



ارائه شده توسط:

سایت ترجمه فا

مرجع جدیدترین مقالات ترجمه شده

از نشریات معتبر

موتور قاعده کارآمد برای سیستم ساختمان هوشمند

چکیده :

در سیستم های ساختمانی هوشمند، کنترل اتوماتیک و خودکار دستگاه ها منوط به انطباق اطلاعات محیط سنجش شده با قوانین سفارشی می باشد. با توسعه شبکه های حسگر و عملگر بی سیم (WSAN)، حسگر ها و محرک های بی سیم خود-سازمان دهی شده و کم هزینه می تواند موجب بهبود سیستم های ساختمانی هوشمند شود، آن ها در عین حال تولید داده های سنجشی فراوانی می کنند. به این ترتیب یک موتور قاعده با توانایی انطباق قوانین کارآمد، پایه و اساس سیستم های ساختمانی هوشمند مبتنی بر WSAN را تشکیل می دهد. با این حال، موتور های قواعد سنتی عمدتاً بر مکانیسم پردازش پیچیده متمرکز هستند و مقدار داده های سنجش را که سیستم های ساختمان هوشمند مبتنی بر WSAN مناسب نیستند، حذف می کند.

به منظور حل مسائل فوق الذکر، ما یک موتور قاعده کارآمد برای کمینه سازی سربار انطباق قاعده پیشنهاد می شود. ما موتور قاعده پیشنهادی را در یک سیستم ساختمانی هوشمند کاربردی و عملی پیاده سازی می کنیم. نتایج آزمایشی و تجربی نشان می دهد که موتور قاعده می تواند با مجموعه قواعد بزرگ و داده های با بازدهی بالا به طور کارآمد و انعطاف پذیر عمل کند.

لغات کلیدی : سیستم ساختمانی هوشمند، موتور قاعده، انطباق قاعده، تابع درهم سازی کامل کمینه

1- مقدمه

با توسعه شبکه های حسگر و عملگر بی سیم (WSAN)، سیستم های ساختمانی هوشمند در سال های اخیر به طور گسترده ای مطالعه شده اند (1-2). هدف اصلی این سیستم ها، کنترل هوشمند وسایل و لوازم الکتریکی بر طبق اطلاعات محیطی جمع آوری شده توسط حسگر ها برای حفاظت از انرژی در ساختمان ها می باشد. فرایند کنترل هوشمند معمولاً بر طبق قواعد خاص انجام می شود. قواعد تحریک شده توسط رویداد ها را می توان به صورت قوانین شرط-عمل بیان کرد. برای مثال، یک قاعده را می توان به صورت " زمانی که فردی در دفتر با نور کم کار می کنند، لامپ مربوطه به طور خودکار روشن می شود " تعریف کرد. در یک سیستم ساختمان هوشمند،

موتور قاعده یک مولفه مهمی است که می تواند کنترل انعطاف پذیری را در اختیار بگذارد. اهمیت یک زیر سیستم موتور قاعده، تفکیک منطق ها و داده ها می باشد به طوری که منطق ها به عنوان اجزای مستقل و قابل نگهداری تفکیک می شوند.

در یک سیستم ساختمان هوشمند، داده های شناسایی شده محیطی شامل صدا، تصویر ، دما، غلظت داد و گاز، رطوبت می باشند. حسگر های اطراف یک منطقه پایشی خاص داده های محیطی را جمع اوری کرده و آن ها را به سرور در یک دوره نمونه گیری منظم گزارش می کنند. سپس سرور اقدام به تحلیل و پردازش داده ها برای شناسایی رویداد ها، تطبیق قواعد و اجرای عملیات مربوطه می کند. رویداد ها اغلب تغییرات محیطی ناگهانی نظیر صدا، نور، آتش (دما، تراکم دود) و نیز ارتعاش سطحی می باشند. به طور کلی، فراوانی گزارش داده ها بیش از فراوانی تولید رویداد ها می باشد. به منظور فیلتر حجم زیادی از داده های اضافی و بهبود کارایی و صحت تولید رویداد، ما یک مکانیسم پایش پردازش رویداد موثر را بر طبق ویژگی های استاتیک خود داده ها (برای مثال یک موقعیت جغرافیایی، نوع گره و غیره) طراحی می کنیم. برای مثال با در نظر گرفتن این قاعده که- اگر دما به بالای 60 درجه برسد، زنگ هشدار به صدا در می آید- آنگاه می توان داده ها را از دو بعد فیلتر کرد 1- فیلتر داده های گزارش شده توسط همه حسگر ها و سنسور ها به جز سنسور های دمایی بر طبق نوع گره 2- فیلتر داده های جمع اوری شده فراتر از منطقه پایش بر اساس موقعیتی جغرافیایی. به این ترتیب، عملکرد زمان واقعی تولید رویداد بهبود می یابد. با توسعه سیستم های ساختمان هوشمند، توسعه سریع رویداد ها و قواعد موجب می شوند تا موتور قاعده با دو مسئله اصلی مواجه شود: شیوه فیلتر حجم زیادی از رویداد های بی معنی و شیوه بهبود کارایی تطبیق قاعده. در این مقاله ما عوامل پویا (برای مثال، زمان و شرایط ترکیبی) را برای بهبود کارایی عملیاتی قواعد در نظر می گیریم. با در نظر گرفتن این که بسیاری از قواعد توسط شرایطی که متشکل از چندین رویداد به جای یک رویداد هستند تحریک می شوندف طراحی یک مکانیسم تطبیق قاعده کارآمد برای بهبود عملکرد زمان واقعی موتور قاعده، از اهمیت زیادی برخوردار است(3).

بسیاری از موتور های قوانین کسب و کار فعلی([4] CLIPS, [5] JESS, [6] DROOLS, [7] BizTalk) برای ایجاد انعطاف پذیری بهتر و کاهش هزینه طراحی، توسعه و تحویل نرم افزار استفاده می شوند. الگوریتم های سنتی از جمله RETE برای موتور قاعده(8-9-10)، عمدتا بر مکانیسم پردازش پیچیده موتور قاعده با یک مجموعه قاعده

بزرگ و توان عملیاتی پایین متمرکز هستند. با این حال، در سیستم های ساختمان هوشمند مبتنی بر WSAN، هزاران عملگر و حسگر تولید داده های فراوانی می کنند. همان طور که در شکل 1 نشان داده شده است، در سیستم های ساختمان هوشمند مبتنی بر WSAN، بسیاری از انواع حسگر ها برای جمع آوری اطلاعات محیطی استقرار می یابند و هر دستگاه الکتریکی مجهز به یک عملگر برای دریافت دستورات کنترل می باشد و هر کاربر از قواعد چندگانه برای ارائه خدمات مورد نیاز استفاده می کند. در نتیجه، رویداد های فراوانی دارد که موجب افزایش مقیاس مجموعه قواعد می شود. به علاوه، بسیاری از رویداد های فوری تولید شده در سیستم های ساختمانی هوشمند اغلب دارای ملزومات پاسخ زمان واقعی می باشند. موتور های قاعده موجود عمدتاً بر حوزه کسب و کار سنتی متمرکز بوده و مسئله بار داده ها را حذف می کند. به علاوه، این موتور ها به طور کلی بسیار سنگین هستند و قادر به مدیریت طیف وسیعی از رویداد ها و وقایع نمی باشند و به این ترتیب نمی توان آن ها را مستقیماً در سیستم ساختمان هوشمند مورد استفاده قرار داد. از سوی دیگر، الگوریتم های سنتی از جمله RETE نمی تواند متضمن انطباق سریع بین طیف وسیعی از رویداد ها و قواعد باشد و از این روی برای سیستم با طیف وسیعی از قواعد و رویداد های تولید شده، مناسب نیست.

در این مقاله که هدف آن بررسی سیستم های ساختمان هوشمند بزرگ مقیاس می باشد، ما یک موتور قاعده کارآمد را با بار داده ها و مجموعه قواعد بزرگ پیشنهاد می کنیم که قادر به تطبیق رویداد ها بوده و قواعد را در زمان واقعی اجرا می کند. اول، با تحلیل ویژگی های داده ها در یک سیستم ساختمان هوشمند، نتایج نشان داد که اگرچه داده های گزارش شده فراوان می باشند، فراوانی اجرای قواعد تحریک شده نسبتاً پایین است. با فیلتر کردن داده هایی که پردازش ناموفقی داشته اند، می تواند به یک موتور قاعده کارآمد دست یافت. به علاوه با افزایش مقیاس مجموعه قاعده، شرایط قاعده پیچیده تر شده و اجرای قواعد به طور مکرر تحریک می شود. از این روی، عملکرد موتور قاعده را می توان با تعدیل طرحهای اجرای قاعده بر طبق حالت های سیستم فعلی بهبود بخشید.

- برای سیستم ساختمان هوشمند بزرگ مقیاس حاوی رویداد ها و قواعد فراوان، ما یک موتور قاعده کارآمد را برای انطباق سریع بین رویداد ها و قواعد و اجرای قاعده طراحی می کنیم.

- ما یک جدول درهم سازی کامل کمینه را بر اساس MPHf ایجاد می کنیم که در آن مجموعه کلیدی متشکل از همه رویداد های تحریک کننده است. به عنوان یک جدول فیلترینگ موثر، جدول در هم سازی کامل کمینه، اکثریت داده های با پردازش غیر ضروری را تنها با سر بار زمان $O(1)$ حذف می کند. طرح انطباق موتور پیشنهادی ما بر اساس بازخورد انطباق قاعده به طور معنی داری موجب کاهش سر بار انطباق قواعد به طور تطبیقی می شود.
- ما موتور قاعده پیشنهادی را پیاده سازی کرده و در عین حال آن را با یک سیستم ساختمانی هوشمند واقعی تایید می کنیم. نتایج آزمایش نشان می دهد که راه حل ما موجب بهبود عملکرد اجرای قاعده حتی با داده های عظیم و مجموعه قاعده بزرگ می شود.

ادامه این مقاله به صورت زیر سازمان دهی شده است: ما در بخش دوم در مورد مرور منابع و کار های مرتبط صحبت می کنیم. بخش سوم به توصیف مقدمات می پردازد. موتور قاعده کارآمد پیشنهادی در بخش 4 توضیح داده شده است. بخش 5 به تحلیل پیچیدگی عملیاتی راه حل ما می پردازد. در بخش 6، ما یک مطالعه آزمایشی و شبیه سازی ها را مطرح می کنیم. بخش 7 نیز شامل نتیجه گیری است.

2- کار های مرتبط

در زمینه سیستم مبتنی بر قاعده، تحقیقات گسترده ای بر روی طرح پردازش (11-12) انجام شده اند. در رابطه با موتور قاعده، آن ها متشکل از دو بعد می باشند: الگوریتم های RETE و مکانیسم پردازش رویداد پیچیده. RETE یک الگوریتم کلاسیک برای موتور قاعده می باشد که توسط سی. فورجی در (8) و (13) پیشنهاد شده است. الگوریتم های RETE اولین بار در سیستم های تولید (9-14-15) به کار گرفته شدند. اخیراً، بسیاری از محققان توجه زیادی را به پیاده سازی و بهبود الگوریتم برای کاربرد های خاص معطوف کرده اند (16-17-18-19-20). در (16)، محققان، الگوریتم RETE را با یک طرح تطبیق بهبود بخشیدند که به سرعت منعکس کننده تغییرات در کسب و کار الکترونیک بوده و موجب پویا تر شدن و کارآمد تر شدن سیستم می شود. محققان در (17) یک نسخه ای از شبکه های RETE را پیشنهاد کرده اند که قادر به مدیریت فرایند استنباط عمومی است. این الگوریتم در بر گیرنده چندین نوع طرح برای استدلال با اطلاعات ناقص است. در (18)، برای حل مسئله کارایی پیاده سازی سیستم امنیتی یک سیستم اطلاعات شبکه، محققان یک الگوریتم RETE شی گرای پیشرفته و یک مدل ساختار شبکه جدید را پیشنهاد کرده اند. در (19)، برای حل مسئله الگوریتم RETE از حیث عملکرد و

انعطاف پذیری، محققان سه روش را برای بهبود الگوریتم RETE در موتور قاعده به کار گرفتند: تجزیه قاعده، درهم سازی گره آلفا و نمایه بندی گره بتا. در (20)، با استفاده از مکانیسم های اشتراک گره، پیش پردازش انواع و بهینه سازی جست و جوی مبتنی بر نمایه، محققان یک نسخه پیشرفته از الگوریتم RETE را پیشنهاد کرده اند، و RETE تحت شرایط چند قاعده ای و چند نهادی تست شده و به عنوان یک الگوریتم تطبیق کارآمد مطرح شد. با این حال، الگوریتم RETE عمدتاً برای فرایند انطباق الگو طراحی شد. شبکه های RETE محدود به عملیاتی نظیر یکی سازی و استخراج اطلاعات از پایگاه دانش می باشد. برای یک سیستم ساختمان هوشمند با پردازش جریان داده ها، الگوریتم RETE سنتی را نمی توان به طور مستقیم استفاده کرد.

با توسعه معماری رویداد محور و سرویس محور در WSAN، موتور قاعده معمولاً برای مدیریت قواعد همبستگی پیچیده با عملگر های مبتنی بر محتوی، زمانی و منطقی نیاز است. فناوری پردازش رویداد پیچیده معرفی شده است. در (10)، محققان، نسخه الگوریتم RETE را برای پشتیبانی از عملگر های زمانی با استفاده از معنای زمان پیشنهاد کرده و مسائل ایچاده با این نسخه و نیز روش شناسی مربوطه را ارائه کردند. در (21)، هم چنین محققان یک رویکرد کارآمد را برای جمع اوری زباله در الگوریتم RETE برای حذف رویداد ها پس از آن که نتوانستند محدودیت های زمانی خود را رفع کنند، پیشنهاد کردند. در (22)، برای پشتیبانی از بیان الگوهای حساس زمانی، محققان یک نسخه RETE را از طریق مفهوم داده های مهر زمانی و محدودیت های زمانی بین داده های گزارش شده پیشنهاد کرده اند که به برنامه ها امکان نوشتن قواعدی را می دهد که هر دو حقایق و رویداد ها را می نویسد. در (23)، محققان اقدام به طراحی، پیاده سازی و ارزیابی سیستمی کردند که کوثری های رویداد پیچیده را در استریم های زمان واقعی از RFID کد گذاری شده به صورت رویداد ها اجرا می کند. کوثری های رویداد پیچیده، رویداد ها را فیلتر کرده و آن ها را برای تطبیق الگو های خاص و تبدیل رویداد های مرتبط به رویداد های ترکیبی جدید جهت استفاده از برنامه های پایش خارجی مرتبط کردند.

در همه کار های تحقیقاتی فوق الذکر، طرح های پردازش رویداد پیچیده معمولاً با تلفیق پردازش رویداد با RETE معرفی می شوند. با این وجود، آن ها برای رفع ملزومات پاسخ سریع بسیار پیچیده و سنگین هستند. در مطالعه قبلی، سیستم تحلیل و پاسخ کال هوم (CHARS) (24) از روابط همجواری، ترکیب و همبستگی بین اجزای شبکه های مختلف و خدمات مبتنی بر نرم افزار برای انجام تحلیل علل ریشه ای بر روی پیام های خرابی جمع اوری

شده استفاده کرده است. از این روی این سیستم می تواند بین لوگوها و رویداد های شبکه و خدماتی برای شناسایی علل ریشه ای خرابی ها همبستگی برقرار کند. با این حال، سیستم CHARS بر فرایند انطباق قواعد بدون طرح انطباق قاعده سریع متمرکز است. در این مقاله، با تحلیل ویژگی های سیستم های ساختمان هوشمند، ما چندین رویکرد بهینه سازی را برای ایجاد یک زیر سیستم موتور قاعده کارآمد پیشنهاد می کنیم.

3- مقدمات

در این بخش، ما در ابتدا به معرفی سیستم قاعده در پلتفرم ساختمان هوشمند پرداخته و سپس تابع درهم سازی کامل کمینه MPHf را خلاصه سازی می کنیم که برای توسعه موتور قاعده استفاده می شود.

3-1 سیستم قاعده

کاربران از طریق سفارشی سازی خدمات خود، به سیستم ساختمان هوشمند دسترسی پیدا می کنند. سیستم قاعده می تواند این سرویس ها را به قواعد متناظر تبدیل کرده و تعارض هایی را میان این قواعد شناسایی می کنند که در شکل 2 نشان داده شده است. در صورتی که قاعده با قاعده موجود دیگر در دیتابیس تعارض داشته باشد، این قاعده اجرا نخواهد شد و این تعارض به کاربر گزارش می شود. در غیر این صورت، این قاعده در دیتابیس ذخیره می شود. وقتی که رویداد ها از حسگر ها گزارش می شوند، قاعده به مجموعه اجرای قاعده ارسال شده و توسط موتور قاعده اجرا می شود.

به منظور ارزیابی خدمات هوشمند، موتور اجرای قاعده یک مولفه مهم در سیستم ساختمان هوشمند می باشد. تشخیص تعارض قاعده برای اطمینان از صحت اجرای قاعده ضروری است. برای تایید تعارض قاعده، بیشتر مطالعات فعلی بر ساختار ذخیره ای خدمات و الگوریتم های تشخیص خطای آن ها (25-26) متمرکز بوده اند. در مطالعه قبلی (27)، ما یک روش تحلیل احتمال را برای ارزیابی امکان وقوع تعارض و ناهنجاری قواعد برای حل مسئله پیشنهاد می کنیم.

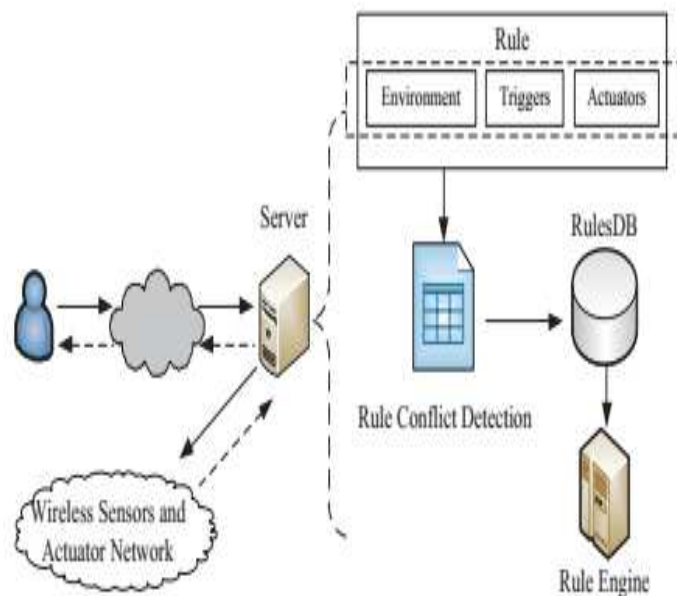
از سوی دیگر، در سیستم ساختمانی هوشمند، طیف وسیعی از سنسور ها و عملگر ها برای نمونه گیری اطلاعات محیطی و کنترل دستگاه های الکتریکی استفاده شده و تولید رویداد های زیادی می کنند. مدیریت همه این رویداد ها نیاز مند محاسبه پر هزینه ای می باشد. به علاوه، رویداد های فوری و اضطراری معمولاً نیازمند پاسخ زمان واقعی است. بر این اساس، ما یک موتور قاعده کارآمد را طراحی می کنیم. در این موتور قاعده، ما یک جدول

فیلترینگ را با تابع درهم سازی کامل کمینه برای فیلتر اکثریت رویداد های بی معنی ایجاد کرده و یک طرح انطباق موتور قاعده را برای کاهش سربار انطباق قاعده پیشنهاد می کنیم.

MPHF 2-3

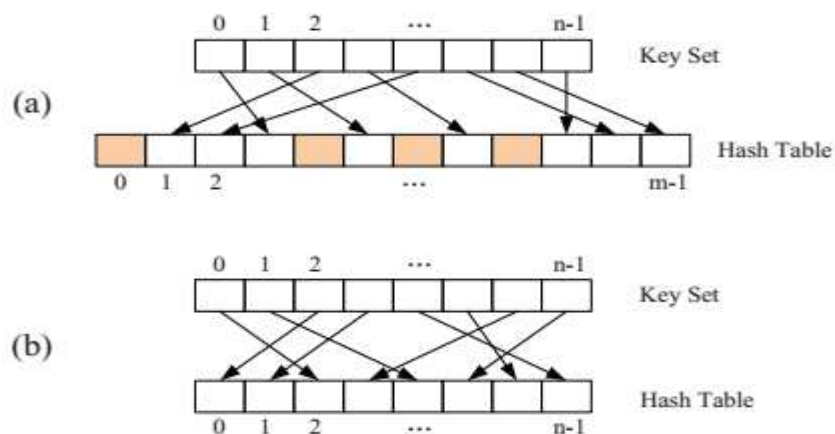
یک تابع در هم سازی کامل، یک مجموعه استاتیک از n کلید را بایستی در یک مجموعه از m عدد صحیح بدون تصادم نگاشته کند که در آن m کوچک تر از n نیست. در صورتی که $m=n$ باشد، تابع موسوم به تابع کمینه است. یک تابع درهم سازی کامل و یک تابع در هم سازی کامل کمینه (MPHF) در شکل 3 الف و ب به ترتیب نشان داده شده اند. توابع در هم سازی کامل کمینه به طور گسترده ای برای ذخیره حافظه و بازیابی سریع ایتام ها از مجموعه های استاتیک استفاده شده اند. در این مقاله ما MPHF را با استفاده از روش پیشنهادی در (28) بدست می آوریم.

الگوریتم مبتنی بر گراف های تصادفی می تواند تابع درهم سازی کامل کمینه h را بسازد. برای یک مجموعه از n کلید، خروجی های الگوریتم h در زمان مورد انتظار $O(n)$ قرار دارند. ارزیابی $h(x)$ نیازمند دو دسترسی حافظه برای هر کلید x بوده و توصیف h نیازمند 1.15 حرف کلمه است. مسئله اصلی در ایجاد جدول درهم سازی، انتخاب یک مجموعه کلیدی در MPHF باشد. به منظور ایجاد یک جدول فیلترینگ کارآمد، ما مجموعه قاعده را به شبکه بتا برای استخراج شرایط اتمی تبدیل کردیم. سپس، رویداد ها تحریک اتمی را می توان بر طبق موقعیت جغرافیایی، نوع رویداد و ID دستگاه بدست آورد. با در نظر گرفتن رویداد های تحریک کننده به عنوان یک مجموعه کلیدی، ما جدول فیلترینگ را بدست می آوریم.



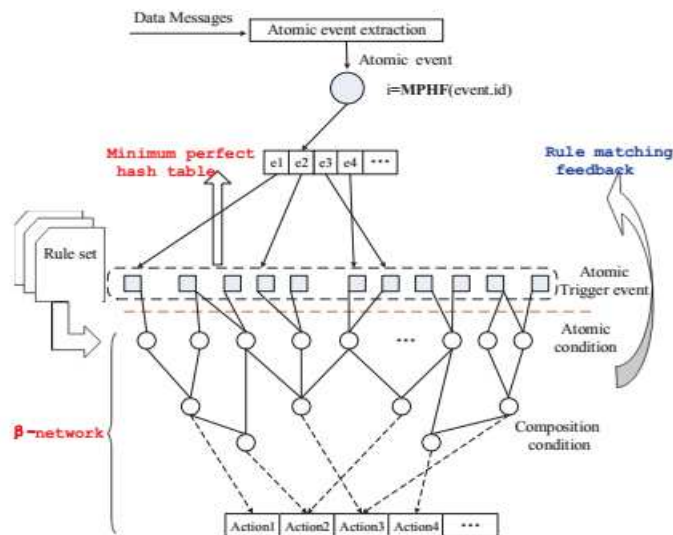
قاعده، محیط، محرک، تشخیص تعارض قاعده، قاعده DB، سرور، شبکه محرک و حسگر بی سیم، موتور قاعده

شکل 2: سیستم قاعده



مجموعه کلیدی، جدول درهم سازی،

شکل 3: مقایسه بین تابع درهم سازی کامل و MPHF (28) الف: تابع درهم سازی کامل ب: MPHF



پیام های مربوط به داده ها، استخراج رویداد اتمی، رویداد اتمی، جداول درهم سازی کامل کمینه، بازخورد تطبیق قاعده، مجموعه قاعده، شرایط ترکیب، شرایط اتمی، رویداد تحریک کننده اتمی،

شکل 4: ساختار موتور قاعده کارآمد پیشنهادی

4- موتور قاعده کارآمد

همان طور که در شکل 4 نشان داده شده است، موتور قاعده کارآمد پیشنهادی عمدتاً متشکل از سه جزء است: ماژول استخراج رخداد اتمی برای پیش پردازش داده های اضافی، جدول فیلترینگ با یک تابع درهم سازی کامل کمینه (MPHF) و طرح تطبیق پویا با پسخور تطبیق قاعده

در یک سیستم ساختمان هوشمند مبتنی بر WSAN، تعداد حسگر ها و عملگر ها برای جمع اوری داده های محیطی و کنترل دستگاه های الکترونیک استفاده می شود. برای اجتناب از سربار داده هایی که منجر به ازدحام شبکه یا تاخیر در انتقال می شود، انواع مختلفی از داده ها به شیوه های مختلف گزارش می شوند. از این روی، ما ماژول استخراج رخداد اتمی را معرفی می کنیم. بر طبق مجموعه قاعده، ما یک شبکه بتا را برای دست یابی به شرایط اتمی ایجاد می کنیم که از آن رویداد های تحریک کننده اتمی را می توان تجزیه کرد. با در نظر گرفتن رویداد های تحریک اتمی به عنوان مجموعه کلیدی MPHF، ما جدول درهم سازی کامل کمینه را ایجاد می کنیم که اکثریت رویداد های اتمی بلا استفاده را با سر بار زمانی $O(1)$ فیلتر می کند. از سوی دیگر، اجرای قاعده معمولاً توسط چندین شرایط تحریک می شود. ما به طور پویا، پارامتر پنجره زمانی جدول درهم سازی کامل کمینه را بر

طبق نتایج تطبیق قاعده در شبکه بتا تعدیل می کنیم. این طرح تطبیقی می تواند به طور معنی داری سربار تطبیق قاعده را کاهش دهد.

4-1 استخراج رخدادهای اتمی

در سیستم ساختمان هوشمند پیشنهادی، بسیاری از سنسورها برای پوشش دادن و جذب داده های محیطی گسسته نظیر دما، رطوبت، روشنایی و دی اکسید کربن مستقر شده اند. به دلیل تعداد کمی از داده ها، حالت گزارش دوره ای در برنامه های پایش محیطی استفاده می شود و چرخه را می توان پیکر بندی کرد. برای سنسور هایی که تولید حجم زیادی از داده های گسسته می کنند، حالت گزارش تفاضلی برای کاهش حجم داده ها در فرایند انتقال استفاده می شود. در برخی از زمینه های پایشی، سنسورها داده های خود را با استفاده از حالت گزارش آستانه گزارش می کنند یعنی سنسورها داده ها را زمانی گزارش می کنند که داده های سنجش شده از حد آستانه خاص تجاوز کنند. برای حسگر های تصویری و صوتی، مقدار داده ها بزرگ تر است از این روی حالت رویداد آگاه استفاده می شود. برای مثال، وقتی که فردی در کلاس با یک حسگر مادون قرمز پس از رفتن برق شناسایی می شود حسگر های صوتی و تصویری برای جمع آوری داده ها خاموش شده و این داده ای چند رسانه ای را برای انتقال فشرده سازی می کنند. از این روی داده های دریافت شده توسط موتور قاعده ممکن است حاوی داده های گسسته، داده های تفاضلی و داده های رسانه ای فشرده باشند. استفاده جامع از حالت عملیات سیستم متفاوت و روش های پردازش داده ها از ازدحام شبکه جلوگیری می کند. باری انطباق با منابع داده های مختلف، ما یک ماژول استخراج رویداد را برای تفکیک داده ها، ریکواری داده ها و تولید رویدادهای اتمی در موتور قاعده طراحی می کنیم.

تعریف 1: رخداد اتمی: یک رخدادی که توسط یک نوع داده در پیام داده تحریک شده و به صورت یک رخداد اتمی تعریف می شود.

برخی از گره های حسگر می توانند انواع مختلف داده ها را جذب کنند از این روی یک پیام داده می تواند در بر گیرنده انواع مختلف داده ها باشد. ماژول پیش پردازش داده ها بایستی داده ها را برای خلاصه سازی رویدادهای اتمی مجزا کند. برای مثال، در سیستم ساختمان هوشمند، حسگر دما، رطوبت و نور بر روی یک گره بی سیم قرار می گیرند. به این ترتیب، یک پیام داده شامل سه نوع داده و شناساگر های نوع داده می باشد. انواع مختلف داده ها

بایستی از هم تفکیک شوند و سپس این داده های تفکیک شده بر طبق حالت های گزارشی مختلف بازیابی شوند. برای داده ها با گزارش های تفاضلی، داده های بازیابی فعلی با مجموع تفاضل دریافت شده و داده های ریکواری قبلی محاسبه می شود. داده های فشرده (صدا و تصویر)، از طریق الگوریتم های تراکم زدایی و تراکم متناظر بازیابی می شوند. نوع ساده داده ها از یک حسگر ساده با ویژگی جغرافیایی را می توان به صورت یک رویداد اتمی تعریف کرد. شناسه رخداد یک رخداد اتمی شامل فیلدها و زمینه های اطلاعاتی موقعیت جغرافیایی، نوع رویداد و شناسه دستگاه می باشد. برای مثال، در سیستم ساختمانی هوشمند ما، شناسه دستگاه، آدرس MAC یک گره Zigbee، نوع رویداد می تواند به صورت صوتی، دما، رطوبت و نور باشد. و موقعیت جغرافیایی می تواند شامل یک ساختمان، یک طبقه و شماره اتاق باشد.

2-4 جدول فیلترینگ با MPHF

1-2-4 شبکه بتا

در طی ایجاد جدول فیلترینگ، ما ابتدا هر قاعده را پیش پردازش کرده و سپس مجموعه قاعده را به یک شبکه بتا تبدیل می کنیم. قاعده را می توان معمولاً با فرمول شبیه با $x_1 \wedge x_2 \wedge (x_3 \vee (y_1 \wedge y_2)) \rightarrow A_1$ بیان کرد که در آن x_i, y_i بیانگر شرایط بوده و A_i بیانگر عمل می باشد. ما می دانیم که هر فرمول گزاره ای را می توان به یک فرمول معادل در فرم طبیعی DNF تبدیل کرد برای مثال

$$(x_1 \vee y_1) \wedge (x_2 \vee y_2) \wedge \dots \wedge (x_n \vee y_n)$$

با برابر

$$(x_1 \wedge \dots \wedge \bar{x}_{n-1} \wedge x_n) \vee (x_1 \wedge \dots \wedge x_{n-1} \wedge y_n) \vee \dots \vee (y_1 \wedge \dots \wedge y_{n-1} \wedge y_n)$$

از طریق پیش پردازش، قاعده $x_1 \wedge x_2 \wedge (x_3 \vee (y_1 \wedge y_2)) \rightarrow A_1$ به صورت زیر انتقال داده می شود

$$x_1 \wedge x_2 \wedge (x_3 \vee (y_1 \wedge y_2)) \rightarrow A_1$$

⇓

$$(x_1 \wedge x_2 \wedge x_3) \vee (x_1 \wedge x_2 \wedge y_1 \wedge y_2) \rightarrow A_1$$

⇓

$$(x_1 \wedge x_2 \wedge x_3) \rightarrow A_1$$

$$(x_1 \wedge x_2 \wedge y_1 \wedge y_2) \rightarrow A_1$$

قاعده $x_1 \wedge x_2 \wedge (x_3 \vee (y_1 \wedge y_2)) \rightarrow A_1$ به دو قاعده اتمی تجزیه می شود.

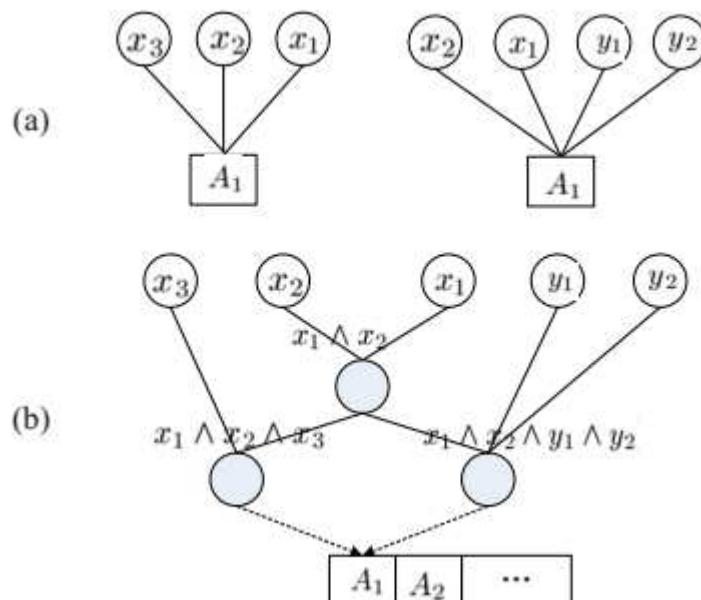
تعریف 2: قاعده اتمی: عمل با چندین شرایط تحریک می شود. قاعده اتمی می تواند تنها زمانی اجرا شود که شرایط به طور همزمان برآورده شود. به عبارت دیگر، در ورته که تنها عملیات \wedge در میان شرایط وجود داشته و قاعده، یک قاعده اتمی می باشد.

بر اساس تبدیل DNF، ما یک قاعده پیچیده را به قاعده اتمی چندگانه تجزیه می کنیم که مبنایی برای بهینه سازی موتور قاعده است. بر طبق ویژگی های DNF، ما ویژگی های زیر را بدست می آوریم.

ویژگی 1: در فرایند اجرای قاعده، قواعد اتمی مستقل از هم می باشند. قواعد اتمی را می توان به طور موازی تجزیه کرد.

سپس، بر اساس قواعد اتمی در یک مجموعه قواعد، ما یک شبکه بتا را ایجاد می کنیم. هر قاعده اولین بار به یک درخت تبدیل می شود. عمل ریشه بوده و شرایط اتمی، گره های برگ می باشند. ما درخت قاعده را بهینه سازی کرده و شرایط اتمی را به شرایط تجزیه تبدیل کرده و شبکه بتا را با اصل تسهیم ایجاد می کند.

تعریف 3: شرایط اتمی: شرایط اتمی یکی از مولفه های اصلی قاعده اتمی است که دیگر تجزیه پذیر نیست.



شکل 5: تبدیل از یک مجموعه قاعده به شبکه بتا الف: فرمت درختی قاعده اتمی ب: شبکه بتا

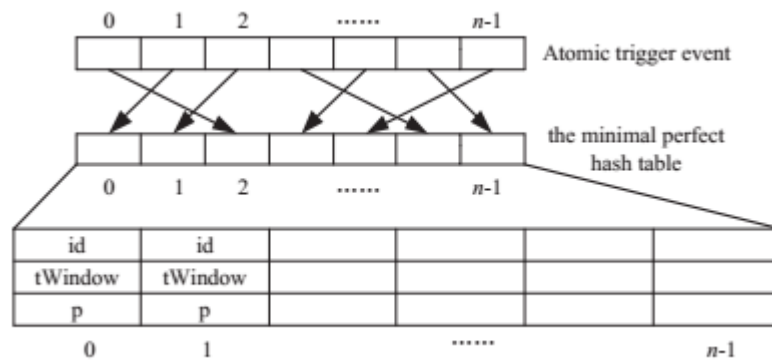
تعریف 4: شرط ترکیب: شرط ترکیب دربر گیرنده یک یا چند شرط اتمی و شرایط ترکیب چندگانه یا صفر است. شرط ترکیب می تواند منجر به عمل نهایی شود. فرض کنید که C_i, a_i اشاره به شرط ترکیب و شرط اتمی دارد. شرط ترکیب را می توان با معادله منظم $(a_i)(\wedge a_i) * (\wedge C_i)$ بیان کرد.

ما از یک مثال برای توصیف تبدیل از مجموعه قاعده به شبکه بتا استفاده می کنیم. همان طور که در شکل 5 نشان داده شده است قواعد اتمی $(x_1 \wedge x_2 \wedge x_3) \rightarrow A_1$ و $(x_1 \wedge x_2 \wedge y_1 \wedge y_2) \rightarrow A_1$ به ترتیب به دو درخت قاعده تبدیل می شوند. سپس $x_1 \wedge x_2$ به صورت شرط ترکیب مشترک استخراج می شود. شبکه بتا متشکل از سه بخش است: شرط اتمی، شرط ترکیب و عمل. در شبکه بتا، شرط اتمی به عنوان یک گره دستگاه عمل می کند، شرط ترکیب به عنوان یک مسیر یاب عمل کرده و عمل بیانگر مقصد یک قاعده است. ما استنباط می کنیم که گره های دستگاه شبکه بتا حاوی همه شرایط اتمی در مجموعه قاعده است.

2-2-4 جدول درهم سازی کامل کمینه

سپس با استفاده از شرایط اتمی شبکه بتا، ما یک جدول فیلترینگ کارآمد را طراحی می کنیم که می تواند داده های غیر مفید را با پیچیدگی زمانی $O(1)$ فیلتر کند. در یک سیستم خاص، شرایط اتمی معمولاً متشکل از یک یا چند رویداد است. برای مثال، شرط اتمی دمای میانگین بزرگ تر از 25 درجه بوده و به این معنی است که ما بایستی رویدادها را از چندین حسگر دمایی در یک دوره تلفیق کنیم. با تحلیل شرایط اتمی و ویژگی های منبع رویداد در سیستم، می توان ارتباط بین شرایط اتمی و رویداد های تحریک کننده اتمی را ایجاد کرد. همان طور که در بالا گفته شد، در یک شبکه بتا، تنها عملیات منطقی در میان شرایط اتمی وجود دارد. یک شرط اتمی را می توان با رویداد های محرک اتمی چندگانه تحریک کرد و رویداد محرک اتمی می تواند شرایط اتمی مختلف را تحریک کند.

تعریف 5: رویداد محرک اتمی: یک رویداد تجزیه شده از شرایط اتمی بر طرف موقعیت جغرافیایی، نوع رویداد و شناسه دستگاه. این رویداد را می توان به صورت یک رویداد محرک اتمی تعریف کرد. یک یا چند رویداد محرک اتمی را می توان برای ایجاد یک شرط اتمی تلفیق کرد.



رویداد محرک اتمی، جدول درهم سازی کامل کمینه

شکل 6: معماری جدول هش کامل کمینه

رویداد محرک اتمی از شرایط اتمی با انواع مختلف رویداد ها، موقعیت جغرافیایی و شناسه دستگاه استخراج می شود. این یک رویدادی است که از یک نوع ساده از داده های گزارش شده از یک گره محرک یا حسگر تولید می شود. با رویداد های محرک اتمی تجزیه شده از شرایط اتمی، ما جدول در هم سازی کامل کمینه را با استفاده از MPHF در (28) ایجاد می کنیم. در صورتی که مجموعه قاعده تغییر کند و رویداد های محرک اتمی به طور متناظر تغییر کند، جدول درهم سازی کامل کمینه بایستی به دلیل مجموعه کلیدی باز سازی شود که متشکل از همه رویداد های محرک اتمی می باشد.

معماری جدول در هم سازی کامل کمینه در شکل 6 نشان داده شده است. هر ایتیم جدول متشکل از سه فیلد است: id ، $tWindow$ و p . فیلد id برای شناسایی یک رویداد محرک اتمی استفاده می شود که می تواند ترکیبی از موقعیت جغرافیایی نوع رویداد و شناسه دستگاه باشد. فیلد $tWindow$ بیانگر یک دوره زمانی است که در آن یک رویداد خاص معتبر می باشد. فیلد p یک اشاره گر است که اشاره به یک رویداد محرک اتمی در اداپتور طراحی شده دارد.

همان طور که در شکل 4 نشان داده شده است، وقتی که یک رویداد اتمی e حاصل می شود، ما شاخص i را از این رویداد اتمی با $MPHF(e.id)$ محاسبه کرده و سپس ایتیم متناظر $H(i)$ را از جدول درهم سازی بدست می آوریم. در صورتی که $H(i).id$ معادل با $e.id$ می باشد، این رویداد یک رویداد بدون کاربرد بوده و از موتور قاعده حذف می شود. در غیر این صورت ما بایستی تحلیل کنیم که آیا زمان وقوع رویداد با فیلد $H(i).tWindow$

معتبر است یا خیر. فیلد $tWindow$ می تواند به طور پویا به روز رسانی شود. روش به روز رسانی در بخش بعدی توصیف شده است. ما در الگوریتم 1 به توصیف الگوریتم فیلترینگ رخداد می پردازیم.

الگوریتم فیلترینگ پیشنهادی با جدول درهم سازی کامل کمینه می تواند به تشخیص پیام های داده های بی معنی با هزینه زمان $O(1)$ و مقدار کم ذخیره کمک کند. بر اساس آزمایشات، می توان گفت که بیش از 88 درصد پیام های بدون کاربرد می توانند فیلتر شوند. همان طور که در بالا گفته شده است، جدول در هم سازی کامل کمینه بایستی با به روز رسانی مجموعه قاعده باز سازی شود. خوشبختانه، از یک سو، مجموعه قاعده بایستی به طور مکرر به روز رسانی شوند. از سوی دیگر، نتایج آزمایش نشان می دهد که وقتی یک میلیون رویداد محرک اتمی در یک مجموعه قاعده وجود دارد، زمان متوسط ساخت MPHf حدود $6.1 \pm 0.3s$ است که می توان آن را در یک سیستم ساختمانی هوشمند نادیده گرفت.

الگوریتم 1: الگوریتم فیلترینگ

ایجاد MPHf با رویداد های محرک اتمی

ایجاد یک جدول درهم سازی کامل کمینه

در زمان انجام قاعده 1

اگر مجموعه قاعده به روز رسانی شود آنگاه

MPHF و جدول فیلترینگ به روز رسانی می شود

در صورتی این الگوریتم به پایان می رسد که

یک رویداد اتمی e را دریافت کند

$i = MPHf(e.id)$

اگر $e.time \&\& e.id == H(i).id$ در $H(i).tWindow$ نباشد آنگاه

– موتور قاعده با $e.p$ تحریک می شود

– و در صورتی به پایان می رسد که

– به روز رسانی فیلد $tWindow$ در جدول فیلترینگ چک شود.

3-4 طرح تطبیق پویا با بازخورد تطبیق قاعده

بیشتر پیام های داده بی معنی با جدول فیلترینگ پیشنهادی حذف می شوند. رویداد های شناسایی شده از مولفه ها و اجزای مهم شرایط اتمی می باشند. چون اجرای قاعده معمولاً با شرایط چندگانه تحریک می شود، وقتی یک شرط برقرار نباشد، تبدیل شرایط اتمی دیگر در شبکه بتا بی معنی خواهد بود. این بدین معنی است که رویداد های شناسایی شده به ندرت به مقصد در شبکه بتا می رسند. از این روی تشخیص و توقف تبدیل بدون کاربرد موجب بهبود عملکرد موتور قاعده می شود. در همین راستا ما یک طرح تطبیق پویا را با بازخورد تطبیق قاعده پیشنهاد می کنیم.

در یک سیستم ساختمان هوشمند، حسگر ها داده ها را به طور دوره ای گزارش می کنند. ما یک رویداد رخ داده در یک دوره گزارش دهی را به صورت یک رویداد غیر معتبر برای دوره گزارش دهی دیگر در نظر می گیریم. طرح های تطبیق عمدتاً بر اساس دوره زمانی انجام می شوند. همان طور که در شکل 4 نشان داده شده است وقتی که یک شرط برقرار نباشد، می توان دوره زمانی موثر شرط برآورده نشده را بدست آورد. سپس ما رویداد های محرک اتمی متأثر از شرط برقرار نشده را جست و جو کرده و یک بازخورد تطبیق قاعده را برای به روز رسانی فیلد tWindow رویداد ها در جدول فیلترینگ ارسال می کنیم. در این صورت، تبدیل شرایط اتمی متناظر در جدول فیلترینگ متوقف شده و سربار تطبیق قاعده کاهش می یابد. طرح تطبیق دقیق در الگوریتم 2 نشان داده شده است.

در طرح تطبیق پیشنهادی، الگوریتم جست و جوی رویداد های محرک اتمی یکی از مهم ترین مولفه هاست. رویداد های محرک اتمی تحت تاثیر شرایط اتمی برقرار نشده است. با شروع از شرط اتمی ناموفق، ما از شبکه بتا رد شده و سپس رویداد های محرک اتمی را می یابیم. در صورتی که یک رویداد دارای گره های نیایی یکسان با شرایط اتمی برقرار نشده باشد، این رویداد به صورت یک رویداد محرک اتمی متأثر در نظر گرفته می شود. ما از یک مثال برای تشریح الگوریتم جست و جو استفاده می کنیم.

الگوریتم 2: طرح تطبیق پویا

دریافت یک رویداد اتمی:

تبدیل به شرایط اتمی متناظر

به ازای هر شرایط اتمی متناظر

اگر شرط برقرار نباشد انگاه

دامنه زمانی موثر استخراج می شود

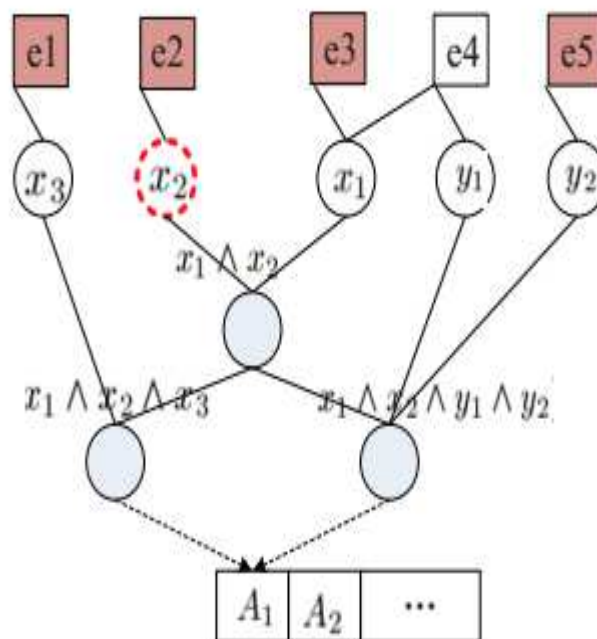
رویداد های اتمی متاثر از شرایط برقرار نشده جست و جو می شود

ارسال بازخورد تطبیق قاعده

ادامه

پایان الگوریتم در صورتی که

به شرط ترکیب تبدیل شود



شکل 7: الگوریتم جست و جوی رویداد های اتمی متاثر از شرایط اتمی برقرار نشده

همان طور که در شکل 7 نشان داده شده است، وقتی که شرط اتمی x_1 نتواند با رویداد e2 برقرار شود، ما از

گره های نیایی در شبکه بتا عبور می کنیم. گره ترکیب $x_1 \wedge x_2$ تنها گره مادر x_1 بوده و x_1 تنها گره مادر

e_3 است. از این روی e_3 به عنوان یکی از رویداد های محرک اتمی هدف در نظر گرفته می شود. رویداد e_4 به این دلیل حذف می شود که دارای دو والد x_1 و y_1 می باشد و y_1 تحت تاثیر شرایط برآورده نشده قرار نمی گیرد. به طور مشابه برای گره های ترکیب $x_1 \wedge x_2 \wedge x_3$ و $x_1 \wedge x_2 \wedge y_1 \wedge y_2$ ، e_1 و e_5 به عنوان رویداد های گره محرک اتمی هدف در نظر گرفته می شود.

با توسعه سیستم ساختمان هوشمند، حجم زیادی از داده ها گزارش شده و مجموع قاعده افزایش می یابد. از آزمایش توصیف شده در بخش 6، ما به این نتیجه رسیدیم که وقتی مقدار رویداد ها و مقیاس مجموع قاعده کوچک باشد، عملکرد پردازشی موتور قاعده پیشنهادی بهتر از الگوریتم RETE و طرح سنتی است. با افزایش تعداد رویداد ها، برتری راه حل ما چشم گیر تر است. به علاوه، هزینه زمانی راه حل ما بسیار کم تر از دو مورد دیگر با افزایش اندازه مجموع قاعده است.

5- پیچیدگی عملیاتی

در این بخش ما به تحلیل پیچیدگی محاسباتی موتور قاعده پیشنهادی پرداخته و آن را با طرح سنتی اجرای قاعده متوالی از طریق پایگاه قاعده و الگوریتم RETE مقایسه می کنیم. فرض کنید که N بیانگر تعداد قواعد در یک مجموعه قاعده باشد و n بیانگر تعداد شرایط اتمی باشد. ما ابتدا اقدام به ارزیابی پیچیدگی زمانی و مکانی طرح پیشنهادی می پردازیم. ارزیابی پیچیدگی زمانی شامل دو بعد است: فیلترینگ رویداد و تطبیق قاعده. فرض کنید که C_t بیانگر پیچیدگی زمانی باشد، آنگاه می توان معادله زیر را بدست آورد:

$$C_t = O(1) + O(\mu \log_2 n) \quad (1)$$

که $0 < \mu < 1$ یک ضریب دینامیک است.

الگوریتم 3: الگوریتم جست و جوگر

بدست آورد شرایط اتمی برقرار نشده C

$P=C$

اگرچه p یک یک گره عمل نیست

به ازای هر فرزند، x_i ، از هر گره p

در صورتی که p تنها مادر X_i باشد انگاه

X_i وارد مجموعه S می شود

و در صورتی به پایان می رسد که

و به ازای

هر رویداد محرک اتمی e_i به پایان می رسد

- در صورتی که همه گره های مادر e_i در مجموعه S باشد

- انگاه

- e_i تحت تاثیر قرار می گیرد

- و در صورتی به پایان می رسد که

- و به ازای

- والد $p=p$ به پایان می رسد

فیلترینگ رویداد با جدول درهم سازی انجام می شود. ما می دانیم که عملکرد جست و جوی جدول درهم سازی بهترین است. از این روی فیلترینگ را می توان با هزینه زمانی $O(1)$ انجام داد. برای تطبیق قاعده، ما بایستی از یک درخت با همه شرایط اتمی عبور کنیم. گره های برگ در درخت متشکل از همه شرایط اتمی هستند. هزینه زمانی گذار از یک درخت $O(\log_2 n)$ (29) می باشد. با این حال، همان طور که در بخش 3 ب گفته شد، وقتی که طرح تطبیق پویا انجام می شود، بسیاری از پیام های داده ها را می توان با پنجره زمانی فیلتر کرد. هزینه زمانی تطبیق قاعده را می توان با $O(\mu \log_2 n)$ نشان داد. ضریب پویای μ بیانگر تاثیر بازخورد تطبیق قاعده است. هم چنین، ما اقدام به ارزیابی هزینه مکانی طرح پیشنهادی می کنیم که در بر گیرنده جدول فیلترینگ و شبکه بتا است. برای جدول فیلترینگ، این تنها نیازمند n مولفه برای احیای شرایط اتمی می باشد (28). برای شبکه بتا که یک ساختار درختی است، هزینه مکانی $2n-1+N$ است. از این روی پیچیدگی مکانی را می توان با معادله زیر ارزیابی کرد

$$C_s \approx [n + (2n - 1 + N)] \times A \quad (2)$$

که A بیانگر هزینه حافظه ثابت برای هر مولفه است (رویداد اتمی، شرایط اتمی و عمل). سپس، ما به تحلیل عملکرد الگوریتم RETE می پردازیم. همان طور که در 16 گفته شد، پیچیدگی های زمانی و مکانی به شرح زیر خواهد بود:

$$C_t = O(m) + O(\log_2 n) \quad (3)$$

$$C_s \approx [m + (2n - 1 + N)] \times A \quad (4)$$

که m بیانگر تعداد شرایط استاتیک در مجموعه قاعده است.

در الگوریتم RETE، تعداد شرایط استاتیک تعیین کننده هزینه زمانی گذار از شبکه الفا است. در عین حال، هیچ گونه فیلترینگ رویداد در شبکه الفا وجود ندارد. در مقایسه با طرح پیشنهادی، الگوریتم RETE زمان بیشتری را بر روی فیلترینگ رویداد و تطبیق قاعده صرف می کند. تفاوت هزینه مکان بر عکس در این جا اندک است. در نهایت ما به تحلیل طرح تجزیه سنتی اجرای قاعده متوالی از طریق پایگاه قاعده می پردازیم و پیچیدگی های زمانی و مکانی را به صورت زیر بدست می آوریم

$$C_t = O(m + n) \quad (5)$$

$$C_s \approx N \times B \quad (6)$$

که B هزینه حافظه تقریبی یک قاعده است

برای هر پیام داده گزارش شده، طرح سنتی از همه قواعد عبور می کند که به معنی هزینه زمان بیشتر است. همه قواعد در مجموعه قاعده در حافظه حفظ می شود.

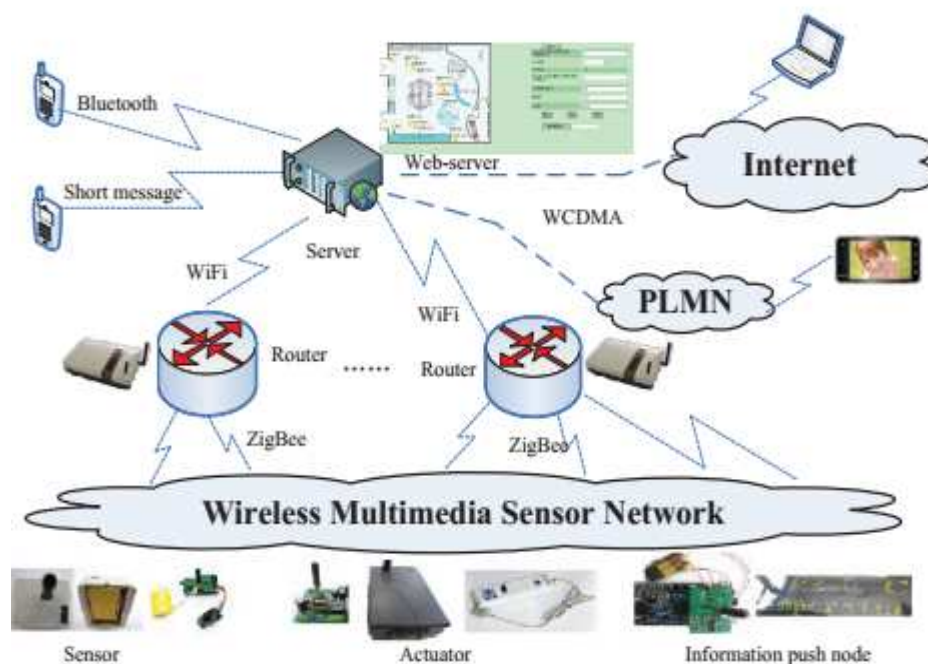
بر اساس تحلیل عملکرد فوق، بدیهی است که طرح ما عملکرد بهتری از طرح سنتی و الگوریتم RETE دارد.

6- آزمایشات

برای ارزیابی عملکرد طرح پیشنهادی، ما آن را بر روی یک پلتفرم ساختمان هوشمند عملی اجرا می کنیم.

6-1 معرفی پلتفرم

ما با هدف ارایه یک محیط زندگی راحت و آرام با حداقل مصرف انرژی، از سیستم ساختمان هوشمند مبتنی بر WSN در یکی از ساختمان های مدارس که در شکل 8 نشان داده شده است استفاده می کنیم. گره های حسگر توانایی سنجش انواع مختلف اطلاعات محیطی نظیر دما، رطوبت، شدت نور، اطلاعات صوتی و تصویری می باشد که هر یک از آن ها را می توان به روتر از طریق شبکه چند هاپ زیگی انتقال داد. یک روتر به طور خودکار، شبکه زیگ بی را تشخیص می دهد به طوری که موجب توسعه مقیاس شبکه می شود. روتر نقش درگاه را ایفا می کند به طوری که پیام ها را از شبکه زیگ بی به یک شبکه وای فای انتقال داده و اطلاعات را به سرور ارسال می کند. پس از دریافت داده ها از روتر ها، سرور این داده ها را با قاعده تعریف شده توسط کاربر تحلیل می کند. وقتی که این قاعده ها تطبیق داده می شوند، سرور دستورات کنترلی را به محرک ارسال می کند. با توسعه مقدار رویداد ها و قواعد، سیستم قاعده با مسائلی از جمله تعارض قاعده و کارایی عملیاتی پایین مواجه می شود. به همین دلیل، موتور قاعده در سرور برای اطمینان از عملیات موثر سیستم استقرار می یابد.



بلوتوث، پیام کوتاه، وای فای، سرور، سرور وب، اینترنت، روتر، شبکه حسگر چند رسانه ای بی سیم

شکل 8: معماری یک سیستم ساختمان هوشمند(2)

به طور ویژه، این پلتفرم متشکل از 200 حسگر دما 160 حسگر نور، 100 حسگر رطوبت، 40 حسگر صوتی، 20 حسگر تصویری و 200 محرک است. همان طور که در جدول 1 نشان داده شده است، حسگرها و محرکها بر طبق تراشه پردازش STM32F103 و CC2530 RF طراحی می‌شود. سپس روتر با تراشه پردازش AT91SAM7X256، ماژول CC2530 RF و ماژول وای فای طراحی می‌شود و سرور متشکل از Intel Core2 Duo P8400، حافظه دو گیگ، ماژول وای فای و کارت اترنت 100M است.

در سناریوهای کاربرد واقعی، چندین گره حسگر می‌توانند به طور هم‌زمان رویدادها را سنجش کنند یعنی بسیاری از پیام‌ها شامل سیگنال رویداد یکسان می‌باشند. از سوی دیگر، اطلاعات ارزیابی شده توسط گره‌های حسگر به دلیل سنجش خرابی اجزا یا تداخل خارجی غلط است. از این روی در این پلتفرم، ما از چارچوب تجمیع داده‌های پیشنهادی در کارهای قبلی استفاده کنیم (30). یک روتر به عنوان یک ترکیب کننده، داده‌های گزارش شده از گره‌های حسگر را بر طبق همبستگی مکانی و زمانی ترکیب می‌کند و میزان اعتبار نتایج را محاسبه می‌کند. سپس، پیام‌های انتقال از روترها به سرور، نتایج ترکیبی می‌باشد. این چارچوب نه تنها موجب کاهش توان عملیاتی انتقال داده‌ها می‌شود، بلکه موجب کاهش اثر داده‌های خطا شده و اعتبار مناسبی را برای نتایج ترکیبی ارائه می‌کند. جزئیات بیشتر در منبع 30 ارائه شده است.

2-6 مجموعه قاعده

در هر سیستم، قواعد توسط کاربران بر روی صفحات وب یا دستگاه‌های پایانه ایجاد می‌شوند. فرمت قاعده و صفحه وب بایستی تا حد امکان کوتاه باشد تا به کاربران غیر حرفه‌ای در تنظیم قواعد کمک کند. شکل 9 صفحه وب ایجاد قواعد را نشان می‌دهد. سمت چپ استقرار همه حسگرها و محرکها در یک اتاق را نشان می‌دهد. سمت راست، تداخلی را نشان می‌دهد که کاربر در اصلاح و حذف قواعد ایجاد کرده است. ما شرایط همه خانه‌ها را بررسی کرده و قواعدی را برای کنترل لوازم ساختمانی پیکر بندی می‌کنیم. به عنوان مثال شکل 10 لیست قواعد را در اتاق شماره 902 بر روی طبقه نهم ساختمان آموزشی شماره 3 نشان می‌دهد. کاربران به آسانی قادر به مشاهده همه قواعد و جزئیات هر قاعده می‌باشند.

ما از فرمت XML به عنوان قاعده‌ای استفاده می‌کنیم که ساختار داده‌ها را برای تسهیل تطبیق قاعده استفاده می‌کند. با تگ‌ها و شناسه‌های خود توضیح، همه اطلاعات در مورد یک قاعده را رسمی سازی می‌کنیم از

جمله ویژگی های استاتیک (محل کنترل و زمان اجرا)، سرویس های دینامیک (محتوی سرویس، رویداد محرک و اطلاعات عمل)، دستورات اختیاری و سایر اطلاعات مربوط به کاربر. به منظور اجرای اسان قواعد، ما فیلد های مربوطه را از فرمت XML استخراج کرده و آن را به فرمت قابل استفاده در دیتابیس قاعده تبدیل می کند. یک مثال در شکل 11 نشان داده شده است.

سیستم ساختمانی هوشمند تقریبا دو سال در محیط آموزشی ما اجرا شده است و بیش از 30000 قاعده را در دیتابیس قاعده ذخیره کرده است. مطالعه موردی زیر بر اساس پلتفرم است.

3-6 مطالعه موردی برای طرح تطبیق دینامیک

ما از دو قاعده برای بررسی طرح تطبیق دینامیک در حال اجرا استفاده می کنیم.

فرض کنید R1 رطوبت < 60 درصد رطوبت نسبی \wedge دما < 30 درجه \wedge مادون قرمز = 1- در دمای هوای 25 درجه روشن می شود.

R2: دما < 30 درجه \wedge مادون قرمز = 1 \wedge زمان (8-23) - روشن شدن در شرایط دمایی 25 درجه



شکل 9: نمودار ایجاد قاعده

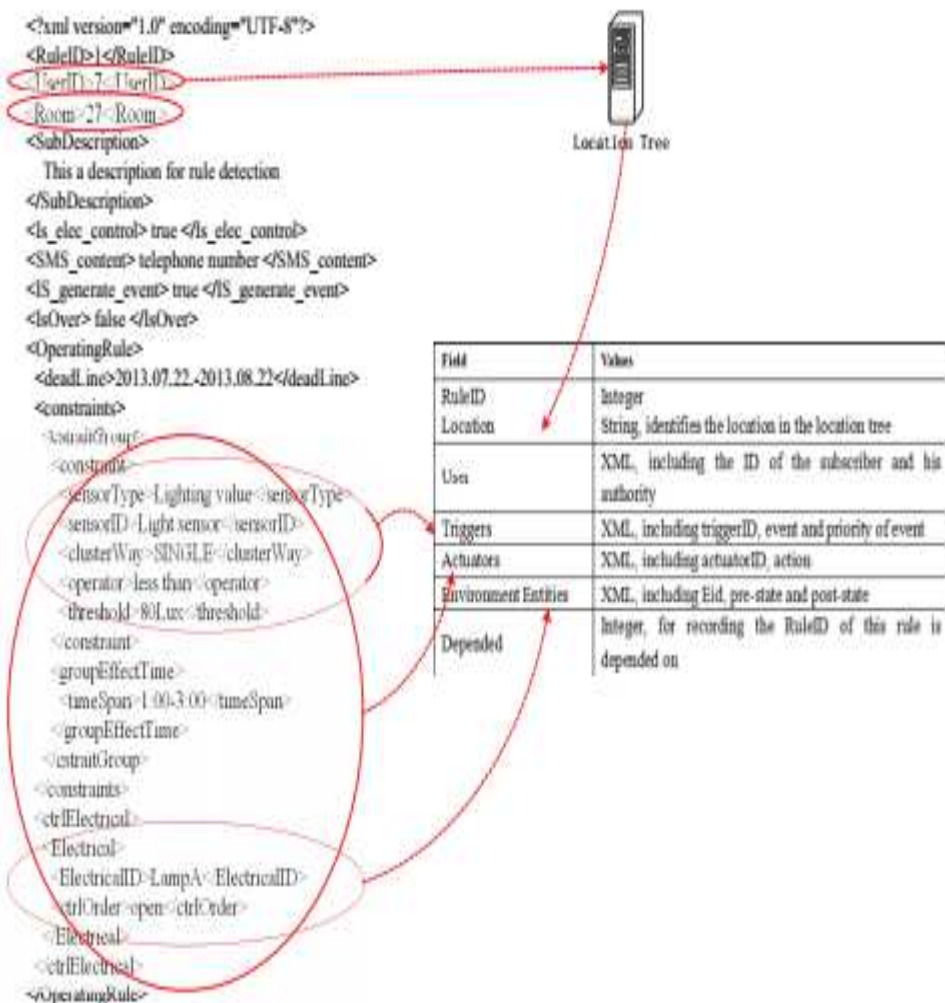
Show 10 entries

Rule Description	Time	Type	Username	Operation
if 27°C 60%RH then open Air-condition to 24°C	2013-07-25 16:56:05	rule service	superadmin	Show Details
if 30°C < Temperature < 40°C & Infrared=1 then open Air-condition w to 25°C	2013-06-25 09:53:49	rule service	superadmin	Show Details
if Humidity < 30%RH & Infrared=1 then open Humidifier	2013-03-04 11:54:56	rule service	superadmin	Show Details
If Humidity>60%RH & Temperature>30°C & Infrared=1, then, Turn on air condition to 25°C	2012-04-15 07:35:21	rule service	superadmin	Show Details
if Illumination<350lux & Infrared=1 then open light	2012-06-03 18:27:31	rule service	superadmin	Show Details
if node Temperature > 40°C then open air condition to 25°C	2012-06-01 15:19:20	rule service	superadmin	Show Details
If Temperature>30°C & Infrared=1 & T∈(8, 23), then, Turn on air condition to 25°C	2011-08-28 12:31:05	rule service	superadmin	Show Details

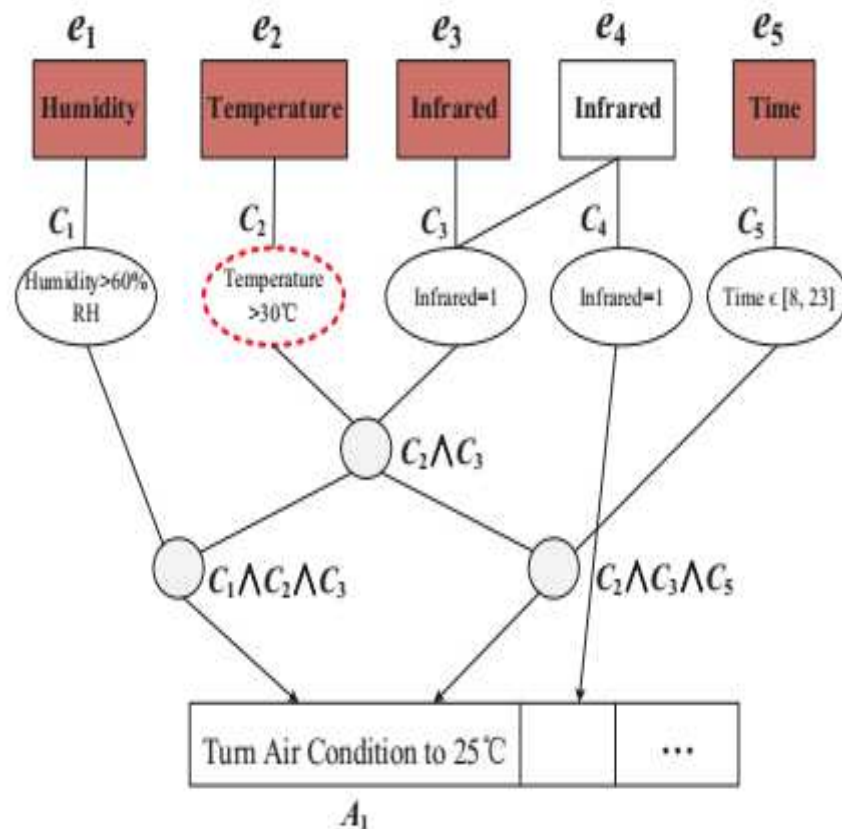
Showing 1 to 7 of 7 entries

◀ Previous Next ▶

شکل 10: لیست قاعده



شکل 11: مثالی از ساختار داده قاعده



تنظیم شرایط دمایی به 25 درجه، دما، رطوبت، مادون قرمز، مادون قرمز، زمان

شکل 12: مورد جست و جوی رویداد های اتمی متاثر از شرایط اتمی

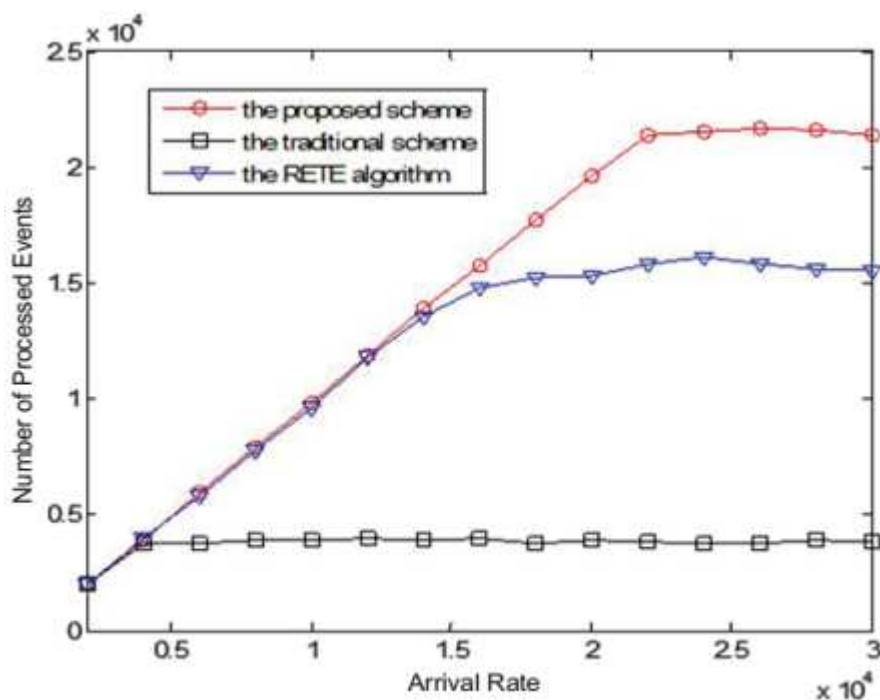
همان طور که در شکل 12 نشان داده شده است، ما قواعد را به یک شبکه بتا تبدیل می کنیم. هر دو R1 و R2 مشکل از سه شرط اتمی یک عمل می باشند که در آن دمای بالاتر از سی درجه و ماون قرمز=1 می تواند به صورت یک شرط ترکیب رایج استخراج شود ما از C_1, C_2, C_3, C_4, C_5 برای نشان دادن شرایط اتمی در شبکه بتا و e_1, e_2, e_3, e_4, e_5 برای بیان رویداد های متناظر با شرایط استفاده می کنیم. در صورتی که e_2 یک رویداد دمایی 28 درجه را دریافت کند، به این معنی است که شرط تطبیق C2 برآورده نشده است. بر طبق الگوریتم تطبیق پویای پیشنهادی، که از C2 شروع می شود، کل شبکه بتا برای جست و جوی گره های نیایی C2 طی می شود. در ابتدا $C_2 \wedge C_3$ به صورت گره نیایی C2 در نظر گرفته می شود و در عین حال تنها گره نیایی رویداد مادون قرمز e_3 است. از این روی e_3 به صورت یک شی فیلترینگ الگوریتم قضاوت می شود. با این حال، e_4 حذف می شود زیرا دارای دو گره نیایی C3-C4 بوده و C4 تحت تاثیر C2 قرار نمی گیرد. در عین حال ما گره

نیایی سطح بالای $C_2 - C_1 \wedge C_2 \wedge C_3$ و $C_2 \wedge C_3 \wedge C_4$ را می یابیم و رویداد های فیلترینگ هدف E1 و E5 را بدست می آوریم. این نشان می دهد که وقتی تطبیق C2 با شکست مواجه شود، سیستم ، رویداد های متناظر شرایط C1-C3-C5 برای پیش گیری از تطبیق آن ها را فیلتر می کند. به این صورت زمان اجرا را می توان کاهش داد و اثر بخشی سیستم را می توان بهبود بخشید.

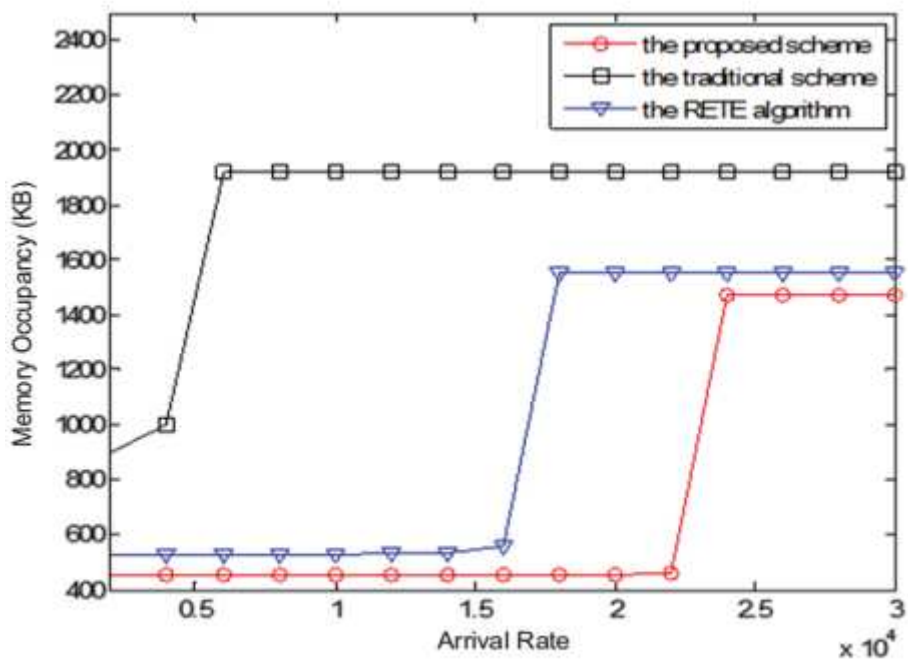
4-6 ارزیابی عملکرد

در سیستم ساختمان هوشمند، در طی فرایند عملیات طبیعی، ما چرخه را برای حالت گزارش چرخه ای یا دوره ای به صورت 1 ثانیه تنظیم می کند یعنی نرخ ارسال هر گره حسگر، 1 پیام در ثانیه است. در حالت گزارش استانه، چون رویداد گزارش شده جدید است، ما نرخ ارسال هر گره حسگر را به صورت ده پیام هشدار در هر ثانیه در نظر می گیریم.

بر اساس مجموعه 10000 قاعده، ما یک آزمایشی را با سرعت ورود داده های متفاوت انجام می دهیم تا عملکرد طرح پیشنهادی را ارزیابی کنیم. برای تنظیم انعطاف پذیری نرخ ورود مجموعه داده ها، مقدار داده های گزارش شده تاریخی برای تحریک نرخ ورود برای سرور استفاده می شود. ما اقدام به مقایسه طرح پیشنهادی با الگوریتم RETE در (18) و طرح سنتی اجرای قاعده از طریق پایگاه قاعده می کنیم.



(a) Number of processed events



(b) Memory overhead

تعداد رویداد های پردازش شده، طرح پیشنهادی، طرح سنتی، اشغال حافظه، نرخ ورودی، سربار حافظه

شکل 13: عملکرد طرح پیشنهادی با نرخ ورود متفاوت رویداد ها

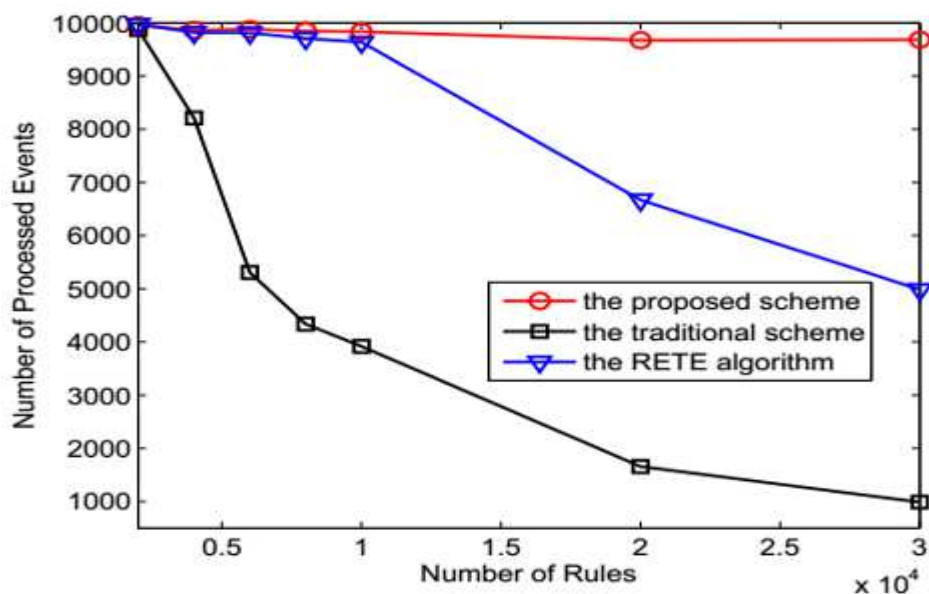
همان طور که در شکل 13 الف نشان داده شده است وقتی که نرخ ورود 2000 پیام در ثانیه باشد، آن را می توان با هر سه طرح مدیریت کرد. برای طرح پیشنهادی، ما همه داده های گزارش شده را تا زمان افزایش نرخ ورود به 21000 دریافت و پردازش می کنیم. الگوریتم RETE می تواند 15000 نرخ ورود را مدیریت کند زیرا الگوریتم فوق زمان بیشتری را صرف فیلترینگ رویداد کند. در مقایسه با الگوریتم RETE و طرح سنتی، عملکرد موتور قاعده با طرح پیشنهادی تا به ترتیب 40 و 467 درصد بهبود می یابد. در شکل 13 ب ما اشغال حافظه را تست می کنیم که شامل هزینه فضا برای ذخیره مجموعه قاعده و بافر مورد استفاده است. برای توصیف نتایج آزمایش، ما اندازه حداکثر بافر را به یک مگابایت تنظیم می کنیم. برای طرح پیشنهادی، ابتدا اشغال حافظه متشکل از یک جدول فیلترینگ، یک شبکه بتا و هزینه بافر اندک است. با افزایش نرخ ارسال به 21000 ف داده های گزارش شده را نمی توان فوراً پردازش کرد. از این روی بافر کامل بوده و اشغال حافظه به شدت افزایش می یابد. هزینه مکانی

الگوریتم RETE مشابه با طرح پیشنهادی است. طرح سنتی حافظه زمانی زیادی را صرف می کند زیرا مجموعه قاعده اصلی را در حافظه در طی آزمایش حفظ می کند.

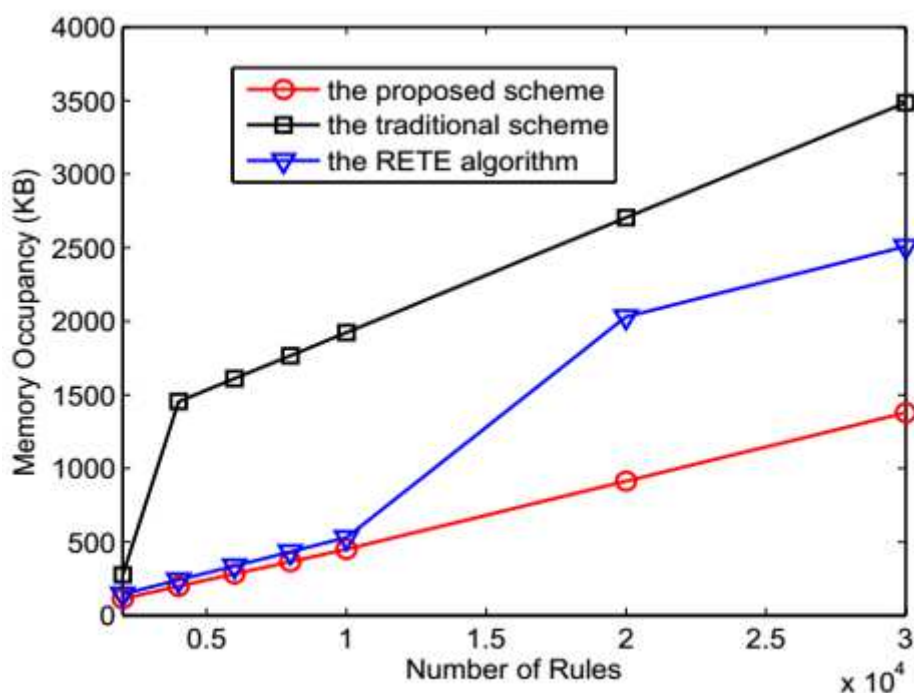
سپس ما آزمایش را با اندازه های مختلف قاعده حافظه انجام می دهیم نرخ ورود داده ها 10000 پیام در ثانیه است. همان طور که در شکل 14 الف نشان داده شده است اندازه مجموعه قاعده اثر اندکی بر روی عملکرد طرح پیشنهادی دارد. با این حال برای الگوریتم RETE و طرح سنتی، با افزایش اندازه قاعده، تعداد پیام های پردازش شده به شدت کاهش می یابد زیرا ما داده های بی معنی را با جدول درهم سازی کامل کمینه فیلتر می کنیم. به علاوه در مولفه تطبیق قاعده، شرایط اتمی به صورت شبکه بتا سازمان دهی شده و تنها بخشی از شرایط با رویداد های اتمی متناظر تحریک می شود. برای الگوریتم RETE، افزایش مجموعه قاعده موجب کاهش عملکرد فیلترینگ می شود برای طرح سنتی، قاعده بیشتر برای هر پیام طی می شود. در شکل 14 ب، ما اشغال حافظه را در طی آزمایش نشان داده ایم. با افزایش مجموعه قاعده، فضای بیشتر صرف ذخیره استاتیک می شود.

جدول 2: ارزیابی هزینه

n (millions)	0.01	0.1	1	2	4	8	16	32
T_{β} (s)	0.025	0.13	3.01	7.32	15.5	35.7	56.9	109.8
T_{MPHF} (s)	0.03 ± 0.006	0.5 ± 0.07	6.1 ± 0.3	12.2 ± 0.6	25.4 ± 1.1	51.4 ± 2.0	117.3 ± 4.4	262.2 ± 8.7



(a) Number of processed events



(b) Memory overhead

تعداد رویداد های پردازش شده، طرح پیشنهادی، طرح سنتی، اشغال حافظه، نرخ ورودی، سر بار حافظه

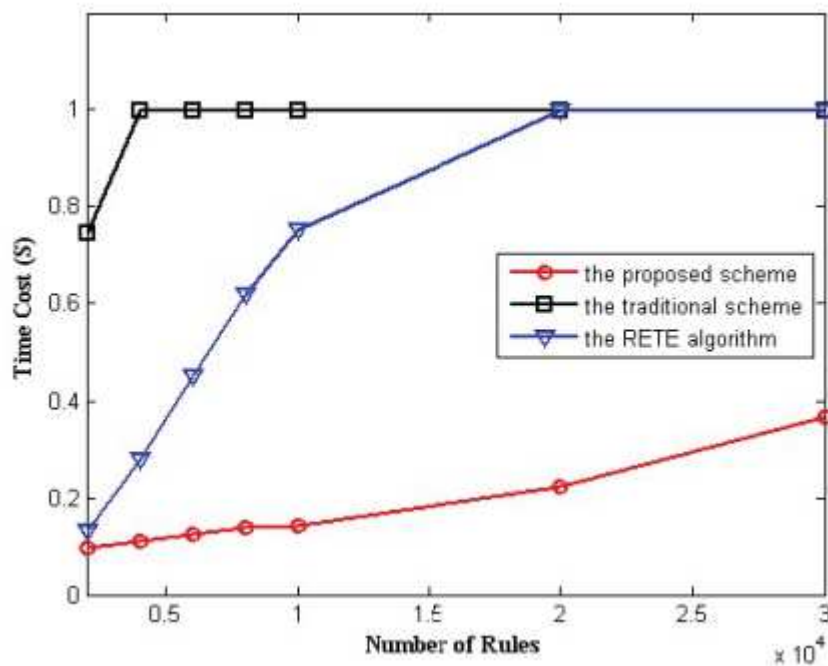
شکل 14: عملکرد طرح پیشنهادی با اندازه متفاوت مجموع قاعده

5-6 ارزیابی هزینه

در این بخش ما به بررسی ارزیابی هزینه طرح پیشنهادی می پردازیم. ما می دانیم که وقتی مجموعه قواعد تغییر می کند، شبکه بتا و MPHF به روز رسانی می شود. ما هزینه زمانی شبکه بتا و باز سازی MPHF (T_{β} و T_{MPHF}) با اندازه های مختلف مجموعه (n) را تست کردیم. همان طور که در جدول 2 نشان داده شده است، وقتی که n برابر با 1000 است، زمان صرف شده در شبکه بتا و باز سازی MPHF حدود 25 و 30 میلی ثانیه است. چون اندازه مجموعه قاعده برابر با 32 میلیون است، مقدار T_{β} و T_{MPHF} به ترتیب به 109.8 و 262.2 ثانیه می رسد. اگرچه هزینه زمانی بالا است ولی در شرایط کاربردی نادیده گرفته می شود زیرا اندازه مجموعه قاعده معمولاً کم تر از یک میلیون در یک شرایط خاص است. با این حال، مجموع قاعده به طور مکرر به روز رسانی نمی شود.

ما هم چنین به ارزیابی زمان هزینه طرح پیشنهادی با اندازه های مختلف یک مجموعه قاعده می پردازیم. در آزمایش، نرخ ورود داده ها برابر با 10000 پیام در ثانیه است که در شکل 15 نشان داده شده است. هزینه زمانی برای طرح سنتی حدود 0.75 ثانیه با 2000 قاعده است. وقتی که اندازه مجموعه قاعده به 4000 می رسد، هزینه زمانی 1 ثانیه است. این بدین معنی است که طرح سنتی قادر به مدیریت فرکانس گزارش دهی فعلی داده ها به میزان 10000 پیام در ثانیه نیست. برای الگوریتم RETE، هزینه زمانی با افزایش اندازه مجموعه قاعده افزایش می یابد. دلیل این است که شبکه الفا و بتا در الگوریتم RETE زمان بر و پیچیده تر می شود. با این حال هزینه زمانی طرح پیشنهادی نسبتاً پایین است زیرا قواعد را می توان تحلیل کرده و به شرایط اتمی تبدیل کرد و جدول درهم سازی کامل کمینه را می توان برای فیلتر کردن بیشتر رویداد های اضافی ساخت.

بر اساس آزمایشات و شبیه سازی های فوق می توان نتیجه گرفت که طرح پیشنهادی ما عملکرد خوبی در یک پلتفرم ساختمانی هوشمند دارد. در مقایسه با طرح سنتی و الگوریتم RETE، طرح پیشنهادی به طور معنی داری موجب بهبود عملکرد موتور قاعده می شود.



تعداد قواعد، هزینه زمان

شکل 15: مقایسه هزینه زمان

7- نتیجه گیری

در این مقاله، ما یک موتور قاعده کارآمد را برای سیستم های ساختمانی هوشمند پیشنهاد می کنیم که تضمین کننده پاسخ زمان واقعی به رویداد ها و تطبیق سریع رویداد ها و قواعد می باشد. در ابتدا، ما داده های گزارش شده از حسگر ها و عملکرد ها را برای استخراج رویداد های اتمی پیش پردازش می کنیم. سپس مجموع قاعده را به شبکه بتا برای کسب رویداد های محرک اتمی که تشکیل دهنده مجموعه کلیدی MPHF می باشد تبدیل می شود. و جدول درهم سازی کامل کمینه را برای فیلتر بیشتر رویداد های اتمی بی معنی می سازد. بر اساس بازخورد تطبیق قاعده ما یک طرح تطبیق موتور قاعده را پیشنهاد می کنیم که موجب کاهش سربار تطبیق قاعده به طور دینامیک می شود. در نهایت ما موتور قاعده پیشنهادی را پیاده سازی کرده و اثر بخشی آن را در سیستم ساختمان هوشمند عملی تایید می کنیم. یک سری از نتایج آزمایشی نشان می دهند که طرح پیشنهادی موجب بهبود عملکرد اجرای قاعده حتی با داده های اضافی و مجموعه قاعده بزرگ می شود.

در کار های آینده، ما اقدام به مطالعه سیستم موتور قاعده توزیعی می پردازیم که در آن خدمات توسط روتر ها برای اجتناب از خطا و خرابی سیستم ناشی از خرابی سرور یا اختلالات شبکه، ذخیره شده و اجرا می شود.



ارائه شده توسط:

سایت ترجمه فا

مرجع جدیدترین مقالات ترجمه شده

از نشریات معتبر