



دانشگاه محقق اردبیلی

# شبکه‌های مخابراتی

سید حمید صفوی

دانشکده فنی و مهندسی

دانشگاه محقق اردبیلی

نیمسال دوم ۹۸-۹۹

# کنترل ازدحام

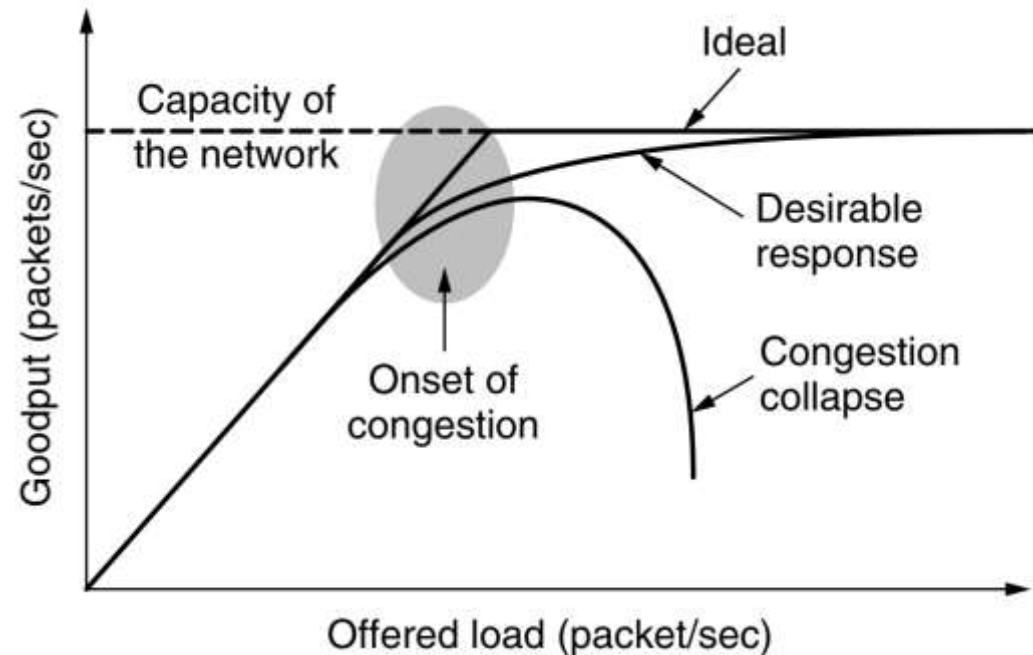


# کنترل ازدحام



# کنترل ازدحام

- **مسئله ازدحام:** عملکرد شبکه به هنگام ترافیک بالا به دلیل تأخیر و از دست رفتن بسته‌ها کاهش می‌یابد.



## دلایل:

- عدم تطابق اجزای شبکه
- کند بودن پردازنده روترها
- کم بودن پهنای باند لینک‌ها
- ترافیک انفجاری ناگهانی
- ارتباط N کاربر به 1 کاربر
- وجود گلوگاه در شبکه

- **نتیجه ازدحام:** از دست رفتن بسته‌ها آنگاه ارسال مجدد آنگاه اشغال کردن ترافیک شبکه!



# کنترل ازدحام (۲)

## • تفاوت بین کنترل ازدحام و کنترل جریان

### • کنترل ازدحام

- مسئله سراسری (در سطح شبکه)

- مثال: شبکه‌ای را با خطوط 1Mbps و ۱۰۰۰ کامپیوتر را در نظر بگیرید. نصف این کامپیوترها در تلاش هستند تا با نرخ 100Kbps فایل‌هایی را برای نصف دیگر کامپیوترها ارسال کنند. در این حالت کل ترافیک شبکه از مقدار ترافیکی که شبکه می‌تواند مدیریت کند، بیشتر است.

### • کنترل جریان:

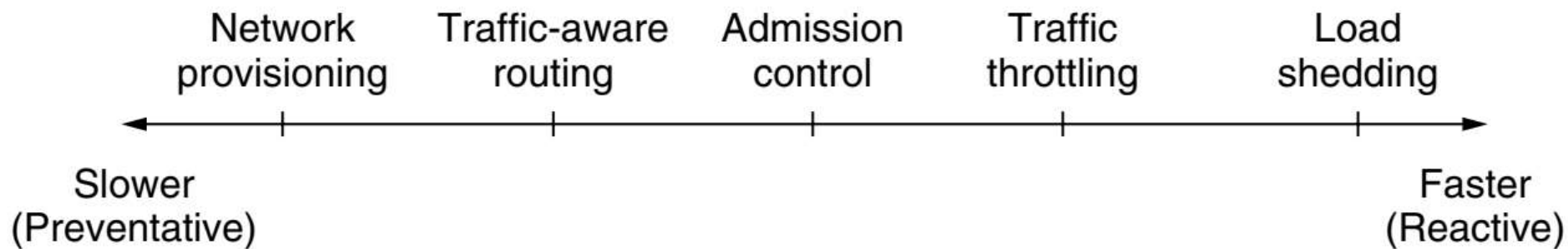
- مسئله محلی (یک لینک، ارتباط نقطه به نقطه)

- مثال: شبکه‌ای را با خطوط فیبرنوری با ظرفیت 100Gbps در نظر بگیرید. حالتی را فرض کنید که یک ابررایانه در تلاش است فایل بزرگی را به یک کامپیوتر که قابلیت فقط 1Gbps را دارد، ارسال کند. در این حالت شبکه برای انتقال فایل مشکلی ندارد، بلکه گیرنده توانایی دریافت این بار ترافیکی را ندارد.



## کنترل ازدحام (۳)

- ازدحام اجتناب ناپذیر است. وقوع ازدحام به این معناست که ترافیک شبکه بیشتر از ظرفیت شبکه (در بخشی از آن) است.
- دو راه حل به ذهن می آید:
  - کاهش ترافیک شبکه
  - افزایش ظرفیت شبکه
- این راه حل ها در مقیاس های زمانی مختلف پیاده سازی می شوند.

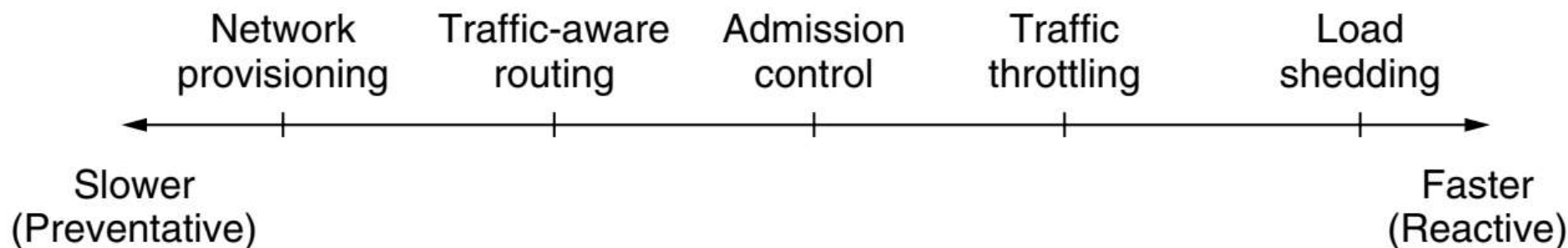


**Timescales of approaches to congestion control**



# کنترل ازدحام (۴)

- راه‌حل‌های کنترل ازدحام: از روش‌های کند تا روش‌های سریع
- روش Network Provisioning: قبل از راه‌اندازی شبکه، تصمیمات لازم برای جلوگیری از ازدحام را بگیریم.
- روش Traffic-aware Routing: با آگاهی از ترافیک، مسیریابی انجام دهیم.
- روش Admission Control: کنترلی برای پذیرفتن ترافیک در شبکه داشته باشیم.
- روش Traffic Throttling: به یک نحو مناسبی با فیدبک، ترافیک روترها رو کم کنیم.
- روش Load Shedding: دور ریختن بسته‌ها



**Timescales of approaches to congestion control**

# اصول کنترل ازدحام

- کنترل ازدحام می‌تواند توسط مکانیزم حلقه باز و یا حلقه بسته انجام شود.
- **حلقه باز:** هیچ فیدبک وجود ندارد. مشکلات را هنگام طراحی حل می‌کند. به عبارت دیگر اجتناب از وقوع ازدحام. طراحی بر اساس حالت بدبینانه انجام می‌شود.
- **حلقه بسته:** شبکه را به طور پیوسته مانیتور کرده و در همان لحظه برای جلوگیری از ازدحام تصمیم می‌گیرد.





# اجتناب از ازدحام

- استراتژی‌های حلقه باز در لایه‌های مختلف اعمال می‌شوند:

- **لایه پیوند داده**

- ارسال مجدد باعث ترافیک زیاد شده‌است.

- زمان Time out اصلاح شود.

- استفاده از Selective Repeat به جای Go back N

- نحوه تأییدیه گرفتن

- استفاده از Piggybacking

- کنترل جریان در بازه‌های زمانی کوچک



## اجتناب از ازدحام (۲)

- استراتژی‌های حلقه باز در لایه‌های مختلف اعمال می‌شوند:

### • لایه شبکه

- نحوه مسیریابی

- پخش ترافیک در کل شبکه

- اجتناب از Hot spots

- استراتژی‌های دورریختن بسته‌ها

- دور ریختن بسته‌های دارای عمر زیاد

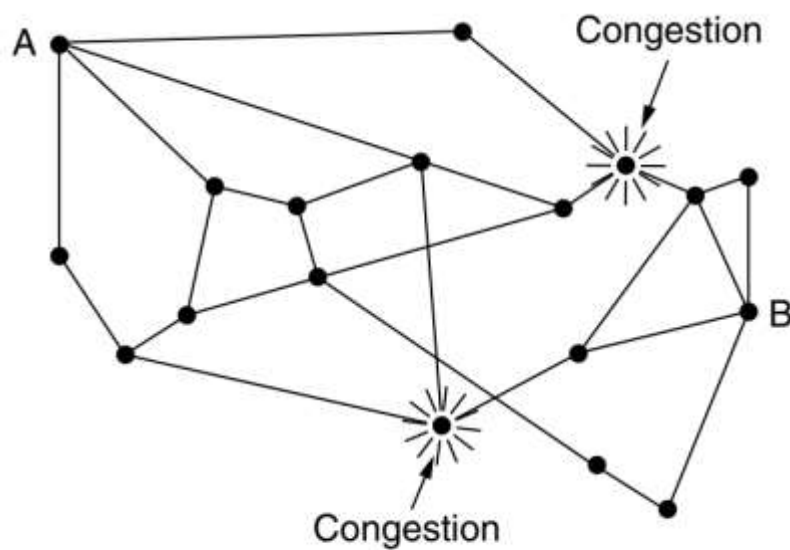
### • لایه انتقال

- انتخاب زمان Time out مناسب برای بسته‌ها

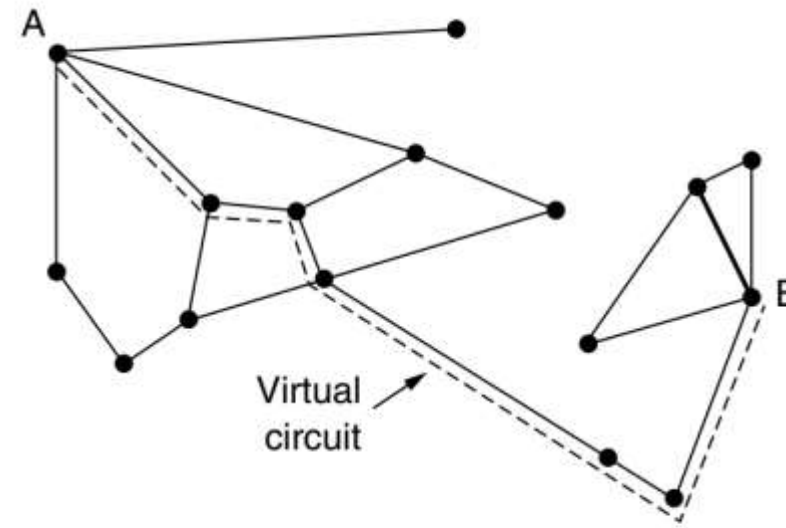


# کنترل ازدحام در شبکه‌های Virtual Circuit

- استفاده از Admission Control برای اجتناب از وقوع ازدحام
- اگر ازدحام وجود دارد، ترافیک جدیدی را نپذیرد.
- منابع لازم را در مسیر داده برای اجتناب از ازدحام رزرو کند.



(a)



(b)

# کنترل ازدحام در شبکه‌های دیتاگرام

- روش‌های **Traffic Throttling**: هر روشی باید دو مسئله را حل کند.
  - ابتدا هر روتر باید بداند که چه زمانی ازدحام نزدیک است. قبل از آنکه رخ دهد. چگونه می‌توان متوجه ازدحام شد؟
  - مانیتور کردن مداوم منابعی که استفاده می‌شود. سه مورد:
    - بهره‌وری (Utilization) لینک‌های خروجی،
    - بافر بسته‌های در صف داخل روتر،
    - تعداد بسته‌های از دست رفته به خاطر بافر ناکافی.
  - از بین موارد فوق، بافر بسته‌های در صف داخل روتر مورد استفاده‌ترین است.
  - بهره‌وری ۵۰ درصد برای ترافیک هموار (تغییرات کم)، کم است و ممکن است همین بهره‌وری ۵۰ درصد برای ترافیکی که دچار تغییرات زیاد است، زیاد باشد.
  - شمردن بسته‌های از دست رفته هم خیلی دیر است. یعنی ازدحام رخ داده است!



## کنترل ازدحام در شبکه‌های دیتاگرام (۲)

- تخمین مناسبی از تأخیر صف (Queueing Delay):

$$d_{\text{new}} = \alpha d_{\text{old}} + (1 - \alpha)s$$

- در رابطه فوق،  $S$  طول صف لحظه‌ای است. مقدار ثابت  $a$  هم معیاری از این است که هر روتر اطلاعات اخیر خود را با چه سرعتی فراموش می‌کند.
- میانگین فوق به روش EWMA (Exponentially Weighted Moving Average) مشهور است.
- زمانی که  $d$  محاسبه‌شده از رابطه فوق از یک آستانه‌ای بیشتر باشد، روتر متوجه شروع ازدحام می‌شود.

### ارسال بیت هشدار:

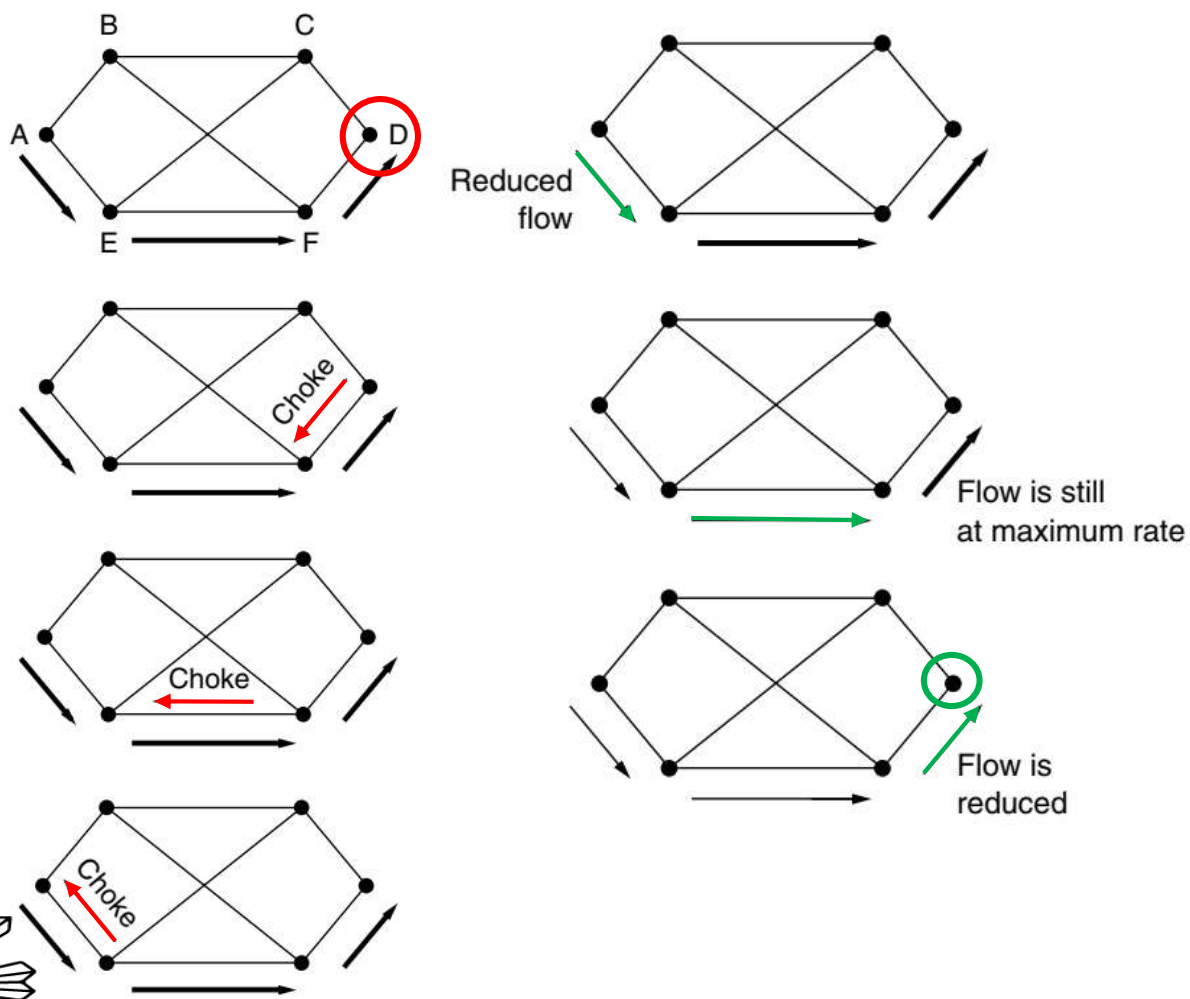
- تنظیم یک بیت در بسته‌های ارسالی، زمانی که تأخیر صف از مقدار آستانه بیشتر باشد.
- ارسال این بیت از سمت گیرنده به فرستنده همراه با ACK



# کنترل ازدحام در شبکه‌های دیتاگرام (۳)

## • بسته‌های Choke:

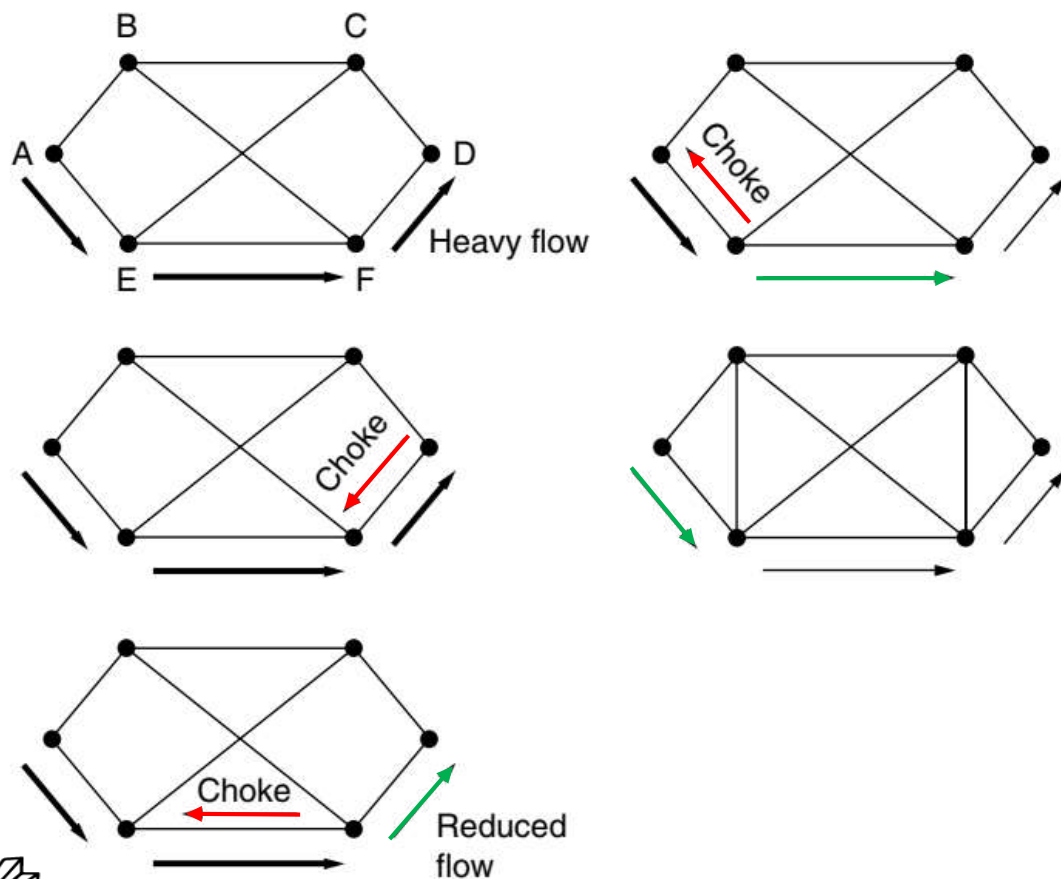
- برای کنترل ازدحام منتظر مقصد نباشیم. خیلی دیر می‌شود.
- هنگام هشدار، توسط خود روتر بسته Choke به مبدأ ارسال شود.
- منبع پس از دریافت بسته Choke، ترافیک خود را کاهش می‌دهد و مدتی منتظر می‌ماند. اگر پس از مدتی بسته Choke دریافت نکرد، مجدداً ترافیک نرمال خود را ارسال می‌کند.



# کنترل ازدحام در شبکه‌های دیتاگرام (۴)

## • بسته‌های Choke پُرش به پُرش

- ارسال بسته‌های Choke به منبع، ممکن است زمان زیادی طول بکشد.
- راه حل: با ارسال بسته‌های Choke، به جز منبع، روترهای میانی نیز ترافیک خود را کاهش دهند.
- روترها نیاز به فضای بافر زیادی خواهند داشت!



# مدیریت بافر

## • روش Load Shedding:

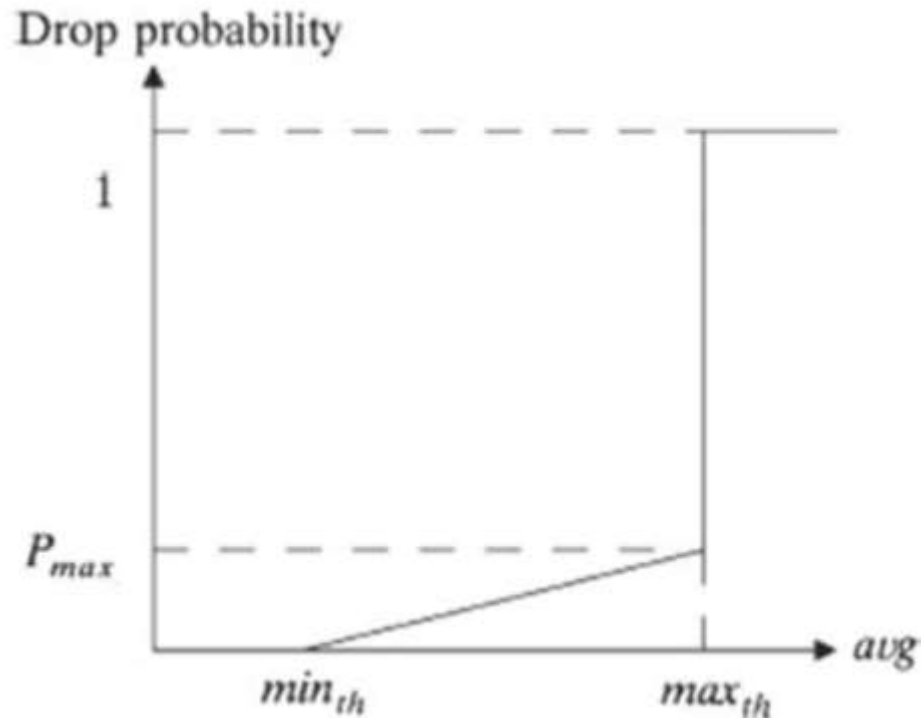
- روترها اجازه دور ریختن بسته‌ها را دارند.
- معیار انتخاب بسته‌های دور ریخته شده چیست؟
- بسته‌های قدیمی‌تر دور ریخته شود: مناسب برای ویدئو (بدون ارسال مجدد)
- بسته‌های جدید دور ریخته شود: مناسب برای انتقال فایل (با پروتکل Go Back N)
- استفاده از اولویت بسته‌ها
- بهتر است تا جایی که امکان دارد، قبل از وقوع ازدحام، هر چه سریع‌تر بسته‌ها دور ریخته شود.





# آشکارسازی قبل از وقوع تصادفی

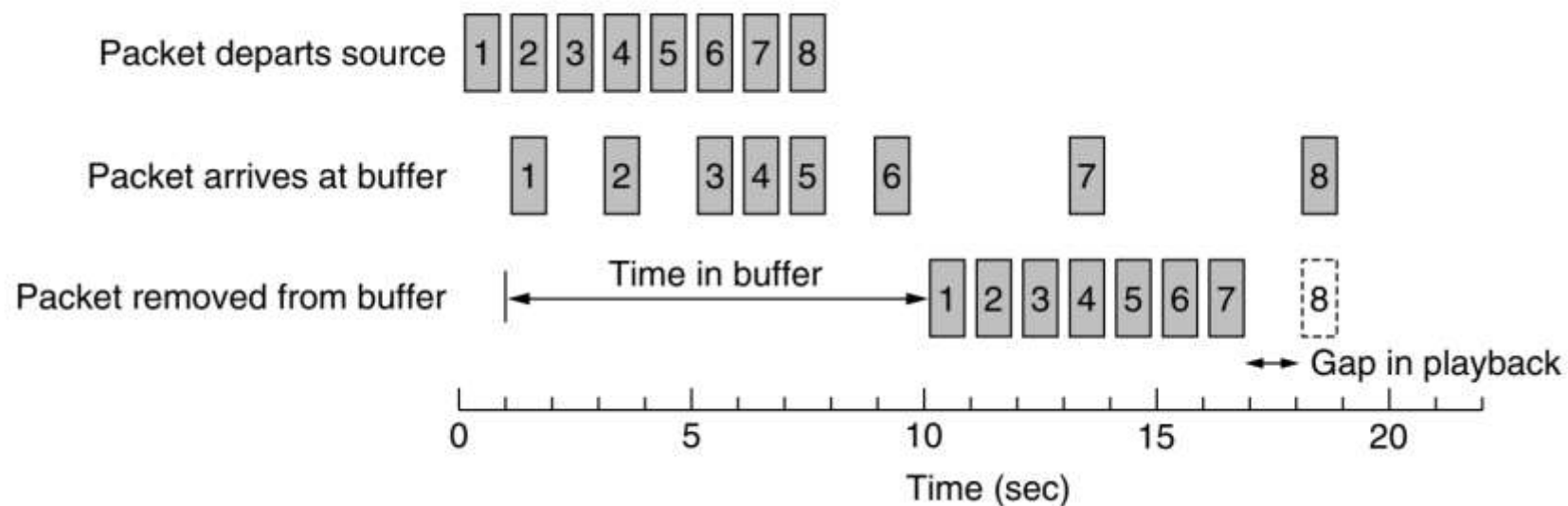
## Random Early Detection



- روشی پیشگیرانه که قبل از پر شدن بافر، بسته‌هایی دور ریخته می‌شود.
- محور افقی: میانگین تأخیر صف
- محور عمودی: احتمال دور ریختن بسته‌ها
- **ایده:** قبل از رسیدن به وضعیت هشدار، با احتمال مشخصی برخی از بسته‌ها دور ریخته می‌شود. هنگامی که به آستانه هشدار رسید، با احتمال 1 بسته‌ها دور ریخته می‌شوند.

# کنترل جیتر (Jitter Control)

- برای کاربردهای استریم ویدئو و صوت، تغییرات (واریانس) تأخیر باید کنترل شود.
- بسته‌های متوالی با تأخیرهای متفاوتی به مقصد می‌رسند.
- متداول‌ترین راه کنترل جیتر، استفاده از بافر در مقصد است.



## کنترل جیتر (Jitter Control) (۲)

