

بررسی تاثیر نظامهای صف بندی در عملکرد شبکه‌های کامپیوتری

به کمک ابزار شبیه سازی NS2

محمد (فرزاد) یزدی

mfyazdi@gmail.com

چکیده - هدف از تهیه این مقاله، بررسی تاثیر نظامهای صف بندی در عملکرد شبکه است؛ از اینرو نظامهای صف بندی مختلف نظیر *DropTail*، *RED*، *FQ*، *DRR*، *SFQ* و *CBQ* که در ابزار شبیه سازی NS2 پیاده سازی شده اند، در یک سناریوی ابتدایی با هم مقایسه شده و توان عملیاتی شبکه برای هر یک از آنها محاسبه میشود. شایان ذکر است هدف این مقاله تنها به تصویر کشیدن تاثیر نظامهای صف بندی در شبکه و انتخاب نظام مناسب است و با توجه به این نکته که انتخاب نوع نظام صف بهینه به توپولوژی شبکه وابسته است، لذا نتایج حاصله، مختص توپولوژی خاص شبکه مورد بررسی در این مقاله بوده و قابل تعمیم نیست.

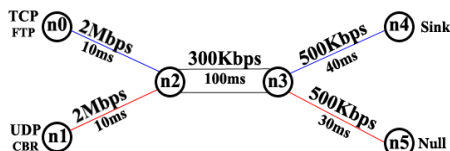
کلید واژه- *DropTail*، *DRR*، *FQ*، *RED*، *SFQ*، *CBQ*

۱- مقدمه

با تبعات غیر منتظره‌ای همراه است و در اکثر مواقع، این پیچیدگی‌ها منجر به کارایی بسیار ضعیف شبکه می‌شود و هیچ کس هم نمی‌داند که علت چیست. منشاء برخی از مشکلات کارایی به استفاده بیش از حد منابع موجود در شبکه برمی‌گردد. اگر یکبار ترافیکی بیش از توان و ظرفیت مسیریاب به آن تحویل داده شود، ازدحام^۴ پدید آمده و موجب کاهش کارایی می‌شود [5].

نظامهای صف بندی^۵ که در حال حاضر در ابزار شبیه ساز شبکه NS2 پیاده سازی شده اند عبارتند از: *DropTail*، *RED*^۶، *FQ*^۷، *DRR*^۸، *SFQ*^۹ و *CBQ*^{۱۰}. در یک سناریوی ساده مطابق شکل ۱، لینک n2n3 به عنوان گلوگاه^{۱۱} شبکه، نقش کلیدی در انتقال بسته‌های اطلاعاتی ایفا میکند؛ چرا

صفها، محلهایی هستند که بسته‌های اطلاعاتی در آنها نگهداری شده و یا دور انداخته^۱ می‌شوند؛ از این رو در صف بندی، به زمان بندی بسته‌ها نیاز است؛ به این معنا که باید فرایندی وجود داشته باشد تا بر اساس آن تصمیم‌گیری شود تا کدام یک از بسته‌ها نگهداری شوند و کدام یک دور انداخته شوند. این فرایند تحت عنوان "مدیریت میانگیر"^۲ مطرح می‌شود و بیانگر نظام خاصی است که جهت نظم‌دهی روند اشغالی در یک صف ویژه استفاده می‌شود [1]. آنچه در اینجا در مورد نظامهای صف اهمیت دارد، حجم بسته‌های عبور داده شده و بسته‌های دور ریخته شده و به تبع آن، محاسبه توان عملیاتی^۳ شبکه است. مسائل مرتبط با کارایی در شبکه‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. وقتی صداها یا هزاران کامپیوتر به هم متصل می‌شوند، تعامل پیچیده آنها



شکل ۱: توپولوژی مورد بررسی در این مقاله

⁴ Congestion

⁵ Queue Discipline

⁶ Random Early Discard (or Detection or Drop)

⁷ Fair Queueing

⁸ Deficit Round Robin

⁹ Stochastic Fair Queueing

¹⁰ Class Based Queueing

¹¹ bottle neck

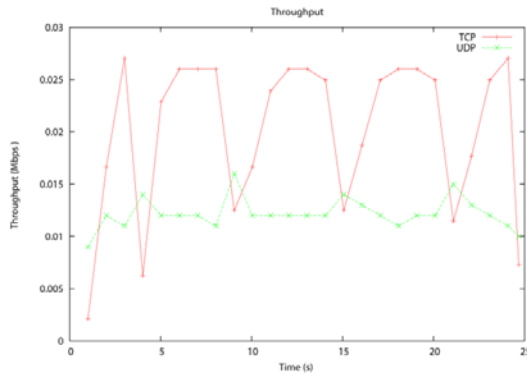
¹ drop

² buffer management

³ throughput

را اشغال کند و باعث عدم سرویس‌دهی مناسب به سایر جریانها شود. ثانیاً در هنگام ازدحام بسته‌ها، این صف‌بندی به نفع جریان‌های UDP عمل می‌کند [2]. در NS2 هیچ متد، پارامتر قابل تغییر یا متغیر حالت ویژه‌ای برای روش DropTail تعریف نشده است [1]. بنابراین با دستور زیر و بدون تغییر هیچ پارامتر دیگری، لینک n2n3 با نظام DropTail تعریف می‌شود:

```
$ns simplex-link $n2 $n3 0.3Mb 100ms DropTail
```



شکل ۲-۱: عملکرد شبکه در مدل صف DropTail

۲-۲-۲ RED (Random Early Discard)

یک تکنیک مدیریت فعال صف است؛ RED از یک متوسط وزن‌دار طول صف برای تصمیم‌گیری جهت حذف یا علامت‌زنی بسته‌ها استفاده می‌کند. هنگام ورود یک بسته، اگر متوسط وزن‌دار طول صف (q_weight) از آستانه^{۱۶} پایین ($thres$) کمتر باشد، بسته ورودی درون صف قرار می‌گیرد و اگر از آستانه بالایی ($maxthres$) بیشتر باشد، بسته ورودی حذف یا علامت‌زنی می‌شود [2,3]. در NS2، پارامترهای قابل تغییر متنوع دیگری بجز موارد مذکور دارد که مهمترین آنها عبارتند از: $mean_pktsize$ (متوسط اندازه بسته‌ها بر حسب بایت جهت به‌روز کردن اندازه صف محاسبه شده پس از دوره‌های بی‌کاری^{۱۷}، $drop_tail$ (پایه سازی سیاست DropTail زمانی که صف سرریز شده یا $maxthres \leq q_weight$)، $bytes$ (حالت داده‌ها را تعیین می‌کند؛ اگر $true$ باشد، داده‌ها بر حسب

که بسته‌های ارسال شده از گره $n0$ به $n4$ و همچنین بسته‌های ارسالی از $n1$ به $n5$ از طریق این لینک صورت می‌گیرد. از اینرو تست انواع نظام‌های صف، روی این لینک پیاده‌سازی می‌شود و مشخص خواهد شد که نظام‌های صف‌بندی مختلف چگونه با نوبت‌دهی و زمانبندی بسته‌های دریافتی و نحوه برخورد با بسته‌های سرریز، کارایی شبکه را تحت تاثیر قرار می‌دهند.

۲- بررسی صف و نظام‌های صف‌بندی

در NS2، یکی از مهمترین مؤلفه‌های شیء SimpleLink، کلاس Queue است؛ این کلاس، مکانیزم میانگیری^{۱۲} را برای مسیریاب شبکه، مدل می‌کند. به این ترتیب که بسته‌های ارسالی را در میانگیر ذخیره کرده و زمانی که انتقال در حال انجام کامل شد، یک بسته داخل بافر را به شیء مجاور ارسال میکنند^{۱۳} [4]. صف در ابزار NS2، سه پارامتر قابل تغییر دارد که عبارتند از $limit$ (اندازه صف بر حسب تعداد بسته‌ها)، $blocked$ (بطور پیش‌فرض مقدار $false$ دارد و اگر $true$ باشد به این معناست که صف توانایی ارسال بسته‌ها به گره‌های مجاور را ندارد) و $unblock_on_resume$ (در حالت پیش‌فرض $true$ بوده و بیان می‌دارد زمانی که آخرین بسته ارسالی، عبور داده شد، صف خودش باید غیرمسدود شود). نظام‌های صف‌بندی، به دلیل مشتق شدن از کلاس والد Queue، همگی دارای سه پارامتر مذکور هستند [1]. در این سناریو اندازه صف برای لینک $n2n3$ برابر ۱۰ تعریف شده است ($\$ns queue-limit \$n2 \$n3 10$).

۲-۱-۲ DropTail (FIFO)

یکی از ساده‌ترین ساختارهای زمان‌بندی صف است. در این روش، سرویس‌دهی بسته‌ها به ترتیب ورود آنها به صف انجام شده و به آن صف‌بندی اولین ورودی-اولین خروجی^{۱۴} یا اولین ورودی-اولین سرویس‌دهی^{۱۵} نیز گفته می‌شود. از مهمترین معایب این روش میتوان به دو مورد اشاره کرد: اولاً یک جریان انفجاری می‌تواند کل فضای بافر چنین صفی

¹² buffering mechanism

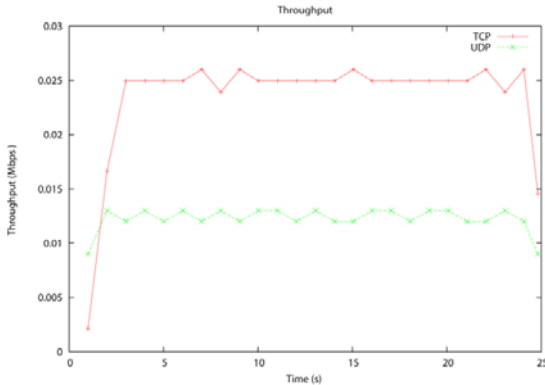
¹³ store and forward

¹⁴ First In First Out (FIFO)

¹⁵ First In First Serve (FIFS)

¹⁶ threshold

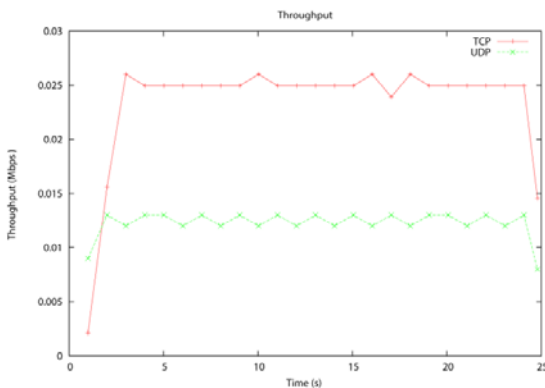
¹⁷ Idle period



شکل ۲-۳: عملکرد شبکه در مدل صف FQ

۲-۴- DRR (Deficit Round Robin)

زمانبند، تعداد بایت‌های سر صف را تعیین می‌کند؛ اگر اندازه بسته در سر صف بزرگتر از $buckets_$ (تعداد کل بایت‌هایی که صف اجازه دارد در هر بار ملاقات زمانبند، ارسال کند) باشد، $buckets_$ به اندازه $quantum$ افزایش می‌یابد. در غیر این صورت، $buckets_$ به اندازه تعداد بایت‌های بسته، کم شده و بسته ارسال می‌گردد. پارامترهای دیگر این صف در NS2 عبارتند از: $blimit_$ (اندازه بافر مشترک بر حسب بایت (default=250bytes) و $quantum_$ (default=25000). [1,2].

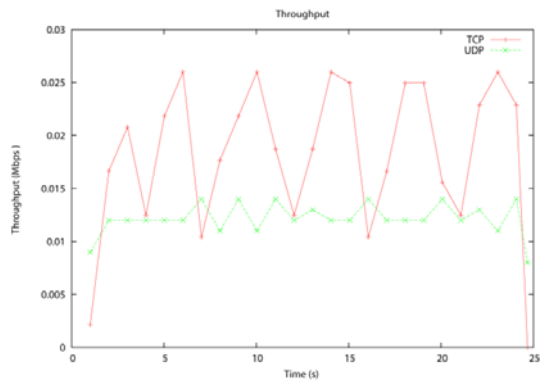


شکل ۲-۴: عملکرد شبکه در مدل صف DRR

۲-۵- SFQ (Stochastic Fair Queueing)

تغییر یافته FQ با هدف از بین بردن محدودیت‌های آن است؛ بطوری که این روش قویاً تعداد صف‌های مورد نیاز را

بایت و اگر $false$ باشد، داده‌ها بر حسب بسته محاسبه می‌شوند)، $queue-in-bytes_$ (اگر $false$ باشد، $q_weight_$ بر حسب بسته محاسبه می‌شود)، $wait_$ (اگر $true$ باشد بسته‌ای که بین دو بسته دور انداخته شده وارد شود، نگهداری می‌شود)، $setbit_$ (اگر $false$ باشد، بسته‌ها دور انداخته می‌شوند و اگر $true$ باشد، بسته‌ها علامت‌گذاری می‌شوند) [1,3]. در این سناریو همه مقادیر بصورت پیش‌فرض استفاده شده‌اند یعنی: $q_weight_=0.002$, $maxthres_15$, $thres_=5$, $mean_pktsize_=500$ و مقادیری که زیر آن‌ها خط کشیده شده، مقادیر بولی^{۱۸} پیش فرض هستند.



شکل ۲-۲: عملکرد شبکه در مدل صف RED

۲-۳- FQ (Fair Queueing)

هدف این تکنیک، تخصیص پهنای باند مساوی به تمام جریانها در هر لحظه از زمان است؛ به این ترتیب که بسته‌ها توسط سیستم به جریان‌هایی کلاس بندی شده و سپس به صفی که برای آن جریان پیش‌بینی شده است ملحق

شکل ۲-۲: عملکرد شبکه در مدل صف RED

می‌شوند و در هر نوبت چرخشی^{۱۹}، یک بسته سرویس‌دهی می‌شود [2]. در NS2، تنها پارامتر قابل تغییر این صف، مدت زمان قابل تخصیص برای هر بایت ($secsPerByte_$) می‌باشد.

¹⁸ boolean

¹⁹ Round Robin or quantum

مطابق جدول ۱، مشاهده می‌شود که نظام‌های صف SFQ و FQ بهترین عملکرد را داشته‌اند؛ به این معنا که چه در مورد جریان TCP و چه در مورد جریان UDP تمام بسته‌های ارسالی، با حجم بیشینه به مقصد رسیده‌اند. در مورد DRR هم هیچ بسته‌ای دور انداخته نشده است اما به نظر می‌رسد این مدل صف در مواجهه با ازدحام و تصادم جریان‌ها عملکرد مناسبی نداشته است.

	TCP		UDP	
	SENT	RECV	SENT	RECV
DropTail	0.5138	0.50444	0.306	0.304
RED	0.467	0.45348	0.306	0.304
SFQ	0.58556	0.58556	0.306	0.306
FQ	0.58556	0.58556	0.306	0.306
DRR	0.58452	0.58452	0.306	0.306

جدول ۱: حجم بسته‌های تبادلی بر حسب مگابیت

سپاسگزاری

در پایان لازم می‌دانیم از جناب آقای دکتر سعید نیک منش به دلیل زحمات و راهنمایی‌های ارزشمند ایشان که به حق انگیزه اصلی تهیه این مقاله بوده‌اند، تشکر و قدردانی نماییم.

مراجع

[1] Kevin Fall and Kannan Varadhan, "The ns Manual (formerly ns Notes and Documentation)", January 6, 2007.

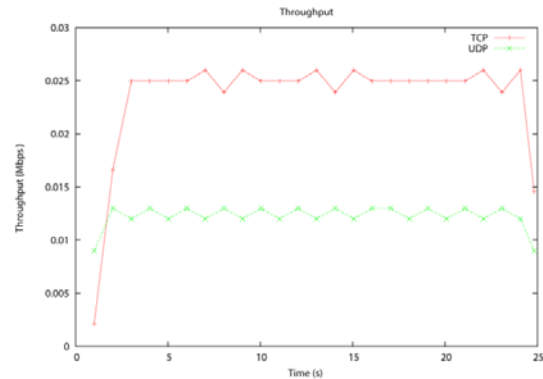
[2] محمد حسین یغمایی مقدم، "شبکه‌های کامپیوتری و اینترنت"، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۳۸۸.

[3] Eitan Altman and Tania Jimenez, "NS simulator for beginners", 2003.

[4] Teerawat Issariyakul and Ekram Hossain, "Introduction to Network Simulator NS2", Springer, 2009.

[5] حسین پدram، احسان ملکیان، علی‌رضا زارع‌پور، "شبکه‌های کامپیوتری"، انتشارات نص، چاپ پنجم، ۱۳۸۴.

[6] Golestani "A Self-Clocked fair queueing scheme for broadband applications" IEEE INFOCOM '94 pp 636-646 June 1994.



شکل ۲-۵: عملکرد شبکه در مدل صف SFQ

کاهش می‌دهد. از مهمترین معایب این روش برخورد ناعادلانه با جریان‌هایی است که با جریان‌های دیگر تصادم^{۲۰} می‌کنند؛ بنابراین همانطور که از نام آن برمی‌آید، عدالت بصورت غیر قطعی تضمین می‌شود [6]. در NS2، دو پارامتر قابل تغییر برای این صف تعریف شده است؛ $maxqueue$ (با مقدار پیش‌فرض 16) و $maxqueue$ (با مقدار پیش‌فرض 40).

۲-۶- CBQ (Class Based Queueing)

در این روش که به آن WRR^{۲۱} نیز گفته می‌شود، بسته‌ها به کلاس‌های سرویس مختلفی تقسیم شده و سپس به صفی که برای آن سرویس در نظر گرفته شده است، منتقل شده و هر یک از این صف‌ها یکبار در هر نوبت چرخشی سرویس‌دهی می‌شوند [2]. تنها پارامتر قابل تغییر در CBQ در NS2، $pktsize$ (حداکثر اندازه بسته بر حسب بایت) با مقدار پیش‌فرض 1024 است. شایان ذکر است، کلاس CBQclass اشیاء و پارامترهای گوناگونی دارد که در این بحث نمی‌گنجد [1]. از اینرو این مدل در ارزیابی نهایی مورد بررسی قرار نمی‌گیرد.

۳- نتیجه‌گیری

با بررسی نرخ ارسال و دریافت بسته‌ها (برای هر یک از جریان‌ها) در هر یک از مدل‌های صف نتایج حاصل می‌گردد که این نتایج بصورت نمودار در قسمت‌های مربوطه رسم شده‌اند. در این قسمت آمار مربوط به حجم بسته‌های ارسال شده از منبع و دریافت شده در مقصد ارائه می‌شوند.

²⁰ Collide - Collision

²¹ Weighted Round Robin