

Linux Kernel Rootkit

Nathan Castets & Olivier Hüge

Université de Bordeaux

21 Février 2019

1 Notions et état de l'art des rootkits

- Définitions
- Pré Linux Kernel 4.17
- Post Linux Kernel 4.17

2 Notre Rootkit

- Déterminer l'adresse de la table des appels systèmes
- Patterns pour retrouver l'offset de *sys_call_table*
- Cacher des fichiers à l'utilisateur

3 Conclusion

Rootkit

Utilitaire qui permet d'effectuer différentes actions sur une machine. Le but principal est d'installer un accès privilégié à cette machine pour un pirate de façon persistante dans le temps.

A la différence d'un malware classique, le rootkit se veut discret et dissimule au maximum ses actions à l'utilisateur et aux programmes de surveillance.

Il existe 2 types de rootkit :

- Espace utilisateur
Remplace des fonctions utilisées par un programme
Injection de librairie dynamique via *LD_PRELOAD*
- Espace noyau
Remplace des appels systèmes
Module noyau qui écrase la table des appels systèmes

Table des appels systèmes

Tableau contenant les adresses mémoires des fonctions associées aux appels systèmes. Ces appels systèmes permettent aux programmes de l'espace utilisateur de communiquer avec le noyau.

Les appels systèmes sont indispensables pour les programmes de l'espace utilisateur pour utiliser des fonctions que seul le noyau peut exécuter. On appelle aussi la table des appels systèmes la *sys_call_table*.

KASLR

La KASLR (Kernel Address Space Layout Randomization) est une sécurité du noyau qui charge aléatoirement les données dans la mémoire.

Cela implique qu'à chaque démarrage du système une structure de donnée n'est généralement pas à la même adresse.
C'est la sécurité principale qui empêche les rootkits de s'installer dans le système.

/fs/open.c :

```
/* *** */  
  
EXPORT_SYMBOL( sys_close );  
  
/* *** */
```

La fonction associée à l'appel système *sys_close* est accessible par n'importe quel programme présent dans le noyau.

Cet export est présent car le module *mount* a besoin de *sys_close*.

Un brute-force de la mémoire noyau à la recherche des occurrences de l'adresse de *sys_close* nous donne la *sys_call_table*.

- Suppression de la majorité des appels systèmes dans le code noyau
L'export de la fonction *sys_close* n'existe plus
- Rajout de fonction avec un comportement similaire *ksys_xyzxyz()*
Le but étant de dissocier au maximum les appels venants de l'espace utilisateur et noyau

Cela implique :

- Qu'il n'est plus possible de brute-force la *sys_call_table* à l'aide de l'adresse d'un appel système
- Qu'il n'est plus possible d'altérer le comportement de programme présent dans le noyau

Déterminer l'adresse de la table des appels systèmes

L'idée est de s'intéresser au fonctionnement des appels systèmes et plus précisément au code exécuté en préambule pour préparer l'appel système.

Retracer ce code dans la mémoire noyau jusqu'à retrouver un offset vers la *sys_call_table*.

Nous nous concentrerons sur les version 4.17 à 4.20 du noyau Linux dans la suite de cette présentation.

Déterminer l'adresse de la table des appels systèmes

Dès qu'un appel système est levé, le processeur doit exécuter du code pour préparer cet appel système. L'adresse de ce code se trouve dans le registre *MSR_LSTAR*. Voyons à l'initialisation ce que contient ce registre.

/arch/x86/kernel/cpu/common.c (4.17 - 4.19) :

```
if (static_cpu_has(X86_FEATURE_PTI))  
    wrmsrl(MSR_LSTAR, SYSCALL64_entry_trampoline);  
else  
    wrmsrl(MSR_LSTAR, (unsigned long)entry_SYSCALL_64);
```

/arch/x86/kernel/cpu/common.c (4.20) :

```
wrmsrl(MSR_LSTAR, (unsigned long)entry_SYSCALL_64);
```

Déterminer l'adresse de la table des appels systèmes

/arch/x86/entry/entry_64.S (4.17 - 4.20) :

```
ENTRY(entry_SYSCALL_64)
```

```
/* *** */
```

```
pushq %rax
```

```
PUSH_AND_CLEAR_REGS rax=$-ENOSYS
```

```
TRACE_IRQS_OFF
```

```
movq %rax, %rdi
```

```
movq %rsp, %rsi
```

```
call do_syscall_64
```

```
TRACE_IRQS_IRETQ
```

```
movq RCX(%rsp), %rcx
```

```
movq RIP(%rsp), %r11
```

```
cmpq %rcx, %r11
```

```
jne swapgs_restore_regs_and_return_to_usermode
```

Déterminer l'adresse de la table des appels systèmes

/arch/x86/entry/common.c (4.17 - 4.20) :

```
__visible void do_syscall_64(unsigned long nr, struct pt_regs
    *regs)
{
    /* *** */

    nr &= __SYSCALL_MASK;
    if (likely(nr < NR_syscalls)) {
        nr = array_index_nospec(nr, NR_syscalls);
        regs->ax = sys_call_table[nr](regs);
    }

    /* *** */
}
```

Déterminer l'adresse de la table des appels systèmes

/arch/x86/entry/common.c (4.17 - 4.20) :

```
static __always_inline void do_syscall_32_irqs_on(struct
    pt_regs *regs)
{
    /* *** */

    if (likely(nr < IA32_NR_syscalls)) {
        nr = array_index_nospec(nr, IA32_NR_syscalls);

        regs->ax = ia32_sys_call_table[nr](regs);

        /* *** */
    }
```

Patterns pour retrouver l'offset de *sys_call_table*

Tout d'abord il nous faut l'adresse de la fonction *entry_SYSCALL_64* :

- En version 4.20 il nous suffit de lire le registre *MSR_LSTAR*
- Dans les versions 4.17 - 4.19, on pourrait aussi lire le registre *MSR_LSTAR* et suivre le code exécuté jusqu'à atteindre *entry_SYSCALL_64*

Astuce

La fonction *native_load_gs_index* qui se trouve juste en dessous de *entry_SYSCALL_64* dans le code est exportée via un *EXPORT_SYMBOL*.

Patterns pour retrouver l'offset de *sys_call_table*

Dans *entry_SYSCALL_64* on cherche l'appel à *do_syscall_64* :

```
e8 ?? ?? ?? ??      callq [offset]
```

Il est précédé par les instructions suivantes :

4.17 – 4.20

```
41 57                push %r15
45 31 ff             xor %r15d , %r15d
48 89 c7             mov %rax , %rdi
48 89 e6             mov %rsp , %rsi
```

Patterns pour retrouver l'offset de *sys_call_table*

Dans *do_syscall_64* on cherche l'appel à *sys_call_table* :

```
48 8b 04 fd ?? ?? ?? ?? mov [offset](, %rdi, 8), %rax
```

Il est précédé par les instructions suivantes :

4.17 — 4.20

```
48 19 c0                sbb %rax, %rax
48 21 c7                and %rax, %rdi
```


Patterns pour retrouver l'offset de *sys_call_table*

Dans *do_syscall_32_irqs_on* on cherche l'appel à *ia32_sys_call_table* :

```
48 8b 04 c5 ?? ?? ?? ??  move [offset](, %rax, 8), %rax
```

Il est précédé par les instructions suivantes :

4.17

```
48 81 fa 81 01 00 00  cmp $0x181, %rdx
48 19 d2              sbb %rdx, %rdx
21 d0              and %edx, %eax
```

4.20

```
48 81 fa 83 01 00 00  cmp $0x182, %eax
48 19 d2              sbb %rdx, %rdx
21 d0              and %edx, %eax
48 89 ef              mov %rbp, %rdi
```

Cacher des fichiers à l'utilisateur

Appel système *getdents* :

```
asmlinkage long sys_getdents64(unsigned int fd,  
    struct linux_dirent64 __user *dirent,  
    unsigned int count);
```

structure *linux_dirent* :

```
struct linux_dirent {  
    unsigned long    d_ino;  
    unsigned long    d_off;  
    unsigned short   d_reclen;  
    char d_name[1];  
}
```

Conclusion

- Technique courante utilisant l'export de la fonction *sys_close*
- Version 4.17 du noyau rendant cette technique obsolète
- Développement d'une technique alternative basée sur la recherche d'un appel à la *sys_call_table* dans le code en mémoire
- Exemple de hook de *getdents* pour cacher des fichiers à l'utilisateur