2022.09.30

2022년도 한국정보보호학회 호남지부 추계학술대회

RF를 활용한 트래픽 기반 IoT 봇넷 공격 탐지 모듈 개발

전북대학교
대학생 김 강 민, 우 자 영
교수 장 재 우, 홍 득 조

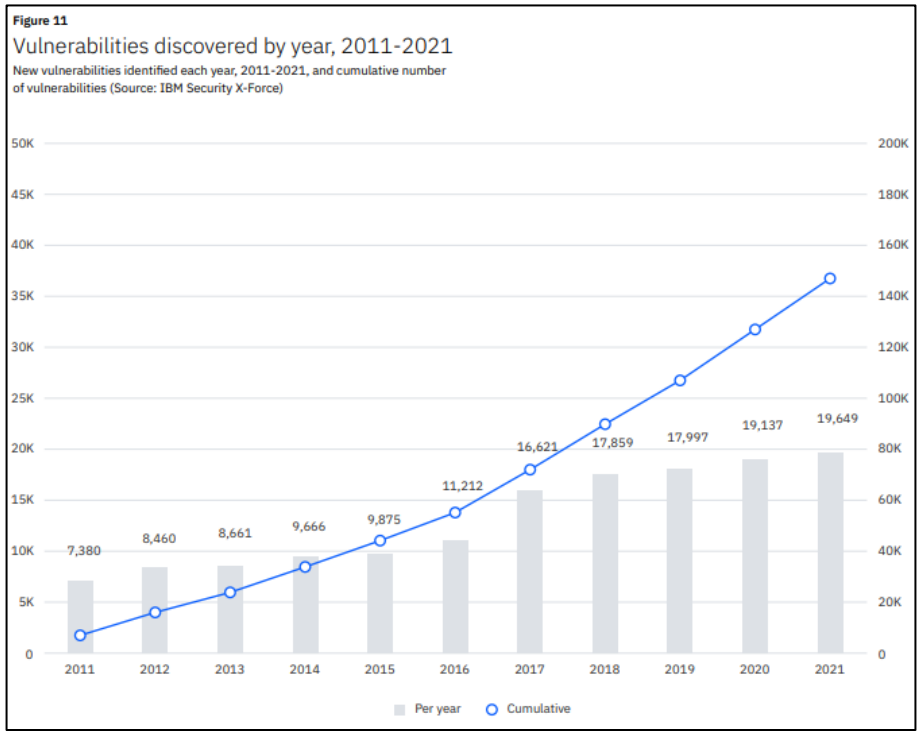
CONTENTS

1. 서론

Ⅰ. 서론

1. 연구 필요성

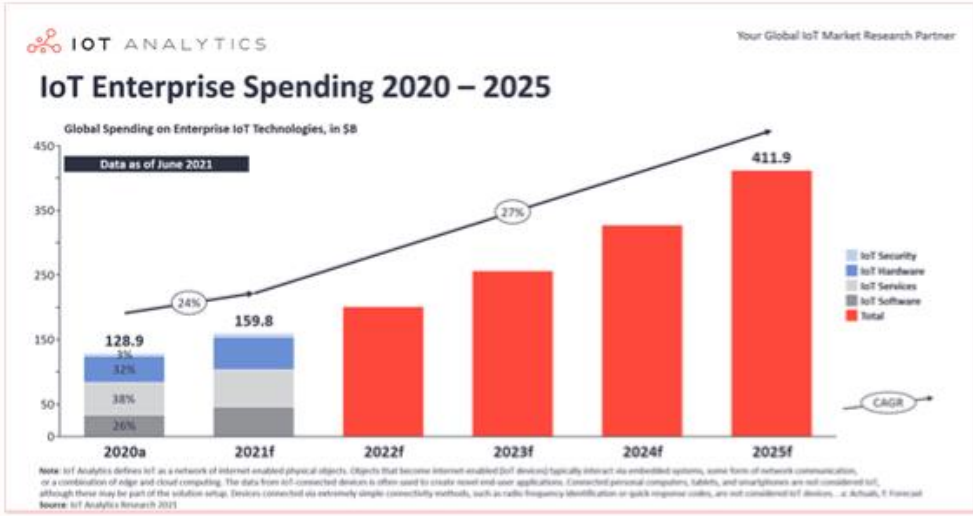
■ IoT 시장의 급성장, 그에 따른 IoT 위협 증가



74%

Share of IoT attacks originating from Mozi botnet

In 2021, attacks against IoT devices originated from the Mozi botnet 74% of the time.



Ⅰ. 서론

1. 연구 필요성

■ AI를 활용한 악성 트래픽 분석 연구 현황

Journal of Digital Convergence
Vol. 19. No. 9, pp. 463-468, 2021

ISSN 2713-6434 / eISSN 2713-6442
https://doi.org/10.14400/JDC.2021.19.9.463

IoT 네트워크에서 악성 트래픽을 탐지하기 위한 머신러닝 알고리즘의 성능 비교연구

현미진
경남대학교 교양융합대학 MSC교육부 교수

A comparative study of the performance of machine learning algorithms to detect malicious traffic in IoT networks

Mi-Jin Hyun
Professor, Division of Mathmatics, Science, and Computers, Kyungnam University

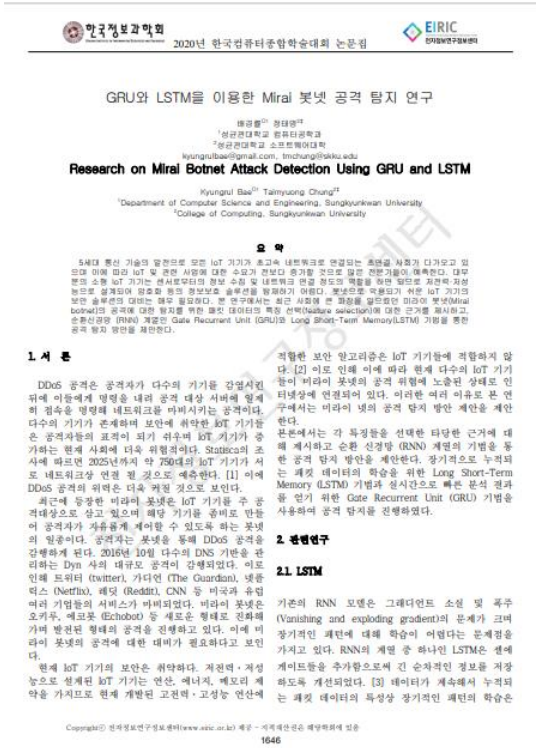
요 약 IoT는 기술의 발전과 IoT 기기의 보급 및 서비스의 활성화로 폭발적인 증가세를 보이고 있지만, 최근 다양한 봇넷의 활동에 의해 심각한 보안 위협과 재정적 피해가 발생하고 있다. 따라서 이러한 봇넷의 활동을 정확하고 빠르게 탐지하는 것이 중요하다고 할 수 있다. IoT 환경에서의 보안은 최소한의 프로세싱 성능과 메모리로 운영을 해야 하는 특징이 있는 반면, 본 논문에서는 탐지를 위한 최소한의 특징을 선택하고, KNN(K-Nearest Neighbor), Naïve Bayes, Decision Tree, Random Forest와 같은 머신러닝 알고리즘이 봇넷의 활동을 탐지하는 성능을 비교연구 하였다. Bot-IoT 데이터셋을 사용한 실험 결과는 적용한 머신러닝 알고리즘 중 KNN이 DDoS, DoS, Reconnaissance 공격을 가장 효과적이고 효율적으로 탐지할 수 있음을 보여주었다.

주제어 : 사물인터넷, 봇넷, 머신러닝, 보안, 데이터셋

Abstract Although the IoT is showing explosive growth due to the development of technology and the spread of IoT devices and activation of services, serious security risks and financial damage are occurring due to the activities of various botnets. Therefore, it is important to accurately and quickly detect the activities of these botnets. As security in the IoT environment has characteristics that require operation with minimum processing performance and memory, in this paper, the minimum characteristics for detection are selected, and KNN (K-Nearest Neighbor), Naïve Bayes, Decision Tree, Random A comparative study was conducted on the performance of machine learning algorithms such as Forest to detect botnet activity. Experimental results using the Bot-IoT dataset showed that KNN can detect DDoS, DoS, and Reconnaissance attacks most effectively and efficiently among the applied machine learning algorithms.

Key Words : IoT, Botnet, Machine Learning, Security, Data Sets

*This work was supported by Kyungnam University Foundation Grant in 2020.
*Corresponding Author : Mi-Jin Hyun(dream@kyungnam.ac.kr)
Received August 11, 2021 Revised August 31, 2021
Accepted September 20, 2021 Published September 28, 2021



한국정보과학회 2020년 한국컴퓨터종합학술대회 논문집

GRU와 LSTM을 이용한 Mirai 봇넷 공격 탐지 연구

Research on Mirai Botnet Attack Detection Using GRU and LSTM

Kyungrul Bae[1] Taimyoung Chung[2]†
[1]Department of Computer Science and Engineering, Sungkyunkwan University
[2]College of Computing, Sungkyunkwan University

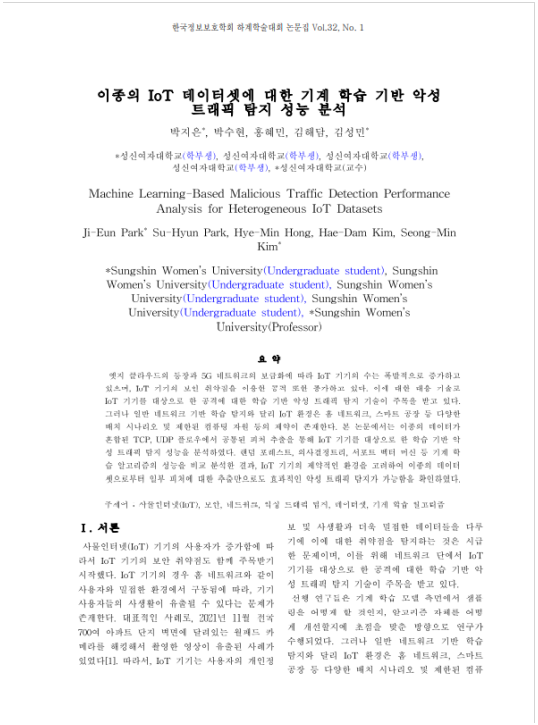
요 약

1. 서 론

2. 관련연구

2.1. LSTM

1646



한국정보보호학회 하계학술대회 논문집 Vol.32, No. 1

이종의 IoT 데이터셋에 대한 기계 학습 기반 악성 트래픽 탐지 성능 분석

박지은*, 박수현, 홍혜민, 김해담, 김성민*

*신성여자대학교(학부생), 신성여자대학교(학부생), 신성여자대학교(학부생), 신성여자대학교(학부생), *신성여자대학교(교수)

Machine Learning-Based Malicious Traffic Detection Performance Analysis for Heterogeneous IoT Datasets

Ji-Eun Park* Su-Hyun Park, Hye-Min Hong, Hae-Dam Kim, Seong-Min Kim*

*Sungshin Women's University(Undergraduate student), Sungshin Women's University(Undergraduate student), Sungshin Women's University(Undergraduate student), Sungshin Women's University(Undergraduate student), *Sungshin Women's University(Professor)

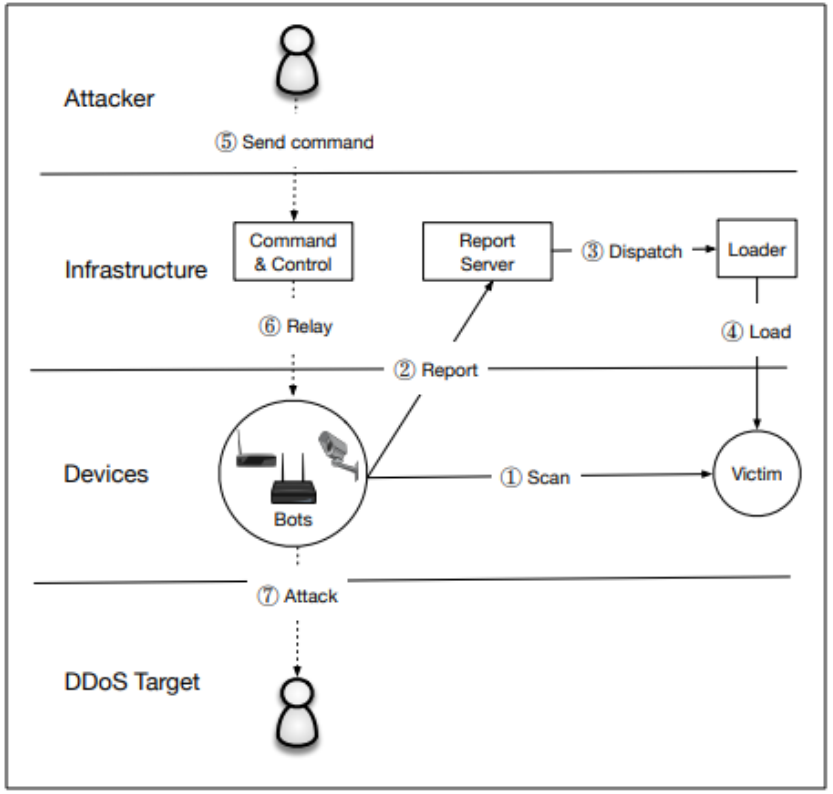
요 약

Ⅰ. 서론

Ⅰ. 서론

1. 연구 필요성

■ 기존 연구의 이분법적 분류



① 취약한 기기 Scan

Master Bot이 취약한 IoT 기기를 Scan 한다.

② Loader로 정보 전달

Master Bot이 취약한 기기에 접속하고 Loader로 해당 정보를 전달한다.

③ 악성코드 다운로드 및 실행

Loader에서 wget 명령어를 통해 C&C 서버에서 취약한 기기로
악성코드 다운 및 실행한다.

④ C&C 서버와 통신

감염된 기기는 C&C 서버의 명령을 대기한다.

➔ 다양한 행동을 하나의 유형으로 분류하는 것은 트래픽의 특징을 모호하게 만들 수 있음

Ⅰ. 서론

1. 연구 필요성

■ 데이터셋에서의 학습 및 검증

3.1 BoT-IoT 데이터셋

본 논문에서 IoT 네트워크에서 악성 트래픽의 탐지 성능을 측정하기 위하여 BoT-IoT 데이터셋[18]을 사용하였다. IoT에서 봇넷 탐지를 위하여 필요한 IoT trace에 대한 충분한 정보가 포함된 데이터셋이다.

3.1.1 IoT-23

IoT-23 데이터셋[2]은 Philips HUE 스마트 LED 램프, Amazon Echo 홈 지능형 개인 비서 및 Somfy 스마트 도어록의 세 가지 IoT 장치에서 네트워크 트래픽을 캡처하였고 DDoS, Mirai, Okiru, C&C 서버, 포트 스캔 공격을 포함하고 있다.

3.1.2 Bot-IoT

Bot-IoT 데이터셋[3]은 일반 트래픽과 봇넷 트래픽의 조합을 통한 환경에서 수집되었다. DDoS, DoS, OS 및 서비스 스캔, 키로깅 및 데이터 유출 공격이 포함되며 사용된 프로토콜을 바탕으로 DDoS 및 DoS 공격이 수행되었다.

3.2. 데이터셋

본 연구에 사용되는 데이터는 공개되어있는 미라이 봇넷 공격 데이터를 사용한다. [6] 본 데이터는 SKT NUGU (NU 100) 와 EZVIZ Wi-Fi Camera (C2C Mini O Plus 1080P)에서 취합된 패킷 데이터이다. 모두 무선 네트워크 환경에서 전달받은 패킷이며 노트북, 스마트폰이 같은 무선 네트워크 환경에 접속하여 데이터를 수집되었다. 총 1,748,870개의 패킷으로 이루어져 있으며 이 중 공격자가 송신한 패킷은 1,035,380개로 이루어져 있다.

➔ 기존의 데이터셋 뿐만 아니라 실제 환경에서의 검증, 봇넷 특징에 맞는 feature 선정 필요

Ⅰ. 서론

2. 본 논문의 특징

■ Scan 행위 초점에 맞춘 트래픽 검증

- Scan은 감염 되기 전/후로 발생
- 봇넷의 특성 상 Scan을 하는 행위는 지속적으로 발생
- 외부에서 AP로 들어오는 Scan/감염 후, 내부에서 외부로 나가는 Scan 분리

➔ Scan이라는 행위에 초점을 맞춰 특징을 명확히 함으로써 탐지율을 높이고자 함

Ⅰ. 서론

2. 본 논문의 특징

■ 실제 네트워크 트래픽 환경에서의 학습 및 검증

- 폐쇄망에서 Github에 공개된 **Mirai** 악성코드를 기반으로 컴파일해 데이터 수집
- 정상 트래픽은 **실제 사용중인 환경의 트래픽**을 수집
- Mirai 악성코드를 분석해 Feature를 선정
- Mirai 악성코드 뿐만 아닌 변종인 **Mozi** 악성코드의 탐지도 검증

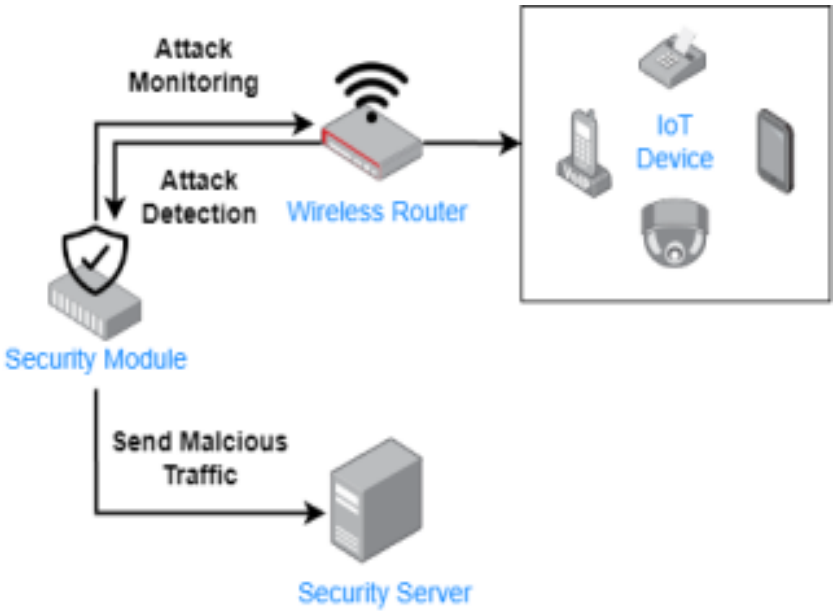
➔ 데이터 셋이라는 제한적인 환경을 극복하고자 함

2. 제안하는 시스템

2.1. 봇넷 공격 탐지 보안 시스템 구축
2.2. 공격 탐지 보안 모듈 구성
2.3. Feature 선정

Ⅱ. 제안하는 시스템

1. 봇넷 공격 탐지 보안 시스템 구축



■ System Configuration Diagram

- 무선 환경을 고려해 트래픽을 수집할 수 있게 Router 앞 단에 Bridge 형태 구축
- 10분마다 지속적으로 트래픽을 모델에게 전송
- 모델이 악성 트래픽을 탐지할 경우 보안 서버로 해당 트래픽을 전달하여 이를 분석
- 차단이 아닌 탐지에 초점을 두어 네트워크 속도 저하 방지

Ⅱ. 제안하는 시스템

2. 모듈 내의 학습 모델 선정

Journal of Digital Convergence
Vol. 19. No. 9, pp. 463-468, 2021
ISSN 2713-6434 / eISSN 2713-6442
https://doi.org/10.14400/JDC.2021.19.9.463

IoT 네트워크에서 악성 트래픽을 탐지하기 위한 머신러닝 알고리즘의 성능 비교연구

현미진
경남대학교 교양융합대학 MSC교육부 교수

■ Random Forest

- 속도를 고려해 딥러닝 모델대신 머신러닝 모델을 선정
- 머신러닝 알고리즘의 봇넷 탐지 성능을 비교한 연구 존재

=> KNN, Random Forest가 성능이 좋은 것으로 연구

- Random Forest는 Feature 중요도 확인 가능

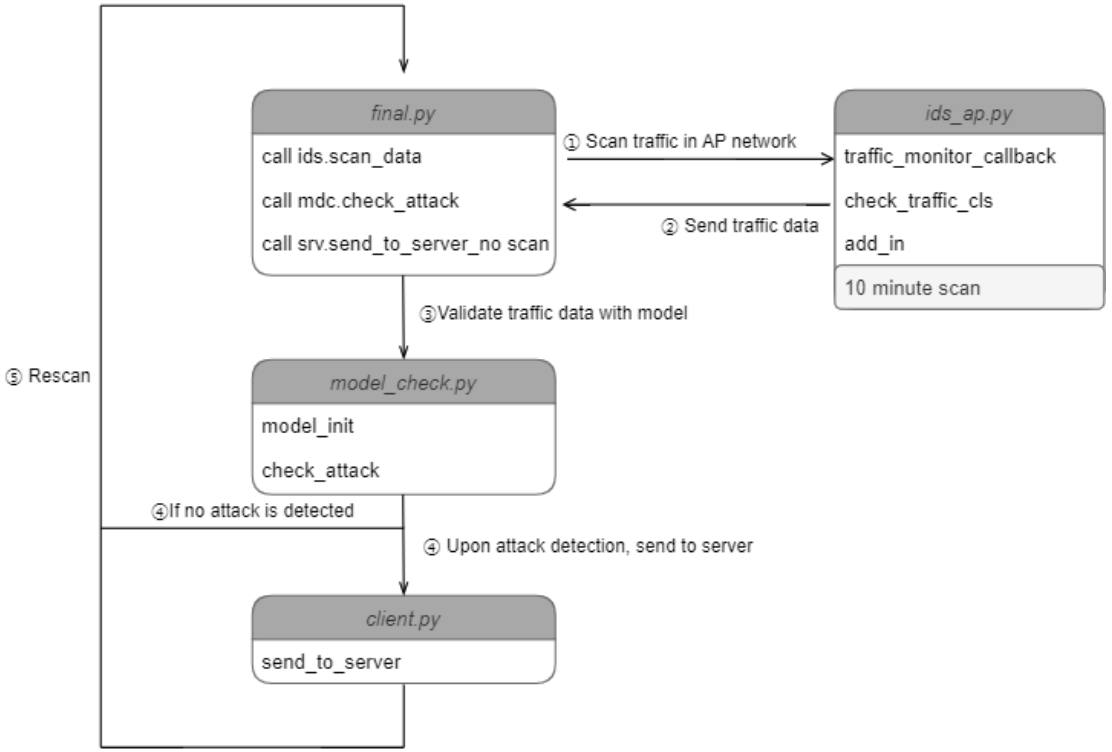
Ⅱ. 제안하는 시스템

3. Feature 선정

Feature	Description
weak_port	공격이 접근하는 취약한 port
proto	Protocol 종류
length	패킷의 길이
flag	패킷의 TCP 플래그
total_length	특정 IP의 전체 패킷의 길이
time	동일한 목적의 패킷 전송 시간
datarate	동일한 목적의 패킷 전송 속도
cnt	Host로의 접근 횟수

Ⅱ. 제안하는 시스템

4. 공격 탐지 보안 모듈 구성



■ Security Module

- python의 scapy 패키지를 활용해 트래픽 수집
- 무선 네트워크 트래픽 패킷을 10분 단위로 수집
- 수집된 트래픽은 자식 프로세스로 모델에서 검증

=> 자식 프로세스를 통해 트래픽 수집의 딜레이를 줄임

- 악성 트래픽이 특정 수 이상 검증이 되면 서버로 전송

3. 결과

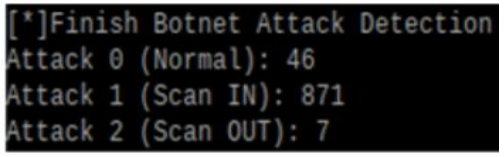
3.1. Mirai 탐지 및 악성 트래픽 전송
3.2. Mozi 탐지 확인
3.3. 시그니처 기반 탐지 도구(Snort)와 비교
3.4. 인터넷 성능 확인

Ⅲ. 결과

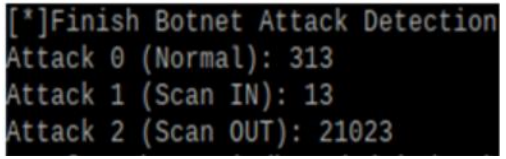
1. Mirai 탐지 및 악성 트래픽 전송

■ 모델의 트래픽 분류 방법

1. Attack 0 (Normal) : 정상적인 트래픽을 의미
2. Attack 1 (Scan IN): 호스트 AP로 들어오는 Scan 트래픽
3. Attack 2 (Scan OUT): 이미 감염된 네트워크 내부의 기기가 호스트 AP 외부로 Scan 하는 경우



- scan IN



- scan OUT

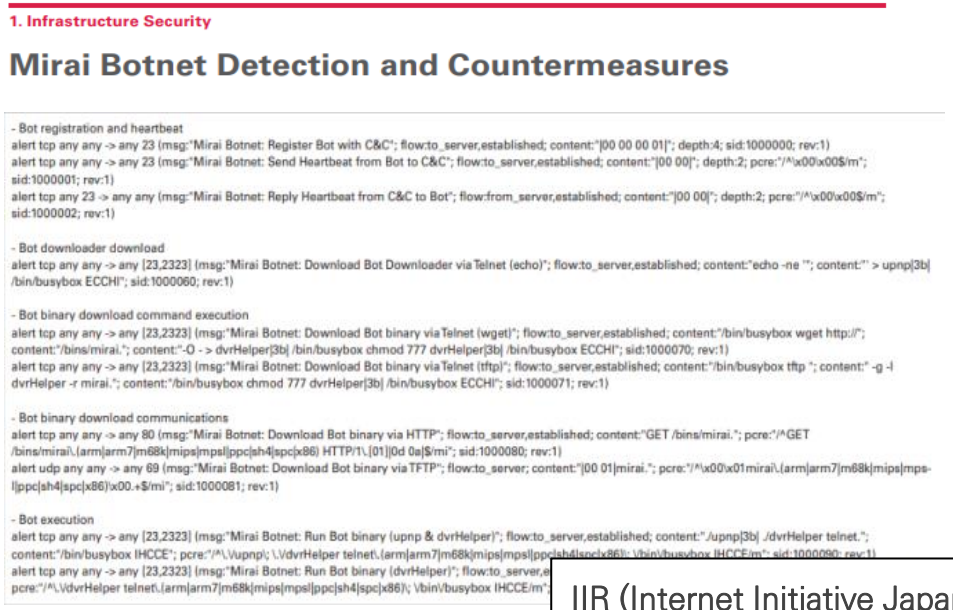
➔ 폐쇄망에서 Mirai Scan만 확인했을 때, IN의 F1 점수는 0.96, Scan OUT의 F1 점수는 0.97로 측정

Ⅲ. 결과

2. 시그니처 기반 탐지 도구(Snort)와 비교

■ Signature for Snort

- IIR에서 제시한 snort 룰을 사용하여 탐지 여부를 비교
- 룰은 Bot 등록, Bot Download, Bot을 통한 명령어 실행 등 다양
- Mirai 봇넷 공격 과정 중 Loader의 wget을 이용한 Download만이 탐지



1. Infrastructure Security

Mirai Botnet Detection and Countermeasures

- Bot registration and heartbeat
alert tcp any any -> any 23 (msg:"Mirai Botnet: Register Bot with C&C"; flow:to_server,established; content:"|00 00 00 01|"; depth:4; sid:1000000; rev:1)
alert tcp any any -> any 23 (msg:"Mirai Botnet: Send Heartbeat from Bot to C&C"; flow:to_server,established; content:"|00 00|"; depth:2; pcre:"/^\x00\x00$/m";
sid:1000001; rev:1)
alert tcp any 23 -> any any (msg:"Mirai Botnet: Reply Heartbeat from C&C to Bot"; flow:from_server,established; content:"|00 00|"; depth:2; pcre:"/^\x00\x00$/m";
sid:1000002; rev:1)

- Bot downloader download
alert tcp any any -> any [23,2323] (msg:"Mirai Botnet: Download Bot Downloader via Telnet (echo)"; flow:to_server,established; content:"echo -ne '"; content:"' > upnp|3b|
/bin/busybox ECCHI"; sid:1000060; rev:1)

- Bot binary download command execution
alert tcp any any -> any [23,2323] (msg:"Mirai Botnet: Download Bot binary via Telnet (wget)"; flow:to_server,established; content:"/bin/busybox wget http://";
content:"/bins/mirai."; content:"-O - > dvrHelper|3b| /bin/busybox chmod 777 dvrHelper|3b| /bin/busybox ECCHI"; sid:1000070; rev:1)
alert tcp any any -> any [23,2323] (msg:"Mirai Botnet: Download Bot binary via Telnet (tftp)"; flow:to_server,established; content:"/bin/busybox tftp "; content:" -g -l
dvrHelper -r mirai."; content:"/bin/busybox chmod 777 dvrHelper|3b| /bin/busybox ECCHI"; sid:1000071; rev:1)

- Bot binary download communications
alert tcp any any -> any 80 (msg:"Mirai Botnet: Download Bot binary via HTTP"; flow:to_server,established; content:"GET /bins/mirai."; pcre:"/^GET
/bins/mirai\.(arm|arm7|m68k|mips|mpsl|ppc|sh4|spc|x86) HTTP/1\.[01]|0d 0a|$/mi"; sid:1000080; rev:1)
alert udp any any -> any 69 (msg:"Mirai Botnet: Download Bot binary via TFTP"; flow:to_server; content:"|00 01|mirai."; pcre:"/^\x00\x01mirai\.(arm|arm7|m68k|mips|mps-
l|ppc|sh4|spc|x86)\x00.+$/mi"; sid:1000081; rev:1)

- Bot execution
alert tcp any any -> any [23,2323] (msg:"Mirai Botnet: Run Bot binary (upnp & dvrHelper)"; flow:to_server,established; content:"./upnp|3b| ./dvrHelper telnet.";
content:"/bin/busybox IHCCE"; pcre:"/^\./upnp\; \./dvrHelper telnet\.(arm|arm7|m68k|mips|mpsl|ppc|sh4|spc|x86)\; \/bin\/busybox IHCCE/m"; sid:1000090; rev:1)
alert tcp any any -> any [23,2323] (msg:"Mirai Botnet: Run Bot binary (dvrHelper)"; flow:to_server,e
pcre:"/^\./dvrHelper telnet\.(arm|arm7|m68k|mips|mpsl|ppc|sh4|spc|x86)\; \/bin\/busybox IHCCE/m";

IIR (Internet Initiative Japan)
일본 인터넷 서비스 제공업체

➔ 현재 이루어지는 시그니처 기반 탐지는 변화 대응이 힘듦

Ⅲ. 결과

3. Mozi 탐지 확인

■ Detection Mozi

```
[*]Finish Botnet Attack Detection
Attack 0 (Normal): 410
Attack 1 (Scan IN): 9
Attack 2 (Scan OUT): 23038
```

Dateadded (UTC)	Malware URL	Status	Tags	Reporter
2022-09-21 08:10:05	http://81.35.202.169:39769/.i	Online	hajime	@geenensp
2022-09-21 08:08:04	http://188.149.161.176:40941/bin.sh	Online	32-bit elf mips Mozi	@geenensp
2022-09-21 08:04:05	http://60.179.235.123:37738/i	Online	32-bit arm elf Mozi	@geenensp
2022-09-21 08:03:06	http://163.123.143.4/WW/traff.exe	Online	dropby PrivateLoader	@andretavare5
2022-09-21 07:59:10	http://222.241.51.27:39971/.i	Online	hajime	@geenensp
2022-09-21 07:59:05	http://178.208.167.60:50922/i	Online	32-bit arm elf mirai Mozi	@geenensp
2022-09-21 07:58:16	http://106.60.35.6:47056/.i	Online	hajime	@geenensp
2022-09-21 07:58:06	http://117.215.213.15:36035/bin.sh	Online	32-bit elf mips Mozi	@geenensp

- Mozi 샘플 : 분석용 악성코드 샘플 다운로드 사이트인 URLhaus에 샘플 획득
- 폐쇄망 환경에서 보안 모듈이 Mozi를 탐지하는 것 확인 완료

Ⅲ. 결과

4. 인터넷 성능 확인

공격 탐지 시스템의 보안 모듈이 공유기와 브리지로 연결되어 있기 때문에, KT 인터넷 속도 테스트로 인터넷 성능을 확인

- 보안 모듈을 설치한 경우
  - 10회 측정한 평균값의 다운로드 속도는 42Mbps, 업로드 속도는 49Mbps
- 모듈을 설치하지 않은 경우,
  - 다운로드 속도는 38Mbps, 업로드 속도는 57Mbps

➔ 두 경우가 유사한 결과를 보임

※ 구현코드 https://github.com/wja0/IoT-Botnet-Attack-Detection-Module

4. 결론

Ⅳ. 결론

- Scan하는 행위에 초점을 맞춰 트래픽의 특징을 명확하게 함
- 데이터셋에만 의존한 기존 연구에서 벗어나 실제 환경에서 탐지되는 학습 모델을 개발
- Mozi 악성코드가 탐지 가능
- 모듈이 인터넷 속도에 큰 영향을 주지 않음
- 브리지 형태의 연결 방식으로 더욱 정교한 모델이 만들어질 경우, 모델 교체만으로 대응 가능

2022.09.30

감사합니다

발표 경청해 주셔서 감사합니다.

전북대학교
대학생 김 강 민, 우 자 영
교수 장 재 우, 홍 득 조