

6주차 스터디

파일 카빙, 메모리 포렌식

파일 카빙 (File Carving)

- 저장 매체가 포맷되었거나 손상된 파일들을 추출, 복구하는 작업¹²
- 일반적으로 포맷마다 고유한 header/footer 시그니처 및 데이터 구조 기반으로 카빙한다.
- 비활당 영역의 중요성
 - 파일을 삭제한다고 디스크에 파일이 삭제되지 않는다.
 - 파일이 어디에 위치한다는 메타데이터 정보만 사라질 뿐이다.
 - 그래서 CCleaner와 같은 삭제 도구를 보면 ?-pass라는 표현을 쓰는데, 몇 번 덮어쓰기를 할 것인지 선택하는 옵션이다.³⁴

¹ 시나리오 기반 이미지 개발을 통한 파일 카빙 도구 검증 방안 연구

² https://forensics.wiki/file_carving/

³ https://en.wikipedia.org/wiki/Data_eraser

⁴ [All about Physical Data Recovery](#)

bulk_extractor

- 윈도우 관련 아티팩트, 도메인 주소, 압축 파일, 신용카드 번호 외에도 다양한 데이터들을 카빙해준다.¹
- 파일 시스템 구조를 분석하지 않고, 처음부터 끝까지 스캔하여 탐지되는 모든 데이터를 저장한다.²
- 병렬로 처리하기 때문에 보유한 자원들이 놀지 않는다.³
 - 1.6 버전에서 대부분 싱글 쓰레드로 동작했었고 병목 현상이 존재하여 다시 설계하여 만들었다고 한다.
- 이전 버전보다 더 많은 파일들을 카빙할 수 있다고 한다.⁴

THE GEORGE WASHINGTON UNIVERSITY
WASHINGTON, DC

BE1 vs. BE2:
BE2 is finding a lot of stuff that BE1 missed

Size ✓
Compile-time (relevant for development) ✓
Runtime ✓
Analysis

| file | BE16 | BE2.0 Beta 4 |
|-----------------------|---------|--------------|
| alerts.txt | 62 | 19 |
| domain.txt | 72,027 | 76,800 |
| email.txt | 8,757 | 8,751 |
| ether.txt | 5 | 1 |
| ether_histogram_1.txt | n/a | 0 |
| exif.txt | 232 | 235 |
| facebook.txt | n/a | 0 |
| ip.txt | 4 | 4,444 |
| jpeg_carved.txt | 43 | 1,767 |
| json.txt | 4 | 958 |
| kml.txt | 0 | 2 |
| ntfsusn_carved.txt | 2 | 1 |
| rfc822.txt | 4,240 | 4,219 |
| tcp.txt | n/a | 56 |
| tcp_histogram.txt | n/a | 0 |
| telephone.txt | 767 | 760 |
| unzip_carved.txt | 41 | n/a |
| url.txt | 108,352 | 112,754 |
| winpe.txt | 10,740 | 10,592 |
| winpe_carved.txt | 4 | 10,573 |
| winprefetch.txt | 124 | 0 |
| zip.txt | 5,196 | 10,193 |

1,724 additional JPEGs carved

10,569 windows executables carved!

¹ https://github.com/simsong/bulk_extractor/wiki

² <https://youtu.be/odvDTGA7rYI?t=1060> - Forensic Carving of Network Packets with bulk_extractor and tcpflow

³ <https://youtu.be/RHCzrmvul4Q?t=270> - A case study of updating bulk_extractor 1.6 to 2.0

⁴ <https://youtu.be/RHCzrmvul4Q?t=820> - A case study of updating bulk_extractor 1.6 to 2.0

⁵ https://github.com/simsong/bulk_extractor/blob/main/doc/ROADMAP_2.0.md

⁶ https://github.com/simsong/bulk_extractor/releases/tag/v2.1.0

bulk_extractor

- 윈도우 버전은 2024. 02. 08 기준 구버전인 1.5.0 과 2.0 을 사용할 수 있다.¹
 - 1.5.3 - 2014. 08. 29 릴리즈, 2.0 - 2022. 02. 13 릴리즈, 2.1 - 2024. 01. 22 릴리즈²

Windows Users

- Version 1.5.0 graphical installer with Windows GUI:
https://digitalcorpora.s3.amazonaws.com/downloads/bulk_extractor/bulk_extractor-1.5.0-windowsinstaller.exe
- Version 2.0 command-line EXE: https://digitalcorpora.s3.amazonaws.com/downloads/bulk_extractor/bulk_extractor-2.0.0-windows.zip

- 버전업할 때마다 exe 파일을 배포해주지 않기 때문에 현재 stable하며, 최신 버전인 2.1 을 사용하기 위해서는 리눅스 환경에서 빌드를 진행해야 한다.

Bulk_extractor version 2.1 is the first stable version of bulk_extractor version 2 that is recommended for general use. I scanner that caused bulk_extractor to hang on open-ended regular expressions such as [a-z]*@company.com specific

¹ https://github.com/simsong/bulk_extractor/wiki/Installing-bulk_extractor#windows-users

² https://github.com/simsong/bulk_extractor/releases

bulk_extractor

- 빌드하기 전에 필요한 패키지들을 설치한다. - `etc` 폴더에서 환경에 맞는 bash 스크립트 실행¹

```
→ bulk_extractor-2.1.0 cd etc
→ etc ls
CONFIGURE_AMAZON_LINUX.bash    CONFIGURE_FEDORA36_win64.bash    CONFIGURE_UBUNTU22_win64.bash
CONFIGURE_CENTOS7.bash          CONFIGURE_MACOS.bash          makefile_builder.py
CONFIGURE_DEBIAN9.bash          CONFIGURE_PENTO06.2.8.bash  paths.bash
CONFIGURE_FEDORA34.bash         CONFIGURE_UBUNTU20LTS.bash   whats-missing-from-dist.py
CONFIGURE_FEDORA34_win64.bash   CONFIGURE_UBUNTU20_win64.bash
CONFIGURE_FEDORA36.bash          CONFIGURE_UBUNTU22LTS.bash
+ etc ./CONFIGURE_UBUNTU22LTS.bash|
```

- `wget https://github.com/simsong/bulk_extractor/releases/download/v2.1.0/bulk_extractor-`

`2.1.0.tar.gz`² → manual 참고하여 설치²

2. Download the latest version of *bulk_extractor*. It can be obtained from http://digitalcorpora.org/downloads/bulk_extractor/. The file is called `bulk_extractor-x.y.z.tar.gz`, where x.y.z is the latest version.

3. Un-tar and un-zip the file. In the newly created `bulk_extractor-x.y` directory, run the following commands:

- `./configure`
- `make`
- `sudo make install`

¹ https://github.com/simsong/bulk_extractor/wiki/Installing-bulk_extractor#linux-and-os-x-users

² https://github.com/simsong/bulk_extractor/releases/tag/v2.1.0

³ http://digitalcorpora.org/downloads/bulk_extractor/BEUsersManual.pdf

bulk_extractor

- 설치가 완료되었다면 /usr/local/bin에 bulk_extractor 파일이 생성되어 사용할 수 있다.

```
→ ~ bulk_extractor
imagefile not provided
bulk_extractor version 2.1.0: A high-performance flexible digital forensics program.
Usage:
    bulk_extractor [OPTION...] image_name
```

- x 는 disable, -e 는 enable이며, 기본으로 활성화된 스캐너들이 많이 있다.
 - 아래 사진은 기본 설정에서 facebook 스캐너를 비활성화, hiberfile 스캐너를 활성화했다.
- 자세한 사용 방법과 스캐너 종류는 bulk_extractor --help bulk_extractor --info_scanners 참고¹

```
→ ~ bulk_extractor /mnt/c/Users/hyuunnnn/Desktop/240103.E01 -x facebook -e hiberfile -o /mnt/c/Users/hyuunnnn/Desktop/bulk2_1
opening /mnt/c/Users/hyuunnnn/Desktop/240103.E01

bulk_extractor version: 2.1.0
Input file: "/mnt/c/Users/hyuunnnn/Desktop/240103.E01"
Output directory: "/mnt/c/Users/hyuunnnn/Desktop/bulk2_1"
Disk Size: 21474836480
Scanners: aes base64 elf evtex exif find gzip hiberfile httplogs json kml_carved msxml net ntfsindx ntfslogfile ntfsfmt ntfsusn pdf rar sqlite utmp vcard_carved windirs winlnk winpe winprefetch zip accts email gps
Threads: 20
going multi-threaded...( 20 )
bulk_extractor      Thu Feb  8 19:59:36 2024
```

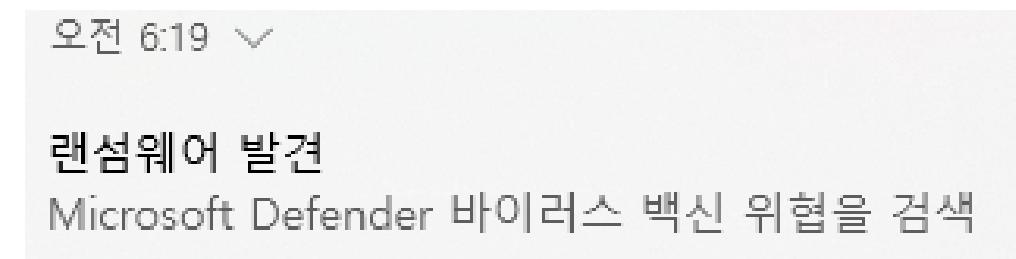
¹ https://github.com/simsong/bulk_extractor/wiki

bulk_extractor

- 1.5.0, 2.0, 2.1 버전 별로 카빙한 파일 개수와 용량 차이가 있음을 확인할 수 있다.

| bulk1_6 속성 | bulk2_0 속성 | bulk2_1 속성 |
|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| 일반 | 일반 | 일반 |
| bulk1_6 | bulk2_0 | bulk2_1 |
| 종류: 파일 폴더 | 종류: 파일 폴더 | 종류: 파일 폴더 |
| 위치: C:\Users\hyuunnnn\Desktop | 위치: C:\Users\hyuunnnn\Desktop | 위치: C:\Users\hyuunnnn\Desktop |
| 크기: 1.53GB (1,653,114,382 바이트) | 크기: 6.94GB (7,462,613,559 바이트) | 크기: 6.94GB (7,462,678,301 바이트) |
| 디스크 할당 크기: 1.53GB (1,653,428,224 바이트) | 디스크 할당 크기: 6.98GB (7,497,748,480 바이트) | 디스크 할당 크기: 6.98GB (7,497,252,864 바이트) |
| 내용: 파일 354, 폴더 12 | 내용: 파일 48,261, 폴더 66 | 내용: 파일 47,783, 폴더 64 |

- 또한 2.x 버전에서 랜섬웨어 알림을 확인할 수 있었다. → KEEPER CTF 이미지(E01) 파일 사용



bulk_extractor

- windirs.txt에서 *.pf(프리패치 파일)로 필터링하여 랜섬웨어 파일과 FTK Imager, WinRAR 등 실행 증거 확인 가능

| | | |
|------------|---|---|
| 3456090112 | 0IAJDNGXORFO.EXE-D7D393C8.pf | <fileobject src='mft'><atime_fn>2024-01-03T08:18:11Z< |
| 3455918080 | ACCESSDATA_FTK_IMAGER_4.7.1.E-2320A33B.pf | <fileobject src='mft'><atime_fn>2024-01-03T08:20:12Z< |
| 3455926272 | ACCESSDATA_FTK_IMAGER_4.7.1.E-E18FB623.pf | <fileobject src='mft'><atime_fn>2024-01-03T08:20:13Z< |
| 3459501056 | APPLICATIONFRAMEHOST.EXE-8CE9A1EE.pf | <fileobject src='mft'><atime_fn>2024-01-03T07:54:25Z< |
| 3456245760 | AUDIODG.EXE-AB22E9A6.pf | <fileobject src='mft'><atime_fn>2024-01-03T07:36:25Z< |

- winlnk.txt에서 lnk 파일 분석 가능

```
<lnk><atime>2024-01-03T08:04:29Z</atime><ctime>2024-01-03T07:58:22Z</ctime><local_base_path>C:\Users\134User\134Downloads\13411\277\371_회\260\350\272\316.rar</local_base_path><w
<lnk><atime>2024-01-03T08:08:40Z</atime><ctime>2021-08-05T22:41:46Z</ctime><local_base_path>C:\Program Files (x86)\134Microsoft\134Edge\134Application\134msedge.exe</local_base_path><
<lnk><atime>2024-01-03T08:15:03Z</atime><ctime>2024-01-03T07:48:29Z</ctime><local_base_path>C:\Users\134User\134Downloads\007</local_base_path><wtime>2024-01-03T08:08:40Z</wtime></lnk
<lnk><atime>2024-01-03T08:15:03Z</atime><ctime>2024-01-03T07:48:29Z</ctime><local_base_path>C:\Users\134User\134Downloads</local_base_path><wtime>2024-01-03T08:08:40Z</wtime></lnk>
<lnk><atime>2024-01-03T08:15:03Z</atime><ctime>2024-01-03T08:00:29Z</ctime><local_base_path>C:\Users\134User\134Downloads\134x86_x86_64\276\306\330\305\367\300\314.pdf</local_base_path><w
<lnk><atime>2024-01-03T08:18:23Z</atime><ctime>2024-01-03T08:17:55Z</ctime><local_base_path>C:\Users\134User\134AppData\134Local\134Microsoft\134OneDrive\134OneDrive.exe</local_base_path><w
<lnk><atime>2024-01-03T08:20:25Z</atime><ctime>2022-01-19T00:02:40Z</ctime><local_base_path>C:\Program Files\134AccessData\134FTK Imager\134FTK Imager.exe</local_base_path><wtime>2024-01-03T08:20:25Z</wtime>
```

bulk_extractor

- winpe_carved.txt에서 PE 구조¹의 파일들을 카빙한 결과 확인 가능
 - Microsoft Defender에서 카빙한 파일 중에 랜섬웨어 존재 확인 가능

The screenshot shows the Microsoft Windows Event Viewer interface. The title bar reads "Microsoft-Windows-Windows Defender%4Operational" with "이벤트 수: 3,766". The main pane displays a table of events:

| 수준 | 날짜 및 시간 | 원본 | 이벤트 ID | 작업 범주 |
|----|-----------------------|------------------|--------|-------|
| 경고 | 2024-02-08 오후 8:05:32 | Windows Defender | 1116 | 없음 |
| 정보 | 2024-02-08 오후 8:05:32 | Windows Defender | 2010 | 없음 |
| 경고 | 2024-02-08 오후 8:05:32 | Windows Defender | 1116 | 없음 |

Below the table, a specific event is expanded: "이벤트 1116, Windows Defender". The "자세히" tab is selected. The details pane contains the following text:

Microsoft Defender 바이러스 백신이(가) 맬웨어 또는 기타 사용자 등의 없이 설치된 소프트웨어를 검색했습니다.
자세한 내용은 다음을 참조하십시오.
<https://go.microsoft.com/fwlink/?linkid=37020&name=Ransom:MSIL/Ryzerlo.A&threatid=2147707683&enterprise=0>

이름: Ransom:MSIL/Ryzerlo.A
ID: 2147707683
심각도: 심각
범주: 랜섬웨어
경로: file:///C:/Users/hyuunnnn/Desktop/bulk2_1/winpe_carved\016\12287537152.winpe; file:///C:/Users/hyuunnnn/Desktop/bulk2_1/winpe_carved\016\12362633216.winpe

¹ https://ko.wikipedia.org/wiki/PE_포맷

bulk_extractor

| | |
|-----|--|
| n=8 | ecdsa-sha2-nistp256-cert-v01@openssh.com |
| n=8 | ecdsa-sha2-nistp384-cert-v01@openssh.com |
| n=8 | ecdsa-sha2-nistp521-cert-v01@openssh.com |
| n=8 | hy00un_@naver.com |
| n=8 | rsa-sha2-256-cert-v01@openssh.com |
| n=8 | rsa-sha2-512-cert-v01@openssh.com |

- email_histogram.txt에서 로그인할 때 사용했던 이메일 확인 가능

- json.txt 에서 11월 회계부.rar 을 WinRAR 프로그램으로 열었던 기록할 수 있었다.

- 데이터의 형태를 보면 ActivitiesCache.db 인 것 같다.

- 한글이 깨진다면 데이터 → 텍스트/CSV에서 → 65001: 유니코드(UTF-8) → 로드

bulk_extractor

- url_searches.txt 에서 실제로 검색했던 디펜더 비활성화 도구와 WinRAR을 확인할 수 있었다.

| | |
|------|---|
| n=1 | search?q=windows%20defender%20disabl |
| n=1 | search?q=windows%20defender%20disable |
| n=1 | search?q=windows%20defender%20disable%20 |
| n=1 | search?q=windows%20defender%20disable%20g |
| n=1 | search?q=windows%20defender%20disable%20git |
| n=1 | search?q=windows%20defender%20disable%20gith |
| n=1 | search?q=windows%20defender%20disable%20githu |
| n=1 | search?q=windows%20defender%20disable%20github |
| n=1 | search?q=windows%20defender%20disable%20github&cp=0&client=desktop-gws-wiz-on-1 |
| n=63 | search?q=windows+defender+disable+github |
| n=1 | search?q=winr |
| n=1 | search?q=winra |
| n=61 | search?q=winrar |
| n=1 | search?q=winrar&cp=0&client=desktop-gws-wiz-on-focus-serp&xssi=t&gs_pcrt=3&hl=ko8 |

- url.txt 에서 WinRAR 을 softsonic 사이트에서 받았음을 확인할 수 있다.
 - 문제 시나리오에서 CVE-2023-38831 취약점 사용 - softsonic 에 있는 최신 버전(6.22)은 취약함

bulk_extractor

- record를 기준으로 카빙¹해주는데 대부분의 분석 도구는 MFT 파일 하나만 요구하기 때문에 합쳐준다.

The screenshot shows a Windows-style file explorer interface. The path is displayed as: 바탕 화면 > bulk2_1 > ntfsmft_carved > 000. A search bar at the top right contains the text "000 검색". Below the path, there are standard file operations icons: copy, move, delete, and refresh. To the right of these are sorting and viewing options: 정렬 (Sort) and 보기 (View). A "세부 정보" (Detailed Information) button is also present. The main area is a table listing files:

| 이름 | 수정한 날짜 | 유형 | 크기 |
|--------------------------|--------------------|------------------|----------|
| 21072207872.mft | 2024-02-08 오후 8:06 | MFT 파일 | 19KB |
| 21072183296.mft | 2024-02-08 오후 8:06 | MFT 파일 | 16KB |
| 20871913472.mft | 2024-02-08 오후 8:06 | MFT 파일 | 4KB |
| 3456106496.mft | 2024-02-08 오후 8:01 | MFT 파일 | 13,548KB |
| 3439329280.mft | 2024-02-08 오후 8:01 | MFT 파일 | 16,384KB |
| 3422552064.mft | 2024-02-08 오후 8:01 | MFT 파일 | 16,384KB |
| 3405774848.mft | 2024-02-08 오후 8:01 | MFT 파일 | 16,384KB |
| 3388997632.mft | 2024-02-08 오후 8:01 | MFT 파일 | 16,384KB |
| 3372220416.mft | 2024-02-08 오후 8:01 | MFT 파일 | 16,384KB |
| 3355443200.mft | 2024-02-08 오후 8:01 | MFT 파일 | 16,384KB |
| 3343933440.mft | 2024-02-08 오후 8:01 | MFT 파일 | 11,240KB |
| 3343908864.mft | 2024-02-08 오후 8:01 | MFT 파일 | 16KB |
| 3338058752.mft_corrupted | 2024-02-08 오후 8:01 | MFT_CORRUPTED... | 1KB |
| | | | |
| | | | |

¹ https://www.kazamiya.net/en/bulk_extractor-record-based-carving

bulk_extractor

```
import os
with open("MFT", "wb") as f:
    for i in os.listdir():
        if i.endswith(".mft"):
            f.write(open(i, "rb").read())
```

```
C:\Users\hyuunnnn\Desktop\bulk2_1\ntfsmft_carved\000>python
Python 3.11.7 (tags/v3.11.7:fa7a6f2, Dec  4 2023, 19:24:49) [MSC v.1937 64 bit (AMD64)] on win32
Type "help", "copyright", "credits" or "license" for more information.
>>> import os;
>>> with open("MFT", "wb") as f:
...     for i in os.listdir():
...         if i.endswith(".mft"):
...             f.write(open(i, "rb").read())
```

- MFTECmd, MFT Explorer와 같은 MFT 분석 도구를 사용하여 분석 가능

```
C:\Users\hyuunnnn\Desktop\MFTECmd>MFTECmd.exe -f C:\Users\hyuunnnn\Desktop\bulk2_1\ntfsmft_carved\000\MFT --csv .
MFTECmd version 1.2.2.1

Author: Eric Zimmerman (saericzimmerman@gmail.com)
https://github.com/EricZimmerman/MFTECmd

Command line: -f C:\Users\hyuunnnn\Desktop\bulk2_1\ntfsmft_carved\000\MFT --csv .
```

bulk_extractor

- MFTExplorer를 사용하여 카빙한 MFT 파일을 정상적으로 분석할 수 있었다.

The screenshot shows the MFT Explorer interface version 2.0.0.0. On the left, there is a tree view of the file system structure. The main area displays a table of files with columns: Name, Image Icon, Name, Parent Path, Is Dir, Is Deleted, SI_Created On, FN_Created On, and SI_Mod. Below the table, a context menu is open over a folder named '000'. At the bottom, there is a navigation bar with buttons for back, forward, search, and a properties panel on the right.

| Name | Image Icon | Name | Parent Path | Is Dir | Is Deleted | SI_Created On | FN_Created On | SI_Mod |
|---------------|------------|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------------|---------------|--------|
| No image data | abc | x86_x64_64 아크리처 차이.pdf.locked | .#Users##User##Downloads | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 2024-01-03 08:00:29.7427288 | | 2024-0 |
| | | winrar-x32-622.exe.locked | .#Users##User##Downloads | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 2024-01-03 08:03:45.1976262 | | 2024-0 |
| | | KEEPER 기술문서 최종발표.pptx.locked | .#Users##User##Downloads | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 2024-01-03 08:08:39.8219995 | | 2024-0 |
| | | disable-defender (2).exe.locked | .#Users##User##Downloads | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 2024-01-03 07:55:38.5362956 | | 2024-0 |
| | | desktop.ini | .#Users##User##Downloads | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 2024-01-03 07:49:34.8664030 | | 2024-0 |
| | | cors(키퍼발표).pptx.locked | .#Users##User##Downloads | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 2024-01-03 08:00:22.2179580 | | 2024-0 |
| | | AccessData_FTK_Imager_4.7.1.exe.locked | .#Users##User##Downloads | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 2024-01-03 08:19:47.3990431 | | 2024-0 |
| | | 최종발표.pdf.locked | .#Users##User##Downloads | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 2024-01-03 08:07:58.8689273 | | 2024-0 |
| | | 발표자료_합본.pdf.locked | .#Users##User##Downloads | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 2024-01-03 08:00:37.4429952 | | 2024-0 |
| | | 2023년 9월 회계부.png.locked | .#Users##User##Downloads | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 2024-01-03 07:58:54.5776395 | | 2024-0 |
| | | 2023년 8월 회계부.png.locked | .#Users##User##Downloads | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 2024-01-03 07:59:49.7024817 | | 2024-0 |
| | | 2023년 5월 회계부.png.locked | .#Users##User##Downloads | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 2024-01-03 07:59:55.6241457 | | 2024-0 |

Properties

| | |
|----------------------|-------------------------------------|
| Copied | <input type="checkbox"/> |
| Has ADS | <input type="checkbox"/> |
| Is deleted | <input type="checkbox"/> |
| Is directory | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Possible Timestamped | <input type="checkbox"/> |

bulk_extractor

- evtx 는 일부 파일만 카빙된 것으로 보인다.
 - 존재하는 모든 파일을 카빙해주는 것은 불가능에 가깝다.

| 99744645129974464512_valid_header_1chunks_1actu... | 2024-02-08 오후 8:04 | 이벤트 로그 | 68KB | |
|--|-----------------------|------------|---------------|-------|
| 89728901128972890112_valid_header_1chunks_1actu... | 2024-02-08 오후 8:03 | 이벤트 로그 | 68KB | |
| 84266926088426692608_17chunks_1242records.evtx | 2024-02-08 오후 8:03 | 이벤트 로그 | 1,284KB | |
| 84253491208425349120_1chunks_114records.evtx | 2024-02-08 오후 8:03 | 이벤트 로그 | 196KB | |
| 84243660808424366080_2chunks_149records.evtx | 2024-02-08 오후 8:03 | 이벤트 로그 | 132KB | |
| 84165836808416583680_valid_header_1chunks_1actu... | 2024-02-08 오후 8:03 | 이벤트 로그 | 68KB | |
| 532033536532033536_9chunks_979records 이벤트 수: 979 | | | | |
| 수준 | 날짜 및 시간 | 원본 | 이벤트 ID | 작업 범주 |
| 정보 | 2024-01-03 오후 5:08:58 | Shell-Core | 62144 (62132) | |
| 정보 | 2024-01-03 오후 5:09:01 | Shell-Core | 62144 (62132) | |
| 정보 | 2024-01-03 오후 5:09:01 | Shell-Core | 62144 (62132) | |
| 이벤트 62144, Shell-Core | | | | |
| 일반 | 자세히 | | | |
| 패키지의 설치 상태를 Microsoft.MicrosoftOfficeHub_8wekyb3d8bbwe에서 '완료'로 업데이트하는 중입니다(HRESULT 0). | | | | |

bulk_extractor

- 복구가 불가능한 파일 시스템의 경우 위와 같은 카빙 도구를 사용하여 분석할 수도 있겠다.
- 그러나 테스트로 사용한 이미지 파일은 문제가 없는 파일이기 때문에 도구의 유용성 확인이 어렵다.
 - FTK Imager로 모든 파일들을 볼 수 있으며, 손상되지 않은 파일이기 때문이다.
- 메모리 분석에서 MFT, 레지스트리, evttx, sqlite 파일 등을 추출할 때 사용에 문제가 있을 정도로 많이 손상되어 있다.

¹ <https://hyuunnn.github.io/2023/01/27/forensic-recover/>

메모리 덤프에서 네트워크 통신에 관한 더 자세한 정보를 알아내는 좋은 방법은 `bulk_extractor`를 사용해 메모리 덤프의 내용에서 패킷 캡쳐 파일(.pcap)을 추출할 수 있는지 확인하는 것이다.

`Volatility`의 `netscan` 플러그인 결과에 나타나지 않았던 침해된 시스템과 다른 시스템 사이에 4번의 '통신'이 있었음을 알 수 있다.

이는 `Volatility` 플러그인이 네트워크 연결을 감지하지 못했다는 것을 의미하지 않는다.

`Volatility` 플러그인은 윈도우에서 유지되는 연결 정보를 찾기 때문에 `bulk_extractor`가 네트워크 패킷을 찾고 파싱하는 것과 다르다.

"이러한 발견은 데이터에 대한 포괄적인 시야를 제공하기 위해 서로 다른 여러 도구를 실행하는 것이 가치 있음을 보여준다."

[Windows 환경에서 침해 시스템 분석하기 - p150, 151, Eng](#)

참고 자료

- https://forensics.wiki/bulk_extractor/
- <https://warroom.rsmus.com/find-sensitive-data-with-bulk-extractor/>
- [docs, wiki, User's Manual, Worked Examples, DFRWS 2012 bulk_extractor tutorial](#)
- Extract Sensitive Information from Drives Using Bulk Extractor
- Forensic Carving of Network Packets with bulk_extractor and tcpflow - Slides
- Sharpening Your Tools: Updating bulk_extractor for the 2020s
- <https://volatility-labs.blogspot.com/2015/01/incorporating-disk-forensics-with.html>
- <https://www.stark4n6.com/2020/12/magnet-weekly-ctf-week-10-warrens.html>
- <https://www.petermstewart.net/magnet-weekly-ctf-week-11/>

foremost^{1 2}

- apt-get install foremost
- foremost 보다 scalpel 을 권장하고 있다.²

```
→ ~ foremost -h
foremost version 1.5.7 by Jesse Kornblum, Kris Kendall, and Nick Mikus.
$ foremost [-v|-V|-h|-T|-Q|-q|-a|-w-d] [-t <type>] [-s <blocks>] [-k <size>]
      [-b <size>] [-c <file>] [-o <dir>] [-i <file>]
```

Spinoffs

Foremost served as the basis for [Golden G. Richard III's Scalpel](#), a significantly faster program to also recover deleted files. It has also inspired [tcpextract](#), a program for extracting file from network traffic.

Foremost's authors have recommended that practitioners use [Scalpel](#) instead of Foremost.

¹ [https://en.wikipedia.org/wiki/Foremost_\(software\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Foremost_(software))

² <https://forensics.wiki/foremost/>

³ [Recover Permanently Deleted Files Using Foremost](#)

scalpel¹

- foremost 를 기반으로 만든 데이터 카빙 도구
- 마지막 버전(2.0)의 윈도우 전용 실행 파일(exe)을 제공한다. - Scalpel-2.0

```
C:\Users\hyuunnnn\Desktop\Scalpel-2.0-master>scalpel.exe
Scalpel version 2.0
Written by Golden G. Richard III and Lodovico Marziale.
ERROR: Couldn't open configuration file:
C:\Users\hyuunnnn\Desktop\Scalpel-2.0-master\scalpel.conf -- No such file or directory
Scalpel was unable to read a needed file and will abort.
```

- foremost 에 비해 좋은 퍼포먼스를 제공한다고 한다.²

| | |
|---------------|----------|
| Scalpel 1.5 | 1h33m10s |
| Foremost 0.69 | 6h21m54s |

Table 6. Carving results for 8GB raw drive (unknown source, no partition table) on P2-350. Carving parameters: 10MB GIF, 10MB JPG, 10MB AVI, 10MB MOV, 10MB MPG, 100K BMP, 5MB DOC, 50MB PST/OST, 50K HTML, 5MB PDF, 200K WAV, 1MB RealAudio, 10MB ZIP. ~52,000 files carved.

| | |
|---------------|----------|
| Scalpel 1.5 | 2h40m39s |
| Foremost 0.69 | 9h50m31s |

Table 7. Carving results for 40GB NTFS (from a UNO laboratory) on P2-350. Carving parameters:

¹ <https://forensics.wiki/scalpel/>

² Scalpel: A Frugal, High Performance File Carver

PhotoRec¹

PhotoRec ignores the file system and goes after the underlying data, so it will still work even if your media's file system has been severely damaged or reformatted.

- 파일 시스템을 무시하고 데이터를 복구하기 때문에 손상되거나 포맷된 경우에도 작동한다.¹
- 복구 능력만 따지면 `scalpel` 보다 뛰어나며, 다양한 파일 타입을 제공한다고 한다.²
- 그러나 `foremost`, `scalpel`, `PhotoRec` 을 테스트하는 논문의 결과는 무조건 그렇진 않은 것 같다.³
 - 하지만 해당 리포트는 2011년에 작성되었고, 현재까지 유일하게 업데이트되고 있는 도구이기 때문에 지금은 어떤 결과가 나올지 모른다.
- 사용 방법: [A File's Life - File Deletion and Recovery](#)

¹ <https://en.wikipedia.org/wiki/PhotoRec>

² <https://news.ycombinator.com/item?id=23059344>

³ <https://core.ac.uk/download/pdf/36708564.pdf>

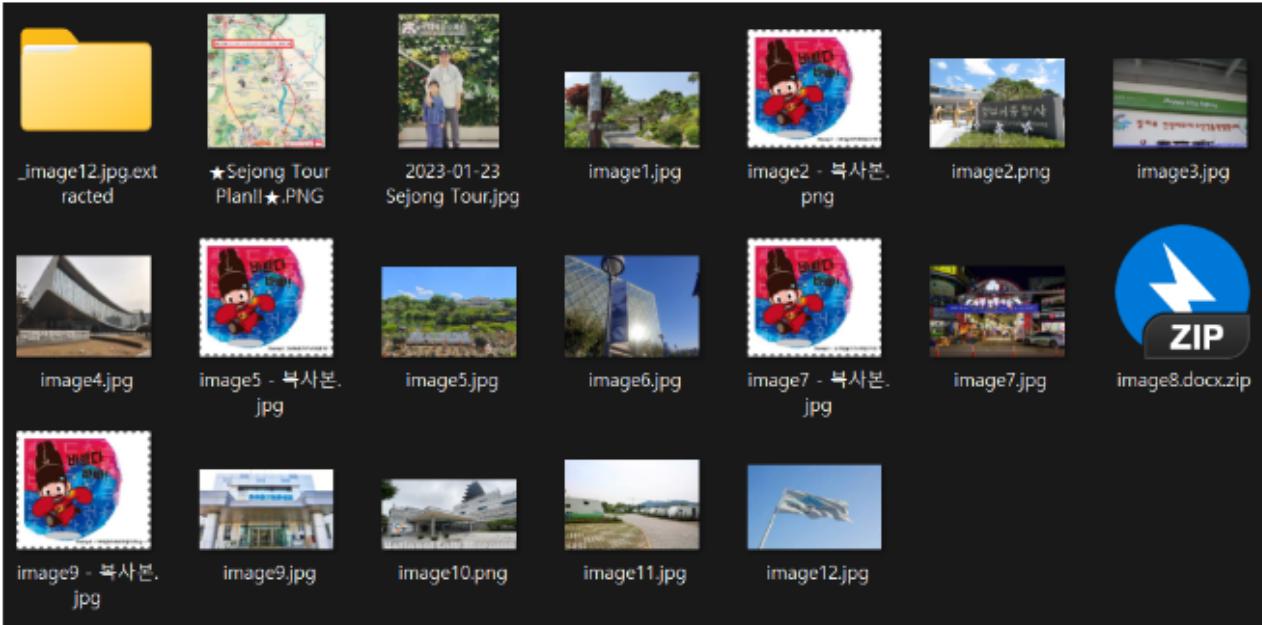
binwalk

- 시그니처 기반으로 파일 내부에 있는 또 다른 파일들을 추출할 수 있다.
→ 파일 안에 숨겨둔 파일들을 찾을 수 있다.
(CTF에서도 활용 가능¹)
- 도구의 원래 목적은 펌웨어 이미지 분석에 사용되는 도구이다.
 - 하지만 펌웨어도 결국 파일 안에 존재하는 부트로더, 커널 이미지 등을 추출하는 것¹²
- apt-get install binwalk로 설치 가능

¹ <https://mandu-mandu.tistory.com/472>

² <https://lifs.hallym.ac.kr/blog/2019/08/19/File-System-Analysis-of-LG-Forensic-Image-with-Binwalk.html>

³ <https://sergioprado.blog/reverse-engineering-router-firmware-with-binwalk/>



```
mandu@mandu-VirtualBox:/media/sf_share/media$ binwalk image2.png
DECIMAL      HEXADECIMAL      DESCRIPTION
----          -----          -----
0            0x0              PNG image, 600 x 400, 8-bit/color RGBA, non-interlaced
91           0x5B             Zlib compressed data, compressed
546443       0x8568B          JPEG image data, JIFIF standard 1.01
546473       0x856A9          TIFF image data, big-endian, offset of first image directory: 8
```

binwalk 명령어를 사용해서 Sejong Tour Plan!!.png 이미지에 표시된 이미지에 해당되는 파일 image2.png, image5.jpg, image7.jpg, image9.jpg에서 end시그니쳐 뒤에 붙어있는 다른 이미지 파일을 분리해낼 수 있다.

magika

- AI 기반 파일 탐지 도구라고 한다.
- 약 1MB에 불과하며 단일 CPU에서도 밀리초 내에 파일을 식별한다.
- 백만개 이상의 파일, 100개 이상의 탐지에서 99% 이상의 정확도를 달성했다고 한다.

```
$ magika -r examples/
examples/README.md: Markdown document (text)
examples/bmp.bmp: BMP image data (image)
examples/code.asm: Assembly (code)
examples/code.py: Python source (code)
examples/doc.docx: Microsoft Word 2007+ document (document)
examples/doc.ini: INI configuration file (text)
examples/elf64.elf: ELF executable (executable)
examples/flac.flac: FLAC audio bitstream data (audio)
examples/java.class: Java compiled bytecode (executable)
examples/jpg.jpg: JPEG image data (image)
examples/pdf.pdf: PDF document (document)
examples/pe32.exe: PE executable (executable)
examples/png.png: PNG image data (image)
examples/tar.tar: POSIX tar archive (archive)
examples/webm.webm: WebM data (video)
```

EVTXtract

- 리눅스에 기본으로 설치되어 있는 `python2.7` 활용 - `pip2 install evtxtract`

```
hyuunnn@hyuunnn:/mnt/e/forensic_study/memprocfs/winevt/Logs$ evtxtract ffffbe8e758b2a90-Security.evtx > result.xml
INFO:evtxtract:no matching templates for record at offset: 0x1b1200
INFO:evtxtract:no matching templates for record at offset: 0x1bb040
INFO:evtxtract:no matching templates for record at offset: 0x1bb290
```

UsnJrnICarver, RcrdCarver, MftCarver, yarp (yarp-carver, yarp-memcarver)

SQLITE 파일 복구 - undark, sqlite-dissect, sqbrite, fqlite, SQLite-Deleted-Records-Parser

- 그 외에도 적절한 Carver, Recover 도구를 찾아서 사용하거나 만들어야 하는 상황이 발생할 수도 있다.

메모리 포렌식

- 휘발성 메모리¹인 RAM에 존재하는 다양한 정보들을 분석하는 기법
- 메모리 포렌식을 수행하기 위해 메모리 내의 데이터 일부 또는 전체를 저장하는 **메모리 덤프 과정**이 필요하다.³
- 메모리 포렌식 분석을 통해 네트워크 정보, 실행 중이거나 숨겨진 프로세스 정보, 키보드 입력 정보 외에도 지금까지 배웠던 포렌식 분석이 일부 가능하다.
 - 일부만 가능한 이유는 휘발성 데이터이기 때문에 추출할 수 있는 윈도우 아티팩트 정보가 한정적이다.
 - 악성 파일을 저장하지 않고 메모리에 바로 로드되어 실행되는 **fileless**의 경우 메모리 포렌식이 필요할 수 있다.⁴⁵

¹ https://ko.wikipedia.org/wiki/휘발성_메모리

² https://en.wikipedia.org/wiki/Memory_forensics

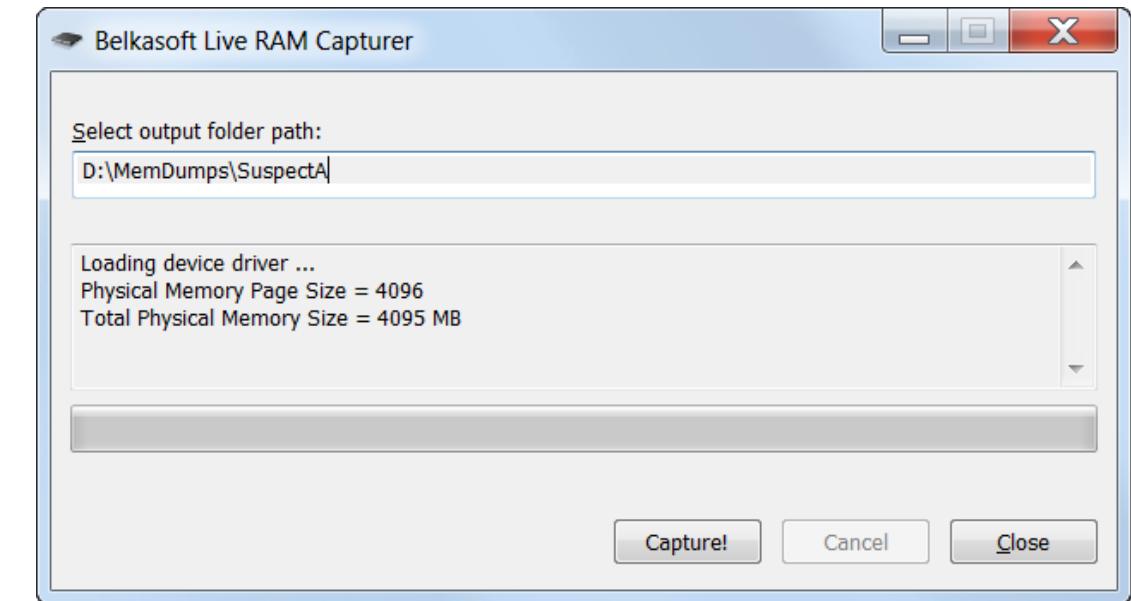
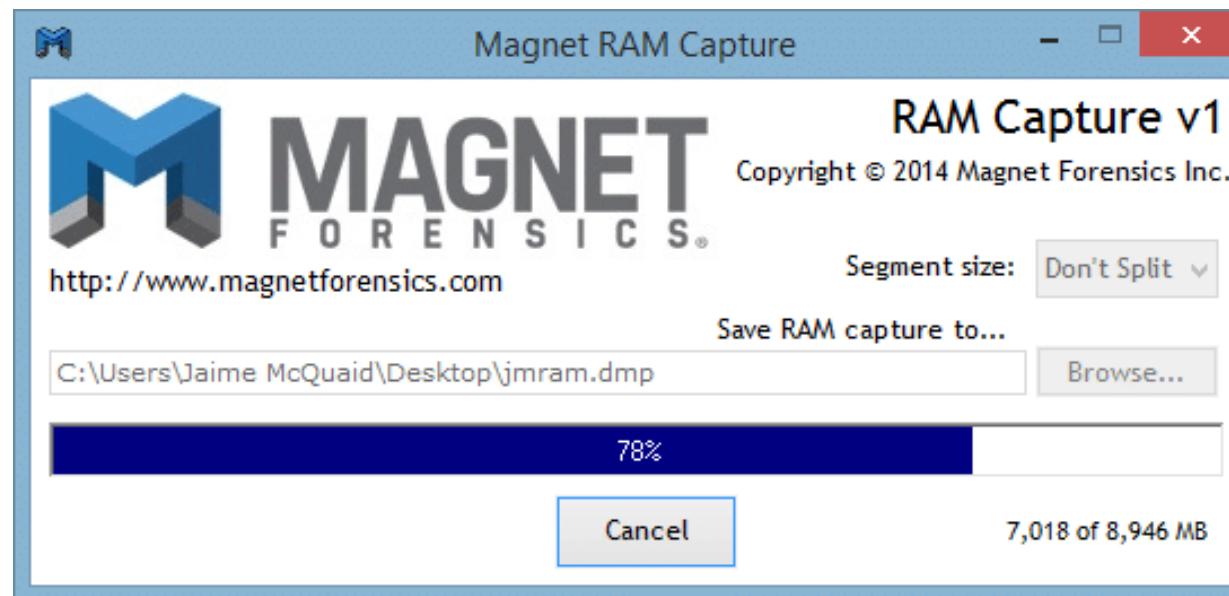
³ 메모리 덤프 기반 포렌식을 활용한 개인 식별정보 노출 분석

⁴ Powershell을 이용한 파일리스 공격

⁵ 파일리스(Fileless) 사이버공격의 분류 모델

메모리 포렌식

- 덤프 도구
 - WinPmem, MAGNET RAM Capture¹, Belkasoft RAM Capturer
 - avml, dumpit-linux



¹ <https://www.magnetforensics.com/blog/acquiring-memory-with-magnet-ram-capture/>

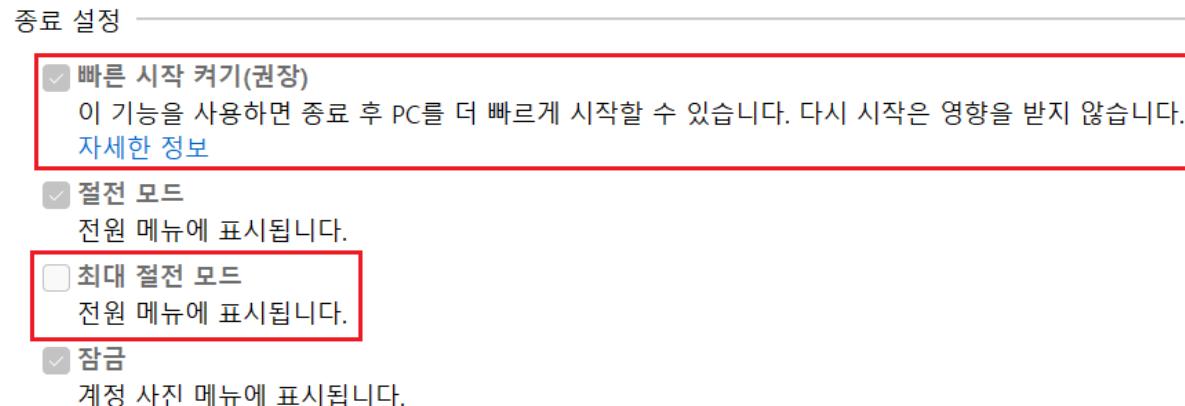
hiberfil.sys

- 윈도우에서 제공하는 전원 및 절전 옵션 선택에 따라 휘발성 메모리 데이터를 `hiberfil.sys`에 저장¹
- 빠른 시작 켜기 옵션이 활성화되어 있을 때 시스템 종료 시 윈도우 커널 및 드라이버의 사용 영역을 `hiberfil.sys`에 저장 후 종료
 - 빠른 시작 켜기 : 부팅 시간의 감소를 위한 기능
- 최대 절전 모드 옵션이 활성화되어 있을 때 최대 절전 모드에 진입하기 전의 휘발성 메모리 데이터를 그대로 `hiberfil.sys`에 저장
- 하이브리드 절전 모드는 절전 모드, 최대 절전 모드의 기능을 결합한 모드
 - 역시 `hiberfil.sys`에 휘발성 메모리 데이터가 저장된다.
- **Hibernation Recon**, **Volatility**, **strings** 명령어 등 활용 가능

¹ Windows 10 내의 `hiberfil.sys` 파일에 대한 포렌식 활용 방안

hiberfil.sys

- 제어판 → 전원 옵션 → 전원 단추 작동 설정 → 빠른 시작 켜기



〈Table 1〉 Comparison of memory storage state and default activation by options

| 옵션 | | hiberfil.sys 파일로의 메모리 데이터 저장 여부 | 저장되는 메모리 영역 | 기본 활성화 여부 |
|-------------|-----------|------------------------------------|----------------|-----------|
| 시스템 종료 | 빠른 시작 ON | O | 커널 | O |
| | 빠른 시작 OFF | X | - | X |
| 다시 시작 | | X | - | O |
| 절전 모드 | | X | - | X |
| 최대 절전 모드 | | O | 커널 + 사용자 | O |
| 하이브리드 절전 모드 | | O | 커널 | O |

¹ Windows 10 내의 hiberfil.sys 파일에 대한 포렌식 활용 방안

pagefile.sys¹ & swapfile.sys²³

- RAM이 가득찼을 때 일부 내용을 `pagefile.sys`라는 가상 메모리 파일에 옮겨 실제 메모리 공간을 확보한다.
- `pagefile.sys`은 RAM 보다 읽는 속도가 느리다. (파일 형태로 저장되어 있기 때문이다.)
→ 자주 액세스하지 않는 데이터들을 보관한다.
- `swapfile.sys`는 페이지 파일과 유사하지만 프로그램을 더 빠르게 실행하기 위한 용도라고 한다.
 - 유의미한 데이터가 존재할 수 있다. ([strings](#), [bstrings](#), [page_brute](#), [glogg](#) 등 문자열 분석 도구 활용)

| | | | |
|--|--------------------|--------|--------------|
|  hiberfil.sys | 2024-02-13 오후 4:27 | 시스템 파일 | 6,597,908KB |
|  pagefile.sys | 2024-02-13 오후 4:27 | 시스템 파일 | 16,777,216KB |
|  swapfile.sys | 2024-02-13 오후 4:27 | 시스템 파일 | 16,384KB |

¹ <https://forensafe.com/blogs/pagefile.html>

² https://forensafe.com/blogs/swap_file_urls.html

³ <http://forensic-proof.com/archives/3994>

pagefile.sys & swapfile.sys

- strings를 사용하여 문자들을 추출한 결과 혹은 파일 자체를 glogg, grep 등을 사용하여 데이터 분석

Examine Strings in the Malicious svchost Process

- You can extract both ASCII and Unicode strings from the process memory space with the following command line.

```
strings M:\name\svchost.exe-2884\minidump\minidump.dmp > %USERPROFILE%\Desktop\svchost-2884.txt
```

- Then, you can find a suspicious URL by applying one of the filters we mentioned before. This should be the malicious URL.

Text: ^https?:\\/
84 matches found.

- 9973 https://www.monferriina.com/web/ssl1q2w/index.php
- 9974 https://www.monferriina.com/web/ssl1q2w/index.php
- 9984 https://www.monferriina.com/web/ssl1q2w/index.php
- 9986 https://www.monferriina.com/web/ssl1q2w/index.php

¹ https://www.slideshare.net/IIJ_PR/super-easy-memory-forensics

Volatility3

- Volatility는 메모리에 존재하는 다양한 정보들을 추출하기 위해 사용되는 도구
- 2.6.1 이후로 업데이트가 종료되었으며, 이전에 개발된 플러그인들이 3 버전으로 포팅되고 있다.
- 특히 3 버전에서 속도가 크게 향상되었다고 한다.¹

The screenshot shows two GitHub repository pages side-by-side: 'volatility' and 'volatility3'.
The top section shows the 'volatility' repository. It has 11 branches and 10 tags. A pull request from 'iMHLv2' is shown, with a commit hash 'a438e76' and a timestamp '4 years ago'. This commit is highlighted with a red box.
The bottom section shows the 'volatility3' repository. It has 30 branches and 10 tags. A pull request from 'ikelos' is shown, with a commit hash '6d34e43' and a timestamp '4 days ago'. This commit is also highlighted with a red box.
Both repositories are public, and the volatility3 repository has 57 watchers.

¹ <https://volatility3.readthedocs.io/en/latest/vol2to3.html>

Volatility3

```
$ git clone https://github.com/volatilityfoundation/volatility3
$ cd volatility3
$ pip3 install -r requirements.txt
$ python3 vol.py -h # 사용할 수 있는 argument 옵션, 플러그인 리스트 확인 가능
```

```
→ volatility3 git:(develop) ls
API_CHANGES.md  MANIFEST.in  doc                  requirements-minimal.txt  test      volatility3
CITATION.cff    README.md    mypy.ini            requirements.txt          vol.py    volshell.py
LICENSE.txt     development   requirements-dev.txt  setup.py           vol.spec  volshell.spec
→ volatility3 git:(develop) python3 vol.py
Volatility 3 Framework 2.5.2
usage: volatility [-h] [-c CONFIG] [--parallelism [{processes,threads,off}]] [-e EXTEND] [-p PLUGIN_DIRS]
                  [-s SYMBOL_DIRS] [-v] [-l LOG] [-o OUTPUT_DIR] [-q] [-r RENDERER] [-f FILE] [--write-config]
                  [--save-config SAVE_CONFIG] [--clear-cache] [--cache-path CACHE_PATH] [--offline]
                  [--single-location SINGLE_LOCATION] [--stackers [STACKERS ...]]
                  [--single-swap-locations [SINGLE_SWAP_LOCATIONS ...]]
                  plugin ...
volatility: error: Please select a plugin to run
```

¹ https://youtu.be/rwTWZ7Q5i_w

² <https://youtu.be/v9oFztyRkbA>

³ <https://cpuu.postype.com/post/9993241>

Volatility3

- The Stolen Szechuan Sauce 케이스의 Desktop Memory 파일 사용

```
python3 vol.py -f <path to memory image> plugin_name plugin_option
```

```
→ volatility3 git:(develop) python3 vol.py -f /mnt/e/forensic_study/DESKTOP-SDN1RPT-memory/DESKTOP-SDN1RPT.mem windows.pslist.PsList
Volatility 3 Framework 2.5.2
Progress: 38.28          Scanning memory_layer using BytesScanner
```

```
→ volatility3 git:(develop) python3 vol.py -f /mnt/e/forensic_study/DESKTOP-SDN1RPT-memory/DESKTOP-SDN1RPT.mem windows.pslist.PsList
Volatility 3 Framework 2.5.2
Progress: 100.00          PDB scanning finished
PID      PPID     ImageFileName   Offset(V)    Threads Handles SessionId    Wow64   CreateTime        ExitTime       File output
4         0        System        0xbe8e71087040  151      -      N/A    False   2020-09-19 01:24:07.000000      N/A    Disabled
92        4        Registry      0xbe8e710a6080  4       -      N/A    False   2020-09-19 01:24:04.000000      N/A    Disabled
312        4        smss.exe     0xbe8e71d6d040  2       -      N/A    False   2020-09-19 01:24:07.000000      N/A    Disabled
424        416       csrss.exe    0xbe8e74467140  10      -      0     False   2020-09-19 01:24:08.000000      N/A    Disabled
500        416       wininit.exe  0xbe8e74519080  1       -      0     False   2020-09-19 01:24:08.000000      N/A    Disabled
```

프로세스 리스트를 보여주는 windows.pslist.PsList 플러그인 사용 결과

TMI: 매년 [플러그인 콘테스트](#)가 상금과 함께 진행되고 있다.

¹ <https://volatility3.readthedocs.io/en/latest/getting-started-windows-tutorial.html>

Volatility3

- 프로파일을 만들어서 사용하자. - 덤프 파일에 대한 config 정보 저장
 - 명령어를 실행할 때마다 스캐닝하는 과정으로 인해 대기 시간이 존재한다.
 - `--save-config <json filename>` : 명령어 종류 상관 없이 실행하면 json 파일이 생성된다.
 - `-c <json filename>` : 프로파일을 사용하여 스캐닝 과정을 생략하여 빠른 분석 가능

```
→ volatility3 git:(develop) python3 vol.py --save-config config.json -f /mnt/e/forensic_study/DESKTOP-SDN1RPT-memory/DESKTOP-SDN1RPT.mem windows.pslist.PsList
Volatility 3 Framework 2.5.2
Progress: 100.00          PDB scanning finished
PID      PPID      ImageFileName  Offset(V)      Threads Handles SessionId      Wow64     CreateTime     ExitTime     File output
```

```
→ volatility3 git:(develop) python3 vol.py -c config.json -f /mnt/e/forensic_study/DESKTOP-SDN1RPT-memory/DESKTOP-SDN1RPT.mem windows.pslist.PsList
Volatility 3 Framework 2.5.2
Progress: 100.00          PDB scanning finished
PID      PPID      ImageFileName  Offset(V)      Threads Handles SessionId      Wow64     CreateTime     ExitTime     File output
```

¹ <https://cpuu.postype.com/post/9993241>

Volatility3

- config.json 파일 내부에는 운영체제 버전, 비트(32bit or 64bit) 등 덤프 파일에 대한 정보들이 저장되어 있다.

```
→ volatility3 git:(develop) cat config.json
{
    "dump": false,
    "kernel.layer_name.class": "volatility3.framework.layers.intel.WindowsIntel32e",
    "kernel.layer_name.kernel_virtual_offset": 272684833390592,
    "kernel.layer_name.memory_layer.class": "volatility3.framework.layers.physical.FileLayer",
    "kernel.layer_name.memory_layer.location": "file:///mnt/e/forensic_study/DESKTOP-SDN1RPT-memory/DESKTOP-SDN1RPT.mem",
    "kernel.layer_name.page_map_offset": 1757184,
    "kernel.layer_name.swap_layers": true,
    "kernel.layer_name.swap_layers.number_of_elements": 0,
    "kernel.offset": 272684833390592,
    "kernel.symbol_table_name.class": "volatility3.framework.symbols.windows.WindowsKernelIntermedSymbols",
    "kernel.symbol_table_name.isf_url": "file:///home/hyuumnn/volatility3/volatility3/symbols/windows/ntkrnlmp.pdb/81BC5C377C525081645F9958F209C527-1.json.xz",
    "kernel.symbol_table_name.symbol_mask": 0,
    "physical": false,
    "pid": []
}
```

Volatility3

- windows.pstree.PsTree
- windows.cmdline.CmdLine
- windows.filescan.FileScan
- windows.dumpfiles.DumpFiles
- windows.netscan.NetScan
- windows.netstat.NetStat
- windows.mftscan.MFTScan
- windows.memmap.Memmap
- timeliner.Timeliner
- ...

¹ <https://volatility3.readthedocs.io/en/latest/volatility3.plugins.html>

volatility 2.6.1

- volatility3이 정상적으로 동작하지 않는다면?
 - 어쩔 수 없이 2.6.1 을 사용해야 한다.
 - 비교적 최근에 프로젝트가 시작되었기 때문에 아직 자잘한 버그가 있다. - 오른쪽 사진처럼 프로그램이 끝나지 않는다.
- 아직 3 버전으로 옮겨지지 않은 플러그인을 사용해야 한다면 역시 2.6.1 버전을 사용해야 한다.
- volatility3은 profile을 자동으로 찾아주며, 필요한 경우 온라인에서 자동으로 다운로드하여 분석한다.¹
- 그러나 2 버전은 지원하지 않는 profile인 경우 직접 만들어야 한다.²



The screenshot shows a Windows command prompt window titled 'cmd' with the path 'C:\Windows\System32'. To the right of the window is another window titled 'python3'. The 'cmd' window displays the output of the volatility tool. It shows a series of 'Progress:' messages followed by 'Reading Symbol layer' messages, indicating the tool is scanning a PDB file. The progress bar reaches 100.00%. Finally, the message 'PDB scanning finished' is displayed.

```
Progress: 99.97          Reading Symbol layer
Progress: 99.98          Reading Symbol layer
Progress: 99.99          Reading Symbol layer
Progress: 100.00         Reading Symbol layer
Progress: 100.00         Reading Symbol layer
Progress: 100.00         Reading Symbol layer
PDB scanning finished
```

¹ <https://cpuu.postype.com/post/9993241>

² <https://cpuu.postype.com/post/665132>

volatility 2.6.1

```
$ git clone https://github.com/volatilityfoundation/volatility
$ cd volatility
$ apt-get install python-pip # volatility는 python 2버전 사용
$ python2 setup.py build
$ sudo python2 setup.py install
$ pip2 install distorm3==3.4.1 # python2 마지막으로 지원하는 버전
$ pip2 install pycryptodome
$ pip2 install openpyxl==2.1.2 # (Optional) xlsx 파일 생성할 때 사용
$ python2 vol.py -h # 사용할 수 있는 argument 옵션, 플러그인 리스트 확인 가능
```

```
→ volatility git:(master) python2 vol.py
Volatility Foundation Volatility Framework 2.6.1
ERROR    : volatility.debug     : You must specify something to do (try -h)
```

volatility 2.6.1

- `imageinfo` 명령어를 사용하여 수동으로 profile 정보 획득

```
→ volatility git:(master) python2 vol.py -f /mnt/e/forensic_study/DESKTOP-SDN1RPT-memory/DESKTOP-SDN1RPT.mem imageinfo
Volatility Foundation Volatility Framework 2.6.1
INFO    : volatility.debug      : Determining profile based on KDBG search ...
Suggested Profile(s) : Win10x64_19041
AS Layer1 : SkipDuplicatesAMD64PagedMemory (Kernel AS)
AS Layer2 : FileAddressSpace (/mnt/e/forensic_study/DESKTOP-SDN1RPT-memory/DESKTOP-SDN1RPT.mem)
PAE type   : No PAE
DTB        : 0x1ad002L
KDBG       : 0xf80163614b20L
Number of Processors : 2
Image Type (Service Pack) : 0
    KPCR for CPU 0 : 0xfffff801617f9000L
    KPCR for CPU 1 : 0xfffffa481957c0000L
    KUSER_SHARED_DATA : 0xfffff780000000000L
Image date and time : 2020-09-19 05:10:39 UTC+0000
Image local date and time : 2020-09-18 22:10:39 -0700
```

- `pslist` , `pstree` , `psxview` , `cmdline` , `memdump` , `filescan` , `dumpfiles` 등 명령어를 사용하여 분석

¹ <https://blog.onfvp.com/post/volatility-cheatsheet/>

volatility 2.6.1

```
→ volatility git:(master) python2 vol.py -f /mnt/e/forensic_study/DESKTOP-SDN1RPT-memory/DESKTOP-SDN1RPT.mem --profile Win10x64_19041 pslist  
Volatility Foundation Volatility Framework 2.6.1
```

| Offset(V) | Name | PID | PPID | Thds | Hnds | Sess | Wow64 | Start | Exit |
|---------------------|----------|-----|------|------|------|-------|-------|------------------------------|------|
| --- | | | | | | | | | |
| 0xfffffbe8e71087040 | System | 4 | 0 | 151 | 0 | ----- | 0 | 2020-09-19 01:24:07 UTC+0000 | |
| 0xfffffbe8e710a6080 | Registry | 92 | 4 | 4 | 0 | ----- | 0 | 2020-09-19 01:24:04 UTC+0000 | |
| 0xfffffbe8e71d6d040 | smss.exe | 312 | 4 | 2 | 0 | ----- | 0 | 2020-09-19 01:24:07 UTC+0000 | |

```
→ volatility git:(master) x python2 vol.py -f /mnt/e/forensic_study/DESKTOP-SDN1RPT-memory/DESKTOP-SDN1RPT.mem --profile Win10x64_19041 cmdline  
Volatility Foundation Volatility Framework 2.6.1
```

```
*****  
System pid: 4  
*****  
Registry pid: 92  
*****  
smss.exe pid: 312  
*****  
csrss.exe pid: 424  
Command line : 朝鲜语  
*****  
wininit.exe pid: 500  
*****  
services.exe pid: 616  
Command line : C:\Windows\system32\services.exe  
*****  
lsass.exe pid: 656  
Command line : C:\Windows\system32\lsass.exe  
*****  
svchost.exe pid: 764  
Command line : C:\Windows\system32\svchost.exe -k DcomLaunch -p
```

volatility 2.6.1

- filescan : 메모리에 존재하는 FILE_OBJECT 구조체 탐색

```
→ volatility git:(master) python2 vol.py -f /mnt/e/forensic_study/DESKTOP-SDN1RPT-memory/DESKTOP-SDN1RPT.mem --profile Win10x64_19041 filescan >> filescan.txt
Volatility Foundation Volatility Framework 2.6.1
→ volatility git:(master) x cat filescan.txt
Offset(P)      #Ptr      #Hnd Access Name
_____|_____|_____|_____|_____
0x0000be8e710aed40  32781      1  RW-r--  \Device\HarddiskVolume3\Windows\System32\winevt\Logs\Microsoft-Windows-Kernel-WHEA%4Operatio
nal.evtx
0x0000be8e71a65940    19      0  RW-rwd  \Device\HarddiskVolume3\$MftMirr
0x0000be8e71a65d90    15      0  R--r-d  \Device\HarddiskVolume3\Windows\System32\drivers\vmusbmouse.sys
0x0000be8e71cab070     3      0  RW-rwd  \Device\HarddiskVolume3\$Extend:$I30:$INDEX_ALLOCATION
0x0000be8e71cab350     3      0  RW-r--  \Device\HarddiskVolume3\$Extend\$RmMetadata\$Repair
0x0000be8e71cab4c0    24      0  RW-rwd  \Device\HarddiskVolume3\$Extend\$UsnJrnl:$J:$DATA
0x0000be8e71cab630  32769      1  RWDrwd \Device\clfs\Device\HarddiskVolume3\$Extend\$RmMetadata\$Txfl0a\$Txfl0a
```

- dumpfiles : filescan 의 offset 주소를 통해 매핑되어 있는 파일 추출

```
→ volatility git:(master) x python2 vol.py -f /mnt/e/forensic_study/DESKTOP-SDN1RPT-memory/DESKTOP-SDN1RPT.mem --profile Win10x64_19041 dumpfiles -Q 0x0000be8e71a65940 -D .
Volatility Foundation Volatility Framework 2.6.1
```

volatility 2.6.1

- netscan : 네트워크 관련 정보 분석

```
→ volatility git:(master) x python2 vol.py -f /mnt/e/forensic_study/DESKTOP-SDN1RPT-memory/DESKTOP-SDN1RPT.mem --profile Win10x64_19041 netscan >> netscan.txt
Volatility Foundation Volatility Framework 2.6.1
→ volatility git:(master) x cat netscan.txt
Offset(P)      Proto   Local Address          Foreign Address      State       Pid  Owner        Created
0xbe8e71cc0be0  TCPv4   0.0.0.0:3389          0.0.0.0:0           LISTENING  520  svchost.exe  2020-09-19
01:24:09 UTC+0000
0xbe8e71cf52f0  TCPv4   0.0.0.0:49666         0.0.0.0:0           LISTENING  988  svchost.exe  2020-09-19
01:24:09 UTC+0000
0xbe8e71cf52f0  TCPv6   ::: 49666            :::: 0              LISTENING  988  svchost.exe  2020-09-19
01:24:09 UTC+0000
```

- timeliner : volatility 플러그인들의 아티팩트를 시간 순서로 분석 가능

```
→ volatility git:(master) x python2 vol.py -f /mnt/d/Forensic_Challenge/dfirmadness/the-stolen-szechuan-sauce/DESKTOP-SDN1RPT-memory/DESKTOP-SDN1RPT.mem --profile Win10x64_19041 timeliner --output-file=result.csv
Volatility Foundation Volatility Framework 2.6.1
Outputting to: result.csv
```

```
→ volatility git:(master) x python2 vol.py -f /mnt/d/Forensic_Challenge/dfirmadness/the-stolen-szechuan-sauce/DESKTOP-SDN1RPT-memory/DESKTOP-SDN1RPT.mem --profile Win10x64_19041 timeliner --output-file=result.xlsx --output=xlsx
Volatility Foundation Volatility Framework 2.6.1
Outputting to: result.xlsx
```

volatility 2.6.1

- timeliner 플러그인 출력 결과
 - 프로세스 사용 기록, 레지스트리 접근 기록, 장치 기록(SYMLINK) 등 확인 가능

| Column1 | Column2 | Column3 | Column4 |
|---------------------|----------------------|--------------------|--|
| - | [PE DEBUG] | gdi32full.dll | Process: svchost.exe/PID: 904/PPID: 616/Process POffset: 0x5e06f2c0/ |
| 2020-09-19 01:24:08 | [DLL LOADTIME (dll)] | gdi32full.dll | Process: svchost.exe/PID: 904/PPID: 616/Process POffset: 0x5e06f2c0/ |
| 2011-02-09 21:34:19 | [PE HEADER (dll)] | kernel.appcore.dll | Process: svchost.exe/PID: 904/PPID: 616/Process POffset: 0x5e06f2c0/ |
| - | [PE DEBUG] | kernel.appcore.dll | Process: svchost.exe/PID: 904/PPID: 616/Process POffset: 0x5e06f2c0/ |
| 2020-09-19 01:24:08 | [DLL LOADTIME (dll)] | kernel.appcore.dll | Process: svchost.exe/PID: 904/PPID: 616/Process POffset: 0x5e06f2c0/ |
| 2040-03-22 02:34:05 | [PE HEADER (dll)] | user32.dll | Process: svchost.exe/PID: 904/PPID: 616/Process POffset: 0x5e06f2c0/ |
| - | [PE DEBUG] | user32.dll | Process: svchost.exe/PID: 904/PPID: 616/Process POffset: 0x5e06f2c0/ |
| 2020-09-19 01:24:08 | [DLL LOADTIME (dll)] | user32.dll | Process: svchost.exe/PID: 904/PPID: 616/Process POffset: 0x5e06f2c0/ |
| 2070-07-18 00:37:56 | [PE HEADER (dll)] | ucrtbase.dll | Process: svchost.exe/PID: 904/PPID: 616/Process POffset: 0x5e06f2c0/ |
| - | [PE DEBUG] | ucrtbase.dll | Process: svchost.exe/PID: 904/PPID: 616/Process POffset: 0x5e06f2c0/ |
| 2020-09-19 01:24:08 | [DLL LOADTIME (dll)] | ucrtbase.dll | Process: svchost.exe/PID: 904/PPID: 616/Process POffset: 0x5e06f2c0/ |
| 2055-06-07 02:27:41 | [PE HEADER (dll)] | msvcrt.dll | Process: svchost.exe/PID: 904/PPID: 616/Process POffset: 0x5e06f2c0/ |
| - | [PE DEBUG] | msvcrt.dll | Process: svchost.exe/PID: 904/PPID: 616/Process POffset: 0x5e06f2c0/ |
| 2020-09-19 01:24:08 | [DLL LOADTIME (dll)] | msvcrt.dll | Process: svchost.exe/PID: 904/PPID: 616/Process POffset: 0x5e06f2c0/ |
| 2093-09-23 02:17:46 | [PE HEADER (dll)] | sechost.dll | Process: svchost.exe/PID: 904/PPID: 616/Process POffset: 0x5e06f2c0/ |
| - | [PE DEBUG] | sechost.dll | Process: svchost.exe/PID: 904/PPID: 616/Process POffset: 0x5e06f2c0/ |
| 2020-09-19 01:24:08 | [DLL LOADTIME (dll)] | sechost.dll | Process: svchost.exe/PID: 904/PPID: 616/Process POffset: 0x5e06f2c0/ |
| 2020-09-19 05:08:59 | [PROCESS] | RuntimeBroker. | PID: 7852/PPID: 764/POffset: 0x0cd66080 |

MemProcFS

- 물리적인 메모리를 가상 파일 시스템에서 파일 형태로 볼 수 있게 해주는 도구
- Multi-threading + C + intelligent parsing → Super Fast!²

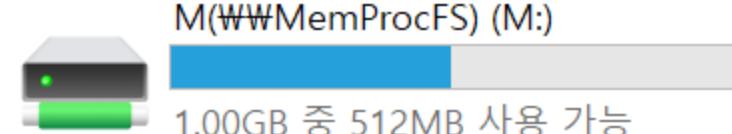
```
C:\Users\hyuunnnn\Desktop\MemProcFS_files_and_binaries_v5.8.25-win_x64-20240207>MemProcFS.exe -f E:\forensic_study\DESKTOP-SDN1RPT-memory\DESKTOP-SDN1RPT.mem -forensic 1
Initialized 64-bit Windows 10.0.19041

===== MemProcFS =====
- Author: Ulf Frisk - pcileech@frizk.net
- Info: https://github.com/ufrisk/MemProcFS
- Discord: https://discord.gg/BCmfBhDPXX
- License: GNU Affero General Public License v3.0

MemProcFS is free open source software. If you find it useful please
become a sponsor at: https://github.com/sponsors/ufrisk Thank You :)

- Version: 5.8.25 (Windows)
- Mount Point: M:\
- Tag: 19041_621678cf
- Operating System: Windows 10.0.19041 (X64)
=====
```

▼ 네트워크 위치



¹ https://www.slideshare.net/IIJ_PR/super-easy-memory-forensics

² <https://youtu.be/mca3rLsHuTA?t=950>

MemProcFS

✓ Think of MemProcFS as being *roughly* equivalent to an aggregation of the output from numerous Volatility plugins, organized in a hierarchical structure to facilitate easy analysis – **with one command**

- 하나의 명령어로 Volatility 플러그인들의 결과를 집계한 것과 거의 동일하다고 생각하면 된다!
 - 두 도구를 적절히 활용하여 효율적인 분석을 진행하면 되겠다. (도구의 단점을 다른 도구가 커버한다.)
 - Volatility 를 사용하여 *.evtx, *.pf, *.lnk, 레지스트리 하이브 파일 외에도 다양한 파일들을 추출한다고 했을 때 filescan → dumpfiles 명령어 노가다를 해야한다.
 - MemProcFS 는 메모리에서 추출할 수 있는 파일들을 쉽게 가져올 수 있다. (CTRL+C → CTRL+V)

¹ <https://youtu.be/hjWVUrf7Obk?t=74>

MemProcFS

- dokany 삭제, 재설치 관련 이슈
 - MemProcFS에서 인식을 못하는 경우가 있을 때 재설치를 해야하는데, 삭제가 안되는 이슈가 있다.¹²³
 - HKEY_LOCAL_MACHINE\SYSTEM\ControlSet001\Services\dokan2 삭제,
sc delete dokan2 - dokan2 서비스 삭제
프로그램 추가/제거에서 dokan 검색 후 삭제 → 재부팅 등의 삽질을 하다보면 삭제가 된다...

¹ <https://github.com/dokan-dev/dokany/issues/1200>

² <https://github.com/dokan-dev/dokany/issues/1201>

MemProcFS

내 PC > M(\\MemProcFS) (M:) > forensic > csv



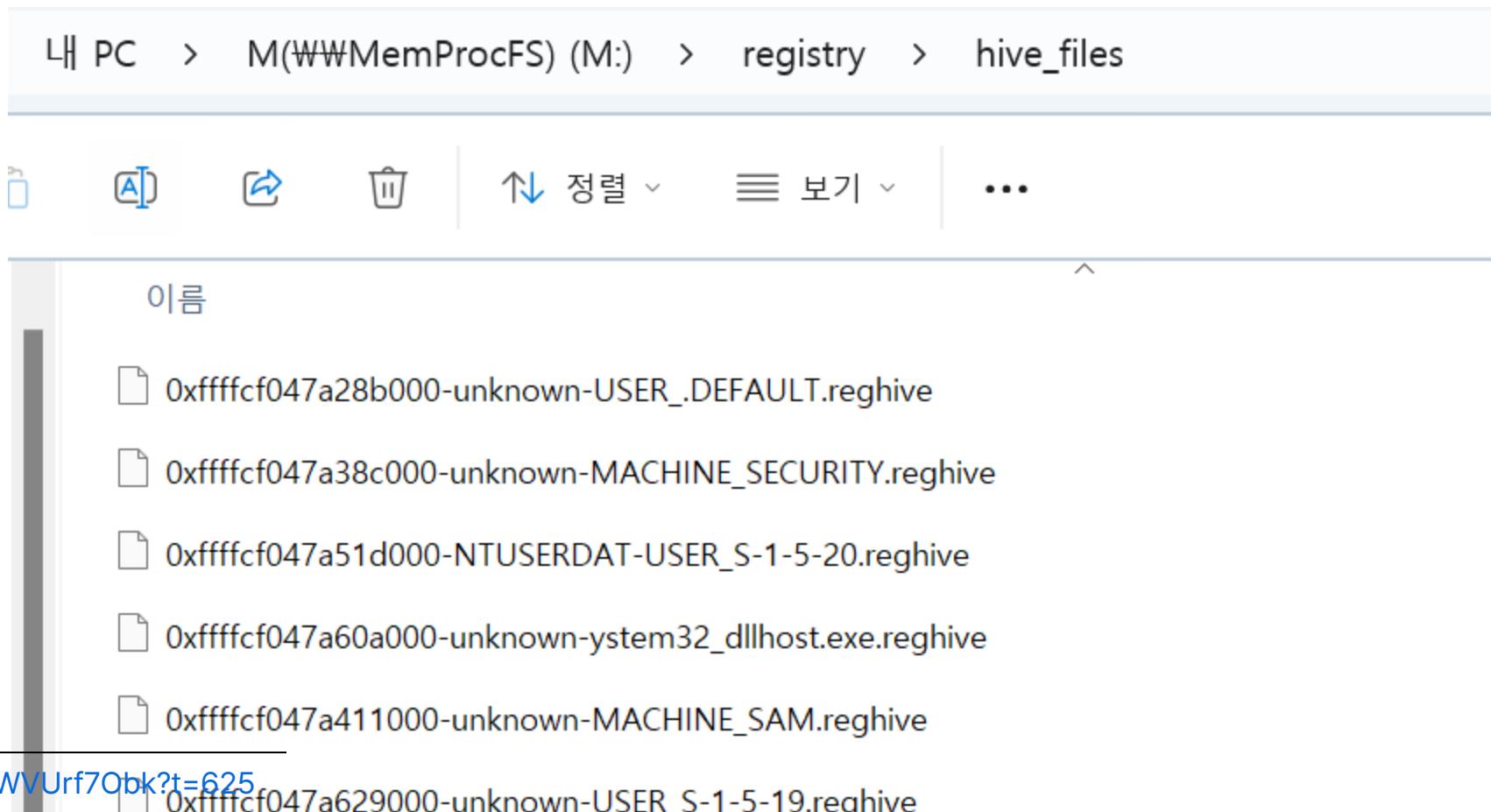
- 메모리 덤프에서 얻을 수 있는 다양한 정보들을 CSV 파일로 확인 가능

- Excel, Timeline Explorer 등의 도구를 활용하여 분석하면 되겠다.
- timeline_all.csv 파일의 경우 네트워크, NTFS, 레지스트리 등 추출된 모든 아티팩트들이 타임라인으로 저장되어 있다.

| timeline_all.csv | | | | | | | | | |
|---|-----|---------------------|--------|--------|-------|---------|----------------|--|--------------------|
| Drag a column header here to group by that column | | | | | | | | | |
| Line | Tag | Time | Type | Action | PID | Value32 | Value64 | Text | |
| 387 | | 2020-09-19 05:10:10 | NTFS | CRE | 0 | 0x1be | 0x3466f800 | \1\Users\ricksanchez\AppData\Local\Pac | |
| 388 | | 2020-09-19 05:10:10 | NTFS | MOD | 0 | 0x0 | 0x2ff51c00 | \1\Users\ricksanchez\AppData\Local\Pac | |
| 389 | | 2020-09-19 05:10:09 | Net | CRE | 0 | 0x0 | 0xfffffbe8e... | TCPv0 CLOSED | ***:0 |
| 390 | | 2020-09-19 05:10:09 | Net | CRE | 0 | 0x0 | 0xfffffbe8e... | TCPv4 CLOSED | 10.42.85.115:50991 |
| 391 | | 2020-09-19 05:10:09 | REG | MOD | 0 | 0x0 | 0x0 | ??\C:\Users\ricksanchez\ntuser.dat\Win | |
| 392 | | 2020-09-19 05:10:09 | REG | MOD | 0 | 0x0 | 0x0 | \HAM\AUI\ppleae38af2e007f4358a809ac99a | |
| 393 | | 2020-09-19 05:10:09 | NTFS | RD | 0 | 0x0 | 0x74b0ac00 | \1\Users\ricksanchez\AppData\Local\Pac | |
| 394 | | 2020-09-19 05:10:09 | NTFS | RD | 0 | 0x5f000 | 0x4f34f000 | \1\Windows\System32\CapabilityAccessMa | |
| 395 | | 2020-09-19 05:10:09 | THREAD | CRE | 67... | 0x19a4 | 0xfffffbe8e... | TID: 6564 | |
| 396 | | 2020-09-19 05:10:09 | REG | MOD | 0 | 0x0 | 0x0 | HKLM\SOFTWARE\Microsoft\Windows\Window | |
| 397 | | 2020-09-19 05:10:09 | NTFS | MOD | 0 | 0x0 | 0x3f007c00 | \1\Windows\Prefetch\BACKGROUNDTRANSFER | |

MemProcFS

- MemProcFS 의 분석 결과가 아닌 타 도구를 사용하고 싶다면 Registry Explorer, RECmd와 같은 분석 도구를 활용하면 되겠다.¹ (메모리에서 추출하여 손상된 하이브이기 때문에 일부 데이터 분석 가능)



¹ <https://youtu.be/hjWVUrf7Obk?t=625>

MemProcFS

- 그러나 테스트 결과 대부분의 하이브 파일들을 인식하지 못했다.

| Message Date | Message Type ▲ | Message |
|---------------------|----------------|--|
| = | = | RBC |
| 2024-02-13 09:02:06 | Error | An error occurred loading '0xfffffcf047a411000-unknown-MACHINE_SAM.reghive'. See previous message... |
| 2024-02-13 09:02:07 | Error | An error occurred loading '0xfffffcf047a38c000-unknown-MACHINE_SECURITY.reghive'. See previous me... |
| 2024-02-13 09:02:07 | Error | "M:\registry\hive_files\0xfffffcf047a411000-unknown-MACHINE_SAM.reghive" is not a Registry hive (b... |
| 2024-02-13 09:02:07 | Error | "M:\registry\hive_files\0xfffffcf047a38c000-unknown-MACHINE_SECURITY.reghive" is not a Registry hi... |
| 2024-02-13 09:02:07 | Error | An error occurred loading '0xfffffcf047a51d000-NTUSERDAT-USER_S-1-5-20.reghive'. See previous mess... |
| 2024-02-13 09:02:07 | Error | An error occurred loading '0xfffffcf0482bb0000-ntuserdat-rs_ricksanchez_ntuser.dat.reghive'. See previo... |
| 2024-02-13 09:02:20 | Error | An error occurred loading '0xfffffcf047a38c000-unknown-MACHINE_SECURITY.reghive'. See previous me... |
| 2024-02-13 09:02:20 | Error | "M:\registry\hive_files\0xfffffcf047a38c000-unknown-MACHINE_SECURITY.reghive" is not a Registry hi... |

- MemProcFS 의 분석 결과 파일들을 활용하거나 추출한 파일에 리커버 도구를 사용하여 분석¹
 - 구조를 따라가면서 수동으로 분석하는 방법도 있다.
 - 메모리 분석의 한계 (실무에서 메모리 분석은 대부분 보조 역할을 한다.)

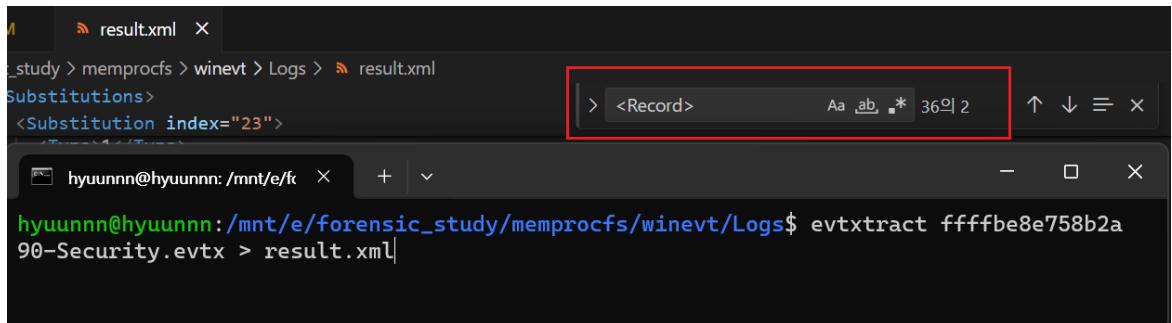
¹ <https://hyuunnn.github.io/2023/01/27/forensic-recover/>

MemProcFS

- evtx 파일도 분석 도구(EvtxECmd 등)를 포함하여 대부분 인식하지 못했다.

| A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L |
|----------|-----------|-----------|---------|-------|----------------------|---------|-----------|----------|----------|----------|----------|
| RecordNu | EventRecc | TimeCreat | EventId | Level | Provider | Channel | ProcessId | ThreadId | Computer | ChunkNur | Userld |
| 1 | 1 | 41:19.0 | 8001 | Info | Microsoft-Microsoft- | | 772 | 1012 | WIN-2IH1 | 0 | S-1-5-18 |
| 2 | 2 | 46:01.7 | 8004 | Info | Microsoft-Microsoft- | | 772 | 776 | WIN-2IH1 | 0 | S-1-5-18 |
| 3 | 3 | 46:01.8 | 8005 | Info | Microsoft-Microsoft- | | 772 | 944 | WIN-2IH1 | 0 | S-1-5-18 |
| 4 | 4 | 46:31.8 | 8001 | Info | Microsoft-Microsoft- | | 768 | 1016 | DESKTOP- | 0 | S-1-5-18 |
| 5 | 5 | 58:35.0 | 8004 | Info | Microsoft-Microsoft- | | 768 | 772 | DESKTOP- | 0 | S-1-5-18 |
| 6 | 6 | 58:35.0 | 8005 | Info | Microsoft-Microsoft- | | 768 | 5488 | DESKTOP- | 0 | S-1-5-18 |
| 7 | 7 | 08:58.8 | 8001 | Info | Microsoft-Microsoft- | | 764 | 2996 | DESKTOP- | 0 | S-1-5-18 |

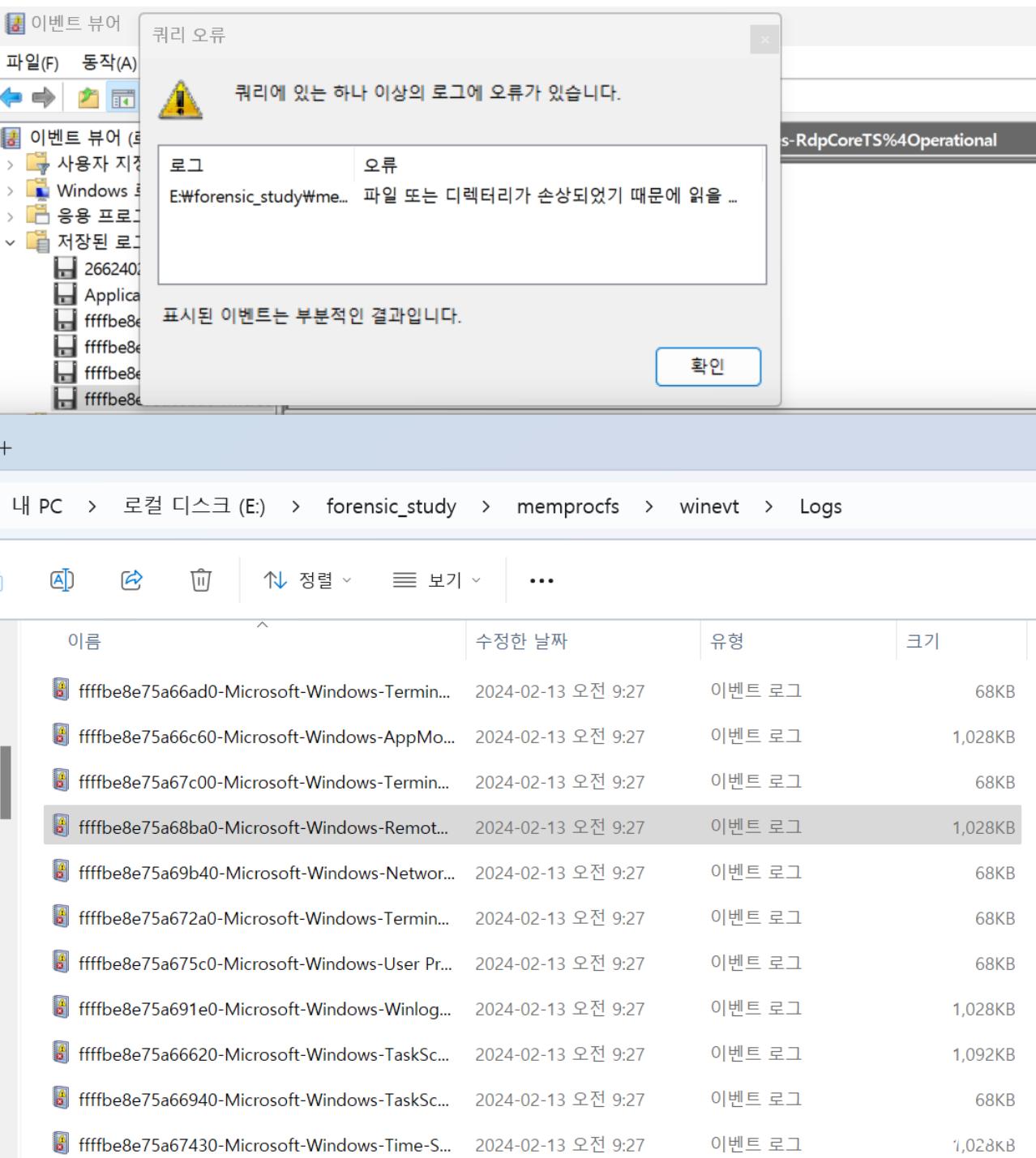
EvtxECmd - 전체 파일 중에서 7개 확인 가능



```
result.xml x
study > memprocfs > winevt > Logs > result.xml
Substitutions>
<Substitution index="23">
hyuunnn@hyuunnn:/mnt/e/forensic_study/memprocfs/winevt/Logs$ evtxtract fffffbe8e758b2a
90-Security.evtx > result.xml
```

evtx 파일 하나에서 36개 이벤트 확인 가능

파일 하나에서 이미 7개보다 많은 로그 확보



이벤트 뷰어

파일(F) 동작(A)

이벤트 뷰어 (E)

사용자 지정

Windows

응용 프로그램

저장된 로그

266240

Application

fffffbe8e75a66ad0

fffffbe8e75a66c60

fffffbe8e75a67c00

fffffbe8e75a68ba0

fffffbe8e75a69b40

fffffbe8e75a672a0

fffffbe8e75a675c0

fffffbe8e75a691e0

fffffbe8e75a66620

fffffbe8e75a66940

fffffbe8e75a67430

로그 오류

로그에 있는 하나 이상의 로그에 오류가 있습니다.

E:\forensic_study\memprocfs\winevt\Logs 파일 또는 디렉터리가 손상되었기 때문에 읽을 수 없습니다.

표시된 이벤트는 부분적인 결과입니다.

확인

내 PC > 로컬 디스크 (E:) > forensic_study > memprocfs > winevt > Logs

이름 수정한 날짜 유형 크기

fffffbe8e75a66ad0-Microsoft-Windows-Termin... 2024-02-13 오전 9:27 이벤트 로그 68KB

fffffbe8e75a66c60-Microsoft-Windows-AppMo... 2024-02-13 오전 9:27 이벤트 로그 1,028KB

fffffbe8e75a67c00-Microsoft-Windows-Termin... 2024-02-13 오전 9:27 이벤트 로그 68KB

fffffbe8e75a68ba0-Microsoft-Windows-Remot... 2024-02-13 오전 9:27 이벤트 로그 1,028KB

fffffbe8e75a69b40-Microsoft-Windows-Network... 2024-02-13 오전 9:27 이벤트 로그 68KB

fffffbe8e75a672a0-Microsoft-Windows-Termin... 2024-02-13 오전 9:27 이벤트 로그 68KB

fffffbe8e75a675c0-Microsoft-Windows-User Pr... 2024-02-13 오전 9:27 이벤트 로그 68KB

fffffbe8e75a691e0-Microsoft-Windows-Winlog... 2024-02-13 오전 9:27 이벤트 로그 1,028KB

fffffbe8e75a66620-Microsoft-Windows-TaskSc... 2024-02-13 오전 9:27 이벤트 로그 1,092KB

fffffbe8e75a66940-Microsoft-Windows-TaskSc... 2024-02-13 오전 9:27 이벤트 로그 68KB

fffffbe8e75a67430-Microsoft-Windows-Time-S... 2024-02-13 오전 9:27 이벤트 로그 1,028KB

MemProcFS

- name 폴더에 들어가면 각 프로세스별 상호작용된 파일들, memmap, minidump 등 다양한 결과 확인 및 유의미한 분석 가능
 - 메모리에서 실행 중인 악성코드를 빠르게 찾을 수도 있겠다.
→ Windows Defender, Virustotal 활용

| 이름 | 수정한 날짜 | 유형 | 크기 |
|----------------|--------------------|------------|----------|
| FTK Imager.exe | 2024-02-13 오전 7:43 | 응용 프로그램 | 22,022KB |
| GDI32.dll | 2024-02-13 오전 7:43 | 응용 프로그램 확장 | 148KB |
| gdi32full.dll | 2024-02-13 오전 7:43 | 응용 프로그램 확장 | 1,027KB |

ETC

- <https://github.com/evild3ad/MemProcFS-Analyzer>
- <https://github.com/LDO-CERT/orochi>
- [redline](#)
- AXIOM
 - <https://www.magnetforensics.com/resources/magnet-axiom-2-0-memory-analysis/>
 - <https://blog.system32.kr/74>
- [The Art of Memory Forensics - 번역본](#)
 - Volatility 핵심 개발팀이 쓴 책이다.
- [awesome-memory-forensics](#)

참고자료

메모리 덤프 기반 포렌식을 활용한 개인 식별정보 노출 분석

<https://cpuu.postype.com/post/9993241>

<https://cpuu.postype.com/post/11807930>

<https://bitofhex.com/2018/04/29/volatility-and-tor/>

<https://bitofhex.com/2018/05/10/memory-forensics-tor-part-two/> - bulk_extractor 활용 사례

과제

- [WDF 디지털 포렌식 챌린지](#)
 - 주어진 이미지 파일을 분석하고 시나리오에서 요구하는 내용 찾아보기
- [Forensic CTF: Baud.. James Baud..](#)
 - [CTF Questions](#)에서 요구하는 정답 찾아보기
- 지금까지 배운 윈도우 아티팩트 분석, 카빙 등 다양한 방법으로 접근해보기