

مطالعه الگوریتم زمانبندی بازخورد چند صفی در شرایط کنترل شده

حامد نیک مهر

شرکت مهندسی مشاور بهساد

hamed@behsad.com

چکیده - در این مقاله به تشریح یک روش پیاده سازی آزمایشگاهی از الگوریتم معروف بازخورد می پردازیم که در زمان بند کوتاه مدت یا توزیع کننده در سیستم های عامل استفاده می شود. با توجه به کاربردی بودن این الگوریتم در سیستم های عامل فعلی مطالعه طرز کار و همچنین نتایج حاصل از اجرای آن در حالات و شرایط مختلف برای کلیه دانش پژوهان و محققان در زمینه ساختار سیستم های عامل می تواند بسیار مفید باشد. در تمامی مراحل امکاناتی جهت ملاحظه و بررسی کلیه اعمال و تصمیمات توزیع کننده تعبیه شده و همچنین امکاناتی جهت دریافت اطلاعات و آمار فرآیندهایی که در سیستم معرفی شده اند چه در حال اجرا و چه در حال انتظار وجود دارد که می تواند در بررسی های کلی و جمع بندی مفید باشد. پیاده سازی در قالب یک بسته نرم افزاری و با استفاده از *C#.NET 2005* ارائه شده و به صورت یک کتابخانه با قابلیت استفاده و توسعه از طریق وراثت در محیط های مجهز به *NET Framework 2.0* می باشد.

کلید واژه - اولویت، توزیع کننده، صف، فرایند.

1- مقدمه

است که در این مقاله تشریح می شود و یک روش آزمایشگاهی برای پیاده سازی آن ارائه و معرفی می شود.

2- الگوریتم زمان بندی بازخورد

این الگوریتم برای یک سیستم چند پردازشی که باید به فرآیندهایی با اولویت های مختلف سرویس دهد مناسب است. در این الگوریتم ما برای هر سطح از سطوح اولویت فرایندها یک صف متناظر در نظر می گیریم و هر فرایند لزوماً برای اجرا باید از طریق ورود به صف مربوط به خودش و بنا به تصمیم توزیع کننده از پردازنده استفاده کند.

در هر مرحله زمان بندی توزیع کننده یک صف را انتخاب کرده و از فرایندهای آماده در آن صف یکی را به اجرا در می آورد. تا زمانی که یک وقفه روی دهد.

باید توجه داشت در شرایط معینی که در ادامه تشریح می شود فرایندها تغییر صف می دهند و در حقیقت به آنها

یکی از مهمترین و حساس ترین بحث های فعلی دنیای رایانه بحث سیستم های عامل است که با توجه توسعه کاربردهای رایانه ها و نیز پیشرفت سریع سخت افزار ایجاد سیستم های عامل همه منظوره با امکان پشتیبانی از کارایی سخت افزارهای روز یکی از مهمترین مسائل است. تا جایی که در برخی کاربردها این مسئله به صورت گلوگاهی برای تامین اهداف توسعه دهندگان می باشد.

یکی از مسائل مهم مطرح در سیستم های عامل مسئله زمان بندی مناسب فرایندها برای استفاده از منابع و مهم تر از همه پردازنده است. این راهکار باید موارد متعددی از جمله اولویت، مهلت، درخواستهای ورودی/خروجی، رفتار عادلانه و بسیاری موارد دیگر را در نظر بگیرد.

الگوریتمی که در حال حاضر در بسیاری سیستم های عامل مطرح از مورد استفاده است الگوریتم چند صفی بازخورد

صف، صفی که در اختیار فرایندهای درخواستی کاربر است بررسی می شود.

البته تعداد صف ها معمولا بسیار زیاد است و آنها را در کلاسهای طبقه بندی می کنند و در هر کلاس ممکن است سیاست های مختلفی اعمال شود که معروف ترین این سیاست ها نوبت گردشی است که به تشریح بیان خواهد شد. در شکل 1 صف های اولویت در سیستم عامل Solaris بر حسب تقسیم بندی آنها در سه کلاس مجزا آمده است که بالاترین اولویت مربوط به کلاس Real-Time و بعد کلاس System و در نهایت کمترین اولویت مربوط به صف های کلاس Time-Sharing می باشد.

Scheduling Class	Priorities
Real-Time	100-159
System	60-99
Time-Sharing	0-59

شکل 1: لیست کلاس های زمان بندی در Solaris

2-3- نحوه انتخاب یک فرایند از صف انتخاب شده توسط توزیع کننده

یکی از الگوریتم های رایج و کارآمد برای انجام این کار الگوریتم نوبت گردشی است الگوریتم نوبت گردشی به این ترتیب عمل می کند که از بین فرایندهای حاضر در صف فرایندی که دوره انتظار آن در صف طولانی تر از بقیه بوده را برمیگزیند. این الگوریتم با توجه به زمان انتظار فرایند در همان صف تصمیم گیری می کند و زمان انتظار کلی فرایند به عنوان عامل اصلی به کار نمی رود بلکه ممکن است مثل پیاده سازی ارائه شده در ادامه به عنوان یک عامل اولویت چندم به کار رود.

همان طور که گفته شد در نوبت گردشی مانند یک صف معمولی اولویت فرایند برای انتخاب معادل زمان انتظار آن است. البته استفاده از یک صف معمولی در واقع معرف یک شیوه انحصاری برای زمان بندی است. اما در الگوریتم نوبت گردشی یک حداکثر مدت زمان برای اجرای متوالی یک فرایند تعریف می شود که طبق آن پس از انقضای این دوره زمانی فرایند به انتهای صف می رود یعنی زمان انتظار آن صفر منظور می شود. به این ترتیب سیاست ما به یک

اولویت جدیدی نسبت داده می شود که ممکن است از اولیبتی که در ابتدا برای آن فرایند منظور شده کمتر یا بیشتر باشد. از این به بعد تا تغییر اولویت بعدی اولویت جدید برای فرایند منظور می شود.

2-1- عواملی که باعث زمان بندی می شوند

زمان بندی ممکن است به صورت انحصاری یا غیر انحصاری باشد که در یک زمانبندی انحصاری اگر فرایندی برای اجرا انتخاب شود سیستم عامل اختیاری روی آن ندارد و باید این فرایند تمام یا به یک دلیل داخلی مثل درخواست ورودی/خروجی معلق شود تا کنترل به سیستم عامل بازگردد. اما در زمانبندی غیر انحصاری عوامل خارجی مثل زمان یا ایجاد یک فرایند جدید نیز ممکن است فرایندی را با ایجاد وقفه معلق کرده و کنترل را به توزیع کننده سیستم عامل برگردانند. در بازخورد گرچه ممکن است در صف های مختلف الگوریتم های مختلفی جهت انتخاب به کار رود اما همواره از سیاست غیر انحصاری استفاده می شود.

2-2- سیاست انتخاب صف

همان طور که ذکر شد هر صف متناظر با یک سطح از اولویت فرایندهای سیستم است پس بنابراین کاملا بدیهی است که صف شامل اولویت های بالاتر از اولویت بالاتری نیز برخوردار باشد. یعنی به عبارتی با توجه به این سیاست صفی انتخاب خواهد شد که در حلقه اول شامل فرایندی باشد یعنی فرایندی در آن صف قرار داشته باشد و در حلقه دوم هیچ یک از صف هایی که در اولویت های بالا تر نسبت به صف مورد بحث هستند در شرط اول صدق نکنند.

به عنوان مثال اگر چهار صف داشته باشیم که اولویت صف صفر از همه بیشتر مثلا بلادرنگ، صف یک توابع مهم سیستم عامل، صف دو شامل توابع عادی سیستم عامل و در نهایت صف سه مربوط به فرایندهای کاربر باشد در شرایط مختلف بنا به تصمیم توزیع کننده صف منتخب از این قرار است.

اگر در صف بلادرنگ فرایندی وجود داشته باشد انتخاب توزیع کننده همین صف خواهد بود در غیر این صورت صف توابع مهم سیستم عامل و در صورت خالی بودن صف توابع عادی سیستم عامل و نهایتا در صورت خالی بودن این سه

سیاست غیر انحصاری تبدیل می شود.

آماده اجرا نباشد.

در الگوریتم بازخورد توزیع کننده برای انتخاب فرایند از صفی که انتخاب شده از الگوریتمی بر پایه نوبت گردشی استفاده می کند در واقع شیوه انتخاب مانند الگوریتم نوبت گردشی است با این تفاوت که هر فرایند پس از یک دوره اجرا به جای بازگشت به انتهای صف در صورت وجود صفی با اولویت پایین تر به آن صف می پیوندد و در حقیقت هر دوره پردازش باعث یک درجه کمتر شدن اولویت یک فرایند می شود.

در الگوریتم بازخورد امکانی وجود دارد که مرتبا فرایندهای صف بررسی می شوند و در صورتی که فرایندی در یک صف بیش از یک سقف از پیش تعیین شده منتظر بماند به صف با اولویت بالاتر انتقال می یابد. به این ترتیب در عمل انتظار بیش از حد یک فرایند باعث افزایش اولویت آن فرایند خواهد شد.

علاوه بر دو حالت قبل ورود هر فرایند جدید نیز باعث وقفه و در نتیجه زمان بندی مجدد خواهد شد.

2-4- بررسی کارکرد الگوریتم بازخورد

نظر به توضیحاتی که در مورد الگوریتم بازخورد ارائه شد می توانیم این الگوریتم را با توجه به معیارهایی که در مقدمه بحث بیان شد مورد قضاوت و سنجش قرار دهیم.

البته باید این نکته را نیز در نظر داشت که مشخصات صفها در این الگوریتم با توجه به اولویتشان متفاوت است از آنجا که معمولا فرایندهایی با اولویت بالا فرایندهای کوچکتری هستند و فرایند های سطوح پایینتر اغلب بزرگترند لذا در سطوح بالاتر فرکانس کار بالاتر می رود یعنی حداکثر زمان انتظار و حداکثر زمان پردازش در سطوح بالا نسبت به اولویت های پایین تر بسیار کمتر است.

به علت امکان انتقال فرایندها به سطوح اولویت بالاتر امکان قحطی زدگی برای فرایندهایی که اولویتشان در زمان ورود پایین تشخیص داده می شود وجود ندارد. و هر فرایند تا زمانی که پردازش آن کامل شود در صورت منتظر ماندن اولویت بیشتری پیدا می کند. الگوریتم نسبتا عادلانه است و حداکثر استفاده از پردازنده را داریم چرا که تنها زمانی پردازنده بیکار است که هیچ فرایندی در هر در سیستم

3- تشریح جزئیات پیاده سازی

در پیاده سازی سعی بر این بوده است که بسته نرم افزاری حاصل قابلیت هایی که می توانست برای سهولت بررسی الگوریتم مفید باشد را پشتیبانی نماید از جمله قابلیت توسعه، انعطاف با ورودیهای از پیش تعیین شده یا در حین اجرا و نیز امکان بررسی و نظارت و تهیه گزارشات آماری مناسب در هر لحظه از سیستم مد نظر بوده است. اکنون ساختار تعریف شده و نیز امکانات تعامل با هر یک از کلاسها را به تفکیک تشریح می کنیم.

3-1- بلوک کنترلی فرایند

مجموعه اطلاعات مربوط به یک فرایند می باشد که به بلوک کنترلی فرایند معروف است که به صورت یک کلاس در نظر گرفته شده اند. برای هر فرایند یک مجموعه اطلاعات پایه ای نگهداری می شود و اطلاعات جانبی با توجه به این داده ها در هر لحظه که مورد نیاز باشند ایجاد می شوند. با استفاده از توابع در نظر گرفته شده برای هر فرایند می توان داده ها یا حالات آن را تغییر داد حال به تفکیک اطلاعات پایه، اطلاعات جانبی و توابع این کلاس را بررسی می کنیم.

3-1-1- اطلاعات پایه

زمان ایجاد فرایند: زمانی که فرایند اولین درخواست خود را جهت زمان بندی و اجرا مطرح کرده است را نگهداری می کند.

زمان ورود: زمان ورود فرایند به صف فعلی آن یا به عبارتی زمان آخرین تغییر اولویت بندی را نشان می دهد.

مهلت فرایند: حداکثر زمانی که فرصت داریم فرایند را به اتمام برسانیم با اتمام این مهلت اجرای فرایند دیگری حاصلی ندارد و در نتیجه فرایند اصطلاحا کشته می شود.

زمان اتمام: با اتمام کامل یک فرایند زمان اتمام آن برای استفاده در مطالعات آماری نگهداری می شود.



نام فرایند: این نام تنها برای مطالعات آماری به کار می رود و هیچ کاربرد خاصی برای توزیع کننده ندارد.

وضعیت پردازش: نشان دهنده وضعیت فرایند در آخرین دوره زمانی توزیع کننده است، که شامل حالات: درحال اجرا، انتظار، تمام شده و کشته شده می باشد.

صف: نشان دهنده صفی است که فرایند در آن صف زمانبندی می شود و در حقیقت همان اولویت فرایند است.

مدت زمان اجرا: بیان کننده مدت زمانی است که فرایند در وضعیت اجرا بوده است.

طول کلی: به کل زمان مورد نیاز یک فرایند برای تکمیل اشاره می کند.

زمان انتظار: در بردارنده زمانی است که فرایند در صف فعلی در حالت انتظار گذرانده است.

3-1-2- اطلاعات جانبی

طول باقی مانده: این عامل گویای مدت زمانی که از اجرای فرایند باقی مانده می باشد. باید توجه داشت عواملی که به طول فرایند اشاره دارند در واقعیت و همچنین در این پیاده سازی از دید توزیع کننده مخفی می باشند و دلیل ثبت آنها در این پیاده سازی تنها بهره برداری آماری و نظارتی است و ارزشی در تصمیم گیری ندارند.

زمان پاسخ: برای فرایندهایی که کامل اجرا شده اند از فاصله زمان ورود تا زمان اتمام اجرای فرایند را زمان پاسخ می نامیم.

انتظار کلی: در مورد فرایندهایی که کامل اجرا شده اند از زمان پاسخ به اندازه طول کلی فرایند کم می کنیم که این زمان انتظار کل نامیده می شود و از معیارهای سنجش آماری توزیع کننده ها می باشد.

زمان بازگشت: از تقسیم زمان پاسخ به طول کلی فرایند برای فرایندهایی که اجرای آنها کامل شده محاسبه می گردد.

3-1-3- توابع عمومی

تغییرصف: همان طور که اشاره شد در مواردی در الگوریتم

بازخورد اولویت فرایند که در واقع صف فرایند است تغییر می کند، این تابع علاوه بر تغییر این کمیت زمان ورود به صف و مدت انتظار را نیز تنظیم می کند.

بازگشت به اول: این تابع فرایند را به آخر همان صفی که تا بحال در آن بوده باز می گرداند. یعنی زمان ورود به صف و مدت انتظار را تنظیم می کند.

اجرا برای یک دوره زمانی: این تابع برای یک دوره زمانی اجرای فرایند از سوی توزیع کننده فراخوانی می شود و در اطلاعات پایه و حالت فرایند تغییرات لازم را می دهد. این تابع در صورتی که پس از اضافه کردن یک واحد به مدت زمان اجرا این کمیت با طول کلی مساوی شود وضعیت فرایند را پایانی قرار می دهد و بدین ترتیب توزیع کننده را از اتمام فرایند آگاه می کند.

پایان دوره زمانی: این تابع پس از اتمام یک دوره زمانی برای همه فرایندها فراخوانی می شود و با توجه به حالت فرایند کاری را انجام می دهد. ممکن است به زمان انتظار فرایند یک واحد اضافه کند و یا آن را در صورت اتمام اجرا از صف های فعال خارج کند و ...

کشتن: اگر به هر دلیل در خواست کاربر یا اتمام مهلت نیاز به کشتن یک فرایند باشد این تابع عملیات را انجام می دهد و کمیت های مربوط را تنظیم می کند.

3-1-4- ملاحظات

با توجه به ساختار تشریح شده کلیه فرایندها از طریق یک نمونه متناظر از این کلاس ایجاد می شوند و بدیهی است که این ارتباط یک به یک می باشد. استفاده از امکانات این کلاس برای کاربر به صورت مستقیم توصیه نمی شود. بلکه می توان از توابع در نظر گرفته شده در توزیع کننده که به صورت اصولی به توابع کلاس بلوک کنترلی فرایند دسترسی دارند استفاده کرد.

3-2- تعریف یک صف

تعریف صف شامل مجموعه اطلاعات یک صف است و در این پیاده سازی تنها یک جنبه تعریفی دارد و کاربردی از آن مورد انتظار نمی باشد. تعریف کلاس صف کاملاً مجزای از فرایندهاست و هیچگونه تعاملی با فرایندها ندارد. فقط



فرایندهای تعریف شده برای توزیع کننده است.

اشاره گر به فرایند جاری: به فرایندی که در دوره زمانی قبلی در حال اجرا بوده اشاره می کند و تفاوت آن با شماره فرایند جاری در مواردی است که دوره زمانی قبلی با یک وقفه به پایان رسد در این شرایط فرایندی در سیستم در حالت اجرا وجود ندارد لذا شماره فرایند جاری مقدار بدون انتخاب و اشاره گر به فرایند جاری حاوی شماره آخرین فرایند اجرا شده توسط توزیع کننده است و تنها برای بررسی وضعیت سیستم به کار می رود و توزیع کننده از این کمیت در تصمیم گیری استفاده نمی کند.

شماره صف جاری: این اشاره گر به شماره آخرین صفی که توزیع کننده انتخاب کرده اشاره می کند.

پرچم وقفه: این پرچم در صورت بروز هر وقفه مقدار صحیح می گیرد و پس از مدیریت آن وقفه مجدداً مقدار نادرست به آن نسبت داده می شود.

زمان اجرا: حاوی تعداد دوره های زمانی است که فرایند جاری به صورت متوالی در حال پردازش بوده است.

جدول فرایندها: لیست کلیه فرایندهای معرفی شده به سیستم است. فرایندها حتی پس از اتمام اجرا نیز برای استفاده در بررسی ها از این لیست خارج نمی شوند.

جدول صفها: این جدول نیز حاوی لیست صفهایی است که در هنگام ایجاد توزیع کننده برای آن تعریف شده اند.

زمان: این کمیت تعداد دوره های زمانی که از زمان ایجاد توزیع کننده تا بحال سپری شده است را در خود نگهداری می کند.

3-3-2-اطلاعات جانبی

فرایند جاری: این کمیت تعامل مستقیم با فرایند جاری را ممکن می کند و توسط آن می توان اطلاعات این فرایند را ملاحظه کرد.

نام فرایند جاری: حاوی نام فرایند جاری است.

تعداد فرایندها: تعداد فرایندهایی که در جدول فرایندها هستند و اجرای آنها کامل نشده را نشان می دهد.

اطلاعات آن برای تصمیم گیری های توزیع کننده به کار می رود این کلاس فقط محتوی اطلاعات پایه است و اطلاعات جانبی یا تابعی برای آن تعریف نشده است.

3-2-1-اطلاعات پایه

نام صف: که این نام نیز مانند نام فرایند فقط برای تسهیل درک نتایج برای کاربران ایجاد شده و ارزش کاربردی خاصی ندارد.

بازه زمانی: این کمیت در بردارنده حداکثر طول بازه پردازش هر فرایند در این صف است و با انقضا آن برای فرایندی از این صف یک وقفه در سیستم ایجاد می شود.

محدوده انتظار: این کمیت حاوی حداکثر زمان انتظار در این صف است و با انقضا آن برای فرایندی از این صف یک وقفه در سیستم ایجاد می شود.

3-2-2-ملاحظات

کاربر برای استفاده از توزیع کننده باید قبل از ایجاد آن یک مجموعه صف برای آن ایجاد کرده و در اختیار آن قرار دهد و بر خلاف فرایندها که در هر زمان می توانند ایجاد و به توزیع کننده معرفی شوند صفها تمام مدت عمر توزیع کننده ثابت هستند و هر فرایند باید در بدو ورود خود به یکی از این صفها ارجاع داده شود.

3-3-توزیع کننده بازخورد

این کلاس حاوی توابع توزیع کننده و در واقع گرداننده دو کلاس دیگر است. در این کلاس فرایندها و صف ها جای می گیرند و وقفه ها صادر و مدیریت می شوند. و در واقع تنها کلاسی است که برای تعامل با کاربر ایجاد شده و کاربر می تواند از طریق ابزارها و امکانات این کلاس جزئیات هر لحظه از اجرای توزیع کننده را مورد مطالعه و بررسی قرار دهد. این کلاس شامل اطلاعات پایه، اطلاعات جانبی و توابع که شامل توابع عمومی و اختصاصی است می باشد که در ادامه به تشریح این توابع می پردازیم.

3-3-1-اطلاعات پایه

شماره فرایند جاری: اگر در توزیع کننده فرایند جاری وجود داشته باشد این کمیت حاوی شماره این فرایند در لیست

3-3-3-توابع عمومی

اضافه کردن فرایند: با این تابع می توان یک فرایند جدید به فرایندهای سیستم اضافه کرد. این تابع یک وقفه نیز ایجاد می کند.

کشتن فرایند: با این تابع می توان از توزیع کننده خواست فرایندی را متوقف کند بدون آنکه به کامل شده باشد.

اجرای یک دوره زمانی: برای ساده کردن امکان بررسی و همچنین امکان اضافه کردن یا کشتن فرایندها در حین اجرا توسط کاربر توزیع کننده پس از اجرای هر نوبت زمانی منتظر دستور کاربر می ماند و کاربر می تواند قبل از دستور اجرای مجدد، توزیع کننده را بررسی کند یا لیست فرایندها را تغییر دهد. این تابع هر بار کنترل را به دست مجموعه توابع داخلی این کلاس می دهد که نحوه کار آنها در ادامه به تفصیل شرح داده می شود.

3-2-4-توابع داخلی

نظر به اینکه توابع داخلی به طورکل از دید کاربر پنهان هستند نام بردن آنها و تشریح تک تک این توابع چندان مفید نخواهد بود لذا کل اعمال درونی توزیع کننده مستقل از اینکه در چه تابعی انجام می شوند را تشریح می کنیم.

هر بار که کاربر دستور اجرا می دهد وجود فرایند جاری در سیستم بررسی می شود. در صورت وجود بررسی می کنیم که آیا بازه زمانی فرایند با توجه به صف آن منقضی شده که در این صورت یک وقفه صادر می شود. در مرحله بعد وجود وقفه در سیستم بررسی می شود. این وقفه لزوماً مربوط به مرحله قبل نیست بلکه ممکن است در سایر مراحل صادر شده باشد که در ادامه به این مراحل نیز می پردازیم. در صورتی که وقفه ای در کار نباشد فرایند جاری یک دوره زمانی پردازش می شود ولی اگر وقفه داشته باشیم توزیع کننده با روندی که در ادامه می آید فرایندی را انتخاب می کند و یک دوره پردازش به آن اختصاص می دهد و در هر حال پس اجرای یک فرایند اتمام این دوره زمانی به همه فرایندها اطلاع داده می شود که این روند نیز در ادامه بررسی می شود.

برای انتخاب یک فرایند ابتدا اولویت همه فرایندها بررسی می شود و سپس از بین فرایندهای این صف با توجه به

روش نوبت گردشی که قبلاً توضیح داده شد یک فرایند انتخاب می شود. معیار این الگوریتم در اینجا در وهله اول زمان انتظار در صف و در صورت وجود بیش از یک کاندیدا زمان ایجاد در وهله دوم و نهایتاً در وهله سوم انتخاب بر حسب تصادف خواهد بود.

هر بار که پایان یک دوره زمانی به فرایند ها اطلاع داده می شود اطلاعات فرایندهای موجود به روز می شود. سپس کلیه فرایندها یک بار از نظر اینکه آیا با این اتفاق محدوده انتظار آنها در صفشان منقضی شده بررسی می شوند و در این صورت یک وقفه داده می شود. همچنین اگر در حین بررسی فرایندی یافت شود که با اتمام این دوره زمانی مهلت آن منقضی شده باشد فرایند توسط توزیع کننده کشته می شود.

4- نتیجه گیری

در این مقاله سعی بر معرفی و تحلیل الگوریتم معروف بازخورد و تشریح یک روش پیاده سازی برای این الگوریتم بوده است. در کنار مطالب یاد شده مفاهیم زمان بندی و معیارهای مقایسه و سنجش الگوریتم های این زمینه به صورت ضمنی بیان شده اند.

سپاسگزاری

با سپاس فراوان از جناب آقای دکتر کاوه ای که همواره از راهنمایی های ایشان در مراحل کار استفاده شده است.

مراجع

- [1] Stallings, William. Operating systems 4rd ed 2001 ISBN: 964-90539-6-4
- [2] A. Arpaci-Dusseau. Multilevel Feedback Queue Schedulers 2000 University of Wisconsin-Madison