Jak system Windows tworzy pliki?

Celem tego sprawozdania jest zaprezentowanie elementów systemu *I/O* biorących udział w tworzeniu pliku. Ułatwimy proces badania tego zjawiska poprzez dodanie do niego jednego filtra, który będzie widoczny jak instancja sterownika *FltMgr*.

Aby prześledzić ten proces wyobraźmy sobie, że program użytkownika wykonuje wywołanie w postaci:

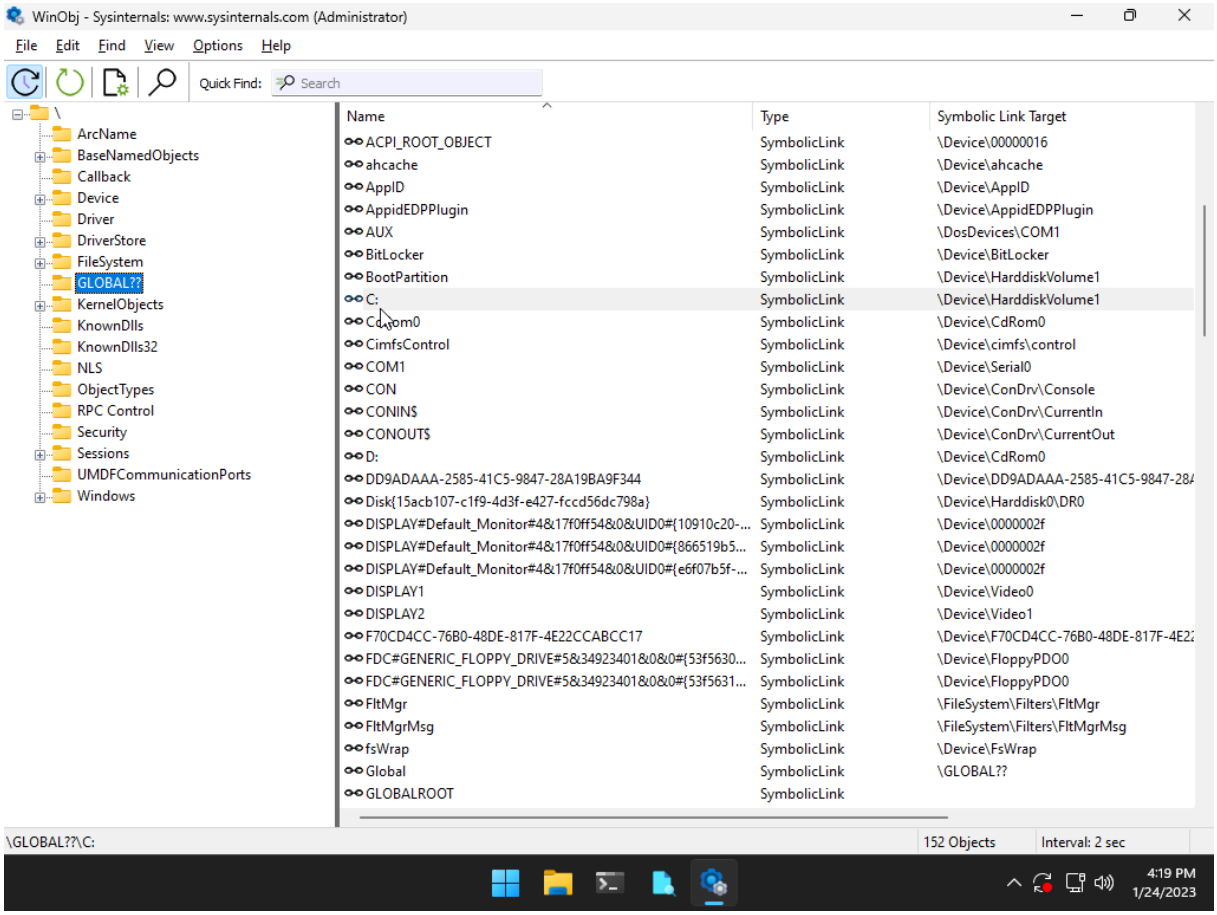
```
hFile = CreateFile("C:\\plik.txt",          // name of the write
                   GENERIC_WRITE,           // open for writing
                   0,                       // do not share
                   NULL,                    // default security
                   CREATE_NEW,              // create new file only
                   FILE_ATTRIBUTE_NORMAL,   // normal file
                   NULL);                   // no attr. template
```

> Warto zwrócić w tym miejsu uwagę, że funkcja *CreateFile* nie otwiera tylko plików w kontekście systemu plików, ale też *wirtualne pliki*, które reprezentują różnego rodzaju urządzenia fizyczne bądź logiczne. Przykładem takiego, będzie przedstawione później urządzenie *Ntfs*.

Podejście początkowe

Mając podstawową wiedzę na temat funkcji *I/O managera* systemu *Windows* możemy się spodziewać, że wywołanie *CreateFile* spowoduje stworzenie odpowiedniego *IRP* (*Interrupt Request Packet*), które zostanie przekazane do urządzenia obsługującego ścieżkę *C:\plik.txt*.

Korzystając z narzędzia *WinObj* z pakietu *sysinternals* możemy sprawdzić w jaki sposób jest rozwijana ścieżka zaczynająca się od *C:* korzystając z tablicy *GLOBAL??*.



Możemy zobaczyć, że *C:* jest rozwijane do *\Device\HarddiskVolume1*. Teraz możemy sprawdzić jakie sterowniki będą obsługiwać to przerwanie. Zakładając, że jest to model warstwowy wykorzystamy komendę *!devstack* w *WinDbg*, która wyświetla stos tych sterowników.

```
0: kd> !devstack HarddiskVolume1
  !DevObj           !DrvObj            !DevExt           ObjectName
  ffffdb0586707030  \\Driver\\volsnap    ffffdb0586707180
  ffffdb05865c3d20  \\Driver\\volume     ffffdb05865c3e70
  ffffdb05866078d0  \\Driver\\rdyboost   ffffdb0586607a20
  ffffdb05866098d0  \\Driver\\iorate     ffffdb0586609a20
  ffffdb0586705030  \\Driver\\fvevol     ffffdb0586705180
> ffffdb058660e8f0  \\Driver\\volmgr     ffffdb058660ea40  HarddiskVolume1
```

Ta obserwacja może być dla nas zaskoczeniem - na powyższym stosie nie ma żadnego sterownika związanego z systemem plików czy fizycznym urządzeniem dyskowym. Jest to spowodowane tym, że przypisanie woluminowi litery - w tym przypadku *C* - nie wiąże się z powiązaniem go z systemem plików.

Dalsza obsługa przerwania IRP_MJ_CREATE

Aby dowiedzieć się, jaki system plików obsługuje ten wolumin, musimy skorzystać z widocznego powyżej sterownika *volmgr*, który zbada strukturę nazywaną *volume parameter block* (*VPB*).

Wszystkie *IRP* zawierajace ścieżki do plików na danym urządzeniu skierowane do *volmgr* są przekierowywane (poprzez ponowne wykorzystanie *IRP* lub stworzenie nowego) do odpowiedniego sterownika systemu plików.

Możemy przyjrzeć się temu procesowi za pomocą komendy *!drvobj volmgr*, która służy do badania sterowników i przedstawia nam dostępne informacje na ich temat.

```
0: kd> !drvobj volmgr
Driver object (ffff960c40734e10) is for:
 \Driver\volmgr

Driver Extension List: (id , addr)

Device Object list:
ffff960c40860870  ffff960c4073aba0
```

Upraszczając, pierwszy *device object* w powyższej liście reprezentuje nasz wolumin *C*, a drugi to urządzenie kontrolne *volmgr'a*. Następnym krokiem będzie zbadanie tego obiektu:

```
0: kd> !devobj ffff960c40860870
Device object (ffff960c40860870) is for:
 HarddiskVolume1 \Driver\volmgr DriverObject ffff960c40734e10
Current Irp 00000000 RefCount 40417 Type 00000007 Flags 00201150
Vpb 0xffff960c408d5ab0 SecurityDescriptor ffffba0bda859060 DevExt ffff960c408609
ExtensionFlags (0x00000800)  DOE_DEFAULT_SD_PRESENT
Characteristics (0x00020000)  FILE_DEVICE_ALLOW_APPCONTAINER_TRAVERSAL
AttachedDevice (Upper) ffff960c408ef030 \Driver\fvevol
Device queue is not busy.
```

W wyniku wykonania tej opracji, poznaliśmy uchwyt do struktury *VPB* naszego woluminu, który możemy zbadać poleceniem *!vpb*:

```
0: kd> !vpb 0xffff960c408d5ab0
Vpb at        0xffff960c408d5ab0
```

```
Flags:         0x1 mounted
DeviceObject: 0xffff960c4099f030 (dt nt!DEVICE_OBJECT)
RealDevice:   0xffff960c40860870 (dt nt!DEVICE_OBJECT)
RefCount:     40417
Volume Label: ""
```

To polecenie zwraca nam między innymi uchwyt na *DeviceObject*, który reprezentuje urządzenie do którego dalej zostanie przekazane wysłane przez nas *IRP*. Możemy je zbadać poleceniem *!devstack*:

```
0: kd> !devstack ffff960c4099f030
  !DevObj           !DrvObj            !DevExt           ObjectName
  ffff960c40847d20  \FileSystem\FltMgr ffff960c40847e70
> ffff960c4099f030  \FileSystem\Ntfs   ffff960c4099f1b0
```

Udało się nam to, czego oczekiwaliśmy na samym początku - odwołanie do sterownika *Ntfs* oraz wspomnianego na początu górnego filtra *FltMgr*. Kolejnym etapem przetwarzania tego żądania będzie wysłanie nowego *IRP* do sterownika *volmgr* przez sterownik *Ntfs*, ale tym razem korzystającego z interfejsu blokowego tego urządzenia zamiast dostępu do danego pliku jak miało to miejsce wcześniej.

Prawdopodobnie będzie to miało miejsce poprzez wywołanie *IoCreateFile*, *IoCreateFileSpecifyDeviceObjectHint*, *ZwCreateFile*, lub *ZwOpenFile*, którego celem będzie teraz *\Device\HarddiskVolume1* - w przeciwieństwie do *\Device\HarddiskVolume1\plik.txt*, które *volmgr* otrzymał na samym początku oraz różnego rodzaju operacje odczytu i zapisu na poziomie blokowym.

Ostatnim etapem będzie wysłanie przerwania do sterownika dysku. Możemy sprawdzić, jak będzie wyglądała jego obsługa. Wiemy, że urządzenie reprezentujące dysk, na którym jest wolumin *C* to *\Device\Harddisk0\DR0*. Na tej podstawie:

```
0: kd> !devstack Harddisk0\\DR0
  !DevObj           !DrvObj            !DevExt           ObjectName
  ffffdb058661d8d0  \\Driver\\partmgr    ffffdb058661da20
> ffffdb0586663060  \\Driver\\disk       ffffdb05866631b0  DR0
  ffffdb0586531050  \\Driver\\storahci   ffffdb05865311a0  00000029
!DevNode ffffdb0586536af0 :
  DeviceInst is "SCSI\\Disk&Ven_VBOX&Prod_HARDDISK\\4&2617aeae&0&000000"
  ServiceName is "disk"
```

Podsumowanie

Na podstawie naszego małego *“dochodzenia”* możemy dojść do wniosku, że proces tworzenia pliku w systemie *Windows* wygląda następująco:

1. Wywołanie *CreateFile* korzystające ze ścieżki *C:\plik.txt*
2. Stworzenie *IRP* typu *IRP_MJ_CREATE* do urządzenia *\Device\HarddiskVolume1*
3. Obsługa *IRP* przez sterownik *volmgr*
4. Wysłanie *IRP* do urządzenia *Ntfs*
5. Stworzenie *IRP* opisującego operacje blokowe potrzebne do utworzenia pliku w systemie plików *Ntfs*. I wysłanie go do urządenia *\Device\HarddiskVolume1*
6. *volmgr* wysyła żądanie zapisu na fizycznym dysku *\Device\Harddisk0\DR0*.

Źródła

- Windows Internals, Part 1,2 (Developer Reference) - Russinovich, Mark; Allievi, Andrea; Ionescu, Alex; Solomon, David