



دانشگاه شهید مدنی آذربایجان

Computer Networks

شبکه های کامپیوتری

دانشگاه شهید مدنی آذربایجان

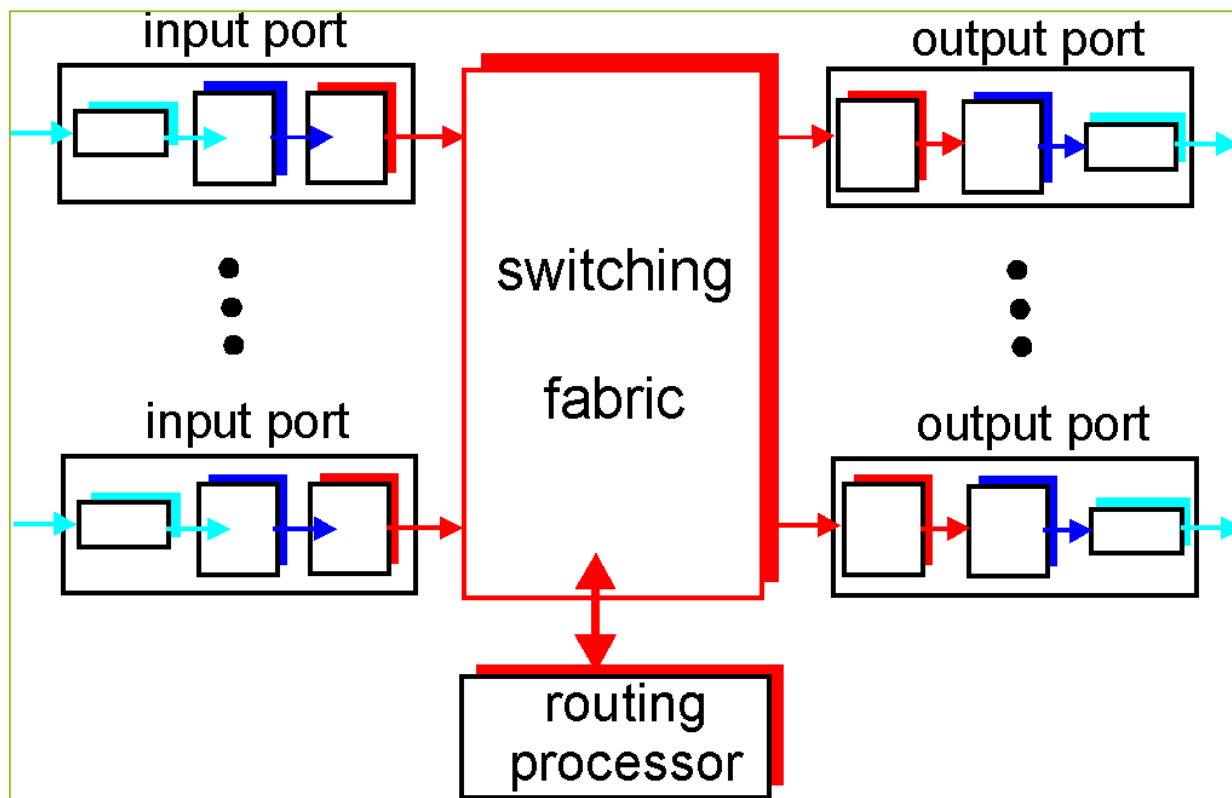
دانشکده فناوری اطلاعات و مهندسی کامپیوتر

دکتر محسن حیدریان

شبکه های کامپیوتری پیشرفته

نیمسال اول ۱۴۰۳

مکانیزم های مدیریت صف و زمانبندی در راهگزینها و مسیریابها



مدیریت صف و زمانبندی بسته ها

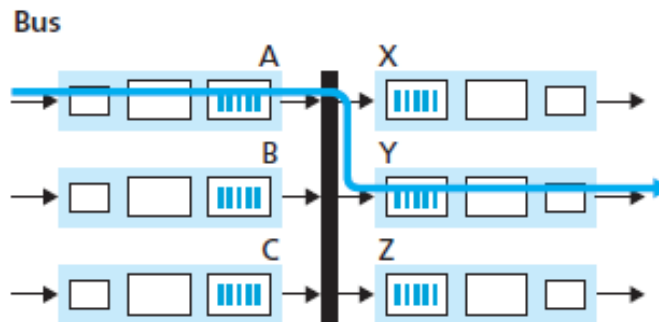
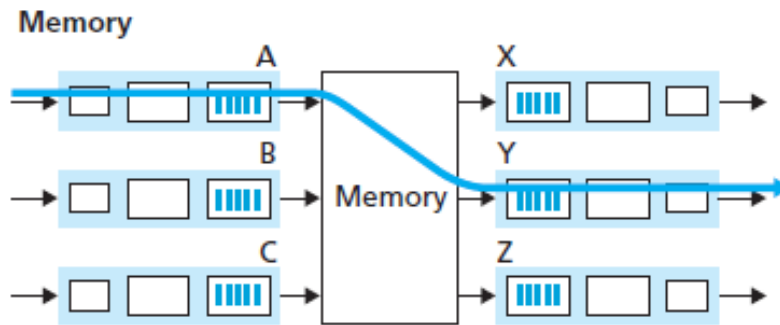
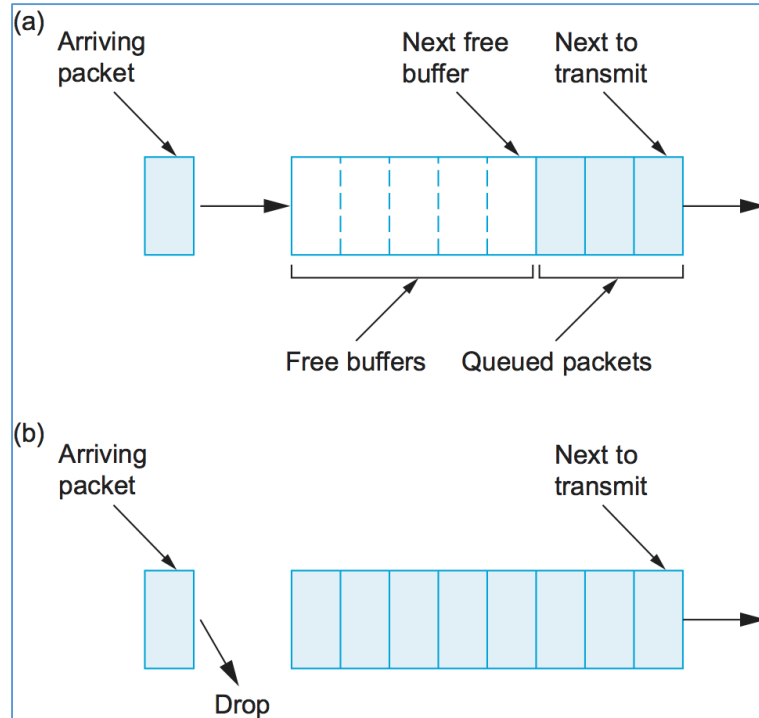
یکی از مکانیزم های مهم تامین کیفیت سرویس و جلوگیری از وقوع ازدحام در شبکه های IP ، استفاده از مکانیزم های مدیریت فعال صف و زمانبندی درمسیریاب های IP می باشد. با کمک این مکانیزم ها، وقوع تراکم کنترل شده و از کاهش کارایی شبکه جلوگیری می شود. در ادامه به بررسی مفاهیم و مکانیزم های مدیریت فعال صف و زمانبندی در شبکه های IP می پردازیم.

ازدحام در شبکه زمانی اتفاق می افتد که بسته ها با سرعتی بالاتر از آنچه بتوان آنها را انتقال داد به درگاه خروجی وارد شوند. در حالت کلی دو کلاس الگوریتم وجود دارند که مسیریابها به منظور کنترل ترافیک شبکه از آنها استفاده می کنند:

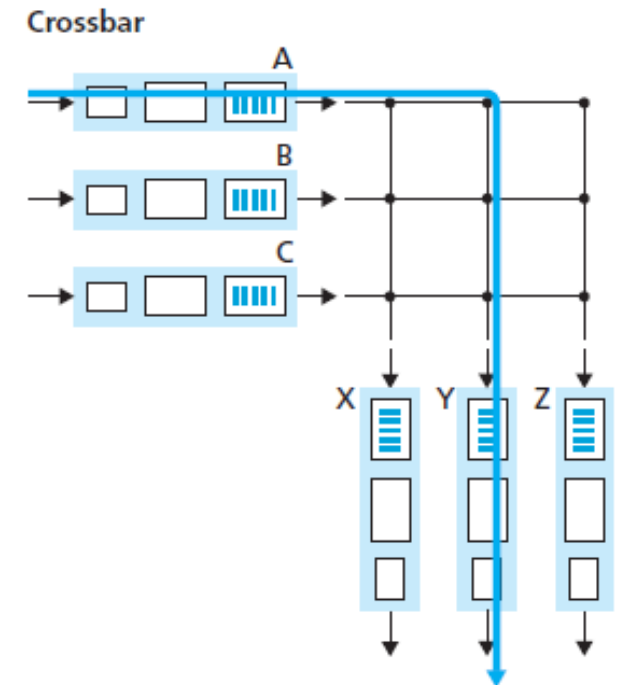
۱- الگوریتم های زمانبندی صف که میزان پهنای باند تخصیص یافته به هر کلاس سرویس را در درگاه خروجی مدیریت می کنند. زمانبند صف این امکان را فراهم می کند که بتوان دستیابی کلاسهای سرویس را به یک منبع محدود شبکه یعنی پهنای باند اتصال، مدیریت و سازماندهی نمود.

۲- الگوریتم های مدیریت حافظه صف، مقدار بسته های موجود در صف (عمق صف) را با مشخص نمودن اینکه چه زمان و کدامین بسته ها در صورت بروز ازدحام باید دور ریخته شوند کنترل می کنند. مدیریت حافظه صف این امکان را فراهم می کند که بتوان دستیابی کلاسهای سرویس را به یک منبع محدود شبکه یعنی حافظه بافر صف مدیریت نمود.

رفتار بافر مسیریاب با بسته ها



Key:



روش Tail Drop برای مدیریت صف

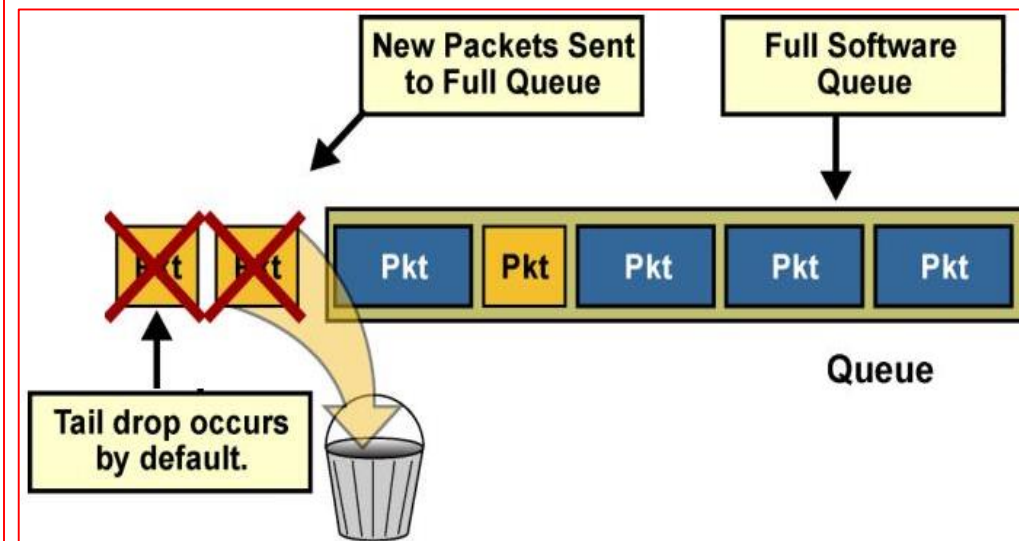
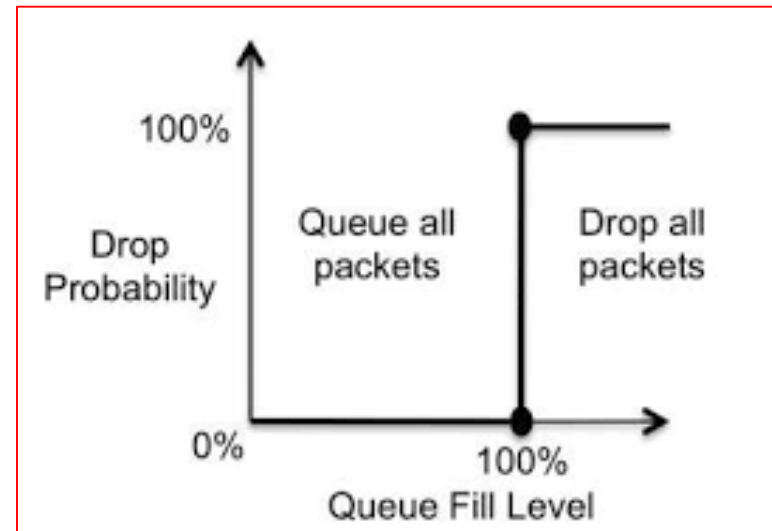
با وجود اینکه این دو مکانیزم بسیار به یکدیگر مرتبط می‌باشند، مباحثی کاملاً مجزا را تحت پوشش قرار می‌دهند. زمانبندی صف این امکان را بوجود می‌آورد که بتوان ازدحام را از طریق کنترل تخصیص پهنای باند درگاه خروجی مابین کلاسهای سرویس مختلف مدیریت نمود. مدیریت حافظه صف، جلوگیری از ازدحام را با استفاده از کنترل طول متوسط صف فراهم می‌آورد.

یکی از ساده ترین مکانیزم های مدیریت صف، روش Tail Drop می باشد. Tail Drop فقدان کامل مدیریت حافظه صف می باشد. هنگامیکه بسته ای به انتهای یک صف که منابع آن کاملاً مصرف شده اند می رسد، بسته به همراه همه بسته های بعدی، تا زمانی که فضایی در صف فراهم شود دور ریخته می شوند. فواید روش Tail Drop عبارتند از:

- ۱- پیاده سازی این روش برای سازندگان و فهم آن برای کاربران ساده است.
- ۲- Tail Drop می تواند تعداد بسته های دور ریخته شده را کاهش دهد، بخصوص اگر به صف، حجم حافظه زیادی تخصیص داده شده باشد، البته صفوف با طول زیاد منجر به افزایش تأخیر انتها به انتها برای کلیه جریانهایی می شود که از این صف استفاده می کنند.

نقاط ضعف روش Tail Drop

- ۱- Tail Drop تا زمانی که صف صدمدرصد پر نشده و منابع کاملاً مصرف نشده باشند، بسته‌ها را دور نمی‌ریزد. در نتیجه پس از پر شدن صف، تا زمانی که فضایی در صف خالی نشود قادر به جذب مابقی ترافیک نیست. این وضع به علت فقدان فضای بافر برای ذخیره بسته‌های وارده منجر به بلاک شدن صف می‌شود. در نتیجه تعداد کمی از جریانها می‌توانند تمام ظرفیت بافر را اشغال کرده و مانع از دسترسی مابقی جریانها به صف شوند.
- ۲- Tail Drop باعث می‌شود که صفوف برای بازه‌های زمانی طولانی پر بمانند؛ چرا که سیستمهای میزبان، زمانی قادر به تشخیص ازدحام (از طریق دور ریختن بسته‌ها) خواهند بود که صف به صددرصد ظرفیت خود رسیده و منابع، کاملاً اشغال شده باشند.
- ۳- Tail Drop الگوریتمی بسیار ضعیف برای ترافیک بر پایه TCP است. تقریباً حدود هشتادوپنج تا نودوپنج درصد ترافیکهای شبکه IP، بر پایه TCP هستند. TCP فرض می‌کند که بسته به دلیل بروز ازدحام در شبکه توسط مسیریاب دور ریخته است. این امر موجب می‌شود که جریانات TCP نرخ خود را کنترل نمایند. Tail Drop باعث می‌شود که کلیه جریانات TCP که از صف مازدحام عبور می‌کنند، نرخ خود را همزمان کاهش دهند که خود باعث ایجاد پدیده‌ای به نام همزمانی سراسری^۱ TCP می‌گردد. این امر موجب ایجاد نوسانات مخرب در ترافیک شده و منجر به استفاده غیرمؤثر از پهنای باند درگاه خروجی می‌گردد. چرا که چندین جریان، همزمان پنجره ازدحام TCP خود را به نصف کاهش می‌دهند.
- ۴- جریانهای مجزای TCP، با سرعت کمتری از عواقب ناشی از دور ریخته شدن چندین بسته نسبت به گم شدن یک تک بسته بهبود می‌یابند. این مساله می‌تواند تا حد زیادی بهره‌وری کلی جریانهای TCP را کاهش دهد.
- ۵- بالا بودن عمق متوسط صف باعث افزایش تأخیر انتها به انتهای جریانهایی می‌شود که از شبکه عبور می‌کنند. دور ریختن بسته‌ها باعث هدر رفتن منابعی می‌شود که برای انتقال بسته تا نقطه دور ریخته شدن آن صرف شده‌اند. مدیریت فعال صف به معنی دستکاری صف در یک مسیریاب با هدف بالابردن کارایی جریان هایی است که مسیریاب آنها را حمل می‌نماید.



مدیریت فعال صف: روش Random Early Detection

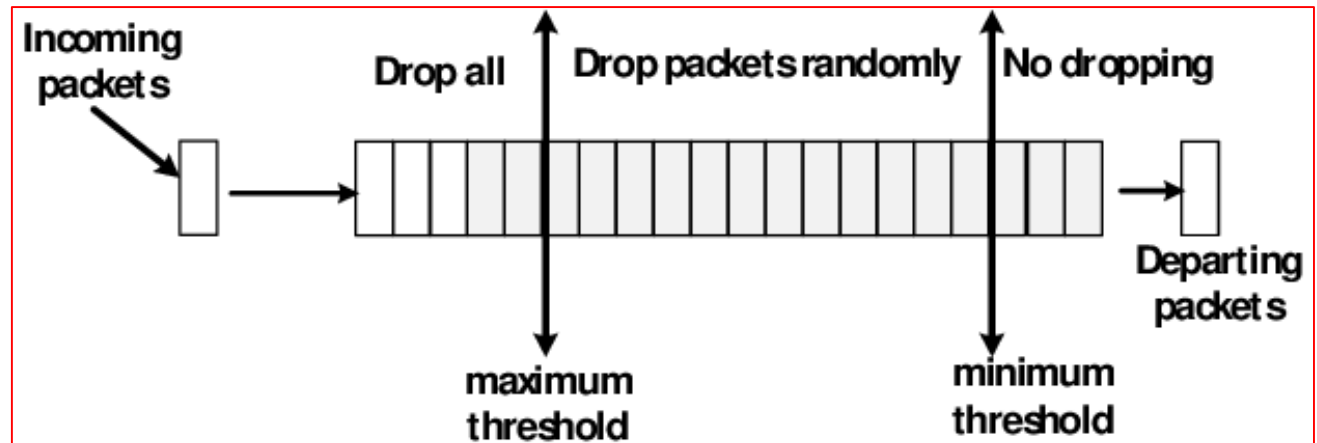
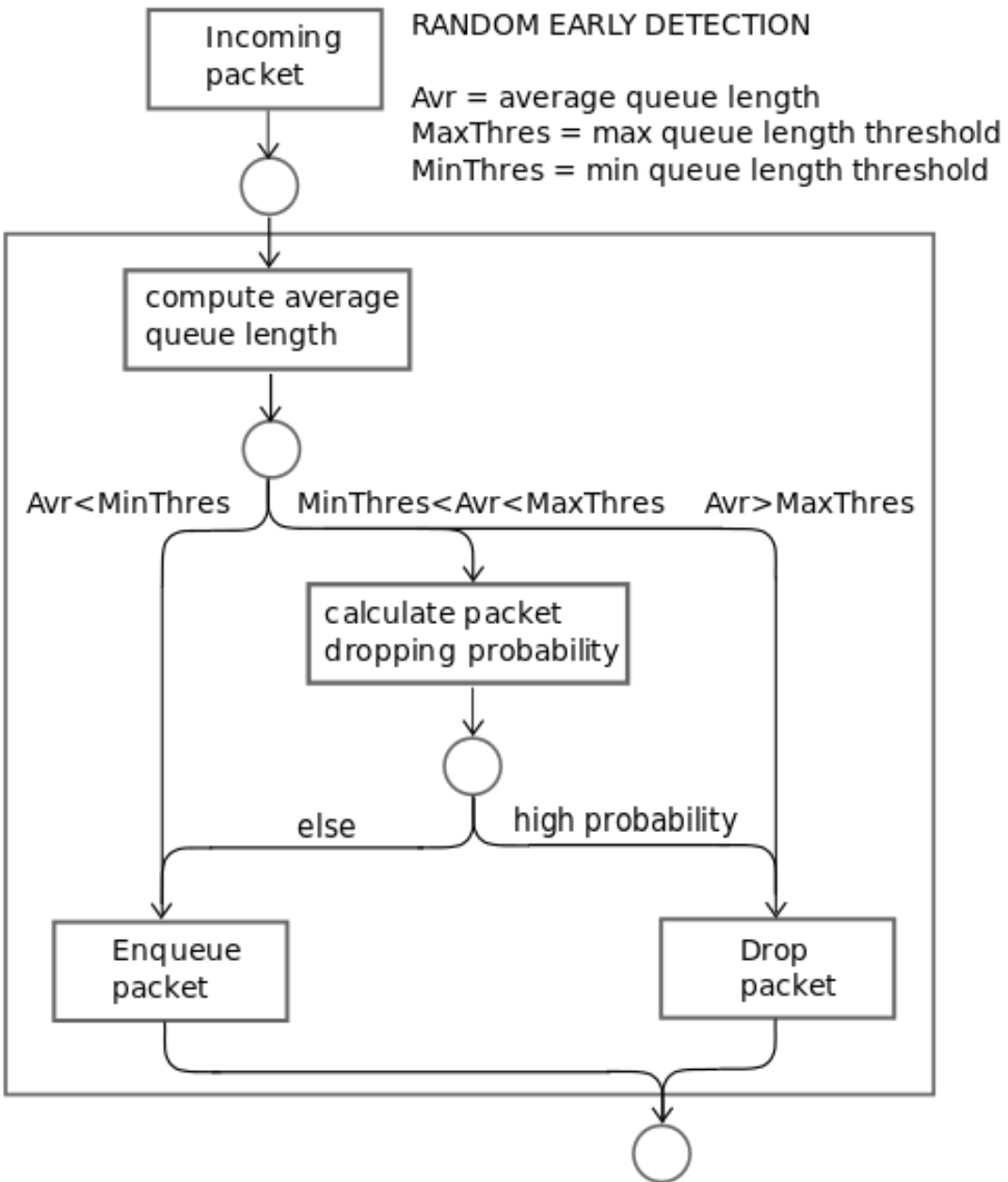
مدیریت فعال صف به معنی دستکاری صف در یک مسیریاب با هدف بالابردن کارایی جریان هایی است که مسیریاب آنها را حمل می نماید.

اهداف اصلی مدیریت فعال صف عبارتند از:

- کاهش متوسط طول صف در مسیریاب های میانی شبکه و کاهش تاخیر انتها به انتها بسته های متعلق به جریان های ترافیکی
- استفاده بهتر از منابع شبکه و افزایش کارایی شبکه با کاستن تعداد بسته هایی که به صورت لبریز شدن از بافرزبین می روند.

بر خلاف Tail Drop که هیچ مدیریت صفی را تأمین نمی نماید، RED یک تکنیک مدیریت فعال صف است که هم اکنون در شبکه های بزرگ IP بکار می رود. با استفاده از RED دور ریختن یک تک بسته کافیسست تا بروز ازدحام به میزبانها اطلاع داده شود. با دور ریختن یک بسته، مسیریاب به طور غیر واضح به مبدا TCP هشدار می دهد که بسته دور ریخته شده جایی در طول مسیرش به مقصد TCP با ازدحام مواجه شده است. در پاسخ به این هشدار غیر واضح، مبدا TCP نرخ ارسال خود را کاهش می دهد تا در نهایت بافر صف مسیریاب، سرریز نشود.

الگوریتم روش RED



Buffer Illustration and RED Actions and Parameters.

شبهه عمل Random Early Detection

در الگوریتم RED با محاسبه متوسط وزن دار طول صف، ازدحام احتمالی موجود در شبکه شناسایی شده و در صورت تشخیص وقوع ازدحام در شبکه، بسته ورودی حذف و یا علامت گذاری می شود. ویژگی اصلی الگوریتم RED این است که متوسط طول صف همواره مقدار پایین نگاه داشته می شود و در عین حال با انفجارهای لحظه ای و ازدحام های زودگذر بسته ها برخورد نمی کند. ازدحام های زودگذر با یک افزایش موقتی طول صف بوجود می آیند. در صورت وقوع ازدحام های طولانی مدت، الگوریتم RED عکس العمل نشان داده و با علامت زدن بسته ورودی، به فرستنده خبر می دهد که ازدحام بوجود آمده است و از آن درخواست می کند که طول پنجره ارسال خود را کاهش دهد. البته در صورت بروز ازدحام در صف، تمام اتصالات موجود، اندازه پنجره ارسال خود را کاهش نمی دهند بلکه فقط برخی از اتصالات به طور تصادفی انتخاب شده و اندازه پنجره ارسال خود را کم میکنند.

RED از یک متوسط وزن دار طول صف (avg) برای تصمیم گیری برای حذف یا علامت زنی بسته ها استفاده می کند. هنگام ورود یک بسته، در صورتیکه متوسط وزن دار طول صف از یک حد آستانه پایین (min_{th}) کمتر باشد، بسته ورودی درون صف قرار می گیرد ولی چنانچه avg از یک حد بالای آستانه (max_{th}) بیشتر باشد، حتماً بسته ورودی حذف و یا علامت زده می شود. بدین ترتیب این تضمین وجود دارد که همواره متوسط طول صف از مقدار حد آستانه بالا تجاوز نخواهد کرد. در صورتیکه avg بین این دو حد آستانه باشد، معرف این است که ازدحام در حال وقوع می باشد و باید به نوعی به برخی از اتصالات موجود این موضوع اطلاع داده شود. در این حالت بسته های ورودی با احتمال P_a علامت زده می شود که P_a تابعی از avg است. احتمال علامت زدن بسته های متعلق به یک اتصال خاص، بامیزان پهنای باند اشغال شده اتصال نسبت مستقیم دارد.

محاسبات روش RED

متوسط وزن دارصف، میزان درجه ترافیک انفجاری که اجازه ورود به صف دارد را تعیین می کند. باتوجه به سطح ازدحام فعلی درصف، مقدار احتمال علامت زنی بسته ها تعیین می شود. درالگوریتم RED هدف اصلی این است که بسته های موجود درصف کاملاً تصادفی علامت زده شوند تا از یکطرفه کردن و یا همگام سازی سراسری برای کاهش اندازه پنجره ارسال اجتناب شود و بسته ها به تناوب و به طور موثر علامت زده شوند. دراین صورت می توان طول صف را به طور بهینه کنترل نمود.

محاسبه متوسط طول صف با توجه به دوره های زمانی بی کاربودن صف و باتخمین تعداد m بسته که می توانند در طی دوره بیکاربودن صف ازمسیریاب عبورنمایند، انجام می شود. بعد از هر دوره بیکاری، متوسط وزن دار طول صف محاسبه می شود. برای محاسبه احتمال علامت زنی بسته ها (P_a) ابتدا احتمال P_b به صورت زیر بدست می آید:

$$P_b = \frac{\max p(avg - \min_{th})}{(\max_{th} - \min_{th})} \quad P_a = \frac{P_b}{(1 - count.P_b)}$$

درفرمول فوق پارامتر $maxp$ یک پارامتر کنترلی است که توسط آن حداکثر احتمال دورریختن بسته ها مشخص می شود. باتوجه به فرمول فوق می توان به این نتیجه رسید که مقداراحتمال P_b بین ۰ و $maxp$ تغییر می کند. احتمال علامت زنی بسته ها، P_a ، باتوجه به اینکه از آخرین علامت زنی بسته قبلی تاکنون چند بسته وارد صف شده است ($count$) محاسبه می شود. این احتمال به تدریج با افزایش $count$ افزایش می یابد. مقدار احتمال P_a برحسب احتمال P_b و مقدار $count$ به صورت زیرمحاسبه می گردد:

محاسبات روش RED

برای اندازه گیری طول صف، می توان به جای شماره تعداد بسته ها، تعداد بایت های موجود در آن را شمارش نمود. در این صورت می توان از روی متوسط طول صف، مستقیماً تاخیر صف را محاسبه نمود. در صورتیکه طول صف بر حسب بایت اندازه گیری شود، فرمول های فوق به صورت زیر اصلاح می شوند:

$$P_b = \frac{\max p(\text{avg} - \min_{th})}{(\max_{th} - \min_{th})}$$

$$P_b = \frac{P_b \cdot PacketSize}{MaximumPacketSize}$$

$$P_a = \frac{P_b}{(1 - count \cdot P_b)}$$

با توجه به فرمول های فوق میتوان نتیجه گرفت که هنگامی که طول صف بر حسب بایت اندازه گیری می شود، احتمال علامت زنی یک بسته بزرگ (مثل بسته FTP) از یک بسته کوچک (مثل یک بسته TELNET) به مراتب بیشتر است. در شکل (۱۳-۱)، شبه کد الگوریتم RED و نمودار احتمال دور ریختن (P_b) در این الگوریتم نشان داده شده است.

فواید الگوریتم RED عبارتند از:

۱- RED نیازی به تغییر در پروتکل لایه انتقال میزبانهای فعلی شبکه ندارد.

۲- RED اولین مراحل ازدحام را تشخیص داده و با دور ریختن تصادفی بسته‌ها، به آن عکس‌العمل نشان می‌دهد. اگر حجم ازدحام رو به افزایش باشد، RED بسته‌ها را با شدت بیشتری دور می‌ریزد تا از پر شدن کامل صف جلوگیری کند.

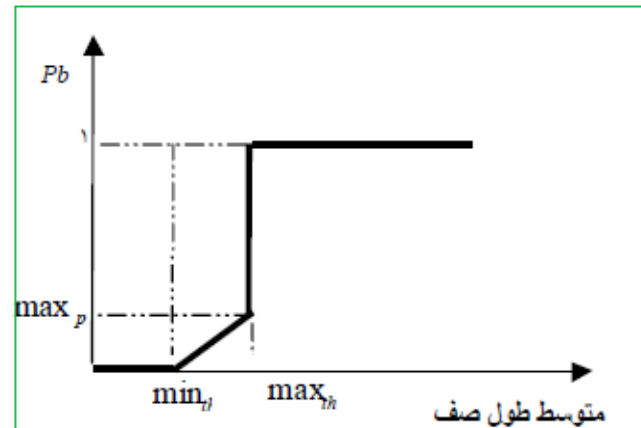
۳- از آنجا که RED برای شروع دور ریختن بسته‌ها تا پر شدن کامل صف منتظر نمی‌ماند، به صف این امکان را می‌دهد که انفجارهای ترافیک را پذیرفته و کلیه بسته‌ها را در هنگام بروز انفجار دور نریزد. در نتیجه، رفتار RED با جریانهای TCP دوستانه است؛ چرا که در RED، دسته‌ای از بسته‌ها که همگی متعلق به یک جریان TCP است دور ریخته نمی‌شوند. در نتیجه RED از همزمانی سراسری TCP جلوگیری می‌کند.

۴- RED باعث می‌شود که حجم ترافیک صف در سطحی متوسط باقی بماند. حجم ترافیک صف نه آنقدر پایین است که موجب عدم بهره‌وری پهنای باند شود و نه آنقدر بالا است که دور ریختن بالای بسته‌ها منجر به این شود که تعداد زیادی از اتصال‌های TCP نرخ خود را همزمان کاهش دهند و میزان بهره‌وری پهنای باند پایین بیاید.

محاسبات روش RED

```
For each packet arrival
Calculate the average queue size ( $avg$ )
  If  $\min_{th} \leq avg \leq \max_{th}$ 
    Calculate probability  $p_b$ 
    With probability  $p_b$ :
      Mark the arriving packet
  Else if  $\max_{th} \leq avg$ 
    Mark the arriving packet
```

(ب)



(الف)

محدودیت های روش RED

۱- بهره‌وری RED بسیار حساس به انتخاب پارامترهای آن است. انتخاب نادرست پارامترهای RED ممکن است به بهره‌وری حتی پایین‌تر از Tail Drop نیز منجر شود. همچنین متوسط طول صف RED بسته به سطح ازدحامی که با آن مواجه می‌شود تغییر می‌کند.

۲- پیکربندی RED برای دستیابی به یک کارایی قابل پیش‌بینی، کار پیچیده و مشکلی است. پارامتر وزن صف (w_q) برحسب اندازه و تعداد دوره های انفجار که اجازه ورود به صف را دارد محاسبه می‌شود. پارامترهای $\min_{th}$ و $\max_{th}$ برحسب متوسط اندازه صف مورد نظرائنتخاب میشوند. با تنظیم متوسط طول صف، می‌توان بین گذردهی و تاخیر صف مصالحه نمود.

با اعمال تغییرات کوچک و جابجا کردن دستورات آن، می‌توان الگوریتم RED را به طور موثر پیاده سازی نمود. علاوه بر آن لزومی ندارد که همه دستورات الگوریتم RED با رسیدن یک بسته اجرا گردند. بیشتر کارهای الگوریتم فوق، از قبیل محاسبه متوسط طول صف و احتمال علامت زنی بسته، را می‌توان به موازات هدایت پیشرو بسته ها انجام داد. بنابراین میتوان الگوریتم RED را در مسیر یاب هایی با خطوط خروجی پر ظرفیت به خوبی پیاده سازی نمود. چنانچه به جای علامت زدن سرآیند بسته ها از حذف صریح بسته ها در الگوریتم RED استفاده شود، بار عملیاتی الگوریتم به شدت کاهش می‌یابد. مقادیر پیشنهادی برای پارامترهای RED به شرح زیر است:

$$\begin{aligned}\min_{th} &= 5 \text{ packets} \\ \max_{th} &= 2 \text{ or } 3 \text{ times } \min_{th} \\ \max p &= 0.1; \\ w_q &= 0.002\end{aligned}$$

هنگامی که متوسط طول صف در واسط بین $\min_{th}$ و $\max_{th}$ است، بهتر است که این احتمال به آرامی با نزدیک شدن مقدار متوسط طول صف به هریک از دو آستانه $\min_{th}$ و $\max_{th}$ تغییر یابد. مثلاً با نزدیک شدن متوسط طول صف به $\max_{th}$ این احتمال کمی افزایش یابد. البته نباید مقدار $\max p$ از 0.1 فراتر رود. هنگامی که $\max p$ برابر با 0.1 است، با نزدیک شدن متوسط طول صف به $\max_{th}$ تقریباً ۲۰ درصد بسته ها علامت زده می‌شوند.

منحنی عملکرد روش RED

