Técnicas de Processamento de Sinais e Telecomunicações

Henrique Ajuz Holzmann
(Organizador)

Atena Editora
Ano 2019

Henrique Ajuz Holzmann

(Organizador)

Técnicas de Processamento de Sinais e Telecomunicações

Atena Editora
2019

2019 *by Atena Editora*

Editora Executiva: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Karine de Lima
Edição de Arte: Lorena Prestes
Revisão: Os Autores

Atena Editora
Ano 2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

T255 Técnicas de processamento de sinais e telecomunicações [recurso eletrônico] / Organizador Henrique Ajuz Holzmann. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-85-7247-449-8
DOI 10.22533/at.ed.498190807

1. Tecnologia da informação. 2. Telecomunicações. I. Holzmann, Henrique Ajuz.

CDD 338.47

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

Atena Editora
Ano 2019

APRESENTAÇÃO

A obra Técnicas de Processamento de Sinais e Telecomunicações está organizada de maneira a atender a temas atuais sobre a área de telecom e processamento de sinais de maneira sucinta e otimizada, sendo dividido em 17 capítulos sequenciais.

A transmissão de dados juntamente com suas vertentes representa um dos principais pilares para o progresso econômico de uma nação e para o atendimento de inúmeras necessidades da humanidade, estando presente nos mais diversos setores. Desenvolve-la de maneira eficiente é uma busca constante de grandes empresas e pesquisadores, buscando otimizar e agilizar o processo de troca de informações.

Produzir conhecimento nestas áreas é de extrema importância, a fim de gerar desenvolvimento e ampliar possibilidades nos mais diversos campos. Desta forma um compendio de temas e abordagens que facilitam as relações entre temas referentes a comunicação e processamento de sinais em diferentes níveis de profundidade em pesquisas, envolvendo aspectos técnicos, científicos e humanos é trazido nesta obra.

Boa leitura!

Henrique Ajuz Holzmann

SUMÁRIO

CAPÍTULO 11

UM MÓDULO DE DEFESA PARA ATAQUES DDOS NA CAMADA DE APLICAÇÃO USANDO ESTRATÉGIAS SELETIVAS

Túlio Albuquerque Pascoal
João Henrique Gonçalves Corrêa
Vivek Nigam
Iguatemi Eduardo da Fonseca
Universidade Federal da Paraíba, Centro de Informática, João Pessoa-PB, Brasil

RESUMO: Este artigo propõe um módulo para defesa de ataques de negação de serviço na camada de aplicação. O módulo é executado em um servidor Web Apache e apresenta vantagens entre outros existentes na literatura, além de resultados similares a outra estratégia utilizada para o mesmo fim, mas que opera como um *proxy*. Nos experimentos realizados mostrou-se que o módulo proposto apresenta bons resultados em termos de disponibilidade, TTS (*time to service*), consumo de memória e CPU da máquina em que está sendo executado.
PALAVRAS-CHAVE: Ataques de negação de serviço, Segurança na *Internet*, Redes de computadores.

ABSTRACT: This paper proposes a module that can be used as a defense against applications denial of service attacks. This module works in an Apache (*Web*) server and presents advantages when compared with others proposals in literature, as well as similar performance to another strategy that runs as a *proxy*. The experimental results show that the proposed module presents appropriated values for availability, TTS (*time to service*), and memory and CPU consumption.
KEYWORDS: Denial of service attacks, Internet security, Computer networks.

1 | INTRODUÇÃO

Ataques de Negação de Serviço (DoS – *Denial of Service*), são considerados uns dos mais perigosos e utilizados ataques contra redes e serviços (Gu and Liu 2007). Seu objetivo é causar indisponibilidade do serviço, website ou aplicação alvo para usuários honestos, consumindo todos os recursos disponibilizados de forma temporária ou indefinida. Seu poder é exponencialmente aumentado com a aplicação de Ataques de Negação de Serviço Distribuíds (DDoS – *Distributed DoS*) (Chang 2002). No DDoS, a fonte do ataque não é mais única, e sim dezenas, centenas e até milhares (Stephen and Lee 2004). Ataques DoS na camada de aplicação (ADoS – *Application Layer DoS*) são ainda mais difíceis de serem detectados, pois o alvo desses ataques são as vulnerabilidades de protocolos utilizados na camada de aplicação do modelo OSI (Xie and Yu 2009), como: HTTP, HTTPS, DNS, VoIP, FTP e SMTP. ADoS permitem aos atacantes a possibilidade

de focar seu ataque somente em uma aplicação ou serviço, deixando outros serviços disponíveis, e assim, dificultando a detecção do ataque (Xie and Yu 2009). Outro fator é que o tráfego gerado por ataques do tipo ADoS *LowRate* é similar ao de usuários honestos, dificultando sua detecção e mitigação (Dantas et al. 2014).

Uma defesa para mitigação de ataques ADoS, chamada SeVen (*Selective Verification in Application Layer*) foi desenvolvida com base em uma estratégia seletiva. O SeVen é uma estratégia nova na literatura, datada de 2014, que possui resultados bastante satisfatórios, mantendo servidores *Web*, quando sob ataque, com cerca de 95% de disponibilidade (Dantas et al. 2014). SeVen funciona como um *proxy*, fazendo a *interface* entre as requisições dos clientes com o servidor, aumentando a complexidade da ferramenta, pois deve se preocupar, além da execução da estratégia em si, com outros aspectos como: (1) qual tipo e versão de servidor estão sendo utilizados e suas peculiaridades; (2) qual(is) o(s) protocolo(s) esta(ão) sendo utilizado(s); (3) configuração (saber e replicar a atual configuração do servidor para a estratégia funcionar de acordo); (4) segurança (integridade, confidencialidade, disponibilidade e autenticidade da ferramenta em si); (5) robustez (garantir funcionamento ininterrupto em qualquer situação, para não prejudicar o servidor que está sendo protegido). Devido a esses fatores, faz-se necessário o uso de uma abordagem menos dependente e que possa ao mesmo tempo ser eficaz e fácil para o uso de administradores de redes. Para atingir esse objetivo pode-se aplicar o conceito de módulo, que funciona como um *mini-software* diretamente acoplado em um servidor (MódulosApache 2016). O Apache HTTP Server Project, mais conhecido por servidor Apache, é o servidor *Web* mais popular e utilizado atualmente. De acordo com pesquisas da W3Tech e a BuiltWith, servidores Apache são usados por 55,9% e 51% entre todos os sites na *Internet* em Dezembro de 2015 (W3tech 2016) (BuiltWith 2015). Por ser *OpenSource*, servidores Apache fornecem a liberdade e extensibilidade de seu funcionamento, a partir da implementação de módulos (MódulosApache 2016). Os objetivos e contribuições deste trabalho são, portanto, desenvolver um módulo Apache, chamado *mod_seven*, para mitigar ataques ADoS. Os resultados dos experimentos mostraram que o *mod_seven* obteve resultados equivalentes e alinhados com os obtidos na versão *proxy* do SeVen, em alguns casos com resultados até melhores. Além de replicar os experimentos realizados na versão *proxy*, também foram realizados testes baseados em situações reais de ataques, ou seja, ataque com durações maiores, além de ataques no protocolo HTTPS (não suportado pela versão *proxy*). Também comparamos o módulo proposto com outros encontrados na literatura, relatando suas vantagens sobre os mesmos. Outros módulos Apache existentes no mercado propõem-se a mitigar ataques ADoS (Monshouwer 2013) (Morimoto 2013) (Reqtimeout 2014). O *mod_antiloris* tem como estratégia a contagem de conexões simultâneas abertas de um mesmo endereço IP. Quando essa contagem superar o valor configurado (o padrão é 10), o módulo rejeita todas as requisições provenientes daquele IP. O *mod_pacify_loris* (Morimoto 2013)

possui a mesma estratégia de defesa (mas utiliza 50 conexões por padrão), porém ainda implementa mais duas análises: contagem de GET HEADER enviados em uma mesma conexão e a taxa de requisições GET HEADER enviadas por segundo. Já o *mod_reqtimeout* (Reqtimeout 2014), o mais atual e utilizado dentre eles, baseia-se em uma análise mais avançada das taxas de envio dos cabeçalhos e corpo das requisições. O módulo possui uma diretiva chamada *ResquestReadTimeout* em que há dois parâmetros configuráveis para cada um dos campos (cabeçalho e corpo) de uma requisição, que são *timeout* e *minrate*. O seu diferencial quanto aos outros módulos é que ele avalia tais parâmetros em conjunto e a cada vez que pacotes de dados de uma requisição chegam ao servidor, o módulo renova suas janelas de *timeout*.

A Seção 2 apresenta a natureza, característica e funcionamento de ataques ADDoS. Na Seção 3 é apresentada a adaptação da estratégia SeVen como um módulo, bem como a arquitetura, funcionamento e interligação do módulo com o servidor. A Seção 4 descreve os experimentos realizados, discute e compara os resultados obtidos. Finalmente, na Seção 5 são apresentadas as conclusões e trabalhos futuros.

2 | ATAQUES DE NEGAÇÃO DE SERVIÇO NA CAMADA DE APLICAÇÃO

Dentre os ataques ADDoS destaca-se: o *Flooding* e o *LowRate*. No primeiro, tem-se a geração de um enorme fluxo de tráfego, para consumir todos os recursos da aplicação, até que ela fique incapaz de atender novos clientes. O segundo, consiste na geração de tráfego similar ao de clientes honestos, porém, utilizando-se de vulnerabilidades encontradas nos protocolos para manter requisições em atendimento por tempo indeterminado (Durcekova et al. 2012), assim não necessitando de grandes recursos para geração dos ataques (Dantas 2015). Ferramentas de geração desse tipo de ataque são facilmente encontradas na Internet e simples de usar (Loic 2013) (Slowloris 2013) (Rudy 2013) (Slowhttptest 2013). Por esses motivos, ataques *LowRate* são mais traiçoeiros e perigosos, dificultando detecção e proteção por parte da defesa. A seguir tem-se a descrição e funcionamento dos dois ataques do tipo *LowRate* mais utilizados:

- **Slowloris:** Consiste no envio de requisições HTTP GET HEADER incompletas (sem os campos *CR-Carriage Return, ASCII 13, /r*, e o *LF - Line Feed, ASCII 10, /n*) no final do pacote (Owasp 2009), em um certo intervalo de tempo. Fazendo com que o servidor nunca saiba quando requisições foram finalizadas, mantendo-as no *pool* de atendimento até o valor de *timeout* pré-configurado no servidor, a partir de um momento, todos os recursos estarão sendo consumidos pelas requisições maliciosas, indisponibilizando a aplicação;
- **HTTP POST:** Este ataque envia requisições HTTP GET HEADER com-

pletas, realizando o *Hand- shake* com o servidor, porém seus dados do campo BODY, enviados pelo método HTTP POST são enviados de maneira muito lenta, fazendo com que o servidor aguarde até o *timeout* configurado ou a quantidade máxima de dados no BODY de uma requisição seja atingida. Assim, essas requisições lentas tomam posse de todo o *pool* de atendimento e indisponibilizam a aplicação.

3 I O MÓDULO APACHE: *MOD_SEVEN*

Em (Kew 2007) é descrito o *Apache HTTP Server* composto por um pequeno *core* e um conjunto de módulos. Dentre todos os módulos, existe um módulo "especial", chamado MPM (Módulo de Processamento Múltiplo), que serve como um otimizador para a comunicação entre o sistema operacional e a APR (*Apache Portable Runtime*), conjunto de bibliotecas de suporte para o servidor Apache que fornece um conjunto de APIs para comunicação com o sistema operacional). Módulos são a chave para a extensibilidade provida pelo Apache, com eles tem-se a liberdade de customizar e criar novos processos. A execução de módulos é baseada em ganchos, que funcionam como métodos que trabalham diretamente com o *core* do Apache para melhor desempenho (MódulosApache 2016). Há vários tipos de ganchos já definidos no Apache, mas novos ganchos também podem ser criados por programadores (Kew 2007). O *mod_seven* possui três ganchos: (1) o *ap_hook_post_config* para recolher informações do servidor, como tamanho do *pool* de atendimento, criação e alocação de *threads*; (2) o *ap_hook_create_request* para detecção de *dummy requests* (Hayden 2008), um *bug* encontrado no Apache durante a implementação desse trabalho, e registro de requisições no filtro utilizado pelo módulo; (3) o *mod_seven_input_filter* que é onde ocorre praticamente toda a aplicação da estratégia. Quando uma requisição é registrada em um filtro, todo e qualquer dado enviado por aquela requisição será analisado e processo pelo filtro. Para simplificação e melhor entendimento, o funcionamento do *mod_seven_input_filter* do módulo foi dividido em 4 fases distintas explicadas abaixo:

- **Fase de Reconhecimento:** Nessa fase o filtro extrai informações da requisição (endereço IP, porta e *socket* da conexão), e aloca um uma variável-estrutura interna da APR do tipo *worker_score* para representar uma requisição no *pool* de atendimento do Apache, chamado *scoreboard*;
- **Fase de Detecção:** Aqui acontece uma adaptação necessária necessária à estratégia para adequar-se ao comportamento e Módulos Apache. Como o Apache não permite a extração e manuseamento direto de requisições que se encontram no *scoreboard*, essa fase realiza uma varredura no *scoreboard* atual da aplicação verificando se a requisição atual (que está sendo processada pelo filtro) está com *flag* que foi selecionada para ser removida pela estratégia, caso positivo, a conexão daquela requisição será fechada imediatamente; caso negativo, o fluxo do módulo continua para a próxima fase, a Fase de Adição;

- **Fase de Adição:** É uma fase simples e direta, após escolher as informações da requisição e verificar que a mesma não encontra-se selecionada para deleção, o módulo conclui que ela está apta a ser atendida e processada, o *worker score* da mesma é adicionado ao *scoreboard* de acordo com a *thread* e número de processo alocados pelo servidor para atender aquela requisição;
- **Fase de Análise e Decisão:** É a fase mais completa e que aplica toda a lógica da estratégia. Uma contagem de requisições no *pool* de atendimento é realizada, similar ao da Fase de Detecção, para concluir se o servidor encontra-se sobrecarregado ou não, utilizando uma variável para comparar com o valor do parâmetro *server limit*, que representa o máximo de conexões simultâneas que o servidor pode atender. Neste ponto, uma função de probabilidade $FP1$ decide a aceitação ou não da requisição. Caso a requisição seja rejeitada pela estratégia, sua conexão é automaticamente fechada usando APR_DECLINED, *ap_conn_close* e *apr_socket_close*. Caso não, uma requisição é escolhida de acordo com uma função de de distribuição uniforme $FP2$, para ser substituída do *pool* de atendimento (origem da característica seletiva da estratégia). Após a escolha, o módulo resgata informação do *worker_score* escolhido, e adiciona a *flag* para deleção, assim, quando qualquer dado referente àquela requisição chegar ao servidor, a mesma será rejeitada automaticamente na Fase de Detecção.

É importante salientar que enquanto a aplicação não se encontra sobrecarregada, o módulo simplesmente executa as Fases de Reconhecimento e Adição. Na Figura 1 tem-se o fluxo de funcionamento e processos do *mod_seven* realizados pelos seus ganchos e métodos internos. Na Figura 2 tem-se uma visão geral da divisão e execução de processos ocorridos nas distintas fases do *mod_seven_input_filter*.

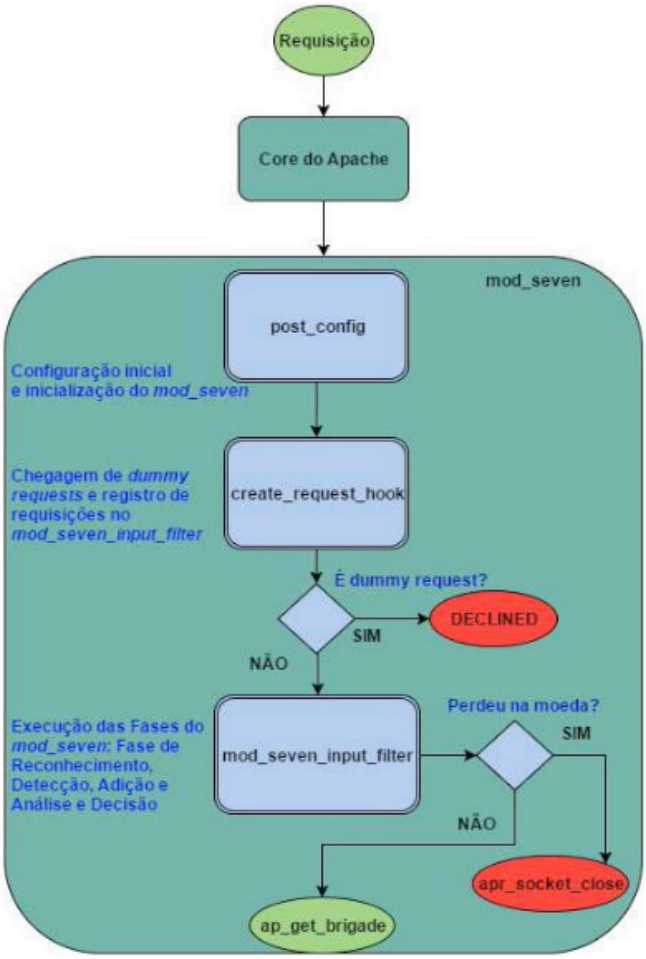


Figura 1. Organização e ordem de fluxo de execução do mod_seven

4 I EXPERIMENTOS E RESULTADOS

4.1 Cenário e Configuração dos Experimentos

Os testes foram realizados usando três máquinas em dois diferentes *Campus* da Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Duas máquinas situadas no *Campus* V, gerando tráfego de clientes legítimos e de atacantes (cada máquina gerando um tipo de tráfego). E uma outra máquina no *Campus I* hospedando a página Web padrão do Apache, utilizando o MPM PREFORK, que é o MPM padrão para sistemas operacionais Unix (ApacheMPM 2014). As máquinas para geração de tráfego possuem processador Intel i5-3470 de 3.20Ghz e 4GB de RAM e o servidor um Intel Xeon E5-2620 de 2.00GHz e 8GB de RAM. O objetivo dessa configuração é de simular, com um maior grau de realidade, um ataque DoS, em que o tráfego situa-se em redes distintas e separadas fisicamente. Para geração do tráfego cliente utilizamos a ferramenta Siege (ferramenta de benchmark para medir desempenho de aplicações web (Siege 2015)) e para o tráfego atacante usamos duas ferramentas: *Slowloris* (Slowloris 2013) e *Slowhttptest* (Slowhttptest 2013). À quesito de comparação de resultados, a configuração e cenários dos experimentos realizados nesse trabalho foram replicados de acordo com os realizados em (Dantas et al. 2014).

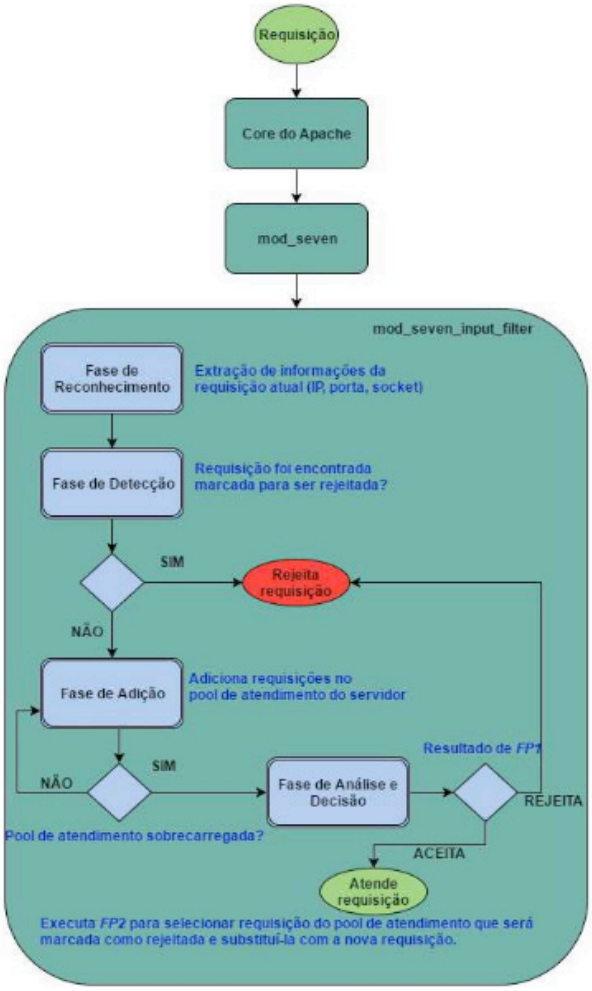


Figura 2. Ordem de fluxo e fases do mod_seven_input_filter

As configurações dos testes levam ao cenário ideal para que o ataque obtenho sucesso e possa indisponibilizar a página Web alvo. O servidor foi configurado da seguinte maneira:

- **Timeout:** Tempo, em segundos, que o servidor irá aguardar para continuar a receber dados de requisições em uma mesma conexão. Configurado como 40 segundos;
- **MaxRequestWorkers:** É o número de requisições simultâneas que serão atendidas pelo servidor. Ou seja, o limite de atendimento da aplicação Web. Configurado com 200;

Os experimentos realizados no *mod_seven*, nos outros módulos e com o Apache puro (sem nenhum módulo) tiveram as seguintes especificações

- **Quantidade de Atacantes:** 250 atacantes para cada tipo de ataque: *Slowloris* e *HTTP POST;*
- **Tráfego Atacante:** Conexões enviando requisições a cada 35 segundos. Aproximadamente 7,14 requisições por segundo;

- **Quantidade de Clientes Honestos:** 100 clientes gerados pelo *Siege*. Aproximadamente 10 requisições por segundo;
- **Tráfego de Clientes Honestos:** Requisições de cada cliente são enviadas em um intervalo de 0 a 3 segundos a fim de melhor simular um tráfego Web legítimo;
- **Protocolos:** HTTP (porta 80) e HTTPS (porta 443);
- **Duração:** Três repetições para os testes de 5 minutos e uma para os testes de 2 horas;
- **Tipo de Testes:** sem *mod_seven* e sem ataque; sem *mod_seven* e com ataque; com *mod_seven* e sem ataque; com {*mod_seven*, *mod_antiloris*, *mod_pacify_loris*, *mod_reqtimeout*} e com ataque.

Como métricas de desempenho, utilizou-se os seguintes parâmetros: (i) **Disponibilidade:** Porcentagem dos clientes atendidos com sucesso; (ii) **TTS:** Tempo médio de resposta para cada requisição; (iii) **Consumo de memória:** Porcentagem do consumo médio de memória durante o teste; (iv) **Consumo de CPU:** Porcentagem do consumo médio de CPU durante o teste.

4.2 Resultados e Discussão

	Sem *mod_seven*				Com *mod_seven*			
	Disponibilidade	**TTS**	**Memória**	**CPU**	**Disponibilidade**	**TTS**	**Memória**	**CPU**
Sem Ataque	100%	0,01s	0,9%	7,8%	100%	0,03s	0,9%	8,7%
Slowloris	0,0%	∞	17,5%	0,0%	98,7%	0,07s	18,2%	2,6%
HTTP POST	0,0%	∞	16,6%	0,0%	96,6%	0,03s	13,5%	1,8%

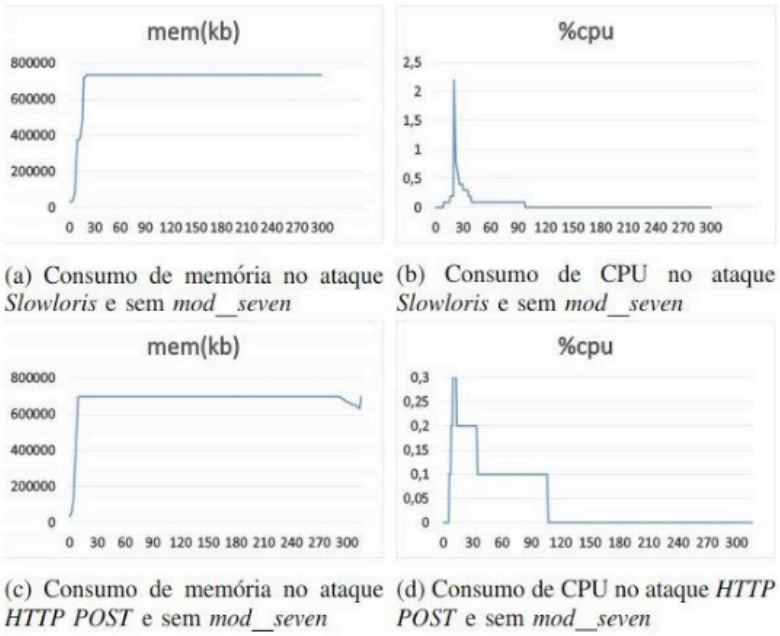
TABELA I: Disponibilidade, TTS, consumo de memória e CPU dos testes realizados

Pela Tabela I percebe-se que o *mod_seven* não influencia na disponibilidade da aplicação em situações normais (sem ataque), percebe-se somente um aumento insignificante do consumo de CPU (de 7,8% para 8,7%) e de 0,02 segundos no TTS, devido aos processamentos adicionais realizados pelo módulo.

Analisando os cenários com ataques, percebe-se a eficiência do *mod seven*, que manteve a aplicação com uma disponibilidade de 98,7% e 96,6% nos ataques *Slowloris* e *HTTP POST*, respectivamente, e com valores de TTS baixos.

Pela Figura 4, nota-se que o consumo de memória, quando utilizado o módulo não é elevado e no caso do ataque *HTTP POST* o consumo foi reduzido. Isso é explicado devido à natureza do ataque, que não envia tantas requisições como o *Slowloris.* Outro fator interessante é o consumo de CPU ser nulo (teve pico de 0, 3%) quando sob ataque, pois, com a aplicação indisponibilizada, a mesma não processa mais nenhuma requisição, consequentemente não consumindo mais recursos da CPU.

Porém, ainda há de memória, uma vez que as requisições continuam chegando e sendo armazenadas, esperando atendimento (ver Figura 3). No cenário com *mod_seven* (ver Figura 4) percebe-se o consumo de recursos intercalados, mostrando que o servidor encontra-se ativo e em funcionamento.



(a) Consumo de memória no ataque *Slowloris* e sem *mod_seven*

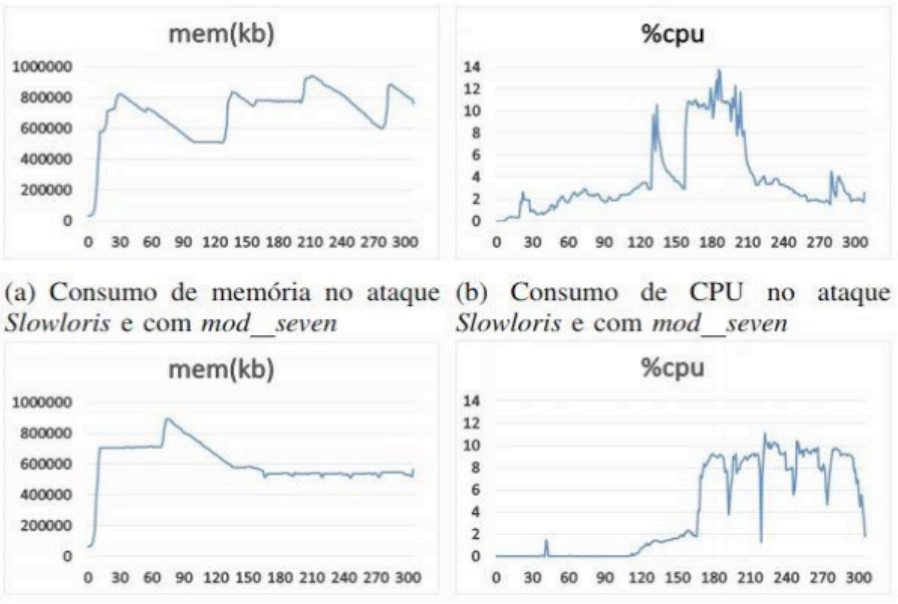
(b) Consumo de CPU no ataque *Slowloris* e sem *mod_seven*

(c) Consumo de memória no ataque *HTTP POST* e sem *mod_seven*

(d) Consumo de CPU no ataque *HTTP POST* e sem *mod_seven*

Figura 3. Consumo de Memória e CPU com ataque e sem *mod_seven*

Nos testes de 2 horas de duração (protocolos HTTP e HTTPS), confirmou-se o bom desempenho do *mod_seven*. Verifica-se uma pequena queda na disponibilidade para o ataque HTTP POST (ver Tabela II), uma vez que a taxa de requisições por segundo aumentou, transformando o ataque em um ataque *mini-flooding*, dando indícios que o *mod_seven* possa obter bons resultados contra ataques do tipo *Flooding*.



(a) Consumo de memória no ataque *Slowloris* e com *mod_seven*

(b) Consumo de CPU no ataque *Slowloris* e com *mod_seven*

(c) Consumo de memória no ataque *HTTP POST* e com *mod_seven*

(d) Consumo de CPU no ataque *HTTP POST* e com *mod_seven*

Figura 4. Consumo de Memória e CPU com ataque e com *mod_seven*

No protocolo HTTPS, verificou-se que o ataque *slowloris.pl* mostrou-se incapaz de realizar o ataque nesse protocolo. Devido a esse fato, utilizamos a ferramenta *Slowhttptest*. Houve uma redução da disponibilidade e um pequeno aumento no TTS, sobretudo porque o protocolo HTTPS aplica mais métodos de segurança e criptografia (contudo, uma maior e mais específica análise deve ser realizada em relação ao *overhead* causado pelo HTTPS, em um trabalho futuro). Outra importante conclusão é da robustez e bom gerenciamento de *threads* e processos do módulo, uma vez que suportou uma carga elevada (recebeu cerca de 79.945 pacotes atacantes e 422.511 requisições clientes nos testes de 2 horas).

Ataque	Protocolo	Disponibilidade	TTS
Slowloris	HTTP	97,5%	0,14s
Slowloris	HTTPS	91,6%	0,09s
HTTP POST	HTTP	91,2%	0,05s
HTTP POST	HTTP	92,4%	0,07s

TABELA II: Resultados dos experimentos de 2 horas do mod_seven

Em relação ao *mod_antiloris* e *mod_pacify_loris*, o *mod_seven* se mostra uma defesa agnóstica, pois não discrimina as requisições recebidas, ou seja, todas possuem as mesmas chances de serem atendidas. Esses módulos utilizam uma estratégia discriminatória, trazendo algumas desvantagens. Além disso, esses módulos podem prejudicar usuários honestos que estejam na mesma família de endereçamento IP ou em uma mesma rede pública que um atacante (o que ocorre em redes de grandes organizações, onde um único IP público pode representar mais de uma máquina na sua rede interna). Uma vez que a defesa bloqueia requisições pela informação do IP público, usuários honestos podem ser prejudicados caso um atacante esteja na sua mesma sub-rede. Pela tática de taxa de contagem de cabeçalhos por segundo implementada pelo *mod_pacify_loris*, ele pode erroneamente rejeitar requisições de clientes honestos que possuem conexões lenta.

Por sua vez, o *mod_reqtimeout*, apesar de possuir uma estratégia mais inteligente, baseada em *timeouts* e *minrate* renováveis, possui vulnerabilidade. Uma vez que atacantes podem utilizar estratégias de detecção desses valores a partir de experimentos prévios ao ataque. Por exemplo, enviando requisições em diferentes intervalos de tempo, e verificando o comportamento e as respostas do servidor, é possível encontrar um valor aproximado do tempo que suas conexões mantêm-se em atendimento até que comecem a ser rejeitadas. Esse valor de tempo, é justamente o valor configurado para a diretiva *timeout* configurado na defesa. Com essa informação, realiza-se o ataque utilizando o *timeout* de suas conexões com um valor próximo ao

detectado, assim, renovando suas conexões antes de serem removidas, mantendo-as indefinidamente em atendimento.

Comparando com o SeVen *proxy*, os resultados do módulo mostram uma pequena melhora da disponibilidade da aplicação (aumento médio de 1%) nos experimentos com os mesmos cenários usados em (Dantas et al. 2014), além de possibilitar a aplicação da estratégia no protocolo HTTPS e em qualquer outro, desde que suportado pelo Apache. Outra vantagem é que a estratégia pode ser melhor difundida dado a grande utilização de servidores Apache pela comunidade, além de sua facilidade de utilização.

5 I CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

Esse artigo apresentou uma solução para uns dos maiores problemas na Internet na atualidade, ataques DDoS. A defesa proposta é construída como um Módulo Apache, que é o servidor Web mais utilizado nos dias atuais. O *mod_seven* obteve resultados consistentes em vários cenários de testes e também quando comparado com o SeVen *proxy* e com outros módulos Apache existentes na literatura. Além disso, o *mod seven* trouxe melhorias e vantagens em relação ao SeVen *proxy*, conseguindo: mitigar ataques DoS no protocolo HTTPS; melhora de performance; modesto consumo de memória e CPU; utilização e implantação mais fácil e maior robustez da defesa. Como trabalho futuro, objetiva-se testar o *mod seven* na mitigação de ataques DoS em outros protocolos suportados pelo Apache; testá-lo contra um ataque do tipo *LowRate* mais recente, chamado *SlowRead* (Park et al. 2015), bem como contra ataques do tipo *Flooding*.

6 I AGRADECIMENTOS

A CAPES, CNPq e RNP pelo apoio no desenvolvimento deste trabalho.

REFERÊNCIAS

[ApacheMPM 2014] ApacheMPM (2014). **Multi-Processing Modules (MPMs).** httpd.apache.org/docs/2.2/en/mpm.html. Acessado em: 18 de Agosto de 2015.

[BuiltWith 2015] BuiltWith (2015). **Web server usage statistics – Statistics for websites using web server technologies.** http://trends.builtwith.com/web-server. Acessado em: 18 de Dezembro de 2015.

[Chang 2002] Chang, RKC. (2002). **Defending against flooding-based distributed denial-of-service attacks: a tutorial.** Communication Magazine, IEEE, 40(10), 42-51.

[Dantas et al. 2014] Dantas, Y. G., Nigam, V., and Fonseca, I. E. (2014). **A selective defense for application layer ddos attacks.** In Intelligence and Security Informatics Conference (JISIC), 2014 IEEE Joint, pages 75–82. IEEE.

[Dantas 2015] Dantas, Y. G. (2015). **Estratégias para tratamento de ataques de negação de serviço na camada de aplicação em redes ip.** Master Thesis in Portuguese.

[Durcekova et al. 2012] Durcekova, V., Schwartz, L., and Shahmehri, N. (2012). **Sophisticated denial of service attacks aimed at application layer.** In ELEKTRO, 2012, pages 55–60. IEEE.

[Gu and Liu 2007] Gu, Q. and Liu, P. (2007). **Denial of service attacks.** Handbook of Computer Networks: Distributed Networks, Network Planning, Control, Management, and New Trends and Applications, 3:454–468.

[Hayden 2008] Hayden, M. (2008). **Apache 2.2: internal dummy connection.** https://major.io/2008/09/23/apache-22-internal-dummy-connection/. Acessado em: 25 de Julho de 2015.

[Loic 2013] Loic (2013). **A network stress testing application.** https://github.com/NewEraCracker/LOIC/downloads. Acessado em: 28 de Janeiro de 2015.

[Kew 2007] Kew, N. (2007). **The Apache modules book: application development with Apache.** Prentice Hall Professional.

[Monshouwer 2013] Monshouwer, K. (2013). **mod antiloris.** https://sourceforge.net/projects/mod-antiloris/. Acessado em: 10 de Agosto de 2015.

[Morimoto 2013] Morimoto, S. (2013). **mod pacify loris.** http://mod-pacify-slowloris.googlecode.com/svn/trunk/mod_pacify_loris.c. Acessado em: 10 de Agosto de 2015.

[MódulosApache 2016] MódulosApache (2016). **Developing modules for the Apache HTTP Server 2.4.** http://httpd.apache.org/docs/2.4/developer/modguide.html. Acessado em: 07 de Outubro de 2016.

[Owasp 2009] Owasp (2009). **CRLF Injection.** https://www.owasp.org/index.php/CRLFInjection. Acessado em: 27 de Março de 2015.

[Park et al. 2015] Park, J., Iwai, K., Tanaka, H., and Kurokawa, T. (2015). **Analysis of slow read dos attack and countermeasures on web servers.** International Journal of Cyber-Security and Digital Forensics (IJCSDF), 4(2):339–353.

[Reqtimeout 2014] Reqtimeout (2014). **mod reqtimeout.** https://httpd.apache.org/docs/2.4/mod/mod_reqtimeout.html. Acessado em: 11 de Agosto de 2015.

[Rudy 2013] Rudy (2013). **R.U.D.Y – Are you dead yet.** https://code.google.com/p/r-u-dead-yet/. Acessado em: 07 de Fevereiro de 2015.

[Slowhttptest 2013] Slowhttptest (2013). **Slowhttptest tool.** https://code.google.com/p/slowhttptest/. Acessado em: 02 de Fevereiro de 2015.

[Slowloris 2013] Slowloris (2013). **Slowloris tool.** http://ha.ckers.org/slowloris/. Acessado em: 02 de Fevereiro de 2015.

[Siege 2015] Siege (2015). **Linux man page: siege - An HTTP/HTTPS stress tester.** http://linux.die.net/man/1/siege. Acessado em: 18 de Dezembro de 2015.

[Stephen and Lee 2004] Stephen, S. and Lee, Ruby B. (2004). **Distributed Denial of Service: Taxonomies of Attacks, Tools, and Countermeasures.** ISCA, PDCS, 42-51.

[Xie and Yu 2009] Xie, Y. and Yu, S.-Z. (2009). **Monitoring the application-layer ddos attacks for popular websites.** Networking, IEEE/AcM Transactions on, 17(1):15–25.

[W3tech 2016] W3tech (2016). **Usage of web servers for website.** http://w3techs.com/technologies/overview/web_server/all. Acessado em: 18 de Agosto de 2016.

SOBRE O ORGANIZADOR

Henrique Ajuz Holzmann - Professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Graduação em Tecnologia em Fabricação Mecânica e Engenharia Mecânica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná Doutorando em Engenharia e Ciência do Materiais pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Trabalha com os temas: Revestimentos resistentes a corrosão, Soldagem e Caracterização de revestimentos soldados.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-449-8