

ارائه سرویس پیشرفته پکس برای کاربرد در شرایط بحرانی مراکز تروما با رویکرد رایانش ابری

اشکان کشاورزی

رضا آقایی زاده ظروفي

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه تهران، تهران، ایران

چکیده

فناوری پکس با وجود این که مزیت‌های فراوانی دارد، اما برای مراکز درمانی کوچک به دلیل هزینه زیاد مقرون به صرفه نیست و همچنین در مراکز درمانی بزرگ به دلیل متصل نبودن به بقیه مراکز درمانی مشکلات عدیده‌ای به وجود آمده است و بسیاری از مراکز درمانی به دلیل وجود این مشکل‌ها از پکس استفاده نمی‌کنند. با این اوصاف مراکز تروما نیز نخواهند توانست با مراکز درمانی دیگر ارتباط برقرار کنند و از مزیت‌های آن مانند تبادل اطلاعات، ارسال/دریافت تصاویر بهره ببرند. در یک دهه‌ی گذشته محققین راهکارهای مختلفی ارائه داده‌اند و با ترکیب پکس با فناوری‌های مختلف سعی در حل مشکلات ذکر شده کرده‌اند [۱]. از میان فناوری‌های مطرح موجود، رایانش ابری مزیت‌های بسیاری نسبت به بقیه دارد و استفاده از آن در کنار فناوری پکس باعث می‌شود تا به اطلاعات بیمارستانی در هر مکان و هر زمانی دسترسی داشته باشیم. ولی با بررسی پژوهش‌های انجام شده، مشخص می‌شود آنچه در پژوهش‌های قبلی بیشتر مورد توجه قرار گرفته است، استفاده از رایانش ابری در کنار پکس و بهره‌گیری از مزایای آن است اما بی‌توجهی به مسائلی از قبیل توسعه‌ی راهکار برای مراکز درمانی بدون پکس، مهاجرت از پکس قدیمی به پکس ابری، استفاده از یک بستر امن برای تبادل اطلاعات و ارائه سرویس‌های مناسب و متناسب با نیاز کاربران مراکز درمانی سبب شده است تا این پژوهش‌ها عملی نشوند و همچنان بسیاری از مشکلات، بدون راه‌حل باقی بمانند.

هدف اصلی این پژوهش، ارائه‌ی یک معماری برای اتصال مراکز درمانی به ابر خصوصی و استفاده‌ی مراکز تروما از اطلاعات آن‌ها می‌باشد، به صورتی که کاربران بتوانند با تاخیر کم و در یک بستر امن اطلاعات مربوط به مطالعات پزشکی را دریافت کنند، در آن‌ها جست‌وجو کرده و تصاویر مربوط به هر مطالعه را ببینند. در مقاله‌ی ارائه شده، با توسعه‌ی یک سیستم پکس سرویس‌گرا، به ارائه‌ی سرویس‌های مورد نیاز گروه‌های مختلف کاربران پرداخته شده است و مشکلات ذکر شده که سبب ناکارآمدی معماری‌های پیشین شده‌اند، نیز بررسی و حل شده‌اند.

کلمات کلیدی: پکس، رایانش ابری، فرآیندهای مراکز تروما، معماری پکس ابری، معماری سرویس‌گرا، به اشتراک‌گذاری اطلاعات پزشکی بیمار.

۱- مقدمه

تصاویر از آن استفاده می‌کنند و پکس اطلاعات تکمیلی را از سیستم اطلاعاتی بیمارستان^۲ و سیستم اطلاعاتی رادیولوژی^۳ دریافت می‌کند. در سیستم‌های دیجیتال بیمارستان‌ها دستگاه‌های رادیولوژی می‌توانند به صورت مستقیم با خدمتگزار پکس ارتباط برقرار کنند و تصاویر پزشکی دریافت شده با فرمت دایکام^۴ را در فضای خدمتگزار ذخیره کنند [۲].

فناوری پکس اگرچه امروزه دیگر یک فناوری نوین به حساب نمی‌آید و بسیاری از مراکز درمانی بزرگ در دنیا از این فناوری برای تبادل اطلاعات استفاده می‌کنند، ولی هنوز در مراکز درمانی کوچک به دلیل هزینه‌ی زیاد فراگیر نشده

امروزه سیستم‌های تصویر پزشکی از با ارزش‌ترین ابزارهای پزشکی به شمار می‌آیند و استفاده از آن‌ها، چالش‌هایی را در ذخیره‌سازی، نمایه‌سازی و اشتراک داده‌ها به وجود آورده است. در حال حاضر، تصاویر پزشکی در یک بایگانی به نام پکس^۱ ذخیره می‌شوند و به همراه آن نیز یک سری اطلاعات مطالعاتی مربوط به بیمار در پایگاه داده ذخیره می‌شود. سیستم پکس یک درگاه اتصالی برای تمام سیستم‌های رادیولوژی به حساب می‌آید که دستگاه‌های اخذ تصویر برای ذخیره‌ی

- بهینه‌سازی سرعت پاسخ به درخواست‌های ارسال و دریافت تصاویر پزشکی با بهره‌گیری از فناوری‌های مجازی‌سازی و توزیع بار.
- ارائه راهکار برای تبادل تصاویر و اطلاعات پزشکی بیماران روی شبکه اینترنت^۹ به منظور ارائه سرویس به عوامل خارج از مراکز تروما.

۲- کارهای مرتبط

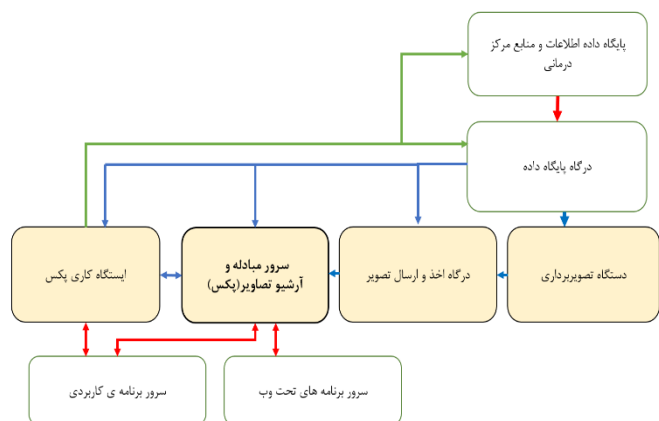
در این بخش ابتدا مفاهیم پایه مربوط به ارتباطات خدمت‌گزارهای پکس و عملکرد درونی سیستم‌های پکس توضیح داده می‌شود، سپس به بررسی تعدادی از پژوهش‌های پرکاربرد که در رابطه با ارتباطات سیستم‌های تبادل اطلاعات و تصاویر پزشکی انجام شده است و مطالعه‌ی وضعیت موجود مراکز درمانی در کشور پرداخته خواهد شد.

۲-۱- پیش‌زمینه

پس از به وجود آمدن سیستم‌های تصویر برداری این تصاویر تا مدت‌ها روی فیلم و کلیشه چاپ می‌شد تا زمانی که دنیای تصاویر پزشکی با روی کار آمدن فناوری دستخوش تغییر شد و دستگاه‌های تصویربرداری نیز از دنیای آنالوگ خارج و تبدیل به دیجیتال شدند. این گذار از دنیای آنالوگ نیاز به استانداردها و سیستم‌های دیجیتالی مختلفی برای نگهداری اطلاعات داشت. به همین علت در ادامه به معرفی تعدادی از آن‌ها پرداخته می‌شود.

۲-۱-۱- استاندارد دایکام

استاندارد دایکام [۳] این امکان را فراهم می‌کند تا نتایج معاینات پزشکی و تصاویر پزشکی بر روی دستگاه‌های رسانه‌ای قابل ذخیره‌سازی و بازیابی شود. فایل‌های دایکام حاوی اطلاعات درباره‌ی بیمار و نتایج معاینه هستند اما به دلیل این‌که این فایل‌ها شبیه به فرمت اکس‌ام‌ال^{۱۰} هستند، برای جست‌وجو در میان این فایل‌ها زمان زیادی باید صرف شود؛ به همین دلیل کمیته استاندارد دایکام اقدام به ساخت یک فایل نمایه به نام شاخه‌ی دایکام^{۱۱} کرده است که در این فایل ویژگی‌های مهم فایل دایکام که برای جست‌وجو و بازیابی ضروری هستند به صورت درختی ذخیره می‌شوند تا سریع‌تر بتوان به عناصر^{۱۲} دایکام دسترسی پیدا کرد.



شکل ۱- سیستم پکس و فرایندهای جریان اطلاعاتی بین دستگاه‌های مختلف تصویربرداری

است و علاوه بر آن در بیشتر مراکز درمانی اطلاعات به صورت محلی ذخیره می‌شود و تبادل اطلاعات فراداده یا تصاویر روی شبکه توزیع نشده است. در یک دهه‌ی گذشته محققان راهکارهای بسیاری را ارائه دادند و سعی کرده‌اند مسئله‌های ذکر شده را از طریق ترکیب سیستم‌های پکس با فناوری‌های مختلف حل کنند. در این میان، فناوری رایانش ابری^۵ به دلیل مزایایی که دارد در کنار پکس بسیار کارآمدتر خواهد بود. این فناوری مشکل‌هایی مانند در دسترس نبودن فایل‌ها، قدرت پردازشی پایین برای دیدارسازی^۶ عکس‌های پزشکی و همچنین مشکل حافظه را رفع کرده است، همچنین هزینه‌های نگهداری، توسعه و زیرساخت این فناوری را نیز در بلند مدت بسیار کاهش می‌دهد.

با توجه به این موضوع که کشور ما در معرض آسیب‌های جدی طبیعی قرار دارد، لازم است که بسیاری از سرویس‌های بحرانی به صورت یکپارچه ارائه گردد. با این توصیف مشخص است که نقش مبادله و آرشیو تصاویر در امر تشخیص و معالجه در مراکز درمانی دارای اهمیت به‌سزایی است. اما در بیشتر پژوهش‌هایی که در دنیا انجام شده است، با فرض وجود زیرساخت بسیار قوی تمامی مراکز از طریق ابرهای عمومی به هم متصل شده‌اند که این موضوع مسائل امنیتی و زیرساختی بسیاری را مطرح می‌کند که در هیچ یک از این پژوهش‌ها به دلیل خاص منظوره بودن پروتکل دایکام راه‌حل مشخصی ارائه نشده است.

در حال حاضر، تصاویر پزشکی در یک بایگانی به نام پکس ذخیره می‌شوند و به همراه آن نیز یک سری اطلاعات مطالعاتی مربوط به بیمار در پایگاه داده نمایه می‌شود. یکی از نیازهای مراکز تروما که به خدمت‌رسانی اورژانسی به مصدومان حوادث می‌پردازد، دسترسی به سوابق پزشکی بیمار و سرویس‌هایی مانند مشاهده‌ی تصویر پزشکی از راه دور و استفاده از نظرات پزشک‌های خارج از مرکز تروما می‌باشد. اما در حال حاضر مراکز تروما فقط به تصاویر و مطالعات پزشکی که در همان بیمارستان ایجاد شده است دسترسی دارند و هیچ‌گونه ارتباطی با شبکه‌ی دیگر مراکز درمانی یا رادیولوژی آن‌ها ندارند. این موضوع سبب می‌شود که اگر یک بیمار اطلاعاتش در یک مرکز درمانی دیگر وجود داشته باشد، در انتقال به مراکز تروما^۷ بایستی یا کلیشه چاپ شده‌ی عکس را با خود ببرد یا تصویر پزشکی دوباره توسط دستگاه‌های رادیولوژی همان مرکز تهیه شود که با توجه به حساس بودن وضعیت بیمار اگر دسترسی به عکس‌های بیمار در دیگر مراکز درمانی وجود داشته باشد پزشک و کادر درمانی می‌توانند در زمان طلایی^۸ ریسک‌های ممکن را بررسی کرده و اقدام مناسبی انجام دهند. می‌توان گفت به طور کلی، استفاده از پکس ابری در مراکز تروما سبب می‌شود اطلاعات بیماران تروما در اختیار افرادی که به سوابق بیمار نیاز دارند قرار گیرد و احتمال بسیاری از خطراتی را که ممکن است بیمار را در فرآیندهای رسیدگی به وی تهدید کند، کم می‌کند.

در این مقاله ابتدا اجزای شبکه‌ی بیمارستانی و وضعیت موجود برای رسیدگی به یک بیمار تروما توضیح داده خواهد شد، سپس معماری مورد نظر با توجه به رعایت اصول ارتباطی بین بخش‌های مختلف درون مراکز درمانی توضیح داده می‌شود و در نهایت از لحاظ سرعت عملکرد، کیفیت سرویس ارائه شده از نظر سرویس‌های ارزش افزوده‌ای که در بخش تروما ارائه شده است و همچنین از لحاظ بهینه‌سازی فرآیند رسیدگی به بیماران تروما با روش‌های قبلی مقایسه خواهد شد. در واقع هدف از این مقاله عبارت است از:

- ارائه یک معماری سرویس‌گرا برای پکس و استفاده از مکانیزم چند عامله برای تبادل اطلاعات در معماری پیشنهادی.
- ارائه سرویس تبادل و آرشیو تصاویر پزشکی تروما روی ابرهای خصوصی با سرعت و کیفیت مناسب.
- ارسال فراداده تصاویر پزشکی در مراکز درمانی دیگر با استفاده از درگاه اتصال مراکز درمانی به ابر و ذخیره‌سازی فراداده تصاویر پزشکی روی ابر.
- تحلیل نیازمندی مراکز تروما و بهینه‌سازی فرآیندهای موجود در مراکز تروما با ارائه سرویس‌های خاص منظوره مراکز تروما.

۲-۱-۲- پکس

سیستم پکس یک درگاه اتصالی برای تمامی سیستم‌های رادیولوژی فراهم می‌کند که دستگاه‌های اخذ تصویر، تصاویر دیجیتال پزشکی را به این سیستم ارسال می‌کنند سپس پکس اطلاعات تکمیلی، مانند اطلاعات شخصی بیمار، را از سیستم اطلاعاتی بیمارستان دریافت می‌کند.

همان‌طور که در شکل ۱ نمایش داده شده است، در تبادل اطلاعات ذکر شده یک فایل دایکام ساخته می‌شود که تصویر و فراداده‌ی مربوط به آن تصویر را ذخیره‌سازی کرده و برای عملیات‌هایی که در برنامه‌های آن تعبیه شده است در پایگاه داده نمایه^{۱۳} می‌شود.

۲-۱-۳- سرویس‌های دایکام

برای برقراری ارتباط با استاندارد دایکام سرویس‌های زیادی وجود دارد که می‌توان با معماری مشتری^{۱۴} و خدمتگذار^{۱۵} از آن‌ها استفاده کرد. یک دستگاه که از این استاندارد استفاده می‌کند، با توجه به نوع کاری که انجام می‌دهد به عنوان مشتری یا خدمتگذار ایفای نقش می‌کند. در جدول ۱ تعدادی از سرویس‌های دایکام و عملی که انجام می‌دهند توضیح داده شده‌اند.

جدول ۱- گزیده‌ای از سرویس‌های دایکام و عملکرد آنها

| دستور | سرویس | عملکرد |
|---------------|--------------|------------------------------|
| c-echo | بررسی اعتبار | بررسی وضعیت دستگاه‌ها |
| c-store | ذخیره‌سازی | ارسال تصویر برای بایگانی |
| c-move, c-get | بازیابی | دریافت تصاویر |
| c-find | پرس‌وجو | جست‌وجو بر روی بانک اطلاعاتی |

برای برقراری ارتباط بین دو دستگاه مبتنی بر دایکام نیاز است تا ابتدا مقدمات ارتباط دایکام^{۱۶} انجام شود، که در آن بر سر پارامترهایی مانند نوع انتقال اطلاعات و مدت زمان برقراری ارتباط توافق می‌شود. پس از توافق بین دو دستگاه سرویس گیرنده^{۱۷} و ارائه دهنده^{۱۸} سرویس، دستورات بین آن‌ها تبادل می‌شود. در جدول ۱ تعدادی از این دستورات و کارهایی که انجام می‌دهند، نشان داده شده است [۴].

۲-۲- پیشینه تحقیق

تاکنون برای برقراری ارتباط بین مراکز درمانی و کم کردن هزینه‌ی نگهداری مطالعات بیمارستانی، راهکارهایی متناسب با تکنولوژی‌های جدید در هر زمان ارائه شده است. البته ترکیب تکنولوژی‌ها، باید بهبود در روند انجام فرآیندهای مراکز درمانی را در پی داشته باشد همچنین هزینه‌ی سربار زیادی نداشته باشد [۵]. در ادامه ابتدا روش‌های مبتنی بر اشتراک فایل و سپس روش‌هایی که از تکنولوژی‌های پیچیده‌تر مانند هادوپ برای اتصال پکس‌های روی ابر استفاده می‌کنند، بررسی می‌شوند و تاثیر آن‌ها در فرآیندهای تروما مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

در مقاله‌ی [۶] یک راهکار مبتنی بر پردازش توری^{۱۹} ارائه شده است که در آن نویسنده از توزیع فایل‌ها و بخش بندی فایل‌های روی پکس استفاده کرده است و با پخش فایل‌های روی چند خدمتگذار در نقاط مختلف جغرافیایی زمان پاسخ را کمتر کرده و از زیاد شدن بار خدمتگذارها نیز جلوگیری کرده است.

با روی کار آمدن رایانش ابری و بررسی مزایای آن، استفاده از رایانش ابری برای رفع مشکل‌های ذکر شده راهکار مناسب و مقرون به صرفه‌ای به نظر می‌رسد [۷]. در ایده‌های ابتدایی برای اتصال پکس‌ها به ابرهای عمومی از یک درگاه برای دریافت درخواست‌های وب^{۲۰} و تبدیل آن به دستورات دایکام استفاده کرده و سپس به درخواست پاسخ می‌دادند. همچنین برای فراهم کردن امکان جست‌وجو برای کاربران، یک پایگاه داده^{۲۱} ایجاد می‌شود که از تمامی اطلاعات موجود در خدمتگذارهای بیمارستانی اطلاع دارد و لذا می‌توان از آن برای جست‌وجو و بازیابی فایل‌های پزشکی استفاده کرد [۴] و [۵]. البته چون راهکارهای ارائه شده غالباً از ابرهای عمومی مانند خدمتگذارهای آمازون یا ماکروسافت آژور^{۲۲} استفاده می‌کنند، امنیت داده‌های روی ابر بسیار اهمیت دارد؛ با این وجود بعضی از مقاله‌ها تمهیدات امنیتی برای داده‌های نمایه‌گذار در نظر نگرفته‌اند [۴]. بعضی از آن‌ها از پروتکل‌هایی مانند لایه امن برای تبادل اطلاعات و اتصال مراکز درمانی به ابرهای عمومی استفاده می‌کنند تا محرمانگی داده‌های مربوط به بیماران حفظ شود و اطلاعات روی ابر مورد نفوذ قرار نگیرد [۸] و [۹].

در مقاله‌ی [۴] نویسنده یک راهکار برای به اشتراک گذاری منابع بیمارستانی به‌وسیله استاندارد دایکام ارائه داده است که در آن با استفاده از پروتکل وب خدمات جست‌وجو، بازیابی و ذخیره عکس‌های پزشکی را به کاربران خود ارائه می‌دهد. نوآوری این مقاله در تبدیل درخواست‌های مبتنی بر وب به درخواست‌های دایکام می‌باشد، زیرا دستگاه‌های پزشکی در شبکه براساس آدرس و پورت کار می‌کنند و ارتباط با آن‌ها از طریق پروتکل وب میسر نیست. در این مقاله برای رفع این مشکل، در هر مرکز درمانی از یک مسیر یاب ابری^{۲۳} استفاده شده است که وظیفه‌ی این مسیر یاب ارسال درخواست‌های رسیده شده از ابر به تجهیزات پزشکی درون شبکه‌ی مرکز درمانی می‌باشد.

در مقاله‌های [۱۰] و [۱۱] یک نمونه مرکز تروما قبل و بعد از امکان به اشتراک گذاری عکس‌های رادیولوژی بیماران بررسی شده است. در این مقاله تا سال ۲۰۰۵ بیمارانی که از مراکز درمانی دیگر به مرکز تروما فرستاده می‌شدند، عکس‌ها را روی لوح فشرده^{۲۴} به همراه خود به مرکز تروما می‌بردند؛ اما در بسیاری از مواقع این عکس‌ها قابل دیدن نبودند یا فقط کسی که به لوح فشرده دسترسی داشت می‌توانست عکس را ببیند، به همین دلیل باید مجدداً از مریض عکس برداری می‌شد. با استفاده از امکان به اشتراک گذاری عکس‌ها روی شبکه‌ی خصوصی مجازی^{۲۵} بعد از سال ۲۰۰۵ میلادی میزان عکس برداری برای بیمارانی که از دیگر مراکز درمانی ارسال می‌شدند، بسیار کمتر شد و در زمان کمتری به وضعیت آن‌ها رسیدگی می‌شود. البته راهکار به اشتراک گذاری فایل روی شبکه خصوصی مجازی سالیان سال کاربرد داشته است و هنوز هم یکی از راهکارهای ارزان به حساب می‌آید [۱].

در یک پژوهش دیگر، با استفاده از یک واسط نرم‌افزاری و یک دریافت کننده کارآمد با نام Aneka سرویس‌های مورد نیاز را از پروتکل دایکام به پروتکل وب تبدیل کرده و فایل‌های دایکام را به صورت معمول روی ابر ارسال کرده است. در واقع با تعیین فرآیند کاری مراکز درمانی سرویس‌های مورد نظر آن‌ها را از طریق یک ابزار واسط ارائه داده است [۱۲].

همچنین در مقاله [۱۳] همانند مقاله‌ی قبلی با شکست بخش‌های مختلف پکس به ۳ بخش فرآیند کاری، تجسم‌سازی^{۲۶} تصاویر پزشکی و ذخیره‌سازی تصاویر آن‌ها را برای ارسال روی ابر بهینه‌سازی کرده است و با توجه به این که هر مشتری از ابر چه چیزی می‌خواهد آن را به یکی از این درگاه‌ها متصل می‌کند. با توجه به این که هادوپ یک چارچوب مناسب برای کاربردهای مقیاس بالا^{۲۷} ارائه داده است، استفاده از هادوپ در بحث پکس‌های ابری یکی دیگر از زمینه‌های کار شده است و مقاله‌ی [۱۴] بیش از هر چیز مساله‌ی به اشتراک گذاری فایل‌های پزشکی میان بیمارستان‌های مختلف را مد نظر قرار داده است. در راهکار ارائه شده،

۳- روش پیشنهادی

با توجه به نیازسنجی و تحقیق میدانی انجام شده در مراکز تروما و همچنین ضعف‌های دیده شده در سامانه‌های پکس موجود که در قسمت‌های قبل به آن‌ها اشاره شد، طرح پیاده‌سازی پیشنهادی در این مقاله شامل ویژگی‌های موجود در جدول ۲ به نسبت معماری‌های قبلی ارائه شده می‌باشد.

جدول ۲- ویژگی‌های معماری ارائه شده در مقایسه با راهکارهای پیشین

| هدف | روش‌های کنونی | روش پیشنهادی |
|---|---|---|
| ۱- نمایه‌سازی اطلاعات فراداده تصاویر غیرتروما روی ابر ۲- ذخیره‌سازی تصاویر تروما روی ابر | ارسال همه تصاویر به ابر | ارسال تصاویر یا فراداده براساس نوع بیمار |
| ۱- نمایه‌سازی اطلاعات مورد نیاز روی ابرهای خصوصی برای استفاده‌های بعدی ۲- بالا بردن سرعت تبادل اطلاعات ابر با مشتری | آدرس گره حاوی تصویر پزشکی به مشتری داده می‌شود | بازرسی تصاویر از ابرهای خصوصی به صورت چندعامله |
| ۱- بهبود کیفیت رسیدگی به بیمار توسط کادر درمانی ۲- پاسخ سریع به درخواست‌ها با کم کردن حجم اطلاعات مورد نیاز ۳- قابل استفاده بودن در تمامی دستگاه‌ها | فقط تصاویر از طریق نسخه تحت وب نمایش داده می‌شوند | سرویس ارائه سابقه بیمار روی پروتکل وب (فراداده بیمار) |
| ۱- نمایش تصاویر روی تمامی دستگاه‌ها ۲- استفاده از مکانیزم‌های توزیع بار جهت پاسخ گویایی بهتر | دسترسی از طریق نسخه تحت وب پکس | دسترسی به تصاویر پزشکی از طریق استاندارد رست |
| ۱- بهره‌مند شدن مراکز تروما از نظر پزشک‌های خارج از مرکز تروما ۲- ارائه خدمات با کیفیت‌تر توسط مراکز تروما | وجود ندارد | ارسال گزارش و ثبت روی فایل دایکام از طریق استاندارد رست |

در این بخش ابتدا یک مدل ابتدایی پیشنهاد می‌شود که در این مدل مراکز درمانی به یکدیگر متصل می‌شوند و به تبادل تصاویر می‌پردازند، سپس براساس نیازسنجی انجام شده در مراکز تروما سرویس‌های مورد نیاز در این مراکز اضافه می‌شود و در نهایت برای پاسخ‌دهی بهتر سرویس‌های ارائه شده در معماری پیشنهادی بخش اول راهکارهای مناسبی ارائه می‌شود. به بیان دیگر هدف هر یک از بخش‌های روش پیشنهادی به ترتیب موارد زیر است:

- اتصال پکس‌ها و سرویس‌های مبتنی بر دایکام به ابر و اشتراک‌گذاری اطلاعات با پکس‌های موجود در مراکز تروما.
- بهینه‌سازی فرآیندهای اطلاعاتی و ارتباطی بین بخش‌های مختلف معماری و مهندسی مجدد فرآیندهای^{۳۱} موجود در مراکز تروما به جهت بهبود سرعت.
- بهینه‌سازی معماری ارتباطی درون ابرها برای توزیع درخواست‌ها روی گره‌های مختلف پردازشی و در دسترس بودن با ضریب اطمینان بالا.

۳-۱- معماری اولیه و اشتراک‌گذاری اطلاعات با مراکز تروما

چندین مدل ارتباطی مبتنی بر رایانش ابری در بخش ۲-۲ معرفی شدند که تعدادی از آن‌ها از یک ابر عمومی استفاده کرده بودند و بعضی از آن‌ها نیز یک ابر خصوصی را به عنوان زیرساخت در نظر گرفته بودند و با استفاده از هادوپ یا فناوری‌های این چنینی به تبادل اطلاعات بین مراکز درمانی پرداخته بودند. اما اصل کار این پژوهش ارائه سرویس‌هایی است که در مراکز تروما قابل استفاده است. به همین علت معماری اولیه‌ی ارائه شده به در دسترس بودن اطلاعات بیماران به

با بهره‌گیری از ایده‌ی هادوپ [۱۵] و الگوریتم‌های توزیع فایل یک معماری مبتنی بر ابرهای خصوصی ارائه شده است. در این معماری در هر بیمارستان یک خدمتگزار نام^{۳۸} ارائه کرده است تا بتواند فایل‌ها را با سرعت بیشتری به اشتراک بگذارد، قطعی شبکه را کم‌تر کند و در نهایت مجموعه‌ی کل معماری ارائه شده را به وسیله‌ی میان افزارهای توسعه داده شده، مدیریت می‌کند تا تمامی فایل‌ها در تمامی مراکز درمانی قابل دسترسی باشد.

از دیگر کارهای مشابه که در زمینه پکس ابری با استفاده از تکنولوژی هادوپ انجام شده است. دو معماری ارائه شده در پایان‌نامه [۱۶] و مقاله [۱۷] می‌باشد. در هر دو معماری از استاندارد دایکام استفاده شده و با استفاده از هادوپ یک پایگاه داده برای فراداده‌ها و یک پایگاه داده برای عکس‌ها تشکیل شده است. به این ترتیب عملیات جست‌وجو در زمان کم‌تری پردازش می‌شود و برای جست‌وجو در میان عکس‌ها و اطلاعات پزشکی نیازی نیست خود عکس‌ها دریافت شوند.

پایان‌نامه [۱۶] هم چنین با راه‌اندازی یک پایگاه داده از عکس‌های ۶ ماه گذشته، اتصال به پکس‌های درون بیمارستان‌ها را حذف کرده است و فقط اگر نیازی به عکس‌های قبل از آن باشد به پکس‌های درون بیمارستان‌ها متصل می‌شود و به جای آن در مقاله [۱۷] هر مطالعه‌ی پزشکی به چند قسمت^{۳۹} تقسیم شده و کپی قسمت‌های مختلف آن روی چند خدمتگزار نگهداری می‌شود، سپس با استفاده از نقشه‌ی کاهش^{۴۰} در هنگام درخواست کاربر قسمت‌های مختلف هر مطالعه را پیدا کرده و آن‌ها را به کاربر بر می‌گرداند.

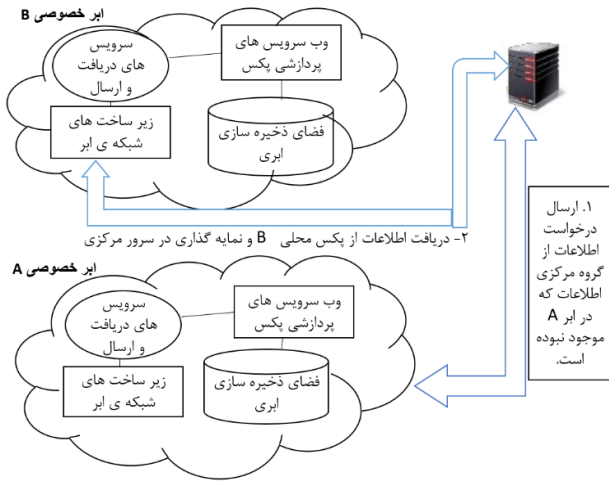
یک ایده‌ی نوین در رابطه با مدیریت پکس‌های ابری مدیریت پکس‌ها و مانیترینگ آن‌ها توسط ابزارهایی است که در مقاله [۱۸] ارائه شده است و به وسیله‌ی آن‌ها می‌توان دستورات دایکام را به خدمتگزارهای پکس ارسال کرد.

یکی دیگر از کارهایی که در زمینه‌ی پکس ابری انجام شده است، در زمینه‌ی حذف تگ‌های اضافه شده توسط پکس‌ها و استفاده از معماری اولیه پکس‌های ابری برای ارتباط میان بیمارستان‌ها می‌باشد [۱۹] ولی با توجه به این‌که در فناوری پکس طبق استانداردهای ارائه شده، هیچ‌گونه تغییری در زمینه فایل‌های دایکام نباید اعمال شود، به این منظور تگ‌هایی که به فایل‌های دایکام توسط دستگاه‌های تصویربرداری اضافه شده‌اند، نباید حذف شوند.

۳-۲- وضعیت موجود مراکز تروما در کشور

در مطالعات میدانی انجام شده در مراکز درمانی تروما مربوط به کلان شهرهای کشور نظیر تهران و شیراز مشاهده می‌شود که در میان بیماران حادثه دیده یا بیماران تروما که به این مراکز مراجعه می‌کنند؛ درصد بسیار زیادی از شهرستان‌های اطراف یا از مراکز درمانی کوچک واقع در شهر به آن مرکز درمانی ارجاع داده می‌شوند. این موضوع نشان می‌دهد علاوه بر مسائل اورژانس و حمل بیمار که در کشور وجود دارد، بیماری که دچار حادثه شده است الزاماً در اولین مرکز درمانی که به آن مراجعه می‌کند درمان نمی‌شود. تا جایی که در بسیاری از موارد در اولین مرکز درمانی که به آن مراجعه شده است به جهت تشخیص مشکل بیمار تصویربرداری از وی انجام شده است ولی یا این تصویر به مرکز تروما ارسال نشده است یا در صورتی که ارسال شده است، در بسیاری از حالت‌ها تصویر پزشکی ارسالی قابل وارد کردن به سیستم پکس مرکز تروما نیست و مجدداً از مریض تصویربرداری می‌شود.

این موضوع نشان‌گر این است که هنگام رسیدگی به مریض نه تنها به سابقه وی توجه نمی‌شود، بلکه در بسیاری از موارد زمان بسیار زیادی از زمان طلایی رسیدگی به بیمار صرف جابه‌جایی، انتقال بیمار و تصویربرداری می‌شود [۲۰].



شکل ۳- فرآیند پیشنهادی درخواست اطلاعات از ابر A به گره مرکزی و دریافت آن

هر یک از مراکز درمانی در این روش به یکی از ابرهای خصوصی بسته به موقعیت جغرافیایی خود متصل هستند و اطلاعی از دیگر ابرها ندارند اما در صورتی که نیاز داشته باشند همان گونه که در شکل ۳ نشان داده شده است اطلاعات مربوط به دیگر ابرها را نیز دریافت خواهند کرد. در هر یک از ابرهای خصوصی معماری پیشنهادی بخش های زیر موجود می باشد:

- وب سرویس های پردازشی، که عبارتند از وب سرویس های مورد نیاز برای پاسخ گویی به درخواست های مربوط به تروما روی پروتکل وب شامل دریافت یا ارسال عکس دایکام از طریق پروتکل وب، دریافت و جستجو در گزارش های پزشکی بیمار و دریافت سابقه بیمار.
 - فضای ذخیره سازی ابری، تشکیل شده از فضای ذخیره سازی ابری گذشته همراه با مکانیزم های مدیریت داده است و بعد از گذشت ۶ ماه استفاده نشدن از یک داده آن را به آرشیو منتقل می کند.
 - زیرساخت های شبکه ای ابر، شامل تنظیمات شبکه ای ابر و اطلاعاتی مانند ماشین های مجازی.
- سرویس های دریافت و ارسال تصاویر با پروتکل دایکام که لازمی هر سرویس پکس می باشد و لازم است بتواند تصاویر دایکام را دریافت کند و به درخواست های ارسال و دریافت آن پاسخ دهد و با زبان متناسب با پروتکل دایکام بایستی با آن ارتباط برقرار شود، یعنی باید دستورات دایکام به آن ارسال شود.

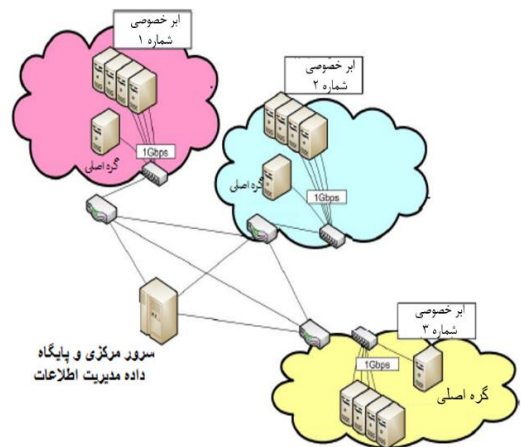
۳-۱-۲- معماری ارتباطی مراکز درمانی

نکته ای متفاوتی که در این معماری نسبت به بقیه معماری های پکس ابری وجود دارد، این است که در هر مرکز درمانی بدون در نظر گرفتن این که دارای پکس هست یا خیر یک درگاه^{۳۴} یا ترمینال نصب می شود و با گرفتن فایل های دایکام روی شبکه آن ها را پردازش می کند، اگر این فایل حاوی تگ مخصوص تروما بود اطلاعات تصویر پزشکی را به صورت کامل ارسال می کند در غیر این صورت فراداده^{۳۵} مربوط به آن فایل را خوانده و به سمت خدمت گزار می فرستد.

شکل ۴ قسمتی از ارتباط بین مراکز درمانی با ابر خصوصی می باشد. همان طور که مشخص است در یک ابر خصوصی تمامی مراکز درمانی به وسیله درگاهی که در این مراکز وجود دارد به این شبکه متصل هستند و به وسیله ای این درگاه اطلاعات بیماران را به گره مرکزی درون ابر ارسال می کنند.

صورتی که نیاز مراکز تروما رفع شود، تمرکز کرده است. در ادامه این بخش ابتدا یک شمای کلی از معماری اولیه ارائه شده در این مقاله ارائه می شود، سپس به جزئیات معماری درون ابر، چگونگی ارتباط مراکز درمانی با ابر خصوصی و فرآیندهای آن پرداخته می شود.

در معماری اولیه ارائه شده در این مقاله، تلاش شده است همانند دیگر راهکارهایی که پیش از این معرفی شدند، تصاویر پزشکی با استاندارد دایکام بین مراکز درمانی و ابرها تبادل شوند، تا در صورت نیاز مراکز تروما بتوانند تصاویر و اطلاعات مربوط به آن را از طریق پروتکل دایکام دریافت کنند. اما نکته ای که این معماری را نسبت به کارهای پیشین متمایز می کند، جداسازی اطلاعات روی ابر است. با بررسی های انجام شده در مراکز درمانی، مشخص شد غالباً مراکز درمانی به تصاویری نیاز دارند که در مراکز درمانی همان شهر یا شهرهای نزدیک به آن اخذ شده است. از این موضوع در معماری اولیه استفاده شد و اطلاعات به صورت منطقه ای ذخیره می شوند.



شکل ۲- شمای ارتباطی بین ابرها در معماری اولیه

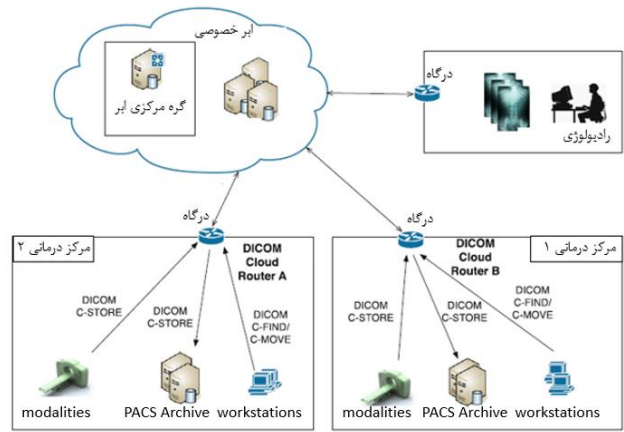
شکل ۲ نشان دهنده شمای کلی معماری اولیه این مقاله است. معماری اولیه ارائه شده در این بخش تشکیل شده از چندین ابر خصوصی است که هر یک از این ابرها می توانند حاوی اطلاعات مربوط به مراکز درمانی یک بخش، یک استان یا حتی چندین استان باشند. همچنین برای به اشتراک گذاشتن اطلاعات روی هر یک از این ابرها یک خدمت گزار یا یک گره مرکزی روی ابر عمومی نیز وجود دارد که اطلاعات روی هر یک از ابرها را نمایه گذاری^{۳۳} می کند.

۳-۱-۱- معماری درون ابر

در معماری ذکر شده چندین ابر خصوصی وجود دارد که همه این ابرها به یکدیگر متصل می باشند ولی از اطلاعات موجود در پکس های محلی یکدیگر اطلاعی ندارند، به همین دلیل از یک گره مرکزی استفاده شده است برای این که اطلاعات موجود در ابرهای خصوصی را نمایه کند و در صورتی که یکی از ابرها نیاز داشت تا اطلاعاتی را از دیگر ابرها دریافت کند به گره مرکزی درخواست می دهد و این گره با ارسال یک درخواست پرس و جو ابتدا اطلاعات مورد نیاز ابر درخواست دهنده را پیدا می کند سپس آن اطلاعات را در پایگاه داده^{۳۳} محلی خودش به همراه شناسه ابر ذخیره می کند. شکل ۳ ارتباطات بین ابرها و فرآیند درخواست های آن ها را نشان می دهد.

استفاده کرد، یا با انتقال مریض به مرکز تروما دوباره عکس برداری نشود. با تنظیم این تگ به خصوص، علاوه بر فراداده، تصویر نیز به سمت خدمتگذار ارسال شده و براساس سطح دسترسی، کاربر در زمان درخواست می تواند تصاویر گرفته شده از بیمار را با فرمت دایکام دریافت کند و حتی در پکس درون مرکز تروما نیز وارد کند. در ادامه فرآیندهای دریافت و ارسال اطلاعات به صورت فلوچارت نشان داده شده است.

همان طور که در شکل ۵ مشخص است، با توجه به این که عکس ارسالی مربوط به تروما می باشد یا خیر اصل عکس یا فراداده ی آن روی ابر ذخیره می شود سپس در زمان دریافت، این اطلاعات به سیستم درخواست دهنده داده خواهد شد تا درمان بیمار تروما براساس سوابق پزشکی او در کوتاه ترین زمان انجام شود. شکل ۶ نیز خلاصه ای از فرآیند دریافت عکس از ابر خصوصی را نشان می دهد.

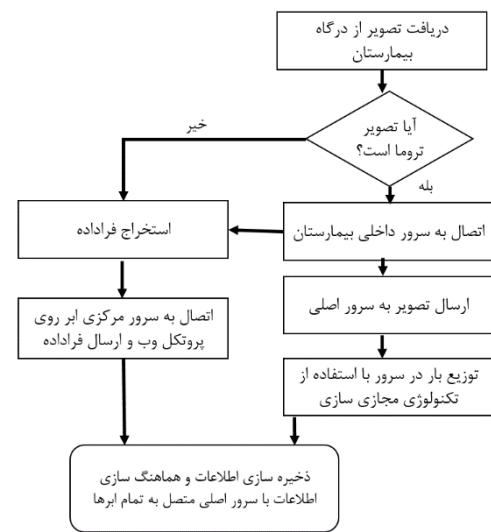


شکل ۴- نحوه ارتباط بین ابر و مراکز درمانی در معماری پیشنهادی

۳-۲- بهینه سازی فرایندهای تروما

با استناد به توضیحاتی که در بخش ۲-۳ ارائه شد و همچنین اهمیت زمان برای بیماران تروما، در معماری ارائه شده لازم است ابرهای خصوصی امکانی را فراهم کنند تا زمان کمتری صرف عکس برداری و فرآیندهای پزشکی بعد از آن شود و تا جایی که امکان دارد این فرآیندها بهینه شوند.

با توجه به این که ابرهای خصوصی در معماری پیشنهادی بخش ۳-۱ اطلاعات بیماران شامل تصاویر تروما و فراداده ی بقیه ی تصاویر پزشکی، از جمله گزارش مطالعات پزشکی را دارد، می توان سرویس هایی را در اختیار مراکز تروما، عوامل اورژانس و هم چنین دیگر مراکز درمان قرار داد که فرآیندهای تکراری حذف شوند و فرآیندهایی که می توانند، به صورت موازی با بقیه ی فرآیندها مانند جابه جایی بیمار انجام شوند، به صورت موازی انجام شوند. اما برای ارائه ی چنین سرویس هایی لازم است پروتکل ارتباطی بین کاربران این سرویس ها و ابر تغییر کند و به جای استفاده از پروتکل دایکام از طریق پروتکل وب قابل استفاده باشند. زیرا برای مثال عامل اورژانس تجهیزات لازم برای تبادل اطلاعات با پروتکل دایکام را ندارد و لازم است وب سرویس هایی با استاندارد رست فراهم شود تا از طریق های مختلف بتوان از آن ها استفاده کرد.



شکل ۵- فرآیند ارسال عکس تروما به ابر در معماری پیشنهادی

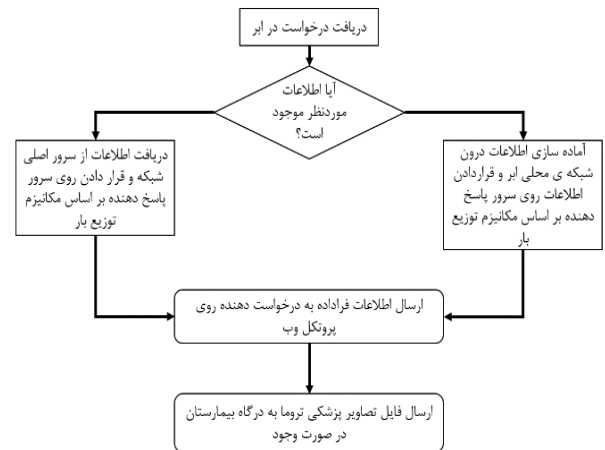
تعدادی از سرویس های مورد نیاز مراکز تروما که در این معماری می توان ارائه داد در جدول ۳ به همراه کاربرد آن ها نشان داده شده است. این سرویس ها در تعداد دفعات جابه جایی بیمار و همچنین کیفیت رسیدگی به بیمار تاثیر مستقیم دارند. در ادامه برای روشن شدن موضوع با بررسی سناریوهای زیر فرآیندهایی که در رسیدگی به بیمارهای تروما، در مدل معرفی شده نسبت به مدل فعلی بهینه می شوند، بررسی خواهند شد.

۱- حمل بیماری که دچار آسیب های طبیعی شده است.

در وضعیت موجود اورژانس در محل حادثه وارد می شود و بدون اطلاع از سابقه پزشکی بیمار، او را تا بیمارستان حمل می کند و سعی می شود مجموعه ای از اقدامات اولیه که بیمار لازم دارد و در اورژانس انجام آن ها ممکن است برای وی انجام شود. اما در مدل مطرح شده با مطرح شدن معماری ارتباطی ابرهای پکس و ارائه ی سرویس های اطلاعاتی بیمار، اورژانس می تواند با وارد کردن کدملی بیمار یا نام وی سوابق بیمار را در سامانه ی مورد نظر جستجو کرده و در صورتی که حمل او نیاز به مراقبت ویژه ای داشته باشد آن را در نظر بگیرند. همچنین اگر بیمار مشکل خاصی داشته باشد مانند کم خونی می توان در انتخاب بیمارستان مقصد از آن استفاده کرد.

۲- حمل بیمار از بیمارستان واقع در شهرستان به شهرهای بزرگ تر.

در وضعیت موجود، بیمار ابتدا به بیمارستان های شهر خود مراجعه کرده و یکبار مدت زمان زیادی برای عکس برداری از وی صرف شده است. حال اگر این



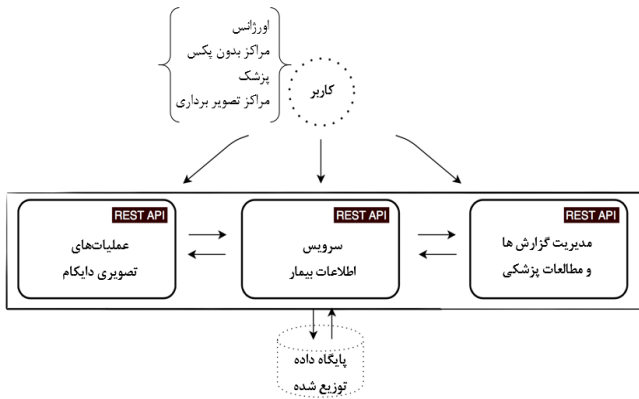
شکل ۶- فرآیند دریافت اطلاعات از ابر در معماری پیشنهادی

در این معماری زمانی که یک مرکز درمانی می خواهد تصویر پزشکی را با دیگر مراکز (مراکز تروما) به اشتراک بگذارد، با وارد کردن کلمه ی "Trauma" در توضیحات عکس یا در تگ مشخص شده ی تروما، توسط مسئول رادیولوژی تصاویر پزشکی روی ابر به اشتراک گذاشته می شود، تا بتوان از مشاوره ی دیگر پزشک ها

و با دسترسی بهتر استفاده شود. به همین دلیل برای برنامه نویسی رابط‌های مورد نیاز از زبان برنامه نویسی جاوا و چارچوب اسپرینگ کلاود^{۳۶} استفاده شده است، تا علاوه بر فراهم‌سازی رابط‌های مورد نیاز، هر یک از این سرویس‌ها به عنوان یک میکروسرویس^{۳۷} [۲۱] در دسترس باشند و مشتری‌های^{۳۸} هر یک از این سرویس‌ها ارتباطات با کیفیتی را داشته باشند. همچنین در قسمت‌هایی که لازم است ارتباطات با پروتکل دایکام برقرار شود، ارتباط مشتری‌های ابر به وسیله عامل‌های توزیع‌کننده‌ی بار بهینه می‌شود. در ادامه به توضیح دو بخش سرویس‌های پردازشی پکس از طریق پروتکل وب و سرویس‌های ارسال/ دریافت تصاویر دایکام پرداخته می‌شود.

۳-۳-۱- سرویس‌های وب پکس ابری

با توجه به محیط استفاده از سرویس ارائه شده، لازم است که پکس ابری یک محیط با سطح دسترسی‌های متفاوت و کاملاً سرویس محور باشد تا بتواند رابط‌های مورد نیاز تمامی عوامل درمانی مانند اورژانس، پزشک و مسئول تصویربرداری را داشته باشد. همچنین بایستی این موضوع را در نظر گرفت که بسیاری از مراکز درمانی به دلیل هزینه‌ی زیاد نگهداری و راه‌اندازی از پکس استفاده نمی‌کنند و لازم است سرویس‌های موجود روی پکس‌ها مانند مشاهده و مدیریت تصاویر را به این مراکز ارائه کرد. شکل ۸ نشان دهنده‌ی مسیر جریان داده و معماری کلی نرم‌افزاری ارتباط بین میکرو سرویس‌های درون یک نمونه^{۳۹} از سرویس‌های پکس ابری می‌باشد. همان‌طور که در شکل ۸ نشان داده شده است ارتباطات در این سرویس‌ها همگی از قالب استاندارد رست^{۴۰} استفاده می‌کنند تا به وسیله‌ی دستگاه‌های مختلف بتوان به سرویس‌های ارائه شده در زیرساخت متصل شد و محدود به یک سایت یا برنامه کاربردی نباشد.



شکل ۸- معماری پیشنهادی کلی تبادل داده در ابرهای خصوصی

در این معماری با استفاده از یک خدمت‌گزار درخواست‌های مربوط به پکس روی یک ابر خصوصی دریافت و بین نمونه‌های مختلف برنامه توزیع می‌شود. سپس سرویس کشف و ثبت میکروسرویس‌ها^{۴۱} در اسپرینگ کلاود، با توجه به نوع درخواست آن را به یکی از میکروسرویس‌های موجود روی ابر ارسال می‌کند. همان‌طور که در شکل ۹ نیز مشخص شده است، هر یک از این میکروسرویس‌ها نسخه‌های مختلفی دارند که سرویس‌های موجود در اسپرینگ کلاود آن را مدیریت می‌کند و براساس میزان بار نمونه‌های مختلفی از آن‌ها را روی ابر ایجاد می‌کند. این موضوع باعث می‌شود با توجه به این که مشتری‌های مختلفی از سرویس‌های روی ابر استفاده می‌کنند بار به صورت بهینه بین آن‌ها توزیع شود و همچنین هر مشتری فقط به سرویس‌های مورد نیاز خود دسترسی داشته باشد. به عنوان مثال

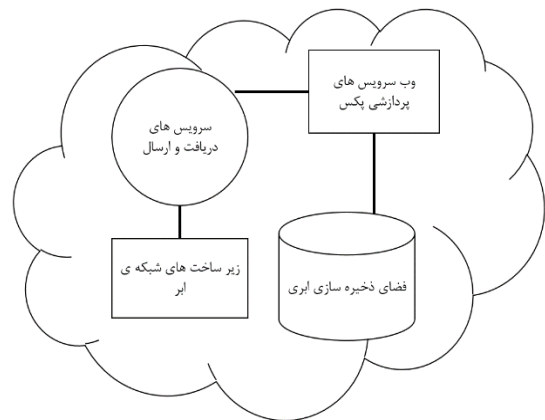
بیمار به بیمارستان دیگری منتقل شود، در بیش‌تر مواقع عکس‌برداری مجدداً انجام می‌شود [۷]. همچنین تا زمانی که بیمار در بیمارستان حاضر نشود و مورد معاینه قرار نگیرد هیچ یک از کادر درمانی نمی‌دانند چه تمهیداتی را برای بیمار باید در نظر بگیرند. در حالی که در مدل مطرح شده اولاً عکس گرفته شده از بیمار به صورت خودکار روی ابر بارگذاری شده و در بیمارستان مقصد قبل از حضور بیمار قابل بازیابی است و کادر درمانی می‌توانند با توجه به عکس گرفته شده در بیمارستان اول تمهیداتی مانند اتاق عمل و پزشک مورد نیاز را حاضر کنند تا با رسیدن بیمار دیگر وقتی برای این مسائل تلف نشود.

جدول ۳- سرویس‌های پیشنهادی برای استفاده در مراکز تروما

| نام سرویس | مورد استفاده |
|---|--|
| دریافت سابقه و تصاویر پزشکی بیمار | استفاده توسط عوامل درمان و پزشک‌های معالج برای در نظر گرفتن مراقبت‌های خاص |
| ارسال گزارش پزشک برای یک تصویر پزشکی | دادن مشاوره از راه دور به پزشک‌ها در مراکز تروما |
| جست‌وجو در گزارش‌های پزشکان برای یک بیمار | استفاده توسط عوامل اورژانس برای در نظر گرفتن مراقبت‌های خاص |
| ارسال تصاویر تروما با پروتکل وب | استفاده در مراکز درمانی که پکس یا مودالیتی دیجیتال ندارند |
| دریافت تصاویر تروما با پروتکل وب و دایکام | ۱- کم کردن تعداد جابه‌جایی‌ها بیمار با مشاهده عکس از راه دور ۲- مشاهده عکس جهت دادن مشاوره توسط پزشک‌های خارج از مرکز ۳- در نظر گرفتن مراقبت‌های خاص در زمان حمل |

۳-۳-۲- بهینه‌سازی معماری نمونه‌های درون ابرها

همان‌طور که گفته شد، معماری پیشنهادی شامل چند ابر خصوصی می‌باشد که هر یک از این ابرها شامل چند بخش اصلی است و از تکنولوژی‌هایی استفاده شده است که نیازهای مراکز تروما را رفع کنند. شکل ۷ بخش‌های اصلی هر یک از ابرها را نشان می‌دهد. در این بخش به تفصیل در رابطه با معماری ارتباطی بین بخش‌های مختلف درون ابرها و جزئیات هر یک از ابرها توضیح داده خواهد شد.



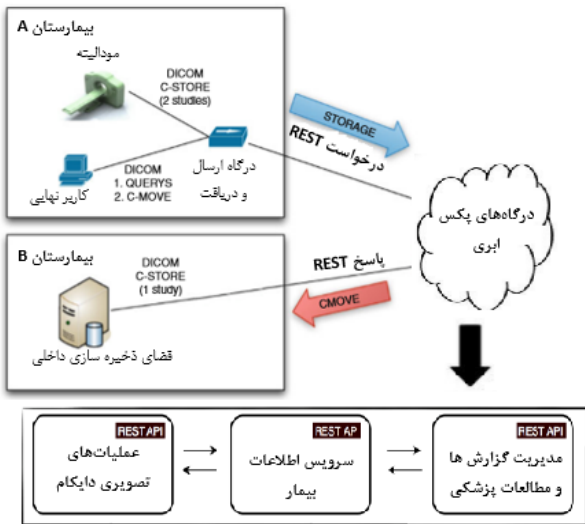
شکل ۷- بخش‌های درون یک ابر خصوصی در معماری ارائه شده

در پروژه‌ی پکس ابری مراکز تروما، برای ارائه‌ی سرویس‌های دایکام با دسترسی بهتر و از طریق دستگاه‌های مختلف لازم بود تا از یک چارچوب استاندارد

را دارا می‌باشند ارسال کرد و آن نمونه به مشتری پاسخ می‌دهد. به عنوان مثال زمانی که مشتری یک مرکز درمانی باشد و درخواست یکی از عکس‌های روی ابر را که قبلاً توسط یک مرکز درمانی دیگر گرفته شده است، داشته باشد درخواست بازبایی عکس را به ابر ارسال می‌کند و عامل مدیر روی ابر آن را به یکی از عامل‌های انجام دهنده^{۴۳} ارسال می‌کند و ارتباط به صورت مستقیم بین درخواست دهنده و عامل ارسال کننده برقرار می‌شود.

• دریافت و ارسال تصاویر با پروتکل وب

یک سناریوی دیگر که با توجه به معماری تبادل داده با پروتکل وب در این پروژه پیاده‌سازی شده است استفاده از یک درگاه تبدیل درخواست‌های دایکام به درخواست‌های وب است. یعنی همانطور که در شکل ۱۱ نشان داده شده است زمانی که درخواست یک عکس روی ابر دریافت می‌شود، این درخواست توسط درگاه خروجی در مرکز درمانی دریافت می‌شود و درخواست با فرمت رست و پروتکل وب به سمت ابر ارسال می‌شود و توسط درگاه‌هایی که در قسمت ۳-۳-۱ توضیح داده شد، پردازش و پاسخ داده می‌شود و سپس توسط درگاه دریافت کننده در مرکز درمانی تصویر دریافت شده به پکس داخلی بیمارستان ارسال و ذخیره می‌شود. البته کاملاً مشخص است این سناریو وابسته به این است که درگاه حتماً در مرکز درمانی نصب باشد و مرکز درمانی نیز دارای پکس باشد.



شکل ۱۱- ارسال و دریافت تصاویر دایکام با پروتکل وب در معماری پیشنهادی

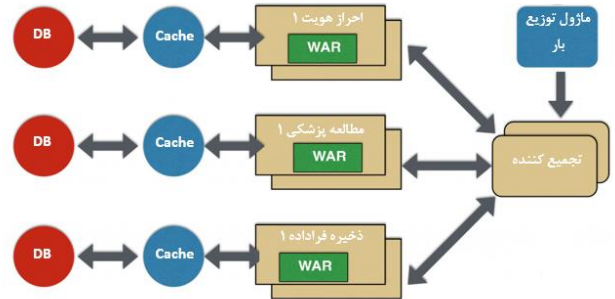
۴- شبیه‌سازی و ارزیابی روش پیشنهادی

با توجه به این موضوع که ارزیابی واقعی این پژوهش نیاز به نصب درگاه پیاده‌سازی شده در تعداد زیادی از مراکز درمانی دارد و همچنین با توجه به این‌که در حال حاضر زیرساخت ابرهای خصوصی بین مراکز درمانی وجود ندارد، نیاز است تا روشی برای شبیه‌سازی اتخاذ شود که یک تقلید از سیستم واقعی و با مدل‌سازی در یک محیط توزیع شده^{۴۴} باشد. در این بخش به بررسی جزئیات روش ارزیابی و نتایج آن پرداخته خواهد شد.

۴-۱- تنظیمات شبیه‌سازی

جهت اعتبارسنجی معماری ارائه شده در یک محیط شبیه‌سازی شده روی یک خدمت‌گزار فیزیکی گره مرکزی معماری و فضای ذخیره‌سازی آن به صورت مجازی نصب شده است، همچنین روی دو خدمت‌گزار فیزیکی دیگر چند خدمت‌گزار مجازی

وقتی عامل اورژانس اطلاعات سوابق بیمار را می‌خواهد از ابر بگیرد و ترافیک زیادی روی ابر توسط دیگر مشتری‌ها، خصوصاً مشتری‌های بدون پکس جهت ارسال یا دریافت تصاویر پزشکی ایجاد شده است، سرویس مورد نظر اورژانس نباید دچار اختلال شود و بایستی بدون توجه به حجم بار روی دیگر سرویس‌ها با سرعت بالایی پاسخ دهد.



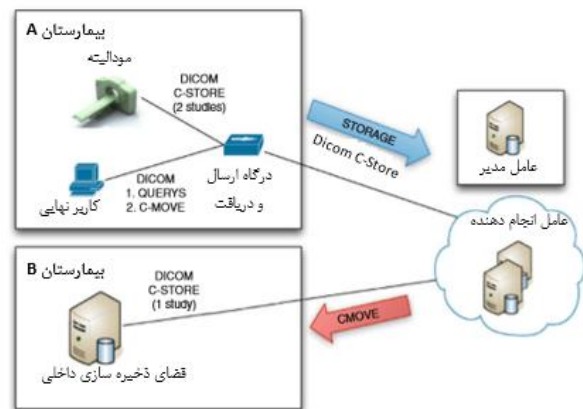
شکل ۹- میکروسرویس‌ها و ارتباط بین آن‌ها در ابرهای خصوصی این معماری

۳-۳-۲- سرویس‌های دایکام روی ابر خصوصی

نوع ارتباط مشخص در پروتکل دایکام سبب شده است تا در شبکه‌های فعلی مراکز درمانی ارتباط بین دستگاه‌های تصویربرداری با پکس با پروتکل دایکام و ارتباط شبکه‌ای روی یک پورت مشخص باشد. اما با ارائه معماری پیشنهادی و ایجاد درگاه‌های مختلف مورد نیاز در بخش‌های قبلی در این پروژه می‌توان دو سناریو ارتباطی برای بازبایی و ارسال تصاویر پزشکی داشت.

• دریافت و ارسال با پروتکل دایکام

در این سناریو همانند روش‌های قبلی که در قسمت پیشینه تحقیق نیز مورد بررسی قرار گرفت، اتصال بین درگاه ورودی ابر و پکس از طریق پروتکل دایکام برقرار می‌شود و با دریافت درخواست ارسال یا دریافت تصویر تروما بین دریافت کننده و ارسال کننده با یک نام مشخص که در این پروتکل با اسم AETitle شناخته می‌شوند ارتباط برقرار می‌شود و به درخواست‌های یک‌دیگر که قبل‌تر در جدول ۱ بررسی شده‌اند پاسخ می‌دهند.



شکل ۱۰- ارسال و دریافت تصویر با پروتکل دایکام در معماری پیشنهادی

در این بخش همانطور که در شکل ۱۰ نیز نشان داده شده است می‌توان به وسیله‌ی یک عامل مدیر^{۴۴} درخواست‌های دایکام را دریافت کرد و سپس با توجه به میزان بار هر یک از خدمت‌گزارهای روی ابر که همه‌ی آن‌ها یک نمونه SCU/SCP

این معیارها و هم‌چنین میزان تاثیرگذاری آنها براساس فرمول ۱، که در مطالعه‌ی میدانی انجام شده در بخش ۳-۲ به‌دست آمده را نشان می‌دهد.

$$(1) \quad \text{میزان تاثیرگذاری} = \text{avg} \left(\frac{\text{میزان وقت صرف شده این فرآیند}}{\text{زمان کل درمان}} \right)$$

در جدول ۷ نوع معیارها براساس تاثیر آنها روی روند درمان نشان داده شده است. به عنوان مثال جابه‌جایی بیمار هم یک معیار کیفی است و هم یک معیار کمی، زیرا در طول جابه‌جایی بیمار هم کیفیت اقدامات انجام شده برای بیمار اهمیت دارد و هم مدت زمان این جابه‌جایی اهمیت به‌سزایی دارد.

جدول ۷- معیارهای ارزیابی فرایندهای تروما

| نام معیار | نوع معیار | میزان تاثیرگذاری در درمان |
|---|-----------|---------------------------|
| جابه‌جایی بیمار در اورژانس | کیفی | ٪۱۰ |
| زمان تصویربرداری یا وارد کردن تصویر به پکس | کمی | ٪۲۵ |
| مدت زمان تدارکات درمان (آماده‌سازی اتاق عمل، معاینه پزشک‌ها و جابه‌جایی‌های درون بیمارستان) | کمی | ٪۲۰ |
| فرآیند درمان | کیفی | ٪۴۵ |

۴-۳- نتایج شبیه‌سازی

با توجه به این‌که در پژوهش‌های قبلی از مجموعه‌ی داده‌ی استاندارد برای ارزیابی و مقایسه استفاده نشده است، در این قسمت رویکردهای مختلف مطرح شده در محیط یکسان که در بخش ۴-۱ توضیح داده شد، شبیه‌سازی شده و مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. ابتدا خروجی معماری بخش ۳-۱ یعنی معماری اولیه بدون بهینه‌سازی‌های انجام شده، مورد ارزیابی قرار گرفته و جدول ۸ نشان دهنده‌ی نتایج آن برای درخواست‌های ارسال و دریافت تصاویر مختلف می‌باشد.

همچنین برای ارزیابی سرعت ارسال و دریافت فراداده‌ها در معماری اولیه، یک استرس تست^{۴۸} با استفاده از یک ابزار ارزیابی [۲۴]، با نرخ ۱,۰۰۰ درخواست در ثانیه طراحی شد و هم‌زمان تمامی سرویس‌های موجود در بخش سرویس‌های ابری با پروتکل وب فراخوانی شدند. جدول ۹ نتایج این ارزیابی را با کم‌ترین و بیش‌ترین زمینه‌ی پاسخ سرویس‌ها نمایش داده است.

در ادامه‌ی تست‌های فوق با اضافه کردن عامل توزیع بار پیشنهاد شده در بخش ۳-۳ برای توزیع بار ذخیره‌سازی و ارزیابی تصاویر با پروتکل دایکام روی معماری ابرهای خصوصی، ارزیابی‌ها مجدداً انجام شده و جدول ۱۰ جدول نتایج مربوط به ارسال و دریافت تصاویر دایکام از ابر را نشان می‌دهد.

جدول ۸- سرعت ذخیره‌سازی و ارسال تصاویر در معماری اولیه

| نوع تصویر پزشکی | نوع درخواست | میانگین کل زمان اپلود (دقیقه) | انحراف معیار |
|-----------------|-------------|-------------------------------|--------------|
| NM | دریافت | ۸/۷۶ | ۰/۲ |
| NM | ارسال | ۶/۴۶ | ۰/۲۵ |
| MR | دریافت | ۲۷/۵۵ | ۰/۸ |
| MR | ارسال | ۱۶/۶۸ | ۱/۸۷ |
| CT | دریافت | ۵۳/۱۴ | ۲۳/۴ |
| CT | ارسال | ۳۶۸/۴۵ | ۱۸/۳ |

با مشخصات یکسان فراهم شد که روی آنها برنامه‌ی درگاه، که در واقع توسعه داده شده‌ی بخشی از یک نرم‌افزار متن باز^{۴۵} به نام DCM4CHE [۲۲] می‌باشد، و یک ماژول^{۴۶} دریافت کننده و ارسال کننده‌ی پکس نصب شد. این خدمتگزارها با سرعت^{۴۷} در ثانیه^{۴۷} به یکدیگر متصل شدند. در جدول ۴ و ۵ مشخصات خدمتگزار گره اصلی و ماشین‌های محلی متصل به ابر که نقش درگاه را دارند، به جزئیات آورده شده است.

جدول ۴- مشخصات خدمتگزار گره اصلی در ابر

| | |
|-----|------------------|
| CPU | 8* 3Ghz Xeon 550 |
| RAM | 16G |
| OS | Ubuntu 14.04 LTS |

جدول ۵- مشخصات خدمتگزارهای محلی

| | |
|-----|------------------|
| CPU | 2 * 2.3 GHz |
| RAM | 4G |
| OS | Ubuntu 14.04 LTS |

برای انجام این ارزیابی لازم بود تا از یک مجموعه داده‌ی استاندارد [۲۳] از تصاویر دایکام استفاده شود. به همین منظور تعدادی تصویر دایکام از یک مجموعه داده‌ی استاندارد با تعداد ۶۳۱۴ فایل دایکام انتخاب شده که جزئیات آن در جدول ۶ نشان داده شده است.

جدول ۶- مجموعه داده استاندارد مورد ارزیابی

| نوع تصویر پزشکی | تعداد فایل | حجم فایل (مگابایت) |
|-----------------|------------|--------------------|
| NM | ۵۹ | ۴/۷۸ |
| MR | ۳۹۶ | ۱۵/۸۷ |
| CT | ۷۲۳ | ۳۶۲/۹۴ |

۴-۲- معیارهای ارزیابی

جهت ارزیابی مدل معماری معرفی شده در این پژوهش لازم است تا معیارهای انتخاب شده از نظر کیفی و کمی در فرآیندهای رسیدگی به بیمارهای تروما تاثیرگذار باشد. به طور کلی می‌توان این معیارها را به دو دسته زیر تقسیم کرد.

- زمان ارسال یا دریافت درخواست‌های مختلف
- معیارهای موثر در فرآیندهای تروما

برای ارزیابی کمی پاسخ‌گویی به درخواست‌ها در پکس ابری پیاده‌سازی شده، میزان زمان صرف شده جهت دریافت و ارسال درخواست‌های مختلف به ابر، بایستی مشاهده و ثبت شود. این درخواست‌ها عبارتند از:

- ✓ میانگین زمان ارسال عکس‌های تروما به ابر
- ✓ میانگین زمان دریافت عکس‌های تروما از ابر
- ✓ میانگین زمان جست‌وجوی سوابق بیمار
- ✓ زمان ارسال فراداده‌ی تصاویر بیمار

هم‌چنین برای ارزیابی میزان تاثیرگذاری معماری پکس ابری در فرآیند تروما نیاز است تا معیارهایی برای مدل‌سازی روی ابر مشخص شود که با این معیارها بتوان میزان تاثیر این معماری در فرآیند تروما را ارزیابی کرد. جدول ۵ تعدادی از

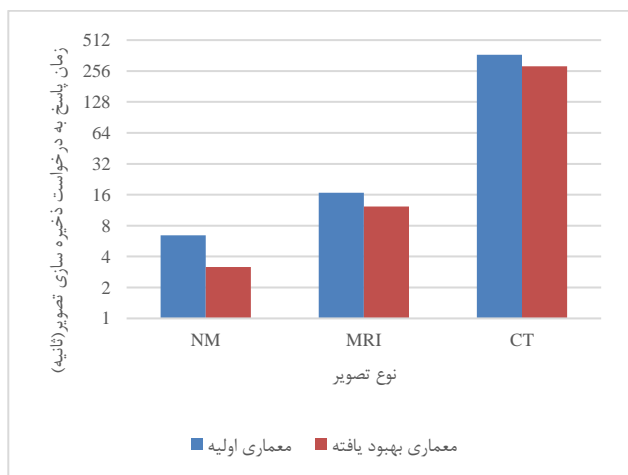
در مرحله‌ی آخر ارزیابی، بایستی با توجه به معیارهای مطرح شده در جدول ۷ میزان تاثیرگذاری معماری نهایی این مقاله روی فرآیند تروما از نظر کمی مورد بررسی قرار بگیرد. جدول ۱۲ بیشترین و کمترین زمان‌های گذاشته شده برای سناریوهای مختلف، بسته به این که تصویر تروما از قبل روی ابر وجود داشته یا نه، را نشان می‌دهد.

۴-۴- تحلیل نتایج

از مقایسه‌ی نتایج حاصل شده از ارزیابی معماری اولیه و معماری نهایی می‌توان نتیجه گرفت بهینه‌سازی‌های انجام شده در بخش ۳-۳ تاثیر بسیار زیادی در کارایی سیستم دارد و در معماری اولیه وقتی ابر در حال استفاده باشد (تعداد درخواست‌ها بالا برود) مدت زمان پاسخ‌گویی به درخواست‌های سرویس‌ها و همچنین ارسال یا دریافت تصاویر بالا رفته ولی با بهبودهای انجام شده به صورت اتوماتیک تعداد مولفه‌های پردازش کننده زیاد شده و از بالا رفتن مدت زمان پاسخ ابر به درگاه‌ها پیشگیری می‌کند. نمودار مشخص شده در شکل ۱۲ مقایسه‌ی ارزیابی ارسال تصاویر، شکل ۱۳ ارزیابی دریافت تصاویر و شکل ۱۴ نمودار میله‌ای مقایسه‌ی بیشینه زمان پاسخ به سرویس‌ها در رویکردهای مختلف نشان داده شده است.

جدول ۱۳- مقایسه میانگین زمان سرویس ارائه شده بازایی و ذخیره‌سازی تصویر

| نوع سرویس | میانگین زمان معماری اولیه (s) | میانگین زمان معماری بهبود یافته (s) | درصد بهبود |
|------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|------------|
| سرویس بازایی تصویر | ۱۳۰/۵۳ | ۱۰۰/۰۱ | ۲۳ |
| سرویس ذخیره‌سازی تصویر | ۱۸۸/۸۲ | ۱۳۱/۲۴ | ۳۰ |



شکل ۱۲- مقایسه‌ی زمان پاسخ به درخواست ذخیره‌سازی تصویر

نمودارهای فوق نشان دهنده‌ی بهبود کیفی سیستم تبادل اطلاعات پزشکی سرویس محور در معماری بهبود یافته نسبت به معماری اولیه است. نسبت بهبود سیستم‌های ارائه شده برای تبادل اطلاعات با پروتکل دایکام در جدول ۱۳ جدول نمایش داده شده است. همچنین بیشینه زمان پاسخ‌گویی به سرویس‌های تحت وب ارائه شده به مرکز تروما نیز ۹۵٪ بهبود داشته است. دلیل این موضوع نیز اضافه شدن نمونه‌های توزیع بار و بهره‌گیری از تکنولوژی‌های مجازی‌سازی برای توزیع بار دریافتی روی ابر می‌باشد.

جدول ۹- سرعت پاسخ‌دهی سرویس‌های مختلف ابری به ازای ۱۰۰۰ درخواست همزمان در معماری اولیه

| نوع سرویس | بیشترین زمان پاسخ (ثانیه) | کمترین زمان پاسخ (ثانیه) |
|-----------------------------------|---------------------------|--------------------------|
| سرویس جست‌وجوی سوابق بیمار | ۲۵ | ۰/۳ |
| سرویس ارسال فراداده اطلاعات تصویر | ۵ | ۰/۱ |
| سرویس ارسال گزارش پزشک | ۰/۵ | ۰/۰۱ |
| سرویس دریافت گزارش‌های پزشک | ۱ | ۰/۰۲ |

جدول ۱۰- سرعت ذخیره‌سازی و ارسال تصاویر در معماری نهایی ارائه شده

| نوع تصویر پزشکی | نوع درخواست | میانگین کل زمان آپلود (دقیقه) | انحراف معیار |
|-----------------|-------------|-------------------------------|--------------|
| NM | دریافت | ۴/۷۶ | ۰/۱۲ |
| NM | ارسال | ۳/۱۶ | ۰/۱۷ |
| MR | دریافت | ۱۸/۱۰ | ۰/۶۴ |
| MR | ارسال | ۱۲/۲۵ | ۱/۲۲ |
| CT | دریافت | ۳۷۰/۸۶ | ۲۲/۵ |
| CT | ارسال | ۲۸۴/۶۲ | ۱۱/۰ |

در ادامه‌ی تست‌های فوق با اضافه کردن عامل توزیع بار ایجاد شده با میکرو سرویس‌های معرفی شده در بخش ۳-۳-۱ روی معماری ابرهای خصوصی، ارزیابی‌ها مجدداً انجام شده و جدول ۱۱ نیز نتایج تکرار شرایط آزمایش استرس تست سرویس‌های ارائه شده تحت وب را نشان می‌دهد.

جدول ۱۱- سرعت پاسخ‌دهی سرویس‌های مختلف ابری به ازای ۱۰۰۰ درخواست همزمان در معماری نهایی

| نوع سرویس | بیشترین زمان پاسخ (ثانیه) | کمترین زمان پاسخ (ثانیه) |
|-----------------------------------|---------------------------|--------------------------|
| سرویس جست‌وجوی سوابق بیمار | ۱ | ۰/۳ |
| سرویس ارسال فراداده اطلاعات تصویر | ۰/۵ | ۰/۱ |
| سرویس ارسال گزارش پزشک | ۰/۰۳ | ۰/۰۱ |
| سرویس دریافت گزارش‌های پزشک | ۰/۰۵ | ۰/۰۲ |

جدول ۱۲- بیشترین و کمترین زمان صرف شده بعد از مراجعه بیماران تروما به مراکز درمانی

| نام معیار | بیشترین زمان (دقیقه) | کمترین زمان (دقیقه) |
|--|----------------------|---------------------|
| زمان تصویربرداری یا وارد کردن تصویر به پکس | ۳۰ | ۴/۵ |
| تدارکات درمان (آماده‌سازی اتاق عمل، معاینه پزشک‌ها و جابه‌جایی‌های درون بیمارستان) | ۹۰ | ۱۰ |

ولی مشخص است که اگر عوامل درمانی از ابتدای فرآیند انتقال تا آخرین مرحله‌ی درمان از سوابق بیمار اطلاع داشته باشند و هم‌چنین بتوانند از مشورت دیگر پزشک‌ها که در بیمارستان نیستند با استفاده از سرویس‌های ابر بهره‌مند شوند، اقدامات مناسب‌تری برای بیمار انجام خواهند داد و بدون اطلاع از سوابق بیمار، او را مورد درمان قرار نمی‌دهند.

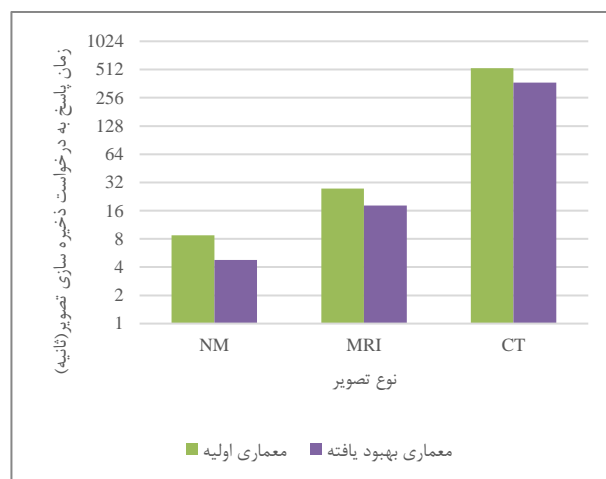
۵- نتیجه‌گیری

با توجه به مطالب ارائه شده در این مقاله، مشخص است هر یک از سرویس‌های زیر ساختی درون مراکز درمانی اگرچه در ظاهر اهمیت چندانی ندارند ولی در صورتی که این زیر ساخت‌ها بتوانند به صورت یکپارچه سرویس مورد نظر کادر مراکز درمانی را ارائه دهند، کارایی و کیفیت عملکرد آن‌ها را تحت تاثیر قرار خواهند داد.

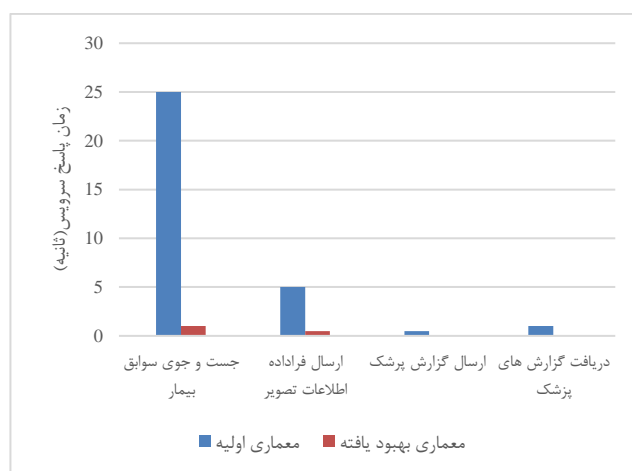
در این مقاله با توجه به فرآیند کلی مراکز تروما و هم‌چنین در نظر گرفتن عیب‌های موجود در سامانه‌ی پکس، ابتدا رویکردی ارائه شد که مهم‌ترین ارزش افزوده‌ی آن یکپارچگی اطلاعات می‌باشد. در ادامه با اضافه کردن امکانات نرم‌افزاری بهینه و مناسب، مانند توزیع کننده‌ی بار، استفاده از میکروسرویس‌ها و استفاده از تکنولوژی‌های مجازی‌سازی، روش نوین ارائه شده توانست «درخواست‌های بیش‌تری را در زمان کم‌تری» پاسخ دهد. در نهایت ارزیابی ارائه شده در جدول ۱۱ نشان می‌دهد، با اقدامات انجام شده طبق مدل‌سازی مطرح شده، ۲۴ درصد نرخ مرگ بیماران کم شد و علت آن نیز سرویس آبی و یکپارچه‌ای بوده است که در این مقاله پیشنهاد شده است. به طور کلی در این مقاله سعی شد، براساس نیازسنجی انجام شده در مراکز تروما سرویس‌هایی ارائه شود تا فرآیند رسیدگی به یک بیمار تروما حتی قبل از ورود وی به بیمارستان شروع شود تا نسبت زمان حضور وی به مدت زمان درمان او کمینه‌ترین حالت ممکن شود و هم‌چنین اکثر اقدام‌های پزشکی در بخش‌های تروما با توجه به سابقه‌ی بیمار انجام شود.

مراجع

- [1] A. R. Chatterjee, S. Stalcup, A. Sharma, T. S. Sato, P. Gupta, Y. Z. Lee, C. Malone, M. McBee, E. L. Hotaling, and A. P. Kansagra, "Image Sharing in Radiology-A Primer," *Acad. Radiol.*, vol. 24, no. 12, pp. 286-294, 2017.
- [2] H. Huang, *PACS-based Multimedia Imaging Informatics: Basic Principles and Applications*. Wiley-Blackwell, vol. 2, 2010, pp. 1682-1690.
- [3] "Dicom standard." [Online]. Available: <http://dicom.nema.org/standard.html>. [Accessed: 15-Jul-2017].
- [4] L. A. B. Silva, C. Costa, and J. L. Oliveira, "Dicom relay over the cloud," *International journal of computer assisted radiology and surgery*, vol. 8, no. 3, pp. 323-333, 2013.
- [5] J. Philbin, F. Prior, and P. Nagy, "Will the next generation of pacs be sitting on a cloud?," *J. Digit. Imaging*, vol. 24, no. August, pp. 179-183, 2011.
- [6] C.-T. Yang, C.-H. Chen, and M.-F. Yang, "Implementation of a medical image file accessing system in co-allocation data grids," *Futur. Gener. Comput. Syst.*, vol. 26, no. 8, pp. 1127-1140, 2010.



شکل ۱۳- مقایسه‌ی زمان پاسخ به درخواست بازیابی تصویر



شکل ۱۴- مقایسه‌ی بیش‌ترین زمان پاسخ‌دهی به سرویس‌های پکس ابری

با بررسی روندهای موجود در مراکز تروما و ارزیابی زمان‌های صرف شده برای هر فرآیند در جدول ۱۲ مشخص شد که در هر بار انتقال بیمار بین مراکز درمانی و مرکز تروما، زمان زیادی صرف وارد کردن تصویر به پکس محلی یا تصویربرداری مجدد در مرکز تروما خواهد شد و هم‌چنین مدت زمان زیادی نیز صرف تدارکات درمانی مانند اعلام نظر پزشک می‌شود. در این پژوهش با ارائه سرویس‌هایی که در جدول ۳ معرفی شده‌اند سعی شده است تا از تکرار فرآیندها در مراکز درمانی مختلف اجتناب شود و فقط یک بار تصویربرداری و یک بار هم مقدمات معالجه انجام می‌شود. پس می‌توان گفت به صورت میانگین حدود ۱۰۵ دقیقه از زمان طلایی درمان بیماران تروما در این دو معیار کمی صرفه‌جویی می‌شود، که این زمان برای بیماران تروما صرفه‌جویی بسیار بزرگی خواهد بود.

به عنوان مثال، اگر فرض کنیم به طور میانگین، در یک روز ۳۰٪ بیماران تروما در یک مرکز تروما از یک مرکز درمانی دیگر ارجاع داده شده باشند و فقط ۵۰٪ از این بیماران در مرکز اول تصویربرداری پزشکی شده باشند، برای هر یک از این افراد حدود ۱۰۰ دقیقه از زمان طلایی که برای زنده ماندن فرصت دارند صرفه‌جویی شده است و اگر روزی ۱۰۰۰ بیمار تروما به یک مرکز تروما مراجعه کند، حدود ۱۵ هزار دقیقه به ازای یک روز فقط در یک مرکز تروما صرفه‌جویی شده است و احتمال زنده ماندن هر یک از این افراد با توجه به نسبت تاثیرگذاری زمانی این معیارها ۴۰٪ بیشتر خواهد بود.

با توجه به این‌که ارزیابی‌های انجام شده در محیط شبیه‌سازی شده انجام شده است، امکان ارزیابی معیارهای کیفی تاثیرگذار بر فرآیند تروما وجود نداشته است

indicators in a German level-1 trauma center," *Scand. J. Trauma. Resusc. Emerg. Med.*, vol. 22, p. 62, 2014.

[21] R. RV, *Spring Microservices*. Packt Publishing, 2016.

[22] "Open Source Clinical Image and Object Management." [Online]. Available: <http://www.dcm4che.org/>. [Accessed: 05-Sep-2017].

[23] "DICOM files." [Online]. Available: <http://www.osirix-viewer.com/resources/dicom-image-library/>. [Accessed: 15-Jul-2017].

[24] E. Halili, *Apache JMeter*. Packt Publishing, 2008.

اشکان کشاورزی اکنون دانشجوی کارشناسی ارشد فناوری اطلاعات گروه کامپیوتر و فناوری اطلاعات دانشکده فنی دانشگاه تهران است. ایشان دارای سابقه‌ی چند سال فعالیت در زمینه نرم‌افزارهای توزیع شده، نرم‌افزارهای چندعامله و رایانش ابری می‌باشد.



آدرس پست‌الکترونیکی ایشان عبارت است از:

keshavarzi.a@ut.ac.ir

رضا آقایی زاده ظروفی مدرک کارشناسی مهندسی برق خود را از دانشگاه صنعتی امیرکبیر دریافت کرد و پس از آن دوره کارشناسی ارشد را در دانشگاه خواجه نصیر به اتمام رساند و همچنین مدرک دکترا خود را در علوم کامپیوتر از دانشگاه اوزاکا ژاپن دریافت کرد. ایشان در حال حاضر استاد دانشکده برق و کامپیوتر دانشگاه تهران است. علاقه پژوهشی ایشان پردازش تصویر، سیستم‌های ارتباطی دستگاه‌های پزشکی و طراحی سیستم‌های نمایش تصاویر می‌باشد.



آدرس پست‌الکترونیکی ایشان عبارت است از:

zorooft@ut.ac.ir

اطلاعات بررسی مقاله:

تاریخ ارسال: ۱۳۹۶/۰۴/۱۸

تاریخ اصلاح: ۱۳۹۶/۰۶/۱۰

تاریخ قبول شدن: ۱۳۹۶/۰۶/۱۹

نویسنده مرتبط: اشکان کشاورزی، دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

[7] L. A. B. Silva, C. Costa, A. Silva, and J. L. Oliveira, "A pacs gateway to the cloud," in *Information Systems and Technologies (CISTI)*, 2011 6th Iberian Conference on. IEEE, 2011, pp. 1-6.

[8] L. A. B. Silva, C. Costa, and J. L. Oliveira, "A pacs archive architecture supported on cloud services," *International journal of computer assisted radiology and surgery*, vol. 7, no. 3, pp. 349-358, 2012.

[9] C. C. Teng, J. Mitchell, C. Walker, A. Swan, C. Davila, D. Howard, and T. Needham, "A medical image archive solution in the cloud," in *Proc. IEEE Int. Conf. Softw. Eng. Serv. Sci. ICSESS 2010*, pp. 431-434.

[10] K. J. Psoter, B. S. Roudsari, M. Vaughn, G. C. Fine, J. G. Jarvik, and M. L. Gunn, "Effect of an image-sharing network on CT utilization for transferred trauma patients: A 5-year experience at a level I trauma center," *J. Am. Coll. Radiol.*, vol. 11, pp. 616-622, 2014.

[11] K. L. Junck, L. L. Berland, W. K. Bernreuter, M. McEachern, S. Grandhi, and G. Lewey, "PACS and CR implementation in a level I trauma center emergency department," *J. Digit. Imaging*, vol. 11, no. 1, pp. 159-162, 1998.

[12] N. Gharbi, M. Kirikova, and L. Bouzguenda, "Integrated cloud-based services for medical workflow systems," *Applied Computer Systems*, vol. 20, no. 1, pp. 36-39, 2016.

[13] G. C. Kagadis, C. Kloukinas, K. Moore, J. Philbin, P. Papadimitroulas, C. Alexakos, P. G. Nagy, D. Visvikis, and W. R. Hendee, "Cloud computing in medical imaging," *Medical physics*, vol. 40, no. 7, 2013.

[14] C. T. Yang, L. T. Chen, W. L. Chou, and K. C. Wang, "Implementation of a Medical Image File Accessing System on cloud computing," in *Proceedings - 13th IEEE International Conference on Computational Science and Engineering, CSE, 2010*, pp. 321-326.

[15] "Welcome to Apache™ Hadoop@!" .

[16] C. M. Image, "Study on Using Hadoop Platform for Sharing Cloudy Medical Image," 2013.

[17] Q. Huang, L. Ye, M. Yu, F. Wu, and R. Liang, "Medical Information Integration Based Cloud Computing," in *Network Computing and Information Security (NCIS)*, International Conference on, vol. 1, pp. 79-83, 2011.

[18] L. a B. Silva, R. Pinho, L. S. Ribeiro, C. Costa, and J. L. Oliveira, "A centralized platform for geo-distributed PACS management," *J. Digit. Imaging*, vol. 27, pp. 165-173, 2014.

[۱۹] م. جمالی، م. خوانساری، و ر. رحمانی، "پکس ابری: یک بایگانی مستقل از فروشنده، مراکز پزشکی بدون پکس سنتی،" ص ۱-۹، ۱۳۹۳.

[20] W. Parsch, M. Loibl, U. Schmucker, F. Hilber, M. Nerlich, and A. Ernstberger, "Trauma care inside and outside business hours: comparison of process quality and outcome

¹PACS (Picture Archiving and Communication System)

²Hospital Information System (HIS)

³Radiology Information System (RIS)

⁴Dicom

⁵Cloud Computing

⁶Rendering

⁷Trauma Center

⁸Medical Golden Time

⁹Internet Protocol Network

¹⁰XML

¹¹DICOM Directory

¹²Element

¹³Index

-
- ¹⁴Client
 - ¹⁵Server
 - ¹⁶Dicom Association
 - ¹⁷Service Class User (SCU)
 - ¹⁸Service Class Provider (SCP)
 - ¹⁹Grid Computing
 - ²⁰HTTP Request
 - ²¹Database
 - ²²Microsoft Azure
 - ²³Cloud Router
 - ²⁴Compact Disk (CD)
 - ²⁵Virtual Private Network (VPN)
 - ²⁶Visualization
 - ²⁷High Scalable Applications
 - ²⁸Name Server
 - ²⁹Block
 - ³⁰Map-Reduce
 - ³¹Business Process Re-Engineering (BPR)
 - ³²Index
 - ³³Database
 - ³⁴Gateway
 - ³⁵Meta Data
 - ³⁶Spring cloud
 - ³⁷Micro Service
 - ³⁸Client
 - ³⁹Instance
 - ⁴⁰Rest API
 - ⁴¹Eureka (Registering & Service Discovery)
 - ⁴²Master Agent
 - ⁴³Slave Agent
 - ⁴⁴Distributed Environment
 - ⁴⁵Open Source
 - ⁴⁶Module
 - ⁴⁷1 GB/s
 - ⁴⁸Stress Test