2002년 한국정보처리학회 춘계학술발표논문집 제 9 권 제 1 호

커널 백도어 모듈 탐지 및 차단에 대한 연구

홍철호*, 고영웅, 김영필, 유혁
고려대학교 컴퓨터학과

e-mail : {chhong, yuko, ypkim, hxy}@os.korea.ac.kr

A Study of the Detection and Protection of the Kernel Backdoor Module

Cheol-Ho Hong*, Young-Woong Ko, Young-Pill Kim, Chuck Yoo
Dept. of Computer Science and Engineering, Korea University

요 약

일반적으로 악의적인 사용자는 시스템에 공격을 가해 관리자 권한을 취득한 후 그 시스템에 쉽게 침입하기 위해 백도어를 설치해 놓는다. 이전의 백도어는 대부분 사용자 영역에서 수행중인 응용 프로그램의 형태로 설치가 되었다. 그러나 최근에는 로더블 모듈과 같은 운영체제의 확장 방법을 이용하여 커널 영역에서 수행되는 백도어가 나타나게 되었다. 이러한 커널 백도어를 구현하는 방식은 크게 시스템 콜 테이블을 수정하는 방법과 시스템 콜 처리 루틴을 수정하는 방법의 두 가지로 나눌 수 있다. 본 논문에서는 기존에 구현된 커널 백도어의 특성 분석을 하였으며, 이를 기반으로 커널 백도어를 효율적으로 차단 및 탐지할 수 있는 방안을 제안하고 있다. 본 논문에서 언급하는 방안은 커널 메모리 영역에 대한 분석을 통하여 백도어가 시스템 콜 테이블을 수정하거나 시스템 콜 처리 루틴을 변경할 수 없도록 하는 보호 메커니즘을 적용하고 있다. 이를 통하여 커널 내부로 적재되어 백도어를 생성하는 악의적인 모듈의 가능성을 원천적으로 방지할 수 있다.

1. 서론

백도어(backdoor)는 고의적으로 만들어놓은 보안이 제거된 비밀 통로이다. 백도어는 원래 시스템 프로그래머들이 인증 과정 없이 시스템에 빠르게 접근하려는 목적으로 만들어 놓았던 지름길이었다. 그러나 근래에는 시스템 해킹을 목적으로 해커 그룹 등에 의해 백도어가 활발히 개발되고 있다. 해커는 취약성 공격 같은 방식으로 관리자 계정을 도용한 후 해킹 목적의 백도어 프로그램을 시스템에 직접 설치하여 이용한다. 일단 시스템에 백도어를 설치하면 비밀 경로를 통해 사용자 인증을 거치지 않고도 시스템에 바로 접근할 수 있게 된다. 과거에는 패스워드 크래킹 백도어, 로그인 백도어 등 응용 프로그램 수준의 백도어들이 발견되었으나 현재는 Knark, SLKM 등 커널(kernel) 백도어들이 주로 발견되고 있다. 현재 리눅스에서는 10 가지 이상의 커널 백도어들이 공개적 혹은 비공개적으로 개발되어 있는 실정이다.

커널 백도어는 커널 확장성(kernel extension)을 지원하는 유닉스 계열의 운영체제에 주로 설치된다. 커널 확장성은 기존의 커널에 새로운 커널 기능을 동적으로 적재 및 제거할 수 있는 운영체제 기법이다. 리눅스와 같은 시스템에서는 로더블 모듈(loadable module)이라는 커널 확장 기능을 제공하고 있다. 리눅스에서는 로더블 모듈로 특정 하드웨어 드라이버와 같이 자주 사용되지 않는 커널 프로그램들을 모듈로 만들어 필요할 경우 동적으로 로드(load) 및 언로드(unload)를 수행할 수 있다[1]. 또한 기본적으로 리눅스에 포함되어 있지 않은 강제적 접근 제어 정책 등의 보안 기능들도 모듈로 만들어 설치할 수 있다. 이렇게 커널 확장성은 커널 메모리를 절약하여 시스템의 유연한 운영을 가능하게 해주며 또한 기존의 커널에 포함되어 있지 않은 새로운 커널 기능들을 사용할 수 있게 해준다.

커널 백도어들은 로더블 모듈과 같은 커널 확장성을 이용하여 커널 메모리에 적재된다. 물론 커널 확장

성을 사용하지 못하게 시스템을 설정하면 커널 백도어에 대한 근본적인 대처를 할 수 있지만 커널 확장성이 주는 이점을 포기해야만 한다. 현재 커널 백도어를 탐지하고 차단하기 위해 여러 방법들이 나와있으며, 이런 방법들의 대부분은 커널 백도어의 일부분에 대해서만 대처가 가능하다. 본 논문에서는 커널 백도어들의 일반적인 특성을 추출해 낸 뒤 그에 알맞은 근본적인 커널 백도어 탐지 및 차단 방법을 제시하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 장에서는 관련연구로 커널 백도어가 작동하는 원리 및 이를 탐지하고 차단하기 위해 방법들을 기술한다. 3 장에서는 본 논문이 제시한 커널 백도어 탐지 및 차단 기법에 대해 논의한다. 마지막으로 4 장에서 결론을 맺는다.

2. 관련연구

2.1 커널 백도어의 작동 원리

유닉스 계열의 커널은 시스템 콜(system call)을 사용하여 커널과 유저 프로세스(user process)가 서로 통신한다. 유저 프로세스는 커널이 관리하고 있는 여러 가지 자원을 사용하기 위하여 커널 서비스를 요청하는 시스템 콜을 하게 되고 커널은 유저 프로세스가 원하는 서비스를 제공하게 된다. 시스템 콜에는 파일을 읽고 쓰는 것과 사용자 권한을 바꾸는 것 등이 포함되어 있다. 이런 시스템 콜들을 유저 프로세스가 호출하면 커널은 시스템 콜 테이블(system call table)에서 시스템 콜 핸들러(system call handler)의 위치를 찾아 해당 시스템 콜을 수행하도록 되어 있다.

커널 백도어는 이러한 시스템 호출을 가로채어 백도어 모듈에 있는 함수를 먼저 호출하고 백도어가 수행된 후에 원래 시스템 콜을 수행하는 방식으로 구현되어 있다. 그리고 이러한 가로채기 방법은 크게 두 가지 방식으로 나타나고 있으며, 시스템 콜 테이블을 직접 수정하는 방법[2]과 시스템 콜 루틴을 수정하는 방법[3]으로 나눌 수 있다.

2.1.1 시스템 콜 테이블을 변경하는 기법

커널 백도어는 커널 확장성을 이용하여 커널 메모리에 적재될 때 초기화 과정에서 시스템 콜 테이블에 있는 정상적인 시스템 콜 핸들러의 주소 중 일부를 커널 백도어 모듈 내의 악의적인 코드의 주소로 변경시킨다. 따라서 유저 프로세스에 의해 시스템 콜이 호출될 때 커널은 시스템 콜 테이블에서 가리키고 있는 백도어 함수를 먼저 수행하게 되며 백도어 함수가 수행된 후에 정상적인 시스템 콜 핸들러를 호출하게 된다. 따라서 사용자는 백도어가 현재 시스템에 설치되어 있는지 눈치채지 못한다.

2.1.2 시스템 콜 핸들러 루틴을 변경하는 기법

한편 커널 메모리에 적재될 때 시스템 콜 테이블을 변경하지 않고 시스템 콜 핸들러 루틴(routine)을 변경하여 자신의 코드로 혹(hook)을 걸어주는 변형된 커널 백도어도 존재한다. 이런 커널 백도어는 원래 시스템 콜 핸들러 루틴의 일부를 백업한 후 그 부분에 자신이 작성한 루틴으로 점프(jump)가 되도록 코드를 수정한다. 시스템 콜이 호출되면 시스템 콜 핸들러 중간에서 악의적인 코드로 이동이 되며 그 코드의 수행이 끝난 후에는 다시 백업한 내용을 복원하여 정상적인 시스템 콜 핸들러가 수행되도록 한다. 이런 백도어는 탐지 자체가 거의 불가능할 뿐만 아니라 탐지가 되더라도 모듈을 다시 언로드 하기가 쉽지 않다.

2.2 커널 백도어 실례

대표적인 커널 백도어에는 Knark, Rkit, SLKM, abtrom 등이 있다. Knark[2][4]의 경우 make 와 insmod Knark 으로 쉽게 설치가 되며 설치된 모듈은 프로세스 상태 및 모듈 리스트 확인에서 검출되지 않는다. Knark 은 커널 메모리에 적재된 후 /proc/knark 이라는 숨겨진 디렉토리를 만들고 그곳에 설치된 모듈을 이용하기 위한 파일들을 복사해놓는다. 커널 메모리에 적재된 모듈과 응용 프로그램이 혼합되어 파일과 프로세스를 숨기거나 외부에서 루트로 접속할 수 있다.

Knark 의 경우 현재까지 알려진 여러 백도어들 중에 가장 많은 기능을 제공하고 있다. 한편 대부분의 커널 백도어들은 자신의 프로세스 및 백도어를 이용하기 위한 응용 프로그램 파일들을 숨기기 위해 시스템 콜 테이블 및 프로토콜 핸들러, 모듈 리스트 등의 커널 자료구조를 변경하고 있다[2].

2.3 커널 백도어 탐지 및 차단에 대한 기존 연구

커널 백도어에 대한 문제는 크게 탐지 및 차단의 두가지 이슈로 나뉘어진다. 커널 백도어가 특정 시스템에 설치되어 있는지 판단하는 개념이 탐지의 문제이고 커널 백도어가 커널 메모리에 적재되지 못하게 막는 개념이 차단의 문제이다.

커널 백도어가 특정 시스템에 설치되어 있는지 탐지하는 방법은 어렵다. 커널 백도어 자체가 자신을 탐지할 수 있는 커널 자료구조 및 시스템 콜을 변경하기 때문이다. 그래서 커널 백도어가 설치되어 있지 않은 시스템, 즉 믿을 수 있는 커널에 대해서만 새로 적재될 커널 백도어에 대한 차단이 가능하게 된다.

현재 개발되고 있는 커널 백도어 탐지 및 차단 기법은 시스템 콜 테이블을 변경하는 커널 백도어 쪽에 초점을 두고 있다. 아래에 소개할 커널 백도어 탐지 및 차단에 대한 기법도 시스템 콜 테이블을 변경하는 커널 백도어에 대한 것들이다. 이것은 시스템 콜 핸들러 루틴을 직접 수정하는 커널 백도어가 아직 잘 알려져 있지 않기도 하지만 실제로 그런 백도어에 대한 탐지 및 차단의 방법이 어렵기 때문이다.

2.3.1 커널 백도어 탐지 기법

Kstat 이라는 리눅스 커널 백도어 탐지 프로그램은 현재의 커널 메모리 정보를 담고 있는 /dev/kmem 과 커널이 컴파일되는 시점에서 수집된 커널 심볼 정보를 담고 있는 /boot/System.map 을 비교한다. /dev/kmem 내의 시스템 콜 테이블 내용과 /boot/System.map 에 있는 시스템 콜 핸들러 심볼의 주소를 비교하여 서로 상이한 경우에는 커널 컴파일 이후에 악의적인 사용

자가 시스템 콜 테이블 내용을 변경했다고 가정하여 커널 백도어가 존재한다고 판단한다[4]. 그러나 악의적인 사용자가 커널 백도어 모듈을 설치한 후 /dev/kmem 을 참조해서 /boot/System.map 을 수정하는 경우에는 커널 백도어를 발견하기 힘들게 된다. 즉 백도어 프로그램이 System.map 파일에 있는 내용 중에서 시스템 콜 핸들러의 심볼 주소를 백도어 코드의 심볼 주소로 변경하게 되면, 커널 백도어는 Kstat 을 피해갈 수 있다.

다음은 Kstat 을 이용해서 커널 백도어를 탐지해내는 예이다. 각각의 변경된 시스템 콜 핸들러의 주소에 대해서 /boot/System.map 에 있는 원래의 위치로 경고해주고 있다.

```
sys_fork        0xc284652c WARNING! Should be at 0xc0108c88
sys_read        0xc2846868 WARNING! Should be at 0xc012699c
sys_execve      0xc2846bb8 WARNING! Should be at 0xc0108ce4
sys_kill        0xc28465d4 WARNING! Should be at 0xc01106b4
sys_ioctl       0xc2846640 WARNING! Should be at 0xc012ff78
sys_clone       0xc2846580 WARNING! Should be at 0xc0108ca4
```

Kstat 과 다른 접근 방식으로 BTRom 이라는 리눅스 커널 백도어 탐지 프로그램이 사용하는 방법을 들 수 있다. 이 프로그램은 원래 시스템 콜 핸들러의 주소 영역이 리눅스 커널 메모리에서 _text 와 _edata 사이에 존재한다고 판단하고 이 영역 안에 존재하지 않는 주소로 시스템 콜 테이블이 세팅되어 있을 경우 커널 백도어가 설치되어 있다고 판단한다[5].

리눅스에서 커널 모듈이 insmod 명령에 의해 로드되는 과정에서 create_module 이 호출되고 그 안에서 vmalloc 이 호출되어 메모리 공간을 확보한 후에, copy_from_user 명령을 통해 디스크에 있는 모듈을 커널 메모리 내로 복사한 후 모듈을 실행하게 된다[1]. 이때 vmalloc 은 가상 주소 공간에서 연속적인 영역을 할당 받을 수 있는 함수이다. 커널은 vmalloc 을 통해 모듈이 적재될 공간을 찾아내며, 모듈이 적재되는 주소 공간은 _text 와 _edata 사이의 영역에 포함되지 않는다. 그러므로 커널 메모리 내에 적재되는 백도어는 _text 와 _edata 사이의 영역 밖에 존재하게 되므로 BTRom 의 판단 방법은 합리적이다.

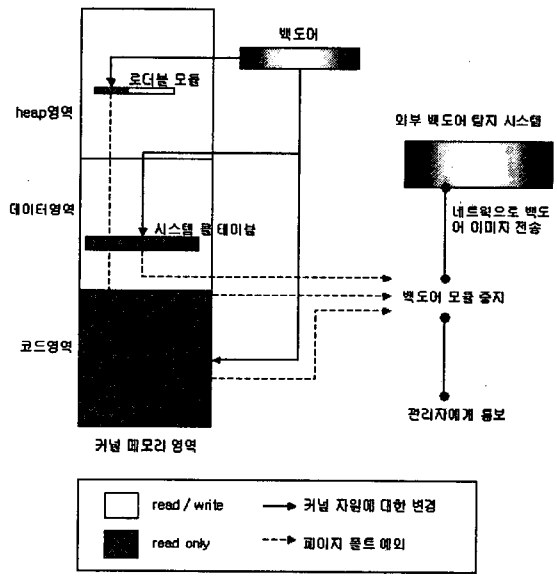
2.3.2 커널 백도어 차단 기법

한편 커널 백도어 차단에 대한 연구는 다음과 같이 이루어지고 있다. 첫번째 방법은 커널 모듈이 초기화될 때 디어셈블러 분석기를 호출하여 커널 모듈을 기계어로 변환한 후 변환한 기계어 중 시스템 콜 테이블을 변경하는 패턴이 검출되면 백도어로 판단하여 더 이상 커널 모듈이 진행하지 못하도록 하는 방법이다[6]. 예를 들어 0x60 이 시스템 콜 테이블의 24 번째 번지를 가리키고 있고 커널 모듈 내에 movl $0x0, 0x60 라는 기계어가 검출되면 커널 모듈의 진행을 중지시키는 방법이다. 이와 같은 방법은 movl $0x0, 0x60 와 같은 단순한 패턴의 검출에는 용이하지만 위와 같은 명령어가 여러 차례 우회해서 실행되게 되면 검출이 어렵다는 단점을 갖고 있다.

두번째 방법은 커널 모듈이 로드될 때 시스템 콜 테이블 및 모듈 리스트 등을 미리 백업해 두었다가 커널 모듈이 로드된 후 시스템 콜 테이블 및 모듈 리스트 등이 변경되었다는 것을 발견한 경우 다시 원래 내용으로 덮어 씌우는 것이다[7].

3. 커널 메모리 보호를 통한 커널 백도어 탐지 및 차단 기법 설계

현재까지 커널 백도어 탐지 및 차단에 대한 연구는 주로 시스템 콜 테이블을 변경하는 커널 백도어에 집중되어 있었다. 따라서 시스템 콜 테이블을 변경하지 않는 커널 백도어에 대해서도 적절한 대책이 마련되어야 한다. 시스템 콜 테이블을 변경하는 커널 백도어와 시스템 콜 테이블을 변경하지 않고 루틴을 직접 수정하는 커널 백도어 문제를 다음 그림 1 과 같은 방법으로 동시에 해결할 수 있다.



[그림1] 커널 백도어 탐지 및 차단 기법

커널 백도어에 대한 탐지 및 차단을 위해서 본 논문에서 제시하는 방법은 커널 메모리 공간에 대한 메모리 보호 메커니즘을 적용하고 있다. 그림 1 에서 보이는 것처럼 시스템 콜 테이블과 시스템 콜 처리 루틴이 있는 코드 영역 그리고 다른 로더블 모듈의 코드에 대한 쓰기 시도가 발견되었을 때, 이를 탐지하여 즉각적인 대처를 할 수 있다. 각각의 내용에 대해서는 다음과 같다.

3.1 시스템 콜 핸들러 루틴을 직접 변경하는 커널 백도어 문제

일반적으로 프로세스는 코드, 데이터, 스택 영역으로 구분되어 있다. 유저 프로세스일 경우에는 코드 영역에 대해 쓰기 방지 속성이 부여되어 있다. 유저 프

로세스가 실행되는 중에 유저 프로세스의 코드 영역에 쓰기를 시도하면 세그먼테이션 폴트가 발생하며 프로세스가 비정상적으로 종료하게 된다. 그러나 커널 영역에서는 메모리 보호가 엄격하게 제공되고 있지 않으며, 이는 커널 코드가 스스로를 안전하고 신뢰할 수 있다고 믿기 때문이다. 하지만 로더블 모듈을 통해서 커널 내부에서 수행중이 코드들 중에서는 신뢰할 수 없는 코드들이 존재하며, 이에 대한 방지를 위해서는 커널 메모리 영역에 대한 보호가 제공되어야 한다. 즉 현재는 커널 코드가 배치되어 있는 영역에 대한 쓰기를 허용하고 있으며, 이를 통하여 커널의 코드 영역에 있는 시스템 콜 핸들러 루틴의 일부 내용을 자신이 원하는 코드로 바꾸어 버리는 작업이 가능하다. 따라서 앞에서 언급한 abtrom 과 같은 커널 백도어가 동작할 수 있도록 하는 취약성을 제공해준다.

이런 문제를 해결하기 위해서는 페이지 테이블의 읽기, 쓰기 속성에 대하여 커널 코드에 해당되는 페이지 테이블에는 읽기 속성만 부여하여 다른 커널 모듈 등이 커널 코드 영역을 변경하지 못하도록 해야 한다. 이런 방법으로 시스템 콜 테이블을 변경하지 않는 커널 백도어 자체를 차단할 수 있다.

3.2 시스템 콜 테이블을 변경하는 커널 백도어 문제

한편 시스템 콜 테이블을 변경하는 커널 백도어에 대해서는 커널 데이터 영역의 시스템 콜 테이블에 대하여 읽기 속성만을 부여하면 해결이 가능하다. 따라서 시스템 콜 테이블에 쓰기 접근을 시도하는 시도가 발견되면, 커널 내부의 페이지 폴트 처리 루틴이 동작하여 백도어를 탐지하게 된다.

3.3 기타 커널 백도어 문제

그리고 잘 알려진 로더블 모듈의 모듈 리스트를 취한 후 그 코드 부분을 수정하여 자신의 루틴을 수행시키려는 커널 백도어가 있을 수 있으므로 커널 코드와 데이터 영역 밖에 존재하는 커널 모듈에 대해서 모듈의 코드 영역 부분에 읽기 속성만을 부여하는 일도 수행되어야 한다.

3.4 페이지 폴트 예외 처리 문제

이렇게 주요한 커널 부분에 대해서 읽기 권한만이 부여된 시스템의 경우 커널 백도어가 시스템 콜 테이블을 수정하려 하거나 시스템 콜 핸들러 루틴을 고치려 하면 페이지 폴트 예외(page fault exception)가 발생되고[8] 발생된 예외 처리 루틴에서 예외가 일반적인 사항에서 발생한 건지 아니면 모듈의 적재 과정에서 발생한 건지를 판단하여 모듈의 적재 과정에서 발생한 것으로 판단되면 일단 모듈이 백도어라고 판단하고 모듈의 적재를 중지시켜야 한다. 그렇게 모듈의 적재가 중지되면 현재 모듈을 설치하고 있는 악의적인 사용자가 관리자 권한을 갖고 있으므로 특별한 방법으로 관리자에게 통보를 하거나 백도어를 판단할 수 있는 특정한 시스템에 중지된 모듈의 이미지를 네트웍으로 보내 그 모듈이 백도어인지 커널 시뮬레이션 등을 통해 확인한 후 백도어가 아닌 경우에만 다시 적재할 수 있는 메커니즘을 고려할 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 현재까지 발견된 커널 백도어들의 작동원리와 실례를 들었고 그런 백도어를 탐지하고 차단하기 위한 기존의 방법들을 살펴보았다. 기존의 유닉스 커널 백도어에 대한 연구는 시스템 콜 테이블을 변경하는 커널 백도어에 대해서 집중되어 있었다. 본 논문에서는 시스템 콜 테이블을 수정하는 백도어 기법과 시스템 콜 처리 루틴을 수정하는 백도어 기법 등에 대하여 언급하고 이를 해결할 수 있는 효과적인 방법으로 커널 메모리 보호 메커니즘에 대하여 언급하였다. 본 논문에서 제시하는 방법은 시스템 콜 테이블을 수정, 시스템 콜 처리 루틴을 수정, 그리고 다른 모듈을 수정하는 여러 가지 커널 백도어를 동시에 방어할 수 있는 방법이다. 본 논문에서 제시한 방법은 커널 확장성에서 발생되는 커널 백도어 문제를 원천적으로 제거할 수 있을 뿐 아니라, 앞으로 나오게 되는 커널 백도어에 대한 예방을 할 수 있으므로, 그 활용범위가 매우 넓다.

참고문헌

[1] A. Rubini, "Linux device drivers", O'Reilly, 2001

[2] 정현철, "커널기반 루트킷 분석 보고서", 한국정보보호센터 CERTCC-KR, 2000

[3] R. Quesada, "New ways of of hiding the modules", 2000
http://www.securitybugware.org/Linux/797.html

[4] Dino Dai Zovi, "Kernel rootkits", 2001
http://rr.sans.org/threats/rootkits.php

[5] "BTRom, a Linux Trojan Eraser", 1999
http://www.megasecurity.org/Cleaners/BTRom.htm

[6] 김성수, "리눅스 커널 모듈 백도어 방지에 대한 연구", 한국정보과학회, 2001

[7] 백병욱, "유닉스 커널 백도어 탐지 및 차단 시스템", 한국정보보호학회, 2002

[8] D. P. Bovet, "Understanding the linux kernel", O'Reilly, 2001

[9] Plasmoid, "Solaris loadble kernel module"

[10] Andrew P.Kosoresow, "Intrusion detection via system call trace", IEEE software, 1997

[11] Craig Metz, "Safety checking of kernel extensions", USENIX, 2000

[12] Yin Zhang "Detecting backdoors", USENIX, 2000