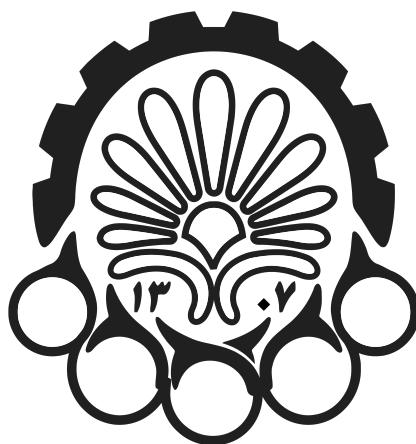


# معماری افزاره‌های شبکه دکتر صبائی



**دانشگاه صنعتی امیرکبیر**  
( پلی تکنیک تهران )  
دانشکده مهندسی کامپیوتر

رضا آدینه پور ۴۰۲۱۳۱۰۵۵

تمرین سری چهارم

۱۹ آذر ۱۴۰۳

## سوال اول

فرض کنید یک شبکه دارای دو نوع ترافیک با اولویت بالا و پایین است. نرخ ورود بسته‌های اولویت بالا ۶ بسته در ثانیه و نرخ ورود بسته‌های اولویت پایین ۴ بسته در ثانیه است. حداکثر ظرفیت صف برابر با ۱۰ بسته بوده و از روش FIFO برای مدیریت صف‌ها استفاده می‌شود.

۱. اگر صف به حداکثر ظرفیت خود برسد تعداد بسته‌های هر دسته که در صف باقی می‌مانند را محاسبه کنید. همچنین فرض کنید ورود بسته‌ها به مدت ۵ ثانیه ادامه داشته باشد. نشان دهید که در این سناریو استفاده از FIFO ممکن است باعث افزایش زمان انتظار برای بسته‌های اولویت بالا شود.

### پاسخ

#### • ورود بسته‌ها به شبکه:

- نرخ ورود بسته‌های High Priority: ۶ بسته در ثانیه

- نرخ ورود بسته‌های Low Priority: ۴ بسته در ثانیه

- کل نرخ ورود:  $6 + 4 = 10$  بسته در ثانیه

با توجه به نرخ ورود برابر با ظرفیت صف، صف به حداکثر ظرفیت خود می‌رسد.

#### • وضعیت صف در پایان ۵ ثانیه:

- تعداد بسته‌های High Priority:  $6 \times 5 = 30$  بسته

- تعداد بسته‌های Low Priority:  $4 \times 5 = 20$  بسته

- مجموع:  $30 + 20 = 50$  بسته

با توجه به ظرفیت صف که برابر ۱۰ بسته است، بسته‌های زیادی کنار گذاشته می‌شوند.

#### • اثر روش FIFO:

- بسته‌های High Priority که پس از پر شدن صف می‌رسند، حذف می‌شوند.

- بسته‌های Low Priority که زودتر وارد شده‌اند، ممکن است پردازش شوند.

- این امر باعث افزایش زمان انتظار و احتمال حذف بسته‌های High Priority می‌شود.

۲. روش HOL Priority Queueing را به عنوان جایگزین پیشنهاد دهید و تحلیل کنید که چگونه استفاده از این روش می‌تواند زمان انتظار برای بسته‌های اولویت بالا را کاهش دهد و تأثیر آن بر بسته‌های اولویت پایین را ارزیابی کنید.

## پاسخ

در روش HOL Priority Queueing:

- بسته‌های High Priority همیشه اولویت پردازش دارند.
  - بسته‌های Low Priority تنها زمانی پردازش می‌شوند که صف High Priority خالی باشد.
- مزایای بسته‌های High Priority:

- کاهش زمان انتظار: بسته‌های High Priority به محض ورود پردازش می‌شوند.
- کاهش احتمال حذف: این بسته‌ها کمتر احتمال دارد که به دلیل پر شدن صف حذف شوند.

تأثیر بر بسته‌های Low Priority:

- افزایش زمان انتظار: بسته‌های Low Priority تنها زمانی پردازش می‌شوند که هیچ بسته High Priority در صف نباشد.
- احتمال حذف: به دلیل حجم بالای ترافیک High Priority، احتمال حذف بسته‌های Low Priority افزایش می‌یابد.

می‌توان جدولی به صورت زیر از مقایسه این دو روش ارائه نمود:

HOL Priority Queueing	FIFO	ویژگی
به حداقل می‌رسد	ممکن است افزایش یابد	زمان انتظار بسته‌های High Priority
افزایش می‌یابد	معمولاً کمتر است	زمان انتظار بسته‌های Low Priority
بیشتر بسته‌های Low Priority حذف می‌شوند	هر دو نوع بسته ممکن است حذف شوند	احتمال حذف بسته‌ها
پیچیده‌تر به دلیل مدیریت اولویت	ساده‌تر	پیچیدگی اجرایی

## پاسخ

بنابر این:

- اگر هدف کاهش تأخیر برای بسته‌های High Priority باشد، روش HOL Priority Queueing پیشنهاد می‌شود.
- اگر هدف پردازش عادلانه باشد، روش FIFO مناسب‌تر است.

## سوال دوم

فرض کنید که در یک سیستم صف عادلانه وزن دار (Weighted Fair-Queuing system)، یک بسته با برچسب اتمام  $F$  (finish tag) در زمان  $t$  وارد خدمت می شود. آیا ممکن است بسته ای بعد از زمان  $t$  به سیستم برسد و برچسب اتمام آن کمتر از  $F$  باشد؟ اگر بله، مثالی بزنید و اگر خیر، توضیح دهید.

## سوال سوم

با توجه به مدیریت صف با استفاده از تشخیص زودهنگام تصادفی (RED - Random Early Detection):

۱. توضیح دهید که چرا RED به جلوگیری از شناسایی ترافیک TCP از طریق فرستنده‌ها و کاهش همزمان نرخ انتقال آن‌ها کمک می‌کند.
۲. تأثیر RED بر روی توان شبکه (Throughput) را بررسی کنید.
۳. پیچیدگی پیاده‌سازی الگوریتم RED را بررسی کنید.
۴. توضیح دهید که اگر به جای استفاده از طول متوسط صف (average queue length) از طول لحظه‌ای صف (in-stantaneous queue length) استفاده شود، چه پیامدهایی خواهد داشت.
۵. راه‌هایی برای پیدا کردن مقادیر معقول برای پارامترهای RED (یعنی  $Max_{th}$  و  $Min_{th}$  و احتمال افت بسته زمانی که طول متوسط صف به  $Max_{th}$  می‌رسد) را بررسی کنید.

## سوال چهارم

یک شبکه از الگوریتم RED (Random Early Detection) برای مدیریت ازدحام استفاده می‌کند. ظرفیت صف بین آستانه‌های حداقل (min-threshold) و حداکثر (max-threshold) تنظیم شده است. در این شبکه: آستانه حداقل برابر ۲۰ بسته و آستانه حداکثر برابر ۵۰ بسته است. اگر طول صف از آستانه حداقل عبور کند، احتمال حذف بسته‌ها به تدریج افزایش می‌یابد و با رسیدن به آستانه حداکثر، این احتمال به ۱۰۰٪ می‌رسد.

۱. اگر طول صف در لحظه‌ای به ۴۰ بسته برسد، با توجه به مقادیر حداقل و حداکثر، نرخ حذف بسته‌ها را محاسبه کنید.

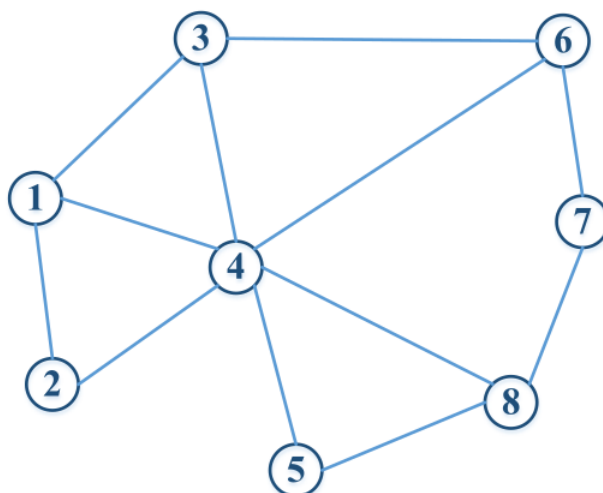
۲. یک سناریو شبیه‌سازی کنید که در آن طول صف به طور پیوسته افزایش می‌یابد و تأثیر الگوریتم RED بر ترافیک شبکه را تحلیل کنید. مشخص کنید که چگونه RED می‌تواند به کاهش ازدحام و جلوگیری از پر شدن کامل صف کمک کند و چه تاثیری بر تأخیر و نرخ ازدحام در شبکه دارد.

## سوال پنجم

فرض کنید یک منبع با حجم نامحدودی از اطلاعات برای ارسال، از یک کنترل حلقه بسته (closed-loop control) استفاده می‌کند تا نرخ ارسال خود را براساس اطلاعات بازخورد (feedback) تنظیم کند. در صورتی که اطلاعات بازخورد نشان دهد هیچ ترافیکی (traffic) در مسیر وجود ندارد، منبع به صورت پیوسته نرخ ارسال خود را به صورت خطی (linear) افزایش می‌دهد. اما اگر اطلاعات بازخورد حاکی از وجود ترافیک در مسیر باشد، منبع نرخ ارسال را به صفر کاهش می‌دهد و سپس این چرخه را با افزایش تدریجی نرخ ارسال ادامه می‌دهد تا بار دیگر ترافیک شناسایی شود. حال فرض کنید که مدت زمانی معادل  $T$  ثانیه طول می‌کشد تا اطلاعات بازخورد پس از وقوع ترافیک به منبع برسد. نمودار نرخ ارسال منبع را نسبت به زمان برای مقادیر کوچک و بزرگ  $T$  ترسیم کنید و توضیح دهید که تأخیر انتشار  $T$  (Propagation Delay) چه نقشی در این کنترل حلقه بسته ایفا می‌کند.

## سوال ششم

شبکه زیر را در نظر بگیرید:



شکل ۱: شبکه سوال ۶

فرض کنید که ارتباطهای زیر به ترتیب (چپ به راست) باید ایجاد شوند:

$5 \rightarrow 8$ ,  $1 \rightarrow 8$ ,  $2 \rightarrow 4$ ,  $3 \rightarrow 8$ ,  $3 \rightarrow 5$ ,  $2 \rightarrow 1$ ,  $1 \rightarrow 3$ ,  $3 \rightarrow 6$ ,  $6 \rightarrow 7$ ,  $7 \rightarrow 8$

۱. با استفاده از الگوریتم مسیریابی کوتاهترین مسیر (Shortest-Path) بیشترین ارتباطی که می‌توانید را برقرار کنید. ارتباطهای قطع شده را نیز مشخص کنید.

۲. با استفاده از الگوریتم مسیریابی Constraint Shortest-Path بیشترین ارتباطی که می‌توانید را برقرار کنید. ارتباطهای قطع شده را نیز مشخص کنید.

۳. آیا می‌توانید الگوریتم Constraint Shortest-Path را بهبود دهید؟



## سوال هفتم

فرض کنید در یک شبکه، مسیریابی به صورت خودکار از کوتاه‌ترین مسیر برای هر جریان استفاده می‌کند. این امر باعث شده است که یک لینک مشخص به ظرفیت حداکثری خود برسد و دچار ازدحام شود، در حالی که سایر لینک‌ها کمتر از ظرفیت خود استفاده می‌شوند.

۱. با در نظر گرفتن ظرفیت هر لینک و نیازمندی‌های پهنای باند برای هر جریان، یک طرح توزیع بهینه برای جریان‌ها ارائه دهید که بار را در شبکه به طور یکنواخت توزیع کند.

۲. نشان دهید که این بازطراحی چگونه می‌تواند تأخیر ناشی از ازدحام را کاهش دهد. برای این منظور، فرض کنید ظرفیت لینک ازدحام‌کرده ۱۰۰ مگابیت در ثانیه است و میزان ترافیک جاری روی آن به ۱۲۰ مگابیت در ثانیه رسیده است. توزیع جدید را طوری طراحی کنید که استفاده از لینک به کمتر از ۸۰ درصد ظرفیت برسد و میزان تأخیر را محاسبه و با وضعیت اولیه مقایسه کنید.