

Contents

Appunti di Malware Analysis	2
3 ottobre 2023	2
Sistemi operativi consigliati	2
Virtualizzazione	2
Ottenerne il codice macchina: processo	3
Flag da GCC	3
Librerie	6
Librerie statiche	6
Librerie dinamiche	6
Osservazioni sui file eseguibili	6
5 ottobre 2023	7
Tipi di disassemblatori	7
32 vs 64 bit	8
Intel vs AT&T	8
Esadecimale, base 16	8
Big Endian vs Little Endian	8
Registri	8
10 ottobre 2023	9
Primi passi con Ghidra	9
Analisi dei tipi di indirizzi	10
Cosa è un indirizzo lineare (o virtuale, a livello hardware)?	10
Aspetti dello stack	10
Altro sullo Stack	11
2 novembre 2023	12
Analisi statica	12
Analisi dinamica	12
7 novembre 2023	12
Process Explorer	13
Process Monitor	13
Reghost	14
Wireshark	14
ApateDNS	14
ApiMonitor	14
Esempio di analisi w03-03 [parte 1]	14
Come passo il malware su VM?	14
Inizio analisi	14
9 novembre 2023	15
Esempio di analisi w03-03 [parte 2]	15
Analisi ed intro al Debugger	16
Overview su OllyDBG	17
14 novembre 2023	18
Visione codice Ollydebug	19
Come trovare winMain	19
Lab 09-01 [parte 1]	20
16 Novembre 2023	20
Lab 09-01 [parte 2]	20
21 Novembre 2023	22
Lab 09-01 [parte 3]	22
Casi da analizzare	23

Appunti di Malware Analysis

3 ottobre 2023

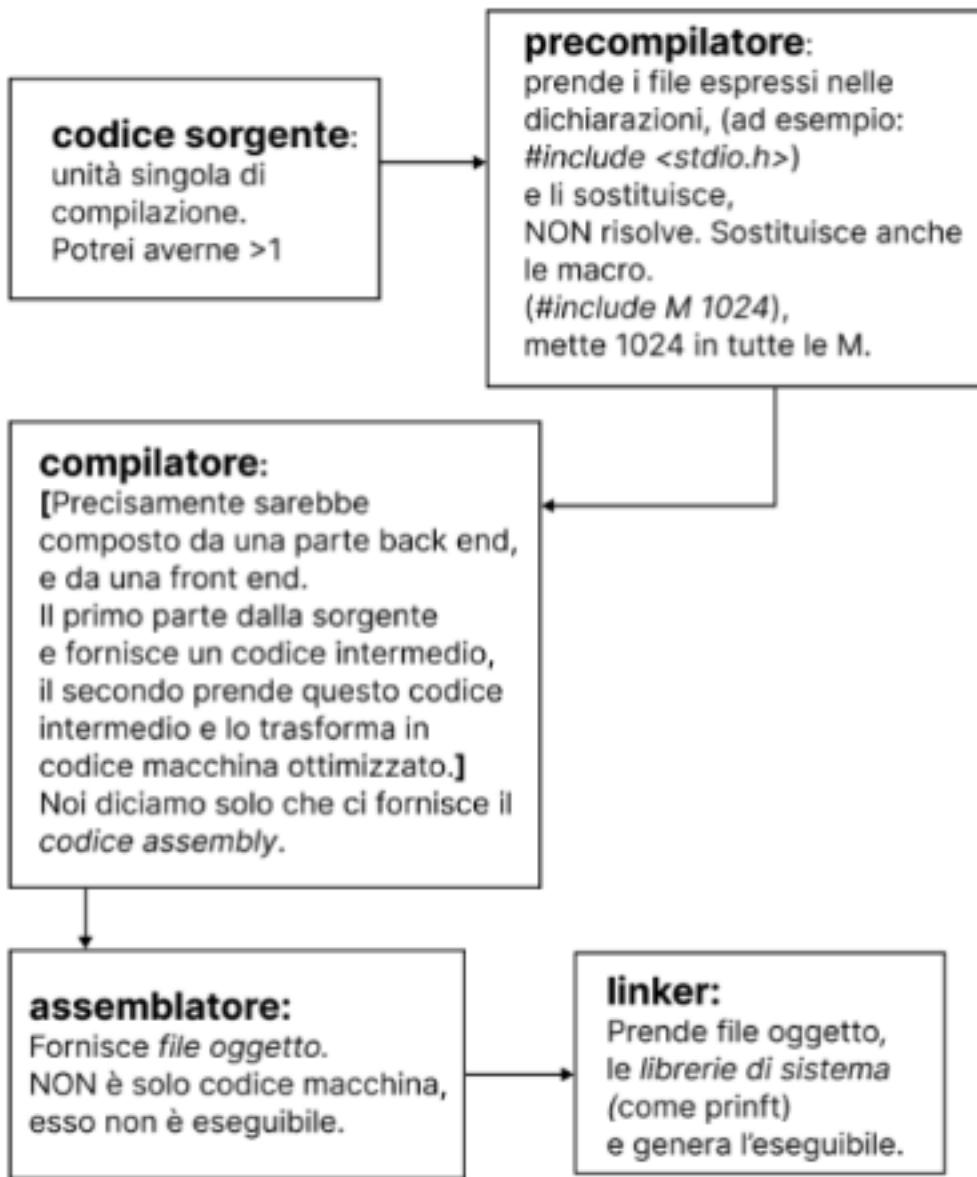
Sistemi operativi consigliati

Poichè la maggior parte dei malware da analizzare sono sviluppati per Windows, ci serve un sistema Windows per testarli. Questo sistema deve però girare su macchina virtuale, non sul computer host, in quanto una gestione non attenta del malware potrebbe portarlo ad operare sul nostro pc di riferimento. Per evitare ciò, sarebbe buona norma avere un sistema operativo diverso da Windows sul nostro pc host.

Virtualizzazione

Per creare macchine virtuali, oltre ai soliti VmWare e VirtualBox, il professore suggerisce Qemu, in quanto è un servizio di paravirtualizzazione efficiente, mentre i primi due sono solo emulazioni software. Qemu ha un apprendimento più ripido, ma propone una efficienza migliore. Non è obbligatorio usare Qemu, in quanto la caratteristica principale che vogliamo sono gli snapshot, ovvero la possibilità di generare delle istantanee del sistema. Ad esempio, possiamo fare uno snapshot prima e dopo l'inserimento del malware, e vedere cosa è cambiato.

Ottenere il codice macchina: processo



Flag da GCC

Prendiamo il seguente file che stampa "Hello World":

```
#include <stdio.h>
int main() {
    // printf() displays the string
    printf("Hello, World!");
    return 0;
}
```

Se compiliamo con `gcc -E test.c | less` otteniamo la sua precompilazione, questa è solo una parte, il codice includerebbe anche prototipi, struct, etc...

```
# 0 "test.c"
# 0 "<built-in>"
# 0 "<command-line>"
# 1 "/usr/include/stdc-predef.h" 1 3 4
# 0 "<command-line>" 2
# 1 "test.c"
# 1 "/usr/include/stdio.h" 1 3 4
# 27 "/usr/include/stdio.h" 3 4
# 1 "/usr/include/bits/libc-header-start.h" 1 3 4
# 33 "/usr/include/bits/libc-header-start.h" 3 4
# 1 "/usr/include/features.h" 1 3 4
# 393 "/usr/include/features.h" 3 4
# 1 "/usr/include/features-time64.h" 1 3 4
# 20 "/usr/include/features-time64.h" 3 4
# 1 "/usr/include/bits/wordsize.h" 1 3 4
# 21 "/usr/include/features-time64.h" 2 3 4
# 1 "/usr/include/bits/timesize.h" 1 3 4
# 19 "/usr/include/bits/timesize.h" 3 4
# 1 "/usr/include/bits/wordsize.h" 1 3 4
# 20 "/usr/include/bits/timesize.h" 2 3 4
# 22 "/usr/include/features-time64.h" 2 3 4
# 394 "/usr/include/features.h" 2 3 4
# 491 "/usr/include/features.h" 3 4
.□
```

Se compiliamo con `gcc -S test.c -o test.s` ottieniamo il suo assembler:

```
.file    "test.c"
.text
.section      .rodata
.LC0:
.string "Hello, World!"
.text
.globl main
.type   main, @function
main:
.LFB0:
.cfi_startproc
pushq  %rbp
.cfi_def_cfa_offset 16
.cfi_offset 6, -16
movq    %rsp, %rbp
.cfi_def_cfa_register 6
movl    $.LC0, %edi
movl    $0, %eax
call    printf
movl    $0, %eax
popq    %rbp
.cfi_def_cfa 7, 8
ret
.cfi_endproc
```

Infine, con `gcc -c test.c -o test.o` otteniamo le istruzioni macchina

Possiamo usare `objdump -d test.oper` avere più ordine:

```
test.o:      formato del file elf64-x86-64
```

Disassemblamento della sezione .text:

```
0000000000000000 <main>:
```

0:	55	push	%rbp
1:	48 89 e5	mov	%rsp,%rbp
4:	bf 00 00 00 00	mov	\$0x0,%edi
9:	b8 00 00 00 00	mov	\$0x0,%eax
e:	e8 00 00 00 00	call	13 <main+0x13>
13:	b8 00 00 00 00	mov	\$0x0,%eax
18:	5d	pop	%rbp
19:	c3	ret	

Librerie

Librerie statiche

Se nel file oggetto esiste un riferimento a printf, il linker mette nel programma eseguibile tutte le istruzioni macchina da printf. Vengono incorporate direttamente nell'eseguibile del programma durante la compilazione. Sostituisco le call printf con l'indirizzo della procedura. Il codice è nel file eseguibile, libreria non serve più. Opero a compile time.

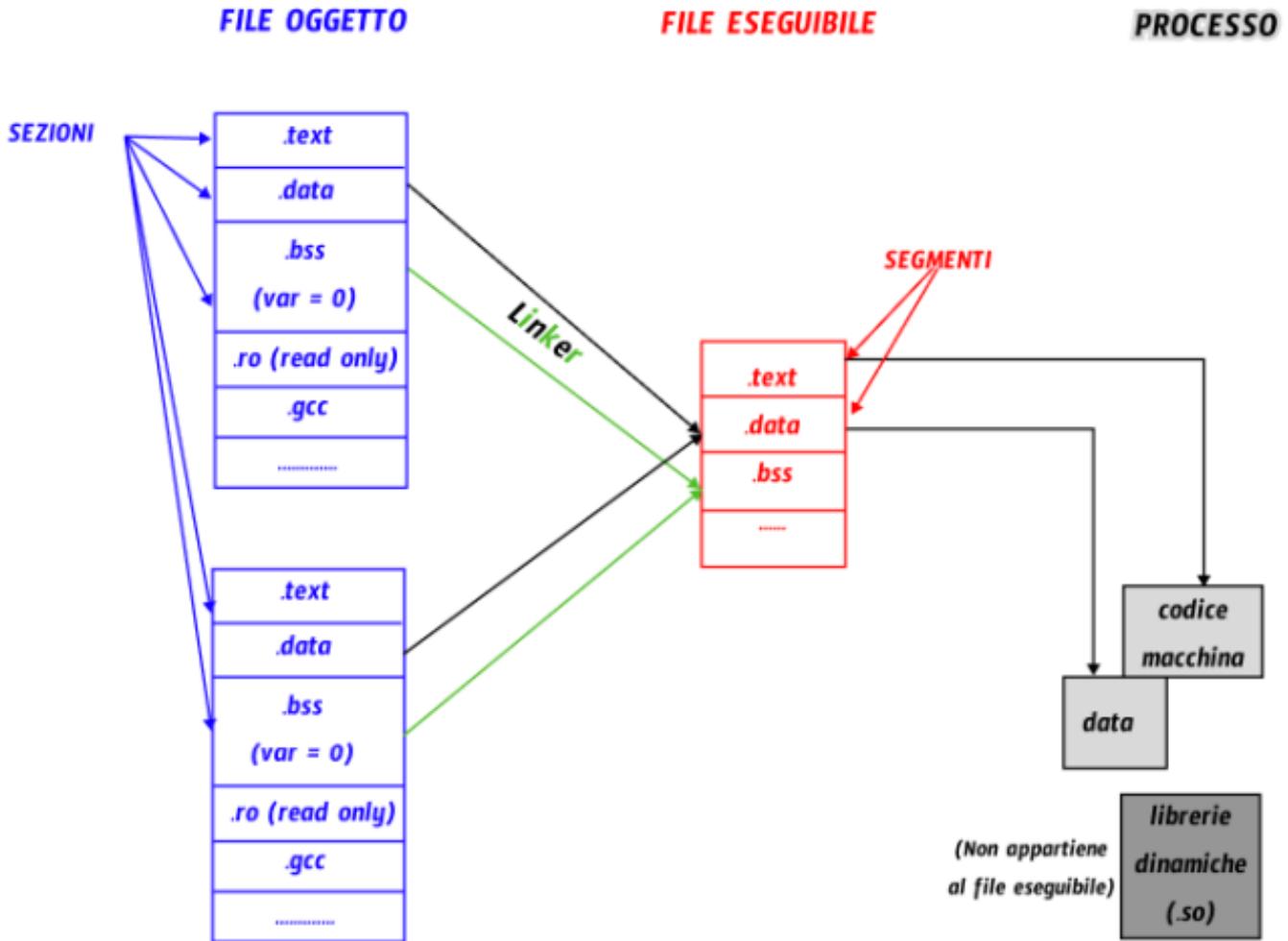
Librerie dinamiche

Il loro codice non viene incorporato nell'eseguibile, ma avviene un collegamento dinamico a runtime. Il linking avviene col sistema operativo, che mantiene queste librerie dinamiche .dll o .so. Le dimensioni dei file sono minori, in quanto nel programma non ho copiato nulla, ma solo collegato.

Esempio Se rimovessi `stdio.h`, ma il mio programma usa le print, ho un errore già a livello assembly. Questo perché il precompilatore mette il riferimento, per poi delegare il resto al linker.

Osservazioni sui file eseguibili

Il file eseguibile NON è un file oggetto. Il file eseguibile contiene tutto il necessario per eseguire. Posso avere anche più file oggetto. Dal file oggetto costruisco un file eseguibile su disco che diventa poi un processo in RAM. Un processo è una istanza di programma in esecuzione, un insieme di informazioni che consentono al programma di tracciare la sua esecuzione.



I file oggetto (in blu) sono composti da sezioni. Il linker lega tutte le sezioni di uno stesso tipo (es: `.text`) in un unico **segmento** (es: `.text`), appartenente al *file eseguibile* (in rosso). **Sezioni ≠ Segmenti** (Possiamo trovare *più sezioni* rispetto al numero di *segmenti*.) Passando al **processo**, questo aggiunge elementi non appartenenti al file eseguibile (come le librerie dinamiche.) Posso decompilare un file eseguibile, ma non un file oggetto. Questo perché un file eseguibile contiene già il codice macchina tradotto in binari eseguibili, ovvero è più vicino all'hardware. Il file oggetto, invece, non è ancora completo, poiché dovrà essere combinato con altri file, essendo solo una parte. Inoltre, è possibile incorrere in ottimizzazioni.

5 ottobre 2023

Tipi di disassemblatori

Il disassemblatore è un tool che legge codice macchina (espresso in byte) e associa, per ogni sequenza di byte, un'istruzione macchina simbolica.

- **Lineari:** Dati dei valori numerici v_1, \dots, v_n , cioè un flusso di byte, va ad associare ad ogni byte una istruzione macchina (nb: una istruzione macchina potrebbe richiedere più di un byte). Non è detto che tutte le istruzioni abbiano la stessa lunghezza (questo è vero in architetture RISC come ARM, dove 32 bit corrispondono a 4 byte per ogni istruzione, mentre in altre architetture, come CISC, non è vero.) Il disassemblatore lineare è però abbastanza *dummy*, non comprende il codice. Nel caso dei salti, non si preoccupa di dove saltare. Ad esempio: $v_1, v_2 | v_3, v_4$ se v_1, v_2 identificano un salto verso v_4 (l'istruzione macchina parte da v_4), ma il disassemblatore associa 2 byte = 1 istruzione, allora "salterà" verso v_3 . Un esempio di disassemblatore lineare è `objdump -d`.
- **Interattivi:** Segue la semantica delle istruzioni. Se c'è *jump*, si riallinea a dove arriva il salto e continua con

l'analisi del codice macchina. Il set di istruzioni *escluse*, comprese tra *jump* e *dove arriva* viene lasciato all'utente. Questo perchè c'è un'*interazione* tra utente e disassemblatore, quindi se ottengo nuove conoscenze, le riverso nel disassemblatore e ottengo nuove informazioni. Se ad esempio riconosco una struttura dati, e la individuo, posso dire al disassemblatore di risolvere i riferimenti a questa struttura dati, in modo da non vedere più indirizzi generici, ma richiami a questa struttura. Un esempio di disassemblatore interattivo è **Ghidra**. Già nel fornire un file da analizzare a Ghidra, questi ci fornirà informazioni sul file (formato, architettura, compilatore etc....) che possiamo "dare per buono" o non seguire. Ci chiederà inoltre cosa usare per l'analisi, alcune "tecniche" sono assodate ed affidabili, altre, in rosso, sono sperimentali. Generalmente quelle proposte vanno bene per i nostri scopi.

32 vs 64 bit

Classifichiamo in *x_86* a *32 bit* e *x_86_64 / AMD64* a *64 bit*. La maggior differenza risiede nella dimensione dei registri (*4 byte* contro *8 byte*), ed alcune differenze tra registri o istruzioni.

Intel vs AT&T

Nell'architettura *Intel* ho prima la destinazione (dove scrivo), poi la sorgente (dove leggo). Per *AT&T* è il contrario, abbiamo prima la sorgente (dove leggo), e dopo la destinazione (dove scrivo). Esempio: `mov reg,8` quanti byte uso per rappresentare 8? dipende dal registro, se esso è a 32 o 64. `mov ptr,8`, quanto è grande l'indirizzo?

- In Intel l'istruzione è `mov DWORD ptr,8`
- In AT&T l'istruzione è `movl 8,ptr` dove con *l* intendiamo *long*, 4 byte. Abbiamo anche 1 byte (*b*), 2 byte (*w*), e 8 byte (*q*).
- Con il suffisso `-M` vedo sempre i suffissi.

Esadecimale, base 16

Si preferisce tale base perchè ha un mapping coi bit. Tra poco vedremo come. $257_{10} = 16^2 + 1 = (101)_{16} = 16^2 + 16^0$, è facile da convertirlo in binario, poichè basta scrivere ciascuno degli elementi sfruttando 4 bit : 0001|0000|0001. Questa scrittura viene compattata con l'uso di numeri da 0 a 9 e lettere da *a* (1001) ad *f* (1111).

Ad esempio: 1010|1011|0011|0111|1111 = *a|b|3|7|f*

Big Endian vs Little Endian

Prendiamo $259_{10} = 256 + 3 = 103_{16} = |0001|0000|0011|$ Se raggruppiamo a blocchi di 8 bit avremmo: ...0001|00000011 = 1|3 (Quindi, se lavoro con 8 bit/2 byte, il numero più grande è *ff*, e posso rappresentare da 256 byte diversi, 2^8 , da 0 a 255.) Con 8 bit dimezziamo lo spazio per memorizzare informazioni! Come rappresento 1|3 in memoria?

- Con **Big Endian** il byte più significativo va a sinistra, quindi in memoria scrivo 1|3.
- Con **Little Endian**, il byte più significativo va a destra, quindi in memoria scrivo 3|1.

In realtà, qui abbiamo supposto un *ordinamento totale*, in realtà potrebbe anche essere *parziale*, dato v_1, v_2, v_3, v_4 possiamo avere:

- Little Endian Intel totale: v_4, \dots, v_1
- Little Endian parziale: $v_2, v_1|v_4, v_3$
- Big Endian: v_1, \dots, v_4

Registri

Rappresentano memoria immediata che usa il processore.

In **X_86** abbiamo:

- *segmenti*: *CS* (dove sta il codice), *DS-ES-FS-GS* (data), *SS* (stack)
- *general purpose*: *eax* (accumulo) e sottoinsiemi *ax/ah/al* *ebx* e sottoinsiemi *bx/bh/bl* *ecx*; *edx*; *esi/si*; *edi/di*; *ebp/bp*
- *special purpose*: *eflags* (bit stato nel processore, interruzioni)/*flags* *eip* (instruction pointer) *cr0, cr1...*

- *floating point*: mmx0,...,mmx7 di tipo vettoriale usabili anche in virgola mobile, chiamandoli fpr0,...,frp7 xmm0,xmm15 anch'essi vettoriali.

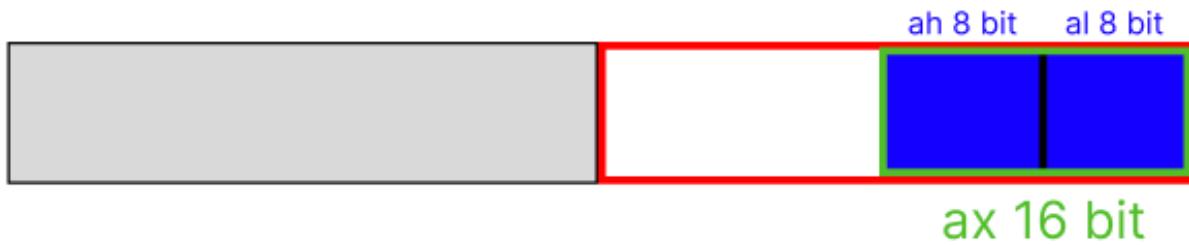
La limitazione principale è che 32 registri sono pochi, quindi spesso si lavora con lo stack.

In **X_86_64** principalmente estendiamo la maggior parte dei registri:

- *general purpose*: *rax/eax/ax/ah/al; rbx; rcx; rsi, ..., rdi, ..., rbp*
- Aggiunta di nuovi registri *r8,...,r15*
- *special purpose*: *rflags, rip*.

Si lavora in pagine o segmenti. Non vedo i registri dei segmenti nel codice macchina, spesso sono *impliciti*. Ad esempio: *mov reg, dword ptr p*, in questo caso è implicito che, trattandosi di dati, uso il segmento *DS*. Se uso *call f*, con *f* funzione, allora uso *CS*, poichè si tratta di testo. Con *mov reg FS:[]* sto specificando di usare *FS*, altrimenti è sottointeso *DS*.

rax 64 bit



eax 32 bit

NB: L'Endianess si vede in memoria, **NON** nei registri! Quindi qui non mi preoccupo di dove collocare le cose.

10 ottobre 2023

Primi passi con Ghidra

Analisi di un file a 32 bit Windows. Il formato è di tipo Portable Executable (PE), usato per file eseguibili, file oggetto, librerie condivise e device drivers. Questo formato presenta delle *testate*.

La prima testata è **IMAGE_DOS**, ma al giorno d'oggi è inutile, è un retaggio del passato.

Successivamente troviamo **IMAGE_NT_WIN_32**; questa testata è espandibile con Ghidra per vederne il contenuto (c'è il tasto + sulla sinistra).

E' possibile vedere informazioni come *sezioni*, *timestamp* e **Optional Header**, che in realtà, NON è opzionale come si potrebbe pensare, anzi è fondamentale oggi!

Osservazione: Se leggo un file dal SO, viene aggiornato il metadato associato all'ultima apertura. Questa informazione non è del file, ma del sistema operativo. L'eseguibile analizzato ha tutte le info necessarie per creare il processo, come la zona del codice, dei dati etc... che non sono metadati. **AddressEntryPoint**: 4 byte, non ha indirizzi bensì **RVA**, cioè offset in riferimento a dove il sistema operativo va a caricare il codice, che è la *base of code*.

Sappiamo che i file eseguibili sono rilocabili, posso carcarli in posizioni diverse da dove sono stati idealmente pensati, e questo richiede di modificare anche indirizzi associati, come se stessimo traslando. Le *posizioni relative* restano immutate, se una istruzione dista 5 linee da un'altra, non mi importa dove viene posto il blocco, sempre 5 linee le separano. Ricordiamo che disassemblatore ≠ debugger, poichè noi non stiamo eseguendo nulla, vedo solo dove il compilatore ha predisposto le componenti.

Analisi dei tipi di indirizzi

- **RVA:** è un offset rispetto ad un indirizzo di base in cui viene caricata una certa sezione.
- **L'offset** è uno spazzamento rispetto al file. Questi aspetti li troviamo nel file eseguibile.
- Quando eseguiamo `call func1` usiamo componenti $< c_i, v >$ dove v è una parte dell'indirizzo logico.

Noi abbiamo tre tipi di indirizzi:



Noi ci troviamo nel primo cerchio, il secondo cerchio è un *indirizzo virtuale/lineare*. Nel primo cerchio l'indirizzo non è completo. L'indirizzo logico è composto da (*segmento, offset rispetto al segmento*), noi vediamo solo l'offset v , quindi dobbiamo associargli il segmento. Quale? CS. Questo indirizzo logico *non è* quello del processo.

Cosa è un indirizzo lineare (o virtuale, a livello hardware)?

E' un numero a 32 bit (se il file è a 32 bit), è una cella di memoria che diventa fisica se passa per la *paginazione*. File eseguibili possono avere stessi address ed entry point, ma a seconda del processo (o dei flussi dell'eseguibile), posso avere indirizzi lineari uguali a cui associo, tramite paginazione, posizioni diverse per ogni processo. Se i segmenti partono da 0, allora

$0 + \text{offset} = \text{offset} = \text{indirizzo lineare}$ Nei modelli flat (in cui si parte appunto da 0) ho dei segmenti lineari e non logici, in quanto dispongo del dato completo. Come lo capisco? se vedo segmenti *CS,DS,SS*, in quanto nel modello piatto sono caricati a 0.

Aspetti dello stack

Nel file analizzato, c'è l'operazione `sub esp, 0x1c` che può essere "tradotta" da Ghidra come `sub esp, 28` mediante il tasto "convert". Lo stack intel dispone di un registro `esp` a 32 bit/4 byte nella versione *x_86* e a 64 bit/8 byte in *x_86_64*. Qui parliamo di memoria lineare, non fisica. Il registro `esp` tiene l'ultimo indirizzo più in alto, cioè l'ultimo scritto. Più lo stack cresce verso l'alto, più gli indirizzi che uso sono piccoli.

....
code
data
heap
stack

Tra *heap* e *stack* non c'è una divisione netta. Questo perchè:

- L'heap cresce dall'alto verso il basso, più gli indirizzi crescono scendendo.
- Lo stack cresce dal basso verso l'alto, e mentre cresce gli indirizzi diventano più piccoli.

Così entrambi crescono fino alla collisione, senza avere necessità di definire un confine.

Esempio mio: E' come un quaderno per due materie, che usiamo sulle due facciate. La prima materia è come l'heap, parto da indirizzo piccolo (pagina 0) e cresce di pagine. L'altra materia è come stack, parto da indirizzo grande (pagina 100, fine quaderno), e andando indietro "decresco", così la materia che prende più spazio ha la meglio, e non devo però definire una linea di divisione.

Ritorniamo a `sub esp, 28`: poichè operiamo a 32 bit, ovvero 4 byte, allora $\frac{28}{4} = 7$, cioè stiamo *allocando 7 posizioni sullo stack*. Questo è un altro indizio che ci suggerisce che il file sia per Windows a 32 bit: Se fosse stato a 64 bit, non potevamo ottenere un numero intero facendo $\frac{28}{8}$, quindi non potevo prendere "bene" lo stack.

Esaminiamo anche `dword ptr [esp] => local_1c, 0x1: =>` è realizzato da Ghidra, non è assebler!

Stiamo scrivendo 1 su una cella di memoria, di 4 byte perchè è una *dword*. Poichè lavoriamo in Little Endian, abbiamo |00|00|00|01 (infatti, come abbiamo visto nelle vecchie lezioni, possiamo comprimere i 4 byte in 2 byte, che vanno da 00

ad *ff* !) **NB:** Possiamo assegnare, tramite Ghidra, dei nomi o *etichette* per rendere l'analisi più leggibile, oltre a dei commenti.

Altro sullo Stack

Se chiamiamo una funzione, dobbiamo salvare l'indirizzo di ritorno, usando proprio lo stack. Le operazioni sono:

- PUSH: push from instruction pointer, realizzato quando chiamo le call.
- POP: pop to instruction pointer, realizzato quando eseguo una return.

Preso una funzione:

```
int f(int a1, int a2, int a3)
{
    int v;
    int v2;
    int v3;
}
```

v è una variabile automatica persistente/visibile *solo* nella funzione, grazie allo stack. Tuttavia abbiamo detto che lo stack cresce e decresce, il compilatore come fa a risalire alla posizione di **v**? Sicuramente devo usare un *riferimento* rispetto **esp**, ma abbiamo detto che **esp** mantiene la cima dello stack, che appunto si muove.

- Dovrei mantenere spaziamenti aggiornati per trovare ogni volta ciò che mi serve, ma sarebbe complesso.
- Posso dedicare un registro base **ebp** come riferimento fisso, l'aspetto negativo è che sto sprecando un registro! Tuttavia questo è il metodo più diffuso.

Nello stack, basandoci sul codice di riferimento sopra, verranno aggiunti nello stack *prima i parametri* (partendo dall'ultimo verso il primo), poi il *return address* e poi *le variabili automatiche*, sempre in ordine inverso perché lo stack è descending. Avremmo:

	v	
	v2	
	v3	
	ret addr	
	a1	
	a2	
	a3	

In realtà, sopra *ret addr* andrebbe allocato spazio per il registro *ebp*, fisso. Quindi, partendo dal basso e salendo, avremo ad un certo punto uno spazio per *ebp* che coinciderà proprio con *esp*, e sopra di lui le variabili *v_i*. In questo modo, sappiamo dove sono collocate rispetto *ebp*.

	v	<- ebp -12
	v2	<- ebp -8
	v3	<- ebp -4
	ebp	<- esp = ebp
	ret addr	<- ebp +4
	a1	<- ebp +8
	a2	<- ebp +12
	a3	<- ebp +16

A livello assembly, ciò che facciamo viene spesso racchiuso dal nome **enter**:

```
push ebp      <- metto ebp nello stack
mov esp, ebp  <- posiziono stack su ebp
sub esp, 12   <- alloco 3 posizioni per le variabili
```

Tuttavia difficilmente troveremo **enter** o **leave** nei nostri malware:

```
mov esp, ebp  <- riporta stack su ebp
pop ebp       <- togliamo ebp, quindi andiamo su ret addr
ret           <- ritorniamo all'address specificato
```

Vedremo poi, se una funzione fa return:

- Se possiede un registro, quel registro di ritorno è *eax*
- Se *non* possiede un registro, fa return di una struttura.

2 novembre 2023

	Basic Static Analysis	Advanced Static Analysis	Basic Dynamic Analysis	Advanced Dynamic Analysis
White box	V	V		
Grey box				V (più potente)
Black box			V	

Analisi statica

Quando parliamo di **Analisi statica**, abbiamo due categorie:

- **Advanced:** uso del disassembler interattivo, come Ghidra, in grado di analizzare il codice mediante interazione con utente.
- **Basic:** Si limita a guardare cosa contiene il file per rapportarsi al mondo circostante. Usa dei tool per capire cosa c'è dentro il programma, senza scendere al livello dell'assembler. Posso vedere API, system call, .dll usate, ma non istruzioni macchina. A volte basta questo. Cosa ci posso fare?
 - **hash:** firme digitali, usata in ambito forense, per dimostrare che un certo file o documento non è stato alterato.
 - Possiamo calcolare con `sha256sum w03.exe`
 - Esistono siti che raccolgono *malware già noti*, quindi non ho bisogno di rifare il lavoro da 0. Tuttavia compaiono numerosi malware ogni giorno, quindi è difficile avere un database aggiornato. Gli *anti-virus*, per superare questo limite, identificano dei pattern particolari (*euristiche*) per l'identificazione. Il sito **Virustotal** contiene euristiche conosciute e ci dice se, un certo file, fornito da input, le contiene. Fornire un file a tale sito però, comporta aggiungere la firma del file nel sito, e quindi, chi ha creato il malware, può vedere se è stato analizzato su questo sito.
 - **stringhe:** cercare le stringhe dentro un eseguibile, mediante comando `strings`, oppure `strings -n 2 nomefile` se cerco stringhe di due caratteri. Il malware può offuscare le stringhe!
 - **PE header:** dentro troviamo numerose informazioni, come le API. Ci sono vari software, in Windows `cffexplorer`, a cui passo un eseguibile con *drag&drop* e ne decodifica la testata. Oppure c'è `PEview`, `peBear`, `peTools`, `dependency worker` (prende un eseguibile e ricostruisce API che individua, con tutti i collegamenti, anche ricorsive. Non più supportato.). Infine `resourceHacker`, in cui possiamo vedere risorse incluse, come icone, manifest, ... tutte sostituibili!

Analisi dinamica

Parlando di **analisi dinamica**, si ha:

- **Basic:** esegue monitoraggio, come WireShark. Viene visto anche ciò che viene scritto o letto dalla nostra applicazione. `peID` è un tools per analisi statica, ma usa plugin che potrebbero eseguire il codice, quindi non è proprio di analisi statica.
- **Advanced:** eseguita con Debugger, strumento più efficiente. Monitor che associa ciò che fa il programma con codice ad alto livello. Lenta e costosa, ma potente, il malware lo teme e cerca di proteggersi.

7 novembre 2023

La differenza rispetto all'avanzata risiede nello sforzo per portare a termine l'analisi. La *statica* (qualsiasi tipo) è meno esosa (ma rende anche meno) rispetto ad una *dinamica*. Per l'analisi dinamica di base si richiede di eseguire il malware in un ambiente idoneo, ad esempio sistema operativo Windows. Non sulla macchina host, bensì un ambiente controllato, come un macchina virtuale guest.

Process Explorer

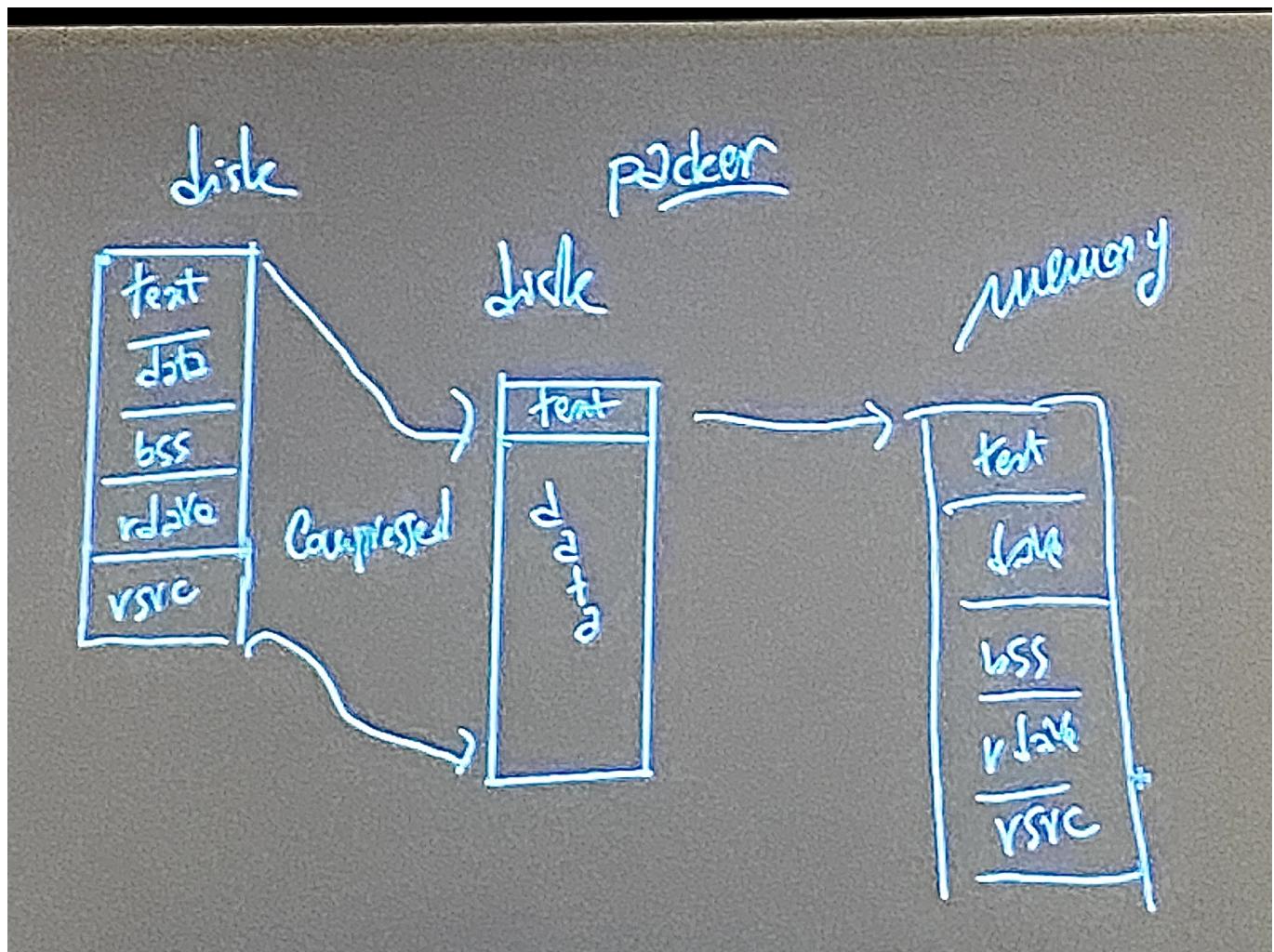
Normalmente tutti questi tool si eseguono come amministratore, perchè operano a basso livello. Parte facendo vedere tutti i processi del sistema, è dinamico, vediamo *chi lancia cosa*, quanto occupa. Quando lancio qualcosa, lo vedo qui insieme al *PID*. Molti malware cercano di nascondere i propri processi facendo finta di essere un processo del sistema. Esistono tanti processi di sistema, sono sicuro che ci siano, allora impersona lui. `services.exe` lancia i daemon, e si appoggia a `svc-host.exe`, che ospita il servizio. Tipicamente si impersonifica quest'ultimo. *Process Explorer* ci dice, con *tasto destro* → *properties* → *image file* → *verify*, con il quale controlla la firma digitale rispetto al processo originale. Se è di Microsoft, allora è verificato. Abbiamo anche una scorciatoia per *VirusTotal*, ma se non siamo connessi dà errore di sicurezza. Altra cosa che fa è, da

properties → *strings* → *image*, guarda l'eseguibile e ritorna le stringhe,

posso farlo sia sul programma sia sul processo in esecuzione (essendo *tool dinamico*). Normalmente le stringhe non differiscono di molto. Non coindicono quando l'eseguibile in memoria è diverso dall'eseguibile su file, ad esempio il malware lancia un eseguibile ufficiale (che è verificato), ma poi svuota tale eseguibile, e sostituendolo in memoria con il malware.

Sappiamo che un file eseguibile è composto da *testo*, *data*, *bss*, *risorse*.

Per risparmiare sulle dimensioni dell'eseguibile, si usano i *packer*, che prendono queste info e le trasformano in un nuovo eseguibile, con una parte *testo* piccolissima, e il resto è tutto compresso, decomprimendolo poi in memoria. Poi fa jump a prima cella del codice originale. Quando viene caricato in memoria, ricrea la forma originale. Se confronto con la versione compressa, ovviamente avrei un offuscamento, dobbiamo confrontare la versione non compressa nel disco (anche la versione compressa è nel disco) e memoria.



Process Monitor

Eseguo anche lui come amministratore, ciò che fa è monitorare il sistema durante l'esecuzione, prende tutti i processi nel sistema. Possiamo applicare dei filtri (a forma di imbuto). Possiamo selezionare quali operazioni guardare. Interessanti

sono i *registri di sistema*, con cui Windows raggruppa le informazioni di configurazione. Noi vediamo le *chiavi di registro*. Sono delle informazioni da preservare, e i *registri* ne contengono molte. Esiste tool di sistema **regit** che ci permette di modificare le chiavi (sono le *HKEY_LOCAL_MACHINE_xx*). Per vedere queste chiavi, c'è di meglio.

Regshot

Esegue due fotografie, una a sistema pulito senza malware, e quindi *shoot* delle chiavi di registro. Quando ho finito, lancio il malware. Poi verrà eseguito il *compare* tra le chiavi, per vedere cosa è cambiato. Qualcosa cambia sempre, non è difficile capire ciò che tocca il malware rispetto ad altri processi. E' un tool lento, perchè fa il check di molte chiavi. Quando si ha finito, otterremo un file (**da usare nel report**) con ciò che è cambiato.

Wireshark

Usato per flussi a livello di rete.

ApateDNS

Per il malware è meglio mettere nomi simboli piuttosto che indirizzi IP, con un server DNS che mappa il nome simbolico su indirizzo attivo. Quando seguo il malware, ogni qual volta che farà tale richiesta passerà per il DNS. Voglio poter decidere se, quando un malware fa richiesta DNS, io possa rispondere con un mio indirizzo, non voglio bloccare l'analisi. Spesso questo tool non si usa da solo, ad esempio **Inetsim** (linux), il quale lancia una serie di server configurabili per rispondere alle richieste come voglio io. (ad esempio: se viene richiesto Google, ritorna address google. Se viene chiesto indirizzo *strano*, dagli il mio indirizzo!)

ApiMonitor

Ha più informazioni sulle API, ci aiuta ad interpretare ciò che fa l'applicazione. Si può usare come alternativa di ProcessMonitor. Entrambi condividono il limite di monitorare le applicazioni. Un deviceDriver usa API a basso livello, quindi solo ApiMonitor riuscirebbe a vedere qualcosa.

Esempio di analisi w03-03 [parte 1]

Mai farlo sulla mia macchina primaria. In ogni caso dovrò fare snapshot. Lo snapshot in Qemu può essere:

- esterno: file che è derivato da quello principale, se lo tocco, tocco il derivato, non l'originale. Se tocco l'originale, quello derivato si corrompe. In Qemu c'è `qemu-img create -b <NomeSnapshot> <NomeOrig>`, quindi il file si appoggia ad un altro.
- interno: nel file registro i punti di recupero, come `qemu snapshot -c`

Normalmente si fanno due snapshot, dal primo si disabilitano alcune impostazioni di sicurezza, e poi si fa il secondo snapshot. Se andiamo in *sicurezza di Windows*, dove abbiamo le varie protezioni di virus, minacce, protezione account. Dobbiamo togliere *"controllo delle app per il browser"* (togliere *protezione del flusso di controllo CFG* e *protezione esecuzione DEP*, anche la randomizzazione può essere utile da rimuovere.) Dobbiamo togliere anche *protezione in tempo reale* (presente in *Impostazioni di Protezione da virus e minacce*). Anche *invio automatico dei file di esempio* etc sono cose tranquillamente rimovibili.

Come passo il malware su VM?

Il prof usa *shared_memory*, ma questa non è una buona pratica. Posso usare una pennetta usb. Anche le *guest additions* possono far capire al malware di trovarsi in una VM.

Inizio analisi

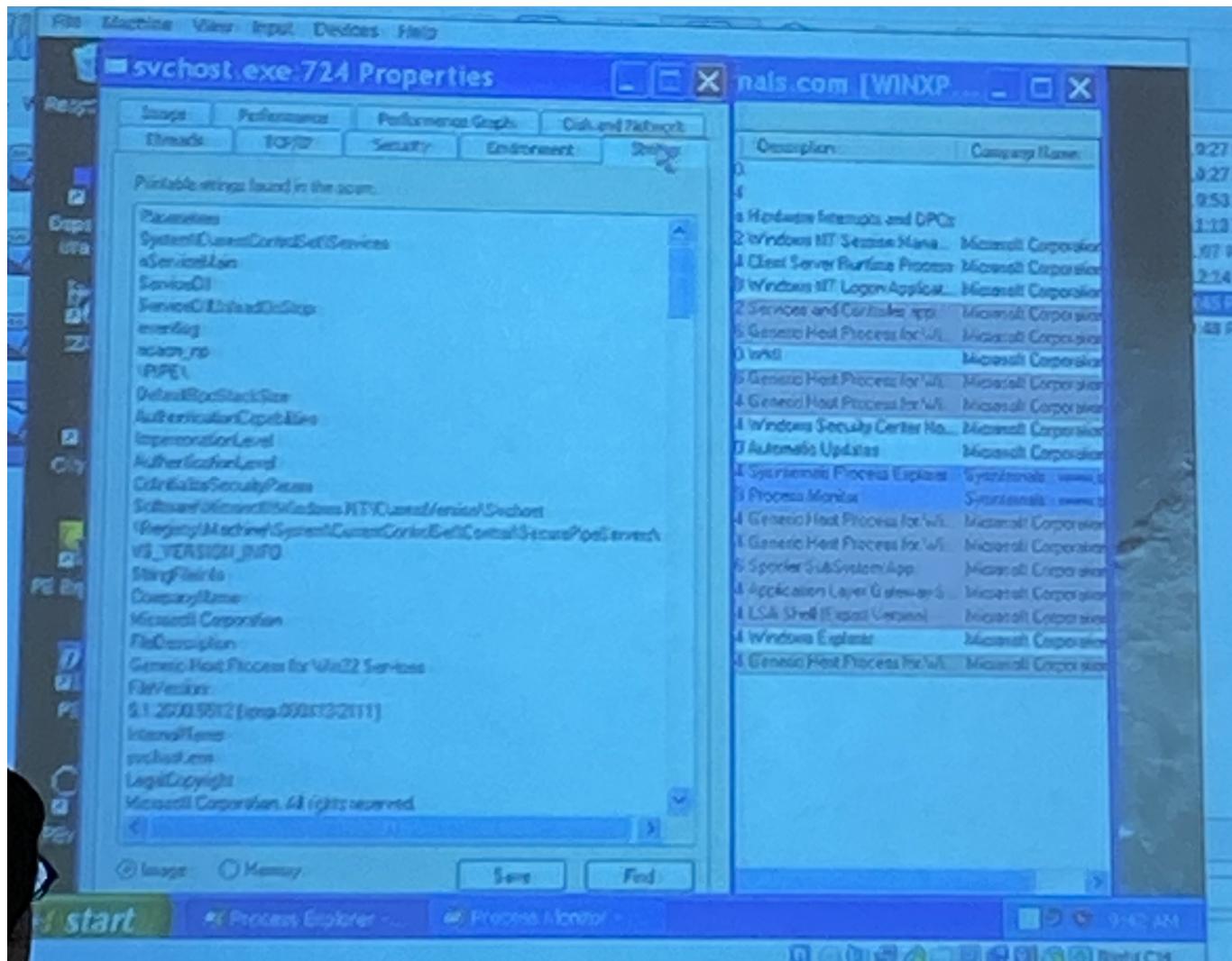
Avviamo *process monitor* e *process explorer* a 64bit, tanto c'è compatibilità. Lanciamo il malware. Compare un `vc-host.exe`, ho finestra errore che mi dice "impossibile avviare correttamente...". Abbiamo creato quindi questo processo, allora il malware vorrebbe fare la sostituzione. Se vedo le *properties* mi dice che è *verificato*, perchè si vede il file eseguibile da dove è partito. Allora questo malware ha livelli di accesso kernel. Se c'è questa sostituzione, ho anche stringhe diverse, infatti non ci sono! Perchè abbiamo cose diverse, e perchè il malware si richiude subito. Il malware non sta funzionando, perchè è un malware vecchiotto, lavora a basso livello, e c'è incompatibilità con Windows 10. Ne serve una più vecchia, ad esempio Windows XP. Dovrei partire sempre da Windows vecchi? No, avrei tools vecchi.

9 novembre 2023

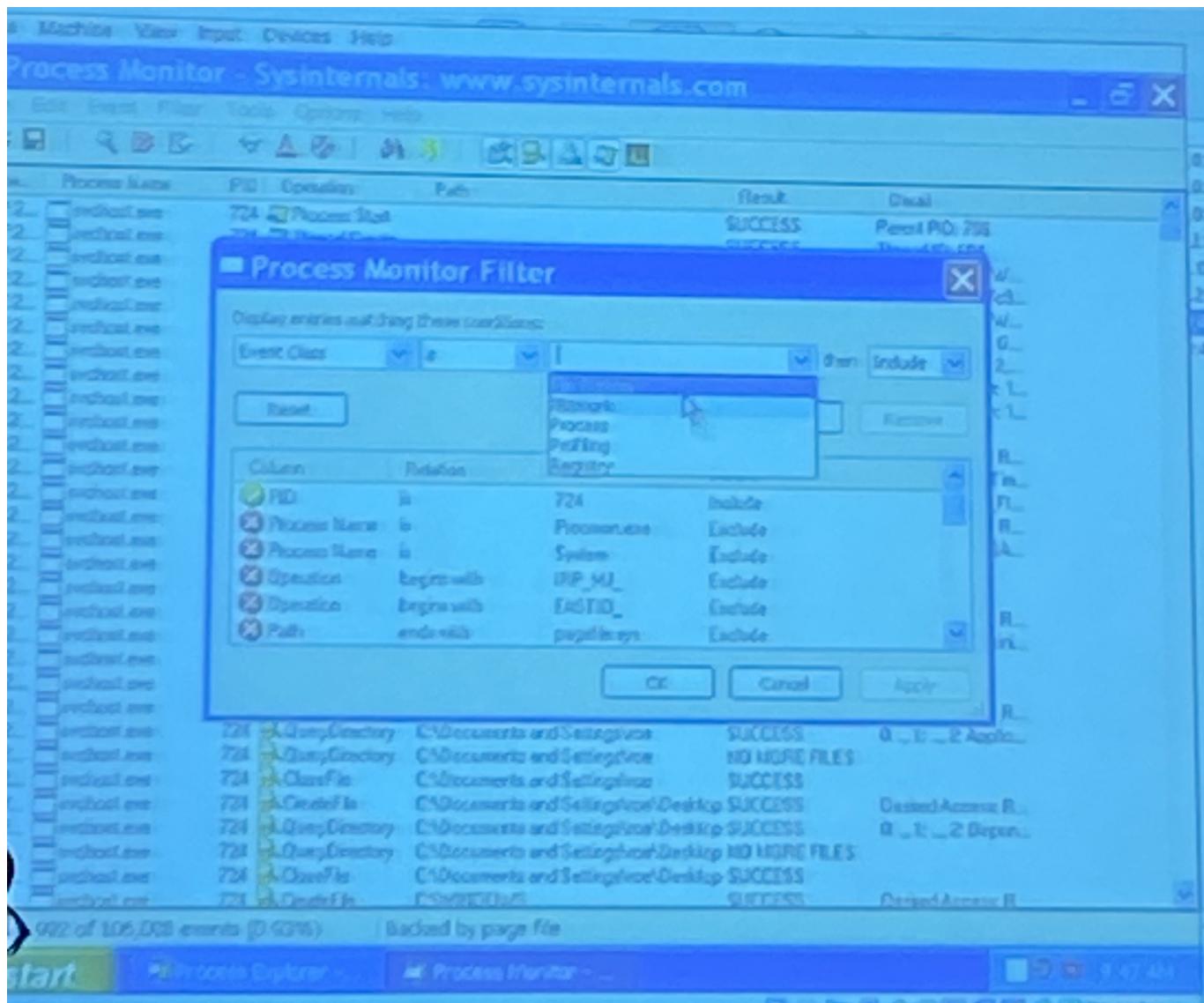
Esempio di analisi w03-03 [parte 2]

Proviamo Windows XP su VirtualBox. Quasi nulla la resistenza al malware. Si fa sempre snapshot prima di scaricare il malware. Per procedere, eseguiamo lo stesso iter già visto con Win10: *Process Explorer* (lanciato come amministratore) e *Process Monitor* (sempre come amministratore).

Lanciamo `explorer.exe`, abbiamo processo `vc-host.exe` visibile su *Process Explorer*. Cosa vogliamo da questo malware? Vorremmo capire cosa fa, a che cosa serve, senza fare un'analisi dettagliata del suo contenuto. Il malware è identificato da un numero, 724, creato da `lab03-03`. Nel *filter*, possiamo dire che siamo interessati agli eventi generati da 724, escludendo gli altri. Possiamo vedere se tale processo è conosciuto da *VirusTotal*, se non ho internet calcolo lo sha e lo metto sul sito. Alternativa: vedo le *properties*. Qui risulta *verificato*, perchè `lab03-03` ha creato il processo `vc-host.exe` che è ufficiale, lo ha svuotato e ci ha messo ciò che voleva lui. Se apriamo un `vc-host.exe` ufficiale, vediamo le stringhe tra *immagine* e *memoria*, esse sono assolutamente uguali. Sulla versione `vc-host.exe` con malware, c'è invece differenza.



Troviamo alcune stringhe “curiose”: *shift*, *backspace*,... si tratta di un **Keylogger**. Ovvero salva le operazioni eseguite dall’utente. Però non basta, dobbiamo dimostrare questa tesi. Se prende ciò che l’utente scrive, allora lo salva da qualche parte. Qui entra in gioco *process Monitor*, che registra le API usate dal processo.



Possiamo vedere se queste informazioni vengono mandate tramite *internet*, ma non vengono scritte lì. Dobbiamo prima includere il nuovo filtro con **add** e poi fare **apply**. Alternative: *file su disco, registri del sistema* (che sono sempre file di sistema, ma organizzati dal sistema operativo). Ci sono degli eventi, ma se vediamo le chiavi, notiamo che molte non le apre oppure sono associate al terminale. Diciamo che sono operazioni *comuni* a tutte le applicazioni. Vediamo sui *file su disco*, vediamo un accesso continuo ad un unico file di log sul desktop. Infatti, sul desktop è comparso un nuovo *file.log* con tutto ciò che è stato scritto.

Analisi ed intro al Debugger

- **White-box:** Composta da analisi *statica di base, avanzata*.
- **Black box:** *dinamica di base*.
- **Grey box:** eseguo programma in maniera controllata, si usano i *debugger*.

Tipicamente i debugger lavorano a livello del codice sorgente. Classifichiamo i debugger in due famiglie: **Source level** e **Assembly level**.

Altra differenziazione è su *come operano*: **User Mode vs Kernel Mode**.

Ovviamente il secondo è molto più potente, perché può debuggare anche cose di tipo kernel. Poichè il malware è scritto per l'utente, spesso basta *user mode*. I *rootkit* (processi che non vediamo mai nei programmi visti, perché lavora a livello di sistema operativo, nascondendosi), lavorano in *kernel mode*, quindi serve debugger di tipo kernel.

Alcuni debugger lavorano in modalità *locale*, altri in *remota*, o ancora *mista*. Il locale gira sulla stessa macchina del processo esaminato, nella modalità remota c'è disaccoppiamento. Esempio in questo secondo caso, malware *Android*, il

debugger lo metto su un computer, è sicuramente più comodo.

Ultima distinzione: malware con *GUI* (interfaccia grafica) ed altri basati su *CLI*, cioè linea comando. I debugger hanno comunque “più potenza” a livello CLI, e poi sopra si costruisce la GUI. Questa potenza in più è data dal fatto che con GUI è difficile riportare tutte le complicazioni graficamente.

Il primo debugger che vediamo è quello incluso in Ghidra. In realtà è un *meta-debugger*, cioè capace di integrare nel proprio flusso di lavoro i risultati di un debugger separato. Quando importiamo un programma, clicchiamo sul *bacarozzo* vicino al *drago*. Se non c’è, lo abilitiamo nel campo *tools*. Ciò che ci si pone davanti è la *finestra del disassembler*, e tutto il resto è *debugger*. In *debug target* (in alto a sinistra), specifico quale debug usare. I debugger proposti sono:

- *gdb* (tre versioni: locale, via ssh, via gadp)
- *ldb* (debugger per MACOS, anche qui meccanismi locali e remoto)
- *windbg* (debug di Windows, sia 32 sia 64 bit, sia user sia kernel, sia local che remoto... insomma tutte le versioni)
- *windbg Preview* o *windbg 2* (versione successiva)

Tuttavia lavorare con queste implementazioni in Ghidra non è semplice, si registra una *traccia dell'esecuzione* su cui scorrere avanti ed indietro.

Anche **IDA Pro** è valutabile, perchè include un proprio debugger, oltre a funzionare con *meta-debugger*. Sia *user* sia *kernel*, sia locale sia remoto, sia 32 sia 64 bit.

Un altro debugger è **SoftIce** puramente *kernel mode*, è tipo un *hypervisor* tra *kernel* e *sistema operativo*. Potentissimo quanto vecchio. Oggi inutile.

Oggi si preferisce usare **OllyDbg versione 1.10**, anche lui vecchio, ma comunque con molti plugin (esempio: auto identificazione di strutture dati note). E’ solo *usermode 32 bit Intel*, di tipo *GUI*. Da lui deriva *OllyDbg 2*, interfaccia uguale, ma riscritto internamente. Lento, pochi plugin. Il creatore poteva evitarselo. C’è anche *OllyDbg 64*, però meh pure lui. Abbiamo anche *ImmuneDbg*, c’è versione di base oltre a quella a pagamento. Stessa interfaccia, è riprogrammabile in Python, cioè posso scrivere script in Python per automatizzare l’analisi. Altro figlio è *X64dbg*, sia a 32 sia a 64 bit. Interfaccia diversa? Ovviamente no. E’ buono per i 64 bit.

L’idea è che, a seconda di ciò che abbiamo avanti, dobbiamo ponderare la scelta del debugger migliore.

Overview su OllyDBG

- *In alto a sx*: disassemblato, parte da entry point, sintassi intel (destinazione a destra).
- *In alto a dx*: finestra registri, il loro contenuto, tutti! (follow in dump per seguire uno specifico registro). Interessante è *debug flag T*, bit che, quando viene generata eccezione, viene impostato ad 1 prima di eseguire, genera trap per il sistema operativo, che invece di segnalarla al processo (che sarebbe il naturale corso degli eventi) la segnala al debugger. Con il comando *step into F7*, decidiamo noi come proseguire in questi casi.
- *In basso a sx*: finestra sui dati, vedo quello a cui punta un registro, vedendo la sua evoluzione.
- *In basso a dx*: finestra sullo stack, che cresce per indirizzi decrescenti, su indirizzi superiori ci sono vecchie posizioni dello stack.

The screenshot shows the OllyDbg debugger interface. The assembly pane at the top displays the following code:

```

004012A0 $ 55      PUSH    EBP
004012A1 . 8925    MOV     EBP,ESP
004012A3 . 83EC 08  SUB    ESP,8
004012A6 . C70424 020000 MOV    DWORD PTR SS:[ESP],2
004012AD . FF15 18A24000 CALL   DWORD PTR DS:[&msvcrt._set_appli_msvcrt]
004012B3 . EB 98FFFF CALL   W03.00401150
004012B8 . 90        NOP
004012B9 . 8D426 000000 LEA    EST,DWORD PTR DS:[ESI]
004012C0 $ 55      PUSH    EBP
004012C1 . 880D 38A24000 MOV    E0X,DWORD PTR DS:[<&msvcrt._atexit>] msvcrt.
004012C7 . 89E5    MOV     EBP,ESP
004012C9 . 5D        POP    EBP
004012CA . FFE1    JMP    ECX
004012CC . 8D7426 08  LEA    EST,DWORD PTR DS:[ESI]
004012D0 . 55        PUSH    EBP
004012D1 . 880D 24A24000 MOV    E0X,DWORD PTR DS:[<&msvcrt._one>] msvcrt.
004012D7 . 89E5    MOV     EBP,ESP
004012D9 . 5D        POP    EBP
004012DA . FFE1    JMP    ECX

```

The registers pane shows:

- EAX 0060FFCC
- ECX 004012A0 W03.<ModuleEntryPoint>
- EDX 004012A0 W03.<ModuleEntryPoint>
- EBX 00248000
- ESP 0060FF74
- EBP 0060FF80
- ESI 004012A0 W03.<ModuleEntryPoint>
- EDI 004012A0 W03.<ModuleEntryPoint>
- EIP 004012A0 W03.<ModuleEntryPoint>
- C 0 ES 0020 32bit 0(FFFFFFF)
- P 1 CS 0023 32bit 0(FFFFFFF)
- A 0 SS 0020 32bit 0(FFFFFFF)
- Z 1 DS 0028 32bit 0(FFFFFFF)
- S 0 FS 0053 32bit 24E000(FFF)
- T 0 GS 0028 32bit 0(FFFFFFF)
- D 0
- O 0 LastErr ERROR_SXS_KEY_NOT_FOUND (00003587)
- EFL 00000246 (NO,NB,E,BE,NS,PE,GE,LE)

The memory dump pane shows a comparison between two memory locations:

Address	Hex dump	ASCII		Address	Hex dump	ASCII
00407000	45 73 63 61 70 65 20 66	Escape F		0060FF74	7663FC09	RETURN to KERNEL32.7663FC09
00407008	72 6F 6D 20 57 69 6E 64	rom Wind		0060FF78	0024B000	
00407010	6F 77 73 20 2D 20 4D 2E	ows - M.		0060FF7C	7663FC00	KERNEL32.BaseThreadInitThunk
00407018	20 43 65 73 61 74 69 2C	Cesati,		0060FF80	0060FFDC	
00407020	20 32 39 31 30 00 57 30	2010.W0		0060FF84	77AB7C6E	RETURN to ntdll.77AB7C6E
00407028	33 00 00 00 00 00 00 00		0060FF88	0024B000	
00407030	00 00 C9 00 00 00 00 00		0060FF8C	EF50B55E	
00407038	00 00 00 00 00 00 00 00		0060FF90	00000000	
00407040	FF FF FF FF 00 00 00 00	yyyy....		0060FF94	00000000	
00407050	00 40 00 00 00 00 00 00		0060FF98	0024B000	
				0060FF9C	00000000	
				0060FFA0	00000000	
				0060FFA4		

OllyDbg interpreta anche i valori. In alto a sx c'è il tasto *play* per eseguire l'eseguibile sotto al debugger, posso sospenderlo ovviamente. Ad esempio, con *W03* possiamo bloccarci nell'esatto momento in cui si sta creando la finestra. Possiamo fare anche *step into - F7*, ovvero istruzione per volta, aggiornando i registri (interessante è il flag *T* visto sopra). Se facciamo una call, con *step into*, vedo istruzione per istruzione, con *step over* tale call viene vista come un unico blocco di codice, passando alla call successiva ad esempio. Il malware potrebbe "capiere" che stiamo usando *step into* e bloccarlo, allora usiamo *step over* con *breakpoint*, per aggirare il problema. Nell'immagine in memoria, il debugger, prima di lanciare istruzione, sostituisce un byte con singolo byte, in particolare usa *int3*, che genera istruzione di *trap*. Poi il debugger rimette in *int3* l'istruzione originale, se decidiamo di eseguirla. Possiamo fare patch (tipo NOP 90), ma le starei mettendo in memoria, modificando il processo in memoria, non l'eseguibile, quindi modifco il comportamento "in quel momento".

14 novembre 2023

Continuiamo con *OllyDebug*, prendiamo *W03*. Concetto essenziale è quello dei *breakpoint*. Permette al debugger di intervenire, quando ritiene opportuno. Sono i meccanismi principali usati dal malware per capire se sta venendo analizzato. Classifichiamo:

- Breakpoint attivati in esecuzione: i più comuni.
- Breakpoint attivati quando accedo ad una locazione in memoria.
- Breakpoint software, tramite sistema operativo.
- Breakpoint hardware.

I **breakpoint Execution/Software**, basati su istruzione INT3, o 0xcc. Un programma è composto da tante istruzioni macchina. Ad un certo punto divido per 0, quindi questa istruzione macchina, a livello hardware, genera un'interruzione per trasferire il controllo ad una routine dentro il sistema operativo. Il sistema può quindi gestirla in diversi modi, dal terminare il processo all'associazione di un gestore (presente nel codice stesso, fatto da noi). Riguarda processo/programma, sistema operativo, hardware.

Adesso, quando si verifica tale evento, il sistema operativo ferma l'esecuzione demanda la gestione/controllo al debugger. Il debugger può fare quello che preferisce. Vengono quindi aggiunte `debug exception INT3`. Questa gestione è detta *first chance*. La gestione *last chance* è quando invece abbiamo interruzioni come divisione per 0. Una tecnica di difesa del malware consiste nella ricerca in memoria del byte `0xcc`. Quando lo trova, e “capisce di non avercelo messo lui”, termina, oppure cambia l'esecuzione originale.

Nei breakpoint **Access/Software**, il programma tenta ad accedere a delle pagine, che tramite debugger e sistema operativo, sono state poste ad esempio in sola lettura. Quindi si verifica un page fault. Ciò genera eccezione, la quale viene gestita, e successivamente vengono riassegnati i diritti originali su quella pagina.

Queste operazioni non hanno nulla a che fare con **Execution Step by step F7**, che sfrutta una *trap flag*, in cui dopo ogni istruzione macchina interviene il debugger, e l'esecuzione si ferma. Il malware può sempre vedere l'impostazione di questo trap flag, e poi vede se lo ha messo lui o meno.

I breakpoint **hardware** prevedono che il processore abbia registri contenenti un indirizzo, una dimensione, ed una modalità di accesso. Quando arriviamo ad un certo indirizzo, e sto provando a scrivere un byte ad un indirizzo (dimensione), genera una eccezione. In Hardware, verrà generata una eccezione hardware. Sono utili perché il malware si difende maggiormente dai breakpoint software rispetto a quelli hardware. Non funzionano nello stesso modo. Di contro, il numero di registri hardware di debug è limitato. Non è detto che il malware non li controlli!

Visione codice Ollydebug

Si parte da entry point, possiamo procedere con *step into*(F7, singola linea) e *step over* (F8, singola funzione/blocco di codice). Con *step over* usiamo in modo congiunto i breakpoint. Quando supera l'istruzione, rimuove il breakpoint. Con F2 mettiamo un breakpoint “stabile” di esecuzione. Con tasto destro → *breakpoint* → possiamo mettere un breakpoint hardware. Inoltre è possibile vedere la lista di hardware breakpoint. Abbiamo anche breakpoint **condizionali**, ad esempio in un ciclo, possiamo essere interessati solo ad una determinata condizione. Quindi le iterazioni non di nostro interesse sono sempre presenti, ma non ci vengono fornite; solo quella da noi specifica ci restituirà il controllo. Per i *breakpoint in memoria* dobbiamo accedere al sottomenu *dati* (nell'interfaccia, in basso) mentre i *breakpoint in esecuzione* li metto nella zona superiore dell'interfaccia. E' possibile vedere anche:

- L: log di tutto quello che è stato fatto, fin dall'apertura.
- E: tutti i moduli eseguibili, dimensione entry point,...
- M: memory map, come divisione in segmenti
- T: programmi Windows composti da più thread, qui li vediamo, li blocchiamo etc..! Quando debug ferma processo, li ferma tutti, a meno di non specificare un certo thread da bloccare.
- W: Tutte le finestre, comeTextEdit, buttons,..., tutti gli elementi della finestra.
- H: tutti gli handel, possiamo vedere i token aperti dal programma.
- I: è possibile modificare l'eseguibile, in tale finestra vediamo le patch applicate.
- K: insieme di funzioni invocate come risultano sullo stack.
- B: breakpoint, posso assegnare label agli indirizzi, anche se spesso si preferisce riportarle sul disassembler.
- S: mano a mano che eseguo il codice, mi fa vedere sorgente e dove mi trovo. Non lo useremo, in quanto non si ha il sorgente.

Da *debug* possiamo “animare il codice”, quindi vengono eseguite le istruzioni, vedendo il risultato. Poco utile. Più utile sono le *tracce*, utili per registrare un'esecuzione, per poi rivederla con calma. Quindi usiamo una tecnica basata su *temporizzazione*.

Se siamo dentro una funzione, possiamo fare *esegui fino a return*, *F9*, quindi trova il return della funzione, mette il breakpoint, e si ferma. Se siamo dentro *.dll*, possiamo fare *return fino a user code*, quindi ritorna appena esce.

NB: **F4** significa *esegui fino al cursore*

Come trovare *winMain*

L'esecuzione con F8, se non ritorna, ma il mio programma non ritorna, allora il *winMain* è interno alla funzione. Allora uso F4 fino ad una certa funzione, e poi F7 per entrarci dentro. Voglio trovare invocazione con F8, perché passo sopra alla call, anche quelle sconosciute. Finché il programma non si ferma, non è *winMain*. Quando vedo che il *programma*

parte (quindi vedo la finestra), ho trovato qualcosa di interessante. Me lo salvo con F2, e vado avanti con F8, per cercare ciclo messaggi. Procedo così finchè non trovo un ciclo, lo vedo perchè ripercorre ricorsivamente delle istruzioni. Mi metto col puntatore sulla jump, e faccio F4, per saltare direttamente senza aspettare. Poichè andando avanti riparte il programma, uso F2 per salvarlo. Entro nelle funzioni con F7, se eseguo con F8, procedo, ad un certo punto trovo il ciclo dei messaggi (possiamo anche *animarlo*).

Lab 09-01 [parte 1]

Vogliamo capire come è fatto tale malware. Debugger è analisi avanzata, partiamo quindi con analisi di base statica. Ottimale è *PE-Studio*, nell'esempio usiamo *PE-Explorer*. Vediamo info di base, come *entry point*, data creazione, etc. Troviamo le sezioni che compongono il programma, come *read only* e *data*. Con *PE-bear* (si legge meglio), vediamo che il programma non è offuscato, perchè le dimensioni delle sezioni coincidono (vedo *virtual size* e *raw*). Se differenza importante, allora offuscato. Niente info utili, passiamo ad *analisi dinamica di base*. Facciamo snapshot, e poi apriamo *Process Explorer*. Apriamo *Process Monitor*. E richiudiamo.

Andiamo con *Ghidra*. Proviamo a cercare le stringhe. Potrebbero essere interessanti *NOTHING*, *HTTP*, *DOWNLOAD*, *UPLOAD*, *SLEEP*, *CMD*, *un sito Http*, che ci suggeriscono delle attività fatte su un server esterno. C'è una stringa che suggerisce la stampa di qualcosa. C'è una chiave di Registro *XPS*. Per avere persistenza, il malware usa chiavi di registro. Non può usarla direttamente, perchè viene sovrascritta tra comandi leciti. Può usarla in modo fittizio. Ad esempio, *SOFTWARE MICROSOFT XPS* invece di *SOFTWARE MICROSOFT XPS*. E' presente anche *\$SYSTEMROOT\$*, variabile d'ambiente dove vive l'installazione del sistema operativo. In particolare, si fa riferimento a *\system32*, che insieme a *cmd.exe* potrebbe sembrare un accesso a shell comandi. I comandi sono di tipo *dos*, tra cui c'è " /c del", per cancellare un file. Se facessimo da prompt "cmd.exe /c date" mi ritorna la data da una sottoshell. Con " /c del" cancelliamo un file. Tutto questo perchè le stringhe non sono offuscate.

Ora possiamo tornare ad analisi dinamica di base, con *Process Explorer* e *Process Monitor*. Dovremmo anche lanciare *Regshot*, per fare confronto tra snapshot pre-malware e post-malware.

Eseguiamo il malware, che si è aperto e poi si è cancellato. E' ancora in esecuzione? Vedendo su Process Explorer, no. Probabilmente si è cancellato perchè qualche cosa non gli è piaciuto.

Sappiamo il nome del processo, contiene "lab-09". Quindi da *Process Monitor* filtriemo e vediamo cosa ha fatto. Quali sono gli eventi legati all'esecuzione? Sappiamo, dall'analisi statica, che si interagisce con la chiave di sistema. Applichiamo il filtro per vedere solo chiavi di registro, cercando "microsoft" (con lo spazio). E' presente, la apre ma non la trova (NAME NOT FOUND), quindi non l'ha creata. Vediamo inoltre che la chiave è sotto la cartella "WOW6432" perchè malware 32 bit, sistema a 64 bit, e c'è meccanismo di alias. Non viene ulteriormente usata. Sappiamo che si è cancellato, con shell di comandi. Vediamo di fare una ricerca sui processi, come quelli che governano i file.exe Troviamo un *process create*. Con tasto destro e *property* vediamo linea comandi: confermiamo che il malware cancella se stesso. Quindi al malware non piaceva l'ambiente, e si è cancellato. Non possiamo andare avanti, serve il debugger. Prossimo step: *analisi dinamica avanzata*.

16 Novembre 2023

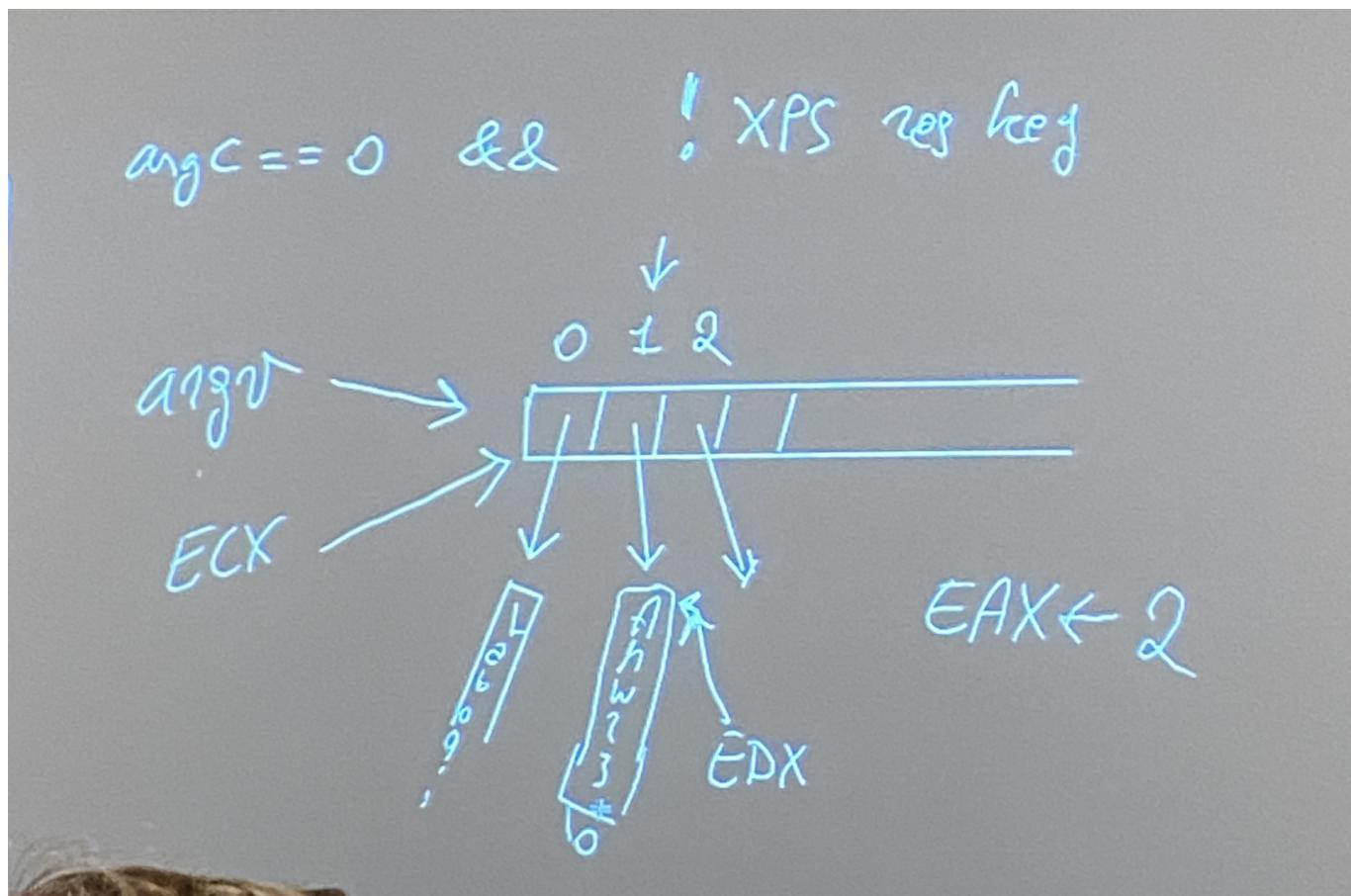
Lab 09-01 [parte 2]

Se vediamo, in Ghidra, l'entry-point del decompilato, sappiamo che, verso la fine, dovremmo trovare la funzione main. Come lo individuo? Prende due parametri, ovvero *argc* e *argv*, trattandosi di un programma da "terminale", senza GUI. Trovato il main, a riga 00402af0, facciamo partire **OllyDbg** e saltiamo a tale istruzione, mediante CTRL+G. Mettiamo breakpoint con F2, e facciamo partire l'esecuzione, passo passo. Quando trovo una call, ci passo sopra, non entro dentro (questo lo farebbe il debugger), fino a che non trovo qualche cosa di particolare, come *processo terminato*. Il debugger ha tenuto aperto il sistema operativo, quindi non si è autodistrutto. Possiamo fare restart e ricominciare l'esecuzione, run fino all'entry point e poi f8. Stavolta mi fermo alla call che ha portato alla chiusura, a riga 402410. Vediamo su Ghidra cosa fa questa funzione, invoca *GetModuleFileName*, che ritorna il percorso dalla root in poi, del modulo specificato. Quindi il percorso di Lab 09-01.

Poi abbiamo *getShortPathName*, ovvero il nome del file finale. Successivamente *ShellExecute*, comando mediante shell dei comandi. Il comando è *cmd_exe*, che sta tra i parametri. Vediamo anche le altre stringhe \c del, >> null (per ridirezionare l'output in un "pozzo oscuro"), quindi sta ricreando la stringa per cancellare il file. Alla fine invoca una serie di funzioni che ci portano alla fine a *FUN_00402e3c*, che richiama *ExitProcess*, la quale uccide il processo. Quindi la funzione da cui parte tutto, dopo riga 40240e, è quella che effetta il suicidio. E' buona norma mettere etichette anche nel debugger. In **OllyDbg**, a partire dal main (00402af0), vediamo un salto a 00402801 che ci evita

di passare per il suicidio. Torniamo su Ghidra per capire come entrarci. In Ghidra rinominiamo la funzione main, cioè `int main(int argc, char ** argv)`. Vediamo che viene confrontato `argc` con 1, ovvero se `argc=1` vuol dire che non abbiamo argomenti, in quanto il primo “argomento” sarebbe il nome del file, quindi almeno un argomento ci sarà. A riga 00401023 c’è un altro confronto, ci interessa perché è un altro confronto per entrare nel suicidio. In questa funzione, in Ghidra, vediamo un riferimento a 0040c03e, ovvero la chiave *farlocca*. Dinamicamente, con F8 su OllyDbg, eseguendo troviamo `EAX=0`, quindi faremo suicidio. **Il programma si uccide perché numero di argomenti è zero, e non trova una chiave che si aspetta di trovare.**

Lo abbiamo scoperto mediante analisi debug, analisi statica e dinamica. Se ne rispettassi solo una, funzionerebbe? Potrei mettere la chiave, ma probabilmente avrei altri check sul contenuto. Proviamo a mettere un argomento. Altra strategia sarebbe modificare i test, modificando i valori. Ad esempio, a riga 00402B08, il salto viene preso perché flag `Z=1` (lo vediamo nel campo Registers, a destra del programma.) Possiamo fare fare, nel campo registri, dove si trova Z, premere tasto destro e fare `reset`. Potrei anche modificare `EAX` e metterci il valore 1 invece che 0. Posso modificare registri di stato come preferisco. Tornando alla tecnica originale, vado su `debug -> arguments` e passo argomento per eseguire. Passiamo un valore a caso, perché non so cosa voglia. Riusciamo a superare il primo jump. Ad altezza media dell’interfaccia, vediamo che lo stack ci informa delle operazioni svolte. Andando avanti, cadiamo comunque nel suicidio, quindi non basta mettere un argomento, ma vuole qualcosa di specifico. A 00402510 avviene ciò, su Ghidra, vedendo il decompilato, sicuramente più comprensibile dell’assembly. Se vediamo da dove siamo partiti, da riga 00402b1d, mettiamo su `EAX` ed `ECX` `argc` ed `argv`, in `EDX` l’indirizzo della stringa che corrisponde all’ultimo argomento. Se ci fosse stato `LEA`, avrei trovato (risata malvagia). `argv` punta a vettore di stringhe, quindi ogni elemento è a sua volta un puntatore ad una stringa. In `EAX` abbiamo messo 2 (perché abbiamo passato un argomento), in `ECX` viene messo l’indirizzo del vettore, cioè `argv`. Poi in `EDX` faccio degli spiazzamenti, in particolare `ECX+4`, cioè un indirizzo. In `EDX` quindi puntiamo all’indirizzo della stringa, con `LEA` avremmo puntato all’indirizzo contenente il puntatore della stringa.



Nel decompilato di `FUN_00402510`, rinominata `check_password`, vediamo che vengono eseguiti continui check, che impostano `uVar2` a 0 se qualcosa non gli piace. Però, senza perdere tempo, vediamo che alla fine a noi va bene se `uVar2 = 1`, inoltre capiamo, dai check che fa, che la password che vuole è `abcd`.

La cosa migliore da fare è *una patch*, possiamo farlo con **OllyDbg**. Devo assemblare delle nuove istruzioni, se premiamo “spazio” su una istruzione, possiamo metterne una nuova. Mettiamo `XOR EAX, EAX`, il quale lo azzera. Ricordiamo che vogliamo avere 1 su `EAX`.

Nella seconda istruzione 402512, mettiamo INC EAX, per ottenere 1. La funzione è `__cdecl`, quindi gli argomenti vengono tolti dal chiamante. Nella riga successiva 402513, mettiamo RETN (lo fa lui in automatico). **Tali modifiche sono sull'eseguibile in memoria, non sul disco.**

Per **salvarlo**, tasto destro sulla parte di codice, `copy to executable`, e poi `all-modification`, voglio copiare l'intero eseguibile. Infine `copy all`. Si apre una seconda finestra, con il codice. Questa va salvata, tasto destro, `save file`, e quindi la salviamo chiamandolo in modo riconoscibile. Chiudiamo il file originale, e mettiamo il file patchato. **Non mantiene i breakpoint**. Devo riportarli tutti, per questo è buona norma salvare le cose anche esternamente, come Ghidra.

Facciamo ripartire il programma, mettiamo breakpoint sul main, passiamo argomento AMW2023. Finalmente abbiamo superato il suicidio. Ora? Magari, con analisi dinamica di base, posso ottenere altre informazioni. Riapriamo **Process Explorer**, **Process Monitor64**, **Regshot**. In quest'ultimo prendiamo la fotografia pre-lancio, poi lanciamo il programma, e prendiamo fotografia successiva.

NB: meglio lanciare una copia dell'eseguibile patchato. Si è richiuso e cancellato nuovamente! **Non abbiamo patchato il controllo del parametro.** Da Shell, lanciamo il programma patchato con il parametro di prima (non lo abbiamo patchato). Il programma si è richiuso, vediamo se qualche tool ha preso qualche dato utile. Con **Process Monitor** filtriamo gli eventi per `file system`. Spesso quelli in fondo sono quelli di nostro interesse. Niente di che.

Proviamo con **Regshot**, ci dice 21 valori modificati. Tuttavia sembrano modifiche del sistema operativo, la *registry key* non sembra essere stata toccata. Qui spesso si va di esperienza: molti malware richiedono *diritti di amministratore*. Noi lo abbiamo lanciato come *user*, magari questo malware funziona bene con *admin*. Potrei capirlo se, vedendo i *log*, trovassi qualche failure dato dai mancati diritti. Proviamo con *admin*.

NB: Sicurezza di Windows -> Impostazioni di protezione da virus e minacce -> Disattiva protezione in tempo reale. Non è persistente. Lanciamo come *root cmd.exe*, poi ci spiazziamo nella cartella contenente il malware. Prima rifacciamo gli snapshot, perché stiamo provando un nuovo avvio con settings diversi. Da *cmd.exe* lo lanceremo normalmente (abbiamo già eseguito come amministratore *cmd.exe*). È stato nuovamente rimosso. Facciamo il secondo shot. Nuovamente, nessuna conseguenza. Cosa sbagliamo? Magari, lui guarda il numero di argomenti, se sono 0 chiudi, se 1, metti una password. Ma magari si aspetta altri argomenti. Sennò perchè specificare di prendere l'*ultimo argomento*?

Torniamo al *disassembler*, nel *main*. Vediamo che il suicidio viene fatto 7 volte, noi ne abbiamo trovati solo 2. Quindi probabilmente siamo entrati in uno degli altri 5. Possiamo vedere che `argv` viene chiamato svariate volte localmente. Ad esempio in 00402b3f accediamo al primo argomento. Poi viene fatto push ad un indirizzo, che è un dato DAT_0040C170, che è `-in`, vediamo sopra che ce ne sono altri. Allora `data -> terminateString` per creare tali stringhe (Ghidra non le riconosce perchè troppo brevi). Scendendo vediamo che Ghidra riconosce `strcmp`, cioè wrapper che richiama `strcmp`. Allora la funzione che richiama tale funzione la rinominiamo proprio così. Se le stringhe diverse, faccio confronti vari, e poi fa suicidio. Il nostro parametro (AMW2023) non va bene in questi check. In OllyDbg non viene riconosciuto `strcmp`, è molto più complicato usare solo lui! Ghidra, disassembler interattivo, mi da un aiuto enorme. Lo capisce perchè è codice, Ghidra è configurato in maniera tale da avere vari motori di analisi, tra cui `functionID`, che riconosce funzioni degli eseguibili confrontando con funzioni di libreria avente una certa firma. Non è una cosa banale, tipicamente può capitare che il `codice.o` venga rilocato, oppure che richieda altri riferimenti. Quindi non c'è una corrispondenza 1-1, ma cerca parti del codice *non modificabili*, e cerca solo loro. Ovviamente, se alcune cose non sono del database di Ghidra, non le trova. In `file->file configure->core->FidPlugin`, attivo di default. Allora ho `tools->functionId`, che mi dice le librerie che conosce. Altre cose, non riconoscerebbe le hash. Posso aumentare queste conoscenze. Se installo `mingw` di Windows, posso ricostruire database anche per quello.

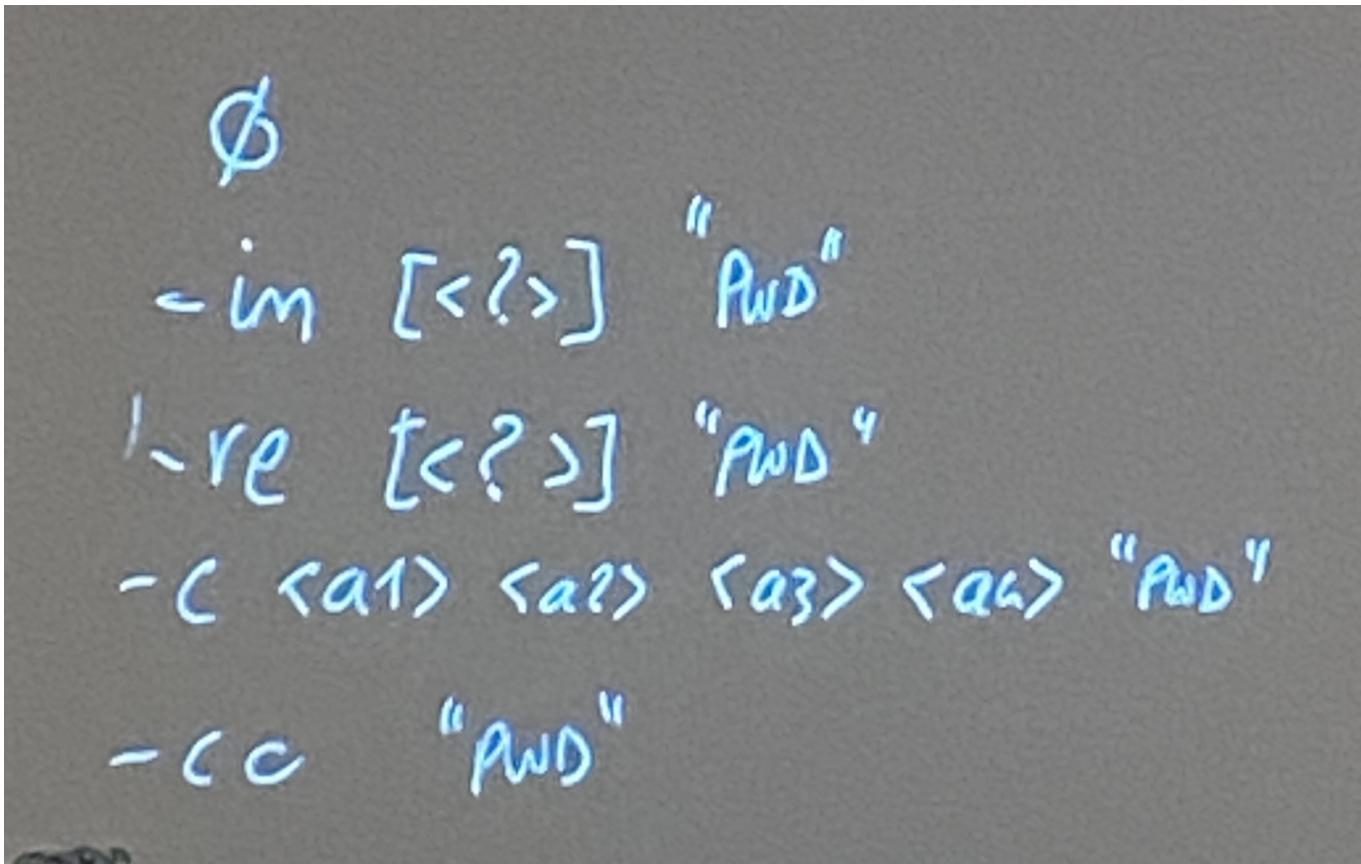
21 Novembre 2023

Lab 09-01 [parte 3]

Abbiamo visto che il malware si suicida. Ciò è dovuto dalla mancanza di alcune condizioni, infatti abbiamo visto che il malware si aspetta di essere lanciato con degli argomenti specifici. L'ultimo argomento è una password. Se corretta (noi l'abbiamo patchata), procediamo, e vediamo il primo argomento `argv[1]`:

- se è pari a `-in` (mediante `strcmp`, se 0 sono uguali), vede se il numero degli argomenti è 3 (nomefile, `"-in"`, password). Vediamo che accetta anche un quarto parametro opzionale, tra `"-in"` e `password`.
- se è pari a `-re`, sempre 4 argomenti.
- se è pari a `-c`, può avere 7 argomenti (quindi 4 argomenti, togliendo la stringa, il nome del file, e la password.)

- se + pari a -cc, accetta solo la password.



A riga 00402e7e, vediamo la chiamata di una stringa, ma *senza parametri*, nonostante il formato sembra richiederli. Non sono *fprint*, *sprintf* perchè richiedono precedentemente un puntatore a funzione o simili. Quindi è una *printf*. Tuttavia Ghidra non la interpreta bene, perchè non può non avere alcun parametro. La funzione è __cdecl, chi la chiama rimette a posto gli argomenti, perchè avendo parametri variabili, chi la chiama vede quanti ne ha chiamati. Vediamo inoltre il push di 20 byte, corrispondente a 5 parametri.

Rinominiamo la funzione della stampa, per indicare parametri variabili basta definirla con un argomento contenente ...

Iniziamo a vedere i casi, prima di tutto dobbiamo disattivare la *protezione in tempo reale*, lanciando poi *Process Monitor* (analisi dinamica di base) e *Process Explorer*. Facciamo anche lo screenshot con *RegShot*. Lanciamo l'eseguibile da *shell* di comandi.

Casi da analizzare

Nb: pw patchata, può essere qualsiasi cosa.

- lab09_01 -in pw, dopo averlo lanciato, fermo acquisizione di *Process Monitor*. L'eseguibile non si è cancellato. Non vengono creati nuovi processi dal nostro malware in *Process Explorer* (utile usare il filtro per nome, con nome del file). Facciamo compare tra le chiavi in Process Explorer. Ha aggiunto 117 chiavi, e modificate 88. Sono però chiavi di sistema, e manca la chiave vista all'inizio, che includeva XPS. Non abbiamo eseguito in modalità amministratore, La colonna REPARSE vuol dire che non sono riuscito a leggere la chiave. Dobbiamo rifare fotografie, monitoraggi, etc... Si richiude nuovamente. Ragioniamo: se fossi un malware, sarei interessato all'auto-attivazione nel sistema. Se riavvio il computer, il malware vorrebbe essere già pronto. Vedendo la differenza sulle chiavi, ci sono 15 chiavi aggiunte, tra cui quella XPS che stavamo cercando. Le altre chiavi aggiunte sono associate al nostro malware. Vengono inseriti dei servizi, equivalenti ai demoni di sistema in Linux. Viene espresso un percorso in cui è stato aggiunto il malware, diverso dalla posizione iniziale. Recandoci nella cartella, non lo troviamo. Questo perchè malware è 32 bit, sistema a 64 bit. Viene mappato in un'altra posizione, per trovarla bastare usare lo strumento di ricerca. Il nuovo path (generato automaticamente) è sito in C:\Windows\System\WOW64. Tasto destro sul file, apri percorso file, è perfettamente identico all'originale, si è copiato! Sempre in *Process Monitor*, vediamo il control set è un insieme di configurazioni del sistema

operativo, come è configurato attualmente, possono essercene diversi. Serve per tornare in vecchi control set, in caso di errore. Il malware tocca il control server corrente. Il malware sta cercando di diventare un *servizio*, dandogli un nome, di tipo Locale (non esclude che non possa esporsi sulla rete, ma generalmente possiamo vederlo come “*opera su questa macchina*”). Possiamo vedere i servizi del sistema mediante `services.msc`, dove cerchiamo “Lab09-01”, senza descrizione, ma con *stato empty*, cioè non è stato avviato, e c’è anche il *tipo di avvio* (automatico = 2, impostato in una delle 15 chiavi toccate, manuale, disabilitato).

Finalmente abbiamo capito: questo tipo di avvio *infetta il sistema*, eseguendo l’**installazione**. Se aggiungessi il parametro opzionale, cosa toccherebbe? Probabilmente il nome del servizio, il nome del file, o il path di installazione.

- `lab09_01 -re pw`, rimuove il malware probabilmente. Facciamo sempre fotografia chiavi di sistema, usando *Regshot* prima del lancio e dopo il lancio. Troviamo 7 chiavi cancellate, che però non c’entrano nulla col nostro applicativo. Ha cancellato anche il *Services*, che non è più presente tra i servizi attivi. Ha tolto le chiavi di configurazione, non quella **XPS**. Lascia delle tracce. Bisogna differenziare il concetto di *chiave* e il concetto di *valore della chiave*.
- `lab09_01 -cc pw`, chiama una funzione che richiama *printf* senza argomenti. Ritorna una configurazione, con *sito* e *porta 80*. Esegue il **dump** della configurazione.
- `lab09_01 -c <a1> <a2> <a3> <a4> pw` probabilmente *setta* la configurazione. Proviamo a settare qualcosa e ad eseguire. Successivamente avviamo con flag `cc`, e vediamo che sono cambiati! Esegue **configurazione**.
- `lab09_01` è come parte il servizio, senza argomenti. È il caso *normale*. Quindi non so *cosa faccia* il malware, perchè fino ad ora si trattava di configurazione.

Se in `services.msc` troviamo in **XPS** la nostra configurazione, con stringa `30 31 00 ...` cioè le nostre stringhe, salvate nel registro di sistema.

Analisi Ghidra - debugger parte 2

Casi analizzati precedentemente Partendo dal file *patchato* (per superare la password), la func `004025b0` ottiene il nome dell’eseguibile, cioè ”*lab09-01.exe*”, poi invoca altra funzione interna, alla quale ho passato indirizzo su stack e dimensione pari a 1024, quindi è un buffer. La funzione è lunga, quindi vediamo sul *debugger*. Per capire meglio cosa fa una funzione, conviene guardare i parametri *prima* e *dopo*, tendenzialmente ci si sofferma su una operazione specifica. Infatti la funzione in esame è rinominabile come `getServiceName`, richiamata in `-in` ma anche nel flag `-re`, perchè devo sapere cosa eliminare.

Nel caso `-c` si esegue, passando `argv` coi rispettivi offset (riga sotto a `00402c79`), ed invocando `handler_c` (chiamato così da noi!).

Nel caso `-cc` è come abbiamo già visto, con la stampa di questi parametri. Manca il caso generale.

Caso principale con nuove info Nel caso *base*, viene chiamata `RegOpenKeyExA`, se esiste ritorna 1 e chiama un *handler*, se fallisce 0, e quest’ultimo caso porta al suicidio. Ovvero, si uccide se non è installato. Lui si accontenta della chiave, del servizio non c’è alcuna precisazione, quindi il malware funzionerebbe comunque. Vediamo la gestione dell’*handler*, al riferimento `402360`, nel caso corretto. Torniamo al *debugger*, mettiamo breakpoint su `402360`, cioè handler del servizio. Fallisce perchè l’ultima operazione è stata di tipo `-re`, quindi dobbiamo reinstallarlo. Adesso entra. Cosa ci aspettiamo? Sicuramente un *loop*, perchè se c’è un collegamento a qualcosa di remoto, c’è un processamento continuo.