



Universidade Federal do Ceará
Centro de Tecnologia
Departamento de Engenharia de Teleinformática
Curso de Engenharia de Computação

BRUNO RICCELLI DOS SANTOS SILVA

**PROJETO DE UM FRAMEWORK DE
DETECÇÃO DE ATAQUES DISTRIBUÍDOS DE
NEGAÇÃO DE SERVIÇO**

Fortaleza, Ceará
2017

BRUNO RICCELLI DOS SANTOS SILVA

**PROJETO DE UM FRAMEWORK DE
DETECÇÃO DE ATAQUES DISTRIBUÍDOS DE
NEGAÇÃO DE SERVIÇO**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Computação da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Computação.

Orientador: Prof. Ricardo Jardel Nunes da Silveira

Co-Orientador: Prof. Marcelo Araújo Lima

**Fortaleza, Ceará
2017**

BRUNO RICCELLI DOS SANTOS SILVA

**PROJETO DE UM FRAMEWORK DE
DETECÇÃO DE ATAQUES DISTRIBUÍDOS DE
NEGAÇÃO DE SERVIÇO**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Computação da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Computação.

Aprovada em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Ricardo Jardel Nunes da Silveira
(Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Marcelo Araújo Lime (Co-Orientador)
Instituto Federal do Ceará (IFCE)

Prof. Dr. Jarbas Aryel da Silveira
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Daniel Alencar Barros Tavares
Instituto Federal do Ceará (IFCE)

Dedico este trabalho à minha família e namorada, pessoas que
fizeram de tudo para que eu chegasse onde cheguei.

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus, que iluminou meu caminho durante essa jornada, me dando saúde e força para superar as dificuldades.

À minha namorada, Luéline Elias, pelo amor, paciência, dedicação e companheirismo em todos os momentos.

À minha família, por sua capacidade de acreditar e investir em mim. Mãe, sua dedicação foi o que deu, em alguns momentos, a esperança para seguir.

Ao meu orientador, Prof. Ricardo Jardel Nunes da Silveira, pelo acompanhamento e estreitamento da relação professor-aluno e exemplo de profissional bem como pelo apoio, incentivo, sugestões e comentários durante a supervisão dos meus estudos.

Ao meu coorientador, Prof. Marcelo Araújo Lima, pelo apoio, incentivo, sugestões e tempo dedicado para me ajudar durante meus estudos.

Aos meus amigos da Universidade Federal do Ceará, 8086FC e 8086Team pela amizade e pelos momentos de descontração e estudo.

E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

"A persistência é o caminho do êxito."
(Charles Chaplin)

Resumo

Palavras-chaves: Detecção de ataques DDoS. Segurança em redes. Tempo real. Framework .

Abstract

Key-words: DDoS attack detection. Network Security. Real-time. Framework.

Lista de ilustrações

| | |
|---|----|
| Figura 3.1 – Estrutura de rede Base Aérea dos EUA | 19 |
|---|----|

Lista de tabelas

| | | | |
|----------|---|--|----|
| Tabela 1 | – | Exemplo base de dados DARPA | 19 |
| Tabela 2 | – | Estrutura base de dados (ALKASASSBEH <i>et al.</i> , 2016) | 20 |

Lista de abreviaturas e siglas

| | |
|------|-------------------------------|
| DDOS | Distributed Denial of Service |
|------|-------------------------------|

Lista de símbolos

X Vetor de entrada para correlação NaHiD

Sumário

| | | |
|------------|--|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 13 |
| 1.1 | Organização da monografia | 14 |
| 2 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 15 |
| 3 | METODOLOGIA | 16 |
| 3.1 | Modelo de correlação NaHiD | 16 |
| 3.2 | Framework de detecção de ataques DDoS | 16 |
| 3.2.1 | <i>Pré-Processamento</i> | 17 |
| 3.2.1.1 | <i>Entropia de IPs origem</i> | 17 |
| 3.2.1.2 | <i>Variação de IPs Origem</i> | 17 |
| 3.2.2 | <i>Módulo de Detecção</i> | 18 |
| 3.2.3 | <i>Gerenciador Offline</i> | 18 |
| 3.3 | Detecção de Ataques DDoS usando NaHiD | 18 |
| 3.3.1 | <i>DARPA - MIT</i> | 18 |
| 3.3.2 | <i>DataMining</i> | 19 |
| 4 | RESULTADOS | 22 |
| 5 | CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS | 23 |
| | REFERÊNCIAS | 24 |

1 Introdução

Ataques Distribuídos de Negação de Serviço (do inglês, DDoS) são uma ameaça a servidores de redes online, tais como servidores de sites web e servidores em nuvem. O objetivo desse tipo de ataque intencional é inundar o alvo com requisições e assim deixá-lo indisponível na rede. Existem essencialmente três tipos de ataques: Negação distribuída, Handshake e UDP. O primeiro caracteriza-se por requisições abertas por um grande número de computadores infectados. No segundo, faz-se uma comunicação inicial com o alvo que não é completada, mantendo assim o servidor esperando indefinidamente. Já no terceiro, fluxos falsos UDP são criados com o mesmo objetivo de tornar o serviço inoperante. Os métodos estatísticos existentes na literatura para análise de ataque DDoS falham principalmente devido às correlações de deslocamento, escala e deslocamento-escala ao longo de tráfegos de rede, gerando assim uma grande ocorrência de falsos positivos. Além disso, métodos estatísticos impõem alto overhead computacional quando um grande número de objetos é incluído para análise. Consequentemente, tais métodos falham em realizar detecção de ataque DDoS em tempo real. Algumas medidas de correlação tais como Pearson, Spearman e Kendall falham em identificar a diferença entre um pacote normal e um malicioso quando há valores correlacionados entre os pacotes. De fato, um método de detecção de ataques DDoS precisa considerar poucos parâmetros de tráfego durante a análise, tal como o método chamado NaHiDVERC (HOQUE; KASHYAP; BHATTACHARYYA, 2017), o qual analisa apenas entropia de IPs e taxa de pacote. Tendo em vista uma implementação em software e hardware, este método será utilizado em nosso trabalho, visto que é facilmente implementável em hardware. O método computa dois valores: a distância absoluta e o desvio entre A e B a partir da média e do desvio padrão. Se a entropia de IPs origem em um pequeno intervalo de tempo é alta e a taxa de pacote é também muito alta, a probabilidade de ataque é alta. Se a variação entre IPs origem é muito alta e a taxa de pacote também é alta, a probabilidade de ataque é alta. O framework tem como objetivo detectar ataques DDoS em tempo real no computador alvo. Trata-se de uma combinação entre aplicações em software e hardware, para classificar um tráfego como normal ou ataque com uma taxa aceitável de acertos. Tal arcabouço possui três componentes: pré-processamento, um módulo de hardware dedicado para detecção e um gerente de segurança. Neste trabalho os componentes um e três serão trabalhados. Além disso, é necessária a presença de um roteador para capturar tráfego e duas bases de dados. Amostras de tráfego serão capturadas de uma porta do roteador como um pacote TCP/IP, que são enviadas ao módulo de pré-processamento. Nessa fase, a cada segundo, os pacotes recebidos são agrupados e essa instância de tráfego é enviada para o módulo de detecção de ataque, que irá classificar a instância como normal ou ataque. O gerente

de segurança manterá um perfil normal e um valor limiar em sua base de perfis, para ser usado pelo módulo de detecção. Incrementalmente, o gerente recalcula o perfil normal e o limiar baseado nos valores anteriores. Existem duas abordagens durante a análise do tráfego: uma considerando apenas a informação no cabeçalho do pacote ou se o cabeçalho e dados estarão juntos. Nas duas formas os campos dos pacotes são analisados para detectar alguma anomalia na rede. IP e porta origem/destino, protocolos e flags do cabeçalho TCP são úteis para detectar pacotes maliciosos. Assim, a entropia e a variação entre IPs origem e taxa de pacotes são calculados para cada amostra de tráfego. O último módulo, que é o módulo de segurança irá operar offline e fará análises detalhadas dos logs de detecção usando técnicas de machine learning e estatística. Além disso, feedbacks de especialistas podem ser utilizados para validar os resultados. Inicialmente, o gerente vai calcular um perfil de tráfego normal que melhor representa instâncias desse tráfego para treinamento. Esses valores serão carregados na base de dados. Vale ressaltar que esses valores serão modificados dinamicamente de acordo com as amostras de tráfego.

1.1 Organização da monografia

Os estudos deste trabalho estão organizados da seguinte forma: No próximo capítulo será apresentado um estudo bibliográfico sobre ameaças de rede e ataques DDoS. No Capítulo 3, a modelagem do ambiente de simulação utilizado neste trabalho é descrita. No Capítulo 4, apresentamos o desempenho obtido pelo *framework* estudado por meio da taxa de acerto para cada janela de tráfego. Por fim, o último capítulo deste trabalho apresenta as conclusões realizadas a partir dos resultados obtidos e algumas perspectivas para a continuação deste trabalho.

2 Revisão Bibliográfica

3 Metodologia

Neste capítulo, os detalhes do *framework* serão apresentados bem como a modelagem do ambiente de simulação utilizado para a detecção de Ataques DDoS

3.1 Modelo de correlação NaHiD

Neste trabalho, o *framework* utilizado baseia-se na correlação proposta por (HOQUE; KASHYAP; BHATTACHARYYA, 2017) chamada NaHiD, cujo objetivo é distinguir objetos de tráfego normais e maliciosos. Tal medida leva em consideração principalmente desvio padrão e média de cada objeto, ponderando cada elemento como mostrado na fórmula a seguir:

$$NaHiD(X, Y) = 1 - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(|X(i) - Y(i)|)}{||\mu X - sX| - X(i)| + ||\mu Y - sY| - Y(i)|} \quad (3.1)$$

onde

- μX : Média do objeto de tráfego X.
- μY : Média do objeto de tráfego Y.
- sX : Desvio padrão do objeto de tráfego X.
- sY : Desvio Padrão do objeto de tráfego Y.

As provas de simetria e identidade da correlação podem ser encontradas em (HOQUE; KASHYAP; BHATTACHARYYA, 2017).

3.2 Framework de detecção de ataques DDoS

O *framework* tem como objetivo detectar ataques DDoS em tempo real no computador alvo a partir de dados de tráfego de rede com uma taxa aceitável de erros. Tal arcabouço possui três componentes: pré-processamento, um módulo de detecção e um gerente de segurança. Amostras de tráfego serão capturadas de uma porta do roteador como um pacote TCP/IP, que são enviadas ao módulo de pré-processamento. Nessa fase, a cada segundo, os pacotes recebidos são agrupados e essa instância de tráfego é enviada para o módulo de detecção de ataque, que irá classificar a instância como normal ou ataque. O gerente de segurança manterá um perfil normal e um valor limiar em sua base de perfis,

para ser usado pelo módulo de detecção. Incrementalmente, o gerente recalcula o perfil normal e o limiar baseado nos valores anteriores. O último módulo, que é o módulo de segurança irá operar offline e fará análises detalhadas dos *logs* de detecção usando técnicas de *machine learning* e estatística. Os componentes citados acima serão mais detalhados a seguir.

3.2.1 Pré-Processamento

Nessa etapa, os dados são coletados da rede e, a cada segundo, as métricas desejadas são calculadas para servirem de entrada para a correlação NaHiD.

3.2.1.1 Entropia de IPs origem

A entropia de IPs origem é uma medida do grau de desordem onde ela é máxima, caso todos os elementos sejam diferentes e o tamanho da entrada é máxima e será mínima (igual a 0) quando todos os elementos são iguais. Assim, a entropia é dada pela seguinte fórmula:

$$H(X) = - \sum_i^n p(x_i) \log_2(x_i) \quad (3.2)$$

Onde X é a entrada e representa os IPs origem das requisições e n é o número total de valores possíveis para o IP origem.

3.2.1.2 Variação de IPs Origem

Essa medida, diferentemente da entropia, trata-se da taxa de mudança dos IPs origem e é calculada da seguinte forma:

$$V_{Ip}(X) = \frac{\delta}{N} \quad (3.3)$$

Onde δ é o número de mudanças de IPs origem e N é o numero total de IPs de entrada. Neste trabalho consideramos uma variação cada troca de valores como no exemplo:

$$X = 1, 2, 1, 2, 3 \quad (3.4)$$

Assim, nesse vetor consideram-se 4 variações ainda que sejam para um valor que repetiu-se. Assim se os IPs origem mudarem frequentemente, a variação será alta. (HOQUE; KASHYAP; BHATTACHARYYA, 2017)

A observação do comportamento de ataques por *flood* mostra que esse tipo de ameaça pode ser gerada por atacantes reais como zumbis. Se endereços de IP origem falsificados forem utilizados durante um ataque DDoS TCP SYN, a entropia e variação de IPs origem serão altas e esse comportamento também ocorre em um tráfego normal. (HOQUE; KASHYAP; BHATTACHARYYA, 2017). Assim faz-se necessário o uso da taxa de pacotes em bits como terceiro medida de entrada para o cálculo da correlação NaHiD.

3.2.2 Módulo de Detecção

O modulo de detecção consiste no uso da correlação NaHiD utilizando os três parâmetros de entrada:

- Variação de IPs origem
- Entropia de IPs origem
- Taxa de pacotes

Onde um tráfego normal deve ser fixado para a comparação com o tráfego a ser analisado. Além disso, define-se um limiar do resultado da correlação para distinguir pacotes normais de maliciosos

3.2.3 Gerenciador Offline

Nessa etapa, os *logs* são salvos e se o módulo de detecção identificar que o tráfego em questão é normal, este será atualizado com os valores do mesmo para a próxima análise

3.3 Detecção de Ataques DDoS usando NaHiD

Para a avaliação do trabalho, duas bases de tráfegos de rede foram escolhidas: DARPA e DataMining[escolher melhor esse nome] os quais serão mais detalhados aa seguir

3.3.1 DARPA - MIT

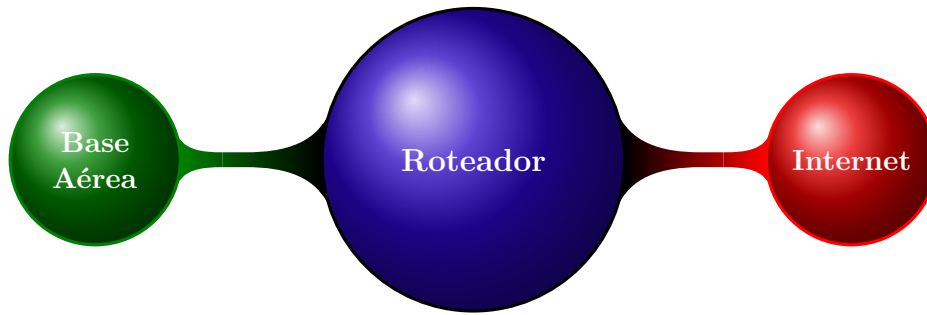
A base de dados DARPA foi produzida por pesquisadores do *Lincoln Laboratory* do Instituto de Tecnologia de Massachusetts nos Estados Unidos e tem por objetivo coletar dados de tráfego de rede da Força Aérea do país para encontrar vulnerabilidades em seu sistema bem como ser utilizado para avaliações futuras. Os dados foram coletados e passaram por uma fase de treinamento de 7 semanas com 38 tipos de ataques para simular ameaças internas a rede. O ambiente de rede era composto por duas partes: a rede interna da Força aérea e a rede externa que representava a Internet; ambos conectados por meio de um roteador como mostra a Figura 3.1

Tal banco de dados é disponibilizado pela DARPA em um arquivo de extensão *tcpdump*, sendo possível extrair informações acerca de cada pacote transmitido durante o período de aquisição dos dados como mostra o exemplo na Tabela 1.

No presente trabalho ferramentas como *edicap* e *tcpdump* foram utilizadas para o tratamento desse *dataset*. Assim, algumas considerações devem ser feitas:

- Janela de um segundo de tráfego

Figura 3.1 – Estrutura de rede Base Aérea dos EUA



Fonte: Elaborada

pelo autor.

Tabela 1 – Exemplo base de dados DARPA

| Número | Tempo | Origem | Destino | Protocolo | Tamanho[bytes] |
|--------|---------------|--------------|--------------|-----------|----------------|
| 1 | 18:56:12.1386 | 192.168.0.20 | 192.168.0.30 | TCP | 60 |
| 2 | 18:56:12.1391 | 192.168.0.30 | 192.168.0.20 | TCP | 60 |
| 3 | 18:56:12.1588 | 192.168.0.30 | 192.168.0.20 | TELNET | 84 |
| 4 | 18:56:12.2099 | 192.168.0.20 | 192.168.0.30 | TCP | 60 |
| 5 | 18:56:13.0567 | 192.168.0.20 | 192.168.0.30 | TELNET | 69 |
| 6 | 18:56:13.0584 | 192.168.0.30 | 192.168.0.20 | TELNET | 66 |
| 7 | 18:56:13.0626 | 192.168.0.20 | 192.168.0.30 | TELNET | 72 |
| 8 | 18:56:13.0821 | 192.168.0.30 | 192.168.0.20 | TCP | 60 |

Fonte: Elaborada pelo autor, baseada em (LIPPMANN *et al.*, 2000).

- Cálculo de entropia, variação de IPs origem e taxa de pacotes média
- Cálculo da correlação NaHiD

3.3.2 DataMining

Outra base de dados estudada no trabalho foi a desenvolvida por (ALKASASSBEH *et al.*, 2016) a qual consta em sua totalidade por ataques DDoS de quatro tipos:

- SIDDoS
- HTTP Flood
- UDDP Flood
- Smurf

A Tabela 2 mostra os campos do *dataset*

Tabela 2 – Estrutura base de dados (ALKASASSBEH *et al.*, 2016)

| Número | Tempo |
|--------|---------------------------|
| 1 | Endereço IP origem |
| 2 | Endereço IP destino |
| 3 | Id do pacote |
| 4 | Nó origem |
| 5 | Nó destino |
| 6 | Tipo de pacote |
| 7 | Tamanho do pacote |
| 8 | Flags |
| 9 | Id da flag |
| 10 | Número de sequência |
| 11 | Número de pacotes |
| 12 | Número de bytes |
| 13 | Nome do nó origem |
| 14 | Nome do nó destino |
| 15 | Entrada de pacote |
| 16 | Saída de pacote |
| 17 | Taxa de pacotes Recebidos |
| 18 | Atraso de nó do pacote |
| 19 | Taxa de pacotes |
| 20 | Taxa de bytes |
| 21 | Tamanho médio do pacote |
| 22 | Utilização |
| 23 | Atraso de pacote |
| 24 | Tempo de envio do pacote |
| 25 | Tempo de pacote reservado |
| 26 | Primeiro pacote enviado |
| 27 | Último pacote reservado |

Fonte: Elaborada pelo autor, baseada em (ALKASASSBEH *et al.*, 2016).

Algumas considerações foram tomadas para a análise dessa base de dados:

- Para construir a janela de um segundo, considerou-se a soma de todos os atrasos por pacote:
 - Atraso de nó do pacote.
 - Atraso de pacote.
 - Tempo de pacote reservado.
- A média das taxas dos pacotes foi considerada dentro da janela de um segundo.
- Por ser um dataset composto apenas por ataques, a comparação com o limiar inverte-se para denotar o quanto dois pacotes são parecidos na correlação.

A base de dados é disponibilizada no formato *Weka Attribute-relation*(extensão *arff*), o qual é utilizado geralmente para compactar grandes massas de dados e processá-las utilizando técnicas de *machine learning*. Assim, para o processamento dos mesmos as ferramentas Weka e MATLAB foram utilizadas.

4 Resultados

5 Conclusões e Trabalhos Futuros

Referências

ALKASASSBEH, M. *et al.* Detecting Distributed Denial of Service Attacks Using Data Mining Techniques. v. 7, 01 2016. Citado 3 vezes nas páginas 9, 19 e 20.

HOQUE, N. *et al.* Real-time DDoS Attack Detection Using FPGA. **Computer Communications**, v. 110, n. Supplement C, p. 48 – 58, 2017. ISSN 0140-3664. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140366416306442>>. Citado 3 vezes nas páginas 13, 16 e 17.

LIPPMANN, R. P. *et al.* Evaluating intrusion detection systems: the 1998 darpa off-line intrusion detection evaluation. In: **DARPA Information Survivability Conference and Exposition, 2000. DISCEX '00. Proceedings**. [S.l.: s.n.], 2000. v. 2, p. 12–26 vol.2.

Citado na página 19.