

Zarządzanie ruchem i jakością usług w sieciach komputerowych

Część 1 wykładu

SKO2

Mapa wykładu

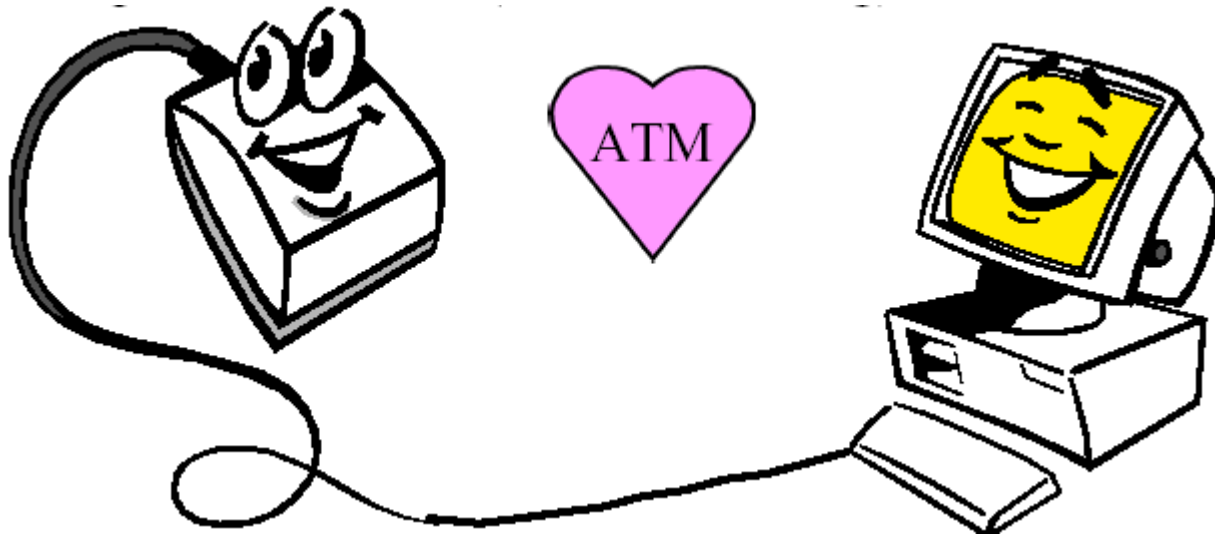
- Wprowadzenie
 - 10 trendów rozwoju sieci
- Komunikacja multimedialna w sieciach IP
- Techniki QoS
 - ATM
 - IEEE 802.1D
 - Integrated Services i Differentiated Services
 - MPLS
- Problemy i perspektywy rozwoju tych technologii

Mapa wykładu

- Wprowadzenie
 - 10 trendów rozwoju sieci
- Komunikacja multimedialna w sieciach IP
- Techniki QoS
 - ATM
 - Wstęp do sieci ATM
 - Adresowanie, sygnalizacja i kontrola dopuszczalności połączeń w ATM
 - Ruting w ATM
 - Egzekwowanie kontraktu ruchowego w ATM
 - Zarządzanie ruchem i kontrola przeciążenia w ATM
 - Intersieci IP/ATM
 - IEEE 802.1D
 - Integrated Services i Differentiated Services
 - MPLS
- Problemy i perspektywy rozwoju tych technologii

Asynchronous Transfer Mode

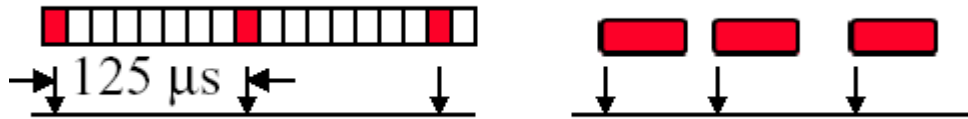
- ❑ Sieć ATM = sieć danych + sieć telefoniczna
- ❑ Połączenie komutacji pakietów i komutacji kanałów:
 - komutacja wirtualnych kanałów
- ❑ Miało połączyć najlepsze cechy obu



Historia ATM

- ❑ 1983: wdrożenie TCP/IP
- ❑ 1985: Ethernet
- ❑ standard ATM opracowano jako element Broadband-ISDN przez CCITT w 1988 roku
- ❑ wczesne lata 1990: WWW
- ❑ późne lata 1990: komercjalizacja WWW
- ❑ 1996: Gigabit Ethernet
- ❑ ATM Forum
 - 1999 rok
 - organizacja ma około 600 członków
 - publikuje standardy ATM

Sieć ATM a sieci telefoniczne



- ❑ Obecnie używane sieci telefoniczne są synchroniczne (okresowe)
 - ATM = **Asynchronous** Transfer Mode
- ❑ Sieci telefoniczne używają komutacji kanałów
 - ATM: komutacja pakietów (zwanymi *komórkami*, ang. „*Cell*”)
- ❑ W sieciach telefonicznych, wszystkie dostępne przepustowości są wielokrotnościami 8 kb/s
 - Usługi w sieci ATM mogą otrzymać dowolną przepustowość i zmieniać ją w dowolnym czasie
- ❑ W sieciach telefonicznych, kanały o dużej przepustowości są tworzone ręcznie
 - ATM pozwala na automatyczne utworzenie dowolnego wirtualnego kanału

Sieć ATM a sieci komunikacji danych

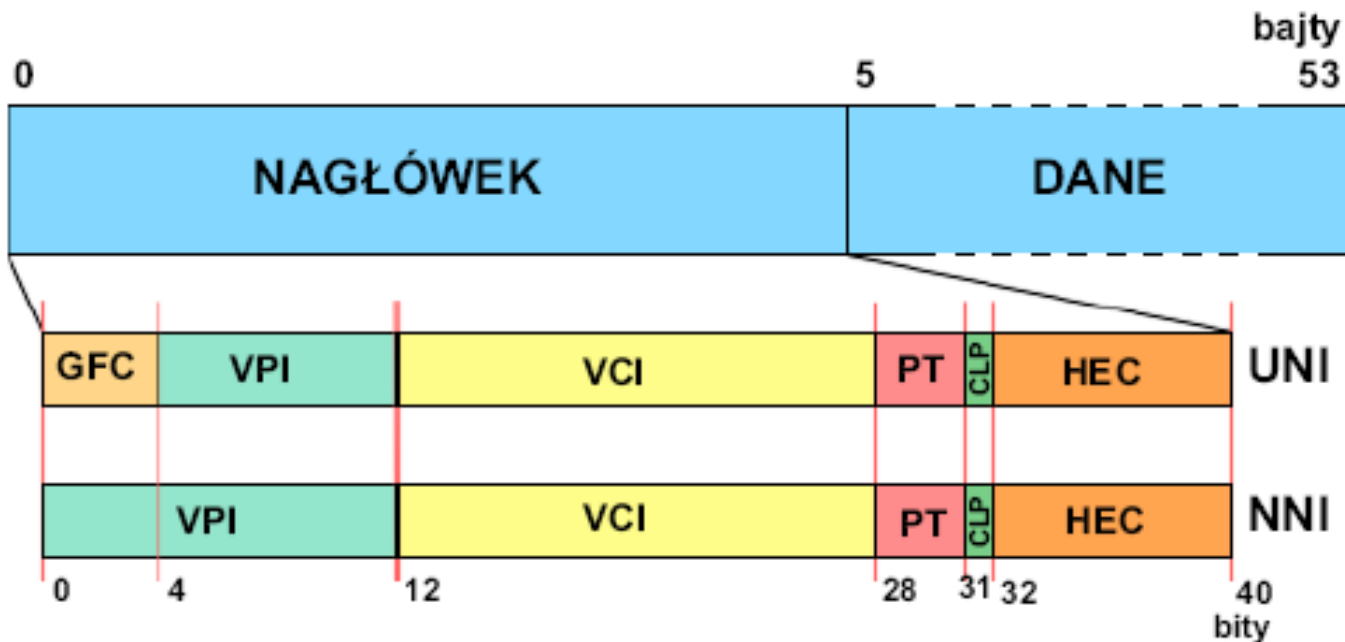


- ❑ Sygnalizacja: obecny protokół Internetu (IP) jest bezpołączeniowy.
 - Nie można z góry zarezerwować przepustowości.
 - sieć ATM używa wirtualnych kanałów.
Przed użyciem sieci, usługa deklaruje swoje zapotrzebowanie.
- ❑ PNNI: ścieżka oparta o żadaną jakość usług (QoS)
- ❑ Przełączanie: W IP, każdy pakiet jest adresowany i przetwarzany oddzielnie.
 - W sieci ATM, komórki mają identyfikatory wirtualnej ścieżki
- ❑ Zarządzanie ruchem:
 - W sieciach IP, poprzez odrzucanie pakietów (straty).
 - W sieciach ATM, technologia zarządzania ruchem z 1996 roku. (W IP: dużo starsza, lata 80te)
 - Wymagana dla szybkich i zmiennych przepływów.
- ❑ Komórki: ustalona długość (53 bajty)

Format nagłówka komórki



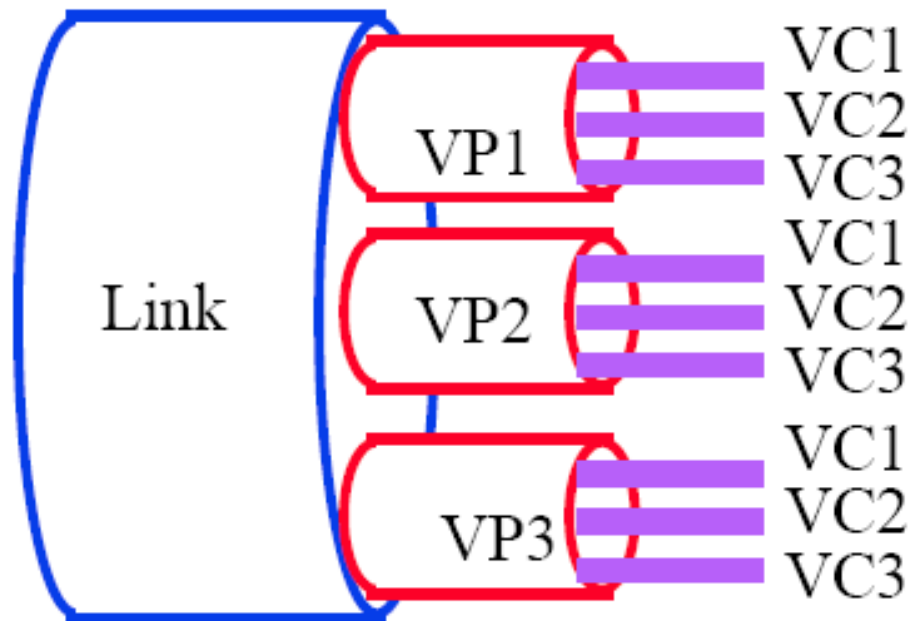
- Identyfikator wirtualnej ścieżki (*Virtual Path ID, VPI*), wirtualnego kanału (*Virtual Channel ID, VCI*),
- Typ protokołu (*Protocol Type ID, PTI*)
- Priorytet utraty komórki (*Cell Loss Priority, CLP*)
- *GFC = Generic Flow Control*
 - Zależnie od rodzaju interfejsu ATM (UNI, NNI)
- Suma kontrolna nagłówka (*Header Error Check*)



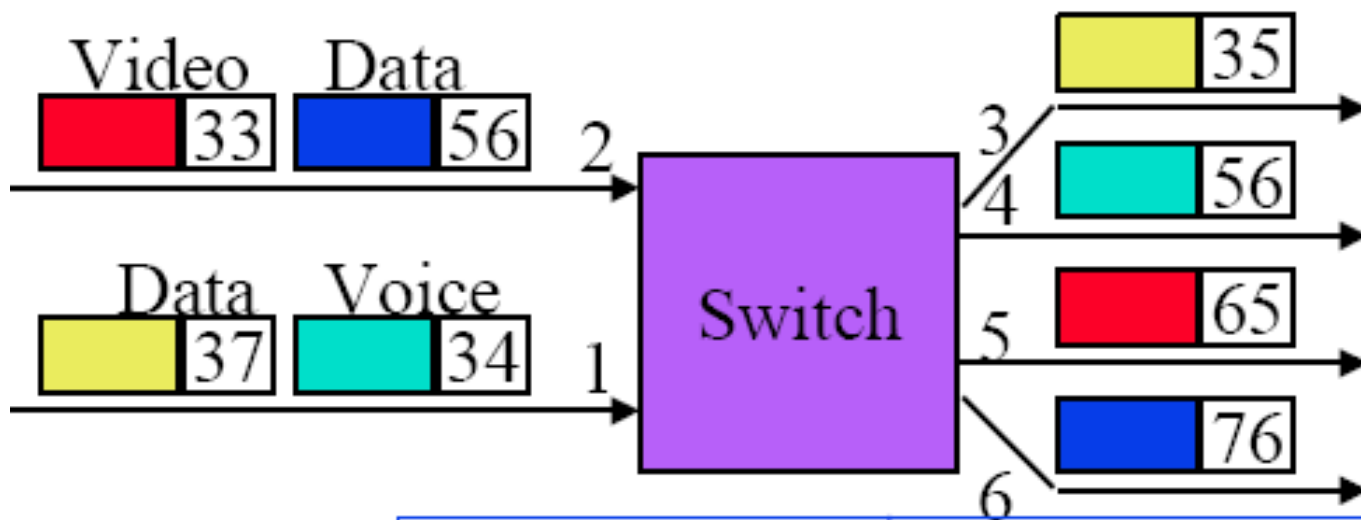
Ścieżki i kanały wirtualne



- 24/28 bitowy identyfikator połączenia
 - Pierwsze 8/12 bitów: identyfikator ścieżki
 - dłuższy dla interfejsu NNI
 - ostatnie 16 bitów: identyfikator kanału
- Usługa wirtualnych ścieżek pozwala na tworzenie nowych wirtualnych kanałów bez interwencji operatora



Przydzielanie i wykorzystanie wirtualnych ścieżek i kanałów



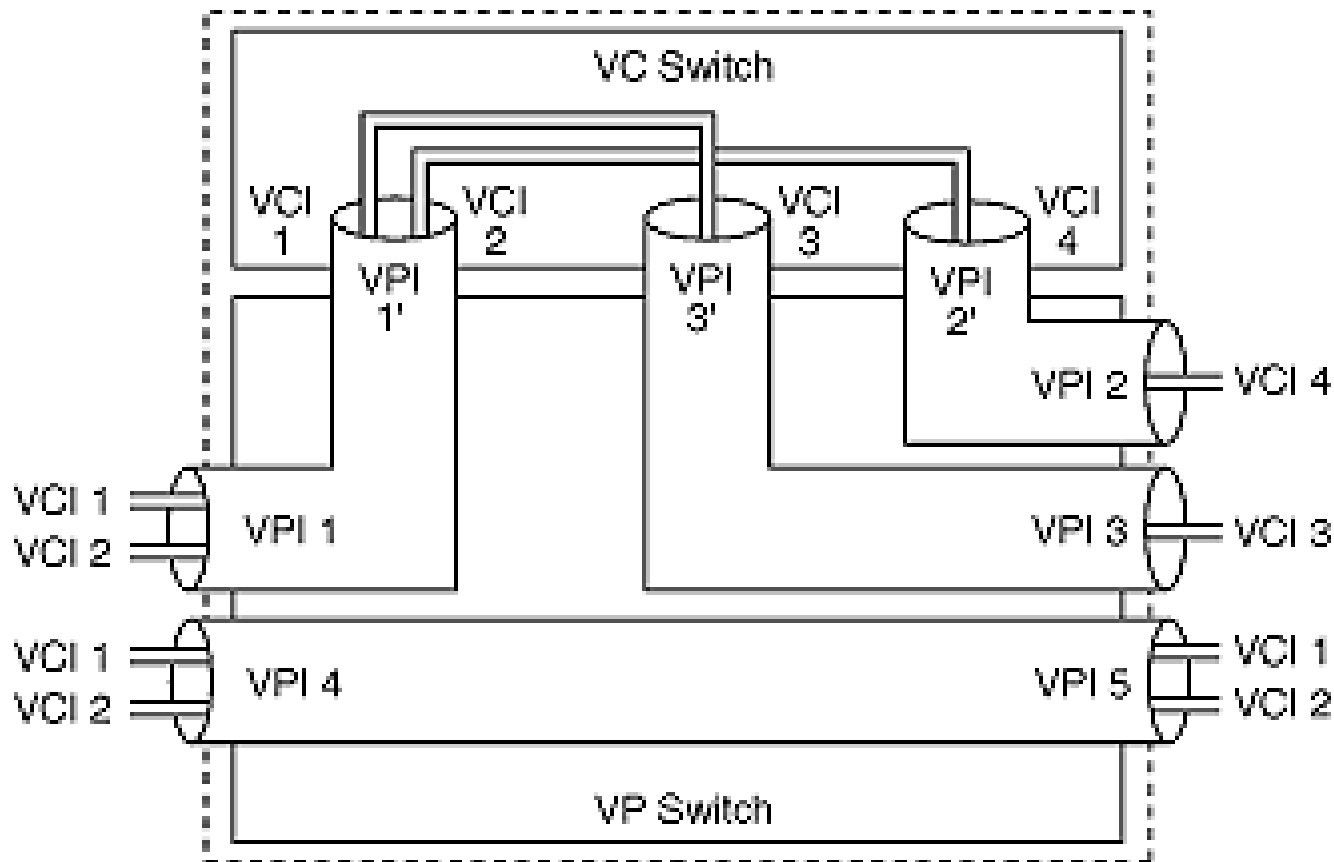
In		Out	
Port	VPI/VCI	Port	VPI/VCI
1	1/37	3	1/35
1	3/34	4	2/56
2	5/33	5	4/65
2	2/56	6	4/76

Przełączanie, ścieżki, kanały i połączenia

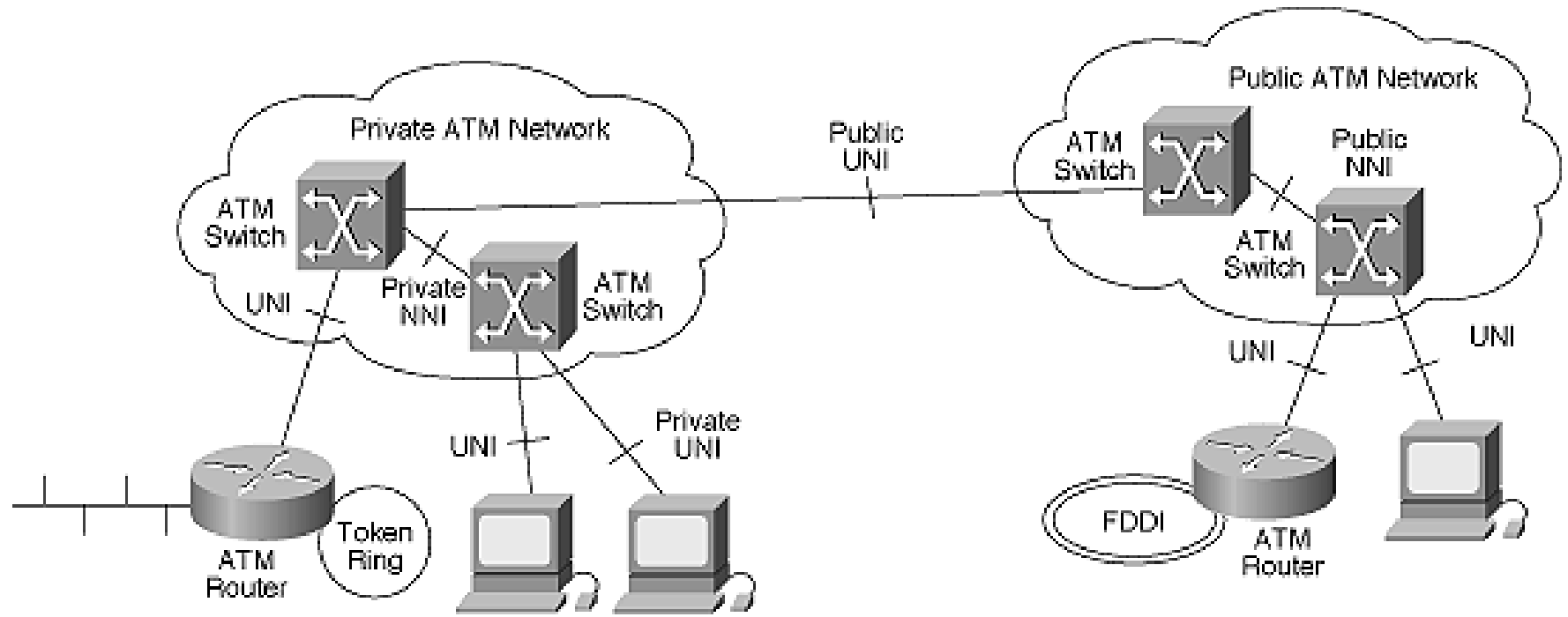


- ❑ Switch ATM może przełączać ścieżki *lub* kanały
 - Cross-connect: switch ATM, który przełącza tylko ścieżki
- ❑ Identyfikatory VPI i VCI zmieniają się na każdym etapie routingu
- ❑ Przełączanie może być w oparciu o ścieżkę przez część trasy, potem w oparciu o kanał wirtualny
- ❑ Tablice w switchu ATM są tworzone przy tworzeniu *połączenia ATM*
 - dwa typy połączeń: PVC (*Permanent Virtual Connection*) i SVC (*Switched Virtual Connection*)
 - dwa rodzaje połączeń: 1-1 oraz 1-n

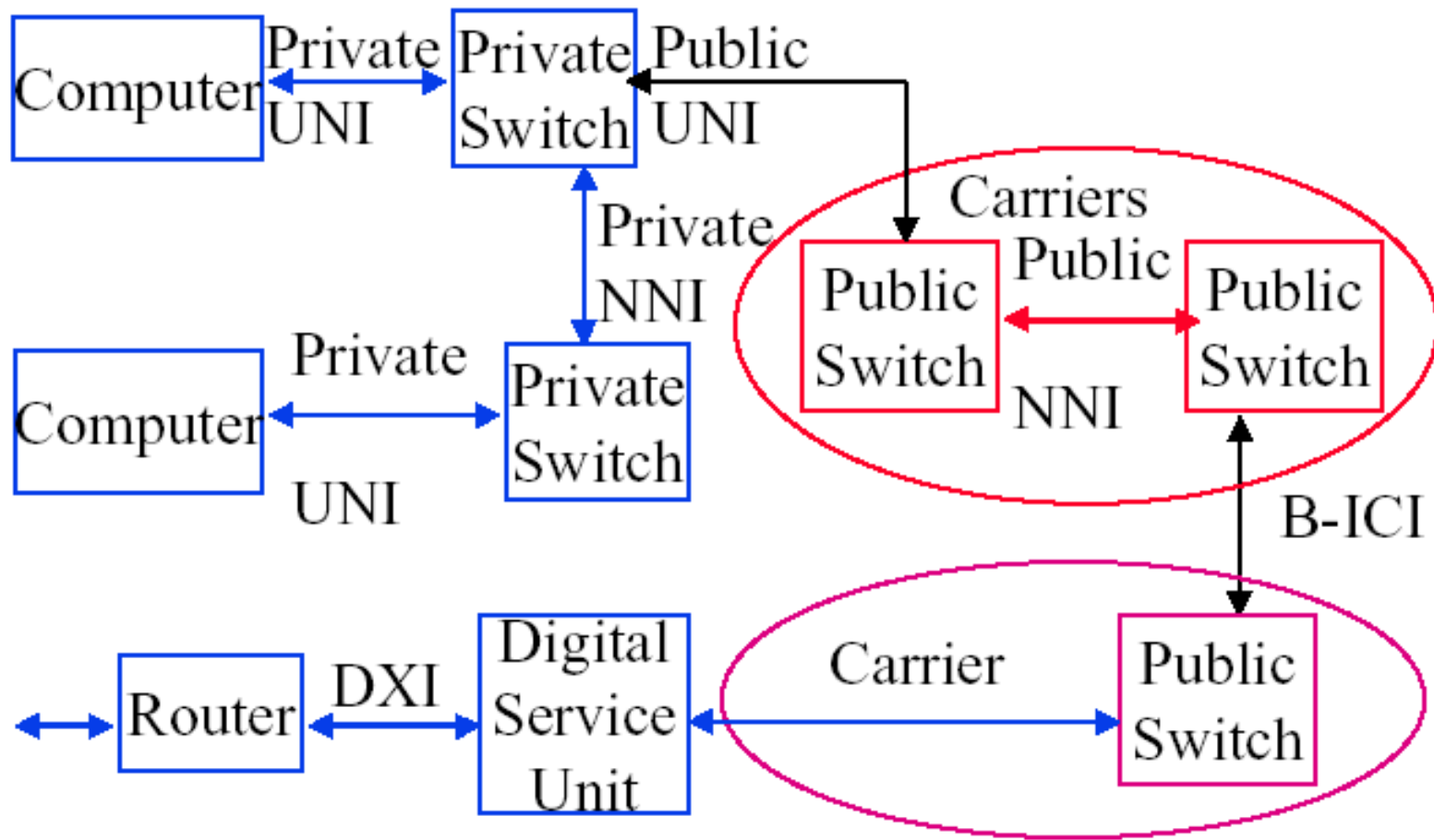
Przetwarzanie ścieżek i kanałów wirtualnych



Interfejsy ATM



Interfejsy ATM



Interfejsy ATM

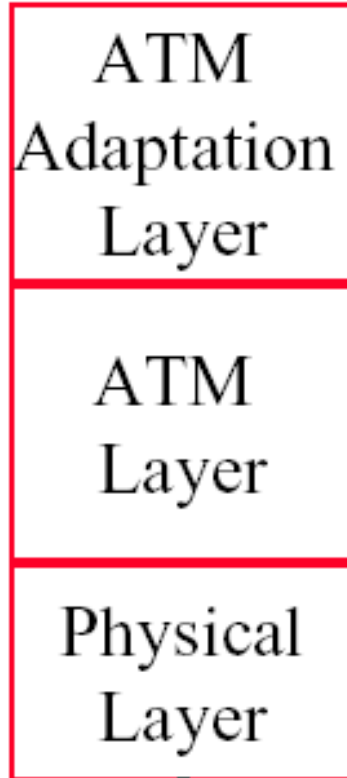


- ❑ User to Network Interface (UNI):
 - Public UNI, Private UNI
- ❑ Network to Node Interface (NNI):
 - Private NNI (P-NNI)
 - Public NNI = Inter-Switching System Interface (ISSI)
Intra-LATA ISSI (operatorzy regionalni)
 - Inter-LATA ISSI (operatorzy sieci szkieletowej)
 - Broadband Inter-Carrier Interface (B-ICI)
- ❑ Interfejsy UNI i NNI różnią się formatami komórek
 - NNI ma dłuższy identyfikator VPI
- ❑ Interfejs NNI występuje tam, gdzie jest używany protokół NNI
- ❑ Data Exchange Interface (DXI)
 - Pomędzy ruterami a DSU (ATM Digital Service Unit)

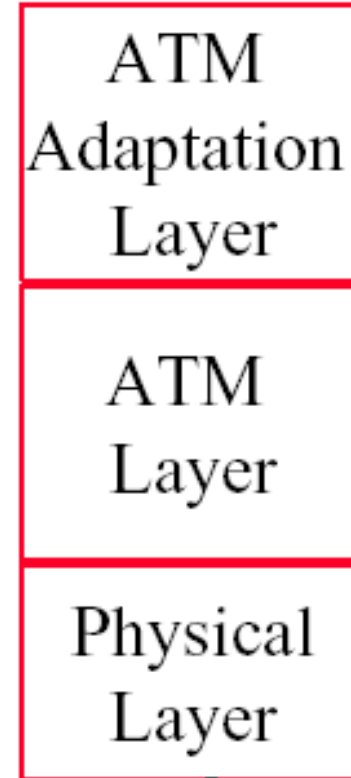
Warstwy protokołów



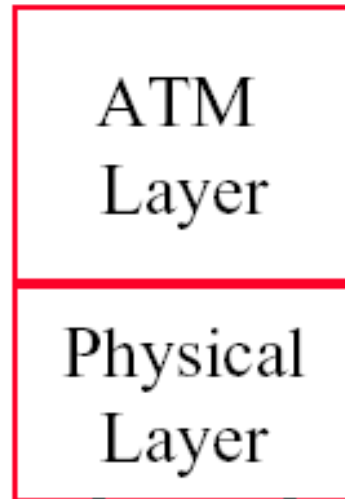
End System



End System



Switch



Warstwy protokołów



- Warstwa adaptacyjna ATM
(*ATM Adaptation Layer, AAL*)
 - Dzieli komunikat na komórki
 - Egzekwowanie kontraktu (zasada *izolacji*)
- Warstwa ATM (sieci)
 - transmisja/przetwarzanie/odbiór
 - kontrola przeciążenia, przepływu, zarządzanie buforami
 - enkapsulacja/dekapsulacja
 - translacja adresów komórek
 - zachowanie kolejności komunikacji komórek

Warstwy adaptacyjne

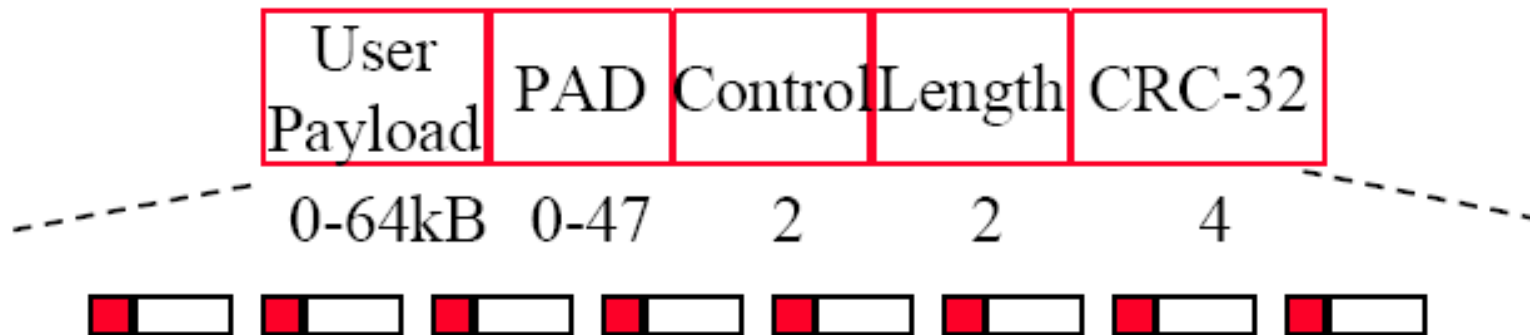


- AAL typ 1
 - wykorzystywany dla ruchu CBR - głos, dźwięk, wideo w czasie rzeczywistym
 - stała, gwarantowana prędkość transmisji w trybie połączeniowym
- AAL typ 2
 - wykorzystywany dla ruchu rt-VBR - wideo strumieniowe, głos kompresowany
 - gwarantowane maksymalne opóźnienie, bez stałej prędkości transmisji
- AAL typ 3/4
 - wykorzystywany dla ruchu UBR
 - bez zależności czasowych, tryb bezpołączeniowy i połączeniowy
- AAL typ 5
 - ruch ABR, nrt-VBR
 - bez zależności czasowych, tryb połączeniowy; ruch IP



AAL5

- ❑ Zaprojektowane dla komunikacji danych
- ❑ Mniej bitów nagłówkowych niż w AAL 3/4
 - Simple and Efficient AAL (SEAL)
- ❑ Brak pola długości komórki, brak sumy kontrolnej komórki

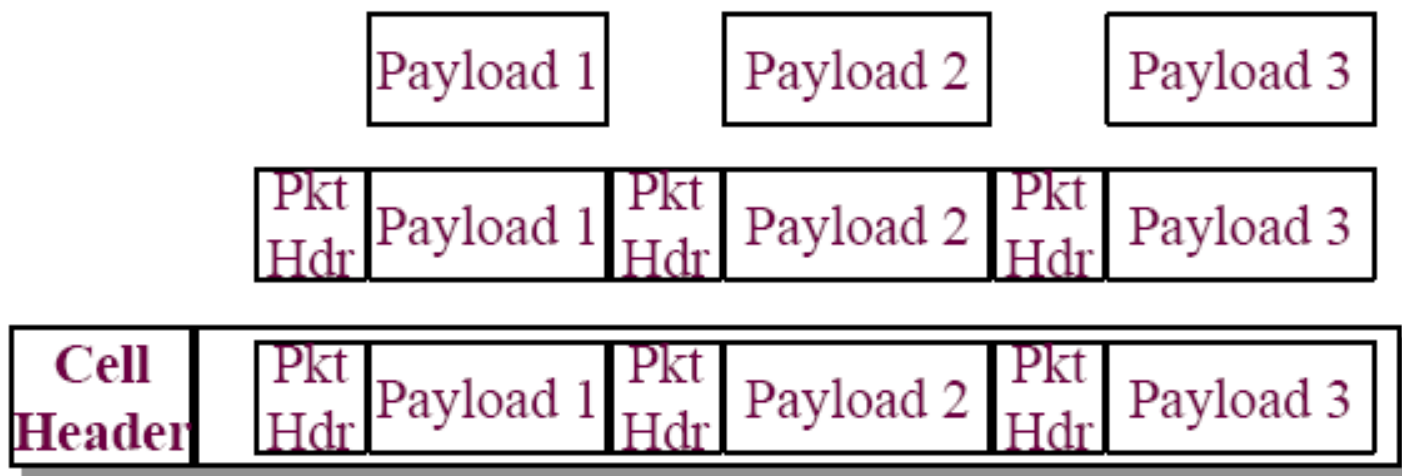


Bit PTI wyznacza ostatnią komórkę



AAL2

- ❑ Idealna dla komunikacji głosowej o małej przepustowości
- ❑ Zmienna lub stała przepustowość głosu, wideo
- ❑ Wielu użytkowników na jednym wirtualnym kanale
- ❑ Eliminacja ciszy i kompresja
- ❑ Eliminacja nieaktywnych kanałów



Oryginalne klasy ruchu



	Klasa A	Klasa B	Klasa C	Klasa D
Synchronizacja czasowa	Tak	Tak	Nie	Nie
Przepustowość	Stała	Zmienna	Zmienna	Zmienna
Połączeniowa	Tak	Tak	Tak	Nie
Przykłady	Emulacja kanałów	Wideo	Frame Relay	SMDS
AAL	AAL1	AAL2	AAL3	AAL4

Kategorie usług w sieci ATM



□ ABR (*Available Bit Rate*)

- Nadawca otrzymuje sygnalizację od sieci w celu kontroli przeciążenia
- Jak największa przepustowość, jak najmniejsze straty

□ UBR (*Unspecified Bit Rate*)

- Użytkownik wysyła, kiedy chce
- Nie ma sygnalizacji od sieci
- Zawodna komunikacja: komórki zostaną wyrzucone przy przeciążeniu
- odpowiednik modelu "best effort" w IP

Kategorie usług w sieci ATM

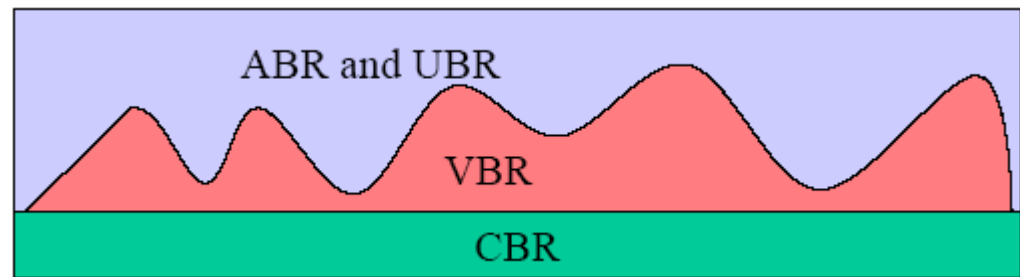


□ CBR (*Constant Bit Rate*)

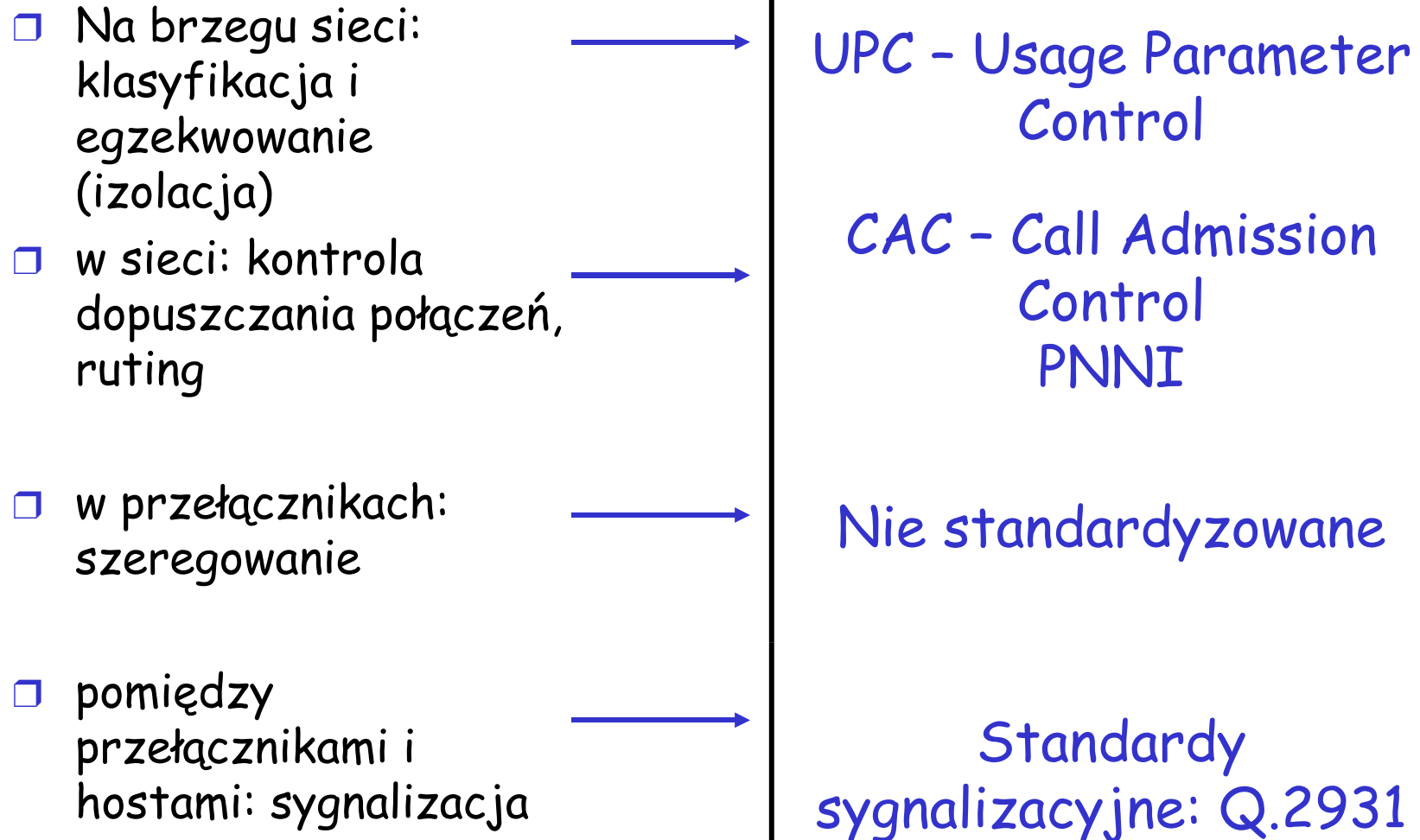
- użytkownik deklaruje, ile potrzebuje przepustowości
- Przepustowość, opóźnienie i zmienność opóźnień są gwarantowane

□ VBR (*Variable Bit Rate*)

- użytkownik deklaruje średnią i maksymalną przepustowość
- rt-VBR
 - dla wideokonferencji
 - maksymalne opóźnienie gwarantowane
- nrt-VBR
 - bez gwarancji opóźnienia



Mechanizmy QoS w ATM



Mapa wykładu

- Wprowadzenie
 - 10 trendów rozwoju sieci
- Komunikacja multimedialna w sieciach IP
- Techniki QoS
 - ATM
 - Wstęp do sieci ATM
 - Adresowanie, sygnalizacja i kontrola dopuszczalności połączeń w ATM
 - Ruting w ATM
 - Egzekwowanie kontraktu ruchowego w ATM
 - Zarządzanie ruchem i kontrola przeciążenia w ATM
 - Intersieci IP/ATM
 - IEEE 802.1D
 - Integrated Services i Differentiated Services
 - MPLS
- Problemy i perspektywy rozwoju tych technologii

Meta-Sygnalizacja

- ❑ Używana do tworzenia połączeń w celu sygnalizacji
- ❑ Wszystkie komunikaty meta-sygnalizacji zajmują jedną komórkę i mają identyfikator połączenia
 $VPI/VCI = 0/1$
- ❑ Meta-sygnalizacja tworzy 3 rodzaje połączeń:
 - punkt-punkt
 - Rozsiewcze do wszystkich
 - Rozsiewcze do wybranych odbiorców
 - Mające identyfikator połączenia $VPI/VCI = 0/5$ (UNI)
- ❑ Meta-sygnalizacja udostępnia funkcje:
 - Tworzące nowe połączenia sygnalizacyjne
 - Zwalniające połączenia sygnalizacyjne
 - Weryfikujące połączenia sygnalizacyjne

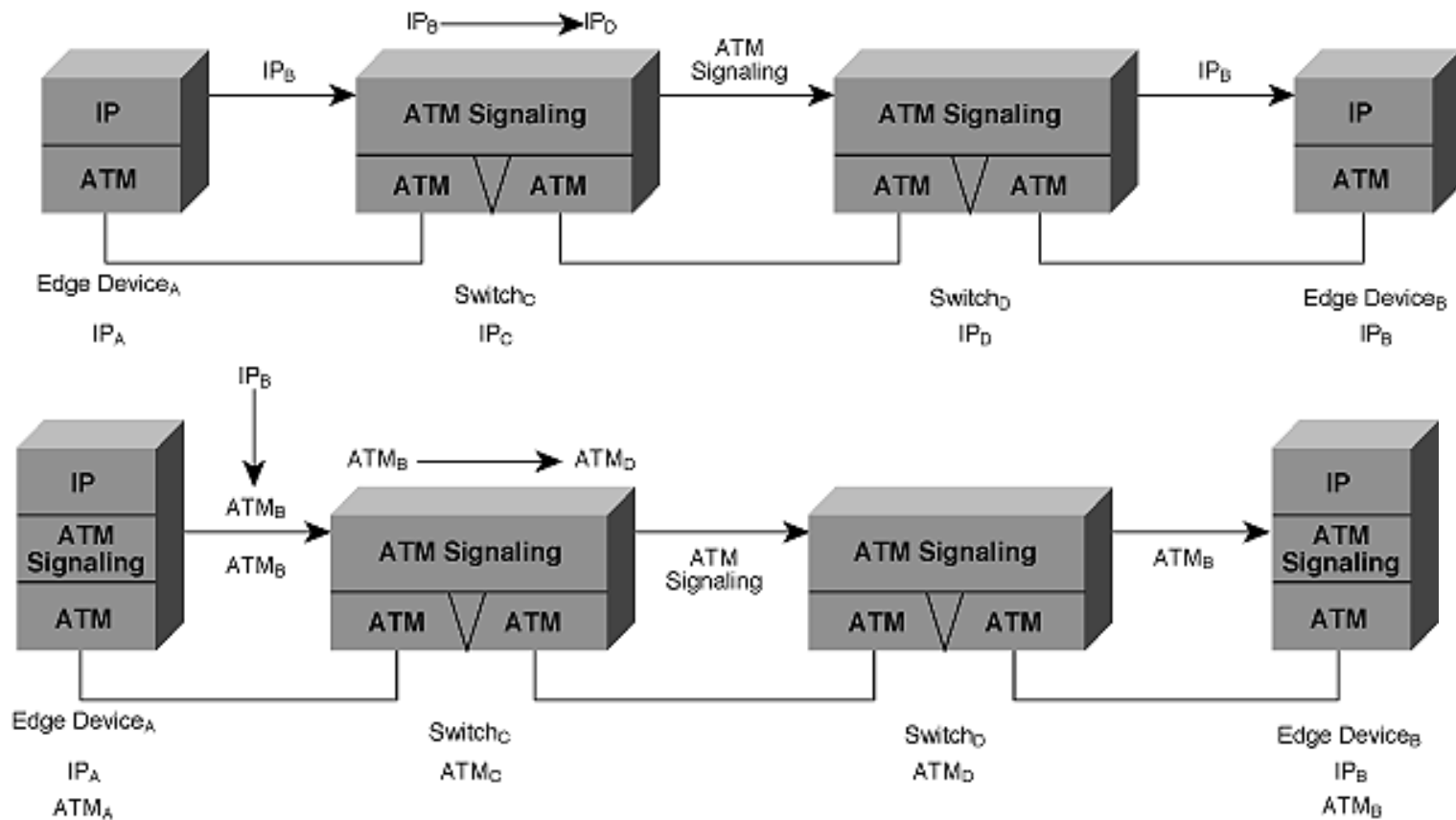
Sygnalizacja w ATM



- ❑ Sygnalizacja = protokoły używane do zarządzania połączeniami
 - w telefonii, sygnalizacja służy do zestawiania połączenia
- ❑ Sygnalizacja wymaga adresów, które identyfikują zakończenia połączeń
- ❑ W ATM, obowiązują standardy UNI 3.0/3.1/4.0
 - UNI 3.1 jest oparty na ITU-Q.2931
 - UNI 3.0 mało się różni, ale nie jest kompatybilny z UNI 3.1
 - UNI 4.0 modyfikuje
 - połączenia multicast (dołączanie węzłów na żądanie)
 - anycast
 - negocjację kontraktu ruchowego
 - przełączane ścieżki wirtualne

Trochę historii...

- ATM Forum brało pod uwagę dwa modele dla sieci ATM: *peer* oraz *overlay*



Trochę historii...

- ❑ W modelu *peer*, sieć ATM używała by adresów IP
- ❑ W modelu *peer*, sieć ATM nie potrzebowała by tłumaczenia adresów IP na adresy ATM przez ARP
- ❑ W modelu *peer*, sieć ATM używała by routingu IP
- ❑ Ale.. w modelu *peer*, jak routing ma realizować mechanizmy jakości obsługi ATM?
 - Model *overlay* pozwala też na oddzielenie sieci ATM od sieci IP, co upraszcza switchy ATM i rozwój sieci ATM
- ❑ Z tych powodów ATM używa modelu *overlay*, a w nim
 - oddzielnej adresacji
 - tłumaczenia adresów innych sieci na adresy ATM
 - oddzielnego routingu

Adresy w sieciach ATM



- ❑ Adresy w ATM identyfikują urządzenia, lecz nie komórki
- ❑ Komórki nie posiadają pól adresowych, lecz pola identyfikujące wirtualne ścieżki i kanały
- ❑ Adresy ATM są wykorzystywane jedynie do zestawiania połączeń pomiędzy urządzeniami

Adresy w sieciach ATM



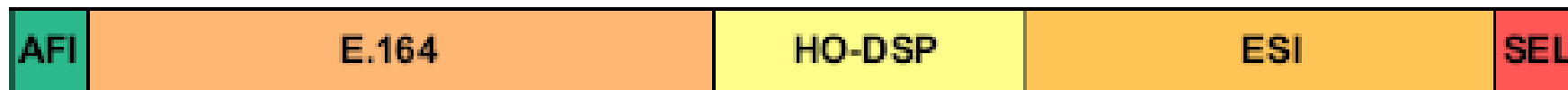
- ATM Forum ustaliło trzy formaty adresów ATM
 - Format DCC
 - Format ICD
 - Format E.164 (ISDN)



Adres ATM w formacie DCC



Adres ATM w formacie ICD



Adres ATM w formacie E.164

Adresy w sieciach ATM



- ❑ Adresy są hierarchiczne
 - Pierwsze 13 bajtów umożliwia 104 poziomy hierarchii
 - hierarchia od lewej do prawej, bez ustalonych granic
- ❑ Numer E.164 to numer telefoniczny
 - ATM Forum rozszerzyło adres E.164 do formatu NSAP (*Network Service Access Point*)
- ❑ Publiczne sieci ATM muszą używać E.164
 - mogą też obsługiwać DCC lub ICD
- ❑ Prywatne sieci ATM mogą używać DCC lub ICD
 - muszą także obsługiwać E.164

Rodzaje połączeń



- stałe połączenie wirtualne
(ang. *Permanent Virtual Circuit, PVC*)
 - zestawiane przez administratora
 - administrator może konfigurować:
 - porty urządzeń
 - trasę przez sieć
 - parametry określające jakość transmisji

- przełączane połączenie wirtualne
(ang. *Switched Virtual Circuit, SVC*)
 - zestawiany na żądanie za pomocą sygnalizacji
 - podawana jest żądana jakość
 - podczas zestawiania, każdy przełącznik ATM sprawdza możliwość realizacji
 - tworzony jest stan w przełącznikach dla połączenia



Rodzaje połączeń

□ Punkt-punkt

- symetryczna lub asymetryczna przepustowość (jedno, lub dwukierunkowe)

□ Punkt-wielopunkt

- informacje są komunikowane tylko w jednym kierunku
- komunikacja rozsiewcza (multicast): warstwa sieci kopiuje komórki
- hosty dołączają same (*Leaf-Initiated Join, LIJ, UNI 4.0*) lub są dołączane (*non-LIJ*)

Kontrakt ruchowy

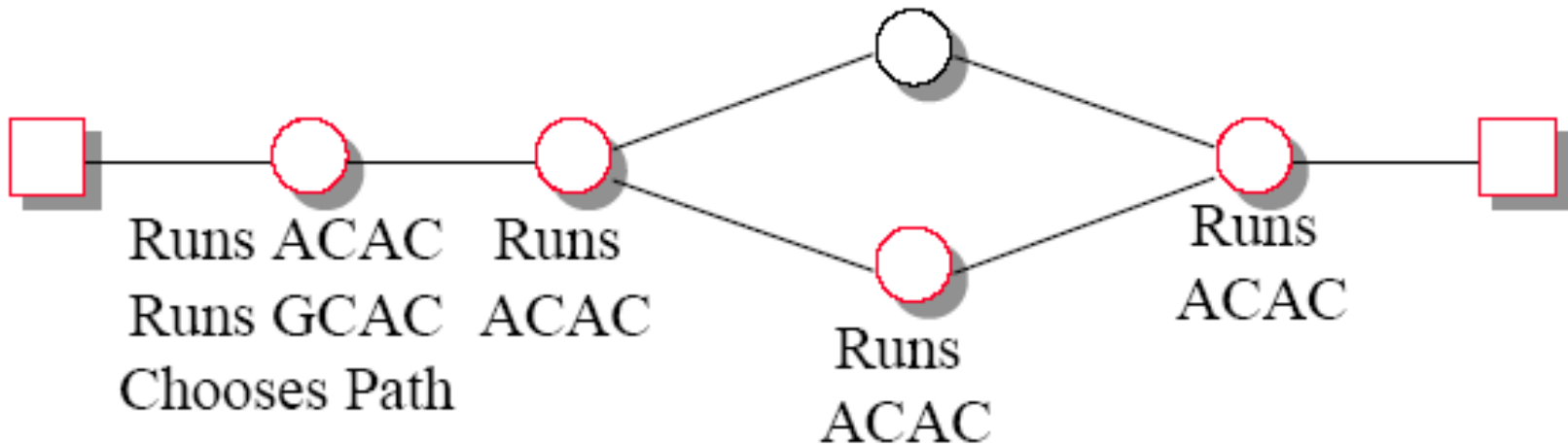


- W UNI 3.0/3.1, można było tylko podać klasę obsługi
 - klasy konfigurowane przez administratorów sieci
- W UNI 4.0, można dodatkowo podać parametry obsługi
 - dla każdego kierunku oddzielnie (po 6)
 - dla każdej wartości Cell Loss Priority (0 lub 1) oddzielnie (po 3)
 - *Peak Cell Rate*
 - *Sustainable Cell Rate*
 - *Maximum Burst Size*

Kontrola dopuszczalności połączeń



- ang. *Call Admission Control*
- Ogólna kontrola (GCAC)
 - wykonuje ją przełącznik, który wybiera trasę
 - określa, która ścieżka może obsłużyć połączenie
- Szczegółowa kontrola (ACAC)
 - wykonuje ją każdy przełącznik
 - określa, czy przełącznik może obsłużyć połączenie



Kontrola dopuszczalności połączeń



- Cele CAC:
 - Umożliwienie gwarancji wymaganych parametrów QoS dla każdego połączenia poprzez izolację ruchu
 - Maksymalizacja wykorzystania sieci
- Nie ma w tej dziedzinie zdefiniowanych standardów
- Większość algorytmów CAC używa metody *Równowaznej przepustowości*
 - parametry QoS są redukowane do pojedynczej wartości
 - ta wartość określa, jaką przepustowość musi zarezerwować algorytm CAC

Kontrakty dla kategorii usług

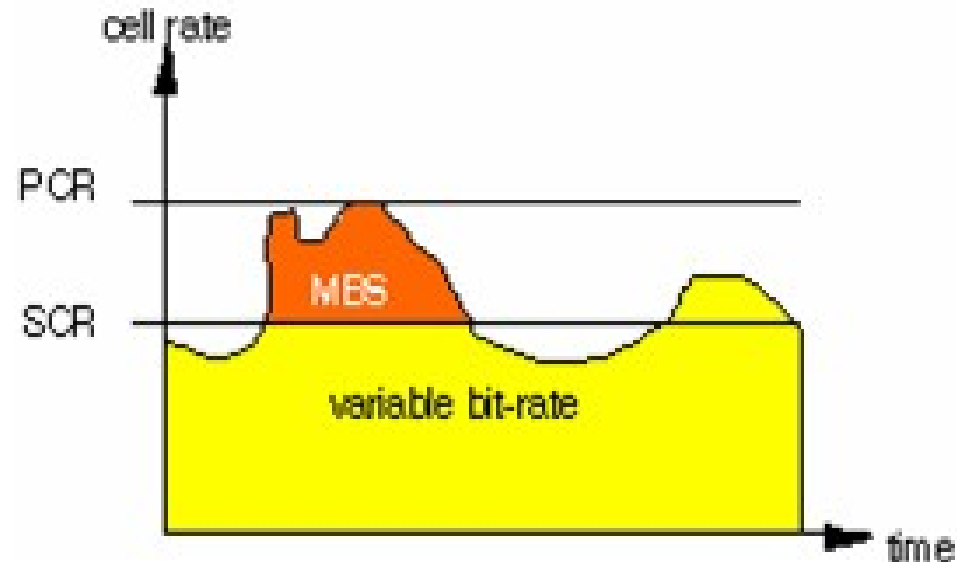


□ CBR

- potrzebuje stałej przepustowości przez cały czas trwania połączenia
- stałą przepustowość opisuje parametr PCR
- źródło może nadawać z prędkością PCR przez dowolny czas
- straty, maksymalne opóźnienie i zmienność opóźnień opisywane przez CLR, maxCTD, CDV

□ VBR

- opisywana przez PCR, SCR i MBS
- dla rt-VBR, straty, maksymalne opóźnienie i zmienność opóźnień opisywane przez CLR, maxCTD, CDV
- dla nrt-VBR, tylko CLR



Kontrakty dla kategorii usług



□ ABR

- przeznaczona dla zmiennego ruchu, którego przepustowość jest znana w przybliżeniu
- opisywana przez PCR i MCR

□ UBR

- brak gwarancji, brak opisu w kontrakcie ruchowym
- usługa best-effort

□ Straty w ABR i UBR

- wysokość strat jest minimalizowana, jeśli użytkownik zachowuje się zgodnie z kontraktem ruchowym oraz kontrolą przeciążenia
- ABR ani UBR nie używają pozostałych parametrów jakości (maxCTD, CDV)

Stos protokołów sygnalizacyjnych

- Oddzielny *Signaling AAL (SAAL)*
 - interfejs do Q.2931: *Service Specific Coordination Function (SSCF)*
 - niezawodny protokół warstwy łącza: *Service Specific Connection Oriented Protocol (SSCOP)*
 - wykrywanie błędów: *AAL Common Part (AAL CP)*

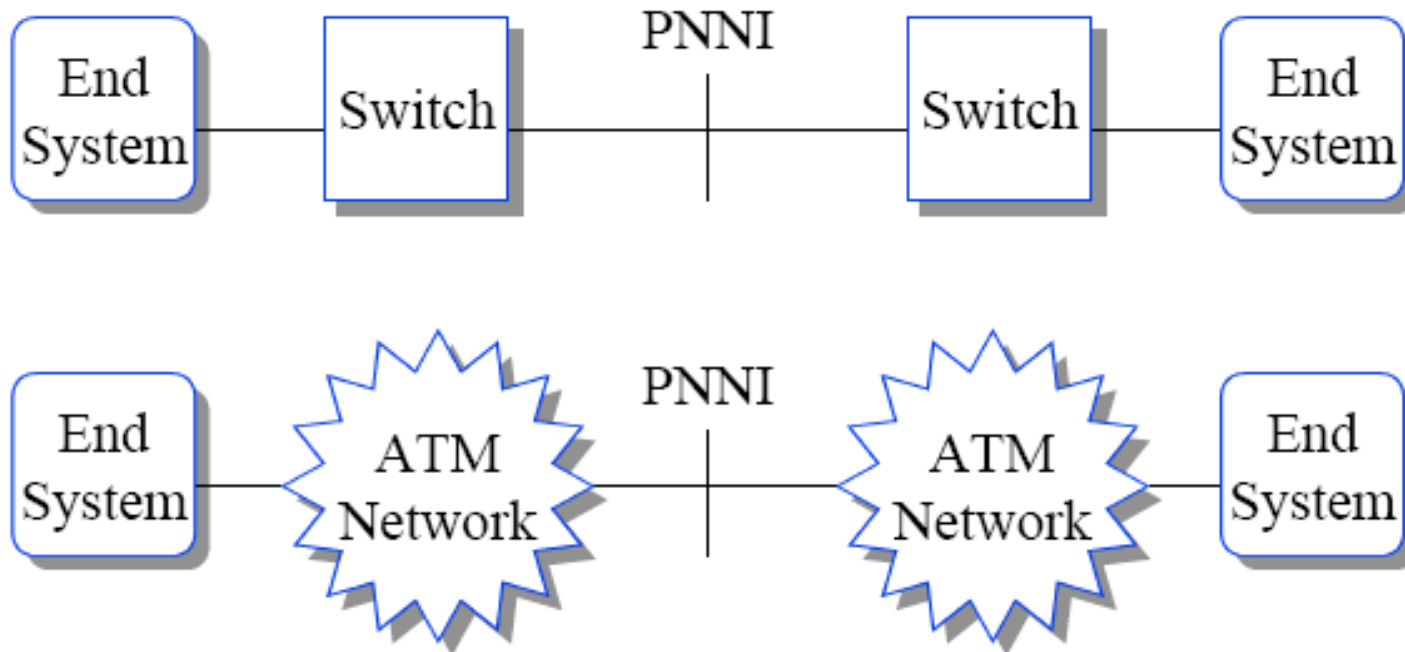
	Q.2931	TCP/IP	LMI, SNMP
SAAL	SSCF Q.2130	AAL	AAL
	SSCOP Q.2110		
	AAL CP I.363		
ATM I.361			
SONET, DS1, E1, etc. I.432			

Mapa wykładu

- Wprowadzenie
 - 10 trendów rozwoju sieci
- Komunikacja multimedialna w sieciach IP
- Techniki QoS
 - ATM
 - Wstęp do sieci ATM
 - Adresowanie, sygnalizacja i kontrola dopuszczalności połączeń w ATM
 - Ruting w ATM
 - Egzekwowanie kontraktu ruchowego w ATM
 - Zarządzanie ruchem i kontrola przeciążenia w ATM
 - Intersieci IP/ATM
 - IEEE 802.1D
 - Integrated Services i Differentiated Services
 - MPLS
- Problemy i perspektywy rozwoju tych technologii



PNNI



- ❑ Private Network-to-network Interface
- ❑ Private Network Node Interface

Cechy i funkcje PNNI



- ❑ Protokół stanu łącza
- ❑ Okresowo rozsyła pakiety, zawierające stan wszystkich sąsiadujących łącz
- ❑ Pakiet jest rozgłaszany przez zalew do wszystkich węzłów w sieci

Cechy i funkcje PNNI



- ❑ Połączenia punkt-punkt i punkt-wielopunkt
- ❑ Wiele poziomów hierarchii - skalowalny dla globalnych sieci
- ❑ Może traktować fragment sieci jako jedno logiczne łącze
- ❑ Automatycznie poznaje topologię sieci
 - nie jest potrzebna ręczna konfiguracja
- ❑ Połączenie jest na tej samej trasie, co komunikat tworzący połączenie

Cechy i funkcje PNNI



- ❑ Jako miary odległości, używa:
 - koszt, przepustowość łączy, ograniczenia w wykorzystaniu łącza, czas propagacji
 - także: opóźnienie komórek, zmienność opóźnień, aktualne średnie obciążenie, aktualne maksymalne obciążenie
- ❑ Używa zarówno parametrów łączy, jak i węzłów
- ❑ Umożliwia wybór operatora sieci szkieletowej (tranzytowej)
- ❑ Umożliwia anycast

Informacja o stanie topologii

- ❑ Topologia: łącza + węzły
- ❑ Miara: sumowana dla każdego łącza na ścieżce, np. opóźnienie
- ❑ Atrybut: dotyczy każdego elementu sieci
 - np. przepustowość
- ❑ Parametr stanu: miara lub atrybut
- ❑ *PNNI Topology State Element (PTSE)*:
informacja routingu wysyłana do grupy partnerów
- ❑ *PNNI Topology State Packet (PTSP)*:
komórka zawierająca jeden komunikat PTSE

Parametry Stanu Topologii

□ Miary:

- maksymalne opóźnienie komórki (MCTD)
- maksymalna zmienność opóźnienia komórki (MCDV)
- maksymalna stopa strat komórek (MCLR)
- waga administracyjna

□ Atrybuty

- Dostępna prędkość wysyłania komórek (ACR)
- Błąd prędkości wysyłania komórek (CRM)
CRM = Zarezerwowana - Faktyczna prędkość wysyłania
- Zmienność (VF) = $CRM / \text{Stdv}(\text{Faktyczna prędkość})$
- Flaga podziału: czy obsługuje ruch punkt-wielopunkt
- Flaga ograniczenia tranzytu: czy dopuszcza ruch tranzytowy

Mapa wykładu

- Wprowadzenie
 - 10 trendów rozwoju sieci
- Komunikacja multimedialna w sieciach IP
- Techniki QoS
 - ATM
 - Wstęp do sieci ATM
 - Adresowanie, sygnalizacja i kontrola dopuszczania połączeń w ATM
 - Ruting w ATM
 - Egzekwowanie kontraktu ruchowego w ATM
 - Zarządzanie ruchem i kontrola przeciążenia w ATM
 - Intersieci IP/ATM
 - IEEE 802.1D
 - Integrated Services i Differentiated Services
 - MPLS
- Problemy i perspektywy rozwoju tych technologii