Archive of SID

Journal of Soft Computing and Information Technology (JSCIT)
Babol Noshirvani University of Technology, Babol, Iran
Journal Homepage: jscit.nit.ac.ir
Volume 8, Number 2, Summer 2019, pp. 17-26
Received: 12/18/2016, Revised: 12/07/2018, Accepted: 02/10/2019

A cost-aware method for cloud services composition using a hybrid algorithm

Saied Asghari[1], Nima Jafari Navimipour[2*]

1- Young Researchers and Elite Club, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran
2*- Department of Computer Engineering, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran
[1]Sa.Asghari7@gmail.com, [2*]jafari@iaut.ac.ir

Nima Jafari Navimipour: East Azerbaijan Province, Tabriz, Pasdaran Expressway, Postal code: 5157944533

Abstract: Cloud computing is considered as a new method of computations where resources can be scaled and provides services in virtualized format using the Internet. In some cases, the user's need is in a way that the underlying service cannot meet user's need individually and it is needed to combine services in order to meet the requirements. The previously presented methods had some problems such as not checking the cost, energy consumption, and not providing a framework for using the lowest number of clouds to respond to user requests. Therefore, the proposed method in this paper combines an ant colony algorithm with a based cloud algorithm (ACOBC). In this method, first, the cloud compositions that can respond to user requests are arranged in ascending order based on the number of clouds in the cloud composition, then the ant colony algorithm selects the appropriate services from each category, respectively. The obtained results have shown that the proposed method can act better energy consumption and cost.

Keywords- Cloud computing, Service composition, Inverted ant colony algorithm, Load balancing

www.SID.ir

Archive of SID

مجله علمی پژوهشی رایانش نرم و فناوری اطلاعات
دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل
صفحه مجله: jscit.nit.ac.ir
جلد ۸، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۸، صفحه ۲۶-۱۷
دریافت: ۱۳۹۵/۰۹/۲۸، بازنگری: ۱۳۹۷/۰۹/۱۶، پذیرش: ۱۳۹۷/۱۱/۲۱

یک روش آگاه از هزینه برای ترکیب خدمات ابری به کمک یک الگوریتم ترکیبی

سعید اصغری[۱]، نیما جعفری نویمی پور*[۲]
۱- باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد تبریز، دانشگاه آزاد سلامی، تبریز، ایران،
۲ - گروه مهندسی کامپیوتر، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران،
[1]Sa.asghari7@gmail.com, [2]jafari@iaut.ac.ir*
* نشانی نویسنده مسئول: نیما جعفری نویمی پور، تبریز- ضلع شرقی اتوبان پاسداران- دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز- کدپستی ۵۱۵۷۹۴۴۵۳۳

چکیده - رایانش ابری به عنوان روش جدیدی از محاسبات مطرح می‌شود که در آن منابع مقیاس پذیر هستند و به صورت مجازی خدمتی را با استفاده از بستر اینترنت فراهم می‌کنند. در رایانش ابری، نیاز کاربر به منابع ابری اغلب به گونه‌ای است که یک خدمت به تنهایی پاسخگوی نیاز کاربر نیست و برای برآورده کردن درخواست کاربر نیاز است تا خدمات با هم ترکیب شوند. روش‌هایی که قبلا ارائه شده بودند دارای مشکلاتی از قبیل عدم بررسی هزینه، انرژی مصرف شده و ارائه نکردن چارچوبی برای استفاده از کمترین تعداد ابرها برای جوابگویی به درخواست کاربر بودند. بنابراین روش پیشنهادی در این مقاله ترکیب الگوریتم مورچگان با الگوریتم ابر پایه جهت رفع این مشکلات است. در این روش، در ابتدا ترکیب‌های ابری که قابلیت پاسخگویی به درخواست‌های کاربران را دارند به صورت صعودی بر حسب تعداد ابرهای موجود در خدمات ابری مرکب مرتب می‌شوند، سپس الگوریتم مورچگان به ترتیب از هر دسته ترکیب ابری مناسب را انتخاب می‌کند. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که روش پیشنهادی می‌تواند انرژی مصرف شده و هزینه را بهبود بخشد.

واژه‌های کلیدی - رایانش ابری، ترکیب خدمات، الگوریتم ترکیبی، مورچگان، ابر پایه

۱- مقدمه

در حال حاضر اینترنت باعث ایجاد تحول در جامعه و ایجاد انقلاب در قرن ۲۱ شده است که همه افراد و همه اشیاء در جهان در حال متصل شدن و ارتباط برقرار کردن با آن هستند [۱-۵]. خدمات[۱] اینترنت و وب به عنوان یک مرکز اطلاعات، تسهیل اطلاعات، انتقال داده‌ها و اشتراک گزاری را انجام می‌دهد [۶]. موسسه ملی استاندارد و فناوری آمریکا رایانش ابری را به این صورت تعریف می‌کند: رایانش ابری[۲] مدلی است برای داشتن دسترسی فراگیر و آسان بر اساس تقاضای کاربر از طریق شبکه به مجموعه‌ای از منابع رایانشی پیکربندی پذیر مثل شبکه‌ها، سرورها، فضای ذخیره‌سازی، برنامه‌های کاربردی و خدمت‌ها که بتوانند با کمترین کار و زحمت یا نیاز به دخالت فراهم کننده خدمت به سرعت فراهم شده یا آزاد گردند [۷]. سه مدل اصلی تحویل خدمت در رایانش ابری عبارتند از: نرم‌افزار به عنوان خدمت (SaaS[۳])، سکو به عنوان خدمت (PaaS[۴]) و زیرساخت به عنوان خدمت (IaaS[۵]). نرم‌افزار به عنوان خدمت یک برنامه کاربردی کامل است که به درخواست کاربر ارائه می‌شود. این خدمات یک محیط عملیاتی را برای کاربران ایجاد می‌کنند و نرم افزار را به صورت خدمت بر روی اینترنت از طریق یک واسط تحویل می‌دهند [۸]. بزرگ‌ترین مزیت این خدمت، دسترسی دائمی کاربر به نرم‌افزار در هر نقطه، به وسیله‌ی بستر اینترنت است. از معروف ترین ارائه دهندگان این خدمت می‌توان به گوگل اشاره کرد [۹]. سکو به عنوان خدمت خدماتی را به صورت بسته ارائه می‌دهد که می‌توان از آن برای تولید خدمت‌های سطح بالاتر استفاده نمود. در واقع فراهم آورنده، بستری برای پیاده‌سازی نرم افزارهای مورد نیاز و پشتیبانی از چرخه کامل حیات نرم افزار برای کاربر می‌باشد [۱۰]. به کمک این خدمت مشتری این امکان را دارد که نرم افزار خریداری شده یا ساخته شده توسط خود را، روی بستر ابری قرار دهد و آن را کنترل کرده یا تغییر دهد.

www.SID.ir

Archive of SID

زیرساخت به عنوان خدمت شامل منابع محاسباتی ارائه شده می‌باشد. این خدمت امکانات ذخیره‌سازی و پردازشی را به صورت خدمات استاندارد در شبکه به کاربران می‌دهد. زیر ساخت به عنوان خدمت، سرورها، سوئیچ‌ها، روترها، فضای ذخیره‌سازی مجازی و ماشین مجازی را به عنوان منابع برای کاربران فراهم می‌کند. خدمت ذخیره‌سازی آمازون نمونه معروفی از زیرساخت است [۱۱].

با وجود تمرکز رایانش ابری بر روی کاربردهای تجاری به دلیل جذاب بودن این فناوری، زمینه‌های استفاده زیادی که تا پیش از این بسیار پرهزینه بود تسهیل شدند. برای مثال در [۱۲] معماری برای مدل‌سازی و شبیه سازی سیستم‌های گسسته بر پایه ابر ارائه شده که کاربران می‌توانند در آن به شبیه سازی مسائل بدون نیاز به دانستن زبان خاصی بپردازند. یادگیری الکترونیکی حوزه‌ای است که مدل‌های زیادی برای آن معرفی شده است که به کمک آن علاوه بر خدمت‌های با کیفیت بالا هزینه‌ها به شدت کاهش می‌یابند، سیستم‌های آموزش الکترونیکی ابری جانشین مناسبی برای سیستم‌های آموزشی فعلی شده‌اند [۱۳, ۱۴]. در [۱۵] مدلی با مراکز داده‌ای توزیع شده برای کاهش دادن تأخیر در دسترسی برنامه‌های کاربردی به مراکز داده محلی معرفی شده است. همچنین در زمینه بهداشت و سلامت از رایانش ابری می‌توان برای مدیریت تعامل پزشک و بیمار، تحلیل‌های آماری و مدیریت سابقه پزشکی فرد بیمار استفاده نمود [۱۶].

به دلیل برخی ویژگی‌های رایانش ابری از قبیل پویایی، توزیع و قابلیت اطمینان پایین، به دست آوردن منابع مناسب یک مسئله کلیدی به شمار می‌رود [۱۷]. در محیط ابر، منابع اختصاص داده شده ممکن است قادر به تحویل به متقاضیان منابع به دلیل بی ثباتی شبکه نباشند و متقاضیانی که منابع در حال حاضر به آنها اعمال شده ممکن است به دلیل تمام شدن کارها یا تغییر در قیمت دیگر نیازی به منابع نداشته باشند [۱۸]. یک مسئله مهم در رایانش ابری توجه ارائه کنندگان برای رعایت کردن موافقت‌نامه کیفیت خدمات[۶] است [۱۹]. ارتباط بین خدمات وب از ابرهای مختلف گران و وقت گیر است، بنابراین نیاز به یک ترکیب معتبر است که با استفاده از حداقل تعداد ابرها نیازهای کاربر را برآورده کند [۲۰]. کشف منبع قابل اعتماد، زمان بندی، امنیت و انتخاب نسخه بدل از دیگر چالش‌های موجود در رایانش ابری است.

به طور خلاصه اهداف این مقاله به صورت زیر است:

- انتخاب راهکاری برای ترکیب خدمات ابری در محیط‌های چند ابری با هدف انتخاب ترکیب ابری مناسب
- بررسی انرژی مصرفی کارها جهت اجرا بر روی خدمات ابری مرکب توسط روش پیشنهادی
- کاهش دادن هزینه صرف شده توسط کاربر برای دریافت خدمات مورد نظر

ادامه مقاله به صورت زیر سازماندهی شده است: در بخش ۲ ترکیب خدمات ابری معرفی شده است و برخی از روش‌های مهم در زمینه ترکیب خدمات در رایانش ابری مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته است. در بخش ۳ ساختار کلی ترکیب خدمات در محیط‌های چند ابری و روش پیشنهادی نشان داده شده است. در بخش ۴ هم به بررسی نتایج بدست آمده و مقایسه روش پیشنهادی با روش‌های مورچگان و ابر پایه در ضوابطی از انرژی مصرف شده، و هزینه پرداخته شده است و در نهایت نتیجه گیری و پیشنهاد کارهای آتی نشان داده شده است.

۲- مرور پیشینه تحقیق

در این بخش، ابتدا به معرفی ترکیب خدمات در رایانش ابری پرداخته شده است و در ادامه به معرفی تعدادی از روش‌های مهم در زمینه ترکیب خدمات پرداخته شده است.

۲-۱- ترکیب خدمات در رایانش ابری

ترکیب خدمات در واقع ترکیب خدمت‌های منفرد[۷] برای برآورده کردن درخواست داده شده است. در برخی مواقع نیاز کاربر به گونه‌ای است که یک منبع به تنهایی پاسخگوی نیاز کاربر نیست و برای برآورده کردن درخواست کاربر نیاز است تا خدمات یا منابع با هم ترکیب شوند. این منابع ممکن است در ابرهای مختلفی قرار گرفته شده باشند و نیاز است این ابرها با هم ترکیب شوند. روش‌های ترکیب خدمات ابری در دو محیط تک ابری و چند ابری بررسی می‌شود که در محیط‌های تک ابری سودی که از بقیه ابرها می‌رسد نادیده گرفته می‌شود. در واقع چالش اصلی در بحث ترکیب خدمات ابری انتخاب بهترین خدمت کاندید از میان خدماتی است که کار معادل انجام می‌دهند ولی معیارهای کیفیتی متفاوتی دارند. در حالت کلی معماری ترکیب خدمات در محیط ابر مشتمل بر ۳ لایه نرم افزار، سکو و زیرساخت است که هر کدام خدمات مشخصی را ارائه می‌دهند. یک کاربر درخواستش را به دلال‌ها برای بهره‌گیری کردن از خدمات ترکیب شده ارسال می‌کند. لایه نرم افزار شامل دلال‌ها است و این دلال‌ها تمامی خدماتی که به کاربران توسط فراهم کنندگان پیشنهاد شده‌اند را مدیریت می‌کنند. موتور ترکیب در لایه سکو همراه دلال‌ها به کار برده می‌شود تا خدمات کاندید را مطابق درخواست کاربر کشف کند. بر اساس خدمات کاندید کشف

www.SID.ir

Archive of SID

شده موتور ترکیب یک نقشه اجرایی تولید می‌کند که این نقشه اجرایی نیازهای کاربران را برآورده می‌کند. لایه زیر ساخت هم اختصاص منابع واقعی را در ضوابطی از نقشه اجرایی تولید شده در لایه سکو کنترل می‌کند.

۲-۲- مرور کارهای مرتبط

در این بخش به مرور کارهای قبلی و توضیح هر روش و مزایا و معایب هر کدام پرداخته شده است. برخی از این روش‌ها در قالب الگوریتم‌های فرا ابتکاری ارائه شده‌اند. الگوریتم‌های فرا ابتکاری نوعی از الگوریتم‌های تصادفی هستند که برای یافتن پاسخ مناسب به کار می‌روند. ایده این الگوریتم‌ها معمولا به صورت یک فرآیند تکراری است که در تکرارهای مختلف سعی می‌شود راه‌حل‌های نزدیک به راه‌حل‌های مناسب کشف و مورد استفاده قرار بگیرند [۲۱, ۲۲].

روش کلونی مورچگان [۲۰] برای ترکیب خدمت‌های ابر در سال ۲۰۱۵ ارائه شده است. کلونی مورچگان یک سیستم چند مأموره است که مورچه‌های مصنوعی بر روی یک گراف حرکت می‌کنند و تلاش می‌کنند تا جواب مناسب را پیدا کنند. اطلاعات فرومون (ماده شیمیایی که مورچه‌های واقعی هنگام حرکت از مسیری بر روی آن مسیر برجای می‌گذارند) به یال‌هایی از یک گراف اختصاص داده می‌شود. در این الگوریتم مورچه‌های مصنوعی به دنبال مسیرهای مناسب هستند و اطلاعات فرومون و مکاشفه‌ای را دنبال می‌کنند تا ترکیب‌های ابری را ایجاد کنند. مقدار فرومون بر روی هر یال به میزان مشخصی در هر تکرار تبخیر می‌شود و همچنین مطابق با مسیرهایی که مورچه‌ها طی کرده‌اند و حاوی این یال هستند به روزرسانی می‌شود. در این گراف هر گره یک مرکز ابری را نشان می‌دهد و یال‌هایی وجود دارد که این گره‌ها را به هم مرتبط می‌کند. هر چه تعداد مورچه‌های عبوری از یک مسیر زیاد باشد فرومون آن مسیر هم در هر تکرار افزایش خواهد یافت و مورچه‌های بعدی هم آن مسیر را با احتمال بیشتری انتخاب می‌کنند. مقدار تبخیر فرومون هم بین صفر و یک خواهد بود. این روش به صورت تکراری برای مورچه‌ها اعمال می‌شود تا راه حل‌های مناسب پیدا شود. بازخورد مثبت، محاسبات توزیعی و پیدا کردن ترکیب ابری مناسب از مزایای این روش است. از معایب این الگوریتم هم می‌توان به عدم تعادل بار کاری بین فراهم کنندگان ابر یا مراکز ابری اشاره کرد.

در سال ۲۰۱۵ روشی با نام COM2 برای ترکیب خدمات ابری ارائه شد که در این روش ابرها بر اساس تعداد فایل‌های خدمتشان به صورت نزولی مرتب می‌شوند [۲۳]. این مرتب سازی کمک می‌کند تا به سرعت، ابری که بیشترین فایل خدمت را دارد، در ابتدا انتخاب شود. در ادامه الگوریتم، به ترتیب از ابری که حاوی بیشترین فایل خدمت است بررسی را شروع می‌کند و بررسی می‌کند که چه خدماتی از این ابر می‌توانند نیاز کاربر را برآورده کنند و اگر هیچ خدمتی پیدا نشد به سراغ ابر بعدی می‌رود و این ابر را در ترکیب ابری مناسب قرار نمی‌دهد ولی وب خدمت‌های آن را بررسی می‌کند و این کار را تا جایی انجام می‌دهد که نیازهای کاربر برآورده شده باشند. زمانی که یک ابر مناسب پیدا شد خود ابر به لیست ترکیب و فایل‌های خدمتش به لیست سازنده (جایی که خدمات کنار هم قرار می‌گیرند) اضافه می‌شود. اگر هنگام بررسی یک ابر تمامی نیازهای کاربر برآورده نشد ابر بعدی انتخاب می‌شود. اگر شرایطی پیش بیاید که دو مرکز ابری در شرایط یکسان باشند، یعنی تعداد فایل‌های خدمتشان برابر باشد، یکی از این مراکز ابری به صورت تصادفی انتخاب خواهد شد. مزیت این روش در پیدا کردن ترکیب ابری مناسب است که این ترکیب شامل کمترین تعداد ابری است که می‌تواند نیازهای کاربر را برآورده کند و معایب این روش هم عدم توزیع بار کاری مناسب بین فراهم کنندگان ابر است.

در سال ۲۰۱۰ روشی به نام ابر پایه برای ترکیب خدمات ابری معرفی شد [۲۴] که در این الگوریتم به صورت بازگشتی تمام راه حل‌های ممکن که شامل ترکیب‌های ابری مختلف است در نظر گرفته می‌شود و همه ترکیب‌ها توسط الگوریتم بررسی می‌شوند تا به یک جواب مناسب رسیده شود. ایده بررسی الگوریتم به این صورت است که در ابتدا ترکیب‌هایی بررسی می‌شوند که شامل یک ابر هستند و سپس ترکیب‌های که شامل دو ابر هستند و این کار ادامه پیدا می‌کند تا ترکیب‌هایی بررسی شوند که شامل همه ابرهای موجود در محیط چند ابری هستند. این الگوریتم می‌تواند ترکیب ابری مناسب که شامل کمترین تعداد ابر برای جوابگویی به درخواست کاربر است را پیدا کند. در مورد پیچیدگی الگوریتم هم با توجه به این که تمام ترکیب‌های ممکن بررسی می‌شوند پیچیدگی الگوریتم در بدترین وضعیت است. برای هر ابر C_i که i مقداری بین $[0$ و $n]$ است c_n^i ترکیب ابری مختلف وجود دارد.

در سال ۲۰۱۴ روشی بر پایه خوشه بندی ارائه شد [۲۵] که به اختصار CL_ACO نامیده می‌شود. این روش بر پایه الگوریتمی بر اساس خوشه بندی به همراه الگوریتم مورچگان است. هدف اصلی این مقاله فراهم کردن یک مجموعه از وب خدمت‌های منفرد با بیشترین توانایی ترکیب شدن است که سبب جواب دادن به درخواست‌های پیچیده کاربر می‌شود. در روش پیشنهادی این مقاله معیارهایی نظیر دقت، انتخاب ترکیب مناسب و کاهش زمان پاسخ هم در نظر گرفته شده است. این الگوریتم از دو بخش تشکیل شده

www.SID.ir

Archive of SID

است: در بخش اول که انتشار نامیده می‌شود ارائه دهنده در ابتدا وب خدمت‌ها را با استفاده از یک مدل معنایی و با استفاده از استاندارد OWL-S [۲۶] تفسیر می‌کند و آن را در شبکه معنایی منتشر می‌کند، در ادامه وب خدمت‌های تولید شده به طور همزمان همراه با انتشارشان در شبکه معنایی به خوشه‌های مشابه اضافه می‌شوند. بخش دوم مربوط به کارهایی است که مشتری انجام می‌دهد که در ابتدا یک درخواست به سیستم می‌دهد که شامل ورودی و خروجی‌های تعریف شده است. در ادامه درخواست کاربر همراه خوشه‌هایی که در ریشه درخت قرار دارند به وسیله استفاده از الگوریتم تطبیق دهنده مقایسه می‌شود. خوشه‌هایی که بیشترین شباهت به درخواست کاربر را دارند انتخاب می‌شوند. در ادامه وب خدمت‌های آغازین بدست آمده در بخش قبلی بر روی وب خدمت‌های متناظر در شبکه معنایی نگاشت می‌شوند. بعد از این که وب خدمت‌های آغازین شناسایی شدند الگوریتم مورچگان برای انتخاب بهترین مجموعه از وب خدمت‌ها که بیشترین توانایی ترکیب شدن را دارند بکار برده می‌شود. در این روش تعداد مورچه‌ها با تعداد وب خدمت‌ها برابر است. سپس مورچه‌ها بر روی گره‌هایی از گراف که وب خدمت‌های آغازین در آن گره‌ها هستند قرار می‌گیرند. سپس همه مورچه‌ها شروع به پیمایش در گراف می‌کنند و یالی که دارای درجه تشابه بیشتر و به لحاظ ویژگی‌های غیر عملیاتی شرایط بهتری داشته باشد برای پیمایش انتخاب می‌شود.

۳- معرفی روش پیشنهادی

در این بخش به روش پیشنهادی پرداخته شده است که در قالب سه بخش ارائه می‌شود. بخش اول مربوط به یک ساختار کلی از ترکیب خدمات در محیط‌های چند ابری و تعریف‌های ارائه شده است و بخش دوم هم مربوط به معرفی کردن الگوریتم ترکیبی مورچگان و ابر پایه برای ترکیب کردن خدمات ابری است. در نهایت در بخش سوم مثالی از الگوریتم معرفی شده انجام شده است.

۳-۱- چارچوب موجود و تعریف مسأله

در این بخش چندین تعریف برای مشخص کردن مسأله مورد بررسی ارائه شده است.

تعریف ۱. محیط چند ابری: یک محیط چند ابری از مجموعه‌ای از ابرهای مختلف به شکل $MCE = \{C_1, C_2, ..., C_n\}$ تشکیل می‌شود که هر کدام از مؤلفه‌های موجود در این قسمت به تنهایی یک مرکز ابری مستقل است [۲۰]. ایده یک محیط چند ابری، استفاده همزمان از خدمت‌های ابرها است. در این محیط هر ابر می‌تواند برای یک کاربرد خاص استفاده شود.

تعریف ۲. مرکز ابری: یک مرکز ابری از فایل‌های خدمت مختلف تشکیل می‌شود که ممکن است این فایل‌های خدمت بین مراکز ابری به شکل $C = \{sf_1, sf_2, ..., sf_n\}$ مشترک باشند.

تعریف ۳. فایل خدمت: هر فایل خدمت از مجموعه‌ای از وب خدمت‌ها به شکل $sf = \{w_1, w_2, ..., w_n\}$ تشکیل می‌شود که هر کدام از اجزای sf یک وب خدمت مستقل است [۲۰]. فراهم کنندگان خدمت‌ها، خدمت‌هایی را که تهیه می‌کنند معمولا در قالب یک فایل ذخیره می‌کنند به همین دلیل به فراهم کنندگان خدمت‌ها، فایل خدمت گفته می‌شود و هر فایل خدمت یک فراهم کننده خدمت است.

تعریف ۴. وب خدمت: یک وب خدمت از دو گانه $< I, O >$ تشکیل می‌شود که هر کدام از اجزای دوگانه یک توضیح در مورد وب خدمت هستند. منظور از توضیح، شرحی اولیه و نهایی از نیاز مورد نظر کاربر است که توسط خود کاربر فراهم می‌شود و به عنوان ورودی توسط کاربر داده می‌شود [۲۰]. وب خدمت‌ها معمولا با عنوان خدمت‌های کاربردی یاد می‌شوند و می‌توانند شامل منابع انسانی هم باشند که توسط وب سرورهای تجاری برای کاربران وب تهیه شده‌اند.

تعریف ۵. ترکیب وب خدمت‌ها: ترکیب وب خدمت‌ها با هم از سه گانه $< I, G, S >$ تشکیل می‌شود که دو گانه اول شرحی اولیه و نهایی را نشان می‌دهد که توسط کاربر فراهم شده است و S مجموعه وب خدمت‌های کاندید است. π به عنوان یک راه حل تعریف می‌شود که $\pi \subseteq S$ است.

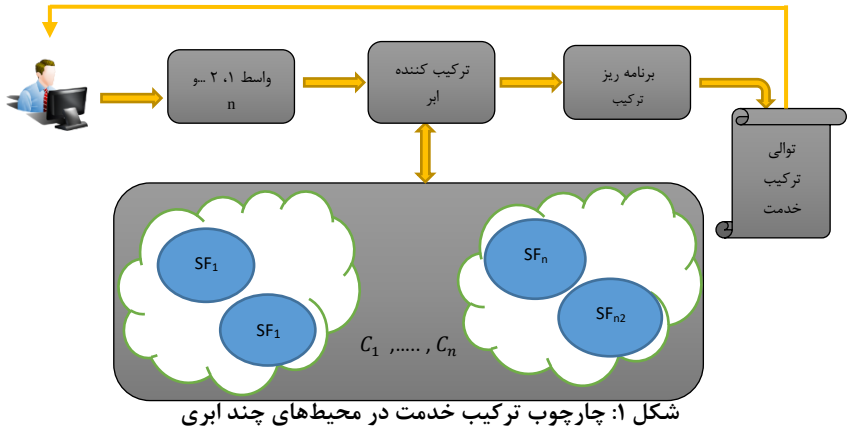
تعریف ۶. ترکیب وب خدمت‌های ابرها: ترکیب وب خدمت‌های ابرها به صورت سه گانه $< I, G, MCB >$ است که دو گانه اول شرحی اولیه و نهایی از درخواست کاربر نشان می‌دهد که توسط خود کاربر فراهم شده است. MCB یک محیط چند ابری است که یک دنباله‌ای از وب خدمت‌های ترکیب شده به صورت $< w_1, C_1, >, < w_2, C_2, >$ $W = \{ , ... \}$ ارائه می‌دهد. ممکن است از یک ابر وب خدمت‌های مختلف انتخاب شود و یا از یک ابر فقط یک وب خدمت انتخاب شود [۲۰].

چارچوب مفروض برای ترکیب خدمات ابری در شکل ۱ نشان داده شده است. یک محیط چند ابری از قسمت‌های مختلفی تشکیل شده است که عبارت است از کاربران، واسط، ترکیب کننده ابر، برنامه ریز ترکیب، وب خدمت‌های ترکیب شده و ابرهای موجود. درخواست کاربر از طریق واسط به سیستم ابری تحویل داده می‌شود و هنگامی که درخواست به واسط رسید فایل‌های خدمت مورد نیاز برای جوابگویی به درخواست کاربر تشخیص داده می‌شود و این فایل‌های

www.SID.ir

Archive of SID

خدمت تحویل ترکیب کننده ابر داده می‌شود. ترکیب کننده ابر بر اساس الگوریتم پیشنهادی اقدام به ترکیب کردن ابرها از میان ابرهای موجود در محیط چند ابری با یکدیگر می‌کند. ترکیب کننده ابر تلاش می‌کند تا ترکیب ابری مناسب را برای جوابگویی به درخواست کاربر پیدا کند. ترکیب ابری مناسب عبارت است از کمترین تعداد ابر که برای جوابگویی به درخواست کاربر مورد نیاز است. ابرهای انتخاب شده تحویل برنامه ریز ترکیب داده می‌شود و در نهایت برنامه ریز ترکیب، توالی ترکیب را که شامل وب خدمت‌هاست ایجاد می‌کند و این وب خدمت‌های ترکیب شده تحویل کاربر داده می‌شود. برنامه ریز ترکیب برای ایجاد توالی ترکیب از روش خاصی استفاده می‌کند و از بین وب خدمت‌های موجود در ترکیب ابری مناسب یک زیر مجموعه را متناسب با اهداف مشخص شده (مثلا معیارهای کیفیت خدمت) انتخاب می‌کند. علاوه بر این وب خدمت‌های موجود در هر فایل خدمت تقریباً کار مشخصی انجام می‌دهند ولی سطح کیفیتی متفاوتی دارند. چگونگی انتخاب وب خدمت‌ها در حیطه کار این مقاله نیست و معمولاً برای ترکیب خدمات در محیط‌های تک ابری بررسی می‌شود. تمرکز روش پیشنهادی این مقاله روی چگونگی ترکیب مراکز ابری با همدیگر است.



شکل ۱: چارچوب ترکیب خدمت در محیط‌های چند ابری

۳-۲- الگوریتم ترکیبی مورچگان و ابر پایه

در این قسمت الگوریتم ترکیبی مورچگان با ابر پایه معرفی شده است که سعی در کاهش دادن هزینه و انرژی مصرف شده و ارائه راهکاری برای انتخاب ترکیب ابری مناسب دارد. الگوریتم مورچگان یکی از الگوریتم‌های الهام گرفته از طبیعت است که ایده این الگوریتم استفاده از فرومون موجود بر روی مسیرهای پیمایش شده توسط مورچه‌ها است. بوی فرومون در این الگوریتم اثر کشش برای مورچه‌های دیگر ایجاد خواهد کرد [۲۷-۲۹]. برای اعمال کردن الگوریتم ترکیبی مورچگان با ابر پایه در ابتدا از الگوریتم ابر پایه استفاده می‌شود. به این صورت که در ابتدا تمام ترکیب‌های ابری ممکن برای رسیدن به جواب لیست می‌شوند. سپس ترکیب‌هایی توسط الگوریتم مورچگان بررسی می‌شود که شامل یک ابر هستند و سپس ترکیب‌های که شامل دو ابر هستند و این کار ادامه پیدا می‌کند تا ترکیب‌هایی بررسی شوند که شامل همه ابرهای موجود در محیط چند ابری هستند.

برای پیدا کردن ترکیب ابری مناسب جهت جوابگویی به درخواست کاربر از رابطه (۱) استفاده خواهد شد که مورچه اول ترکیب ابری مناسب را ایجاد خواهد کرد. هر مورچه مسیر خودش را مطابق اطلاعات فرومون، و مکاشفه‌ای انتخاب خواهد کرد، همچنین با عبور کردن مورچه‌ها از روی یال‌ها مقدار فرومون مطابق رابطه (۲) به روزرسانی می‌شود که تبخیر فرومون امری طبیعی در پیمایش مورچه‌ها است.

در ابتدا گرافی وجود دارد که شامل گره‌ها و یال‌های مرتبط دهنده آنها است. هر گره یک مرکز ابری است که شامل فایل‌های خدمت مختلف است و ممکن است فایل‌های خدمت موجود در یک ابر در ابر دیگر هم موجود باشند. یال‌ها برای متصل کردن مراکز ابری به همدیگر مورد استفاده قرار می‌گیرند. درخواست به وسیله کاربر داده شده است و فایل‌های خدمت هدف برای جوابگویی به درخواست کاربر توسط واسط مشخص شده است و گره شروع به صورت تصادفی انتخاب می‌شود و همه مورچه‌ها حرکت خود را از گره شروع آغاز می‌کنند. پیمایش گراف توسط مورچه‌ها انجام می‌شود و هر مورچه گره بعدی را با استفاده از رابطه (۱) انتخاب می‌کند که این رابطه شامل اطلاعات فرومون و مکاشفه‌ای است. مورچه‌ها در هر ترکیب، از بین گره‌های موجود، گره برتر (گرهی که دارای احتمال بیشتری است) را برای حرکت انتخاب خواهند کرد. در ابتدا با توجه به این که هیچ فرومونی بر روی مسیر نیست

www.SID.ir

Archive of SID

نیاز به یک پیمایش اولیه است تا فرومون بر روی گراف ایجاد شود که این پیمایش توسط مورچه اول انجام می‌شود و بعد از پیمایش شدن گره‌ها توسط مورچه اول فرومون موجود با استفاده از رابطه (۲) به روز رسانی خواهد شد. در ادامه مورچه‌های بعدی مسیر پیمایش شده توسط مورچه اول را ممکن است انتخاب کنند و ممکن است انتخاب نکنند و این بستگی به ترکیب‌های بدست آمده دارد. اگر کلیه ترکیب‌های بدست آمده شامل تعداد یکسانی ابر باشند، مورچه‌های بعدی مسیر پیماش شده توسط مورچه اول را کپی خواهند کرد. ولی اگر ترکیب‌های ابری شامل تعداد یکسانی ابر نباشند شرایط فرق می‌کند. برای مثال مورچه اول از ترکیب یک تایی انتخاب خواهد کرد و مورچه دوم از ترکیب دو تایی تا به بیشترین ترکیب برسد. سپس مورچه‌های باقی مانده در این حلق تکرار خواهند شد و مسیرهای پیمایش شده توسط مورچه اول، دوم و ... را کپی خواهند کرد. اگر احتمال گرهی صفر باشد، این گره توسط هیچ مورچه‌ای ملاقات نخواهد شد و اگر دو گره احتمال برابری داشته باشند یکی از آنها به صورت تصادفی انتخاب می‌شود.

$$p_{kj}^{i}(t) = \frac{[\tau_{kj}(t)^{\alpha}][\eta_{kj}(t)^{\beta}]}{\sum_{l=1}^{n} p_{kl}^{i}(t)[\tau_{kl}(t)^{\alpha}][\eta_{kl}(t)^{\beta}]} \qquad (۱)$$

در این رابطه t تکرار جاری است و $\tau_{kj}(t)$ فرومون موجود را بر روی یال e_{kj} نشان می‌دهد که دارای مقدار ابتدایی یک است و η_{kj} مکاشفه‌ای موجود بر روی یال e_{kj} را نشان می‌دهد. پارامترهای α، و β میزان تحت تأثیر قرار گرفتن فرومون، و مکاشفه‌ای را نشان می‌دهند که مقدار یک برای این پارامترها در نظر گرفته شده است.

$$\tau(t+1) = p \times \tau(t) + 2 \qquad (۲)$$

این رابطه نشان دهنده به روز رسانی فرومون در هر تکرار است که $\tau(t)$ مقدار فرومون قبلی است که تا قبل از پیمایش شدن گرهی توسط مورچه‌ها یک در نظر گرفته خواهد شد. p هم نشان دهنده ضریب تبخیر فرومون است که مقدار ۰/۵ برای آن در نظر گرفته شده است.

$$\eta_{kj} = \frac{1}{av} \qquad (۳)$$

av در رابطه بالا تعداد وب خدمت‌های موجود در مرکز ابری j را نشان می‌دهد که این تعداد هر چه کم باشد مقدار بدست آمده برای مکاشفه‌ای بیشتر خواهد بود.

رابطه (۴) برای محاسبه کردن هزینه بکار می‌رود که عبارت است از جمع وب خدمت‌های موجود در ترکیب ابری مناسب انتخاب شده توسط ترکیب کننده ابر. از وب خدمت‌های موجود در ترکیب ابری مناسب برای ایجاد توالی ترکیب خدمت استفاده می‌شود و فرض می‌شود که برای ارزیابی شرایط هر وب خدمت توسط برنامه ریز ترکیب ۱ دلار هزینه خواهد شد. در این رابطه c ابرهای موجود در ترکیب ابری مناسب است و av وب خدمت‌های موجود در هر ابر است.

$$co = \sum_{i=1}^{c} av \qquad (۴)$$

رابطه (۵) هم برای محاسبه انرژی استفاده می‌شود که در این رابطه $e(F)$ انرژی مصرفی هر وب خدمت است و c ابرهای موجود در ترکیب ابری مناسب است.

$$E = \sum_{i=1}^{c} e(F) \qquad (۵)$$

در ادامه و در شکل ۲ الگوریتم پیشنهادی نشان داده شده است. $S_r(i)$ تعداد فایل‌های خدمتی است که برای جوابگویی به درخواست کاربر نیاز است و در هر تکرار به روز رسانی می‌شود، به این صورت که فایل‌های خدمت برآورده شده برای جوابگویی به درخواست کاربر در پیمایش مورچه‌ها از این مجموعه کنار گذاشته خواهند شد. C_j هم ابر بعدی است که توسط مورچه i می‌تواند انتخاب شود. $S_c(i)$ مجموعه ابرهای پیمایش شده توسط مورچه i است.

Algorithm 1: ACOBC -WSC
Input: $MCE = \{C_1, C_2, \ldots, C_n\}$: set of clouds, where $C_i = \{sf_1, sf_2, \ldots, sf_k\}$ is a set of service files;
N: Number of clouds; and M: Number of ants;
Req-set: user's composition request;
Output: S_c: composition sequence;
Begin
While not terminate condition **do**
List all possible cloud compositions in ascending order
For ($i = 1$ **to** M **do**)
Randomly select a node C_k as start node;
$S_c(i) = \{C_k\}$; $S_r(i) =$ Req-set$-C_k$;
While $S_r(i) \neq \{\}$ **do**
Select a cloud base C_j according to the probability p_{kj}^{i} defined in (3-1);
Update the pheromone on edge e_{kj};
$S_c(i) = S_c(i) \cup \{C_j\}$; $S_r(i) = S_r(i) - C_j$;
End while;
Then other ants start moving in the graph and in each iteration select next node for moving among edges that have more probability;
End while;
End

شکل ۲: الگوریتم ترکیبی مورچگان با ابر پایه برای ترکیب خدمات ابری

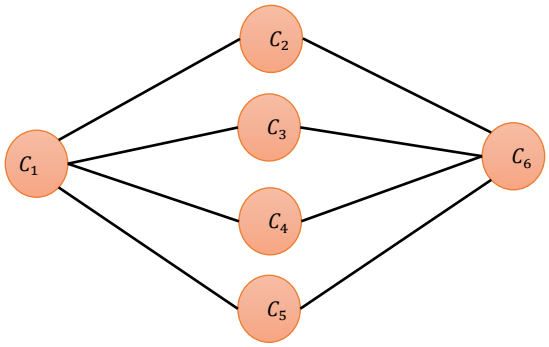
۳-۳- مثال

در این بخش یک مثال مربوط به داده‌های تصادفی تولید شده حل خواهد شد تا کارآیی روش در میزان انرژی مصرف شده، و

www.SID.ir

Archive of SID

هزینه نشان داده شود. این محیط تصادفی دارای ۶ مرکز ابری به شکل $\{C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, C_6\}$ است که در شکل ۳ نشان داده شده است. هر مرکز ابری فایل‌های خدمت مختص خود را دارد و این اطلاعات در جدول ۱ نشان داده شده است. فرض شده است که فایل‌های خدمت a، b، c، d، e و f به ترتیب دارای ۲، ۴، ۳، ۲، ۴ و ۳ وب خدمت هستند. گراف پیشنهادی برای این مثال مطابق شکل ۳ و به شکل غیر کامل در نظر گرفته شده است. فرض شده است که مجموعه فایل خدمت $\{b, e, f\}$ برای جوابگویی به درخواست کاربر نیاز است. کلیه ترکیب‌های ابری ممکن برای جوابگویی به درخواست کاربر با توجه به شکل گراف لیست می‌شوند که شامل یک ترکیب دو تایی و سه ترکیب سه تایی است که عبارتند از $\{C_1, C_5\}$، $\{C_1, C_4, C_6\}$، $\{C_1, C_3, C_6\}$، $\{C_1, C_2, C_6\}$. ترکیب دو تایی $\{C_1, C_6\}$ با توجه به شکل گراف و گره شروع نمی‌تواند در نظر گرفته شود. نقطه شروع گراف، گره ۱ یا در واقع ابر C_1 در نظر گرفته می‌شود و همه مورچه‌ها در این نقطه قرار دارند و ابر C_1 به مجموعه $S_c(i)$ اضافه خواهد شد. فرض شده است که تعداد مورچه‌ها مساوی ۶ است و همه مورچه‌ها در گره C_1 فایل خدمت b را ملاقات می‌کنند و $S_r(i)$ به روزرسانی می‌شود.



شکل ۳: گراف غیر کامل طراحی شده برای داده‌های تصادفی تولید شده

جدول ۱: مجموعه فایل‌های خدمت موجود در مراکز ابری

محیط ابری	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6
خدمات موجود	$\{a, b\}$	$\{e, c\}$	$\{f, a\}$	$\{f\}$	$\{e, f\}$	$\{d, e, f\}$

در ابتدا ترکیب ابری دو تایی انتخاب می‌شود و گره C_5 انتخاب خواهد شد و فایل‌های خدمت e و f ملاقات شده و مورچه اول به کار خود پایان می‌دهد و به روزرسانی فرومون انجام می‌گیرد و مقدار فرومون از ۱ به ۲/۵ تغییر پیدا می‌کند. مورچه دوم کار خود را در ترکیب‌های ۳ تایی شروع خواهد کرد و بعد از این که فایل خدمت b را در گره C_1 ملاقات کرد، باید از بین C_2، C_3، C_4 یکی را انتخاب کند که گره C_4 با توجه به احتمال بیشترش انتخاب خواهد شد و فایل خدمت f ملاقات شده و چون هنوز نیازهای کاربر برآورده نشده به حرکت خود ادامه داده و در نهایت با رفتن به گره C_6 و ملاقات e، پیمایش مورچه دوم هم تمام می‌شود. با توجه به اتمام ترکیب‌های ابری، مورچه‌های باقی مانده مسیرهای پیمایش شده توسط مورچه‌های قبلی را به ترتیب کپی خواهند کرد.

ترکیب ابری مناسب توسط مورچه اول انتخاب شده است که متشکل از ابرهای $\{C_1, C_5\}$ است. در حالی که اگر الگوریتم مورچگان و ابر پایه روی این گراف اعمال شود، نتایج زیر بدست خواهد آمد. الگوریتم مورچگان ترکیب ابری مناسب $\{C_1, m_{1\ldots6}\} = \{C_1, C_5\}$ را برای تمامی مورچه‌ها انتخاب خواهد کرد چون بعد از هر تکرار مقدار فرومون به روز رسانی می‌شود و مورچه‌های بعدی با احتمال بیشتری مسیر پیموده شده توسط مورچه‌های قبلی را انتخاب خواهند کرد. الگوریتم ابر پایه، فقط ترکیب ابری $\{C_6, C_1\}$ را انتخاب خواهد کرد.

۴- نتایج شبیه سازی

در این بخش نتایج بدست آمده از اجرای روش پیشنهادی در مقایسه با الگوریتم‌های مورچگان و ابر پایه بر اساس پیدا کردن هزینه و انرژی صرف شده نشان داده شده است.

۴-۱- محیط شبیه سازی

برای شبیه سازی الگوریتم پیشنهادی از زبان برنامه نویسی جاوا در محیط ایکلیپس استفاده شده است. آزمایشات در یک لپ تاب ایسوس با ۶ گیگا بایت رم انجام شد. نتایج بدست آمده برای هر کدام از پارامترها به صورت جداگانه نمایش داده می‌شود. آزمایشات روی گروه‌های مختلفی از داده‌ها انجام گرفته است. گروه اول داده‌های استفاده شده در مقالات قبلی است و داده‌های گروه دوم مربوط به مثال حل شده در بخش ۳ است که به صورت تصادفی تولید شده است و گروه سوم مربوط به تعداد ابرهای زیاد است و سعی شده تا یک مقایسه منطقی بین روش پیشنهادی با الگوریتم‌های دیگر انجام بگیرد.

در جدول ۲ متغیرهای آزمایش به همراه مقادیر در نظر گرفته شده برای آنها و در جدول ۳ [۲۰] گروه اول از داده‌های آزمایشگاهی نشان داده شده است. فرض شده است که خدمت فایل‌های a، b، d و e برای جوابگویی به درخواست کاربر نیاز است. همچنین به ترتیب ۳، ۳، ۶، ۲ و ۳ وب خدمت در فایل‌های خدمت a، b، c، d و e موجود است. متغیرهای آزمایش شامل تعداد مراکز

www.SID.ir

Archive of SID

ابری، تعداد گره‌های در دسترس از هر گره با توجه به غیر کامل بودن گراف، تعداد فایل‌های خدمت موجود در هر ابر، وب خدمت‌های موجود در هر فایل خدمت و تعداد فایل‌های خدمت مورد نیاز برای جوابگویی به درخواست کاربر است. زمانی که تعداد مراکز ابری کم است مقادیر در نظر گرفته شده برای متغیرها مشخص است ولی زمانی که تعداد مراکز ابری افزایش پیدا می‌کند مقادیر متغیرها به صورت تصادفی و در یک بازه مشخص تولید می‌شود.

جدول ۲: متغیرهای آزمایش به همراه مقادیر در نظر گرفته شده برای آنها

متغیرهای آزمایش	مقادیر در نظر گرفته شده
تعداد مراکز ابری	۴، ۶، ۱۰۰، ۱۰۰۰ و ۵۰۰۰
تعداد گره‌های در دسترس از هر گره	۱، ۲، ۳، ...و ۱۰
تعداد فایل‌های خدمت موجود در هر مرکز ابری	۲، ۳، ۴ و ۵
تعداد فایل‌های خدمت هدف	۳، ۴، ... و ۲۵۰۰
تعداد وب خدمت‌های موجود در هر خدمت فایل	۱، ۲، ۳، ... و ۷

جدول ۳: گروه اول از داده‌های ازمایشگاهی [۲۰]

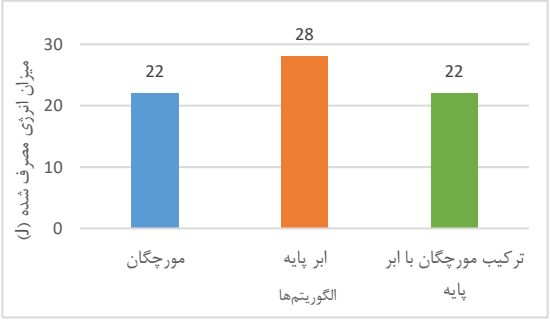
محیط چند ابری	C_1	C_2	C_3	C_4
۱	$\{a, c, d\}$	$\{c\}$	$\{b, d\}$	$\{a, e\}$
۲	$\{b, d\}$	$\{a, b\}$	$\{a\}$	$\{c, d, e\}$
۳	$\{a, b, c\}$	$\{a, e\}$	$\{a, b, d\}$	$\{c, e\}$
٤	$\{a, b, d\}$	$\{c, e\}$	$\{a, e\}$	$\{a, b, c, d\}$

۴-۲- انرژی مصرف شده

انرژی مصرف شده میزان توانی است که هر مرکز ابری برای برآورده کردن نیازهای کاربران صرف می‌کند. با توجه به موجود نبودن میزان انرژی مصرف شده توسط مراکز ابری در داده‌های آزمایشگاهی موجود در مقالات قبلی، پارامتر انرژی مصرف شده فقط برای گروه دوم از داده های آزمایشگاهی (مثال مطرح شده در بخش ۳) مورد ارزیابی قرار گرفته است. انرژی مصرف شده از روی ترکیب ابری مناسب مورد ارزیابی و محاسبه قرار می‌گیرد. کارآیی روش پیشنهادی در مقایسه با الگوریتم‌های مورچگان و ابر پایه بررسی شده است. به طور پیش فرض، میزان انرژی مصرف شده توسط هر کدام از فایل‌های خدمت و مراکز ابری در جدول ۴ نشان داده شده است. مشاهده می‌شود که انرژی مصرف شده توسط الگوریتم ابر پایه بیشتر از الگوریتم‌های دیگر است. نتایج مربوط در شکل ۴ نشان داده شده است.

جدول ۴: انرژی مصرف شده توسط فایل‌های خدمت و مراکز ابری بر حسب ژول

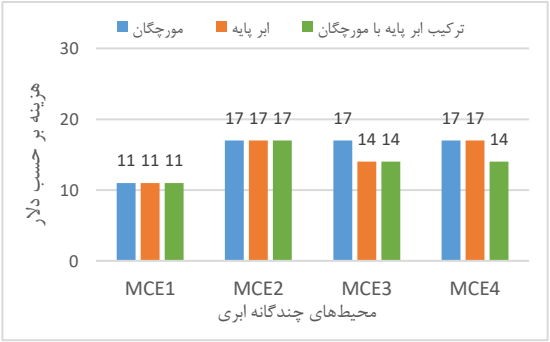
خدمات موجود	a	b	c	d	e	f
انرژی مصرف شده	۶	۷	۸	۶	۴	۵
ابرهای موجود	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6
انرژی مصرف شده	۱۳	۱۲	۱۱	۵	۹	۱۵



شکل ۴: مقایسه الگوریتم‌ها در میزان انرژی مصرف شده

۴-۳- هزینه

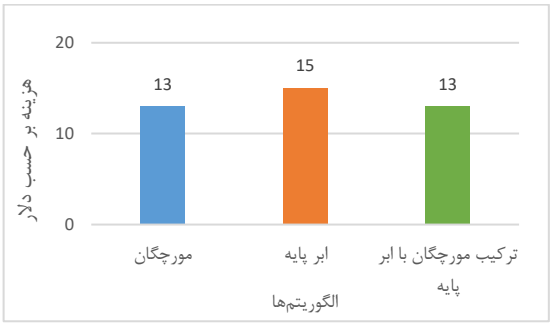
پارامتر دیگری که برای مقایسه الگوریتم‌ها با هم در نظر گرفته شده است هزینه است. هزینه برای گروه‌های مختلف داده‌ای مقایسه شده است و کارآیی روش پیشنهادی در مقایسه با الگوریتم‌های دیگر در شکل ۵، ۶ و جدول ۵ نشان داده شده است. در شکل ۵ که مربوط به گروه اول از داده‌های آزمایشگاهی است نشان داده شده است که هزینه روش پیشنهادی در ۱ محیط چند ابری بهتر از بقیه است. در شکل ۶ هم که مربوط به مثال مربوطه از بخش سوم است (گروه دوم از داده‌های آزمایشگاهی)، مشخص است که روش پیشنهادی هزینه کمتری نسبت به الگوریتم ابر پایه دارد و برابر با الگوریتم مورچگان است.



شکل ۵: مقایسه هزینه الگوریتم‌ها در محیط‌های چندگانه ابری

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۶: مقایسه هزینه الگوریتم‌ها برای مثال بخش سوم

در جدول ۵ هزینه به ازای مراکز ابری زیاد هم ارزیابی شده است و مشخص است که کارآیی روش پیشنهادی بهتر است. با توجه به این که وب خدمت‌های موجود در هر فایل خدمت به طور تصادفی برای تعداد مراکز ابری زیاد تولید می‌شود و برای محاسبه هزینه هم به تعداد وب خدمت‌ها در ترکیب ابری مناسب نیاز داریم، به همین دلیل فرض شده است که در هر مرکز ابری ۵ وب خدمت موجود است، علاوه بر این روش پیشنهادی برای انتخاب‌های خود از مراکز ابری استفاده می‌کند که وب خدمت‌های کمتری نسبت به الگوریتم مورچگان داشته باشد و معمولا هزینه کمتری هم نسبت به الگوریتم مورچگان دارد.

جدول ۵: مقایسه هزینه الگوریتم‌ها برای مراکز ابری زیاد

الگوریتم‌ها / تعداد مراکز ابری	مورچگان	ابر پایه	ترکیب مورچگان با ابر پایه
۴	۱۷	۱۷	۱۴
۶	۱۳	۱۵	۱۳
۱۰۰	۱۸۰	۱۷۵	۱۷۰
۱۰۰۰	۱۲۵۵	۱۲۵۰	۱۲۴۵
۵۰۰۰	۵۰۰۵	۵۰۰۰	۴۹۹۰

۵- نتیجه گیری و پیشنهاد کارهای آتی

بیشتر روش‌هایی که قبلا برای ترکیب خدمات در رایانش ابری معرفی شده بودند دارای مشکلاتی از قبیل عدم ارائه راهکار کارآمد برای انتخاب ترکیب ابری مناسب، و بررسی نکردن هزینه و انرژی مصرفی بودند. برای برطرف کردن این مشکل از الگوریتم ترکیبی مورچگان با ابر پایه استفاده شد که تمام این چالش‌ها را برطرف کرد. نتایج بدست آمده بر روی داده‌های آزمایشگاهی مختلف نشان داد که روش پیشنهادی می‌تواند ترکیب ابری مناسب را انتخاب کند و هم چنین در انرژی مصرفی تقریباً برابر با الگوریتم مورچگان عمل کرد و نسبت به الگوریتم ابر پایه بهتر عمل کرد. هزینه صرف شده تقریبا در اغلب موارد نسبت به الگوریتم‌های دیگر بهبود پیدا کرد. به عنوان نتیجه گیری نهایی می‌توان بیان کرد تعداد مراکز ابری، تعداد فایل‌های خدمت موجود در مراکز ابری، تعداد وب سرویس‌های موجود در مراکز ابری، تعداد مراکز ابری مجاور و تعداد فایل‌های خدمت هدف در ارزیابی روش پیشنهادی و روش‌های قبلی مؤثر هستند. با این وجود روش پیشنهادی در این مقاله در تمام معیارهای مقایسه نسبت به روش‌های قبلی بهبود داشت. به عنوان چالش آینده پیشنهاد می‌شود انتخاب گره شروع به صورت تصادفی انجام نشود و یال‌های مرتبط بین گره‌ها هم به صورت تصادفی توزیع نشوند تا کارآیی روش پیشنهادی در آینده را بتوان به شکل بهتری ارزیابی کرد. علاوه بر این پارامترهای کیفیت خدمت هم می‌تواند برای انتخاب مرکز ابری بعدی در نظر گرفته شود.

مراجع

[۱] N. J. Navimipour and F. S. Milani, "A comprehensive study of the resource discovery techniques in Peer-to-Peer networks," *Peer-to-Peer Networking and Applications*, vol. 8, pp. 474-492, 2015.

[۲] Y. Charband and N. J. Navimipour, "Online knowledge sharing mechanisms: a systematic review of the state of the art literature and recommendations for future research," *Information Systems Frontiers*, pp. 1-21, 2016.

[۳] S. Asghari and N. J. Navimipour, "Service Composition Mechanisms in the Multi-Cloud Environments: A Survey," *International Journal of New Computer Architectures and their Applications (IJNCAA)*, pp. 40-48, 2016.

[۴] S. Asghari and N. J. Navimipour, "Review and comparison of meta-heuristic algorithms for service composition in cloud computing," *Majlesi Journal of Multimedia Processing*, vol. 4, 2016.

[۵] E. Ghanbari and A. Shakery, "A new algorithm based on ensemble learning for learning to rank in information retrieval," *Iranian Communication and Information Technology*, vol. 7, pp. 67-86, 2016.

[۶] A. Souri and N. J. Navimipour, "Behavioral modeling and formal verification of a resource discovery approach in Grid computing," *Expert Systems with Applications*, vol. 41, pp. 3831-3849, 2014.

[۷] P. Mell and T. Grance, "The NIST definition of cloud computing," *National Institute of Standards and Technology*, 2011.

[۸] E. Traudt and A. Konary, "Software as a service taxonomy and research guide," *Tech-nical report*, vol. 601, 2005.

[۹] S. Zhang, H. Yan, and X. Chen, "Research on key technologies of cloud computing," *Physics Procedia*, vol. 33, pp. 1791-1797, 2012.

[۱۰] D. Zissis and D. Lekkas, "Securing e-Government and e-Voting with an open cloud computing architecture," *Government Information Quarterly*, vol. 28, pp. 239-251, 2011.

[۱۱] S. Marston, Z. Li ,S. Bandyopadhyay, J. Zhang, and A. Ghalsasi, "Cloud computing—The business perspective," *Decision Support Systems*, vol. 51, pp. 176-189, 2011.

[۱۲] C. Seo, Y. Han, H. Lee, and C. Lee, "Implementation of cloud computing environment for discrete event system simulation using service oriented architecture," in *2010 IEEE/IFIP International Conference on Embedded and Ubiquitous Computing*, 2010, pp. 359-362.

[۱۳] T. Ercan, "Effective use of cloud computing in educational institutions," *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, vol. 2, pp. 938-942, 2010.

[۱۴] A. Ghazizadeh, "Cloud Computing Benefits and Architecture in E-Learning," in *2012 IEEE Seventh International Conference on Wireless, Mobile and Ubiquitous Technology in Education*, 2012, pp. 199-201.

www.SID.ir

Archive of SID

[۱۵] F .Zhou, F. Cheng, L. Wei, and Z. Fang, "Cloud Service Platform-Hospital Information Exchange (HIX)," in *e-Business Engineering (ICEBE), 2011 IEEE 8th International Conference on*, 2011, pp. 380-385.

[۱۶] S. Mason and E. George, "Digital evidence and 'cloud ' computing," *Computer Law & Security Review*, vol. 27, pp. 524-528, 2011/09/01/ 2011.

[۱۷] W. Wang, G. Zeng, D. Tang, and J. Yao, "Cloud-DLS: Dynamic trusted scheduling for Cloud computing," *Expert Systems with Applications*, vol. 39, pp. 2321-2329, 2012.

[۱۸] R. Tang, Y. Yue, X. Ding, and Y. Qiu, "Credibility-based cloud media resource allocation algorithm," *Journal of Network and Computer Applications*, vol. 46, pp. 315-321, 2014.

[۱۹] S. Son, G. Jung, and S. C. Jun, "An SLA-based cloud computing that facilitates resource allocation in the distributed data centers of a cloud provider," *The Journal of Supercomputing*, vol. 64, pp. 606-637, 2013.

[۲۰] Q. Yu, L. Chen, and B. Li, "Ant colony optimization applied to web service compositions in cloud computing ", *Computers & Electrical Engineering*, vol. 41, pp. 18-27, 2015.

[۲۱] G. A. E.-N. A. Said, A. M. Mahmoud, and E.-S. M. El-Horbaty, "A comparative study of meta-heuristic algorithms for solving quadratic assignment problem," *arXiv preprint arXiv:1407.4863*, 20.۱۴

[۲۲] S. Asghari and N. J. Navimipour, "Nature inspired meta-heuristic algorithms for solving the service composition problem in the cloud environments," *International Journal of Communication Systems*, p. e3708, 2018.

[۲۳] H. Kurdi, A. Al-Anazi, C. Campbell, and A. Al Faries, "A combinatorial optimization algorithm for multiple cloud service composition," *Computers & Electrical Engineering*, vol. 42, pp. 107-113, 2015.

[۲۴] G. Zou, Y. Chen, Y. Yang, R. Huang, and Y. Xu, "AI planning and combinatorial optimization for web service composition in cloud computing," in *Proc international conference on cloud computing and virtualization*, 2010, pp. 1-8.

[۲۵] N. H. Rostami, E. Kheirkhah, and M. Jalali, "An Optimized Semantic Web Service Composition Method Based on Clustering and Ant Colony Algorithm," *arXiv preprint arXiv:1402.2271*, 2014.

[۲۶] D. Martin, M. Paolucci, S. McIlraith, M. Burstein, D. McDermott, D. McGuinness, *et al.*, "Bringing semantics to web services: The OWL-S approach," in *International Workshop on Semantic Web Services and Web Process Composition*, 2004, pp. 26-42.

[۲۷] S. Asghari and K. Azadi, "A reliable path between target users and clients in social networks using an inverted ant colony optimization algorithm," *Karbala International Journal of Modern Science*, 2017.

[۲۸] S. Asghari and J. Navimipour, "Cloud services composition using an inverted ant colony optimization algorithm," *Int. J. Bio-Inspired Comput.(2017, in press) Google Scholar*, 2017.

[۲۹] S. Asghari and N. J. Navimipour, "Resource discovery in the peer to peer networks using an inverted ant colony optimization algorithm," *Peer-to-Peer Networking and Applications*, pp. 1-14, 2018.

[1] Service
[2] Cloud computing
[3] Software as a Service
[4] Platform as a Service
[5] Infrastructure as a Service
[6] Service level agreement
[7] solo

www.SID.ir