Scientific Journal of Electronic & Cyber Defense
Vol. 12, No. 3, Autumn 2024, Serial No. 47
ISSN: 2322-4347 , E-ISSN: 2980-8979

Detection of DNS based botnets using traffic analysis in IoT

M.T. Behnam[1], R. Jalaei[2*]

[2*]Associate Professor, Imam Hossein University, Tehran, Iran

(Received:2024 /05/20, Revised: 2024/09/12, Accepted: 2024/10/07, Published: 2024/10/22)

DOR: https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.23224347.1403.12.3.3.5

Abstract

Application of IOT based equipment using different technologies are increasing on a day-to-day basis. On the other hand, due to light protocols, versatility of applications, and geographic prevalence, and management by non-specialists, a thorough, secure configuration, and proper update of these equipment is not handled properly. Thus, such equipment are easy targets for various hackers' attacks.

Moreover, crafting bot networks for destructive activities is available more than ever. Using IOT equipment with such weaknesses and shortcomings, detecting bot networks remains as a serious challenge.

In this work, after surveying relevant works, different attack vectors in IOT networks were studied. Then DNS attack vectors that may be leveraged by bots were identified. Finally, Miraka, a method for detecting DNS attacks in IP layer of IOT networks was proposed. For practical purposes, Mirai, a notorious IP based bot common to IOT as well as TCP/IP networks was studied, and different results were obtained using comprehensive traffic generation patterns and scenarios.

The advantage of the proposed methos relies on faster detection of contaminated traffic due to lexical domain name analysis, and less reliance on domain name attributes. Empirical results show a success rate of %99.5 and precision of %99.7 in Mirai based bot detection in IP based IOT networks which is superior to other competing methods.

Keywords: : Botnet, Internet of Things, DNS Attacks, Mirai.

**Corresponding Author Email: rjalaei@ihu.ac.ir*

«پدافند الکترونیکی و سایبری»
سال دوازدهم، شماره ۳، فصل پاییز ۱۴۰۳؛ ص ۱۴-۱

علمی – پژوهشی

میراکا: تشخیص حملات بات‌نت مبتنی بر ترافیک DNS در اینترنت اشیا

محمدتقی بهنام[۱]، رضا جلایی*[۲]

۱- کارشناسی ارشد، ۲-استادیار، دانشگاه جامع امام حسین(ع)، تهران، ایران

(دریافت: ۱۴۰۳/۰۲/۳۱، بازنگری: ۱۴۰۳/۰۶/۲۲، پذیرش: ۱۴۰۳/۰۷/۱۶، انتشار: ۱۴۰۳/۰۸/۰۱)

DOR: https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.23224347.1403.12.3.3.5

چکیده

تجهیزات اینترنت اشیا امروزه به‌سرعت در حال افزایش است و انواع و کاربردهای گوناگون نیز باعث شده که مدیریت آن‌ها پیچیده و بستری برای رشد و گسترش بات نت‌ها شود. در چند سال اخیر حملات گسترده‌ای از طریق تجهیزات اینترنت اشیا انجام شده است که بات‌نت میرای جزء شاخص‌ترین آن‌ها است به‌گونه‌ای که این بات‌نت به الگوی بات نت‌های اینترنت اشیا تبدیل شده است به دلیل اینکه بردار حمله DNS جزء محبوب‌ترین و نمایان بردارهای حمله است، این مقاله ضمن بررسی حملات سرویس نام دامنه (DNS)، در شبکه اینترنت اشیا، روشی را برای تشخیص بات نت‌های مبتنی بر DNS پیشنهاد می‌دهد. روش پیشنهادی میراکا، بر اساس محاسبه اختلاف زمان درخواست و پاسخ ترافیک DNS و مقایسه آن با مقدار حد آستانه محاسبه شده، سرویس‌های نام دامنه مخرب را تشخیص می‌دهد. تفاوت میراکا با روش‌های ارائه شده، در بررسی ویژگی‌های نام سرویس دامنه و تحلیل متنی نام دامنه است. میراکا با سنجش شاخص‌های ماتریس درهم‌ریختگی و ارزیابی شد. نتایج ارزیابی نشان داد که روش پیشنهادی میراکا، با تشخیص ۰,۹۹۵ و دقت ۰,۹۷۷ بات‌های مبتنی بر اینترنت اشیا را تشخیص می‌دهد.

کلیدواژه‌ها: اینترنت اشیا، تشخیص بات‌نت، حملات DNS، بات‌نت میرای

۱- مقدمه

اینترنت اشیا از همگرایی فناوری‌های بی‌سیم، سیستم‌های میکروالکترومکانیکی، میکروسرویس‌ها و اینترنت تکامل‌یافته است. این همگرایی به ازبین‌رفتن شکاف میان فناوری عملیاتی و فناوری اطلاعات کمک کرده است [۱].

امروزه بات‌نت به‌عنوان یکی از خطرناک‌ترین انواع حملات سایبری به شمار می‌آید که از راه دور توسط کارورها به‌وسیله کانال‌های فرمان و کنترل مدیریت و کنترل می‌شوند [۲]. آن‌ها می‌توانند با استفاده همزمان از گروه‌های هماهنگ بسیار بزرگی از بات نت‌ها منافع اقتصادی و امنیت را از طریق حملاتی مانند انکار خدمات توزیع شده، جستجوی فراگیر شکستن[۲]، سرقت هویت[۳]، نصب نرم افزارهای تبلیغاتی[۴]، ارسال هرزنامه های گسترده[۵]، کلاهبرداری کلیکی[۶] به خطر اندازند [۳].

اینترنت اشیا به طور چشمگیری بر زندگی روزمره در حوزه‌های مختلفی تأثیر می‌گذارد، و هدف آن ارتقای کیفیت زندگی انسان‌هاست بااین‌وجود، اینترنت اشیا در برابر حملات سایبری مختلف آسیب‌پذیر بوده [۴] و نگرانی‌ها در مورد امنیت دستگاه‌های آن به عنوان یک مانع مهم به حساب می‌آید و سدی در مسیر پذیرش دستگاه‌های اینترنت اشیا در نظر گرفته می‌شود. با توجه به بهره‌برداری بات نت‌ها از دستگاه‌های اینترنت اشیا و عدم توانایی شناسایی بات نت‌ها، تشخیص آن‌ها یک مسئله‌ی پیچیده و چالشی مهم است. مخصوصا که روند آن‌ها،

* رایانامه نویسنده مسئول: rjalaei@ihu.ac.ir

[2] Brute-Forcecracking
[3] Identity Theft
[4] Adware Installation
[5] Mass Spamming
[6] Click Frauds

پنهان‌ساختن هویت‌ها خود، بویژه سرورهای فرمان و کنترل است [۵].

بات نت‌ها از سیستم DNS برای حملات خود استفاده می‌کنند و یکی از چالش‌های اینترنت اشیا تشخیص آن‌ها است [۵]. در این مقاله با تحلیل ترافیک‌های DNS اقدام به تشخیص بات نت‌های اینترنت اشیا می‌نماییم.

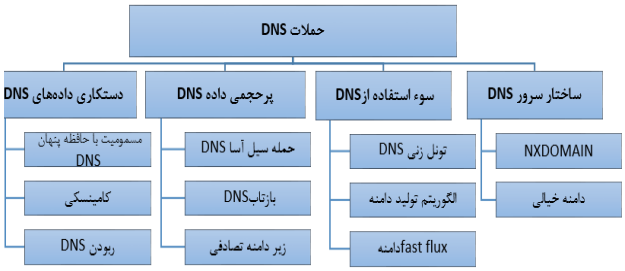
ساختار مقاله به این شرح است: در بخش ۲ به پژوهش‌های مرتبط اشاره شده و در بخش‌های ۳ و ۴ به انواع بات نت‌ها و سیر تکاملی آن‌ها در اینترنت اشیاء پرداخته می‌شود و همچنین در بخش ۷ روش تشخیص پیشنهادی و در بخش ۸ و ۹ آزمایش و ارزیابی آزمایش‌ها بازگو خواهد شد و در بخش پایانی مقاله نتایج ارائه می‌شود.

۲- روش تحقیق پژوهش‌های مرتبط

در این بخش پژوهش‌های مرتبط با انواع حملات DNS و روش‌های تشخیص بات نت‌های مبتنی بر DNS مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۲-۱- حملات DNS

مرجع [۶] حملات DNS را به چهار دسته تقسیم کرده است، دستکاری داده‌های DNS[1] ، داده سیل‌آسای DNS[2] ، سوء استفاده از DNS و ساختار *سرور* DNS شکل (۱) فهرستی از ۱۱ حمله DNS را نشان می‌دهد.



شکل (۱): تقسیم‌بندی حملات DNS [۶]

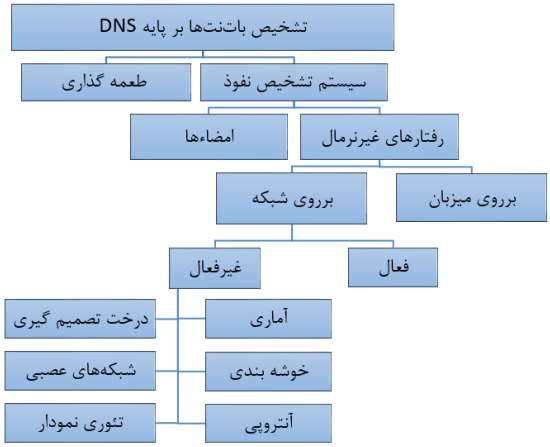
حملات دیگری نیز وجود دارند که از آن جمله می‌توان به حمله سیل‌آسای DNS[3]، زیر دامنه تصادفی[4] و حمله NXDOMAIN[5] اشاره کرد.

[1] DNS Data Tampering
[2] DNS Data Flooding
[3] DNS Flooding Attack
[4] Random Subdomain
[5] Non-Existent Domain

حملات توزیع شده یک تهدید برای امنیت و ثبات ارتباطات و خدمات ارائه شده در شبکه‌ها هستند[۷].

۲-۲- تشخیص بات نت‌ها مبتنی بر DNS

الیان و همکارانش [۵] در خصوص تشخیص بات نت‌ها بر پایه DNS بر اساس خصوصیات، ویژگی بات نت‌ها و عملکرد آن‌ها، مطالعاتی انجام داده‌اند. شکل (۲) انواع طبقه‌بندی تشخیص بات نت‌ها در ترافیک DNS را نشان می‌دهد.



شکل (۲): ساختار درختی تشخیص بات نت‌ها بر اساس DNS [۸]

تشخیص بات نت‌ها در ترافیک DNS ابتدا به دودسته طعمه‌گذاری DNS[6] و سیستم تشخیص نفوذ[7] تقسیم می‌شوند و خود سیستم تشخیص نفوذ نیز از دو بخش امضاها و رفتارهای غیرعادی تشکیل می‌شود. رفتارهای غیرنرمال بر اساس ترافیک میزبان و شبکه تقسیم‌بندی و ترافیک شبکه بر اساس دو حالت فعال[8]، غیرفعال[9] بررسی می‌شود. در حالت فعال، بسته‌های خاص‌منظوره تولید و در شبکه تزریق و رفتار شبکه ارزیابی می‌شود؛ اما در حالت غیرفعال، ترافیک عبوری را از شش روش ارزیابی و بررسی می‌کند که شامل روش‌های آماری[10]، خوشه‌بندی[11]، آنتروپی[12]، درخت تصمیم‌گیری[13]، شبکه‌های عصبی[14] و تئوری گراف[15] است.

[6] Honey
[7] Intrusion Detection System
[8] Active
[9] Passive
[10] Statistical
[11] Clustering
[12] Entropy
[13] Decision Tree
[14] Neural Networks
[15] Graph Theory

1 SOHO Roter
2 Mirai

ابراهیم غفیر و همکارش [۹] به بررسی دامنه‌های مخرب[1]، با استفاده از فهرست سیاه پرداخته‌اند که یک روش محبوب در تشخیص بات نت‌ها است. برای همین منظور ترافیک DNS، پردازش شده و درخواست‌ها با لیست سیاه مطابقت داده می‌شود. در ادامه، لیست سیاه دامنه‌های مخرب به طور خودکار به‌روزرسانی شده و ردیابی انجام می‌شود.

ضعف این روش این است که بررسی‌ها را فقط بر اساس لیست دامنه‌ها انجام می‌دهد.

خوزه سلوی و همکارانش [۱۰] روشی ارایه کرده‌اند که بر اساس تحلیل نام دامنه کار می‌کند. روش پیشنهادی آن‌ها یک رویکرد یادگیری ماشین با استفاده از جنگل تصادفی معرفی می‌کند، که از نام واژگان دامنه برای تشخیص دامنه‌های تولید شده استفاده می‌کند. روش پیشنهادی، از n -گرام همراه با سایر آمارهای به دست آمده از نام دامنه برای تشخیص آن‌ها استفاده می‌کند.

در روش n - گرام که مدل‌های تک‌کلمه[2] و دوکلمه[3]، تا n کلمه‌ای بررسی می‌شود، نام دامنه از روش‌های تحلیل یادگیری ماشین بررسی می‌شود. سپس بر اساس عامل‌های خود نمره‌دهی می‌شود و در انتها نیز بر اساس معیار تعیین شده، مخرب بودن آن مشخص می‌گردد.

ضعف این روش این است که فقط تحلیل نام دامنه و به عنوان یک تحلیل‌گر متن در نظر گرفته می‌شود و دیگر ویژگی‌ها را مورد بررسی قرار نمی‌دهد.

یکی دیگر از روش‌ها که توسط جی هیون لی و همکارش [۱۱] ارائه شده است، تشخیص فعالیت بدافزار مبتنی بر گراف با تجزیه و تحلیل ترافیک DNS است. این روش یک سازوکار تشخیص فعالیت بدافزار مبتنی بر گراف[4] است و از همبستگی پیوندی بین نام دامنه استفاده می‌کند.

در این روش بر اساس ارتباطات بین DNS ها و همبستگی بین آن‌ها و درخت تصمیم[5] تشخیص داده می‌شود.

دیوید و بالزاروتی و همکارانش [۱۲] به بررسی یک سرویس تحلیل DNS غیرفعال برای تشخیص و گزارش دامنه‌های مخرب پرداخته‌اند. این روش، داده‌هایی از DNS سرورها جمع‌آوری می‌کند و آن‌ها را به‌صورت غیرفعال و غیربرخط و بر اساس ۱۵ ویژگی شامل چهار دسته بررسی می‌نماید. سپس مبتنی بر یک لیست، یک سری ویژگی‌های تشخیص، آموزش داده و نتایج توسط الگوریتم ژنتیک تحلیل می‌شود تا میزان مخرب بودن دامنه تشخیص داده شود.

برای تشخیص بات نت‌ها در تجهیزات اینترنت اشیا پروکوفیف و همکارانش [۱۳] روشی پیشنهاد می‌کنند که بر اساس آن پارامترهای نظیر درگاه مقصد، تعداد درخواست، تعداد درخواست‌های زوج، میانگین بین درخواست‌ها، درخواست بر روی درگاه‌های دیگر، اندازه حجم بسته‌ها، آنتروپی بین بسته‌ها و توزیع حروف به‌عنوان ورودی به سیستم داده می‌شود و سپس با استفاده از الگوریتم رگرسیون لجستیک باتوجه‌به هوشمندی خود، تشخیص بات نت‌ها را انجام می‌دهد. در این روش به مجموعه‌ای از ویژگی‌های خاص حجمی پرداخته شده و آن‌ها را مورد بررسی قرار می‌دهد. ضعف روش پیشنهادی پروکوفیف و همکارانش عدم بررسی عامل‌های نظیر فهرست سیاه، تعداد نشانی‌های IP متمایز، نسبت دسترسی[6]، تعداد حروف نام دامنه، تکرار نام دامنه، تعداد نقطه در نام دامنه، تعداد اعداد است.

در بررسی مقاله‌ای دیگر برای تشخیص بات نت‌ها در تجهیزات اینترنت اشیا میدان[7] و همکارانش [۱۴] از طریق بررسی عمیق کل ترافیک، یک سری ویژگی‌هایی را استخراج کرده و از طریق خودرمزگذار[8] بر اساس شبکه عصبی به تشخیص ناهنجاری و بات نت‌ها در ترافیک شبکه تجهیزات اینترنت اشیا پرداخته می‌شود. در این روش، ترافیک DNS به طور اختصاصی بررسی نشده است و تشخیص بر اساس الگوریتم‌های در نظر گرفته شده است.

۲-۳- سیر تکاملی بات نت‌ها در اینترنت اشیاء

با افزایش تعداد تجهیزات اینترنت اشیا، تعداد بات نت‌ها، حملات سایبری نیز به همان نسبت افزایش‌یافته است که این موضوع باعث ایجاد یک دسته‌بندی متفاوت در بات نت‌های سنتی و اینترنت اشیا شده است [۱۵].

۲-۳-۱- بات نت‌های سنتی

دارندگان بات نت‌ها یا هدایتگران آنها می‌توانند با استفاده از یک کانال مخفی مانند چت رله اینترنتی[9] یا نظیر به نظیر[10] ماشین‌های آلوده به باتنت را کنترل کنند. این روش کنترلی دستوراتی را برای انجام فعالیت‌های مخرب مانند حمله‌های توزیع شده، انکار سرویس، هرزنامه‌ها یا سرقت اطلاعات صادر می‌کنند [۳].

۲-۳-۱- بات نت‌های اینترنت اشیا

[1] malicious
[2] 1-gram
[3] 2-gram
[4] Graph-Based Malware Activity Detection by DNS Traffic Analysis
[5] Decision Tree
[6] Access ratio
[7] Y. Meidan
[8] Auto-Encoders
[9] Internet Relay Chat (IRC)
[10] Peer-To-Peer

باتنت اینترنت اشیا مجموعه‌ای از تجهیزات اینترنت اشیا به خطر افتاده است، مانند دوربین‌های امنیتی، مسیریاب‌ها، دوربین‌های مداربسته دیجیتال، پوشیدنی‌ها[1] و سایر فناوری‌های تعبیه شده[2]، آلوده به بدافزار. این بدافزارها به مهاجم اجازه می‌دهد تا دستگاه‌ها را کنترل کند، دقیقاً مانند یک باتنت سنتی، اما برخلاف بات نت‌های سنتی، تجهیزات اینترنت اشیا به دنبال گسترش بدافزار خود هستند و دستگاه‌های بیشتری را آلوده می‌کنند.[۱۶].

۲-۴- انواع بات نت‌های اینترنت اشیا

گسترش روزافزون اینترنت اشیا منجر به رشد مجموعه‌ای گسترده و روبه‌رشدی از تجهیزات شبکه‌ای مثل، شمارگرهای هوشمند، دستگاه‌های پزشکی، سنسورهای ایمنی عمومی و مانند این‌ها شده است. همین امر و همچنین تنوع کاربردهای این تجهیزات، منجر به گسترش و توسعه بات نت‌ها در آن‌ها شده است. در ادامه، برخی از بات نت‌های شاخص این حوزه مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۲-۴-۱- Linux.Aidra

باتنت *Linux.Aidra* که با عنوان *Linux.Lightaidra* نیز شناخته می‌شود در سال ۲۰۱۲ توسط محققان امنیتی کشف شد. این باتنت اولین‌بار هنگامی مشاهده شد که در تعداد زیادی از حملات مبتنی بر *Telnet* به تجهیزات اینترنت اشیا مشارکت داشت.

۲-۴-۲- Bashlite

Gafgyt [۱۷] که با نام *Bashlite* نیز شناخته می‌شود یکی از معمول‌ترین انواع بدافزار است که از سال ۲۰۱۴ در حال آلوده‌کردن تجهیزات اینترنت اشیاء است. گونه جدیدی از این بدافزار مسیریاب‌های کوچک(SOHO Roter) اداری با نام‌های معروف مانند Huawei و Asus را مورد هدف قرار داده است. و درنمونه جدید، عملکرد اصلی بدافزار Gafgyt حمله به تجهیزات اینترنت اشیا و تحت کنترل گرفتن آن‌ها با بهره‌برداری از آسیب‌پذیری‌های شناخته شده برای انجام حمله انکار خدمات توزیع شده است.

۲-۴-۳- میرای(Mirai)

میرای [۱۸] یک شبکه ربات بانت‌نت است، که هدف اصلی آن، دستگاه‌های برخط مانند دوربین‌های نظارت تصویری و مسیریاب‌های خانگی است.

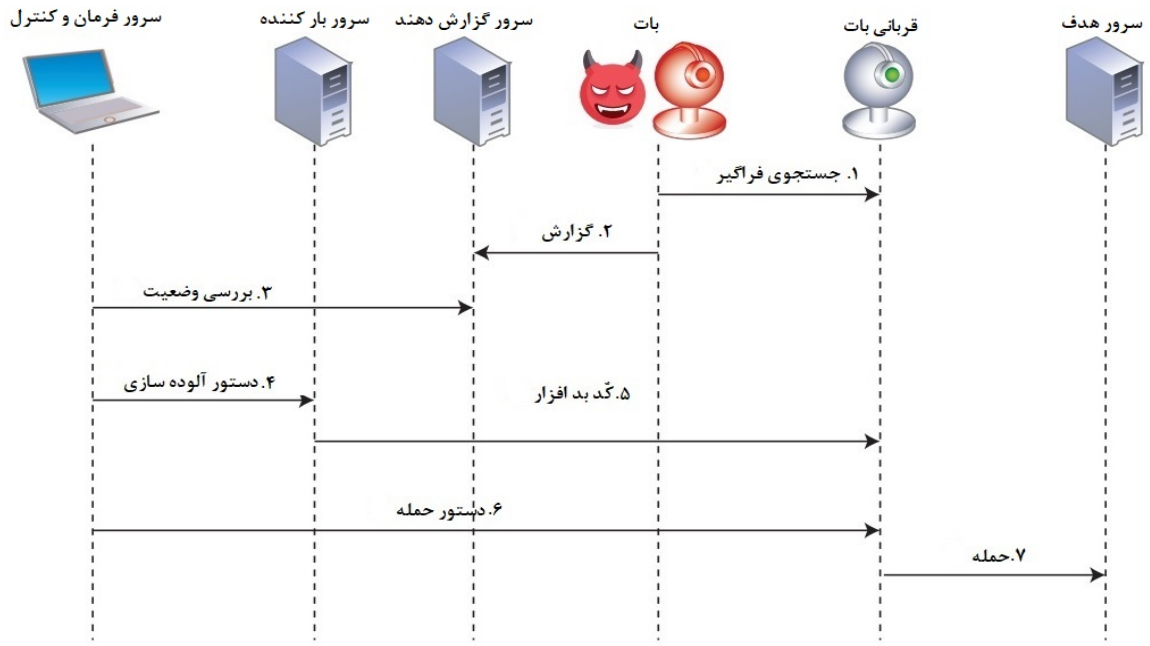
بات نت‌هایی مانند *Masuta*، *Owari*، *DaddysMirai* و *Orion* شامل کد حمله میرای هستند. همچنین سایر بات نت‌های اینترنت اشیا مانند *IoT_Reaper/IoTroop* و *Satori* نیز اگرچه رویکردهای متفاوتی دارند، بر مبنای چارچوب میرای هستند. در ادامه عملکرد و بردارهای حمله باتنت میرای از مرحله آلوده‌سازی تا مرحله حمله، بررسی می‌گردد.

۲-۵- عملکرد باتنت میرای

عملکرد باتنت میرای از مرحله آلوده‌سازی تا مرحله حمله از طریق هفت مرحله تشریح و وضعیت هر یک از مراحل در شکل (۳) مشاهده می‌شود [۱۹].

[1] Wearables
[2] Embedded Technologies

1 SOHO Roter
2 Mirai



شکل (۳): عملکرد باتنت میرای [۱۹]

مرحله ۱: در ابتدا آدرس‌های آی‌پی عمومی تصادفی را از طریق پروتکل TCP درگاه ۲۳ یا ۲۳۲۳ اسکن می‌کند. آنگاه در یک حمله جستجوی فراگیر، رمز پیش‌فرض تجهیزات اینترنت اشیا که پیکربندی ضعیف داشته‌اند از طریق ۶۲ نام کاربری و رمز عبور ممکن بررسی می‌گردد.

مرحله ۲: ربات با کشف اعتبار صحیح به‌دست آمده، دسترسی و گزارش از آن، به سرور گزارش، ارسال می‌شود.

مرحله ۳: سرور فرمان و کنترل به‌صورت دوره‌ای، وضعیت سرور گزارش را بررسی می‌کند.

مرحله ۴: پس از تصمیم در مورد این که کدام ابزار آسیب‌پذیرتر و مستعد برای آلوده‌سازی است، مدیر بات یک فرمان آلوده حاوی تمام جزئیات لازم آدرس آی‌پی و معماری سخت افزار را صادر می‌کند مرحله ۵: فایل آلوده به دستگاه موردنظر وارد شده و به آن دستور می‌دهد، نسخه باینری مربوطه را بارگیری و اجرا کند. در این مرحله، نمونه جدید بات برای دریافت دستورهای حمله، با سرور فرمان و کنترل خود ارتباط برقرار می‌کند.

مرحله ۶: مدیر بات به تمام بات‌ها برای آغاز حمله به سرور هدف با صدور فرمانی ساده و با پارامترهای متناظر بر اساس نوع حمله، زمان حمله، آی‌پی آدرس، حمله به یک سرور هدف را شروع می‌کند.

مرحله ۷: بات‌ها از طریق یکی از بردارهای حمله[1]، حمله‌های توزیع شده از سرویس مورد نظر به سرور هدف را انجام می دهند.

۱-۵-۲- بردارهای حمله میرای

بردارهای اصلی حمله میرای [۱۸] که شامل ۱۰ نوع حمله است بر اساس بیشترین رتبه بهره‌برداری تشریح می‌گردند. در ادامه، به برخی از این بردارهای حمله‌ها اشاره می‌شود.

- حمله DNS

در این حمله، آدرس آی‌پی مشخص‌شده استفاده نمی‌شود، در عوض حمله‌کننده باید دامنه مورد حمله را مشخص کرده و سیل درخواست‌های DNS در دامنه مشخص‌شده ایجاد می‌کند. این حمله به‌خودی‌خود سیلی از دامنه‌های فرعی در دامنه مشخص شده با فرمت $STRING.domain.com$ است. دفاع در برابر این بردار حمله بسیار دشوار بوده؛ زیرا یک سازمان نمی‌تواند به‌سادگی درگاه ۵۳ و آی‌پی مبدأ را مسدود نماید.

- HTTP

حمله HTTP در میرای بسیار انعطاف‌پذیر و با چندین حمله سفارشی‌سازی شده است که دفاع از آن بدون استفاده از ابزارهای مناسب دشوار است. بارزترین حمله‌ای که برای اولین‌بار با این ابزار انجام شده است، حمله HTTP GET است که یک حمله GET سنتی محسوب می‌شود، HTTP Flood حمله به

[1] Attack Vectors

برنامه‌های در حال اجرا است و قربانی معمولاً نمی‌تواند ترافیک TCP درگاه ۸۰ را مسدود کند.

۲-۶- Linux/IRCTelnet

Linux/ IRCTelnet (new Aidra) یک نوع جدید از بدافزار لینوکس بر روی تجهیزات اینترنت اشیا و تبدیل آن‌ها به ربات‌هایی با قابلیت حمله‌های توزیع شده است [۲۰].

۲-۷- Hajime

بات‌نت [۲۱] Hajime مشابه میرای از طریق پراکنده کردن خود توسط تجهیزات اینترنت اشیا غیرایمن که درگاه *Telnet* باز دارند فعالیت می‌کند. این بات‌نت با استفاده از کلمات عبور پیش‌فرض و همچنین لیست همانند ترکیب نام‌های کاربری و کلمات عبوری که در میرای است، فعالیت می‌کند.

بات‌نت *Hajime* برخلاف بات‌نت میرای پس از اینکه یک تجهیز اینترنت اشیا را آلوده می‌کند، با مسدودکردن چهار درگاه ۲۳، ۷۵۴۷، ۵۵۵۵ و ۵۳۵۸ که بیشترین درگاه‌های مورداستفاده برای آلوده‌سازی تجهیزات اینترنت اشیا هستند، اقدام به ایمن‌سازی این تجهیزات از حمله میرای و دیگر تهدیدات مشابه می‌نماید.

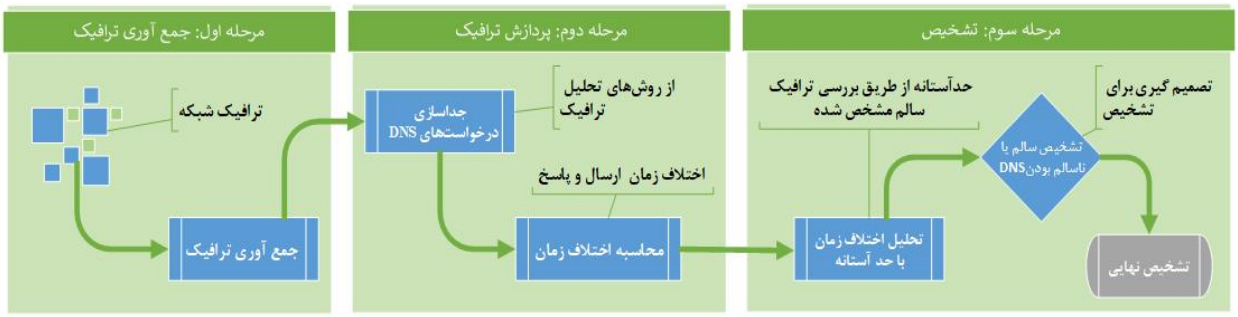
۳- روش تشخیص پیشنهادی

روش پیشنهادی مبتنی بر تحلیل فاصله زمانی درخواست‌های DNS است.

در این روش، زمان‌های پاسخ و دریافت درخواست‌های DNS محاسبه می‌شود. بر اساس اندازه حد آستانه به‌دست‌آمده، سالم یا ناسالم بودن این درخواست‌ها تشخیص داده می‌شود.

۳-۱- معماری روش تشخیص

برای تشخیص بات نت‌های مبتنی بر اینترنت اشیا، یک معماری سه‌مرحله‌ای مطابق (***Error! Reference source not found.***) پیشنهاد می‌شود. در این معماری، در مرحله اول که جمع‌آوری ترافیک نامیده می‌شود، ترافیک شبکه جمع‌آوری می‌شود، در مرحله دوم که پردازش ترافیک نام دارد، ابتدا با استفاده از روش‌های تحلیل ترافیک، درخواست‌های DNS جداسازی می‌شوند؛ در ادامه زمان بین ارسال و پاسخ این درخواست‌ها محاسبه می‌شوند. و در مرحله سوم یا تشخیص، نتایج تحلیل زمان درخواست‌ها باهم و از طریق محاسبه یک حد آستانه مقایسه می‌گردند. اگر این زمان از حد آستانه کوچکتر باشد، درخواست مربوط به DNS، سالم است و توسط یک سرویس معتبر DNS پاسخ داده شده است و اگر این زمان از حد آستانه بزرگ‌تر باشد، درخواست ناسالم است و توسط یک سرویس DNS نامعتبر ارسال شده است.



شکل (۴): معماری روش تشخیص پیشنهادی

۳-۱-۱- جمع آوری ترافیک

وظیفه این مرحله، جمع‌آوری ترافیک درگاه‌های خروجی تجهیزات اینترنت اشیا در شبکه مبتنی بر آی پی است. نحوه کار به این شکل است که کلیه بسته‌های ارسالی و دریافتی از این تجهیزات، در بازه‌های زمانی مختلف، جمع‌آوری و جهت پردازش مرحله بعدی، ذخیره می‌شوند.

۳-۱-۲- پردازش ترافیک

این مرحله، وظیفه جداسازی ترافیک DNS از کل ترافیک جمع‌آوری شده و پردازش و محاسبه زمان‌های بین درخواست‌های DNS را برعهده دارد. نحوه کار به این صورت است که ترافیک DNS بر اساس پروتکل UDP و درگاه ۵۳ فیلتر شده و این ترافیک از دیگر پروتکل‌های موجود ردوبدل شده جداسازی می‌شود.

پس از این جداسازی، باتوجه‌به ساختار ترافیک DNS، تأخیر زمانی بین درخواست و پاسخ‌های متناظر با هم و مربوطه به یک مبدأ و مقصد، محاسبه می‌شود. برای این منظور، اختلاف بین زمان پاسخ و زمان درخواست محاسبه می‌شود. این محاسبه به

تفکیک هر درخواست و پاسخ DNS ذخیره و برای مرحله بعدی آماده‌سازی می‌گردد.

۳-۱-۳- تشخیص

همان‌گونه که در مرحله قبلی اشاره شد، اختلاف زمان درخواست و پاسخ مربوط به هر یک از درخواست‌ها محاسبه می‌شود. در خصوص اینکه ترافیک DNS سالم یا ناسالم است، معیاری به نام حد آستانه تعریف می‌شود. بر اساس این معیار، میزان فاصله از حد آستانه، برای تشخیص ترافیک سالم از ناسالم ملاک قرار می‌گیرد؛ بدین ترتیب که اگر این فاصله از حد آستانه بیشتر باشد، ترافیک DNS، ناسالم اگر این فاصله کم باشد، ترافیک DNS، سالم است. ترافیک سالم به این معنا است که در خواست‌های DNS ارسالی از مبدأ تجهیزات اینترنت اشیا معتبر است و درخواست‌ها بر اساس نیازمندی‌های تجهیزات در مبدأ انجام شده است. درحالی‌که در ترافیک ناسالم، ترافیک مربوط به مبدأ درخواست‌کننده نامعتبر است و توسط باتنت آلوده شده است.

۳-۲- محاسبه حد آستانه

حد آستانه، تشخیص ترافیک سالم از ناسالم بر مبنای محاسبه اختلاف زمان درخواست و پاسخ سرویس DNS است.

برای محاسبه حد آستانه که با پارامتر σ نشان داده می‌شود؛ به‌ازای هر درخواست DNS دامنه‌های سالم و معتبر، اختلاف زمان بین ارسال و دریافت آن‌ها از رابطه ۱ محاسبه می‌شود. سپس میانگین زمان این درخواست‌ها به‌ازای تعداد انبوهی از آن‌ها محاسبه و به‌عنوان حد آستانه σ تعیین می‌شود.

$$\sigma = \sum_{1}^{n} N \frac{R_n - r_n}{n} \qquad ۱$$

که در آن، Rزمان پاسخ و r زمان درخواست هر دامنه DNS، N، تعداد دفعات تکرار محاسبه درخواست دامنه‌ها و n، تعداد نمونه‌ها است.

با محاسبه حد آستانه، و آموزش ترافیک DNS دامنه‌های سالم، و مقایسه با دامنه‌های ترافیک DNS، نرخ هشدار نادرست[1] و نرخ تشخیص[2] به دست می‌آید.

الگوریتم (۱): شبه کد محاسبه حد آستانه σ را نشان می‌دهد.

الگوریتم ۱: محاسبه حد آستانه σ

```
Input:
  Benign DNS files
Output:
  σ: threshold
1.  DNS[NumberOfDNSAdd] ← GetBenignDNSFile();
2.  Count ← GetCount()
3.  totalDNSAddress ← 0
4.  repeat ← 0
5.  sumDiff ← 0
6.  while (repeat ≠ Count) do
7.  while (totalDNSAddress ≠ NumOfDNSAdd) do
8.      Packet
        ← SendGetDNSPacket(DNS[totalDNSAddress]);
9.      reqTime ← getRequestTime(Packet);
10.     resTime ← getResopnseTime(Packet);
11.     difTime ← (resTimes − reqTimes);
12.     sumDiff ← (sumDiff + difTime);
13.     totalDNSAddress
                    ← totalDNSAddress + 1;
14.  end
15.     repeat ← repeat + 1;
16.  end
17.  σ ← (sumDiff/(NumOfDNSAdd × Count)) ;
```

الگوریتم (۱) مجموعه‌ای از دامنه‌های سالم DNS را به‌عنوان ورودی می‌گیرد و حد آستانه تشخیص*DNS*های سالم از ناسالم را محاسبه می‌کند. ابتدا مجموعه‌ای از نام دامنه‌های DNS دریافت می‌شود (خط ۱). از خط (۲) تا خط (۵)، متغیرهای لازم برای محاسبه تمام آدرس‌های *DNS* ، تکرار لیست و جمع اختلاف زمان‌ها تعریف می‌گردد. تعداد مراحل تکرار و تعداد *DNS* وارد شده به ترتیب نام DNS براساس لیست وارد شده و زمان ارسال درخواست DNS، زمان پاسخ DNS و اختلاف زمان ارسال و پاسخ به ازای هر درخواست ذخیره می‌گردد، و این اقدام برای تمام DNS ها یک مرحله انجام می‌گردد و پس از انجام یک مرحله به تعداد *DNS* تمام این فرآیند به تعداد مقدار وارد شده برای تکرار انجام می‌گردد (خط ۷ تا ۱۶)، در نهایت برای محاسبه حد آستانه، میانگین اختلاف زمان DNS ها به عنوان حد آستانه مشخص می‌گردد. (خط۱۷).

۳-۳- الگوریتم روش تشخیص پیشنهادی

روش تشخیص پیشنهادی در الگوریتم (۲) تشریح می‌گردد.

[1] False Alarm Rate
[2] Detection Rate

الگوریتم (۲): شبه کد روش تشخیص پیشنهادی را نشان می‌دهد.

الگوریتم ۲: روش تشخیص پیشنهادی

$Input: \sigma$
$output: Benign\ DNS\ detection$

1. $thershold \leftarrow thershold$
2. $packet \leftarrow packet$
3. $While\ (GetDNSPacket(\ ) \neq 0)\ do$
4. $packet = getDNSPacket\ (\ );$
5. $reqTime \leftarrow getRequestTime\ (packet)$
6. $resTime \leftarrow getresponceTime\ (packet);$
7. $difTime \leftarrow (resTime - reqTime);$
8. $If\ defTime < \sigma\ then$
9. $return\ DNS\ Traffic\ Benign$
10. $else$
11. $return\ DNS\ Traffic\ Malicious$
12. end
13. end

الگوریتم (۲)، ابتدا حد آستانه و بسته‌های ترافیک DNS را به‌عنوان ورودی می‌گیرد و سپس *DNS*های آلوده را از نوع بی‌خطر آن، تشخیص می‌دهد. ابتدا مجموعه‌ای از ورودی‌های DNS (خط ۱ تا ۲)، سپس به ترتیب زمان ارسال درخواست DNS، زمان پاسخ DNS و اختلاف زمان ارسال و پاسخ به ازای هر درخواست ذخیره می‌گردد (خط ۳ تا ۷)، تا اتمام دریافت تمامی بسته‌های DNS، اختلاف بین زمان درخواست و زمان پاسخ DNS محاسبه شده و با حد آستانه مقایسه می‌شود (خط ۸)، در صورتی که مقدار آن کمتر از حد آستانه باشد، درخواست DNS سالم بوده در غیر این‌صورت درخواست DNS بات تشخیص داده می‌شود (خط ۹ تا ۱۳).

۴- آزمایش‌ها

در این بخش، مبتنی بر روش پیشنهادی و به‌منظور تشخیص آلودگی ترافیک DNS ، آزمایش‌هایی بر روی داده‌های واقعی انجام می‌شود. این آزمایش‌ها بر اساس سنجه‌های ارزیابی که در ادامه معرفی می‌شوند، مورد ارزیابی قرار می‌گیرند.

۴-۱- مجموعه داده[1]

مجموعه‌داده مورداستفاده در روش پیشنهادی، باید بتواند داده لازم را در خصوص پرسش‌های DNS مدیریت کرده و پاسخ دهد. از ویژگی‌های مورد نیاز در این مجموعه‌داده نیز، میزان اعتبار پرسش‌ها و درخواست‌های DNS است. ازآنجاکه مجموعه‌داده با ویژگی‌های مورد نظر از چالش‌های این نوع تحقیق‌ها است. برای تهیه دودسته از مجموعه‌داده‌های سالم و ناسالم، از دامنه‌های سالم و آلوده استفاده می‌شود. در ادامه نحوه تولید این دسته از داده‌ها ارائه می‌شوند.

۴-۱-۱- مجموعه داده سالم[2]

برای تولید داده‌های سالم، ابتدا عملکرد بات میرای مورد بررسی قرار گرفت. باتوجه‌به اینکه بردار حمله DNS این بات، عموماً بر روی زیر دامنه‌ها[3] است، فهرستی از دامنه‌های معروف، به همراه زیر دامنه‌های آن‌ها از وبگاه گیت هاپ[4] انتخاب شد. برای اطمینان از کارکرد صحیح هر کدام از این دامنه‌ها، وضعیت آن‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت و از نظر اعتبار و قابل‌دسترس بودن، به طور مجزا بررسی شد. در نهایت، فهرستی از زیر دامنه‌های سالم برای استفاده در فرایند ارزیابی و آزمایش‌ها روش پیشنهادی، انتخاب و تعیین شد.

۴-۱-۲- مجموعه داده ناسالم[5]

روش تولید مجموعه‌داده ناسالم نیز مانند داده سالم بر اساس عملکرد بات میرای است که در بردار حمله DNS بررسی شده است. همانند داده‌های سالم در تولید این نوع داده نیز بر اساس کد ارائه شده این بات در وبگاه گیت هاپ عمل شده است. زیر دامنه‌های جعلی از ترکیب حرف الفبا و اعداد با طول متغیر و به شکل تصادفی تولید می‌شوند، به سمت سرور DNS ارسال می‌شوند و منتظر پاسخ آن‌ها می‌مانند. ازآنجایی‌که چنین دامنه‌هایی وجود ندارند، حمله توزیع شده ممانعت از سرویس به زیر ساخت DNS شکل می‌گیرد. از همین منطق برای تولید این زیر دامنه‌های ناسالم استفاده شده است.

روش چند نخی[6] سیستم‌عامل که برای توسعه کد برنامه استفاده شده است، به نحو مطلوبی حملات بات میرای را که باعث ممانعت از سرویس توزیع شده می‌شود، شبیه‌سازی می‌کند.

۴-۲- پیاده‌سازی بات‌نت

برای انجام آزمایش‌ها، بات‌نت میرای انتخاب می‌شود. با بررسی‌های انجام شده، مشخص شد که حملات زیادی در اینترنت اشیا از طریق بات‌نت میرای انجام می‌گردد. همچنین خانواده مختلفی از این بات‌نت پس از انتشار، به روش‌های مختلف تولید شده است. از طرفی عملکرد بات‌نت اینترنت اشیا بر اساس حملات توزیع شده است، به‌عبارت‌دیگر حمله از چندین نقطه به یک هدف انجام می‌گیرد. به همین دلایل، مجموعه آزمایش‌ها بر

[1] Data Sets

[2] Benign Datasets
[3] Subdomain
[4] GitHub
[5] Malicious Datasets
[6] Multi-Threading

مبنای عملکرد باتنت میرای در نظر گرفته می‌شود و نظر به محدودیت در اجرای آن در روش پیاده‌سازی، برای تولید داده‌های ناسالم و ارزیابی در برنامه تولیدی از روش چند نخی سیستم‌عامل، برای پردازش موازی و توزیع شده استفاده می‌گردد.

۴-۳- سکوی آزمایش

برای انجام آزمایش‌ها، بعد از پیاده‌سازی باتنت میرای، در ساختار سرویس DNS، ترافیک مربوط به آن به دودسته تقسیم می‌شود، یک دسته درخواست و دسته دیگر، پاسخ‌های دریافتی از سرور است. به‌عبارت‌دیگر، به‌ازای هر درخواست، متناظر با آن یک پاسخ از طرف مقصد برای مبدأ ارسال می‌گردد.

برای ارزیابی دقیق‌تر، در تولید مجموعه‌داده، زمان ارسال و دریافت‌ها به‌دقت مورد سنجش قرار می‌گیرد و بر اساس میکروثانیه در نظر گرفته می‌شود.

۴-۴- پیاده‌سازی محیط آزمایشی

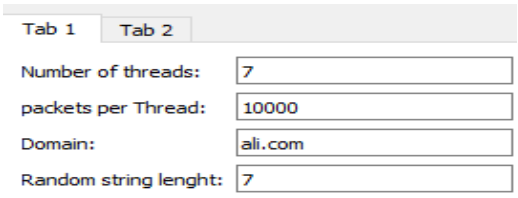
برای تولید مجموعه‌داده و پیاده‌سازی محیط آزمایشگاهی، برنامه‌های با زبان $C++$ طراحی و تولید شد. این ابزار محیط واقعی اجرای بات میرای را در یک شبکه بات تا شبیه‌سازی می‌کند.

برنامه شبیه‌ساز تولیدی دارای دو بخش کلی است. در بخش اول، داده‌های ناسالم به همراه بردار حمله مورد نظر و نتایج آن‌ها تولید می‌شود، در این بخش نحوه تولید مجموعه‌داده ناسالم و شبیه‌سازی باتنت میرای از طریق بردار حمله DNS انجام می‌گردد و در بخش دوم، داده‌های سالم و نتایج آن‌ها به تفکیک ارائه می‌شود. در این بخش، تولید مجموعه‌داده سالم برای شبیه‌سازی رفتار و عملکرد یک و یا تعداد زیادی درخواست و پاسخ DNS انجام می‌شود.

۴-۵- تنظیمات ابزار

در این بخش، تنظیمات موردنیاز هر بخش که برای شبیه‌سازی محیط آزمایشگاهی با محیط واقعی انجام می‌شود به همراه حالت‌های مختلف اجرای نرم‌افزار، بررسی و ارائه می‌شود.

در بخش اول، شبیه‌سازی باتنت میرای، بردار حمله DNS مطابق شکل (۵) با توجه به درخواست‌های DNS، به طور مدام بر روی یک دامنه مورد نظر با تولید زیردامنه‌های تصادفی بسیار زیاد انجام می‌گیرد و همچنین با توجه به اینکه این حمله به صورت توزیع شده و از چندین محل مختلف انجام می‌گردد، تنظیمات چند نخی سیستم‌عامل در این بخش برای شبیه‌سازی برای درخواست‌های موازی در نظر گرفته شده است. شکل (۶) نمایی از ابزار و تنظیمات آن را نشان می‌دهد.



شکل (۵): تنظیمات شبیه ساز حمله باتنت میرای

Number Of Threads: این گزینه برای تنظیمات چند نخی سیستم‌عامل در نظر گرفته شده و باتوجه‌به قدرت پردازنده، رایانه از عدد یک تا n در نظر گرفته می‌شود.

Packets Per Thread: در قسمت تعداد بسته ارسالی در ثانیه برای تکمیل شبیه‌سازی حمله با درخواست‌های فراوان انجام می‌گردد.

Domain: در این قسمت نام دامنه موردنظر مشخص می‌شود.

Random String Length: در این قسمت تعداد کاراکترهای مربوط به تولید تصادفی زیر دامنه صورت می‌گیرد که از ترکیب حروف الفبا و اعداد از یک تا عدد مورد نظر فاکتوریل است.

در شکل (۶) وضعیت اجرای برنامه در لحظه نشان داده شده است. در ادامه هرکدام از این وضعیت‌ها تشریح می‌شوند.

Thread	Request	Response	Success	Failed
0	10000	10000	10000	0
1	10000	10000	10000	0
2	10000	10000	10000	0
3	10000	10000	10000	0
4	10000	10000	10000	0
5	10000	10000	10000	0
6	10000	10000	10000	0

شکل (۶): وضعیت اجرای حمله باتنت میرای

Therad: وضعیت هر یک از نخ‌های سیستم‌عامل

Request: تعداد درخواست‌های ارسالی

Response: تعداد پاسخ‌های دریافتی

Success: تعداد تکمیل‌شدگان فرایند درخواست و پاسخ

Failed: تعداد تکمیل‌نشدگان فرایند درخواست و پاسخ

درصورتی‌که فرایند اجرای این قسمت کامل انجام گردد، تعداد اعداد هر یک از فیلدها و ستون‌های Request، Response، Success یک عدد ثابت نشان داده می‌شود. در پایان خروجی برنامه، مجموعه‌داده ناسالم به همراه گزارش اجرای آن در محل اجرایی برنامه در پوشه Tab1 با قالب متنی قابل‌دسترس است.

در بخش دوم، همان‌گونه که در خصوص مجموعه‌داده سالم بیان شد، ابتدا فهرستی از زیر دامنه‌های سالم، تهیه و در قالب یک فایل متنی در برنامه وارد می‌شود. سپس تعداد مراحل اجرای فرایند درخواست DNS فایل موردنظر، در قسمت Number *of* Loop به تعداد دلخواه وارد می‌شود. نتایج برنامه در محل فایل اجرایی برنامه پوشه Tab2 ایجاد و در قالب متنی به همراه گزارش برنامه قابل‌دسترس است.

۵- نتایج آزمایش‌ها و ارزیابی

در این بخش، نتایج حاصل عملکرد روش تشخیص پیشنهادی برای تشخیص میزبان‌های آلوده و درخواست‌های ناسالم DNS مورد بررسی و ارزیابی قرار می‌گیرد.

۵-۱- آزمایش‌ها

تعداد ۱۰ آزمایش به این نحو انجام شد که برای هر کدام از آن‌ها، ابتدا داده سالم و ناسالم تولید می‌شود، سپس با استفاده از محاسبه زمان ارسال و دریافت بسته‌های DNS، و مقایسه نتایج با حد آستانه تشخیص محاسبه شده، دامنه‌های ناسالم تشخیص داده می‌شوند. این فرآیند در ادامه، نشان داده می‌شود.

۵-۱-۱- تولید داده‌های ناسالم

در این مرحله طبق توضیحات ارائه شده در خصوص نحوه تولید مجموعه‌داده‌های ناسالم، طبق جدول (۱) تعداد ۶۰۰۰ داده ناسالم تولید و برچسب گذاری می‌گردد.

جدول (۱): تولید مجموعه داده ناسالم

تعداد بسته (در ثانیه)	نام دامنه	طول رشته دامنه
۱۰۰۰	*Ali.com*	۱۰

۵-۱-۲- تولید داده‌های سالم

تعداد ۳۰۰ داده‌های سالم بر اساس روش ارائه شده مطابق جدول (۲) تولید و برچسب گذاری می‌گردد.

جدول (۲): تولید مجموعه داده سالم

تعداد نام دامنه	تعداد تکرار فرایند
۱۰۰	۳

۵-۱-۳- محاسبه حد آستانه

حد آستانه مطابق الگوریتم ارائه شده در بخش ۵-۲، از مجموعه داده‌های سالم محاسبه می‌گردد.

۵-۱-۴- تشخیص دامنه‌های سالم و ناسالم

در این بخش داده‌های سالم و ناسالم تولید شده با هم ترکیب می‌شود و در قالب یک فایل متنی، مجموعه‌ای از داده‌ها به همراه مقدار حد آستانه محاسبه شده به‌عنوان ورودی به برنامه تشخیص داده می‌شود. بر اساس الگوریتم تشخیص روش پیشنهادی، دامنه‌های آلوده تشخیص داده می‌شود و ضمن برچسب‌گذاری، نتایج آن در قالب فایل متن خروجی تولید می‌گردد. جدول (۳) نمونه‌ای از تشخیص داده‌های سالم از ناسالم را مطابق حد آستانه محاسبه شده، نشان می‌دهد. در این جدول، Mal، نشان‌دهنده فایل آلوده و Ben، فایل سالم است.

جدول (۳): تشخیص دامنه‌های سالم از ناسالم

نام دامنه	اختلاف زمان دریافت و ارسال	محاسبه اختلاف زمان با مقدار حد آستانه	مقایسه با حد آستانه (۳۲۴۷۵۴۱۷۳)	وضعیت واقعی	نتیجه ارزیابی
OjJS.ali.com	*6419598900*	*6094844727*	بزرگ‌تر	Mal	Mal
u9D.ali.com	*6466031600*	*6141277427*	بزرگ‌تر	Mal	Mal
NA.ali.com	*832500*	*-323921673*	کوچک‌تر	Mal	Ben
autodiscover.whatsapp.com	*508906600*	*184152427*	بزرگ‌تر	Ben	Mal
ayuda.linkedin.com	*164635100*	*-160119073*	کوچک‌تر	Ben	Ben
azure.microsoft.com	*225975200*	*-98778973*	کوچک‌تر	Ben	Ben
beta.yahoo.com	*456774400*	*132020227*	بزرگ‌تر	Ben	Mal

برای بررسی و ارزیابی روش پیشنهادی، داده‌های سالم و ناسالم

۵-۲- ارزیابی

برچسب‌گذاری شده و بر اساس ماتریس درهم‌ریختگی[1] [۲۲] مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

آزمایش‌ها	TP	FP	ACC	FAR(FPR)	PR
شماره ۱	۵۹۷۸	۱۰۴	۰,۹۸۰۲	۰,۳۴۶۷	۰,۹۹۶۵
شماره ۲	۵۹۷۳	۱۰۹	۰,۹۷۸۶	۰,۳۶۳۳	۰,۹۹۵۷
شماره ۳	۵۹۷۳	۱۴۰	۰,۹۷۳۶	۰,۴۶۶۷	۰,۹۹۵۷
شماره ۴	۵۹۷۵	۱۱۴	۰,۹۷۸۱	۰,۳۸۰۰	۰,۹۹۶۰
شماره ۵	۵۹۸۳	۱۲۳	۰,۹۷۷۹	۰,۴۱۰۰	۰,۹۹۷۳
شماره ۶	۵۹۸۴	۱۲۱	۰,۹۷۸۳	۰,۴۰۳۳	۰,۹۹۷۳
شماره ۷	۵۹۶۹	۹۸	۰,۹۷۹۵	۰,۳۲۶۷	۰,۹۹۴۸
شماره ۸	۵۹۶۹	۱۰۱	۰,۹۷۹۰	۰,۳۳۶۷	۰,۹۹۴۸
شماره ۹	۵۹۸۲	۱۳۴	۰,۹۷۶۰	۰,۴۴۶۷	۰,۹۹۷۲
شماره ۱۰	۵۹۵۸	۱۴۹	۰,۹۶۹۸	۰,۴۹۶۷	۰,۹۹۳۲
میانگین نتایج			۰,۹۷۷۱	۰,۳۹۷۷	۰,۹۹۵۸

۵-۲-۱- معیارهای ارزیابی

ارزیابی روش پیشنهادی با استفاده از معیار دقت[2] [۲۳] ، نرخ تشخیص صحیح[3] و نرخ هشدار نادرست[4] مقایسه می‌شوند [۲۴].

۵-۲-۲- محاسبه معیارهای سنجش

به‌منظور ارزیابی و سنجش روش تشخیص بر اساس مقادیر به‌دست‌آمده از ماتریس درهم‌ریختگی، شاخص دقت، نرخ هشدار صحیح و نرخ هشدار نادرست و ناحیه زیر منحنی محاسبه می‌شود.

جدول (۴) مقادیر مثبت‌صحیح، منفی‌صحیح، مثبت‌غلط و منفی‌غلط محاسبه شده در آزمایش شماره ۱ را نشان می‌دهد. و براساس آن جدول (۵) نیز شاخص دقت، نرخ هشدار صحیح و نرخ هشدار نادرست را محاسبه می‌کند.

جدول (۴): نتایج محاسبه عناصر ماتریس درهم‌ریختگی آزمایش شماره ۱

آزمایش	TN	FN	FP	TP
1	۱۹۶	۲۱	۱۰۴	۵۹۷۸

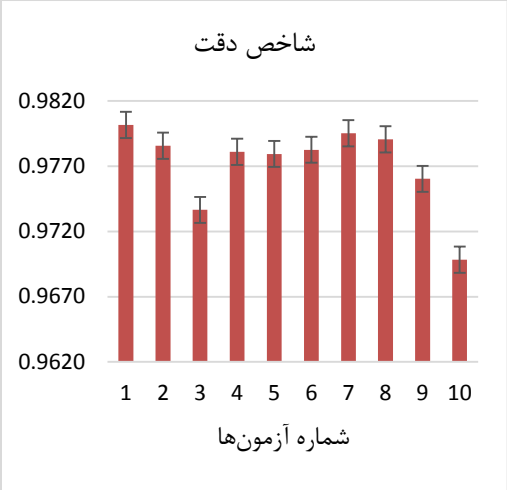
جدول (۵): محاسبه شاخص‌های سنجش آزمایش شماره ۱

دقت	۰,۹۸۰۲
نرخ هشدار نادرست	۰,۳۴۶۷
نرخ تشخیص درست	۰,۹۹۶۵

به منظور ارزیابی و سنجش روش پیشنهادی، آزمایش شماره ۱ به تعداد ۱۰ بار تکرار می‌شود و نتایج تمام ۱۰ آزمایش محاسبه معیارهای تشخیص و میانگین آن‌ها در جدول (۶) نتایج آزمایش‌ها نشان داده می‌شود.

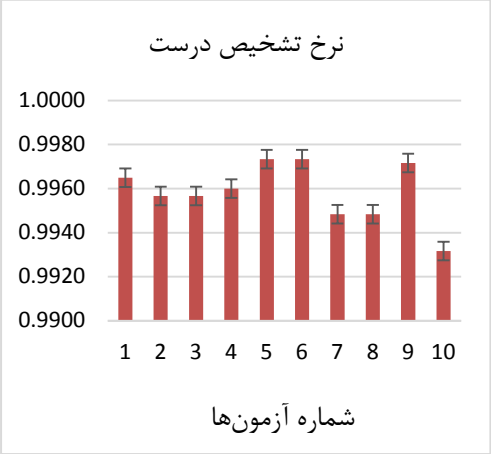
همچنین با استفاده از مفهوم انحراف معیار، میزان قابل اتکا بودن هر یک از ویژگی‌ها نشان داده می‌شوند. در این مفهوم، هر چه انحراف معیار کم‌تر باشد آن ویژگی در محیط‌های مختلف، رفتار باثبات‌تری از خود نشان می‌دهد. برای همین منظور محاسبه انحراف معیار شاخص‌ها در شکل (۷): شاخص دقت، نرخ تشخیص درست شکل (۸) و نرخ هشدار نادرست درشکل (۹) نشان داده شده برای اثبات روش تشخیص پیشنهادی است.

جدول (۶): نتایج آزمایش‌ها



شکل (۷): شاخص دقت

[1] Confusion matrix
[2] Accuracy (ACC)
[3] True Positive Rate(TPR)
[4] False Alarm Rate (FAR)



شکل (۸): نرخ تشخیص درست

شکل (۹): نرخ هشدار نادرست

۶- مقایسه روش‌های تشخیص

برای تکمیل ارزیابی، روش‌های تشخیص مختلف بررسی و در درجدول (۶) نشان داده شده است. معیارهایی که برای این مقایسه انتخاب شده است، رویکرد تشخیص، دقت و وابستگی به دامنه‌های شناخته شده است. معیار وابستگی به دامنه‌های شناخته شده که در روش میراکا وجود دارد از آن جهت دارای ارزش بالایی است که تشخیص را منحصر به دامنه‌هایی نمی‌کند که قبلا تشخیص داده شده و مخرب بوده‌اند. بلکه مبتنی بر رفتار آن دامنه است.

جدول (۶) مقایسه روش‌های تشخیص باتنت

ردیف	روش تشخیص	رویکرد	دقت	عدم وابستگی به دامنه‌های شناخته‌شده
۱	ابراهیم غفیری و همکارش [9]	فهرست سیاه	--	✗
۲	خوزه سلوی و همکارانش [10]	یادگیری ماشین	۰,۹۸۹۱	✗
۳	جی هیون لی و همکارش [11]	درخت تصمیم	۰,۹۱۲۶	✗
۴	دیوید بالزاروتی و همکارانش [12]	الگوریتم ژنتیک	۰,۹۸۰۴	✗
۵	پروکوفیف و همکارانش [13]	روش‌های آماری	۰,۹۷۳۰	✗
۶	میدان و همکارانش [14]	شبکه عصبی	---	✗
۷	میراکا (روش پیشنهادی)	دسته‌بندی تک کلاسه	۰,۹۷۷۱	✓

همان‌گونه که در جدول (۷) مشاهده می‌شود، روش‌های تشخیصی صرفا دامنه‌های شناخته شده را تشخیص می‌دهند. درحالی‌که میراکا، وابستگی به دامنه‌های شناخته شده ندارد. از نظر دقت نیز میراکا دقت بالایی دارد و صرفا روش [۱۵] دقت بالاتری دارد ولی به دلیل استفاده از الگوریتم تکاملی ژنتیک سربار پردازشی بالایی دارد.

۷- نتیجه گیری

در این مقاله ابتدا حملات DNS بررسی و پژوهش‌های تشخیص بات نت‌های مبتنی بر DNS ارائه شد. روش‌های ارائه شده به‌طورکلی از روش‌های لیست سیاه، تحلیل محتوایی نام DNS و تحلیل ویژگی‌های آن استفاده می‌کنند.

همچنین باتوجه‌به بررسی و مطالعه انواع بات نت‌های اینترنت اشیا مشخص شد باتنت میرای باتی است با انواع بردارهای حمله که کد برنامه آن به‌صورت عمومی انتشاریافته است. این امر باعث شده است که انواع گوناگونی از بات‌ها با عملکردی شبیه به آن تولید و انتشاریافته و به‌عنوان پایه و اساس بات نت‌های دیگر به کار برده شود. همچنین دیگر بات نت‌ها باتوجه‌به اهداف اقتصادی و امنیتی، هدف از تولید، کد و تشریح عملکرد خود را انتشار نمی‌دهند و صرفاً طبق گزارشاتی که از طریق مراکز امنیتی به دست می‌آید، مورد بررسی و ارزیابی قرار می‌گیرند. برای همین منظور باتوجه‌به نقش محوری باتنت میرای برای ارزیابی روش پیشنهادی، این باتنت با بردار حمله DNS مورد بررسی قرار گرفته است.

در روش پیشنهادی میراکا، بر اساس عملکرد DNS که شامل دو بخش ارسال و پاسخ است؛ از طریق محاسبه اختلاف زمان بین آن‌ها باتوجه‌به مقدار به‌دست‌آمده از حد آستانه، سالم و یا ناسالم بودن درخواست DNS تشخیص داده می‌شود.

باتوجه‌به روش میراکا و نتایج به‌دست‌آمده از ارزیابی‌ها مشخص شد زمان پاسخ‌گویی به درخواست‌های سالم کمتر از درخواست‌های ناسالم است؛ لذا میراکا با بهره‌گیری از این ایده، بار پردازشی کمتری نسبت به روش‌های لیست سیاه، تحلیل نامه و ویژگی درخواست‌ها را موجب می‌شود. همچنین روش‌های

لیست سیاه و تحلیل نام دامنه نیازمند به‌روزرسانی دائم هستند، درحالی‌که میراکا، حد قابل‌قبولی از یک ویژگی ذاتی و مستقل ارائه می‌کند.

۸- مراجع

[1] A.Al-Fuqaha,M.Guizani,M.Mohammadi,M. Aledhari, M.Ayyash, "Internet of Things: A Survey on Enabling Technologies, Protocols and Applications," IEEE Communications Surveys & Tutorials, vol. 17, pp. 2347-2376, 2015.

[2] M. A. R. Jalaei, "Detecting Botnets with Timing-Based Covert Command and Control," Journal of Electronical & Cyber Defence, vol. 7, no. 4, pp. 1-15, 2020.

[3] G.Doyen,M.Charalambides,S.Latré,B.Stiller, "Towards Incentivizing ISPs to Mitigate Botnets," in International Conference on Autonomous Infrastructure, Brno, 2014.

[4] M.Litoussi,N.Kannouf,K.El Makkaoui, A.Ezzatia, M.Fartitchou, "IoT security: challenges and countermeasures , " Published by Elsevier B.V, vol. 177, p. 503–508, 2020.

[5] I. Elzen,J.Heugten, "Techniques for detecting compromised," University of Amsterdam, Amsterdam, February 12, 2017.

[6] T.Hyun Kim,D.Reeves, "A survey of domain name system vulnerabilities and attacks," Journal of Surveillance,Security and Safety, pp. 34-60, 2020.

[7] L.Fang,H.Wu,K.Qian,W.Wang,L.Han, "A Comprehensive Analysis of DDoS attacks based on DNS," in International Conference on Computer Vision and Data Mining (ICVDM 2021), 2021.

[8] K.Alieyan,A.ALmomani,A.Manasrah,M.Kadhum, "A survey of botnet detection based on DNS," springer, 2015.

[9] I.Ghafir ,V.Prenosil, "DNS Traffic Analysis for Malicious Domains Detection," in 2nd International Conference on Signal Processing and Integrated Networks (SPIN), 2015.

[10] J.Selvi a,J.Ricardo,b.Rodríguez,E.Soria-Olivas , "Detection of algorithmically generated malicious domain names using masked N-grams," Expert Systems With Applications, p. 156–163, 2019.

[11] J.Lee, H.Lee, "Graph-based Malware Activity Detection by DNS traffic analysis," Computer Communications, p. 33–47, 2014.

[12] L.Bilge, S.Sen,D.Balzarotti ,E.Kirda ,C.Kruegel, "A passive DNS analysis service to detect and report malicious," Article in ACM Transactions on Information and System Security, 2014.

[13] A.Prokofiev,Y.Smirnova,V.Surov, "A Method to Detect Internet of Things Botnets," National Research Nuclear University MEPhI (Moscow Engineering Physics Institute), 2018.

[14] Y. Meidan, M.Bohadana , Y. Mathov . Y. Mirsky , A. Shabtai , D. Breitenbacher , Y. Elovici, "N-BaIoT—Network-Based Detection of IoT Botnet Attacks Using Deep Autoencoders," IEEE Pervasive Computing, pp. 12-22, July–September 2018.

[15] Radware, " A Quick History of IoT Botnets," Radware, 1 March 2018. [Online]. Available: https://blog.radware.com/uncategorized/2018/03/history-of-iot-botnets/.

[16] S.Daniel, "IoT Botnets on the Rise," Radware, 2 October 2018. [Online]. Available: https://blog.radware.com/security/2018/10/iot-botnets-on-the-rise/.

[17] P.Danny, "This aggressive IoT malware is forcing Wi-Fi routers to join its botnet army," ZDNET, 31 October 2019. [Online]. Available: https://www.zdnet.com/article/this-aggressive-iot-malware-is-forcing-wi-fi-routers-to-join-its-botnet-army/.

[18] R.Winward, "IoT Attack Handbook," Radware, U.S, 2018.

[19] C.Kolias,G.Kambourakis,A.Stavrou,J.Voas, "Mirai and Other Botnets," IEEE Computer Sceurity, 2 0 1 7 I EEE.

[20] Z.Zorz, "Linux/IRCTelnet creates new, powerful IoT DDoS botnet," Help Net Security, 2 November 2016. [Online]. Available: https://www.helpnetsecurity.com/2016/11/02/linuxirctelnet-iot-ddos-botnet/.

[21] S.Edwards, I.Profetis, "Hajime – Friend or Foe?," ERT Threat Advisory -Radware, USA, April 26, 2017.

[22] F.Bagheri,M.Rezvani,M.Fateh,E.Tahanian, "Malicious Domain Detection Using DNS Records," Journal of Electronical & Cyber Defence, vol. 9, pp. 83-97, 2021. (in persian).https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.23224347.1400.9.3.7.8

[23] A.Jafar Gholi Beik,M.E.Shiri Ahmad Abadi,A.Rezakhani, "The Presentation of a Hybrid Anomaly Detection Model Using Inverse Weight Clustering and Machine Learning in Cloud Environments," Journal of Electronical & Cyber Defence, vol. 9, pp. 21-29, 2022. (in persian).https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.23224347.1400.9.4.2.5

[24] B. Wójcicki, R.Dąbrowski, "Applying Machine Learning to Software Fault Prediction," e-Informatica Software Engineering Journal, vol. vol. 12, no. 1, p. 199–216, 2018.

[25] M.Singh,M.Singh,S.Kaur, "Detecting bot-infected machines using DNS fingerprinting," Digital Investigation, pp. 14-33, 24 December 2018.

[26] M.Aldwairi,F.Belqasmi, "Malware Detection using DNS Records and Domain Name Features," in International Conference on Future Networks and Distributed Systems, June 26-27,2018, Amman, Jordan. ACM, NewYork, NY, USA, June 2018.