Reverse Engineering (REV3)

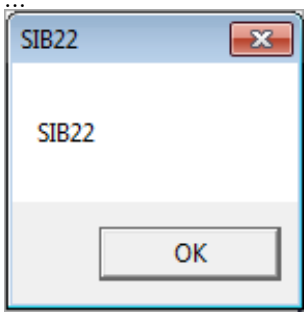
UE 02 – Statische Analyse – Protokoll

Jakob Mayr

WS 2023/2024

1 Einleitung

...



2 Aufgabe 1 - Statische Analyse Windows

2.1 hello1.exe

Das PE-File "hello1.exe" verwendet für die "Entschlüsselung" eine XOR-Operation über einen Addressbereich im Datensegment.
Das EBX-Register stellt für die "Entschlüsselung" den Zähler dar (Adressbereich wird von größter zu kleinster Adresse durchiteriert). Die Startadresse (401017) + "Wert im EBX-Register" zeigt auf das jeweilige zu entschlüsselnde Byte und durch das dekrementieren des EBX-Registers werden all 33 Bytes "entschlüsselt".
Der "Schlüssel" für das XOR ist 0x96 (im ECX Register).
Codesnipped für XOR-Entschlüsselung:

```
00401000  $ BB 34000000     MOV EBX,34
00401005  . B9 96000000     MOV ECX,96
0040100A  > 4B              DEC EBX
0040100B  . 318B 17104000   XOR DWORD PTR DS:[EBX+401017],ECX
00401011  . 85DB            TEST EBX,EBX
00401013  . 75 F5           JNZ SHORT hello1.0040100A
00401015  .∨EB 0C           JMP SHORT hello1.00401023
00401017    DE96 F396FA96   FICOM WORD PTR DS:[ESI+96FA96F3]
0040101D    FA              CLI
```

Die Addresse für dieses Datensegment kann in "OllyDbg" via der Option "Follow in Dump/Selection" angezeigt werden.
"$Hello$" $\oplus$ $0x96$ ergibt folgenden Wert:

```
de 96 f3 96 fa 96 fa 96 f9 96
```

Dieser Wert kann auch in einem Hex-Editor gefunden werden. Durch ersetzen mit "$SIB22$" $\oplus$ $0x96$ kann ein neues File erstellt werden welches "SIB22" im Fenster anzeigt.
"$Hello$" $\oplus$ $0x96$ ergibt folgenden Wert:

```
c5 96 df 96 d4 96 a4 96 a4 96
```

2.2 hello2.exe

Das zweite PE-File "hello2.exe" arbeitet sehr ähnlich wie "hello1.exe", mit dem Unterschied, dass im Addressbereich in die andere Richtung entschlüsselt wird (Adresse erhöht sich nun) und dass nicht Byteweise sonder immer 4-Byte-weise oder jeweils ein DWORD (32-bit) entschlüsselt wird.
Codesnipped für XOR-Entschlüsselung:

```
00401000  $ 33DB            XOR EBX,EBX
00401002  . B9 C756D451     MOV ECX,51D456C7
00401007  > 318B 17104000   XOR DWORD PTR DS:[EBX+401017],ECX
0040100D  . 83C3 04         ADD EBX,4
00401010  . 83FB 34         CMP EBX,34
00401013  .^75 F2           JNZ SHORT hello2.00401007
00401015  .∨EB 0C           JMP SHORT hello2.00401023
```

Der Key hierbei muss natürlich auch 32-Bit haben:

```
C7 56 D4 51
```

"Hello" in verschlüsselter Form hat folgende Form:

```
8F 56 B1 51 AB 56 B8 51 A8 56
```

"SIB22" in verschlüsselter Form hätte hierbei folgende Form:

```
94 56 9d 51 85 56 e6 51 f5 56
```

Note

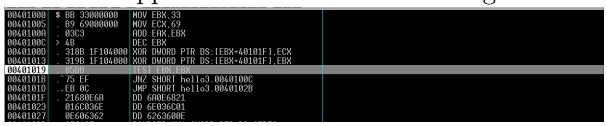
Hierbei sehr aufällig ist, dass das Padding der Buchstaben (0x00) sich mit dem Schlüssel deckt, deshalb wiederholt sich "0x56" und "0x51" immer wieder.

2.3 hello3.exe

Auch das PE-File "hello3.exe" arbeit sehr ähnlich. Hierbei wird der Adressbereich jedoch zweimal "ge-xor'd". Einmal mit einem statischen Wert "0x69" und einmal mit dem Wert aus dem EBX-Register welches auch gleichzeitig wieder den Zähler darstellt. (Hierbei wird die Adresse wieder vermindert)
Einfach erklärt wird die das Byte an der höchsten Adresse wie folgt entschlüsselt:
"$5B$" $\oplus\ 0x69 \oplus\ 0x32$
Das folgenden Bytes werden dann wie folgt entschlüsselt:
"18" $\oplus\ 0x69 \oplus\ 0x31$
"79" $\oplus\ 0x69 \oplus\ 0x30$
...
Da dies händlisch ein wenig aufwendig ist, kann die auch via Python realisiert werden ():

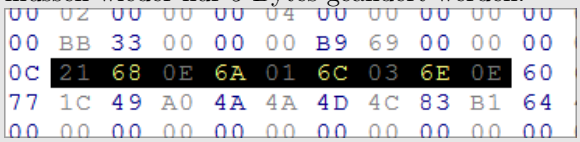
```
    def xor_process(hex_data):
      xor_value = 0x69
      decrementing_value = 0x32

      result = []

      for byte in hex_data:
      # XOR with 0x69 and the decrementing value
      xor_result = byte ^ xor_value ^ decrementing_value

      print(f"input_byte: {hex(byte)}\ndecrementing_value: {hex(decrementing_value)}\
nxor_result{hex(xor_result)}\tascii: {chr(xor_result)}\n")
      result.append(xor_result)

      if decrementing_value == 0:
      print("end of decrementing")
      break
      decrementing_value -= 1

      return result

    # Input data (hexadecimal bytes)
    hex_str_hello = (
    "BB 33 00 00 00 B9 69 00 00 00 03 C3 4B 31 8B 1F 10 40 00 31 9B 1F 10 40 00 85 DB 75
     EF EB 0C 21 68 0E 6A 01 6C 03 6E 0E 60 63 62 0F 64 0F 79 69 38 7B 12 62 6C 3F 7E 1B
     70 9B 7C 75 75 77 1C 49 A0 4A 4A 4D 4C 83 B1 64 40 63 02 45 BB 62 4E 79 18 5B"
    )

    hex_str_sib = (
    "BB 33 00 00 00 B9 69 00 00 00 03 C3 4B 31 8B 1F 10 40 00 31 9B 1F 10 40 00 85 DB 75
     EF EB 0C 3a 68 22 6A 2F 6C 5D 6E 53 60 63 62 0F 64 0F 79 69 38 7B 12 62 6C 3F 7E 1B
     70 9B 7C 75 75 77 1C 49 A0 4A 4A 4D 4C 83 B1 64 40 63 02 45 BB 62 4E 79 18 5B"
    )

    print("------------ Hello part ------------")
    hex_bytes_hello = [int(h, 16) for h in hex_str_hello.split()]
    hex_bytes_hello = [int(h, 16) for h in hex_str_hello.split()]

    processed_bytes_hello = xor_process(hex_bytes_hello[::-1])
    processed_hex_hello = ['{:02X}'.format(b) for b in processed_bytes_hello]
    print(' '.join(processed_hex_hello))

    print("------------ SIB part ------------")

    hex_bytes_sib = [int(h, 16) for h in hex_str_sib.split()]
    hex_bytes_sib = [int(h, 16) for h in hex_str_sib.split()]

    processed_bytes_sib = xor_process(hex_bytes_sib[::-1])
    processed_hex_sib = ['{:02X}'.format(b) for b in processed_bytes_sib]
    print(' '.join(processed_hex_sib))

```

Codesnipped für XOR-Entschlüsselung:



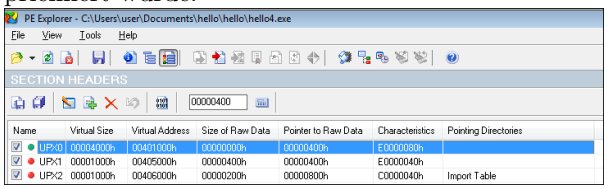
Note

Der Teil der hierbei in Python entschlüsselt wird ist natürlich länger als das eigentliche Python, es müssen wieder nur 5 Bytes geändert werden:

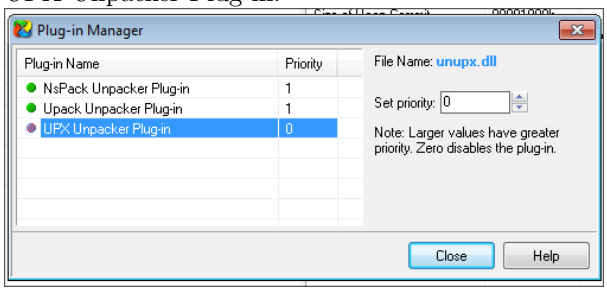


2.4 hello4.exe

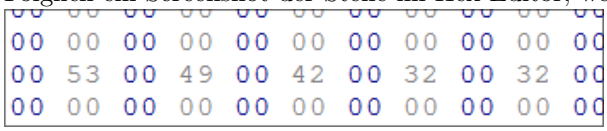
Das "hello4.exe" PE-File verwendet keine Verschlüsselung sondern eine Komprimierung. Deaktiviert man das Plugin "UPX Unpacker Plug-in" im PE-Explorer und öffnet das File, so sieht man, dass die "Section-Headers" untypisch "UPX0", "UPX1" und "UPX2" heißen. Ebenfalls erkennt man z.b., dass die UPX0 eine "Size of Raw Data" von 0 hat, aber eine "Virtual Size" von 4000. Durch diese Dinge kann man bereits darauf schließen, dass das PE-File mit UPX (Ultimate Packer for Executables) komprimiert wurde.



UPX Unpacker Plug-in:



Aktiviert man nun das Plugin, öffnet das File und speichert es "entpackt" (entpackt sich beim öffnen), dann hat man wieder ein "normales" PE-File. Anschließend kann in einem Hex-Editor der Hex-Wert für "Hello" (`48 65 6c 6c 6f, bzw 48 00 65 00 6c 00 6c 00 6f 00`) gesucht und durch den Hex-Wert für "SIB22" (`53 49 42 32 32, bzw 53 00 49 00 42 00 32 00 32 00`) ersetzt werden.
Folglich ein Screenshot der Stelle im Hex-Editor, welche "SIB22" zeigt.



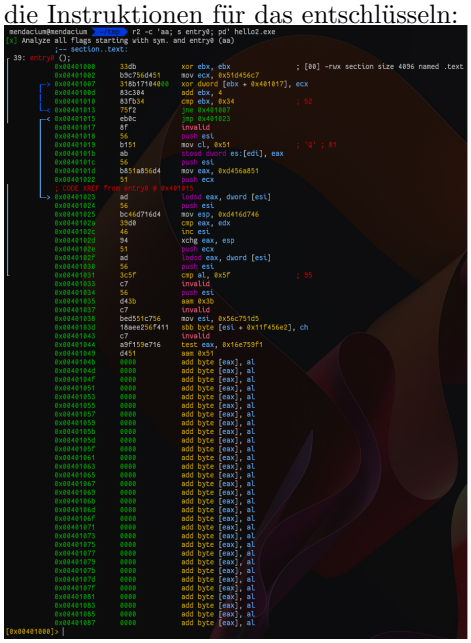
3 Radare2

3.1 hello1.exe

Folgender Aufruf von Radare2 zeigt den code an der Einsprungsaddresse von hello1.exe und damit auch die Instruktionen für das entschlüsseln:

3.2 hello2.exe

Folgender Aufruf von Radare2 zeigt den code an der Einsprungsaddresse von hello2.exe und damit auch die Instruktionen für das entschlüsseln:



3.3 hello3.exe

Folgender Aufruf von Radare2 zeigt den code an der Einsprungsaddresse von hello3.exe und damit auch die Instruktionen für das entschlüsseln:

3.4 hello4.exe

Da im PE-File "hello4.exe" keine Entschlüsselung wie in den Beispielen zuvor durchgeführt wird, kann etwas anderes angezeigt werden.
Das PE-File kann auch via CommandLine entpackt werden und anschließend kann in radare2 nach dem Hex-Wert für "Hello" gesucht werden und dieser ausgegeben werden:[1]

```
mendacium@mendacium ~/tmp upx -d hello4.exe -o hello4_unpacked.exe
                       Ultimate Packer for eXecutables
                          Copyright (C) 1996 - 2020
UPX 3.96        Markus Oberhumer, Laszlo Molnar & John Reiser   Jan 23rd 2020

        File size         Ratio      Format      Name
   --------------------   ------   -----------   -----------
      3584 <-      2560   71.43%    win32/pe     hello4_unpacked.exe

Unpacked 1 file.
mendacium@mendacium ~/tmp
```

```
mendacium@mendacium ~/tmp r2 hello4_unpacked.exe
[0x004013e8]> /x 480065006c006c006f00
Searching 10 bytes in [0x403200-0x404000]
hits: 0
Searching 10 bytes in [0x403000-0x403200]
hits: 1
Searching 10 bytes in [0x402200-0x403000]
hits: 0
Searching 10 bytes in [0x402000-0x402200]
hits: 0
Searching 10 bytes in [0x401600-0x402000]
hits: 0
Searching 10 bytes in [0x401000-0x401600]
hits: 0
0x00403000 hit0_0 480065006c006c006f00
[0x004013e8]> s 0x403000
[0x00403000]> px
- offset -   0 1  2 3  4 5  6 7  8 9  A B  C D  E F  0123456789ABCDEF
0x00403000  4800 6500 6c00 6c00 6f00 0000 0000 0000  H.e.l.l.o.......
0x00403010  0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000  ................
0x00403020  0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000  ................
0x00403030  0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000  ................
0x00403040  0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000  ................
0x00403050  0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000  ................
0x00403060  0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000  ................
0x00403070  0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000  ................
0x00403080  0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000  ................
0x00403090  0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000  ................
0x004030a0  0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000  ................
0x004030b0  0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000  ................
0x004030c0  0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000  ................
0x004030d0  0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000  ................
0x004030e0  0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000  ................
0x004030f0  0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000  ................
[0x00403000]>
```

Ebenfalls kann im komprimierten File der Einsprungspunkt und somit der Beginn der UPX-Entschlüsselung betrachtet werden:

```
→ r2 -c 'aa; s entry0; pd' hello4.exe
INFO: Analyze all flags starting with sym. and entry0 (aa)
INFO: Analyze all functions arguments/locals (afva@@@F)
┌ 393: entry0 ();
│           0x004050f0      60              pushal
│           0x004050f1      be00504000      mov esi, section.UPX1       ; 0x405000
│           0x004050f6      8dbe00c0ffff    lea edi, [esi - 0x4000]
│           0x004050fc      57              push edi
│           0x004050fd      83cdff          or ebp, 0xffffffff          ; -1
│       ┌─< 0x00405100      eb10            jmp 0x405112
│       │   0x00405102      90              nop
│       │   0x00405103      90              nop
│       │   0x00405104      90              nop
│       │   0x00405105      90              nop
│       │   0x00405106      90              nop
│       │   0x00405107      90              nop
│       │   ; CODE XREFS from entry0 @ 0x4051a6(x), 0x4051bd(x)
│       └─> 0x00405108      8a06            mov al, byte [esi]
│           0x0040510a      46              inc esi
│           0x0040510b      8807            mov byte [edi], al
│           0x0040510d      47              inc edi
│           ; CODE XREFS from entry0 @ 0x4051a6(x), 0x4051bd(x)
│           0x0040510e      01db            add ebx, ebx
│       ┌─< 0x00405110      7507            jne 0x405119
│       │   ; CODE XREF from entry0 @ 0x405100(x)
│       └─> 0x00405112      8b1e            mov ebx, dword [esi]
│           0x00405114      83eefc          sub esi, 0xfffffffc
│           0x00405117      11db            adc ebx, ebx
│       ┌─< 0x00405119      72ed            jb 0x405108
│       │   0x0040511b      b801000000      mov eax, 1
│       ┌─> 0x00405120      01db            add ebx, ebx
│       ┌─< 0x00405122      7507            jne 0x40512b
│       │   0x00405124      8b1e            mov ebx, dword [esi]
│       │   0x00405126      83eefc          sub esi, 0xfffffffc
│       │   0x00405129      11db            adc ebx, ebx
│       └─> 0x0040512b      11c0            adc eax, eax
│           0x0040512d      01db            add ebx, ebx
│       ┌─< 0x0040512f      73ef            jae 0x405120
│       ┌─< 0x00405131      7509            jne 0x40513c
│       │   0x00405133      8b1e            mov ebx, dword [esi]
│       │   0x00405135      83eefc          sub esi, 0xfffffffc
│       │   0x00405138      11db            adc ebx, ebx
│       └─< 0x0040513a      73e4            jae 0x405120
│       └─> 0x0040513c      31c9            xor ecx, ecx
│           0x0040513e      83e803          sub eax, 3
│       ┌─< 0x00405141      720d            jb 0x405150
│       │   0x00405143      c1e008          shl eax, 8
│       │   0x00405146      8a06            mov al, byte [esi]
│       │   0x00405148      46              inc esi
│       │   0x00405149      83f0ff          xor eax, 0xffffffff         ; -1
│       ┌─< 0x0040514c      7474            je 0x4051c2
```

References

[1] *The Official Radare2 Book*, [Online; abgerufen im Oktober 2023], `https://book.rada.re/`.