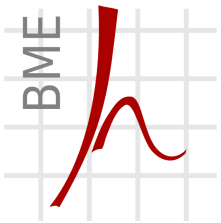
PE/COFF – IDA bevezető

Kódvisszafejtés.



Híradástechnikai Tanszék

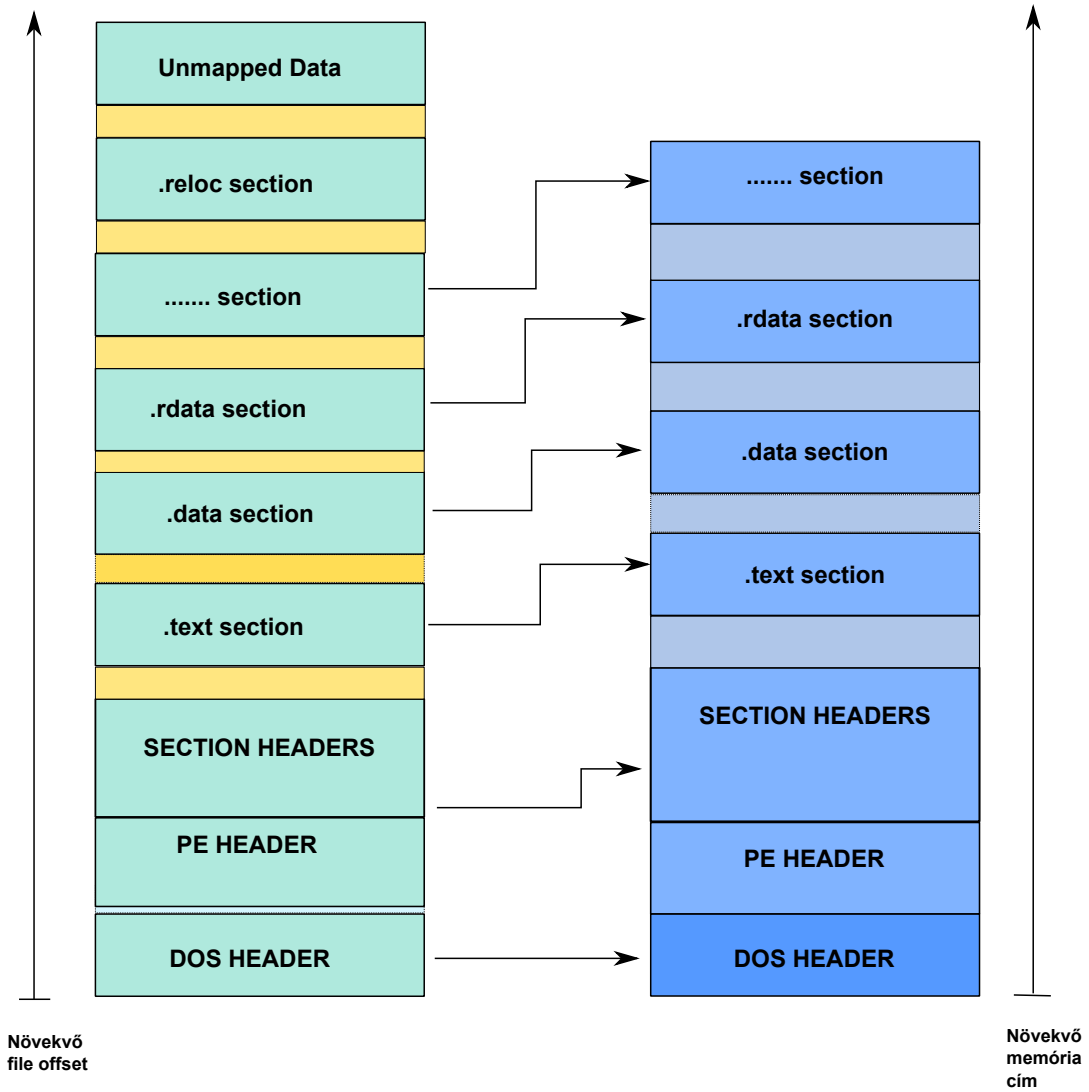
Izsó Tamás

2012. december 4.

Section 1

PE/COFF

Exe file leképzése a memóriába



Portable Executable fájl

- DOS operációs rendszerrel kompatibilis, figyelmeztető üzenetet ad, ha nem futtatható DOS alatt a program. A PE fájl eleje megegyezik a MZ végrehajtható fájlformátummal.
- DLL hívást támogatja. Az exe és a DLL azonos szerkezetű. A DLL fájlokat sokszor más kiterjesztéssel használják, pl. OCX , CPL
- Alpha, MIPS és .NET MSIL végrehajtható fájlformátuma is egyben.
- 64 bites programok hasonló formában vannak tárolva, egyes helyeken a 32 bitet 64 bites adatok váltották fel. PE32+ elnevezést kapta.

Relative Virtual Address (RVA)

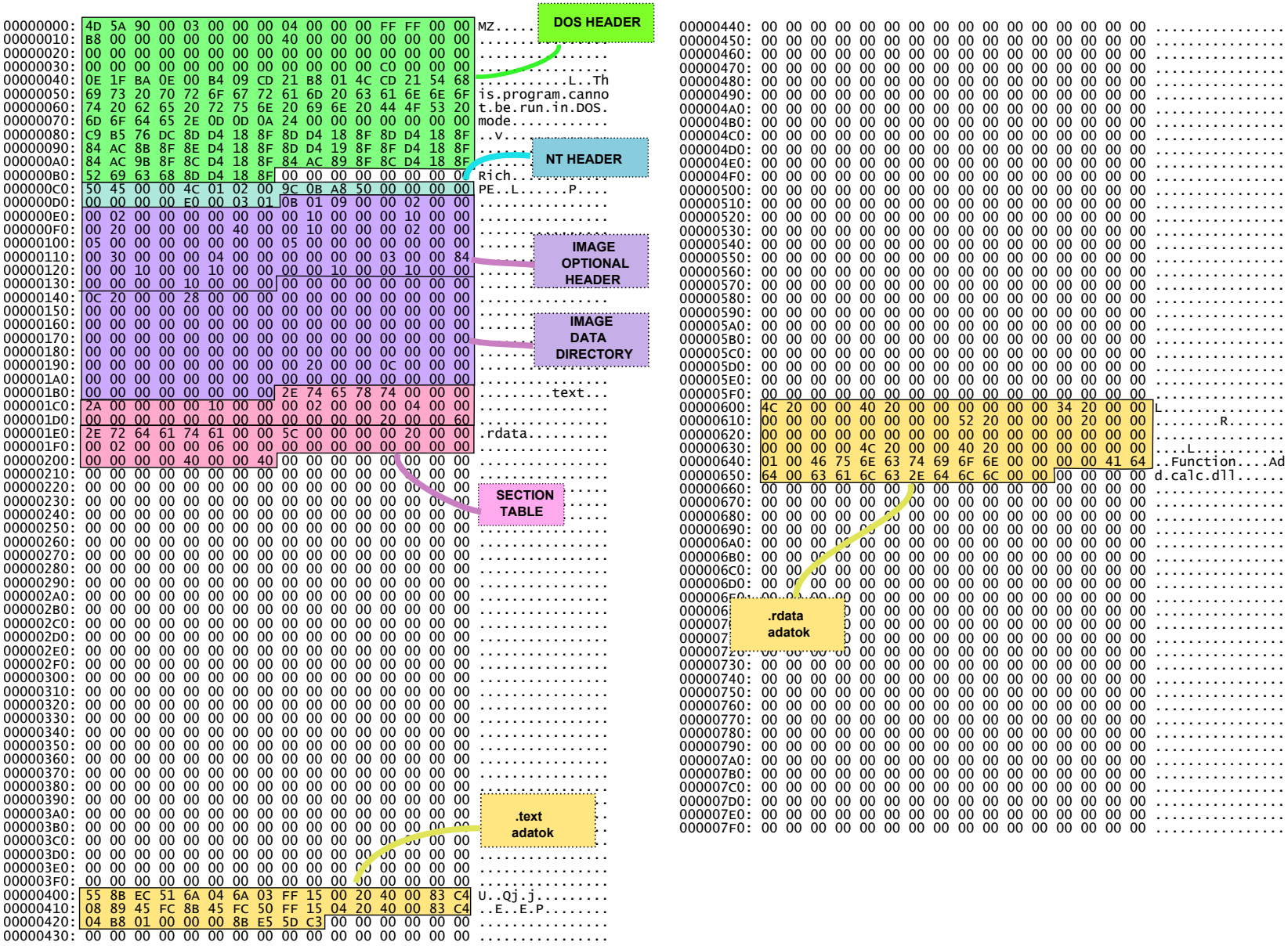
A futtatható fájlt a loader nem másolja be a memóriába, hanen az egyes szekciókat memory mapped file-ként kezeli. A fájlban tárolt szekciók 512-vel (0x200) osztható byte határon kezdődnek, míg a memóriában új lapra kerülnek, ahol egy lap 4Kbyte (vagy 8 Kbyte). Ezért a fájl adott tartalma a fájl elejétől más távolságra van, mint ugyanez az adat a memóriába a program elejétől számítva.

RVA kiszámítása

A memóráiban lévő címek a betőltés helyétől függetlenül vannak megadva. Ha egy cím a 0x4010DA címen szerepel és a program képe a 0x400000 címtől kezdve lett betöltve, akkor a realitív vírtuális cím (RVA):

$$RVA = 0x4010DA - 0x400000 = 0x10DA$$

Exe file dumpja



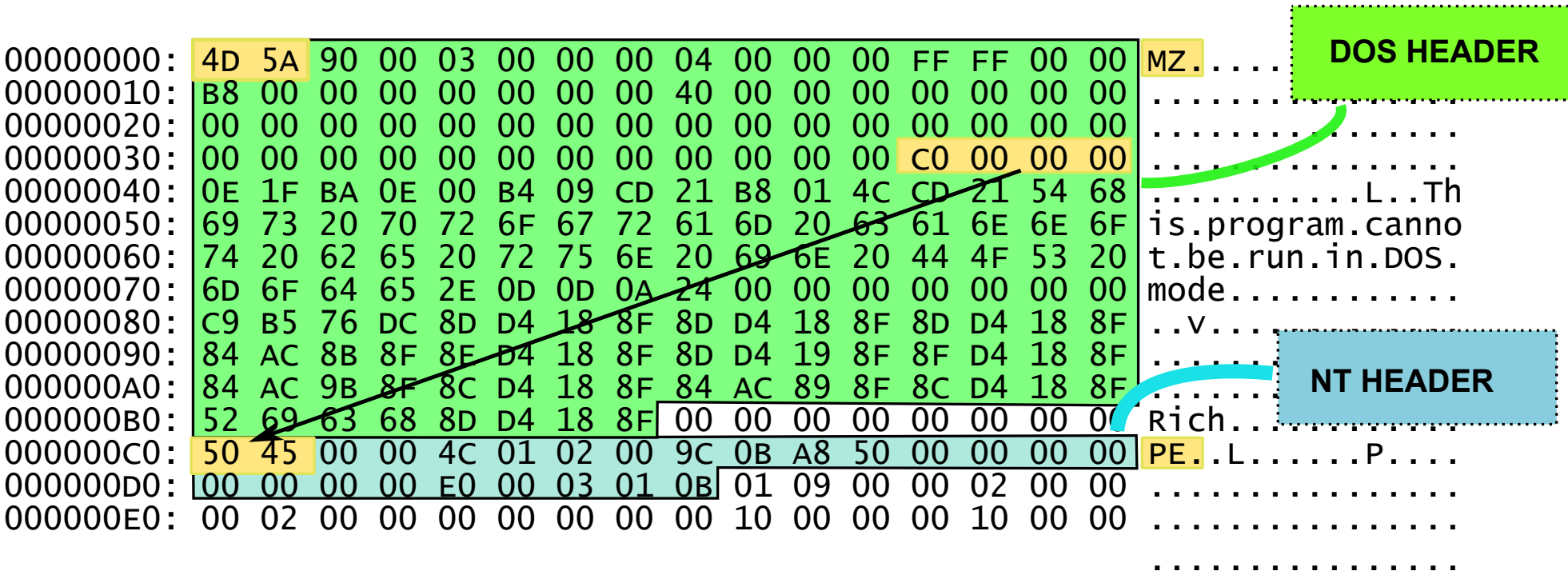
DOS HEADER

```
typedef struct _IMAGE_DOS_HEADER {      // DOS .EXE header
    WORD   e_magic;                     // Magic number
    WORD   e_cblp;                      // Bytes on last page of file
    WORD   e_cp;                        // Pages in file
    WORD   e_crlc;                      // Relocations
    WORD   e_cparhdr;                   // Size of header in paragraphs
    WORD   e_minalloc;                  // Minimum extra paragraphs needed
    WORD   e_maxalloc;                  // Maximum extra paragraphs needed
    WORD   e_ss;                        // Initial (relative) SS value
    WORD   e_sp;                        // Initial SP value
    WORD   e_csum;                      // Checksum
    WORD   e_ip;                        // Initial IP value
    WORD   e_cs;                        // Initial (relative) CS value
    WORD   e_lfarlc;                    // File address of relocation table
    WORD   e_ovno;                      // Overlay number
    WORD   e_res[4];                    // Reserved words
    WORD   e_oemid;                     // OEM identifier (for e_oeminfo)
    WORD   e_oeminfo;                   // OEM information; e_oemid specific
    WORD   e_res2[10];                  // Reserved words
    LONG   e_lfanew;                    // File address of new exe header
  } IMAGE_DOS_HEADER, *PIMAGE_DOS_HEADER;
```

DOS HEADER tartalma

- Két érdemi részt tartalmaz:
  1. e_magic értéke "MZ" (Mark Zbikowski)
  2. e_lfanew file offset, a PE header-re mutat.
- DOS_HEADER után kis DOS program következik.
- A PE rész közvetlenűl ez után, 8-cal osztható címre igazítva található.

DOS header dumpja



NT HEADER

```
typedef struct _IMAGE_NT_HEADERS {
    DWORD Signature;    // "PE"
    IMAGE_FILE_HEADER FileHeader;
    IMAGE_OPTIONAL_HEADER32 OptionalHeader;
} IMAGE_NT_HEADERS32, *PIMAGE_NT_HEADERS32;
```

DOS header dumpja

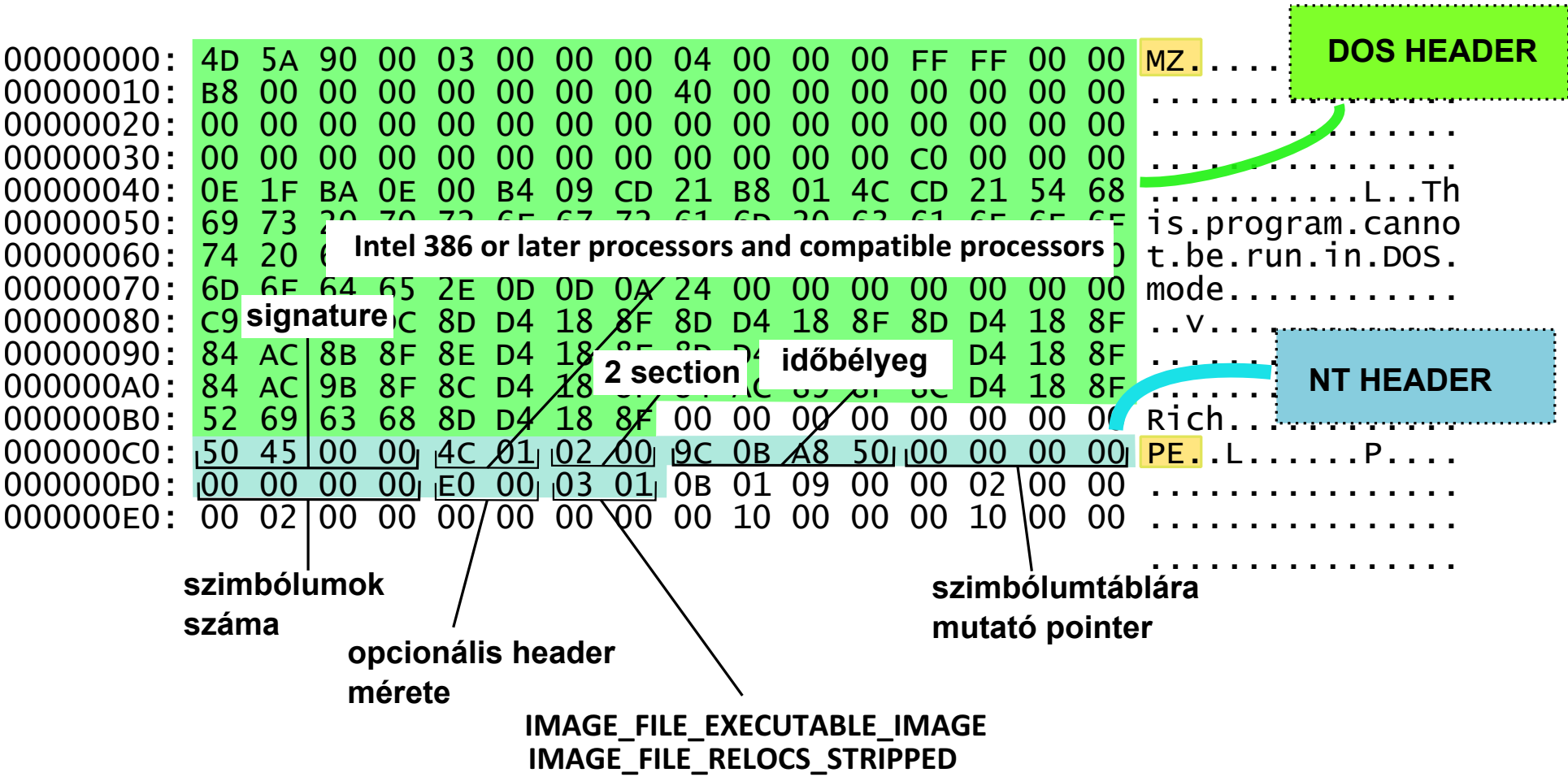


IMAGE FILE HEADER

```
typedef struct _IMAGE_FILE_HEADER {
    WORD    Machine;
    WORD    NumberOfSections;
    DWORD   TimeDateStamp;
    DWORD   PointerToSymbolTable;
    DWORD   NumberOfSymbols;
    WORD    SizeOfOptionalHeader;
    WORD    Characteristics;
} IMAGE_FILE_HEADER, *PIMAGE_FILE_HEADER;
```

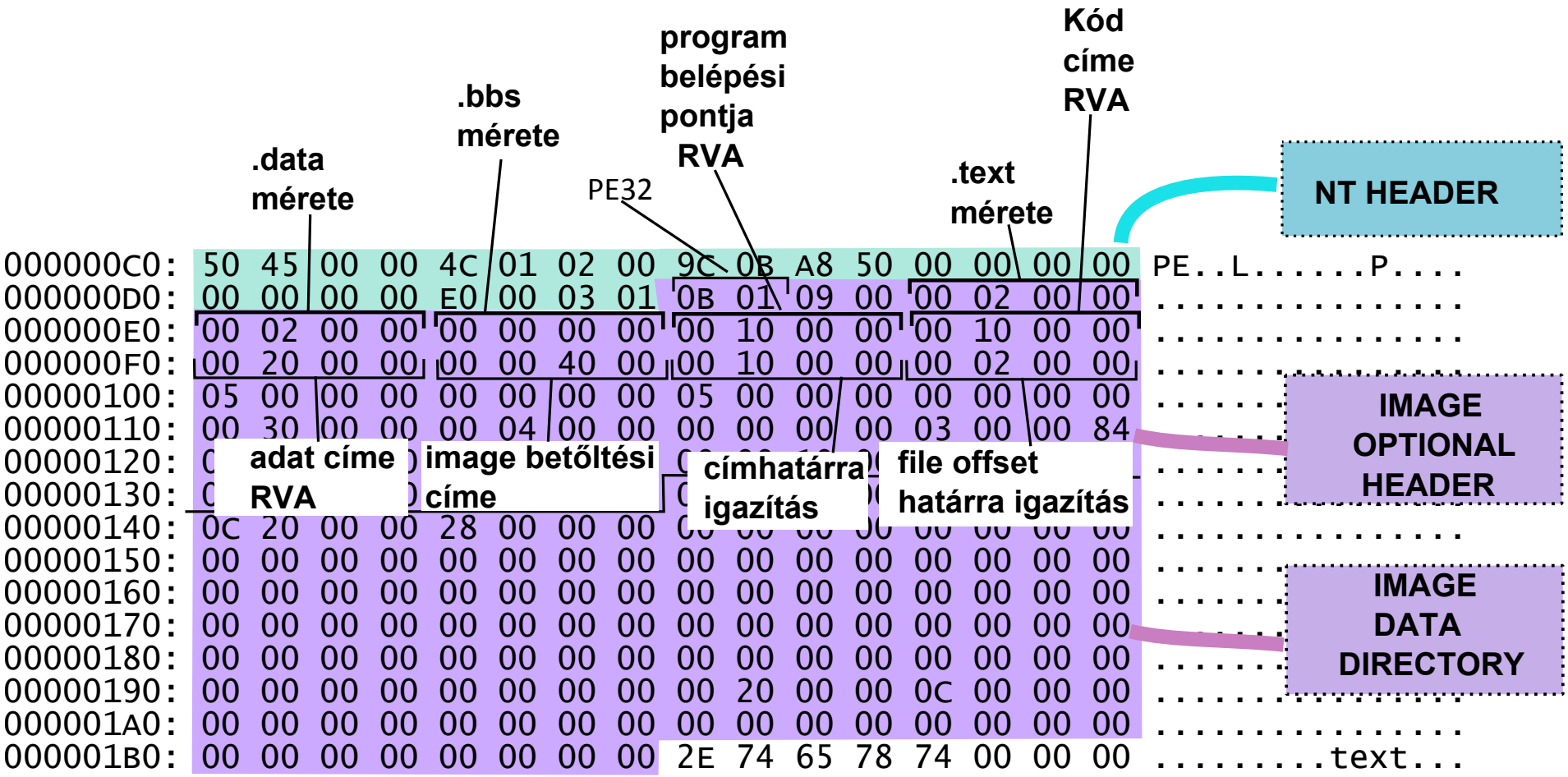
IMAGE OPTIONAL HEADER – standard mezők

```
typedef struct _IMAGE_OPTIONAL_HEADER {
    WORD    Magic;
    BYTE    MajorLinkerVersion;
    BYTE    MinorLinkerVersion;
    DWORD   SizeOfCode;
    DWORD   SizeOfInitializedData;
    DWORD   SizeOfUninitializedData;
    DWORD   AddressOfEntryPoint;
    DWORD   BaseOfCode;
    DWORD   BaseOfData;
```

IMAGE OPTIONAL HEADER – NT specifikus mezők

```
    DWORD   ImageBase;
    DWORD   SectionAlignment;
    DWORD   FileAlignment;
    WORD    MajorOperatingSystemVersion;
    WORD    MinorOperatingSystemVersion;
    WORD    MajorImageVersion;
    WORD    MinorImageVersion;
    WORD    MajorSubsystemVersion;
    WORD    MinorSubsystemVersion;
    DWORD   Win32VersionValue;
    DWORD   SizeOfImage;
    DWORD   SizeOfHeaders;
    DWORD   CheckSum;
    WORD    Subsystem;
    WORD    DllCharacteristics;
    DWORD   SizeOfStackReserve;
    DWORD   SizeOfStackCommit;
    DWORD   SizeOfHeapReserve;
    DWORD   SizeOfHeapCommit;
    DWORD   LoaderFlags;
    DWORD   NumberOfRvaAndSizes;
    IMAGE_DATA_DIRECTORY DataDirectory[IMAGE_NUMBEROF_DIRECTORY_ENTRIES];
} IMAGE_OPTIONAL_HEADER32, *PIMAGE_OPTIONAL_HEADER32;
```

Optional header dumpja



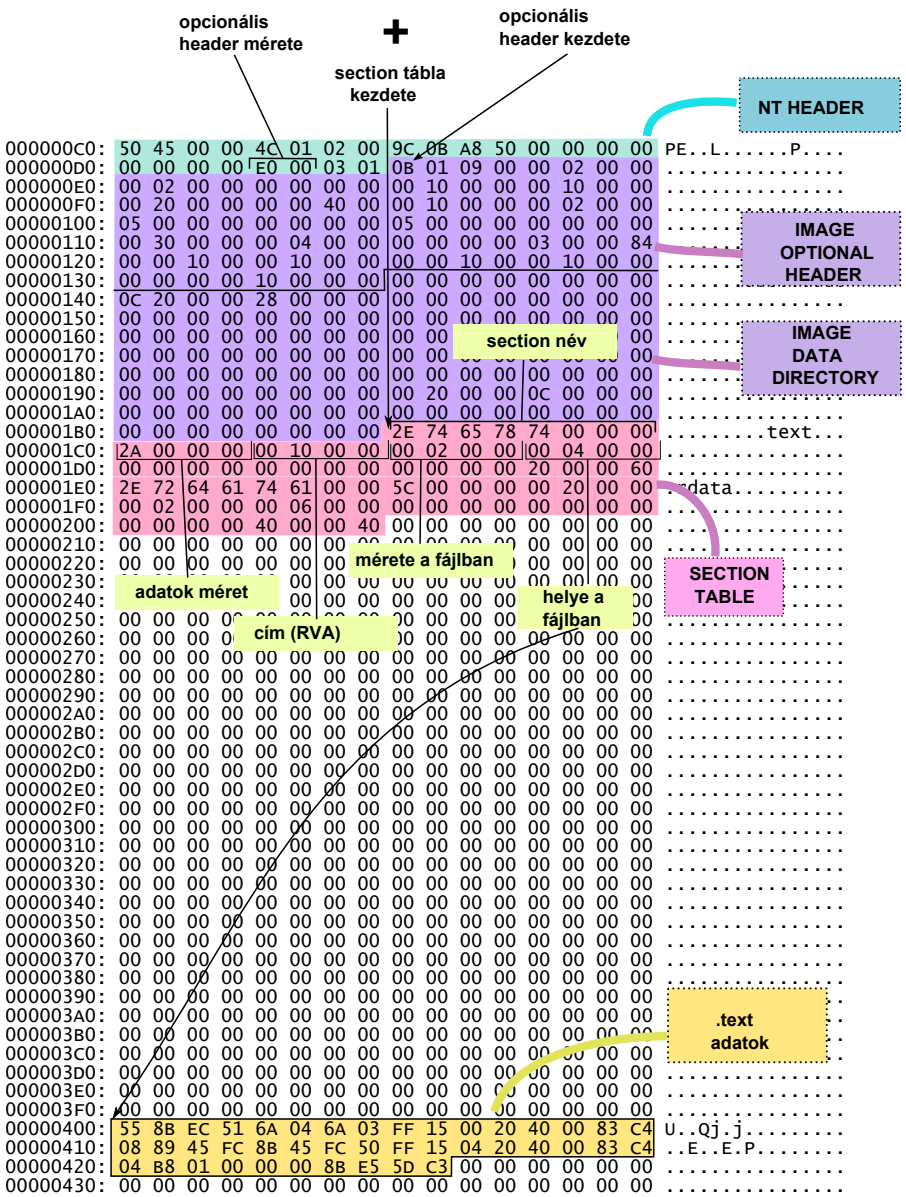
SECTION TABLE

A section táblák kezdete:

```
pSectionTable = &NtHeader.OptionalHeader +
                NtHeader.FileHeader.SizeOfOptionalHeader;
```

```
typedef struct _IMAGE_SECTION_HEADER {
    BYTE    Name[IMAGE_SIZEOF_SHORT_NAME]; // section neve
    union {
            DWORD   PhysicalAddress;
            DWORD   VirtualSize;           // lefoglalt méret
    } Misc;
    DWORD   VirtualAddress;                // RVA
    DWORD   SizeOfRawData;                 // adatok tényleges mérete
    DWORD   PointerToRawData;
    DWORD   PointerToRelocations;
    DWORD   PointerToLinenumbers;
    WORD    NumberOfRelocations;
    WORD    NumberOfLinenumbers;
    DWORD   Characteristics;
} IMAGE_SECTION_HEADER, *PIMAGE_SECTION_HEADER;
```

SECTION TABLE dumpja



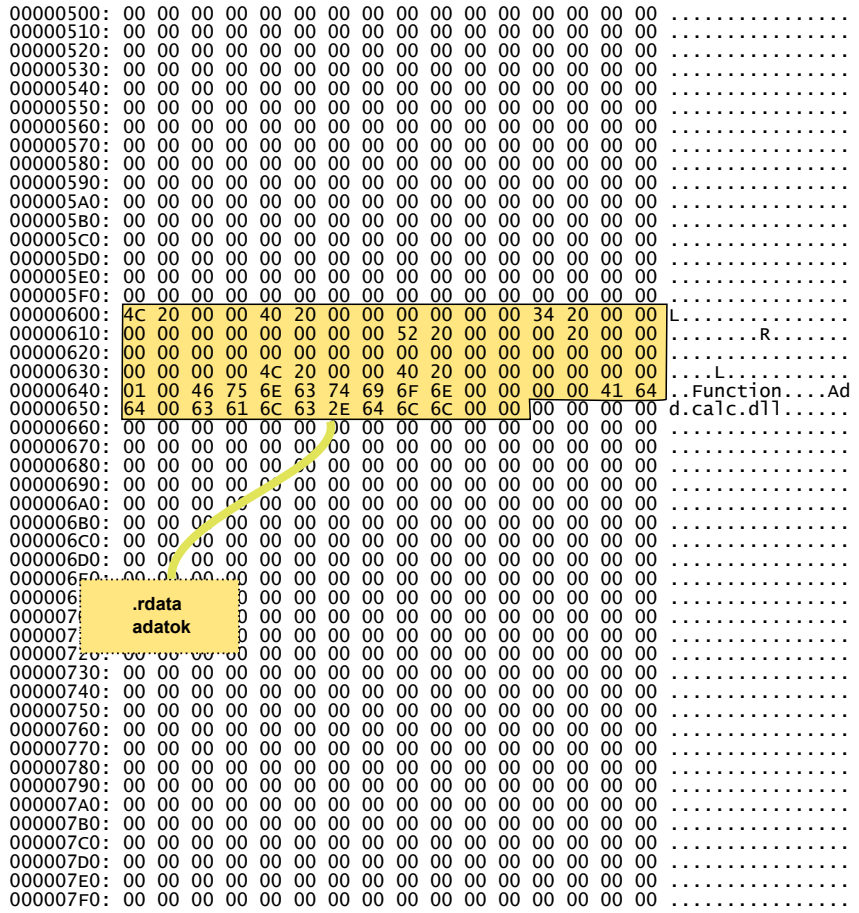


IMAGE DATA DIRECTORY – 16 db bejegyzés

```
typedef struct _IMAGE_DATA_DIRECTORY {
    DWORD   VirtualAddress;
    DWORD   Size;
} IMAGE_DATA_DIRECTORY, *PIMAGE_DATA_DIRECTORY;
```

IMAGE DATA Bejegyzések – 16 db bejegyzés

0	Export Table	dll .edata Section
1	Import Table	dll .idata
2	Resource Table	.rsrc Section
3	Exception Table	.pdata Section
4	Certificate Table	
5	Base Relocation Table	.reloc Section
6	Debug	.debug Section
7	Architecture Specific Data	reserved 0
8	Global Ptr	
9	TLS Directory	
10	Load Configuration Directory	
11	Bound Import	
12	IAT	import address table
13	Delay Load Import Descriptors	
14	CLR Runtime descriptor	
15	reserved	0

IMAGE DATA kikeresése a SECTION TABLE-ban

A section tábla kezdete a memóriában (RVA):

```
PIMAGE_SECTION_HEADER getSectionHdr( DWORD rva )
{
    PIMAGE_SECTION_HEADER section = IMAGE_FIRST_SECTION(pNTHeader);
    unsigned i;

    for(i=0; i < pNTHeader->FileHeader.NumberOfSections; i++, section++) {
        DWORD size = section->Misc.VirtualSize;

        // Is the RVA within this section?
        if( (rva >= section->VirtualAddress) &&
            (rva < (section->VirtualAddress + size)))
          return section;
    }
    return 0;
}
```

A section tábla kezdete a fájlban (offset):

```
DWORD GetOffsetFromRVA( DWORD rva, PIMAGE_SECTION_HEADER pSectionHdr)
{
    // rva = 0x200C
    // Dumpban 0x2000 - 0x600, delta = 0x1a00
    DWORD delta = pSectionHdr->VirtualAddress-pSectionHdr->PointerToRawData;
    return  rva - delta ;  // 0x60C
}
```

EXPORT DIRECTORY Entry

```
typedef struct _IMAGE_EXPORT_DIRECTORY {
    DWORD   Characteristics;          // Set 0
    DWORD   TimeDateStamp;
    WORD    MajorVersion;             // User set
    WORD    MinorVersion;             // User set
    DWORD   Name;                     // DLL name (RVA)
    DWORD   Base;
    DWORD   NumberOfFunctions;
    DWORD   NumberOfNames;
    DWORD   AddressOfFunctions;       // EAT (RVA)
    DWORD   AddressOfNames;           // RVA
    DWORD   AddressOfNameOrdinals;    // RVA
} IMAGE_EXPORT_DIRECTORY, *PIMAGE_EXPORT_DIRECTORY;
```

IMPORT DIRECTORY DATA dumpja

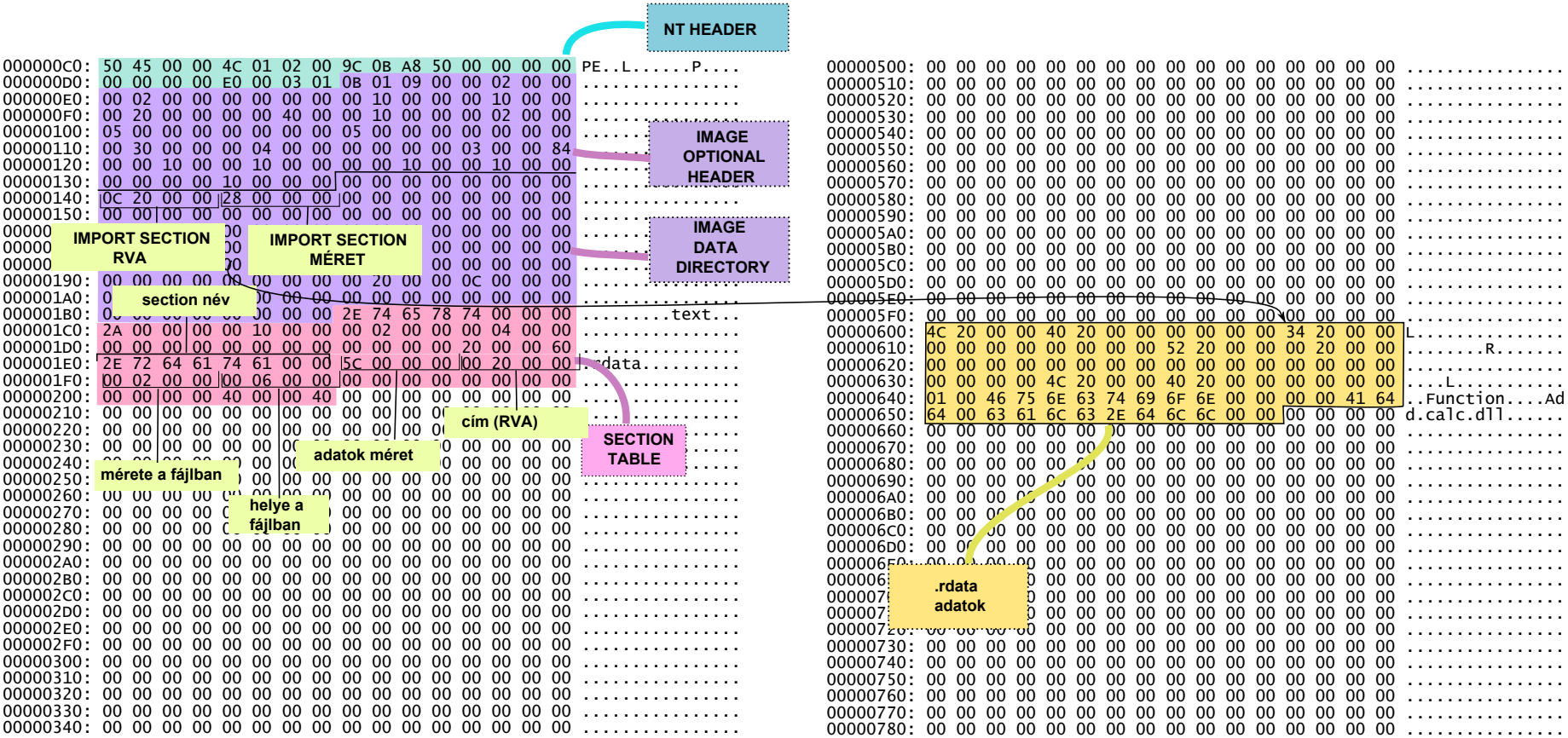
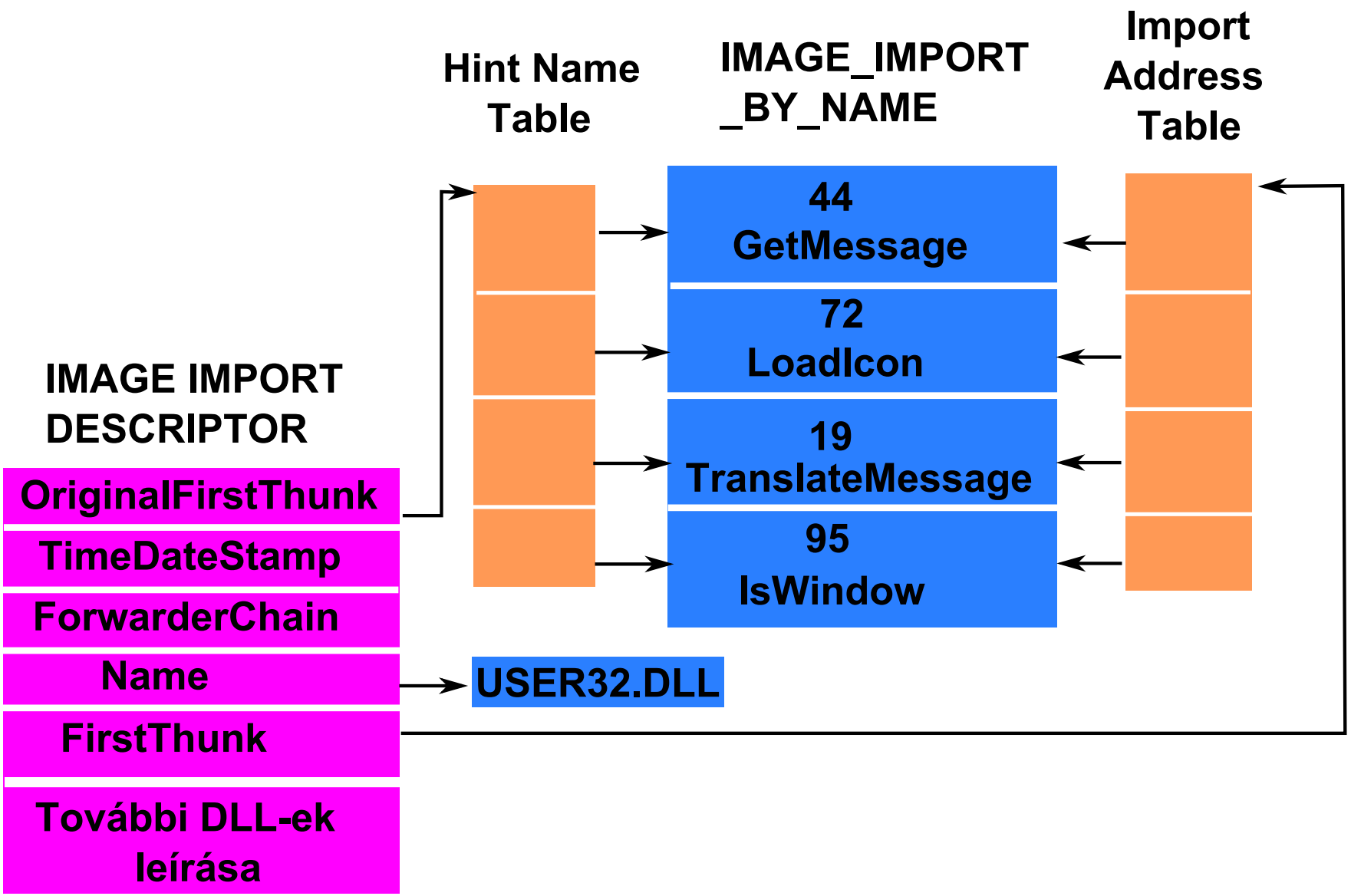


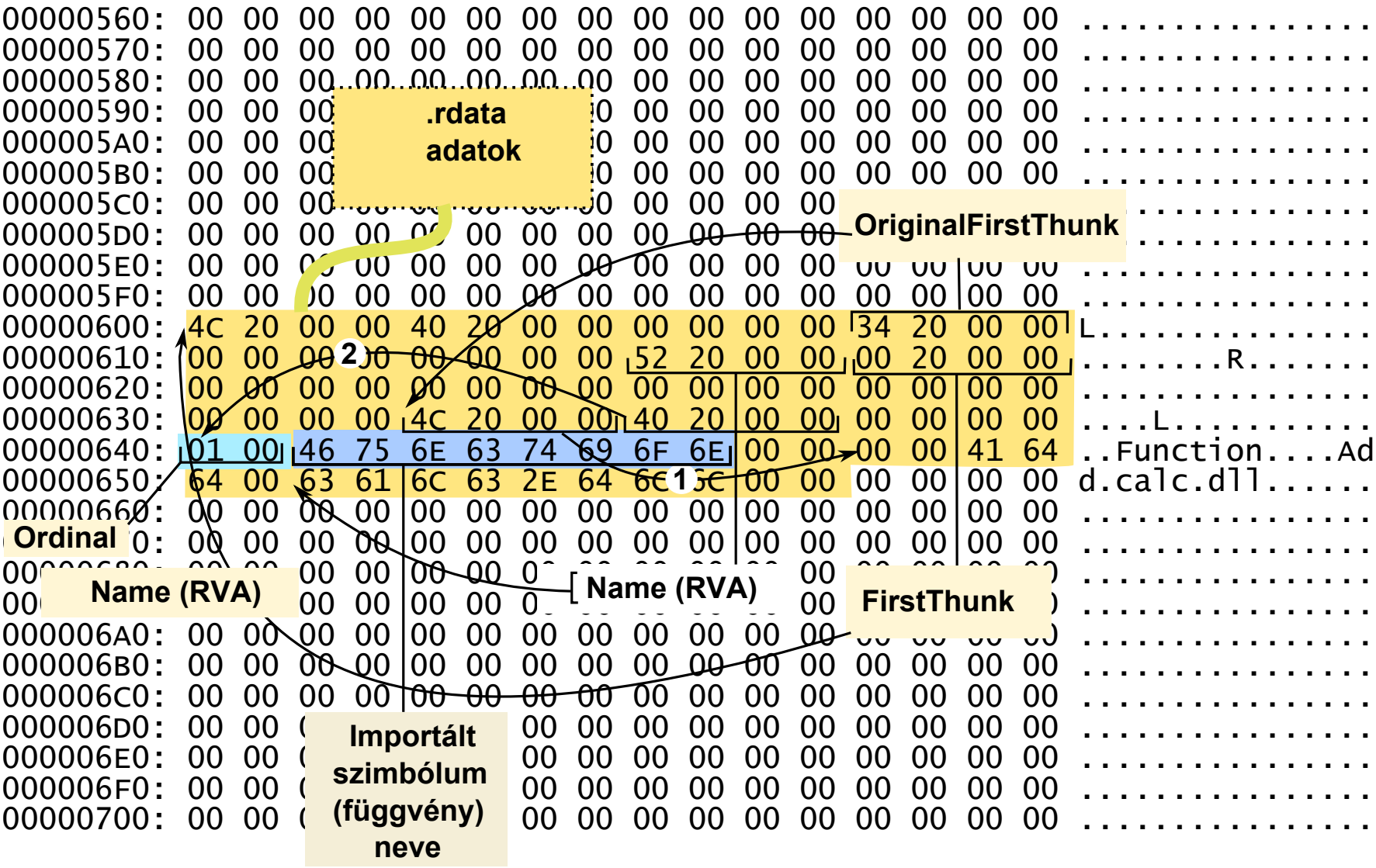
IMAGE IMPORT DESCRIPTOR

```
typedef struct _IMAGE_IMPORT_DESCRIPTOR {
    union {
        DWORD   Characteristics;
        DWORD   OriginalFirstThunk; // RVA to original unbound IAT
    } DUMMYUNIONNAME;
    DWORD   TimeDateStamp;          // 0 if not bound,

    DWORD   ForwarderChain;         // -1 if no forwarders
    DWORD   Name;
    DWORD   FirstThunk;             // RVA to IAT
} IMAGE_IMPORT_DESCRIPTOR;

typedef struct _IMAGE_IMPORT_BY_NAME {
    WORD    Hint;
    BYTE    Name[1];
} IMAGE_IMPORT_BY_NAME, *PIMAGE_IMPORT_BY_NAME;
```

IMPORT TABLE



IMPORT TABLE



IMPORT TABLE – program indítása után a memóriában

```
00402000  00 10 00 10|30 10 00 10|00 00 00 00|34 20 00 00|  ....0.......4 ..
00402010  00 00 00 00|00 00 00 00|52 20 00 00|00 20 00 00|  ........R ... ..
00402020  00 00 00 00|00 00 00 00|00 00 00 00|00 00 00 00|  ................
00402030  00 00 00 00|4C 20 00 00|40 20 00 00|00 00 00 00|  ....L ...  ......
00402040  01 00 46 75|6E 63 74 69|6F 6E 00 00|00 00 41 64|  ..Function....Ad
00402050  64 00 63 61|6C 63 2E 64|6C 6C 00 00|00 00 00 00|  d.calc.dll......
```

DLL-ben lévő függvény hívása

```
00401000    55              PUSH EBP
00401001    8BEC            MOV EBP,ESP
00401003    51              PUSH ECX
00401004    6A 04           PUSH 4
00401006    6A 03           PUSH 3
00401008    FF15 00204000   CALL DWORD PTR DS:[<&calc.Add>]
0040100E    83C4 08         ADD ESP,8
00401011    8945 FC         MOV DWORD PTR SS:[LOCAL.1],EAX
00401014    8B45 FC         MOV EAX,DWORD PTR SS:[LOCAL.1]
00401017    50              PUSH EAX
00401018    FF15 04204000   CALL DWORD PTR DS:[<&calc.Function>]
0040101E    83C4 04         ADD ESP,4
00401021    B8 01000000     MOV EAX,1
00401026    8BE5            MOV ESP,EBP
00401028    5D              POP EBP
00401029    C3              RETN
```

DLL tartalma

```
10001000    55              PUSH EBP
10001001    8BEC            MOV EBP,ESP
10001003    8B45 08         MOV EAX,DWORD PTR SS:[EBP+8]
10001006    0345 0C         ADD EAX,DWORD PTR SS:[EBP+0C]
10001009    5D              POP EBP
1000100A    C3              RETN

10001010    55              PUSH EBP
10001011    8BEC            MOV EBP,ESP
10001013    8B45 08         MOV EAX,DWORD PTR SS:[EBP+8]
10001016    2B45 0C         SUB EAX,DWORD PTR SS:[EBP+0C]
10001019    5D              POP EBP
1000101A    C3              RETN

10001020    55              PUSH EBP
10001021    8BEC            MOV EBP,ESP
10001023    8B45 08         MOV EAX,DWORD PTR SS:[EBP+8]
10001026    0FAF45 0C       IMUL EAX,DWORD PTR SS:[EBP+0C]
1000102A    5D              POP EBP
1000102B    C3              RETN

10001030    55              PUSH EBP
10001031    8BEC            MOV EBP,ESP
10001033    8B45 08         MOV EAX,DWORD PTR SS:[EBP+8]
10001036    50              PUSH EAX
10001037    68 00C00010     PUSH OFFSET 1000C000          ; ASCII "Printf from DLL %d "
1000103C    E8 7F000000     CALL 100010C0
10001041    83C4 08         ADD ESP,8
10001044    5D              POP EBP
10001045    C3              RETN
```

Importált függvények címének feloldása

- A program a dll-ben lévő **Add**() függvényt a 00401008 címen a **CALL** [00402000] utasítással hívja meg. Az indirekten hívott függvény címét az Import Address Table (IAT) tárolja.
- A fordító a __declspec(dllimport) **int Add**(**int**,**int**) *;* függvény *tárolási osztály módosító* hatására generál optimálisabb kódot. Ha nem adjuk meg, akkor a **CALL** XXXXXXXX utasításnak meg kellene hívni egy thunk kódot, ami megoldja a DLL-ben lévő függvény hívását. A fordító egy __imp__Add szimbólumot is generál, amely egy pointer, és az IAT táblában foglal helyet.
- A loadernek a betöltésnél csak az IAT-t kell kell megváltoztatni.
- A függvényeket nemcsak név, hanem sorszám (ordinal number) alapján is meg lehet hívni.

Optimalizálatlan DLL függvényhívás

Ha a főprogramban nem használjuk a __declspec(dllimport) függvény *tárolási osztály módosítót*, ekkor a következő nem annyira hatékony kód keletkezik:

```
00401000   55              PUSH EBP
00401001   8BEC            MOV EBP,ESP
00401003   51              PUSH ECX
00401004   6A 04           PUSH 4
00401006   6A 03           PUSH 3
00401008   E8 21000000     CALL <JMP.&calc.Add>          ; Jump to calc.Add
0040100D   83C4 08         ADD ESP,8
00401010   8945 FC         MOV DWORD PTR SS:[LOCAL.1],EAX
00401013   8B45 FC         MOV EAX,DWORD PTR SS:[LOCAL.1]
00401016   50              PUSH EAX
00401017   E8 0C000000     CALL <JMP.&calc.Function>     ; Jump to calc.Function
0040101C   83C4 04         ADD ESP,4
0040101F   B8 01000000     MOV EAX,1
00401024   8BE5            MOV ESP,EBP
00401026   5D              POP EBP
00401027   C3              RETN
00401028   $- FF25 04204000 JMP DWORD PTR DS:[<&calc.Function>]
0040102E   $- FF25 00204000 JMP DWORD PTR DS:[<&calc.Add>]
```

BIND utility

```
Bind.Exe -v -u test_implicit.exe
BIND: test_implicit.exe - Imports from calc.dll
BIND: test_implicit.exe - Add Bound to 0000000010001000
BIND: test_implicit.exe - Function Bound to 0000000010001030
BIND: Details of binding of test_implicit.exe
    Import from calc.dll [50a80afb]
```

```
00000600: 00 10 00 10 30 10 00 10 00 00 00 00 34 20 00 00  ....0.......4 ..
00000610: FF FF FF FF FF FF FF FF 52 20 00 00 00 20 00 00  ........R .... ..
00000620: 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00  ................
00000630: 00 00 00 00 4C 20 00 00 40 20 00 00 00 00 00 00  ....L ..@ ......
00000640: 01 00 46 75 6E 63 74 69 6F 6E 00 00 00 00 41 64  ..Function....Ad
00000650: 64 00 63 61 6C 63 2E 64 6C 6C 00 00 00 00 00 00  d.calc.dll......
```

A Bind utility feloldja az IAT táblában levő címeket. Hogyan lehetséges ez?

- A program relokálása a virtuális memóriakezelés által hardware szintű támogatást kap.
- Az időbélyeg és az Image Bound Import Descriptor (lásd az irodalmat) alapján a loader megbízhatóan el tudja dönteni, hogy a DLL fájl újra lett linkelve.

Irodalom

1. Matt Pietrek An In-Depth Look into the Win32 Portable Executable File Format `http://msdn.microsoft.com/en-us/magazine/bb985992.aspx`
2. Matt Pietrek Peering Inside the PE: A Tour of the Win32 Portable Executable File Format `http://msdn.microsoft.com/en-us/magazine/ms809762.aspx`
3. Microsoft PE and COFF Specification. `http://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/hardware/gg463119.aspx`

Section 2

IDA bevezető

IDA decompiler

- Program szerzője Ilfak Guilfanov, ma már többen dolgoznak rajta.
- Honlap: `http://www.hex-rays.com/`
- IDA demo illetve freeware letölthető a `http://www.hex-rays.com/products/ida/support/download.shtml` helyről.

Objektumorientált kód visszafejtése

A 11-edik előadáson 8 és 12 diákon lévő program visszafejtése után 34952 sor keletkezett, amiből 18260 (vannak kommentek is) kód a többi adat. Első feladat a főprogram megkeresése.

Mit tudunk:

- A **int** main(**int** argc, char∗argv[], char∗ env[]) program 3 paramétert vesz át.
- 2. paraméter a parancssori argumentum. A Visual Studio-val fordított kódban a mainCRTStartup kód hívja meg a main függvényt, amit a C:\Program Files\Microsoft Visual-Studio 9.0\VC\crt\src\ crt0.c-hez hasonló directoryban találunk meg, a verziószámtól függően.
- A parancssori argumentumokat a GetCommandLine Windows API függvénnyel érjük el.

main program kikeresése

- IDA-ba válasszuk ki <Search> menü alatt <Text> menüpontot, és keressük meg a GetCommandLine függvényt. Mivel ez DLL-ben lévő exportált függvény, ezért a hívó Import Name Table adatában megtalálható a függvény szimbólikus neve, ugyanakkor a main szimbólikus név már kikerülta lefordított kódból.
- Keressünk a függvényhívás közelébe olyan függvényt, aminek három paramétere van.

```
.text:004013F6        mov     eax, dword_40DF78
.text:004013FB        mov     dword_40DF7C, eax
.text:00401400        push    eax
.text:00401401        push    dword_40DF70
.text:00401407        push    dword_40DF6C
.text:0040140D        call    sub_401000
```

Navigálás és átnevezés

- Egér gomb dupla clikk-kel a sub_401000 függvény nevére kattintva a függvény definiciójához ugorhatunk. Ez *escape* gomb hatására visszatérhetünk az előző programrészhez.
- sub_401000 **proc near** *; CODE XREF: start−5C* sorra állva nyomjuk meg az N billentyűt, vagy a jobb egérgomb által előhívott menüből válasszuk ki a <Rename> almenüt, és nevezzük át a függvényt. Térjünk vissza a hívó részhez. Ezt megtehetjük a CODE XREF keresztreferencia részben megadott hívási helyek (jelenleg csak egy) egyikére kattintva. Az adott címen már a **call** main utasítás szerepel. Az IDA a szimbólikus neveket továbbterjeszti, ameddig a program alapján követhető a rá való hivatkozás.

Függvény prototípusának a megadása

Térjünk vissza a main függvényhez, és a jobb egérgomb <Set function type> vagy az Y billentyűvel adjuk meg a függvény prototípusát.

```
int __cdecl main(int argc, char* argv[], char* env[] );
```

Eredmény:

```
.text:00401000 ; int __cdecl main(int argc,char **argv,char **env)
.text:00401000 main    proc near               ; CODE XREF: start-5C
.text:00401000 var_4   = dword ptr -4
.text:00401000 argc    = dword ptr  8
.text:00401000 argv    = dword ptr  0Ch
.text:00401000 env     = dword ptr  10h

.text:00401024          cmp     [ebp+argc], 2
```

Valamint a hívott helyen:

```
.text:00401400          push    eax             ; env
.text:00401401          push    argv            ; argv
.text:00401407          push    argc            ; argc
.text:0040140D          call    main
```

Struktúra (class) definiálás

1. Nyissuk meg a *Structures* dialogus ablakot a shift-F9 gombbal, vagy a <View> <Open subview> <Structures> menü alapján.
2. Hozzunk létre új struktúrát az Ins gombbal, és a *Create structure* ablakban nevezzük el az új struktúrát.
3. Legyen a neve C_class. Az OK gomb megnyomása után létrejön egy üres struktúra.

```
00000000 C_class        struc ; (sizeof=0x0)
00000000 C_class        ends
```

Struktúra tagváltozóinak a megadása

1. A struktúra végére állva a D billentyűvel vehetünk fel új tagváltozókat. Ismételt nyomkodásával az adat méretét változtathatjuk meg. Ha nem találjuk meg a megfelelő méretet, akkor az <Option> <Setup datatype> vagy a Alt-D billentyű lenyomásával hívhatunk elő egy ablakot, amiben be lehet állítani nagyobb méretű változók megjelenését is.
2. Az N gombbal átnevezhetjük a tagváltozókat.

```
00000000 C_class          struc ; (sizeof=0xA)
00000000 c_vtptr          dw ?
00000002 a                dw ?
00000004 b_thunk_vtptr    dw ?
00000006 b                dw ?
00000008 c                dw ?
0000000A C_class          ends
```

Struktúra memóriaterülethez rendelése

1. A var_24 stack frame tartalmazza a C c*;* objektumot. Az adott értékre duplán kattintva bejön a *Stack frame* ablak.
2. Az <Edit> <Struct var> menük, vagy az Alt-Q billentyű segítségével hívjuk be a *"choose a structure"* ablakot és válasszuk ki a megfelelő struktúra definicíót.

```
.text:00401000 main     proc near    ; CODE XREF: start-5C
.text:00401000
.text:00401000 var_28   = dword ptr -28h
.text:00401000 c        = C_class ptr -24h
.text:00401000 var_10   = dword ptr -10h
.text:00401000 var_C    = dword ptr -0Ch
.text:00401000 var_4    = C_class ptr -4
```

Következő óra

1. Bináris fájlformátum visszafejtése.
2. Dinamikus nyomkövetés Intel PIN tool-lal.
3. Egyszerű Ida plugin írás.