



چکیده

در این مقاله، مکانیسم‌های جلوگیری از congestion در شبکه‌های کامپیوتری بیان شده‌اند. این موضوع از مکانیسم‌های سنتی کنترل congestion متفاوت است که به شبکه این امکان را می‌دهند که از حالت ازدحام با تاخیر بالا و توان انتقال پایین بهبود یابد. هر دوی این مکانیسم‌ها، اساساً مشکلات مدیریت منابع هستند. در اینجا یک گونه گسترده از الگوریتم‌های افزایش/کاهش را به طور انتزاعی مشخص شده و آن‌ها را با استفاده از چندین معیار عملکرد مختلف مقایسه شده‌اند. این معیارها شامل کارایی، انصاف، زمان همگرایی و اندازه نوسانات هستند. نشان داده شده است که یک الگوریتم ساده افزایشی و کاهش‌ی جمعی به شرط‌های کافی برای همگرایی به یک وضعیت کارآمد و عادلانه مناسب، بدون توجه به وضعیت اولیه شبکه می‌شود.

خلاصه

از آنجا که سرعت‌های گوناگون در ارتباط با ادغام فناوری‌های قدیمی و جدید در شبکه‌های کامپیوتری افزایش یافته است، ازدحام در شبکه‌های کامپیوتری به یک مسئله مهم تبدیل شده است. پیشرفت‌های فناوری اخیر، از جمله شبکه‌های محلی (LAN) و LAN‌های فیبر نوری، منجر به افزایش قابل توجه پهنای باند لینک‌های شبکه کامپیوتری شده است. با این حال، این فناوری‌های جدید باید با رسانه‌های با پهنای باند پایین مانند زوج سیم‌های مسی همزیستی داشته باشند. این منجر به اختلاف در نرخ‌های ورودی و خروجی در گره‌های میانی در شبکه می‌شود که باعث افزایش صف‌ها و ازدحام می‌شود. این مقاله به تجزیه و تحلیل دقیق الگوریتم‌های افزایش/کاهش متمرکز است که در طرح بازخورد دودویی پیشنهادی برای جلوگیری از ازدحام در شبکه‌ها به کار می‌روند. این طرح بازخورد دودویی بر اساس مانیتور کردن منابع در شبکه عمل می‌کند و تصمیم می‌گیرد که آیا زیربار بالا یا پایین از سطح بهینه است. بسته به سطح بار، منبع بازخورد دودویی (۱ = بار زیاد، ۰ = بار کم) را به کاربران ارسال می‌کند که سپس با استفاده از یک الگوریتم افزایش/کاهش بار خود را تنظیم می‌کنند. این طرح بازخورد دودویی با قرار دادن یک بیت در هدر بسته ارسال می‌شود، که به عنوان بیت تجربه ازدحام شناخته می‌شود و جزء فیلد OoS در هدر لایه شبکه است. این مدل فرض می‌کند که تمام کاربرانی که یک محدودکننده مشترک را به اشتراک می‌گذارند، بازخورد یکسانی دریافت می‌کنند و بر اساس این بازخورد، کاربران سعی می‌کنند بار خود را تنظیم کنند تا محدودکننده به بهترین شکل استفاده شود و همگان به اندازه برابر از آن استفاده کنند. این تحقیقات با شبیه‌سازی‌های دقیق در شبکه‌های واقعی تأیید شده‌اند.

مطالعه‌های مختلفی در زمینه مدیریت منابع توزیع شده صورت گرفته است و الگوریتم‌ها در دو طرف متفاوت این طیف قرار دارند: تصمیم‌گیری متمرکز و تصمیم‌گیری غیرمتمرکز. در حالت اول، تصمیمات در منبع انجام می‌شود و اطلاعات به منابع ارسال می‌شود تا چگونگی تخصیص منابع تصمیم‌گیری شود. در حالت دوم، تصمیمات توسط کاربران انجام می‌شود و منابع اطلاعات در مورد استفاده فعلی از منابع را ارائه می‌دهند. در این مقاله، یک دسته از الگوریتم‌های تصمیم‌گیری غیرمتمرکز که بر اساس بازخورد دودویی از منبع استفاده می‌کنند، تحلیل شده است. این بازخورد دودویی نشان‌دهنده این است که آیا منبع در حال حاضر بار زیاد دارد یا کم است. این انتخاب بازخورد دودویی دلیل خوبی برای در نظر گرفتن فرم دودویی بازخورد است؛ زیرا این انگیزه دارد که کنترل‌کننده/مدیر منبع را به ساده‌ترین و کارآمدترین شکل ممکن تبدیل کند. سپس، نمادها و تعاریف مرتبط با مدل فرضی شبکه تشریح شده‌اند. این مدل به شبکه با n کاربر اشتراک‌گذار تصویر می‌دهد و وضعیت ازدحام سیستم توسط تعداد بسته‌های موجود در سیستم تعیین می‌شود. علاوه بر این، معیارهای اصلی برای انتخاب کنترل‌ها مطرح شده‌اند که شامل

کارایی، انصاف، توزیع غیرمتمرکز و همگرایی می‌شوند. این معیارها به طور رسمی به شرح زیر تعریف شده‌اند: (۱) کارایی: این معیار توزیع منابع را بر اساس نزدیکی بار کل به نقطه کنونی مشخص می‌کند. (۲) انصاف: معیار انصاف، توزیع منابع بین کاربران را اندازه‌گیری می‌کند و بر اساس رویکرد انصاف \maxmin عمل می‌کند. (۳) توزیع غیرمتمرکز: این معیار مورد نیاز است که سیستم بتواند با حداقل بازخورد و ارسال اطلاعات، تصمیمات را انجام دهد و به کنترل‌هایی محدود شود که در شبکه‌های واقعی قابل اجرا باشند. (۴) همگرایی: این معیار نشان می‌دهد که آیا سیستم به یک حالت تعادل می‌رسد و اگر این اتفاق رخ دهد، چه سرعتی در آنجا می‌رسد. همچنین نشان‌دهنده این است که آیا انحرافات اطلاعات (نوسانات) کوچک و سریع هستند یا خیر. این معیارها ابتدا برای کنترل‌های خطی تعریف شده‌اند و سپس چندین مثال از انواع مختلف کنترل‌ها ارائه شده است.

برای تعیین مجموعه‌ای از کنترل‌های قابل اجرا، مفید است دینامیک‌های سیستم را به عنوان یک مسیر در یک فضای برداری n -بعدی مشاهده کرد. این روش با استفاده از یک مورد با دو کاربر توضیح داده شده است، که در یک فضای دو بعدی قابل مشاهده است. هر تخصیص منابع دو کاربری $\{X_1(t), X_2(t)\}$ به عنوان یک نقطه (X_1, X_2) در یک فضای دو بعدی قابل نمایش است. در این نمودار، محور افقی نخستین کاربر و محور عمودی تخصیص به کاربر دوم را نمایان می‌کند. تمام تخصیص‌هایی که برای آنها $X_1 + X_2 = X_{goal}$ باشد، تخصیص‌های کارآمد هستند و این مطابق با خط کم‌کاری نشان داده شده است. هدف از طرح‌های کنترل، رساندن سیستم به این نقطه است. تمام نقاط زیر خط کم‌کاری نشان‌دهنده یک سیستم "زیرباری" هستند و ایده‌آلاً سیستم از کاربران خواهد خواست که بار خود را افزایش دهند. در نهایت، با توجه به شیب خط افزایشی، افزایش تخصیص‌ها توسط کاربران انجام می‌شود. از آنجا که x_2 از خط کم‌کاری بالاتر است، کاهش تخصیص توسط کاربران به صورت ضربی انجام می‌شود و سیستم به نقطه x_2 می‌رسد. این فرآیند تا رسیدن به نقطه بهینه ادامه دارد. تراژدی کاملی از سیستم با استفاده از یک الگوی کنترل افزایشی/کاهشی ضربی نشان داده شده است. این نشان می‌دهد که با هر چرخه، $fairness$ به طور کمی افزایش پیدا می‌کند و در نهایت، سیستم به حالت بهینه همگرا می‌شود تا اندازه‌ای که به دور هدف نوسان می‌کند. برای الگوهای کنترل دیگر نیز می‌توان تراژدی مشابهی رسم کرد. اینجا معیارهای همگرایی به صورت جبری برای همگرایی به کارایی و $fairness$ مشتق شده‌اند.

وابستگی الگوریتم‌ها به مقیاس‌های سیستم، وظیفه پیکربندی را پیچیده‌تر می‌کند و الگوریتم را به خطر می‌اندازد. در حالی که در این گزارش به بهینه‌سازی طرح کنترل به دلیل معیارهای خاص پرداخته شده است. یک محدودیت دیگر ممکن است این باشد که منابع و در نتیجه تخصیص‌ها باید عدد صحیح باشند. به عنوان مثال، بافرها و پنجره‌ها همگی با اعداد صحیح اندازه‌گیری می‌شوند. گرد کردن ساده به نزدیک‌ترین عدد صحیح ممکن است باعث نقض شرایط همگرایی شود. سهولت پیاده‌سازی همچنین می‌تواند بر انتخاب کنترل‌ها تأثیر بگذارد. به عنوان مثال، تعداد ضرب‌ها یا توان‌های مورد نیاز برای پیاده‌سازی یک کنترل ممکن است بر حداقل سخت‌افزار مورد نیاز تأثیر بگذارد. (۱) چگونگی تأثیر بازخورد تأخیری بر کنترل است؟ در عمل همواره مقداری تأخیر قبل از رسیدن بازخورد به کنترل وجود دارد. با گذشت زمان تأخیر، بازخورد کم‌تر و کم‌تر مفید می‌شود و عملکرد بدتر می‌شود. ارزیابی کمی از نحوه وابستگی عملکرد به طول تأخیر می‌تواند ارزشمند باشد. (۲) میزان افزودنی بهبود عملکرد با افزایش بیت‌های بازخورد چیست؟ بازخورد دودویی ساده‌ترین است. افزودن بازخوردهای اضافی ممکن است به کاهش نوسانات کمک کند. تجزیه و تحلیل رسمی این امکان را فراهم می‌کند تا تجارب عملکرد در مقابل پیچیدگی ارزیابی شود. (۳) آیا ارزش دارد تخمین تعداد فعلی کاربران n را انجام دهیم؟ کاربران به طور دینامیک تغییر می‌کنند و تعداد آنها توسط اعداد صحیح تغییر می‌کند. (۴) چه تأثیری از عملیات ناهمگام برخوردار است؟ الگوریتم توصیف شده در این مقاله اصولاً یک الگوریتم همزمان است. به عبارت دیگر، فرض شده است که همه کاربران از یک حالت اولیه شروع می‌کنند و فازهای مشترک محاسبه و بازخورد را دنبال می‌کنند. وقتی فرکانس بازخورد متفاوت است یا وقتی تأخیر زمانی بازخورد به طور چشمگیری متفاوت است، خواص همگرایی تضمین نمی‌شود. این موضوع در حال حاضر در حال مطالعه بیشتر است.