



ارائه شده توسط:

سایت ترجمه فا

مرجع جدیدترین مقالات ترجمه شده

از نشریات معتبر

برنامه های شبیه سازی شبکه برق توسعه یافته با استفاده از چارچوب رایانش عملکرد

بالای GridPACK™

چکیده :

نیاز به تسریع شبیه سازی شبکه برق از طریق رایانش عملکرد بالا (HPC) از دیرباز مطرح بوده است و تلاش های قبلی به توسعه برنامه های رایانش موازی کلی برای کارکرد های خاص شبکه برق تخصیص داده شده است. کد های نرم افزار های غیر قابل انتقال و پیاده سازی های تکراری در این تلاش های قبلی، یک مانع اصلی برای پذیرش HPC در برنامه های شبکه برق می باشد. سخت افزار HPC مدرن و معماری نیازمند تخصیص رایانشی قابل توجه برای توسعه برنامه هستند. چارچوب نرم افزاری GridPACK™ توصیف شده در این مقاله، یک ساختار نرم افزار سازگار HPC را برای دسترسی به سالور های موازی مدرن و ماژول های آماده HPC برای اجزای مشترک در برنامه های شبیه سازی شبکه ارایه می کند. GridPACK™ موجب مخفی شدن جزئیات HPC شده و توسعه دهندگان سیستم توان را قادر می سازد تا بر برنامه ها تمرکز کنند تا جزئیات رایانشی. چندین کاربرد GridPACK™ برای اثبات ظرفیت های GridPACK و عملکرد شبیه سازی های HPC با شبکه های توان بزرگ ارایه شده است. مثال های بحث شده شامل موارد زیر هستند: برنامه شبیه سازی پویا که یک سیستم مشورتی هماهنگ سازی الکتریکی 17156 باس را در سرعت بیش از زمان واقعی محاسبه می کند (تحت 30 ثانیه برای یک شبیه سازی 30 ثانیه ای)، یک تحلیل اضطراری استاتیک با استفاده از مدیریت کار صورت می گیرد. تحلیل احتمالی پویا از دو سطح موازی گرایی استفاده می کند. این برنامه ها نشان دهنده قابلیت های GRIDPACK برای پشتیبانی از انواع مختلف شبیه سازی ها در یک چارچوب واحد پشتیبانی برای استفاده مجدد از کد های نرم افزاری انتقال پذیر در برنامه های شبکه توان ارایه شده اند. نتایج محاسباتی نشان دهنده بهبود عملکرد قوی برای شبیه سازی شبکه توان با GRIDPACK می باشد.

کلمات کلیدی : رایانش با عملکرد بالا، برنامه نویسی موازی، رایانش سیستم توان، پویایی سیستم توان، شبیه سازی

پویا، تحلیل احتمالی

1- مقدمه

علی رغم پیچیدگی شبکه توان مدرن، نرم افزار تجاری برای شبیه سازی رفتارهای آن عمدتاً برای محاسبه متوالی بر روی ایستگاه های کاری تک پردازند طراحی می شود. رایانش با عملکرد بالا که قادر به حل مسائل بزرگ تر و حل آن ها در یک مدت زمان کوتاه تر است در شبیه سازی شبکه توان برای برنامه های دنیای واقعی گنجانده شده است. دلیل اصلی مبنی بر این که HPC در شبیه سازی شبکه توان رایج تر است این است که پیچیدگی و هزینه توسعه الگوریتم های موازی و پیاده سازی آن ها در نرم افزار موازی بالا است. نیاز به رایانش عملکرد بالا به مدت های زمان طولانی شناخته شده است و بسیاری از محققان به این موضوع پرداخته است. این تلاش های قبلی به بررسی موضوع HPC از دیدگاه های کاربردی بدون نگاه سیستمی بر روی شیوه ذی نفع شدن برنامه ها از مجموعه مشترک ماژول های نرم افزار شده است. برای مثال، منابع 1-5 به بحث در مورد پیاده سازی موازی برنامه برآورد حالت پرداخته اند. منابع 6-9 یک تحلیل احتمالی استاتیک را معرفی کردند که از طرح توازن بار پویا استفاده کرده و (10-14) به بحث در مورد پیاده سازی چند گانه شبیه سازی پرداختند. در نتیجه، هر یک از این تلاش ها نیازمند مهارت های برنامه نویسی موازی و نیز تخصص مهندسی توان می باشند. مانع پذیرش این برنامه های HPC بالا است. به این ترتیب توسعه برنامه های شبکه توان مبتنی بر HPC نیازمند مهارت های برنامه نویسی موازی خارج از دیدگاه مدل سازان شبکه موازی بوده و مدل سازان شبکه توان بیشتر علاقه مند به توسعه ظرفیت های مدل سازی و بهبود عملکرد با استفاده از فنون برنامه نویسی پیچیده هستند. به این ترتیب آرایه مجموعه مشترکی از ماژول های نرم افزار موازی قابل استفاده در یک چارچوب مطلوب واحد است و بایستی موانع پذیرش HPC برای شبیه سازی شبکه توان را بر طرف کند.

برنامه های سیستم توان معمولاً حاوی اجزای رایج نظیر فرمولاسیون ماتریس پذیرش یا شبیه سازی اجزا هستند که با یک دیگر ترکیب می شوند. به علاوه، برخی از کارکرد های رایج نظیر حل معادلات جریان توان یا ترکیب معادلات جبری دیفرانسیل برای شبیه سازی پویا در برنامه های مختلف استفاده می شوند. برای مثال، راه حل جریان توان یک بعد مهم از تحلیل احتمالی، شبیه سازی پویا و یا سایر برنامه هاست. باز تولید این دستورات در برنامه های مختلف منجر به دو برابر شدن تلاش و کاهش بازدهی برنامه نویس ها می شود. تلاش هایی در راستای استفاده مجدد از نرم افزار و ساده سازی فرایند کد های نرم افزار موازی برای برنامه های شبکه در حال انجام است.

GridPACK در نتیجه این تلاش ها، یک نرم افزار متن باز را برای استفاده توسط جامعه شبکه توان برای تسريع پذيرش رايانش با عملکرد بالا ارايه شده است.

هدف GridPACK ساده سازی توسعه برنامه موازی برای برنامه های شبکه توان است که بر روی معماری های با عملکرد بالا اجرا می شود. GridPACK با در نظر گرفتن ماژول های عملکردی محاسبه توان در انتزاعات بالا به این هدف می رسد. این برای پیاده سازی نرم افزار موازی از اهمیت زیادی برخوردار است. توسعه دهندگان برنامه می توانند بر اصول فیزیکی و ریاضی چارچوب بندی و مدل سازی مسائل بدون نیاز به داده های اضافی تاکید کنند. این انتزاعات برای کاربران جهت دسترسی به کتابخانه های رايانشی با عملکرد بالا ساده تر است و موجب بهبود استفاده مجدد از نرم افزار و کاهش هزینه های توسعه و نگه داری نرم افزار می شوند.

این مقاله به توصیف توسعه و عملکرد برنامه های سیستم توان برای تشریح وظایف و مزایای GridPACK می پردازد. ادامه این مقاله به صورت زیر است. بخش 2 یک توصیف مختصری را از GridPACK ارايه می کند. بخش 3 به بحث در مورد پیاده سازی برنامه های مختلف GridPACK می پردازد. بخش 4 شامل نتیجه گیری مقاله است.

2- مروری مختصر بر چارچوب نرم افزار GridPACK

برنامه های توصیف شده در ادامه این مقاله با استفاده از چارچوب نرم افزار GridPACK توسعه یافته اند به طوری که آن ها را بر روی بستر HPC می توان اجرا کرد. GridPACK برای ارايه اطلاعات پایه برای شبیه سازی شبکه توان طراحی شده است در حالی که این چارچوب حاوی ماژول هایی برای ایجاد مدل های توزیعی از شبکه های توان است. و این موید بردار ها و ماتریس های توزیعی، سالور های خطی و غیر خطی و نقشه یابی داده ها بین شبکه ها و ماتریس ها است. به علاوه GridPACK پشتیبانی و بستر خوبی برای بسیاری از کار های رايانشی نظیر ماژول های ورودی/خروجی، مدیریت کار، مدیریت خطا و تعیین پروفیل برنامه و نرم افزار است.

چارچوب به صورت ++C بوده و از ویژگی های برنامه ویسی شی گرا استفاده می کند. به این ترتیب GridPACK را قادر به استفاده از کتاب های مربوط به برنامه نویسی در ماژول های سطح بالا و ارتقای استفاده مجدد از نرم افزار می شود. هر دو ویژگی های ++C به طور گسترده در GridPACK استفاده می شوند.

GridPACK به طور موفق‌تری در توسعه کدهای نرم‌افزاری برای برنامه‌های شبکه توان نظیر راه‌حل جریان توان، شبیه‌سازی پویا، برآورد استاتیک، تحلیل احتمالی و محاسبات رتبه‌بندی زمان واقعی است. بسیاری از این برنامه‌ها از کتابخانه‌های برابر استفاده کرده و نشان‌دهنده هدف کلیدی توسعه GridPACK در وهله اول هستند. به علاوه کدهای سخت‌افزاری نوشته شده برای یک برنامه را می‌توان در برنامه‌های دیگر مورد استفاده قرار داد. یک مثال کد محاسبه ماتریس Y باس است. ماتریس Y در همه برنامه‌های شبیه‌سازی شبکه توان قرار داشته و این برنامه‌ها کدهای ماتریس Y باس مشترکی دارند. با چارچوب GridPACK، بهبود و پیشرفت‌ها در ماژول ماتریس Y باس در یک برنامه به طور خودکار قابل دسترس بوده و قابل انتقال به برنامه‌های دیگر است.

چارچوب GridPACK در شکل 1 نشان داده شده است و ماژول‌های اصلی را نیز نشان می‌دهد. اصل برنامه نویسی شی‌گرا در پیاده‌سازی GridPACK استفاده می‌شود. اشیاء در این زمینه GridPACK به صورت اجزایی در شبکه توان تعریف می‌شوند نظیر باس‌ها، شعبه‌ها و ژنراتورها به طوری که آرایه و حفظ داده‌های ورودی در برنامه‌های شبکه توان امری طبیعی و آسان است. توصیف کوتاه ماژول‌های اصلی در GridPACK در زیر نشان داده شده است. جزئیات بیشتر در مورد طراحی چارچوب GridPACK و ماژول‌های آن در 16 توصیف شده است.

2-1 شبکه

ماژول شبکه یک کلاس الگو است که به کاربران امکان استفاده از مدل‌های دلخواه را برای اجزای شعبه و باس را در شبکه می‌دهد. بسته به نوع برنامه، اجزای باس و شعبه می‌توانند تولید محاسبات مناسب برای فرمولاسیون جریان توان، برآورد حالت و شبیه‌سازی پویا آرایه کنند. ماژول شبکه از توزیع شبکه توان در پردازش‌گرهای مختلف از طریق پارتیشن‌بند پشتیبانی می‌کند. سپس شبکه طوری تقسیم می‌شود که تعداد ارتباطات بین باس‌های تخصیص داده شده یک پردازنده و کمینه‌سازی تعداد ارتباطات بین باس‌های موجود بر روی پردازنده‌های مختلف تقسیم می‌کند. به این ترتیب سر بار رایانشی توسط مبادله داده‌ها بین پردازنده کاهش داده می‌شود. در عین حال، ماژول شبکه قادر به مدیریت مبادله داده‌ها بین باس‌ها و شعبه‌ها است. در نهایت ماژول شبکه به باس‌های محلی متصل می‌شود. در نهایت، ماژول شبکه به باس و شعبه‌ها بر روی هر پردازنده متصل می‌شود. این قابلیت‌ها برای تعریف ویژگی‌های مدل شبکه توان و پیاده‌سازی آن بر روی کامپیوتر موازی ضروری هستند

2-2 نقشه سازها

یکی از پیچیده ترین ابعاد نوشتن کد های موازی برای برنامه های شبکه توان تولید ماتریس های توزیعی از شبکه می کند که در پردازنده های مختلف تقسیم می شود. مازول های نقشه ساز و رابط ماتریس بردار در اجزای شبکه برای ساده سازی این کار طراحی می شوند. هر باس و شعبه در شبکه مسئول توصیف سهم آن در بردار است. این کار با پیاده سازی کارکرد هادر اجزا حاصل می شود که شیوه استفاده از عناصر مختلف را برای هر باس و شعبه نشان می دهد. این دستورات اطلاعاتی را در مورد شیوه آرایش عناصر ماتریس ارایه می کنند. برای مثال، یک باسی که به بلوک مربعی قطر ماتریس کمک می کند، ابعاد بلوک را نشان می دهد.

نقشه سازها از اطلاعات بازگشتی از باس ها و برنچ ها برای ساخت ماتریس توزیعی کامل استفاده می کنند. نقشه سازها همه اجزا را بر روی پردازنده حلقه ایجاد شده و موجب توصیف تعداد زیادی از عناصر و مقادیر آن ها می شود. این اطلاعات را می توان برای تعیین ابعاد ماتریس و موقعیت عناصر ماتریس شد. کاربر مسئول ارایه عناصر ماتریس با هر یک از شبکه ها است. محاسبه شاخص برای ایجاد ماتریس کامل توسط نقشه سازها مدیریت می شود.

2-3 ریاضی

ماژول ریاضی مسئول پشتیبانی از ایجاد و اصلاح ماتریس ها و بردار های توزیعی است. به این ترتیب امکان ارایه سالور های خطی و غیر خطی مورد استفاده توسط برنامه ها برای پیاده سازی الگوریتم های راه حل وجود دارند. ماژول ریاضی امروزه بر روی کتابخانه PETS ایجاد شده از رابط یکنوخت پشتیبانی می شود که در بسیاری از موارد دیگر مشهود است. سویچینگ بین کتابخانه های مختلف نیازمند تغییرات در کد برنامه نیست با این حال با ارتباط نسخه GridPACK تعیین می شود که دارای گزینه های پیکر بندی متفاوتی است.

کلاس های ماتریس و بردار در GridPACK بر روی کلاس های متناظر در PETS پیاده سازی می شوند و از سالور های غیر خطی و خطی استفاده می کنند. این مسئله موجب تسهیل برنامه نویسی می شود زیرا یک کلاس سالور خطی و در GridPACK وجود دارد. همه گزینه های مختلف سللور با گزینه های مختلف قابل دسترس هستند. این موجب می شود تا اجرای سالور ها ساده تر باشد.

2-4 ماژول های برنامه

چندین برنامه رایج با استفاده از GridPACK نوشته شده است که به صورت ماژول باز پخش می شود و در بسته ترم افزاری GridPACK قرار گرفته است. این ماژول های برنامه موسوم به بخش هایی از برنامه های دیگر بوده و به توسعه دهنده امکان استفاده از انواع محاسبات را می دهد. آن ها برای محاسبات احتمالی نیز مفید هستند به طوری که رابط های مختلف محاسبه به طور هم زمان اجرا می شوند. این انواع محاسبات با تابع کلون شبکه پشتیبانی می شوند و به کاربران امکان می دهد تا از شبکه کپی برداری کنند. دسترسی به ماژول های برنامه موجب تسهیل کار ایجاد جریان های کاری می شود که در آن نتایج یک شبکه را می توان در ورودی محاسبات دیگر قرار داد. مثال ها شامل تحلیل احتمال، مقدار دهی به شبیه سازی با اسفاده از جریان توان یا برآورد مقدار حالت، تحلیل احتمال و یا شبیه سازی پویا و تحلیل پایداری ولتاژ در جریان کار است. از این روی برنامه های بیشتر با GridPACK ایجاد می شود

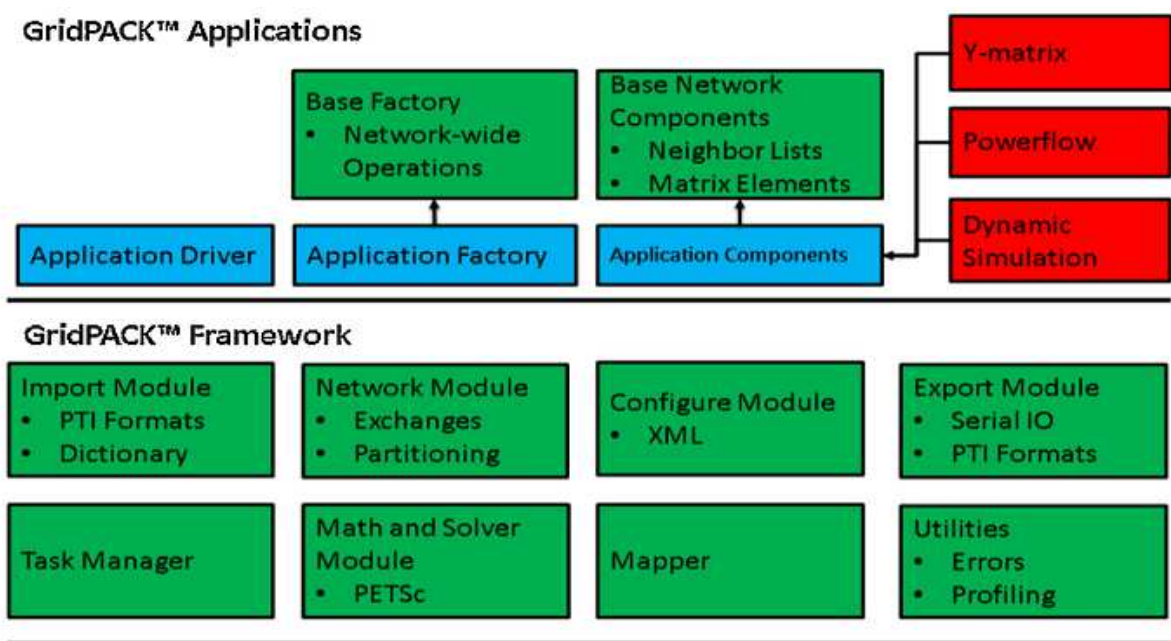
3- مثال هایی از برنامه ها

این بخش به بررسی پیاده سازی موازی و عملکرد برنامه های شبکه توان با GridPACK با تاکید بر مقوله های شبیه سازی پویا و توابع تحلیل احتمالی استاتیک و دینامیک می پردازد.

3-1 شبیه سازی پویا

شبیه سازی پویا یک دستور کاربردی در مدل سازی سیستم توان بوده و قادر به ارزیابی مسیر های موقت می باشد به خصوص زمانی که تغییرات ناگهانی در سیستم رخ داده باشد. نیاز به تسریع شبیه سازی شبکه برق از طریق رایانش عملکرد بالا (HPC) از دیرباز مطرح بوده است و تلاش های قبلی به توسعه برنامه های رایانش موازی کلی برای کارکرد های خاص شبکه برق تخصیص داده شده است. کد های نرم افزار های غیر قابل انتقال و پیاده سازی های تکراری در این تلاش های قبلی، یک مانع اصلی برای پذیرش HPC در برنامه های شبکه برق می باشد. سخت افزار HPC مدرن و معماری نیازمند تخصیص رایانشی قابل توجه برای توسعه برنامه هستند. چارچوب نرم افزاری GridPACKTM توصیف شده در این مقاله، یک ساختار نرم افزار سازگار HPC را برای دسترسی به سالور های موازی مدرن و ماژول های آماده HPC برای اجزای مشترک در برنامه های شبیه سازی شبکه ارائه می کند. GridPACKTM موجب مخفی شدن جزئیات HPC شده و توسعه دهندگان سیستم توان را قادر می سازد تا بر برنامه ها تمرکز کنند تا جزئیات رایانشی. چندین کاربرد GridPACKTM برای اثبات ظرفیت های GridPACK

و عملکرد شبیه سازی های HPC با شبکه های توان بزرگ ارایه شده است. مثال های بحث شده شامل موارد زیر هستند: برنامه شبیه سازی پویا که یک سیستم مشورتی هماهنگ سازی الکتریکی 17156 باس را در سرعت بیش از زمان واقعی محاسبه می کند (تحت 30 ثانیه برای یک شبیه سازی 30 ثانیه ای)، یک تحلیل اضطراری استاتیک با استفاده از مدیریت کار صورت می گیرد. تحلیل احتمالی پویا از دو سطح موازی گرایبی استفاده می کند. این برنامه ها نشان دهنده قابلیت های GRIDPACK برای پشتیبانی از انواع مختلف شبیه سازی ها در یک چارچوب واحد و پشتیبانی برای استفاده مجدد از کد های نرم افزاری انتقال پذیر در برنامه های شبکه توان ارایه شده اند. نتایج محاسباتی نشان دهنده بهبود عملکرد قوی برای شبیه سازی شبکه توان با GRIDPACK می باشد.



Core Data Objects



ماتریس Y جریان توان	اجزای شبکه پایه: فهرست همسایه عناصر ماتریس	کارخانه پایه: عملیات شبکه محور	
شبیه سازی پویا	اجزای برنامه	کارخانه برنامه	درایور برنامه
ماژول صادراتی IO سریالی فرمت های PTI	پیکر بندی ماژول XML	ماژول شبکه تبادل پارتیشن بندی	ماژول وارداتی فرمت pt دیکشنری
یوتیلیتی خطا	نقشه ساز	ماژول ریاضی و سالور PTES	مدیریت برنامه

پروفیل بندی			
	شبکه توان	بردار ها و ماتریس ها	

شکل 1: نمودار شماتیک از چارچوب نرم افزار GRIDPACK، به طوری که ماژول های چارچوب به رنگ سبز بوده و ماژول های کاربر محور به صورت ابی بوده است. ماژول های کاربر را می توان در برنامه های مختلف به صورت رنگ قرمز مشاهده کرد.

جریان توان و داده پویا
حل جریان توان
ایجاد ماتریس ورودی
مقدار دهی متغیر های حالت و محاسبه ورودی ژنراتور ها
به روز رسانی ماتریس های ورودی
محاسبه رد ژنراتور
حل معادلات شبکه
محاسبه $dx/dt^1, x_t^p = x_{t-h} + h * dx/dt^1$
محاسبه تزریق جریان ژنراتور به طور موازی
حل معادلات شبکه برای ولتاژ
محاسبه $dx/dt^2, x_t^p = x_{t-h} + h/2 * (dx/dt^1 + dx/dt^2)$
$t = t_{max} ?$
پایان

شکل 2: فلوچارت شبیه سازی پویا با ماتریس فول Y باس و انتگراسیون یولر

3-1-1 الگوریتم

ماتریس Y- باس یک ماتریس بسیار پراکنده است که بیانگر روابط الکتریکی بین باس ها بوده و توصیف کننده رابطه بین ولتاژ ها، جریان و جریان توان در یک سیستم توان است. بسیاری از نرم افزار های تجاری موجود از ماتریس Y- باس در محاسبات شبیه سازی پویا استفاده می کنند. در برنامه GRIDPACK این الگوریتم با استفاده از روشیولر اصلاح شده برای انتگراسیون زمانی برای ایجاد ماژول شبیه سازی پویا و موازی پیاده سازی می شود. شکل 2، فلوچارت اصلی را از الگوریتم Y- باس نشان می دهد. با توجه به این ویژگی که ماژول شبکه GRIDPACK شبکه سیستم توان را در پردازنده ها توزیع می کند امکان دسترسی به باس ها و شعبه ها بر روی هر پردازنده

وجود دارد. از این روی ایجاد ماتریس فول باس ساده به نظر می رسد. این کار با تولید معادلات باس و اجزای شعبه در شبکه با استفاده از ماژول نقشه ساز انجام می شود. نقشه ساز مقادیر ماتریس Y - باس را از هر باس و شعبه استخراج کرده و سپس آن ها را در ماتریس توزیعی کامل قرار می گیرد. این فرایند موجب ساده شدن ساخت ماتریس می شود زیرا نیاز کاربر را به تعیین شیوه پارتیشن بندی پردازنده ها را بر طرف می کند و به این ترتیب نیازی به تعیین شاخص های جهانی عنصر ماتریس نیست.

روش یولر اصلاح شده برای محاسبه متغیر های حالت سیستم در هر مرحله از طریق انتگراسیون معادلات دیفرانسیل استفاده می شود. معادلات دیفرانسیل، پویایی سیستم تولید کننده واحد ها و کنترل گر ها را توصیف کرده و از این روی به طور طبیعی آن ها را از هم تفکیک می کند. برای مثال معادلات ژنراتور به پردازنده توزیع می شوند که حاوی یک باس برای اتصال این ژنراتور بوده است با توجه به این که باس ها زمانی توزیع می شوند که شبکه توسط GRIDPACK پارتیشن بندی شود.

پیاده سازی برنامه شبیه سازی پویا با استفاده از روش فول Y باس از یک راهبرد ترکیبی استفاده می کند که در آن بخشی از الگوریتم به طور موازی اجرا شده و بخشی از الگوریتم به طور متوالی اجرا می شود. محاسبه هدف برای شبیه سازی پویا موجب اجرای شبیه سازی 30 ثانیه ای در 17506 سیستم WECC در کم تر از 30 ثانیه می شود. بعد از ارزیابی سالور های خطی، یک سالور خطی مستقیم با تجزیه مثلثی بالاتر و پایین تر برای حل معادلات شبکه $I = Y * V$ انتخاب می شود که در آن V یک بردار ولتاژ بوده و I برداری است که نشان دهنده ورود به باس ها است. این سالور LU، که بر روی یک پردازنده اجرا می شود، نشان دهنده سریع ترین عملکرد با سطح یکسان صحت است. در صورتی که بار های غیر خطی در مدل قرار بگیرند، این ماتریس های Y باس در طی شبیه سازی ثابت خواهند بود. از این روی وقتی سالور در GRIDPACK قرار گیرد تنها یک بردار I سمت راست باید در هر مرحله زمانی به روز رسانی شود.

راه حل این معادلات شبکه در هر مرحله زمانی شامل استفاده از بردار I سمت راست و انجام دستور است. این دستور جمع اوری همه داده های محلی را بر روی هر پردازنده جمع اوری کرده و یک نسخه تکراری را از بردار سمت راست بر روی هر پردازنده ایجاد می کند. این ماتریس بر روی هر پردازنده تکرار شده است و این زمانی است که هر فرایند برا محل معادلات جبری استفاده کرده و بخشی از بردار را بر روی بردار راه حل کپی کند. توانایی

پیکر بندی سالور خطی برای اجرا به این ترتیب به صورت یک گزینه مناسب سالور های خطی در GRIDPACK در نظر گرفته شده است و از این روی نیاز مبرمی به ایجاد تعادل با کد برنامه واقعی برای دسترسی به این برنامه وجود دارد

2-1-3 اعتبار سنجی

سیستم باس WECC 179 برای مقایسه صحت در برابر شبیه سازی پاور ورلد اجرا می شود. این مدل نشان دهنده ساختار ساده سیستم WECC می باشد و متشکل از 179 باس، 29 ژنراتور، 104 بار، 40 عنصر، 203 خط انتقال و 60 مبدل است. مدل ژنراتور به صورت GENSA است که دارای یک مدل محرک EXDC1/ می باشد. جدول 1 نوع متغیر های حالت 494 را در مورد متغیر های حالت نشان می دهد. این سیستم برای 20 ثانیه با مرحله زمانی 5 ثانیه شبیه سازی شده است. به این ترتیب امکان ایجاد یک رفت و برگشت با 1 ثانیه و 1.05 ثانیه وجود دارد.

```

1  <?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
2  <Configuration>
3  <Powerflow>
4    <networkConfiguration> WECC179_detailed.raw </networkConfigurati
5    <maxIteration>50</maxIteration>
6    <tolerance>1.0e-3</tolerance>
7    ...
8  </Powerflow>
9  <Dynamic_simulation>
10   <generatorParameters> WECC179_detailed.dyr </generatorParameters:
11   <simulationTime>20</simulationTime>
12   <timeStep>0.005</timeStep>
13   <faultEvents>
14     <faultEvent>
15       <beginFault> 1.00</beginFault>
16       <endFault> 1.05</endFault>
17       <faultBranch>5 6</faultBranch>
18       <timeStep> 0.005</timeStep>
19     </faultEvent>
20   </faultEvents>
21   <LinearSolver>
22     <ForceSerial>true</ForceSerial>
23     <InitialGuessZero>true</InitialGuessZero>
24     <SerialMatrixConstant>true</SerialMatrixConstant>
25     <PETScOptions>
26       -ksp_type preonly
27       -pc_type lu
28       -pc_factor_mat_ordering_type amd
29     </PETScOptions>
30   </LinearSolver>
31 </Dynamic_simulation>
32 </Configuration>

```

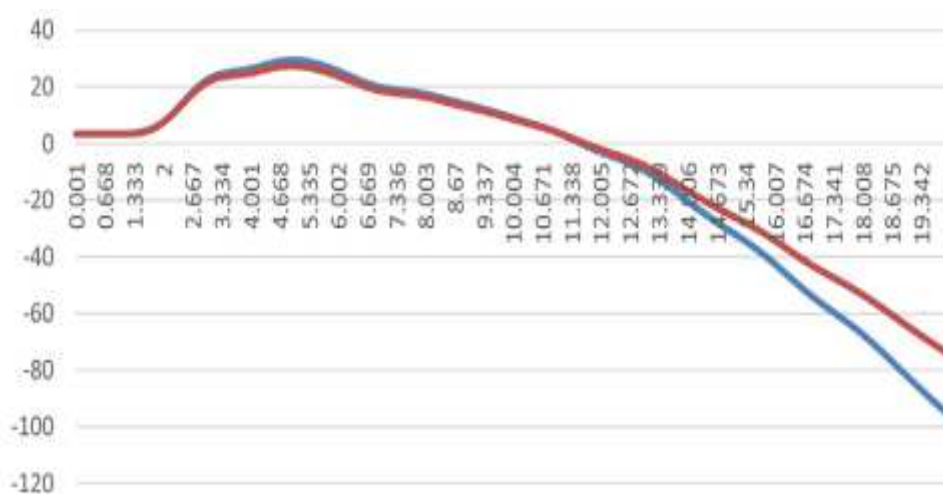
شکل 3: ورودی برنامه شبیه سازی پویا بر روی GridPACK

شکل 3 مسیر ورودی برای گزینه های پیکر بندی انجام شبیه سازی پویای خاص را با استفاده از GridPACK نشان می دهد. ماژول GridPACK برای ورودی ها برای کار با فرمت XML طراحی شده است و از داده های سلسله مراتبی پشتیبانی می کند. این فرمت با بسیاری از ابزار های نرم افزاری دیگر سازگار است و یک انعطاف پذیری را ایجاد می کند. ویژگی های جدید را می توان به راحتی بدون تغییرات معنی دار در فرمت ورودی یا پارسر های موجود افزود.

جدول 1. متغیرهای حالت در سیستم شبیه سازی شده باس WECC 179.

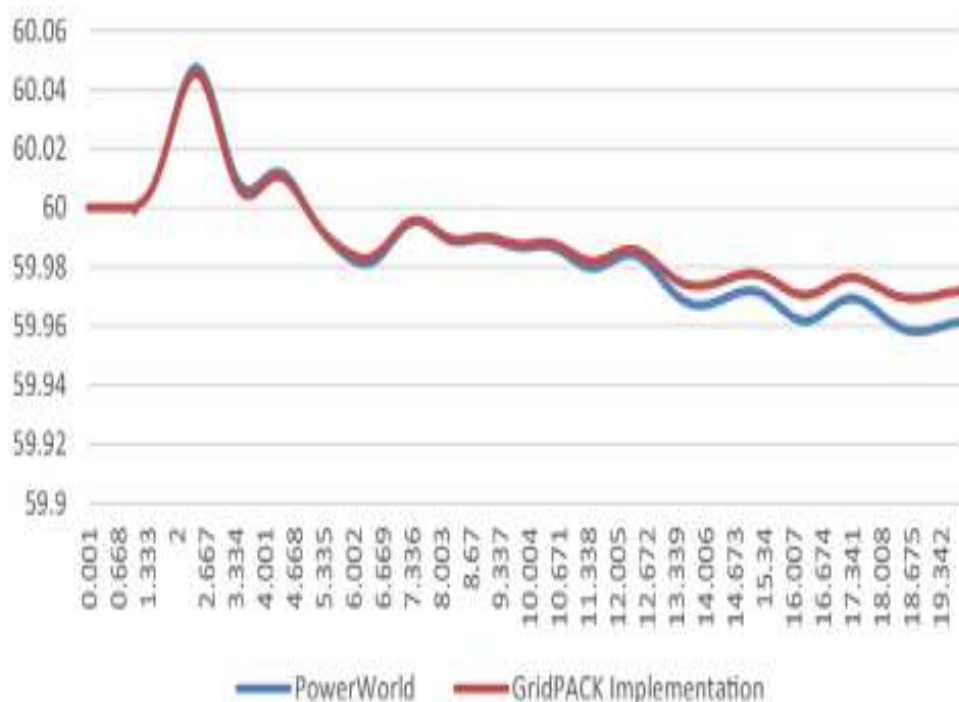
State variable	Generator	Exciter	Governor
1	Rotor Angle	VE	X1_gov
2	Rotor Speed	Terminal Voltage	X2_gov
3	Transient Q Axis Eq	X3_exc	X3_gov
4	Transient D Axis Flux	X4_exc	X4_gov
5	Subtransient Q Axis Flux	X5_exc	X5_gov
6			X6_gov

شکل 4-5 یک مقایسه بین شبیه سازی پویا را با استفاده از شبیه ساز های GridPACK و پاور ورلد برای زاویه روتور و سرعت بر روی باس نشان می دهد. تفاوت بعد از رفع خطا و عیب اشکار می شود. یک سری عوامل شناسایی شده اند که نشان دهنده پیاده سازی GridPACK، با استفاده از روش یولر اصلاح شده هستند 2- تابع اشباع بلوک های غیر خطی در ژنراتور و مدل های نظاتی بین GridPACK و پاورورلد هستند و 3- دقت کد ها متفاوت است و از این روی GridPACK از یک دقت دو گانه استفاده می کند. در کار های آینده، می توان تفاوت را با مشاوره فروشندگان کاهش داد. به این ترتیب امکان تطابق بعد از نشان دادن جزئیات پیاده سازی وجود دارد.



شکل 4: مقایسه زاویه روتور ژنراتور بر روی باس خراب WECC 179 بین شبیه ساز یوپیا با استفاده از شبیه

سازی پاور ورلد و کرید پک

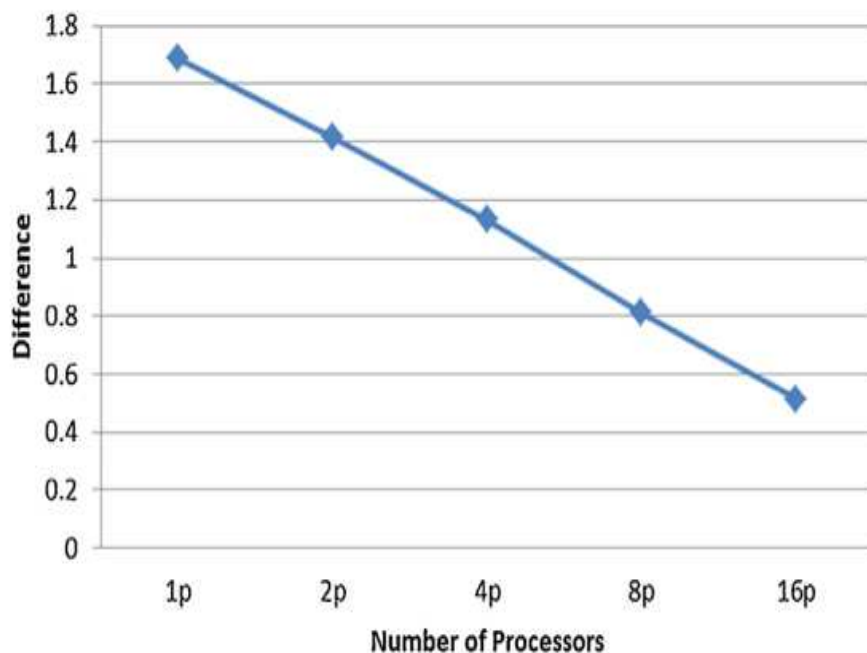


شکل 5: مقایسه سرعت روتور ژنراتور بر روی باس سیستم باس خراب WECC 179 بین شبیه سازی یوپیا

با استفاده از شبیه سازی پاور ورلد و کرید پک

جدول 2: زمان محاسبه کل شبیه سازی 30 ثانیه ای سیستم WECC

Time spent (s)	1p	2p	4p	8p	16p
Total time	64.47	46.85	33.82	26.82	24.80
Initial power flow	6.53	8.26	6.9	6.62	6.65
Dynamic simulation time integration	56.16	37.37	26.32	19.86	17.96
Linear solver in Modified Euler prediction step	3.76	5.74	6.38	6.73	7.39
Linear solver in Modified Euler correction step	3.75	5.69	6.35	6.64	7.30

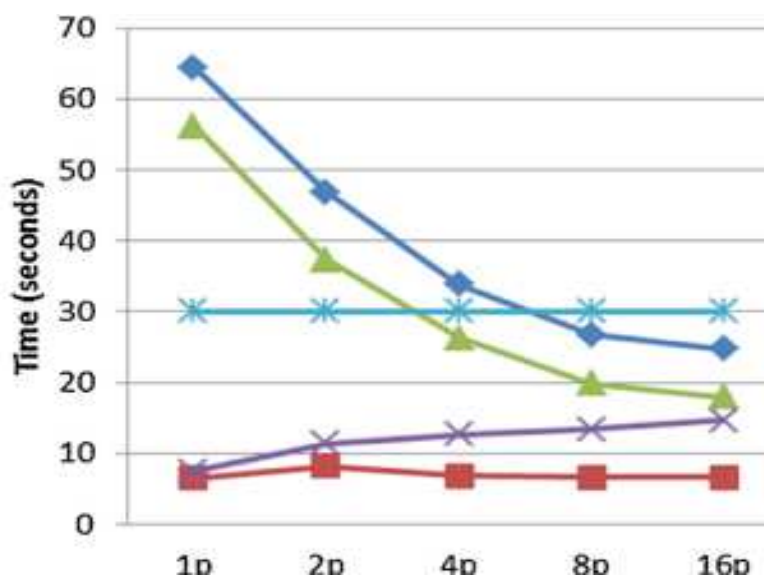


شکل 7: تفاوت بین زمان صرف شده در معادلات پویا و راه حل خطی

عملکرد

یک سیستم WECC متشکل از 17156 باس و 1906 ژنراتور کاری در گرید پک با یک مرحله زمانی 5 میلی ثانیه شبیه سازی می شود. خرابی سه فاز متصل به زمین در 1 ثانیه رخ داده و در 1.5 ثانیه بر روی خط انتقال حل می شود. زمان کل محاسبه شبیه سازی با انواع مختلف پردازنده ها در جدول 2 نشان داده شده است. رفتار مقیاس بندی برنامه شبیه سازی پویای مبتنی بر گرید پک برای سیستم WECC در شکل 6 نشان داده شده است. این شکل زمان شبیه سازی کل و تجزیه زمانی راه حل جبری را با سالور خطی، انتگراسیون معادلات دیفرانسیل و محاسبه جریان توان برای شبیه سازی پویا نشان می دهد. از این روی شبیه سازی بدون فالت 30 ثانیه با ابزار های تجری بر روی یک ایستگاه کاری 2.4 گیگاهرتز و رم 4 گیگ انجام می شود. در پیاده سازی گرید پک، زمان شبیه سازی کل می تواند 24 ثانیه باشد. ماژول شبکه یک کلاس الگو است که به کاربران امکان استفاده از مدل های دلخواه را برای اجزای شعبه و باس را در شبکه می دهد. بسته به نوع برنامه، اجزای باس و شعبه می توانند تولید محاسبات مناسب برای فرمولاسیون جریان توان، برآورد حالت و شبیه سازی پویا ارایه کنند. ماژول شبکه از توزیع شبکه توان در پردازش گر های مختلف از طریق پارتیشن بند پشتیبانی می کند. سپس شبکه طوری تقسیم می شود که تعداد ارتباطات بین باس های تخصیص داده شده به یک پردازنده و کمینه سازی تعداد ارتباطات بین باس های موجود بر روی پردازنده های مختلف تقسیم می کند. به این ترتیب سر بار رایانشی توسط مبادله داده

ها بین پردازنده کاهش داده می شود. در عین حال، ماژول شبکه قادر به مدیریت مبادله داده ها بین باس ها و شعبه ها است. در نهایت ماژول شبکه به باس های محلی متصل می شود. در نهایت، ماژول شبکه به باس و شعبه ها بر روی هر پردازنده متصل می شود. این قابلیت ها برای تعریف ویژگی های مدل شبکه توان و پیاده سازی آن بر روی کامپیوتر موازی ضروری هستند



شکل 6: عملکرد برنامه شبیه سازی پویا برای سیستم 17156WECC

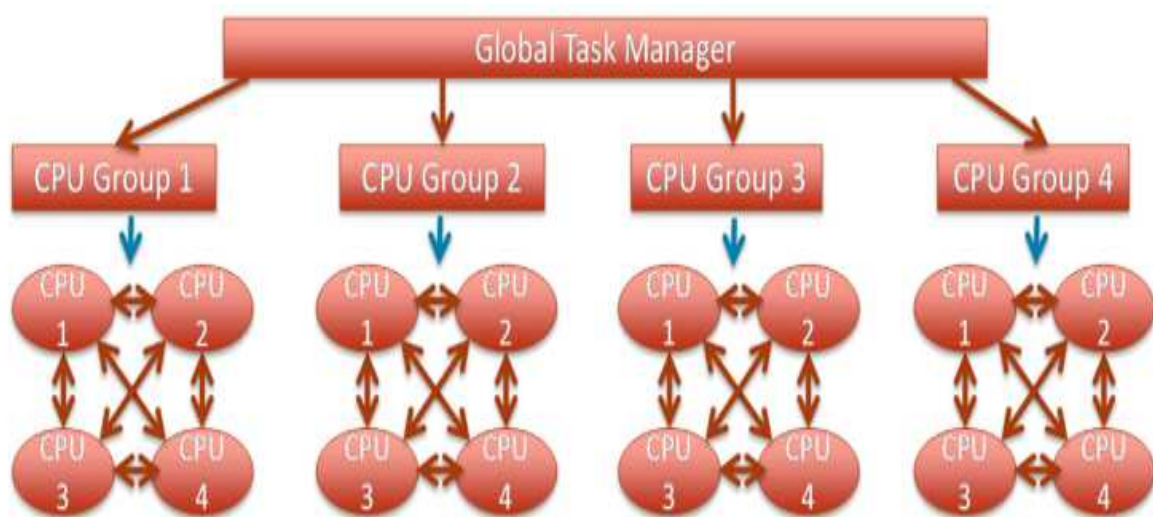
تحلیل احتمال استاتیک و دینامیک

تحلیل احتمال یک تابع مهم در سیستم توان و تحلیل امنیت است. برنامه های توصیف شده در ادامه این مقاله با استفاده از چارچوب نرم افزار GridPACK توسعه یافته اند به طوری که آن ها را بر روی بستر HPC می توان اجرا کرد. GridPACK برای ارائه اطلاعات پایه برای شبیه سازی شبکه توان طراحی شده است در حالی که این چارچوب حاوی ماژول هایی برای ایجاد مدل های توزیعی از شبکه های توان است. و این موید بردار ها و ماتریس های توزیعی، سالور های خطی و غیر خطی و نقشه یابی داده ها بین شبکه ها و ماتریس ها است. به علاوه GridPACK پشتیبانی و بستر خوبی برای بسیاری از کار های رایانشی نظیر ماژول های ورودی/خروجی، مدیریت کار، مدیریت خطا و تعیین پروفیل برنامه و نرم افزار است.

چارچوب به صورت C++ بوده و از ویژگی های برنامه ویسی شی گرا استفاده می کند. به این ترتیب GridPACK را قادر به استفاده از کتاب های مربوط به برنامه نویسی در ماژول های سطح بالا و ارتقای استفاده مجدد از نرم افزار می شود. هر دو ویژگی های C++ به طور گسترده در GridPACK استفاده می شوند. GridPACK به

طور موفق‌تری در توسعه کدهای نرم‌افزاری برای برنامه‌های شبکه‌توان نظیر راه‌حل جریان‌توان، شبیه‌سازی پویا، برآورد استاتیک، تحلیل احتمالی و محاسبات رتبه‌بندی‌زمان واقعی است. بسیاری از این برنامه‌ها از کتابخانه‌های برابر استفاده کرده و نشان‌دهنده هدف کلیدی توسعه GridPACK در وهله اول هستند. به علاوه کدهای سخت‌افزاری نوشته شده برای یک برنامه را می‌توان در برنامه‌های دیگر مورد استفاده قرار داد. یک مثال کد محاسبه ماتریس Y باس است. ماتریس Y در همه برنامه‌های شبیه‌سازی شبکه‌توان قرار داشته و این برنامه‌ها کدهای ماتریس Y باس مشترکی دارند. با چارچوب GridPACK، بهبود و پیشرفت‌ها در ماژول ماتریس Y باس در یک برنامه به طور خودکار قابل دسترس بوده و قابل انتقال به برنامه‌های دیگر است. تحلیل استاتیک دارای دو مقوله است. تحلیل استاتیک و دینامیک. به طور کلی، تحلیل احتمالی استاتیک تنها رفتار سیستم را در یک لحظه تحت احتمالات مختلف در نظر می‌گیرد این نیازمند حل تعداد زیادی از معادلات جریان‌توان است که با حل معادلات خطی بر اساس روش نیتون بدست می‌آید. چون حل معادلات خطی برای مدل‌های واقعی مقیاس پذیر است. این موازی‌گرایی ناشی از این است که سناریوهای احتمالی را می‌توان در پردازنده‌ها توزیع کرد که گرید پک به خوبی قادر به انجام آن است.

تحلیل احتمالی پویا برای مطالعه رفتار سیستم در دوره زمانی خاص تحت احتمالات مختلف استفاده می‌شود. این نیازمند حل مسائل شبیه‌سازی است.



شکل 8: مفهوم موازی‌گرایی دو سطحی. وظایف فردی در گروه‌ها توزیع شده و موازی در گروه اجرا می‌شود

همان طور که در بخش 3 الف گفته شد، رایانش موازی موجب کاهش زمان رایانشی برای اجرای شبیه‌سازیمی شود. در سطح فردی، تحلیل احتمالی به صورت موازی با تحلیل احتمالی است. زیر بخش‌های زیر توصیف‌کننده یک واحد‌گرید پک می‌باشد که برای مدیریت وظایف در پردازنده‌های مختلف طراحی شده است.

1-2-3 مدیریت وظیفه و موازی‌گرایی دو سطحی

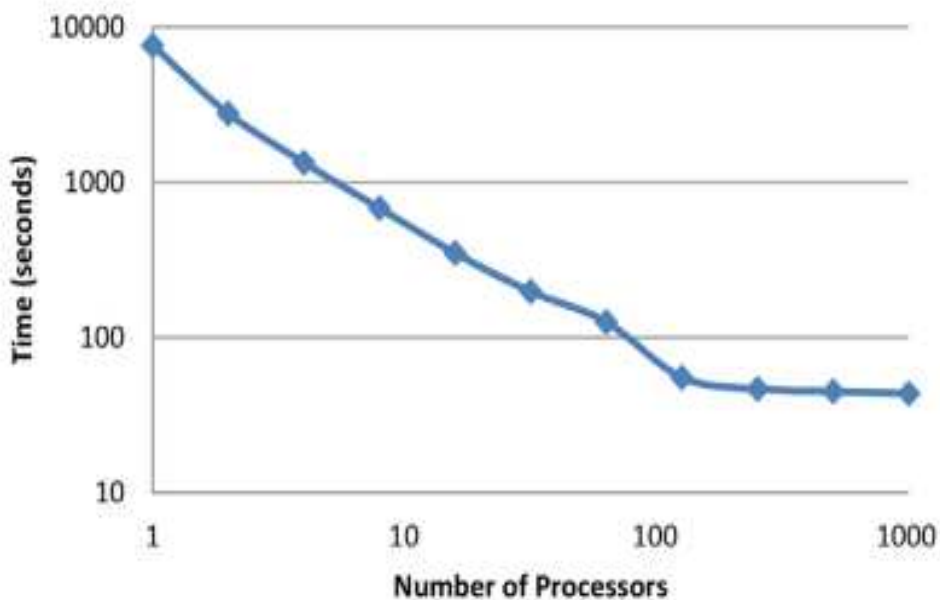
دستورات تحلیل احتمالی با کمک ماژول مدیریت وظایف در چارچوب‌گرید پک برای پشتیبانی توزیع بار متعادل و موازی‌گرایی دو سطحی ایجاد می‌شود. مدیریت وظایف به کارهای مبتنی بر پردازنده‌ها نسبت داده شده و از طریق عملیات هواندن و نوشتن اجرا می‌شود. از این روی برای مدیریت شبیه‌سازی‌های مبتنی بر سناریوی بزرگ مقیاس استفاده می‌شود. تحلیل احتمال متشکل از یک سری شبیه‌سازی‌ها برای سناریوهای مستقل شبیه‌سازی است. فرایند محاسباتی تحلیل احتمالی به دو روش انجام می‌شود: موازی‌سازی سطح وظایف و شبیه‌سازی فردی که در بخش III-A به آن پرداخته شد. ترکیب این دو روش اشاره به موازی‌گرایی دو سطحی دارد. گرید پک از این نوع تحلیل استفاده می‌کند. دومین برنامه‌نشان دهنده شیوه‌اتسفاده از ریدپک بوده و شکل 8 نمودار شماتیکی را نشان می‌دهد که مفهوم موازی‌سازی را توسط کرد پک به خوبی نشان می‌دهد. در سطح پایین‌تر، هر احتمال در میان پردازنده‌ها موازی می‌شود. این کار با تقسیم رابط برای سیستم به گروه‌های کوچک‌تر انجام می‌شود و برای تحلیل احتمالی لازم است. توازن دو سطحی را در صورتی می‌توان استفاده کرد که شبیه‌سازی احتمال توسعه پذیر باشد. این مورد با توازن سطحی چندگانه است. از این روی تحلیل احتمالی بر اساس تحلیل جریان توان برای سطح منفرد از توازن در مطالعه است. مدیر وظایف‌گرید پک دارای یک رابط بوده و دو عملیات مهم را دارد. اول، تعیین تعداد وظایفی که باید اجرا شود. دومین مورد تابع موسوم به نکست تسگ است که یک شاخص صحیح را تخصیص می‌دهد. در گرید پک، نسخه دستور نکس تسک امکان موازی‌سازی چند سطحی را می‌دهد. همه پردازنده‌ها در رابط یک شاخص یکسان را دریافت می‌کند. یک برنامه موازی یک مقدار بولین کاذب را می‌دهد این نشان دهنده حلقه‌ها و فاز بعدی محاسبه است. برای محاسبه تحلیل احتمالی مدیریت کار، احتمالات را به هر گروه پردازنده تخصیص می‌دهد که هر یک دارای پی‌یوهای چندگانه است. هر گروه مسئول انجام شبیه‌سازی موازی است که موجب کاهش زمان مورد نیاز برای شبیه‌سازی در مقایسه با پردازنده می‌شود. به این ترتیب

امکان دست یابی به عملکرد بیشتر در مقایسه با اجرای پردازنده وجود دارد و کاربران زمان راه حل را زمانی کاهش می دهند که تعداد زیادی از پردازنده ها موجود باشند.

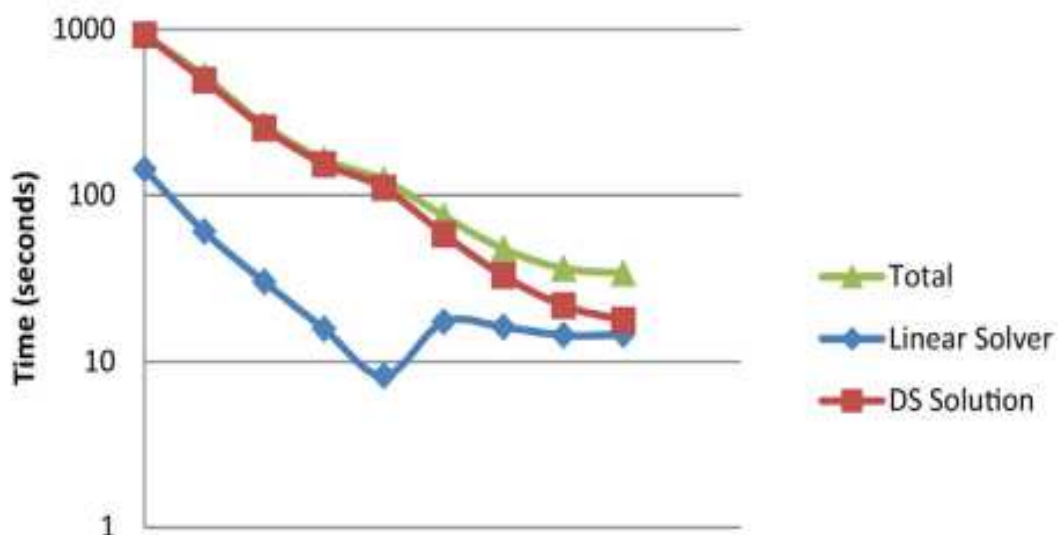
2-2-3 برنامه تحلیل احتمال استاتیک

این تحلیل از شبیه سازی جریان توان برای محاسبه اثر احتمالات استفاده می کند. پیاده سازی بهینه کد های جریان در راستای همین امر صورت می گیرد. برای این تحلیل، تنها یک سطح از توازن سودمند است.

نمودار لگاریمی زمان مورد نیاز GridPACK برای شبیه سازی 1024 احتمال با سیستم WECC در شکل 9 نشان داده شده است. این نمودار مقیاس خوبی را از 128 پردازنده نشان می دهد.



شکل 9: رفتار مقیاس بندی تحلیل احتمال استاتیک 1024 احتمال با سیستم WECC



شکل 10: شبیه سازی 16 احتمال در سیستم WECC

با افزایش تعداد پردازنده ها، و کاهش تعداد وظایف، تاثیر بر روی زمان اجرای کل کارها نیاز به مدت زمان طولانی ای است در این صورت پی برده شی که شبیه سازی که در آن تکرارهای نیوتون رافتون می تواند برای بیشینه سازی تعداد تکرارها استفاده کند. در صورتی که معیارهای این وظایف قابل دسترس باشد زمان مربوط به تحلیل احتمال در پردازنده بزرگ بهبود می یابد. کاهش تعداد تکرارها در راه حل جریان توان از 50 به 10 منجر به کاهش 30 درصدی در زمان مورد نیاز برای شبیه سازی در 128 پردازنده می شود. این راهبرد باید دنبال شود زیرا کاهش استانه منجر به محاسباتی می شود که همگرا نیستند.

3-2-3 تحلیل احتمالی پویا

تحلیل احتمال قابل کاربرد به شبیه سازی پویای شبکه توان بوده و برای مطالعه رفتارهای پویای سیستم استفاده می شود. یک سیستم WECC متشکل از 17156 باس و 1906 ژنراتور کاری در گرید پک با یک مرحله زمانی 5 میلی ثانیه شبیه سازی می شود. خرابی سه فاز متصل به زمین در 1 ثانیه رخ داده و در 1.5 ثانیه بر روی خط انتقال حل می شود. زمان کل محاسبه شبیه سازی با انواع مختلف پردازنده ها در جدول 2 نشان داده شده است. رفتار مقیاس بندی برنامه شبیه سازی پویای مبتنی بر گرید پک برای سیستم WECC در شکل 6 نشان داده شده است. این شکل زمان شبیه سازی کل و تجزیه زمانی راه حل جبری را با سالور خطی، انتگراسیون معادلات دیفرانسیل و محاسبه جریان توان برای شبیه سازی پویا نشان می دهد. از این روی شبیه سازی بدون فالت 30 ثانیه با ابزارهای تجری بر روی یک ایستگاه کاری 2.4 گیگاهرتز و رم 4 گیگ انجام می شود. در پیاده سازی گرید پک، زمان شبیه سازی کل می تواند 24 ثانیه باشد. ماژول شبکه یک کلاس الگو است که به کاربران امکان استفاده از مدل های دلخواه را برای اجزای شعبه و باس را در شبکه می دهد. بسته به نوع برنامه، اجزای باس و شعبه می توانند تولید محاسبات مناسب برای فرمولاسیون جریان توان، برآورد حالت و شبیه سازی پویا ارائه کنند. ماژول شبکه از توزیع شبکه توان در پردازشگرهای مختلف از طریق پارتیشن بندی پشتیبانی می کند. سپس شبکه طوری تقسیم می شود که تعداد ارتباطات بین باس های تخصیص داده شده به یک پردازنده و کمینه سازی تعداد ارتباطات بین باس های موجود بر روی پردازنده های مختلف تقسیم می کند. به این ترتیب سر بار رایانشی توسط مبادله داده ها بین پردازنده کاهش داده می شود. در عین حال، ماژول شبکه قادر به مدیریت مبادله داده

ها بین باس ها و شعبه ها است. در نهایت ماژول شبکه به باس های محلی متصل می شود. در نهایت، ماژول شبکه به باس و شعبه ها بر روی هر پردازنده متصل می شود. این قابلیت ها برای تعریف ویژگی های مدل شبکه توان و پیاده سازی آن بر روی کامپیوتر موازی ضروری هستند. برنامه های تحلیل احتمال پویا از توازن دو سطحی با استفاده از چارچوب GRIDPAK استفاده می کند. مسئله آزمایش متشکل از $30=16$ ثانیه بر اساس سیستم WECC می باشد. توجه کنید که برای تعداد زیادی از احتمالات، افزایش عملکرد بالقوه در صورتی بیشتر است که پردازنده های کافی موجود باشد. زمان کل برای پردازنده مختلف برای شبیه سازی 16 احتمال در شکل 10 نشان داده شده است. مقیاس بندی 64 پردازنده نشان داده شده است که زمان اجرا را به 256 پردازنده کاهش می دهد در این نقطه زمان اجرا برای همه 16 احتمال حدود 33 ثانیه است. شکل 10 میزان زمان صرف شده در بخش سالور کد و زمان صرف شده در معادلات شبیه سازی را نشان می دهد. بخش سالور گرید پک این کد متشکل از 16 پردازنده بوده و در این نقطه بیش از یک هسته وجود دارد که منعکس کننده سربار توزیع بردار به سمت راست پردازنده هاست. زمان صرف شده در حل معادلات شبیه سازی پویا از 16 تا 32 پردازنده استفاده می کند. و سپس منحرف می شود. مشابه با نتایج نشان داده شده در بخش III-A، تفاوت بین زمان کل و زمان شبیه سازی پویا منعکس کننده سربار مربوط به توزیع کار به پردازنده های مختلف است. این منعکس کننده عدم توازن بار است که در پردازنده های بزرگ تر معنی دار تر است. با این حال، بزرگی شکاف نسبتاً بزرگ تر است و می تواند نیازمند تحقیقات اضافی است تا بتوان به سود عملکردی بیشتر دست یافت.

4- نتیجه گیری

نرم افزار گرید پک از مفاهیم برنامه نویسی موازی با انتزاعات سطح بالا استفاده کرده و یک چارچوب واحد را برای ساده سازی توسعه برنامه سیستم توان بر روی بستر های رایانشی عملکرد ارابه می کند. با توجه به مسئله بین تمایل قوی برای برنامه های HPC و پیچیدگی برنامه HPC، چارچوب نرم افزاری GridPACK™ توصیف شده در این مقاله، یک ساختار نرم افزار سازگار HPC را برای دسترسی به سالور های موازی مدرن و ماژول های آماده HPC برای اجزای مشترک در برنامه های شبیه سازی شبکه ارابه می کند. GridPACK™ موجب مخفی شدن جزئیات HPC شده و توسعه دهندگان سیستم توان را قادر می سازد تا بر برنامه ها تمرکز کنند تا جزئیات رایانشی. چندین کاربرد GridPACK™ برای اثبات ظرفیت های GridPACK و عملکرد شبیه سازی های HPC

با شبکه های توان بزرگ ارایه شده است. مثال های بحث شده شامل موارد زیر هستند: برنامه شبیه سازی پویا که یک سیستم مشورتی هماهنگ سازی الکتریکی 17156 باس را در سرعت بیش از زمان واقعی محاسبه می کند) تحت 30 ثانیه برای یک شبیه سازی 30 ثانیه ای)، یک تحلیل اضطراری استاتیک با استفاده از مدیریت کار صورت می گیرد. تحلیل احتمالی پویا از دو سطح موازی گرایی استفاده می کند. این برنامه ها نشان دهنده قابلیت های GRIDPACK برای پشتیبانی از انواع مختلف شبیه سازی ها در یک چارچوب واحد پشتیبانی برای استفاده مجدد از کد های نرم افزاری انتقال پذیر در برنامه های شبکه توان ارایه شده اند. نتایج محاسباتی نشان دهنده بهبود عملکرد قوی برای شبیه سازی شبکه توان با GRIDPACK می باشد. به طور ویژه، شبیه سازی پویای بزرگ مقیاس با سیستم توان 17156 به عملکرد زمان واقعی خوبی دست پیدا کرده است و برنامه تحلیل احتمال پویا که یک بخش کلیدی از ارزیابی امنیت سیستم است قادر ب استخراج بهبود عملکرد از طریق رویکرد موازی سازی دو سطحی است. این نشان دهنده چارچوب محوری GridPACK برای برنامه نویسی موازی بر روی شبیه سازی توان و معماری های رایانشی است. مطالعاتی برای استفاده از برنامه های اضافی با استفاده از GridPACK و تعمیم چارچوب GridPACK برای پشتیبانی از انواع برنامه های شبکه توان لازم است.

این مقاله، از سری مقالات ترجمه شده رایگان سایت ترجمه فا میباشد که با فرمت PDF در اختیار شما عزیزان قرار گرفته است. در صورت تمایل میتوانید با کلیک بر روی دکمه های زیر از سایر مقالات نیز استفاده نمایید:

لیست مقالات ترجمه شده ✓

لیست مقالات ترجمه شده رایگان ✓

لیست جدیدترین مقالات انگلیسی ISI ✓

سایت ترجمه فا ؛ مرجع جدیدترین مقالات ترجمه شده از نشریات معتبر خارجی