

Mapa wykładu

- ❑ 5.1 Wprowadzenie i usługi warstwy łącza
- ❑ 5.2 Rozpoznawanie i naprawa błędów
- ❑ 5.3 Protokoły wielodostępowe
- ❑ 5.4 Adresy w sieciach LAN oraz protokół ARP
- ❑ 5.5 Ethernet
- ❑ 5.6 Koncentratory, mosty, i switche
- ❑ 5.7 Bezprzewodowe łącza i sieci lokalne
- ❑ 5.8 PPP
- ❑ 5.9 ATM
- ❑ 5.10 Frame Relay

Bezprzewodowa sieć LAN IEEE 802.11

□ 802.11b

- pasmo radiowe 2.4-5 GHz bez licencji
- do 11 Mb/s
- w warstwie fizycznej, używa *direct sequence spread spectrum* (DSSS)
 - wszystkie hosty używają tego samego kodu dzielącego
- szeroko używane, korzysta z punktów dostępowych

□ 802.11a

- pasmo 5-6 GHz
- do 54 Mb/s

□ 802.11g

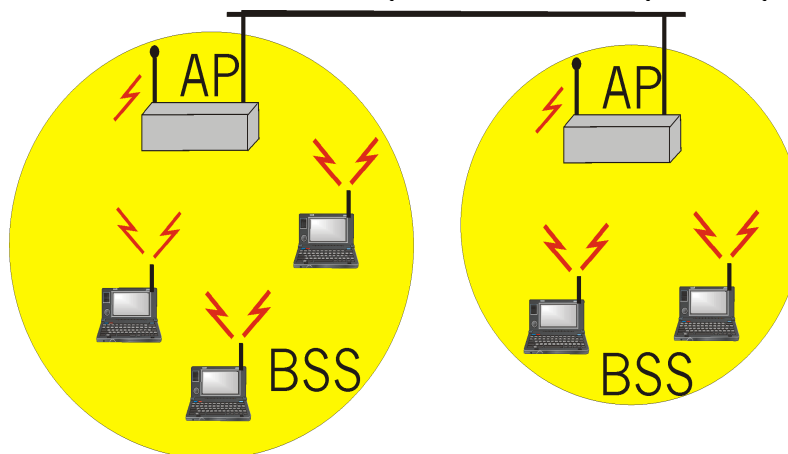
- pasmo 2.4-5 GHz
- do 54 Mb/s

□ Używają CSMA/CA do wielodostępu

□ Wszystkie mają wersję z punktami dostępowymi i ad-hoc

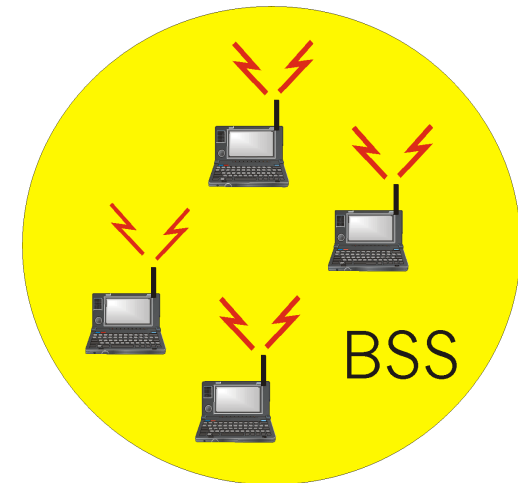
Użycie punktów dostępowych

- Bezprzewodowy host komunikuje się z punktem dostępowym
 - stacja bazowa = ang. *access point* (AP)
- **Basic Service Set (BSS)** (tzw. "komórka") zawiera:
 - bezprzewodowe hosty
 - punkt dostępowy (AP)
- BSS mogą być łączone, żeby stworzyć system dystrybucji



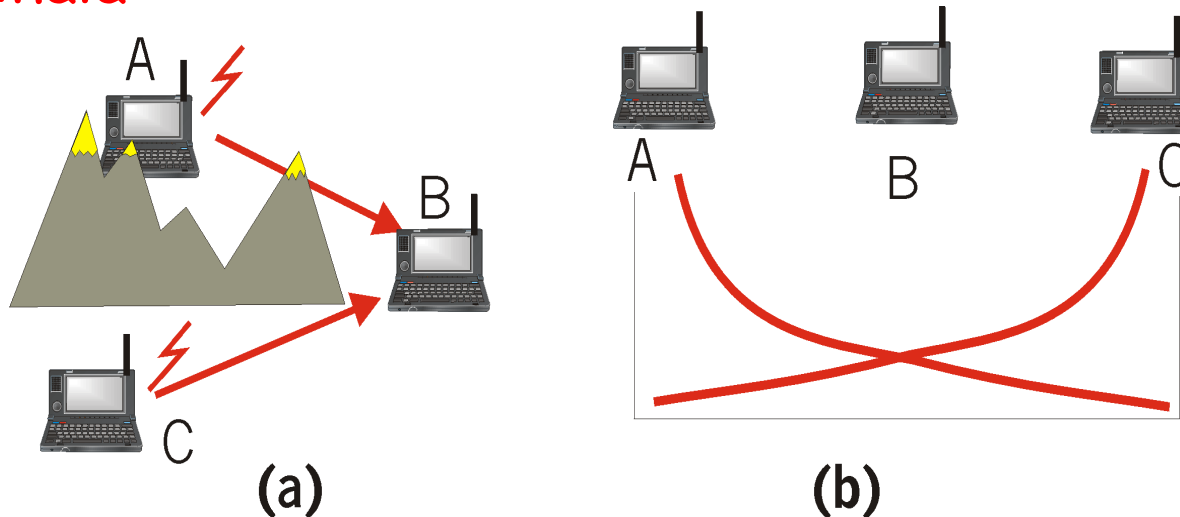
Sieci Ad Hoc

- ❑ Bez punktów dostępowych (AP)
- ❑ Bezprzewodowe hosty porozumiewają się ze sobą
 - pakiet z bezprzewodowego hosta A do B może być kierowany przez hosty X,Y,Z
- ❑ Zastosowania:
 - spotkanie "laptopów" w pokoju konferencyjnym
 - połączenie urządzeń "osobistych"
 - pole walki
- ❑ grupa robocza IETF MANET (Mobile Ad hoc Networks)



IEEE 802.11: wielodostęp

- ❑ Kolizje, gdy 2 lub więcej węzłów transmituje w tym samym czasie
- ❑ CSMA jest dobrym rozwiązaniem:
 - gdy jeden węzeł nadaje, dostaje cała przepustowość
 - nie powinno powodować kolizji, gdy słyszy się inną transmisję
- ❑ Wykrywanie kolizji nie działa: **problem ukrytego terminala**



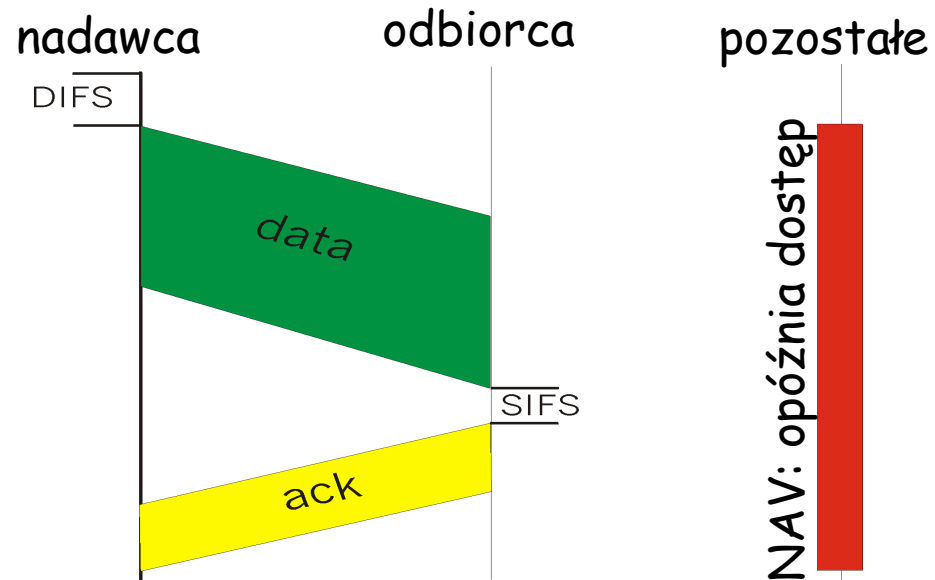
Protokół MAC IEEE 802.11: CSMA/CA

802.11 CSMA: nadawca

- if kanał jest wolny przez **DIFS** sekund
then wyslij całą ramkę (bez wykrywania kolizji)
- if kanał jest zajęty
then odczekaj losowy czas

802.11 CSMA: odbiorca

- if odebrałem poprawnie
wysyłam ACK po czasie **SIFS**
(ACK jest potrzebne z powodu ukrytych terminali)



Mechanizmy unikania kolizji

□ Problem:

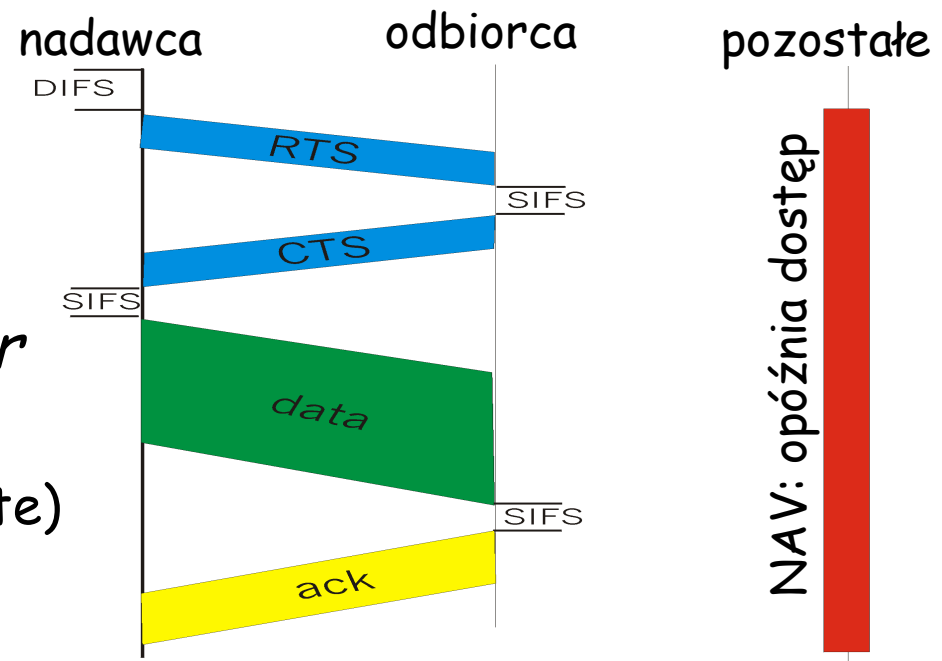
- dwa węzły, wzajemnie niewidoczne, wysyłają całe ramki do stacji bazowej
- przepustowość marnuje się przez długi czas!

□ Rozwiązanie:

- małe ramki rezerwacji
- węzły kontrolują przedział rezerwacji przez wewnętrzny "wektor przydziału sieci" (ang. *Network Allocation Vector, NAV*)

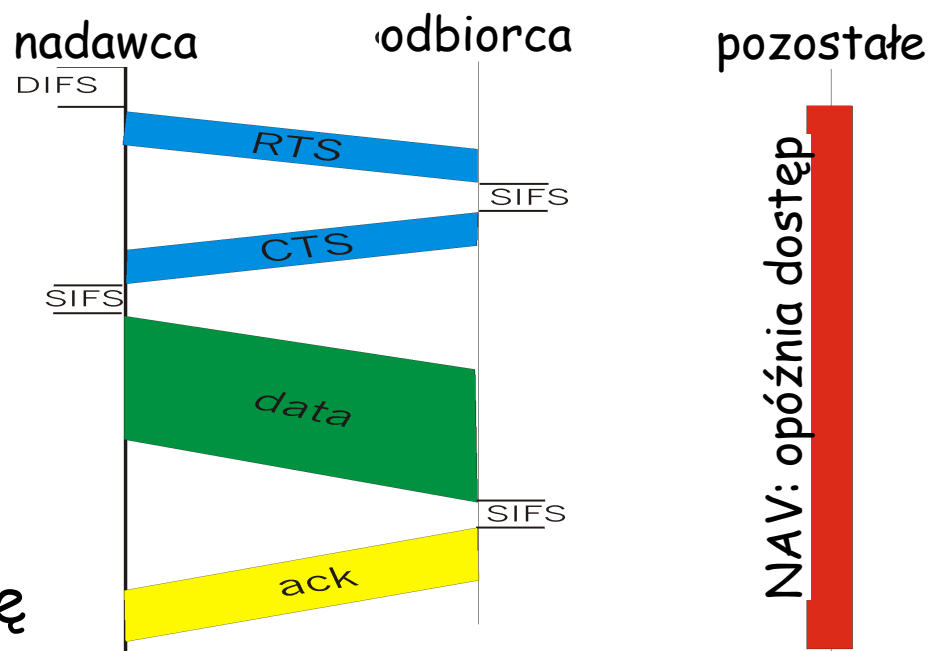
Unikanie kolizji: wymiana RTS-CTS

- ❑ nadawca wysyła krótką ramkę RTS (*request to send*): podaje długość planowanej transmisji
- ❑ odbiorca odpowiada krótką ramką CTS (*clear to send*)
 - zawiadamiając inne (ukryte) węzły
- ❑ przez ustalony czas, ukryte węzły nie będą transmitowały: NAV



Unikanie kolizji: wymiana RTS-CTS

- Ramki RTS i CTS są krótkie:
 - kolizje mniej prawdopodobne i trwające krócej
 - końcowy wynik podobny do wykrywania kolizji
- IEEE 802.11 pozwala na:
 - CSMA
 - CSMA/CA: rezerwacje
 - odpytywanie przez stację bazową (protokół z kolejnością)



Parę słów o Bluetooth

- ❑ Technologia sieci bezprzewodowych o małej mocy, małym zasięgu
 - 10-100 metrów
- ❑ bezkierunkowy
 - nie to samo co podczerwień
- ❑ Łączy małe urządzenia
- ❑ Używa nie licencjonowanego pasma 2.4-2.5 GHz
- ❑ do 721 kb/s
- ❑ Zakłócenia za strony bezprzewodowych sieci LAN, telefonów bezprzewodowych, mikrofalówek:
 - pomaga przeskakiwanie po częstotliwościach
- ❑ Protokół MAC udostępnia:
 - naprawę błędów
 - ARQ
- ❑ Każdy węzeł ma 12-bitowy adres

Mapa wykładu

- ❑ 5.1 Wprowadzenie i usługi warstwy łącza
- ❑ 5.2 Rozpoznawanie i naprawa błędów
- ❑ 5.3 Protokoły wielodostępowe
- ❑ 5.4 Adresy w sieciach LAN oraz protokół ARP
- ❑ 5.5 Ethernet
- ❑ 5.6 Koncentratory, mosty, i switche
- ❑ 5.7 Bezprzewodowe łącza i sieci lokalne
- ❑ 5.8 PPP
- ❑ 5.9 ATM
- ❑ 5.10 Frame Relay

Point to Point Data Link Control

- ❑ jeden nadawca, jeden odbiorca, jedno łącze:
prostsze niż łącze punkt-wielopunkt (rozgłaszające):
 - nie potrzeba protokołów wielodostępowych (MAC)
 - nie potrzeba adresowania MAC
 - n.p., łącze modemowe, linia ISDN
- ❑ popularne protokoły DLC punkt-punkt:
 - PPP (point-to-point protocol)
 - HDLC: High level data link control
(Kiedyś o warstwie łącza myślano jako o "wysokiej" warstwie...)

Wymagania wobec PPP[RFC 1557]

- ❑ **tworzenie ramek:** enkapsulacja pakietu warstwy sieci w ramkę warstwy łącza
 - dzięki temu, może komunikować informacje dowolnego protokołu warstwy sieci (nie tylko IP) *jednocześnie*
 - następnie może demultipleksować pakiety
- ❑ **przezroczystość bitowa:** musi komunikować dowolny wzorzec bitowy w polu danych
- ❑ **wykrywanie błędów** (bez korekcji)
- ❑ **aktywność łącza:** wykrywa, powiadamia warstwę sieci o awariach łącza
- ❑ **negocjacja adresów warstwy sieci:** punkty końcowe mogą się uczyć/konfigurować swoje adresy sieciowe

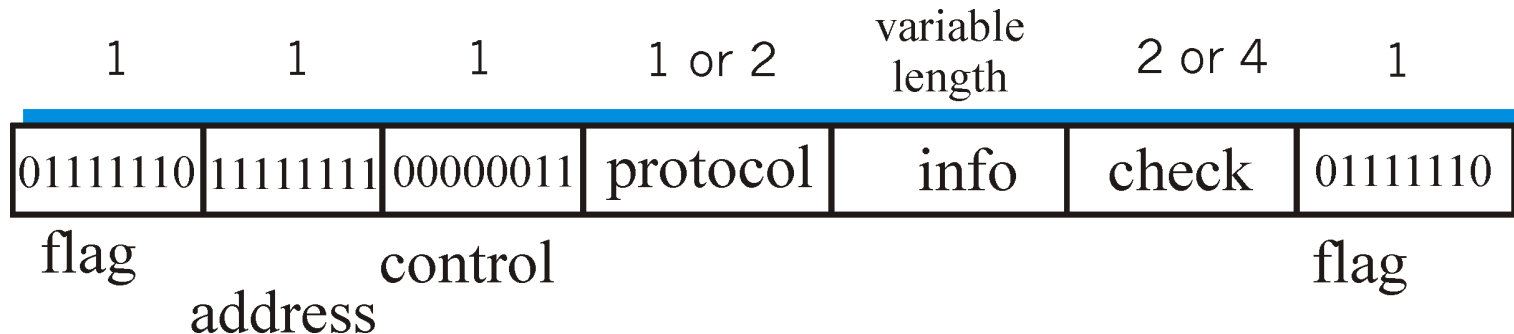
Czego PPP nie musi robić

- ❑ nie ma naprawy błędów
- ❑ nie ma kontroli przeciążenia
- ❑ komunikacja bez kolejności
- ❑ nie musi obsługiwać łączy punkt-wielopunkt (n.p., przez odpytywanie)

Niezawodność, kontrola przeciążenia, zapewnianie kolejności są pozostawiane wyższym warstwom!

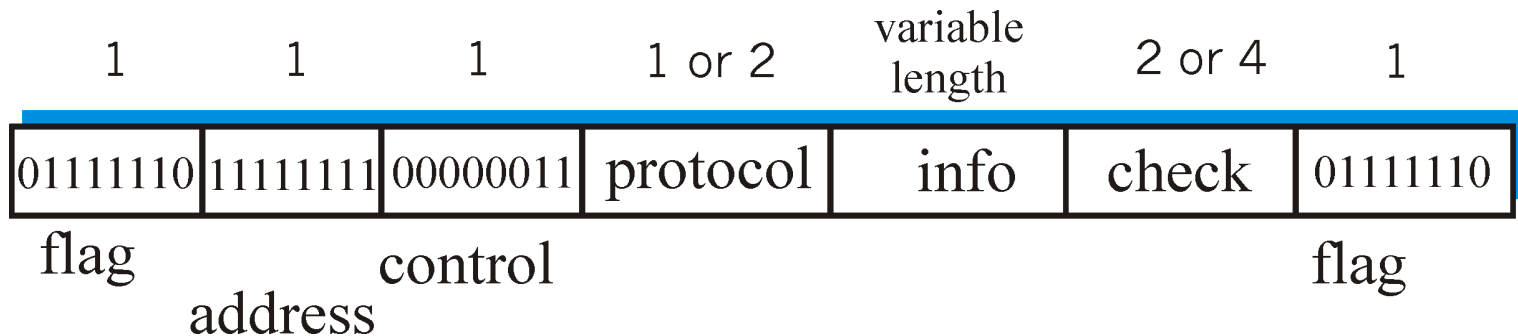
Ramka PPP

- ❑ *Pole Flag*: ogranicza ramkę
- ❑ *Pole Address*: nic nie robi (tylko jedna wartość)
- ❑ *Pole Control*: nic nie robi; w przyszłości mogą być różne wartości
- ❑ *Pole Protocol*: protokół warstwy wyższej, do której dostarczona będzie zawartość ramki (np, PPP-LCP, IP, IPCP, itd)



PPP Data Frame

- *Pole info*: dane warstwy wyższej
- *Pole check*: CRC w celu wykrywania błędów

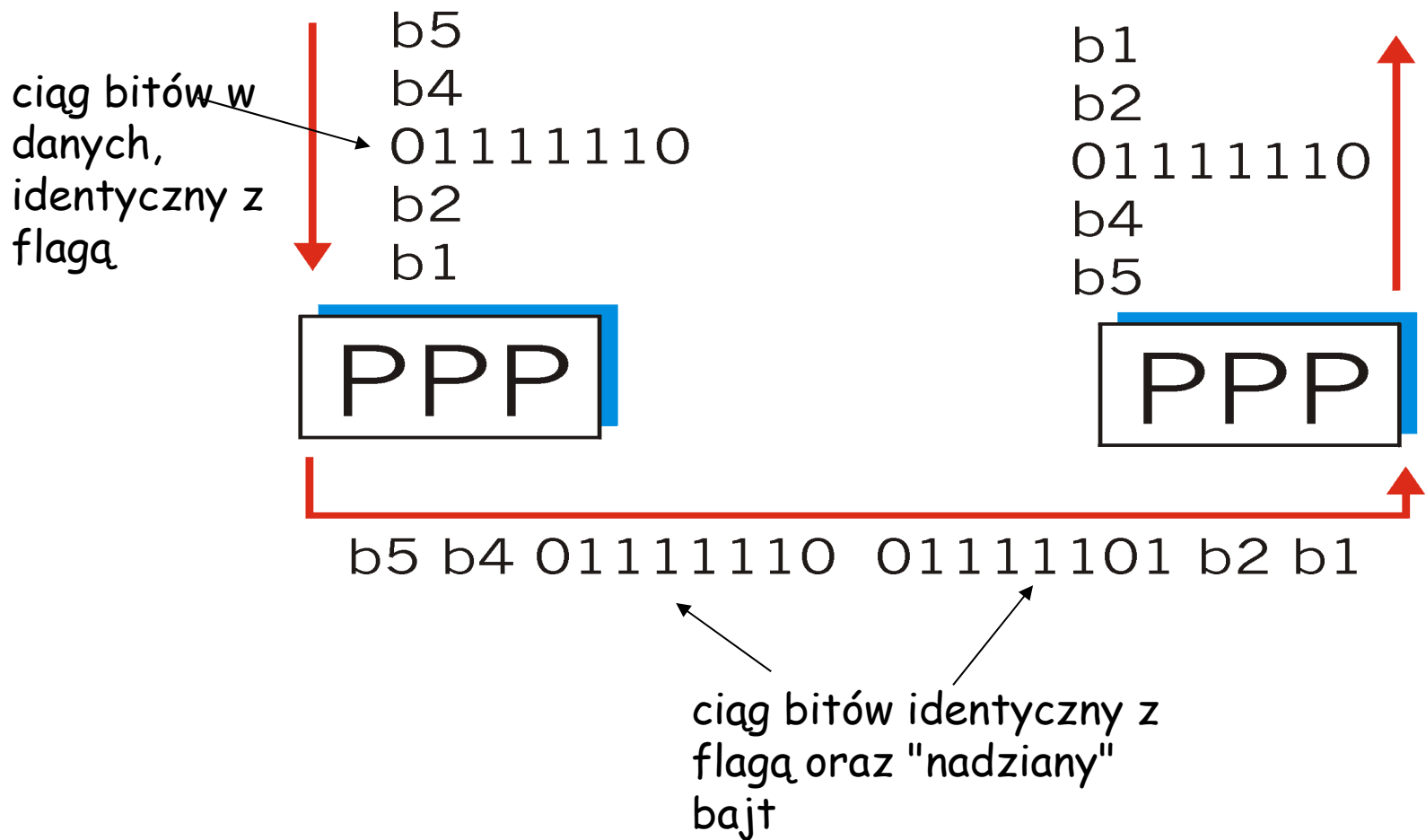


Nadziewanie bajtów

- wymaganie "przezroczystości bitowej": pole danych może zawierać ciąg bitów <01111110>
 - Pytanie: czy ciąg <01111110> to dane, czy flaga?

- **Nadawca**: dodaje ("nadziewa") dodatkowy bajt <01111110> po każdym bajcie <01111110> *danych*
- **Odbiorca**:
 - dwa bajty 01111110 pod rząd: wyrzuć pierwszy bajt, odbieraj dalej dane
 - pojedynczy bajt 01111110: bajt flagi

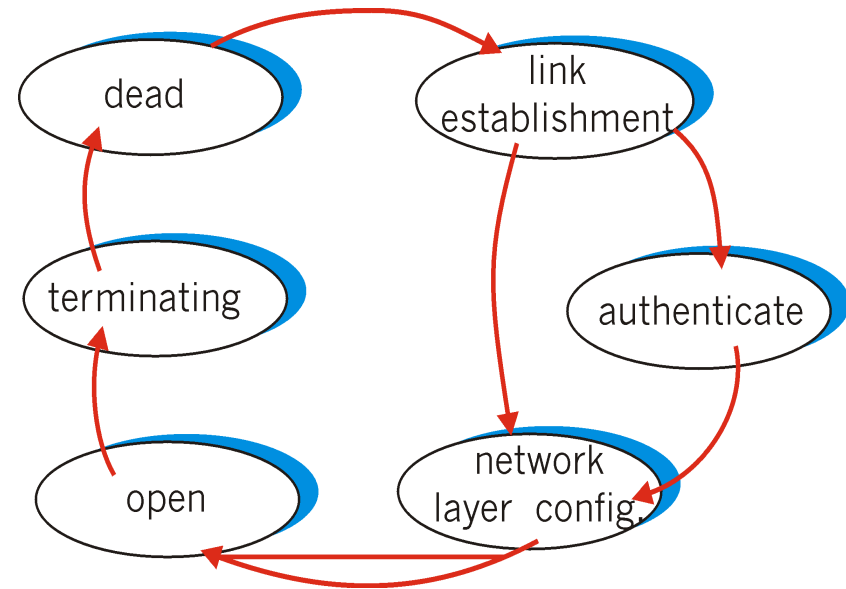
Nadziewanie bajtów



Protokół PPP: sygnalizacja

Zanim rozpocznie się komunikacja w warstwie fizycznej, partnerzy na łączy muszą:

- ❑ skonfigurować łącze PPP (maks. długość ramki, uwierzytelnienie)
- ❑ nauczyć się/skonfigurować informację o w. sieci
 - dla IP: komunikaty protokołu IP Control Protocol (IPCP) (pole protokołu: 8021) w celu poznania adresów IP



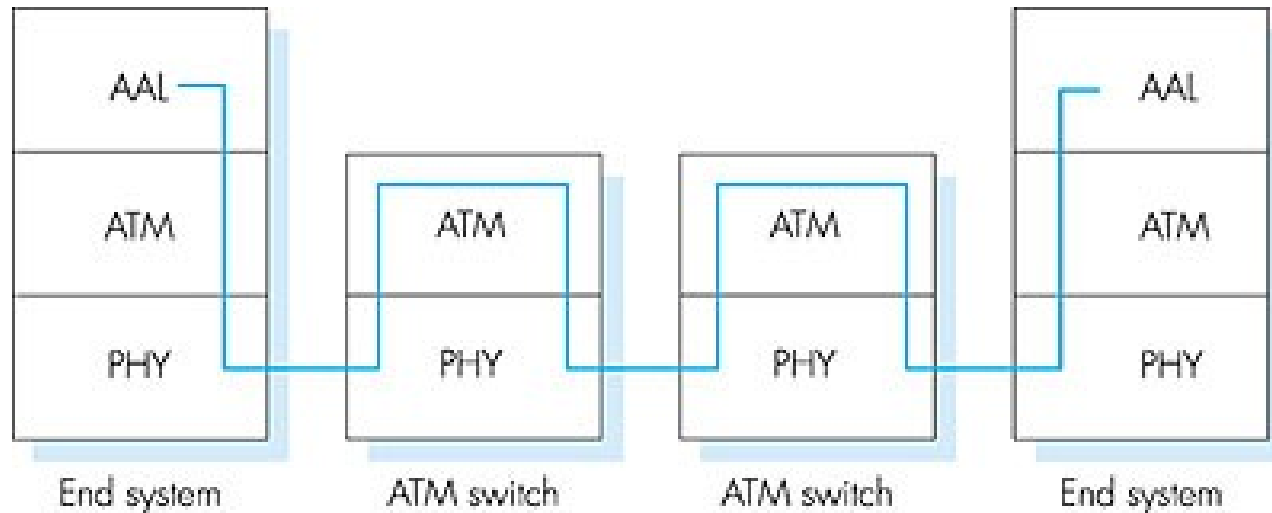
Mapa wykładu

- ❑ 5.1 Wprowadzenie i usługi warstwy łącza
- ❑ 5.2 Rozpoznawanie i naprawa błędów
- ❑ 5.3 Protokoły wielodostępowe
- ❑ 5.4 Adresy w sieciach LAN oraz protokół ARP
- ❑ 5.5 Ethernet
- ❑ 5.6 Koncentratory, mosty, i switche
- ❑ 5.7 Bezprzewodowe łącza i sieci lokalne
- ❑ 5.8 PPP
- ❑ 5.9 ATM
- ❑ 5.10 Frame Relay

Asynchronous Transfer Mode: ATM

- Standard 1990's/00 dla szybkich sieci (155Mb/s do 622 Mb/s i więcej) architektura *Broadband Integrated Service Digital Network*
- Cel: *zintegrowana komunikacja głosu, wideo, danych*
 - realizująca wymagania jakości obsługi (QoS) głosu, wideo (nie jak w modelu Internetu: best-effort)
 - telefonia "następnej generacji":
korzenie technologii ATM są w telefonii
 - komutacja pakietów (pakiety ustalonej długości, nazywane "komórkami") przy pomocy wirtualnych kanałów

Architektura ATM



- ❑ **warstwa adaptacji:** tylko na brzegu sieci ATM
 - segmentacja/łączenie informacji
 - z grubsza odpowiada warstwie transportu w Internecie
- ❑ **warstwa ATM:** warstwa "sieci"
 - komutacja komórek, ruting
- ❑ **warstwa fizyczna**

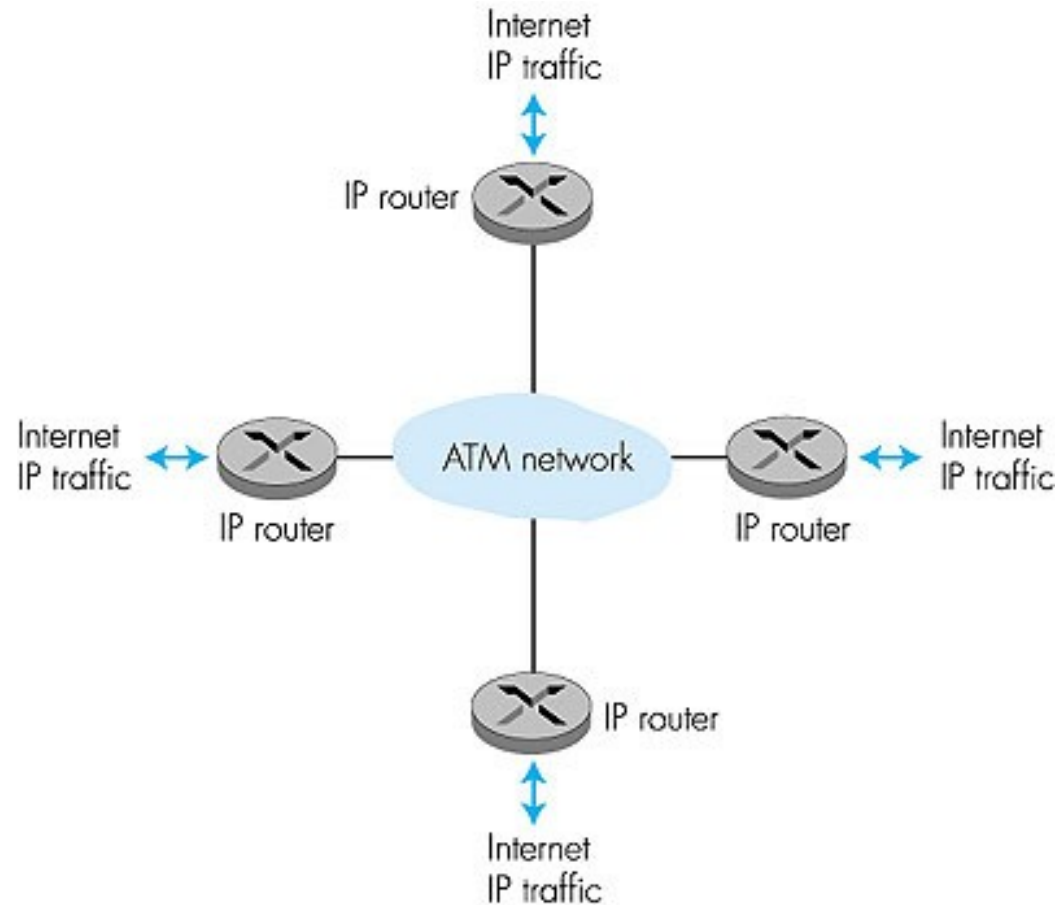
ATM: warstwa sieci, czy łącza?

Wizja: transport koniec-koniec: "ATM od hosta do hosta"

- ATM jest technologią warstwy sieci

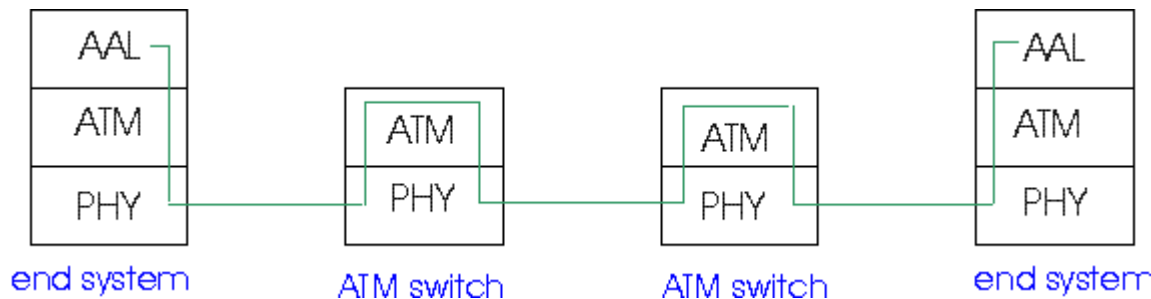
Rzeczywistość: używana do łączenia szkieletowych ruterów Internetu

- "IP over ATM"
- ATM jako komutowana warstwa łącza, łącząca routery IP



ATM Adaptation Layer (AAL)

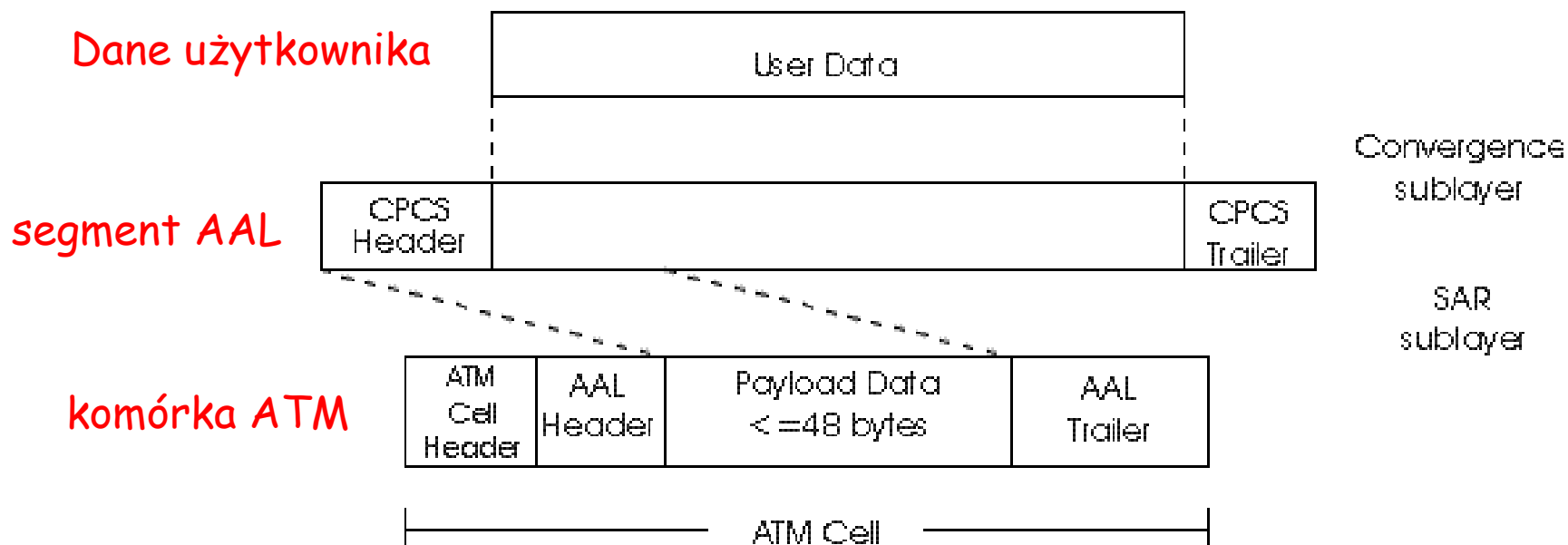
- ❑ **ATM Adaptation Layer (AAL):** "adaptacja" warstw wyższych (IP lub aplikacji korzystających bezpośrednio z ATM) do niższej warstwy ATM
- ❑ **AAL występuje tylko w systemach końcowych**, a nie w przełącznikach ATM
- ❑ **segment warstwy AAL** (nagłówek/zakończenie, dane) jest fragmentowany w wielu komórkach ATM
 - analogia: segment TCP w wielu pakietach IP



ATM Adaptation Layer (AAL) [cd]

Różne wersje warstwy AAL, zależnie od klasy usługi ATM:

- ❑ **AAL1:** dla usług CBR (Constant Bit Rate), n.p. emulacja kanału
- ❑ **AAL2:** dla usług VBR (Variable Bit Rate), n.p., wideo MPEG
- ❑ **AAL5:** dla danych (n.p., pakiety IP)



AAL5 - Simple And Efficient AL (SEAL)

- **AAL5: mały narzut AAL w celu komunikacji pakietów IP**
 - 4 byte na sumę kontrolną (CRC)
 - Wypełnienie (PAD) zapewnia, że długość segmentu to wielokrotność 48 bajtów
 - duży segment AAL5 ma być dzielony na 48-bajtowe komórki ATM

CPCS-PDU payload	PAD	Length	CRC
0-65535	0-47	2	4

Warstwa ATM

Usługa: przesyłanie komórek przez sieć ATM

- ❑ analogiczna do warstwy sieci IP
- ❑ zupełnie inne usługi niż w warstwie sieci IP

Gwarancje ?

Architektura sieci	Model usług	Przepustowość	Straty	Porządki	Synchronizacja	Informacja o przeciążeniu
Internet	best effort	brak	nie	nie	nie	nie
ATM	CBR	stała	tak	tak	tak	(wnioskowana ze strat) nie ma
ATM	VBR	gwarantowana	tak	tak	tak	przeciążenia
ATM	ABR	gwarantowane minimum	nie	tak	nie	nie ma
ATM	UBR	brak	nie	tak	nie	tak

Warstwa ATM: Wirtualne Kanady

- **usługa VC (*Virtual Channel*):** komunikacja komórek przez VC od nadawcy do odbiorcy
 - sygnalizacja musi *poprzedzić* komunikację informacji
 - każdy pakiet zawiera identyfikator VC (nie adres odbiorcy)
 - *Każda* przełącznica na ścieżce nadawca-odbiorca utrzymuje "stan" dla każdego wirtualnego kanału
 - zasoby łącz, przełącznic (przepustowość,) mogą zostać *przydzielone* do VC: żeby uzyskać jakość jak w kanale.
- **Stałe VCs (*Permanent VC, PVC*)**
 - długotrwałe połączenia
 - typowo: "stała" trasa pomiędzy ruterami IP
- **Przełączane VC (*Switched VC, SVC*):**
 - tworzone dynamicznie gdy jest zapotrzebowanie

Wirtualne kanały w sieci ATM

□ Zalety mechanizmu VC w sieci ATM:

- Gwarancje jakości usługi (QoS) są realizowane przez wirtualny kanał (przepustowość, opóźnienie, zmienność opóźnień (*jitter*))

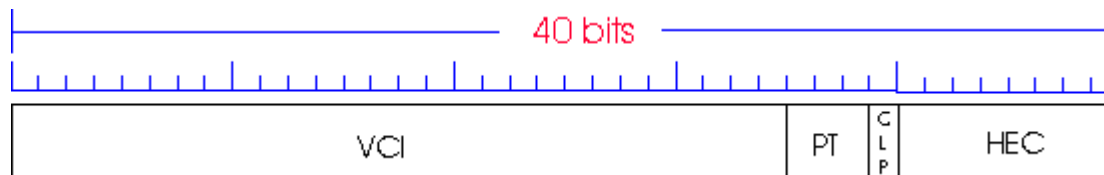
□ Wady mechanizmu VC w sieci ATM:

- Niewydajny dla komunikacji bezpołączeniowej
- jeden stały VC dla każdej pary nadawca/odbiorca nie jest skalowalne (potrzeba $N*2$ kanałów)
- Przełączane VC wymaga opóźnienia na tworzenie kanału, co zmniejsza wydajność dla krótkotrwałych połączeń

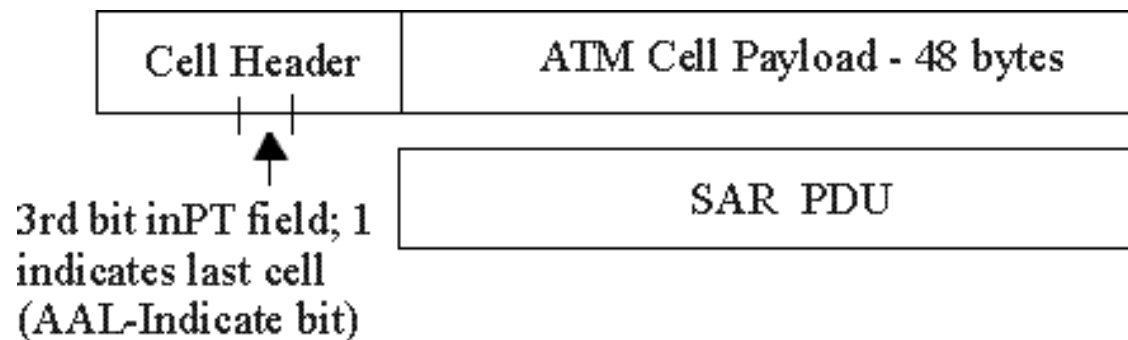
Warstwa ATM: Komórka ATM

- ❑ 5-bajtowy nagłówek komórki ATM
- ❑ 48-bajtowe dane
 - Dlaczego?: małe dane -> małe opóźnienie dla tworzenia komórki przy komunikacji głosu
 - w połowie pomiędzy 32 i 64 (kompromis!)

Nagłówek komórki

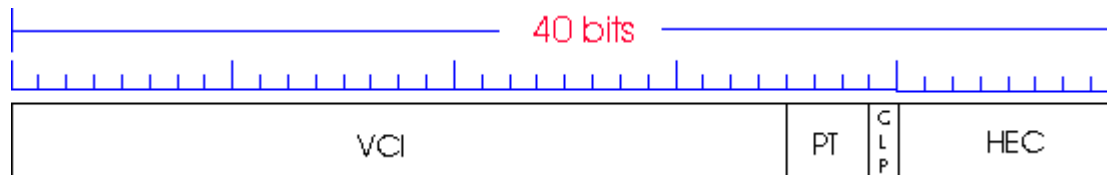


Format komórki



Nagłówek komórki ATM

- **VCI:** identyfikator wirtualnego kanału
 - *zmienia się* na różnych łączach należących do VC
- **PT:** Typ danych (n.p. komórka RM lub komórka danych)
- **CLP:** bit priorytetu straty (*Cell Loss Priority*)
 - CLP = 1 oznacza komórkę o niskim priorytecie, może zostać wyrzucona przy przeciążeniu
- **HEC:** Suma kontrolna nagłówka (*Header Error Checksum*)
 - cyclic redundancy check



Warstwa fizyczna ATM

Podwarstwa PMD (*Physical Medium Dependent*)

- **SONET/SDH:** struktura ramki transmisji (jak pojemnik na bity);
 - synchronizacja bitowa;
 - podział przepustowości (TDM);
 - wiele prędkości: OC3 = 155.52 Mb/s; OC12 = 622.08 Mb/s; OC48 = 2.45 Gb/s, OC192 = 9.6 Gb/s
- **TI/T3:** struktura ramki transmisji (stara hierarchia telefoniczna): 1.5 Mb/s, 45 Mb/s
- **bez struktury:** po prostu komórki (zajęte/wolne)

Warstwa fizyczna ATM (cd)

Dwie części (podwarstwy) warstwy fizycznej:

- **Transmission Convergence Sublayer (TCS):** dopasowuje warstwę ATM do warstwy PMD poniżej
- **Physical Medium Dependent:** zależy od użytego medium

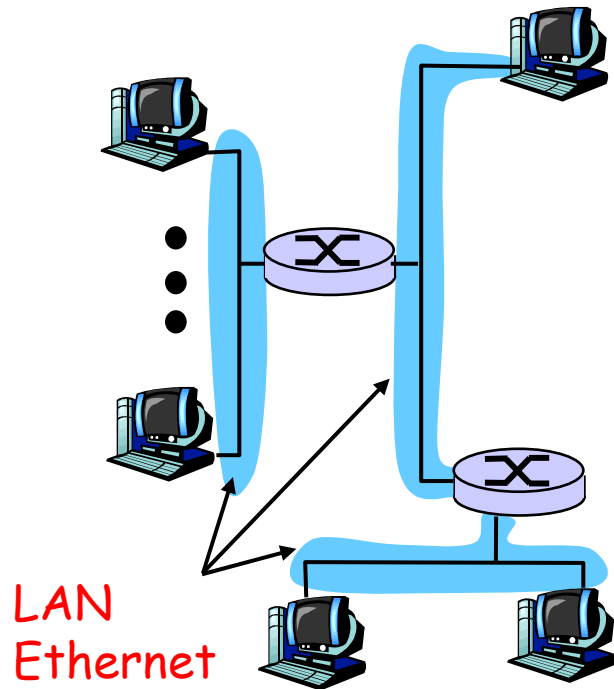
Funkcje TCS:

- Tworzenie **sumy kontrolnej** nagłówka: 8 bitów, CRC
- **Oddzielenie** komórek
- Przy podwarstwie PMD "bez struktury", transmisja **pustych komórek** gdy nie ma danych do wysłania

IP-Over-ATM

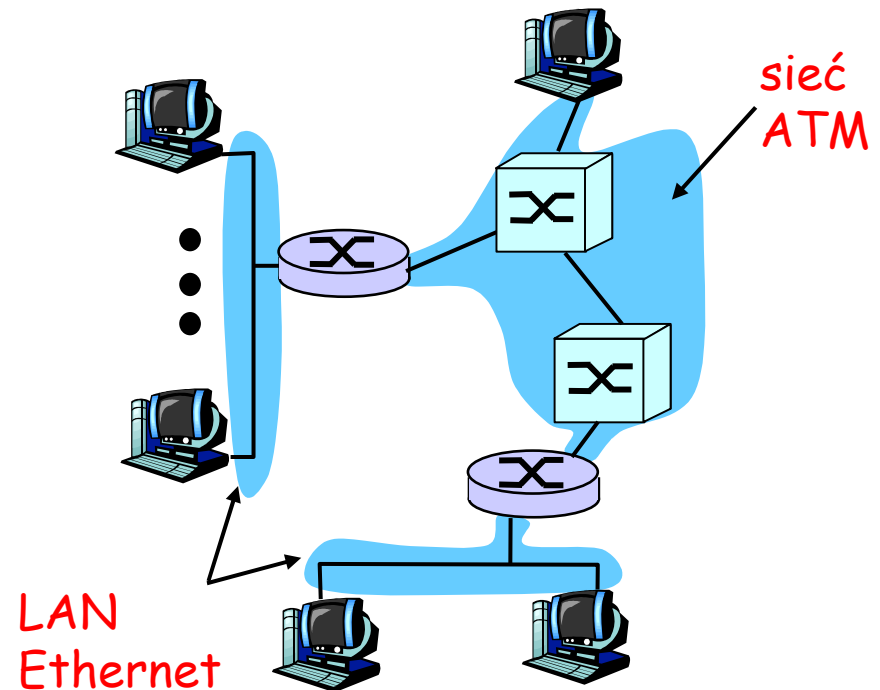
Klasyczne IP

- 3 "sieci" (n.p., segmenty LAN)
- Adresy MAC (802.3) oraz IP



IP over ATM

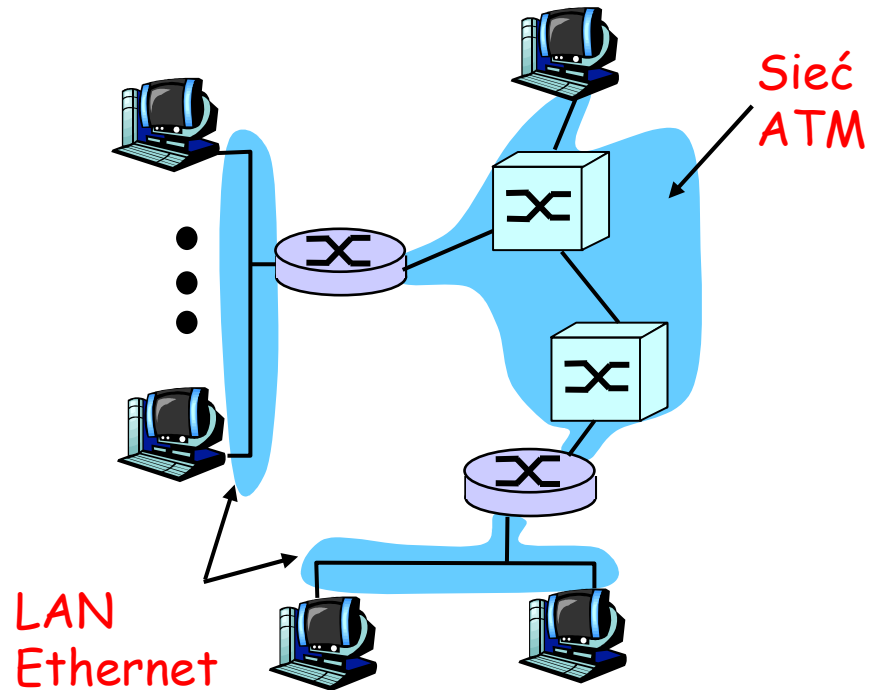
- zastęp "sieć" (n.p., segment LAN) siecią ATM
- Adresy ATM, adresy IP



IP-Over-ATM

Zagadnienia:

- ❑ Enkapsulacja pakietów IP w segmentach ATM AAL5
- ❑ tłumaczenie adresów IP na adresy ATM
 - tak jak tłumaczenie adresów IP na adresy 802.3 MAC!



Podróż pakietu w sieci IP-over-ATM

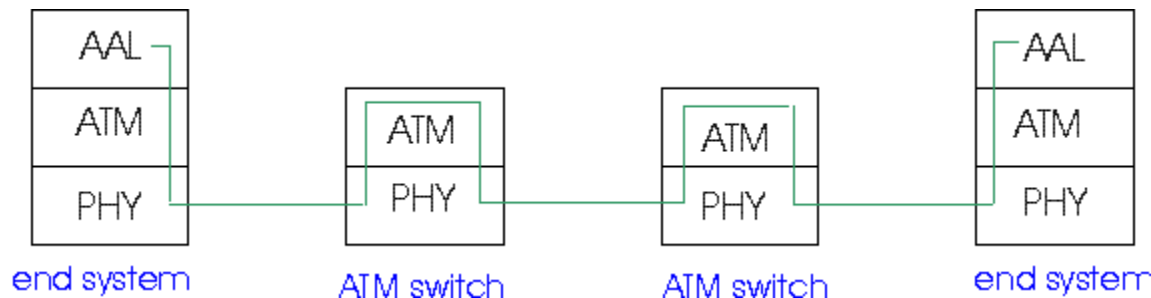
□ u nadawcy:

- warstwa IP odwzorowuje adres IP odbiorcy na adres ATM (używa ARP)
- przekazuje pakiet do warstwy AAL5
- AAL5 umieszcza pakiet w segmencie, tworzy komórki, przekazuje do warstwy ATM

□ w sieci ATM: komórka przekazywana przez kanał wirtualny do odbiorcy

□ u odbiorcy:

- AAL5 łączy komórki w segment zawierający pakiet
- jeśli CRC jest OK, pakiet jest przekazywany do IP



Mapa wykładu

- ❑ 5.1 Wprowadzenie i usługi warstwy łącza
- ❑ 5.2 Rozpoznawanie i naprawa błędów
- ❑ 5.3 Protokoły wielodostępowe
- ❑ 5.4 Adresy w sieciach LAN oraz protokół ARP
- ❑ 5.5 Ethernet
- ❑ 5.6 Koncentratory, mosty, i switche
- ❑ 5.7 Bezprzewodowe łącza i sieci lokalne
- ❑ 5.8 PPP
- ❑ 5.9 ATM
- ❑ 5.10 Frame Relay

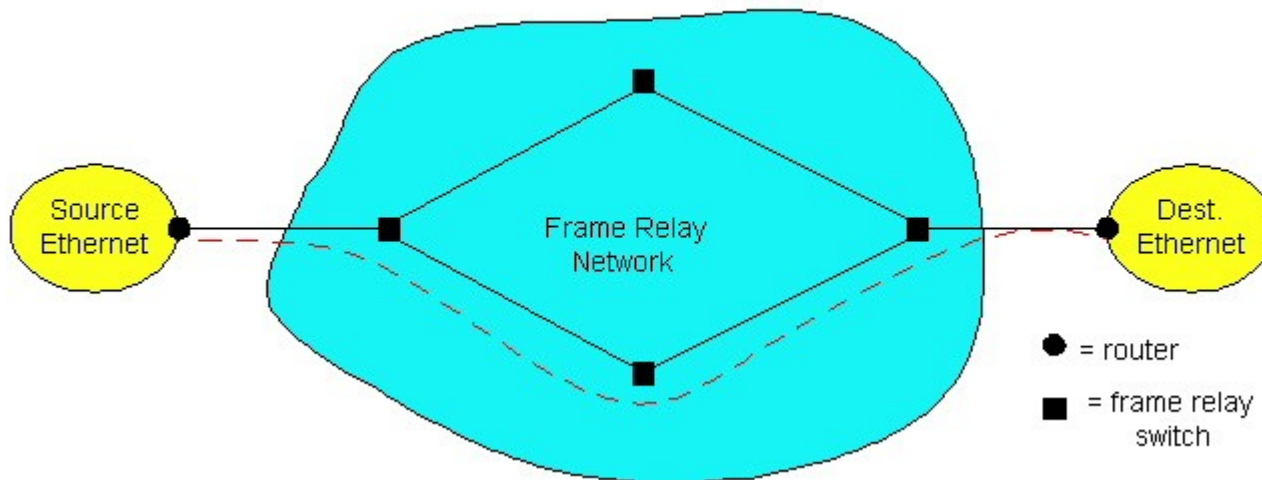
Frame Relay

Podobnie do ATM:

- ❑ technologia sieci rozległej
- ❑ używa wirtualnych kanałów
- ❑ początki w świecie telefonii
- ❑ może być używana do komunikacji pakietów IP
 - dlatego, może być traktowana jako warstwa łącza przez protokół IP

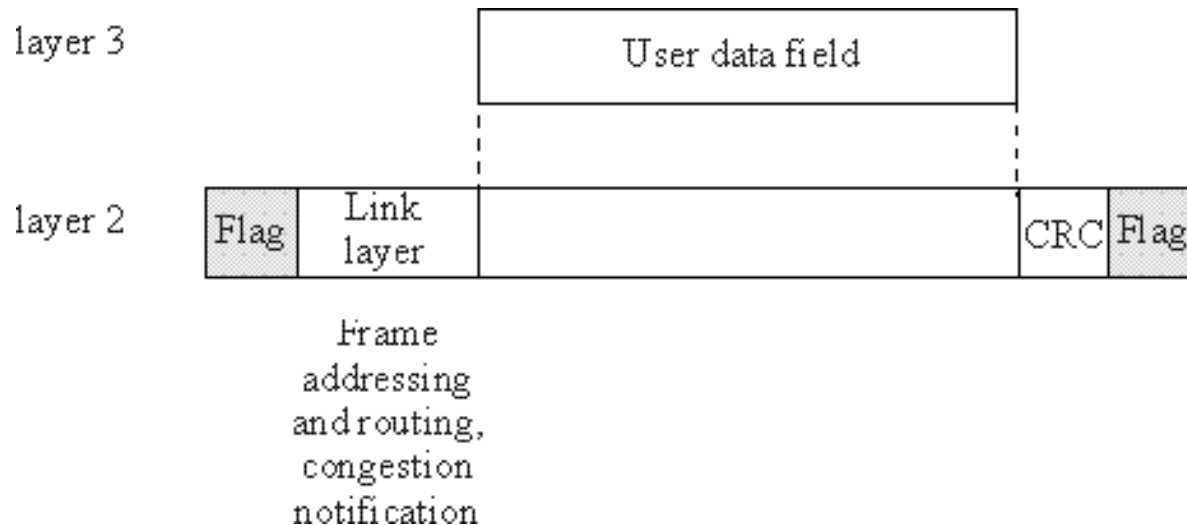
Frame Relay

- ❑ Zaprojektowana w późnych latach 80tych, szeroko rozpowszechniona w latach 90tych
- ❑ Usługa sieci Frame Relay:
 - brak kontroli błędów
 - kontrola przeciążenia koniec-koniec



Frame Relay (cd)

- ❑ Zaprojektowana do łączenia sieci LAN korporacyjnych klientów
 - zwykle stałe VC's: "rura" przenosząca połączony ruch pomiędzy dwoma routerami
 - przełączane VC: jak w sieci ATM
- ❑ klient korporacyjny **wynajmuje** usługę FR od publicznej sieci Frame Relay (n.p., Sprint, ATT)



Frame Relay (cd)



- ❑ Bity flagi, 01111110, oznaczają początek i koniec ramki
- ❑ adres:
 - 10 bitowy identyfikator VC
 - 3 bity kontroli przeciążenia
 - FECN: forward explicit congestion notification (ramka doświadczyła przeciążenia na ścieżce VC)
 - BECN: przeciążenie na powrotnej ścieżce
 - DE: możliwość porzucenia

Frame Relay - kontrola prędkości w VC

□ Committed Information Rate (CIR)

- zdefiniowana, "gwarantowana" dla każdego VC
- negocjowana podczas tworzenia VC
- klient płaci zależnie od CIR

□ Bit DE: *Discard Eligibility*

- Przełącznik FR na brzegu sieci mierzy prędkość komunikacji dla każdego VC; zaznacza ramki bitem DE
- DE = 0: wysoki priorytet, ramka zgodna z CIR; dostarczyć "za wszelką cenę"
- DE = 1: niski priorytet, może zostać odrzucona przy przeciążeniu

Frame Relay - CIR & Zaznaczanie ramek

- ❑ **Prędkość dostępu:** prędkość R łącza dostępowego pomiędzy ruterem źródłowym (klientem) i brzegowym przełącznikiem FR (dostawcą);
 $64\text{Kb/s} < R < 1,544\text{Kb/s}$
- ❑ Zwykle, **wiele VC** (jeden dla każdego rutera dostępowego) są multipleksowane w tej samej wiązce dostępowej; każdy VC ma własny **CIR**
- ❑ Brzegowy przełącznik FR **mierzy** prędkość komunikacji dla każdego VC; **zaznacza** ($DE = 1$) ramki które **przekraczają CIR** (te mogą być później odrzucone)
- ❑ Nowy mechanizm **differentiated service** w Internecie używa podobnych pomysłów

Podsumowanie warstwy łącza

- ❑ **mechanizmy** używane przez usługi w. łącza:
 - wykrywanie, korekcja błędów
 - podział łącza rozgłaszającego: wielodostęp
 - adresowanie warstwy łącza, ARP
- ❑ **technologie warstwy łącza:** Ethernet, koncentratory, mosty, switchy (przełączniki), sieci LAN IEEE 802.11, PPP, ATM, Frame Relay
- ❑ podróż w dół stosu protokołów **ZAKOŃCZONA!**
 - co dalej: ochrona informacji w sieciach komputerowych