بررسی کاربردها و الگوریتم‌های زمانبندی جریان کار در رایانش ابری

شیوا رزاق زاده[1] ، محمد مهری[2]، افشین شاهی[3]

[1]. عضو باشگاه پژوهشگران جوان دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردبیل

Shiva.razzaghzadeh@gmail.com

[2]. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی کامپیوتر- دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردبیل

Mohammadmehri13@gmail.com

[3]. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی کامپیوتر- دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردبیل

Afshin_it86@yahoo.com

چکیده

محاسبات ابری، معیار جدیدی برای گسترش برنامه کاربردی است که به‌طور موثر می‌تواند به تسهیل اجرای جریان کار در سیستم مدیریت فرآیندهای کسب و کار یاری رساند.تکنولوژی جریان کار می‌تواند پردازش تجاری را به طور کارآمد مدیریت کند و نیاز کارهای مدرن را برآورده کند. برنامه کاربردی جریان کار در محیط های محاسباتی ابری میتوانند مبتنی بر خدمات اجرا شوند. زمانبندی کار یکی از مباحث کلیدی در مدیریت اجرای کار است. در این مقاله ما به بررسی برنامه کاربردی جریان کار ابری و الگوریتم زمانبندی جریان کار می‌پردازیم.

کلمات کلیدی

سیستم مدیریت جریان کار، زمانبندی جریان کار، محاسبات ابری.

1- مقدمه

با الهام از توان داده های بزرگ و آزمایشات علمی با مقیاس بزرگ، محاسبات ابری بسیار فراگیر و به سرعت رشد یافته و بر روی انتقال درست توان محاسباتی به سمت کاربر متمرکز شده و به زمان و مکان آن توجهی ندارد. محاسبات ابری در نظر دارد تا نسل بعدی مراکز داده را با طراحی آن بعنوان شبکه خدمات مجازی، توانمند کند،(از نظر سخت افزار،پایگاه داده و...) بطوری که کاربران بتوانند برنامه کاربردی را در هر جایی از جهان با هزینه بهینه و متناسب باکیفیت خدمات (QOS) دریافت کنند[1]. محاسبات ابری آخرین پیشرفت محاسبات توزیع شده، محاسبات گرید و پردازش موازی است[2]. با تکامل این روند امروزه توان محاسباتی را بعنوان یکی از خدمات شهری به کار می‌برند، مثلاً چگونگی انتقال آب و برق مورد نیاز روزمره هر خانوار.

با افزایش تحقیقات روی محاسبات ابری و توسعه کاربردهای آن، محاسبات ابری به عنوان یکی از خدمات اصلی و الگوی محاسباتی تبدیل شده است. اکنون وارد منطقه بزرگی از داده می‌شویم[3] مقدار داده ایجاد شده در جهان در حال رشد است. تجربیات علمی و فرآیند تجاری بعنوان چارچوب های کاری[1] ارائه می‌شود که در آن کارها برحسب جریان داده هایشان و وابستگی محاسبه هایشان، به هم ربط می‌یابند. محاسبات ابری

[1] Workflow

Archive of SID

www.SID.ir

یک الگوی تغییر و یک مدل محاسباتی مبتنی بر خدمات شهری را مهیا می کند. فرآیندی که کارها را در جریان کار ترسیم می‌کند، زمانبندی جریان کار نام دارد. اهداف زمانبندی جریان کار، برای کاربردهای مختلف متفاوت است. برخی از الگوریتم‌ها هزینه و زمان کاربر را بهینه می‌کنند. دیگر الگوریتم‌ها، دسترسی، اعتماد، بهره وری و متعادل سازی بار را برای تخصیص بهینه منابع در نظر می‌گیرند.

هدف اصلی سیستم مدیریت جریان کار[۲] پشتیبانی از تعریف، اجرا، رجیستراسیون[۳] و کنترل پردازش تجاری است. در زمان اجرا، جریان کار در موتور اجرا و اجرای جریان کار با استفاده از واسط مدیریت می‌شود. سه اجزای اصلی موتور اجرایی، زمانبندی جریان کار، حرکت داده و مدیریت پیش‌فرض است. زمانبندی جریان کار منابع را شناسایی می‌کند و کارها را در منابع مناسب قرار می‌دهد. زمانبندی جریان کار نقش اصلی را در مدیریت جریان کار ایفا می‌کند. زمانبندی مناسب می‌تواند تأثیر مهمی روی عملکرد سیستم داشته باشد[4].

هدف اصلی این مقاله بررسی انواع الگوریتم های زمانبندی جریان کار است. ادامه این مقاله به صورت زیر است. بخش 2 طبقه بندی برنامه های کاربردی جریان کار ، بخش 3 طبقه بندی و بررسی الگوریتم زمانبندی جریان کار ابر و بخش 4 مقاله را نتیجه گیری می‌کند.

2- طبقه بندی برنامه های کاربردی جریان کار

اخیراً، کاربردهای علمی و تجاری، از زیرساختار محاسبه‌ای کمک میگیرد و منابع را از طریق محاسبات ابری ذخیره می‌کند. این برنامه‌های کاربردی متشکل از یکسری عملیات جریان کار است.

برنامه کاربردی جریان کار به داده فشرده، محاسبه فشرده و نمونه فشرده تقسیم می‌شود. تمایز ما بین داده فشرده و نمونه فشرده محاسبه نسبت ارتباط است (CCR) [۴]. اگر در یک برنامه کاربردی CCR کمتر باشد یعنی داده فشرده است. بعبارت دیگر، جریان کار زمانی که به برنامه کاربردی تقاضا زیاد باشد ، به عنوان داده فشرده تقسیم می‌شود و اگر در برنامه‌های کاربردی جریان کار، نیازهای محاسباتی هر کار بالا باشد به عنوان محاسبه فشرده تقسیم می شود. ویژگی اصلی نمونه فشرده، تعداد نمونه‌هایی است که با هم جریان می‌یابند و هر نمونه به منابع محاسباتی خیلی کمی نیاز دارند. جریان کار ابری در بیشتر زمینه‌ها، از جمله علوم، تجارت و شهر هوشمند[۵] بکار می‌رود[5].

2-1 کاربردهای علمی جریان کار

آزمایشات علمی بعنوان جریان کاری ارائه می‌شود که در آن کارها مطابق با جریان داده و وابستگی محاسباتی پیوند می‌یابد. در آزمایشات علمی داده فشرده و محاسبات فشرده وجود دارد[6]. جریان کار در بیشتر موارد علمی بکار می‌رود به عنوان مثال در فضانوردی، دانشمندان برنامه‌ها را برای تولید موزائیک‌های علمی در آسمان بکار می‌برند تا ساختار کهکشان و دیگر پدیده را مطالعه کند. در بیوانفرماتیک، برنامه ها برای شناخت بیماری‌های پیچیده بکار می‌رود. در علوم زمین لرزه، برنامه‌ها برای پیش‌بینی دامنه زمین لرزه در یک منطقه جغرافیایی در طی یک دوره زمانی بکار می‌رود. در فیزیک، برنامه امواج گرانش و مدل ساختار اتم‌ها را می‌سنجد[7].

2-2 کاربردهای تجاری جریان کار

جریان کار در تجارت نیز بکار می‌رود. تجارت فرآیندی از برنامه‌های نمونه فشرده است[8]. مثال خاص تجارت در پردازش ،چک بانکی است که در آن میلیون‌ها تراکنش چک بانکی همزمان پردازش می‌شود در حالیکه هر کدام از آنها یک برنامه‌ی چند مرحله ای دارند. محیط ابری اطلاعات زیادی فراهم می‌کند. برنامه جریان کار تجارت هوشمند به منظور کمک به تصمیم‌گیری‌های هوشمند تجاری، داده های موجود را به دانش قابل استفاده تبدیل می‌کنند [9].

2-3 کاربردهای جریان کار در یک شهر هوشمند

امروزه، پرطرفدارترین منطقه برنامه ابری شهر هوشمند است، اسمارت سیتی شهر دیجیتال، وشهرهای بی‌سیم و... را گسترش و توسعه می‌دهد که این طرح اولین بار توسط IBM در سال 2008 مطرح شد[10]. شهر هوشمند ترکیبی از شهر دیجیتال و تجهیزات اینترنتی و محاسبات ابری است.

شهر هوشمند شهری است بصری وقابل اندازه گیری که مدیریت و عملیات صورت گرفته در آن هوشمند است و طبق جوامع شهری دیجیتال حاوی اطلاعات شهر و زیرساختار داده مدیریت اینترنتی اطلاعات شهری و محیط تصمیم‌گیری ترکیبی است.

شهر هوشمند با همه نوع زندگی شهری، فعالیت‌های تولیدی ، قوانین اکتشافی، مدیریت هوشمند شهر وکنترل و سرویس دهی سروکار دارد. بیشتر برنامه‌های شهر هوشمند بعنوان سیستم مدیریت ابری طراحی شده است[11]. شهر هوشمند حاوی چندین سیستم کاربردی است از قبیل: دولت، گردشگری، حمل و نقل، امنیت، ساختمان، درمان، تحصیلات، منطق هوشمند و غیره است. بیشتر سیستم‌های کاربردی از جریان ابری استفاده می کنند که می‌تواند کاملاً آنرا توصیف کند.

3-بررسی الگوریتم زمانبندی جریان کار ابر

زمانبندی جریان کار، پردازش مناسب کارهای منابع است بطوریکه کارها بتوانند طبق معیار مورد نظر تکمیل گردند. اهداف زمانبندی جریان کار برای کاربردهای مختلف متفاوت است[12]. ما برخی از الگوریتم‌های موجود زمانبندی جریان کار را برحسب انواع مختلف پارامترها از جمله مدل، نوع ماهیت و هدف بررسی و طبقه بندی میکنیم و همچنین اینکه چگونه این الگوریتم‌ها در محیط ابری استفاده می‌شوند.

---

[2] Workflow management system(WFMS)
[3] Register Foundation
[4] Computation to Communication Ratio(CCR)
[5] Smart City

Archive of SID

www.SID.ir

3-1 طبقه بندی الگوریتم های زمانبندی جریان کار

روش‌های زیادی برای انتخاب بهترین داده میزبان و محاسبه میزبان وجود دارد. به عنوان مثال، ما می توانیم با توجه به نزدیک بودن داده میزبان از نظر فاصله شبکه ای با محاسبه میزبان و یا با تلاش برای به حداکثر رساندن همکاری ارتباط بین دو داده میزبان، درمورد چگونگی اولویت دسترسی به برخی از مجموعه فایل های مشابه تصمیم گیری کنیم [13]. معیارهای زیادی برای طبقه بندی الگوریتم زمانبندی جریان کار وجود دارد که از جمله این معیار ها مدل زمانبندی، ماهیت الگوریتم زمانبندی، نوع الگوریتم زمانبندی ، هدف بهینه سازی و محیط کاربردی است.

3-1-1 طبقه بندی از لحاظ مدل های زمانبندی جریان کار

طبق تعداد اهداف بهینه سازی، مسئله زمانبندی جریان کار می‌تواند بعنوان مدل تک هدفی و چند هدفی حل شود. بعنوان مثال، الگوریتم اصلاح هوشمند قطرات آب مدل تک هدفی است، الگوریتم ژنتیک چند هدفی(MOGA-IC) [14] ، مدل چند برای کشف فضای جستجو و تولید مجموعه راه حل پارتو برای انتخاب است.

3-1-2 معیار بهینه سازی هدف

جریان کار با بهینه سازی تابع های مختلف هدفمند تکمیل می‌شود، بطوری که سناریوهای مختلف کاربردی نیازمند الگوریتم متفاوت زمانبندی است. بر اساس اهداف بهینه سازی الگوریتم، ما میتوانیم آنها را برحسب عملکرد محدود الگوریتم زمان بندی ، معیارهای کیفیت سرویس کاربر و یا ترکیبی از هر دو طبقه بندی کنیم[15]. عملکرد محدود الگوریتم زمان بندی تمرکز بر بهره وری انرژی، حفظ تعادل بار و در دسترس بودن و غیره دارد. معیار کیفیت سرویس کاربر محدود معیار هایی هستند که الگوریتم های زمانبندی را ازدیدگاه کاربر و از لحاظ هزینه، زمان و قابلیت اطمینان بهینه می کنند. مانند الگوریتم ژنتیک مبتنی بر کیفیت سرویس و آگاهی از ترکیب خدمات و الگوریتم های بهینه زمانبندی ابرهای هیبرید.

3-1-3 نوع الگوریتم های زمانبندی

الگوریتم های زمانبندی می تواند از نظر نوع الگوریتم، به اکتشافی و فرااکتشافی تقسیم شوند. بعنوان مثال، الگوریتم اکتشافی چند هدفی و الگوریتم زمانبندی با مهلت محدود جزء الگوریتم‌های اکتشافی است. برای الگوریتم های فرا اکتشافی می توان الگوریتم ژنتیک مبتنی بر کیفیت سرویس و آگاهی از ترکیب خدمات را نام برد[16]. هدف از الگوریتم های اکتشافی ، ارائه راه حل در چارچوب یک زمان قابل قبول است که برای حل مسئله مناسب باشد، ممکن است الگوریتم اکتشافی ، بهترین راه حل واقعی برای حل مسئله نبوده ولی می تواند راه حل نزدیک به بهترین باشد. الگوریتم های اکتشافی با الگوریتم های بهینه سازی برای اصلاح کارایی الگوریتم می توانند ترکیب شوند. الگوریتم فرا اکتشافی ترکیبی است از الگوریتمای اکتشافی که برای پیدا کردن، تولید یا انتخاب هر اکتشاف در هر مرحله طراحی می شود وراه حل خوبی برای مسائلی که مشکل بهینه سازی دارند ارائه دهد. الگوریتم های فرا اکتشافی برخی از فرضیات مسائل بهینه سازی که باید حل شود را در نظر می‌گیرد ولی زمان طولانی لازم دارد[17].

3-2 الگوریتم‌های زمانبندی جریان کار

3-2-1 الگوریتم زمان و هزینه

الگوریتم جدید زمانبندی که ترکیبی از هزینه و زمان می‌باشد و یک مدل چند هدفی که در محیط ابرهیبرید استفاده می شود. این الگوریتم زمان اجرا و هزینه را با ورودی کاربر در نظر می‌گیرد و روی حداقل‌رسانی هزینه‌ای متمرکز است که طبق آن کار موعد مقرر را تعریف می‌کند. عملکرد این الگوریتم به روش Min-Min آنالیز می‌شود[18].

3-2-2 الگوریتم ژنتیک ترکیب با سرویس کیفیت خدمات هوشمند

الگوریتم ژنتیک روشی است که خدماتی با بهترین مقادیر کیفیت سرویس ارائه می‌دهد. الگوریتم ژنتیک چهار مرحله : انتخاب ،عبور، جهش و بررسی دارد و این الگوریتم جزء الگوریتم های چند هدفی می باشد.این الگوریتم هزینه جریان کار و معیارهای ساخت را در محیط محاسبات ابری به حداقل می رساند. این الگوریتم محدودیت هزینه‌ای دارد و بیشتر محدودیت کیفیت سرویس در الگوریتم زمانبندی در محدودیت هزینه است [19].

3-2-3 الگوریتم زمانبندی بهبود هزینه جریان کار

الگوریتم زمانبندی هزینه بهینه ابری[6] برای ارتباط با زمانبندی ابرهای هیبریدی بکار می رود. این الگوریتم تصمیم می‌گیرد که منابع باید از ابر عمومی سست شود و به ابر خصوصی برای ارائه توان کافی پردازش و اجرای کار در زمان اجرا داده شده بپیوندد. محققین آزمایشاتی انجام دادند که نشان می‌دهد الگوریتم زمانبندی هزینه بهینه ابری هزینه را کاهش می‌دهد در حالیکه زمان اجرای مدنظر را کسب می‌کند[20].

[6] Hybrid Cloud Optimized Cost (HCOC)

Archive of SID

www.SID.ir

3-2-4 الگوریتم بهینه سازی الهام گرفته از کلونی مورچه‌ها برای متعادل سازی بار

الگوریتم بهینه سازی الهام گرفته از کلونی مورچه‌ها کلونی، میانگین نسبی درصد عدم تعادل (ARPI) را به حداقل می‌رساند و با القای قابلیت کلونی مورچه‌ها یک مسیر بهینه (کوتاه ترین مسیر) بین محل غذا و لانه خود را پیدا میکند[21].

3-2-5 الگوریتم بهینه سازی ذرات

الگوریتم بهینه سازی ذرات[7](PSO) بخاطر در نظر گرفتن هزینه انتقال داده و هزینه محاسبه جزء الگوریتم‌های اکتشافی پیشنهاد شد الگوریتم PSO را از لحاظ صرفه‌جویی هزینه با الگوریتم انتخاب بهترین منبع مقایسه کردند و مشاهده شد که PSO می تواند 3برابر بیشتر در هزینه صرفه جویی کند و توزیع بار خوبی در منابع داشته باشد[22].

3-2-6 الگوریتم زمانبندی سلسله‌ای بازار

یکی از جنبه های بسیار مهم برای سیستم ابری مدل تجارت بازار محور است که چالش‌های زیادی برای استراتژی های زمانبندی برنامه کار را به همراه دارد. استراتژی زمانبندی سلسله ای بازار محور برای سیستم برنامه ابری چند هدفی پیشنهاد شد. دراین زمانبندی سطح خدمات با تنظیمات کار با سرویس و زمانبندی سطح کار با بهینه سازی تنظیم کار با ماشین های مجازی مراکز ابری سروکار دارد[23].

3-2-7 الگوریتم اولین زمان انجام ناهمگن[8](HEFT)

الگوریتم HEFT سه فاز دارد: 1) فاز وزنی: تنظیم وزن ها در گره های و لبه های برنامه 2) رده بندی فاز: ایجاد فهرست در دسته‌های سازماندهی شده 3) فاز ترسیم کارها را در منابع تنظیم می کند. در مرحله وزنی، وزن ها در گروه لبه ها تنظیم می شود. وزن ها در گروه هایی تنظیم می شود که طبق زمان اجرای پیش بینی شده کارها، محاسبه می شود و وزن ها در لبه هایی تنظیم می شود که طبق زمان پیش بینی تنظیم شود که در آن داده منابع جابجا شده است[24].

فاز رده بندی پیمایش PAG رو به بالا انجام می شود و مقدار رده هر یک از کارها را تنظیم می کند. مقدار رده مساوی هم وزن گره بعلاوه زمان اجرای جانشین ها است. زمان اجرای جانشین برای هر لبه با جانشین آن گره برآورد می شود و وزن آنرا در مقدار رده گره جانشین می افزاید و ماکسیمم خلاصه را انتخاب می کند. در فاز ترسیم، کارهای متوالی لیست رده بندی در منابع ترسیم می شود. برای هر کار، منابع ،اولین زمان مدنظر را برای تکمیل اجرا انتخاب می کنند. درکل این الگوریتم در ابتدا میانگین زمان اجرای هر کار و میانگین زمان ارتباط منابع را با دو کار موفق محاسبه می کند. سپس گردش کار برحسب انتخاب منبع، کارها را به ترتیب اولویت زمانبندی می کند و هر کار در منبعی تنظیم می شود که کار را در اولین زمان تکمیل می کند.

3-2-8 الگوریتم انشعاب جریان کار تطبیقی[9](AWS)

الگوریتم انشعاب جریان کار تطبیقی (AWS) به این صورت عمل می‌کند. زمانی که زمانبندی کار را دریافت می کند، ابتدا آن DAGG کار را به منطق منتقل می کند تا CCR آن و تعداد دسته های منبع را محاسبه کند، که در آن CCR میانگین نسبی هزینه محاسبه در هزینه ارتباط است. مقدار بالای CCR نمودار کار محاسبه جامع است. پس، زمانبندی دسته های منبع N را انتخاب میکند که بالاترین رده N را مطابق شاخص دارد. تکرار درصد رشد نموداری هر گره را در G چک می کند تا بررسی کند آیا گره می تواند در زیر نمودار G قرار گیرد که با بررسی بزرگترین لبه ارتباطی شروع می شود که دو گره آن چک نشده است. اگر هیچ لبه ای نباشد به این معنی است که کل گره های چک نشده در G همدیگر ایزوله شده است، این کارها در صورت ممکن در زیر نمودار ظاهر می‌شود.

هدف پیشمایش نمودار، بروز رسانی بیشتر کارها در زیر نمودار فعلی است و محدودیت آستانه منبع را مختل نمی‌کند و در عین حال، کارها غیر ضروری را دنبال می کند و نمی تواند توازی را افزایش دهد ولی هزینه ارتباط درون دسته را افزایش می دهد[25]. برای دستکاری گره کار در پیمایش از پشته استفاده می شود. اگر این لبه نمیتواند در G محدود آشکار شود، گره مسئول مشخص می شود به این معنی که زیر نمودار جدید درست می شود. زمانبندی حلقه گره ها را در G تکرار می‌کند و در دسته های منبع تنظیم می کند و الگوریتم پایان می‌یابد، زمانبندی هر زیر نمودار را در دسته منبع تنظیم شده اش گزارش میکند.

[7]Particle Swarm Optimization (PSO)
[8]Heterogeneous Earliest Finish Time

[9] Adaptive Workflow Splitting

Archive of SID

www.SID.ir

جدول 1- نوع الگوریتم برنامه کار در ابر

نام الگوریتم	مدل	هدف	نوع الگوریتم	ماهیت الگوریتم	محیط
الگوریتم هزینه و زمان	چند هدفی	حداقل رسانی هزینه	اکتشافی	هیبرید	ابر هیبرید
الگوریتم ژنتیک ترکیب سرویس QOS هوشمند	چند هدفی	بررسی معیارهای کیفیت	فرا اکتشافی	ژنتیک	ابر
الگوریتم زمانبندی بهبود هزینه	تک هدفی	بهبود هزینه، تعادل بار	فرا اکتشافی	هیربید	ابر هیبرید
الگوریتم بهینه سازی آنتی کلونی برای متعادل سازی بار	تک هدفی	حداقل رسانی هزینه	اکتشافی	بهینه سازی آنتی کلونی	ابر عمومی، و ابر هیبرید
بهینه سازی گروه ذره	تک هدفی	بهسنه سازی هزینه انتقال	فرا اکتشافی	بهینه سازی ذرات	ابر عمومی
الگوریتم زمانبندی سلسله بازار محور	تک هدفی	بهره وری هزینه و منابع	فرا اکتشافی	هیبرید	ابر عمومی
الگوریتم اولین زمان انجام ناهمگن (HEFT)	چند هدفی	بهبود زمان پاسخ	اکتشافی	هیبرید	ابر عمومی
الگوریتم (AWS) انشعاب جریان کار تطبیقی	چند هدفی	بهینه سازی هزینه	فرا اکتشافی	هیبرید	ابر

5- نتیجه گیری

ابرها مقیاس پذیری بی سابقه‌ای را در سیستم های جریان کار ارایه می دهند و به طور بالقوه میتوانند راه های درک و انجام آزمایشات علمی مارا تغییر دهند. در این مقاله ما تکنیک های مدیریت و زمانبندی برنامه های جریان کاری را بررسی کرده و نیز مروری بر برخی از الگوریتم های زمانبندی در محیط ابری داشته ایم.با این مقیاس و پیچیدگی جریان کاری ،که در حال افزایش هست،یک ابر نمی تواند به تنهایی جوابگوی نیازهای آن باشد.بسیاری از الگوریتم های موجود،فقط مناسب محیط های تک ابری هستند.در آینده ما میخواهیم پژوهش های در حال اجرا روی سیستم های مدیریت جریان کار را وارد ابر کنیم.ما نیاز داریم چالش های اصلی را برای پیدا کردن یک روش مناسب برای سرویس دهی متناسب با معیارهای کیفیت سرویس در محیط ابری را، حل کنیم تا سرویس دهی در محیط ابری از نظر هزینه و زمان بهینه باشند.

مراجع

[1] R. Buyya, C. S. Yeo, S. Venugopal, J. Broberg, I. Brandic, “Cloud computing and emerging IT platforms: vision, hype, and reality for delivering computing as the 5th utility,” Future Generation Computing System vol.25, 2009, pp.599–616.

[2] I. Foster, Y. Zhao, I. Raicu, S. Lu, “Cloud Computing and Grid Computing 360-Degree Compared,” IEEE Grid Computing Environments, Nov. 2008, pp. 1-10, doi: 10.1109/GCE.2008.4738445.

[3] M. Bahrami, “Cloud Template, a Big Data Solution,” International Journal of Soft Computing and Software Engineering (JSCSE), vol. 1, Jul 2013, pp. 13-17, doi: 10.7321/jscse.v3.n2.2.

[4] Yang Zhang1, Anirban Mandal2, Charles Koelbel1 and Keith Cooper,” Combined Fault Tolerance and Scheduling Techniques for Workflow Applications on Computational Grids “in 9th IEEE/ACM international symposium on clustering and grid.

[5] S. Pandey, “Scheduling and management of data intensive application workflows in grid and cloud computing environments”:[D]. Melbourne: University of Melbourne, Department of Computer Science and Software Engineering,

[6] J. S. Vöckler, G. Juve, E. Deelman, M. Rynge, and G. B. Berriman “Experiences Using Cloud Computing for a cientific WorkflowApplication,” ScienceCloud’11, 2011, pp. 15-24, doi:

[7] G. Juve and E. Deelman, “Scientific Workflows and Clouds,” Crossroads, vol. 16, New York, March 2010, pp. 14-18, doi: 10.1145/1734160.1734166.

Archive of SID

www.SID.ir

International Conference on Advances inComputing, Communications and Informatics (ICACCI): IEEE 2013, pp. 840-846, doi: 10.1109/ICACCI.2013.6637285.

[19] S. Sawant, A Genetic Algorithm Scheduling Approach for VirtualMachine Resources in a Cloud Computing Environment, 2011, Master's Projects. Paper 198.

[20] L. Fernando, B. E.Roberto, and M. Madeira, "HCOC: A Cost Optimization Algorithm for Workflow Scheduling in Hybrid Clouds," in CLOUD COMPUTING, vol. 2, 2011, pp. 207-227, doi: 10.1007/s13174

[21] T. Keskinturk, M. B. Yildirim and M. Barut, "An Ant Colony Optimization Algorithm for Load Balancing in Parallel Machines with Sequence-Dependent Setup Times," Computer and OperationsResearch, vol. 39, June 2012, pp. 1225-1235.

[22] S. Pandy, L.Wu, S. M.Guru and R. Buyya, "A Particle Swarm Optimization-Based Heuristic for Scheduling Workflow Applicationin Cloud Computing Environments", Advance Information Networking and Applications: IEEE International Conference, April 2010, pp. 400-407, doi: 10.1109/AINA.2010.31.

[23] Z. Wu, Xiao Liu, Zhiwei Ni Dong Yuan and Yun Yang, "A Market Oriented Hierarchical Scheduling Strategy in Cloud Workflow Systems," The Journal of Super Computing, vol. 63, Jan. 2013, pp. 256-293.

[24] W. Chen, J. Zhang, "An Ant Colony Optimization Approach to a Grid Workflow Scheduling Problem WithVarious QoS Requirements", IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics - Part C: Applications and Reviews, Vol. 39, No. 1, January 2009.

[25] G. Juve, E. Deelman, K. Vahi, G. Mehta, and B. P. Berman "Scientific workflow applications on Amazon EC2," E-ScienceWorkshops 2009 5th IEEE International Conference on, Dec. 2009, pp. 59-66, doi: 10.1109/ESCIW.2009.5408002.

[8] K. Liu, "Scheduling Algorithms for Instance-Intensive Cloud Workflows" :[D]. Nanjing: Nanjing University of Science and Technology,2009.

[9] K. Beyer, V. Ercegovac, "Towards a Scalable Enterprise Content Analytics Platform," Bulletin of the IEEE Computer Society Technical Committee on Data Engineering, vol. 32, 2009, pp. 28–35.

[10] S. Dirks, and M. Keeling, "A Vision of Smarter Cities: How cities can lead the way into a prosperous and sustainable future," ICTstrategic review 2010/11 e-Commerce for global reach, 2010, pp. 237-256.

[11] K. Su, J. Li, and H. Fu, "Smart City and the Applications," 2011 International Conference on Electronics, Communications and Control: IEEE, Sept. 2011, pp. 1028-1031, doi: 10.1109/ICECC.2011.6066743

[12] L. Singh and S. Singh, "A Survey of Workflow Scheduling Algorithms and Research Issues," International Journal of ComputerApplications, vol. 74, July 2013, pp. 22-28.

[13] A. Bala, I. Chana, "A Survey of Various Workflow Scheduling Algorithms Cloud Environment," International Journal of Scientific and Research Publications, vol. 3, Oct. 2013,pp26-30.

[14] M. M. Hassan, B. Song, S. M. Han, E. N. Huh, C.Yoon, W. Ryu, "Multi-Objective Optimization Model for Partner Selection in a Market-Oriented Dynamic Collaborative Cloud Service Platform," 2009 21st IEEE International Conference on Tools with ArtificialIntelligence: IEEE, 2009, pp . 637-644, doi: 10.1109/ICTAI.

[15] T. Keskinturk, M. B. Yildirim and M. Barut, "An Ant Colony Optimization Algorithm for Load Balancing in Parallel Machineswith Sequence-Dependent Setup Times," Computer and Operations Research, vol. 39, June 2012, pp. 1225-1235.

[16] S. Abrishami, M. Naghibzadeh, and D. H.J. Epema, "Deadline-Constrained Workflow Scheduling Algorithm for Infrastructure as aService", Journal Future Generation Computer Systems, vol. 29, Jan. 2013, pp. 158-169

[17] B. Leonora, M. Dorigo, L. M. Gambardella, and W. J. Gutjahr, "A survey on metaheuristics for stochastic combinatorial optimization," Natural Computing: an international journal, vol. Jun. 2009, pp. 239–

[18] N. Chopra, S. Singh, "Deadline and Cost based Workflow Scheduling in Hybrid Cloud," 2013

Archive of SID

www.SID.ir