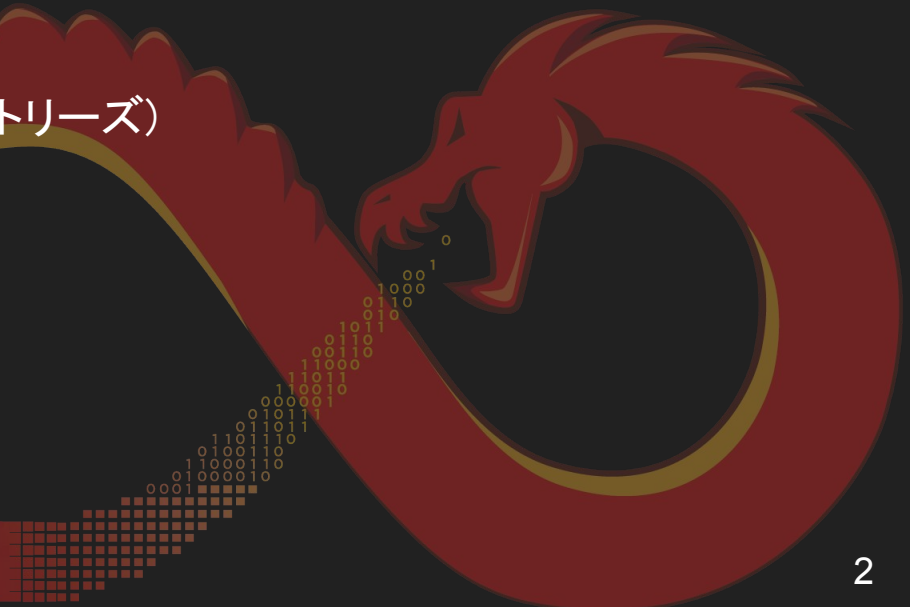
MWS Cup 2025
静的解析課題 解説

2025の問題担当

- 主担当
  - 中島 将太 (株式会社サイバーディフェンス研究所)
- 問題作成委員
  - 桑原 翼 (株式会社FFRIセキュリティ)
  - 末廣 繁樹 (株式会社エヌ・エフ・ラボラトリーズ)
  - 山田 裕彌 (株式会社ラック)
  - 川越 謙宏 (工学院大学)
  - 仲川 宜秀 (NTT西日本株式会社)
  - 二瓶 凌輔 (NTT西日本株式会社)
  - 緒方 湧己 (NTT西日本株式会社)
  - 根津 泰之 (NTT西日本株式会社)



テーマ

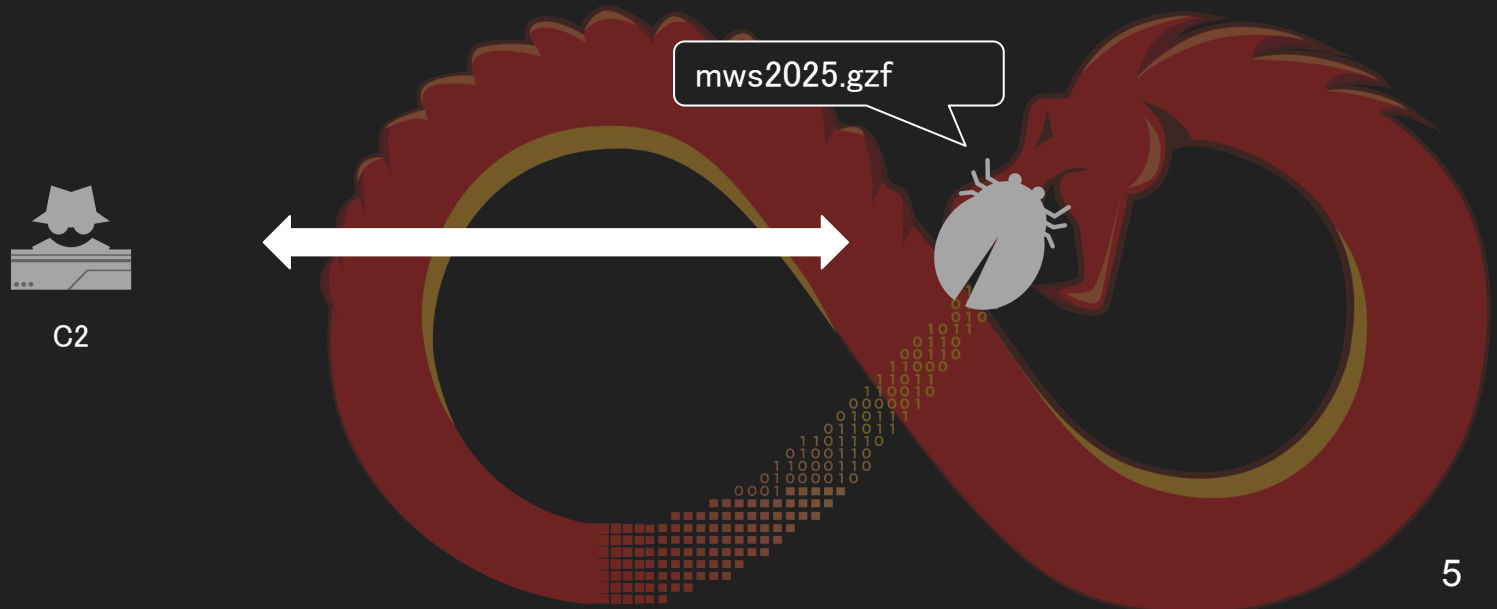
- マルウェアを正しく理解する
  - 課題を通して解析のポイントを学習する
- 最新情報を得る
  - 最近のin-the-wildなマルウェアを扱う
- 実務に近い作業
  - マルウェアのトレンドに沿った出題
  - マルウェアのコードの理解
  - 静的解析による復号スクリプトの作成
  - 最新の技術を活用して効率よく解析する(LLMの利用など)

ポイント

- 積極的に変数名や型を変更する
  - 名前を付けて読みやすくしていく
  - デフォルトでは型情報がないことが多い
- デコンパイラを信用しすぎない
  - アセンブリを確認して整合性を確認する
  - 手動で修正する
- LLMを信用しすぎない
  - 自分で正誤を確認できる技術を身につける
- 順番に回答する必要はないので解けそうな問題から解く

マルウェアの動作概要

- RAT

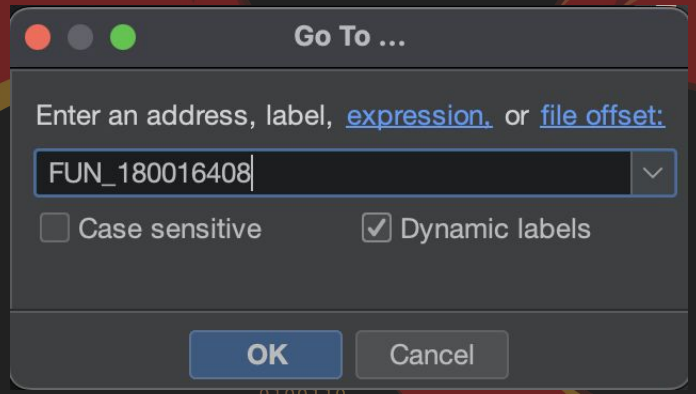


加工済みのGZF

- MWSの問題作成にあたって以下の変更を加えています
  - FLIRTの適用
    - capaで利用されているものを利用
    - https://github.com/mandiant/capa/tree/master/sigs
  - FLIRT適用後の修正
    - 誤って適用されたシグネチャの一部修正
    - FUN_の形式に戻している

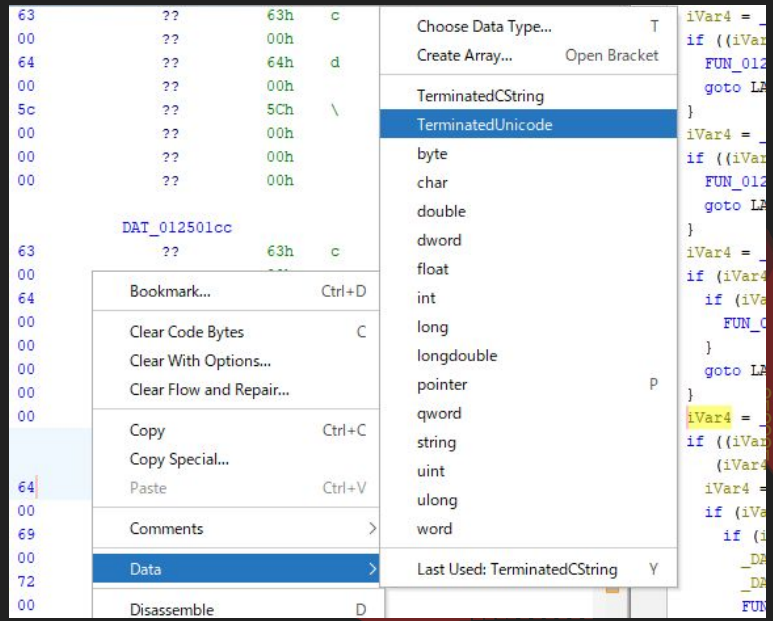
Ghidra Tips: Go To

- Gキーで開くGo Toダイアログにアドレスやlabelを入力
  - 任意の場所に簡単に移動
  - 問題ではアドレスや関数名が指定されていることが多いので必須!



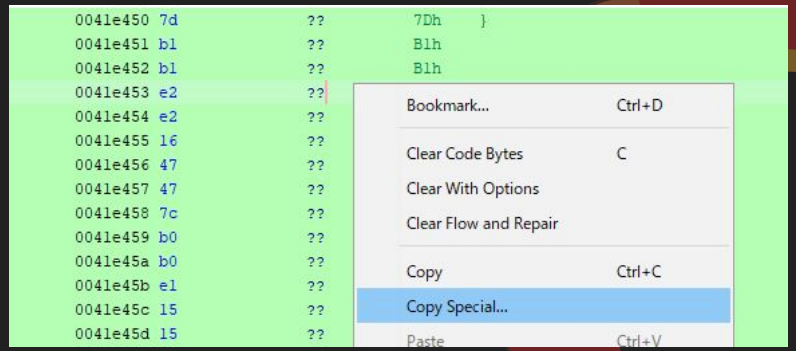
Ghidra Tips: データの定義

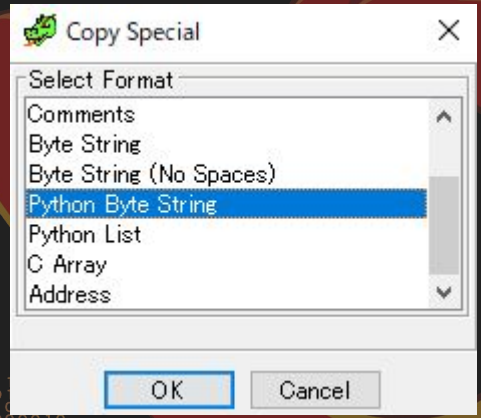
- 定義したいデータの先頭を右クリック
  - コンテキストメニューからData -> 定義する形式を選択



Ghidra Tips: データのコピー1

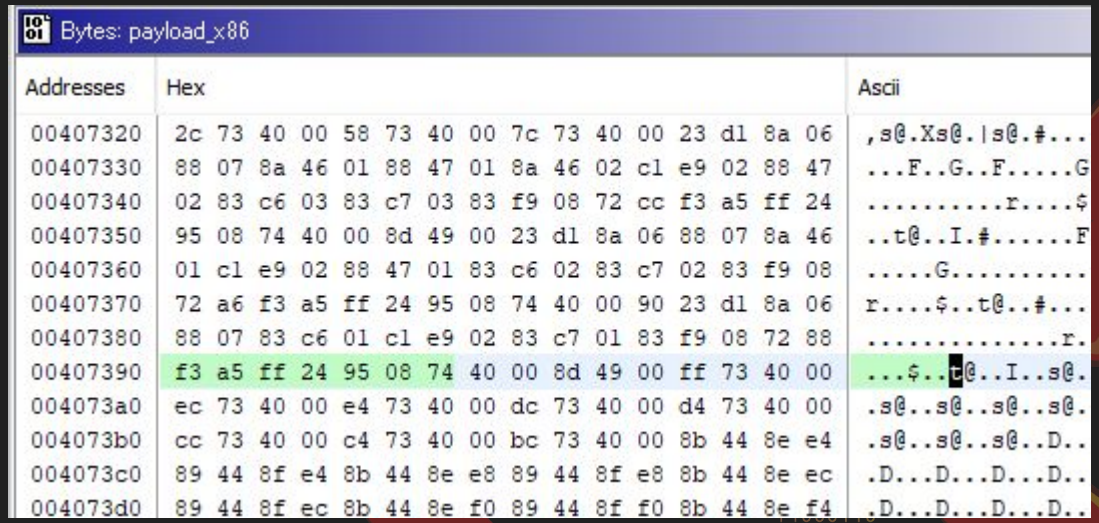
- コピーしたい範囲を選択
  - コンテキストメニューからCopy Special =>
    好きなフォーマットを選択





Ghidra Tips: データのコピー2

- Bytesウィンドウでコピーする



Ghidra Tips: 構造体の定義

- デコンパイル中にベースアドレスに対してオフセットでアクセスしているコードがよくある
  - このようなコードは構造体である可能性が高い

```
140002d02 8b 16          MOV       _Argv,dword ptr [RSI]
140002d04 48 8d 0d ...   LEA       _Argc,[s_Header:_magic=0x%08X_count=%u_1400041...  = "Header: magic=0x%08X count=%
140002d0b e8 b0 fb ...   CALL      printf                                             int printf(char * _Format, ...)
140002d10 44 0f b6 ...   MOVZX     R9D,byte ptr [RSI + 0xd]
140002d15 8b 56 08       MOV       _Argv,dword ptr [RSI + 0x8]
140002d18 48 8d 0d ...   LEA       _Argc,[s_C2:_beacon_ms=%u_jitter=%u_retry_1400...  = "C2: beacon_ms=%u jitter=%u r
140002d1f 44 0f b6 ...   MOVZX     _Env,byte ptr [RSI + 0xc]
140002d24 e8 97 fb ...   CALL      printf                                             int printf(char * _Format, ...)
140002d29 48 8d 56 10    LEA       _Argv,[RSI + 0x10]
140002d2d 48 8d 0d ...   LEA       _Argc,[s_C2:_campaign_id='%s'_140004199]           = "C2: campaign_id='%s'\n"
140002d34 e8 87 fb ...   CALL      printf                                             int printf(char * _Format, ...)
140002d39 48 8d 56 20    LEA       _Argv,[RSI + 0x20]
140002d3d 48 8d 0d ...   LEA       _Argc,[s_C2:_user_agent='%s'_1400041af]
140002d44 e8 77 fb ...   CALL      printf
140002d49 66 83 7e ...   CMP       word ptr [RSI + 0x4],0x0
140002d4e 0f 84 34 ...   JZ        LAB_140002e88
```

```
srand(_Seed);
printf("Header: magic=0x%08X count=%u\n",(ulonglong)*_DstBuf,
       (ulonglong)(ushort)_DstBuf[1]);
printf("C2: beacon_ms=%u jitter=%u retry_max=%u\n",(ulonglong)_DstBuf[2],
       (ulonglong)(byte)_DstBuf[3],(ulonglong)*(byte *)((longlong)_DstBuf + 0xd));
printf("C2: campaign_id=\'%s\'\n",_DstBuf + 4);
printf("C2: user_agent=\'%s\'\n",_DstBuf + 8);
if ((short)_DstBuf[1] != 0) {
  do {
    uVar6 = uVar11 & 0xffffffff;
```

Ghidra Tips: 構造体の定義

- 構造体の定義の流れ
  - ディスアセンブル、デコンパイルから構造体と思われるコードを見つける
  - コードを解析して、構造体のメンバーを解析
  - ヘッダファイルを作成
  - Ghidraで定義したヘッダファイルを読み込み
  - デコンパイル画面で構造体を適用する

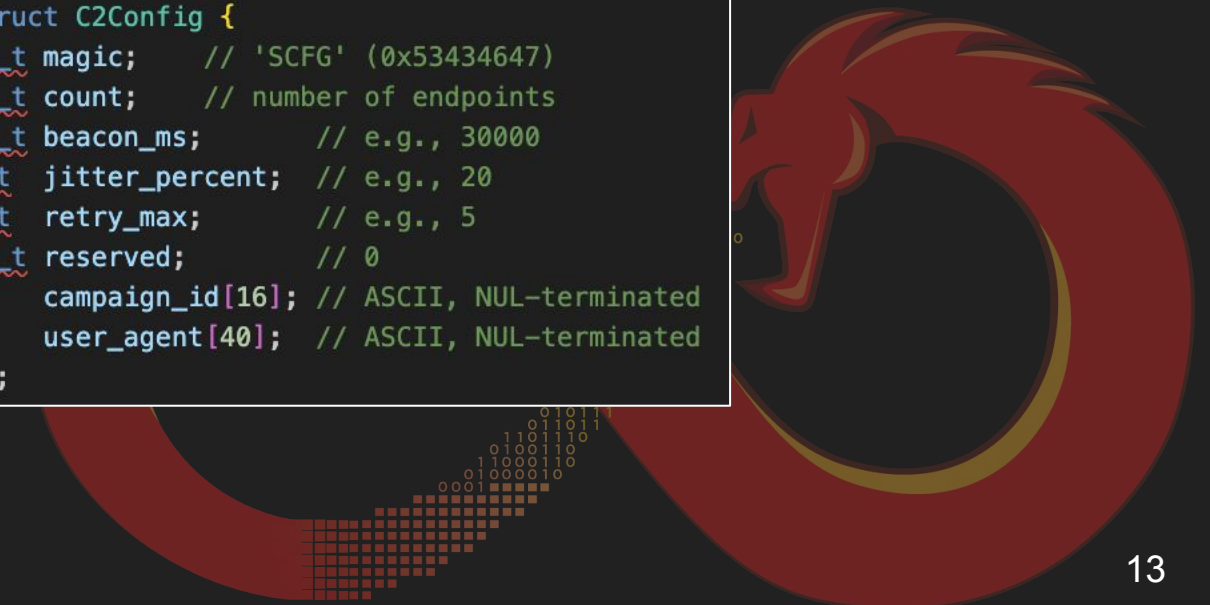
```
printf("Header: magic=0x%08X count=%u\n",(ulonglong)*_DstBuf,
       (ulonglong)(ushort)_DstBuf[1]);
printf("C2: beacon_ms=%u jitter=%u retry_max=%u\n",(ulonglong)_DstBuf[2],
       (ulonglong)(byte)_DstBuf[3],(ulonglong)*(byte *)((longlong)_DstBuf + 0xd));
printf("C2: campaign_id=\'%s\'\n",_DstBuf + 4);
printf("C2: user_agent=\'%s\'\n",_DstBuf + 8);
if ((short)_DstBuf[1] != 0) {
```

```
printf("Header: magic=0x%08X count=%u\n",(ulonglong)conf->magic,(ulonglong)conf->count);
printf("C2: beacon_ms=%u jitter=%u retry_max=%u\n",(ulonglong)conf->beacon_ms,
       (ulonglong)conf->jitter_percent,(ulonglong)conf->retry_max);
printf("C2: campaign_id=\'%s\'\n",conf->campaign_id);
printf("C2: user_agent=\'%s\'\n",conf->user_agent);
if (conf->count != 0) {
```

Ghidra Tips: 構造体の定義

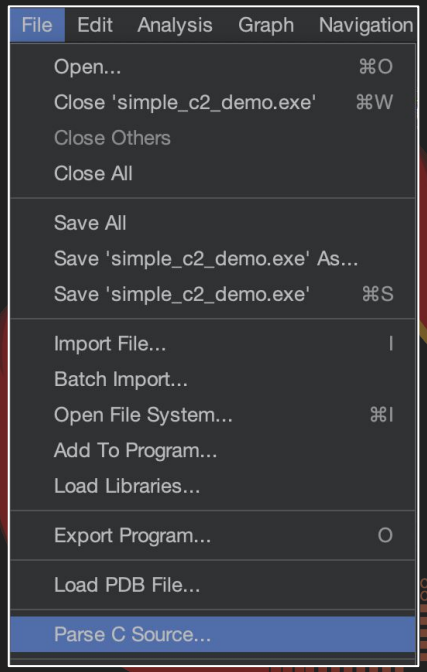
- 解析の結果以下のような構造体を利用する判明
  - config.hとして作成する

```
typedef struct C2Config {
    uint32_t magic;     // 'SCFG' (0x53434647)
    uint16_t count;     // number of endpoints
    uint32_t beacon_ms;        // e.g., 30000
    uint8_t  jitter_percent;   // e.g., 20
    uint8_t  retry_max;        // e.g., 5
    uint16_t reserved;         // 0
    char     campaign_id[16]; // ASCII, NUL-terminated
    char     user_agent[40];  // ASCII, NUL-terminated
} C2Config;
```



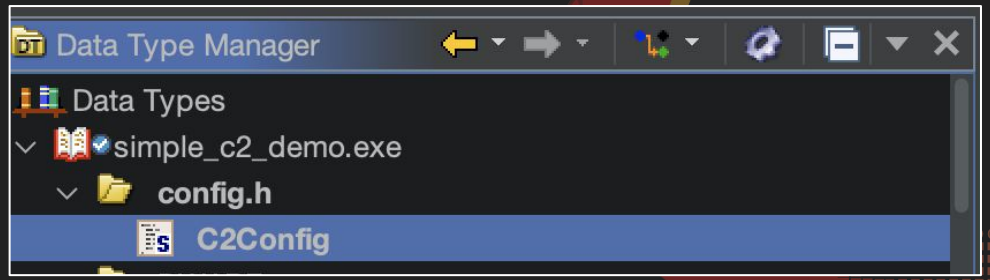
Ghidra Tips: 構造体の定義

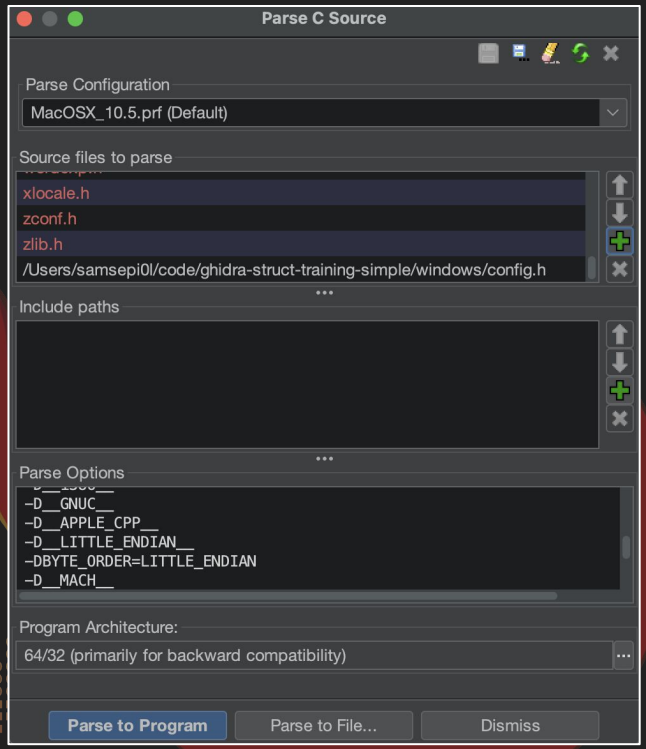
- File -> Parse C Sourceをクリック



Ghidra Tips: 構造体の定義

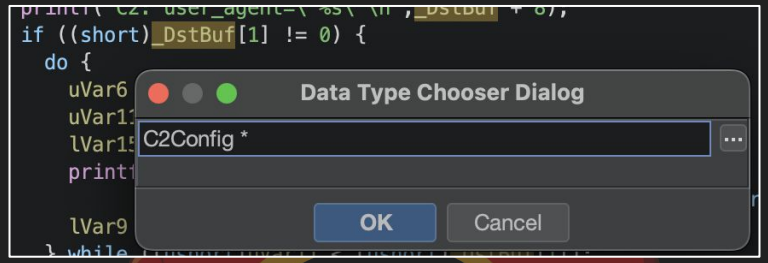
- Source files to parse
  - +からconfig.hを追加
- Parse to Programをクリックして構造体を取り込み
- Data Type Manager
  - 定義した構造体が読み込まれているか確認





Ghidra Tips: 構造体の定義

- 定義した構造体を適用




```
printf("Header: magic=0x%08X count=%u\n",(ulonglong)_DstBuf->magic,
       (ulonglong)_DstBuf->count);
printf("C2: beacon_ms=%u jitter=%u retry_max=%u\n",(ulonglong)_DstBuf->beacon_ms,
       (ulonglong)_DstBuf->jitter_percent,(ulonglong)_DstBuf->retry_max);
printf("C2: campaign_id=\'%s\'\n",_DstBuf->campaign_id);
printf("C2: user_agent=\'%s\'\n",_DstBuf->user_agent);
```

Bookmarks

問題に関連するアドレスをBookmarkとして登録済み

ヒント: インターネットとAIの活用

- ファイルを直接VirusTotalなどの外部サービスにアップロードすることは禁止
  - ただし、コードの断片や文字列をGoogle検索、Chat GPTなどのGenerative AIのサービスに投稿することは許可
  - 実務で扱う際は、プランによっては入力内容が外部に送信され、学習に使われることを考慮する必要がある
  - 学習に利用されない設定もある
- マルウェアの中にあるIPアドレス/URL/ドメインに直接アクセスすることは禁止。下記の手段で確認すること。
  - Googleなどの検索エンジンによる検索
  - urlscan（https://urlscan.io/）の利用

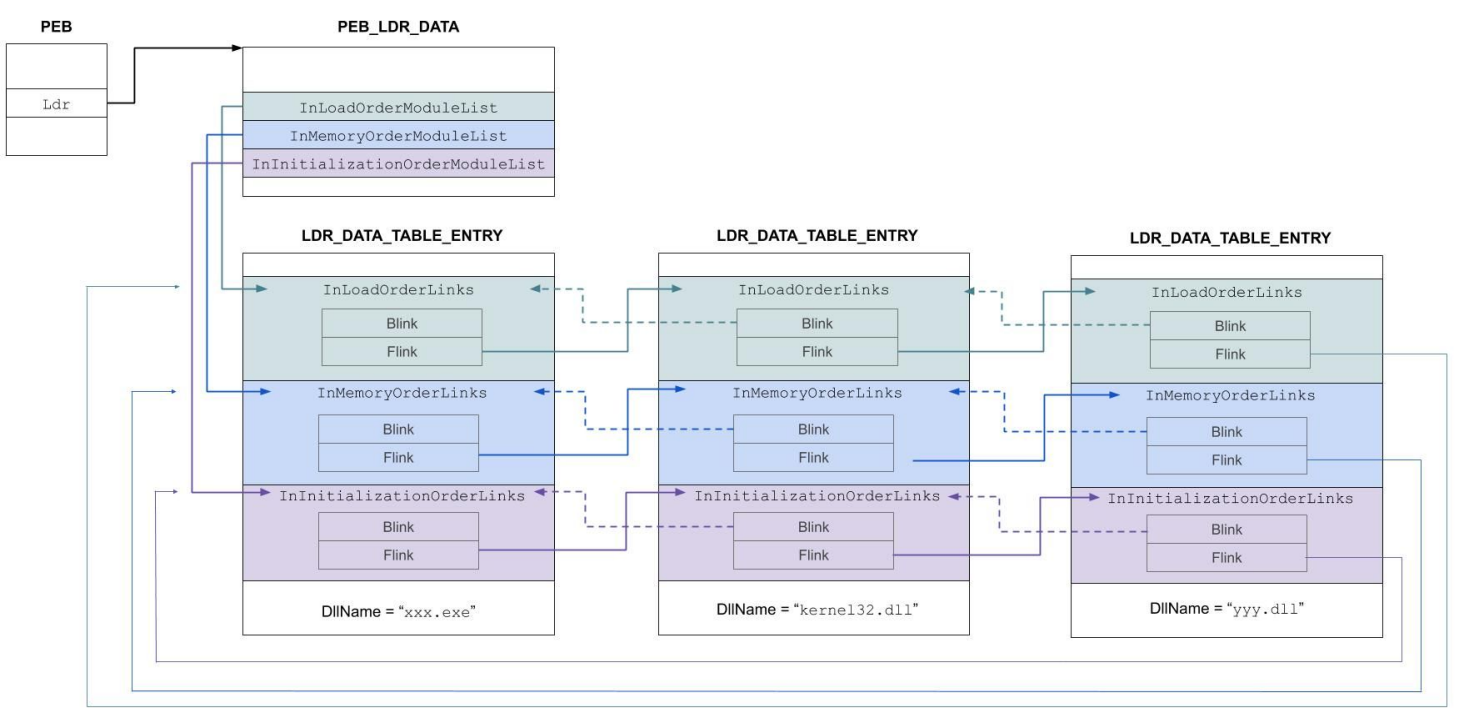
問題一覧

ファイル配布 0	1-2. 文字列の難読化 2	1-3. APIの構造体 2	1-4. コマンド1 2
1-5. コマンド2 2	2-1. Config読解 2	2-2. Config読解 2	3-1. 通信データの符号化・暗号化 2
4-1. 文字列加工 2	1-1. 動的APIアドレス解決 3	3-2. 通信データの符号化・暗号化 3	4-2. ファミリ名 3

問題ジャンル

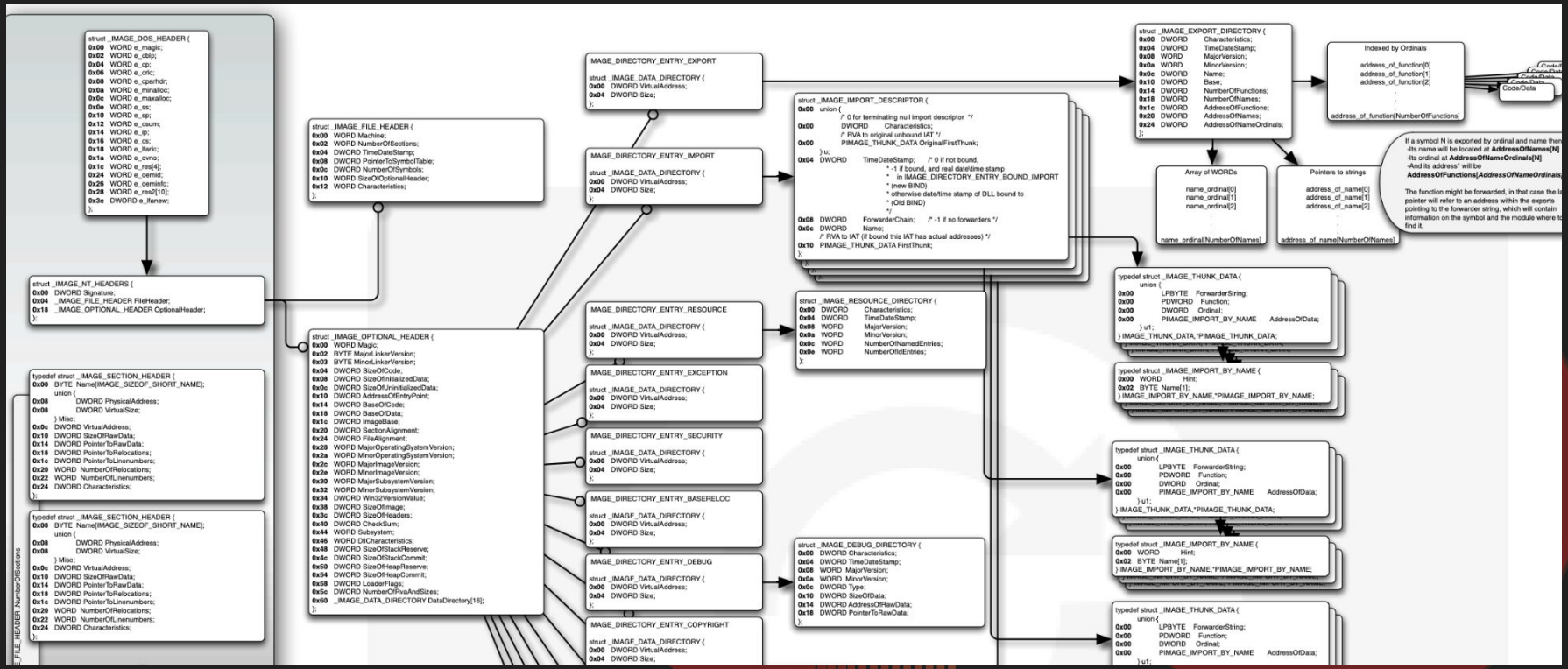
- API難読化解除
  - 1-1
  - 1-2
  - 1-3
- コマンド解析
  - 1-4
  - 1-5
- コンフィグ解析
  - 2-1
  - 2-2
- 復号系
  - 3-1
  - 3-2
- アトリビューション
  - 4-1
  - 4-2

1-1. 動的APIアドレス解決



引用元：https://blog.christophetd.fr/dll-unlinking/

1-1. 動的APIアドレス解決



引用元 : https://www.openrce.org/reference_library/files/reference/PE%20Format.pdf

1-1. 動的APIアドレス解決

14年経っても変わらない基本技術！

引用元：https://atmarkit.itmedia.co.jp/ait/series/2614/

競技中はここまで

1-1. 動的APIアドレス解決

3

0 0

今回提供されたマルウェアは、静的解析妨害のため、IAT(Import Address Table)を用いないAPIの呼び出しを行っている。`1-1.txt`をダウンロードして、カッコ(1)~(14)に当てはまるものを選択肢から選んで回答せよ。

(1)～(14)に当てはまる全角カタカナをコンマ(,)ですべてつなげた形式で回答すること。 例えば、(1)ア(2)イ(3)ウ(4)エ(5)オ(6)カ(7)キ(8)ク(9)ケ(10)コ(11)サ(12)シ(13)ス(14)セの場合は、解答はア,イ,ウ,エ,オ,カ,キ,ク,ケ,コ,サ,シ,ス,セとなる

【選択肢】

- (ア)BeingDebugged
- (イ)InMemoryOrderModuleList
- (ウ)TEB(ThreadEnvironmentBlock)
- (エ)PEB(ProcessEnvironmentBlock)
- (オ)Ldr(LoaderData)
- (カ)DllBase
- (キ)BaseDllName
- (ク)NumberOfNames
- (ケ)NumberOfFunctions
- (コ)AddressOfNames
- (サ)AddressOfFunctions
- (シ)FUN_180016450
- (ス)FUN_18001760c
- (セ)FUN_1800169d4
- (ソ)FUN_180016714
- (タ)FUN_1800172fc
- (チ)FUN_1800171b4
- (ツ)FUN_1800170cc
- (テ)0x18
- (ト)0x0C
- (ナ)0x3C
- (ニ)0x20
- (ヌ)0x18005a400
- (ネ)0x18005a8e0
- (ノ)0x18005b000
- (ハ)0x18005b140
- (ヒ)advapi32.dll
- (フ)shlwapi.dll
- (ヘ)ole32.dll
- (ホ)kernel32.dll
- (マ)winhttp.dll

1-1.txt

0/3 attempts

1-1. 動的APIアドレス解決

IATを使用せずにAPIの関数を実行するためには、DLLがロードされる場所を示すベースアドレスをもとに、使用したいAPIの実行アドレスを取得する処理が必要となる。

まず、DLLのベースアドレスを取得するために、プログラムにロードされているDLL情報を確認する。DLLのベースアドレスは、（1）構造体を利用して特定でき、本マルウェアでは関数（2）において以下①～④のような流れで取得している。
① （1）構造体のオフセット（3）の（4）よりPEB_LDR_DATA構造体へのポインターを取得する
② PEB_LDR_DATA構造体のオフセット（5）の（6）よりDLL情報が格納された構造体の双方向リストを取得する
③ ②で取得した双方向リストはLDR_DATA_TABLE_ENTRY構造体のオフセット0x10のInMemoryOrderLinksを指しており、そこから0x48を加算したオフセット0x58の（7）と対象のDLLが一致するかを確認する。本マルウェアでは、関数（2）の第二引数が対象のDLLの種類を表しており、第二引数が4のときのDLLは（8）である。そして（7）と対象のDLLが一致すると、LDR_DATA_TABLE_ENTRY構造体のオフセット0x10に0x20を加算したオフセット0x30より（9）を取得する
④ 今回のマルウェアでは関数FUN_180017690において、③で取得したDLLベースアドレスをコンフィグ情報としてある領域に格納しており、（8）の場合の格納アドレスは（10）である。

次に、これまでの処理で取得したDLLのベースアドレスをもとに、DLLに含まれるAPIの実行アドレスを取得する。（8）のDLLでは関数（11）においてこの処理を以下の⑤～⑨のような流れで取得している。
⑤ DLLのDOSヘッダのオフセット（12）よりPEヘッダの先頭アドレスを特定する
⑥ PEヘッダの先頭からオフセット0x88にあるIMAGE_EXPORT_DIRECTORY構造体を取得する
⑦ ⑥で取得した構造体のオフセット0x18、0x20を参照することでそれぞれIMAGE_EXPORT_DIRECTORYの要素である（13）、（14）を取得する
⑧ ⑦で取得したAPIの関数名リストとAPIの関数名を暗号化した文字列とを比較し一致した場合は、AddressOfNameOrdinalsを取得し関数名リストの先頭からAddressOfNameOrdinals分移動した位置のAPIのアドレスを取得しDLLのベースアドレスを加算することでAPIアドレスを取得する。
⑨ ⑧で取得したAPIアドレスはコンフィグ情報として格納する

1-1. 動的APIアドレス解決

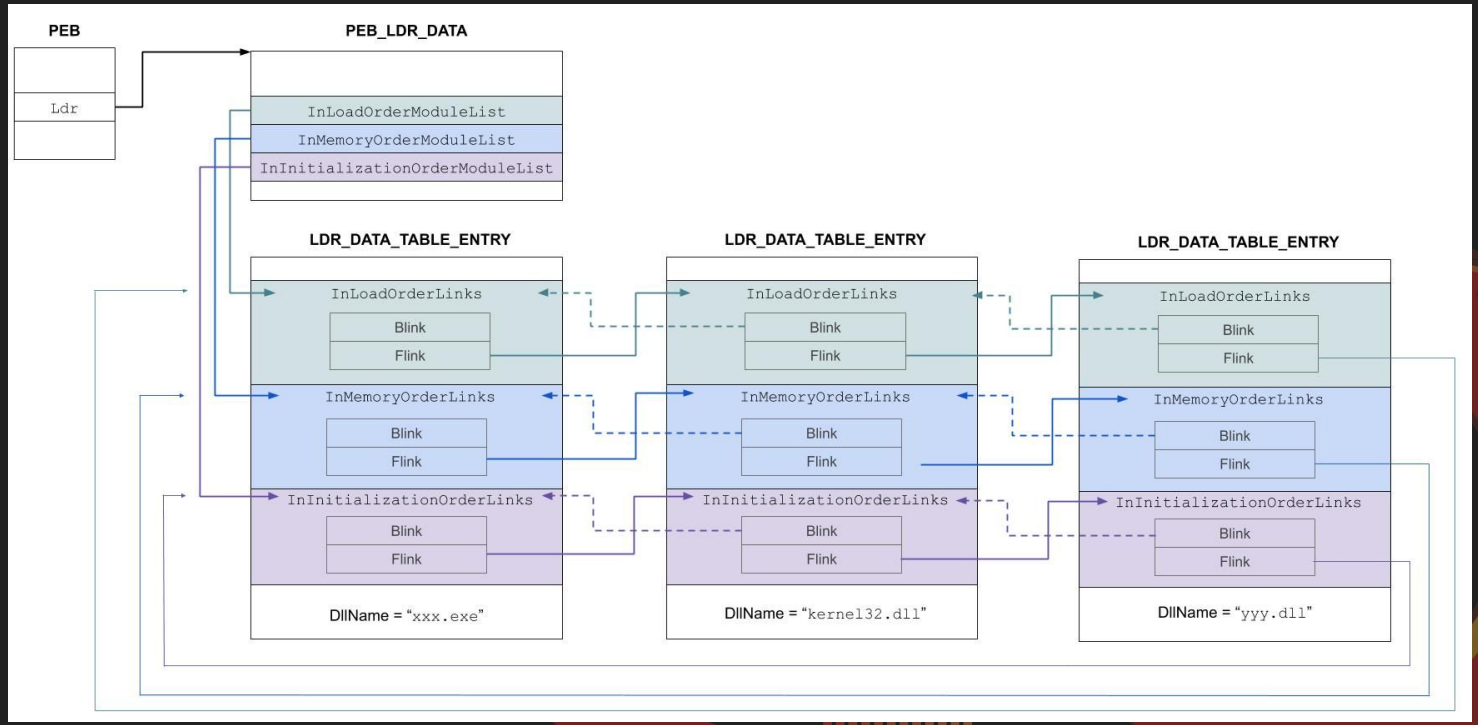
1

- PEB(ProcessEnvironmentBlock) 構造体を使用することでDLLのベースアドレスを特定することができる
- ProcessEnvironmentBlockを本マルウェアが使用していないか確認するためにシンボルツリーを確認すると、いくつかの関数がでてくるが、関数内のオフセット情報等からFUN_180016450 が該当の関数と特定できる。

2


```
ProcessEnvironmentBlock                    XREF[3]:     FUN_180016450:180016450(R),
                                                        exit_or_terminate_process:18002a...
                                                        __acrt_get_process_end_policy:18...
    void *      00000000
```

1-1. 動的APIアドレス解決



引用元：https://blog.christophetd.fr/dll-unlinking/

1-1. 【参考】動的APIアドレス解決

- PEB構造体など、各種構造体はmicrosoftにより定義されている
- 構造体の内容は変更の可能性があること、また64bit/32bitによって構造体の内容が異なることもあるため注意が必要

```
typedef struct _PEB {
    BYTE Reserved1[2];
    BYTE BeingDebugged;
    BYTE Reserved2[21];
    PPEB_LDR_DATA LoaderData;
    PRTL_USER_PROCESS_PARAMETERS ProcessParameters;
    BYTE Reserved3[520];
    PPS_POST_PROCESS_INIT_ROUTINE PostProcessInitRoutine;
    BYTE Reserved4[136];
    ULONG SessionId;
} PEB;
```

引用元:https://learn.microsoft.com/ja-jp/windows/win32/api/winternl/ns-winternl-peb

1-1. 動的APIアドレス解決

- PEB構造体に対してまずはオフセット**0x18**を加算している
- PEB構造体のオフセット0x18を調べると**Ldr(Loaderdata)** であることがわかる

- Ldrに対しオフセット**0x20**を加算している
- Ldrの構造体であるPEB_LDR_DATAのオフセット0x20を調べると**InMemoryOrderModuleList** であることがわかる

```
Decompile: FUN_180016450 - (mws2025)
7  undefined8 *puVar3;
8
9  puVar3 = (undefined8 *)(*(longlong *)((longlong)ProcessEnvironmentBlock + 0x18) + 0x20);
```

1-1. 動的APIアドレス解決

- InMemoryOrderModuleListはLDR_DATA_TABLE_ENTRY構造体へのポインタをもつ双方向リストであり、LDR_DATA_TABLE_ENTRYのオフセット0x10のInMemoryOrderLinksをさす
- InMemoryOrderLinksに対しオフセット0x48を加算しているため、LDR_DATA_TABLE_ENTRYのオフセット0x58を調べると**BaseDllName** であることがわかる

7

```
180016450 65 48 8b 04 25 60 00 00 00    MOV     RAX,qword ptr GS:[offset ProcessEnvironmentBlo...
180016459 4c 8b 48 18                   MOV     R9,qword ptr [RAX + 0x18]
18001645d 49 83 c1 20                   ADD     R9,0x20
180016461 4d 8b 01                      MOV     R8,qword ptr [R9]
```

アセンブリをみると0x48加算している

```
                        LAB_180016476
180016476 41 0f 10 40 48    MOVUPS      XMM0,xmmword ptr [R8 + 0x48]
18001647b 66 0f 73 d8 08    PSRLDQ      XMM0,0x8
180016480 66 48 0f          MOVQ        param_1,XMM0
```

1-1. 動的APIアドレス解決

Offset (x86)	Offset (x64)	Definition	Versions
0x00	0x00	`LIST_ENTRY InLoadOrderLinks;`	3.10 and higher
0x08	0x10	`LIST_ENTRY InMemoryOrderLinks;`	3.10 and higher
0x10	0x20	`LIST_ENTRY InInitializationOrderLinks;`	3.10 to 6.1
		`union { LIST_ENTRY InInitializationOrderLinks; LIST_ENTRY InProgressLinks; };`	6.2 and higher
0x18	0x30	`PVOID DllBase;`	3.10 and higher
0x1C	0x38	`PVOID EntryPoint;`	3.10 and higher
0x20	0x40	`ULONG SizeOfImage;`	3.10 and higher
0x24	0x48	`UNICODE_STRING FullDllName;`	3.10 and higher
0x2C	0x58	`UNICODE_STRING BaseDllName;`	3.10 and higher
		`ULONG Flags;`	3.10 to 6.1

引用元:https://www.geoffchappell.com/studies/windows/km/ntoskrnl/inc/api/ntldr/ldr_data_table_entry.htm

1-1. 動的APIアドレス解決

- param_1はBaseDllNameを指しており、param_2が4のときは、「1文字目:’S’,2文字目:’H’,5文字目:’A’,6文字目:’P’」であることがわかるため、選択肢から**SHLWAPI.dll** を指すことがわかる

8

```
                        LAB_180016593
180016593 83 fa 04      CMP     param_2,0x4
180016596 75 3e         JNZ     LAB_1800165d6
180016598 66 44 39      CMP     word ptr [param_1 + 0x16],R11W
          59 16
18001659d 75 65         JNZ     LAB_180016604
18001659f 0f b7 01      MOVZX   EAX,word ptr [param_1]
1800165a2 66 83 e8 53   SUB     AX,'S'
1800165a6 66 41 85 c2   TEST    R10W,AX
1800165aa 75 58         JNZ     LAB_180016604
1800165ac 0f b7 41 02   MOVZX   EAX,word ptr [param_1 + 0x2]
1800165b0 66 83 e8 48   SUB     AX,'H'
1800165b4 66 41 85 c2   TEST    R10W,AX
1800165b8 75 4a         JNZ     LAB_180016604
1800165ba 0f b7 41 08   MOVZX   EAX,word ptr [param_1 + 0x8]
1800165be 66 83 e8 41   SUB     AX,'A'
1800165c2 66 41 85 c2   TEST    R10W,AX
1800165c6 75 3c         JNZ     LAB_180016604
1800165c8 0f b7 41 0a   MOVZX   EAX,word ptr [param_1 + 0xa]
1800165cc 66 83 e8 50   SUB     AX,'P'
1800165d0 66 41 85 c2   TEST    R10W,AX
1800165d4 74 3d         JZ      LAB_180016613
```

アセンブリをみると1,2,5,6文字目が特定の文字になるか確認している

1-1. 動的APIアドレス解決

- BaseDllNameが使用したいDLLと一致した場合はLAB_180016613へ遷移し、InMemoryOrderLinksに対しオフセット0x20を加算しており、LDR_DATA_TABLE_ENTRYのオフセット0x30を調べると**DllBase** であること9がわかる

```
                    LAB_180016593
180016593 83 fa 04        CMP         param_2,0x4
180016596 75 3e           JNZ         LAB_1800165d6
180016598 66 44 39        CMP         word ptr [param_1 + 0x16],R11W
          59 16
18001659d 75 65           JNZ         LAB_180016604
18001659f 0f b7 01        MOVZX       EAX,word ptr [param_1]
1800165a2 66 83 e8 53     SUB         AX,'S'
1800165a6 66 41 85 c2     TEST        R10W,AX
1800165aa 75 58           JNZ         LAB_180016604
1800165ac 0f b7 41 02     MOVZX       EAX,word ptr [param_1 + 0x2]
1800165b0 66 83 e8 48     SUB         AX,'H'
1800165b4 66 41 85 c2     TEST        R10W,AX
1800165b8 75 4a           JNZ         LAB_180016604
1800165ba 0f b7 41 08     MOVZX       EAX,word ptr [param_1 + 0x8]
1800165be 66 83 e8 41     SUB         AX,'A'
1800165c2 66 41 85 c2     TEST        R10W,AX
1800165c6 75 3c           JNZ         LAB_180016604
1800165c8 0f b7 41 0a     MOVZX       EAX,word ptr [param_1 + 0xa]
1800165cc 66 83 e8 50     SUB         AX,'P'
1800165d0 66 41 85 c2     TEST        R10W,AX
1800165d4 74 3d           JZ          LAB_180016613
```

R8は、LDR_DATA_TABLE_ENTRYの
オフセット0x10のInMemoryOrderLinksを指す

```
                    LAB_180016613                                   XR

180016613 49 8b 40 20     MOV         RAX,qword ptr [R8 + 0x20]
180016617 c3              RET
```

1-1. 動的APIアドレス解決

- FUN_180017690のparam1の値を関数をたどることでDLLベースアドレスの格納される領域を確認する。Function Call Treesを確認すると、関数遷移がわかる
- 関数をさかのぼり引数を確認するとFUN_180017690のparam1は「0x18005a400+0x4e0+0x5e8」であるため、引数5のときの格納アドレスはparam1に0x138を加算した**0x18005b000** となる

```
lVar1 = FUN_180016450(param_1,4);
*(longlong *)(param_1 + 0x138) = lVar1;
if (lVar1 != 0) {
```

10

関数をたどりparam_1に代入される値を確認する

1-1. 動的APIアドレス解決

- 今回の検体では、DLLのベースアドレスを取得直後にAPIのアドレスを取得しており、SHLWAPI.dllについてもDLLのベースアドレスを取得後の**FUN_1800171b4** で行われている
  11
- 実際に中の処理をみてみると、問題文にあるようなオフセット処理が行われていることも確認できる

```
Decompile: FUN_180017690 - (mws2025)
1
2 bool FUN_180017690(longlong param_1)
3
4 {
5   longlong lVar1;
6
7   lVar1 = FUN_180016450(param_1,4);
8   *(longlong *)(param_1 + 0x138) = lVar1;
9   if (lVar1 != 0) {
10    FUN_1800171b4(param_1);
11  }
12  return lVar1 != 0;
13 }
14
```

```
Decompile: FUN_1800171b4 - (mws2025)
22  local_38 = DAT_1800590b8 ^ (ulonglong)auStack_c8;
23  lVar2 = *(longlong *)(param_1 + 0x138);
24  uVar11 = 0;
25  lVar9 = (ulonglong)*(uint *)((longlong)*(int *)(lVar2 + 0x3c) + 0x88 + lVar2) + lVar2;
26  uVar1 = *(uint *)(lVar9 + 0x18);
27  puVar8 = (uint *)((ulonglong)*(uint *)(lVar9 + 0x20) + lVar2);
28  if (uVar1 != 0) {
```

0x88や0x20のオフセットが確認できる

1-1. 動的APIアドレス解決

12

- DLLのベースアドレスに対してオフセット**0x3c**を加算している
- DLLはDOSヘッダから始まるPEファイルであり、0x3cにはe_lfanewとよばれるPEヘッダの先頭アドレスが格納されている

- PEヘッダの先頭からオフセット0x88にあるIMAGE_EXPORT_DIRECTORY構造体のオフセット0x18,0x20を調べるとそれぞれ**NumberOfNames**、**AddressOfNames**であることがわかる

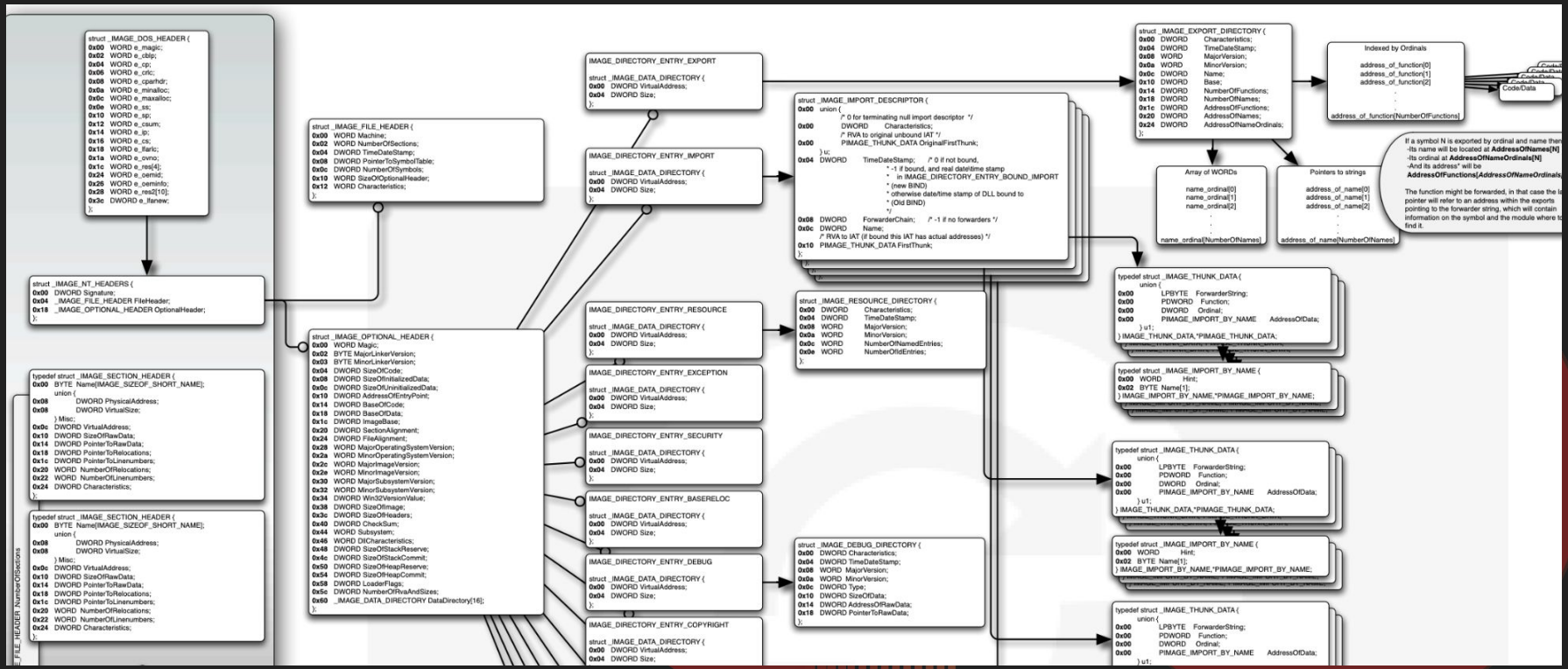
13

14

Decompile: FUN_1800171b4 - (mws2025)

```
24  uVar11 = 0;
25  lVar9 = (ulonglong)*(uint *)((longlong)*(int *)(lVar2 + 0x3c) + 0x88 + lVar2) + lVar2;
26  uVar1 = *(uint *)(lVar9 + 0x18);
27  puVar8 = (uint *)((ulonglong)*(uint *)(lVar9 + 0x20) + lVar2);
28  if (uVar1 != 0) {
```

1-1. 動的APIアドレス解決



引用元：https://www.openrce.org/reference_library/files/reference/PE%20Format.pdf

1-1. 動的APIアドレス解決

14年経っても変わらない基本技術！

引用元：https://atmarkit.itmedia.co.jp/ait/series/2614/

1-1. 動的APIアドレス解決 – 解答

The Answer is:
エ,シ,テ,オ,ニ,イ,キ,フ,カ,ノ,チ,ナ,ク,コ

1-2. 文字列の難読化

2

0 0

このマルウェアは解析妨害のために、Windows APIを含むマルウェアの動作に必要な文字列をエンコードして保持している。 実行時には、関数FUN_180016408によってエンコードされた文字列を、保持するエンコード済み文字列と照合することで、使用する文字列を特定する。

とある文字列のエンコード結果が以下の文字列である。元の文字列を答えよ。

```
6R;cU57c76WYc7LG2F7
```

0/3 attempts

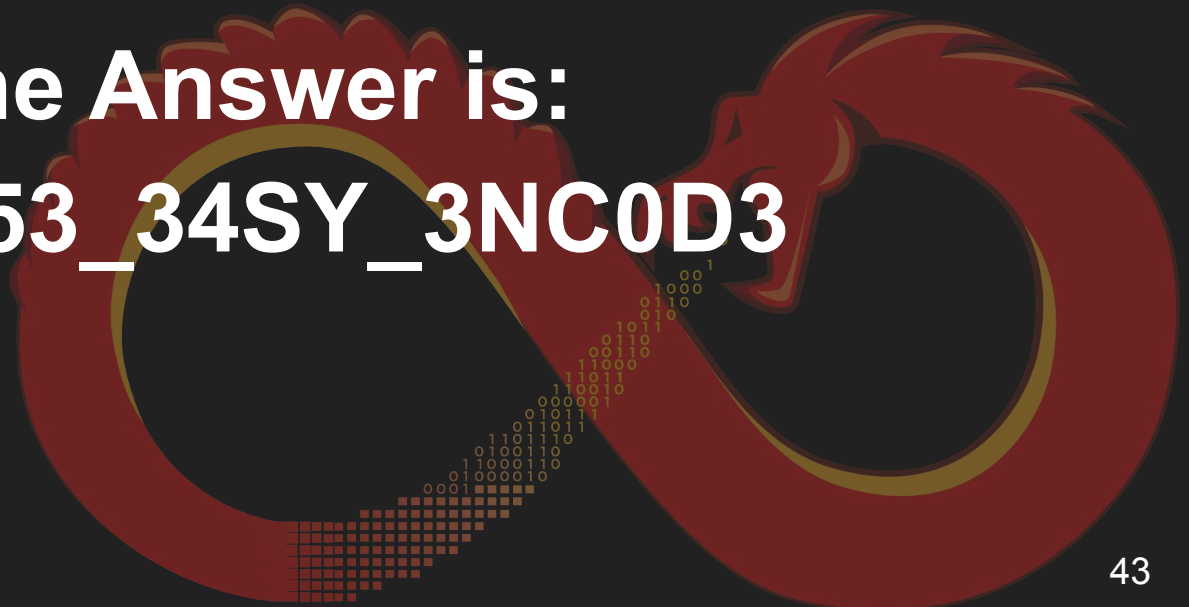
1-2. 文字列の難読化 - エンコード関数理解

- エンコード文字列の長さを計算し、
  その回数だけ一文字ずつエンコード処理
  - 加算とXORの単純な処理(+ 1 ^ 3)
- 加算とXORはそれぞれ可逆操作なので
  デコードは逆順に処理すればよい
  - XORしてから減算(^ 3 - 1)

```
>>> ''.join(chr((ord(c)^3)-1) for c in "6R;cU57c76WYc7LG2F7")
'4P7_U53_34SY_3NC0D3'
```

```
undefined8 FUN_180016408(undefined8 param_1,byte *param_2)

{
  longlong i;
  byte *pbVar1;
  int j;

  j = 0;
                    /* 難読化文字列の長さ(=i)を計算 */
  i = -1;
  do {
    i = i + 1;
  } while (param_2[i] != 0);
  pbVar1 = param_2;
  if (0 < (int)i) {
    do {
                    /* 一文字ずつ、加算とXOR(+ 1 ^ 3) */
      j = j + 1;
      i = -1;
      *pbVar1 = *pbVar1 + 1 ^ 3;
      pbVar1 = pbVar1 + 1;
      do {
        i = i + 1;
      } while (param_2[i] != 0);
    } while (j < (int)i);
  }
  return 1;
}
```

1-2. 文字列の難読化 - 解答



The Answer is:
4P7_U53_34SY_3NC0D3

1-3. APIの構造体

2

0 0

以下のアドレスに配置されるAPIの名前を答えよ

- 0x18005a400+0x4e0+0x210
- 0x18005a400+0x4e0+0x160
- 0x18005a400+0x4e0+0x290

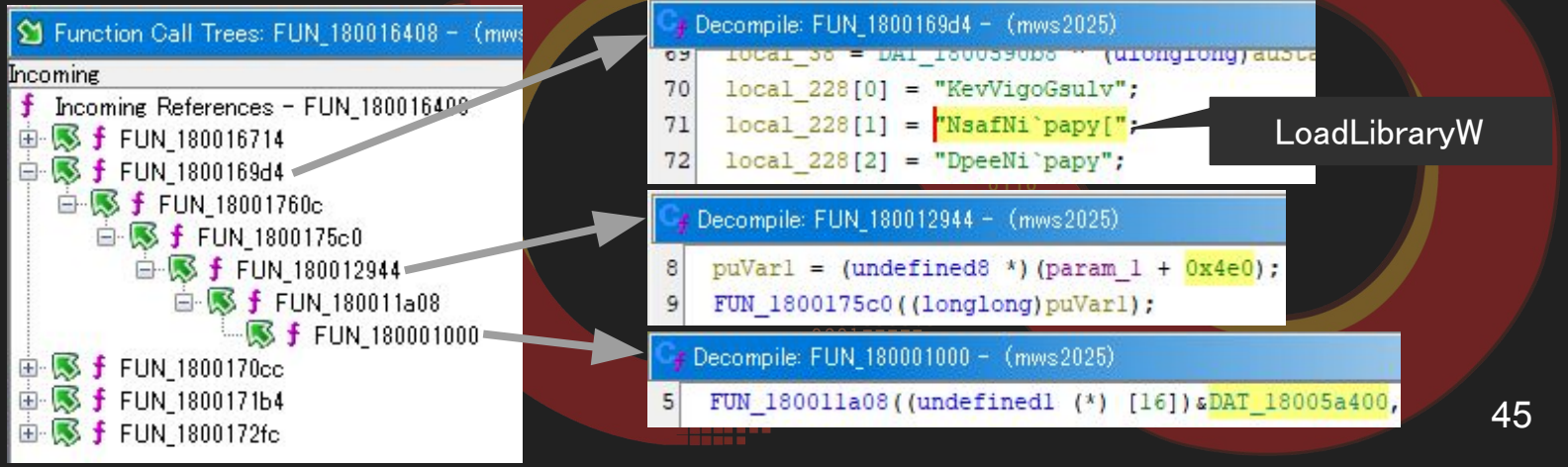
回答は上記の列挙順にAPI名をカンマ区切りで回答すること。 上記が順にCreateFileW、ReadFile、CloseHandleの場合は以下のように回答する。

```
CreateFileW,ReadFile,CloseHandle
```

0/3 attempts

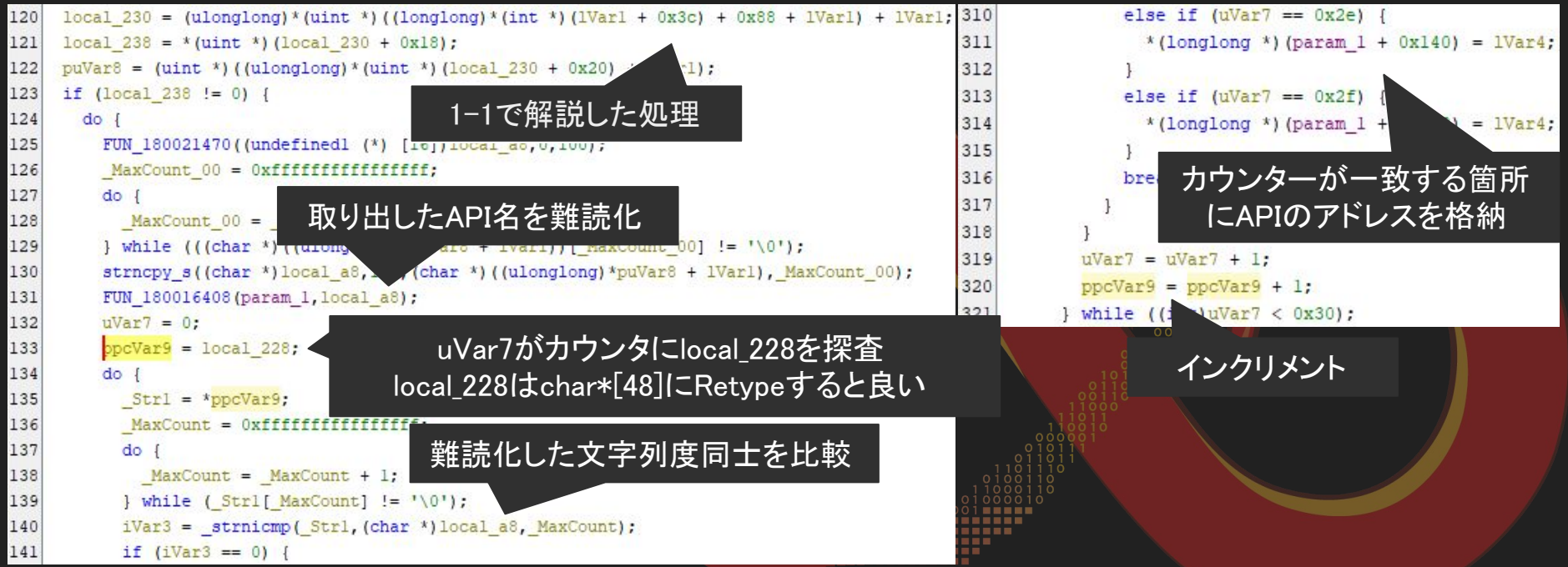
1-3. APIの構造体

- 1-2で登場したFUN_180016408の呼び出し元（FUN_1800169d4）を見ると難読化した文字列が存在
- 1-2の手順で難読化解除するとAPI名と判明
- さらに呼び出し元を確認すると0x18005a400+0x4e0がFUN_1800169d4の引数として渡されているのがわかる



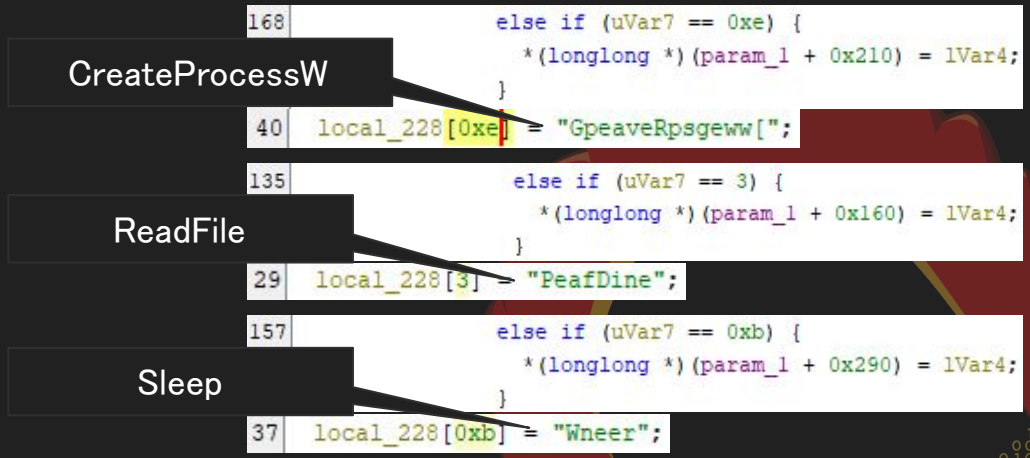
1-3. APIの構造体

- FUN_1800169d4を解析する



1-3. APIの構造体

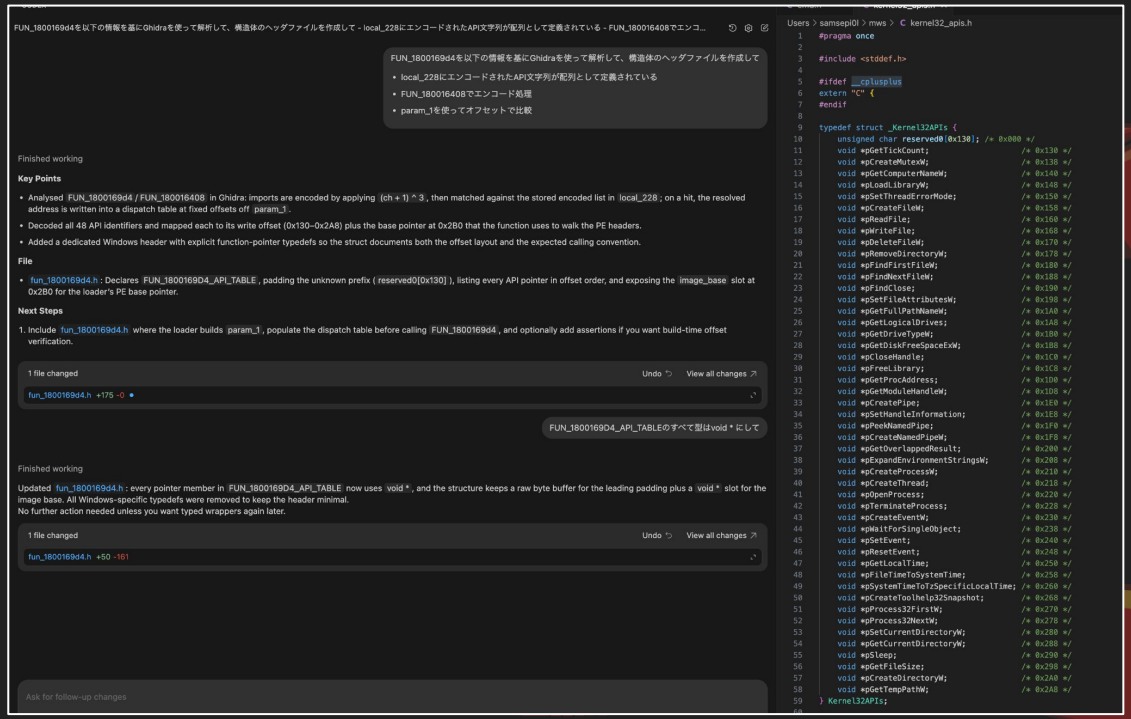
- 0x210, 0x160, 0x290を探すと、それぞれ0xe, 0x3, 0xb
- 難読化解除すると答えは「CreateProcessW,ReadFile,Sleep」



※ 実際にはこれらを0x18005a400+0x4048+0x4e0にコピーしたものが利用される
（FUN_180011d00 -> FUN_18000e4e8 -> FUN_180020dc0）

1-3. APIの構造体

- LLMによる構造体の定義の作成



1-3. APIの構造体

- 他のAPIの位置も確認すると左図の構造体になっていることが判明
- CApplication関数の戻り値にてこの構造体が利用される
  - 戻り値の型を変更すると、右下図のように呼び出されるAPIが見やすい

Structure Editor - Kernel32APIs (mws2025)

Offset	Length	Mnemonic	DataType	Name
0x130	0x8	void *	void *	pGetTickCount
0x138	0x8	void *	void *	pCreateMutexW
0x140	0x8	void *	void *	pGetComputerNameW
0x148	0x8	void *	void *	pLoadLibraryW
0x150	0x8	void *	void *	pSetThreadErrorMode
0x158	0x8	void *	void *	pCreateFileW
0x160	0x8	void *	void *	pReadFile
0x268	0x8	void *	void *	pCreateToolhelp32Snapshot
0x270	0x8	void *	void *	pProcess32FirstW
0x278	0x8	void *	void *	pProcess32NextW
0x280	0x8	void *	void *	pSetCurrentDirectoryW
0x288	0x8	void *	void *	pGetCurrentDirectoryW
0x290	0x8	void *	void *	pSleep
0x298	0x8	void *	void *	pGetFileSize
0x2a0	0x8	void *	void *	pCreateDirectoryW
0x2a8	0x8	void *	void *	pGetTempPathW

```
4  Kernel32APIs * __thiscall CApplication::CApplication(CApplication *this)
5
6  {
7                                                                    XZ
8                                                                    EAV0@$$QEAV0@@Z
9                          0x10f0   3   ??4CApplication@@QEAAAEAV0@AEBV0@@Z */
10   return (Kernel32APIs *)this;
11 }
```

戻り値の型を定義したものに変更

```
68     pKVar1 = CApplication::CApplication((CApplication *)(param_1 + 0x4e0));
69     local_20 = local_18;
70     local_28 = 0;
71     uVar2 = (*(code *)pKVar1->pCreateThread)(0,0,FUN_180005d18,param_1);
```

1-3. APIの構造体 - 解答

The Answer is:
CreateProcessW,ReadFile,Sleep

1-4. コマンド1

2

0 0

FUN_180005d18を解析し、マルウェアに実装されているコマンド数を答えよ。

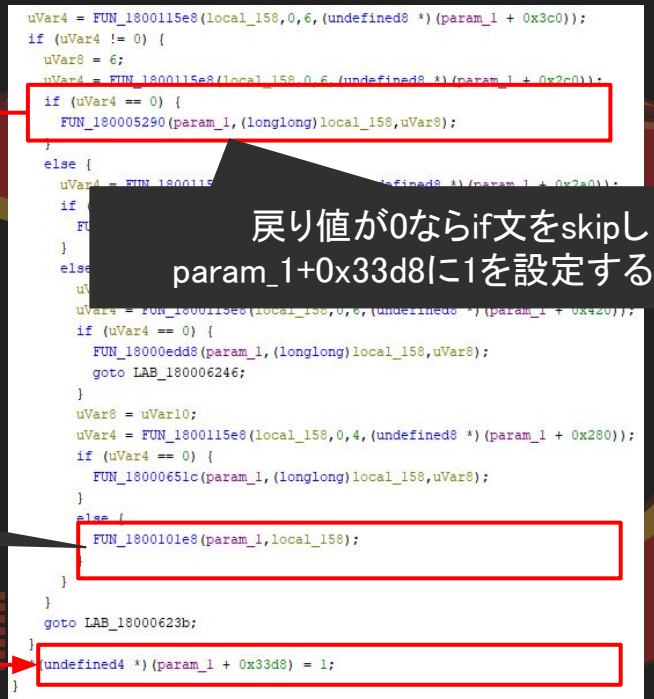
0/2 attempts

1-4. コマンド1

- FUN_180005d18を解析
  - FUN_1800115e8で対象コマンドかどうかを判定し、コマンド用の関数を呼び出し
  - 一部、異なるものがある

ここが1つのコマンドの分岐処理

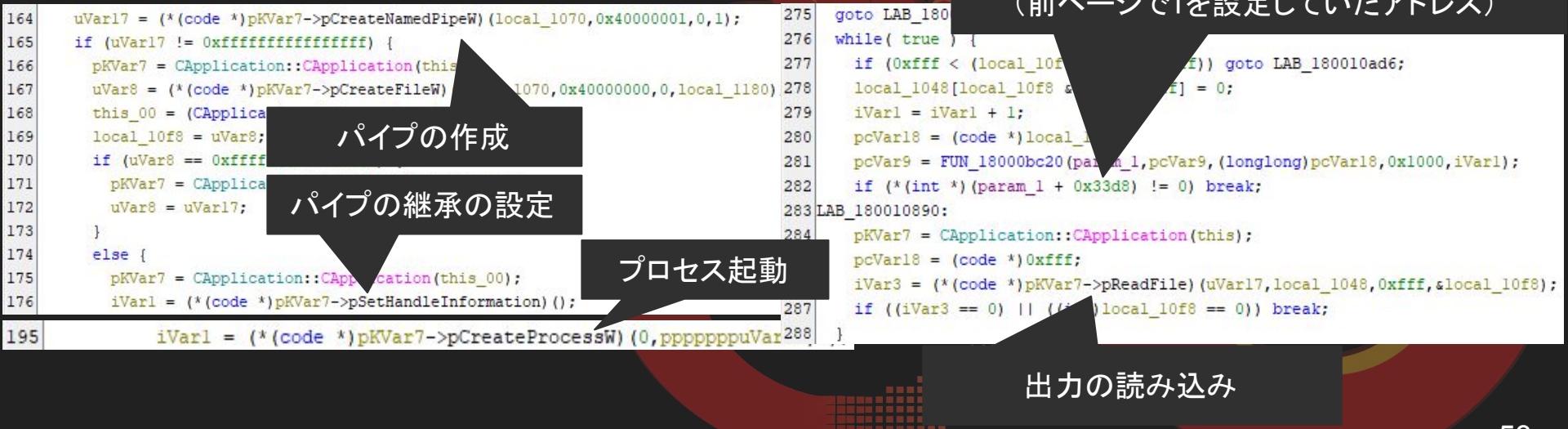
elseのみでFUN_180005d18が呼ばれない



戻り値が0ならif文をskipし
param_1+0x33d8に1を設定するだけ

1-4. コマンド1

- FUN_1800101e8を解析
  - FUN_1800115e8(... + 0x3c0)は出力読み込みキャンセルコマンド
  - コマンド実行のコマンド



1-4. コマンド1

- 合計17個

```
uVar8 = uVar7;
uVar4 = FUN_1800115e8(local_158,0,2,(undefined8 *)(param_1 + 0x240));
if (uVar4 == 0) {
  FUN_180005980(param_1,(longlong)local_158,uVar8);
  goto LAB_18000623b;
}
uVar8 = uVar10;
uVar4 = FUN_1800115e8(local_158,0,4,(undefined8 *)(param_1 + 0x260));
if (uVar4 == 0) {
  FUN_180007008(param_1,(longlong)local_158,uVar8);
  goto LAB_18000623b;
}
uVar4 = FUN_1800115e8(local_158,0,8,(undefined8 *)(param_1 + 0x360));
if (uVar4 == 0) {
  FUN_180007cc4(param_1,(longlong)local_158);
  goto LAB_18000623b;
}
uVar8 = 9;
uVar4 = FUN_1800115e8(local_158,0,9,(undefined8 *)(param_1 + 0x300));
if (uVar4 == 0) {
  FUN_18000c318(param_1,(longlong)local_158,uVar8);
  goto LAB_18000623b;
}
uVar4 = FUN_1800115e8(local_158,0,8,(undefined8 *)(param_1 + 0x340));
if (uVar4 == 0) {
  FUN_18000c184(param_1,(longlong)local_158);
  goto LAB_18000623b;
}
```

```
uVar8 = 8;
uVar4 = FUN_1800115e8(local_158,0,8,(undefined8 *)(param_1 + 0x320));
if (uVar4 == 0) {
  FUN_18000bcd0(param_1,(longlong)local_158,uVar8);
  goto LAB_18000623b;
}
uVar8 = 6;
uVar4 = FUN_1800115e8(local_158,0,6,(undefined8 *)(param_1 + 0x2e0));
if (uVar4 == 0) {
  FUN_1800073cc(param_1,(longlong)local_158,uVar8);
  goto LAB_18000623b;
}
uVar8 = 8;
uVar4 = FUN_1800115e8(local_158,0,8,(undefined8 *)(param_1 + 0x380));
if (uVar4 == 0) {
  FUN_180008674(param_1,(longlong)local_158,uVar8);
  goto LAB_18000623b;
}
uVar8 = 8;
uVar4 = FUN_1800115e8(local_158,0,8,(undefined8 *)(param_1 + 0x3a0));
if (uVar4 == 0) {
  FUN_180008218(param_1,(longlong)local_158,uVar8);
  goto LAB_18000623b;
}
uVar4 = FUN_1800115e8(local_158,0,0xc,(undefined8 *)(param_1 + 0x3e0));
if (uVar4 == 0) {
  FUN_18000d938(param_1,(longlong)local_158);
  goto LAB_18000623b;
}
```

```
uVar4 = FUN_1800115e8(local_158,0,10,(undefined8 *)(param_1 + 0x400));
if (uVar4 == 0) {
  FUN_18000d588(param_1,(longlong)local_158);
  goto LAB_18000623b;
}
uVar4 = FUN_1800115e8(local_158,0,6,(undefined8 *)(param_1 + 0x3c0));
if (uVar4 != 0) {
  uVar8 = 6;
  uVar4 = FUN_1800115e8(local_158,0,6,(undefined8 *)(param_1 + 0x2c0));
  if (uVar4 == 0) {
    FUN_180005290(param_1,(longlong)local_158,uVar8);
  }
  else {
    uVar4 = FUN_1800115e8(local_158,0,2,(undefined8 *)(param_1 + 0x2a0));
    if (uVar4 == 0) {
      FUN_18000908c(param_1,(longlong)local_158,uVar7);
    }
    else {
      uVar8 = 6;
      uVar4 = FUN_1800115e8(local_158,0,6,(undefined8 *)(param_1 + 0x420));
      if (uVar4 == 0) {
        FUN_18000edd8(param_1,(longlong)local_158,uVar8);
        goto LAB_180006246;
      }
      uVar8 = uVar10;
      uVar4 = FUN_1800115e8(local_158,0,4,(undefined8 *)(param_1 + 0x280));
      if (uVar4 == 0) {
        FUN_18000651c(param_1,(longlong)local_158,uVar8);
      }
      else {
        FUN_180010le8(param_1,local_158);
      }
    }
  }
  goto LAB_18000623b;
}
*(undefined4 *)(param_1 + 0x33d8) = 1;
```


※ コマンド名は1-5の別解で解説

1-4. コマンド1 – 解答

The Answer is:

17

1-5. コマンド2

2

0 0

FUN_180005d18から呼び出される、uploadコマンドが実装されている関数を答えよ。FUN_180005d18から直接呼び出される関数の先頭アドレスを答えよ

例えば、アドレスが0x0100ABCDの場合は`100abcd`と回答すること。

0/3 attempts

1-5. コマンド2

- FUN_18000edd8を解析する
  - パスの整形/確認する
  - キューへの格納(FUN_180002664)
    - data[(head+size-1)%cap]に格納
  - 関数末尾でSetEventを呼び出す

Decompile: FUN_18000edd8 - (mws2025)

```
69    (*(code *)pKVar5->pGetFullPathNameW)(pWVar4,0x100,local_248,0);
```

```
NCAT71((int7)((ulonglong)pcVar13 >> 8),local_2d8),puVar1,puVar18,
)(param_1 + 0x430),(undefined8 *)" failed : file not exists!\n",0x1b)
```

Decompile: FUN_180002664 - (mws2025)

```
15    uVar5 = *(ulonglong *)(param_1 + 0x10);
16    lVar4 = *(longlong *)(param_1 + 0x20);
17  }
18  uVar2 = uVar5 - 1 & *(ulonglong *)(param_1 + 0x18);
19  *(ulonglong *)(param_1 + 0x18) = uVar2;
20  uVar5 = uVar5 - 1 & uVar2 + lVar4;
21  lVar4 = *(longlong *)(param_1 + 8);
22  if (*(longlong *)(lVar4 + uVar5 * 8) == 0) {
23    pvVar3 = operator_new(0x40);
24    *(void **)(*(longlong *)(param_1 + 8) + uVar5 * 8) = pvVar3;
25    lVar4 = *(longlong *)(param_1 + 8);
26  }
27  puVar1 = *(undefined8 **)(lVar4 + uVar5 * 8);
28  *puVar1 = 0;
29  puVar1[2] = 0;
30  puVar1[3] = 0;
31  FID_conflict:_Construct_lv_contents(puVar1,param_2);
```

```
+8:  data
+10: cap
+18: head
+20: size
```

```
247    }
248    FUN_180002664(param_1 + 0x32b0,(undefined8 *)this_00);
249    if (*(longlong *)(param_1 + 0x32d0) != 0) {
250      pKVar5 = CApplication::CApplication(this);
251      (*(code *)pKVar5->pSetEvent)(*(undefined8 *)(param_1 + 0x33f0));
252    }
```

1-5. コマンド2

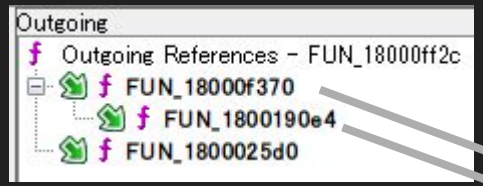
- 「+0x33f0」を検索するとFUN_18000ff2cが見つかる
  - 0x33f0に対するWaitForSingleObject
  - キューから取り出す処理
    - data[head%cap]を取得

```
(*(code *)pAVar5->pWaitForSingleObject)(*(undefined8 *)(param_1 + 0x33f0
```

```
pbVar2 = *(basic_string<> **)
          (*(longlong *)(param_1 + 0x32b8) +
          (*(longlong *)(param_1 + 0x32c0) - 1U & *(ulonglong *)(param_1 + 0x32c8)) * 8);
std::basic_string<>::_Tidy_deallocate(pbVar2 + 0x20);
std::basic_string<>::_Tidy_deallocate(pbVar2);
plVar1 = (longlong *)(param_1 + 0x32d0);
*plVar1 = *plVar1 + -1;
if (*plVar1 == 0) {
  *(undefined8 *)(param_1 + 0x32c8) = 0;
}
else {
  *(longlong *)(param_1 + 0x32c8) = *(longlong *)(param_1 + 0x32c8) + 1;
```

1-5. コマンド2

- FUN_18000ff2cの解析
  - uploadっぽい文字列
  - ファイルのupload処理
    - ファイルの読み込み
    - データの送信




```
FUN_18000f370 - (mws2025)
FUN_180020dc0(puVar12,(undefined8 *)"The current upload has been cancelled\n"
```

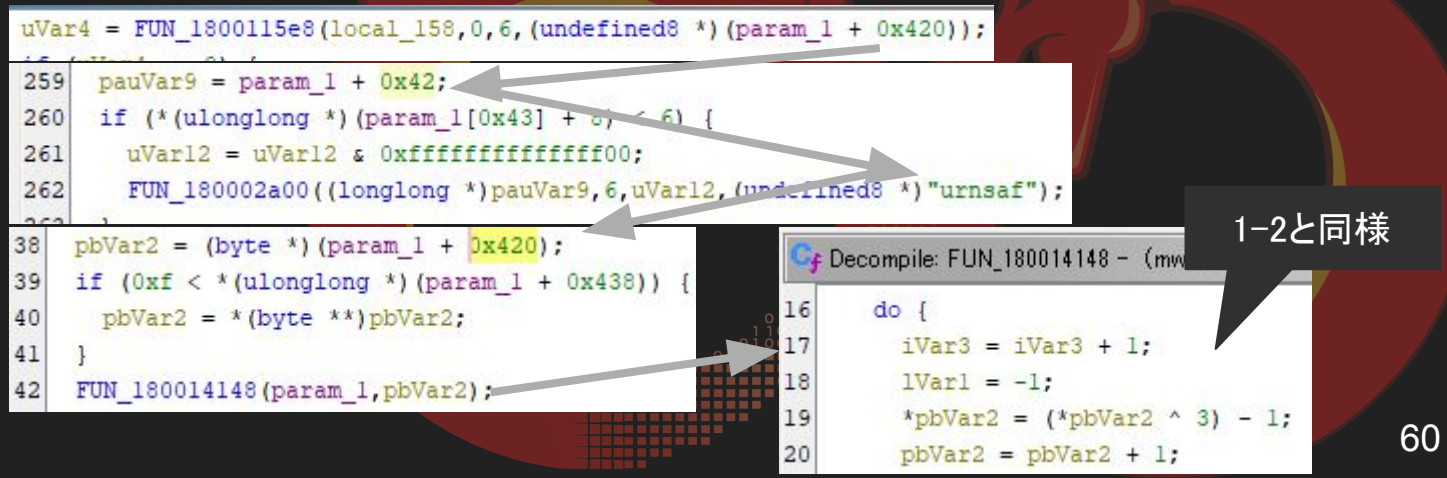
```
Decompile: FUN_18000f370 - (mws2025)
156       lVar8 = (*(code *)pKVar4->pCreateFileW)(ppppuVar14);
157       if (lVar8 != -1) {
158         local_358 = 0;
159         local_350 = 0xf;
160         local_368[0] = (LPVOID)0x0;
161         do {
162           FUN_180021470(pauVar6,0,(longlong)*(int *)(param_1 + 0x33d0)
163           pKVar4 = CApplication::CApplication((CApplication *)(param_1
164           pauVar20 = (undefined1 (*) [16])(ulonglong)*(uint *)(param_1
165           iVar3 = (*(code *)pKVar4->pReadFile)(lVar8,pauVar6,pauVar20,
```

```
FUN_1800190e4(param_1 + 0xd48,(char *)local_368,(ulonglong)pauVar6,local_3d0[0]);
```

```
Decompile: FUN_1800190e4 - (apt-c-60_fix)
92                    /* WinHttpOpen */
93    lVar6 = (**(code **)(lVar6 + 0x130))
94                    (L"Mozilla/5.0 (Windows; Windows NT 6.3; en-US)",uV
```

1-5. コマンド2 - 別解

- FUN_1800115e8の第4引数のオフセットで検索
- FUN_180003a90で難読化された文字列の格納を発見
  - +0x420にurnsafが格納
- FUN_18000e4e8で難読化解除（1-2と同様）
  - urnsafはupload



1-5. コマンド2 - 別解

- すべて辿るとコマンドの文字列は以下だとわかる
  - 「cmd_」の後ろが実際の文字列

0x240	0x20	sso_string	sso_string	cmd_cd
0x260	0x20	sso_string	sso_string	cmd_dir
0x280	0x20	sso_string	sso_string	cmd_ddel
0x2a0	0x20	sso_string	sso_string	cmd_ld
0x2c0	0x20	sso_string	sso_string	cmd_attach
0x2e0	0x20	sso_string	sso_string	cmd_detach
0x300	0x20	sso_string	sso_string	cmd_procspawn
0x320	0x20	sso_string	sso_string	cmd_prockill
0x340	0x20	sso_string	sso_string	cmd_proclist
0x360	0x20	sso_string	sso_string	cmd_diskinfo
0x380	0x20	sso_string	sso_string	cmd_download
0x3a0	0x20	sso_string	sso_string	cmd_downfree
0x3c0	0x20	sso_string	sso_string	cmd_cancel
0x3e0	0x20	sso_string	sso_string	cmd_screenupload
0x400	0x20	sso_string	sso_string	cmd_screenauto
0x420	0x20	sso_string	sso_string	cmd_upload
0x440	0x20	sso_string	sso_string	cmd

1-5. コマンド2 - 解答

The Answer is:
18000edd8

2-1. Config読解

2

0 0

C2サーバとの通信にむけて、0x18001c9d4で関数sscanf_sおよび"%s;%s;%s;%s;%s;%s;%s;%s;%s;"のフォーマット文字列を使用して9個の情報を結合している。結合される9個の情報のうち先頭から**2番目の情報**について下記から一番近いものを選び、アルファベットを回答せよ。

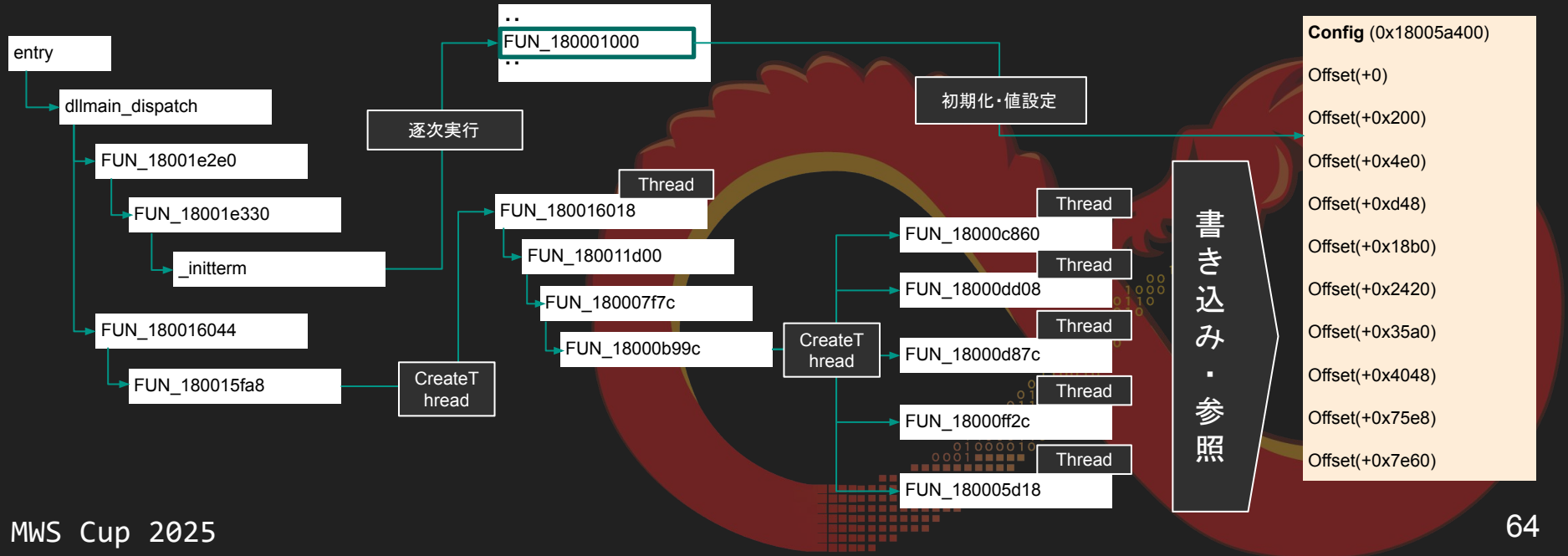
【選択肢】

- a. クライアントのインターフェイス名
- b. クライアントのプロセッサの名称
- c. クライアントOSのインストール言語
- d. クライアントのコンピュータ名
- e. クライアントのCPUアーキテクチャ
- f. クライアントのユーザ名
- g. クライアントのグローバルIPアドレス
- h. クライアントのインストール日時
- i. マルウェアのバージョン
- j. クライアントのOSのプロダクト名とバージョン
- k. クライアントのマシンの製造元
- l. クライアントのRecentフォルダ情報
- m. クライアントのautoexecフォルダ情報
- n. クライアントのmodulepath情報
- o. C2通信のtoken情報
- p. C2通信用のユーザ名
- q. C2サーバのグローバルIPアドレス
- r. C2サーバのAPIエンドポイント
- s. C2サーバ向けのコマンド文字列

0/2 attempts

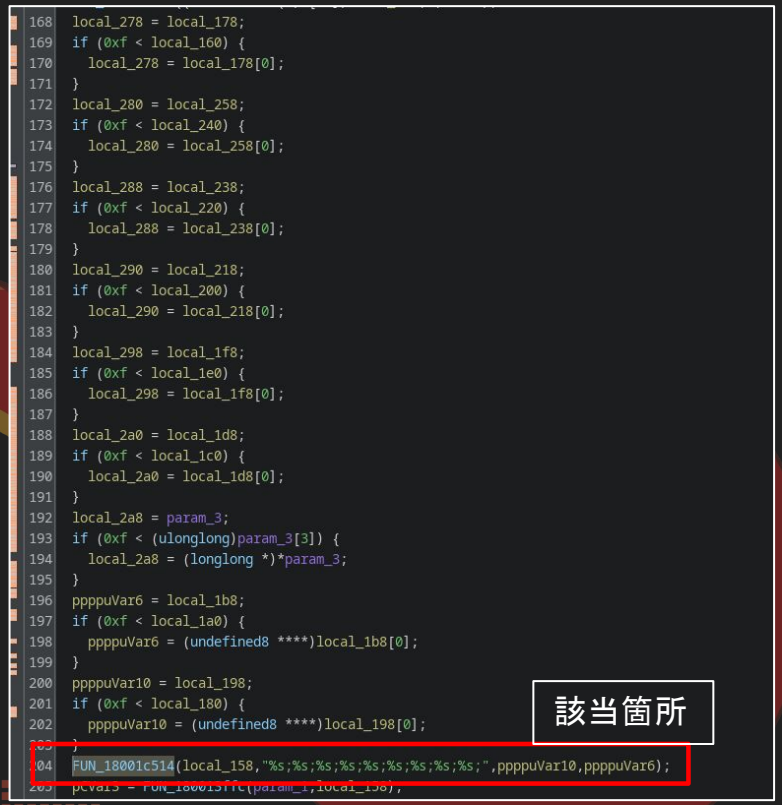
マルウェアの動きの概要

- Config情報を作成しそれらをもとに複数のThreadを起動、C2通信やコマンド実行を実施



2-1. Config読解

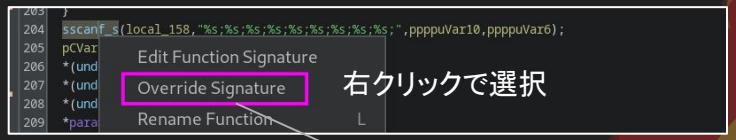
- まずはformat string(%s)がどの変数にそれぞれ対応しているかを確認

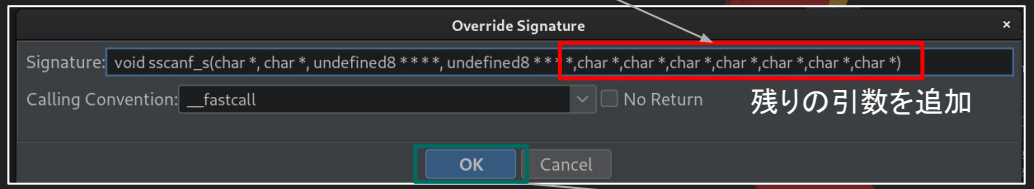



```
168  local_278 = local_178;
169  if (0xf < local_160) {
170    local_278 = local_178[0];
171  }
172  local_280 = local_258;
173  if (0xf < local_240) {
174    local_280 = local_258[0];
175  }
176  local_288 = local_238;
177  if (0xf < local_220) {
178    local_288 = local_238[0];
179  }
180  local_290 = local_218;
181  if (0xf < local_200) {
182    local_290 = local_218[0];
183  }
184  local_298 = local_1f8;
185  if (0xf < local_1e0) {
186    local_298 = local_1f8[0];
187  }
188  local_2a0 = local_1d8;
189  if (0xf < local_1c0) {
190    local_2a0 = local_1d8[0];
191  }
192  local_2a8 = param_3;
193  if (0xf < (ulonglong)param_3[3]) {
194    local_2a8 = (longlong *)*param_3;
195  }
196  ppppuVar6 = local_1b8;
197  if (0xf < local_1a0) {
198    ppppuVar6 = (undefined8 ****)local_1b8[0];
199  }
200  ppppuVar10 = local_198;
201  if (0xf < local_180) {
202    ppppuVar10 = (undefined8 ****)local_198[0];
203  }
204  FUN_18001c514(local_158,"%s;%s;%s;%s;%s;%s;%s;%s;%s;",ppppuVar10,ppppuVar6);
205  pcVar3 = FUN_18001ffc(param_1,local_158);
```

2-1. Config読解

- GhidraのOverride signatureを用いると
  引数と変数の関係性が判明
  - 可変長引数の場合利用する
  - 指定した関数の情報のみ書き換え






```
164   ppppcVar8 = local_178;
165   if (0xf < local_160) {
166     ppppcVar8 = (char ****)local_178[0];
167   }
168   ppppcVar12 = local_258;
169   if (0xf < local_240) {
170     ppppcVar12 = (char ****)local_258[0];
171   }
172   ppppcVar14 = local_238;
173   if (0xf < local_220) {
174     ppppcVar14 = (char ****)local_238[0];
175   }
176   ppppcVar15 = local_218;
177   if (0xf < local_200) {
178     ppppcVar15 = (char ****)local_218[0];
179   }
180   ppppcVar17 = local_1f8;
181   if (0xf < local_1e0) {
182     ppppcVar17 = (char ****)local_1f8[0];
183   }
184   ppppcVar16 = local_1d8;
185   if (0xf < local_1c0) {
186     ppppcVar16 = (char ****)local_1d8[0];
187   }
188   plVar3 = param_3;
189   if (0xf < (ulonglong)param_3[3]) {
190     plVar3 = (longlong *)*param_3;
191   }
192   pppppppuVar7 = local_1b8;
193   if (0xf < local_1a0) {
194     pppppppuVar7 = (undefined8 *******)local_1b8[0];
195   }
196   pppppppuVar13 = local_198;
197   if (0xf < local_180) {
198     pppppppuVar13 = (undefined8 *******)local_198[0];
199   }
200   sscanf_s(local_158,"%s;%s;%s;%s;%s;%s;%s;%s;%s;",pppppppuVar13,pppppppuVar7,(char *)plVar3,
201            (char *)ppppcVar16,(char *)ppppcVar17,(char *)ppppcVar15,(char *)ppppcVar14,
202            (char *)ppppcVar12,(char *)ppppcVar8);
203   pcVar4 = FUN_180013ffc(param_1,local_158);
```

引数の追加を確認

2-1. Config読解

```
164  ppppcVar8 = local_178;
165  if (0xf < local_160) {
166    ppppcVar8 = (char ****)local_178[0];
167  }
168  ppppcVar12 = local_258;
169  if (0xf < local_240) {
170    ppppcVar12 = (char ****)local_258[0];
171  }
172  ppppcVar14 = local_238;
173  if (0xf < local_220) {
174    ppppcVar14 = (char ****)local_238[0];
175  }
176  ppppcVar15 = local_218;
177  if (0xf < local_200) {
178    ppppcVar15 = (char ****)local_218[0];
179  }
180  ppppcVar17 = local_1f8;
181  if (0xf < local_1e0) {
182    ppppcVar17 = (char ****)local_1f8[0];
183  }
184  ppppcVar16 = local_1d8;
185  if (0xf < local_1c0) {
186    ppppcVar16 = (char ****)local_1d8[0];
187  }
188  plVar3 = param_3;
189  if (0xf < (ulonglong)param_3[3]) {
190    plVar3 = (longlong *)*param_3;
191  }
192  pppppppuVar7 = local_1b8;
193  if (0xf < local_1a0) {
194    pppppppuVar7 = (undefined8 *******)local_1b8[0];
195  }
196  pppppppuVar13 = local_198;
197  if (0xf < local_180) {
198    pppppppuVar13 = (undefined8 *******)local_198[0];
199  }
200  sscanf_s(local_158,"%s;%s;%s;%s;%s;%s;%s;%s;%s;",pppppppuVar13,pppppppuVar7,(char *)plVar3,
201           (char *)ppppcVar16,(char *)ppppcVar17,(char *)ppppcVar15,(char *)ppppcVar14,
202           (char *)ppppcVar12,(char *)ppppcVar8);
203  pCVar4 = FUN_180013ffc(param_1,local_158);
```

参照先

2つ目のデータのpppppppuVar7→local_1b8を辿ると、param1+240の情報を使用

param1+240の情報を持ってきている

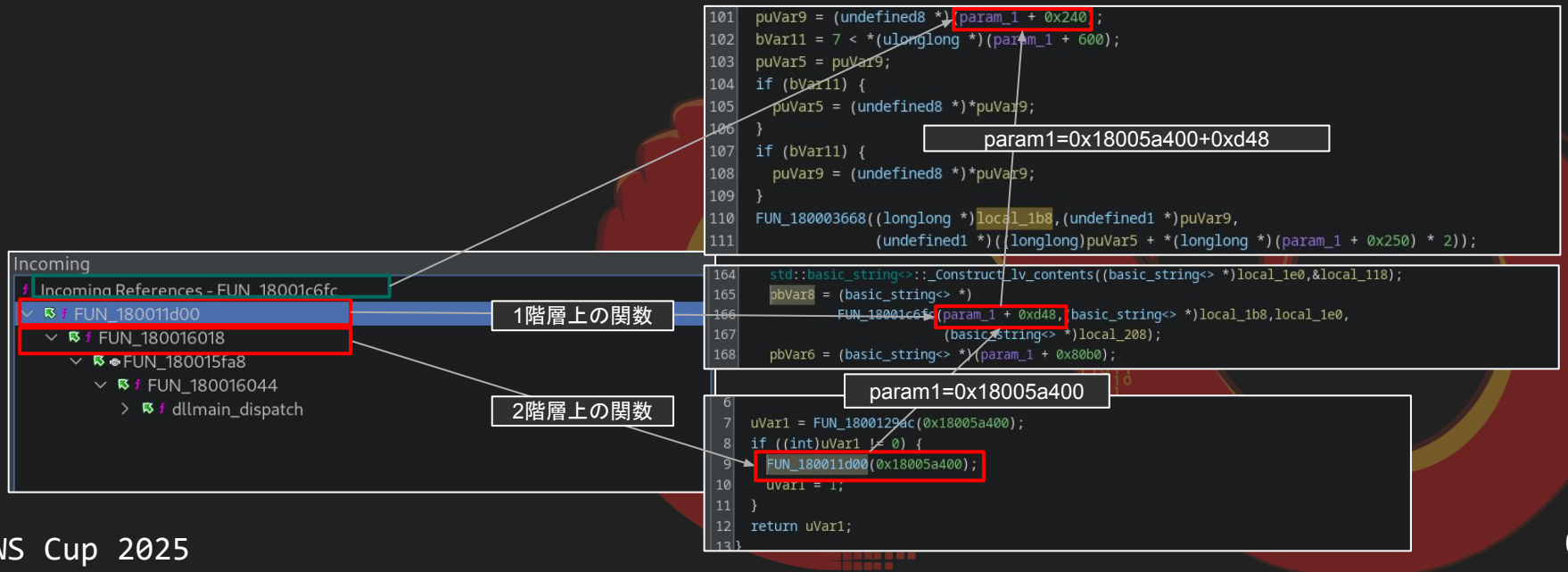
```
101  puVar9 = (undefined8 *)(param_1 + 0x240);
102  bVar11 = 7 < *(ulonglong *)(param_1 + 600);
103  puVar5 = puVar9;
104  if (bVar11) {
105    puVar5 = (undefined8 *)*puVar9;
106  }
107  if (bVar11) {
108    puVar9 = (undefined8 *)*puVar9;
109  }
110  FUN_180003668((longlong *)local_1b8,(undefined1 *)puVar9,
111                (undefined1 *)((longlong)puVar5 + *(longlong *)(param_1 + 0x250) * 2));
```

puVar9→local_1b8にコピー

2-1. Config読解

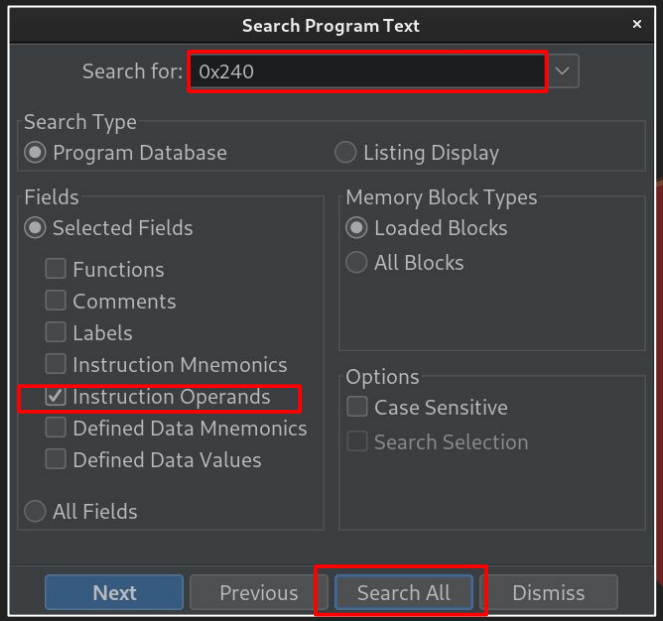
- GhidraのFunction call treesにて関数をさかのぼって確認

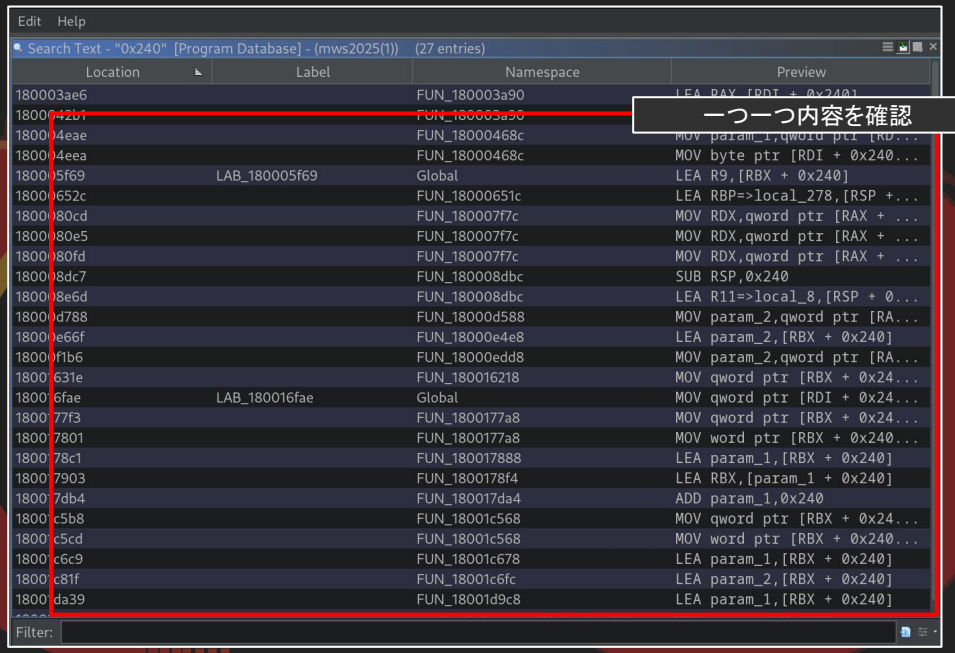
  → 該当の情報は0x18005a400+0xd48+0x240にあることを確認



2-1. Config読解

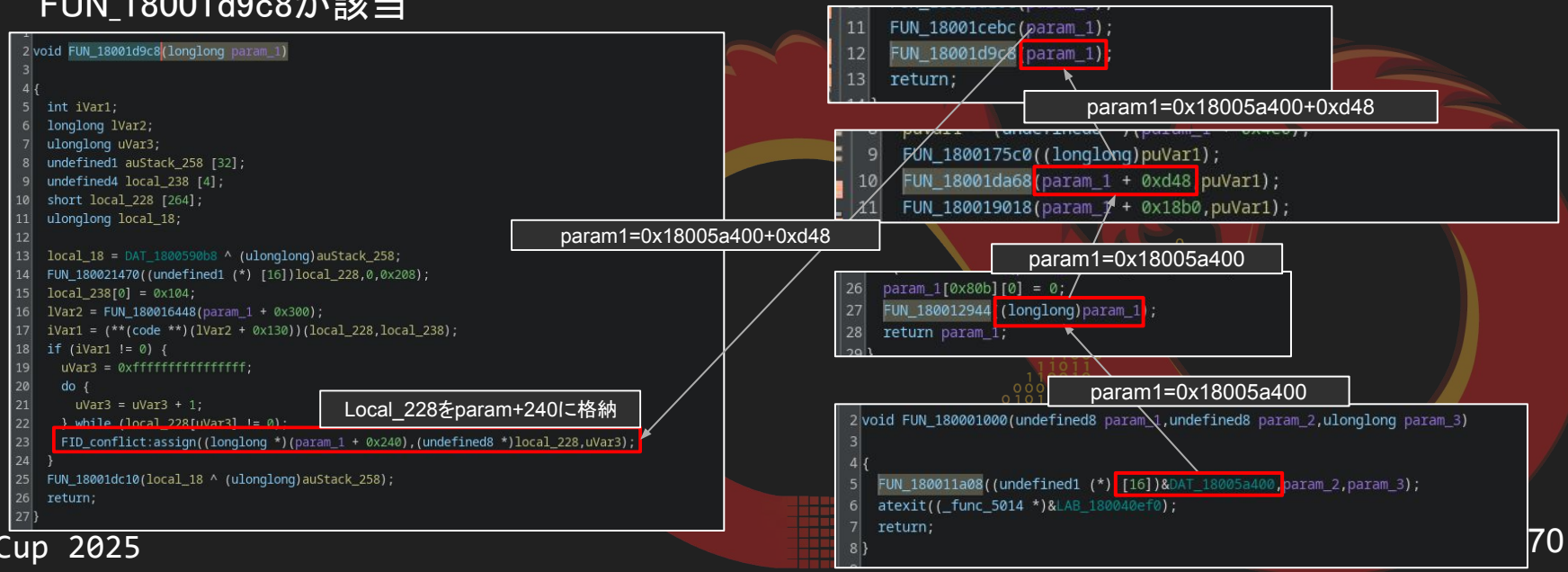
- GhidraのSearch program textにて0x240のオフセットの領域を操作している箇所を特定





2-1. Config読解

- param1+0x240にデータが格納されていそうな箇所
- 関数をさかのぼってparam1=0x18005a400+0xd48である個所を特定
- FUN_18001d9c8が該当



2-1. Config読解

- param1+0x240にはlocal_228の情報がコピーされる
- local_228は、lVar2 (=0x18005a400+0xd48+0x300+0x2b8)+0x130にある関数の第1引数とわかるので、この関数を確認

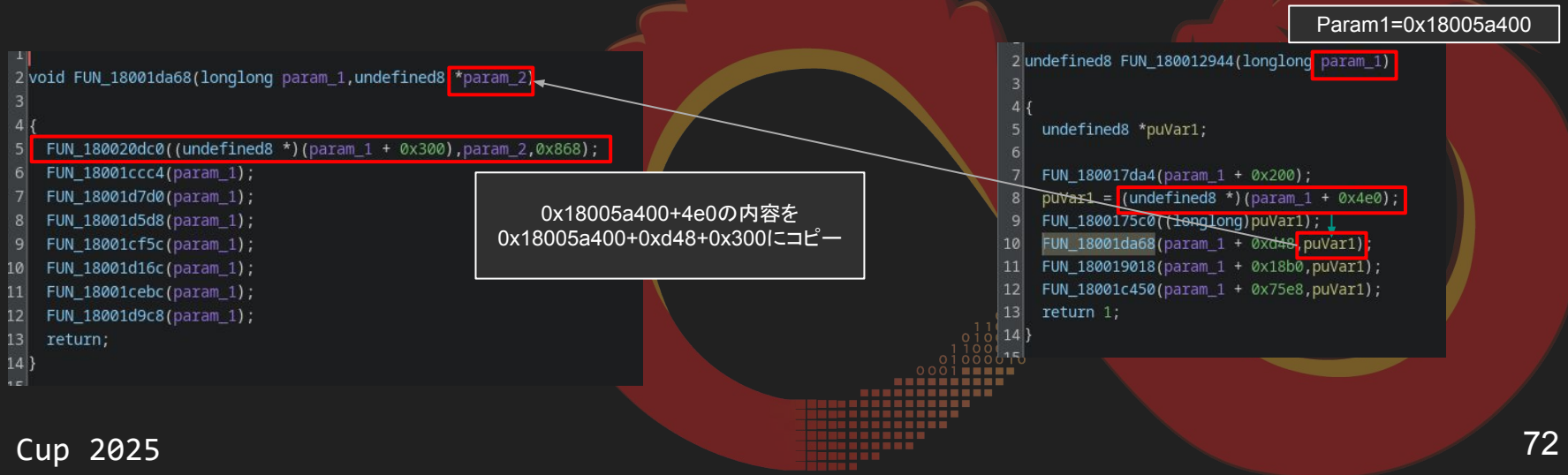
```
2  void FUN_18001d9c8(longlong param_1)
3
4  {
5    int iVar1;
6    longlong lVar2;
7    ulonglong uVar3;
8    undefined1 auStack_258 [32];
9    undefined4 local_238 [4];
10   short local_228 [264];
11   ulonglong local_18;
12
13   local_18 = DAT_1800590b8 ^ (ulonglong)auStack_258;
14   FUN_180021470((undefined1 (*) [16])local_228,0,0x208);
15   local_238[0] = 0x104;
16   lVar2 = FUN_180016448(param_1 + 0x300);
17   iVar1 = (**(code **)(lVar2 + 0x130))(local_228,local_238);
18   if (iVar1 != 0) {
19     uVar3 = 0xffffffffffffffff;
20     do {
21       uVar3 = uVar3 + 1;
22     } while (local_228[uVar3] != 0);
23     FID_conflict:assign((longlong *)(param_1 + 0x240),(undefined8 *)local_228,uVar3);
24   }
25   FUN_18001dc10(local_18 ^ (ulonglong)auStack_258);
26   return;
27 }
```

lVar2 = 0x18005a400+0xd48+0x300+0x2b8 (FUN_180016448内で加算)とわかる

lVar2+0x130にある関数の引数を入力

2-1. Config読解

- 先述と同様にGhidraのSearch program textにて0x300で検索し、+0x300に操作されていそうな箇所を探索、FUN_18001da68が該当することを確認
- 0x18005a400+4e0の内容を0x18005a400+0xd48+0x300以降にコピー
  そのため、問題1-3で確認したAPI関数がコピーされて格納されていると判明

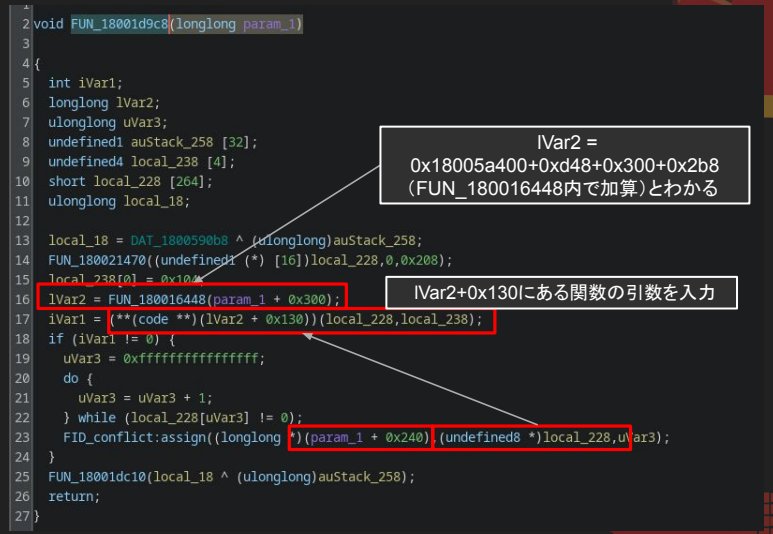



```
void FUN_18001da68(longlong param_1,undefined8 *param_2)

{
  FUN_180020dc0((undefined8 *)(param_1 + 0x300),param_2,0x868);
  FUN_18001ccc4(param_1);
  FUN_18001d7d0(param_1);
  FUN_18001d5d8(param_1);
  FUN_18001cf5c(param_1);
  FUN_18001d16c(param_1);
  FUN_18001cebc(param_1);
  FUN_18001d9c8(param_1);
  return;
}
```

```
undefined8 FUN_180012944(longlong param_1)

{
  undefined8 *puVar1;

  FUN_180017da4(param_1 + 0x200);
  puVar1 = (undefined8 *)(param_1 + 0x4e0);
  FUN_1800175c0((longlong)puVar1);
  FUN_18001da68(param_1 + 0xd48,puVar1);
  FUN_180019018(param_1 + 0x18b0,puVar1);
  FUN_18001c450(param_1 + 0x75e8,puVar1);
  return 1;
}
```

2-1. Config読解

- iVar2 (=0x18005a400+0xd48+0x300+0x2b8)+0x130にある関数は問題1-3を参考に0x18005a400+0x4e0+0x2b8+0x130の内容と同じGetUserNameWとわかる
- GetUserNameWの第1引数はユーザ名へのポインタであるため、回答となる**2つ目のデータは「f. クライアントのユーザ名」**




```
BOOL GetUserNameW(
  [out]     LPWSTR  lpBuffer,
  [in, out] LPDWORD pcbBuffer
);
```

lpBuffer: ユーザーのログオン名を受け取るバッファーへのポインター
pcbBuffer: 入力時はlpBuffer バッファーのサイズ、出力時はバッファーのNull終端までの数を格納

2-1. Config読解 - 解答

The Answer is:
f. クライアントのユーザ名

2–2. Config読解

2

0 0

C2サーバとの通信にむけて、0x18001c9d4にて関数sscanf_sおよび"%s;%s;%s;%s;%s;%s;%s;%s;%s;"のフォーマット文字列を使用して9個の情報を結合している。結合される9個の情報のうち先頭から**3番目の情報**について下記から一番近いものを選び、アルファベットを回答せよ。

【選択肢】

- a. クライアントのインターフェイス名
- b. クライアントのプロセッサの名称
- c. クライアントOSのインストール言語
- d. クライアントのコンピュータ名
- e. クライアントのCPUアーキテクチャ
- f. クライアントのユーザ名
- g. クライアントのグローバルIPアドレス
- h. クライアントのインストール日時
- i. マルウェアのバージョン
- j. クライアントのOSのプロダクト名とバージョン
- k. クライアントのマシンの製造元
- l. クライアントのRecentフォルダ情報
- m. クライアントのautoexecフォルダ情報
- n. クライアントのmodulepath情報
- o. C2通信のtoken情報
- p. C2通信用のユーザ名
- q. C2サーバのグローバルIPアドレス
- r. C2サーバのAPIエンドポイント
- s. C2サーバ向けのコマンド文字列

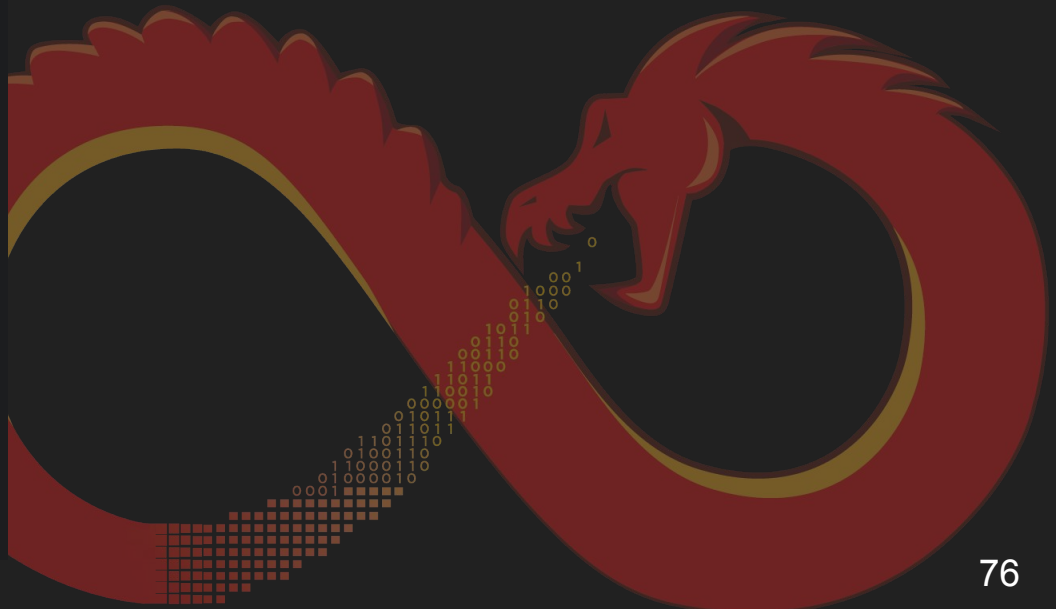
0/2 attempts

2-2. Config読解

```
164  ppppcVar8 = local_178;
165  if (0xf < local_160) {
166    ppppcVar8 = (char ****)local_178[0];
167  }
168  ppppcVar12 = local_258;
169  if (0xf < local_240) {
170    ppppcVar12 = (char ****)local_258[0];
171  }
172  ppppcVar14 = local_238;
173  if (0xf < local_220) {
174    ppppcVar14 = (char ****)local_238[0];
175  }
176  ppppcVar15 = local_218;
177  if (0xf < local_200) {
178    ppppcVar15 = (char ****)local_218[0];
179  }
180  ppppcVar17 = local_1f8;
181  if (0xf < local_1e0) {
182    ppppcVar17 = (char ****)local_1f8[0];
183  }
184  ppppcVar16 = local_1d8;
185  if (0xf < local_1c0) {
186    ppppcVar16 = (char ****)local_1d8[0];
187  }
188  plVar3 = param_3;
189  if (0xf < (ulonglong)param_3[3]) {
190    plVar3 = (longlong *)*param_3;
191  }
192  pppppppuVar7 = local_1b8;
193  if (0xf < local_1a0) {
194    pppppppuVar7 = (undefined8 *******)local_1b8[0];
195  }
196  pppppppuVar13 = local_198;
197  if (0xf < local_180) {
198    pppppppuVar13 = (undefined8 *******)local_198[0];
199  }
200  sscanf_s(local_158,"%s;%s;%s;%s;%s;%s;%s;%s;%s;",pppppppuVar13,pppppppuVar7,(char *)plVar3
201           (char *)ppppcVar16,(char *)ppppcVar17,(char *)ppppcVar15,(char *)ppppcVar14,
202           (char *)ppppcVar12,(char *)ppppcVar8);
203  pCVar4 = FUN_180013ffc(param_1,local_158);
```

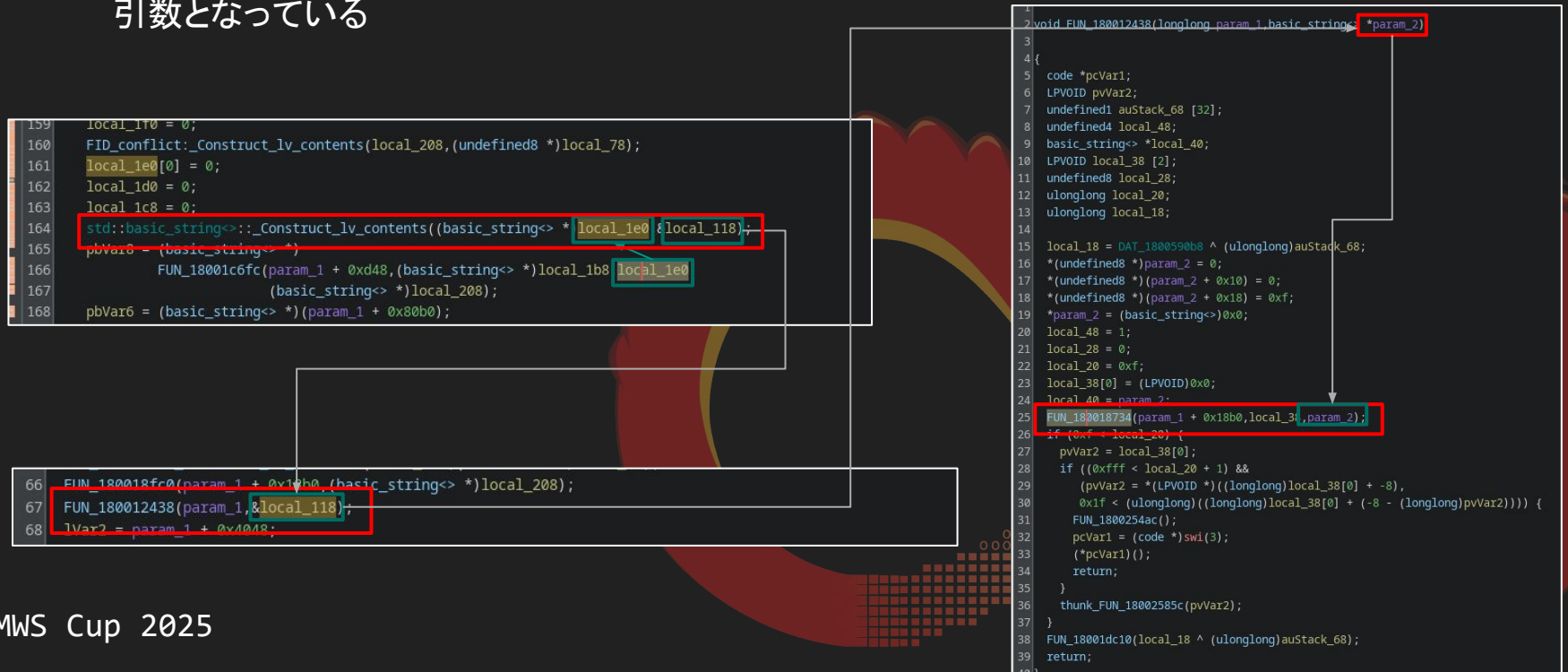
参照先

- 2-1から引き続き3つ目のデータ(第5引数)を辿る
- param_3の情報を格納していることがわかる

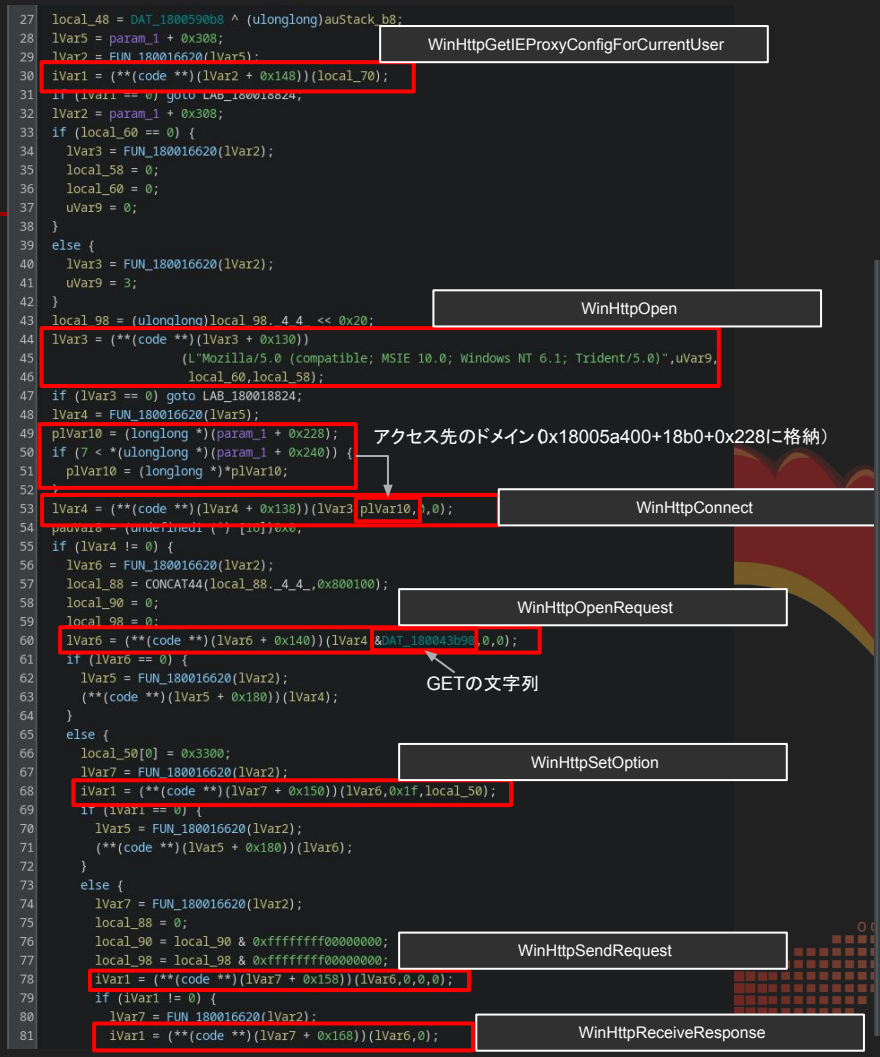


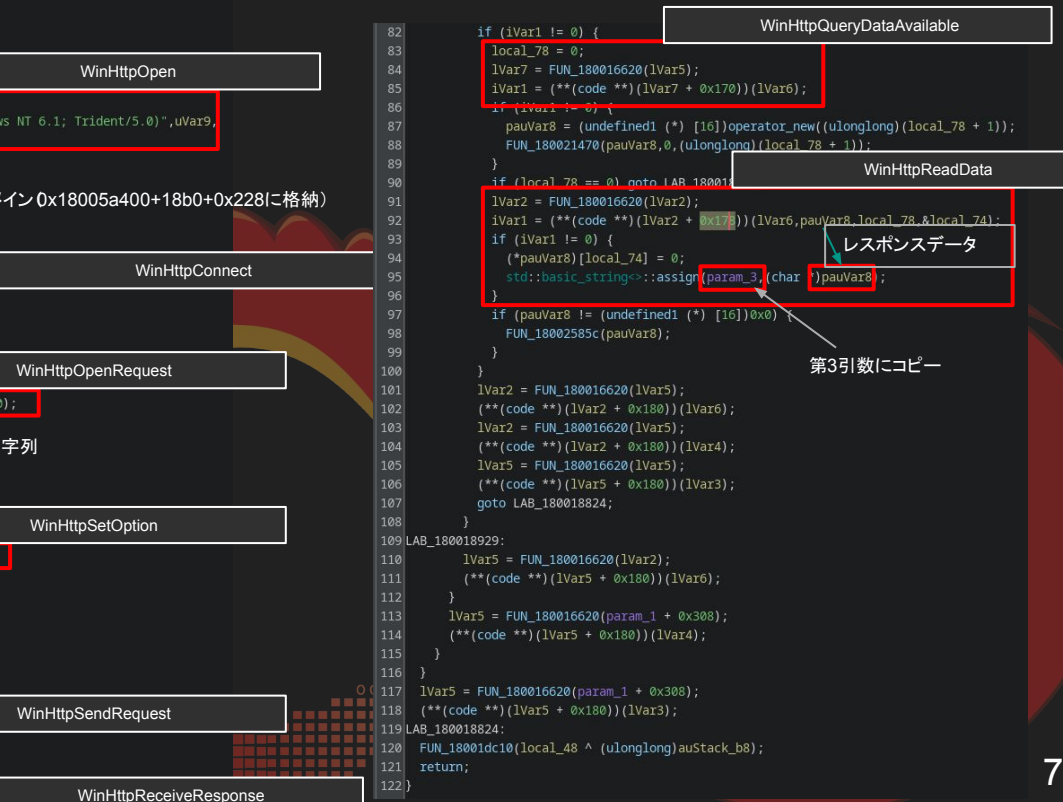
2-2. Config読解

- param_3の情報をトレースすると、親関数の中にあるFUN_180012438を経由しFUN_180018734の第3引数となっている



FUN_180018734の解析から、
0x18005a400+18b0+0x228の文字列が
HTTPのアクセス先であり、
GETアクセスのレスポンスが第3引数に格納されることがわかる





GhidraのSearch program textにて0x228で検索、FUN_180017e34にて、0x18005a400+18b0+0x228にデータを格納していること、およびFUN_180019018にて復号処理をしていることを確認

```
undefined1 (*) [16] FUN_180017e34(undefined1 (*param_1) [16])

{
  longlong *plVar1;
  longlong *plVar2;
  longlong *plVar3;
  longlong *plVar4;
  longlong *plVar5;
  longlong *plVar6;

  FUN_18001308c(param_1);
  *(undefined8 *)(param_1[0x20] + 8) = 0;
  *(undefined8 *)(param_1[0x21] + 8) = 0;
  *(undefined8 *)param_1[0x22] = 7;
  *(undefined2 *)(param_1[0x20] + 8) = 0;
  plVar1 = (longlong *)(param_1[0x22] + 8);
  *plVar1 = 0;
  *(undefined8 *)(param_1[0x23] + 8) = 0;
  *(undefined8 *)param_1[0x24] = 7;
  *(undefined2 *)plVar1 = 0;
  *(undefined8 *)(param_1[0x24] + 8) = 0;
  *(undefined8 *)(param_1[0x25] + 8) = 0;
  *(undefined8 *)param_1[0x26] = 7;
  *(undefined2 *)(param_1[0x24] + 8) = 0;
  plVar2 = (longlong *)(param_1[0x26] + 8);
  *plVar2 = 0;
  *(undefined8 *)(param_1[0x27] + 8) = 0;
  *(undefined8 *)param_1[0x28] = 7;
  *(undefined2 *)plVar2 = 0;
  plVar3 = (longlong *)(param_1[0x28] + 8);
  *plVar3 = 0;
  *(undefined8 *)(param_1[0x29] + 8) = 0;
  *(undefined8 *)param_1[0x2a] = 7;
  *(undefined2 *)plVar3 = 0;
  plVar4 = (longlong *)(param_1[0x2a] + 8);
  *plVar4 = 0;
  *(undefined8 *)(param_1[0x2b] + 8) = 0;
  *(undefined8 *)param_1[0x2c] = 7;
  *(undefined2 *)plVar4 = 0;
  plVar5 = (longlong *)(param_1[0x2c] + 8);
  *plVar5 = 0;
  *(undefined8 *)(param_1[0x2d] + 8) = 0;
  *(undefined8 *)param_1[0x2e] = 7;
  *(undefined2 *)plVar5 = 0;
  plVar6 = (longlong *)(param_1[0x2e] + 8);
  *plVar6 = 0;
  *(undefined8 *)(param_1[0x2f] + 8) = 0;
  *(undefined8 *)param_1[0x30] = 7;
  *(undefined2 *)plVar6 = 0;
  FUN_180016198((undefined1 (*) [16])(param_1[0x30] + 8));
  FID_conflict:assign(plVar2,(undefined8 *)L"2`:;443d503086;f:e4d;aea0:3ga7ga12vdqudq-`vs",0x2c);
  FID_conflict:assign(plVar3,(undefined8 *)L"2`:;443d503086;f:e4d;aea0:3ga7qa12ohvwdm-`vs",0x2c);
  FID_conflict:assign(plVar4,(undefined8 *)L"2
  FID_conflict:assign(plVar5,(undefined8 *)L"2
  FID_conflict:assign(plVar6,(undefined8 *)L"2
  FID_conflict:assign(plVar1,(undefined8 *)L"`sh-hshex-rqj",0xd);
  *(undefined4 *)param_1[0x20] = 0;
  return param_1;
}
```

+0x228のアドレス

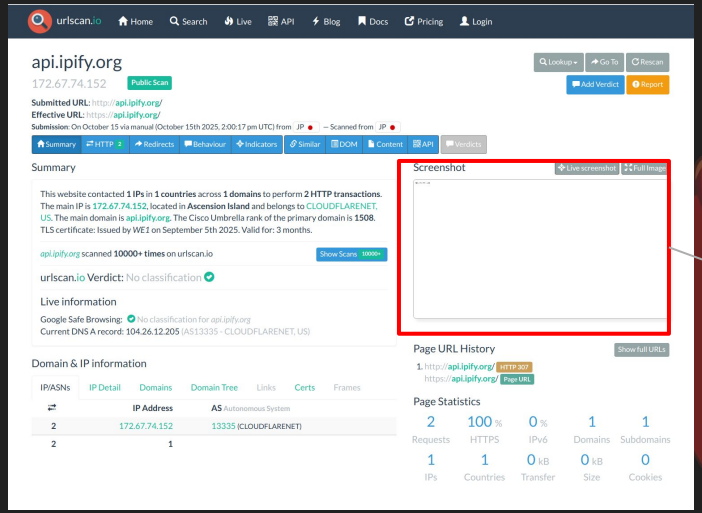
データ`sh-hshex-rg`を格納

```
void FUN_180019018(longlong param_1,undefined8 *param_2)

{
  ushort *puVar1;

  puVar1 = (ushort *)(param_1 + 0x268);
  if (7 < *(ulonglong *)(param_1 + 0x280)) {
    puVar1 = *(ushort **)puVar1;
  }
  FUN_180014390(param_1,puVar1);
  puVar1 = (ushort *)(param_1 + 0x288);
  if (7 < *(ulonglong *)(param_1 + 0x2a0)) {
    puVar1 = *(ushort **)puVar1;
  }
  FUN_180014390(param_1,puVar1);
  puVar1 = (ushort *)(param_1 + 0x2a8);
  if (7 < *(ulonglong *)(param_1 + 0x2c0)) {
    puVar1 = *(ushort **)puVar1;
  }
  FUN_180014390(param_1,puVar1);
  puVar1 = (ushort *)(param_1 + 0x228);
  if (7 < *(ulonglong *)(param_1 + 0x240)) {
    puVar1 = *(ushort **)puVar1;
  }
  FUN_180014390(param_1,puVar1);
  puVar1 = (ushort *)(param_1 + 0x2c8);
  if (7 < *(ulonglong *)(param_1 + 0x2e0)) {
    puVar1 = *(ushort **)puVar1;
  }
```

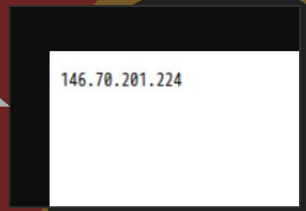
FUN_180014390にて
xor2-1で復号

2-2. Config読解

- 復号により得られる文字列”api.ipify.org”とは、アクセス元のグローバルIPアドレスを表示するサービス
- よって答えは「 g. クライアントのグローバルIPアドレス 」



urlscan確認結果



引用元:https://urlscan.io/

引用元:https://zenn.dev/hero/scraps/55896a8996c076

2-2. Config読解 - 解答

The Answer is:

g. クライアントのグローバル IPアドレス

3-1. 通信データの符号化・暗号化

2

0 0

このマルウェアは通信のデータを符号化・暗号化している。FUN_180019c24関数では、これらの処理に必要な初期化をおこなっている。 この処理に関連する通信データの暗号化を解析して、以下の選択肢からどのアルゴリズムをカスタムしたものか下記から選び、アルファベットで答えよ。

- a. RC4
- b. RC5
- c. RC6
- d. AES-128
- e. AES-256
- f. DES
- g. TEA
- h. XXTEA
- i. VEST
- j. Blowfish

0/1 attempt

3-1. 通信データの符号化・暗号化 – 初期化処理

- 初期化処理
  - データを構造体へコピー
  - 鍵の復号
  - FUN_18001b12cで暗号化処理のための初期化

```
undefined1 (*) [16] FUN_180019c24(undefined1 *param_1,undefined8 param_2,ulonglong param_3)

{
  uchar *pbVar1;

                    /* pbVar1: 鍵領域の先頭を指すポインタ */
                    /* param_1 の初期化 */
  FUN_18001308c((byte (*) [16])param_1);
                    /* +0x400 の位置を指す */
  pbVar1 = param_1 + 0x400;
  *(longlong *)pbVar1 = 0;
  *(undefined8 *)(param_1 + 0x410) = 0;
  *(undefined8 *)(param_1 + 0x418) = 0xf;
                    /* バッファをNULLに */
  *pbVar1 = 0;
                    /* KEYデータのコピー */
  FUN_180002a00((longlong *)pbVar1,0x20,param_3 & 0xffffffffffffff00,
                (undefined8 *)"83a078f58a078f7a88f37g0gf8a873a8");
  if (0xf < *(ulonglong *)(param_1 + 0x418)) {
    pbVar1 = *(uchar **)pbVar1;
  }
                    /* 鍵を復号 */
  FUN_180014108(DEC_KEY)(param_1,pbVar1);
                    /* オフセット +0x200 を 0x100 バイト memsetでゼロ埋め */
  FUN_180021470(memset)((undefined1 (*) [16])(param_1 + 0x200),0,0x100);
                    /* カスタムされた暗号処理の初期化 */
  FUN_18001b12c(RC4_KSA)((longlong)param_1);
  return (undefined1 (*) [16])param_1;
}
```

3-1. 通信データの符号化・暗号化 – エンコードアルゴリズム

- 鍵はWindowsAPIの文字列と類似する
  アルゴリズムでエンコードされている

```python
def decode_obf_key(obf: str) -> bytes:
    return bytes(((ord(c) ^ 2) - 1) & 0xff for c in obf)
```

```
undefined8 FUN_180014108(undefined8 param_1,byte *param_2)

{
  longlong lVar1;
  byte *pbVar2;
  int iVar3;

  iVar3 = 0;
  lVar1 = -1;
  do {
    lVar1 = lVar1 + 1;
  } while (param_2[lVar1] != 0);
  pbVar2 = param_2;
  if (0 < (int)lVar1) {
    do {
      iVar3 = iVar3 + 1;
      lVar1 = -1;
      *pbVar2 = (*pbVar2 ^ 2) - 1;
      pbVar2 = pbVar2 + 1;
      do {
        lVar1 = lVar1 + 1;
      } while (param_2[lVar1] != 0);
    } while (iVar3 < (int)lVar1);
  }
  return 1;
}
```

3-1. 通信データの符号化・暗号化 – 初期化処理

- 最終的にFUN_18001b12cに渡される構造体
  - オフセット0x400に復号した32バイトのデータ
  - オフセット0x200に0x100(256)バイト分初期化された領域
- 0x100(256)はRC4アルゴリズムの特徴的な値

```
undefined1 (*) [16] FUN_180019c24(undefined1 *param_1,undefined8 param_2,ulonglong param_3)

{
  uchar *pbVar1;

                    /* pbVar1: 鍵領域の先頭を指すポインタ */
                    /* param_1 の初期化 */
  FUN_18001308c((byte (*) [16])param_1);
                    /* +0x400 の位置を指す */
  pbVar1 = param_1 + 0x400;
  *(longlong *)pbVar1 = 0;
  *(undefined8 *)(param_1 + 0x410) = 0;
  *(undefined8 *)(param_1 + 0x418) = 0xf;
                    /* バッファをNULLに */
  *pbVar1 = 0;
                    /* KEYデータのコピー */
  FUN_180002a00((longlong *)pbVar1,0x20,param_3 & 0xfffffffffffff00,
                (undefined8 *)"83a078f58a078f7a88f37g0gf8a873a8");
  if (0xf < *(ulonglong *)(param_1 + 0x418)) {
    pbVar1 = *(uchar **)pbVar1;
  }
                    /* 鍵を復号し、param_1 にコピー */
  FUN_180014108(DEC_KEY)(param_1,pbVar1);
                    /* オフセット +0x200 を 0x100 バイト memsetでゼロ埋め */
  FUN_180021470((undefined1 (*) [16])(param_1 + 0x200),0,0x100);
                    /* カスタムされた暗号処理の初期化 */
  FUN_18001b12c(RC4_KSA)((longlong)param_1);
  return (undefined1 (*) [16])param_1;
}
```

3-1. 通信データの符号化・暗号化 – アルゴリズムの比較

- KSAがカスタマイズされた処理
  - 3回ループ処理する

```
void FUN_18001b12c(rc4_KSA)(longlong param_1)

{
  int i;
  byte *S;
  undefined8 *key_ptr;
  longlong loop_count;
  uint j;
  int key_len;
  byte tmp;

  key_len = *(int *)(param_1 + 0x410);
  i = 0;
  S = (byte *)(param_1 + 0x200);
  do {
    *S = (byte)i;
    i = i + 1;
    S = S + 1;
  } while (i < 256);
  loop_count = 3;
  do {
    j = 0;
    i = 0;
    S = (byte *)(param_1 + 0x200);
    do {
      key_ptr = (undefined8 *)(param_1 + 0x400);
      if (0xf < *(ulonglong *)(param_1 + 0x418)) {
        key_ptr = *(undefined8 **)(param_1 + 0x400);
      }
      tmp = *S;
      j = j + (int)*(char *)((longlong)(i % key_len) + (longlong)key_ptr) + (uint)tmp & 0x800000ff;
      if ((int)j < 0) {
        j = (j - 1 | 0xffffff00) + 1;
      }
      i = i + 1;
      *S = *(byte *)((longlong)(int)j + 0x200 + param_1);
      S = S + 1;
      *(byte *)((longlong)(int)j + 0x200 + param_1) = tmp;
    } while (i < 0x100);
    loop_count = loop_count + -1;
  } while (loop_count != 0);
  return;
}
```

```
// KSA (Key Scheduling Algorithm)
void ksa(uint8_t S[256], const uint8_t *key, size_t key_length) {
    int i, j;

    // S配列の初期化: S[i] = i (0 ~ 255)
    for (i = 0; i < 256; i++) {
        S[i] = i;
    }

    // 鍵を使ってS配列を並び替え
    j = 0;
    for (i = 0; i < 256; i++) {
        j = (j + S[i] + key[i % key_length]) % 256;

        // S[i]とS[j]をスワップ
        uint8_t temp = S[i];
        S[i] = S[j];
        S[j] = temp;
    }
}
```

通常のRC4のKSA

3-1. 通信データの符号化・暗号化 – 暗号化処理

- FUN_18001b12cのxrefを辿るとFUN_18001b1f8が見つかる

References to FUN_18001b12c(rc4_KSA) - 4 locations

L...	Label	Function Name	Code Unit	Context
180019c97		FUN_180019c24	CALL FUN_18001b12c(rc4_KSA)	UNCONDITIONAL_CALL
18001b368		FUN_18001b1f8(rc4)	CALL FUN_18001b12c(rc4_KSA)	UNCONDITIONAL_CALL
18001b3f3		FUN_18001b1f8(rc4)	CALL FUN_18001b12c(rc4_KSA)	UNCONDITIONAL_CALL

3-1. 通信データの符号化・暗号化 – 暗号化処理

- FUN_18001b1f8ではPRGAの処理が変更されている
  - iとjをベースにしたシフト演算とxor: (j<<5) ^ (i>>3), (j>>3) ^ (i<<5), ^ (S[i] + j)
  - 定数0xaaを使ったxor

```
275       bVar25 = S[(int)i];
276       uVar27 = (uint)bVar25;
277       j = j + uVar27 & 0x800000ff;
278       if ((int)j < 0) {
279         j = (j - 1 | 0xffffff00) + 1;
280       }
281       S[(int)i] = S[(int)j];
282       S[(int)j] = bVar25;
283       uVar21 = (j << 5 ^ (int)i >> 3) & 0x800000ff;
284       if ((int)uVar21 < 0) {
285         uVar21 = (uVar21 - 1 | 0xffffff00) + 1;
286       }
287       uVar22 = ((int)j >> 3 ^ i << 5) & 0x800000ff;
288       if ((int)uVar22 < 0) {
289         uVar22 = (uVar22 - 1 | 0xffffff00) + 1;
290       }
291       puVar23 = param_2;
292       if (0xf < (ulonglong)param_2[3]) {
293         puVar23 = (undefined8 *)*param_2;
294       }
295       uVar16 = uVar27 + i & 0x800000ff;
296       : Unsigned Integer (compiler-specific size)
297         Length: 4                                  + 1;
298       }
299       uVar18 = param_3[2];
300       bVar25 = S[(byte)(S[(int)uVar22] + S[(int)uVar21] ^ 0xaa)] + S[S[(int)i] + uVar27 & 0xff] ^
301                S[(int)uVar16] ^ *(byte *)(lVar24 + (longlong)puVar23);
302       if (uVar18 < (ulonglong)param_3[3]) {
303         param_3[2] = uVar18 + 1;
304         plVar20 = param_3;
305         if (0xf < (ulonglong)param_3[3]) {
306           plVar20 = (longlong *)*param_3;
307         }
308         *(byte *)((longlong)plVar20 + uVar18) = bVar25;
309         *(undefined1 *)((longlong)plVar20 + uVar18 + 1) = 0;
310       }
```

```
// PRGA (Pseudo-Random Generation Algorithm) with XOR
// キーストリームバイトを生成し、入力バイトとXORして返す
uint8_t prga(uint8_t S[256], int *i, int *j, uint8_t input) {
    uint8_t temp;
    int t;

    *i = (*i + 1) % 256;
    *j = (*j + S[*i]) % 256;

    // S[i]とS[j]をスワップ
    temp = S[*i];
    S[*i] = S[*j];
    S[*j] = temp;

    // キーストリームバイトを生成
    t = (S[*i] + S[*j]) % 256;

    // 入力バイトとキーストリームをXOR
    return input ^ S[t];
}
```

通常のRC4のPRGA

3-1. 通信データの符号化・暗号化 – 暗号化処理

```
271                     /* i = (i + 1) % 256 */
272       i = i + 1 & 0x800000ff;
273       if ((int)i < 0) {
274         i = (i - 1 | 0xffffff00) + 1;
275       }
276                     /* j = (j + S[i]) % 256 */
277       bVar25 = S[(int)i];
278       uVar27 = (uint)bVar25;
279       j = j + uVar27 & 0x800000ff;
280       if ((int)j < 0) {
281         j = (j - 1 | 0xffffff00) + 1;
282       }
283       S[(int)i] = S[(int)j];
284       S[(int)j] = bVar25;
285                     /* uVar21 = ((j << 5) ^ (i >> 3)) % 256 */
286       uVar21 = (j << 5 ^ (int)i >> 3) & 0x800000ff;
287       if ((int)uVar21 < 0) {
288         uVar21 = (uVar21 - 1 | 0xffffff00) + 1;
289       }
290                     /* uVar22 = ((j >> 3) ^ (i << 3)) % 256 */
291       uVar22 = ((int)j >> 3 ^ i << 5) & 0x800000ff;
292       if ((int)uVar22 < 0) {
293         uVar22 = (uVar22 - 1 | 0xffffff00) + 1;
294       }
295       puVar23 = input;
296       if (0xf < (ulonglong)input[3]) {
297         puVar23 = (undefined8 *)*input;
298       }
299                     /* uVar16 = (S[i] + j) % 256 */
300       uVar16 = uVar27 + j & 0x800000ff;
301       if ((int)uVar16 < 0) {
302         uVar16 = (uVar16 - 1 | 0xffffff00) + 1;
303       }
```

```
305                     /* 定数0xaaを使ったXOR */
306                     /* キーストリームとXORしているので、puVar23はinputだと推測
307                      */
308       bVar25 = S[(byte)(S[(int)uVar22] + S[(int)uVar21] ^ 0xaa)] + S[S[(int)i] + uVar27 & 0xff] ^
309                S[(int)uVar16] ^ *(byte *)(lVar24 + (longlong)puVar23);
310       if (uVar18 < (ulonglong)output[3]) {
311         output[2] = uVar18 + 1;
312         plVar20 = output;
313         if (0xf < (ulonglong)output[3]) {
314           plVar20 = (longlong *)*output;
315         }
316                     /* 計算結果bVar25が代入されるので、plVar20はoutputだと推測 */
317         *(byte *)((longlong)plVar20 + uVar18) = bVar25;
318         *(undefined1 *)((longlong)plVar20 + uVar18 + 1) = 0;
319       }
320       else {
```

- param_2：復号対象のポインタ(input)
- param_3：復号結果を保存するポインタ(output)

3-1. 通信データの符号化・暗号化 – 解答

The Answer is:

a. RC4をカスタマイズしたアルゴリズム

3-2. 通信データの符号化・暗号化

3

0 0

このマルウェアは通信のデータを符号化・暗号化している。FUN_180019c24関数では、これらの処理に必要な初期化をおこなっている。 この処理に関連する通信データの符号化・暗号化を解析して、以下のデータを復号せよ。

```
U5hWd1ouNDUV7fklPueeMcWIH829sydPQiJ/i7numExoSf1
OAWRH3/A+scU=
```

0/3 attempts

3-2. 通信データの符号化・暗号化

- 先ほどのRC4の処理の関数の引数の整理
  - 第1引数: Stateを取り出すためのポインタ
  - 第2引数: 復号対象のポインタ
  - 第3引数: 復号結果を保存するポインタ

```
1
2 void FUN_18001b1f8(rc4)(longlong state_base,byte *input,byte *output)
3
4 {
5   byte bVar1;
6   int iVar2;
```

3-2. 通信データの符号化・暗号化

- 先ほどのRC4の処理の関数、FUN_18001b1f8のxrefを辿る
  - 2つの関数がヒット

References to FUN_18001b1f8(rc4) - 3 locations

L...	Label	Function Name	Code Unit	Context
180006364		FUN_180006288	CALL FUN_18001b1f8(rc4)	UNCONDITIONAL_CALL
180006441		FUN_1800063cc	CALL FUN_18001b1f8(rc4)	UNCONDITIONAL_CALL

3-2. 通信データの符号化・暗号化 - FUN_180006288の概要

- base64でデコード
- デコードしたデータを
  カスタムRC4で復号
- 復号関連データは引数で受け取る

```
void FUN_180006288(decode_and_decrypt)(longlong param_1,longlong *output,undefined8 *base64_input)

{
  code *pcVar1;
  LPVOID *base64_dec;
```

```
  tmp_data[0] = (LPVOID)0x0;
  local_70 = output;
                    /* Param1からbase64のStateを取得 */
  state_base = FUN_18001ac14(get_base64_state)(param_1 + 0x18b8);
                    /* base64でデコード */
  base64_dec = (LPVOID *)FUN_180019fbc(base64)(state_base,(longlong *)local_68,base64_input);
  if (tmp_data != base64_dec) {
                    /* デコードした結果をtmp_dataにコピー */
    FUN_18001113c((longlong *)tmp_data,(longlong *)base64_dec);
  }
  if (0xf < local_50) {
    pvVar2 = local_68[0];
    if ((0xfff < local_50 + 1) &&
       (pvVar2 = *(LPVOID *)((longlong)local_68[0] + -8),
       0x1f < (ulonglong)((longlong)local_68[0] + (-8 - (longlong)pvVar2)))) goto LAB_1800063c5;
    free(pvVar2);
  }
                    /* Param1からRC4のStateを取得 */
  state_base = FUN_18001af30(get_rc4_state)(param_1 + 0x18b8);
                    /* RC4で復号 */
  FUN_18001b1f8(rc4)(state_base,(byte *)tmp_data,(byte *)output);
```

3-2. 通信データの符号化・暗号化 - FUN_180019fbc(base64)

- アルゴリズムの特徴を捉える

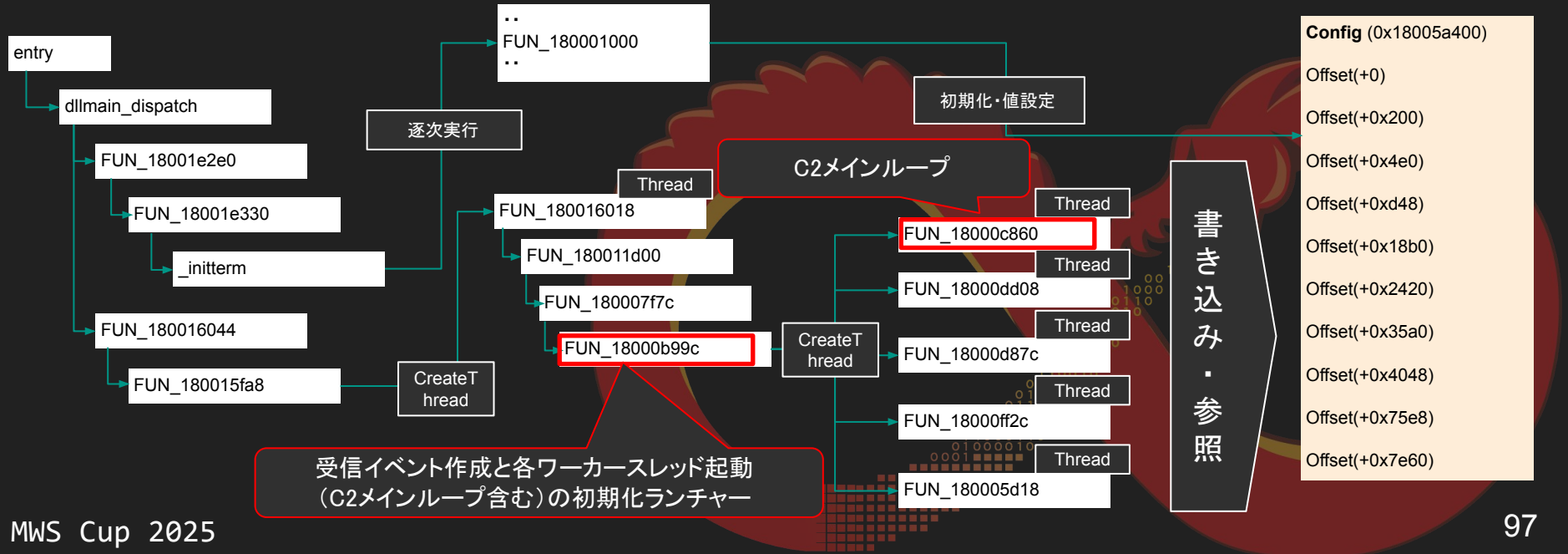
```
      }
      if (*(char *)(lVar11 + (longlong)puVar6) == '=') break;
      puVar6 = param_3;
      if (0xf < (ulonglong)param_3[3]) {
        puVar6 = (undefined8 *)*param_3;
      }
      bVar1 = *(byte *)(lVar11 + (longlong)puVar6);
      iVar5 = isalnum((uint)bVar1);
      lVar3 = local_48;
      if ((iVar5 == 0) && ((bVar1 - 0x2b & 0xfb) != 0)) break;
      puVar6 = param_3;
      if (0xf < (ulonglong)param_3[3]) {
        puVar6 = (undefined8 *)*param_3;
      }
      local_58[lVar10] = *(char *)((longlong)puVar6 + lVar11);
      iVar14 = iVar14 + 1;
      lVar10 = lVar10 + 1;
      lVar11 = lVar11 + 1;
      if (lVar10 == 4) {
        lVar10 = 0;
        do {
          pcVar13 = (char *)(lVar3 + 0x200);
          if (0xf < *(ulonglong *)(lVar3 + 0x218)) {
            pcVar13 = *(char **)(lVar3 + 0x200);
          }
          if (*(longlong *)(lVar3 + 0x210) == 0) {
LAB_18001a0c8:
            cVar4 = -1;
          }
          else {
            pcVar7 = memchr(pcVar13,(int)local_58[lVar10],*(ulonglong *)(lVar3 + 0x210));
            if (pcVar7 == (char *)0x0) goto LAB_18001a0c8;
            cVar4 = (char)pcVar7 - (char)pcVar13;
          }
          local_58[lVar10] = cVar4;
          lVar10 = lVar10 + 1;
        } while (lVar10 < 4);
        local_54[0] = ((byte)local_58[1] >> 4 & 3) + local_58[0] * '\x04';
        local_54[1] = ((byte)local_58[2] >> 2 & 0xf) + local_58[1] * '\x10';
        local_54[2] = local_58[2] * '@' + local_58[3];
        lVar10 = 0;
```

```
while (idx < input_len) {
    // '='が出現したら終了
    if (input[idx] == '=') {
        break;
    }

    // 有効なBase64文字かチェック
    if (!isalnum((unsigned char)input[idx]) &&
        (input[idx] != '+') && (input[idx] != '/')) {
        break;
    }

    // 4文字のバッファに格納
    local_58[j] = input[idx];
    i++;
    j++;
    idx++;

    // 4文字揃ったら変換
    if (j == 4) {
        j = 0;

        // 各文字をテーブルから検索してインデックスに変換
        for (int k = 0; k < 4; k++) {
            char *pos = memchr(base64_table, local_58[k], strlen(base64_table));
            if (pos == NULL) {
                local_58[k] = -1;
            } else {
                local_58[k] = (char)(pos - base64_table);
            }
        }

        // 4文字(各6ビット)を3バイト(各8ビット)に変換
        local_54[0] = (local_58[0] << 2) | ((local_58[1] >> 4) & 0x03);
        local_54[1] = (local_58[1] << 4) | ((local_58[2] >> 2) & 0x0F);
        local_54[2] = (local_58[2] << 6) | local_58[3];

        // 出力バッファに格納
        for (int k = 0; k < 3; k++) {
```

3-2. 通信データの符号化・暗号化 – FUN_180006288までの処理

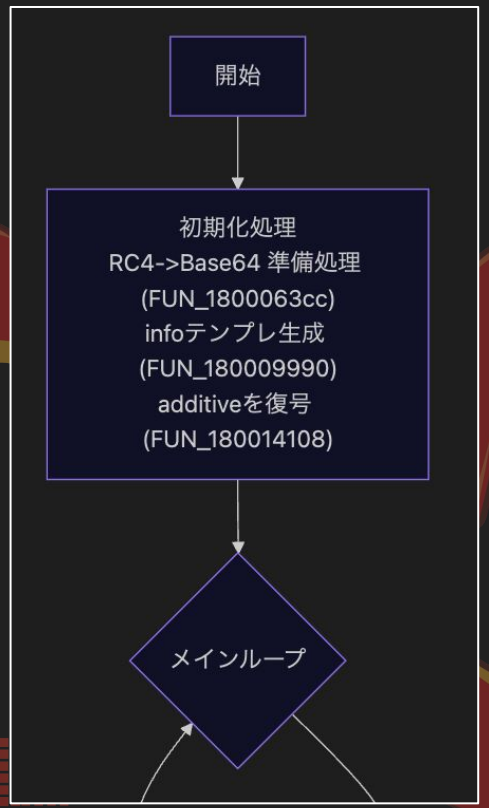
3-2. 通信データの符号化・暗号化 – FUN_180006288までの処理

- Config情報を作成しそれらをもとに複数のThreadを起動、C2通信やコマンド実行を実施



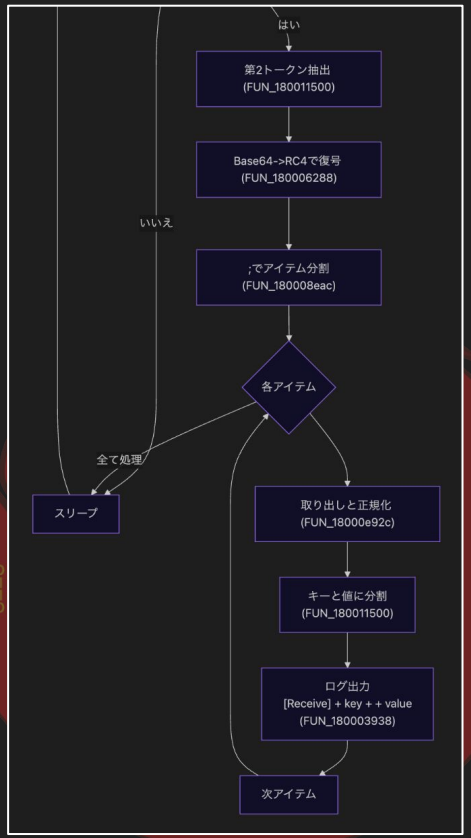
3-2. 通信データの符号化・暗号化 – C2メインループの概要

- 関数の開始後時のみ動作に必要な初期化処理を実施
- その後メインループへ



3-2. 通信データの符号化・暗号化 – C2メインループの概要

- メインループでは受信イベントを待機
  - データを受信すると処理開始
- 受信バッファのチェック
  - トークンのチェック
  - base64データの取り出し
  - base64->カスタムRC4で復号
  - 復号データを;で分割
- 各アイテムを処理
  - キーと値に分割
  - ログ出力
- スリープ後またループへ



3-2. 通信データの符号化・暗号化

- もう一箇所のRC4の呼び出しは送信データの処理用

Edit Help

References to FUN_18001b1f8(rc4) - 3 locations

...	Label	Function Name	Code Unit	Context
180006...		FUN_180006288(de...	CALL FUN_18001b1f8(rc4)	UNCONDITIONAL_CALL
180006...		FUN_1800063cc	CALL FUN_18001b1f8(rc4)	UNCONDITIONAL_CALL
180064...			ibo32 FUN_18001b1f8(rc4)...	DATA

3-2. 通信データの符号化・暗号化

- もう一箇所のRC4の呼び出しは送信データの処理用
  - RC4で暗号化してからBase64でエンコードする逆処理になっている

```
28  local_78 = 1;
29  local_70 = param_2;
30                      /* Param1からrc4のStateを取得 */
31  lVar2 = FUN_18001af30(get_rc4_state)(param_1 + 0x18b8);
32                      /* rc4で暗号化 */
33  FUN_18001b1f8(rc4)(lVar2,(byte *)param_3,(byte *)local_48);
34                      /* Param1からbase64のStateを取得 */
35  lVar2 = FUN_18001ac14(get_base64_state)(param_1 + 0x18b8);
36  ppppbVar5 = local_48;
37  if (0xf < local_30) {
38    ppppbVar5 = (byte ****)local_48[0];
39  }
40                      /* base64でエンコード */
41  plVar3 = FUN_18001a768(base64_encode)(lVar2,(longlong *)local_68,(byte *)ppppbVar5,(int)local_38);
42  if (param_2 != plVar3) {
```

3-2. 通信データの符号化・暗号化 – スクリプト作成

```
from typing import List
import base64

def decode_obf_key(obf: str) -> bytes:
    return bytes(((ord(c) ^ 2) - 1) & 0xff for c in obf)

def rc4_mutated_ksa(key: bytes) -> List[int]:
    S = list(range(256))
    for _ in range(3):
        j = 0
        for i in range(256):
            j = (j + S[i] + key[i % len(key)]) & 0xff
            S[i], S[j] = S[j], S[i]
    return S
```

3-2. 通信データの符号化・暗号化 – スクリプト作成

```python
def rc4_mutated_process(S0: List[int], data: bytes) -> bytes:
    """
    FUN_18001b1f8 相当のPRGA。Sは都度ローカルコピーして使用。
    """
    S = S0[:]
    out = bytearray()
    i = 0
    j = 0
    for b in data:
        i = (i + 1) & 0xff
        si_old = S[i]
        j = (j + si_old) & 0xff
        S[i], S[j] = S[j], S[i]  # swap

        u21 = ((j << 5) ^ (i >> 3)) & 0xff
        u22 = ((j >> 3) ^ (i << 5)) & 0xff
        u16 = (si_old + j) & 0xff

        A_idx = ((S[u22] + S[u21]) ^ 0xaa) & 0xff
        A = S[A_idx]
        B = S[(S[i] + si_old) & 0xff]   # S[i]はswap後、si_oldはswap前のS[i]
        C = S[u16]

        keystream = ((A + B) & 0xff) ^ C
        out.append(keystream ^ b)
    return bytes(out)
```

3-2. 通信データの符号化・暗号化 – スクリプト作成

```python
def rc4_mutated_encrypt(key: bytes, data: bytes) -> bytes:
    S = rc4_mutated_ksa(key)
    return rc4_mutated_process(S, data)
```

```python
def main():
    enc_data = base64.b64decode("U5hWd1ouNDUV7fklPueeMcWIH829sydPQiJ/i7numExoSf1OAWRH3/A+scU=")
    key_bytes = decode_obf_key("83a078f58a078f7a88f37g0gf8a873a8")
    print(rc4_mutated_encrypt(key_bytes, enc_data))
```

```
 % python3 3-2-solve.py
b'1d3n71fy1n9_cu57om_rc4_15_4n_3553n71a1_5k1ll'
```

3-2. 通信データの符号化・暗号化 – 解答

The Answer is:
1d3n71fy1n9_cu57om_rc4_15_4n_355
3n71a1_5k1ll

4–1. 文字列加工

2

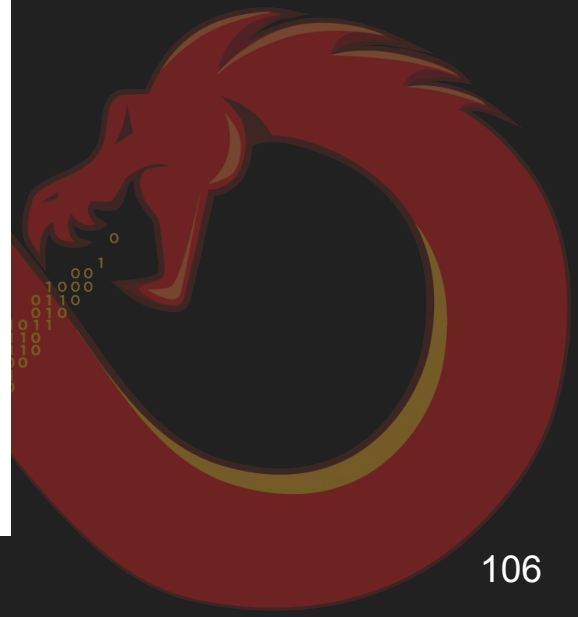
0 0

`0x180042c00` に、UTF16-LE文字列 `K31610KIO9834PG75459K` が存在する。その文字列は加工され、特定の用途で使用される。 使用用途を次の4種類のうちから選び、実際に使用される加工結果と合わせて、アンダースコアで区切って答えよ。

- a. 通信を復号するための鍵
- b. 二重起動を防ぐための一意な値
- c. 暗号化された関数名
- d. 設定情報を保存するためのファイル名

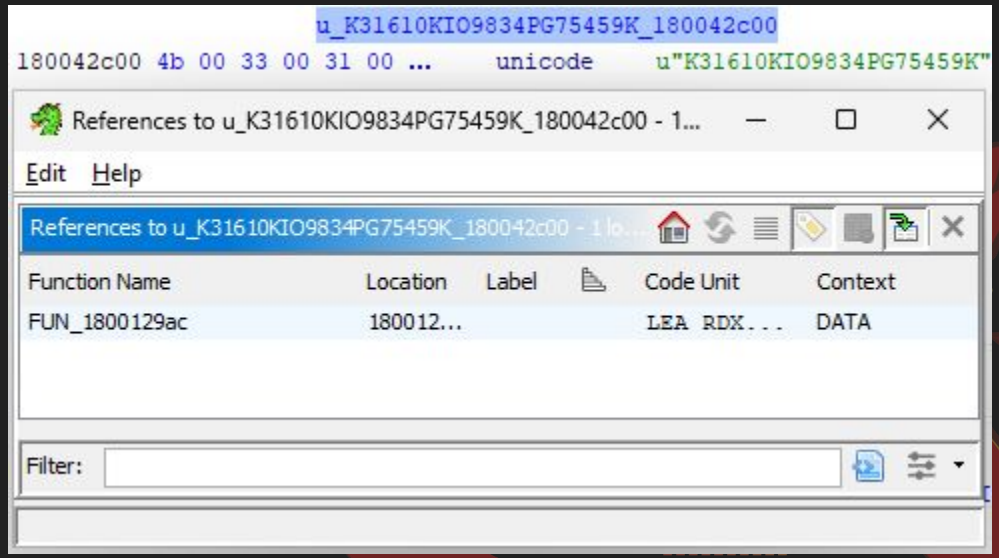
例えば、用途がa、加工結果の文字列が `Example` である場合は `a_Example` と答えよ。

0/2 attempts



4-1. 文字列加工 – 使用場所調査

- 文字列の相互参照を調査すると
  FUN_1800129acで使われていることが分かる




```
FID_conflict:assign((longlong *)local_38,(undefined8 *)L"K31610KIO9834PG75459K",0x15);
```

4-1. 文字列加工 - FUN_1800129ac内容確認

- FUN_1800129acでは文字列加工結果が関数ポインター経由で使用

```
local_38[0] = (ushort ***)0x0;
FID_conflict:assign((longlong *)local_38,(undefined8 *)L"K31610KIO9834PG75459K",0x15);
uVar1 = 10;
if (local_28 < 10) {
  uVar1 = local_28;
}
ppppuVar4 = local_38;
if (7 < local_20) {
  ppppuVar4 = (ushort ****)local_38[0];
}
local_28 = local_28 - uVar1;
FUN_180020dc0(ppppuVar4,(undefined8 *)((longlong)ppppuVar4 + uVar1 * 2),local_28 * 2 + 2);
ppppuVar4 = local_38;
if (7 < local_20) {
  ppppuVar4 = (ushort ****)local_38[0];
}
FUN_180014390(param_1,(ushort *)ppppuVar4);
lVar2 = CApplication::CApplication((CApplication *)(param_1 + 0x4e0));
ppppuVar4 = local_38;
if (7 < local_20) {
  ppppuVar4 = (ushort ****)local_38[0];
}
uVar3 = (**(code **)(lVar2 + 0x138))(0,0,ppppuVar4);
```

4-1. 文字列加工 - FID_conflict::assign確認

- FID_conflict:assignコメントでstd::wstringらしいと記載
- FID_conflict:assign内容からFUN_180020dc0はmemmove系と推測

```
/* Library Function - Multiple Matches With Different Base Names
    public: class std::basic_string<unsigned short,struct std::char_traits<unsigned short>,class
   std::allocator<unsigned short> > & __ptr64 __cdecl std::basic_string<unsigned short,struct
   std::char_traits<unsigned short>,class std::allocator<unsigned short> >::assign(unsigned short
   const * __ptr64 const,unsigned __int64) __ptr64
    public: class std::basic_string<wchar_t,struct std::char_traits<wchar_t>,class
   std::allocator<wchar_t> > & __ptr64 __cdecl std::basic_string<wchar_t,struct
   std::char_traits<wchar_t>,class std::allocator<wchar_t> >::assign(wchar_t const * __ptr64
   const,unsigned __int64) __ptr64

   Library: Visual Studio 2017 Release */

longlong * FID_conflict:assign(longlong *param_1,undefined8 *param_2,ulonglong param_3)
```

```
param_1[2] = param_3;
FUN_180020dc0(plVar1,param_2,param_3 * 2);
*(undefined2 *)(param_3 * 2 + (longlong)plVar1) = 0;
```

4-1. 文字列加工 - memmoveの10文字飛ばし

- 1ページ前の通り、FUN_180020dc0はmemmove系と推測済み
- FUN_1800129acでのFUN_180020dc0呼び出しを見ると、srcに10*2が足されている
  - 今回の文字列はUnicode文字列(UTF16-LE)であるため、先頭10文字をスキップして扱うことを表す
- K31610KIO9834PG75459Kの先頭10文字をスキップすると834PG75459Kを得る

```
uVar1 = 10;
if (local_28 < 10) {
  uVar1 = local_28;
}
ppppuVar4 = local_38;
if (7 < local_20) {
  ppppuVar4 = (ushort ****)local_38[0];
}
local_28 = local_28 - uVar1;
FUN_180020dc0(ppppuVar4,(undefined8 *) (longlong)ppppuVar4 + uVar1 * 2 ,local_28 * 2 + 2);
```

4-1. 文字列加工 - 1文字ごとの加工

- FUN_180014390の処理を見ると、第2引数の文字列を1文字ごとに加工していることが分かる
- 834PG75459Kを同様に加工すると905QD4656:Hになる

```
puVar2 = param_2;
if (0 < (int)lVar1) {
  do {
    iVar3 = iVar3 + 1;
    *puVar2 = (*puVar2 ^ 2) - 1;
    lVar1 = -1;
    do {
      lVar1 = lVar1 + 1;
    } while (param_2[lVar1] != 0);
    puVar2 = puVar2 + 1;
  } while (iVar3 < (int)lVar1);
}
```

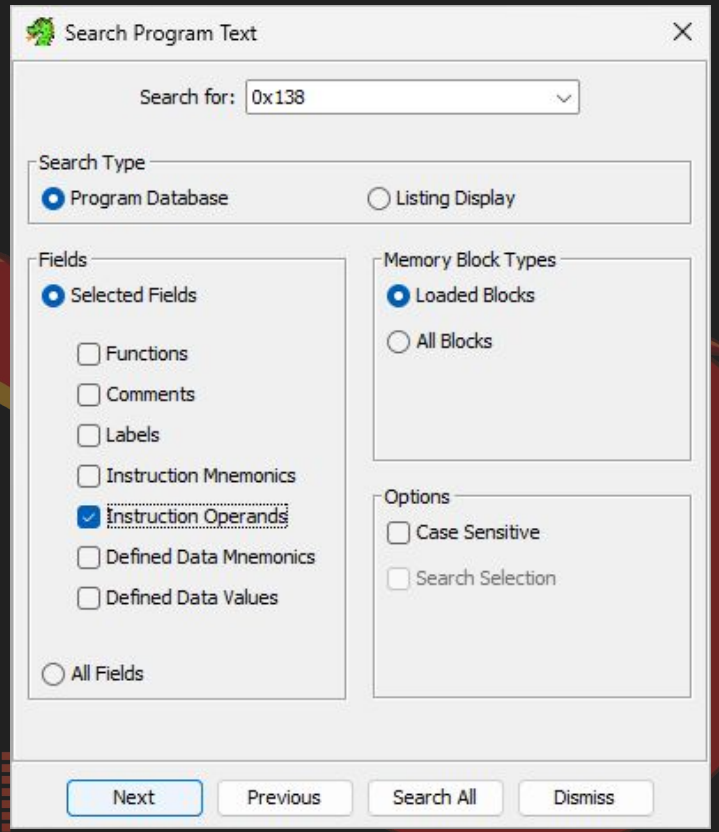
```
>>> ''.join(chr((ord(c)^2)-1) for c in "834PG75459K")
'905QD4656:H'
```

4-1. 文字列加工 - offset 0x138調査 1

- 加工結果の文字列は
  関数ポインターの引数に使われている

- 構造体のoffset 0x138に格納されて
  いるので、0x138がOperandとして
  使われている箇所を調査する

```
uVar3 = (**(code **)(lVar2 + 0x138 )(0,0,ppppuVar4);
```



4-1. 文字列加工 - offset 0x138調査 2

- 38件のヒット結果を調べると
  そのうち3箇所が構造体メンバーへの格納らしいことが分かる

- 0x180016917

```
else if (uVar7 == 2) {
  *(longlong *)(param_1 + 0x138) = lVar4;
}
```

- 0x18001702e

```
else if (uVar7 == 0x25) {
  *(longlong *)(param_1 + 0x138) = lVar4;
}
```

- 0x1800174dd

```
else if (uVar7 == 1) {
  *(longlong *)(param_1 + 0x138) = lVar4;
}
```

4-1. 文字列加工 - offset 0x138調査 3

- ヒット箇所では、「1-3. API構造体」で扱った関数と同様にAPIを解決
- 1-2. と同様にAPI名を復号すると、先程見つけた3箇所のAPI名が判明

➔ 0x180016917

➔ 0x18001702e

➔ 0x1800174dd

```
>>> ''.join(chr((ord(c)^3)-1) for c in "PekSrelOeyEz[")
'RegOpenKeyExW'
>>> ''.join(chr((ord(c)^3)-1) for c in "GpeaveMuvez[")
'CreateMutexW'
>>> ''.join(chr((ord(c)^3)-1) for c in "[ilJvvrGsllegv")
'WinHttpConnect'
```

- この中で第3引数に文字列を指定できるのはCreateMutexWのみ
  - マルウェアではMutexを、二重起動を防ぐためによく使う

```
uVar3 = (**(code **)(lVar2 + 0x138))(0,0,ppppuVar4);
```

4–1. 文字列加工 – 解答

The Answer is: b_905QD4656:H

4-1. 文字列加工 - 別解

- offset 0x138の関数ポインターメンバーが分からなくても
  加工結果文字列をインターネット調査することで
  JPCERT/CCの解析記事が見つかり、そこからMutex用途と判明する
  - https://blogs.jpcert.or.jp/ja/2024/11/APT-C-60.html

- コンフィグの初期化
- Mutexの作成（905QD4656:H）
- ネットワーク疎通確認（api.ipfy.org）
- %appdata%\Microsoft\Vault\UserProfileRoaming配下の.exe .dat .db .extファイル実行

4–2. ファミリ名

3

0 0

これまでの解析結果を踏まえて、このマルウェアを使用する攻撃グループとマルウェアファミリの名称を答えよ。

例えば攻撃グループがAでマルウェアファミリがXの場合はA_Xと回答すること

0/3 attempts

Flag

Submit

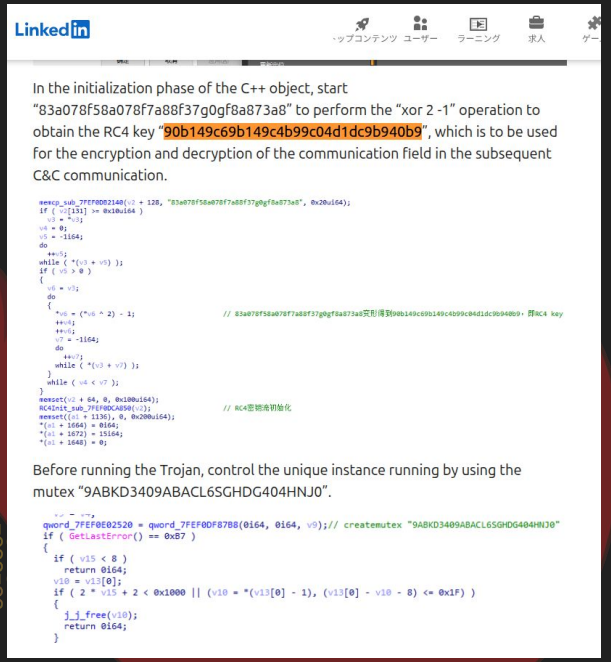
4-2. ファミリ名

- 4-1. で求めたMutex文字列をGoogle検索
  - JPCERT/CCの解説記事がヒット

引用元：https://blogs.jpcert.or.jp/ja/2024/11/APT-C-60.html

4–2. ファミリ名

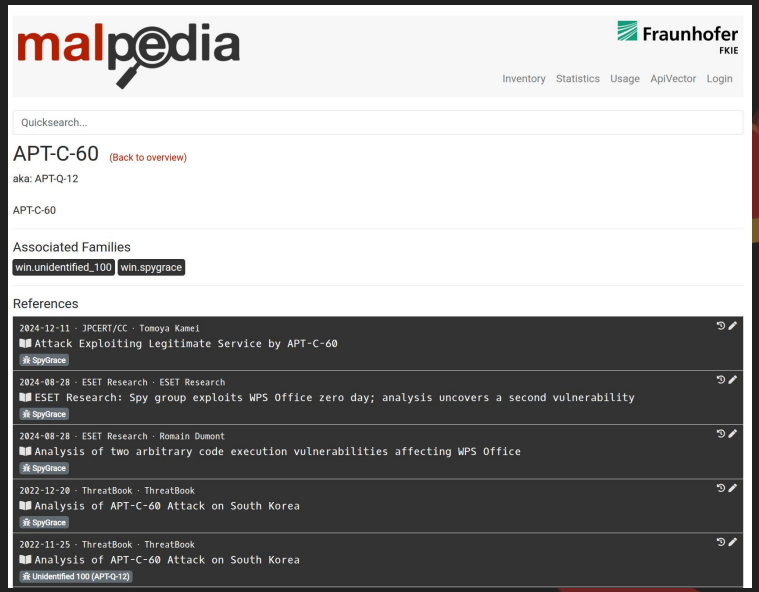
- 暗号アルゴリズムの問題で特定した暗号鍵をGoogle検索
  - APT-C-60 による攻撃に関する記事がヒット
  - 今回解析したC2コマンドとも類似

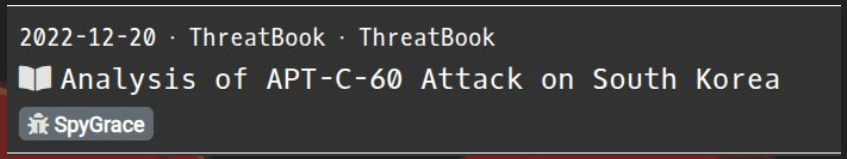


引用元
:https://www.linkedin.com/pulse/analysis-apt-c-60-attack-south-korea-threatbook

4–2. ファミリ名

- Malpediaのようなまとめサイトで APT-C-60を検索





- 先程のThreatBookの記事にSpyGraceのタグ
- ESETやJPCERT/CCの記事も参照すると、SpyGraceではなくSpyGlaceと判明

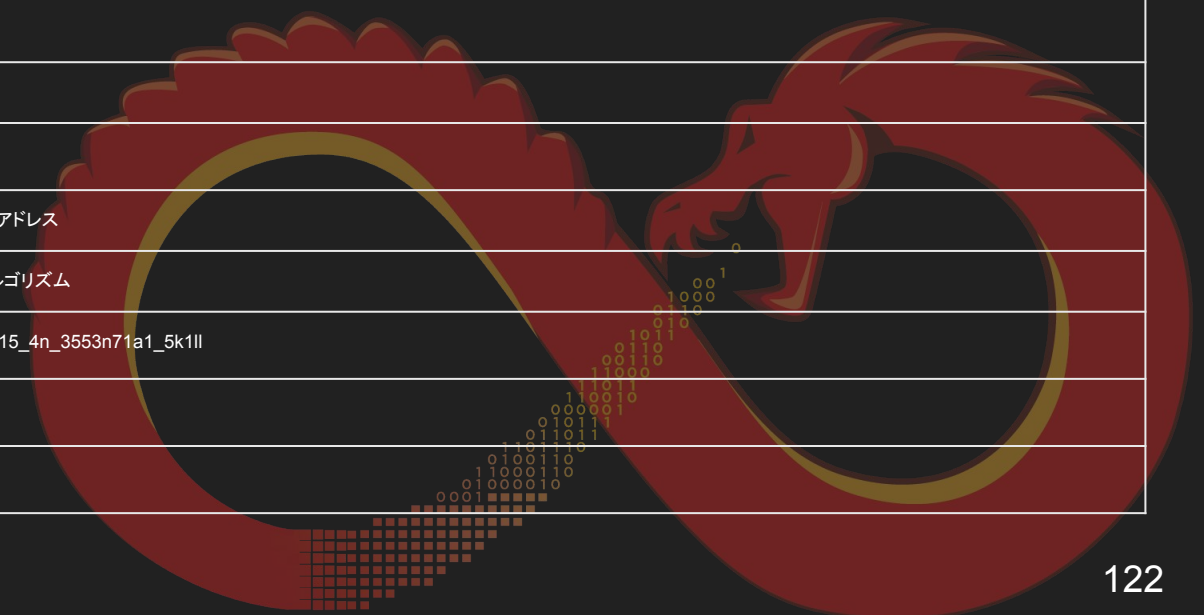
引用元：https://malpedia.caad.fkie.fraunhofer.de/actor/apt-c-60

4–2. ファミリ名 – 解答

The Answer is: APT-C-60_SpyGlace

解答まとめ

1-1. 動的APIアドレス解決	エ,シ,テ,オ,ニ,イ,キ,フ,カ,ノ,チ,ナ,ク,コ
1-2. 文字列の難読化	4P7_U53_34SY_3NC0D3
1-3. APIの構造体	CreateProcessW,ReadFile,Sleep
1-4. コマンド1	17
1-5. コマンド2	18000edd8
2-1. Config読解1	f. クライアントのユーザ名
2-2. Config読解2	g. クライアントのグローバルIPアドレス
3-1. 通信データの符号化・暗号化	a. RC4をカスタマイズしたアルゴリズム
3-2. 通信データの符号化・暗号化	1d3n71fy1n9_cu57om_rc4_15_4n_3553n71a1_5k1ll
4-1. 文字列加工	b_905QD4656:H
4-2. ファミリ名	APT-C-60_SpyGlace



ご協力お願いします

- 来年度以降の継続のためにもみなさんのフィードバックが重要です！