



# MPLS

*(Podpora QoS – manažment radov)*

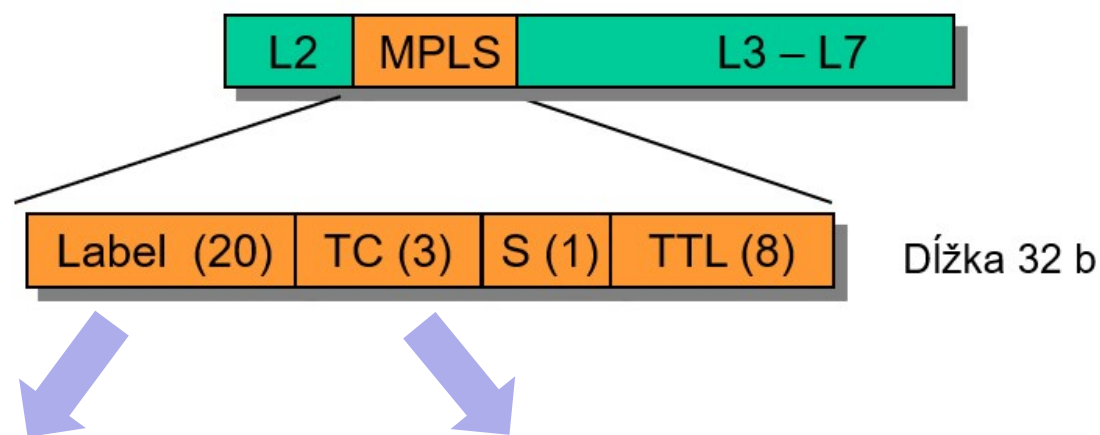
Martin Medvecký

*[martin.medvecky@adlerka.sk](mailto:martin.medvecky@adlerka.sk)*



## Podpora QoS v MPLS

- Podpora QoS prostredníctvom MPLS–DiffServ (*DiffServ-TE*)  
(*Max. 8 tried TE*)



Umožňuje Traffic Engineering (TE)  
t.j. smerovanie paketov  
prostredníctvom rôznych ciest LSP  
podľa požiadaviek na QoS.

Umožňuje diferencované spracovanie  
paketov v LER a LSR podľa rôznych  
požiadaviek na QoS  
→ tzv. **PHB (Per Hop Behavior)**

Zabezpečuje sa pomocou rôznych  
čakacích radov



# Aktívny manažment radov

- Diferencované PHB sa zabezpečuje prostredníctvom rôznych čakacích radov a ich obsluhy (*zapisovania a vyčítavania paketov*)
- Rozlišujeme:
  - *QMM (Queue Memory Management)*
    - Kontroluje počet paketov vo výstupnom rade.
    - Vykonáva sa pri operácii zaradenia prichádzajúceho paketu do radu.
  - *QSD (Queue Scheduling Disciplines)*
    - Riadi výber paketov z radov, pričom sa snaží dodržať šírku pásma pridelenú každej triede



### QMM zabezpečuje

- Pridávanie paketov do príslušného radu (napr. podľa ich klasifikácie a pod.)
- Zahadzovanie paketov, ak je rad plný
- Vyberanie paketov na vysielanie podľa príkazov plánovača (*scheduler*)
- Voliteľne: monitorovanie zaplnenie radov a odstraňovanie paketov ešte pred zaplnením radu, alebo označovanie paketov pre neskoršie odstránenie



## Zahadzovanie paketov

### Výber paketu pre zahodenie

- **Prichádzajúci paket**
  - Jednoduchá realizácia (paket sa nezaradí do radu)
  - Prichádzajúce pakety majú tendenciu mať väčšie oneskorenie a pre real time aplikácie sú „menej užitočné“
- **Paket na čele radu (*DFF, Drop From Front*)**
  - Náročnejšie na manipuláciu s radom,
  - Pri niektorých službách (napr. TCP) – rýchlejšia reakcia na preťaženie siete



## Tail Drop

- Najjednoduchšia technika zahadzovania paketov
- Rad sa plní FIFO princípom, keď je plný, ďalšie prichádzajúce pakety sa automaticky zahadzujú
- Koncové uzly nie sú spravidla o zahadzovaní informované a musia stratu paketu detegovať samostatne
- Môže viesť k tzv. „*globálnej synchronizácii*“ (napr. pri TCP), kedy rýchlosť prevádzky osciluje medzi preplnenými a prázdnyimi FIFO radmi



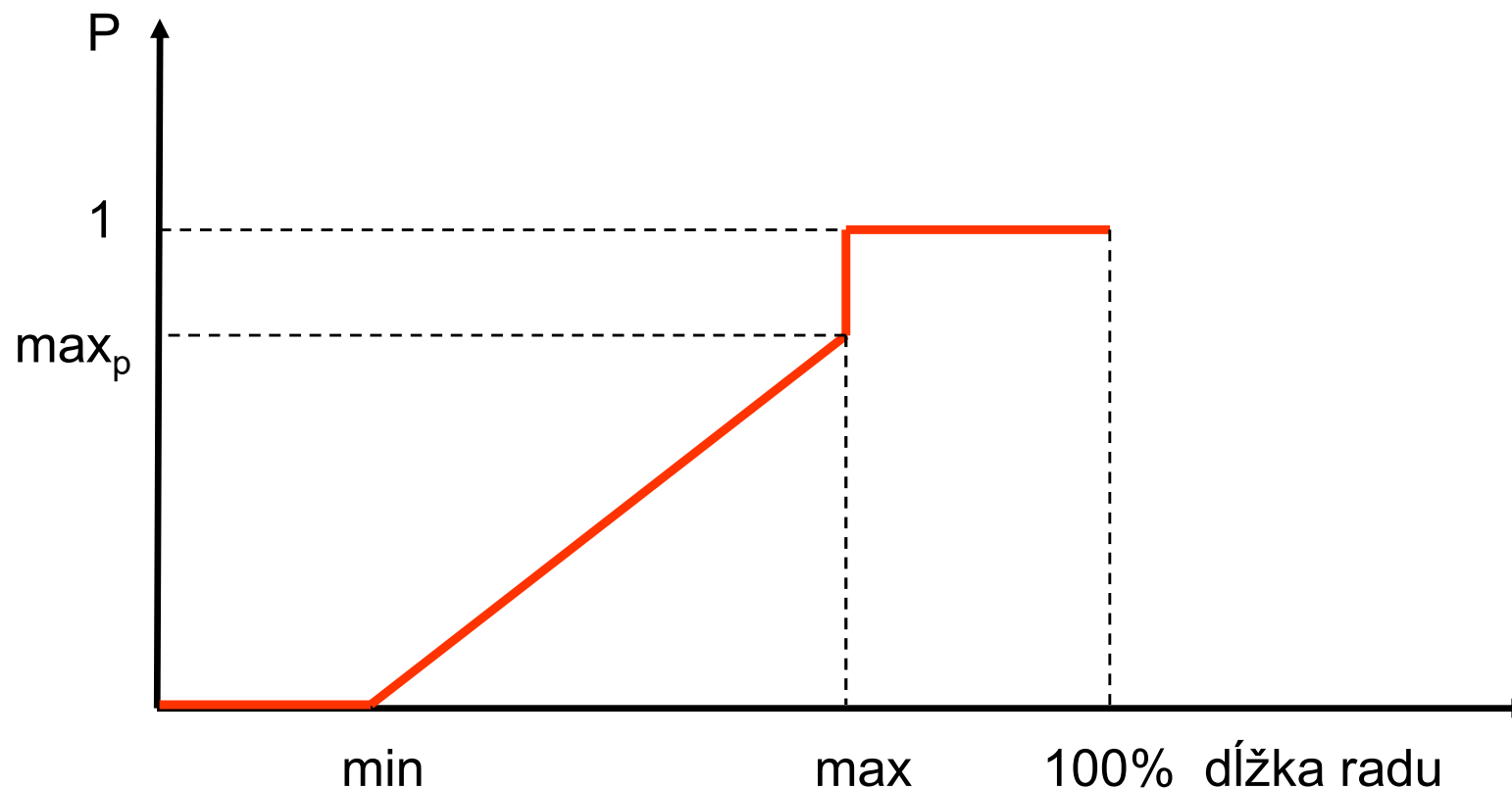
## Random Early Detection (RED)

- QMM technika často implementovaná na IP smerovačoch
- Predpokladá spoluprácu s algoritmami pre riadenie toku technikou predchádzania zahltenia (obsahuje ju napr. TCP)
- RED používa tzv. *packet drop* profil – vyjadruje závislosť medzi pravdepodobnosťou zahodenia prichádzajúceho paketu a zaplnením radu.



# Random Early Detection (RED)

*Pravdepodobnosť zahodenia paketu  
(Packet drop profil)*







## Random Early Detection (RED)

### Výhody:

- Zavedenie RED nevyžaduje modifikáciu TCP protokolu
- Prístup k riešeniu zahltenia je proaktívny → nemalo by nikdy dôjsť k úplnému zaplneniu radu a následnému tail drop zahadzovaniu
- RED podporuje TCP, lebo nezahadzuje zhľuky paketov z jediného TCP toku v dôsledku preplnenia

### Nevýhody:

- RED môže byť dosť ťažké nastaviť
- RED pracuje dobre iba s TCP protokolom
- Zahadzovanie paketov nie je veľmi efektívny signál oznamujúci zahltenie. Plytvajú sa pri ňom sieťové prostriedky (paket musí byť znovu preposlaný).



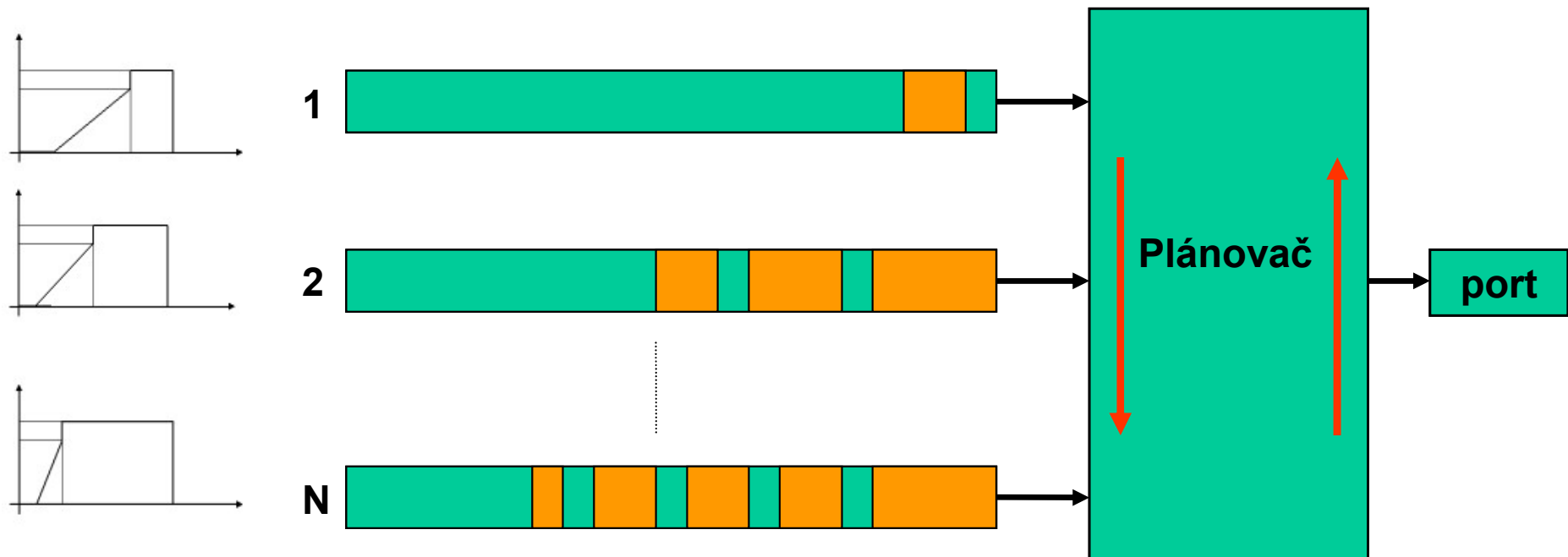
## Weighted RED (WRED)

- Rozširuje RED o možnosť priradiť rôzne drop profily rôznym typom prevádzky
- využitie:
  - Viac rôznych profilov v rámci jedného radu.
  - Rôzne profily pre jednotlivé rady  
*(ak existuje viac radov, napr. existuje samostatný rad pre každú triedu služby)*



# Weighted RED (WRED)

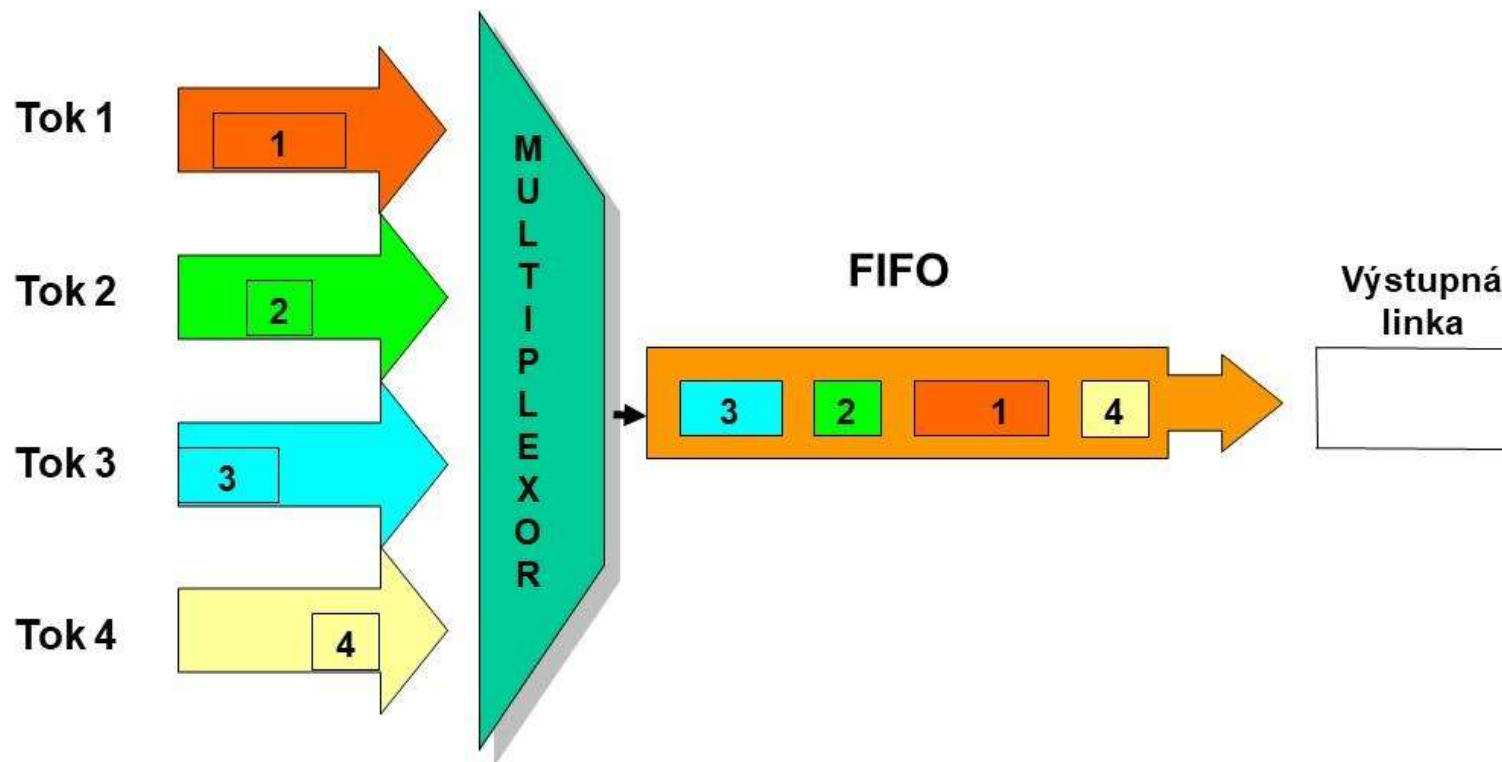
Aplikovanie rôznych profilov pre rôzne rady





## FIFO

- Najjednoduchší (*základný*) QSD algoritmus
- Využíva iba jeden rad





# FIFO

### Výhody:

- Oneskorenie závisí len od veľkosti radu
- Nízka výpočtová náročnosť
- Zachováva zhlukový charakter vstupnej prevádzky

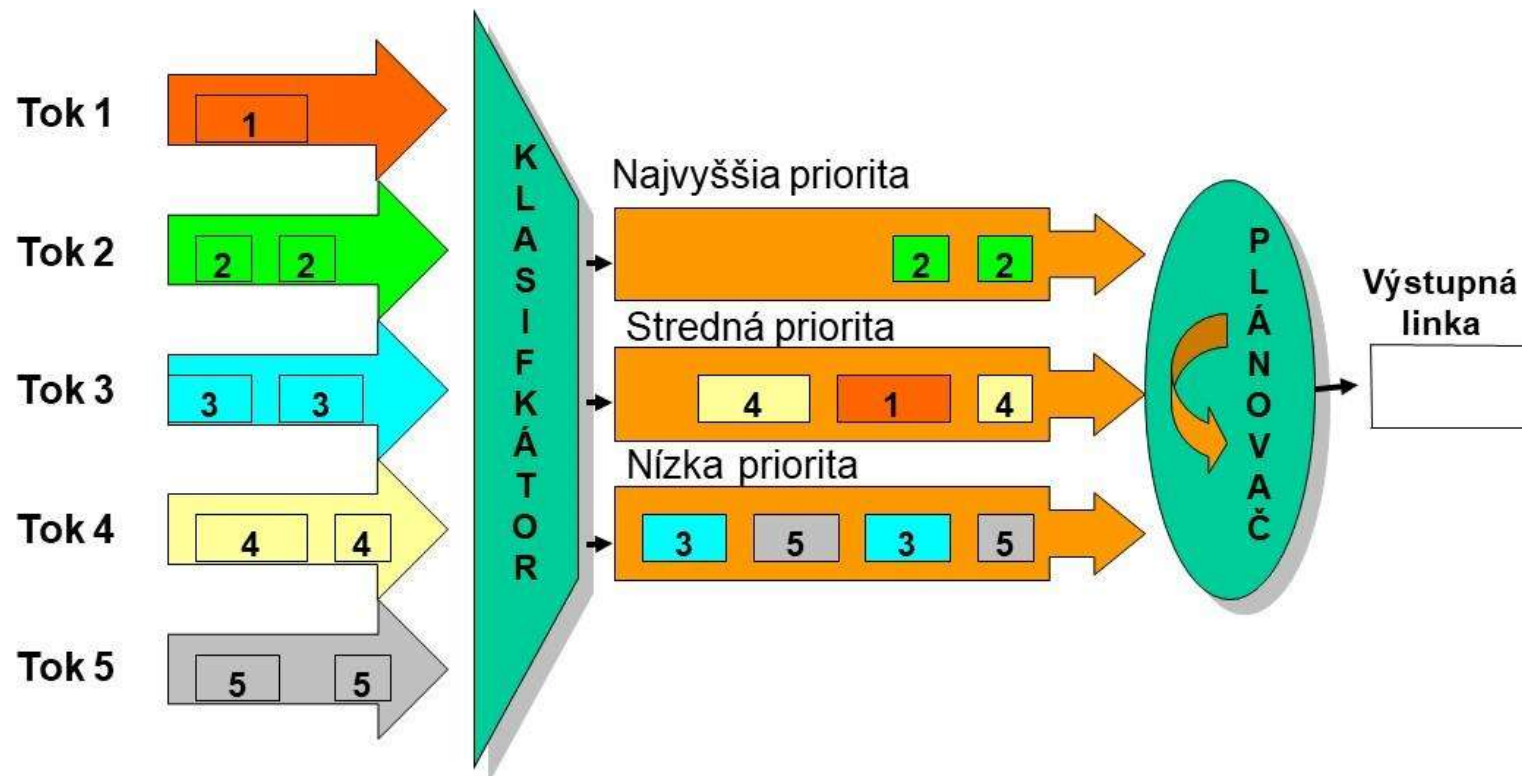
### Nevýhody:

- Neumožňuje diferencovaný prístup k paketom rôznych tried
- Nevhodný pre real-time a garantované služby
- Oneskorenie všetkých paketov rastie úmerne s nárastom zaťaženia siete
- Zvýhodňuje UDP toky pred TCP tokmi
- Nepriamo podporuje zhlukové toky - môžu pohltiť väčšinu kapacity FIFO radu



## Priority Queuing (PQ)

- Využíva niekoľko radov
- Vyčítavanie z radov je robené podľa priority
- Hrozí „vyhladovanie“ radov s nižšou prioritou





# Priority Queuing (PQ)

### Výhody:

- Nízka výpočtová náročnosť - vhodné aj pre softvérové smerovače.
- Umožňuje zaviesť diferencovanie prevádzky. *Prevádzka s vyššou prioritou (napr. real-time prevádzka citlivá na oneskorenie) môže byť uprednostnená pred best-effort prevádzkou.*
- Vie zabezpečiť stabilitu siete počas zahltenia priradením najvyššej priority radiacim signálom siete.

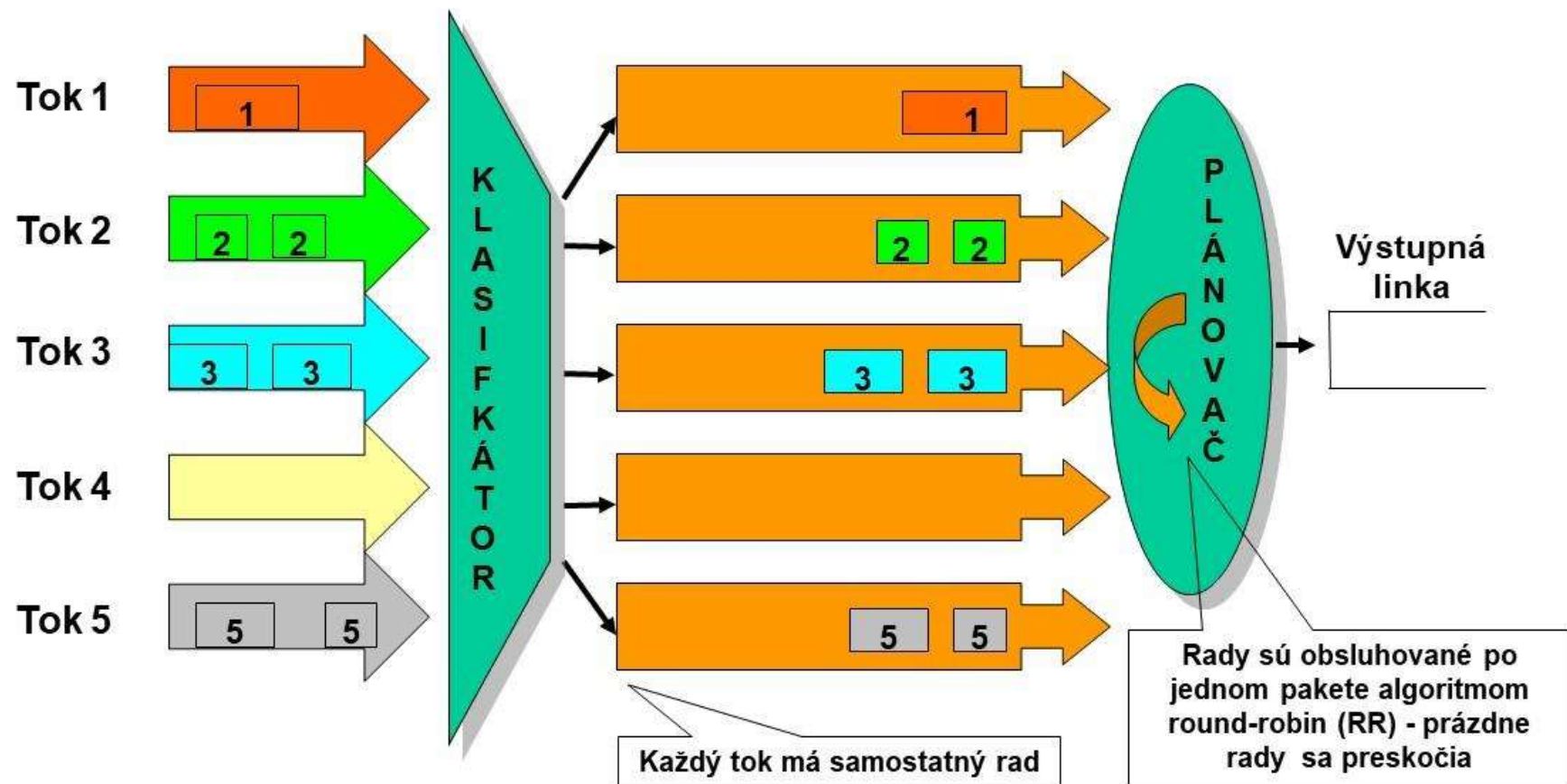
### Nevýhody:

- Ak sa tok s vyššou prioritou približuje ku kapacite linky alebo ju presahuje, dochádza k výraznému oneskoreniu alebo až zastaveniu služby s nižšou prioritou.
- Triedy s rovnakou prioritou sú smerované rovnako, ako keby bolo použité FIFO radenie.
- Nerieši problém férovosti medzi TCP a UDP.



## Fair Queuing (FQ)

- Vyčítavanie z radov je „férové“
- Vhodný len pre siete s paketmi konštantnej dĺžky







# Fair Queuing (FQ)

### Výhody:

- Extrémne zhlukové toky, alebo toky ktoré sa chovajú zle, nemajú žiadny vplyv na QoS poskytovanú ostatným tokom, pretože toky sú navzájom izolované.

### Nevýhody:

- Toky sú obsluhované rovnako → nie je možné zvýhodniť jeden pred ostatnými a tak zabezpečiť QoS.
- Rovnaká obsluha je zachovaná iba pri paketoch presne rovnakej veľkosti → toky s dlhšími paketmi dostanú väčšiu časť odchodzej kapacity ako toky s krátkymi paketmi.
- Je závislý na poradí príchodu paketov.
- Fair queuing nemá jednoduchý mechanizmus na podporu real-time služieb.

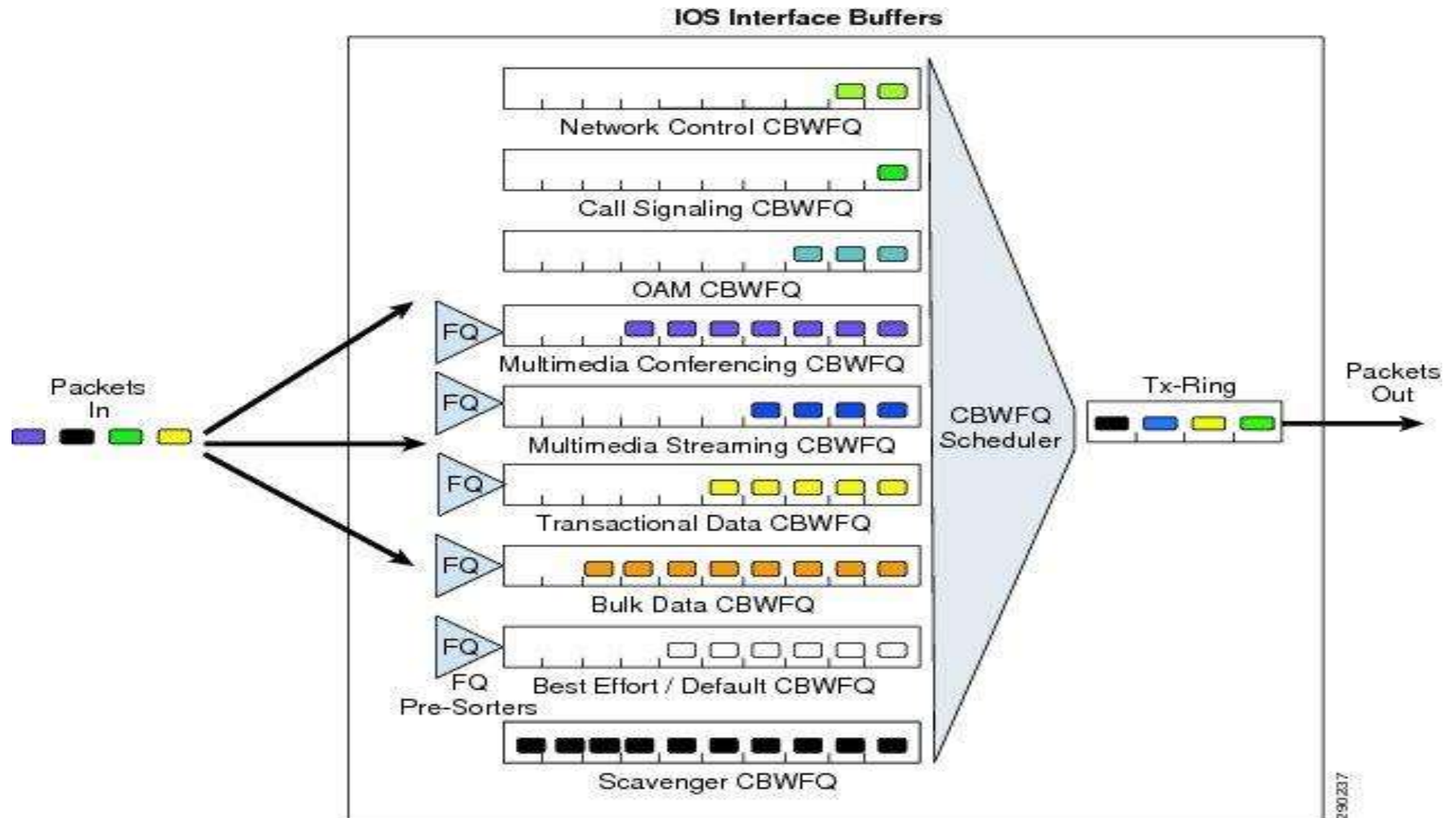


## Class-Based Weighted Fair Queuing (CBWFQ)

- Vylepšená verzia WFQ (*Weighted Fair Queuing*)
- Používa používateľom definované triedy na základe rôznych parametrov ako je protokol, vstupné rozhranie, nastavenie prioritných bitov v IP protokole.
- Pre každú triedu je vyhradený rad s pridelenými parametrami ako šírka pásma, váha, maximálna veľkosť paketu a ich počet v rade.
- Pri prekročení tohto limitu dochádza k zahadzovaniu paketov.



# Class-Based Weighted Fair Queuing (CBWFQ)





# Low-Latency Queueing (LLQ)

