



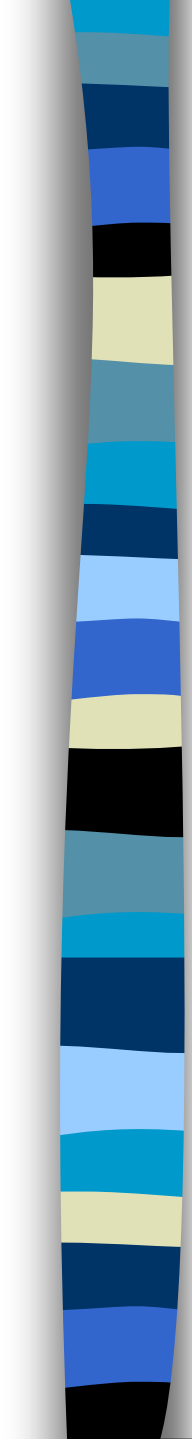
Inne techniki ATM, IP QoS, MPLS

- Technika (technologia) STM i ATM
- Podstawy techniki ATM
- Ogólna charakterystyka źródeł ruchu
- Czy istnieje konieczność ewolucji sieci IP do sieci IP QoS?
- Architektury sieci IP QoS
- Sieć IP QoS z IntServ
- Sieć IP QoS z DiffServ
- Struktura sieci IP QoS
- Kilka uwag końcowych o IP QoS
- Dlaczego MPLS?
- Podstawowe składniki MPLS
- Format pakietu MPLS

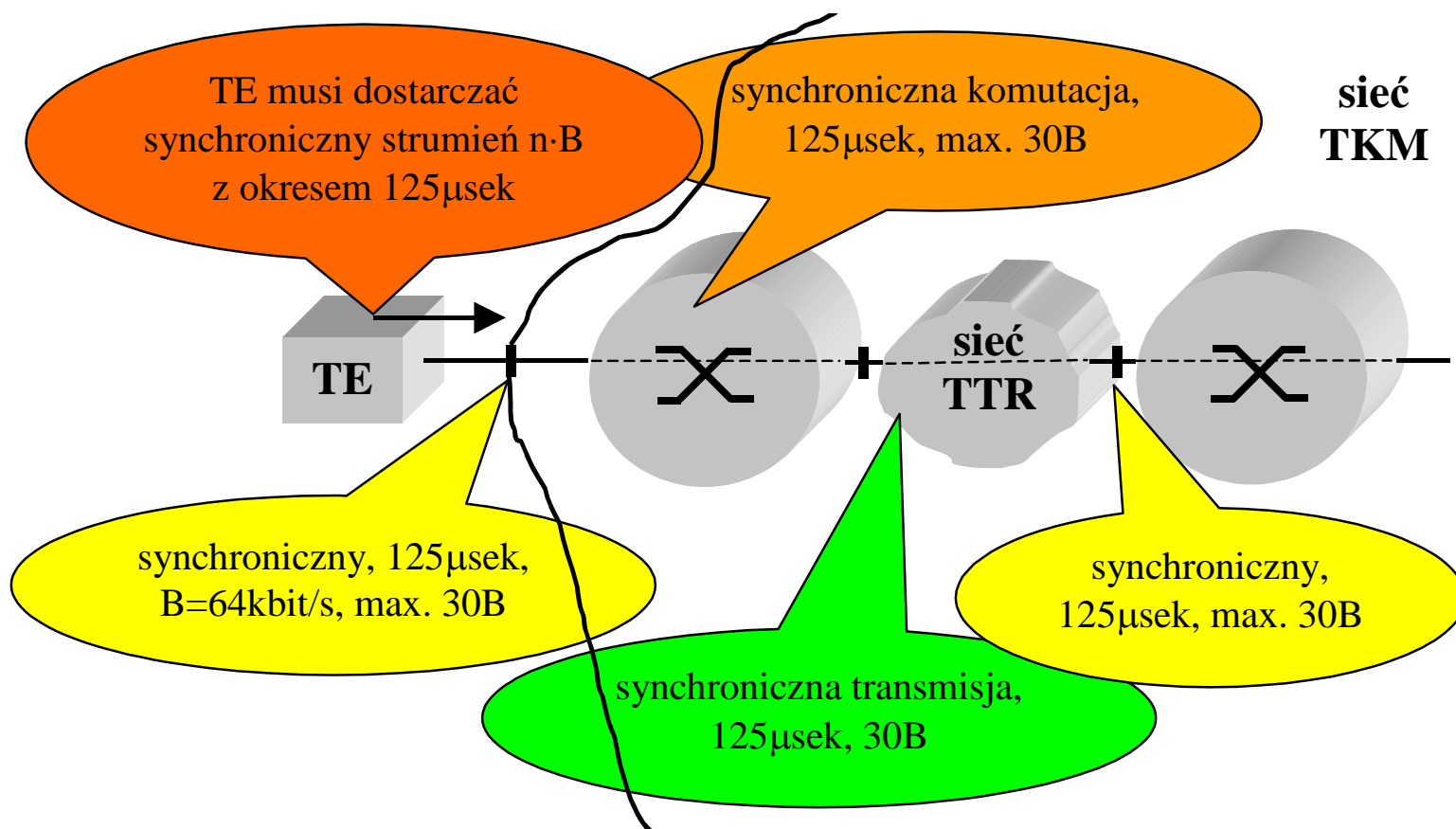


Technika (technologia) STM i ATM

- Dotychczas omawiana sieć telekomunikacyjna realizowana jest na bazie techniki PCM i ma tą cechę, że zasoby sieci są wykorzystywane w sposób synchroniczny dla realizacji połączenia. Synchronizm ten został wymuszony przez zasadę tworzenia strumienia PCM dla telefonii.
- W związku z tym okres udostępniania zasobów dla połączenia wynosi 125 mikrosekund. W tej sieci TKM podstawowym zasobem jest szczelina czasowa na której realizowany jest kanał B o przepływności 64kbit/s.
- Zestawienie połączenia związane jest z jednoznacznym przydzieleniem szczelin czasowych w łańcuchu połączeniowym od abonenta do abonenta. Przydzielone szczeliny czasowe są dostępne tylko i wyłącznie dla tego połączenia.
- Wykorzystanie przydzielonych zasobów na przesyłanie informacji użytkowej w zależności od rodzaju usługi może być stosunkowo małe, a więc koszt usługi jest znaczny, gdy w sieci tych zasobów brak.

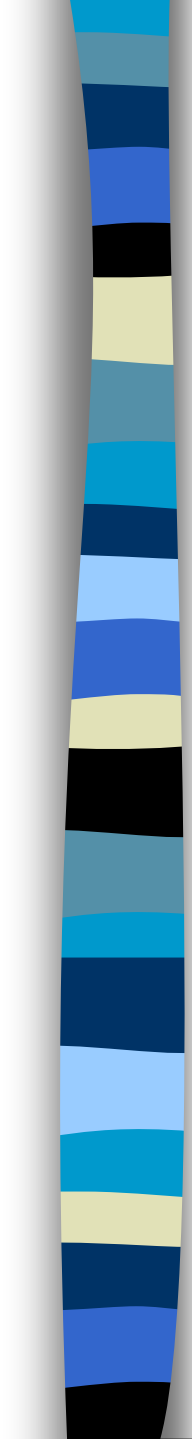
- 
- **Synchroniczne pojawianie się szczelin czasowych dla danego połączenia wymusza na źródle informacji dostarczania tej informacji także w sposób synchroniczny.**
 - **Przyjęta zasada jest wygodna w przypadku, gdy mamy źródła typu mowa i stosujemy technikę PCM.**
 - **Niestety w miarę rozwoju sieci i usług ten wymóg staje się ograniczeniem dla rozwoju sieci telekomunikacyjnej w sensie otwartości na potrzeby zgłaszane przez abonentów oraz możliwości jakie oferują nowe technologie.**
 - **Szczególnie widoczne to jest w dotychczasowym ograniczeniu maksymalnej przepływności jaka może być przydzielona dla danego połączenia. Ponieważ podstawowy styk węzła komutacyjnego wynika także z rozwiązania PCM to przepływność ta nie może być większa niż 30B.**
 - **To niestety jest zbyt mała przepływność dla usług szerokopasmowych, które wymagają przepływności powyżej 30B.**

Symbolicznie pokazano te ograniczenia na rysunku, zarówno dla strony abonenta jak i międzywęzłowej.



Dwie drogi rozwiązania problemu!

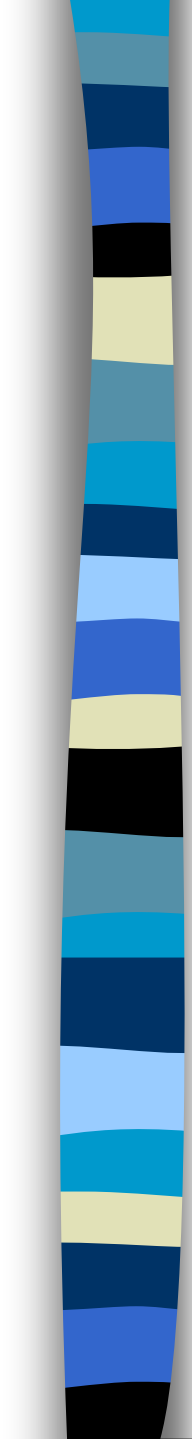
- Początkowo zajęto się rozwiązaniami, które umożliwiłyby usunąć przyczynę ograniczającą możliwość rozwoju usług, tzn. przepływność kanału, gdyż taka była potrzeba.
- Mianowicie w ramach tej samej technologii, tzn. technologii zakładającej synchroniczność dostarczania i transportu informacji, zwiększono przepływności dopasowując się do przepływności stosowanych w systemach transmisyjnych PDH.
- Wprowadzono zatem styk U_B abonenta B-ISDN o przepływności do 600Mbit/s. Jednocześnie opracowano węzły komutacyjne, które umożliwiały komutowanie strumieni o tak dużych przepływnościach.
- Takie rozwiązania miały swoje instalacje próbne, np. projekt BERKOM zrealizowany w Berlinie Zachodnim w latach osiemdziesiątych.
- Niestety technologia w której zastosuje się podejście synchroniczne jest mało elastyczna na zmiany związane z zmieniającym się zapotrzebowaniem na przepływność.
- Są dwie przyczyny tych zmian: rozwój usług oraz postęp w technikach przetwarzania i kodowania informacji.

- 
- **Różnorodność usług generuje różne przepływności strumieni informacji dla których ta zmienność może być wręcz ciągła.**
 - **Z kolei rozwój technik przetwarzania i kodowania informacji zmierza do ciągłego zmniejszania przepływności strumienia przy zachowaniu jakości usług.**
 - **Takie postępowanie jest uzasadnione minimalizacją kosztów przez zmniejszanie zasobów niezbędnych dla realizacji kanału.**
 - **To powoduje, że wczorajsza usługa wymaga dzisiaj mniejszej przepływności.**
 - **Sieć telekomunikacyjna powinna być do tego dostosowana.**
 - **Niestety rozważane sieci nie potrafią się do tego dostosować, gdyż żądają dostarczania informacji w sposób synchroniczny i to o określonej przepływności.**
 - **Wynika to z rozwiązań zastosowanych w tej technologii, która to technologia otrzymała nazwę STM (Synchronous Transfer Mode).**



Alternatywnym rozwiązaniem było wprowadzenie nowej technologii!

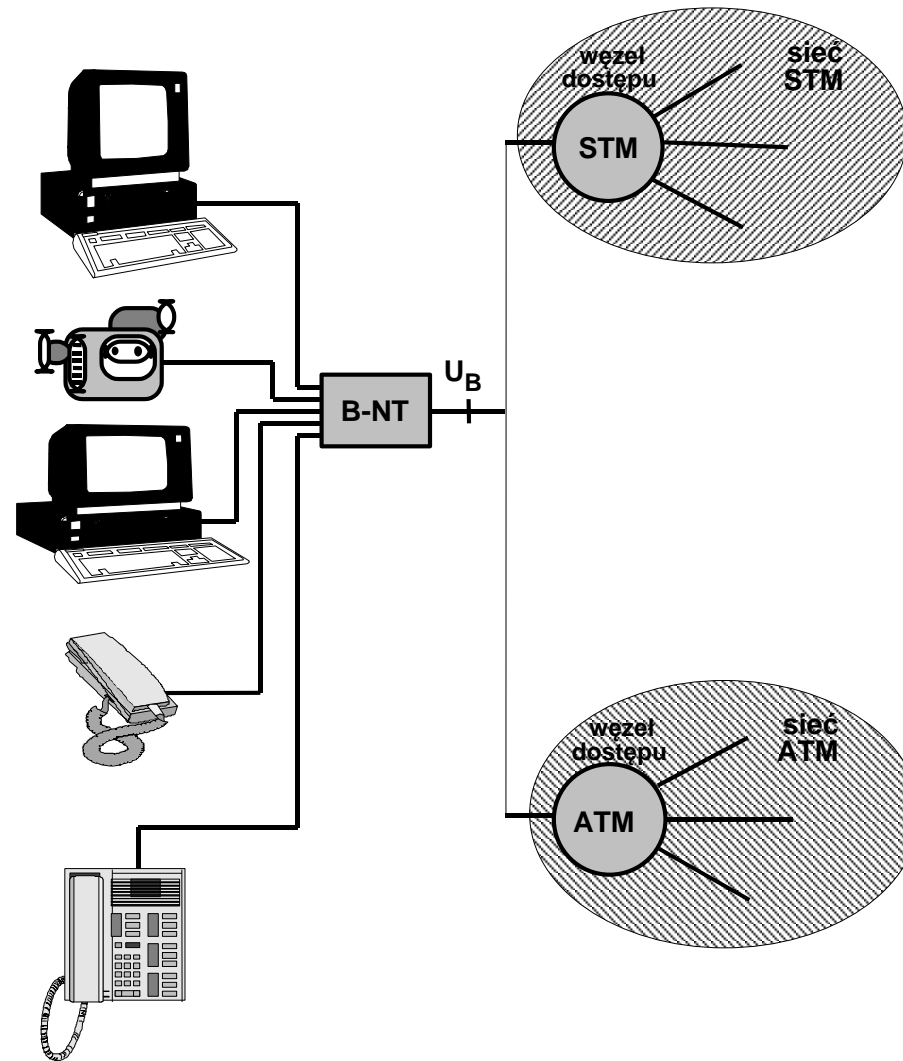
- Aby przezwyciężyć tę trudność należało zaproponować rozwiązanie nie narzucające konieczności dostarczania przez źródło strumienia informacji w sposób synchroniczny.
- Ponieważ rozwój usług i technologii spowodował, że strumień generowany przez źródło jest w ogólności asynchroniczny to oczywistym stało się założenie, że sieć telekomunikacyjna powinna także pracować asynchronicznie.
- Tą technikę (technologię) działania sieci nazwano w odróżnieniu od poprzedniej techniką ATM (Asynchronous Transfer Mode).
- Rozwój i wprowadzenie technologii ATM był możliwy ze względu na znaczne zwiększenie szybkości pracy układów cyfrowych oraz znaczne zwiększenie przepływności systemów transmisyjnych.
- Pierwszy z czynników umożliwił zrealizowanie węzłów komutacyjnych o dużych możliwościach przełączania, drugi z kolei został osiągnięty przez wprowadzenie w sieci teletransmisyjnej optycznych systemów SDH.
- Zatem można było zaproponować nową technologię realizacji sieci telekomunikacyjnej otwartej na dowolne usługi telekomunikacyjne.

- 
- **W związku z powyższymi faktami nastąpiło zaniechanie prac i rozwijania sieci B-ISDN opartej na technologii STM.**
 - **W połowie lat osiemdziesiątych rozpoczęto intensywne prace nad realizacją sieci B-ISDN opartej na technologii ATM. Często używa się skrótu sieć B-ISDN ATM.**
 - **Wdrażanie tej sieci rozpoczęto w połowie lat dziewięćdziesiątych.**

☞ **Proszę zwrócić uwagę na fakt, że:**

- **technologia ATM z punktu widzenia realizacji połączeń i właściwości kanałów jest asynchroniczna**
- **ale składnikiem sieci telekomunikacyjnej z tą technologią jest sieć teletransmisyjna SDH zrealizowana w technologii STM.**

Możliwe technologie realizacji sieci B-ISDN



Na podstawie przeprowadzonych rozważań można wymienić charakterystyczne cechy dla każdej z technologii realizacji sieci B-ISDN



STM

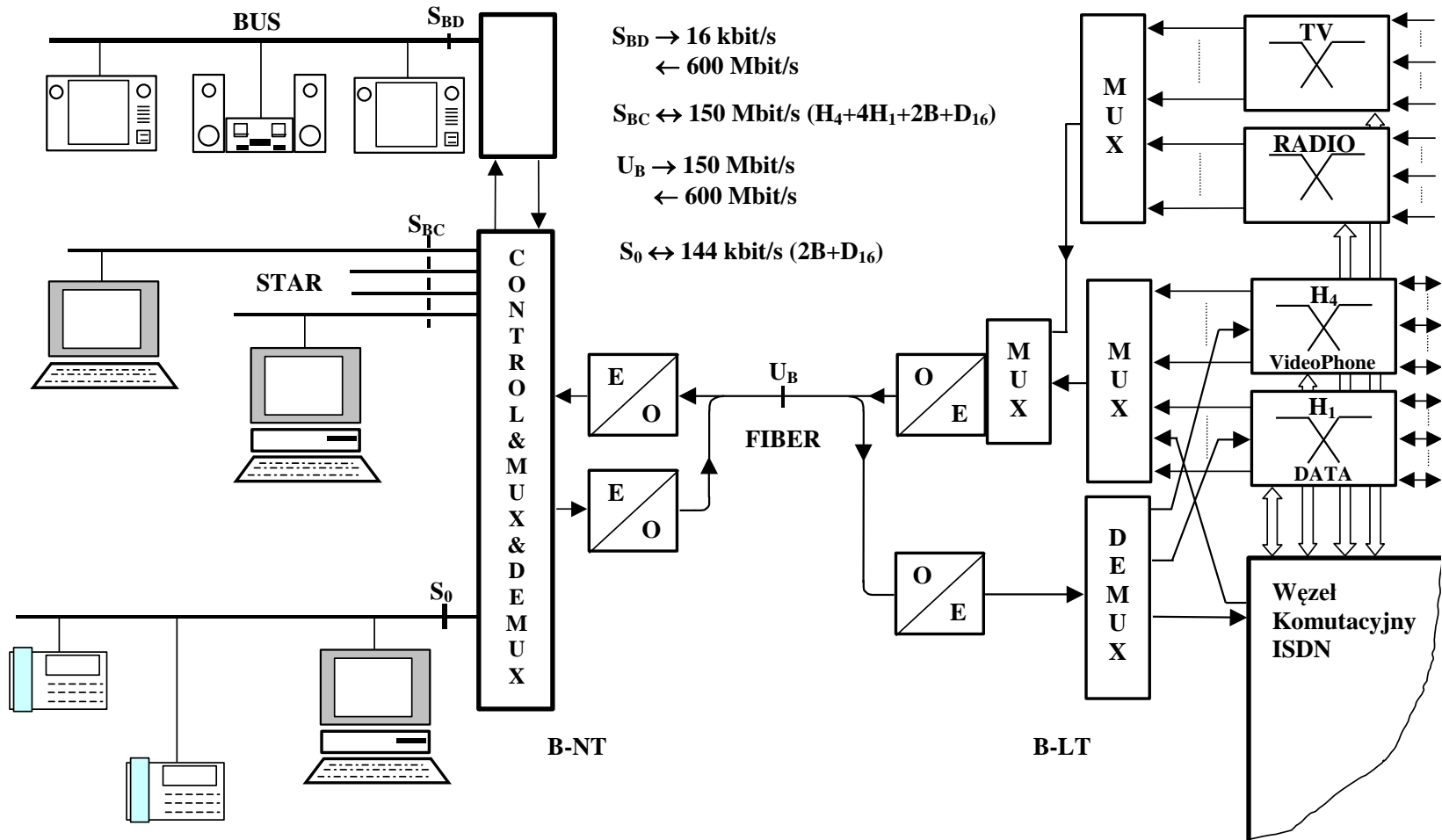
- **wymóg synchronicznego dostarczania informacji przez źródło do sieci**
- **synchroniczny transport informacji w sieci telekomunikacyjnej**
- **sieć zorientowana połączeniowo**
- **przydział zasobów sieci telekomunikacyjnej na czas trwania połączenia tylko dla tego połączenia**
- **“dyskretny” przydział pasma ($n \times 64 \text{ kbit/sek}$)**
- **prostszy algorytm sterowania połączeniem i zarządzania zasobami sieci**
- **mała elastyczność w dostosowaniu się do potrzeb abonenta (potrzeb źródła ruchu)**
- **brak możliwości gradacji jakości usług - sieć jest projektowana na jakość usług wymaganą dla usługi o najwyższej jakości**



ATM

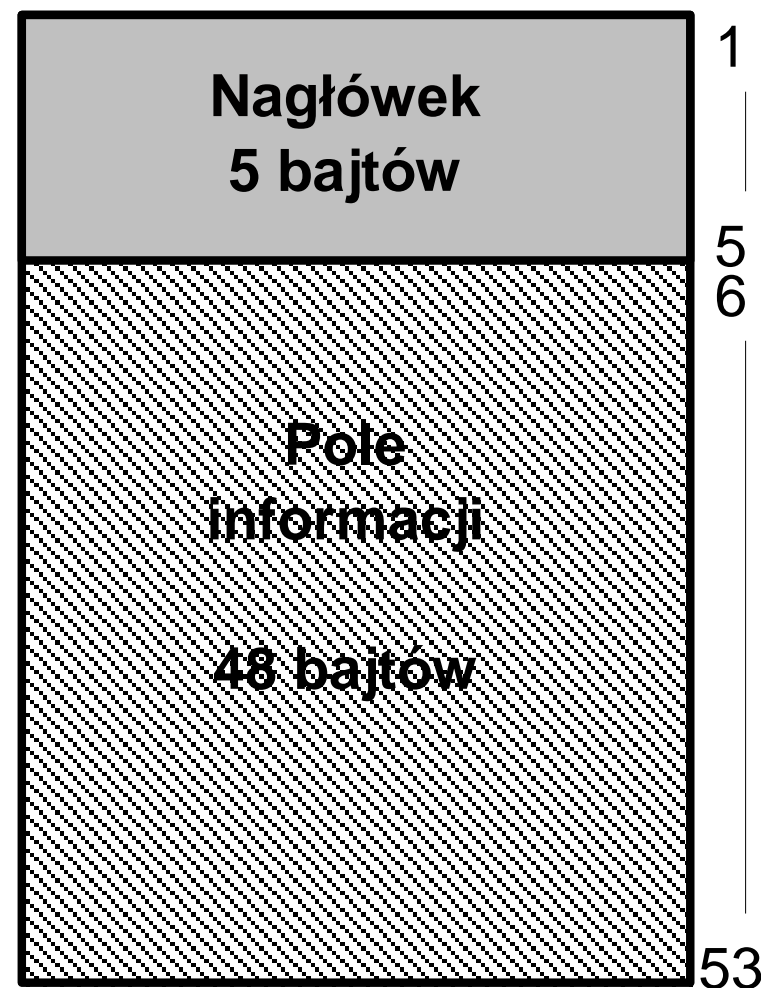
- **obsługa asynchroniczności dostarczania informacji przez źródło do sieci**
- **zapewnienie dowolnego rodzaju transportu informacji w sieci telekomunikacyjnej (synchroniczny, asynchroniczny)**
- **sieć zorientowana połączeniowo**
- **przydział fizycznych zasobów tylko w chwili przesyłania informacji - czyli ma miejsce współdzielenie zasobów przez większą liczbę połączeń**
- **“ciągły” przydział pasma**
- **złożony algorytm sterowania połączeniem i zarządzania zasobami sieci**
- **pełna elastyczność w dostosowaniu się do potrzeb ruchowych abonenta (potrzeb źródła ruchu)**
- **możliwość gradacji jakości usług od usługi do usługi oraz od połączenia do połączenia**

Przykład rozwiązania w zarzuconej technologii dołączenia abonenta do sieci B-ISDN STM i realizacja węzła komutacyjnego



Podstawy techniki ATM

- W technice ATM podstawowym i niepodzielnym elementem przenoszącym informację (komutowanym i transmitowanym) jest komórka (*cell*) o długości 53 bajtów.
- Długość komórki została wybrana na zasadzie kompromisu.
- Komórka składa się z dwóch podstawowych pól:
 - nagłówka (header) - 5 bajtów
 - pola informacji (information field) - 48 bajtów



- Nagłówek przeznaczony jest do realizacji funkcji sterowania,
- pole informacji do przenoszenia informacji.
- Wyróżniono dwie podstawowe struktury komórek:
 - na styku abonent - sieć (UNI – User Node Interface),
 - na styku węzeł - węzeł (NNI – Network Node Interface).
- Komórki te różnią się strukturą pierwszego bajtu w nagłówku:
 - GFC - Generic Flow Control (sterowanie strumieniem do sieci),
 - VPI - Virtual Path Identifier (identyfikator wirtualnej ścieżki).

1. bajt



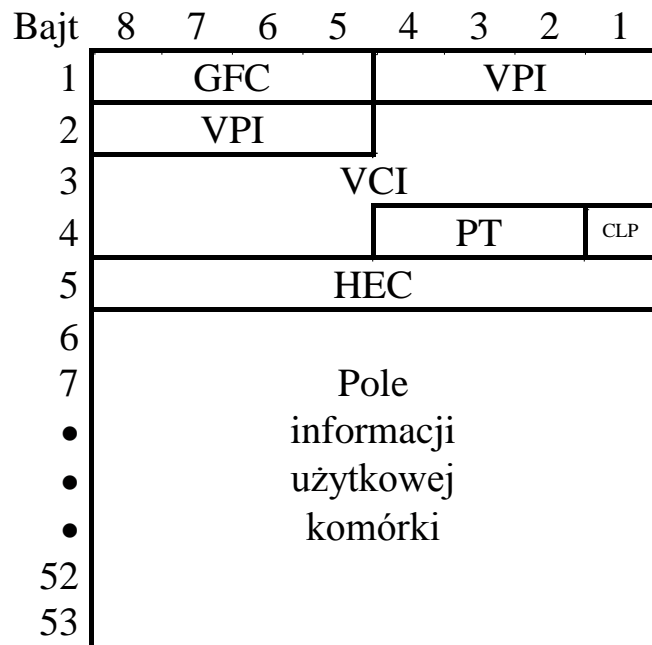
dla UNI

1. bajt

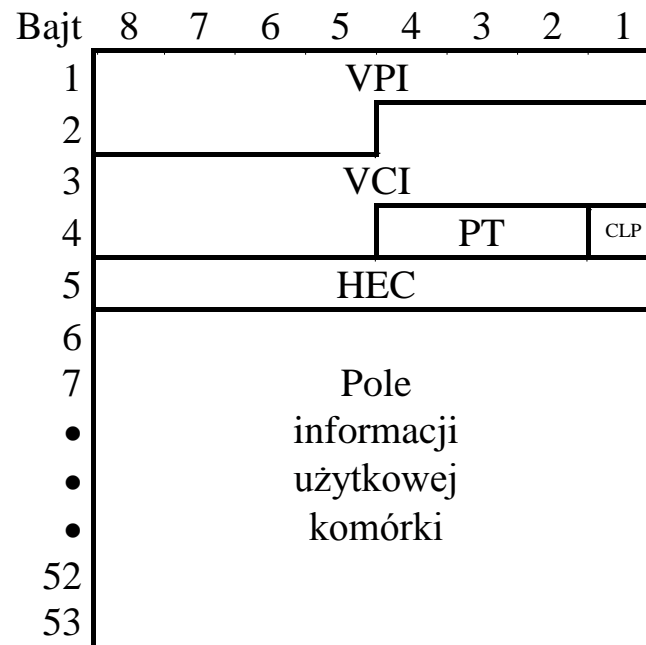


dla NNI

Struktura nagłówka komórki



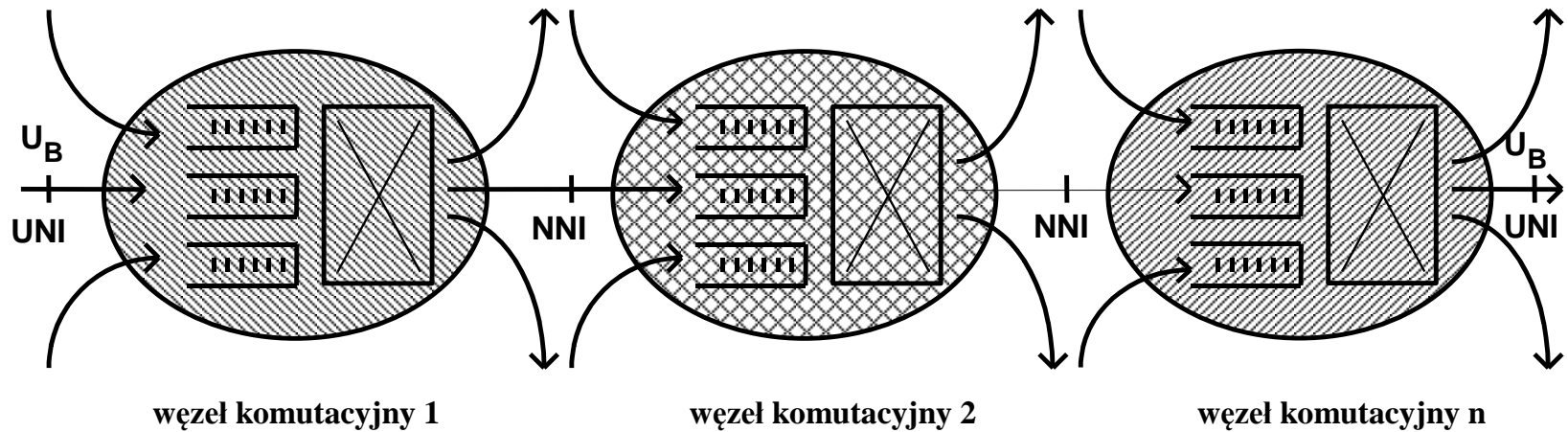
komórka na styku abonent-sieć (UNI)



komórka na styku węzeł-węzeł (NNI)

GFC - pole sterowania przepływem komórek na styku abonent-węzeł, VPI - identyfikator ścieżki wirtualnej, VCI - identyfikator kanału wirtualnego, PT - typ zawartości pola informacji użytkowej komórki, CLP - priorytet utraty (straty) komórki, HEC - pole kontrolne do wykrywania błędów nagłówka komórki

Ogólna koncepcja sieci B-ISDN ATM



👉 sieć B-ISDN ATM jest:

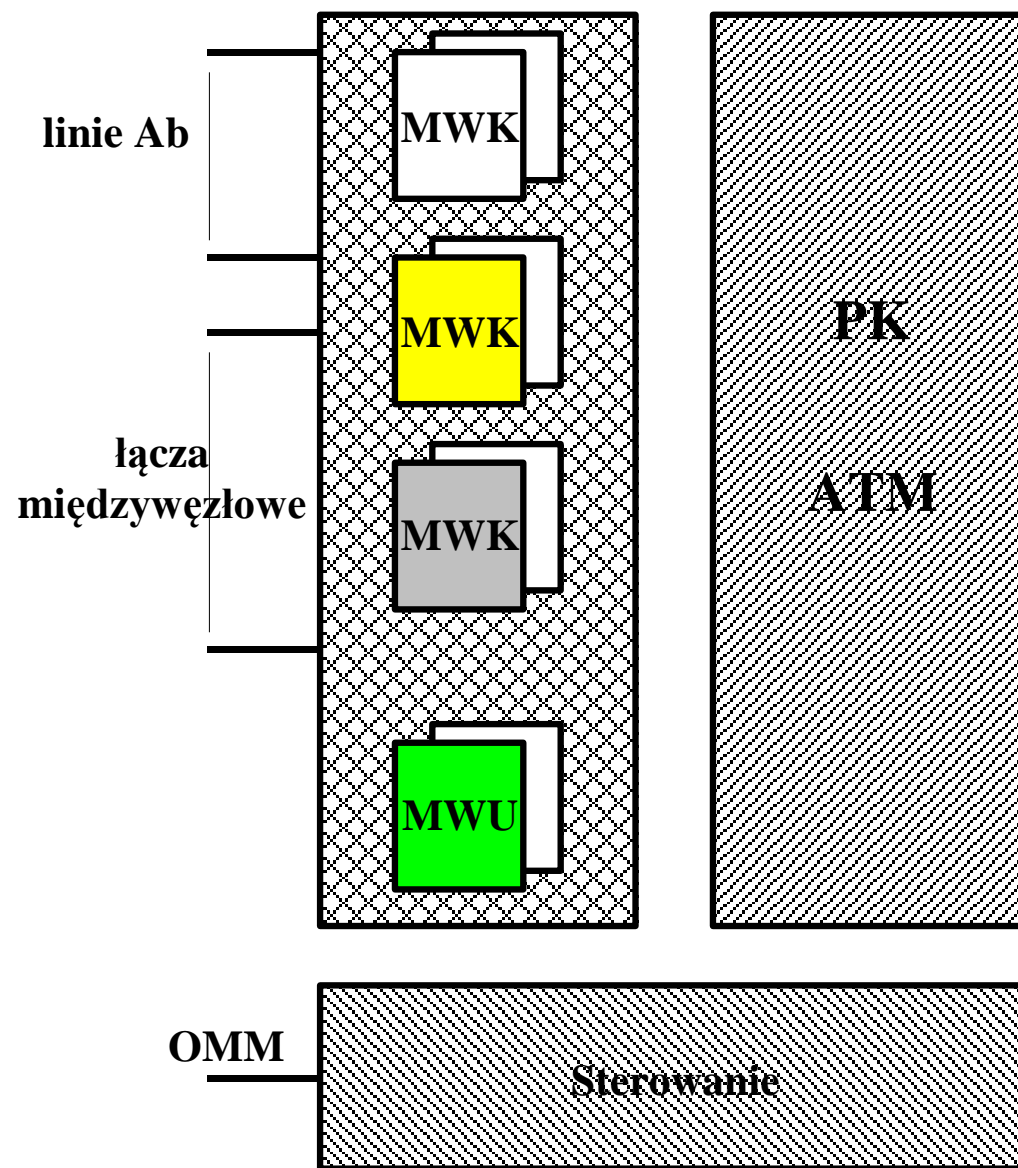
- siecią czasu rzeczywistego,
- siecią otwartą na obsługę różnego rodzaju źródeł ruchu,
- siecią otwartą na usługi,
- siecią w której elementem przenoszącym informację jest komórka (nazywana też ramką ATM),
- siecią ze stratami zarówno na poziomie zgłoszeń jak i poziomie komórek,
- siecią w której opóźnienie transportu komórki jest zmienne.



Węzeł komutacyjny B-ISDN ATM

- Podobnie jak węzeł komutacyjny (B-)ISDN STM węzeł komutacyjny B-ISDN ATM musi realizować funkcje:
 - komutacji (łączenia),
 - utrzymania,
 - użytkowania,
 - zarządzania.

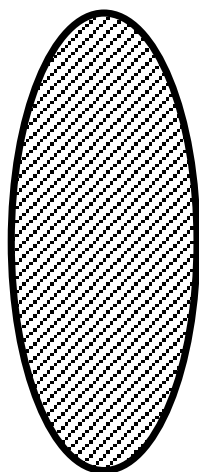
- Struktura ogólna węzła komutacyjnego B-ISDN ATM jest podobna (identyczna) z strukturą węzła komutacyjnego ISDN STM. Inna jest technika i technologia realizacji wyżej wymienionych funkcji.



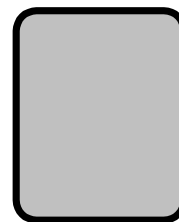
Ogólna charakterystyka źródeł ruchu

- ☞ Z uwagi na odmienne podejście do obsługi generowanych strumieni informacji (bitów) przedstawimy ogólny opis źródeł ruchu wskazując na istotne wielkości charakteryzujące te źródła ruchu. Wielkości te mają istotny wpływ na organizację i projektowanie sieci ATM.

Źródło ruchu



generuje
strumień bitów

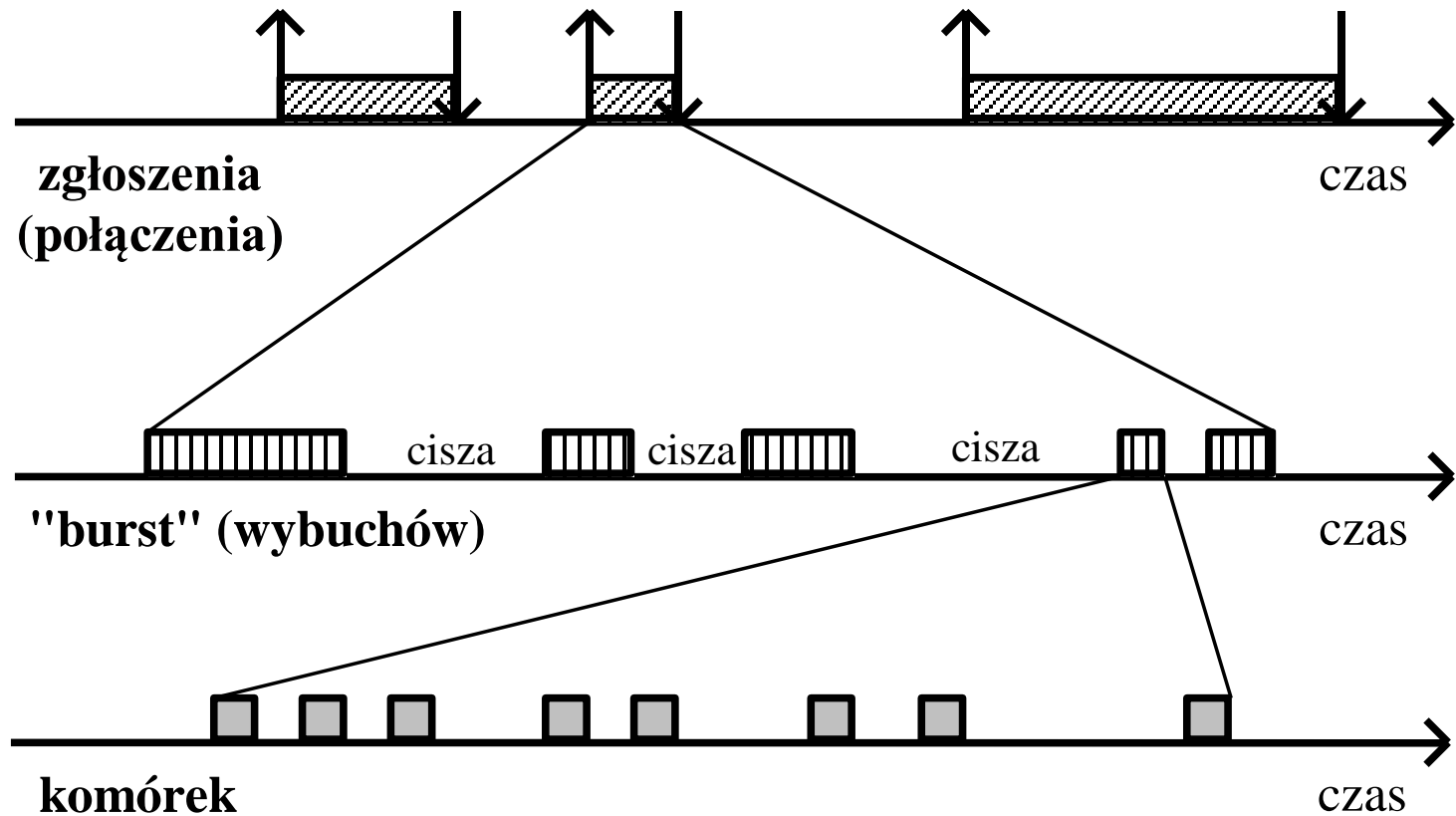


strumień
komórek

**sieć
ATM**

Poziomy opisu strumieni

- 👉 Mamy trzy poziomy opisu strumieni:
1. zgłoszeń (połączeń),
 2. Wybuchów,
 3. komórek.



Klasyfikacja źródeł ruchu

- Z punktu widzenia poziomu “burst” lub poziomu komórek wyróżniamy źródła typu:
 - CBR - Constant Bit Rate (stały strumień bitów),
 - VBR - Variable Bit Rate (zmienny strumień bitów).
- Wprowadzono także określenia strumieni:
 - ABR - Available Bit Rate (dostępny strumień bitów),
 - UBR - Unspecified Bite Rate (niewyspecyfikowany strumień bitów),
 - GFR - Guaranteed Frame Rate (gwarantowana przepływność ramek).
- Ostatnie trzy określenia dotyczą raczej kategorii usług realizowanych przez sieć niż klasy źródła ruchu i nie są to jedyne klasy.
- Ponieważ były dwa ciała standaryzacyjne (ATM Forum i ITU-T) to w miarę rozwoju tej techniki uzyskano różny podział na klasy.
- W ramach klasy VBR wyróżniono VBR-rt i VBR-nrt (rt - real time, nrt - non real time).



Czy istnieje konieczność ewolucji sieci IP do sieci IP QoS?

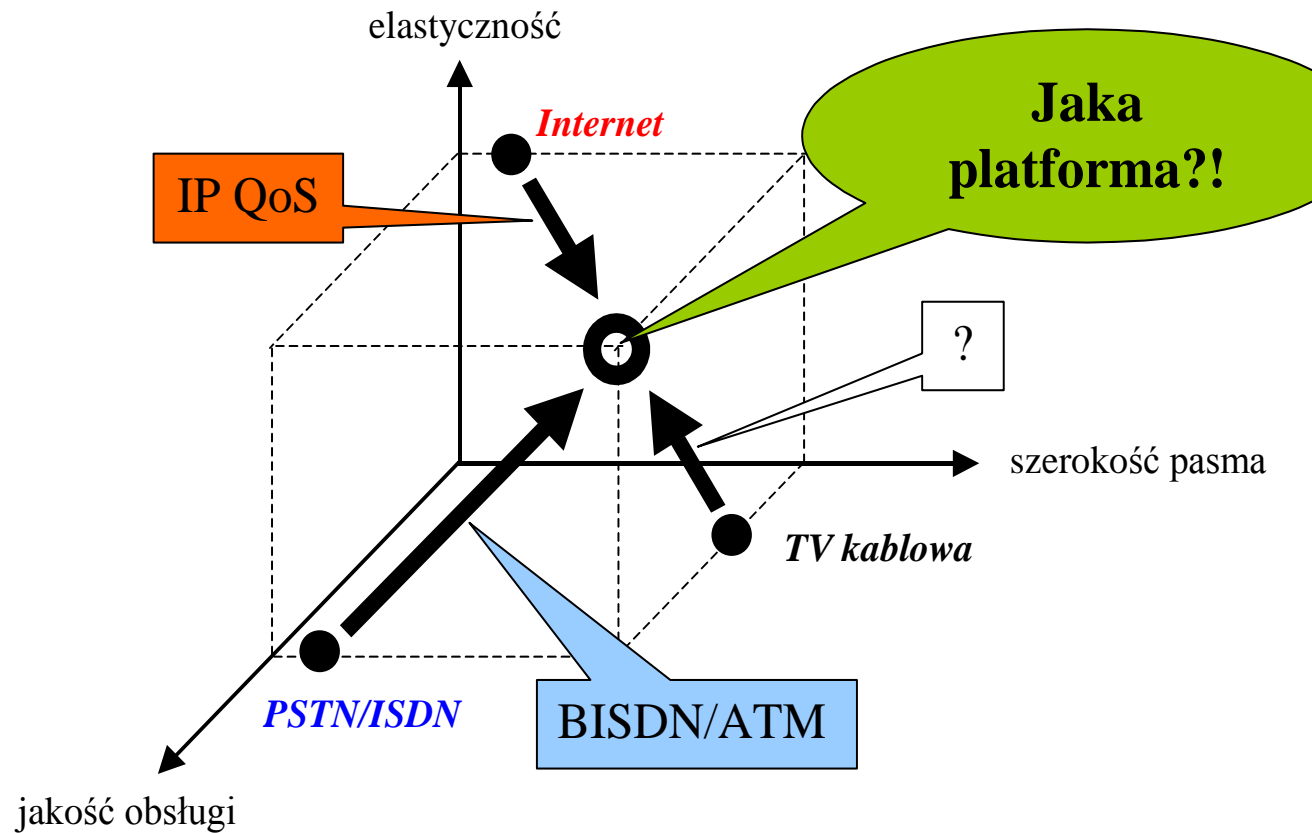
- **Jeżeli założymy, że IP ma być w przyszłości platformą dla wszystkich usług to odpowiedź jest trywialna, tzn. brzmi TAK.**
- **Dlaczego zatem IP chce i może pretendować do tej roli?**
- **Aby dać na to odpowiedź rozważmy główne grupy działające na rzecz realizacji usług komunikacji i informacji.**
- **Są to:**
 - **telekomunikacja,**
 - **techniki komputerowe (Internet z przyległościami),**
 - **media (dostawcy zawartości, głównie programy TV i TV kablowa).**



Spróbujmy podać cechy, które są wspólne dla każdej z nich i możliwie dobrze je charakteryzują.

- **Są to:**
 - jakość usług,
 - szerokość pasma udostępniana usłudze,
 - elastyczność do zmian.
- **Telekomunikacja**: wysoka jakość, małe pasmo, mała elastyczność.
- **Techniki komputerowe**: żadna jakość, jako takie pasmo, wysoka elastyczność.
- **Media**: dość duża jakość, szerokie pasmo, żadna elastyczność.

Jeżeli chcemy aby te trzy grupy zainteresowań mogły działać na wspólnej platformie technologicznej to wymienione cechy muszą gdzieś się spotkać.





**Jeżeli już istnieje konieczności przekształcenia sieci IP w sieć IP QoS
to co ma wpływ na sposób podejścia do jej realizacji?**

- **Są to przede wszystkim:**
 - **charakter ruchu w sieci IP,**
 - **zmiany ruchu w sieci IP.**

- **Jednocześnie chce się zachować większość dotychczasowych cech sieci IP, które określają jej atrakcyjność. Są to:**
 - **prostota realizacji sieci,**
 - **możliwość dynamicznej zmiany struktury sieci,**
 - **możliwość maksymalnego wykorzystania zasobów sieci,**
 - **różnorodność sprzętowa,**
 - **niskie koszty eksploatacji,**
 - **niskie koszty usług komunikacji.**



Charakter i zmiany ruchu w PSTN/ISDN

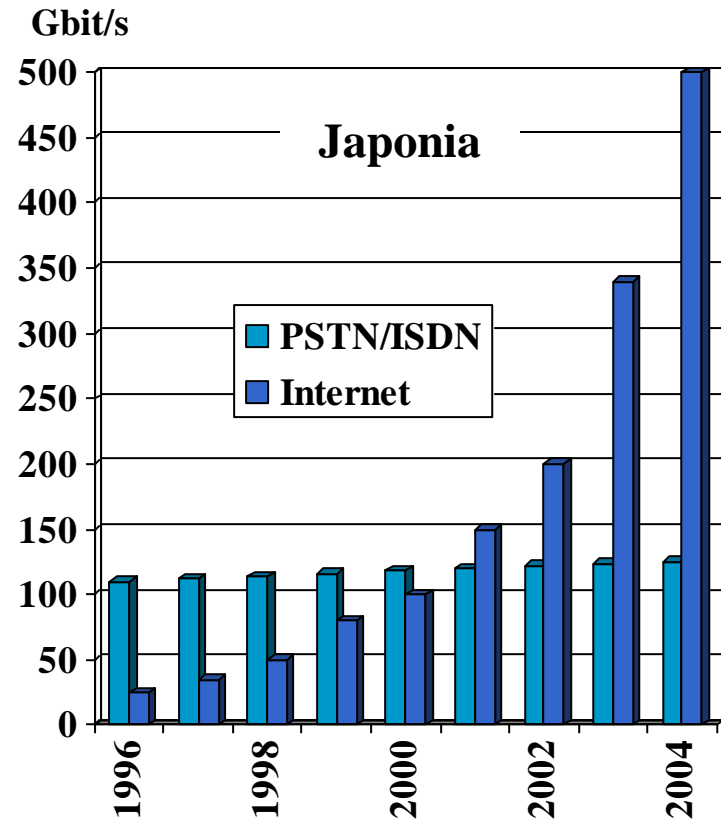
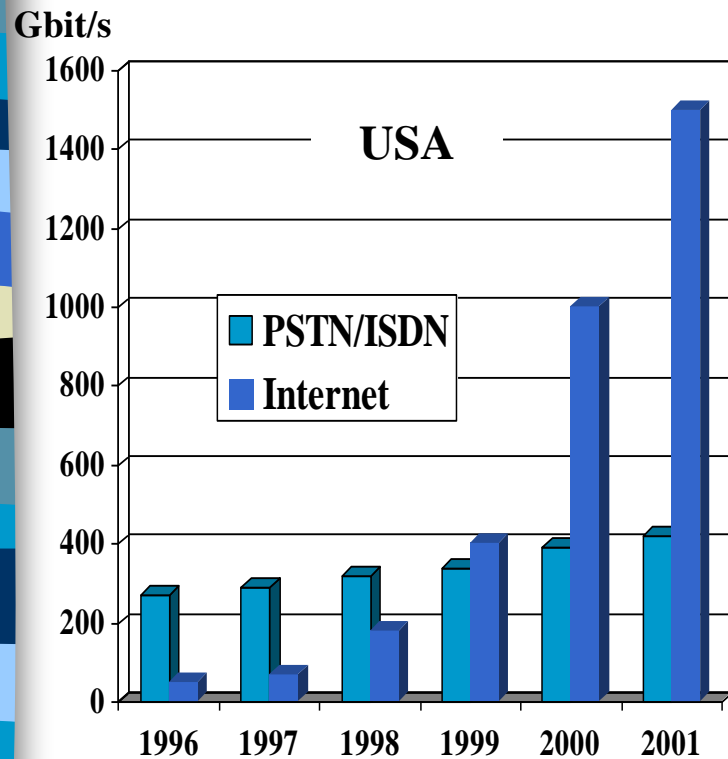
- **obsługuje ruch, który jest przede wszystkim ruchem wynikającym z obsługi „mowy”,**
- **jeżeli nawet weźmiemy pod uwagę usługi wynikające z:**
 - **sieci ISDN,**
 - **istnienia FAX’ów,**
 - **istnienia MODEM’ów****to i tak udział „mowy” znacznie przewyższa udział „danych”,**
- **przyrost ruchu jest nieduży, zatem**
- **przyrost dochodu także nie będzie duży (nie mylić z wielkością dochodu!),**
- **modele ruchu są w miarę proste i sprawdziły się w praktyce inżynierskiej, tzn. zdały egzamin w projektowania sieci telekomunikacyjnej.**



Charakter i zmiany ruchu w Internecie

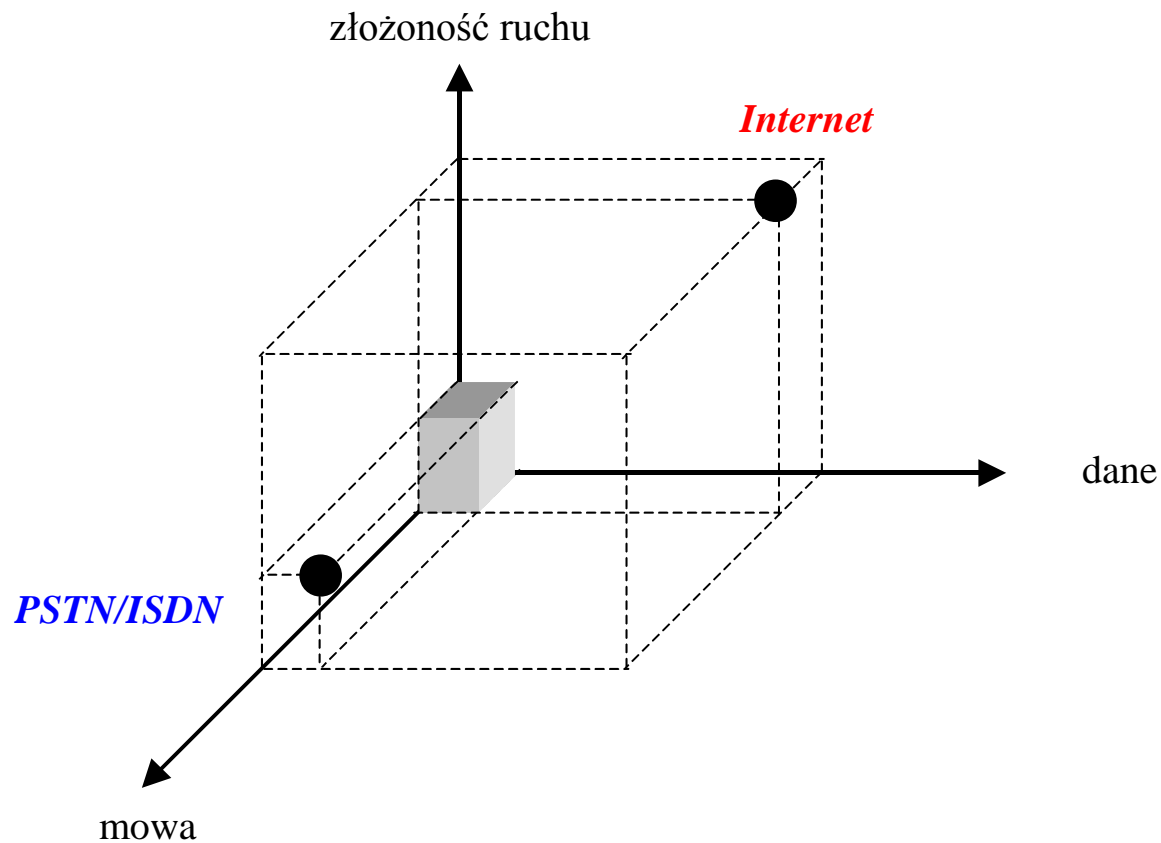
- **obsługuje ruch, który jest przede wszystkim ruchem wynikającym z obsługi „danych”,**
- **ruch ma charakter fraktalny (samopodobny),**
- **mamy asymetrię ruchu,**
- **częste stany natłoku z uwagi na „www”,**
- **następuje gwałtowny przyrost ruchu, który wynika z rozwoju aplikacji i to dla różnych dziedzin działalności,**
- **daje to nadzieję na duży przyrost dochodów (choć aktualnie z samej sieci jest nieduży!),**
- **brak modeli ruchu przydatnych w praktyce inżynierskiej, zatem otwarty jest problem projektowania sieci czyli wymiarowania jej zasobów!**

Zmiany ruchu PSTN/ISDN i internetowego



źródło: IGI Consultation, NTT

Weźmiemy zatem pod uwagę: *złożoność ruchu*, składnik ruchu „mowa”,
składnik ruchu „dane”





Próba porównania PSTN/ISDN z Internetem

- **świat telekomunikacji i świat internetu to dwa różne światy,**
- **startowały z różnych technologii i potrzeb usługowych,**
- **świat telekomunikacji metodycznie zauważył potrzebę zmian**
 - **i zaproponował, opracował i zrealizował sieci BISDN w technologii ATM,**
 - **technologia ta była pomyślana jako jednolita wspólna platforma dla wcześniej wymienionych trzech podmiotów,**
 - **początkowo świat internetu zaakceptował technologię ATM,**
- **jednakże z upływem czasu świat internetu odrzucił technologię ATM uważając, że jest ona obciążona cechami telekomunikacji z rodowodem „mowy”,**
- **uważa się, że docelowa sieć Internetu nie będzie miała tej cechy,**
- **zatem musi ona być przede wszystkim dostosowana do swoich potrzeb**
- **i w jej ramach także obsłużyć „mowę”, a nie odwrotnie.**



Wniosek świata Internetu

- **będziemy budować platformę opartą na IP starając się zachować jej dotychczasowe cechy**
- **dodamy jakość usług**
- **i obsłużymy także mowę**



Architektury sieci IP QoS

- **Dotychczasowa sieć IP stosuje podejście „best effort” czyli „przekażę najlepiej jak potrafię”**
- **inaczej mówiąc:**
 - **rutery IP przesyłają pakiety według zasady FIFO,**
 - **w przypadku przepelnienia bufora odrzucają nadmiarowe pakiety,**
 - **najlepiej jak potrafię to nie oznacza optymalizację wykorzystania zasobów,**
 - **a na ogół oznacza to że można by lepiej,**
- **czyli sieć ta nie rozróżnia klasy pakietów a tym samym nie może zróżnicować ich obsługi!**
- **W związku z tym jeżeli chcemy mieć sieć IP QoS to mamy dwa rozwiązania:**
 - **pozostawiamy brak rozróżnienia klas ale to wymaga aby sieć była dostosowana do klasy o najwyższej wymaganej jakości usługi,**
 - **różnicujemy pakiety w zależności od wymagań na jakość obsługi i obsługujemy pakiety w zależności od żądanej jakości obsługi.**



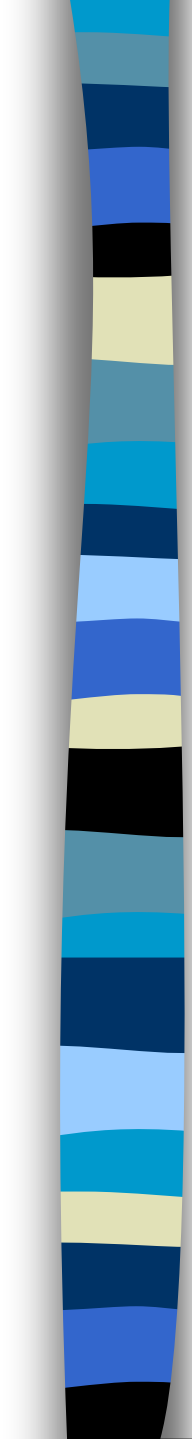
Zauważmy, że nic nowego nie wymyślono!

- **Tą drogę przeszła telekomunikacja:**
 - pierwsze podejście zastosowano w sieci PSTN/ISDN,
 - drugie w sieci BISDN/ATM.
- **Z tych doświadczeń korzystają propagatorzy IP QoS.**
- **Zauważmy, że fakt wprowadzenia zróżnicowania pakietów generuje konieczność dwóch poziomów obsługi:**
 - poziomu żądań usługi (zgłoszeń) - muszę stwierdzić czy mam wystarczające zasoby aby spełnić wymagania użytkownika lub co mu mogę zapewnić,
 - poziomu przekazu pakietów - obsługuję w sieci w zależności od jakości (klasy).
- **Muszą więc być zastosowane odpowiednie mechanizmy dla każdego z poziomów obsługi.**



Mechanizmy te można scharakteryzować następująco:

- dla poziomu żądań usługi wprowadzono funkcję **Admission Control** (AC), która w oparciu o kontrakt i stan zasobów określa możliwość realizacji tego kontraktu lub określa co można zapewnić użytkownikowi,
- dla poziomu przekazu pakietu muszą być przede wszystkim :
 - zdefiniowane klasy usług sieciowych,
 - zdefiniowane parametry QoS dla każdej klasy (jeżeli są),
 - zasady przydzielania zasobów dla danej klasy,
 - mechanizmy rozróżniające w ruterach IP QoS klasy pakietów,
 - ustalone zasady obsługi klas pakietów w ruterach IP QoS,
- a ponieważ istnieje związek między obu poziomami i QoS to muszą być realizowane funkcje:
 - AC,
 - sprawdzania parametrów uzgodnionych dla usługi,
 - niedopuszczenie do sieci ruchu niezgodnego z ustalonymi parametrami.



Jak widać jest to identyczne podejście, przynajmniej gdy chodzi o ogólne zasady, z wypracowanym i stosowanym w sieci BISDN/ATM.

- **Zatem czy jest różnica i gdzie, która ma wpływ na rozwiązania mechanizmów QoS i ich skuteczność?**
 - **Otóż są dwie istotne różnice:**
 - **brak wirtualnych połączeń w sieci (także wirtualnych ścieżek),**
 - **długość przesyłanych pakietów jest zmienna.**
- ✉ **Tak więc należy się spodziewać, że sterowanie jakością w sieci IP QoS będzie mniej efektywne niż w sieci ATM.**

Zaproponowano dwa modele, dwie architektury sieci IP QoS

- architektura Integrated Services (IntServ) - usług zintegrowanych
- architektura Differentiated Services (DiffServ) - usług zróżnicowanych
- rozwiązania te są naturalną konsekwencją założeń i celów jakie chcemy uzyskać w tej sieci oraz wniosków z sieci BISDN/ATM
- *IntServ* - zakłada podobne podejście jak w sieci BISDN/ATM, tzn. każda aplikacja żądająca usługi jest indywidualnie obsługiwana i dla niej realizowana jest rezerwacja zasobów.
- *DiffServ* - jest nowym podejściem w którym sieć nie widzi (nie obsługuje) indywidualnej aplikacji żądającej usługi a widzi i obsługuje strumień ruchu, których klasyfikacja wynika z wprowadzonych usług sieciowych (klas). Zatem obsługa jest zależna od usługi a nie konkretnej aplikacji (żądania).

Sieć IP QoS z IntServ

- Ze względu na dwie cechy:
 - indywidualną obsługę żądania oraz
 - rezerwację zasobów dla tego żądania
- konieczne jest wprowadzenie do sieci IP QoS *sygnalizacji*.
- Na poziomie zgłoszenia dotychczas w sieci telekomunikacyjnej były wyróżniane trzy fazy: zgłoszenia, połączenia i rozłączenia.
- W sieci IP QoS z IntServ przyjęto koncepcję w której *użytkownik* musi co określony czas *odnawiać rezerwację zasobów*. Zatem mamy fazę:
 - zgłoszenia i rezerwacji zasobów,
 - wymiany pakietów,
 - odnawiania rezerwacji zasobów - jeżeli ona nie ma miejsca to nastąpi rozłączenie.



Protokół RSVP

ReSource reserVation Protocol

- **Protokołem przewidzianym dla sieci IP QoS z IntServ jest RSVP mający następujące cechy:**
 - jest protokołem sygnalizacyjnym,
 - żądanie rezerwacji jest generowane przez nadawcę (pakietów),
 - rezerwacja jest realizowana na żądanie odbiorcy (pakietów)!!!,
 - rezerwacja musi być odnawiana okresowo!!!,
 - w ruterach IP QoS musi być przechowywana informacja o pojedynczych strumieniach (dla pojedynczej aplikacji lub dla zagregowanych aplikacji).
- **Dla zrealizowania IntServ oprócz RSVP każdy element sieci musi mieć zaimplementowane następujące mechanizmy (funkcje):**
 - sterowanie przyjęciem zgłoszenia (Admission Control),
 - klasyfikacji pakietów do określonego strumienia (Traffic Classification),
 - sprawdzania zgodności z zawartym kontraktem ruchowym (Traffic Policing),
 - obsługi pakietów każdego strumienia (Scheduling).



Zadania każdego z mechanizmów

■ Funkcja AC

- w oparciu o informacje opisujące usługę oraz stan zasobów podejmuje decyzję o przyjęciu lub odrzuceniu żądania usługi

■ Klasyfikacja pakietów

- w oparciu o pola nagłówka dokonuje określenia przynależności do strumienia i tym samym determinuje jakość obsługi

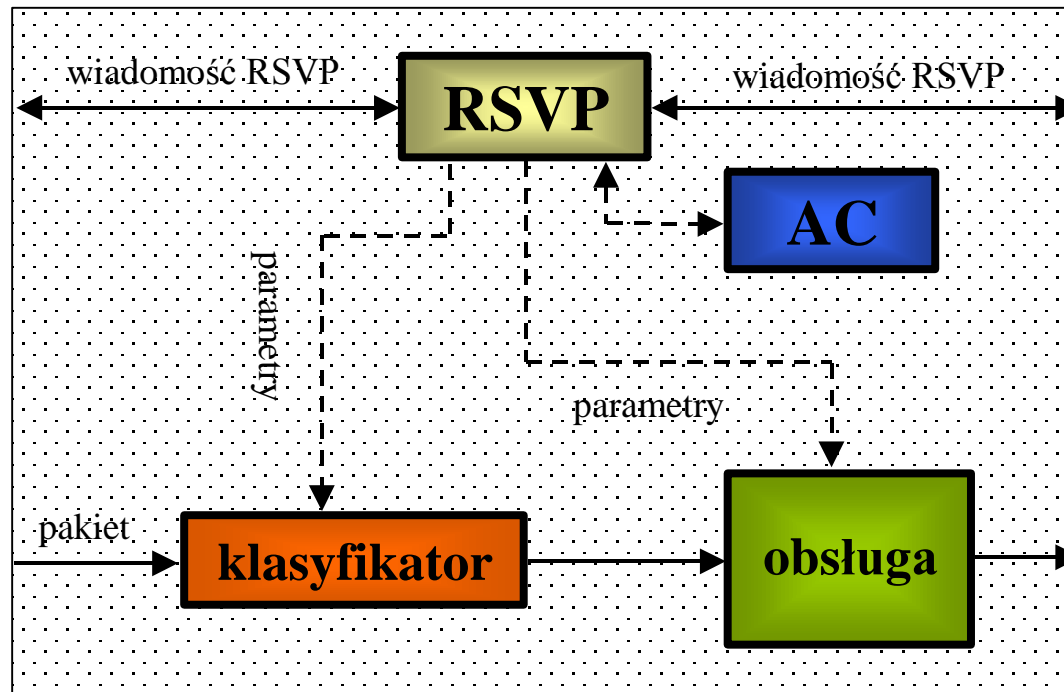
■ Sprawdzania zgodności

- strumień (pakiet) zgodny z kontraktem ruchowym jest obsługiwany według zasad ustalonych dla tego strumienia,
- natomiast niezgodny może być obsługiwany jako *best effort* lub odrzucony

■ Obsługa pakietów

- określa w jaki sposób przebiega obsługa pakietu należącego do danego strumienia
- i ta obsługa ma zagwarantować określone QoS,
- stosuje się kolejki z priorytetami, obsługę RR (Round Robin) lub WFQ (Weighted Fair Queuing)

Ogólny schemat powiązań mechanizmów QoS w elemencie sieci IP QoS z IntServ

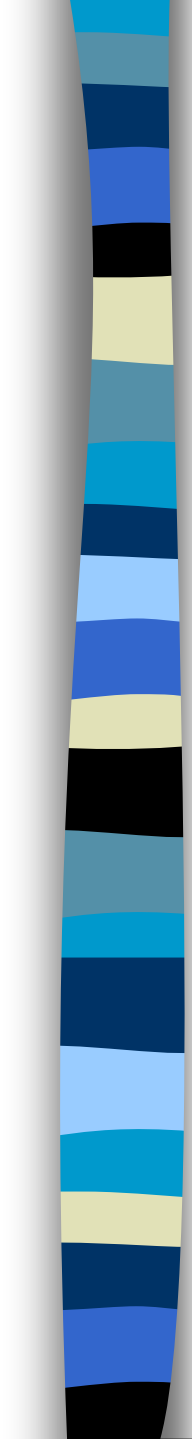


Jeszcze kilka uwag o QoS i zasobach

- z rezerwacją zasobów wiąże się problem określenia związków między wielkościami opisującymi QoS a zasobami sieci
(w ogólności problem jest dużo bardziej złożony niż w technologii ATM)
 - wielkości opisujące QoS to:
 - minimalna i maksymalna przepływność,
 - opóźnienie i jego zmienność.
 - zasoby to:
 - przepływność łączy,
 - wielkość buforów,
 - moc przetwarzania węzłów (ruterów).
- ✉ należy pamiętać, że rezerwacja realizowana jest tylko w jednym kierunku!

Sieć IP QoS z DiffServ

- **Ograniczenia architektury IntServ:**
 - obsługa strumienia dla konkretnej aplikacji,
 - pamiętanie w ruterach informacji o każdym indywidualnym strumieniu,
 - brak skalowalności, tzn. trudności przy realizacji sieci o dużej liczbie strumieni i dużych przepływnościach,
- **skłoniły twórców do zaproponowania nowego podejścia nazwanego architekturą DiffServ, która nie ma tych cech i tym samym wad z punktu widzenia założeń sieci IP QoS.**
- ✉ **Zauważmy, że to co dla twórców sieci BISDN/ATM było podstawowym założeniem jest w sieci IP QoS z IntServ wadą.**

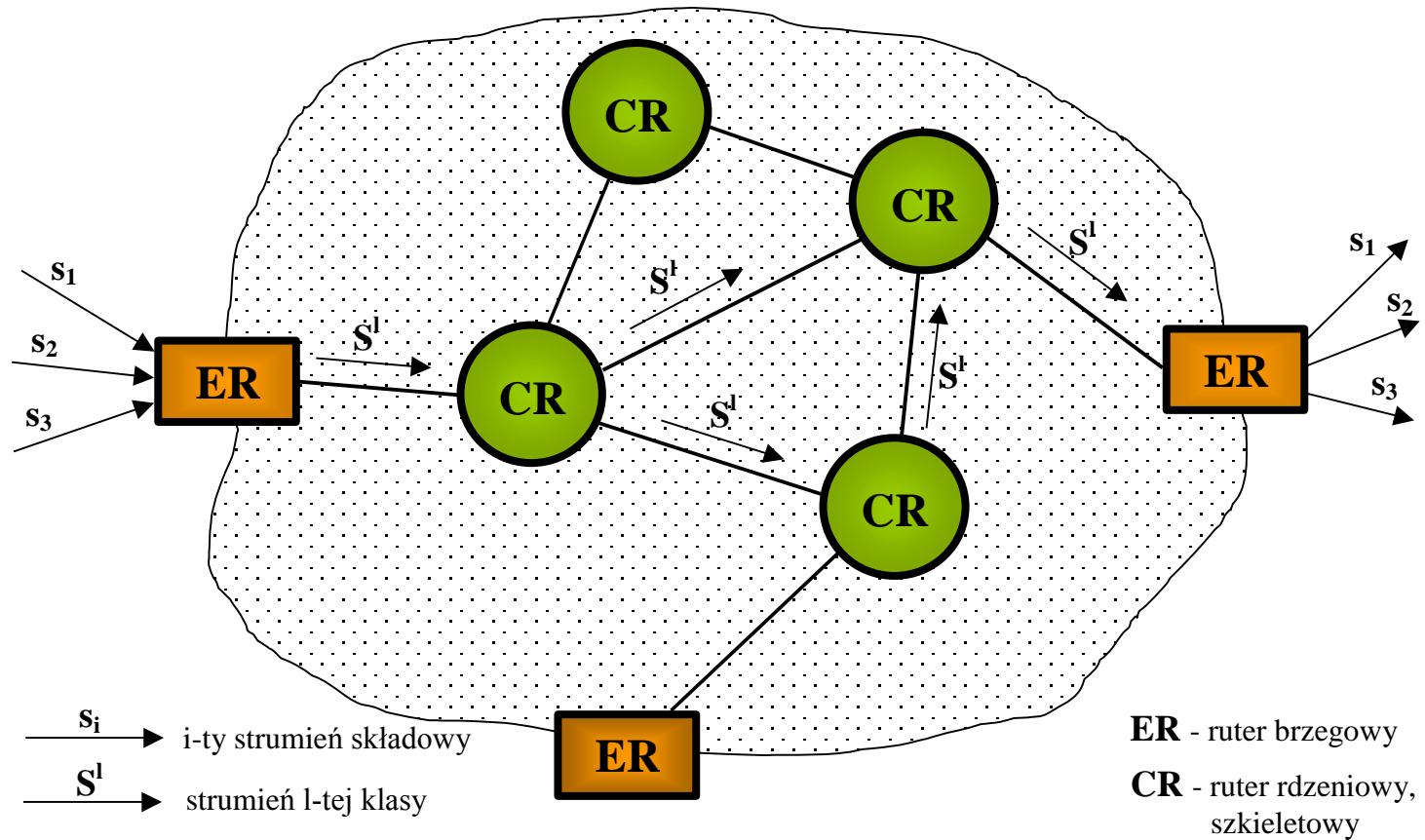


Podstawowym problemem jaki ma rozwiązać architektura DiffServ to maksymalne uproszczenie funkcji wewnątrz sieci i skupienie ich na brzegu sieci.

- Aby rdzeń sieci mógł obsługiwać dużą liczbę strumieni i być jednocześnie prostym funkcjonalnie należało w nim:
 - rozróżniać i obsługiwać tylko kilka klas,
 - w obrębie klasy mielibyśmy zagregowany jeden strumień, składający się z nierozróżnialnych wielu indywidualnych strumieni,
 - obsługa tego zagregowanego strumienia (klasy) byłaby dostosowana do wymagań jakościowych tej klasy i określała usługę sieciową (jej rodzaj).

- Na brzegu sieci natomiast mają być realizowane złożone funkcje takie jak:
 - klasyfikacja,
 - analiza zgodności,
 - znakowanie,
 - obsługa.

Ogólna struktura takiej sieci IP QoS z DiffServ





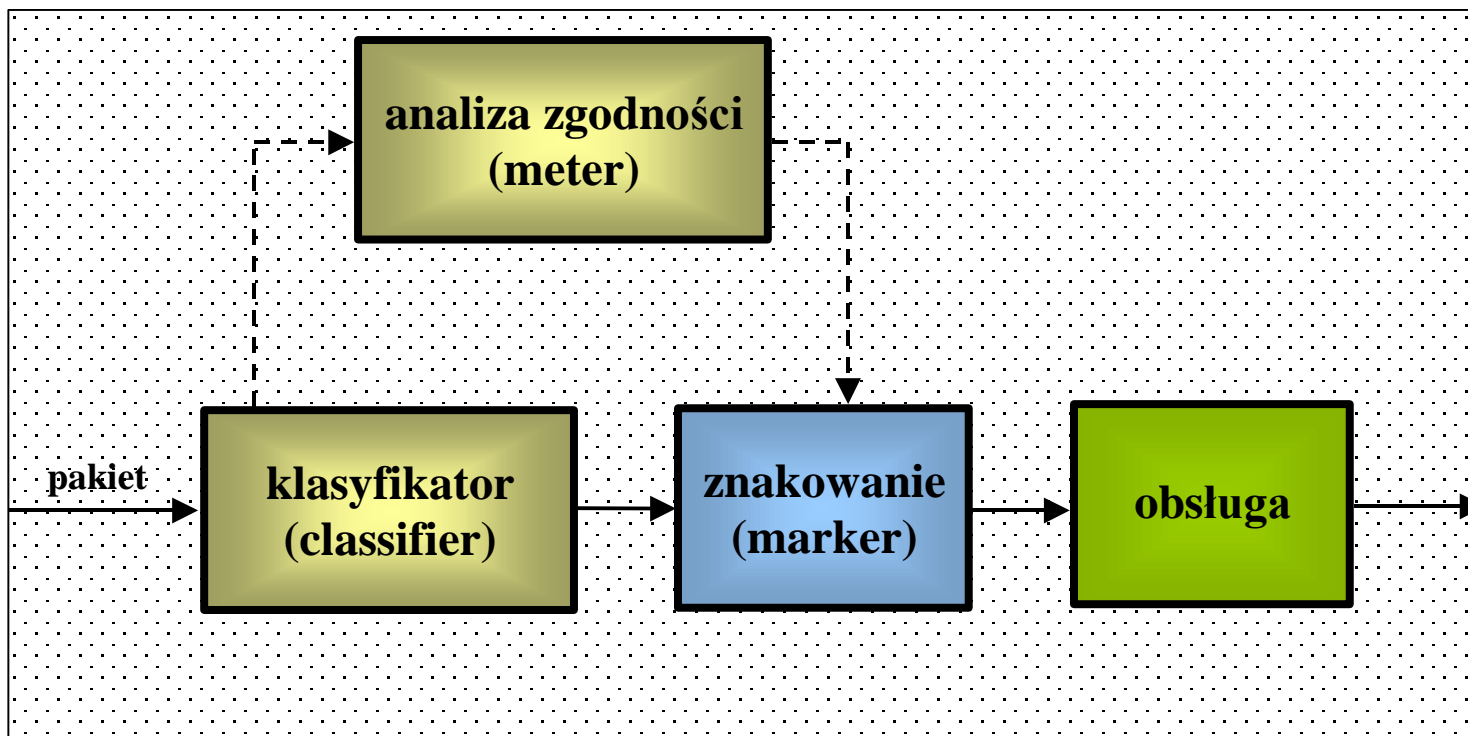
Wszystkie pakiety należące do tej samej klasy mają w sieci ten sam DSCP (Differentiated Service Code Point)

- **Przydział DSCP odbywa się w routerze brzegowym.**
- **Pole DS w którym zapisuje się DSCP zajmuje miejsce:**
 - pola Type Of Service w IP v.4,
 - pola Traffic Class w IP v.6,
 - aktualnie wykorzystywanych jest 6 bitów 16 bitowego pola DS.
- **Zbiór pakietów mających ten sam DSCP nazywamy Behavior Aggregate (BA).**
- **Zbiór reguł obsługi i przekazywania pakietu dalej nazywamy Per-Hop Behavior (PHB).**
- **Jednemu DSCP przyporządkowany jest jeden PHB.**
- **PHB jest realizowany przy pomocy:**
 - odrzucania pakietów,
 - kolejkowania priorytetowego,
 - mechanizmów szeregowania obsługi wielu kolejek (np. WFQ).

Ruter brzegowy - realizowane funkcje

- **Klasyfikacja pakietów na podstawie jednego lub kilku pól nagłówka, np.**
 - adres IP źródła i przeznaczenia,
 - numer portu źródła i przeznaczenia,
 - identyfikator protokołu (TCP, UDP),
- **Określenie zgodności pakietu z porozumieniem uzgodnionym między użytkownikiem a dostawcą usługi (domeną z DiffServ).**
- **Znakowanie pakietów, w oparciu o klasyfikację i zgodność, poprzez przyporządkowanie DSCP.**
- **Obsługa pakietu (może być także realizowana funkcja kształtowania ruchu):**
 - odrzucanie pakietów,
 - kolejkovanie priorytetowe,
 - mechanizm szeregowania obsługi wielu kolejek (np. WFQ).

Ruter brzegowy - struktura funkcjonalna

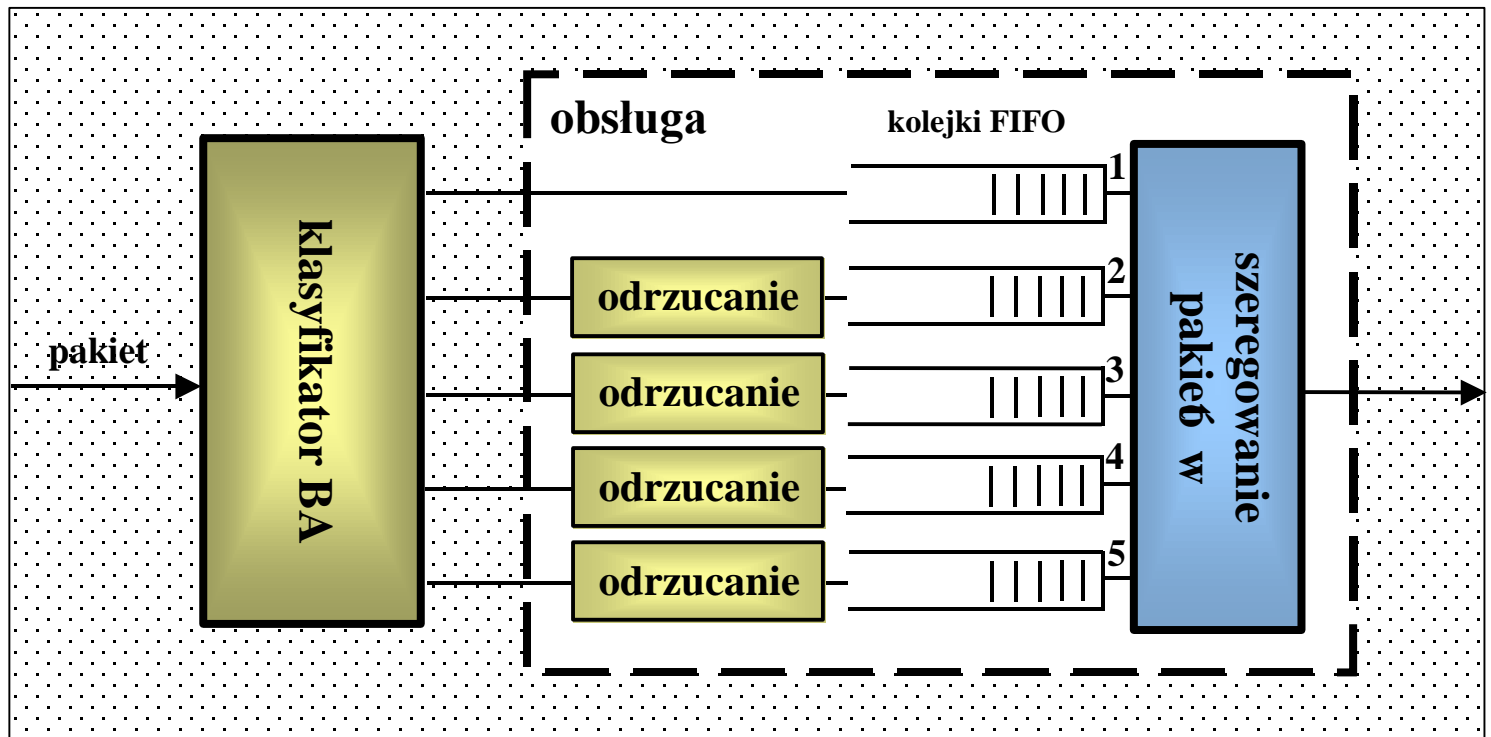




Ruter rdzeniowy - realizowane funkcje

- **Klasyfikacja pakietów na podstawie DSCP i określenie przynależności do BA.**
- **W zależności od BA zastosowanie odpowiedniego PHB czyli odpowiedniej obsługi poprzez:**
 - odrzucanie pakietów,
 - kolejkovanie priorytetowe (PQ),
 - mechanizm szeregowania obsługi wielu kolejek (np. WFQ).

Ruter rdzeniowy - struktura funkcjonalna





Klasy usług i klasy PHB dotychczas zdefiniowane przez IETF

- **Expedited Forwarding (EF)** - ma przyporządkowaną jedną wartość DSCP.
- **Assured Forwarding (AF)** - ma cztery klasy obsługi (AF1, AF2, AF3 i AF4) a w każdej z nich trzy poziomy odrzucania pakietów, co daje dwanaście wartości DSCP.
- Oprócz tych dwóch klas usług istnieje domyślne PHB odpowiadające dotychczasowej usłudze „**best effort**” (BE), która jest też nazywana usługą niesklasyfikowaną.
- Zakres usług sieciowych oferowanych użytkownikom na bazie PHB w danej domenie z DS pozostaje w gestii operatora sieci IP.



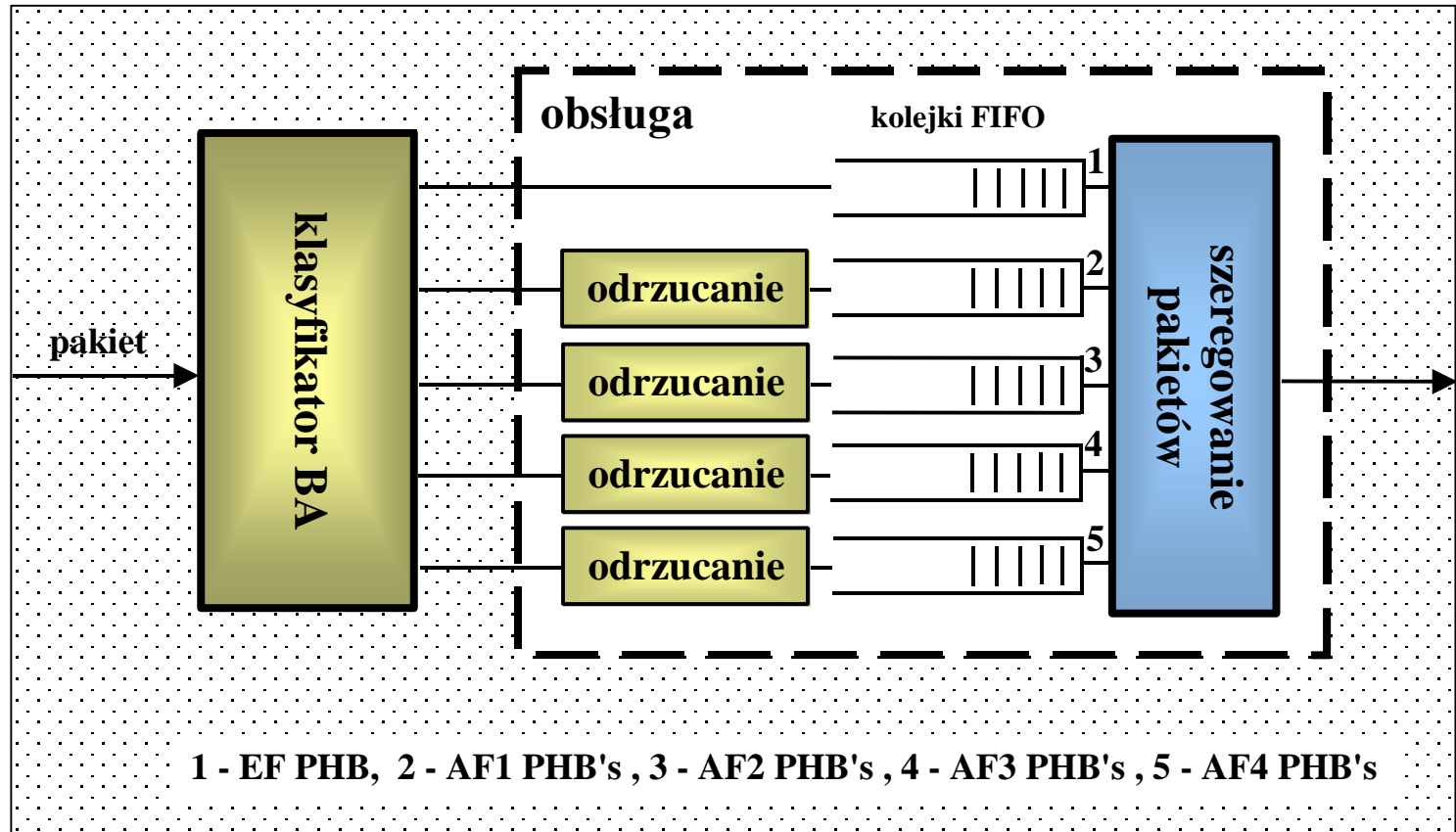
EF PHB

- **Został zaproponowany dla zapewnienia jakości obsługi wymagającej:**
 - gwarancji określonego pasma,
 - niewielkich strat pakietów,
 - niewielkiego opóźnienia,
 - małej wariancji opóźnienia.
- **Nie definiuje ilościowo a jedynie jakościowo QoS.**
- **Dla zrealizowania tych cech pakiety nie powinny być kolejkowane.**
- **Maksymalna przepływność EF BA musi być mniejsza od dostępnego dla EF BA pasma łącza w każdym ruterze domeny z DS.**
- **EF PHB musi być niezależny od ruchu innego niż EF przechodzącego przez ruter.**
- **Pakiety EF PHB mają być umieszczane w kolejce o najwyższym priorytecie.**

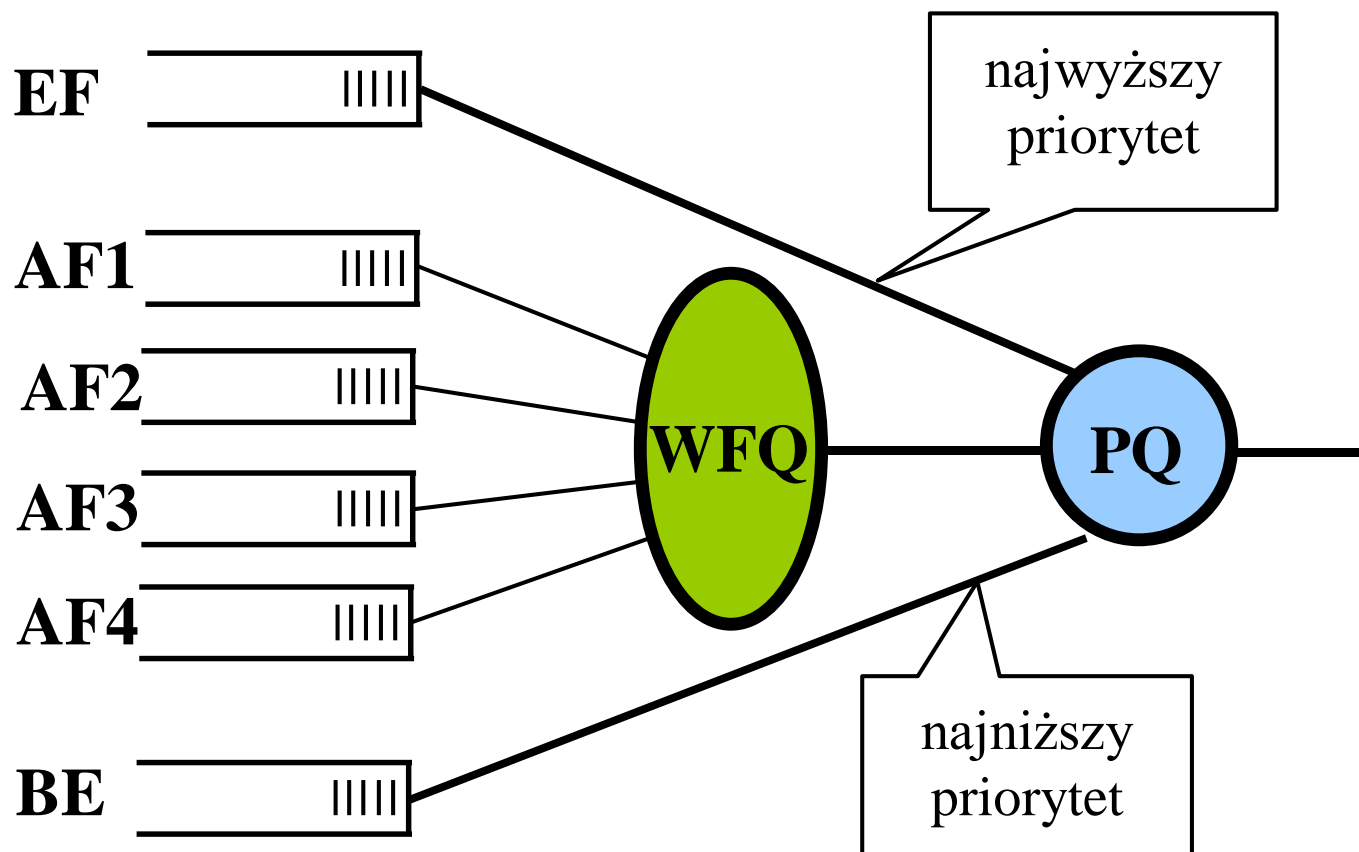
AF PHB

- Został zaproponowany dla zapewnienia obsługi pakietów na zasadzie „better than best-effort”.
- To jak będzie realizowana obsługa zależy od:
 - przydzielonych zasobów dla danej klasy AF,
 - chwilowego obciążenia w klasie,
 - poziomu odrzucania pakietów.
- Z góry o jakości obsługi tego PHB nie możemy nic powiedzieć.
- Nie zdefiniowano żadnych parametrów ilościowych określających QoS dla poszczególnych PHB.
- Ogólna zasada jest taka, że i - te PHB zapewnia inne QoS niż $i+1$ - sze PHB.
- Zakłada się, że ruch zgodny z profilem osiągnie odbiorcę z prawdopodobieństwem nie mniejszym niż ustalony próg.
- Aby to zrealizować każda klasa AF musi mieć niezależny bufor z kolejką FIFO oraz wielkość przydzielonego pasma niezależną od pozostałych klas.

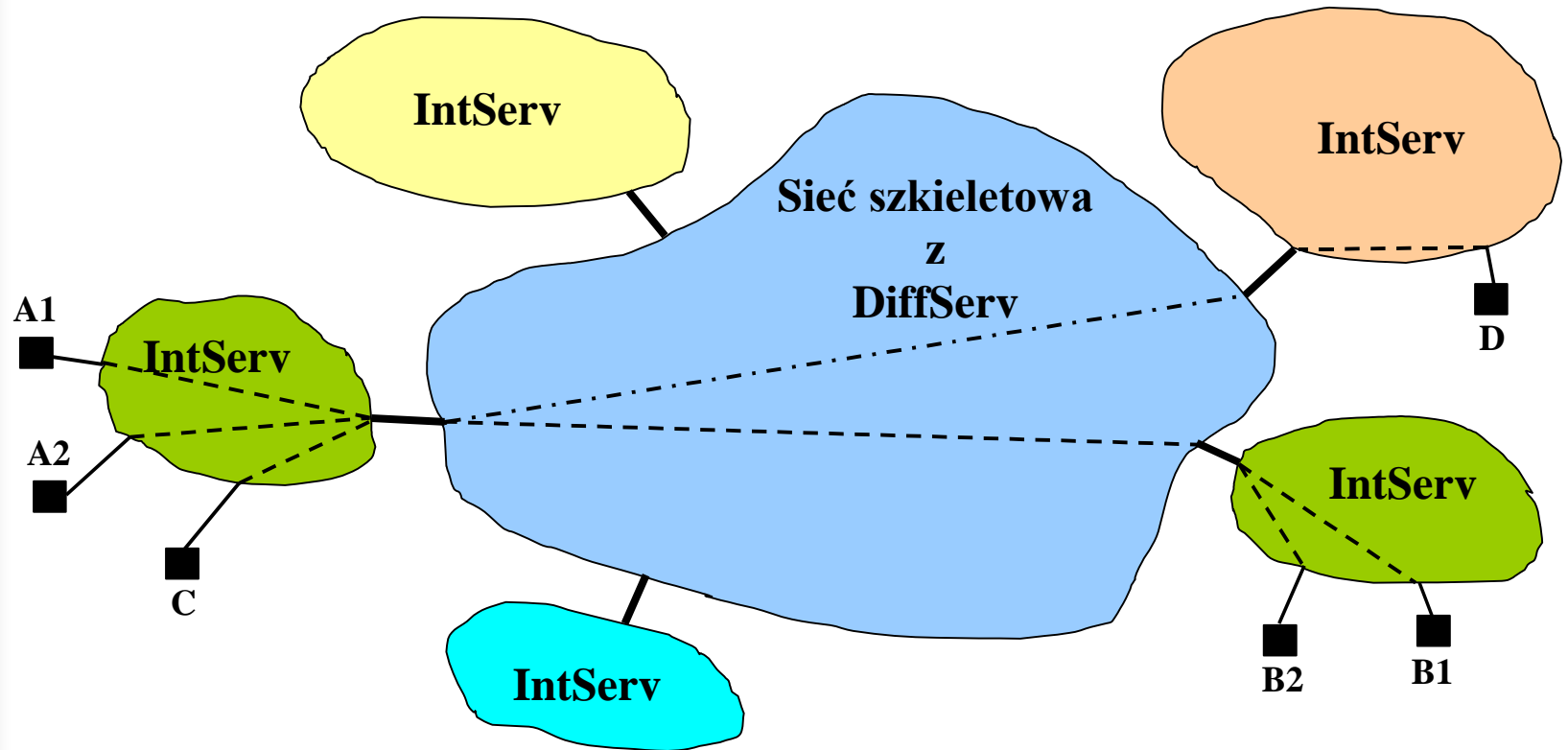
Ruter rdzeniowy - struktura funkcjonalna po uwzględnieniu EF PHB i AF PHB



Proponowane rozwiązanie szeregowania obsługi pakietów dla wszystkich zdefiniowanych klas PHB



Struktura sieci IP QoS



Kilka uwag końcowych o IP QoS

Czy przedstawione rozwiązania umożliwiają realizację QoS tak jak to dotychczas rozumiała telekomunikacja?

- ✉ **Niestety odpowiedź na to pytanie jak na razie nie jest zadowalająca.**
- **Zaproponowane mechanizmy dotyczą pracy ruterów.**
- **Nic nie mówi się w jaki sposób określa się pasmo i przydziela je usługom sieciowym.**
- **Nic nie mówi się o sterowaniu na poziomie sieci (domeny).**
- **Nic nie mówi się o właściwościach end-to-end, a to jest to co odczuwa klient i za to płaci.**
- **W związku z tym pojawia się pytanie jak projektować takie sieci (wymiarować zasoby) bo przecież to jest konieczne w działalności komercyjnej.**
- ✉ **Jak widać pytań jest dużo i problemów do rozwiązania także.**
- ✉ **Są one aktualnie analizowane, badane i rozwiązywane.**



W czym widzi się nadzieję w przezwycięzeniu tych problemów?

- **W rozwiązaniu realizacji funkcji AC (Admission Control).**
- **W zastosowaniu MPLS (MultiProtocol Label Switching);
przy czym należy pamiętać, że sam MPLS nie rozwiąże problemów.
(zostanie krótko omówiona w dalszej części tego wykładu)**
- **W opracowaniu algorytmów routingu w powiązania z MPLS.**
- **A więc w opracowaniu**

Inżynierii Ruchu

na miarę potrzeb platformy IP QoS.



**Zatem pojawia się pytanie:
Czy po rozwiązaniu tych wszystkich problemów platforma IP QoS będzie nadal prosta i tym samym tania?**

- **Dokładną odpowiedź na to pytanie otrzymamy chyba w niedalekiej przyszłości.**
- **Ale biorąc pod uwagę doświadczenia z rozwoju technologii ATM i narastania problemów oraz złożoności rozwiązań w niej występujących wydaje się, że trudno będzie utrzymać obecny stan fascynacji technologią IP QoS.**
- **Aktualnie ma ona problemy z zagwarantowaniem jako takiej jakości dla mowy, a gdzie są usługi o większych wymaganiach jak np. video, TV.**
- **Obserwuje się korygowanie oczekiwań i rozwiązań technologii IP QoS, tak aby była zachowana w stosunku do klienta zasada
„Płaci i oczekuję z tego tytułu określonego towaru”.**

Dlaczego MPLS?

- W każdej sieci musi być realizowana funkcja routingu oraz komutacji.
- W przypadku sieci z komutacją pakietów obie funkcje są umieszczone w warstwie trzeciej - warstwie sieciowej.
- Kierowanie przybyłego pakietu oparte jest o tablice z których odczytuje się kolejne łącze na podstawie nagłówka tego pakietu.
- Na ogół proces ten jest realizowany programowo.
- Wraz ze wzrostem ruchu i powiększaniem się sieci czas niezbędny na realizację tej funkcji zwiększa się co powoduje ograniczenie wydajności węzła (routera).
- Jednocześnie sieć przekształca się w sieć wielousługową w której różnorodność usług wymaga różnorodnej obsługi.
- To z kolei powoduje, że konieczne jest uwzględnienie zarówno w procesie routingu jak i komutacji dodatkowych informacji znajdujących się w nagłówku (ale nie tylko) co jeszcze bardziej wydłuża realizację tych funkcji.



✉ **Wymaga to dużej mocy przetwarzania co nie jest możliwe do uzyskania przy dzisiejszym stanie technologii!**

- **W konsekwencji powoduje to trudności w realizacji takich funkcji w sieci jak:**
 - sterowania ruchem,
 - sterowania jakością usług,
 - zarządzania zasobami.
- **Jednym ze sposobów na rozwiązanie tych trudności jest uproszczenie realizacji funkcji komutacji w taki sposób aby można było łatwo zaimplementować tą funkcję sprzętowo uniezależniając się od złożoności i różnorodności dotychczas stosowanych nagłówków pakietu.**
- **Jest to zatem powrót do koncepcji, która była wcześniej z powodzeniem sprawdzona w rozwiązaniach wykorzystywanych w technice STM i ATM.**
- **Oczywiście w tym przypadku musi być ona dostosowana do potrzeb komutacji pakietów i właściwości tych sieci.**
- **Tą propozycją jest właśnie MPLS - MultiProtocol Label Switching czyli Wieloprotokołowa Komutacja Etykietowa.**



Co to jest MPLS?

- **Jest to określona przez IETF koncepcja, która umożliwia efektywniejszą realizację w sieć takich funkcji jak: ruting, komutacja i tym samym obsługi ruchu (przekazywania pakietów).**
- **Jej istotne cechy to to, że:**
 - **ma mechanizmy umożliwiające zarządzanie przepływem ruchu o różnorodnym stopniu rozdrobnienia, czyli ruchem między różnym sprzętem, różnymi maszynami (stacjami), różnymi aplikacjami,**
 - **jest niezależna od protokołów warstwy drugiej i trzeciej,**
 - **udostępnia sposoby mapowania adresów warstwy trzeciej (np. IP) w proste o stałej długości etykiety,**
 - **jest dostosowany do istniejących protokołów routingu i rezerwacji zasobów,**
 - **wspomaga protokoły warstwy drugiej dla IP, ATM i FR,**
 - **może być wykorzystany przez dowolne protokoły warstwy trzeciej, stąd nazwa „wieloprotokółowa”.**

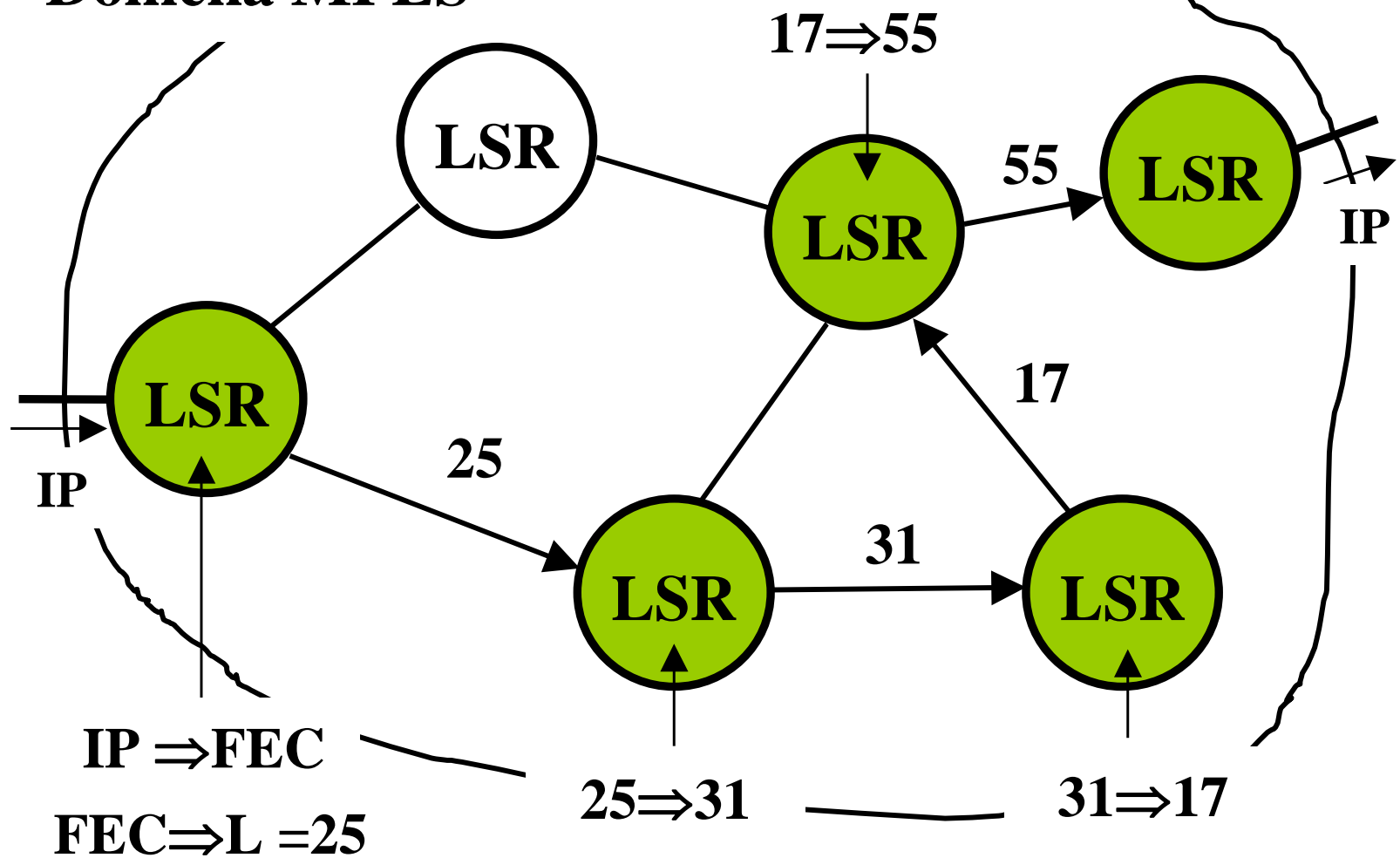
Podstawowe składniki MPLS

- W MPLS przenoszenie danych od źródła do odbiorcy ma miejsce wzdłuż etykietowo przełączanej ścieżki LSP (Label-Switched Path).
- Fizycznie ścieżka ta utworzona jest przez szereg połączonych węzłów LSR (Label Switching Router) (ruterów).
- Rozróżnia się dwa typy węzłów LSR:
 - brzegowe (edge),
 - wejściowy (ingress),
 - wyjściowy (egress),
 - komutujące - nie brzegowe.
- Domena MPLS to zbiór połączonych węzłów (ruterów), które są węzłami MPLS i należą do jednego obszaru administracyjnego.
- FEC (Forwarding Equivalent Class - klasy równoważności przekazywania) jest to grupa pakietów (np. IP), które nie są rozróżnialne w sieci MPLS, tzn. są przenoszone przez tą samą ścieżkę i obsługiwane według tych samych zasad.
- Etykieta L jest krótkim identyfikatorem, który jest wykorzystany do identyfikacji FEC oraz realizacji funkcji komutacji.

Istota komutacji etykietowej to:

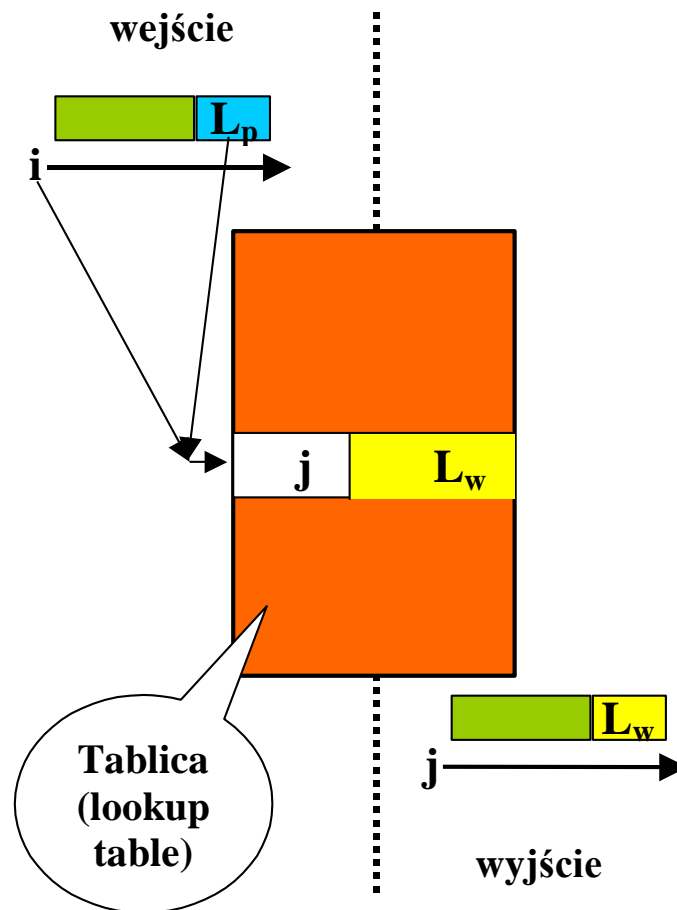
- **Klasyfikacja pakietu (np. IP) w węźle brzegowym (wejściowym) do określonego FEC.**
 - **Na podstawie FEC określenie etykiety L i dołączenie jej do pakietu.**
 - **Określenie następnego węzła LSR w oparciu o etykietę L.**
 - **Wysłanie pakietu MPLS do następnego LSR przy wykorzystaniu protokołu warstwy drugiej.**
 - **W LSR odbiór pakietu MPLS i na podstawie etykiety L realizacja komutacji do następnego LSR z jednoczesną wymianą etykiety.**
 - **Powtarzanie ostatniej czynności aż pakiet MPLS osiągnie LSR, który będzie węzłem brzegowy (wyjściowy).**
 - **Przekazanie pakietu do warstwy trzeciej.**
- ✉ **Aby można było zrealizować funkcję komutacji w węzłach LSR to w tablicach tych LSR musi być wcześniej zapisana informacja wiążąca etykiety między sobą aby w ten sposób była utworzona ścieżka LSP dla danego FEC.**

Domena MPLS



Ogólna postać tablicy dla realizacji funkcji komutacji MPLS

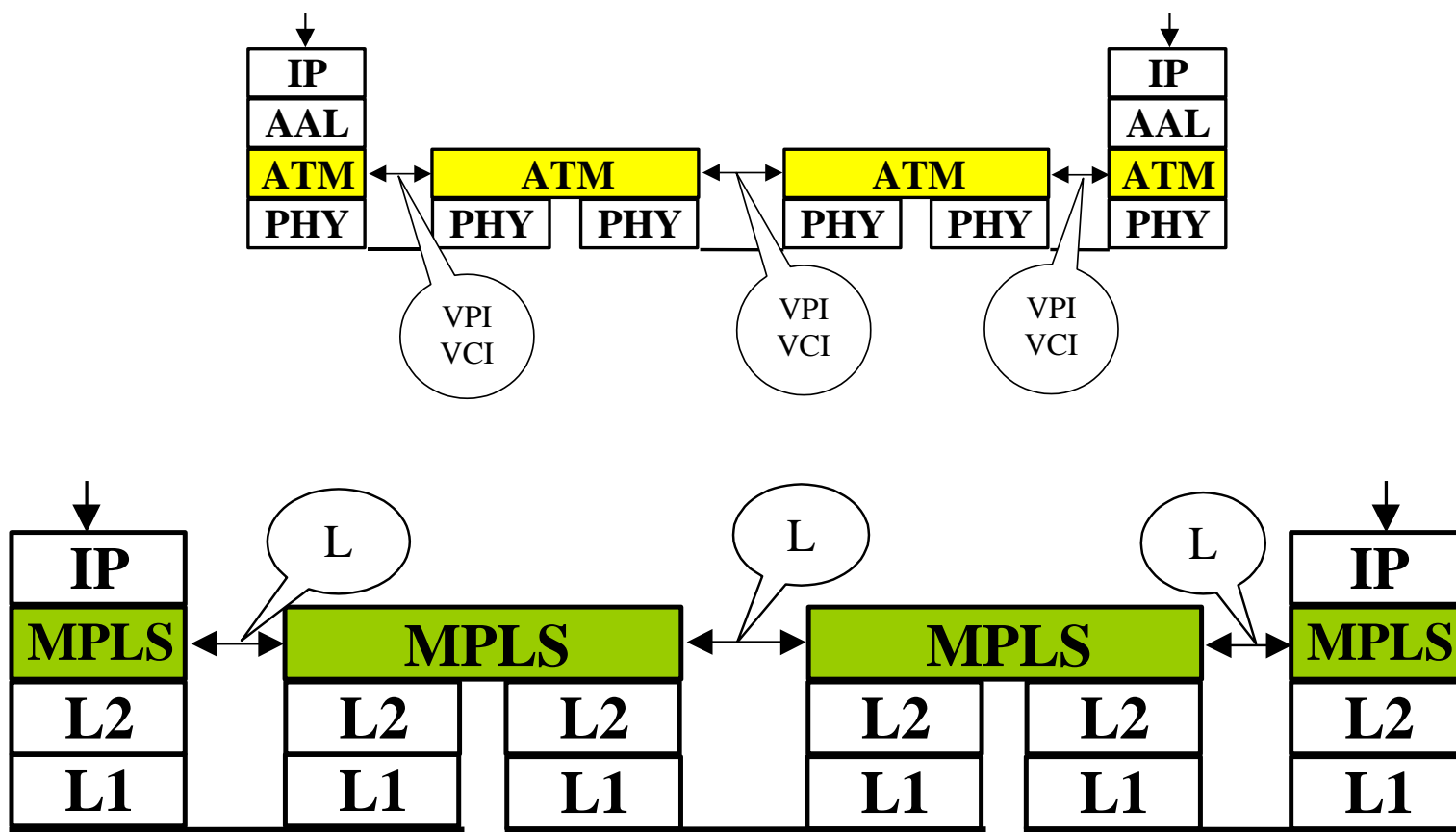
- Etykieta MPLS jest niewystarczająca aby można było zrealizować funkcję komutacji.
- W LSR musi być tablica(e), która zawiera adres wyjściowego łącza oraz nową wartość etykiety.
- Tablica ta może być przyporządkowana do wejściowego łącza lub być wspólna dla wielu takich łączy.
- Etykieta MPLS przychodzącego pakietu oraz numer łącza są adresem (wejściem) do tej tablicy.
- Odczytana z tablicy wartość etykiety wyjściowej jest wstawiana w miejsce odebranej etykiety, a adres łącza wyjściowego jest wykorzystany do zrealizowania funkcji komutacji pakietu na to łącze.



Czy i w czym tkwi istota różnic w stosunku do techniki ATM?

- **W technice MPLS pakiet ma dowolną długość i otrzymuje jednoczęściowy adres (etykietę), natomiast w technice ATM komórka ma ustaloną długość oraz dwuczęściowy adres składający się z VPI i VCI.**
- **W technice MPLS unikalny ciąg etykiet L (ścieżka LSP) przyporządkowany jest do konkretnego FEC i pakiet, gdy należy do tego FEC niezależnie od tego kto go nadał otrzymuje etykietę L, natomiast w przypadku ATM z punktu widzenia połączenia abonenta otrzymuje ono indywidualny unikalny ciąg par (VPI,VCI).**
- **W technice MPLS nie można mówić o połączeniu z punktu widzenia abonenta, gdyż jest to technika bezpołączeniowa.**
- **Zarówno w jednej jak i drugiej technice abonent nie ma bezpośredniego wpływu na przebieg drogi połączeniowej, mimo iż w technice ATM istnieje Faza I (wywołania, realizacji połączenia).**
- **W technice MPLS istnienie ścieżki LSP odpowiada ścieżce określonej przez ciąg VPI w technice ATM.**
- **Zarówno w jednej jak i w drugiej technice ścieżki te są ustalane przez niezależną od abonentów funkcję.**

Na kolejnych rysunkach pokazano model warstwowy dla obu technik



Jakie podstawowe problemy muszą być rozwiązane?

- **Opis klas FEC, czyli określenie wielkości jakie należy brać pod uwagę dla utworzenia danej klasy aby uzyskać kompatybilność usługową w obrębie domeny lub kilku domen MPLS.**
 - **Wiązanie FEC z etykietą.**
 - **Określenie sposobu przeprowadzania powiązań etykiet, które to powiązania określają ścieżkę przełączanych etykiet (LSP).**
 - **Określenie sposobu rozprowadzania w sieci etykiet i ich powiązań.**
-
- ✉ **Należy pamiętać, że technika MPLS ma wspierać IP QoS co powoduje, że praktyczne rozwiązanie tych problemów staje się trudniejsze.**



Rozwiązanie tych problemów wymaga realizacji następujących funkcji:

- **kreacji i rozprowadzania (dystrybucja) etykiet,**
 - **budowania odpowiednich baz informacji w każdym węźle (ruterze),**
 - **tworzenia ścieżek przełączanych etykietami (komutowanych),**
 - **wstawiania etykiet do tablic (lookup table) koniecznych dla realizacji funkcji komutacji w węźle (ruterze).**
-
- **W konsekwencji zbiór tych funkcji umożliwia wykonanie ostatniej funkcji jaką jest**

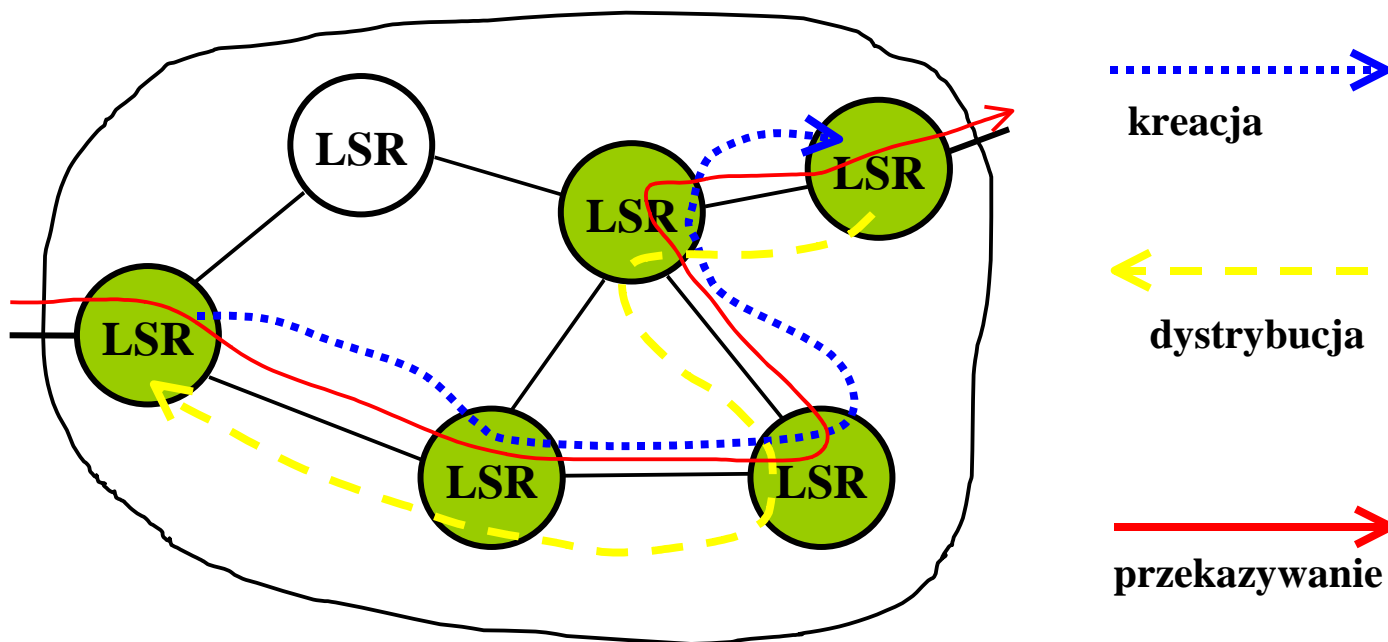
Wieloprotokołowa Komutacja Etykietowa

MPLS

- **która gwarantuje transport pakietu od wejścia do wyjścia domeny MPLS zgodnie z właściwościami opisanymi przez FEC do której ten pakiet należy.**

Poglądowa ogólna ilustracja działań w domenie MPLS:

- kreacja etykiet,
- rozsyłanie (dystrybucja) etykiet,
- przekazywanie (przesyłanie) pakietów użytkowników.

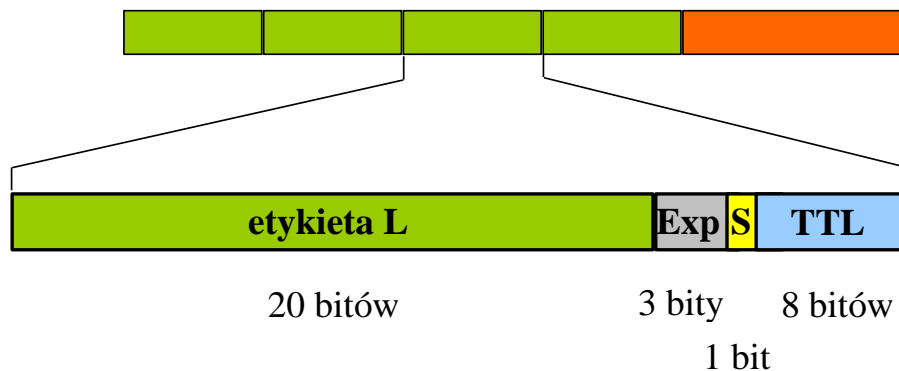


Format pakietu MPLS



- Pole MPLS SHIM ma długość będącą wielokrotnością 32 bitów (4 oktety).
 - W polu o długości 32 bitów zapisana jest między innymi etykieta L (stos etykiet L to wielokrotność 32 bitów).
 - Pole to może tworzyć stos co umożliwia zagłębianie sieci MPLS.
 - Długość pakietu jest zależna od protokołu warstwy trzeciej.
 - Tak utworzony pakiet jest przenoszony przez protokół warstwy drugiej, przy czym sposób przenoszenia i odwzorowania tego pakietu jest zależny od warstwy drugiej.
- ☒ Uwaga: z angielskiego słowo „shim” to po polsku „klin”.

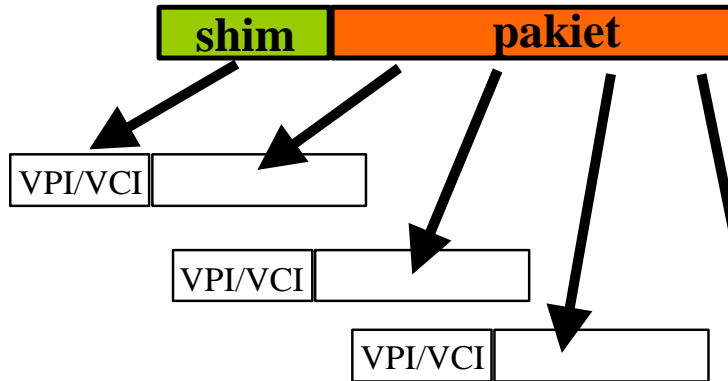
Struktura pola MPLS SHIM



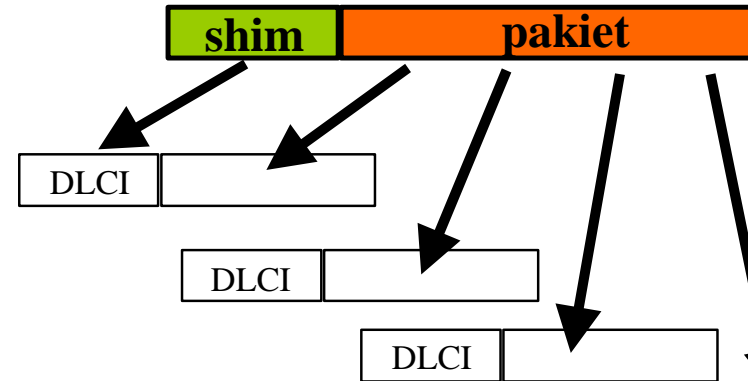
- **Przeznaczenie poszczególnych pól jest następujące:**
 - etykieta L ma długość 20 bitów i zawiera kod etykiety,
 - Exp jest przeznaczone dla celów eksperymentalnych i ma długość 3 bitów,
 - S koduje spód stosu i ma długość 1 bitu (S=1 to dno stosu),
 - TTL ma długość 8 bitów i koduje czas życia (Time to Live).
- **Na rysunku pokazano pole MPLS SHIM składające się ze stosu czterech etykiet. Góra stosu jest na początku (lewa strona), a dół na końcu tego pola.**

Podstawowe odwzorowania MPLS SHIM w protokół warstwy drugiej

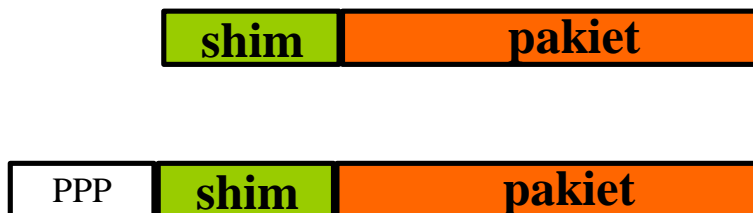
a) w komórki ATM



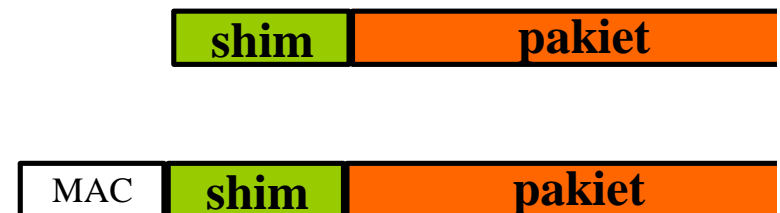
b) w ramki FR



c) w ramkę PPP/SDH



d) w ramkę LAN MAC

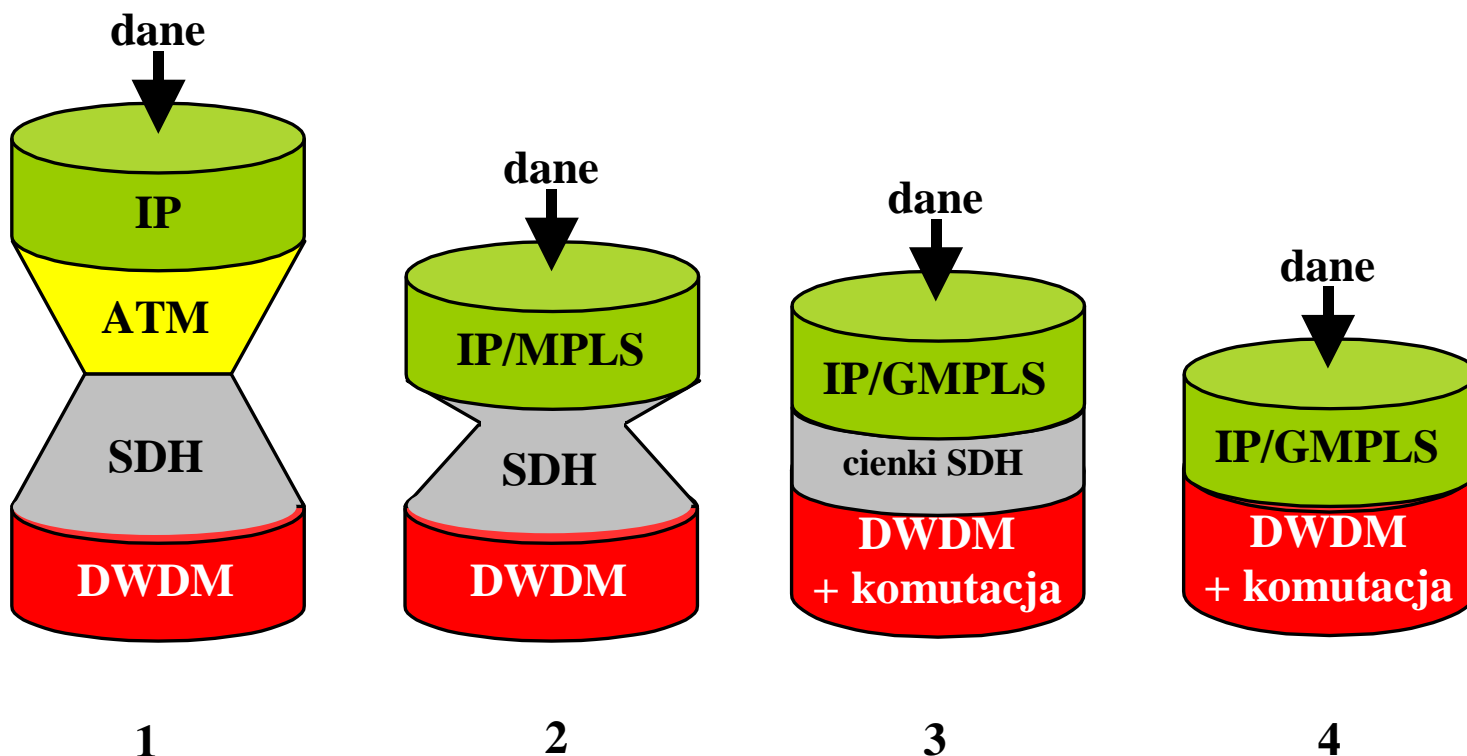




GMPLS - Generalized MPLS

- **Duży obserwowany i przewidywany przyrost ilości przesyłanych danych w stosunku do mowy spowodował, że dotychczasowe podejście do rozwoju sieci telekomunikacyjnej musiało ulec modyfikacji, tym bardziej, gdy zaczęło brakować nitek światłowodowych.**
- **To zintensyfikowało prace, które doprowadziły do koncepcji i opanowania nowej techniki zwielokrotnienia określanej skrótem DWDM.**
- **Z kolei technika DWDM spowodowała postęp w technologii rozwiązań urządzeń optycznych zarówno w transmisji jak i w komutacji.**
- **Stwierdzono w związku z tym, że sieć telekomunikacyjna powinna w swej znacznej większości być zrealizowana w technologii optycznej.**
- **Co więcej większość funkcji także powinna być realizowana po stronie optycznej a nie elektrycznej.**
- **Powstał więc problem usuwania warstw elektrycznych w modelu warstwowym sieci telekomunikacyjnej i realizacji ich dotychczasowych funkcji w warstwach optycznych.**

**Przewidywana ewolucja sieci w kierunku fotoniki
(przy założeniu, że platformą dla wszystkich usług będzie IP QoS)**



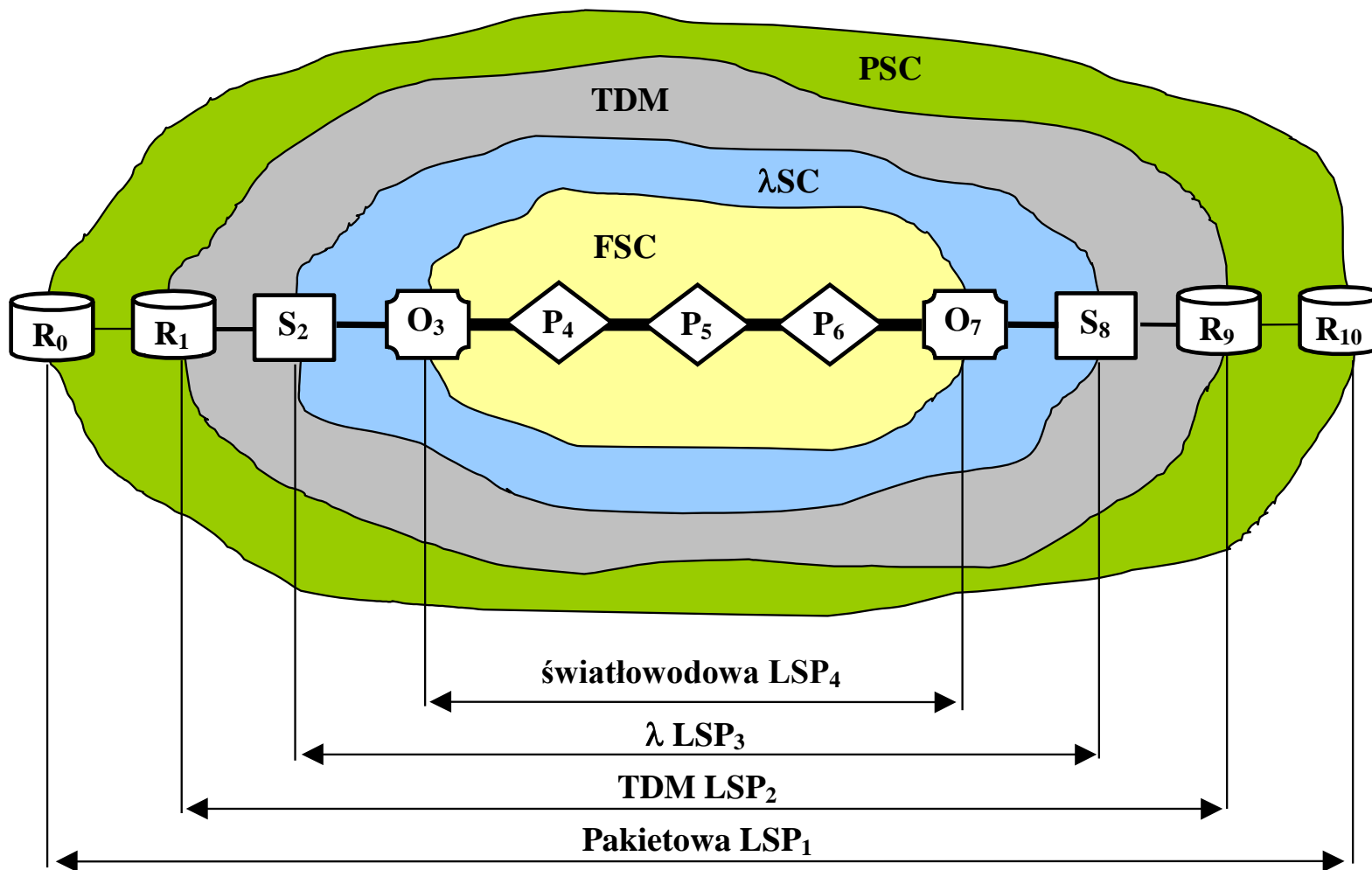
↳ dane: rozumie się przez to strumienie obejmujące dowolne usługi.



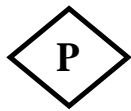
Dla pokazanej ewolucji konieczne było więc uogólnienie koncepcji MPLS.

- **Ponieważ w swej pierwotnej postaci to uogólnienie dotyczyło tylko samej części optycznej, a dokładnie długości fali jako etykiety, to nazywane było ono MPLambdaS (MPλS).**
- **Aktualnie zakłada się, że w swej ostatecznej wersji sieć telekomunikacyjna będzie oparta tylko na technologiach: IP, MPLS i DWDM.**
- **Konieczne było więc wprowadzenie do MPLS wielu rozszerzeń i uwzględnienie specyfiki DWDM.**
- **Dotyczą one:**
 - **rozszerzenia protokołów RSVP-TE i CR-LDP uwzględniające cechy zarówno sieci optycznych jak i innych rozwiązań,**
 - **rozszerzenia protokołów OSPF i IS-IS uwzględniających atrybuty nowych technologii sieciowych (przede wszystkim optycznej),**
 - **uwzględnienia faktu, że sieci optyczne są dwukierunkowe,**
 - **wprowadzenie nowego protokołu zarządzania łączami optycznymi,**
 - **uwzględnienia mechanizmów niezawodnościowych w tym także protekcji i odtwarzania,**
 - **hierarchizacji sieci w odniesieniu do różnych technologii sieciowych (światłowodowej, długości fali, czasowej i pakietowej).**

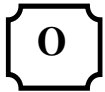
Hierarchizacja GMPLS



Oznaczenia i skróty do rysunku Hierarchizacja GMPLS



Switch optyczny



Switch OEO



Switch/Mux SDH



Ruter LSR



Światłowód



STM-64



STM-4



od Ggabit Ethernet (~500m)

- **FSC - Fiber Switch Capable**
- **λ SC - λ Switch Capable**
- **TDM - Time Division Multiplexing**
- **PSC - Packet Switch Capable**
- **LSP - Label Switched Path**