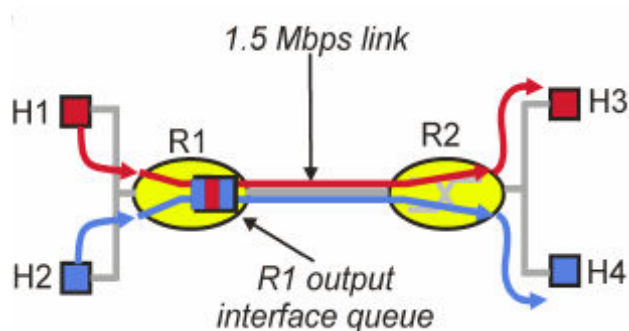


## Quality of service

- principy a mechanismus
- integrované služby
- diferencované služby
- policy based networking

### QoS v IP sítích

- IETF aktivity – QoS v IP sítích (zlepšení strategie best effort – s maximálním úsilím)
- Zahrnuje RSVP (Reservation Protocol, Differentiated (rozlišované) a Integrated (sjednocené) služby
- Jednoduchý model pro sdílení média



### Principy QoS

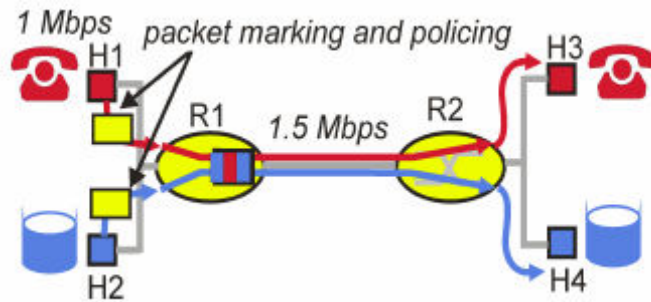
- Předpokládejme hlasový přenos 1Mb/s a FTP aplikaci, které sdílí linku s kapacitou 1,5Mb/s
- Nával dat z FTP může zahltnout směrovač a způsobit roztrhání hlasového přenosu
- Je třeba zavést priority tak, aby měl hlasový přenos přednost před přenosem FTP

### Princip 1 – značkování paketů

- je třeba označit (značkovat) pakety tak, aby směrovač mohl rozlišovat mezi různými třídami přenosu
- to je nová politika směrovače, kdy je s pakety zacházeno podle třídy

### Princip 2 – vzájemná izolace tříd

- vyžaduje mechanismus, který by zajistil zařazení zdrojů podle požadavků na šířku pásma
- označování paketů musí být realizováno na hranách (okrajích) sítě

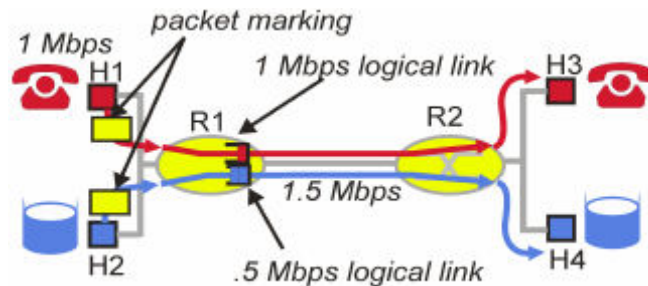


Alternativní řešení – přidělení části pásma každému aplikačnímu toku

- vede k neefektivnímu využití pásma (pásma zůstane nevyužito, pokud jej aplikace nepotřebuje)

Princip 3 – při izolaci tříd je třeba využít zdroje co nejefektivněji

- nepodporovat přenosy, které překračují kapacitu linky



Princip 4 – je třeba realizovat proces „kontroly na vstupu“ (Call Admission Process)

- aplikační tok musí deklarovat své potřeby předem
- síť může volání blokovat pokud nemůže potřeby zajistit

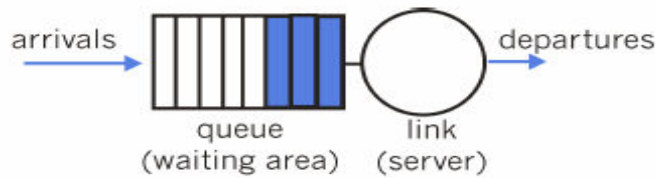
QoS pro síťové aplikace vyžaduje

- klasifikaci paketů
- izolaci: rozvrhování a politiku rozhodování
- vysokou míru využití zdrojů
- kontrolu na vstupu (Call Admission)

Rozvrhování a kontrolní mechanismus (Scheduling and Policing Mechanisms)

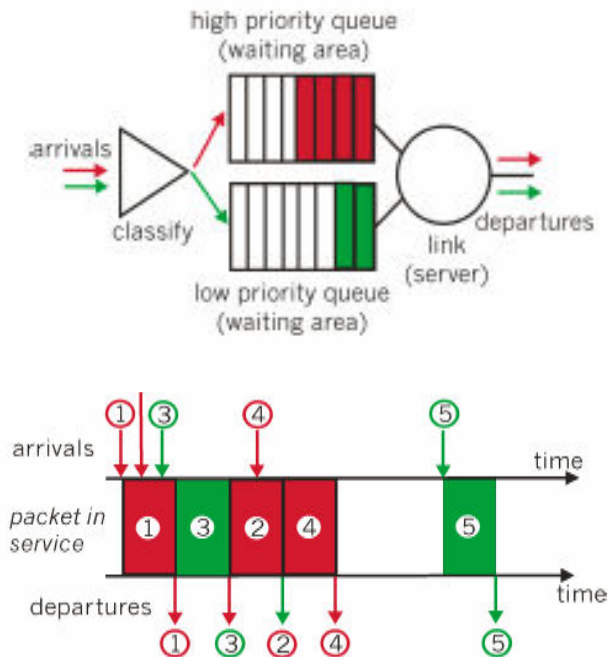
Rozvrhování – výběr dalšího paketu pro přenos linkou

- existuje několik použitelných mechanismů
- FIFO
  - výběr v pořadí příchodu
  - pakety přicházející do plné vyrovnávací paměti jsou zahozeny
  - může být použit kontrolní mechanismus pro určení který paket bude zahozen a který zařazen do fronty



- prioritní

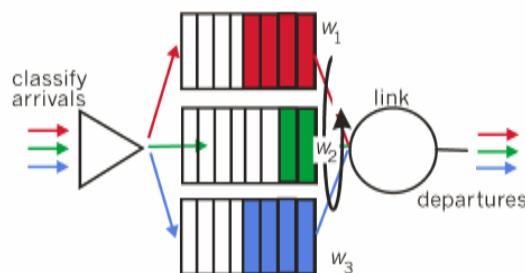
- třídám je přiřazena různá prioritita
- přiřazená třída může záviset na explicitním značkování nebo informaci v záhlaví (IP adresy, TCP porty, ...)
- nejdříve se vysílají pakety z fronty s nejvyšší prioritou
- mohou existovat preemptivní i nepreemptivní (bez přerušení) verze



- Round Robin: vybírá z každé neprázdné fronty pro obsluhu třídy jeden požadavek
  - Cyklické prohlížení front

- Weighted Fair Queuing (WFQ)

- Zobecněná metoda Round Robin
- Obsluha front (tříd) rozdílně podle priority
- Obsluha v dané časové periodě

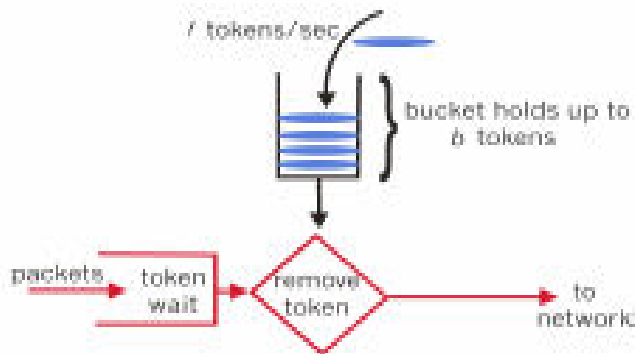


Mechanismy politiky – pro kontrolní mechanismus (policing) existují následující kritéria

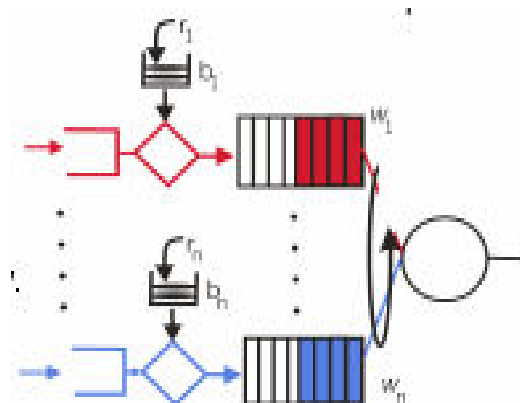
- průměrná rychlost (počet paketů za sek.)
  - rozhodující aspekt je délka intervalu měření
  - dlouhodobé měření
- špičková rychlost (počet paketů za ?)
  - krátký časový interval
  - krátkodobé měření
- velikost shluku (burst size)
  - maximální počet paketů poslaných najednou
  - krátký časový interval

Token bucket mechanismus

- bucket = vědro, nalévat, vylévat, oblast paměti
- mechanismus zajišťující omezení vstupu na předem specifikovanou velikost shluku (burst size) a průměrnou rychlost (average rate)



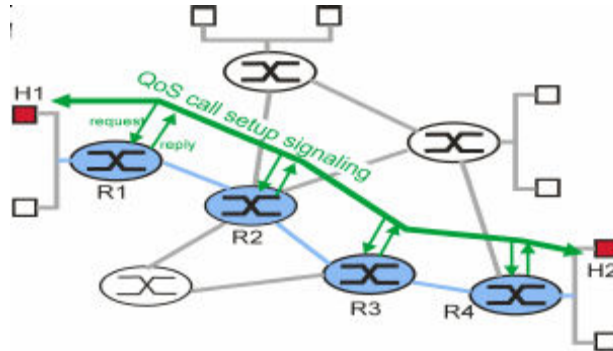
- nádoba může obsahovat maximálně **b** tokenů (značek)
- značky jsou generovány rychlostí **r** značek/s, pokud není nádoba plná
- za dobu **t** je počet paketů, kterým je povolen vstup (přijatých)  $\leq (r \cdot t + b)$
- metoda může být kombinována s Weighted Fair Queueing (WFQ)
- zaručuje horní hranici zpoždění



## Integrated services (jednotné, sjednocené služby)

- architektura pro garantování QoS v IP sítích pro individuální aplikační relace

- spoléhá se na rezervaci zdrojů
- směrovače si musí udržovat stavovou informaci (obdobu virtuálních okruhů)
- záznamy o přidělených zdrojích
- reakce na přicházející požadavky vytváření spojení

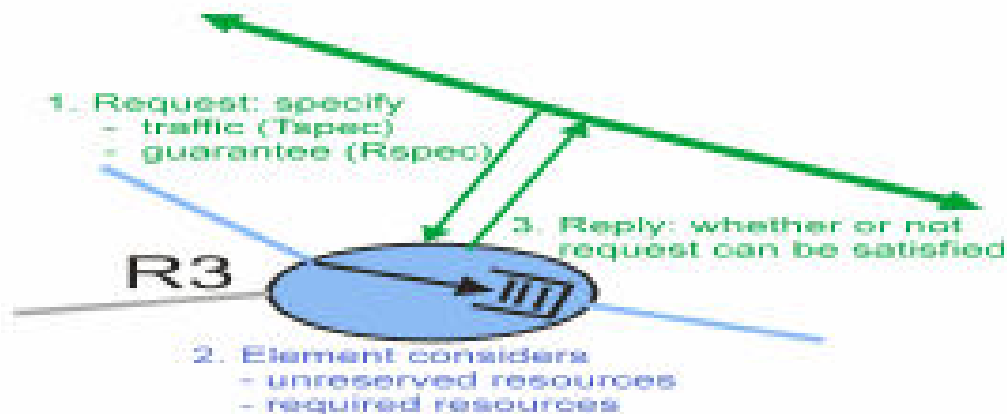


### Třídy integrovaných služeb

- garantované QoS
  - pevně daná hranice pro čekání ve frontě směrovače
  - určeno pro RT aplikace citlivé na dobu zpoždění i rozptyl zpoždění mezi koncovými uzly
- řízená zátěž (Controlled Load)
  - přibližné QoS zajišťované nepřetíženým směrovačem
  - určené pro dnešní IP síťové RT aplikace
  - dobré výsledky v nepřetížených sítích

### Call Admission (řízení při navazování spojení)

- při vytváření spojení (relace) se musí deklarovat požadavky na QoS a charakterizovat přenos, který má síť zajistit
- R-spec: definuje QoS, které bude požadovat
- T-spec: definuje charakteristiky přenosu
- Signalizační protokol přenáší R-spec a T-spec do směrovačů od kterých požaduje rezervaci (apř. RSVP)
- Směrovače přijmou požadavky dle aktuální situace (zdroje přidělené ostatním voláním)



## Resource reservation protocol (RSVP)

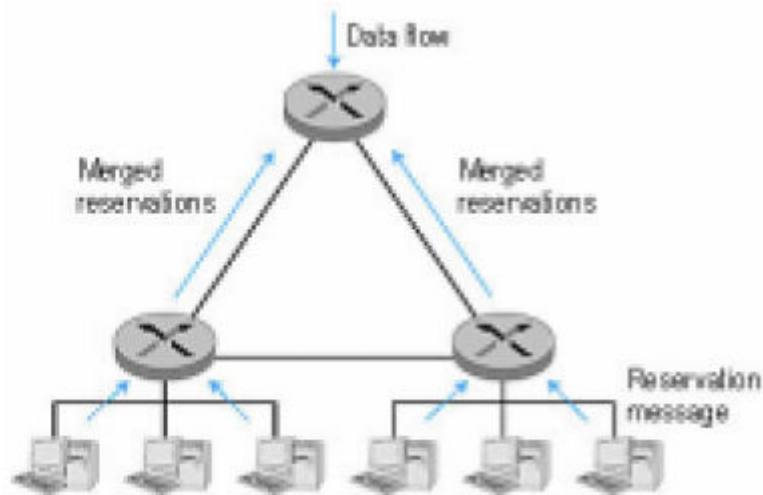
- umožňuje aplikacím rezervaci přenosového pásma pro přenos dat
- hostům slouží pro zadávání požadavků na rezervaci
- směrovačům slouží pro forwardování požadavků na rezervaci dalším směrovačům
- RSVP musí fungovat na celém řetězci (vysílač, směrovače, přijímač)

### Vlastnosti RSVP

- podporuje rezervaci pásma pro zprávy typu unicast i multicast
- dovoluje účastníkům relace v multicasu požadovat různé QoS
- pracuje nad existujícím směrováním, využívá existující směrovací tabulky
- nespecifikuje jak bude požadované pásmo rezervováno
- není směrovací protokol, ale je signalizační protokol – dovoluje hostům vytvořit a rušit rezervaci pro datový tok

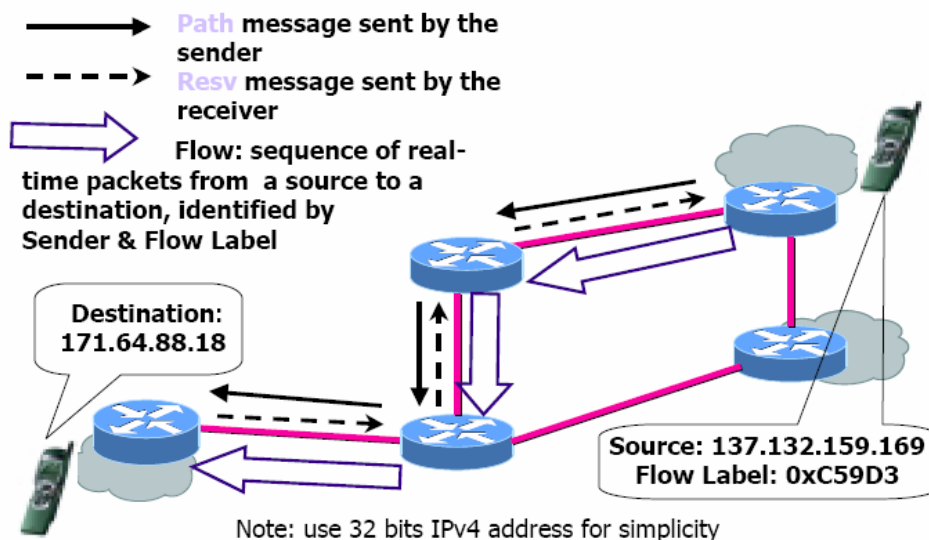
### Charakteristiky RSVP

- používá existující směrovací protokoly
- je orientován na přijímač. Vysílač inseruje charakteristiky přenosu a přijímač iniciuje a udržuje rezervaci
- směrovače na trase přenosu musí být informováni o požadavcích a musí upravovat a obnovovat informace o RSVP relacích (spojeních)



### RSVP operace – proces vytváření a udržování rezervací

- v okamžiku, kdy zdroj dat začíná vysílat, posílá zprávu PATH
- pro každý přijímač musí RSVP vytvořit doručovací multicastový strom do všech vysílačů aby se daly posílat rezervační zprávy RESV
- pokud směrovač přijme zprávu RESV, opraví si (pokud je to třeba) stavové tabulky s cestami a pošle zprávu dál
- pokud zprávu přijme příjemce, který chce vytvořit rezervaci pro tento zdroj, pošle zprávu RESV
- pokud směrovač přijme zprávu RESV, rezervuje příslušné zdroje a propaguje RESV dál
- Pokud RESV narazí na směrovač, ve kterém je již rezervace pro daný tok existuje, RESV se dál neposílá, tok dat se nasměruje na příjemce.



### RSVP – rezervace zdrojů

- identifikace relace (spojení)
  - pro IPv4 je relace definována
    - cíl. IP adresou, protokolem, cílovým portem
  - pro IPv6 je to
    - zdroj. IP adresa, Flow Label, cíl. IP adresa
- základní RSVP zpráva obsahuje
  - **flowspec** – definuje požadované QoS, používá se pro konfiguraci front a vlastností plánování ve směrovači
  - **filterspec/session id** – používá se pro konfiguraci klasifikátoru ve směrovači – definuje množinu paketů, které budou mít QoS popsané ve **flowspec**
- rezervace zdrojů pouze specifikuje jak velké množství a pro koho je rezervováno
- tento filter (kolik, pro koho) je nastaven rezervační entitou a může být měněn bez ohledu na množství rezervovaných zdrojů (dynamicky)
- relace může mít přiřazeno více **filterspec**, každá s vlastním **flowspec** – různé QoS úrovně pro přenosy z různých zdrojů
- „Best Efort“ probíhá bez **filterspec**

### Způsoby rezervace – filtry

- existují 3 způsoby rezervace (RFC 2205)
- **Fixed filter** – dovoluje danému zdroji, aby byl explicitně spojen s daným **flowspec** a relací (unicast aplikace)
- **Shared Explicit filter** - dovoluje více zdrojům, aby byly explicitně spojeny s daným **flowspec** a relací. Vyžaduje, aby klasifikátor paketů měl vstup pro každé číslo relace.
- **Wildcard filter** – sdílí **flowspec** zdrojů mezi toky od různých zdrojů. Není vyžadován **filterspec**. Dovoluje směrovači rezervovat zdroje pouze s jedním klasifikátorem.
- Styly filtrování nemohou být mixovány v jedné relaci
- Směrovače potvrzují rezervaci zprávami **ResvConf**
- Odmítnutí rezervace se děje zprávou **ResvErr** (chybná zpráva **RESV**, odmítnutí požadavku)
- **PathErr** je posílána pokud se objeví chyba při zpracování zprávy **PATH**.
- Klasifikace paketů je založena na informaci aplikační úrovně, nyní se definice **filterspec** provádí pouze pro TCP a UDP.

### Udržování rezervace

- pro aktivní relace je periodicky posílána zpráva **PATH** i **RESV**
- pokud není rezervace obnovována, je zrušena a zdroje jsou uvolněny
- pokud se změní cesta, jsou zdroje také uvolněny
- explicitní uvolnění zdrojů se provádí pomocí **PathTear** nebo **ResvTear**
- obnovovací interval 15 až 45 sek

### Problém škálovatelnosti

- zabírá hodně paměťové i procesorové kapacity
- častá výměna zpráv **PATH** a **RESV** – velká spotřeba kapacity kanálu
- zpracování po paketech – vícerozměrná klasifikace, fronty, plánování (měření, politika, ořezávání)

### Differentiated Services (rozlišované služby)

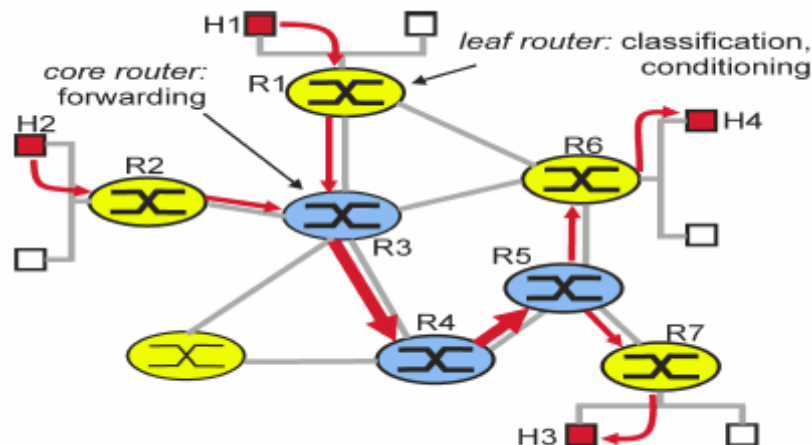
- jsou určeny pro odstranění následujících problémů IntServ a RSVP
  - skalabilita – směrovače s RSVP udržují velký počet toků současně
  - flexibilita modelu služeb
  - složitá signalizace – týká se RSVP

### Základní přístup

- jednoduché funkce uvnitř sítě, složité funkce na vstupech a výstupech
- nedefinuje třídy obsluhy, pouze nabízí prostředky pro vytvoření služeb

### Hranová zařízení, funkce hranových zařízení

- na vstupu a výstupu subsítě jsou tzv. hranová zařízení, která klasifikují pakety (modifikace paketů)
- klasifikace – označování paketů podle pravidel klasifikace (specifikováno protokolem nebo administrátorem)
- formování přenosu – zadržování, odmítání paketů



### Základní funkce

- forwardování – podle „Per-Hop-Behavior“ – chování za (při) přeskoku
  - PHB – specifikováno pro danou třídu paketů
  - PHB – je založeno na značkování paketů podle tříd
- Na směrovačích není udržována stavová informace

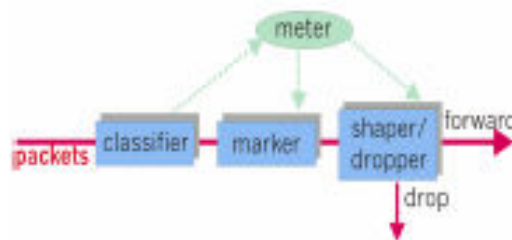


## Klasifikace a formování přenosu

- paket je značkován v poli TOS v IPv4 a Traffic Class v IPv6
- je označován DSCP (Differentiated Service Code Point)
  - délka je 6 bitů
  - určuje PHB (RFC 2474, RFC 3140)
  - CU – currently unused



- pro některé třídy může být žádoucí omezit rychlost vstupujících paketů
- Uživatel deklaruje profil přenosu (rychlost, velikost špiček)
- Přenos je měřen a případně tvarován



## Forwardování (PHB)

- vede k různým pravidlům forwardování
- nespecifikuje mechanismus který má být použit pro zajištění požadovaného PHB
- např. pouze procento využití kapacity, přednost různým PHB (třídám PHB)

## Používané metody PHB forwardování

- Expedited Forwarding - EF PHB (upřednostněné) – RFC 3246 EF PHB zajišťuje, že každý směrovač v diffserv doméně odesílá pakety zařazené do EF PHB průměrnou rychlostí alespoň rovně stanovené rychlosti. Průměrná rychlost se měří v jakémkoliv časovém intervalu delším nebo rovném době potřebné pro odesílání paketu maximální délky stanovenou rychlostí. EF PHB je vhodné pro implementaci virtuálního pronajatého okruhu.
  - Logická linka s minimální garantovanou rychlostí
  - Doručovací rychlost paketů z dané třídy je rovná nebo přesahuje specifikovanou rychlost
- Assured Forwarding – AF PHB (zaručené) – RFC 2597 AF PHB umožňuje zařadit pakety do jedné ze čtyř tříd. Každé třídě je ve směrovačích přidělen určitý objem prostředků (velikost vyrovnávací paměti, kapacita výstupní linky). V rámci každé třídy je každému paketu přiřazena jedna ze tří priorit zahození paketu (drop precedence), ke kterému může dojít v případě zahlcení. Směrovač musí odeslat paket mající nižší hodnotu priority se stejnou nebo vyšší pravděpodobností než paket mající vyšší hodnotu priority. AF PHB se používá pro implementaci služeb, u kterých je třeba volitelná úroveň kvality přenosu.
  - Obsahuje 4 třídy
  - Pro každou třídu zvlášť zajišťuje minimální šířku pásma a ukládání do vyrovnávacích pamětí