#44u6115f

SDT Hooking 무력화에 대한 연구

By Dual5651
(http://dualpage.muz.ro)

요약 : 이 문서는 Windows 2000/XP/2003 환경에서의 SSDT Hooking을 무력화 시키는 방법에 대한 필자의 연구내용을 다루고 있습니다. 이 문서는 독자가 SSDT Hooking에 대하여 알고 있다는 전제하에 쓰여졌습니다.

1. 소개 - SSDT Hooking

SSDT란 System Service Dispatch Table의 약자로써 Window의 API들의 실제 함수의 주소들이 저장되어 있는 Table입니다. Kernel단에서의 처리가 필요한 API들은 해당 API의 Service Index를 이용하여 SSDT에서 해당 함수의 실제 주소를 얻어 호출합니다. SSDT는 Kernel단의 Memory에 존재 하는데, SSDT는 Process 독립적인 부분이 아닙니다. 즉 어떠한 조작을 하지 않는 한 모든 Application들은 모두 같은 Table을 참조하고 있는 것입니다. 그럼으로 SSDT를 수정하여 주면 시스템 전역 적인 API Hooking을 할 수 있습니다. 이러한 이유로 수많은 Rootkit들이 SSDT Hooking을 사용 하고 있으며, Virus Engine의 동작기반 Virus탐지 기술에도 사용되고 있습니다.

2. Windows Internals

Ring3에서 Ring0로 Service 호출을 할때, Windows 2000까지는 int 0x2e를 사용 하였으며, Windows XP부터는 sysenter를 사용하여 Ring0로 전환하고 있습니다. Kernel단의 처리가 필요한 API가 실제로 어떠한 호출과정을 거치는지 CreateFile()의 호출 과정을 통해 보도록 하겠습니다.

---------- Ring 3 ----------

Application에서 CreateFile 호출

```
CreateFile(szFileName,,,,,,,);
```

Kernel32.dll 의 CreateFileA() 호출됨.

```
7C801A24   8BFF             MOV EDI,EDI
7C801A26   55               PUSH EBP
7C801A27   8BEC             MOV EBP,ESP
7C801A29   FF75 08          PUSH DWORD PTR SS:[EBP+8]
7C801A2C   E8 43C60000      CALL kernel32.7C80E074
7C801A31   85C0             TEST EAX,EAX
7C801A33   74 1E            JE SHORT kernel32.7C801A53
7C801A35   FF75 20          PUSH DWORD PTR SS:[EBP+20]
7C801A38   FF75 1C          PUSH DWORD PTR SS:[EBP+1C]
7C801A3B   FF75 18          PUSH DWORD PTR SS:[EBP+18]
7C801A3E   FF75 14          PUSH DWORD PTR SS:[EBP+14]
7C801A41   FF75 10          PUSH DWORD PTR SS:[EBP+10]
7C801A44   FF75 0C          PUSH DWORD PTR SS:[EBP+C]
7C801A47   FF70 04          PUSH DWORD PTR DS:[EAX+4]
7C801A4A   E8 11ED0000      CALL kernel32.CreateFileW
7C801A4F   5D               POP EBP
7C801A50   C2 1C00          RETN 1C
7C801A53   83C8 FF          OR EAX,FFFFFFFF
7C801A56   EB F7            JMP SHORT kernel32.7C801A4F
7C801A59   90               NOP
```

Kernel32.dll의 CreateFileW() 호출됨.

```
7C8100C8   8BDA             TEST EDX,EBX
7C8100CA   0F85 30FE0100    JNZ kernel32.7C830700
7C8100D0   F7C3 00001000    TEST EBX,100000
7C8100D6   0F85 07FE0100    JNZ kernel32.7C8306E3
7C8100DC   837D 20 00       CMP DWORD PTR SS:[EBP+20],0
7C8100E0   0F85 21FE0100    JNZ kernel32.7C830707
7C8100E6   83C8 40          OR EAX,40
7C8100E9   FF75 14          PUSH DWORD PTR SS:[EBP+14]
7C8100EC   81E3 A77F0000    AND EBX,7FA7
7C8100F2   57               PUSH EDI
7C8100F3   50               PUSH EAX
7C8100F4   FF75 F8          PUSH DWORD PTR SS:[EBP-8]
7C8100F7   8D45 E0          LEA EAX,DWORD PTR SS:[EBP-20]
7C8100FA   FF75 10          PUSH DWORD PTR SS:[EBP+10]
7C8100FD   81C9 00001000    OR ECX,100000
7C810103   53               PUSH EBX
7C810104   6A 00            PUSH 0
7C810106   50               PUSH EAX
7C810107   8D45 A8          LEA EAX,DWORD PTR SS:[EBP-58]
7C81010A   50               PUSH EAX
7C81010B   51               PUSH ECX
7C81010C   8D45 08          LEA EAX,DWORD PTR SS:[EBP+8]
7C81010F   50               PUSH EAX
7C810110   FF15 0810807C    CALL DWORD PTR DS:[<&ntdll.NtCreateFile
7C810116   8BD8             MOV EBX,EAX
7C810118   64:A1 18000000   MOV EAX,DWORD PTR FS:[18]
7C81011E   FF75 F4          PUSH DWORD PTR SS:[EBP-C]
7C810121   8B40 30          MOV EAX,DWORD PTR DS:[EAX+30]
7C810124   6A 00            PUSH 0
7C810126   FF70 18          PUSH DWORD PTR DS:[EAX+18]
7C810129   FFD6             CALL ESI
7C81012B   64:A1 18000000   MOV EAX,DWORD PTR FS:[18]
```

ntdll.dll의 NtCreateFile() 호출됨.

```
7C93D682   B8 25000000     MOV EAX,25
7C93D687   BA 0003FE7F     MOV EDX,7FFE0300
7C93D68C   FF12            CALL DWORD PTR DS:[EDX]
7C93D68E   C2 2C00         RETN 2C
```

위의 코드는 ntdll의 NtCreateFile()를 Disassemble한 것인데,
eax의 값은 호출하고자 하는 Native API의 Service Index이고,
edx의 값은 KiSystemCallEntry()의 주소를 가진 포인터 값입니다.

ntdll.dll의 KiFastSystemCall() 호출됨.

```
7C93EB8B   8BD4            MOV EDX,ESP
7C93EB8D   0F34            SYSENTER
7C93EB8F   90              NOP
7C93EB90   90              NOP
7C93EB91   90              NOP
7C93EB92   90              NOP
7C93EB93   90              NOP
7C93EB94   C3              RETN
```

현재 ESP값을 EDX에 저장 시키고 SYSENTER 명령어를 실행 시킨다.
SYSENTER 명령어는 MSR중 IA32_SYSENTER_EIP(0x176)번에 저장되어
있는 함수를 실행 시킵니다.

---------- Ring 0 ----------

ntoskrnl.exe의 KiFastCallEntry() 호출됨.

```
804E06F0 : B9 23000000                 : MOV     ECX, 23
804E06F5 : 6A 30                       : PUSH    30
804E06F7 : 0FA1                        : POP     FS
804E06F9 : 8ED9                        : MOV     DS, CX
804E06FB : 8EC1                        : MOV     ES, CX
804E06FD : 8B0D 40F0DFFF               : MOV     ECX, DWORD PTR [FFDFF040]
804E0703 : 8B61 04                     : MOV     ESP, DWORD PTR [ECX+4]
804E0706 : 6A 23                       : PUSH    23
804E0708 : 52                          : PUSH    EDX
804E0709 : 9C                          : PUSHFD
804E070A : 6A 02                       : PUSH    2
```

어떠한 조작을 가하지 않는 한 IA32_SYSENTER_EIP에는 KiFastCallEntry()의
주소가 저장되어 있습니다. KiFastCallEntry()는 Kernel단에서 필요한 작업을
처리하기 위한 준비 작업을 합니다. KiFastCallEntry()는 현재 Thread의
ETHREAD 구조체의 ServiceTable를 읽어서 Table의 주소를 구합니다.
조작을 가하지 않는한 EPROCESS의 ServiceTable에는 System Thread라면
ntoskrnl.exe에 의해 export되어 지는 KeServiceDescriptorTable의 주소가, GUI
Thread라면 KeServiceDescriptorTableShadow의 주소가 담겨 있습니다.

ntoskrnl.exe의 ZwCreateFile() 호출됨.

```
80572D48 : 8BFF                          : MOV     EDI, EDI
80572D4A : 55                            : PUSH    EBP
80572D4B : 8BEC                          : MOV     EBP, ESP
80572D4D : 33C0                          : XOR     EAX, EAX
80572D4F : 50                            : PUSH    EAX
80572D50 : 50                            : PUSH    EAX
80572D51 : 50                            : PUSH    EAX
80572D52 : FF75 30                       : PUSH    DWORD PTR [EBP+30]
```

eax레지스터로 넘어온 Service Index를 참조하여 KiFastCallEntry()는
SSDT에서 실제 함수의 주소를 구해 호출합니다.

---------- Ring 3 ----------

ntdll.dll의 KiSystemCallRet() 호출됨

```
7C93EB94   C3              RETN
```

KiFastCallEntry()에 의해 실제 함수의 Call처리가 완료된 후,
SYSEXIT명령을 이용하여 Ring3로 돌아오게 됩니다.

ntdll.dll의 NtCreateFile()로 리턴됨.

```
7C93E10E   C2 0800         RETN 8
```

kernel32.dll의 CreateFileW()로 리턴됨.

kernel32.dll의 CreateFileA()로 리턴됨.

Application의 코드로 리턴됨.

Kernel단의 처리가 필요한 API들은 대부분 위와 같은 과정을 통해 수행 되어
집니다. 이 때 Hooking할 수 있는 기회는 다음과 같습니다.

Ring 3 :

1) Application의 Import Descriptor Table에서 CreateFileA()의 주소 수정
2) kernel32.dll의 Export Descriptor Table에서 CreateFileA()의 주소 수정
3) kernel32.dll의 Import Descriptor Table에서 NtCreateFile()의 주소 수정
3) kernel32.dll의 CreateFileA() Inline Hooking
4) kernel32.dll의 CreateFileW() Inline Hooking
5) ntdll.dll의 Export Descriptor Table에서 NtCreateFile()의 주소 수정
6) ntdll.dll의 NtCreateFile() Inline Hooking or HotByte Hooking
7) ntdll.dll의 KiFastSystemCall() Inline Hooking

Ring 0 :
1) MSR의 IA32_SYSENTER_EIP(0x176)번 수정 - Sysenter Hooking
   or IDT의 0x2e번 수정 - KiSystemService() Hooking
2) KiFastCallEntry() Inline Hooking
3) KiSystemService() Inline Hooking
4) SSDT Hooking
5) NTAPI Inline Hooking

위와 같이 공격자 입장에서는 Hooking할 기회가 많이 있습니다.
이 글에서 위의 모든 내용을 다루는 방법이나 방어법에 관하여 모두
다를 수는 없습니다. 하지만 이미 NET상에는 해당 방법에 관한 많은
문서들이 올라와 있음으로 어렵지 않게 자료를 구하실 수 있을 겁니다.

3. SSDT Hooking 무력화의 원리와 코드

1) SDT-RESTORE by Chew Keong TAN

SIG^2 G-TEC Lab에 의해 발표된 방법입니다.
핵심적인 것은 Ring3에서 ₩device₩physicalmemory Section을
NtOpenSection()로 열어 Kernel Memory에 접근할 수 있다는 점과,
NtQuerySystemInformation()을 이용하여 ntoskrnl.exe가 로드되어 있는
Base주소를 구할 수 있다는 점, ntdll.dll의 Export Table에는 KiServiceTable
에 존재하는 함수들의 이름이 모두 존재한다는 것입니다.

코드의 내용 중 중요한 부분을 살펴보도록 하겠습니다.

```
BOOL getNativeAPIs(void)
{
        HMODULE hntdll;

        hntdll = GetModuleHandle("ntdll.dll");

        *(FARPROC *)&_RtlAnsiStringToUnicodeString =
                        GetProcAddress(hntdll, "RtlAnsiStringToUnicodeString");

        *(FARPROC *)&_RtlInitAnsiString =
                        GetProcAddress(hntdll, "RtlInitAnsiString");

        *(FARPROC *)&_RtlFreeUnicodeString =
                        GetProcAddress(hntdll, "RtlFreeUnicodeString");

        *(FARPROC *)&_NtOpenSection =
                        GetProcAddress(hntdll, "NtOpenSection");

        *(FARPROC *)&_NtMapViewOfSection =
```

```
                        GetProcAddress(hntdll, "NtMapViewOfSection");

        *(FARPROC *)&_NtUnmapViewOfSection =
                        GetProcAddress(hntdll, "NtUnmapViewOfSection");

        *(FARPROC *)&_NtQuerySystemInformation =
                GetProcAddress(hntdll, "ZwQuerySystemInformation");

        if(_RtlAnsiStringToUnicodeString && _RtlInitAnsiString &&
_RtlFreeUnicodeString &&
                _NtOpenSection && _NtMapViewOfSection &&
_NtUnmapViewOfSection && _NtQuerySystemInformation)
        {
                return TRUE;
        }
        return FALSE;
}
```

GetModuleHandle()을 이용하여 현재 Application에 Load되어 있는 ntdll.dll 의 Base주소를 구해온 후, GetProcAddress()를 사용하여 사용할 함수들의 주소를 구해오는 함수입니다.

```
HANDLE openPhyMem()
{
        HANDLE hPhyMem;
        OBJECT_ATTRIBUTES oAttr;

        ANSI_STRING aStr;

        _RtlInitAnsiString(&aStr, "₩₩device₩₩physicalmemory");

        UNICODE_STRING uStr;

        if(_RtlAnsiStringToUnicodeString(&uStr, &aStr, TRUE) != STATUS_SUCCESS)
        {
                return INVALID_HANDLE_VALUE;
        }

    oAttr.Length = sizeof(OBJECT_ATTRIBUTES);
    oAttr.RootDirectory = NULL;
    oAttr.Attributes = OBJ_CASE_INSENSITIVE;
    oAttr.ObjectName = &uStr;
    oAttr.SecurityDescriptor = NULL;
    oAttr.SecurityQualityOfService = NULL;

        if(_NtOpenSection(&hPhyMem, SECTION_MAP_READ |
SECTION_MAP_WRITE, &oAttr ) != STATUS_SUCCESS)
        {
                return INVALID_HANDLE_VALUE;
```

```
        }

        return hPhyMem;
}
```

ntdll의 NtOpenSection()를 이용하여 ₩₩device₩₩physicalmemory를
READ & WRITE권한으로 열어 옵니다.

```
LPVOID loadDLL(char *dllName)
{
        char moduleFilename[MAX_PATH +  1];
        LPVOID ptrLoc = NULL;
        MZHeader mzH2;
        PE_Header peH2;
        PE_ExtHeader peXH2;
        SectionHeader *secHdr2;

        GetSystemDirectory(moduleFilename, MAX_PATH);
        if((myStrlenA(moduleFilename) +  myStrlenA(dllName)) >= MAX_PATH)
                return NULL;

        strcat(moduleFilename, dllName);

        // load this EXE into memory because we need its original Import Hint Table

        HANDLE fp;
        fp = CreateFile(moduleFilename, GENERIC_READ, FILE_SHARE_READ, NULL,
OPEN_EXISTING, 0, NULL);

        if(fp != INVALID_HANDLE_VALUE)
        {
                BY_HANDLE_FILE_INFORMATION fileInfo;
                GetFileInformationByHandle(fp, &fileInfo);

                DWORD fileSize = fileInfo.nFileSizeLow;
                //printf("Size = %d₩n", fileSize);
                if(fileSize)
                {
                        LPVOID exePtr = HeapAlloc(GetProcessHeap(), 0, fileSize);
                        if(exePtr)
                        {
                                DWORD read;

                                if(ReadFile(fp, exePtr, fileSize, &read, NULL)
                                        && read == fileSize)
                                {
                                        if(readPEInfo((char *)exePtr, &mzH2,
                                                &peH2, &peXH2, &secHdr2))
```

```
                                        {
                                                int imageSize
                        = calcTotalImageSize(&mzH2, &peH2, &peXH2, secHdr2);


                                                //ptrLoc =
 VirtualAlloc(NULL, imageSize, MEM_COMMIT, PAGE_EXECUTE_READWRITE);
                                                ptrLoc =
 HeapAlloc(GetProcessHeap(), 0, imageSize);
                                                if(ptrLoc)
                                                {

loadPE((char *)exePtr, &mzH2, &peH2, &peXH2, secHdr2, ptrLoc);
                                                }
                                        }

                                }
                                HeapFree(GetProcessHeap(), 0, exePtr);
                        }
                }
                CloseHandle(fp);
        }

        return ptrLoc;
}
```

시스템 디렉토리에서 인자로 넘어온 프로그램을 열어 메모리를 할당하여 EXCUTE & READ & WRITE 권한으로 메모리를 할당하고 로드하는 역할을 합니다.

```
DWORD procAPIExportAddr(DWORD hModule, char *apiName)
{
        if(!hModule || !apiName)
                return 0;

        char *ptr = (char *)hModule;
        ptr += 0x3c;            // offset 0x3c contains offset to PE header

        ptr = (char *)(*(DWORD *)ptr) + hModule + 0x78;
                // offset 78h into PE header contains addr of export table

        ptr = (char *)(*(DWORD *)ptr) + hModule;
                        // ptr now points to export directory table

        // offset 24 into the export directory table == number of entries
         // in the Export Name Pointer Table

         // table
        DWORD numEntries = *(DWORD *)(ptr + 24);
        //printf("NumEntries = %d₩n", numEntries);
```

```
        DWORD *ExportNamePointerTable = (DWORD *)
         (*(DWORD *)(ptr +  32) +  hModule);
// offset 32 into export directory contains offset to Export Name Pointer Table

        DWORD ordinalBase = *((DWORD *)(ptr +  16));
        //printf("OrdinalBase is %d₩n", ordinalBase);



        WORD *ExportOrdinalTable = (WORD *)
         ((*(DWORD *)(ptr +  36)) +  hModule);
// offset 36 into export directory contains offset to Ordinal Table
        DWORD *ExportAddrTable = (DWORD *)
 ((*(DWORD *)(ptr +  28)) +  hModule);
// offset 28 into export directory contains offset to Export Addr Table

        for(DWORD i = 0; i < numEntries; i++)
        {
                char *exportName = (char *)(ExportNamePointerTable[i]
+  hModule);

                if(myStrcmpA(exportName, apiName) == TRUE)
                {
                        WORD ordinal = ExportOrdinalTable[i];
                        //printf("%s (i = %d) Ordinal = %d at %X₩n",
                           // exportName, i, ordinal, ExportAddrTable[ordinal]);

                        return (DWORD)(ExportAddrTable[ordinal]);
                }
        }

        return 0;
}
```

첫 번째 인자로 넘어온 Base주소에 Load되어 있는 PE 포맷을 가진 파일로부터
두 번째 인자로 넘어온 이름을 Export Descriptor Table에서 찾아서 리턴하여 줍니다.

```
DWORD getKernelBase(void)
{
        HANDLE hHeap = GetProcessHeap();

        NTSTATUS Status;
    ULONG cbBuffer = 0x8000;
    PVOID pBuffer = NULL;
        DWORD retVal = DEF_KERNEL_BASE;

    do
    {
                pBuffer = HeapAlloc(hHeap, 0, cbBuffer);
```

```
		if (pBuffer == NULL)
			return DEF_KERNEL_BASE;

		Status = _NtQuerySystemInformation(SystemModuleInformation,
					pBuffer, cbBuffer, NULL);

		if(Status == STATUS_INFO_LENGTH_MISMATCH)
		{
			HeapFree(hHeap, 0, pBuffer);
			cbBuffer *= 2;
		}
		else if(Status != STATUS_SUCCESS)
		{
			HeapFree(hHeap, 0, pBuffer);
			return DEF_KERNEL_BASE;
		}
	}
	while (Status == STATUS_INFO_LENGTH_MISMATCH);

	DWORD numEntries = *((DWORD *)pBuffer);
	SYSTEM_MODULE_INFORMATION *smi
= (SYSTEM_MODULE_INFORMATION *)((char *)pBuffer +  sizeof(DWORD));

	for(DWORD i = 0; i < numEntries; i++)
	{
		if(strcmpi(smi->ImageName, "ntoskrnl.exe"))
		{
			//printf("%.8X - %s₩n", smi->Base, smi->ImageName);
			retVal = (DWORD)(smi->Base);
			break;
		}
		smi++;
	}

	HeapFree(hHeap, 0, pBuffer);

	return retVal;
}
```

NtQuerySystemInformation()을 이용하여 Process목록을 열거하고 그 중, "ntoskrnl.exe"를 찾아보고, 찾는데 성공하면 Base주소를 리턴하여 줍니다.

```
BOOL mapPhyMem(HANDLE hPhyMem, DWORD *phyAddr, DWORD *length,
			PVOID *virtualAddr)
{
	NTSTATUS			ntStatus;
	PHYSICAL_ADDRESS viewBase;

	*virtualAddr = 0;
```

```
        viewBase.QuadPart = (ULONGLONG) (*phyAddr);

        ntStatus = _NtMapViewOfSection(hPhyMem, (HANDLE)-1, virtualAddr, 0,
             *length, &viewBase, length,ViewShare, 0, PAGE_READWRITE );

        if(ntStatus != STATUS_SUCCESS)
        {
                printf("Failed to map physical memory view of length %X at %X!",
                        *length, *phyAddr);
                return FALSE;
        }

        *phyAddr = viewBase.LowPart;
        return TRUE;
}
```

할당했던 메모리를 물리적 주소를 얻기 위해 메핑 하는 역할을 합니다.

```
BOOL buildNativeAPITable(DWORD hModule, char *nativeAPINames[], DWORD
numNames)
{
        if(!hModule)
                return FALSE;

        char *ptr = (char *)hModule;
        ptr += 0x3c;            // offset 0x3c contains offset to PE header

        ptr = (char *)(*(DWORD *)ptr) + hModule + 0x78;
// offset 78h into PE header contains addr of export table

        ptr = (char *)(*(DWORD *)ptr) + hModule;
// ptr now points to export directory table


        // offset 24 into the export directory table == number of entries in the
        //Name Pointer Table
        // table
        DWORD numEntries = *(DWORD *)(ptr + 24);

        DWORD *ExportNamePointerTable = (DWORD *)(*(DWORD *)
                                                (ptr + 32) + hModule);
// offset 32 into export directory contains offset to Export Name Pointer Table

        DWORD ordinalBase = *((DWORD *)(ptr + 16));

        WORD *ExportOrdinalTable = (WORD *)((*(DWORD *)
        (ptr + 36)) + hModule);
        // offset 36 into export directory contains offset to Ordinal Table
        DWORD *ExportAddrTable = (DWORD *)((*(DWORD *)
```

```
 (ptr +  28)) +  hModule);
// offset 28 into export directory contains offset to Export Addr Table


        for(DWORD i = 0; i < numEntries; i++)
        {
                // i now contains the index of the API in the Ordinal Table
                // ptr points to Export directory table

                WORD ordinalValue = ExportOrdinalTable[i];
                DWORD apiAddr = (DWORD)ExportAddrTable[ordinalValue]
                                                + hModule;
                char *exportName = (char *)(ExportNamePointerTable[i]
                                                + hModule);


                // Win2K
                if(gWinVersion == 0 &&
                    *((unsigned char *)apiAddr) == 0xB8 &&
                    *((unsigned char *)apiAddr +  9) == 0xCD &&
                    *((unsigned char *)apiAddr +  10) == 0x2E)
                {
                        DWORD serviceNum = *(DWORD *)((char *)apiAddr +  1);
                        if(serviceNum < numNames)
                        {
                                nativeAPINames[serviceNum] = exportName;
                        }
                        //printf("%X - %s₩n", serviceNum, exportName);
                }

                // WinXP
                else if(gWinVersion == 1 &&
                                *((unsigned char *)apiAddr) == 0xB8 &&
                                *((unsigned char *)apiAddr +  5) == 0xBA &&
                                *((unsigned char *)apiAddr +  6) == 0x00 &&
                                *((unsigned char *)apiAddr +  7) == 0x03 &&
                                *((unsigned char *)apiAddr +  8) == 0xFE &&
                                *((unsigned char *)apiAddr +  9) == 0x7F)
                {
                        DWORD serviceNum = *(DWORD *)((char *)apiAddr +  1);
                        if(serviceNum < numNames)
                        {
                                nativeAPINames[serviceNum] = exportName;
                        }
                        //printf("%X - %s₩n", serviceNum, exportName);
                }
        }

        return TRUE;
}
```

NativeAPI들의 Name배열을 만듭니다.

```
for(DWORD i = 0; i < sdtCount; i++)
{
        if((serviceTable[i] - PROT_MEMBASE - kernelOffset)
                        != fileServiceTable[i])
        {
                printf("%-25s %3X --[hooked by unknown at %X]--₩n",
                (nativeApiNames[i] ? nativeApiNames[i] : "Unknown API"),
                                                        i, serviceTable[i]);
                hookCount++;
        }

}
```

메모리에 새롭게 메핑한 ntoskrnl.exe의 함수주소와 기존의 ntoskrnl.exe의 함수주소가 같은지 한 개씩 비교 합니다.

```
for(DWORD i = 0; i < sdtCount; i++)
{
        if((serviceTable[i] - PROT_MEMBASE - kernelOffset)
               != fileServiceTable[i])
        {
                serviceTable[i] = fileServiceTable[i] + PROT_MEMBASE
                                        + kernelOffset;
                printf("[+] Patched SDT entry %.2X to %.8X₩n", I,
                          fileServiceTable[i] + PROT_MEMBASE + kernelOffset);
        }
}
```

기존의 ntoskrnl.exe의 함수주소를 한 개씩 비교하면서 새로 할당한 ntoskrnl.exe의 함수주소와 다르다면, 새로 할당한 ntoskrnl.exe의 함수주소로 바꿔줍니다.

정리

실행 순서를 다음과 같이 정리하여 볼 수 있습니다.
1) Kernel Memory를 Open 한다.
2) Memory에 ntoskrnl.exe를 Load한다.
3) Load한 메모리에서 KeServiceDescriptorTable의 주소를 구한다.
4) 커널의 베이스주소를 구해온다.
5) Load한 메모리를 메핑한다.
6) NativeAPI Name 배열을 만든다.
7) Hooking된 함수가 있는지 검사한다.
8) Hooking된 함수를 정상주소로 돌린다.

장점
Ring3에서 ntdll의 함수들을 이용하여 Kernel Memory에 존재하는 SSDT를 검사하고, 고쳐 준다는 점에서 획기적입니다.

단점

Rootkit에 의해 ₩₩device₩₩physicalmemory을 Open하는 것이 이전에 막혀 있을 경우나 Administrator의 권한이 아닐 경우 작동할 수 없습니다.

2) ServiceTable Relocation by Yeori

System Thread의 경우 ServiceTable로써, KeServiceDescriptorTable을,
GUI Thread의 경우 KeServiceDescriptorTableShadow을 사용한다고 하였습니다.

이를 확인해 보기 위해 System Process의 Thread와 A.exe라는 User Application의 Thread에 ServiceTable이 각각 가르키는 주소를 덤프하여 보았습니다.

KeServiceDescriptorTable :
8055B480 A8 46 4E 80 00 00 00 00 1C 01 00 00 B8 1A 51 80
8055B490 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
8055B4A0 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
8055B4B0 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00

KeServiceDescriptorTableShadow :
8055B440 A8 46 4E 80 00 00 00 00 1C 01 00 00 B8 1A 51 80
8055B450 00 83 99 BF 00 00 00 00 9B 02 00 00 10 90 99 BF
8055B460 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
8055B470 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00

KeServiceDescriptorTableShadow의 경우 두 번째 줄에 KeServiceDescriptor Table의 경우 0으로 되어 있는 부분에 값이 더 들어 있는 것을 볼 수 있습니다. 이는 GUI관련 처리를 하기 위해 필요한 WINAPI Table에 대한 것입니다.

KeServiceDescriptorTable과 KeServiceDescriptorTableShadow를 각각 C구조체로 나타내보면 다음과 같습니다.

```
typedef struct ServiceDescriptorEntry {
        unsigned int *ServiceTableBase; //서비스테이블
        unsigned int *ServiceCounterTableBase; //Debug모드에만 사용됨
        unsigned int NumberOfServices; //서비스의 갯수
        unsigned char *ParamTableBase; //각 서비스당 Param의 총 크기
} ServiceDescriptorTableEntry_t, *PServiceDescriptorTableEntry_t;



typedef struct ServiceDescriptorShadowEntry {
        unsigned int *ServiceTableBase; //서비스테이블
        unsigned int *ServiceCounterTableBase; //Debug모드에만 사용됨
        unsigned int NumberOfServices; //서비스의 갯수
        unsigned char *ParamTableBase; //각 서비스당 Param의 총 크기
        unsigned int *Win32kTableBase; //WINAPI 서비스 테이블
```

```
        unsigned int *Win32kCounterTableBase; //Debug모드에만 사용됨
        unsigned int NumberofWin32kServices; //WINAPI서비스의 갯수
        unsigned char *Win32kParamTableBase; //각 서비스당 Param의 총크기
} ServiceDescriptorTableShadowEntry_t,
*PServiceDescriptorTableShadowEntry_t;
```

KiFastCallEntry()는 요구된 NativeAPI를 처리하기 위해 직접적으로 위의 ServiceDescriptorTable들을 사용하는 것이 아니라, 요청한 ETHREAD의 ServiceTable를 참조한다고 하였습니다. 그럼으로 ServiceDescriptorTable을 별도로 만들고, ETHREAD의 ServiceTable을 별도로 만든 ServiceDescriptor Table로 연결시킨다면, SSDT Hooking을 해당 Thread에 한하여 무력화 시킬 수 있을 것입니다. 이 가정을 전제로 만든 코드의 핵심부분을 보겠습니다.

```
SDT = &KeServiceDescriptorTable;

NewServiceTable = ExAllocatePool(NonPagedPool,(SDT->NumberOfServices) * 4);
memcpy(NewServiceTable,SDT->ServiceTableBase,(SDT->NumberOfServices) * 4);
```

Service 개수 * 4의 크기를 가진 메모리를 할당하고, 그곳에 본래 ServiceTable에 있던값들을 전부 복사하여 넣습니다.

```
OrgSDT = (PServiceDescriptorTableEntry_t)*
          (eThread +  ThrdOffset_ServiceTable);

//Thread가 가지고 있던 Original ServiceTable주소 저장.
DbgPrint("Original SDT : 0x%X",OrgSDT);

SDT_s[ThreadCount] = OrgSDT; //관리를 위한 테이블에 저장해둔다.
ETHREAD_s[ThreadCount] = eThread; //“ ”

NewSDT[ThreadCount] = ExAllocatePool(NonPagedPool,128); //새로운 메모리 할당
memcpy(NewSDT[ThreadCount],OrgSDT,128); //복사한다.

ServiceTable[ThreadCount]  //서비스 테이블을 위한 메모리 할당.
= ExAllocatePool(NonPagedPool,(SDT->NumberOfServices) * 4);

memcpy(ServiceTable[ThreadCount],NewServiceTable,
          (SDT->NumberOfServices) * 4); //메모리를 복사한다.

DbgPrint("New Service Table : 0x%X",ServiceTable[ThreadCount]);

NewSDT[ThreadCount]->ServiceTableBase = ServiceTable[ThreadCount];
//관리를 위한 테이블에 저장해 둔다.

g_pmdl_KeServiceTable[ThreadCount]
          = MmCreateMdl(NULL,NewSDT[ThreadCount],128);
//MDL을 만든다.
```

```
MmBuildMdlForNonPagedPool(g_pmdl_KeServiceTable[ThreadCount]);

g_pmdl_KeServiceTable[ThreadCount]->MdlFlags
 =g_pmdl_KeServiceTable[ThreadCount]->MdlFlags
| MDL_MAPPED_TO_SYSTEM_VA | MDL_WRITE_OPERATION
| MDL_IO_PAGE_READ;
//MDL속성을 변환한다.

Mapped_KeServiceTable[ThreadCount]
= MmMapLockedPages(g_pmdl_KeServiceTable[ThreadCount], KernelMode);

DbgPrint("New SDT : 0x%X",Mapped_KeServiceTable[ThreadCount]);

pmdl_SDT_Pointer = MmCreateMdl(NULL, SDT_Pointer, 4);
MmBuildMdlForNonPagedPool(pmdl_SDT_Pointer);
pmdl_SDT_Pointer->MdlFlags =
pmdl_SDT_Pointer->MdlFlags | MDL_MAPPED_TO_SYSTEM_VA|
MDL_WRITE_OPERATION | MDL_IO_PAGE_READ;

Mapped_SDT_Pointer = MmMapLockedPages(pmdl_SDT_Pointer, KernelMode);

*Mapped_SDT_Pointer = Mapped_KeServiceTable[ThreadCount];
//새로 만든 ServiceTable을 가르키도록 한다.
MmUnmapLockedPages(Mapped_SDT_Pointer,pmdl_SDT_Pointer);

IoFreeMdl(pmdl_SDT_Pointer); //MDL을 해제한다.
```

위의 코드가 SDT Relocation의 핵심적인 부분입니다.
위의 코드는 완성 되지는 않았습니다. 그 이유는 Thread의 생성단계에서는 Thread의 ETHREAD에 ServiceTable은 모두 KeServiceDescriptorTable을 포인트 하다가, KiFastCallEntry()에 의해 Service를 처리할 때, KiFastCallEntry()내에서 내부적으로 호출하는 PsConvertToGuiThread()라는 함수에 의해서 WINAPI의 처리가 필요할 경우 그때에 KeServiceDescriptorTable Shadow를 포인트 하도록 변하기 때문입니다.

정리

실행 순서를 다음과 같이 정리하여 볼 수 있습니다.

1) 기존의 ServiceTable로부터 함수들의 주소들을 복사한 새로운 ServiceTable을 만든다.
2) 지정한 Process의 Thread들을 트레이싱 하면서 각 ETHREAD에 대해 새로운 SDT를 만들어 준다.
3) PsSetCreateThreadNotifyRoutine()에 의해 THREAD가 동적생성이 Notify되면, 해당 Thread에 대한 SDT를 만들어 준다.
4) 사용자가 기능을 중지하기 원하는 경우, 각 Thread의 ServiceTable을 저장해두었던, 것으로 복구시키고, 사용했던 메모리들을 모두 Release시킨다.

장점

ServiceTable을 새로 만드는 것임으로, SSDT Hooking에 영향을 받지 않습니다.

단점
현재 Code로는 동적으로 생성된 GUI Thread에 대해서는 처리할 수 없습니다.

3) KiFastCallEntry Imitation by Dual

Kernel단의 처리가 필요한 함수들은 SYSENTER에 의해 Ring0로 변환된 후, 처리된다고 하였습니다. 이때 SYSENTER는 MSR중, IA32_SYSENTER_EIP를 참조하여 실행할 함수를 결정하는데, 이 IA32_SYSENTER_EIP의 값을 WRMSR이라는 명령어를 통해 덮어쓸 수 있습니다. 만약 덮어씀으로 써, 새롭게 연결된 함수에서 KiFastCallEntry()의 기능을 수행할 수 있지만, ETHREAD의 ServiceTable을 참조하여, 그 ServiceTable을 사용하는 것이 아니라, 내부적인 ServiceTable을 사용한다면, SSDT Hooking을 전역적으로 무력화 시킬 수 있을 것입니다. 그럼 핵심 코드를 보도록 하겠습니다.

```
VOID InitializeEngine()
{
    UNICODE_STRING y;
    IDTINFO idt_info;
    IDTENTRY* idt_entries;
    unsigned int i;

    DbgPrint("KiFastCallEntry Imitation coded by Dual");

    DbgPrint("ProcessorCount : 0x%X",KeNumberProcessors);
    //프로세서의 갯수를 구해온다.

    gDPCP1 = ExAllocatePool(NonPagedPool,sizeof(KDPC));
    KeInitializeDpc(gDPCP1,WRMSRDPC,NULL);

    gDPCP2 = ExAllocatePool(NonPagedPool,sizeof(KDPC));
    KeInitializeDpc(gDPCP2,RestoreMSR,NULL);
    //DPC를 위한 메모리들을 할당해 둔다.

    GetProcessNameOffset();
    //EPROCESS에서 Name까지의 Offset
    DbgPrint("ProcessName Offset : 0x%X",gProcessNameOffset);

    DbgPrint("Engine_KiFastCallEntry : 0x%8X",MyKiFastCallEntry);

    __asm
    {
        mov ecx, 0x176
        rdmsr
        mov d_origKiFastCallEntry, eax
    }
    //KiFastCallEntry의 주소를 구해온다.

    DbgPrint("KiFastCallEntry : 0x%8X",d_origKiFastCallEntry);
```

```
PsConvertToGuiThread = findAddressofPsConvertToGuiThread();
//PsConvertToGuiThread의 주소를 구해온다.
DbgPrint("PsConvertToGuiThread : 0x%8X",PsConvertToGuiThread);

_MmUserProbeAddress = *MmUserProbeAddress;
DbgPrint("MmUserProbeAddress : 0x%8X",_MmUserProbeAddress);

DbgPrint("KeServiceDescriptorTable : 0x%8X",&KeServiceDescriptorTable);
DbgPrint("KiServiceTable :
        0x%8X",KeServiceDescriptorTable.ServiceTableBase);
DbgPrint("ArguementTable :
          0x%8X",KeServiceDescriptorTable.ParamTableBase);
DbgPrint("Service   Limit : 0x%X",KeServiceDescriptorTable.NumberOfServices);

//Make New Service Table
OrgServiceTable = KeServiceDescriptorTable.ServiceTableBase;
NewServiceTable = ExAllocatePool(NonPagedPool,
                                 (KeServiceDescriptorTable.NumberOfServices) * 4);
memcpy(NewServiceTable,
        KeServiceDescriptorTable.ServiceTableBase,
        (KeServiceDescriptorTable.NumberOfServices) * 4);
DbgPrint("NewServiceTableBase : 0x%8X",NewServiceTable);

KeServiceDescriptorTableShadow =
(PServiceDescriptorTableShadowEntry_t)findAddressofShadowTable();
ShadowSDT = (ULONG)KeServiceDescriptorTableShadow;
KeServiceDescriptorTableShadow + = 0x1;
DbgPrint("KeServiceDescriptorTableShadow : 0x%8X",
            KeServiceDescriptorTableShadow);
DbgPrint("Win32KServiceTable : 0x%8X",
            KeServiceDescriptorTableShadow->Win32kTableBase);
DbgPrint("Win32kArguementTable : 0x%8X",
            KeServiceDescriptorTableShadow->Win32kParamTableBase);
DbgPrint("Win32kService   Limit : 0x%X",
            KeServiceDescriptorTableShadow->NumberofWin32kServices);

RtlInitUnicodeString(&y,L"KeRaiseIrql");
_KeRaiseIrql = MmGetSystemRoutineAddress(&y);
DbgPrint("KeRaiseIrql : 0x%8X",_KeRaiseIrql);

RtlInitUnicodeString(&y,L"KeLowerIrql");
_KeLowerIrql = MmGetSystemRoutineAddress(&y);
DbgPrint("KeLowerIrql : 0x%8X",_KeLowerIrql);

RtlInitUnicodeString(&y,L"KiDeliverApc");
_KiDeliverApc = MmGetSystemRoutineAddress(&y);
DbgPrint("KiDeliverApc : 0x%8X",_KiDeliverApc);

RtlInitUnicodeString(&y,L"KeGetCurrentIrql");
_KeGetCurrentIrql = MmGetSystemRoutineAddress(&y);
```

```
    DbgPrint("KeGetCurrentIrql : 0x%8X",_KeGetCurrentIrql);

    __asm
    {
        sidt idt_info
    }
    idt_entries = (IDTENTRY*) MAKELONG(idt_info.LowIDTbase,idt_info.HiIDTbase);
    _KiTrap6 = MAKELONG(idt_entries[0x6].LowOffset,idt_entries[0x6].HiOffset);
    DbgPrint("KiTrap06 : 0x%8X",_KiTrap6);
}
```

KiFastCallEntry()를 구현하는데 있어서 필요한 함수들의 주소를 구해오는 기능을 합니다.

```
Case StartHook:
                for(i = 0; i < KeNumberProcessors; i++)
                {
                        KeSetTargetProcessorDpc(gDPCP1,i);
                        KeInsertQueueDpc(gDPCP1,&tmp,&tmp);
                }
```

미리 구해둔 프로세서의 개수 만큼 반복하면서, 각 프로세서의 MSR에
IA32_SYSENTER_EIP을 새로 만든 KiFastCallEntry()의 주소로 덮어 씁니다.
이유는 멀티프로세서 환경에서 각 프로세서 마다 별도의 MSR들을 가지고 있기 때문에
정상적인 처리를 위해선 전부 처리해주어야 합니다.

```
VOID WRMSRDPC(IN PKDPC Dpc,
              IN PVOID DeferredContext,
              IN PVOID sys1,
              IN PVOID sys2)
{
  ULONG ProcessorFastCallEntry;

  DbgPrint("Processor Number : 0x%X",KeGetCurrentProcessorNumber());

  __asm
  {
      mov ecx,0x176
      mov edx,0
      mov eax,MyKiFastCallEntry
      wrmsr
  }

  __asm
  {
      mov ecx,0x176
      rdmsr
      mov ProcessorFastCallEntry,eax
  }
```

```
  if(ProcessorFastCallEntry == (ULONG)MyKiFastCallEntry)
  {
     DbgPrint("Install Success");
  }
  else
  {
     DbgPrint("Install Faild");
  }
}

VOID RestoreMSR(IN PKDPC Dpc,
                IN PVOID DeferredContext,
                IN PVOID sys1,
                IN PVOID sys2)
{
  ULONG ProcessorFastCallEntry;

  DbgPrint("Processor Number : 0x%X",KeGetCurrentProcessorNumber());

  __asm
  {
        mov ecx,0x176
        mov edx,0
        mov eax,d_origKiFastCallEntry
        wrmsr
  }

  __asm
  {
        mov ecx,0x176
        rdmsr
        mov ProcessorFastCallEntry,eax
  }
  if(ProcessorFastCallEntry == d_origKiFastCallEntry)
  {
     DbgPrint("Restore Success");
  }
  else
  {
     DbgPrint("Restore Faild");
  }
}
```

위에것은 설치 함수이고, 밑에것은 복구 함수입니다.

```
DWORD findAddressofShadowTable(void)
{
        int i;
        unsigned char *p;
        DWORD val;
```

```
        p = (unsigned char *)KeAddSystemServiceTable;

        for (i = 0; i < PAGE_SIZE; i++, p++)
        {
                __try
                {
                        val = *(unsigned int *)p;
                }
                __except (EXCEPTION_EXECUTE_HANDLER)
                {
                        return 0;
                }

                if (MmIsAddressValid((PVOID)val))
                {
                        if (memcmp((PVOID)val, &KeServiceDescriptorTable, 16) == 0)
                        {
                                if((PVOID)val != &KeServiceDescriptorTable)
                                        return val;
                        }
                }
        }
        return 0;
}



DWORD findAddressofPsConvertToGuiThread(void)
{
    int i;
    unsigned char *p;
    ULONG val;
    static char Adr[4];
    char CodePattern[3] = {0x52,0x53,0xE8};
    char PsCovertPattern[3] = {0x6A,0x38,0x68};

    p = (unsigned char *)d_origKiFastCallEntry - PAGE_SIZE;
    for(i = 0; i < PAGE_SIZE*2; i++,p++)
    {
        if(!memcmp(p,CodePattern,3))
        {
          val = *(ULONG *)(p +  3) +  (ULONG)p +  7;
          if(MmIsAddressValid((PVOID)val))
          {
            if(!memcmp((PVOID)val,PsCovertPattern,3))
            {
                return val;
            }
            else
```

```
            {
                return 0;
            }
          }
        }
    }
    return 0;

}
```

위에 것은 ShadowTable의 주소를 구해오는 함수이고, 밑에 것은 PsConvertToGuiThread의 주소를 구해오는 함수입니다. KeServiceDescriptorTableShadow 와 PsConverToGui Thread의 경우 export되지 않기 때문에, 재가 아는 한 에서는 위와 같은 방법으로 구할 수 밖에 없었습니다. 더 좋은 방법을 알고 계시다면 저에게 연락해 주세요. :)

```
__declspec(naked) MyKiFastCallEntry()
{
        __asm
        {
                //세그s먼트 셀렉터 값 지정
                mov ecx,0x23

                                //FS를 PCR로 지정
                push 0x30
                pop fs

                mov ds,cx
                mov es,cx

                //현 스택을 커널 스택으로 변경
                mov ecx,dword ptr fs:0x40    ////KPCR_TSS
                mov esp, ss:[ecx+ 0x4]

                //가짜 INT 스택을 만든다.
                push 0x23       //KGDT_R3_DATA + RPL_MASK(0x3)
                push edx        //Ring3 ESP
                pushfd          //Ring3 EFLAGS
                push 2          //Ring 0 EFLAGS
                add edx,8       //Skip user param
                popfd           //Set EFLAGS

                or byte ptr [esp+ 0x1],0x2    //가짜 INT로 IRQ재활성화

                push 0x1B       //RGDT_R3_CODE + RPL_MASK
                push KiFastSystemCallRet //sysenter리턴어드레스
                push 0
                push ebp
                push ebx
                push esi
```

```
                push edi

                //우리의 PCR로 포인터 저장
                mov ebx,dword ptr fs:0x1C

                push 0x38 + 0x3       //KGDT_R3_TEB + RPL_MASK

                //현재 스레드의 포인터 구함
                mov esi,[ebx+0x124]

                //예외 핸들러 체인 종료자 지정
                push dword ptr[ebx]
                mov dword ptr[ebx],-1

                //스레드의 스택 사용
                mov ebp,[esi+0x18]  //KTHREAD_INITIAL_STACK

                push 0x1        //Usermode
                //push dword ptr[esi+0x140] //KTHREAD_PREVIOUS_MODE


                //다른 레지스터들을 넘긴다.
                sub esp,0x48

                //mov dword ptr [esp+0x38], 0x23
                //mov dword ptr [esp+0x34], 0x23

                //스택에 우리의 공간을 만든다.
                sub ebp,0x29C

                //모드를 써넣는다.
                mov byte ptr[esi+0x140],0x1          //KTHREAD_PREVIOUS_MODE

                //Sanity check
                cmp ebp,esp
                jne BadStack

                //Flush DR7
                and dword ptr[ebp+0x2C],0

                //스레드가 디버깅 당하는 중인가?
                test byte ptr[esi+0x2C],0xFF //KTHREAD_DEBUG_ACTIVE

                //스레드의 트랩 프레임 설정
                mov [esi+0x134],ebp //KTHREAD_TRAP_FRAME 0x134? or 0x110?

                jnz Dr_FastCallDrSave

DEBUG_STATUS:
```

```
                //트랩 프레임 디버그 헤드 설정
                mov ebx,dword ptr[ebp+ 0x60]        //KTRAP_FRAME_EBP
                mov edi,dword ptr[ebp+ 0x68]        //KTRAP_FRAME_EIP

                //커널 데이터 기록
                mov dword ptr[ebp+ 0xC],edx
        //KTRAP_FRAME_DEBUGPOINTER
                mov dword ptr[ebp+ 0x8],0xBADB0D00
        //KTRAP_FRAME_DEBUGARGMARK
                mov dword ptr[ebp],ebx      //stack 세이브
                mov dword ptr[ebp+ 0x4],edi //KTRAP_FRAME_DEBUGEIP


                //인터럽트 활성화
                sti

                /*

                        여기서 SDT를 이용하여 함수 호출
                */
                ////////////////////////////////////////////////////////
SysCallEntry:
                mov edi,eax
                shr edi,0x8     //SERVICE_TABLE_SHIFT
                and edi,0x30    //SERVICE_TABLE_MASK
                mov ecx,edi

                //add thread`s base system table to offset
                add edi,dword ptr[esi+ 0xE0] //KTHREAD_SERVICE_TABLE

                //GetSyscallID
                mov ebx,eax
                and eax,0xFFF//SERIVCE_NUMBER_MASK

                //check syscallID
                cmp eax,dword ptr[edi+ 0x8] //SERVICE_DESCRIPTOR_LIMIT
                //Invalid?
                jnb UnexpectedRange

                //Check Win32K
                cmp ecx,0x10 //SERVICE_TABLE_TEST
                jnz NotWin32K

                //Get TEB
                mov ecx,dword ptr fs:0x18    //KPCR_TEB

                //check flush?
                xor ebx,ebx
                or ebx,dword ptr[ecx+ 0xF70]        //TEB_GDI_BATCH_COUNT
```

```
                je NotWin32K  //=jz

                //Flust it
                push edx
                push eax
                call NtGdiFlushUserBatch
                pop eax
                pop edx


NotWin32K:
                //inc dword ptr fs:[0x638]     //KPCR_SYSTEM_CALLS
                inc dword ptr fs:0x638         //KPCR_SYSTEM_CALLS

//NoCountTable:
                mov esi,edx

                //인자들 공간 확보
                mov ebx,dword ptr[edi+ 0xC] //SERVICE_DESCRIPTOR_NUMBER
                xor ecx,ecx
                mov cl,byte ptr [eax+ ebx]

                //Get the function point
                mov edi,dword ptr[edi]         //Service_Descriptor_Base

                //Blocking SSDT Hooking
                 cmp edi,OrgServiceTable
                  jne Shadow

                  mov edi,NewServiceTable
                  jmp NotShadow
Shadow:
                  mov edi,NewShadowTable

NotShadow:
                mov ebx,dword ptr[edi+ eax*4]

                //우리 스택 공간 확보
                sub esp,ecx

                //인자 & 목적지 크기 지정
                shr ecx,2
                mov edi,esp

                //MmUserProbeAddress인지 확인
                cmp esi,_MmUserProbeAddress        //0x7FFF0000
                jnb AccessViolation

CopyParams:
```

```
                rep movsd

                //call syscall
                call ebx

AfterSyscall:
                mov esp,ebp


                //////////////////////////////////////////////////////
KeReturnFromSystemCall:
                mov ecx,dword ptr fs:0x124              //KPCR_CURRENT_THREAD

                //프레임 포인터 복구
                mov edx,dword ptr[ebp+0x3C]                     //KTRAP_FRAME_EDX
                mov dword ptr[ecx+0x134],edx
        //KTHREAD_TRAP_FRAME 0x110? 0x134?

                //인터럽트 비활성화
                cli

                test dword ptr[ebp+0x70],0x20000

        //KTHREAD_COMBINED_APC_DISABLE(0x70),EFLAGS_V86_MASK(0x20000)
                jnz SKIP_CS_TEST

                test byte ptr[ebp+0x6c],0x1 //KTRAP_FRAME_CS
                je SKIP_SAVE_FRAME

SKIP_CS_TEST:
                //현재 스레드 구함
                //mov ebx,dword ptr fs:edx+0x124 //KPCR_CURRENT_THREAD
                mov ebx,dword ptr fs:0x124

                mov byte ptr [ebx+0x2E],0   //KTHREAD_ALERTED 0x5E? 0x2E?

                cmp byte ptr[ebx+0x4A],0    //KTHREAD_PENDING_USER_APC
                je SKIP_SAVE_FRAME

                //스텍 포인터를 트랩 프레임에 저장
                mov ebx,ebp

                mov dword ptr[ebx+0x44],eax         //KTRAP_FRAME_EAX
                mov dword ptr[ebx+0x50],0x3B
        //KTRAP_FRAME_FS<-KGDT_R3_TEB + RPL_MASK
                mov dword ptr[ebx+0x38],0x23
        //KTRAP_FRAME_DS<-KGDT_R3_DATA + RPL_MASK
                mov dword ptr[ebx+0x34],0x23
        //KTRAP_FRAME_ES<-KGDT_R3_DATA + RPL_MASK
```

```
                mov dword ptr[ebx+0x30],0x0         //KTRAP_FRAME_GS


                //IRQL을 APC LEVEL로
                mov ecx,1

                //과거 IRQL저장
                call _KeGetCurrentIrql//Hack for Hyper Thread
                push eax

                push offset TmpOldIrql   //Temp for OldIrql
                push 1              //APC_LEVEL
                call _KeRaiseIrql

                //인터럽트 활성화
                sti

                push ebx
                push 0x0
                push 0x1        //유저모드
                call _KiDeliverApc

                //과거 IRQL로 복귀
                pop ecx

                push ecx        //:)
                call _KeLowerIrql

                //EAX 복구
                mov eax,dword ptr[ebx+0x44]         //KTRAP_FRAME_EAX

                //인터럽트 비활성화
                cli
                jmp SKIP_CS_TEST
SKIP_SAVE_FRAME:
                //mov ds,[esp+0x38]
                //mov es,[esp+0x34]
                mov edi,edi
                mov edx,dword ptr[esp+0x4C]
        //KTRAP_FRAME_EXCEPTION_LIST
                mov ebx,dword ptr fs:[0x50] //KTRAP_FRAME_FS
                mov dword ptr fs:[0],edx
                mov ecx,dword ptr[esp+0x48]
        //KTRAP_FRAME_PREVIOUS_MODE
                mov esi,dword ptr fs:[0x124]//KPCR_CURRENT_THREAD
                mov byte ptr[esi+0x140],cl   //KTHREAD_PREVIOUS_MODE

                test ebx,0xFF  //MAXIMUM_IDTVECTOR?
                jnz FullIDTVector
```

```
CHECK_FOR_V86:
                //Check for V86
                test dword ptr[esp+ 0x70],0x20000
                //KTRAP_FRAME_EFLAGS,EFLAGS_V86_MASK
                jnz V86_EXIT

                test word ptr[esp+ 0x6C],0xFFF8
        //KTRAP_FRAME_CS,FRAME_EDITED
                jz RestoreCS

                cmp word ptr[esp+ 0x6C],0x1B        //KGDT_R3_CODE +  RPL_MASK
                bt word ptr[esp+ 0x6C],0
                cmc
                ja RestoreEAX

                cmp dword ptr[ebp+ 0x6C],0x8
        //KTRAP_FRAME_CS,KGDT_R0_CODE
                jz SkipDebugInformation

RestoreFS:      //Restore FS
                lea esp,dword ptr[ebp+ 0x50]//KTRAP_FRAME_FS
                pop fs

SkipDebugInformation:
                lea esp,dword ptr[ebp+ 0x54]//KTRAP_FRAME_EDI
                pop edi
                pop esi
                pop ebx
                pop ebp

                //ABIOS를 위한 체크?
                cmp word ptr[esp+ 0x8],0x80
                ja ABIOS_Exit

                //Pop Error Code
                add esp,4

                //Previous CS from usermode?
                test dword ptr[esp+ 4],1
                jnz FastExit

                pop edx
                pop ecx
                popfd
                jmp edx
IntReturn:
                iretd
```

```
FastExit:
                test byte ptr[esp+ 0x9],0x1
                jnz IntReturn

                //클린업 스택
                pop edx
                add esp,4
                and byte ptr[esp+ 1],0xFD
                popfd
                pop ecx
                jmp       short $+ 3
                mov       eax,90350FFBh       //sti sysexit
                iretd

BadStack:
                mov ecx,fs:0x40         //KPCR_TSS
                mov esp,dword ptr[ecx+ 0x4]//KTSS_ESP0

                //V86 stack
                push 0
                push 0
                push 0
                push 0

                push 0x23       //KGDT_R3_DATA +  RPL_MASK
                push 0
                push 0x20202
                push 0x1B       //KGDT_R3_CODE +  RPL_MASK
                push 0

                jmp _KiTrap6  //KiTrap06


Dr_FastCallDrSave:
                test dword ptr[ebp+ 0x70],20000
                ////KTRAP_FRAME_EFLAGS,EFLAGS_V86_MASK
                jnz SKIP_CS_TEST3

                test dword ptr[ebp+ 0x6c],1   ////KTRAP_FRAME_CS
                je DEBUG_STATUS
SKIP_CS_TEST3:
                mov ebx,DR0
                mov ecx,DR1
                mov edi,DR2
                mov dword ptr[ebp+ 0x18],ebx
                mov dword ptr[ebp+ 0x1C],ecx
                mov dword ptr[ebp+ 0x20],edi

                mov ebx,DR3
                mov ecx,DR6
```

```
                mov edi,DR7
                mov dword ptr[ebp+0x24],ebx
                mov dword ptr[ebp+0x28],ecx
                xor ebx,ebx
                mov dword ptr[ebp+0x2C],edi

                mov DR7,ebx
                mov edi,dword ptr fs:0x20
                mov ebx,dword ptr[edi+0x2F8]
                mov ecx,dword ptr[edi+0x2FC]
                mov DR0,ebx
                mov DR1,ecx

                mov ebx,dword ptr[edi+0x300]
                mov ecx,dword ptr[edi+0x304]
                mov DR2,ebx
                mov DR3,ecx

                mov ebx,dword ptr[edi+0x308]
                mov ecx,dword ptr[edi+0x30C]
                mov DR6,ebx
                mov DR7,ecx
                jmp DEBUG_STATUS

UnexpectedRange:
                cmp ecx,0x10 //SERVICE_TABLE_TEST
                jnz InvalidCall

                //Setup Win32K Table
                push edx
                push ebx
                call PsConvertToGuiThread

                //리턴코드 체크
                or eax,eax

                //레지스터 리스토어
                pop eax
                pop edx

                //트렙 프레임 리셋
                mov ebp,esp
                mov [esi+0x134],ebp //KTHREAD_TRAP_FRAME

                //다시 콜
                jz SysCallEntry

                //테이블 limit과 베이스 구함
                lea edx, KeServiceDescriptorTable + 0x10
```

```
                mov ecx,dword ptr[edx+ 0x8]          //SERVICE_DESCRIPTOR_LIMIT
                mov edx,dword ptr[edx]       //SERVICE_DESCRIPTOR_BASE

                //테이블 주소 와 인덱스값 더한 주소 구함
                lea edx,dword ptr[edx+ ecx*4]
                and eax,0xFFF//SERVICE_NUMBER_MASK
                add edx,eax

                //리턴값 구함
                movsx eax,byte ptr[edx]
                or eax,eax

                jle KeReturnFromSystemCall

                //잘못된 서비스로 리턴값 넘김
                mov eax, 0xC000001CL        //STATUS_INVALID_SYSTEM_SERVICE
                jmp KeReturnFromSystemCall

InvalidCall:
                mov eax, 0xC000001CL        //STATUS_INVALID_SYSTEM_SERVICE
                jmp KeReturnFromSystemCall

AccessViolation:
                //커널 모드로 부터의 엑세스인가?
                test byte ptr [ebp+ 0x6C],0x1
        //KTRAP_FRAME_CS,MODE_MASK

                //괜찮다면 계속 진행
                je CopyParams

                //실패 잘못된 인자
                mov eax,0xC0000005L
                jmp AfterSyscall

FullIDTVector:
                test dword ptr[ebp+ 0x70],0x20000
                //KTRAP_FRAME_EFLAGS,EFLAGS_V86_MASK
                jnz SkIP_CS_TEST2

                test dword ptr[ebp+ 0x6c],0x1         //KTRAP_FRAME_CS
                je CHECK_FOR_V86
SKIP_CS_TEST2:
                xor ebx,ebx
                mov esi,dword ptr[ebp+ 0x18]
                mov edi,dword ptr[ebp+ 0x1C]
                mov DR7,ebx
                mov DR0,esi
```

```
                mov ebx,dword ptr[ebp+ 0x20]
                mov DR1,edi
                mov DR2,ebx

                mov esi,dword ptr[ebp+ 0x24]
                mov edi,dword ptr[ebp+ 0x28]
                mov edi,dword ptr[ebp+ 0x2c]
                mov DR3,esi
                mov DR6,edi
                mov DR7,ebx
                jmp CHECK_FOR_V86


RestoreEAX:
                mov eax,[esp+ 0x44]  //KTRAP_FRAME_EAX

                //skip registers
                add esp,0x30

                //Restore segments
                pop gs
                pop es
                pop ds
                pop edx
                pop ecx

                //Jmp back to mainline
                jmp RestoreFS

RestoreCS:
                mov ebx,[esp+ 0x10]  //KTRAP_FRAME_TEMPCS
                mov [esp+ 0x6C],ebx //KTRAP_FRAME_CS

                mov ebx,[esp+ 0x14]  //KTRAP_FRAME_TEMPESP
                sub ebx,0xC
                mov [esp+ 0x64],ebx  //KTRAP_FRAME_ERROR_CODE

                //Copy Interrupt Stack
                mov esi,[esp+ 0x70]   //KTRAP_FRAME_EFLAGS
                mov [ebx+ 8],esi
                mov esi,[esp+ 0x6C]   //KTRAP_FRAME_CS
                mov [ebx+ 4],esi
                mov esi,[esp+ 0x68]   //KTRAP_FRAME_EIP
                mov [ebx],esi

                //리턴
                add esp,0x54            //KTRAP_FRAME_EDI
                pop edi
                pop esi
```

```
                pop ebx
                pop ebp
                mov esp,[esp]
                iretd

V86_Exit:
                add esp,0x3C            //KTRAP_FRAME_EDX

                //Restore
                pop edx
                pop ecx
                pop eax

                lea esp,[ebp+0x54]   //KTRAP_FRAME_EDI
                pop edi
                pop esi
                pop ebx
                pop ebp

                cmp word ptr [esp+8],0x80
                ja ABIOS_Exit

SKIP_LSS:
                //skip error code
                add esp,4
                iretd

ABIOS_Exit:
                cmp word ptr[esp+0x2],0
                je SKIP_LSS
                cmp word ptr[esp],0
                jnz SKIP_LSS
                shr dword ptr[esp],0x10
                mov word ptr[esp+0x2],0xF8
                lss sp,dword ptr[esp]
                movzx esp,sp
                iretd
        }
}
```

위의 코드는 Windows XP SP2의 KiFastCallEntry()를 Reverse Engineering하여 만든 것이기 때문에 다른 Windows에서는 동작하지 않을 것입니다. 코드의 내용 중,
기존의 KiFastCallEntry()와 다른 부분이 있는데, 밑의 코드입니다.

```
                //Blocking SSDT Hooking
                 cmp edi,OrgServiceTable //edi가 KeServiceDescriptorTable인가?
                  jne Shadow //아니라면 KeServiceDescriptorShadow로 인식

                  mov edi,NewServiceTable //프로그램 내부의 새 ServiceTable을 사용
```

```
                jmp NotShadow
Shadow:
                mov edi,NewShadowTable //Shadow일 경우 WINAPI에 관한 정보가
                                       //추가된 SDT사용
NotShadow:
```

위의 코드를 통해서 프로그램 내부의 ServiceTable을 사용하도록 변경 됨으로,
SSDT Hooking을 전역적으로 무력화 시킬 수 있습니다.
SYSENTER를 사용하지 않는 int 0x2e에 대해서도 IDT에 0x2e번을 다음 함수의
주소로 수정하여 처리하여 줄 수 있습니다.

```
__declspec(naked) MyKiSystemService()
{
  __asm
  {
    push 0
    push ebp
    push ebx
    push edi

    push fs
    mov ebx,0x30
    mov fs,bx

    push dword ptr fs:0
    mov dword ptr fs:0,-1

    mov esi,dword ptr fs:0x124
    push dword ptr[esi+ 0x140]
    sub esp,0x48
    mov ebx,dword ptr[esp+ 0x6c]
    and ebx,0x1
    mov byte ptr[esi+ 0x140],bl
    mov ebp,esp
    mov ebx,dword ptr[esi+ 0x134]
    mov dword ptr[ebp+ 0x3c],ebx
    mov dword ptr[esi+ 0x134],ebp
    cld
    mov ebx,dword ptr[ebp+ 0x60]
    mov edi,dword ptr[ebp+ 0x68]
    mov dword ptr[ebp+ 0xc],edx
    mov dword ptr[ebp+ 0x8],0xBADB0D00
    mov dword ptr[ebp],ebx
    mov dword ptr[ebp+ 0x4],edi

    test byte ptr[esi+ 0x2c],0xFF
    jnz DebugStatus

ExitService:
    sti
```

```
    jmp SyscallEntry

DebugStatus:
        test dword ptr [ebp+0x70],0x20000
        jnz SkipCheck
        test dword ptr [ebp+0x6c],1
        je ExitService
SkipCheck:
        mov ebx,DR0
        mov ecx,DR1
        mov edi,DR2
        mov dword ptr [ebp+0x18],ebx
        mov dword ptr [ebp+0x1c],ecx
        mov dword ptr [ebp+0x20],edi
        mov ebx, DR3
        mov ecx, DR6
        mov edi, DR7
        mov dword ptr [ebp+0x24],ebx
        mov dword ptr[ebp+0x28],ecx
        xor ebx,ebx
        mov dword ptr [ebp+0x2c],edi
        mov DR7,ebx
        mov edi,dword ptr fs:[0x20]
        mov ebx,dword ptr[edi+0x2F8]
        mov ecx,dword ptr[edi+0x2FC]
        mov DR0,ebx
        mov DR1,ecx
        mov ecx,dword ptr[edi+0x304]
        mov DR2,ebx
        mov DR3,ecx
        mov ebx,dword ptr[edi+0x308]
        mov ecx,dword ptr[edi+0x30C]
        mov DR6,ebx
        mov DR7,ecx
        jmp ExitService
 }
}
```

정리

실행 순서를 다음과 같이 정리하여 볼 수 있습니다.

1) 구현에 필요한 함수들의 주소를 구해온다.
2) 각 프로세서의 MSR에 0x176번을 새로 만든 함수로 연결하여 준다.
3) 사용자가 기능중지를 원할 경우 MSR의 0x176번을 기존의 KiFastCallEntry()주소로 복구 시킨다.

장점

시스템 전역적으로 SSDT Hooking을 무력화 시킬 수 있으며, 프로그램 내부적으로는 Hooking을 사용할 수 있음으로, 경쟁상태에서 우위를 차지할 수 있습니다.

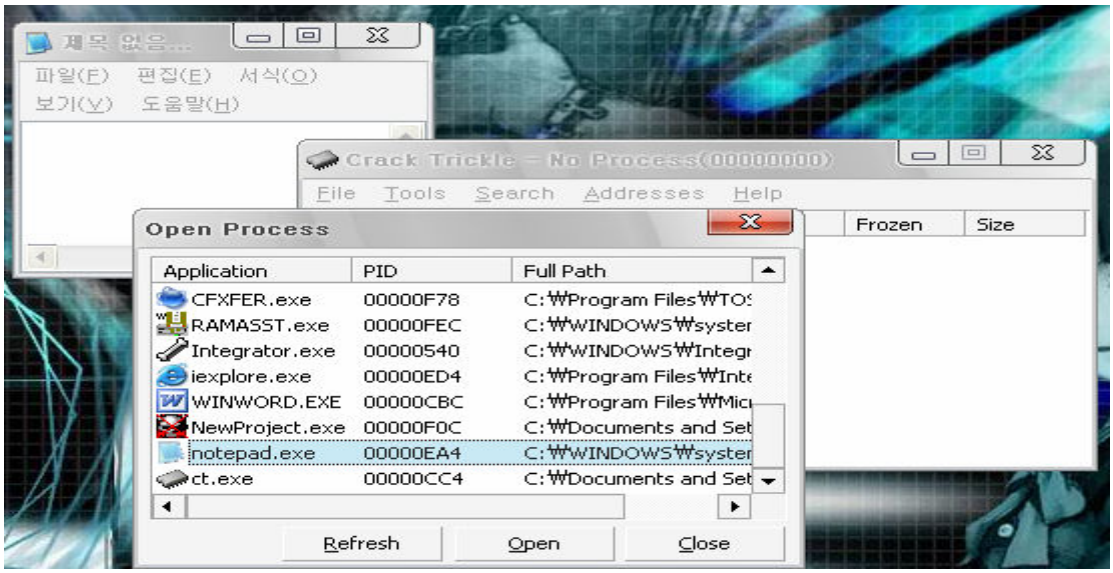
단점
0x176번이 다른 프로세스에 의해 덮어 쓰여질 경우, 재 기능을 발휘 할 수 없습니다.

4. 작동여부 테스트

실제 위에서 다루었던 내용들이 작동하는지에 대한 테스트를 하겠습니다.
시나리오는 간단합니다. SSDT Hooking을 사용하여 notepad.exe를 숨긴 후,
3번에서 다루었던 무력화 방법들을 사용하여 어떤 작용을 하는지 보겠습니다.

후킹하는 함수들은 다음과 같습니다..
ZwOpenProcess()
ZwWriteVirtualMemory()
ZwReadVirtualMemory()
ZwQuerySystemInformation()

4-1. SDT-RESTORE

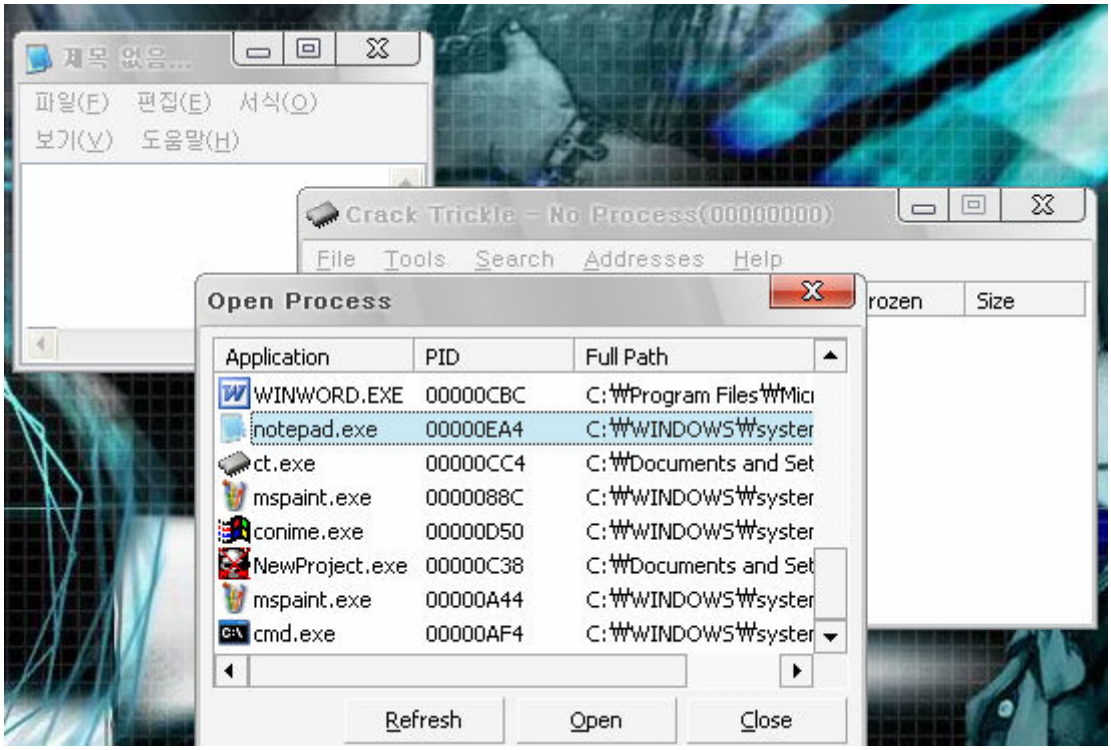


Hooking을 하기전에는 프로세스 목록에서 notepad.exe를 볼 수 있습니다.

Hooking을 시작하니 Process목록에서 notepad.exe가 사라졌습니다.

```
ZwEnumerateValueKey          49 --[hooked by unknown at F75F5F9A]--
ZwOpenKey                    77 --[hooked by unknown at F75F598E]--
ZwOpenProcess                7A --[hooked by unknown at F79DD330]--
ZwQueryKey                   A0 --[hooked by unknown at F75F6064]--
ZwQuerySystemInformation     AD --[hooked by unknown at F79DD590]--
ZwQueryValueKey              B1 --[hooked by unknown at F75F5EFC]--
ZwReadVirtualMemory          BA --[hooked by unknown at F79DD4B0]--
ZwSetValueKey                F7 --[hooked by unknown at F75F60EC]--
ZwWriteVirtualMemory        115 --[hooked by unknown at F79DD400]--

Number of Service Table entries hooked = 12

WARNING:  THIS IS EXPERIMENTAL CODE.  FIXING THE SDT MAY HAVE GRAVE
CONSEQUENCES, SUCH AS SYSTEM CRASH, DATA LOSS OR SYSTEM CORRUPTION.
PROCEED AT YOUR OWN RISK.  YOU HAVE BEEN WARNED.

Fix SDT Entries (Y/N)? : y

[+] Patched SDT entry 1F to 8058B4AD
[+] Patched SDT entry 29 to 80570761
[+] Patched SDT entry 47 to 80570E68
[+] Patched SDT entry 49 to 80580B28
[+] Patched SDT entry 77 to 80569AFB
[+] Patched SDT entry 7A to 80575C96
[+] Patched SDT entry A0 to 80570B71
[+] Patched SDT entry AD to 8057E4AA
[+] Patched SDT entry B1 to 8056D0BB
[+] Patched SDT entry BA to 8058048E
[+] Patched SDT entry F7 to 80576C1D
[+] Patched SDT entry 115 to 805805E0
```

SDT-RESTORE를 위와 같이 이용하여 SDT들을 복구 시켜 주었습니다.

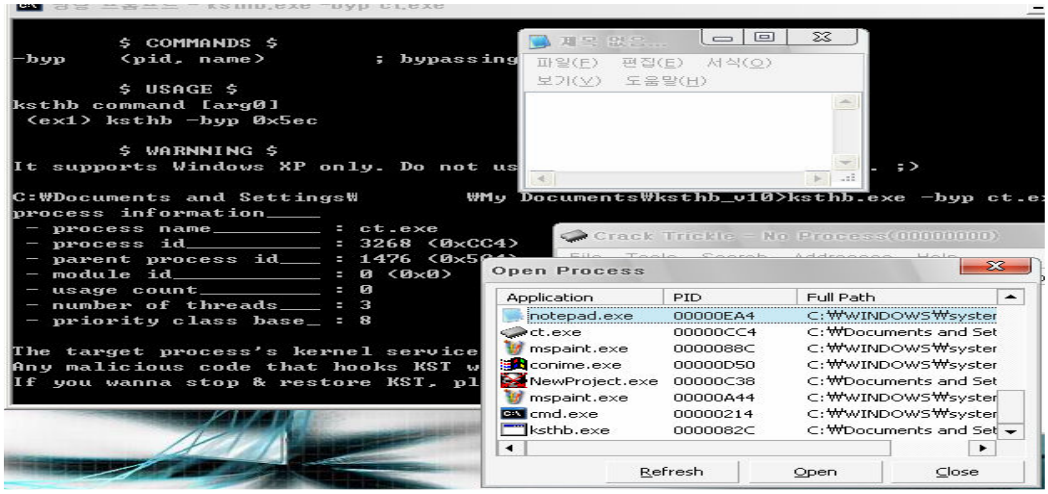


다시 notepad.exe를 볼 수 있게 되었습니다.

4-2. SDT RELOCATION

Hooking전이라 notepad.exe를 목록에서 볼 수 있습니다.

Hooking을 시작하여서 notepad.exe가 목록에서 사라진 것을 볼 수 있습니다.

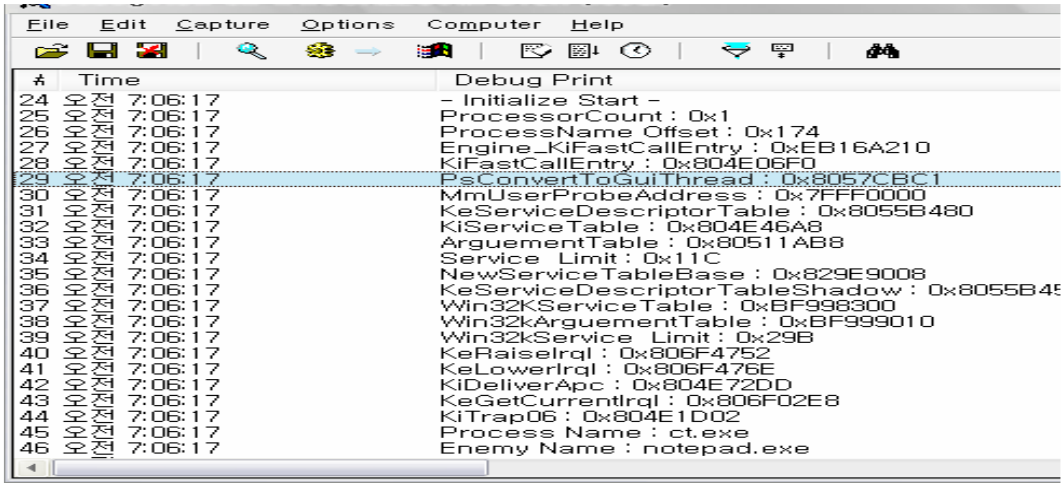


SDT RELOCATION 시키자, SSDT Hooking여부에 상관없이, notepad.exe를 프로세스 목록에서 다시 볼 수 있게 되었습니다.

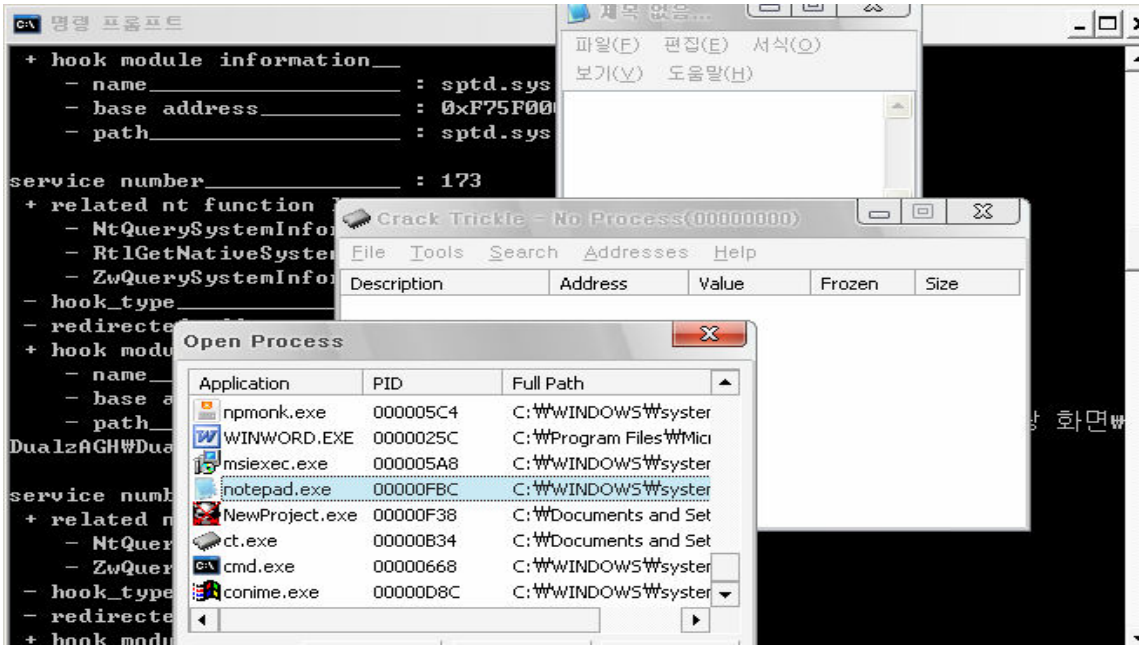
4-3. KiFastCallEntry() Imitation

현재의 KiFastCallEntry() Imitation에는 ServiceTable을 기존 시스템의 것을 그대로 사용하고 있습니다. 그럼으로 현재의 코드에서는 KiFastCallEntry() Imitation을 Hooking하는 녀석보다 먼저 실행시켜 주어야 합니다. 만약 ServiceTable을 하드코딩을 하거나, SDT-RESTORE처럼 재 메핑하여 깨끗한 ServiceTable을 제공해 준다면 보다 강력해 질 것입니다.

Hooking 전이라 notepad.exe를 프로세스 목록에서 볼 수 있습니다.



KiFastCallEntry() Imitation을 작동시켰습니다.



Hooking중인 상태이나, notepad.exe를 프로세스 목록에서 볼 수 있습니다.

위의 테스트를 통해 SSDT Hooking 무력화가 실제로 가능한 것을 알 수 있습니다.
재가 다루었던 이 방법 외에도 훨씬 강력한 방법이 존재할 수 있습니다.
읽고 계시는 분께서 무언가 만들고자 하는 의지와 열정만 있으시다면 분명 획기적인 방법을 고안해내실 수 있으리라 믿습니다.

그럼 이만 이 글을 마치도록 하겠습니다. ☺

5. References

참고문헌

[1] Greg Hoglund, James Bulter, Rootkits : Subverting the Windows Kernel
[2] NativeAPIList : http://jedi-apilib.sourceforge.net/native/NativeList.html
[3] Undocumented Functions : http://undocumented.ntinternals.net/
[4] Win2k Win32k.sys SS : http://www.fengyuan.com/article/win32ksyscall.html
[5] 정덕영, Windows 구조와 원리 그리고 CODES
[6] Rootkit.com - http://rootkit.com
[7] 여리의 홈페이지 - http://zap.pe.kr

- End -