

Segurança da Informação

Negação de Serviço

Igor Machado Coelho

24/04/2024

- 1 Módulo: Negação de Serviço
- 2 Introdução a Negação de Serviço
- 3 Principais Ataques de Negação de Serviço
- 4 Contramedidas
- 5 Discussão
- 6 Agradecimentos

Section 1

Módulo: Negação de Serviço

Pré-Requisitos

São requisitos para essa aula o conhecimento de:

- Redes de Computadores (conceitos gerais)
- Módulo 1: princípios básicos
- Módulo 2: ameaças
- Módulo 3: requisitos
- Módulo 4: malware e vírus
- Módulo 5: worms
- Módulo 6: engenharia social e carga útil
- Módulo 7: contramedidas

Tópicos

- Negação de Serviço
- DoS e DDoS
- Módulo pode ser dividido em duas aulas
- Dividido em três partes:
 - Introdução
 - Ataques Principais
 - Contramedidas

Section 2

Introdução a Negação de Serviço

AGENDA

- Ataques de negação de serviço (DoS)
- Inundações clássicas e ataques de falsificação de SYN
- Inundações de ICMP, UDP, TCP SYN
- Ataques distribuídos de negação de serviço (DDoS)
- Ataques de reflexão e amplificação
- Defesas contra ataques DoS
- Respondendo aos ataques DoS

NEGAÇÃO DE SERVIÇO

Negação de serviço (DoS)

É uma ação que impede ou prejudica o uso autorizado de redes, sistemas ou aplicativos, esgotando recursos como unidades de processamento (CPU), memória, largura de banda e espaço em disco

NEGAÇÃO DE SERVIÇO

- Hackers realizam ataques de DDoS há mais de uma década
- Potência aumenta constantemente ao longo do tempo
 - De 400 MBps (2002) para 100 GBps (2010), para 300 GBps no ataque Spamhaus (2013)
- Ataques maciços na faixa de 50 GBps podem exceder a capacidade de praticamente qualquer alvo pretendido
- Criminosos usam ataques de DDoS em sistemas bancários como desvio do ataque real contra redes ATM

Dados Atuais: Ataques de Negação de Serviço

- A partir de 2016, já temos ataques de Terabit/segundo
- Ataques podem ser formas de protesto por *hacktivists*
 - Em 2013 o grupo Anonymous pediu aos EUA que reconhecessem essa forma de protesto não como crime cibernético
 - EUA tem punições de prisão pela *Computer Fraud and Abuse Act*
 - Outros países tem punições semelhantes

Leia mais em: https://en.wikipedia.org/wiki/Denial-of-service_attack

Leia mais em: [wiki Timeline_of_events_associated_with_Anonymous](#)

Breve Revisão de TCP/IP

- Relembrando protocolo TCP
 - Orientado a conexão, através de pacotes SYN, SYN+ACK e ACK
 - Camada OSI de Transporte
 - https://en.wikipedia.org/wiki/Transmission_Control_Protocol
- Relembrando protocolo UDP
 - Pacotes leves e sem conexão
 - Camada OSI de Transporte
 - https://en.wikipedia.org/wiki/User_Datagram_Protocol
- Relembrando protocolo ICMP
 - Pacotes leves para diagnóstico da rede (tipicamente ping)
 - Camada OSI de Rede
 - https://en.wikipedia.org/wiki/Internet_Control_Message_Protocol

Recursos Atacados

Ataques podem ser dirigidos a:

Largura de banda da rede

Está relacionada à capacidade dos links de rede que conectam um servidor à Internet mais ampla

Recursos do sistema

- Sobrecarga ou danifica o software de tratamento de rede (implementações de sockets, etc)
- Falsificação de SYN e Pacote envenenado

Recursos de aplicação

- Envolve várias solicitações válidas, cada uma consumindo recursos significativos
- Explora falhas específicas de aplicações, como chamadas bancos de dados, e demais respostas mais “pesadas”

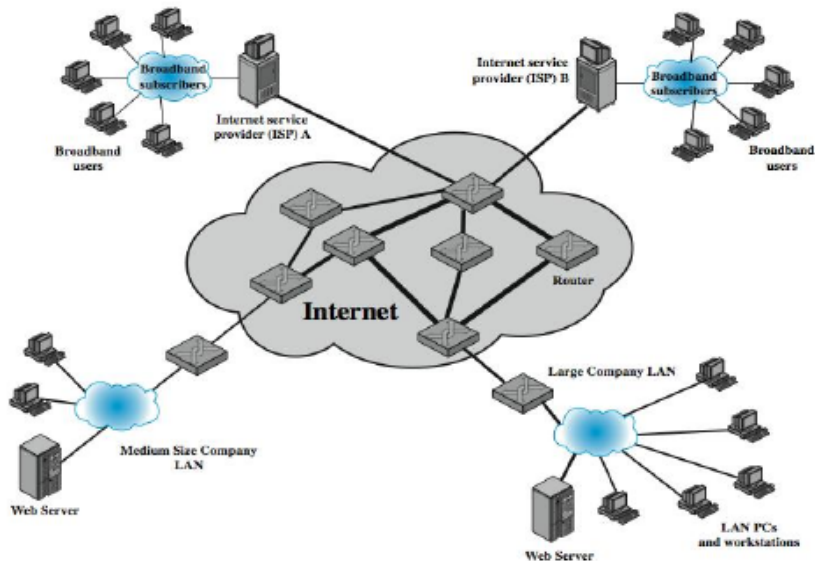
ATAQUES CLÁSSICOS DE NEGAÇÃO DE SERVIÇO

- Pode usar uma simples inundação ping
 - Usado para testar a conectividade com o destino especificado
 - Envia pacotes de solicitação de eco TCP/IP ICMP ao destino e mede o tempo de resposta.
 - Geralmente os pacotes são enviados a uma taxa controlada
 - Opção ping -f especifica envio de pacotes o mais rápido possível

ATAQUES CLÁSSICOS DE NEGAÇÃO DE SERVIÇO

- Causa perda de tráfego Origem deve ter maior largura de banda que o alvo Endereço de origem nos pacotes de requisição de eco é aquele da fonte
 - Fonte de ataque é facilmente identificada
 - O sistema alvo irá responder os pacotes gerando tráfego

Exemplo de Organização de Redes



FALSIFICAÇÃO DE ENDEREÇO DE ORIGEM

- Usa endereços de origem falsificados
- Gera grandes volumes de pacotes
- Direcionado ao alvo
- Com endereços de fonte diferentes, aleatórios
- Causa o mesmo congestionamento
- Respostas são espalhadas pela Internet
- A fonte real é muito mais difícil de identificar

FALSIFICAÇÃO DE ENDEREÇO DE ORIGEM

- Endereços de origem falsificados
 - Fácil de criar, dado o privilégio suficiente para “sockets diretos”
 - Remonta o desenvolvimento do TCP/IP, que ocorreu em ambiente cooperativo e confiável
 - Por padrão, o TCP/IP não inclui a capacidade de garantir que o endereço de origem em um pacote corresponda realmente ao endereço do sistema de origem
 - É possível impor a filtragem nos roteadores para garantir isso (ou pelo menos que o endereço de origem seja válido)

FALSIFICAÇÃO DE ENDEREÇO DE ORIGEM

- Respostas espalhadas pela Internet
 - Isso é conhecido como retrodifusão de tráfego (*backscatter traffic*)
 - Efeito colateral útil: pesquisadores anunciam rotas para blocos de endereços IP não utilizados e coletam detalhes de pacotes enviados para esses endereços.
 - Qualquer pacote recebido ou está corrompido ou é o resultado direto ou indireto de ataques de rede
 - Projeto Honeynet: grupo que investiga ataques e propõe softwares de código-aberto para segurança
 - Veja: https://en.wikipedia.org/wiki/Honeynet_Project
 - O monitoramento do tipo de pacote fornece informações valiosas sobre o tipo e a escala dos ataques que estão sendo usados
 - Esta informação é usada para desenvolver respostas a esses ataques

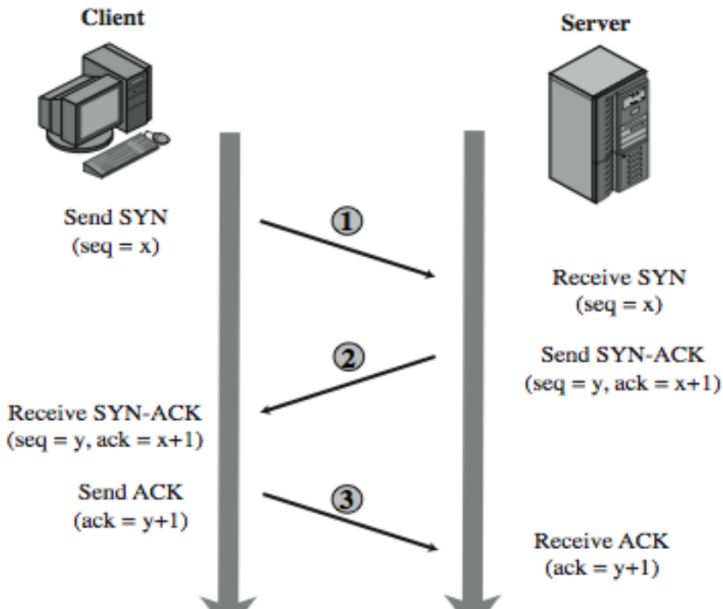
FALSIFICAÇÃO DE ENDEREÇO DE ORIGEM

- Fonte real difícil de identificar
 - Requer a cooperação dos engenheiros de rede que gerenciam todos esses roteadores
 - Tarefa muito mais difícil do que simplesmente ler o endereço de origem
 - Não pode ser solicitada automaticamente pelos destinatários do pacote

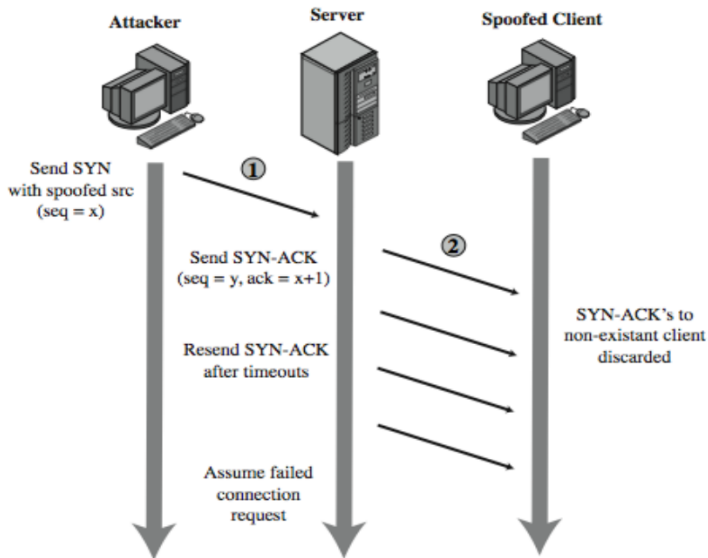
FALSIFICAÇÃO DE SYN

- Outro ataque comum
- Ataca a capacidade de um servidor para responder a pedidos de conexão TCP
- Transborda tabelas usadas para gerenciá-las
- Resulta em ataque ao recurso do sistema

Handshake de Conexão TCP



ATAQUE DE FALSIFICAÇÃO DE SYN



ATAQUE DE FALSIFICAÇÃO DE SYN

- O atacante geralmente usa
 - endereços de fontes aleatórias ou a de um servidor sobrecarregado
 - para bloquear o retorno (da maioria) dos pacotes de reinicialização
- Tem volume de tráfego muito menor
 - O atacante pode estar em um link de capacidade muito menor

Section 3

Principais Ataques de Negação de Serviço

Tipos Principais de Ataque de Negação de Serviço

Listamos quatro tipos principais de Ataque de Negação de Serviço (DoS):

- A.1 - Ataques de Inundação
- A.2 - Ataques de Negação de Serviço Distribuídos (DDoS)
- A.3 - Ataques de Largura de Banda baseados em Aplicação
- A.4 - Ataques Refletores e Amplificadores

A.1 TIPOS DE ATAQUES DE INUNDAÇÃO

- Ataques podem ser realizado diretamente ou através de intermediários
- Classificados com base no protocolo de rede usado
 - Inundação ICMP
 - Inundação UDP
 - Inundação TCP SYN

A.1 ATAQUES DE INUNDAÇÃO DIRETOS

- Inundação ICMP
 - Internet Control Message Protocol
 - Usa pacotes ICMP de solicitação de eco
 - Normalmente permitido, em alguns casos necessário
 - Muitas organizações restringiram a capacidade de pacotes ICMP de solicitação de eco passarem por seus firewalls
 - Atacantes começaram a usar outros tipos de pacotes ICMP.
 - Pacotes ICMP de destino inacessível e tempo excedido

A.1 ATAQUES DE INUNDAÇÃO DIRETOS

- Inundação UDP
 - Alternativa ao uso de pacotes ICMP
 - Envio de pacotes UDP para alguma porta
 - Pacote direcionado ao serviço de diagnóstico de eco
 - Se o servidor tiver esse serviço em execução, ele responde com um pacote UDP de volta à fonte indicada contendo o conteúdo dos pacotes de dados originais.
 - Se o serviço não estiver em execução, o pacote será descartado e um pacote ICMP de destino inacessível é retornado

A.1 ATAQUES DE INUNDAÇÃO DIRETOS

- Inundação TCP SYN
 - Usa pacotes TCP SYN (pedido de conexão)
 - Mas para ataque de volume
 - Também pode usar pacotes de dados TCP
 - Seriam rejeitados pelo servidor como não pertencentes a nenhuma conexão conhecida.

A.1 ATAQUES DE INUNDAÇÃO INDIRETOS

- Ataques de inundação diretos
 - São limitadas ao volume total de tráfego que pode ser gerado por um único sistema
 - O atacante é mais fácil de rastrear Por isso, foram desenvolvidos ataques mais sofisticados, com múltiplos sistemas de ataque

A.1 ATAQUES DE INUNDAÇÃO INDIRETOS

- Ao usar vários sistemas, o invasor pode ampliar significativamente o volume de tráfego gerado
 - Cada um desses sistemas não precisa ser particularmente potente ou ter um enlace de alta capacidade
 - O que eles não têm individualmente é compensando pelo grande número de atacantes intermediários
- No ataque através de intermediários, o invasor fica ainda mais distanciado do alvo
 - Mais difícil de localizar e identificar

A.1 ATAQUES DE INUNDAÇÃO INDIRETOS

- Tipos de ataques indiretos que utilizam vários sistemas incluem outras formas de ataque:
 - Ataques de negação de serviço distribuídos (A.2)
 - Ataques refletores e amplificadores (A.4)

A.2 ATAQUES DE NEGAÇÃO DE SERVIÇOS DISTRIBUÍDO

- Um dos primeiros desenvolvimentos significativos em ferramentas de ataque DoS
- Vários sistemas permitem volumes de tráfego muito maiores para formar um ataque de negação distribuída de serviço (DDoS)
- Muitos PCs/estações de trabalho comprometidos
 - Bots com programas de backdoor instalados
 - Formando uma botnet
- Por exemplo, Tribe Flood Network (TFN), TFN2K

A.2 ATAQUES DE NEGAÇÃO DE SERVIÇOS DISTRIBUÍDO

- O atacante pode comandar cada bot individualmente
- Mas geralmente é usada uma hierarquia de controle
 - Um pequeno número de sistemas atua como encarregados
 - Controlam um número muito maior de sistemas agentes

A.2 HIERARQUIA DE CONTROLE DDOS

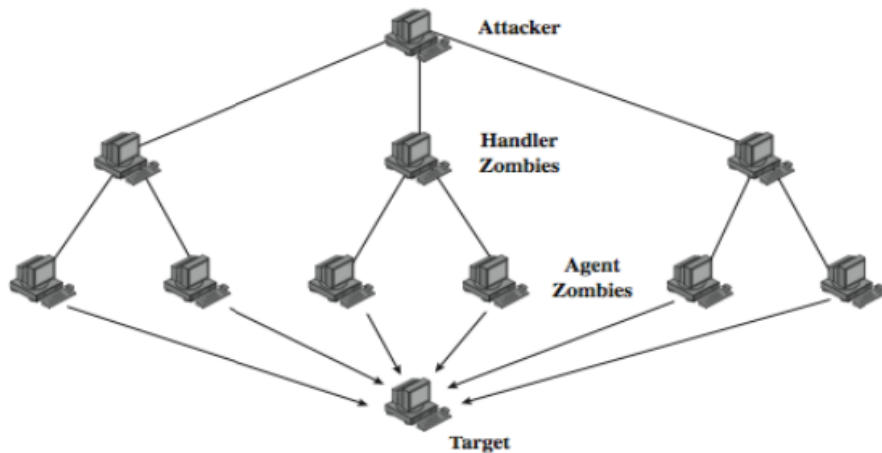


Figure 4: Livro Stallman

A.2 ATAQUES DE NEGAÇÃO DE SERVIÇOS DISTRIBUÍDOS

- Tribe Flood Network (1990's) e TFN2K (2000)
 - Alguns dos ataques DDoS mais antigos e mais conhecidos
 - Usa uma versão da hierarquia de comando de duas camadas
 - O agente era um Cavalo de Troia que era copiado e executado em sistemas comprometidos
 - Implementava ataques DoS de inundação ICMP, SYN e UDP e amplificação ICMP
 - Não falsificava endereços de origem nos pacotes de ataque

A.2 ATAQUES DE NEGAÇÃO DE SERVIÇOS DISTRIBUÍDOS

- A melhor defesa contra ser um participante involuntário em um ataque DDoS é impedir que seus sistemas sejam comprometidos
- Isso requer boas práticas de segurança do sistema e manter atualizados e corrigidos os sistemas operacionais e aplicativos em tais sistemas

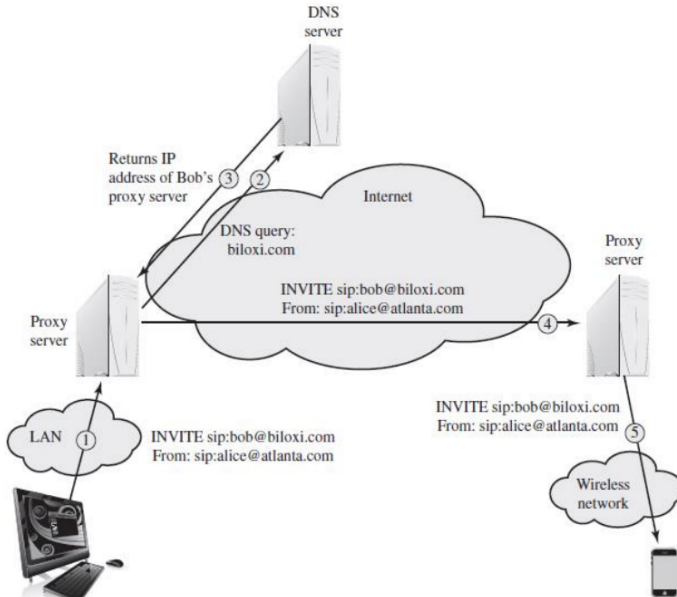
A.3 Ataques de largura de banda baseados em aplicação

- Uma estratégia potencialmente efetiva para negação de serviço é forçar o alvo a executar operações que consomem recursos de forma desproporcional ao esforço do ataque
- Por exemplo, sites da Web podem dedicar-se a operações longas como buscas, em resposta a uma requisição simples
- Tipos de protocolos: SIP (telefonia VoIP) e HTTP (web)

A.3 INUNDAÇÃO SIP

- VoIP é amplamente usado na Internet.
- O protocolo SIP, tem dois tipos diferentes de mensagens SIP: solicitações e respostas. Uma única solicitação INVITE aciona um consumo considerável de recursos.
 - O invasor pode inundar um proxy SIP com várias solicitações INVITE com endereços IP falsificados
 - Alternativamente, um ataque DDoS usando uma botnet para gerar várias solicitações INVITE.

A.3 Inundação SIP (exemplo)



A.3 INUNDAÇÃO SIP

- Esse ataque coloca uma carga nos servidores proxy SIP de duas maneiras.
 - Os recursos do servidor são esgotados no processamento das solicitações INVITE.
 - A capacidade da rede é consumida. Receptores de chamadas também são vítimas desse ataque.
 - Sistema de destino será inundado com chamadas VoIP forjadas, tornando o sistema indisponível para chamadas de entrada legítimas.

A.3 ATAQUES BASEADOS EM HTTP

• Inundação HTTP

- Refere-se a um ataque que bombardeia servidores da Web com solicitações HTTP
- Normalmente, é um ataque DDoS, com solicitações HTTP vindas de muitos bots diferentes
- Solicitações projetadas para consumir recursos consideráveis
 - Solicitação HTTP para baixar um arquivo grande do destino
 - Servidor lê arquivo do disco, armazena na memória, converte em um fluxo de pacotes e, em seguida, transmite os pacotes.
 - Consome recursos de memória, processamento e transmissão

A.3 ATAQUES BASEADOS EM HTTP

Slowloris

- Explora a técnica de servidor de usar várias threads para suportar várias solicitações para o mesmo aplicativo
- Tenta monopolizar todas as threads enviando solicitações HTTP que nunca são concluídas
 - RFC2616 especifica que uma linha em branco deve ser usada para indicar o fim dos cabeçalhos da solicitação e o início da carga, se houver.
- Como cada solicitação consome uma thread, o ataque consome toda a capacidade de conexão do servidor, negando efetivamente o acesso a usuários legítimos

SLOWLORIS

- Diversas contramedidas podem ser adotadas
 - Limitação da taxa de conexões de entrada de um determinado host
 - Variação do tempo limite em conexões como uma função do número de conexões
 - Binding atrasado
 - o balanceador de carga realiza uma verificação de completude do cabeçalho da solicitação HTTP
 - Uma solicitação HTTP não será enviada ao servidor até que a terminação do cabeçalho seja enviada pelo cliente

Melhorias do HTTP

- O HTTP tem buscado melhorias ao longo dos anos, o que pode trazer novos ataques
- HTTP/1.1 criado em 1997 (HTTP/0.9 de 1991 e HTTP/1.0 de 1996 são obsoletos)
- HTTP/2 criado em 2015
 - Ataque de DoS em janelas de continuação (03 de abril de 2024): <https://kb.cert.org/vuls/id/421644>
 - Veja mais: <https://en.wikipedia.org/wiki/HTTP/2>
- HTTP/3 criado em 2022
 - Veja mais: <https://en.wikipedia.org/wiki/HTTP/3>

A.4 ATAQUES REFLETORES E AMPLIFICADORES

- Usam como intermediários sistemas da rede que estão funcionando normalmente
- O atacante envia pacote para um intermediário
- O endereço de origem falsificado indica o alvo do ataque
- Mais difíceis de rastrear
- Pode ser evitado se pacotes com falsificação de fonte forem bloqueados

A.4 ATAQUES REFLETORES

- Implementação direta
 - O invasor envia pacote para um intermediário com o endereço de origem falsificado indicando o alvo para o ataque
 - A resposta do intermediário (refletor) é direcionada ao alvo
- Se enviar muitos pedidos para vários servidores, a resposta pode inundar o alvo
- Idealmente quer resposta maior do que o pedido

A.4 ATAQUES REFLETORES

- Serviços UDP comuns são frequentemente usados para essa finalidade.
- Os serviços chargen, DNS, SNMP ou ISAKMP são também utilizados
 - Podem gerar grandes pacotes de resposta direcionados ao alvo.
- Refletores devem ser servidores ou roteadores de alta capacidade e com conexões de rede muito boas.
 - Podem gerar grandes volumes de tráfego
 - O tráfego de ataque é obscurecido nos altos volumes normais

A.4 ATAQUES REFLETORES

- Uma variação cria um loop autocontido entre o intermediário e o alvo
 - Atacante envia uma consulta ao servidor DNS com um endereço IP de origem falsificado (do alvo)
 - Usa a porta 7, associada ao eco
 - DNS envia uma resposta para a vítima do ataque endereçada à porta 7
 - Se a vítima estiver oferecendo o serviço de eco, criará um pacote que ecoa os dados recebidos de volta para o servidor DNS
- Bastante fácil de filtrar e bloquear
 - As combinações de portas de serviço usadas nunca devem ocorrer na operação normal da rede

A.4 ATAQUES REFLETORES

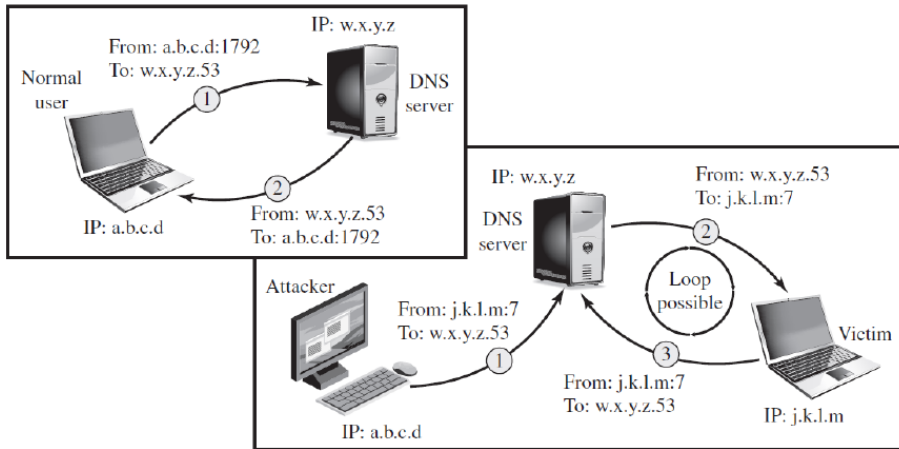


Figure 6: Livro Stallman

A.4 ATAQUES AMPLIFICADORES

- Variante de ataques refletores e também envolvem o envio de pacote para intermediário com origem falsificada
- O diferencial é a geração de vários pacotes de resposta para cada pacote original enviado
 - Direcionamento da solicitação original para o endereço de broadcast de alguma rede
 - Todos os hosts nessa rede podem responder à solicitação, gerando uma enxurrada de respostas
- Atacantes verificam a Internet à procura de redes bem conectadas que permitem transmissões direcionadas

A.4 Ataques Amplificadores

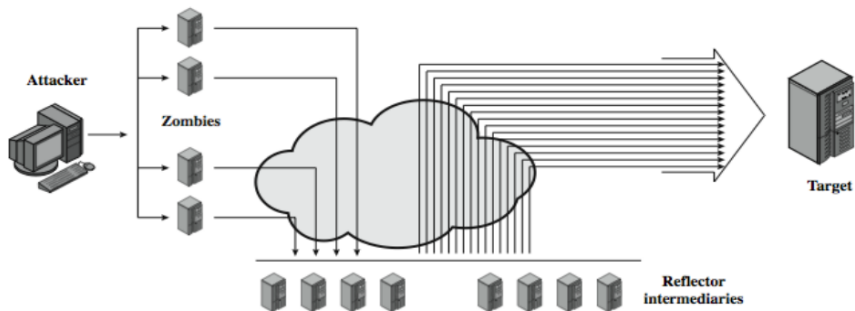


Figure 7: Livro Stallman

A.4 ATAQUES AMPLIFICADORES DE DNS

- Usa solicitações de DNS com o endereço de origem falsificado sendo o destino
- Explorar o comportamento do DNS para converter uma pequena solicitação em uma resposta muito maior
 - Pedido de 60 bytes para resposta de 512 - 4000 bytes
- Atacante envia solicitações para vários servidores bem conectados, que inundam o destino
 - Precisa apenas de fluxo moderado de pacotes de solicitação
 - Servidores DNS também serão carregados

Section 4

Contramedidas

DEFESAS CONTRA ATAQUE DOS

- Esses ataques não podem ser inteiramente evitados
- Volumes de alto tráfego podem ser legítimos
 - resultado de alta publicidade - “slashdotted”
 - ou para um site muito popular, e. Jogos Olímpicos etc
- Ou tráfego legítimo criado por um invasor
- Quatro linhas de defesa contra (D) DoS:
 - Prevenção e preempção de ataques
 - Detecção e filtragem de ataques
 - Rastreamento retroativo e identificação da fonte de ataque
 - Reação ao ataque

PREVENÇÃO CONTRA ATAQUES

- Bloquear endereços de origem falsificados
 - em roteadores o mais próximo possível da fonte
 - ainda muito raramente implementado
- Controles de taxa em redes de distribuição ascendente
 - sobre tipos de pacotes específicos
 - por exemplo, alguns pacotes ICMP, UDP, TCP / SYN
- Usar manipulação de conexão TCP modificada
 - uso de cookies SYN quando a tabela estiver cheia
 - ou queda seletiva ou aleatória quando a tabela está cheia

PREVENÇÃO CONTRA ATAQUES

- Bloquear a utilização de broadcast dirigido a IPs
- Bloquear serviços e combinações suspeitas
- Gerenciar ataques de aplicativos com “quebra- cabeças” para distinguir solicitações humanas legítimas
- Boas práticas gerais de segurança do sistema
- Usar servidores espelhados e replicados quando for necessário alto desempenho e confiabilidade

RESPONDENDO A ATAQUES

- Precisa de um bom plano de resposta a incidentes
 - com contatos dos ISP
 - necessário impor a filtragem de tráfego ascendente
 - detalhes do processo de resposta
- Envolve filtros padrão
- Idealmente, há monitores de rede e IDS
 - para detectar e notificar padrões de tráfego anormais

RESPONDENDO A ATAQUES

- Identificar tipo de ataque
 - capturar e analisar pacotes
 - projetar filtros para bloquear o tráfego de ataque ascendente
 - ou identificar e corrigir bugs do sistema/aplicativo
- Ter rastreio do fluxo de pacotes pelo ISP de volta à origem
 - pode ser difícil e demorado
 - necessário se desejar mover ação legal
- Implementar plano de contingência
- Atualizar plano de resposta a incidentes

Section 5

Discussão

Breve discussão

Cenário atual

- Já teve alguma experiência de lentidão de serviços ou ataque? Qual a mensagem/objetivo do ataque? Qual plataforma afetada?
- Quais plataformas sofrem lentidão frequentemente, mesmo que não sejam ataques intencionais?

Leia mais

Livro:

- “Segurança de Computadores - Princípios e Práticas - 2012” - Stallings, William; Brown, Lawrie & Lawrie Brown & Mick Bauer & Michael Howard
 - Em Português do Brasil, CAMPUS - GRUPO ELSEVIER, 2ª Ed. 2014

Veja Capítulo 7, todas seções e finaliza o capítulo 7.

Section 6

Agradecimentos

Pessoas

Em especial, agradeço aos colegas que elaboraram bons materiais, como o prof. Raphael Machado, Kowada e Viterbo cujos conceitos formam o cerne desses slides.

Estendo os agradecimentos aos demais colegas que colaboraram com a elaboração do material do curso de Pesquisa Operacional, que abriu caminho para verificação prática dessa tecnologia de slides.

Software

Esse material de curso só é possível graças aos inúmeros projetos de código-aberto que são necessários a ele, incluindo:

- pandoc
- LaTeX
- GNU/Linux
- git
- markdown-preview-enhanced (github)
- visual studio code
- atom
- revealjs
- gromit-mpx (screen drawing tool)
- xournal (screen drawing tool)
- ...

Empresas

Agradecimento especial a empresas que suportam projetos livres envolvidos nesse curso:

- github
- gitlab
- microsoft
- google
- ...

Reprodução do material

Esses slides foram escritos utilizando pandoc, segundo o tutorial ilectures:

- <https://igormcoelho.github.io/ilectures-pandoc/>

Exceto expressamente mencionado (com as devidas ressalvas ao material cedido por colegas), a licença será Creative Commons.

Licença: CC-BY 4.0 2020

Igor Machado Coelho

This Slide Is Intentionally Blank (for goomit-mpx)