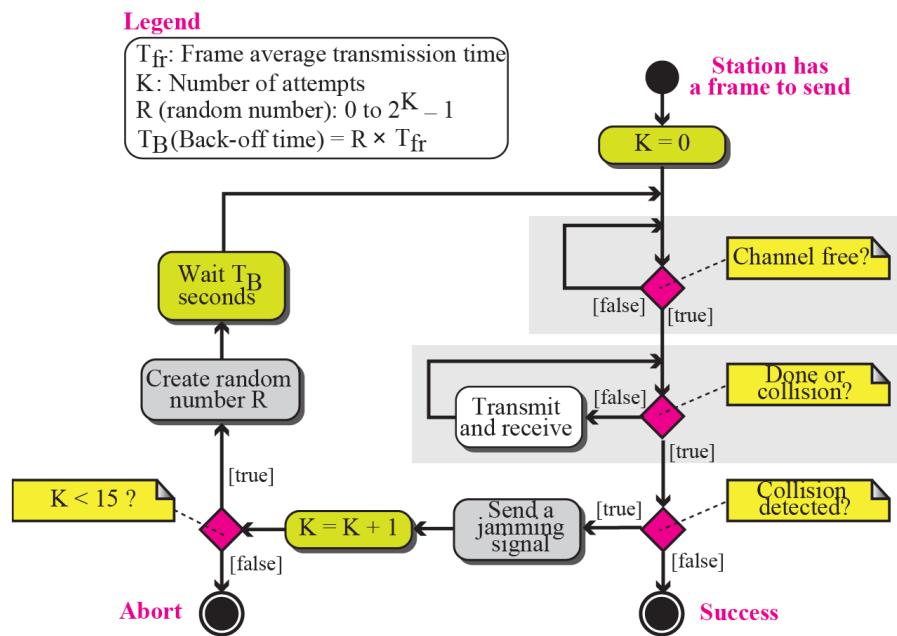
### CSMA/CD – Carrier-Sense Multiple Access with Collision Detection



Rysunek 13 Model kolizji CSMA



Rysunek 14 Kolizja pierwszego bitu w CSMA/CD



Rysunek 15 Diagram działania CSMA/CD

**Zad:** W standardowym Etherencie, jeżeli maksymalny czas propagacji to  $25.6 \mu s$ , jaka jest minimalna wielkość ramki?

Czas transmisji ramki to:

$$T_{fr} = 2 * T_p = 51.2 \mu s$$

$T_{fr}$  – czas transmisji ramki (frame transmission time)

$T_p$  – czas propagacji (propagation time)

Minimalna wielkość ramki to:

$$10 [Mbps] * 51.2 [\mu s] = 512 [b] = 64 [B]$$

! Obliczenia są zgodne tylko dla Standardowego Ethernetu

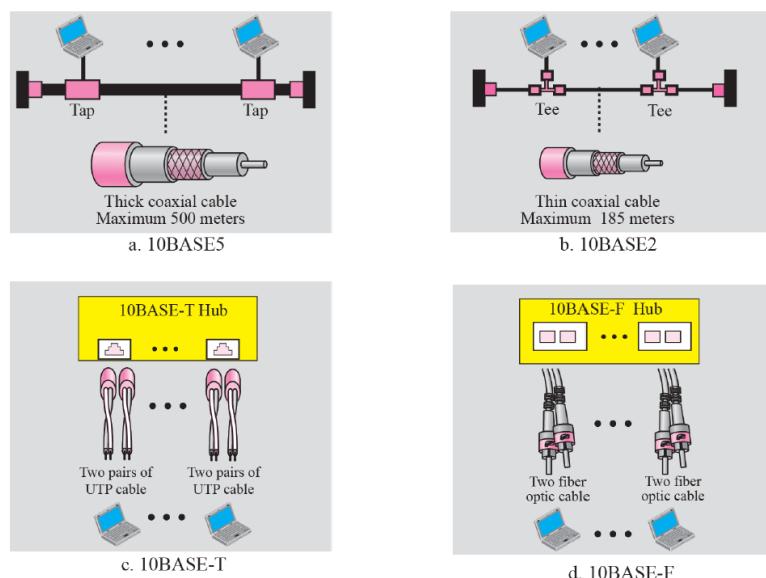
## Ethernet

Generacje Ethernet'u:

1. **Standard Ethernet** (10 Mb/s)
2. **Fast Ethernet** (100 Mb/s)
3. **Gigabit Ethernet** (1Gb/s)
4. **Ten-Gigabit Ethernet** (10Gb/s)

### 1. Standard Ethernet

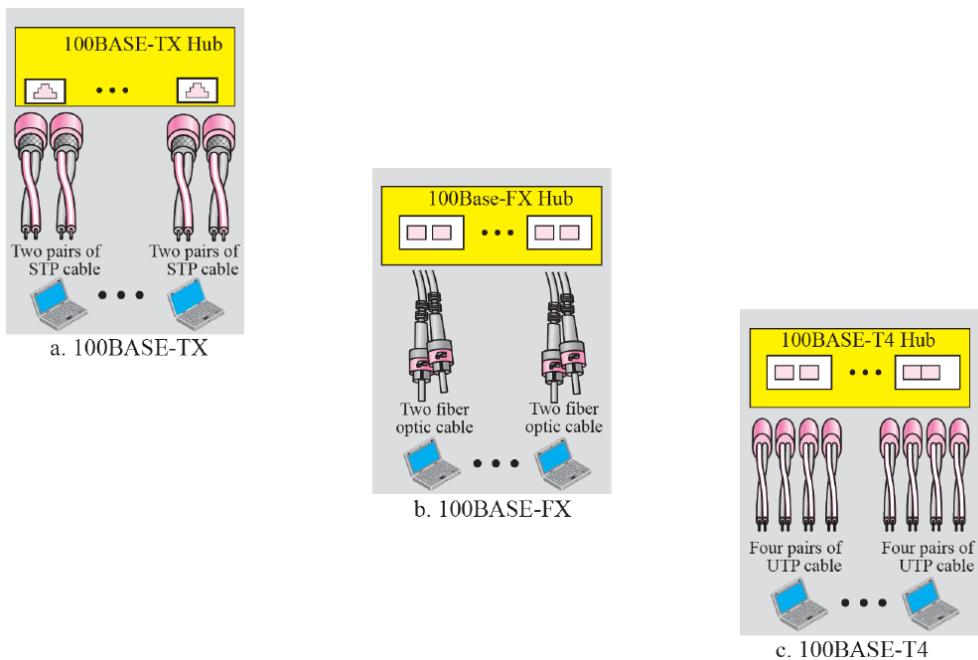
Charakterystyka	10Base5	10Base2	10Base-T	10Base-F
Medium (transmisyjne)	Gruby koncentryk <i>Thick coax</i>	Cienki koncentryk <i>Thin coax</i>	2 UTP	2x Światłowód <i>Fiber</i>
Maks. długość	500 m	185 m	100 m	2000 m



Rysunek 16 Implementacje Standardowego Ethernetu

### 2. Fast Ethernet

Charakterystyka	100Base-TX	100Base-FX	100Base-T4
Medium (transmisyjne)	STP	Światłowód <i>Fiber</i>	UTP
Liczba przewodów	2	2	4
Maks. długość	100 m	100 m	100 m



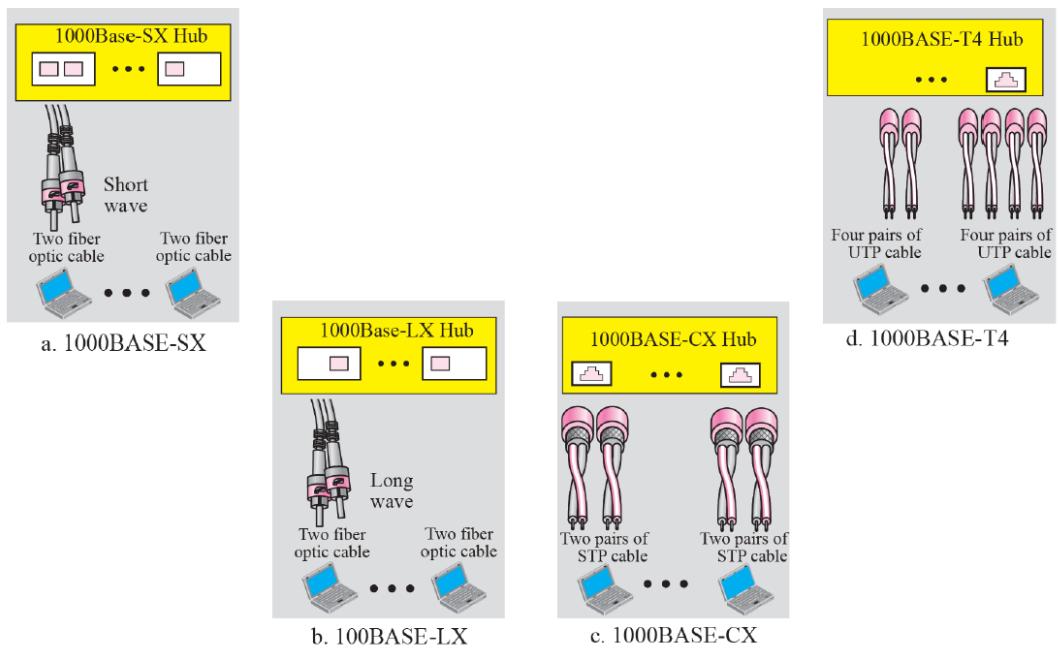
Rysunek 17 Implementacje Fast Ethernetu

### 3. Gigabit Ethernet

Charakterystyka	1000Base-SX	1000Base-LX	1000Base-CX	1000Base-T4
Media (transmisyjne)	Światłowód krótkofalowy Fiber short-wave	Światłowód długofalowy Fiber long-wave	STP	Skrzynka Cat 5 UTP
Liczba przewodów	2	2	2	4
Maks. długość	550 m	5000 m	25 m	100 m

W trybie full-duplex Gigabitowego Ethernetu nie ma kolizji;

Maksymalna długość przewodu jest zależna od **tlumienia sygnału (signal attenuation)** w przewodzie.



Rysunek 18 Implementacje Gigabit Ethernet'u

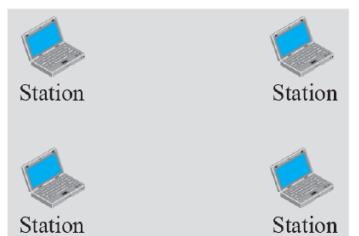
#### 4. Ten-Gigabit Ethernet

Charakterystyka	10GBase-S	10GBase-L	10GBase-E
Media (transmisyjne)	Światłowód wielomodowy <b>Multi-mode fiber</b>	Światłowód jednomodowy <b>Single-mode fiber</b>	Światłowód jednomodowy <b>Single-mode fiber</b>
Liczba przewodów	2	2	2
Maks. długość	300 m	10,000 m	40,000 m

## Wireless LANs

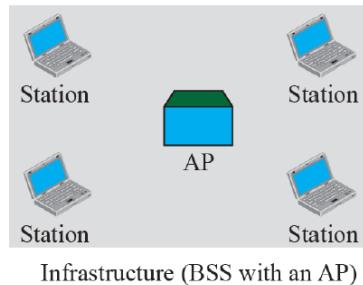
### IEEE 802.11 – standard WiFi

**BSS – Basic Service Set** – podstawowy zestaw usług (inna nazwa – ad hoc architecture)

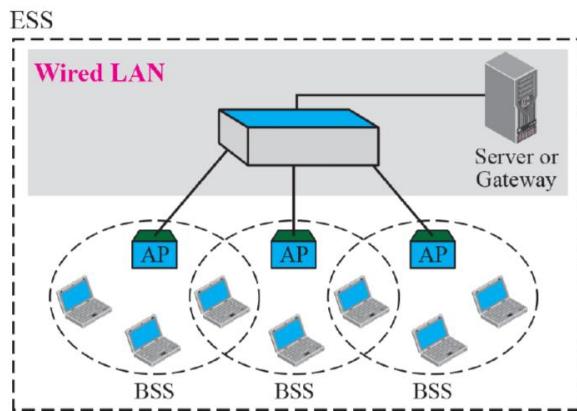


Ad hoc network (BSS without an AP)

**AP – Access Point** – punkt dostępu



**ESS – Extended Service Set** – rozszerzony zestaw usług – złożony z minimum 2 BSS z AP. Komunikacja pomiędzy stacjami, które są w swoim zasięgu komunikują się bez potrzeby AP, jednak jeżeli są to stacje z dwóch różnych BSS, z reguły przechodzi przez 2 AP.

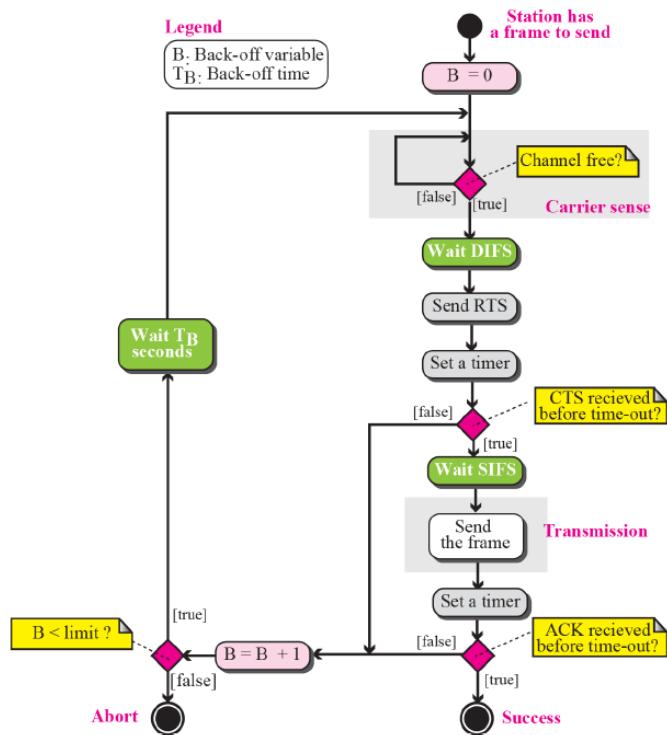


Rodzaje stacji na podstawie ich mobilności w sieci bezprzewodowej LAN:

- No-transition** – stacjonarna albo poruszająca się tylko w obszarze jednego BSS
- BSS-transition** – stacja może poruszać się z jednego BSS do drugiego, ale jest ograniczona przez jedno ESS
- ESS-transition mobility** – stacja, która może się poruszać od jednego ESS do drugiego

## CSMA/CA

### CSMA/CA – Carrier-Sense Multiple Access with Collision Avoidance

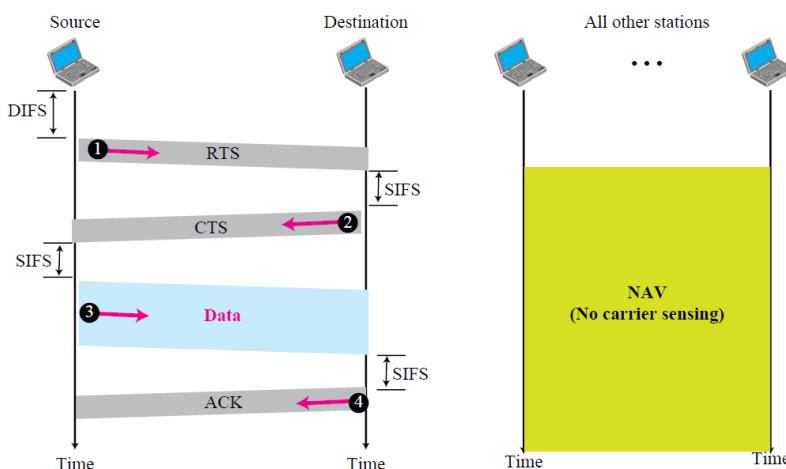


Rysunek 19 Diagram działania CSMA/CA

**DIFS – DCF Interframe Space** – czas nasłuchiwanie sieci przed nadawaniem

**SIFS – Short Interface Space** – wymagany czas na przetworzenie otrzymanej ramki i odpowiedzenie (response frame)

**NAV – Network Allocation Vector** – pokazuje ile czasu musi minąć zanim stacje mogą sprawdzić czy kanał jest bezczynny (idle)

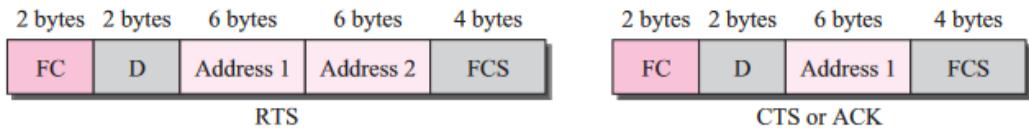


Rysunek 20 CSMA/CA i NAV

**RTS – Request To Send** (1011)

**CTS – Clear To Send** (1100)

**ACK – ACKnowledgment** (1101)



Rysunek 21 Ramki kontrolne

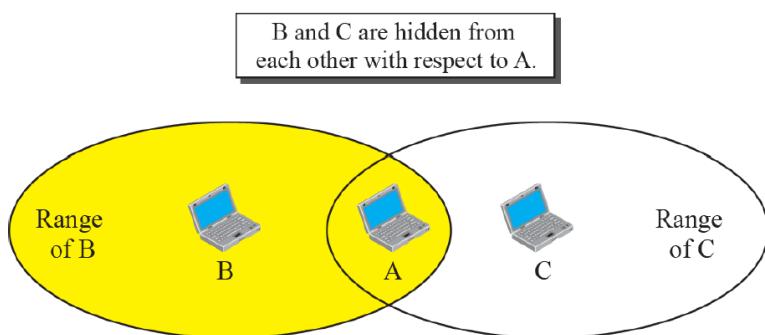
### Mechanizm adresacji

To DS	From DS	Address 1	Address 2	Address 3	Address 4
0	0	Destination	Source	BSS ID	N/A
0	1	Destination	Sending AP	Source	N/A
1	0	Receiving AP	Source	Destination	N/A
1	1	Receiving AP	Sending AP	Destination	Source

- Adres 1 jest zawsze adresem następnego urządzenia
- Adres 2 jest zawsze adresem poprzedniego urządzenia
- Adres 3 jest ostatecznym adresem stacji odbiorczej
- Adres 4 jest oryginalnym adresem stacji nadawczej

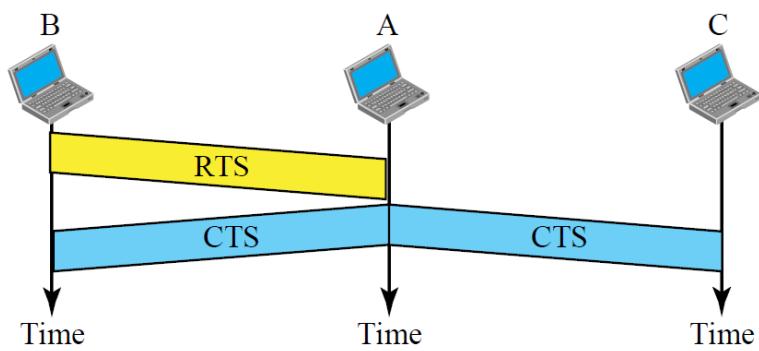
### Problemy w CSMA/CA

- Problem ukrytej stacji (hidden station problem)

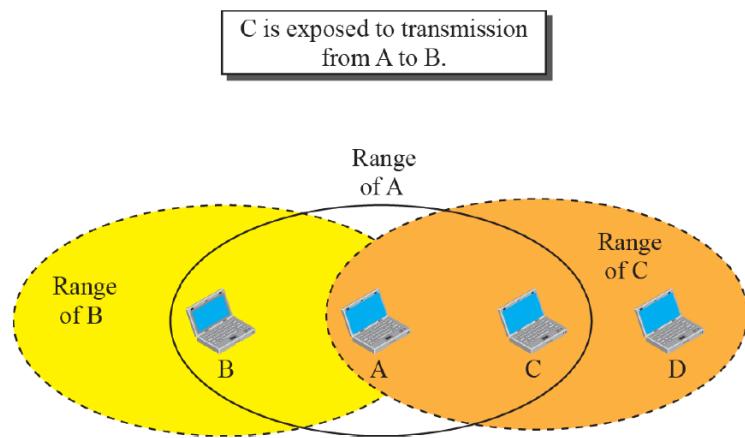


Rysunek 22 Problem ukrytej stacji

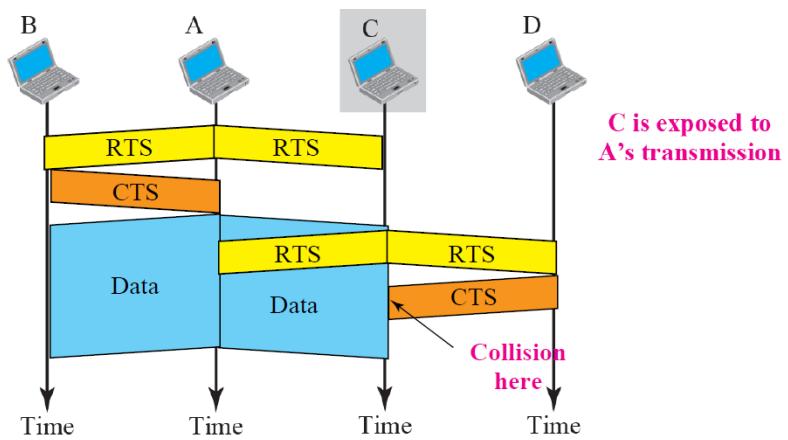
Ramki RTS i CTS w handshake CSMA/CA pozwala na uniknięcie kolizji związanego z ukrytą stacją.



b) Problem ujawnionej stacji (exposed station problem)



Rysunek 23 Problem ujawnionej stacji

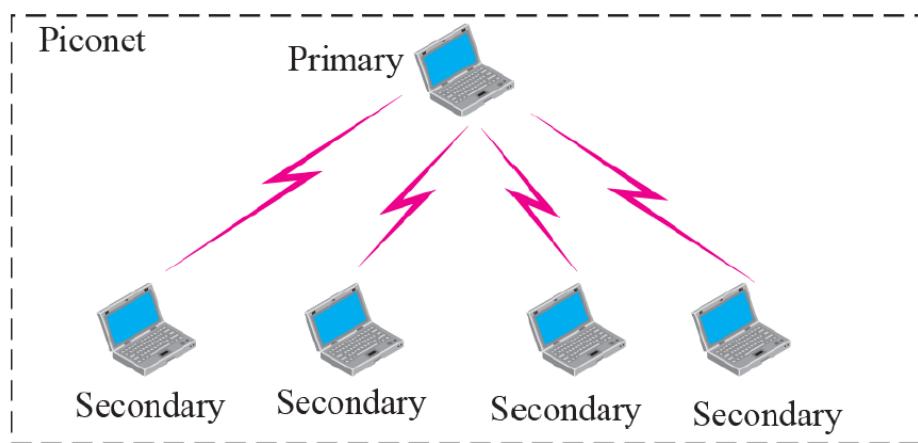


## Bluetooth – architektury

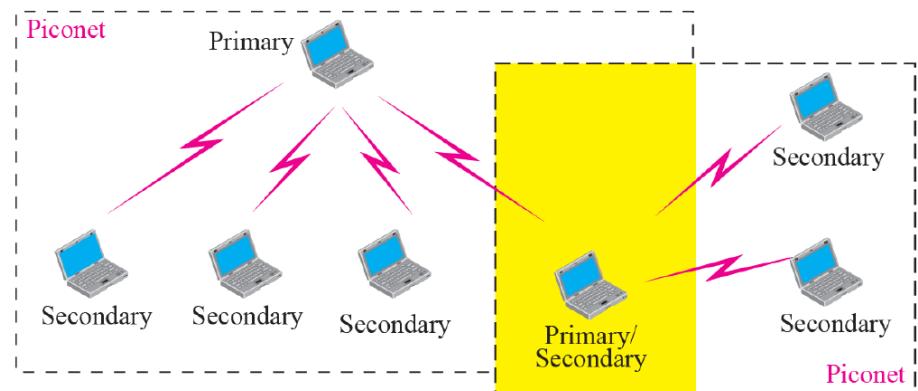
Bluetooth LAN – IEEE 802.15 → sieć ad hoc

Urządzenia bluetooth mogą chodzić na taktowaniu 2.4GHz co może doprowadzić do kolizji z sieciami bezprzewodowymi.

- a) **Piconet** – mała sieć – max 8 stacji, z czego jedna jest stacją główną (primary), wszystkie inne stacje są nazwane podrzędne (secondary). Komunikacja pomiędzy stacją główną a stacją podrzędną może być w formie one-to-one albo one-to-many. Pomimo, że piconet może mieć max 7 stacji podrzędnych, dodatkowe 8 może być w parked state. Stacja podrzędna w parked state jest zsynchronizowana ze stacją główną, ale nie może brać udziału w komunikacji dopóki nie jest ruszona z parked state. Jako, że aktywnych stacji może być 8 to gdy aktywuje się stacje z parked state to aktywna stacja musi przejść w parked state.



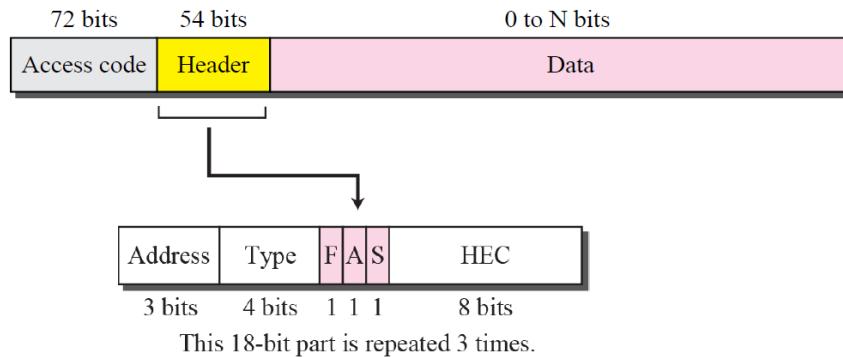
- b) **Scatternet** – połączenie sieci piconet, gdzie stacje podrzędne mogą być stacjami głównymi w osobnych sieciach piconet (ala hierarchia drzewa). Stacja może być jednocześnie członkiem dwóch sieci piconet.



Typy formatów ramek:

- Jednolotowa – 1-slot
- Trzyslotowa – 3-slot
- Pięcisolotowa – 5-slot

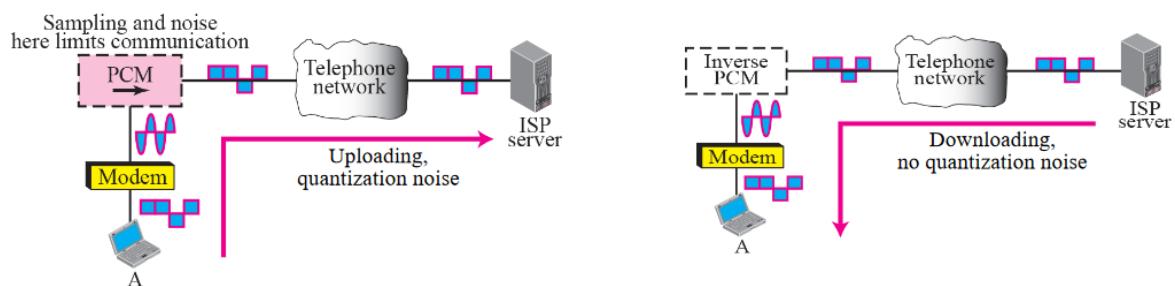
$N = 240$  for 1-slot frame  
 $N = 1490$  for 3-slot frame  
 $N = 2740$  for 5-slot frame



- **Access code** – zawiera bity synchronizacji i identyfikator głównej stacji aby rozróżnić ramkę jednej sieci piconet od drugiej
- **Header** - nagłówek
  - **Address** – definiuje adres stacji podległej; adres 0 jest używany do broadcast'u do wszystkich stacji podległych
  - **Type** – typ danych pochodzących z wyższych warstw
  - **F** – Flow control (1 → buffer jest pełny)
  - **A** – Acknowledgment
  - **S** – Sequence number
  - **HEC** – header error correction – suma kontrolna
- **Data** – dane

## Point-to-Point WANs

Drugim typem spotykanym w Internecie są sieci point-to-point wide area network. Sieć tego typu łączy 2 oddalone od siebie urządzenia używając linii dostępnej w publicznej sieci np. sieci telefonicznej.

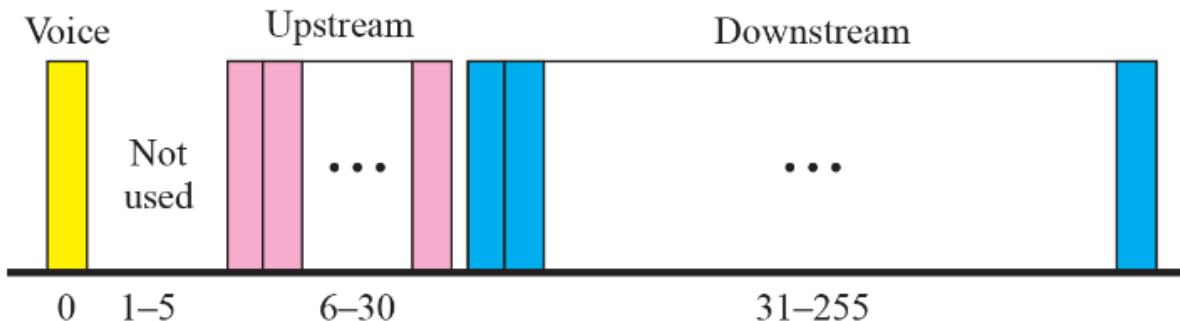


Rysunek 24 Modem 56 K

## DSL

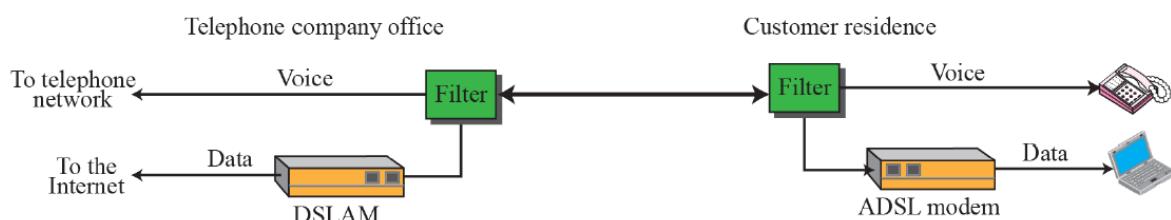
### DSL – Digital Subscriber Line

**ADSL** – **asymmetric DSL** – technologia asymetrycznej komunikacji zaprojektowana dla residential users; nie jest przystosowana dla biznesów.



- **Voice** – 0 – zarezerwowany do komunikacji głosowej
- **Idle** – 1-5 – przerwa pomiędzy głosem a danymi
- **Upstream data and control** – 6-30 – jeden kanał sterujący a reszta dla przesyłania danych  
(teoretyczny max 1.44 Mb/s; prawdziwy <64 kb/s; 1 Mb/s>)
- **Downstream data and control** – 31-255 – jeden kanał sterujący a reszta dla danych  
(teoretyczny max 13.4 Mb/s; prawdziwy <500 kb/s; 8 Mb/s>)

### DSLAM – Digital Subscriber Line Access Multiplexer



Rysunek 25 ADSL z DSLAM

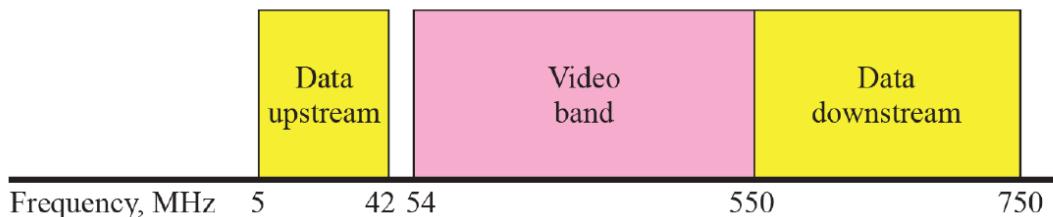
### Inne technologie DSL

- **SDSL**
- **HDSL**
- **VDSL**

## Modem Kablowy

**CATV** – Community Antenna TV

**HFC** – Hybrid Fiber-Coaxial – hybrydowa włókno-koncentryczna (sieć)



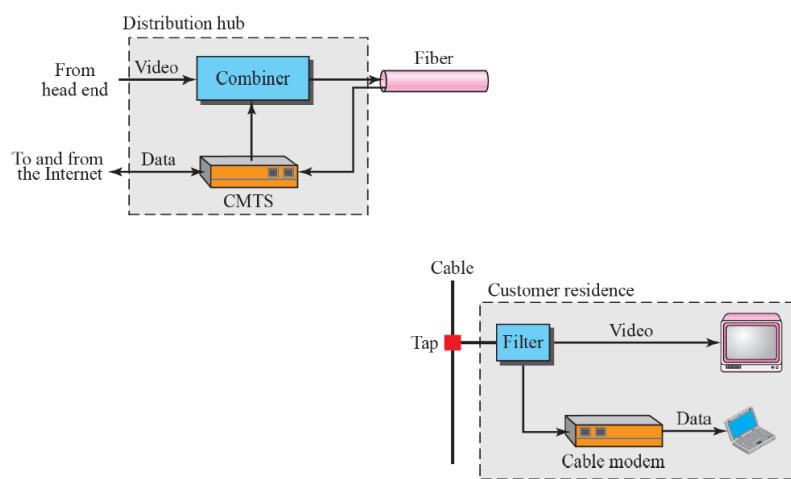
Rysunek 26 Przepustowość przewodu

- **Video Band** – 54–550 – każdy kanał telewizyjny zajmuje 6 MHz, co wystarczy na trochę ponad 80 kanałów.
- **Downstream Data Band** – 550–750 – również podzielony na 6 MHz kanały. Teoretyczny max. 30 Mb/s, standard określa jako 27 Mb/s, ale modem kablowy jest połączony kablem ze standardem 10BASE-T co ogranicza transfer do **10 Mb/s**.
- **Upstream Data Band** – 5–42 – również podzielony na 6MHz kanały. Teoretyczny max. 12 Mb/s, ale w większości przypadków **<12 Mb/s**.

## Urządzenia

**CM** – Cable Modem – modem przewodowy

**CMTS** – Cable Modem Transmission System



Rysunek 27 Konfiguracja modemu kablowego

## T Lines

Linie T są standardowymi operatorami telefonicznymi oryginalnie zaprojektowanymi do multiplexu kanałów głosowych. Dzisiaj używane są do przenoszenia danych do Internetu.

Linie T są dostępne komercyjnie w dwóch rodzajach T-1 i T-3

Line	Rate (Mb/s)
T-1	1.544
T-3	44.736

## SONET

**SONET – Synchronous Optical Network** – standard synchronicznej sieci optycznej stworzona do obsługi światłowodów (fiber-optic cables).

**STS – Synchronous Transport Signal**

**OC – Optical Carrier**

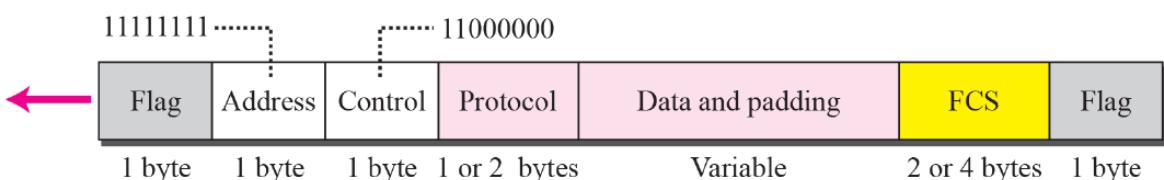
STS	OC	Rate (Mbps)	STS	OC	Rate (Mbps)
STS-1	OC-1	51.840	STS-24	OC-24	1244.160
STS-3	OC-3	155.520	STS-36	OC-36	1866.230
STS-9	OC-9	466.560	STS-48	OC-48	2488.320
STS-12	OC-12	622.080	STS-96	OC-96	4976.640
STS-18	OC-18	933.120	STS-192	OC-192	9953.280

Rysunek 28 Prędkości SONET

## PPP

**PPP – Point-to-Point Protocol** – specjalny protokół do kontrolowania i zarządzania transferem informacji.

PPP posiada tylko warstwy fizyczną i łącza danych. PPP definiuje format ramki i protokół który jest używany do kontrolowania połączenia i przenoszenia danych.



Rysunek 29 Ramka PPP

- **Flag field** – zawiera zakres ramki PPP

- **Address field** – PPP jest używane do komunikacji point-to-point, używa ono adresu rozgłoszeniowego (same 1), aby uniknąć adresu z warstwy łącza danych.
- **Control field** – oznaczenie braku numeru sekwencyjnego
- **Protocol field** – typ danych przenoszonych w data field
- **Data field** – dane użytkownika
- **FCS** – **Frame Check Sequence** – suma kontrolna

**LCP – Link Control Protocol** – odpowiedzialny za nawiązanie, konserwację i zakończenie połączenia.

**NCP – Network Control Protocol** – zdefiniowany aby dać elastyczność PPP. PPP może przenosić dane z różnych protokołów, w tym IP. Po uzyskaniu połączenia, PPP może przenosić pakiety IP w swoim data field.

**PPPoE – PPP over Ethernet** – protokół PPP z obsługą techniki odkrywania adresów Ethernetowych.

## Switched WANs

Kręgosłup sieci w Internecie może być nazwane **WAN – Wide Area Network**. Switched WAN jest rozległą siecią komputerową, która pokrywa dużą strefę (województwo/kraj) i zapewnia dostęp do kilku punktów dla użytkowników. Wewnątrz sieci jest siatka sieci point-to-point która łączy switche.

Switche oraz wiele złącz portów pozwalają na kilka wejść i wyjść. Technologia Switched WAN różni się od technologii LAN w wielu miejscach.

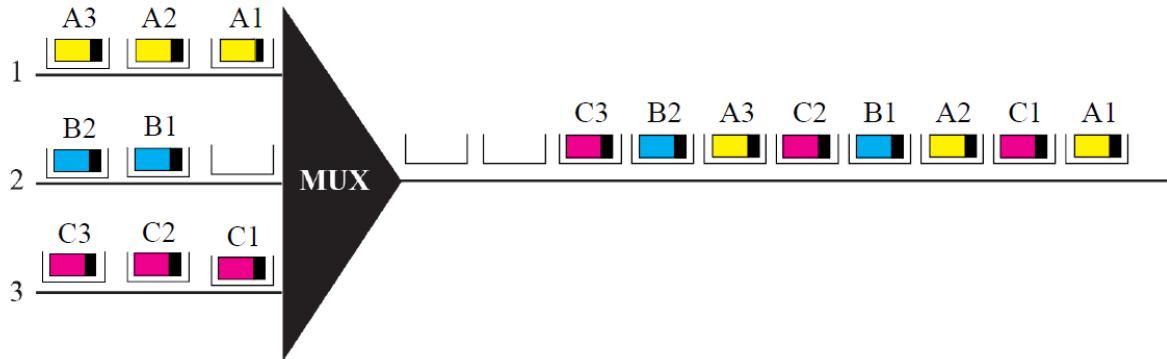
**Sieć komórkowa (cell network)** używa komórki jako podstawowej jednostki wymiany informacji. Komórka jest zdefiniowana jako mały blok informacji o stałej wielkości.

## ATM

**ATM – Asynchronous Transfer Mode** – protokół przekaźnika komórkowego (cell relay protocol) zaprojektowany przez forum ATM i zaadaptowany przez ITU-T.

ATM używa asynchronicznego multipleksingu dzielenia czasu, aby multiplexować komórki pochodzące z różnych kanałów. Używa stałej wielkości slotów wielkości jednej komórki. Multipleksery ATM zapełniają slot

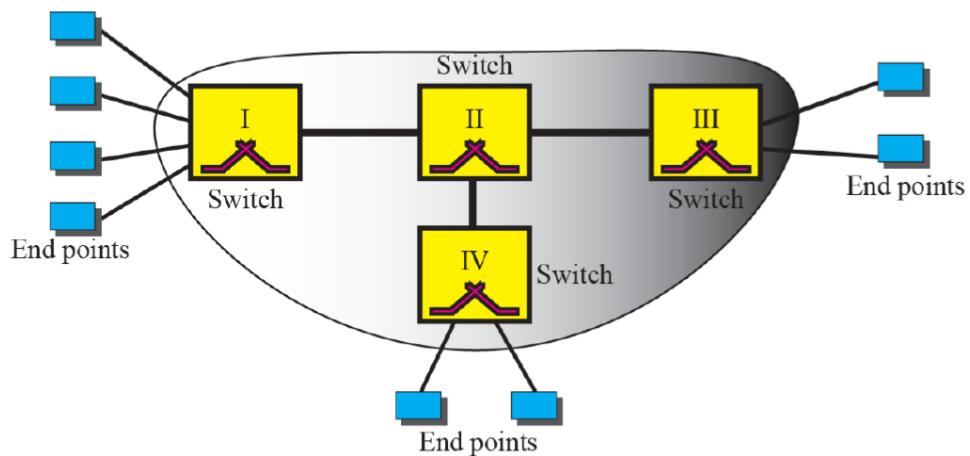
z komórką z jakiegokolwiek kanału wejściowego który ma komórkę; jeżeli żaden kanał nie posiada komórki do wysłania slot zostaje pusty.



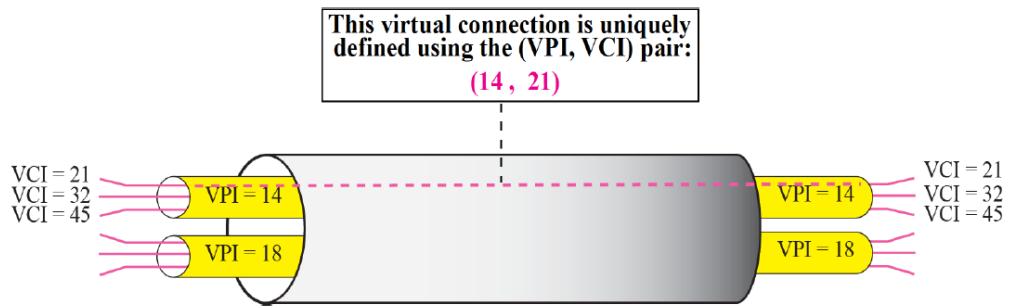
Rysunek 30 Multiplexing ATM

Połączenie wirtualne między dwoma punktami jest osiągane poprzez:

- **Transmission Paths (TPs)** – połączenie fizyczne (przewody, kable, satelita etc.) (autostrady)
- **Virtual Paths (VPs)** – zapewnia połączenie/a pomiędzy dwoma switchami. (konkretna autostrada)
- **Virtual Circuits (VCs)** – opierają się na nich sieci komórkowe. Wszystkie komórki należą do jednej wiadomości, które przechodzą przez jedną VC i zostają w swojej oryginalnej kolejności dopóki nie osiągną swojego celu. (pas na drodze)



Rysunek 31 Architektura sieci ATM



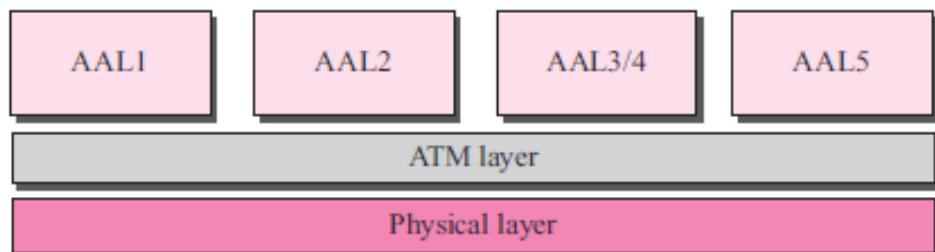
Rysunek 32 Virtual Circuit

- **VPI – Virtual Path Identifier** – określa Virtual Path
- **VCI – Virtual Circuit Identifier** – określa Virtual Circuit

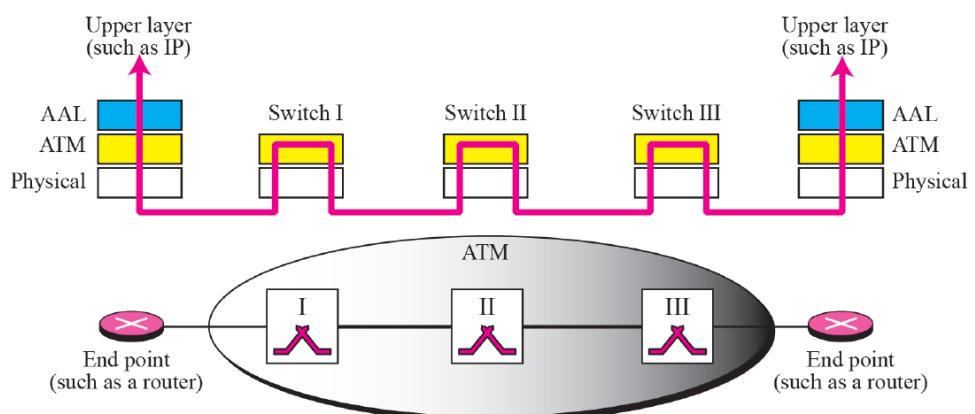
Połączenie wirtualne zdefiniowane jest przez parę numerów – VPI i VCI.

Warstwy ATM:

- **AAL** – Application Adaptation Layer – pozwala istniejącym sieciom łączyć się z placówkami/obiektami ATM
- **Warstwa ATM** – zapewnia routing, zarządzanie ruchem, switching i multiplexing usług.
- **Warstwa fizyczna**



Rysunek 33 Warstwy ATM

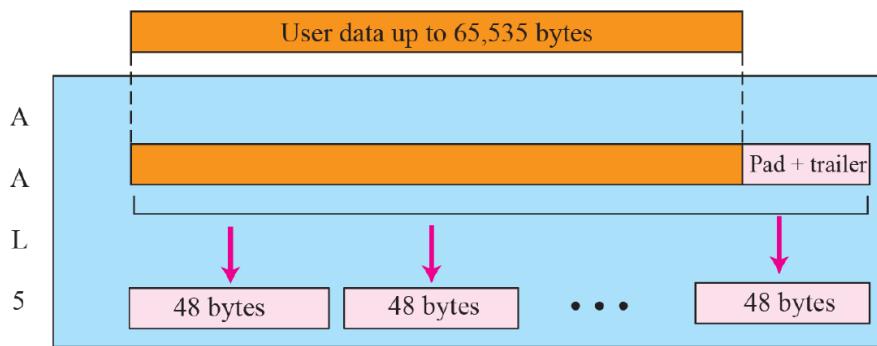


Rysunek 34 Wykorzystanie warstw ATM

## AAL5 – czasami nazywane **SEAL – Simple and Efficient Adaptation Layer**

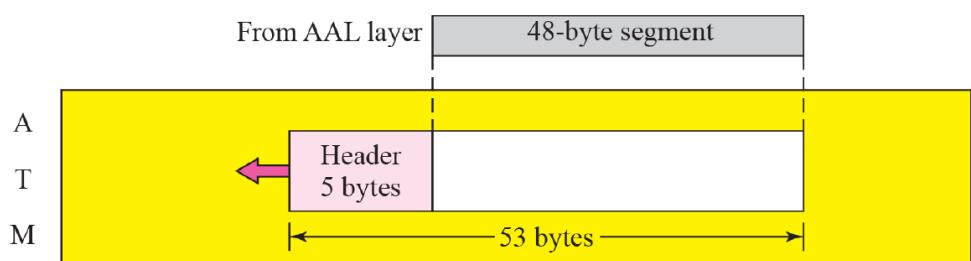
Protokół IP używa podwarstw AAL5.

AAL5 przyjmuje pakiety IP nie większe niż **65,535 Bajtów** i dodaje 8 Bajtowy ogon oraz wymagany padding, aby urządzenie odbierające otrzymało ogon w oczekiwany miejscu. AAL5 przesyła wiadomości w **48 Bajtowych segmentach**.



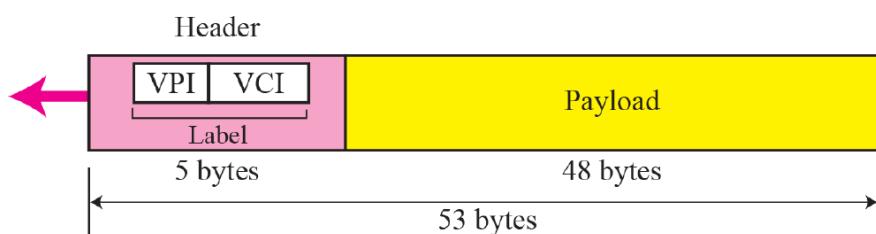
Rysunek 35 AAL5

Warstwa ATM przyjmuje segmenty z podwarstwy AAL i dodaje **5 Bajtowy nagłówek** przekształcając segment w **53 Bajtową komórkę**.



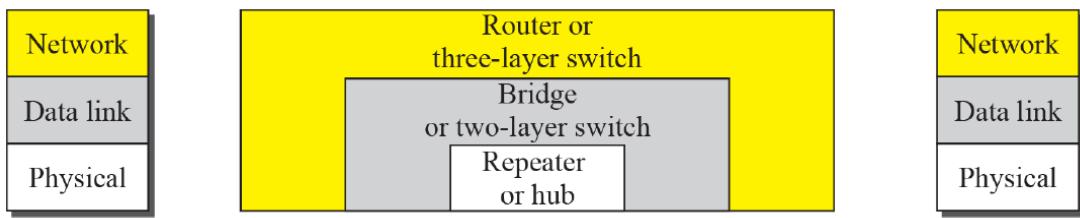
Rysunek 36 Warstwa ATM

Większość nagłówka jest zajęte przez VPI i VCI, które może być określane jako etykieta, która definiuje Virtual Connection.



Rysunek 37 Komórka ATM

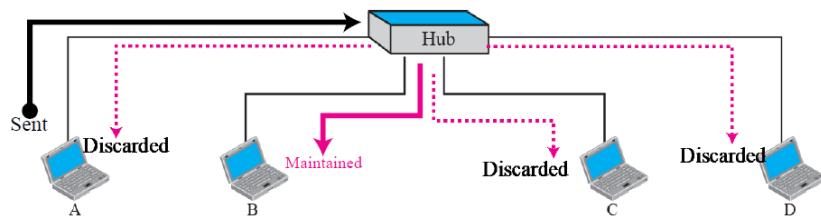
# Urządzenia sieciowe



Rysunek 38 Urządzenia sieciowe

## Repeater

**Repeater / Hub** – przekaźnik – służy do wzmacniania, regenerowania i odtwarzania sygnału.



Repeater przekazuje każdy bit; nie ma żadnych zdolności filtrujących.

## Bridge

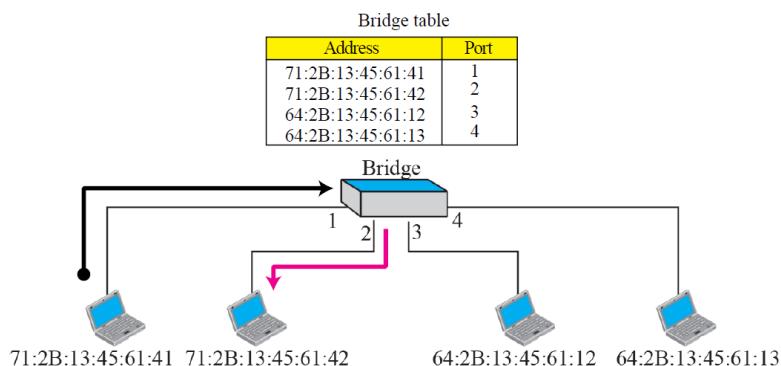
**Bridge** – most – operuje w warstwie fizycznej i łącza danych.

Jako urządzenie warstwy fizycznej regeneruje sygnał, który otrzymuje.

Jako urządzenie warstwy łącza danych most może sprawdzać adresy MAC (nadawcy i odbiorcy) zawarte w ramce.

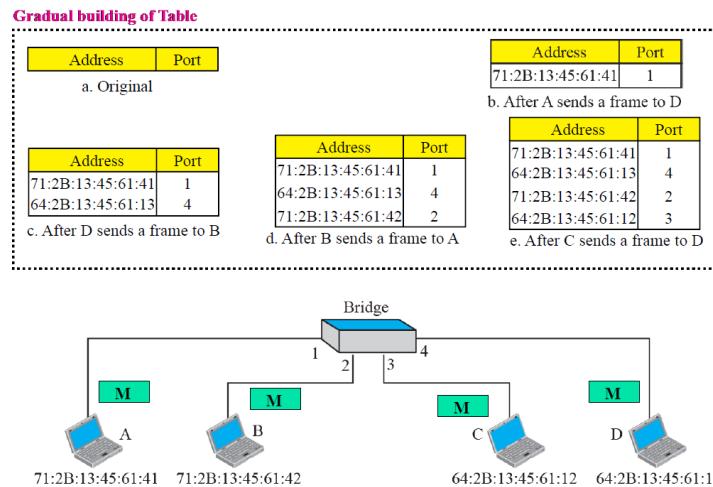
**Most posiada tabelę wykorzystywaną w filtrowaniu decyzji.**

**Most nie zmienia adresu MAC w ramce.**



Rysunek 39 Most (forwarding bridge)

Most uczący się automatycznie rozpoznaje i dodaje nowe adresy do tabeli adresowej.



Rysunek 40 Most uczący się (Learning bridge)

## Router

Router – ruter – 3 warstwowe urządzenie operujące w warstwie fizycznej, łączącej danych i sieciowej.

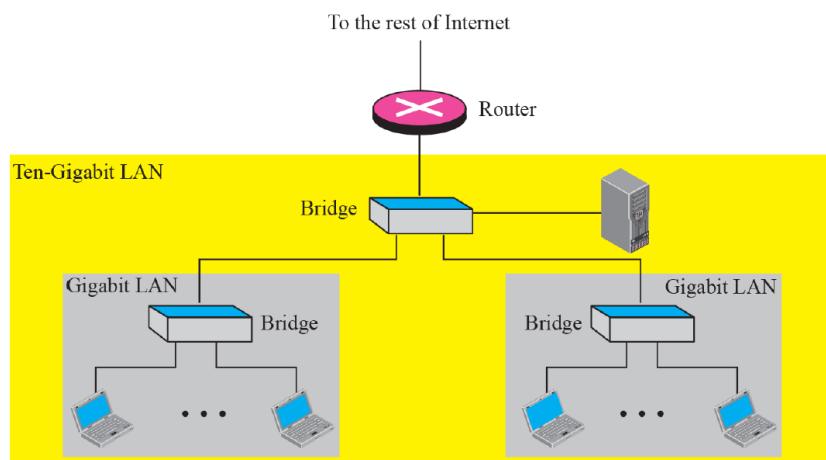
Fizyczna → hub

Łącza danych → bridge

Sieciowa → router – sprawdza adresy warstwy sieciowej (IP).

**Repeater lub most łączy segment sieci LAN.**

**Router łączy niezależne sieci LAN lub WAN aby stworzyć międzymiędzysieć (internetwork → internet)**



Rysunek 41 Przykład routingu

**Router zmienia fizyczne adresy w pakiecie.**

# Chapter 15 – Transmission Control Protocol (TCP)

## TCP – Transmission Control Protocol

Przykładowe porty:

Port	Protocol	Description
19	Chargen	Returns a string of characters
20 and 21	FTP	File Transfer Protocol (Data and Control)
23	TELNET	Terminal Network
25	SMTP	Simple Mail Transfer Protocol
53	DNS	Domain Name Server
67	BOOTP	Bootstrap Protocol
79	Finger	Finger
80	HTTP	Hypertext Transfer Protocol

## Część kontrolna

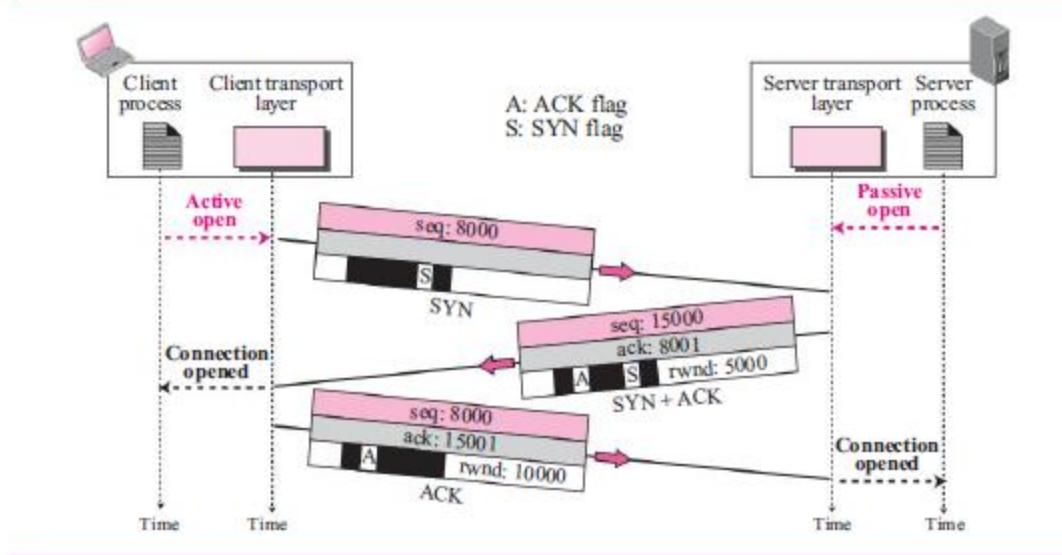
W ramce kontrolnej istnieje 6 flag:

- **URG – URGent** – ważna wiadomość
- **ACK – ACKnowledgement** – potwierdzenie
- **PSH – Request for PuSH** – prośba o szybsze obsłużenie danych
- **RST – ReSeT the connection** – resetowanie połączenia
- **SYN – SYNchronize** – synchronizacja sekwencji połączenia
- **FIN – FINal** – zakończ połączenie

# Diagramy

## Three-way handshake

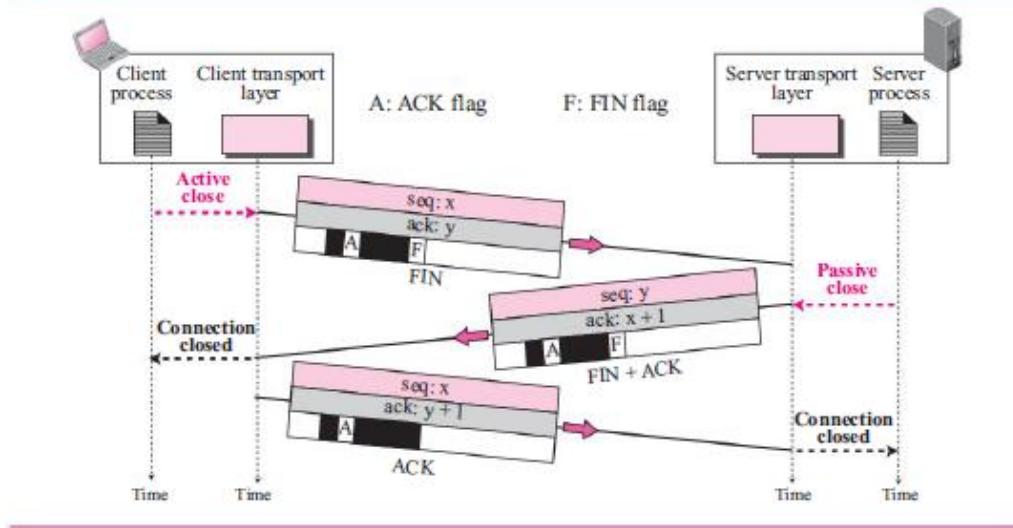
Figure 15.9 Connection establishment using three-way handshaking



Ustanawianie połączenia pomiędzy stacjami w 3 krokach (3-way handshake):

1. Stacja kliencka wysyła ramkę z flagą SYN do serwera (próba synchronizacji)
2. Serwer odbiera ramkę i odpowiada ramką z flagami SYN i ACK (potwierdzenie synchronizacji)
3. Klient odbiera ramkę i odpowiada ramką z flagą ACK (potwierdzenie otrzymania informacji)

Figure 15.11 Connection termination using three-way handshaking

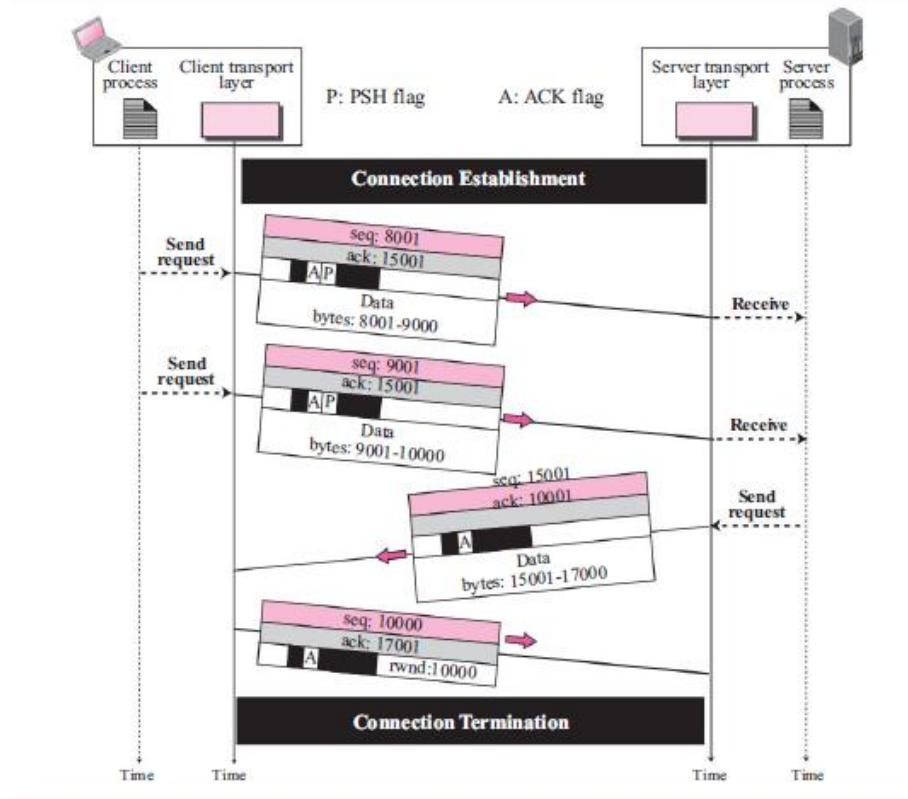


Zamknięcie połączenia pomiędzy stacjami w 3 krokach:

1. Klient wysyła ramkę z flagami ACK i FIN (zatwierdzenie ostatniej wiadomości + prośba o zakończenie połączenia)
2. Serwer odpowiada ramką z flagami ACK i FIN. (zatwierdza otrzymanie wiadomości oraz prośbę o zakończenie połączenia)
3. Klient odpowiada ramką z flagą ACK (potwierdzenie otrzymania wiadomości i zakończenie połączenia)

## Przesyłanie danych

Figure 15.10 Data transfer

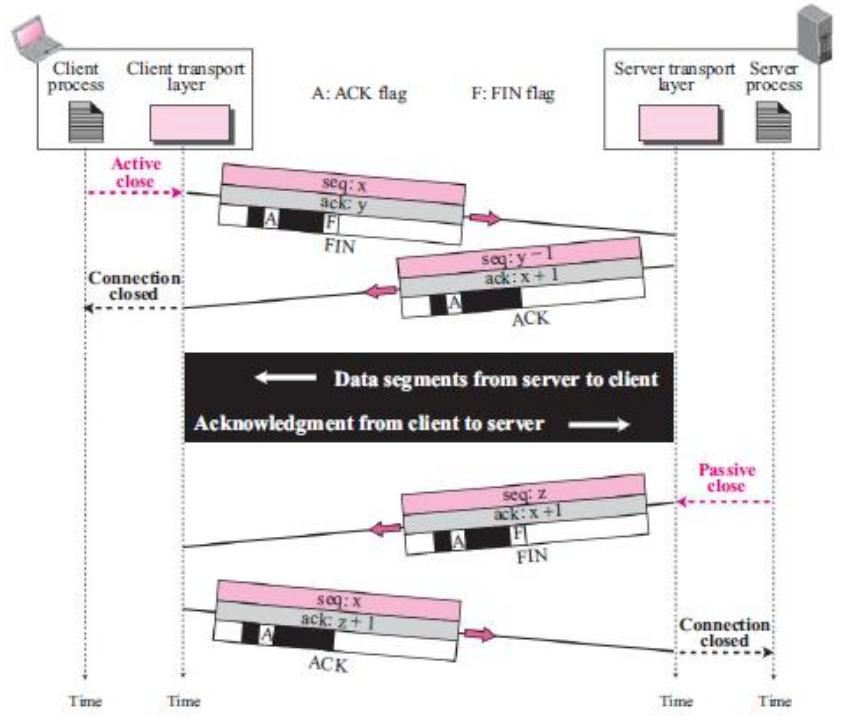


Przykładowe przesyłanie danych

1. ...Nawiązanie połączenia...
2. Klient wysyła 2 ramki z flagami ACK i PUSH wraz z danymi.
3. Serwer wysyła ramkę z flagą ACK wraz z danymi. (potwierdza otrzymanie danych i wysyła jakąś odpowiedź)
4. Klient potwierdza otrzymanie danych ramką z flagą ACK
5. ...Zakończenie połączenia...

## Half-close

Figure 15.12 Half-close



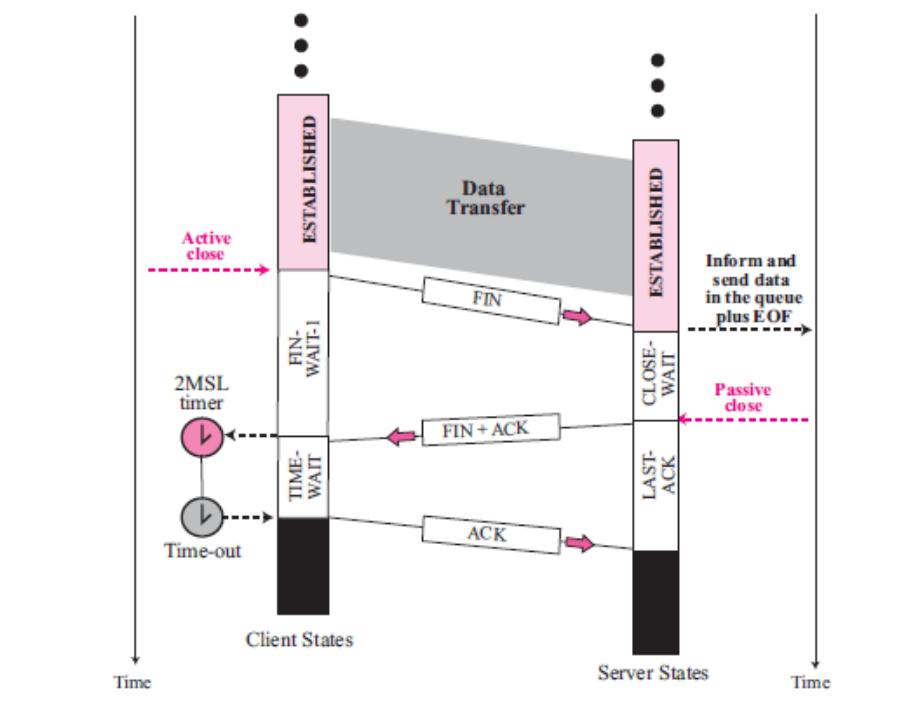
**Half-close** – "przymknięcie okna" służy do ograniczenia wysyłania informacji z jednej strony. Np. serwer potrzebuje danych i informuje, że poczeka aż nie otrzyma wszystkich mu potrzebnych danych.

W przypadku tego diagramu klient przechodzi w nasłuchiwanie:

1. Klient wysyła ramkę z flagami ACK i FIN (prośba o zakończenie połączenia)
2. Serwer informuje o przyjęciu ramki ale nie kończy połączenia.
3. Pomiędzy serwerem i klientem następuje przesyłanie danych, z serwera idą dane, a klient potwierdza o otrzymywaniu ich.
4. Serwer kończy nadawanie i potwierdza zakończenie połączenia
5. Klient odpowiada, że przyjął wiadomość
6. Koniec komunikacji – Połączenie zostało zamknięte z dwóch stron

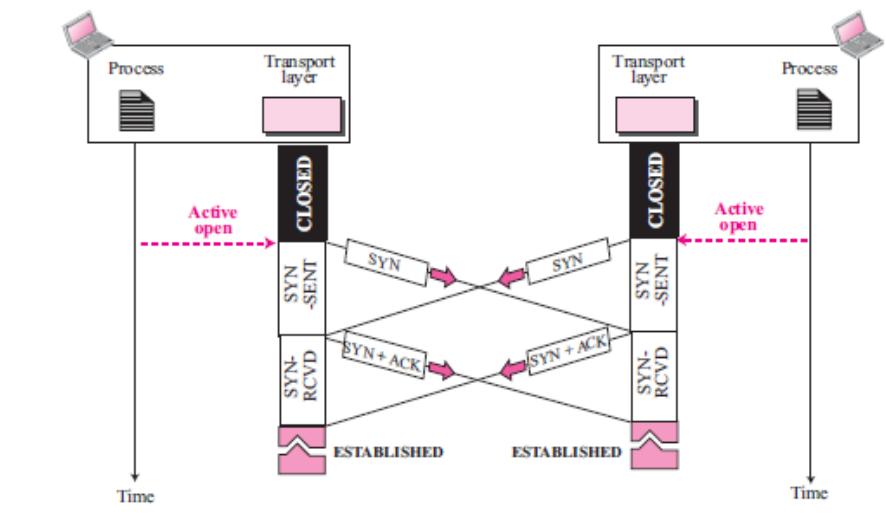
## Diagramy czasowe

Figure 15.17 Time-line diagram for a common scenario



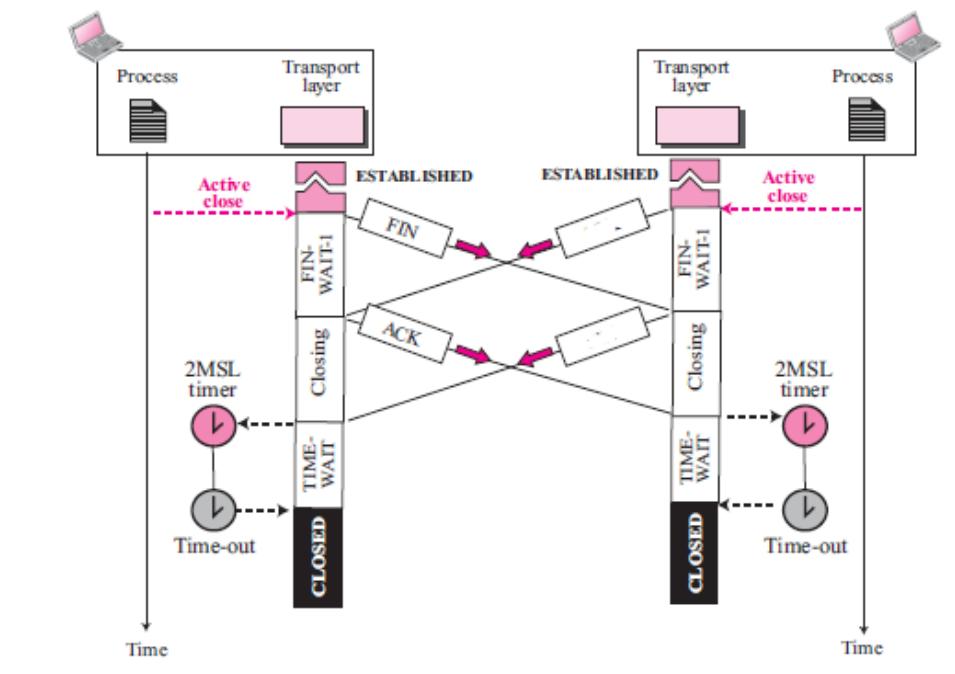
Rysunek 42 Diagram czasowy zamknięcia połączenia

Figure 15.18 Simultaneous open



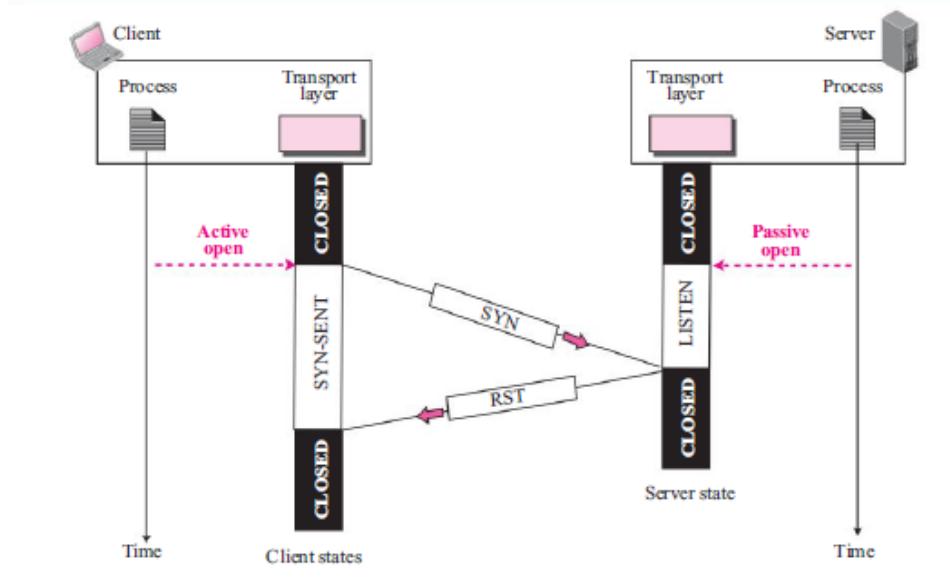
Rysunek 43 Diagram czasowy jednoczesnego połączenia

Figure 15.19 Simultaneous close



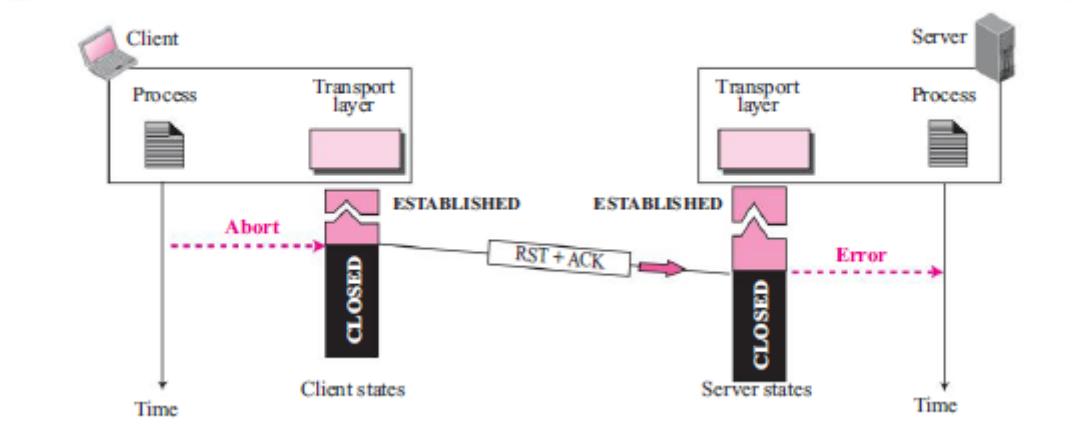
Rysunek 44 Diagram czasowy jednoczesnego zakończenia połączenia

Figure 15.20 Denying a connection



Rysunek 45 Diagram czasowy odmowy połączenia

**Figure 15.21** *Aborting a connection*



Rysunek 46 Diagram czasowy anulowania połączenia

## Excercises

### Chapter 1

1. Use the Internet to find the number of RFCs.
2. Use the Internet to find the subject matter of RFCs 2418 and 1603.
3. Use the Internet to find the RFC that discusses the IRTF working group guidelines and procedures.
4. Use the Internet to find two examples of historic RFCs.
5. Use the Internet to find two examples of experimental RFCs.
6. Use the Internet to find two examples of informational RFCs.
7. Use the Internet to find the RFC that discusses the FTP application.
8. Use the Internet to find the RFC for the Internet Protocol (IP).
9. Use the Internet to find the RFC for the Transmission Control Protocol (TCP).
10. Use the Internet to find the RFC that details the Internet standards process.

### Chapter 2

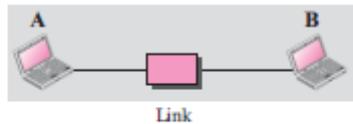
1. How are OSI and ISO related to each other?
2. Match the following to one or more layers of the OSI model:
  - a. route determination
  - b. flow control
  - c. interface to transmission media
  - d. provides access for the end user
3. Match the following to one or more layers of the OSI model:
  - a. reliable process-to-process message delivery
  - b. route selection
  - c. defines frames
  - d. provides user services such as e-mail and file transfer
  - e. transmission of bit stream across physical medium
4. Match the following to one or more layers of the OSI model:
  - a. communicates directly with user's application program
  - b. error correction and retransmission
  - c. mechanical, electrical, and functional interface
  - d. responsibility for carrying frames between adjacent nodes
5. Match the following to one or more layers of the OSI model:
  - a. format and code conversion services
  - b. establishes, manages, and terminates sessions
  - c. ensures reliable transmission of data
  - d. log-in and log-out procedures

- e. provides independence from differences in data representation
- 6. Show the communication at the application layer (see Figure 2.14) for the simple private internet in Figure 2.19.

---

**Figure 2.19** *Exercise 6*

---



- 7. Show the communication at the application layer (see Figure 2.14) for the simple private internet in Figure 2.20.

---

**Figure 2.20** *Exercise 7*

---



- 8. A 100-byte message is sent through a private internet using the TCP/IP protocol suite. If the protocol adds a 10-byte header at each layer, what is the efficiency of the system (the ratio of the number of useful bytes to the number of total bytes)?
- 9. If a port number is 16 bits (2 bytes), what is the minimum header size at transport layer of the TCP/IP protocol suite?
- 10. If a logical address is 32 bits (4 bytes), what is the minimum header size at network layer of the TCP/IP protocol suite?
- 11. If a physical address is 48 bits (6 bytes) what is the minimum header size at the data link layer of the TCP/IP protocol suite?
- 12. Do we encapsulate our message when we send a regular letter to a friend? When we send a post card to a friend while we are vacationing in another country, do we encapsulate our message?
- 13. Why do you think that we do not need addresses at the physical layer?
- 14. Why do you think a radio station does not need the addresses of its listeners when a message is broadcast?
- 15. Why do you think both the sender and receiver addresses are needed in the Internet?
- 16. Why do you think there is a need for four levels of addresses in the Internet, but only one level of addresses (telephone numbers) in a telephone network?

## Chapter 3

- Imagine the length of a 10Base5 cable is 2500 meters. If the speed of propagation in a thick coaxial cable is 200,000,000 meters/second, how long does it take for a bit to travel from the beginning to the end of the network? Ignore any propagation delay in the equipment.
- Using the data in Exercise 2, find the maximum time it takes to sense a collision. The worst case occurs when data are sent from one end of the cable and the collision happens at the other end. Remember that the signal needs to make a round trip.
- The data rate of 10Base5 is 10 Mbps. How long does it take to create the smallest frame? Show your calculation.
- Using the data in Exercises 3 and 4, find the minimum size of an Ethernet frame for collision detection to work properly.
- An Ethernet MAC sublayer receives 42 bytes of data from the LLC sublayer. How many bytes of padding must be added to the data?
- An Ethernet MAC sublayer receives 1510 bytes of data from the LLC layer. Can the data be encapsulated in one frame? If not, how many frames need to be sent? What is the size of the data in each frame?
- Compare and contrast CSMA/CD with CSMA/CA.
- Use Table 3.10 to compare and contrast the fields in IEEE 802.3 and 802.11.

Fields	IEEE 802.3 Field Size	IEEE 802.11 Field Size
Destination address		
Source address		
Address 1		
Address 2		
Address 3		
Address 4		
FC		
D/ID		
SC		
PDU length		
Data and padding		
Frame body		
FCS (CRC)		

# Pytania

## Podane

**Q:** Definicja sieci komputerowej – [Odpowiedź](#)

**Q:** Co to jest kapsułkowanie (enkapsulacja)? – [Odpowiedź](#)

**Q:** Co to jest dekapsułkowanie (dekapsulacja)? – [Odpowiedź](#)

**Q:** Co to jest komutacja pakietów? –

Sposób transmisji danych polegających na dzieleniu strumienia danych na kawałki (pakiety), a następnie wysyłaniu ich za pomocą łączys komunikacyjnych pomiędzy węzłami sieci.

**Q:** Na co się dzieli komutacja pakietów?

Stosująca:

- Datagramy – bezpołączeniowe
- Kanały wirtualne – połączeniowe
- Wybór trasy przez nadawcę

**Q:** Co to jest komutacja pakietów stosująca datagramy?

Komputer nadawca nadaje dane, gdy jest gotowy.

Komputer ten nie wie, czy sieć jest zdolna do dostarczenia pakietu.

Każdy pakiet jest nadawany niezależnie.

W każdym pakiecie jest pełny adres odbiorcy.

**Q:** Co to jest komutacja pakietów stosująca kanały wirtualne?

Na początku ustanawiane jest połączenie wirtualne pomiędzy nadawcą i odbiorcą.

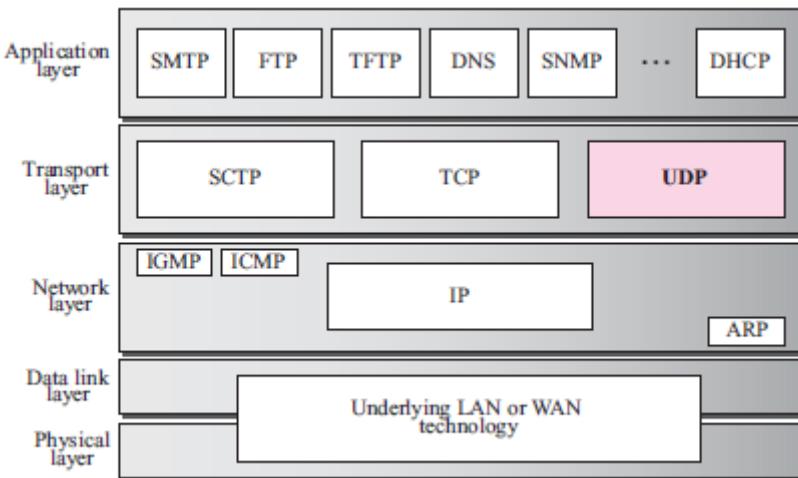
Następnie jeden komputer A nadaje komunikat z żądaniem nawiązania połączenia do komputera B – komunikat zawiera adres komputera B i unikalny VCI (identyfikator kanału wirtualnego).

Komutator wykorzystuje ten VCI do identyfikacji pakietów od komputera A do B.

**Q:** Jakie są architektury sieci?

- [ISO-OSI](#)
- [TCP/IP](#)

**Q:** Jakie są rodzaje protokołów transportowych?



**Q:** Fazy protokołów połączeniowych i bezpołączeniowych

Połączeniowy – [Odpowiedź](#)

Bezpołączeniowy:

1. Enkapsulacja
  - a. (opcjonalnie) dodanie sumy kontrolnej
2. Wysłanie

Usługa musi obsługiwać overflow pakietów, bo UDP tego nie robi.

**Q:** Technologie w sieciach lokalnych przewodowych – [Odpowiedź](#)

**Q:** Rodzaje Ethernetu – [Odpowiedź](#)

**Q:** Wi-Fi (algorytm CSMA/CA) – [Odpowiedź](#)

**Q:** Technologia ATM – [Odpowiedź](#)

## Chapter 1

Definicja sieci komputerowej – [Odpowiedź](#)

Definicja internetu i Internetu – [Odpowiedź](#)

Czym jest ISP? – [Odpowiedź](#)

Czym jest NAP? – [Odpowiedź](#)

Definicja protokołu – [Odpowiedź](#)

Definicja standardu – [Odpowiedź](#)

Przez jakie organizacje tworzone są standardy? – [Odpowiedź](#)

Jakie są poziomy dojrzałości standardu RFC? - [Odpowiedź](#)

Jakie są poziomy wymagania standardu RFC? - [Odpowiedź](#)

Jakie grupy zarządzają Internetem / administrują Internet? - [Odpowiedź](#)

## **Chapter 2**

Jak wygląda model ISO/OSI? - [Odpowiedź](#)

Jak wygląda model TCP/IP? - [Odpowiedź](#)

Na czym polega enkapsulacja/kapsułkowanie? - [Odpowiedź](#)

Na czym polega dekapsulacja/dekapsułkowanie? - [Odpowiedź](#)

## **Chapter 3**

Czym jest LAN? - [Odpowiedź](#)

Jak wygląda ramka Ethernet? - [Odpowiedź](#)

Jak ustalany jest typ adresu w ramce Ethernet? - [Odpowiedź](#)

Jak działa CSMA/CD? - [Odpowiedź](#)

Jakie są generacje Ethernetu? - [Odpowiedź](#)

Czym charakteryzuje się Standard Ethernet? - [Odpowiedź](#)

Czym charakteryzuje się Fast Ethernet? - [Odpowiedź](#)

Czym charakteryzuje się Gigabit Ethernet? - [Odpowiedź](#)

Czym charakteryzuje się Ten-Gigabit Ethernet? - [Odpowiedź](#)

Jaki standard określa Wi-Fi? - [Odpowiedź](#)

Czym jest BSS? - [Odpowiedź](#)

Czym jest AP? - [Odpowiedź](#)

Czym jest ESS? - [Odpowiedź](#)

Jakie są rodzaje stacji w zależności od mobilności w sieci? - [Odpowiedź](#)

Jak działa CSMA/CA? - [Odpowiedź](#)

Czym jest DIFS? - [Odpowiedź](#)

Czym jest SIFS? - [Odpowiedź](#)

Czym jest NAV? - [Odpowiedź](#)

Jakie są ramki kontrolne w CSMA/CA? - [Odpowiedź](#)

Jakie są problemy i na czym polegają w CSMA/CA? – [Odpowiedź](#)

Jakie są architektury Bluetooth? – [Odpowiedź](#)

Jak wygląda ramka w Bluetooth? – [Odpowiedź](#)

Czym jest ATM? – [Odpowiedź](#)

Dzięki czemu jest nawiązywane połączenie wirtualne w ATM? – [Odpowiedź](#)

Jak wyglądają warstwy ATM? – [Odpowiedź](#)

Czym jest VC (ATM)? – [Odpowiedź](#)

Jakie są podstawowe urządzenia sieciowe i w jakich warstwach pracują?

– [Odpowiedź](#)

Za co odpowiada repeater? – [Odpowiedź](#)

Za co odpowiada bridge? – [Odpowiedź](#)

Za co odpowiada router? – [Odpowiedź](#)

## Chapter 15

Czym jest TCP? – [Odpowiedź](#)

Jak wyglądają flagi w TCP? – [Odpowiedź](#)

Jak wygląda diagram czasowy otwarcia połączenia w TCP? – [Odpowiedź](#)

Jak wygląda diagram czasowy zamknięcia połączenia w TCP (3-way)? – [Odpowiedź](#)

Jak wygląda diagram czasowy przesyłania danych w TCP? – [Odpowiedź](#)

Jak wygląda diagram czasowy half-close połączenia w TCP? – [Odpowiedź](#)

Jak wygląda diagram czasowy zamknięcia połączenia w TCP? – [Odpowiedź](#)

Jak wygląda diagram czasowy jednoczesnej próby nawiązania połączenia w TCP? – [Odpowiedź](#)

Jak wygląda diagram czasowy jednoczesnego zamknięcia połączenia w TCP? – [Odpowiedź](#)

Jak wygląda diagram czasowy odmowy połączenia w TCP? – [Odpowiedź](#)

Jak wygląda diagram czasowy anulowania połączenia w TCP? – [Odpowiedź](#)