

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



Standard IntServ (IETF)

- ❑ architektura dla zapewnienia gwarancji jakości usług w sieciach IP dla poszczególnych sesji aplikacji
- ❑ Rezerwacja zasobów: rutery utrzymują informacje o stanie (a la VC) przydzielonych zasobów, wymagania jakości usług
- ❑ dopuszczenie/odmowa żądanej nowej konfiguracji połączeń: kontrola dostępu

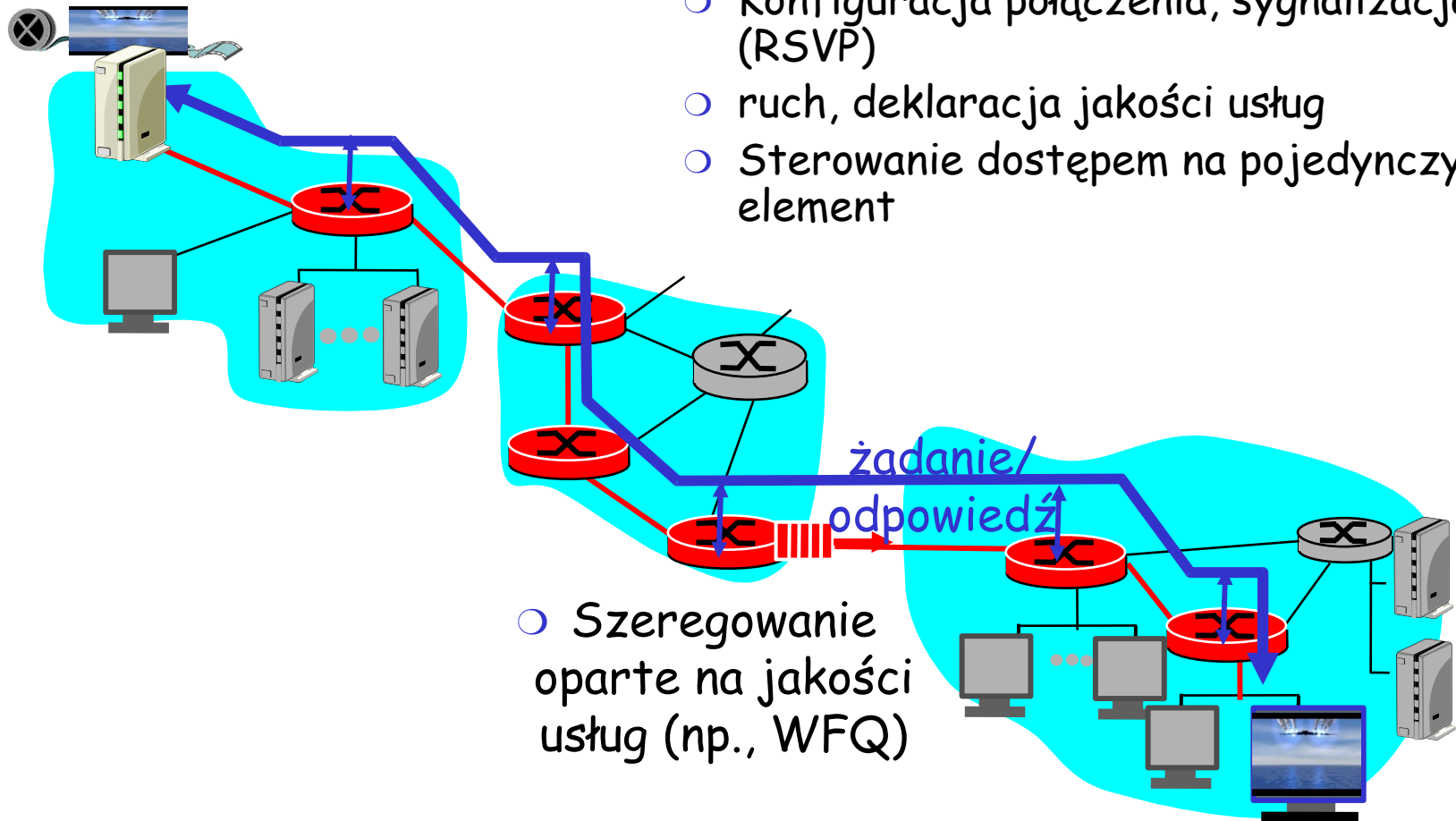
Pytanie: czy nowo przychodzący przepływ może zostać dopuszczony przy gwarancji wydajności, gdy nienaruszalne gwarancje jakości usług zapewniono już przyjętym przepływom?

IntServ: scenariusz gwarancji jakości usług



□ Rezerwacja zasobów

- Konfiguracja połączenia, sygnalizacja (RSVP)
- ruch, deklaracja jakości usług
- Sterowanie dostępem na pojedynczy element



- Szeregowanie oparte na jakości usług (np., WFQ)

Dopuszczanie połączenia



Przychodząca sesja musi:

- ❑ posiadać niepowtarzalny identyfikator
- ❑ Zadeklarować swoje wymaganie w zakresie jakości usługi
 - **R-spec**: definiuje żadaną jakość usługi
- ❑ charakteryzuje ruch, który prześle do sieci
 - **T-spec**: definiuje charakterystyki ruchu
- ❑ Protokół sygnalizacyjny: potrzebny do przeniesienia R-spec i T-spec do ruterów (tam, gdzie wymagana jest rezerwacja)
 - **RSVP**
 - Uwaga: może być wykorzystywany do innych celów niż IntServ. Jest to generyczny i łatwy do rozszerzenia protokół sygnalizacyjny.

Parametry połączenia



- T-spec: parametry *token bucket*
- R-spec (QoS)
 - Przepustowość R
 - Dopuszczalne opóźnienie S - o ile może być wolniej, niż przy przepustowości S
 - R-spec jest określone tylko dla usługi GS (zobacz dalej)

Jakość usług Intserv: modele usług

[rfc2211, rfc 2212]

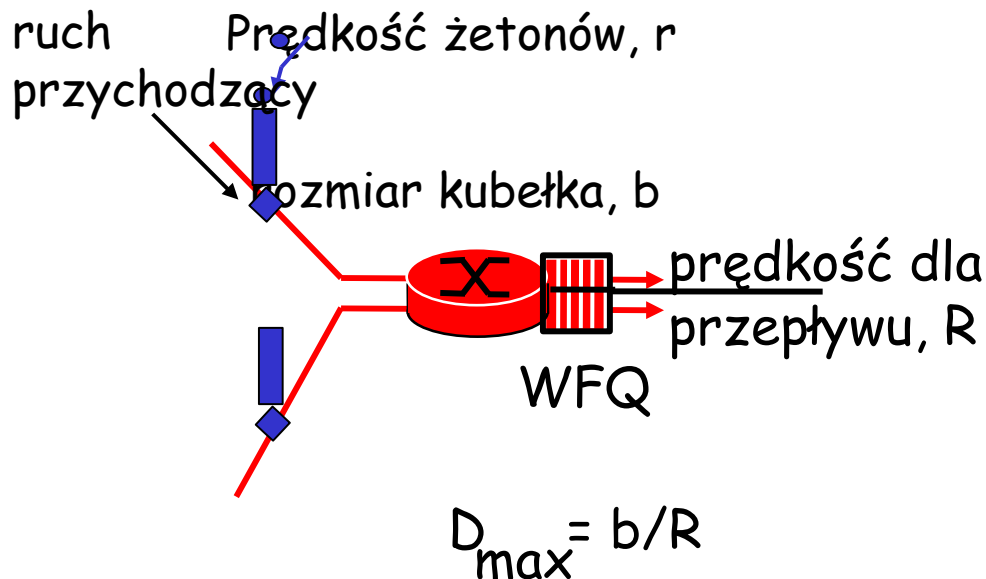


Guaranteed Service (GS):

- Najbardziej pesymistyczny przypadek przybywania ruchu: źródło nadzorowane przez token bucket
- proste (dające się udowodnić matematycznie) *ograniczenie* opóźnienia [Parekh 1992, Cruz 1988]

Controlled Load (CL):

- „jakość usługi ściśle przybliżająca jakość usługi, jaką ten sam przepływ otrzymałby z elementu nieobciążonej sieci.”



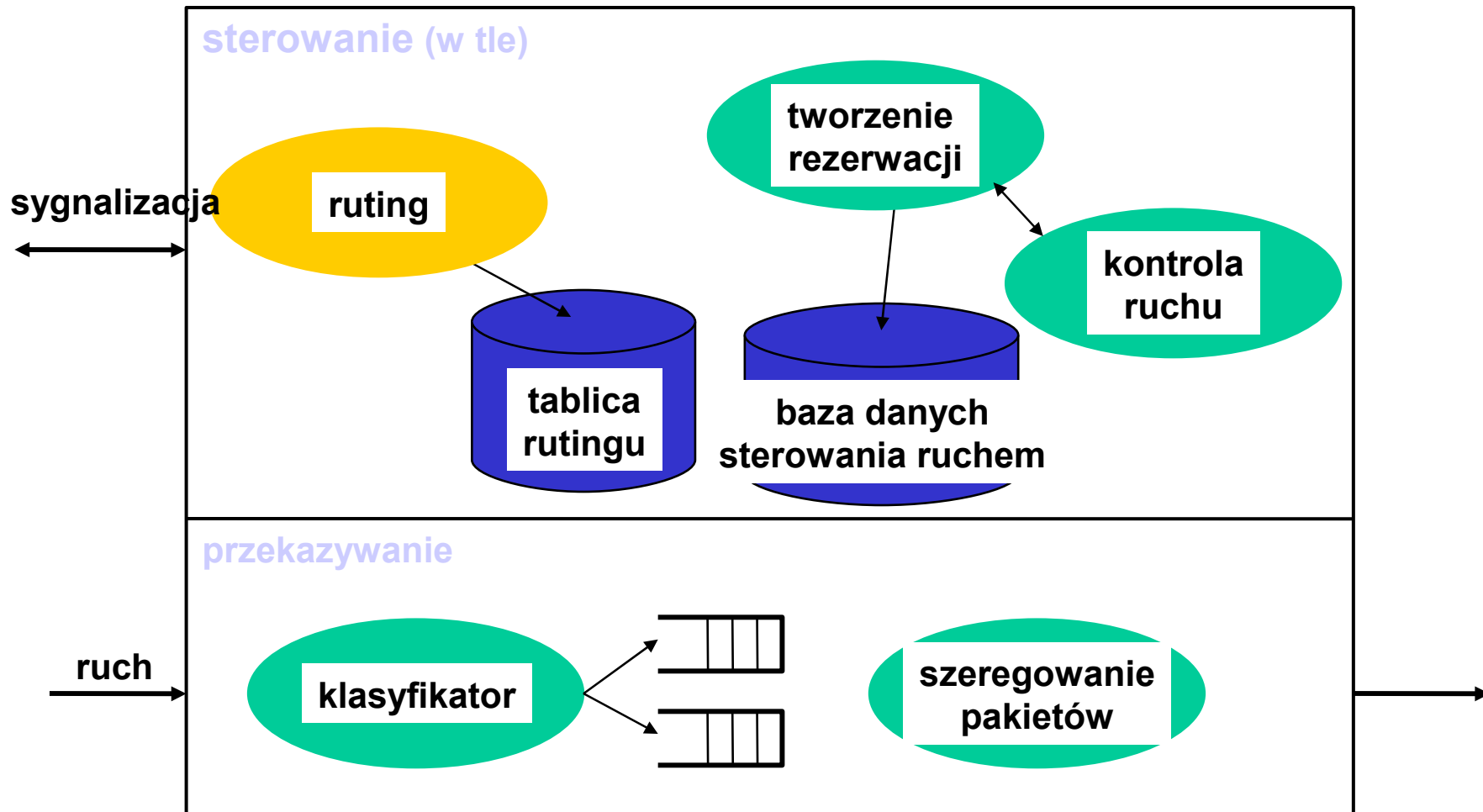
Usługi IntServ a ATM



- ❑ Best-effort = UBR
- ❑ CL (*Controlled Load Service*)
 - przypomina ABR: gwarancja na minimalną przepustowość
 - ale dodatkowo: jakość jak w nieobciążonej sieci
- ❑ GS (*Guaranteed Load Service*) \approx rt-VBR
 - gwarantowana przepustowość i opóźnienie
 - zmienność opóźnień nie jest gwarantowana



IS - Model Rutowa



Resource ReSerVation Protocol RSVP



- ❑ Przepływów nie można łączyć
- ❑ Nie ma możliwości negocjacji
 - jeśli żądane jest 5Mb/s, a jest dostępne tylko 3Mb/s, to nie dostanie się nic
- ❑ Rezerwacje używają miękkiego stanu
 - niezawodność: nie utrzymuje się stanu w sieci
 - stan wymaga okresowego odświeżania
 - nie ma problemów z awarią rozłączenia
 - łatwo dostosować się do zmian routingu
- ❑ Dostosowany (skalowalny) dla komunikacji rozsiwej
 - rezerwację rozpoczyna odbiorca
 - rezerwacje łączą się przechodząc w górę drzewa

Działanie RSVP (1/2)



- Każda sesja jest traktowana oddzielnie
 - Każdy komunikat RSVP ma identyfikator sesji
- Sesja RSVP jest definiowana przez
 - Adres IP celu, identyfikator protokołu, port celu
- Źródło sesji wysyła komunikat **Path**
 - komunikat ma te same adresy nadawcy i odbiorcy co pakiety danych
 - routery zachowują **stan ścieżki**
 - adres poprzedniego routera na ścieżce
 - charakterystyki ruchowe ścieżki
 - opcjonalnie, router może dodać do komunikatu ilość dostępnych zasobów

Działanie RSVP (2/2)



- Odbiorca sesji odpowiada komunikatem **Resv**
 - komunikat przechodzi od odbiorcy w kierunku nadawcy
 - może się zatrzymać na węźle pośredniczącym
 - adresowany jest na nowo na każdym kroku ścieżki, używając zapisanego w stanie adresu poprzednika
 - tworzy w ruterach **stan rezerwacji**
 - jeśli spełnione są warunki kontroli ruchu

Krytyka RSVP/IntServ



- Skalowalność:
 - stan jest utrzymywany dla każdego przepływu
 - ale to raczej cecha IntServ niż RSVP
 - komunikaty aktualizacji miękkiego stanu stanowią obciążenie
- Zwiększenie obciążenia ruterów
 - kontrola ruchu, klasyfikacja, szeregowanie
 - złożone przetwarzanie
- Trudności z implementacją usług QoS przez niższe warstwy
 - we współdzielonej sieci Ethernet, trudno jest zagwarantować jakość usługi GS

Mapa wykładu

- Wprowadzenie
 - 10 trendów rozwoju sieci
- Komunikacja multimedialna w sieciach IP
- Techniki QoS
 - ATM (150 slajdów - 3 wykłady)
 - IEEE 802.1D
 - Integrated Services
 - Differentiated Services
 - MPLS
- Problemy i perspektywy rozwoju tych technologii

Zróźnicowane usługi IETF



Obawy związane z Intserv:

- ❑ **Skalowalność:** sygnalizacja, utrzymanie stanu w ruterze dla każdego przepływu trudne przy dużej liczbie przepływów
- ❑ **Elastyczne modele usług:** Intserv ma tylko dwie klasy. Chcemy również "jakościowe" klasy usług
 - "zachowuje się jak drut"
 - Relatywne rozróżnienie usług: Platinum, Gold, Silver

Podejście Diffserv:

- ❑ Proste funkcje w rdzeniu sieci (przekazywanie)
- ❑ Stosunkowo złożone funkcje na brzegowych ruterach (lub hostach) (znakowanie)
- ❑ Brak definiowania klas usług, dostarcza funkcjonalnych komponentów do budowy klas usług
- ❑ Usługi są tworzone przez kombinacje przekazywania i znakowania

Architektura Diffserv



Ruter brzegowy:

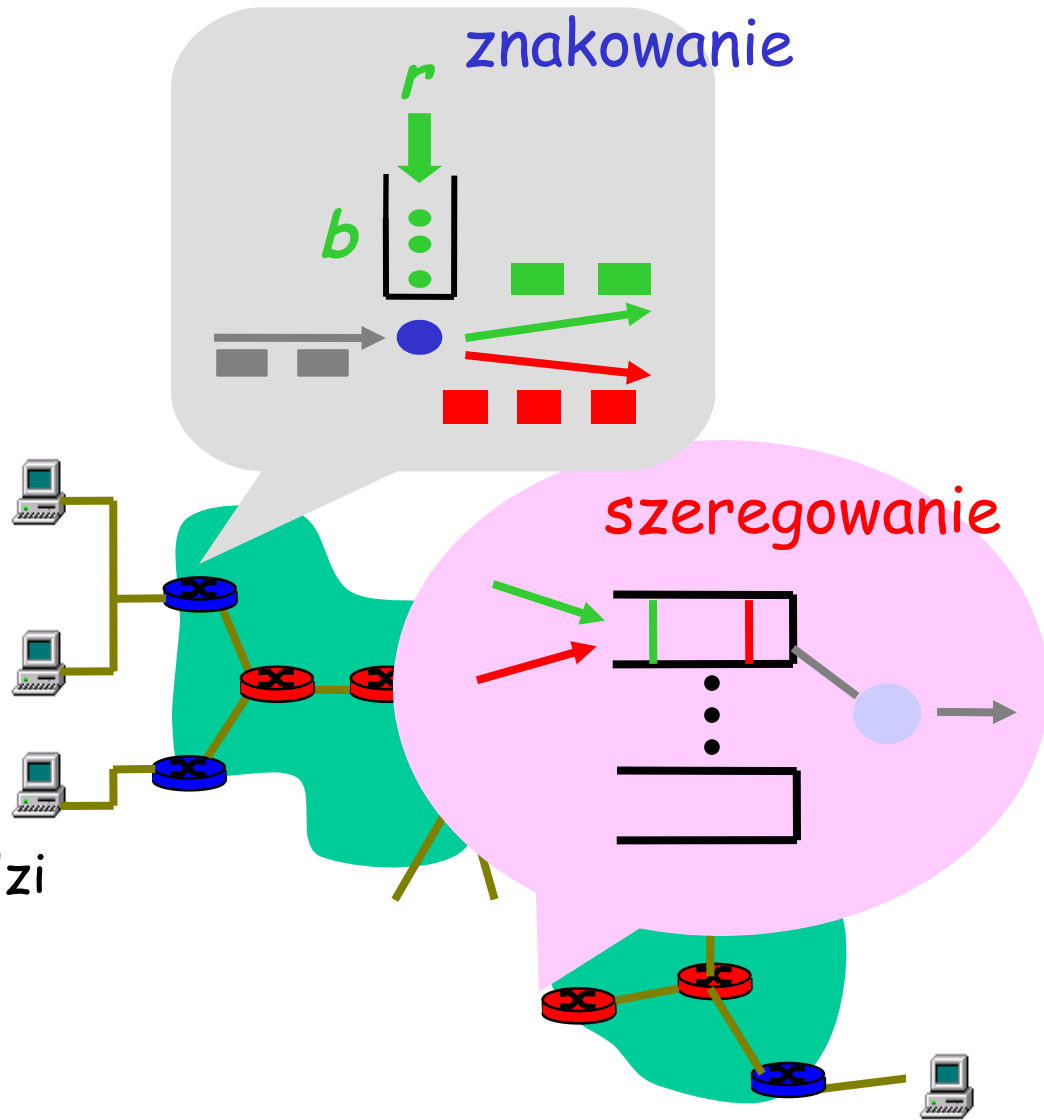


- zarządzanie ruchem dla każdego przepływu
- znakuje pakiety jako **zgodne z profilem** i **niezgodne z profilem**

Ruter podstawowy:



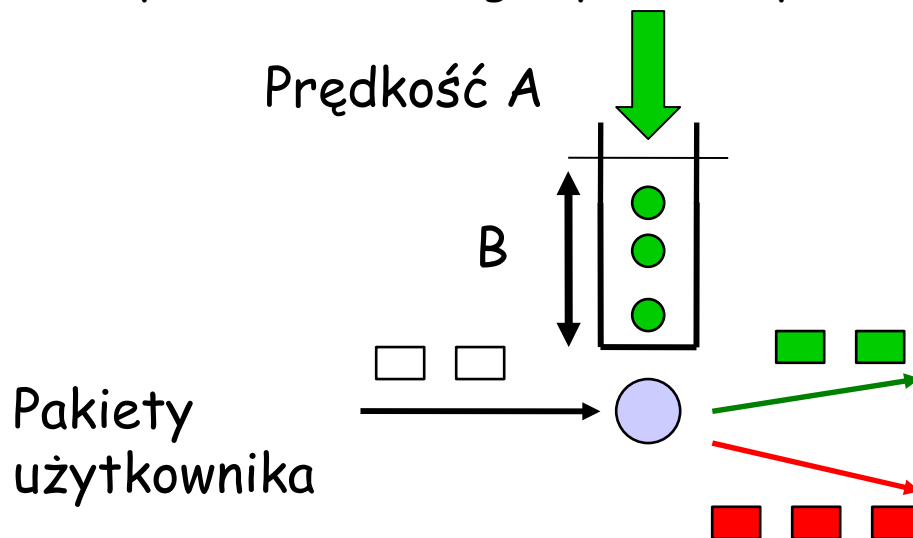
- zarządzanie ruchem **według klasy**
- buforowanie i szeregowanie oparte na **znakowaniu** na krawędzi
- preferowane są pakiety **zgodne z profilem**



Znakowanie pakietu routera brzegowego



- profil: z góry ustalona prędkość A , rozmiar kubetka B
- Znakowanie pakietu na brzegu oparte na profilu dla każdego przepływu



Potencjalne wykorzystanie znakowania:

- Znakowanie oparte na klasie: pakiety o różnych klasach różnie znakowane
- Znakowania w obrębie klasy: zgodna porcja przepływu znakowana odmiennie niż niezgodna

Klasyfikacja i dopasowanie



- ❑ Pakiet jest znakowany w Typie Usługi (TOS) w IPv4 oraz Klasie Ruchu w IPv6
- ❑ 6 bitów używane do Differentiated Service Code Point (**DSCP**) i ustalenia PHB, jakie otrzyma pakiet
- ❑ 2 bity obecnie nieużywane

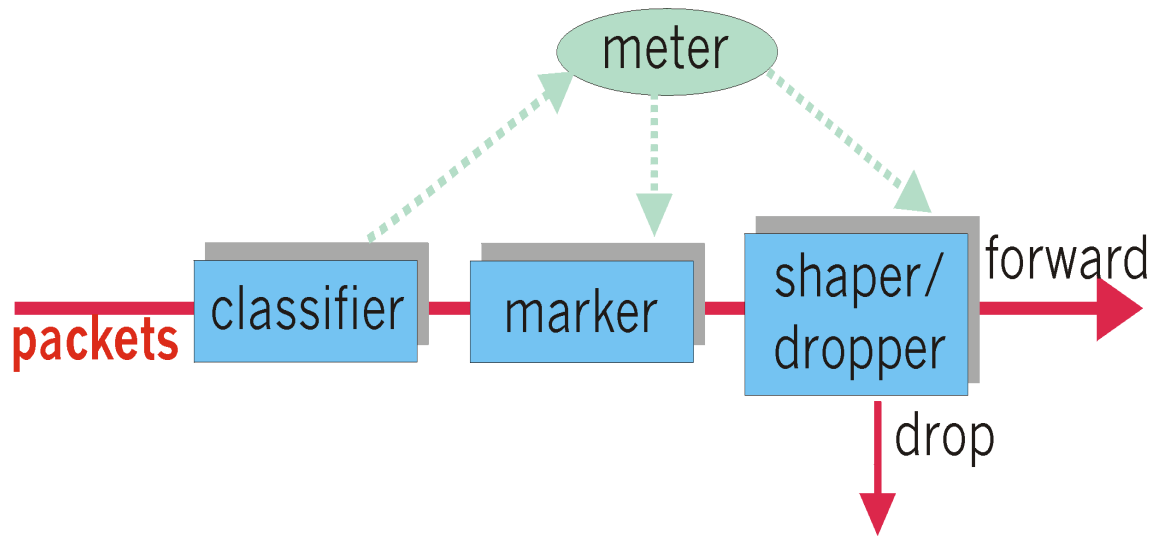


Klasyfikacja i dopasowanie



Pożądane może być ograniczenie tempa wysyłania ruchu którejś klasy:

- Użytkownik deklaruje profil ruchu
- Ruch mierzony, kształtowany, jeżeli jest niezgodny



Przekazywanie (PHB)



- *Ang. Per Hop Behavior*
- Wynik działania PHB to różna, dająca się zaobserwować (mierzalna) jakość i wydajność przekazywania pakietów przez sieć
- PHB nie określa, jakich mechanizmów używać, żeby zapewnić wymaganą jakość i wydajność PHB
- Przykłady:
 - Klasa A otrzymuje $x\%$ wychodzącego pasma łącza w interwałach czasowych o określonej długości
 - Pakiety klasy A wychodzą pierwsze, przed pakietami z klasy B

Przekazywanie (PHB) - 1



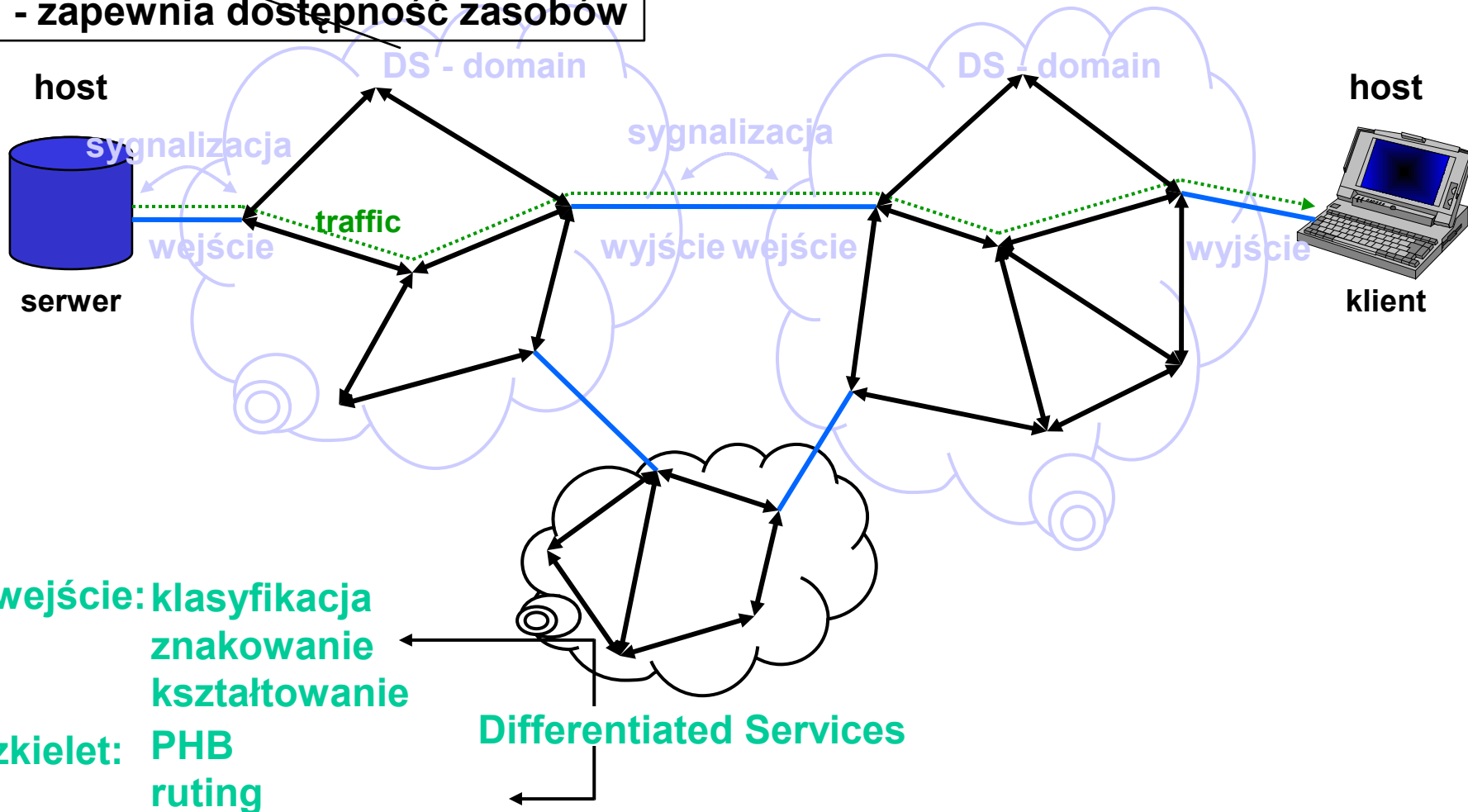
Zdefiniowane PHB:

- *Best effort*
- *Class selector*
- *Expedited forwarding*: prędkość przekazywania pakietów danej klasy nie jest mniejsza określonej (zadanej) prędkości
 - Logiczne łącze o minimalnej gwarantowanej prędkości
- *Assured forwarding*: 4 klasy ruchu
 - Każdej gwarantowana jest minimalna szerokość pasma
 - Każda z trzema podziałami według preferencji usuwania

Architektura DiffServ

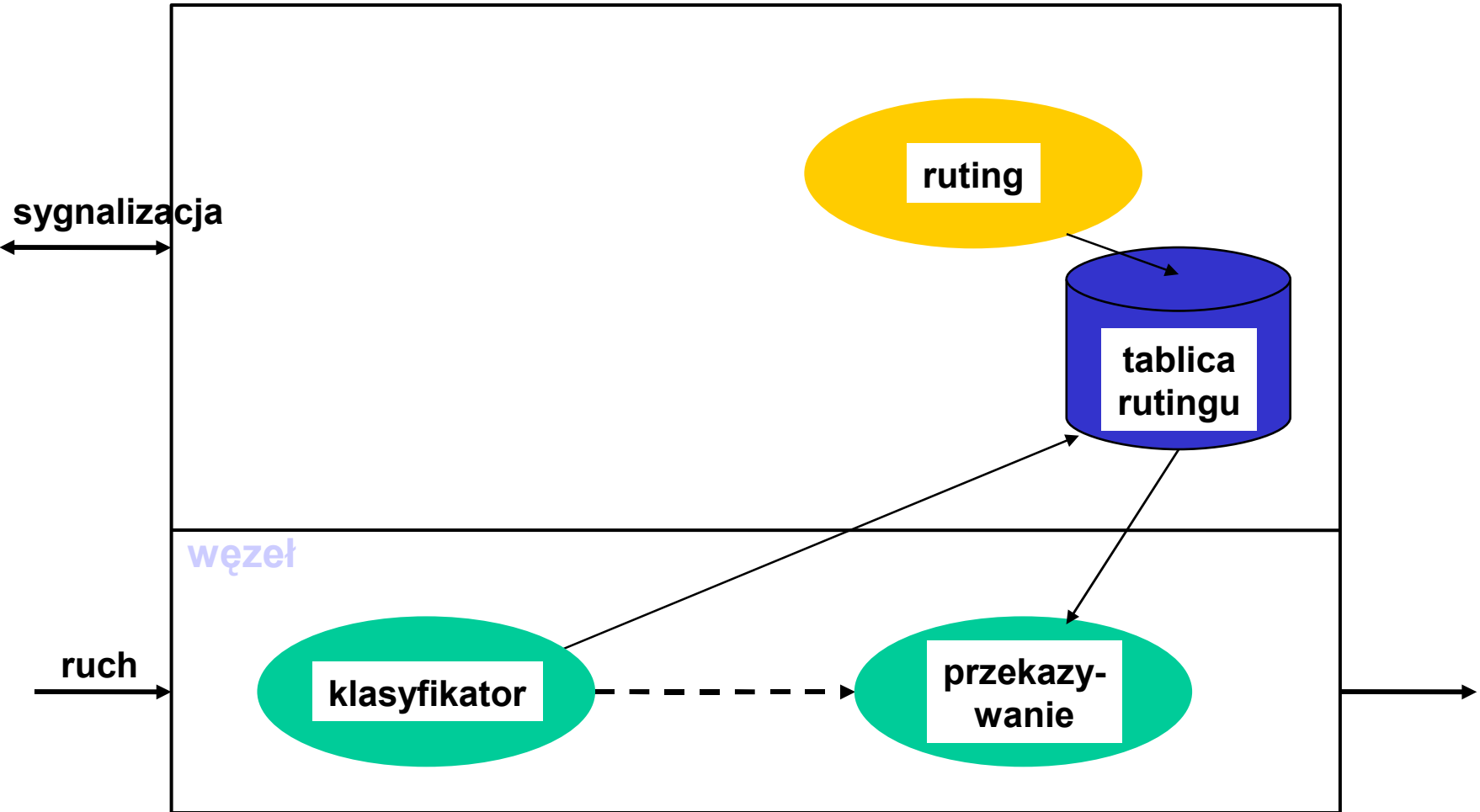


sieć pod spólną administracją
(Intranet, ISP)
- udostępnia sygnalizację
- zapewnia dostępność zasobów



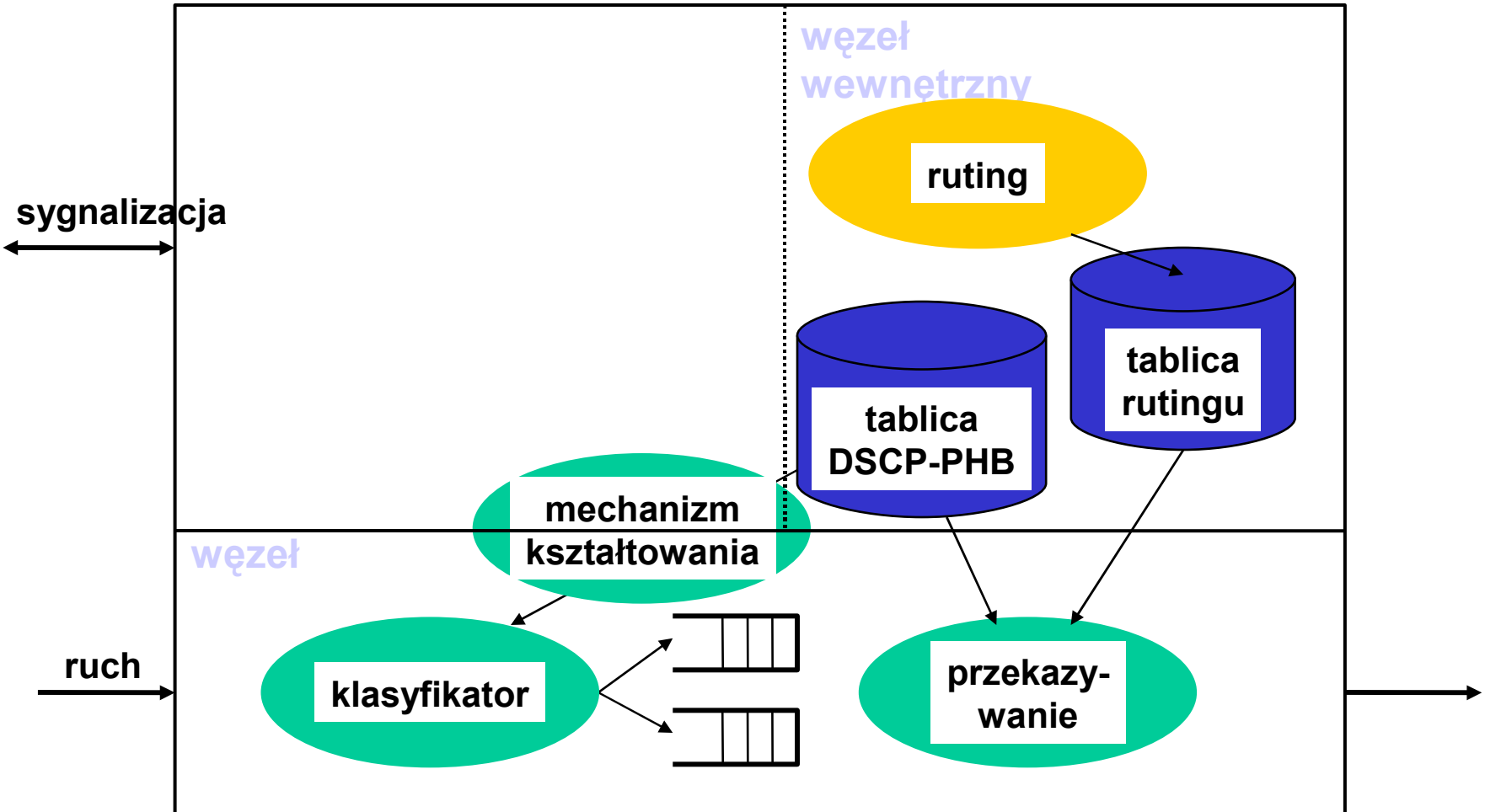


Zwykły router best-effort



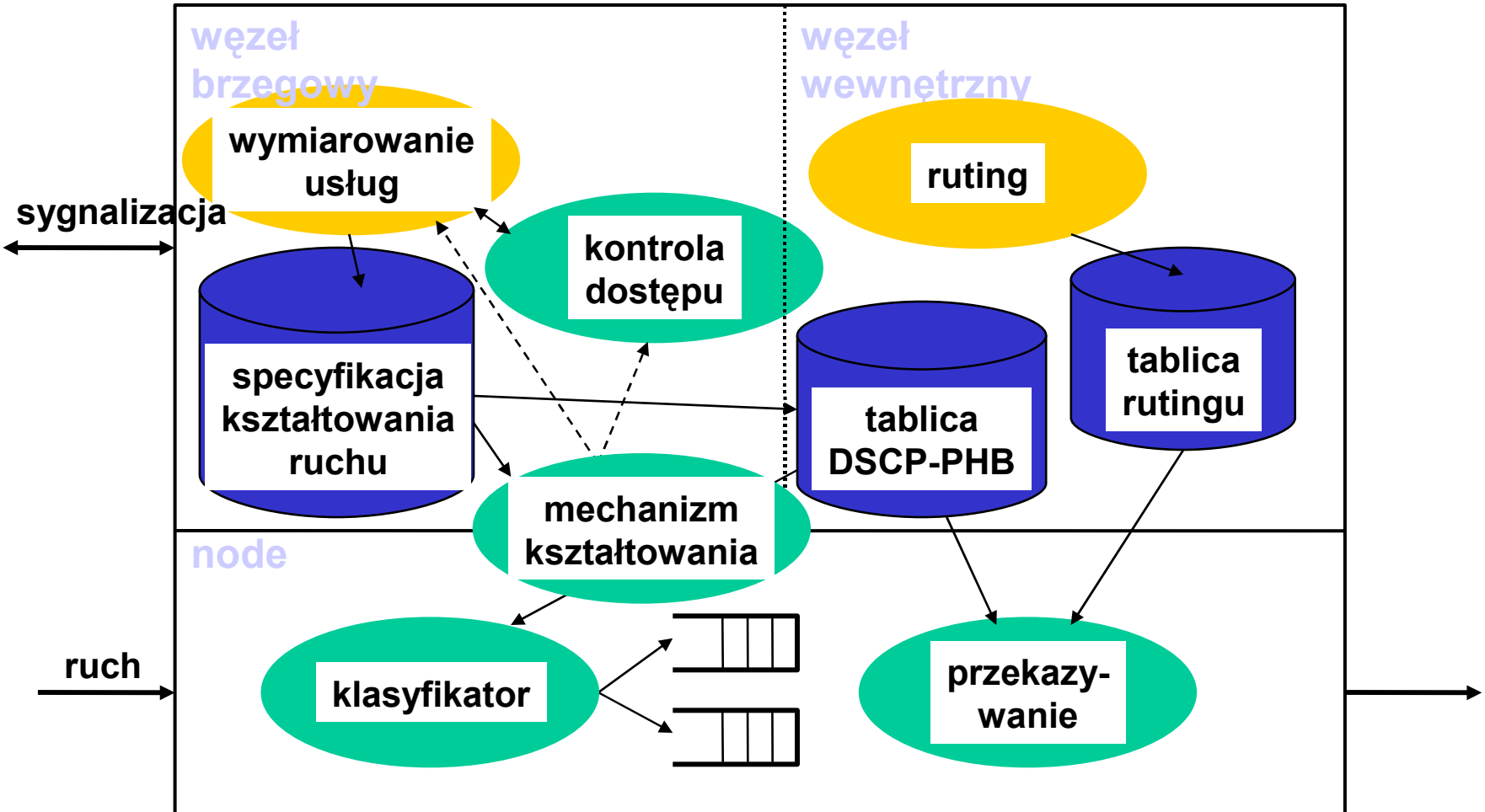


Węzeł wewnętrzny (*Interior Node*)

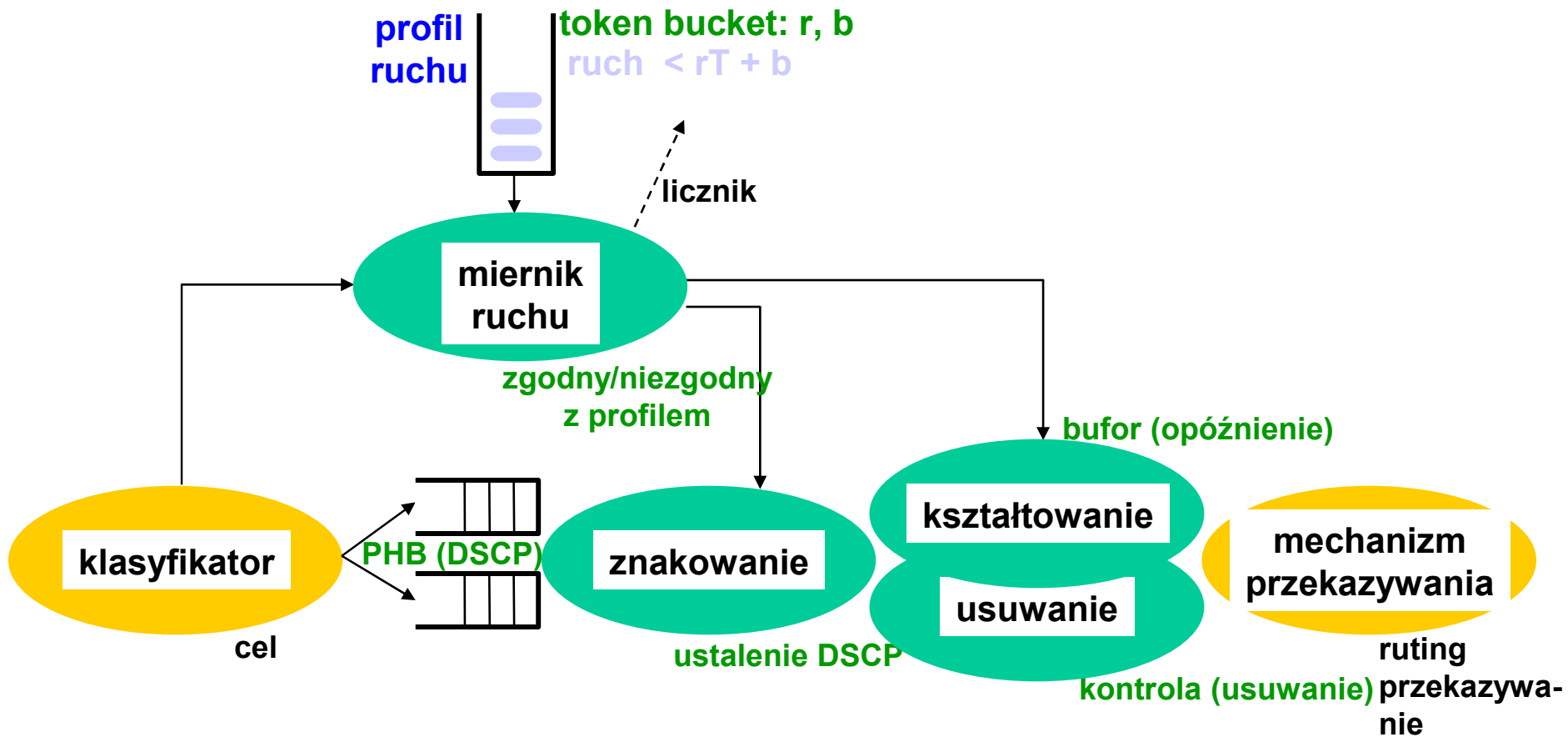




Pełny ruter DiffServ



Mechanizm kształtowania ruchu



Assured Forwarding PHB (AF)



- 4 grupy lub klasy PHB
 - bufory i przepustowość są przydzielane klasom
 - nie ma łączenia zasobów pomiędzy klasami
- W obrębie klasy:
 - 3 stopnie kolejności usuwania
 - pakiet o wyższym stopniu kolejności jest usuwany pierwszy

Assured Forwarding PHB (AF)



- Typowe zastosowanie: ruch pomiędzy intranetami
 - z dużym prawdopodobieństwem zapewnia jakość ruchowi zgodnemu z profilem
 - pozwala na dodatkowy ruch z mniejszym prawdopodobieństwem
- Poziom zapewnianej jakości zależy od:
 - ilości zasobów przydzielonej klasie ruchu
 - obciążenia w klasie ruchu
 - w wypadku przeciążenia, od stopnia kolejności usuwania

Expedited Forwarding PHB (EF)



- ❑ Typowe zastosowanie:
Wirtualne Wynajmowane Łącze
(ang. *Virtual Leased Line*)
- ❑ Zapewnia gwarancje przepustowości
(punkt-punkt)
- ❑ Straty, opóźnienie, zmienność opóźnień
są małe
 - nie określone ilościowo
 - zależne od implementacji PHB
(mechanizmu szeregowania)



Porównanie AF z EF

- AF:
 - Zaprojektowany do obsługi różnych klas ruchu
 - Zapewnia uporządkowanie pakietów
 - PHB jest sterowane stopniem kolejności usuwania
 - Kształtowanie ruchu: dopuszcza dodatkowy ruch, ale zmienia jego PHB
- EF:
 - Przypomina CBR: zapewnia gwarancje przepustowości
 - PHB: małe opóźnienie (ruch priorytetowy)
 - Kształtowanie ruchu: nie dopuszcza dodatkowego ruchu



Porównanie AF z EF

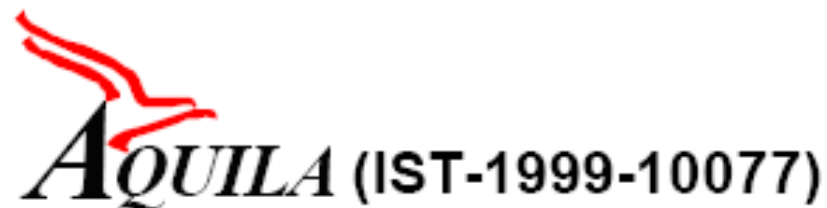
- AF:
 - przeciążenie i straty są możliwe
 - dodatkowy ruch jest dopuszczany, zarządzanie buforem i szeregowanie obsługują przeciążenie w każdej klasie AF.
- EF:
 - polega na kształtowaniu ruchu na brzegu sieci,
 - dodatkowy ruch i przeciążenie nie są dopuszczane
- Różne PHB wymagają różnych mechanizmów szeregowania.

Kształtowanie ruchu Three Color Marker



- Dwa kubetki *token bucket*
 - dwa parametry: *CB (Committed Burst)*
i *EB/PB (Excess/Peak Burst)*
- Pakiety są znakowane "kolorem" zielonym, żółtym, lub czerwonym
 - trzy stopnie kolejności usuwania dla AF
 - zielony < CB < żółty < EB/PB < czerwony
 - można zmieniać kolor na gorszy, ale nie na lepszy

Rozszerzenia DiffServ



Adaptive Resource Control for QoS Using an IP-based Layered Architecture

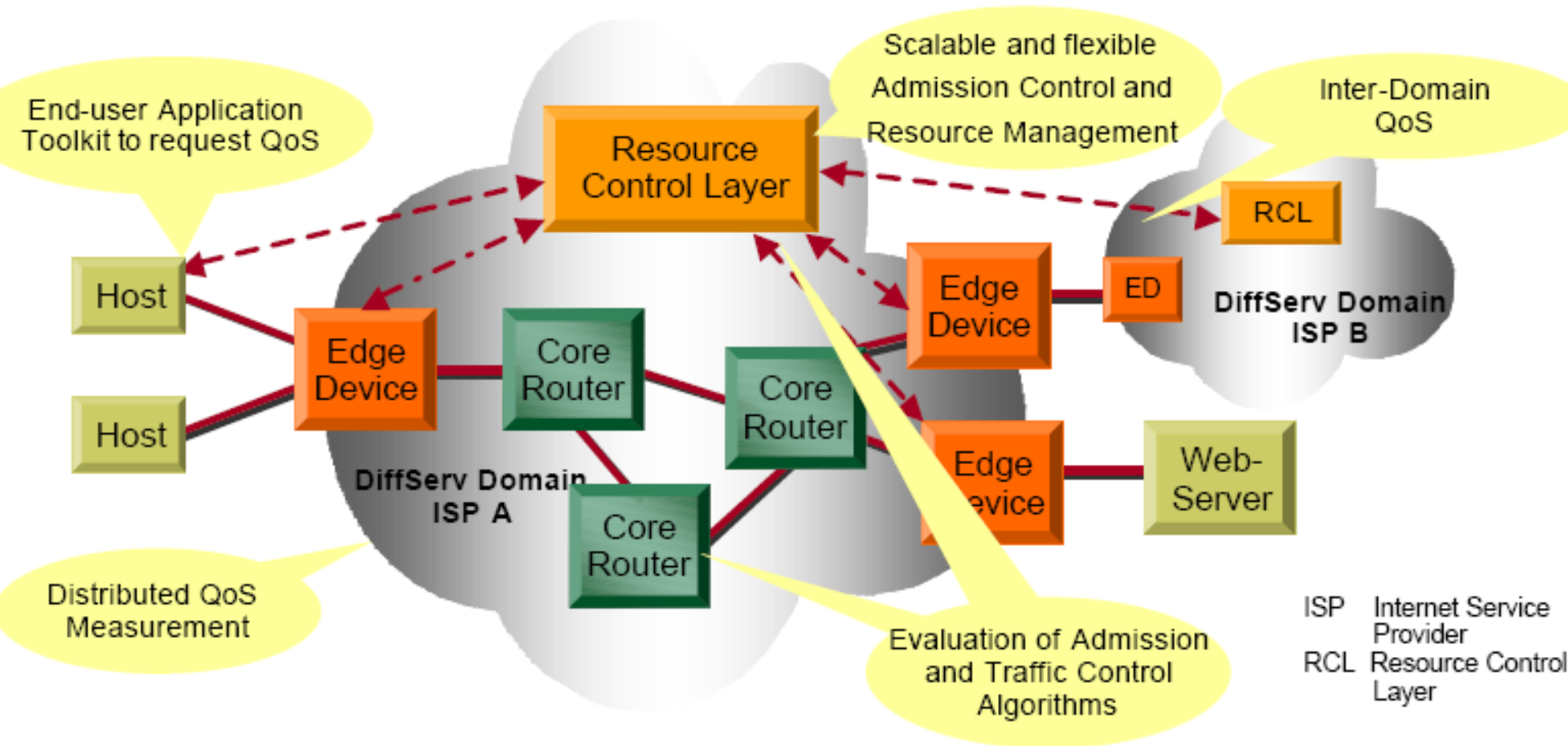
- ❑ Projekt europejski w ramach 5 programu ramowego
- ❑ Konsorcjum
 - m.in. Siemens, Politechnika w Dreźnie, TP S.A., Telekom Austria, Politechnika Warszawska, ...

Cele projektu AQUILA

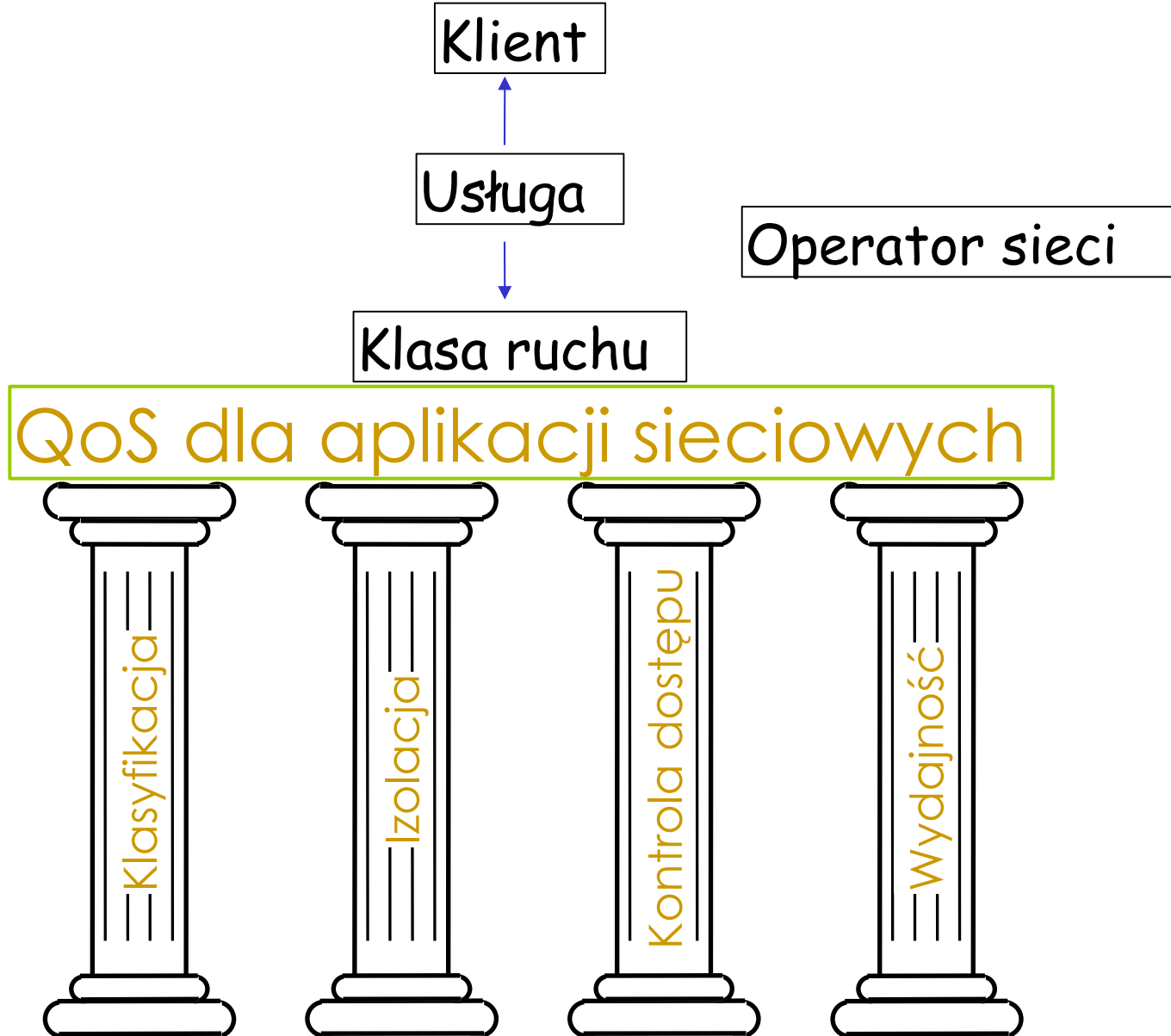
- ❑ Dynamiczne tworzenie połączeń z gwarancją jakości w sieciach IP
- ❑ Prototyp architektury QoS dla dużej sieci szkieletowej DiffServ
 - DiffServ udostępnia mechanizmy dla tworzenia usług: AQUILA próbuje zastosować te mechanizmy i utworzyć usługi, które operator może sprzedawać klientom
- ❑ Utworzenie narzędzi QoS (API)
 - QoS działająca dla połączeń koniec-koniec, tworzonych dynamicznie
- ❑ Publikacje, nowe standardy (IETF)



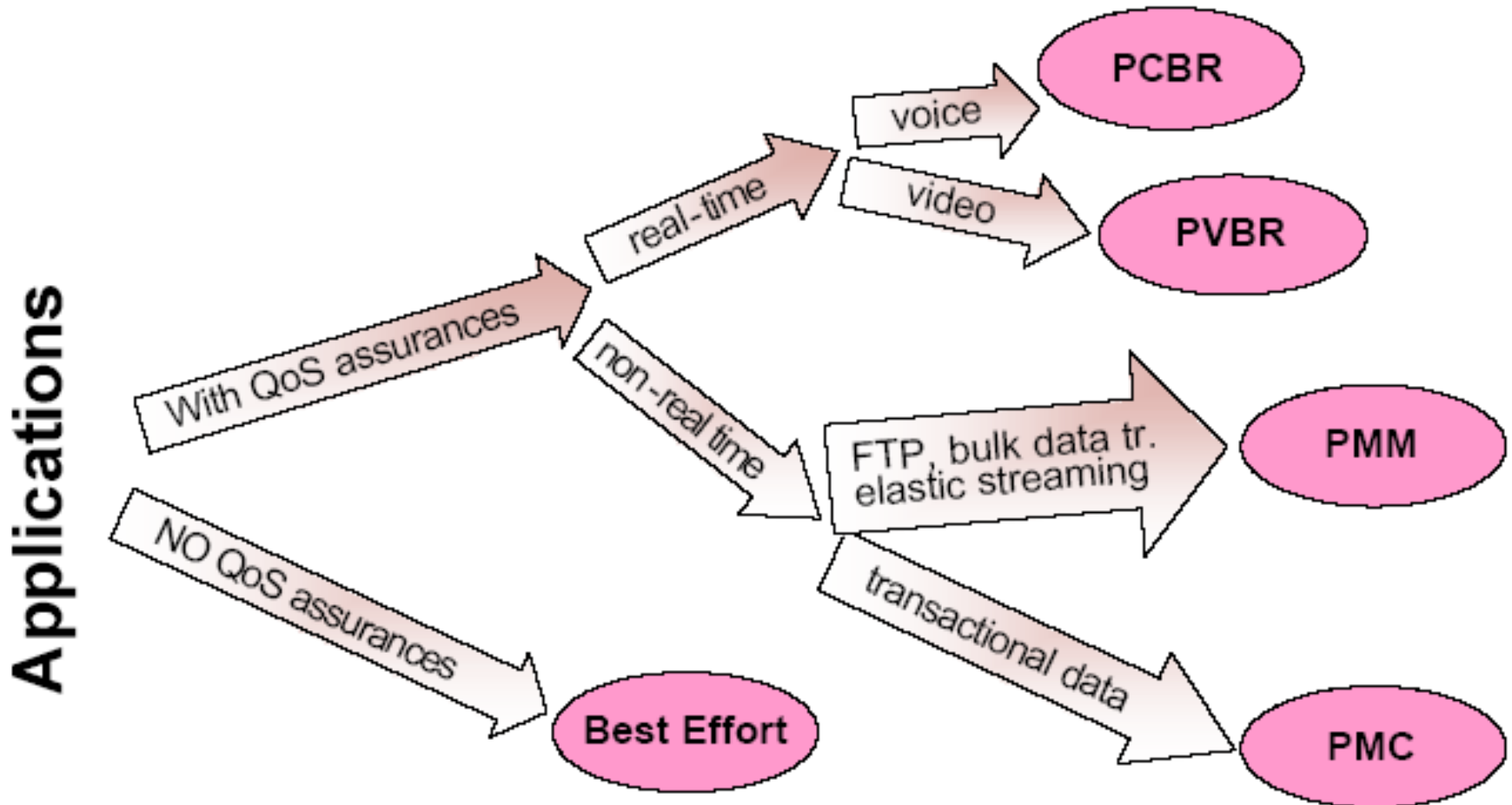
Główne innowacje



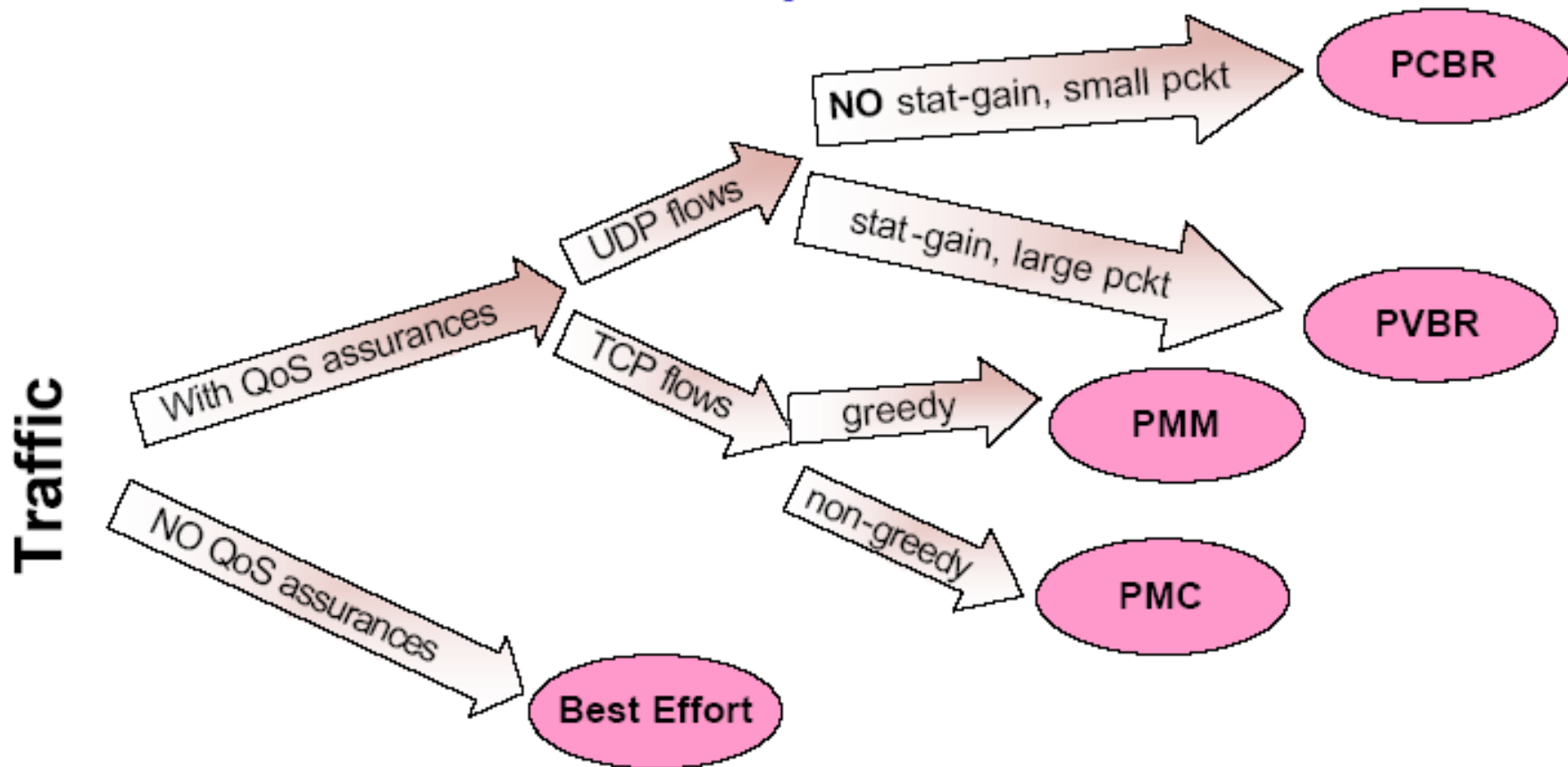
Klasy ruchu i usługi



Usługi AQUILA a aplikacje



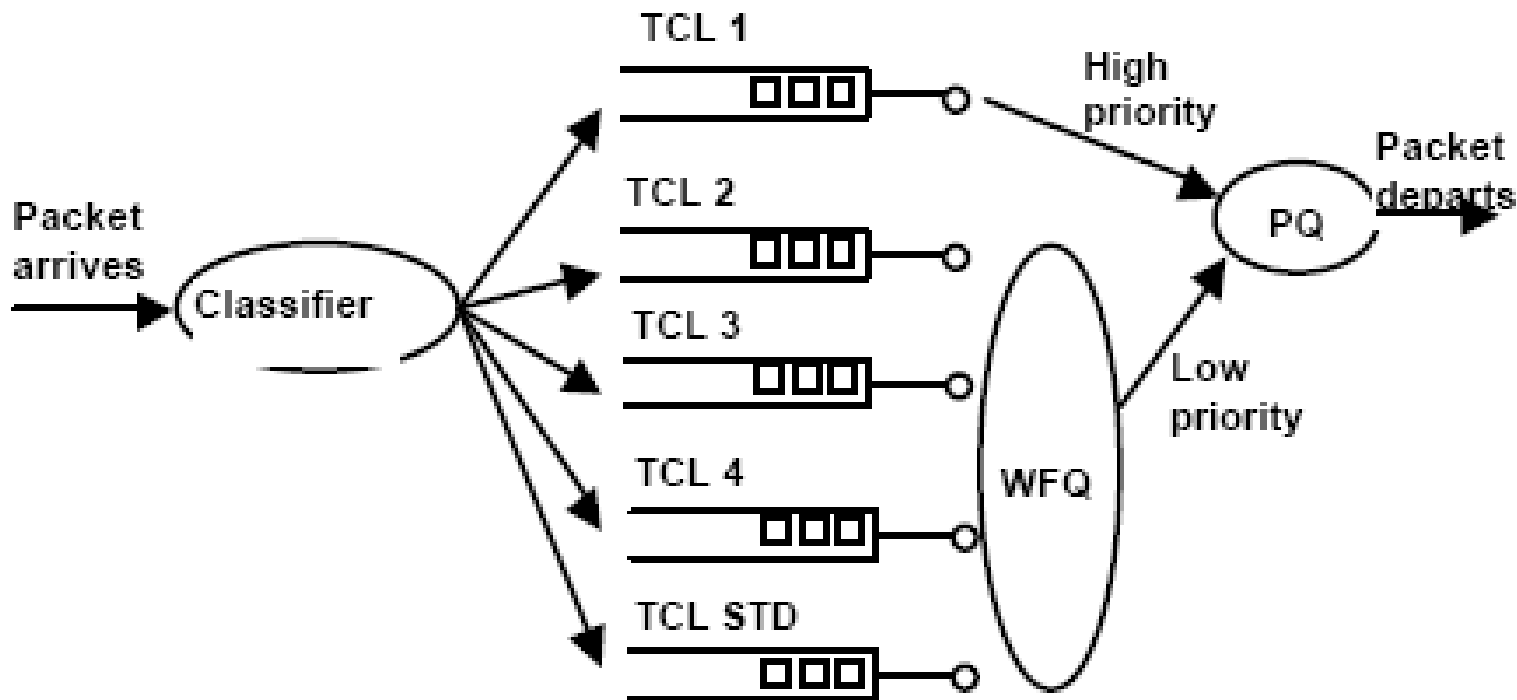
Usługi AQUILA a ruch



Klasy ruchu



| | | | | | |
|--------|-------------|-------------|--------------------|--------------------------|----------|
| Usługa | Premium CBR | Premium VBR | Premium Multimedia | Premium Mission Critical | Standard |
| Klasa | TCL1 | TCL2 | TCL3 | TCL4 | TCL STD |



Usługi



| Usługa | Rodzaj ruchu | Gwarantowana jakość | Przykład zastosowania |
|-------------|-------------------------|--|-----------------------|
| Premium CBR | stały małe pakiety | stałe opóźnienie stała przepustowość małe straty | SIP VoIP |
| Premium VBR | zmienny duże pakiety | małe straty ograniczone opóźnienie | SIP Wideo |
| Premium MM | elastyczny | średnie opóźnienie | Streaming wideo |
| Premium MC | gwałtownie zmienny | bardzo małe opóźnienie i straty | gra on-line |
| Standard | nieznany | best-effort | reszta |

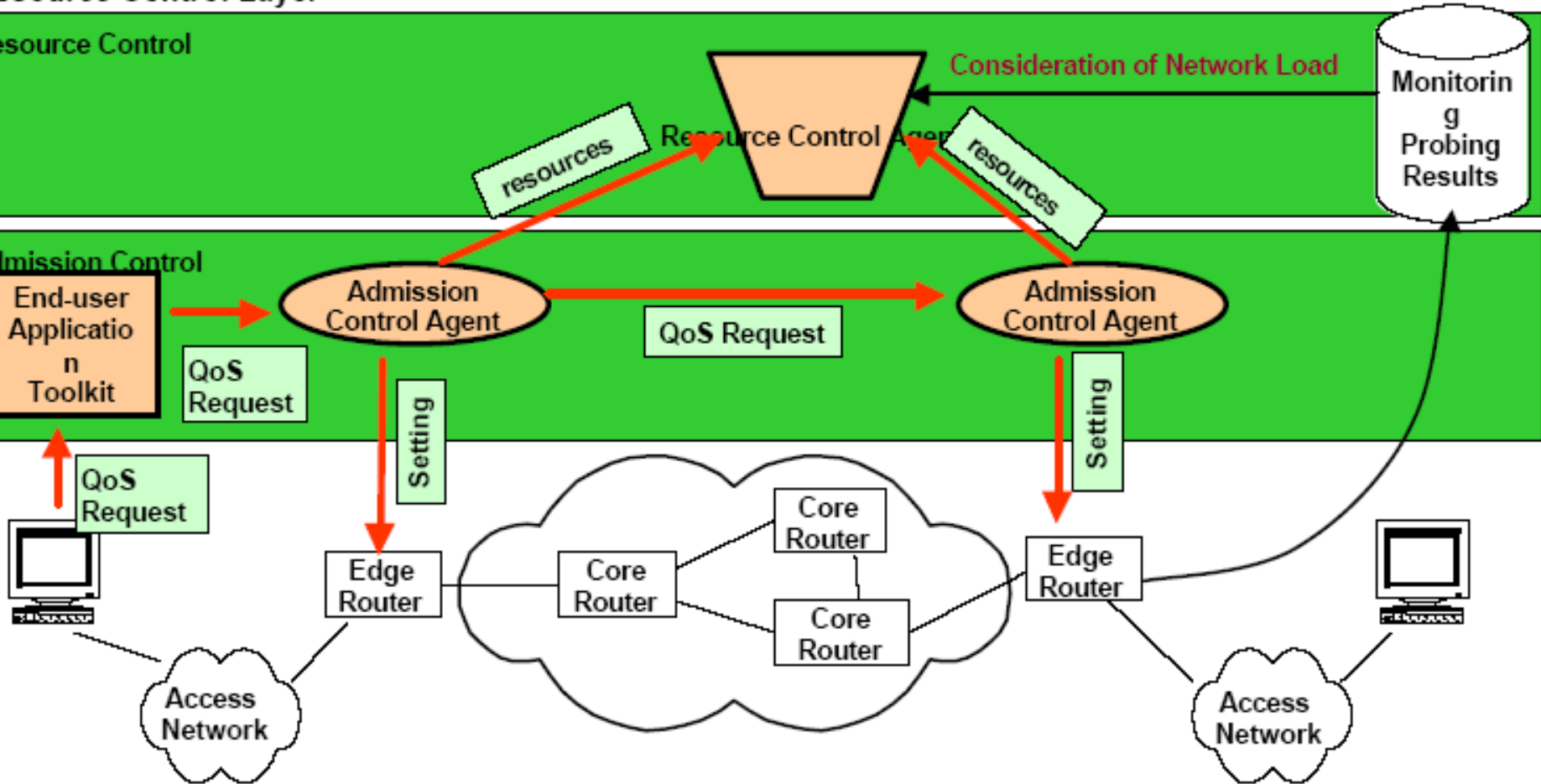
Architektura



Resource Control Layer

Resource Control

Admission Control



Warstwa sterowania zasobami



- Podstawowe mechanizmy DiffServ
 - udostępniają ustalone klasy ruchu w sieci
 - gwarantują QoS przez ograniczanie ilości ruchu w danej klasie przez kształtowanie ruchu na brzegu sieci
- Zadanie warstwy sterowania zasobami
 - określać, ile można dopuścić ruchu danej klasy z danego rutera brzegowego
 - umożliwiać przesuwanie zasobów pomiędzy routerami brzegowymi

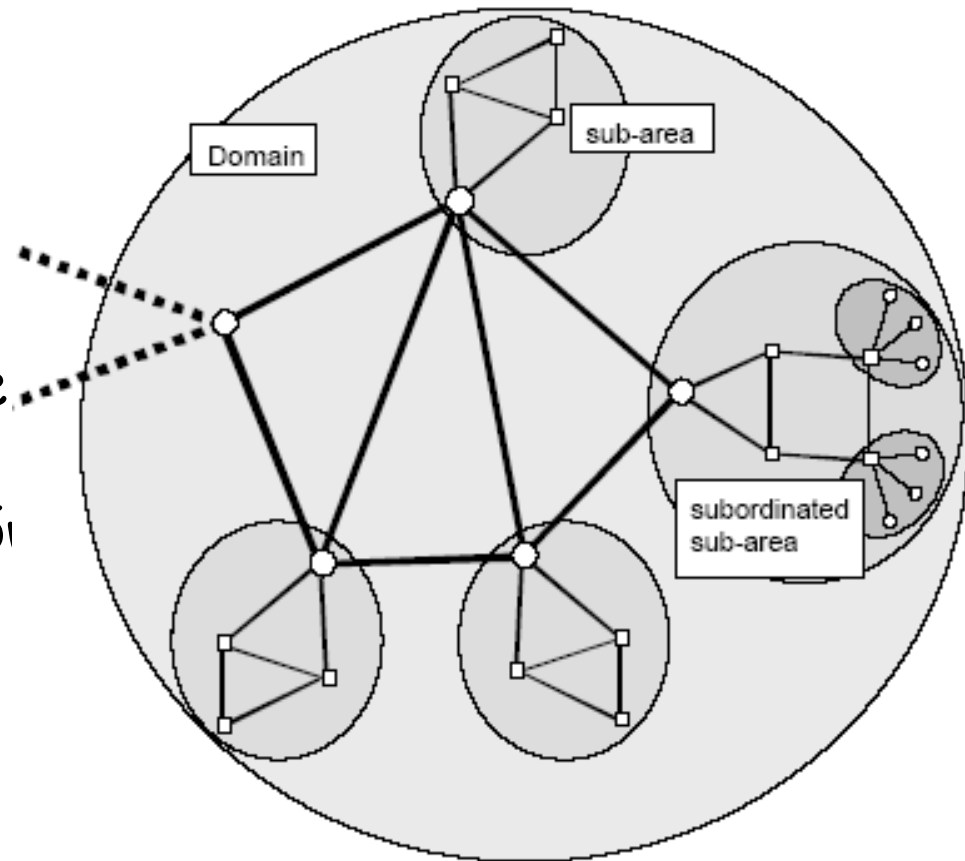
Warstwa sterowania zasobami



- Agent kontroli przyjmowania połączeń
 - uwierzytelnia użytkownika
 - kontroluje uprawnienia
 - znajduje wejściowy i/lub wyjściowy ruter brzegowy
 - żąda zasobów od agenta sterowania zasobami
 - przyjmuje/odrzuca nowe połączenia
 - konfiguruje wejściowy ruter brzegowy
- Agent sterowania zasobami
 - zarządza zasobami
 - sprawdza dostępność żądanych zasobów
 - Współdzieli zasoby z innymi agentami

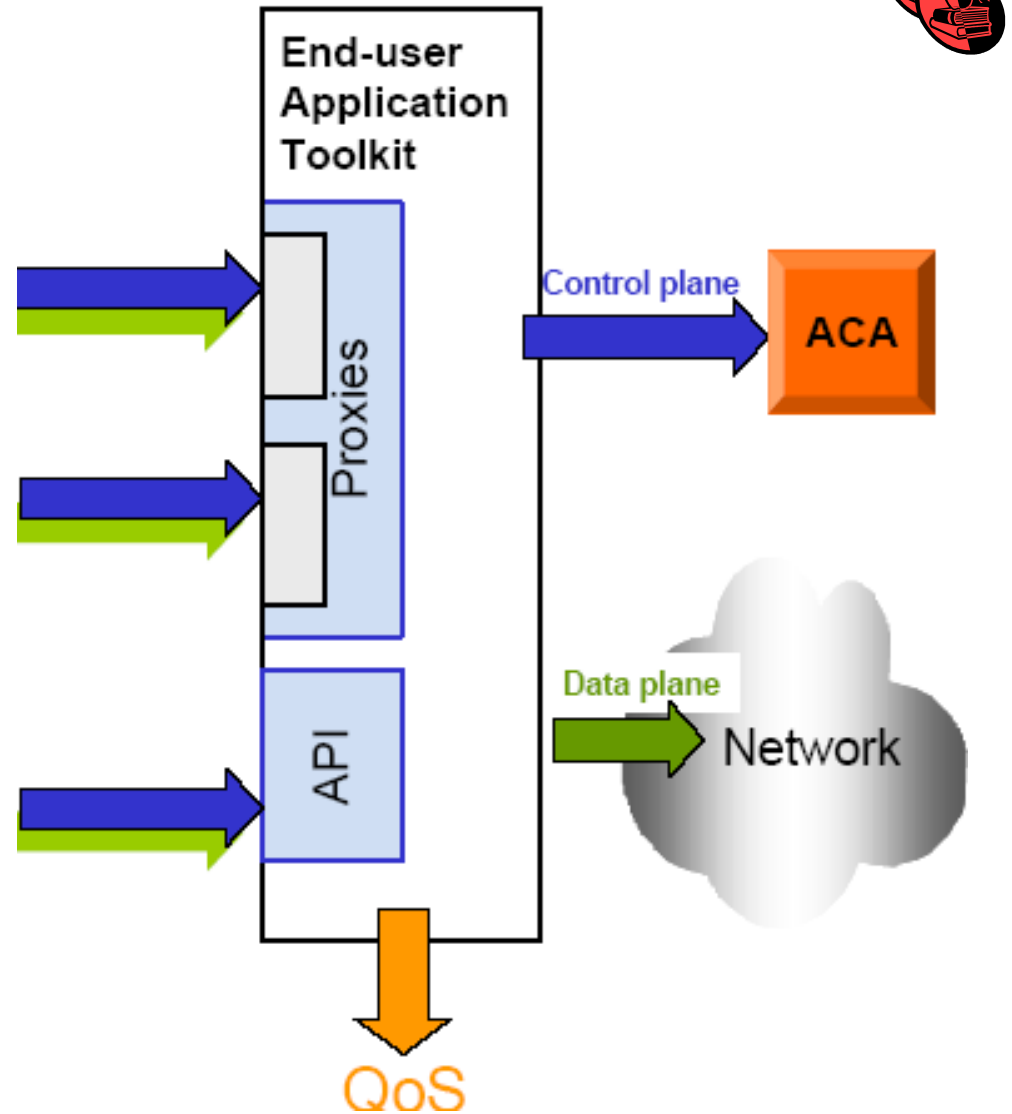
Zasoby grupowe

- ❑ Ograniczenia zasobów
 - ograniczanie ruchu QoS od każdego rutera brzegowego
- ❑ Grupy sąsiednich ruterów
 - ograniczanie ruchu QoS od każdej grupy
- ❑ Dynamiczne współdzielenie
 - w obrębie i między grupami, dzielenie dostępnych zasobów
- ❑ Hierarchia
 - Grupy grup



QoS API

- Umożliwienie dostępu do QoS aplikacjom odziedziczonym
- Obsługa aplikacji wymagających QoS, stosujących różne metody sygnalizacji (RSVP, DiffServ)
- Udostępnianie API do tworzenia nowych aplikacji QoS



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