فصلنامه مطالعات مدیریت فناوری اطلاعات سال پنجم، شماره ۱۷، پاییز ۹۵
صفحات ۶۳ تا ۹۲

تشخیص حملات انکار سرویس توزیع‌شده با استفاده از سیستم خبره

علیرضا سعدآبادی *
بیتا امیرشاهی **

چکیده

حملات انکارسرویس به حملاتی اطلاق می‌شود که منابع سیستم از قبیل پردازشگر، پهنای باند شبکه، حافظه و ... را طوری مصرف می‌کنند که سیستم از ارائه سرویس به کاربران مجاز باز می‌ماند. حملات انکارسرویس‌توزیع‌شده حملات انکارسرویسی می‌باشند که به‌صورت گسترده و توسط چندین سیستم سازماندهی‌شده (باتنت‌ها) برای از کار انداختن سرویس‌دهنده‌ها به کار می‌روند. با اینکه بسیاری از کمپانی‌ها، سیستم‌های تشخیص حملات انکارسرویس‌توزیع‌شده متعددی را معرفی کرده‌اند، اما به دلیل اینکه الگوی این حملات روزبه‌روز پیچیده‌تر شده است، پیش‌گویی حملات انکار سرویس توزیع شده با یک روشی که هزینه مناسبی داشته باشد همچنان مشکل است.
در این مقاله سعی شده است تا با بهره‌گیری از سیستم‌های خبره، روشی برای تشخیص حملات ارائه شود تا با در نظر گرفتن علائم حمله و تاریخچه حملات قبلی به تشخیص حمله بپردازد. مزیت این سیستم، آموزش از روی داده‌های قبلی و پویایی در مقابله با

---

* کارشناسی ارشد دانشگاه پیام نور، واحد ری، تهران. (نویسنده مسئول: alireza.sadabady@gmail.com)
** استادیار، گروه مهندسی کامپیوتر و فن‌آوری اطلاعات، دانشگاه پیام نور، تهران.
تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۶/۷ **تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۸/۱۶**

الگوهای حمله جدید است. در پایان به پیاده‌سازی روش توسط ویژوال استودیو پرداخته و مقادیر حاصل از سیستم را با نرم‌افزارهای شبیه‌ساز مقایسه می‌کنیم.

کلیدواژگان: حملات انکارسرویس‌توزیع‌شده، باتنت، سیستم خبره، آنتروپی جریان، شبکه‌های بیزین، مقیاس بندی فازی.

مقدمه

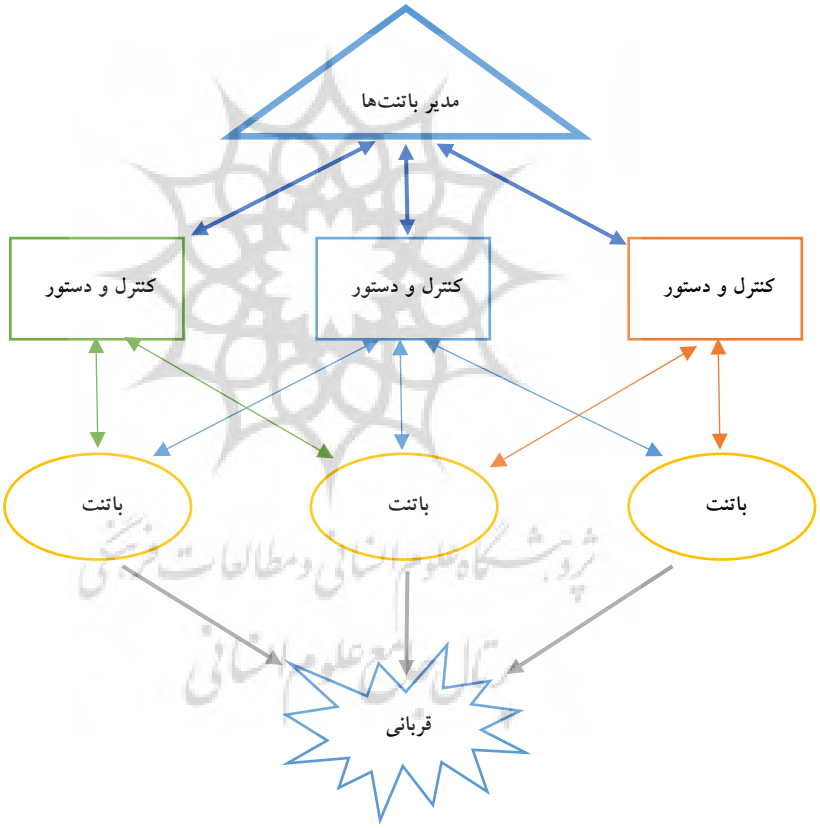
حملات انکارسرویس‌توزیع‌شده حملات انکار سرویسی می‌باشند که به‌صورت گسترده و توسط چندین سیستم سازمان‌دهی شده، برای از کار انداختن سرویس‌دهنده‌ها بکار می‌روند. در این‌گونه حملات، مهاجم به جهت انجام حمله، نیاز به شبکه‌ای از سیستم‌های متصل به اینترنت دارد. به سیستم‌هایی که بدون آگاهی کاربر آن‌ها بتوان از آن‌ها برای مقاصد مختلفی از جمله حملات انکارسرویس‌توزیع‌شده استفاده کرد باتنت می‌گوییم در حقیقت باتنت‌ها ربات‌های شبکه‌ای هستند که به شکل زامبی گونه‌ای رفتار می‌نمایند. فردی که باتنت را کنترل می‌کند مدیر یا مالک باتنت می‌نامیم. مهاجم برنامه مخرب خود را روی یک یا تعدادی از سیستم‌های داخل شبکه نصب می‌کند و این سیستم‌ها را به سیستم کنترل و دستور تبدیل می‌کند. سپس از طریق این سیستم‌ها دستورات لازم را برای حمله به باتنت‌ها فرستاده و باتنت‌ها شروع به ارسال بسته‌های به‌صورت یک‌باره و سیل‌آسا به‌طرف سیستم قربانی می‌کنند. همان‌طور که در شکل (۱) مشخص است هر باتنت می‌تواند با چند سیستم کنترل و دستور در ارتباط باشد.

باتنت‌ها به دلایل متعددی مانند تغییر دائم آی‌پی و دامنه، داشتن سایزهای کاملاً تصادفی، تغییر دائم از حالت یک مهاجم به حالت یک سیستم عادی و بالعکس (آنچه از آن به‌عنوان زامبی یاد می‌شود) به‌سادگی قابل‌شناسایی نیستند. همچنین برنامه‌نویسان باتنت برای جلوگیری از تشخیص سیستم کنترل و دستور تعدادی گره واسط بین باتنت‌ها و سیستم کنترل دستور ایجاد کرده و به تغییر آدرس آی‌پی به‌صورت دوره‌ای (برای مثال هر هفته) می‌پردازند. علاوه بر این آن‌ها به رمزنگاری پیام‌های ردوبدل شده نیز اقدام می‌کنند.

بر اساس یک گزارش (یو[1]، ۲۰۱٤: ۲) حملات انکار سرویس در سال ۲۰۰۰ میلادی یک گیگابایت بر ثانیه بوده است و این حملات در سال ۲۰۰۷ به هفتاد گیگابایت بر ثانیه رسیده است، این در حالی است که حملات انکار سرویس در سال ۲۰۱۳ به رقم

1. Yu

نگران‌کننده ۳۰۰ گیگابایت بر ثانیه افزایش پیدا کرده است؛ بنابراین نرخ نمایی افزایش این حملات کاملاً نگران‌کننده است. مثال‌هایی از این حملات که اخیراً در سال ۲۰۱۲ نیز برای از کار انداختن پالایشگاه‌های پتروشیمی و انرژی هسته‌ای ایران توسط ایالت متحده و اسراییل انجام گرفت استاکسنت و فلیم هستند. علاوه بر این، سیستم هدف حتی با داشتن سخت‌افزار قوی نیز می‌تواند تحت تأثیر قرار بگیرد زیرا عملکرد سرور هدف می‌تواند توسط محدود کردن ترافیک بین سرور و کلاینت‌ها و همچنین ایجاد ارتباط ضعیف مختل شود.



شکل ۱. ساختار یک حمله انکارسرویس‌توزیع‌شده توسط باتنت‌ها

در این مقاله با استفاده از علائم تشخیص باتنت‌ها، سنجش آنتروپی جریان (اندازه‌گیری عددی یک نتیجه غیرقطعی را آنتروپی می‌گویند)، ضریب همبستگی و احتمال حملات مشابه قبلی و با بهره‌گیری از استنتاج سیستم خبره، احتمال حمله را تشخیص می‌دهیم. ابتدا توسط شبکه‌های بیزین (به‌عنوان موتور استنتاج) روابط علت-معلولی بین علائم و حمله را مشخص نموده سپس با استفاده از جدول احتمالات پیشین و جدول احتمالات شرطی به محاسبه احتمالات پسین می‌پردازیم.

پیشینه تحقیق

الگوریتم کلونی مورچگان برای مقابله با حملات انکارسرویس‌توزیع‌شده در سال ۲۰۰۸ معرفی شد. حرکت مورچگان از لانه به سمت غذا و برعکس و جاگذاری فرمون باعث راهنمایی مابقی مورچه‌ها شده و در حقیقت مسیر موردنظر را برجسته‌تر می‌کند، این موضوع باعث می‌گردد مورچه‌های دیگری که در اطراف پرسه می‌زنند نیز با پیدا کردن این مسیر از آن استفاده کنند. در اینجا بایت عبوری از هر مسیریاب به‌عنوان فرمون در نظر گرفته می‌شود و مسیرهای برجسته‌تر ردگیری می‌گردد تا درنهایت گره مهاجم ردیابی گردد (لای و همکاران[1]، ۲۰۰۸، ۳۰۷۱). مشکل این روش این است که اگر حمله در گره‌های مجاور رخ دهد، تشخیص حمله دچار اختلال می‌گردد.

حمزه‌کلایی به بهبود الگوریتم کلونی مورچگان هساین لای پرداخته است. در این روش برخلاف روش هساین لای که گره جواب گره‌ای بود که بیشترین مورچه در آخر الگوریتم به آن همگرا شده است، گره جواب گره‌ای است که بیشترین تعداد مورچه‌ها در کل دفعات تکرار الگوریتم آن را به‌عنوان گره هدف معرفی کرده‌اند. این روش اگرچه مشکل روش آقای هساین لای را برطرف کرده است اما به دلیل طولانی‌تر کردن حلقه بیرونی الگوریتم، زمان جستجو را دو برابر کرده است که برای رفع این نقص فضای جستجو را کاهش داده است، به عبارتی تنها گره‌های با سطح جریان نزدیک به ماکزیمم

1. Lai et al.

مورد جستجو قرار می‌گیرند (حمزه‌کلایی و همکاران، ۱۳۹۲: ۷۷). این موضوع سبب می‌شود که الگوریتم از مجموعه‌ای از گره‌ها غافل گشته و این مهم خود می‌تواند آسیب‌پذیری جدی را در بر داشته باشد. چراکه ممکن است باتنت‌ها الگوریتم را دور بزنند.

پینزونا و همکاران یک معماری چند عامله توزیع‌شده را برای مسدود کردن پیام‌های سوپ ناهنجار در لایه شبکه ارائه کردند. آن‌ها از یک دسته‌بندی دومرحله‌ای استفاده کردند: ابتدا یک دسته‌بندی سریع با استفاده از درخت تصمیم ایجاد می‌کنند، سپس در مرحله دوم یک شبکه عصبی را پیاده‌سازی کردند که توسط درخواست‌های سالم و درخواست‌های ناهنجار مورد آزمایش قرار می‌گیرد (پینزونا و همکاران[1]، ۲۰۱۱: ٥٤٨٦). این سیستم به دلیل نیاز به به‌روزرسانی دستی و آزمایش مجدد در عمل قابل‌استفاده نیست.

چویی و همکاران روشی را ارائه کردند که در آن با استفاده از پردازش نگاشت-کاهش به تشخیص سریع حملات انکارسرویس‌توزیع‌شده پروتکل انتقال ابرمتن در محیط ابری می‌پرداختند. چارچوب ارائه‌شده برای تشخیص حملات انکارسرویس‌توزیع‌شده شامل سه بخش است. اول، ماژول جمع‌آوری لاگ و بسته که به تجزیه کردن بسته‌های عبوری و لاگ وب‌سرورها می‌پردازد. دوم، ماژول تحلیل الگو که الگوهایی برای تشخیص حمله تولید می‌کند؛ و در آخر، ماژول تشخیص که توسط مدل رفتاری نرمال به تشخیص حملات می‌پردازد (چویی و همکاران[2]، ۲۰۱٤: ١٦٩٨). روش آن‌ها برای تشخیص انواع حملات انکارسرویس‌توزیع‌شده جامعیت نداشته و برای تشخیص الگوهای مدرن‌تر آینده کارایی ندارد. تعیین حد آستانه به‌صورت دستی نیز از دیگر ایرادات وارده به روش آن‌ها است.

زو و همکاران روشی را پیشنهاد کردند که از یک بردار فرکانس بلادرنگ و ویژگی‌های

1. Pinzóna et al.
2. Choi et al.

بلادرنگ ترافیکی به‌عنوان یک مجموعه مدل استفاده می‌کند. آن‌ها با سنجش آنتروپی جریان حملات انکارسرویس‌توزیع‌شده به تشخیص حملات می‌پرداختند (زو و همکاران[1]، ۲۰۱۳: ۳٦). عیب روش آن‌ها ناتوانی در تمایز بین حملات و ترافیک‌های ناگهانی مجاز است.

یو روشی را ارائه کرده (یو، ۲۰۱٤: ٤۱) که در آن با استفاده از سنجش آنتروپی جریان به شناسایی جریان‌های حمله می‌پردازد. یو همچنین برای برطرف کردن عیب روش زو (زو و همکاران، ۲۰۱۳: ۳٦) پارامتر ضریب همبستگی را ارائه کرده است که توسط آن می‌توان بین جریان حمله و ترافیک ناگهانی مجاز تفاوت قائل شد. روش یو به یک هماهنگی جهانی در زمینه سخت‌افزارهای شبکه نیازمند است، همچنین استفاده از این روش، هزینه بالای محاسباتی دارد که در همه‌جا مقرون‌به‌صرفه نیست.

مور و همکاران بر اساس تحلیل نحوه فعالیت به تشخیص این حملات پرداختند (مور و همکاران[2]، ۲۰۰٦: ۱۱۵) اما تشخیص بر پایه ویژگی می‌تواند به‌راحتی توسط برنامه‌نویسان باتنت دور زده شود.

روش پژوهش

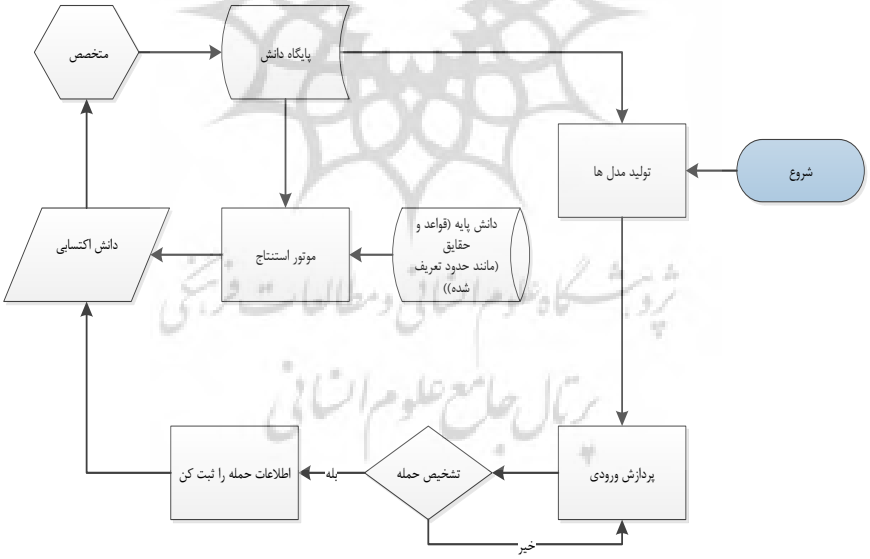
مزیت روش ما استفاده ترکیبی از سنجش آنتروپی جریان، ضریب همبستگی، تکنیک‌های تشخیص باتنت‌ها و حملات مشابه قبلی است که این مهم با استفاده از استنتاج سیستم‌های خبره بسیار هوشمندانه و جامع‌تر عمل خواهد کرد. این درست است که سنجش آنتروپی جریان و ضریب همبستگی دقیق‌ترین پارامترها برای تشخیص حمله می‌باشند (یو، ۲۰۱٤: ٤۱) اما ممکن است استفاده از آن‌ها در همه‌جا امکان‌پذیر نباشد (هماهنگی جهانی و سربار محاسباتی). ازطرف‌دیگر تکنیک‌های باتنت‌ها ممکن است هر روز تغییر کنند. علاوه بر این، تشخیص باتنت‌ها همیشه دلیل بر حمله نیست، زیرا از

1. Zhou et al.
2. Moore

باتنت‌ها برای مقاصد دیگری نظیر ارسال اسپم نیز استفاده می‌شود؛ بنابراین بهترین راه‌حل استفاده ترکیبی از علائم بالا است. جهت دقیق‌تر کردن استنتاج احتمال تشخیص، از احتمال حملات مشابه قبلی نیز استفاده می‌شود. درنهایت با آموزش سیستم خبره و اکتساب دانش می‌توان روزبه‌روز بر دقیق‌تر عمل کردن سیستم افزود.

ساختار سیستم

همان‌طور که در شکل (۲) آمده است، سیستم پس از شروع به کار اقدام به تولید مدل از روی پایگاه دانش سیستم خبره می‌کند، سپس تا زمانی که حمله‌ای تشخیص داده نشود به پردازش ورودی بر اساس مدل تولید شده می‌پردازد. درصورتی‌که حمله‌ای تشخیص داده شود، اطلاعات حمله در بخش دانش اکتسابی سیستم خبره ثبت می‌شود. متخصص مربوطه پس از بررسی اطلاعات مربوط به حمله می‌تواند این اطلاعات را تائید و یا رد نماید.



شکل ۲. ساختار کلی سیستم

تشریح عملکرد سیستم خبره

از پنج بخش اساسی تشکیل شده است: دانش پایه، پایگاه دانش، موتور استنتاج، دانش اکتسابی و رابط کاربری.

تجربه تشخیص حمله متخصصان این حوزه، تشکیل‌دهنده دانش این سیستم خبره است. این تجربه از علائم حملات، تشخیص نوع حمله و راه‌حل‌های مربوطه به دست آمده است.

دانش اکتسابی همیشه گلوگاه یک سیستم خبره در پیاده‌سازی بوده است و معمولاً به دو روش مستقیم و غیرمستقیم پیاده‌سازی می‌گردد. فرآیند روش غیرمستقیم به این شکل است که ابتدا خبرگان، دانش خود را در قالب شفاهی و یا کتبی بیان می‌کنند و سپس مهندسان دانش آن‌ها را تحلیل کرده و با یک قالب‌بندی خاص وارد پایگاه دانش می‌کنند. روش مستقیم به این شکل است که خود ماشین از داده‌ها و تخصص ارائه‌شده توسط خبرگان به یادگیری و کسب دانش می‌پردازد.

در این سیستم از هر دوی این روش‌ها استفاده شده است، روش غیرمستقیم به‌منظور توسعه امکانات کسب دانش و ساخت پایگاه دانش اولیه استفاده شده است که پس از آن متخصصان قادر خواهند بود تا دانش تشخیص حمله را به سیستم وارد کنند. دانش‌های دیگر مانند تاریخچه تشخیص حملات بعد از تصدیق شدن توسط متخصصین به پایگاه دانش اضافه خواهند گردید.

در این سیستم از استنتاج تشخیصی برای محاسبه احتمال بین علامت و نوع حمله استفاده شده است. ابتدا مهندس دانش علائم حمله، نوع حمله، قواعد و حقایق را وارد سیستم می‌کند. علائم حمله و نوع حمله به همراه احتمال رخ دادن علائم در جدولی نگهداری می‌گردد. احتمال رخ دادن هر علامت (علامت‌ها) را به‌عنوان احتمال پیشین از این جدول می‌خوانیم و پس از استنتاج البته با در نظر گرفتن علائم احتمالی دیگر و ارتباط بین علائم و همچنین نتایج قبلی که در جدول کارنامه حملات ثبت شده است، احتمال پسین را به دست آورده و حمله را در جدول دیگری ثبت می‌کنیم. رکوردهای

این جدول با استفاده از رابط کاربری و توسط متخصصان بررسی می‌گردد. درصورتی‌که تشخیص حمله درست باشد متخصص امر، آن را تصدیق می‌کند و در غیر این صورت آن را تکذیب می‌نماید. رکوردهای این جدول می‌توانند در نتیجه‌گیری‌های بعدی در نظر گرفته شوند. برای مثال تعداد حملات تصدیق شده و همچنین تعداد حملات تکذیب شده را برای تشخیص حملات بعدی که علامت مشابه دارند نیز در استنتاج شرکت دهیم. به عبارت ساده‌تر می‌توان گفت که هر رکورد ثبت‌شده دارای یک بیت پرچم است که می‌تواند توسط متخصص به مقدار صحیح یا غلط تنظیم شود. این بیت پرچم در صورت صحیح بودن به موتور استنتاج اطمینان از عملکرد صحیح را می‌دهد و در صورت غلط بودن موتور استنتاج را مجاب می‌کند تا در بهره‌برداری‌های بعدی از این اشتباه عبرت بگیرد.

همان‌طور که گفته شد، جدول علامت حمله و نوع حمله دارای احتمالی است. این احتمال می‌تواند در دوره‌های زمانی توسط ماشین استنتاج و از روی جدول کارنامه حملات، به‌روزرسانی گردد؛ بنابراین جدول مربوط به علائم حمله احتمالات پیشین ما را تشکیل می‌دهند و جدول حملات ثبت‌شده احتمالات پسین ما را تشکیل می‌دهند. جدول احتمال شرطی نیز به احتمال بین علائم و حمله مربوط می‌شود.

مابین علائم نیز می‌تواند روابط پدر–فرزندی وجود داشته باشد. برای مثال آنتروپی جریان پدر ضریب همبستگی است؛ بنابراین در تولید جدول احتمال شرطی اگر علامتی دارای پدر باشد آنگاه داریم:

اگر پدر صحیح باشد آنگاه

اگر فرزند صحیح باشد به احتمال X درصد حمله رخ داده است.

اگر فرزند غلط باشد به احتمال 1-X درصد حمله رخ داده است.

در ابتدای کار، احتمال رخ دادن هر علامت حمله را پنجاه درصد در نظر می‌گیریم. لازم به ذکر است که این احتمال می‌تواند توسط متخصصین امر و یا از طریق سیستم خبره به‌روزرسانی گردد.

ساختار شبکه بیزین

ممکن است این سؤال در ذهن خواننده مطرح شود که چرا از شبکه‌های بیزین یا شبکه‌های باور استفاده شده است؟

باید گفت که می‌توان از روش‌هایی نظیر شبکه‌های عصبی و نظریه مجموعه‌های ناهمگون و دارای ابهام بهره برد اما برخی از معایب این روش‌ها به شرح ذیل است:

نیاز به حجم زیادی از داده‌های نمونه جهت آموزش.

تفسیر بد نتایج تشخیص.

خوب عمل نکردن در مواجهه با روابط علت و معلولی.

این در حالی است که شبکه‌های بیزین توانایی بیان کردن موارد غیرقطعی را در یک ساختار منعطف دارند. در حقیقت این شبکه‌ها یک گراف جهت‌دار بدون دور می‌باشند که رأس‌های آن‌ها موارد غیرقطعی را نشان می‌دهد و لبه‌های آن‌ها احتمال مربوط بودن این موارد به یکدیگر را نشان می‌دهد. از طرف دیگر الگوریتم بیز از سایر الگوریتم‌های دیگر برای یادگیری مناسب‌تر است؛ زیرا برای آموزش دستگاه سریع‌تر عمل می‌کند.

با توجه به اینکه قواعد ما دارای احتمال می‌باشند از شبکه‌های بیزین برای جامه عمل پوشاندن به آن‌ها استفاده شده است. شکل (۳)، ارتباط بین علائم و همچنین ارتباط علائم با حمله انکارسرویس‌توزیع‌شده را نشان می‌دهد.

بر اساس تحقیقات صورت گرفته به این نتیجه رسیدیم که بهترین علائم برای تشخیص باتنت‌ها عبارت‌اند از:

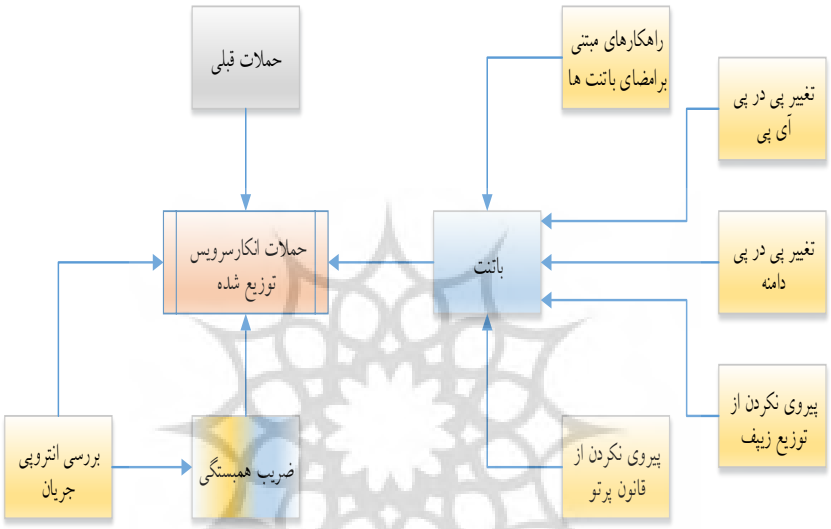
راه‌کارهای مبتنی بر امضا: اگرچه باتنت‌ها هر روز از تکنیک‌های جدیدتری استفاده می‌کنند اما تحقیقات نشان می‌دهد الگوی اکثر حملات تکراری است.

تغییر پی‌درپی آی‌پی: این تکنیک و تکنیک بعدی به دلیل اینکه جدیدترین تکنیک‌های مورداستفاده برنامه‌نویسان باتنت‌ها می‌باشند در تشخیص باتنت‌ها در نظر گرفته می‌شوند (یو، ۲۰۱٤: ١٦).

تغییر پی‌درپی دامنه.

پیروی نکردن از توزیع زیپف: یکی از راه‌های تشخیص باتنت‌ها پیروی نکردن آن‌ها از توزیع زیپف است (زی و همکاران، ۲۰۰۹: ٥٤).

پیروی نکردن از قانون پرتو: باتنت‌ها از قانون پرتو پیروی نمی‌کنند (پاکسون و فلوید[1]، ۱۹۹۵: ۲۲٦؛ کروولا و بستاورس[2]، ۱۹۹۷: ۸۳۵).



شکل ۳. شبکه بیزین سیستم

همان‌طور که پیش‌تر نیز اشاره شد بهترین راه‌حل برای تشخیص حملات یک راه‌حل ترکیبی از تشخیص بر پایه ویژگی و تشخیص بر اساس آنتروپی جریان است. ترکیب دانش سیستم خبره با این راه‌حل ترکیبی به استنتاج و هوشمندی سیستم می‌انجامد.

همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود علائم اولیه که می‌توانند توسط کاربر مشخص شده و یا از جدول احتمال پیشین استفاده نمایند با رنگ نارنجی، علائم میانی که احتمال آن‌ها با توجه به جدول احتمال شرطی و از روی علائم اولیه به دست می‌آیند با رنگی آبی و

1. Paxson and Floyd
2. Crovella and Bestavros

حملات انجام‌شده قبلی که نیاز به محاسبه از روی جدول کارنامه حملات را دارند با رنگ خاکستری، مشخص شده‌اند. رنگ نارنجی-آبی مربوط به ضریب همبستگی به این معناست که این علامت هم متأثر از علامت آنتروپی جریان است و هم می‌تواند در صورت غیرمجاز بودن آنتروپی جریان توسط کاربر (و یا سنسورهای ورودی) تعیین گردد.
با توجه به اینکه رابطه علت و معلولی بین علائم و حملات و دلایل به وجود آمدن آن‌ها و دانش سیستم غیرقطعی است، قواعد تولید شده بایستی دارای احتمال باشند. این قواعد به‌صورت "اگر...آنگاه ...به احتمال..." بیان می‌گردند برای مثال اگر قاعده‌ای به این شکل داشته باشیم: اگر وجود باتنت اثبات گردد آنگاه حمله انکارسرویس‌توزیع‌شده رخ داده است.[۰/۱۰]
به این معنی است که اگر وجود باتنت اثبات گردد آنگاه به احتمال ۱۰ درصد حمله انکارسرویس‌توزیع‌شده رخ داده است.

مقیاس بندی فازی

ایجاد جدول احتمال شرطی برای دانش تخصصی در کاربردهای واقعی به‌صورت غیردقیق بسیار مشکل است به‌عبارت‌دیگر نمی‌توان صرفاً یک عدد دقیق برای آن تعیین کرد. سخت‌ترین کار در ساختن شبکه‌های بیزین تبدیل این دانش تخصصی غیردقیق به احتمالات عددی است. در این سیستم توسط یک مقیاس بندی منطق فازی که در شکل (٤) نشان داده شده است این دانش تخصصی غیردقیق را به احتمالات عددی تبدیل می‌کنیم.

شکل ٤. مقیاس بندی منطق فازی

برای مثال می‌توان گفت زمانی که آنتروپی جریان از حدش تجاوز کرده است و ضریب همبستگی نیز نامعتبر است حتی اگر تشخیص باتنت‌ها نامشخص باشند و حمله‌ای با این علائم از قبل هم رخ نداده باشد آنگاه رخ دادن حمله محتمل است یعنی به احتمال ۸۵ درصد حمله رخ‌داده است.

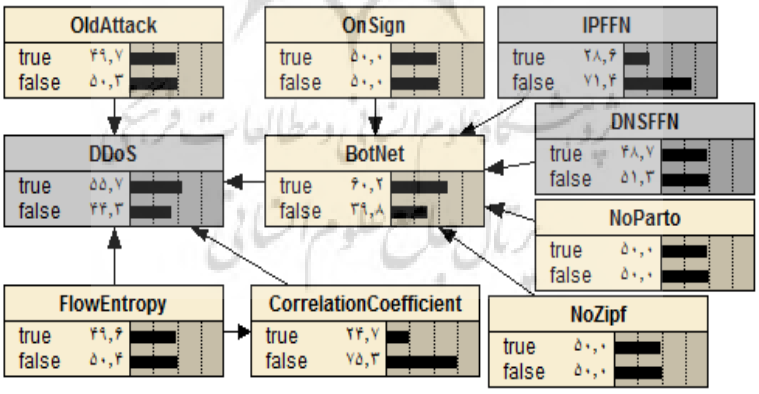
پیاده‌سازی سیستم

در این بخش شبکه بیزین مربوط به مقاله را توسط نرم‌افزار شبیه‌ساز نتیکا پیاده‌سازی نموده و پس‌ازآن به پیاده‌سازی کامل سیستم توسط ویژوال استودیو ۲۰۱۵ و اس‌کیوال سرور ۲۰۱٤ می‌پردازیم.

در انتها خواهیم دید که نتایج به‌دست‌آمده از طریق نرم‌افزار نتیکا تقریبا با نتایج حاصل از سیستم تشخیص حملات انکارسرویس‌توزیع‌شده ما منطبق است.

پیاده‌سازی توسط نتیکا

در ابتدا گره‌ها و ارتباط‌های لازم را که در شکل (۳) نشان داده شده ایجاد می‌نماییم. شکل (۵) شبکه بیزین حاصل از نتیکا را نشان می‌دهد.

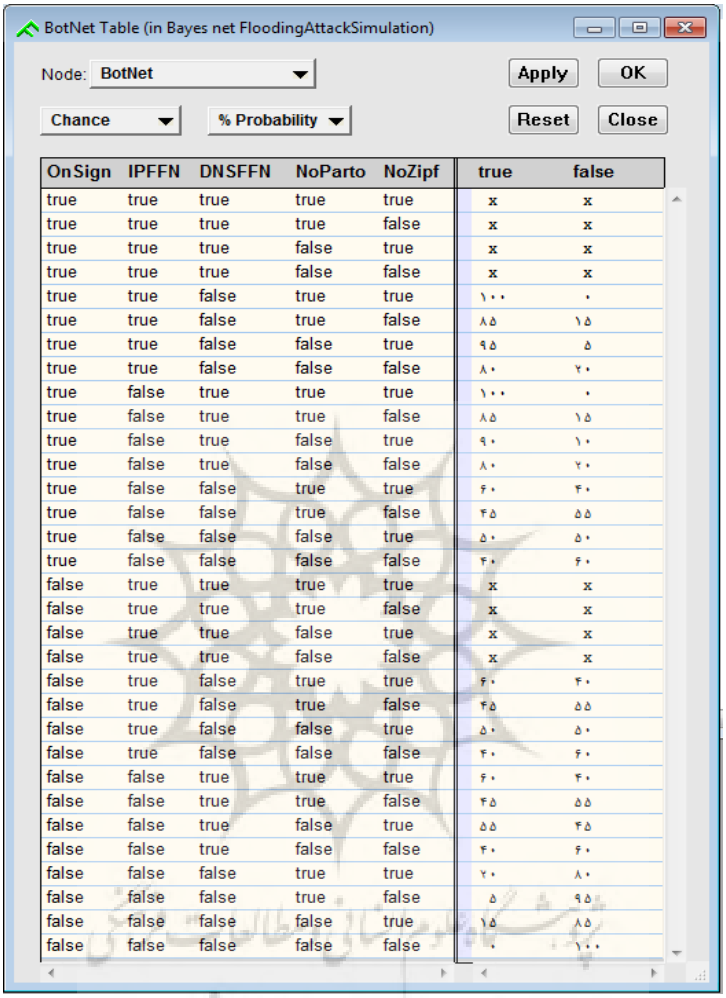


شکل ۵. شبکه بیزین سیستم در نرم‌افزار نتیکا

بدیهی است که تمامی احتمالات از روی مطالعه و استنتاج شخصی در نظر گرفته شده است و با آموزش سیستم و به مرور زمان می‌تواند اصلاح گردد.
لازم به ذکر است که این نرم‌افزار نمی‌تواند مانند یک سیستم خبره عمل نماید و تنها برای اثبات نتیجه حاصل از سیستم ما به‌کار برده شده است.
جداول احتمالات را از روی علائم اولیه به طریق زیر مقداردهی می‌نماییم.

فرضیات جدول احتمال باتنت‌ها

تغییر پی‌درپی آی‌پی و تغییر پی‌درپی دامنه نمی‌توانند به‌صورت هم‌زمان مثبت باشند زیرا برنامه‌نویس باتنت یکی از این تکنیک‌ها را درآن‌واحد استفاده می‌کند؛ بنابراین احتمال مربوط به این سطرها x (از این طریق به نرم‌افزار نتیکا می‌فهمانیم که چنین چیزی نمی‌تواند اتفاق بیافتد) در نظر گرفته شده است.
تشخیص بر پایه ویژگی باتنت‌ها تأثیر ٤٠ درصدی بر روی تشخیص باتنت دارد؛ یعنی درصورتی‌که این علامت وجود داشته باشد آنگاه به‌احتمال ٤٠ درصد باتنت‌ها وارد عمل شده‌اند. تغییر پی‌درپی آی‌پی و تغییر پی‌درپی دامنه هر کدام ٤٠ درصد تأثیر دارند، البته فقط یکی از آن‌ها می‌تواند درآن‌واحد رخ دهد. پیروی نکردن از قانون پرتو و توزیع زیپف به ترتیب دارای تأثیر احتمالی ۵ و ۱۵ درصدی می‌باشند.بنابراین جدول احتمال شرطی باتنت‌ها به‌شکل (٦) است.



OnSign	IPFFN	DNSFFN	NoParto	NoZipf	true	false
true	true	true	true	true	x	x
true	true	true	true	false	x	x
true	true	true	false	true	x	x
true	true	true	false	false	x	x
true	true	false	true	true	۱۰۰	۰
true	true	false	true	false	۸۵	۱۵
true	true	false	false	true	۹۵	۵
true	true	false	false	false	۸۰	۲۰
true	false	true	true	true	۱۰۰	۰
true	false	true	true	false	۸۵	۱۵
true	false	true	false	true	۹۰	۱۰
true	false	true	false	false	۸۰	۲۰
true	false	false	true	true	۶۰	۴۰
true	false	false	true	false	۴۵	۵۵
true	false	false	false	true	۵۰	۵۰
true	false	false	false	false	۴۰	۶۰
false	true	true	true	true	x	x
false	true	true	true	false	x	x
false	true	true	false	true	x	x
false	true	true	false	false	x	x
false	true	false	true	true	۶۰	۴۰
false	true	false	true	false	۴۵	۵۵
false	true	false	false	true	۵۰	۵۰
false	true	false	false	false	۴۰	۶۰
false	false	true	true	true	۶۰	۴۰
false	false	true	true	false	۴۵	۵۵
false	false	true	false	true	۵۵	۴۵
false	false	true	false	false	۴۰	۶۰
false	false	false	true	true	۲۰	۸۰
false	false	false	true	false	۵	۹۵
false	false	false	false	true	۱۵	۸۵
false	false	false	false	false	۰	۱۰۰

شکل ٦. جدول احتمال شرطی باتنت‌ها

فرضیات جدول احتمال ضریب همبستگی

درصورتی‌که آنتروپی جریان از حدش تجاوز نکند آنگاه دیگر لازم نیست که ضریب همبستگی چک گردد. احتمال ۱۰۰ درصدی غلط به همین خاطر گنجانده شده است؛ و

اگر آنتروپی از حدش تجاوز کرد آنگاه بایستی ضریب همبستگی چک گردد. احتمال ۵۰ درصدی هم برای این منظور قرار داده شده است.
به دلیل محدودیت در نمایش شکل و همچنین تشابه جداول احتمال شرطی، از آوردن شکل جدول احتمال ضریب همبستگی و احتمال حمله خودداری نمودیم.

فرضیات احتمال حمله انکارسرویس‌توزیع‌شده

درصورتی‌که آنتروپی جریان از حدش تجاوز کند آنگاه به‌احتمال ۵۰ درصد احتمال دارد که حمله‌ای رخ‌داده باشد.
در سطرهایی که آنتروپی جریان از حدش تجاوز کرده است و همچنین ضریب همبستگی هم شرایطش برآورده شده است حداقل ۸۵ درصد احتمال حمله داریم. در این شرایط تأثیر احتمالی باتنت و حملات قبلی به ترتیب ۵ و ۱۰ درصد است.
در سطرهایی که آنتروپی جریان از حدش تجاوز نکرده است، ضریب همبستگی نمی‌تواند مثبت باشد و بنابراین این سطرها x در نظر گرفته شده‌اند.
در سطرهایی که آنتروپی جریان از حدش تجاوز کرده اما ضریب همبستگی منفی است تأثیر احتمالی آنتروپی جریان، حملات قبلی و باتنت به ترتیب ۵۰، ۳۰ و ۱۰ درصد در نظر گرفته شده است.
درنهایت در سطرهایی که آنتروپی جریان از حدش تجاوز نکرده و ضریب همبستگی هم منفی است تأثیر احتمالی حملات قبلی و باتنت به ترتیب ۵۰ و ۱۰ درصد در نظر گرفته شده است.
نکته: تمامی احتمالات مربوط به حمله انکارسرویس بر این اساس شکل گرفته است که "آنتروپی جریان‌های حمله یک روش مستقل از ویژگی حمله‌ها است و بر اساس تحقیقات صورت گرفته بهترین و دقیق‌ترین علامت برای تشخیص حملات سیل‌آسا است " بنابراین در صورت وجود و یا عدم وجود علامت آنتروپی تأثیر احتمالی حملات قبلی و باتنت دست‌خوش تغییرات می‌شوند. از طرف دیگر به دلیل این‌که در تمام موارد

نمی‌توان آنتروپی جریان و ضریب همبستگی را محاسبه نمود (هزینه مصرف منابع بالا نسبت به موارد دیگر و نیاز به سخت‌افزارهای جدید و سازگار برای محاسبه آنتروپی جریان و ضریب همبستگی) برآن شدیم تا راه‌های دیگری نظیر تشخیص باتنت‌ها را در تشخیص حمله دخیل نماییم. بدیهی است که تمامی احتمالات فوق با آموزش سیستم و به‌مرور زمان می‌تواند اصلاح گردد.

پیاده‌سازی سیستم

برای پیاده‌سازی شبکه‌های بیزین در دات‌نت از چارچوبی به نام اینفردات‌نت استفاده کرده‌ایم. اینفردات‌نت الگوریتم‌های نوین انتقال پیام و روال‌های آماری مورد نیاز جهت انجام استنتاج بر روی مجموعه وسیعی از کاربردها را فراهم می‌کند. این چارچوب توسط محققان شرکت مایکروسافت توسعه داده شده است.
اینفردات‌نت دارای سه الگوریتم برای استنتاج است:

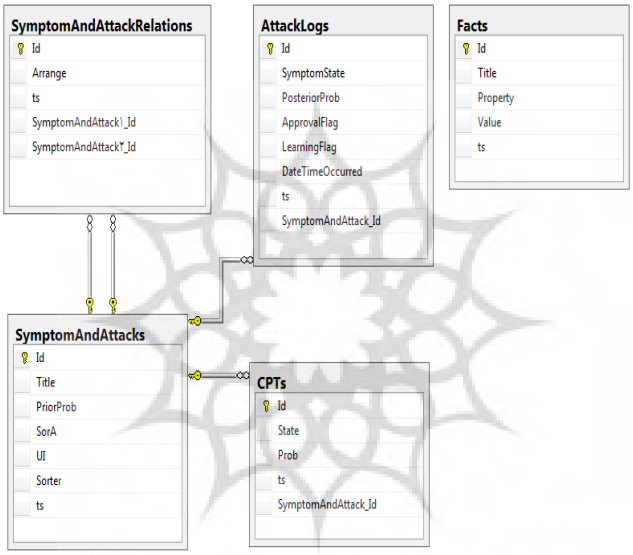
- Expectation Propagation
- Variational Message Passing
- Gibbs Sampling

که ما از VMP استفاده کرده‌ایم زیرا توزیع را بر اساس پارامترها آموزش می‌دهد، نزدیک شدن به راه‌حل را تضمین می‌کند، راه‌حل یکسانی را برای زمان‌بندی و قالب‌بندی آغازین یکسان، تولید می‌کند.

پیاده‌سازی سیستم تولید مدل

ازآنجاکه از فن‌آوری Entity Code First استفاده شده است تولید مدل می‌تواند به‌صورت کاملاً پویا انجام پذیرد. درواقع درصورتی‌که در آینده نیاز باشد که علائم دیگری با انواع حملات دیگری به سیستم اضافه شود، به‌راحتی امکان‌پذیر خواهد بود.
تولید مدل فقط در اولین بار اجراشدن پروژه صورت می‌گیرد و بازتولید مدل فقط زمانی انجام می‌پذیرد که تغییر ساختاری در مدل صورت گیرد.

همان‌طور که در شکل (۷) مشاهده می‌کنید مدل ما از جداول زیر تشکیل شده است:
علائم و حملات: علائم حمله و خود حمله در این جدول قرار گرفته (مدیریت بهتر و پویایی بیشتر) و با یک بیت از هم تمایز داده می‌شوند. این جدول حاوی احتمالات پیشین برای علائم اولیه است. علائم میانی و حملات، احتمال پیشین ندارند.
ارتباط بین علائم و حملات: توسط این جدول ارتباط بین علائم میانی–علائم اولیه و همچنین ارتباط بین علائم و حملات را مشخص می‌نماییم.



شکل ۷. دیاگرام سیستم

جدول احتمالات شرطی: مقادیر مربوط به احتمالات شرطی حملات و علائم میانی در این جدول نگهداری می‌گردند.
جدول کارنامه حملات: این جدول که در حقیقت همان جدول احتمالات پسین نیز است حاوی اطلاعات یک حمله از قبیل تاریخ، زمان، علائم حمله و ... است.
جدول حقایق: شامل حقایق موجود در رابطه با باتنت‌ها، علائم حمله، حدود مورد نیاز و ... است.

پیاده‌سازی سیستم خبره

حال نوبت به آن رسیده است که به نحوه پیاده‌سازی سیستم خبره بپردازیم. همان‌طور که قبلاً نیز اشاره شد تولید مدل فقط در اولین بار اجرا شدن پروژه صورت می‌گیرد و بازتولید مدل فقط زمانی انجام می‌پذیرد که تغییر ساختاری در مدل صورت گیرد.

تشخیص حمله

با مشخص شدن علائم ورودی توسط کاربر (البته این علائم می‌توانند از طریق سنسورها مقداردهی شوند که نیاز به پیاده‌سازی سخت‌افزاری دارد) سیستم شروع به بازیابی اطلاعات حملات قبلی می‌کند که دارای علائم مشابه با حمله فعلی هستند. درصورتی‌که حمله و یا حملاتی با علائم مشابه رخ‌داده باشند آنگاه تعداد حملات درست تشخیص داده شده (حملات تشخیص داده شده قبلی که توسط متخصصان تائید شده باشند) را از تعداد حملات تشخیص داده شده اشتباه قبلی کسر می‌کند. حاصل در یک ضریب که از جدول حقایق برداشته می‌شود و قابل به‌روزرسانی است گرفته می‌شود (مقدار پیش‌فرض یک درصد است). حاصل با آخرین احتمال درست تشخیص داده شده تجمیع می‌گردد؛ و اما اگر هیچ حمله‌ای با علائم مشابه در سیستم رخ نداده باشد آنگاه سیستم احتمال رخ دادن حملات قبلی مشابه را پنجاه‌درصد در نظر می‌گیرد زیرا ممکن است این حمله در دنیای واقعی رخ‌داده باشد.

نکته: درصورتی‌که احتمال حملات قبلی این‌قدر تائید شده باشد که به بیشتر از صد درصد برسد مقدار آن را همان صد درصد در نظر می‌گیریم. همچنین درصورتی‌که احتمال حملات قبلی این‌قدر تکذیب شده باشد که احتمال آن منفی شده باشد احتمال آن را صفر در نظر می‌گیریم.

احتمال رخ دادن علائم اولیه در صورت مشخص نبودن به‌صورت پیش‌فرض پنجاه‌درصد در نظر گرفته می‌شود که البته این مقدار از طریق آموزش سیستم (جلوتر به آن خواهیم رسید) قابل به‌روزرسانی است. درصورتی‌که علامت اولیه‌ای نامعتبر باشد مقدار آن را

صد درصد در نظر گرفته و اگر معتبر باشد مقدار آن را صفر درصد در نظر می‌گیریم.
برنامه‌نویس باتنت در آن واحد فقط از یکی از تکنیک‌های تغییر پی‌درپی آی‌پی و یا دامنه استفاده می‌کند (یو، ۲۰۱٤: ١٦)؛ بنابراین این موضوع را توسط نرم‌افزار واسط کنترل می‌کنیم تا درصورتی‌که مثبت بودن علامت یکی از دو مورد، علامت دیگری منفی گردد.
ضریب همبستگی فقط درصورتی‌که می‌تواند معتبر و یا نامعتبر باشد که آنتروپی جریان از حدش تجاوز کرده باشد (نامعتبر باشد) این موضوع نیز در رابط کاربری گنجانده شده است. جدول احتمال شرطی مربوط به ضریب همبستگی نیز فقط زمانی تشکیل می‌گردد که دارای مقدار نامشخص باشد.
سیستم توسط احتمال پیشین علائم حمله و محاسباتی که بر روی حملات مشابه قبلی انجام داده است به استنتاج در رابطه با حمله پرداخته و نتیجه را در کارنامه حمله (به‌عنوان تاریخچه حمله) ثبت می‌کند. نتیجه ثبت‌شده دارای پرچم تائید نشده است و بایستی توسط متخصصان تائید شود.
در انتها سیستم به ارائه اطلاعات آماری از حملات مشابه قبلی نظیر بیشینه و کمینه احتمال حملات درست تشخیص داده شده، تعداد تشخیص صحیح و اشتباه و همچنین تاریخ و زمان حملات می‌پردازد.
شکل (۸) نمایی از رابط کاربری سیستم تشخیص است. آخرین رکورد جدول نشان‌دهنده اولین حمله تشخیص داده شده با علائم نامشخص است که احتمال را ۵۷/۵ درصد محاسبه کرده است. به دلیل تکذیب تشخیص، رکورد بعدی دارای احتمال ۵۷ درصدی است که در حقیقت نیم درصد احتمال حمله را به دلیل تکذیب متخصصان پایین آورده است. رکورد بعدی دارای احتمال ٦۰ درصد است که در حقیقت به دلیل تائید تشخیص رکورد قبلی ۳ درصد افزایش پیدا کرده است.

شکل ۸. نمایی از رابط کاربری سیستم

هر یک از علائم دارای سه حالت می‌باشند:

نامشخص: دراین‌صورت احتمال حمله از روی استنتاج اطلاعات قبلی سیستم گرفته می‌شود.

نامعتبر: به این معنی است که علامت مربوطه رخ داده است.

معتبر: یعنی علامت مربوطه رخ نداده است.

تائید و تکذیب تشخیص توسط متخصصان

همان‌طور که در شکل (۹) نشان داده شده است در رابط کاربری صفحه‌ای گنجانده شده است تا متخصصان بتوانند از طریق آن حملات تشخیص داده‌شده را تائید نمایند. متخصصان می‌توانند در این صفحه با مشاهده نوع حمله، وضعیت علائم، تاریخ، زمان و احتمال تشخیص داده‌شده، در رابطه با تائید تشخیص، تصمیمات لازم را بگیرند. بدیهی است که رکوردهایی که تائید نشوند به‌صورت پیش‌فرض تکذیب شده در نظر گرفته می‌شوند.

	پرچم تایید	پرچم آموزش	شناسه لاگ	وضعیت علایم	احتمال	تاریخ و زمان	شناسه حمله
ویرایش حذف	☐	☐	9	2222222	0.607	2016/04/02 04:09:25 ب.ظ	9
ویرایش حذف	☐	☐	8	2222222	0.6109	2016/04/02 04:08:24 ب.ظ	9
ویرایش حذف	☐	☐	7	2222222	0.6143	2016/04/02 04:07:12 ب.ظ	9
ویرایش حذف	☐	☐	6	2222201	0.7337	2016/04/02 04:07:03 ب.ظ	9
ویرایش حذف	☐	☐	5	2222222	0.6187	2016/04/02 04:06:42 ب.ظ	9
ویرایش حذف	☑	☐	4	2222222	0.6026	2016/04/02 04:06:22 ب.ظ	9
ویرایش حذف	☑	☐	3	2222222	0.5712	2016/04/02 03:57:25 ب.ظ	9
ویرایش حذف	☐	☐	2	2222211	0.287	2016/04/02 03:57:10 ب.ظ	9
ویرایش حذف	☐	☐	1	2222222	0.575	2016/04/02 11:17:40 ق.ظ	9

شکل ۹. بخش تائید و یا تکذیب تشخیص حملات

آموزش سیستم

به دو بخش تقسیم می‌شود. آموزش جدول احتمالات پیشین که مربوط به علائم اولیه می‌گردد. آموزش جدول احتمالات شرطی.

آموزش جدول احتمالات پیشین

ابتدا رکوردهایی از کارنامه حملات که در آموزش سیستم مشارکتی نداشته‌اند در قالب فهرستی از پایگاه داده گرفته می‌شوند (لیست اول). سپس فهرستی از علائم اولیه که توسط ستون "مرتب کننده " مرتب می‌گردد، تهیه می‌شود (لیست دوم). در مرحله بعد وضعیت علائم در لیست اول را از سمت چپ به راست به ترتیب مورد بررسی قرار می‌دهیم. درصورتی‌که علامت موردنظر نامشخص باشد (مقدار آن ۲ باشد) آنگاه در آموزش سیستم نقشی نخواهد داشت در غیر این صورت دو حالت وجود دارد. حالت اول نامعتبر بودن علامت است و حالت دوم معتبر بودن آن است. هر یک از حالت‌ها نیز می‌توانند تأییدشده و یا تکذیب شده باشند. هنگامی‌که علامتی نامعتبر باشد و تشخیص حمله نیز تائید شده باشد و یا علامتی معتبر بوده و تشخیص حمله نیز تکذیب شده باشد از آن به‌عنوان یک فاکتور مثبت در رابطه با علامت حمله استفاده می‌گردد. برعکس هنگامی‌که علامتی نامعتبر باشد و تشخیص حمله تکذیب شده باشد و یا علامتی معتبر بوده و تشخیص حمله نیز تائید شده باشد از آن به‌عنوان یک فاکتور منفی در رابطه با علامت حمله استفاده می‌گردد. فاکتورهای مثبت و منفی تجمیع گردیده و در ضریبی که از جدول حقایق خوانده می‌شود و دارای مقدار پیش‌فرض یک درصد است (که البته قابل به‌روزرسانی است) ضرب می‌شود و با احتمال پیشین قبلی علامت موردنظر تجمیع می‌گردد. منطق این آموزش در این است که اگر علامتی معتبر باشد و حمله هم تکذیب شده باشد و یا اگر علامتی نامعتبر باشد و حمله هم تائید شود بنابراین می‌توان گفت که این علامت نقش مؤثرتری را باید ایفا کند و در غیر این صورت باید از نقش این علامت در تشخیص حمله کاست.

در پایان، سیستم تمامی رکوردهایی که در آموزش شرکت داده شده‌اند را توسط پرچم آموزش مشخص می‌کند و جدول احتمال پیشین را قبل و بعد از آموزش به کاربر نشان می‌دهد.

آموزش جدول احتمالات شرطی

در ابتدا احتمالات شرطی را در قالب یک لیست ترتیبی از پایگاه داده می‌گیریم سپس برای هر حالت موجود در لیست به جستجو در کارنامه حملات می‌پردازیم، رکوردهایی که با یک حالت تطابق دارند را فیلتر کرده و بر اساس تائید و تکذیب تشخیص جدا می‌نماییم. تائید را به‌عنوان فاکتور مثبت و تکذیب را به‌عنوان فاکتور منفی در نظر گرفته و پس از تجمیع در یک درصد (مقدار پیش‌فرض که قابل به‌روزرسانی است) ضرب می‌نماییم. سپس نتیجه را با احتمال قبلی تجمیع می‌نماییم.

بدیهی است که با این روش دیگر علائمی که دارای مقدار ۲ در پنج رقم اول کد ترنری وضعیت علامت خود می‌باشند دیگر در نظر گرفته نمی‌شوند.

برای مثال همان‌طور که در کارنامه حملات فرضی شکل (۱۰) مشاهده می‌شود:

حمله انکارسرویس‌توزیع‌شده دو بار با علائم زیر صورت گرفته است.

راه‌کارهای مبتنی بر امضا = نامعتبر

تغییر پی‌درپی آی‌پی = نامعتبر

تغییر پی‌درپی دامنه = معتبر

پیروی کردن از قانون پرتو = خیر

پیروی کردن از توزیع زیپف = خیر

آنتروپی جریان = نامشخص

ضریب همبستگی = نامشخص

شکل ۱۰. یک کارنامه فرضی از حملات

پنج رقم اول مربوط به باتنت‌ها می‌باشند، به دلیل اینکه منطق فهرست‌های کشویی مربوط به رابط کاربری برعکس منطق مربوط به جدول احتمالات شرطی است (برای درک راحت‌تر کاربر در انتخاب مقادیر صحیح) بنابراین پنج رقم اول که ۰۰۱۰۰ است را ابتدا به ۱۱۰۱۱ تبدیل کرده که معادل دسیمال آن برابر عدد ۲۷ می‌گردد. هردوی این حملات تکذیب شده‌اند؛ بنابراین سیستم بایستی در آموزش جدول احتمالات شرطی در حالت ۲۷ مربوط به باتنت‌ها ۲ درصد از احتمال شرطی قبلی کسر نماید.

به‌روزرسانی دستی مقادیر توسط متخصصان

در این سیستم امکانی فراهم شده است تا در صورت لزوم، متخصصان بتوانند به ویرایش رکوردهای موجود در جدول احتمالات شرطی، جدول احتمالات پیشین و جدول حقایق بپردازند.

مقایسه موردی

برای این‌که به صحت‌وسقم نتیجه سیستم تشخیص حملات انکارسرویس‌توزیع‌شده پی ببریم، برآن شدیم تا نتایج حاصل از سیستم را با نرم‌افزار نتیکا و در شرایط یکسان مقایسه کنیم. برای برقراری شرایط یکسان باید سیستم تشخیص را طوری تغییر دهیم تا احتمال حملات قبلی را پیوسته پنجاه‌درصد در نظر بگیرد و از محاسبه احتمال حملات قبلی و آموزش خود صرف‌نظر کند؛ زیرا نرم‌افزار نتیکا نمی‌تواند مانند یک سیستم خبره عمل کند.

مثال اول: علامت تغییر پی‌درپی آی‌پی نامعتبر بوده و تغییر پی‌درپی دامنه معتبر است. مابقی علائم نامشخص می‌باشند. احتمال تشخیص حمله توسط نرم‌افزار نتیکا ۵۷/۳ درصد است و احتمال تشخیص حمله توسط سیستم ما برابر ۵۸/۱ درصد است. اختلاف بین دو سیستم کمتر از یک درصد است که به دلیل تفاوت در الگوریتم استنتاج است.
مثال دوم: تغییر پی‌درپی آی‌پی نامعتبر، تغییر پی‌درپی دامنه معتبر، راه‌کارهای مبتنی بر امضا نامعتبر و تغییرات آنتروپی جریان نامعتبر و مابقی علائم نامشخص می‌باشند. تقریبا هردو سیستم مقدار ۸٤ درصد را به دست آورده‌اند.
مثال سوم: تغییر پی‌درپی آی‌پی معتبر، تغییر پی‌درپی دامنه نامعتبر، توزیع زیپف نامعتبر، قانون پرتو نامعتبر، تغییرات آنتروپی جریان نامعتبر، ضریب همبستگی نامعتبر و مابقی علائم نامشخص می‌باشند. هردوی سیستم‌ها دقیقاً مقدار ۹٤ درصد را به دست آورده‌اند.
بنابراین بر اساس سه مثال تصادفی فوق می‌توان گفت سیستم تشخیص حملات انکارسرویس‌توزیع‌شده ما به‌درستی کار می‌کند.

نتیجه‌گیری

حملات انکارسرویس‌توزیع‌شده هنوز هم وجود دارند و در آینده نیز وجود خواهند داشت چراکه این حملات جز جدانشدنی فضای سایبری هستند. به دلیل ماهیت فضای سایبری، حملات انکارسرویس‌توزیع‌شده و دفاع در برابر آن‌ها یک نزاع تمام‌نشدنی میان مهاجمان و مدافعان است. هر بار که مدافعان یک روش دفاعی طراحی می‌کنند از آن طرف مهاجمان سعی در اختراع راهبرد یا روش جدید برای نفوذ به سیستم دفاعی جدید می‌کنند و برعکس.
در این مقاله سعی شد تا با الهام گرفتن از روش‌ها و تکنیک‌های جدید و موفق موجود در مقاله‌ها و کتب معتبر دیگر و ترکیب آن‌ها سیستمی ارائه شود که با بهره‌گیری از سیستم خبره به‌منظور آموزش و استنتاج به تشخیص حملات انکارسرویس‌توزیع‌شده بپردازد.
از مزایای سیستم ارائه‌شده می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

آموزش و به‌روزرسانی خودکار سیستم از طریق سیستم خبره.
قابلیت نصب سیستم بر روی انواع سیستم‌عامل‌ها و ماشین‌های مجازی.
قابلیت تغییر مدل با تغییر تکنیک‌ها و علائم حملات.
قابلیت تخمین احتمال حمله برای علائم نامشخص با استفاده از قوه استنتاج.
به نظر می‌رسد که تنها عیب سیستم هزینه‌های پردازشی آن است که به‌واسطه مضراتی که حملات انکارسرویس‌توزیع‌شده ایجاد می‌کنند قابل‌اغماض است.
توجه به این مهم ضروری است که حتی اگر یک سیستم دفاعی به حدی از بلوغ برسد که نفوذ به آن امکان‌پذیر نباشد بازهم با ظهور فن‌آوری‌های جدید ممکن است از پا در بیاید. برای مثال رایانش ابری با قدرتی که می‌تواند در زمینه محاسبات تولید کند قادر به پیدا کردن کلیدهای بزرگ، الگوریتم‌های رمزنگاری پیچیده در کسری از زمان است. علاوه بر این، با ظهور هر فن‌آوری جدید نمی‌توان تمامی نقاط آسیب‌پذیر آن را به‌سرعت کشف و یا حتی پیشگویی کرد.
مشکل بزرگی که با آن روبرو هستیم عدم شناخت صحیح فضای سایبری است. برای برطرف کردن مشکلات امنیتی فضای سایبری بایستی فهم بهتر و عمیق‌تری نسبت به آن پیدا کنیم. به‌عنوان نشانه‌ای از این مورد می‌توان به مجلس تحقیقات آمریکا اشاره کرد که به‌تازگی تحقیقی را بر روی دانش شبکه آغاز کرده‌اند[1]. علاوه بر این، همان‌طور که اینترنت و وب روزبه‌روز عظیم‌تر و پیچیده‌تر می‌گردند، ما با چالش‌های بیشتری در فهم این شبکه‌های عظیم، مواجه می‌شویم. یکی از مسائل ضروری که با آن مواجه هستیم این است که هنوز هم یک تئوری بنیادین امکان‌پذیر برای شبکه‌ها نداریم. این موضوع به‌طور عادی توسط جامعه شبکه پذیرفته شده است که ما برای شبکه کمبود تئوری داریم. اگرچه ابزارهای تئوری مختلفی برای مسائل خاص ارائه شده است اما این ابزار معمولاً در یک بازه محدود مؤثر واقع می‌شوند. ابزار اصلی برای شبکه، تئوری گراف و تئوری صف است. این تئوری‌ها نیز در سطح وسیعی توسعه داده‌شده‌اند، اما تمامی این توسعه‌ها

1. http://www.nap.edu/catalog/11516.html

از هدف نهایی دور می‌باشند (یو، ۲۰۱٤: ۲٤).

اگر به‌سرعت به تاریخچه علم نگاهی بیندازیم، خواهیم فهمید که همیشه قبل از این‌که بشر واقعاً بخواهد شروع به کاری بکند، ابزارهای ریاضی لازم برای او فراهم بوده است. برای مثال، زمانی که آلبرت انیشتین از هندسه دیفرانسیل در کارهایش استفاده می‌کرد هندسه دیفرانسیل کاملاً به بلوغ خود رسیده بود. درنتیجه، بایستی دلگرم باشیم که ابزارهای ریاضی از قبل برای ما وجود دارند تا بتوانیم با استفاده از آن‌ها، وب، اینترنت و شبکه‌های پیچیده را مدل کنیم. وظیفه ما درک عمیق این ابزار ریاضی و به‌کاربردن آن‌ها در مسائل علوم کامپیوتر است. در صورت لزوم می‌توان حتی ابزار ریاضی جدیدی را برای حل مشکل اختراع کرد.

منابع

حمزه کلایی. م.ح، شامانی. م.ر، شامانی. م.ج، (۱۳۹۲)، بهینه کردن الگوریتم کلونی مورچگان برای ردیابی آی‌پی حملات انکارسرویس، **مجله عملی ـ پژوهشی پدافند الکترونیکی و سایبری، ٤، ۷۷-۸٦**

Choi.Junho, Choi.Chang, Ko.Byeongkyu, Kim.Pankoo, (2014), A method of DDoS attack detection using HTTP packet pattern and rule engine in cloud computing environment, *Soft Computing*, 18, 9, 1697-1703.

Crovella. M. E, Bestavros. A, (1997), *Self-similarity in world wide web traffic: evidence and possible causes, IEEE/ACM Transactions on Networking,* vol. 5, no. 6, pp. 835˚846.

Hsin Lai. G, Chen. C.M, Jeng. B.Ch, Chao. W, (2008), *Ant-based IP traceback, Expert Systems with Applications*, 34, 4, 3071˚3080.

Moore. D, Shannon. C, Brown. D. J, Voelker. G. M, Savage. S, (2006), *Inferring internet denialof-service activity, ACM Transactions on Computer Systems*, vol. 24, no. 2, pp. 115˚139.

Paxson. V, Floyd. S, (1995), *Wide area traffic: the failure of poisson modeling, IEEE/ACM Transactions on Networking*, vol. 3, no. 3, pp. 226˚244.

Pinzóna. Cristian I, Bajob. Javier, Pazb. Juan F. De, Corchadob. Juan M, (2011), S-MAS: An adaptive hierarchical distributed multi-agent architecture for blocking malicious SOAP messages within Web Services environments, *Expert Systems with Applications*, 38, 5, 5486˚5499.

Xie. Y, Yu. S. Z, (2009), *A large-scale hidden semi-markov model for anomaly detection on user browsing behaviors, IEEE/ACM Transactions on Networking*, vol. 17, no. 1, pp. 54˚65.

Yu. Shui, (2014), *Distributed Denial of Service Attack and Defense, SpringerBriefs in Computer Science*.

Zhou.Wei, Jia.Weijia, Wen.Sheng, Xiang.Yang, Zhou.Waniei, (2013), Detection and defense of application-layer DDoS attacks in backbone web traffic, *Future Generation Computer Systems*, 38, 36-46.