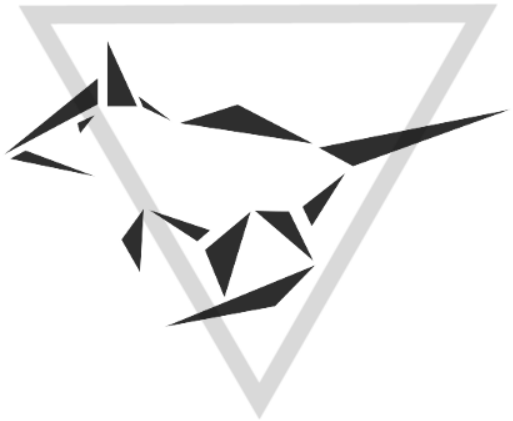
Université de Bordeaux
Faculté de Sciences et Techniques

rkduck : un kernel rootkit pour Linux 4.x.x

Thomas Le Bourlot, Maxime Peterlin, Martial Puygrenier



Bordeaux, le 21 Mars 2016

Sommaire

Abstract

Dans la continuité des travaux réalisés sur les rootkits sur les kernel 2.6.x et 3.x x nous avons décider de réaliser une étude des techniques d'injection de rootkits sur les kernel 4.x.x. Il n'y a en effet très peux de ressources récentes traitant du sujet, les codes open-sources présent sur le l'Internet étant trop souvent dépréciés par rapport aux changements de l'API du kernel version 4.x.x. Vous retrouverez dans la bibliographie l'ensemble des ressources, articles qui nous ont aidés dans le développement et la conception du rootkit `rkduck`. L'ensemble de notre travail est disponible sur l'organisation github QuokkaLight.

1 Introduction

Cet article traite des rootkits. Ce sont des programmes permettant de cacher la compromission d'une machine à ses utilisateurs légitimes. Plus précisément, nous expliquerons le développement de notre rootkit nommé `rkduck`, un LKM (Linux Kernel Module) rootkit pour Linux v4.x.x.

Nos propos seront développés de la manière suivante. Dans un premier temps, nous rappelerons en quoi consiste un rootkit et comment ils ont évolué au fil du temps. Une partie sera consacrée aux différentes méthodes d'injection de code dans le noyau Linux. Suite à cela, nous expliquerons comment notre rootkit détourne le fonctionnement du système pour cacher une activité malveillante et de quelle manière il reste persistant sur la machine. Enfin, nous expliquerons les fonctionnalités mise à disposition par notre rootkit.

2 Définition et évolution des rootkits

Afin de compromettre une machine, un attaquant passe généralement par la même série d'étapes. Une fois que des vulnérabilités dans le système ont été identifiées, l'attaquant les exploite afin de prendre la main sur le système jusqu'à compromettre entièrement ce dernier afin d'avoir les droits de super-utilisateur. Cependant, l'exploitation de failles dans un système ne peut être considéré comme un moyen sûr pour accéder à une machine, car le simple fait de corriger les vulnérabilités empêcherait d'y accéder à nouveau. C'est pourquoi il est nécessaire de faire persister l'accès après la compromission, ce qui est rendu possible par l'utilisation de rootkits.

Les premiers types de rootkits utilisés étaient des ensembles de programmes qui permettaient de substituer les outils d'administration standard tels que ls, ps, etc. Ainsi, l'intrus avait le contrôle sur les sorties de se programme et pouvait cacher l'activité malicieuse qui se passait sur la machine. Cependant, il devenait fastidieux de cacher la compromission de la machine à l'administrateur légitime. Ce dernier pouvait utiliser plusieurs programmes effectuant la même action pour recouper les informations et ainsi découvrir des différences entre les résultats retournés révélant ainsi la présence d'un rootkit.

Les attaquants se sont alors rendus compte qu'il était inutile de réécrire toute une suite de programmes, ce qui peut devenir très conséquent en terme de taille et en temps de développement. Il suffit de remonter aux fonctions utilisées par tous ces programmes d'administration : les appels systèmes. En supposant que l'intrus ait accès au kernel, il est possible d'intercepter les appels systèmes pour les rediriger vers des fonctions malveillantes afin de cacher la compromission de la machine. A partir du moment où l'attaquant a le contrôle sur le noyau du système, il devient difficile de détecter de manière fiable un rootkit, car les systèmes de sécurité opèrent au même niveau que ce dernier et des fonctions que l'on peut penser digne de confiance peuvent retourner des résultats falsifiés.
C'est ce type de rootkit que nous allons étudier par la suite, notamment les rootkits s'injectant dans le système sous forme de modules kernel.

3 Injection - Comment le rootkit est injecté en mémoire ?

Il existe plusieurs méthodes d'injection de code dans un noyau. Nous étudierons dans cette partie les deux méthodes les plus répandues à savoir l'utilisation du périphérique `/dev/mem` et des modules noyau. A titre informatif, il est également possible d'utiliser des vulnérabilités du noyau ou bien l'entrée `FireWire` qui permet d'avoir un accès direct à toute la mémoire de la machine, ce qui nécessite cependant un accès physique à la machine.

Afin de développer `rkduck` nous nous sommes, dans un premier temps, tournés vers l'injection basée sur `/dev/mem`. Cependant, un patch de sécurité empêche son utilisation sur les versions 4.x.x du noyau Linux, ce qui fait que nous nous sommes finalement tournés vers la construction d'un LKM rootkit.

3.1 Injection via /dev/mem

3.1.1 Explication

`/dev/mem` est un fichier qui fournit un accès à une image de la mémoire physique de la machine. L'intérêt principale est de pouvoir par exemple patché le système rapidement sans avoir à écrire un driver kernel. Comme on peut très vite l'imaginer, `/dev/mem` a été un point d'entré pour injecter du code malicieux. L'attaquant va pour cela ciblé la table des appels systèmes en utilisant l'IDT (Interupt Descriptor Table). Il va ensuite changé les entrées de la table système pour qu'elle sur les fonctions du rootkits. Une autre technique consiste à copier la tables des appels système, la modifier et faire pointé le gestionnaire des appels système vers cette nouvelle table et ainsi laisser la table original inchangé.

L'avantage de cette méthode est qu'elle est très discrète par rapport à une injection LKM, en effet le rootkit ne se situe pas directement sur le disque de la machine mais il est présent dans mémoire volatile, ce qui fait qu'une analyse forensic doit pousser son investigation jusque dans la mémoire RAM pour trouver le rootkit.

3.1.2 Contre-mesures

Depuis les versions 2.6.26 du kernel linux une options activé par défaut, `CONFIG_STRICT_DEVMEM` qui limite l'accès à `/dev/mem` au premier megabyte. Cela permet d'accéder aux périphériques PCI et certaines régions du BIOS ce qui est suffisant pour les applications qui ont besoins d'utiliser `/dev/mem` et empêche les applications l'injection de code malicieuses.

3.2 Injection via un LKM

3.2.1 Explication

Lorem

3.2.2 Contre-mesures

Lorem

4 Détournement de l'exécution du noyau

4.1 Détournement des appels systèmes

Lorem

4.2 Détournement du `Virtual File System`

Lorem

5 Persistance du rootkit

La persistance du rootkit correspond en quelque sorte à sa durée de vie une fois injecté dans le kernel. Elle est très importante, le but du rootkit étant de récupérer des informations sensibles etc... Sa persistance au sein du système est donc primordiale.

Lors d'un redémarrage les modules ajoutés manuellement ne sont pas rechargés, il faut l'indiquer manuellement au système. Nous avons donc écrit un script bash qui va écrire le nom de notre module dans un fichier spécifique `/etc/modules/` (le nom et chemin du fichier n'est pas le même suivant l'OS) et placer notre rootkit compilé dans `/lib/modules/../kernel/drivers/directory/`. Pour perdre un peu plus l'utilisateur de la machine qui pourrait chercher manuellement dans la liste des dossiers drivers un nom suspect qui pourrait le mettre sur la piste d'une activité malicieuse, le script s'occupe de placer le rooktit compilé au sein d'un dossier légitime exemple : `/kernel/drivers/tty/rkduck.ko`. Le nom du dossier légitime peut être changé par l'attaquant avant l'injection du module, il pourra pendre soin de renommer aussi le rootkit compilé en un nom qui parait légitime du style audio.ko etc.

Lorsque le rootkit est chargé pour la première fois le script s'exécute et à chaque démarrage de la machine notre rootkit sera maintenant chargé au sein du kernel, la persistance est donc acquise et nous pouvons maintenant présenter les différentes fonctionnalités de notre rootkit.

6 Fonctionnalités du rootkit

6.1 Cacher des dossiers et fichiers

6.1.1 Dossiers

lorem

6.1.2 Fichiers

lorem

6.2 Backdoor

6.2.1 Bind shell

Un bind-shell correspond dans notre cas à un serveur socket qui attend une connexion de la part de l'attaquant pour pouvoir exécuter des commandes shell et renvoyer le résultat. Dans cette

optique nous avons mis en place un mini-serveur socket qui va simplement attendre les connexions entrantes sur un port spécifique fixé lors de l'injection du rootkit. Une fois la connexion établie, le serveur va attendre les commandes envoyées par l'attaquant, exécuter ces commandes, récupérer le résultat et renvoyer le tout au destinataire.

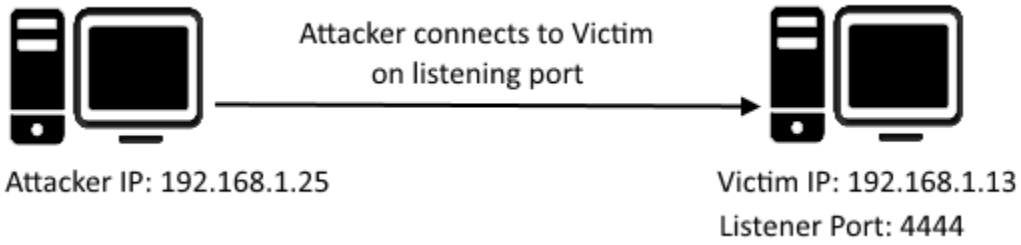


Figure 1: bind shell

L'exécution des commandes se fait via l'API `call_usermodhelper(...)`. Comme il n'est pas possible de récupérer le résultat des commandes directement, nous avons donc redirigé la sortie standard vers un fichier temporaire `/tmp/.cmd`, le résultat est lu puis renvoyé. Lorsque la connexion est interrompue avec l'attaquant le fichier qui contient le résultat de la dernière commande est supprimé.

6.2.2 Reverse shell

Le reverse shell consiste à l'opération inverse du bind-shell, ce n'est pas le rootkit qui va attendre une connexion mais l'attaquant qui va se mettre en mode "écoute". Le rootkit quand à lui va initier la connexion vers l'attaquant. (L'adresse ip doit donc être indiquer avant que le rootkit soit injecté). Lorsqu'il reçoit les commandes shell envoyées par l'attaquant le rootkit va se comporter exactement comme le bind shell, c'est à dire copier le résultat dans un fichier temporaire, lire le fichier et renvoyer le résultat.

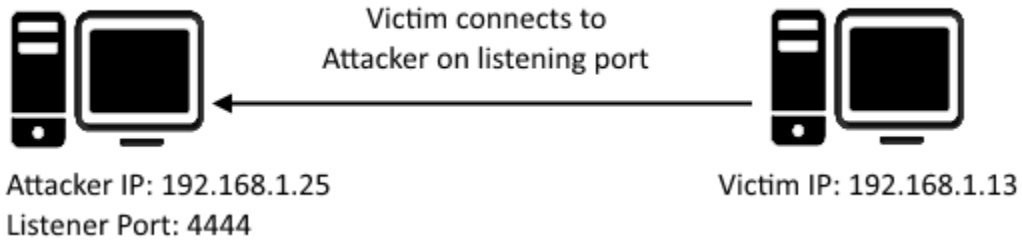


Figure 2: reverse shell

6.2.3 Activation des backdoors

Tout d'abord, l'attaquant choisit d'activer l'une des deux backdoor suivant la situation. Il peut activer et désactiver les backdoors via **crumb** comme nous l'expliquerons dans la partie (voir section 6.3). Ensuite il serait inconscient de laisser un bind-shell en écoute toute la journée si on veut rester le plus discret possible. Pour le reverse-shell il faut aussi lui donner un signal pour qu'il puisse se connecter à l'attaquant, nous avons pour cela décidé que la backdoor pourrait s'activer en envoyant un paquet ICMP avec un payload spécifique. Ce payload serait seulement connu de l'attaquant et seul lui peut donc se connecter à sa backdoor.

Nous avons donc implémenté un mini firewall à l'intérieur du rootktit qui va intercepter les paquets et regarder le type et le payload contenu, si il voit par exemple passer un paquet ICMP avec un payload spécifique et une taille de 10 alors il activera la backdoor :

- pour le reverse shell le rootkit va essayé de se connecter à l'ip de l'attaquant
- pour le bin-shell le rootkit va commencer à écouter et attendre une connexion venant de l'attaquant

Enfin il est possible que les paquets soient filtrés par un firewall externe, par exemple les paquets ICMP comportant un payload pourraient êtres rejetés et l'attaquant n'aurait aucun moyen d'accéder aux backdoors. Nous avons donc mis en place un timer qui va appeler activer la backdoor toutes les 12h. Le temps est bien sur configurable par l'utilisateur à l'injection du rootkit.

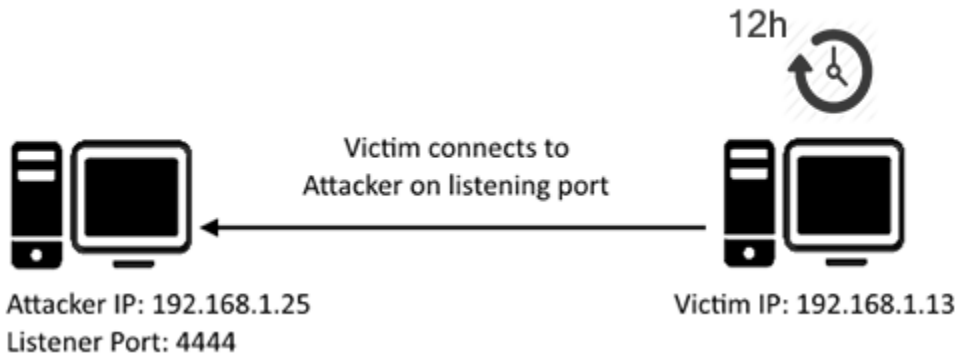


Figure 3: reverse shell

6.2.4 SSH backdoor

Afin de permettre à l'attaquant d'avoir encore plus la main sur la machine corrompu et dans le cas ou le défenseur désactiverait tout les ports non conventionnels, nous avons mis en place une backdoor ssh que l'attaquant est libre d'activer ou non. Elle va tout simplement mettre sa clé publique dans le fichier `/.ssh/authorized_keys` de root, il peut ainsi tout simplement se connecter en ssh avec l'utilisateur root. Évidement cela suppose que la machine cible est accessible depuis l'extérieur et que root puisse se connecter en ssh (option qui peut être désactivé dans les fichiers de configuration ssh).

Nous considérons cette "backdoor" comme options de secours dans le cas ou les autres ne fonctionnerais plus. Elle n'est pas très robuste car il suffit au défenseur de supprimer la clé public dans le fichiers `authorized_keys` mais encore faut il qu'il regarde se fichier et détermine qu'elle clé est la mauvaise. Si nous avons rajouté cette option ssh c'est parce qu'elle est utile si on sait que le défenseur a détecté nos traces (fermeture des ports, filtrage réseaux, commandes suspects netstat etc), il y a peu de chance qu'il ferme aussi le port ssh. L'attaquant peux alors se connecter directement en ssh et supprimer le rootkit avant que la victime n'est le temps de le récupérer pour une analyse forensic. Ou si la discrétion n'est pas la priorité, l'attaquant peut décider changer les ports, le rootkit de place, supprimer le filtrage etc. Le but étant comme nous l'avons évoqué plus haut de "perdre" un maximum le défenseur ou de rester le plus discret possible...

6.2.5 Cacher les connexions réseaux

lorem

6.3 Contrôle du rootkit depuis userland

lorem

6.4 Keylogger

lorem

7 Détection du rooktit

-¿ honeypot page 12

8 Conclusion

Lorem

9 Annexes

Lorem

10 Bibliographie

Lorem