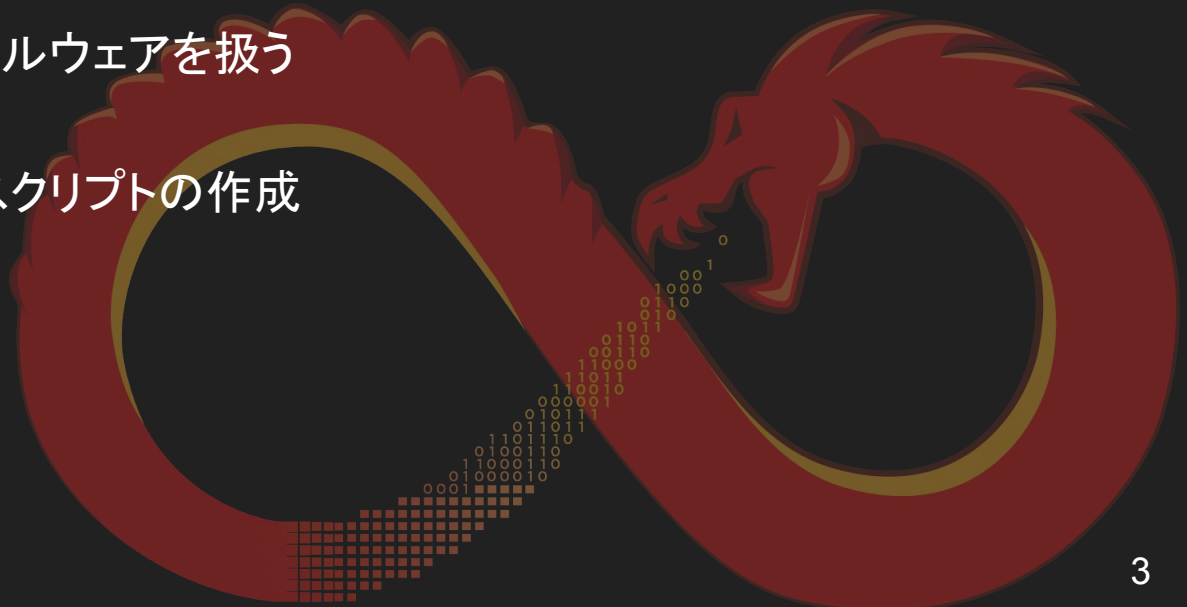
MWS Cup 2022
課題2 解説

2022の問題担当

- 課題2主担当
  - 株式会社サイバーディフェンス研究所 中島 将太
- 問題作成委員
  - 株式会社 エヌ・エフ・ラボラトリーズ 皆川 諒
  - 株式会社サイバーディフェンス研究所 森 瑞穂
  - 学生、若手募集中！

課題2のテーマ

- 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
  - 静的解析による復号スクリプトの作成



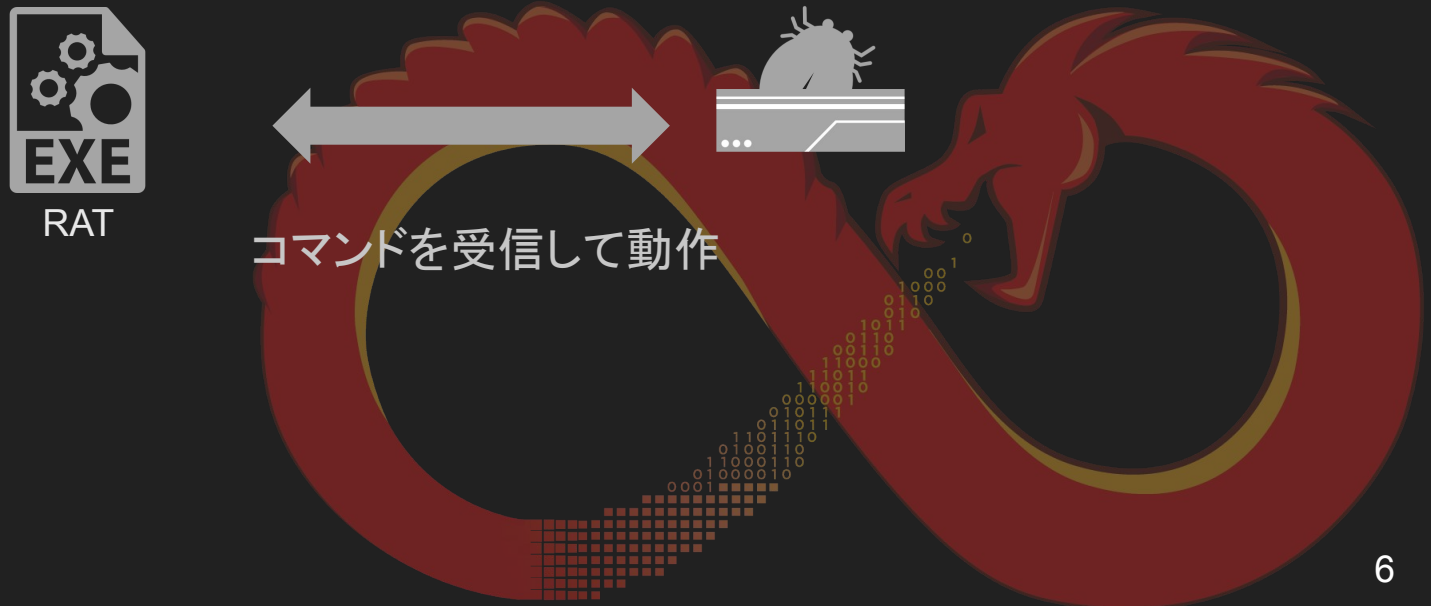
ポイント

- 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
- 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

2022の新しいトピック

初のELFマルウェア!
日本を対象としたAPTでもELFマルウェアが観測されている

マルウェアの動作概要

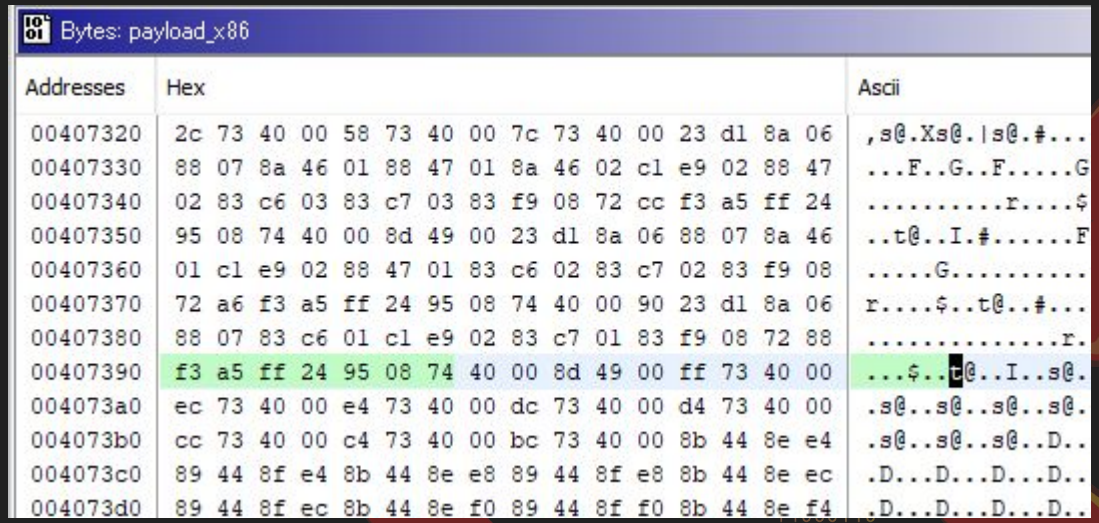


Ghidra Tips: Go To

- 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
  - 問題ではアドレスが指定されていることが多いので必須!

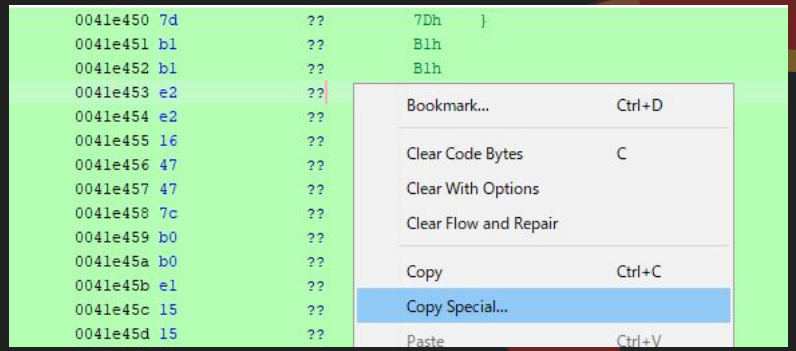
Ghidra Tips: データのコピー1

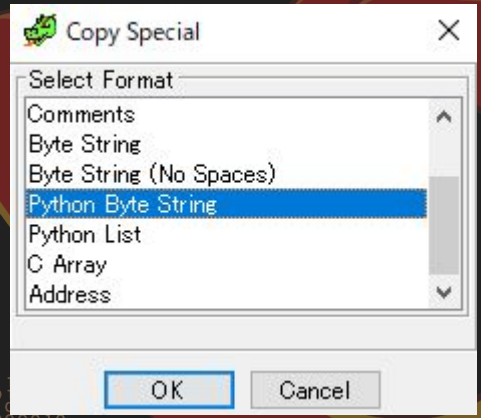
- Bytesウィンドウでコピーする



Ghidra Tips: データのコピー2

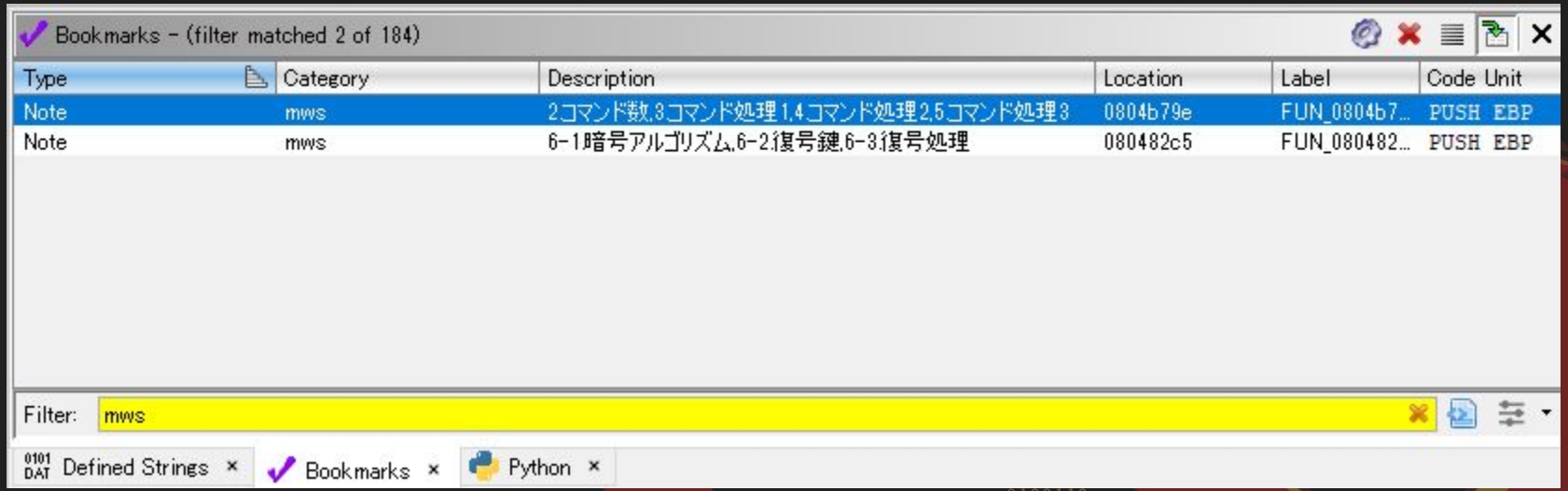
- コピーしたい範囲を選択
  - コンテキストメニューからCopy Special => 好きなフォーマットを選択





Bookmarks

問題に関連するアドレスをBookmarkとして登録済み



Hint!!

swi(software interrupt)がある場合は、Listingウィンドウを見る

Decompile: FUN_080635d0 - (sample)

```
1
2  uint FUN_080635d0(void)
3
4  {
5    code *pcVar1;
6    uint uVar2;
7    int *in_GS_OFFSET;
8
9    pcVar1 = (code *)swi(0x80);
10   uVar2 = (*pcVar1)();
```

```
FUN_080635d0                                    XREF[2]:     FUN_08049e6
      080635d0 89 da           MOV        EDX,EBX
      080635d2 8b 4c 24 08     MOV        ECX,dword ptr [ESP + param_2]
      080635d6 8b 5c 24 04     MOV        EBX,dword ptr [ESP + param_1]
      080635da b8 27 00 ...    MOV        EAX,0x27
      080635df cd 80           INT        0x80
      080635e1 89 d3           MOV        EBX,EDX
      080635e3 3d 01 f0 ...    CMP        EAX,0xfffff001
      080635e8 0f 83 52 ...    JNC        FUN_08053c40
      080635ee c3              RET
```

Hint!!

main()関数の前には何があるのか（7）

Linuxカーネルに見る、システムコール番号と引数、システムコール・ラッパーとは

（1/2 ページ）

C言語の「Hello World！」プログラムで使われる、「printf()」「main()」関数の中身を、デバッガによる解析と逆アセンブル、ソースコード読解などのさまざまな側面から探る連載。前回から、printf()内のwrite()やint $0x80の呼び出しについてLinuxカーネルのソースコード側から探ってきた。今回は、さらにシステムコールについて学ぶ。

2017年06月29日 05時00分 公開　［坂井弘亮，著］

印刷　通知　0　Share　B! 9

インデックス　連載目次

書籍の中から有用な技術情報をピックアップして紹介する本シリーズ。今回は、秀和システム発行の書籍『ハロー“Hello, World” OSと標準ライブラリのシゴトとしくみ（2015年9月11日発行）』からの抜粋です。

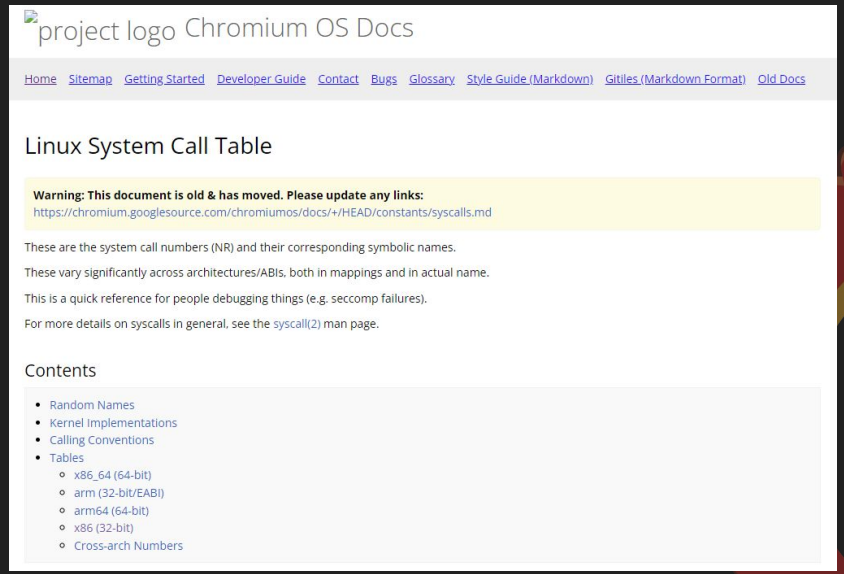
ご注意：本稿は、著者及び出版社の許可を得て、そのまま転載したものです。このため用字用語の統一ルールなどは@ITのそれとは一致しません。あらかじめご了承ください。

※編集部注：前回記事「Linuxカーネルのソースコードを読んで、システムコールを探る」はこちら

https://atmarkit.itmedia.co.jp/ait/articles/1703/01/news172.html

Hint!!

システムコール番号の参考資料



x86 (32-bit)

Compiled from Linux 4.14.0 headers.

NR	syscall name	references	%eax	arg0 (%ebx)	arg1 (%ecx)	arg2 (%edx)	arg3 (%es
0	restart_syscall	man/ cs/	0x00	-	-	-	-
1	exit	man/ cs/	0x01	int error_code	-	-	-
2	fork	man/ cs/	0x02	-	-	-	-
3	read	man/ cs/	0x03	unsigned int fd	char *buf	size_t count	-
4	write	man/ cs/	0x04	unsigned int fd	const char *buf	size_t count	-
5	open	man/ cs/	0x05	const char *filename	int flags	umode_t mode	-
6	close	man/ cs/	0x06	unsigned int fd	-	-	-
7	waitpid	man/ cs/	0x07	pid_t pid	int *stat_addr	int options	-
8	creat	man/ cs/	0x08	const char *pathname	umode_t mode	-	-
9	link	man/ cs/	0x09	const char *oldname	const char *newname	-	-
10	unlink	man/ cs/	0x0a	const char *pathname	-	-	-
11	execve	man/ cs/	0x0b	const char *filename	const char *const *argv	const char *const *envp	-
12	chdir	man/ cs/	0x0c	const char *filename	-	-	-

https://chromium.googlesource.com/chromiumos/docs/+/master/constants/syscalls.md#x86-32_bit

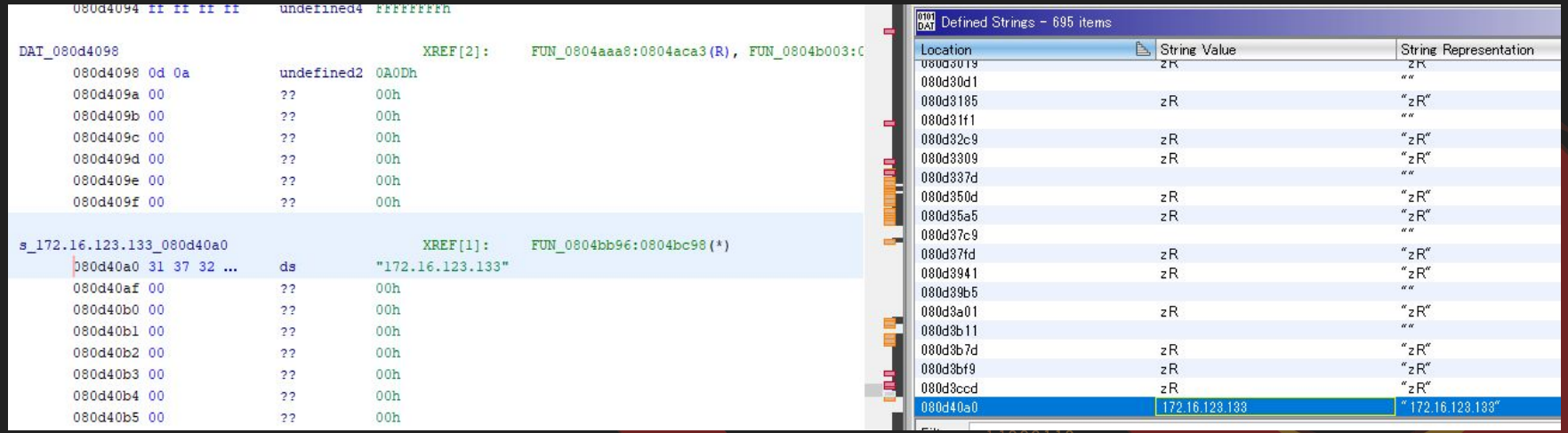
競技中はここまで

1-1. コンフィグサイズ


Challenge
1-1. コンフィグサイズ
2
課題2 はマルウェアの静的解析に関する問題です。問題ファイル sample.gzf をダウンロードし、Ghidraで解析して回答してください。
このマルウェアは複数のIPアドレスとポートをコンフィグとして持つことができる。1つのコンフィグのサイズを10進数で答えよ。
sample.gzf

1-1. コンフィグサイズ

Defined Stringsウィンドウの IPアドレスを起点に解析を進める



1-1. コンフィグサイズ

- FUN_0804851の引数に利用
- FUN_0804851内のループで操作

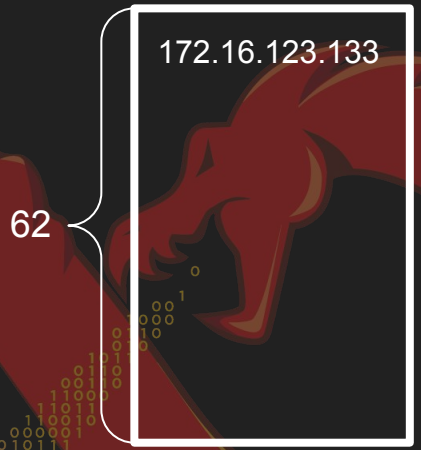
```
64    local_24 = FUN_08048515(s_172.16.123.133_080d40a0);
65    if (local_24 != -1) {
```

```
28  for (; DAT_080d4b00 < 10; DAT_080d4b00 = DAT_080d4b00 + 1) {
29    if ((*(char *)(DAT_080d4b00 * 0x3e + param_1) == '\0') ||
30       (*(short *)(DAT_080d4b00 * 0x3e + param_1 + 0x3c) == 0)) {
31      DAT_080d4b00 = 0;
32      if (0 < local_1c) {
33        FUN_0804ed10(local_1c);
34      }
35      return -1;
```

1-1. コンフィグサイズ

- 引数で受け取ったアドレスを0x3e(62)毎に進める

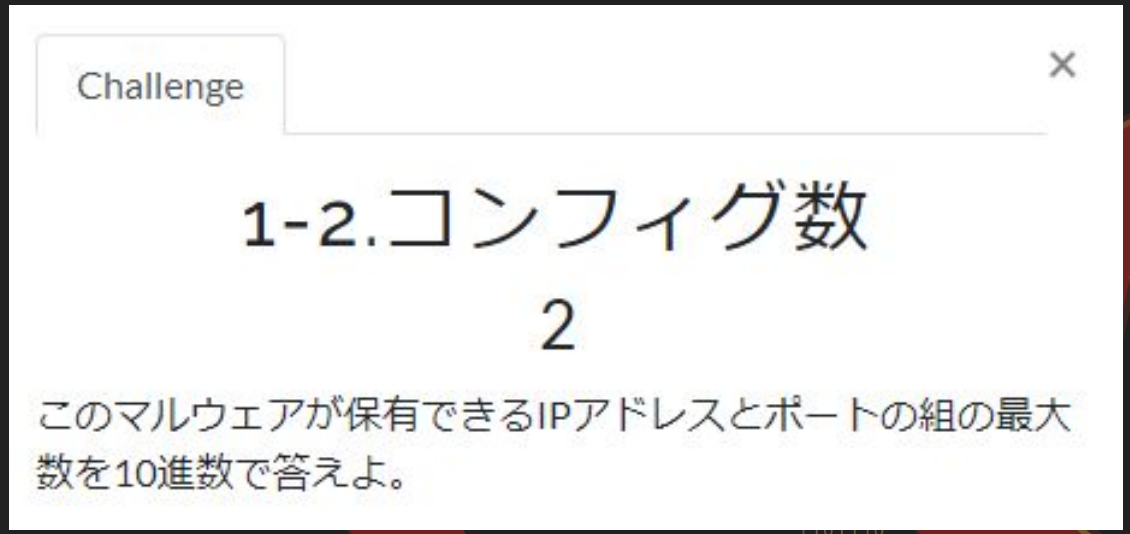
```
28  for (; DAT_080d4b00 < l0; DAT_080d4b00 = DAT_080d4b00 + 1) {
29    if ((*(char *)(DAT_080d4b00 * 0x3e + param_1) == '\0') ||
30        (*(short *)(DAT_080d4b00 * 0x3e + param_1 + 0x3c) == 0)) {
31      DAT_080d4b00 = 0;
32      if (0 < local_lc) {
33        FUN_0804ed10(local_lc);
34      }
35      return -1;
```



1-1. コンフィグサイズ

The Answer is: 62

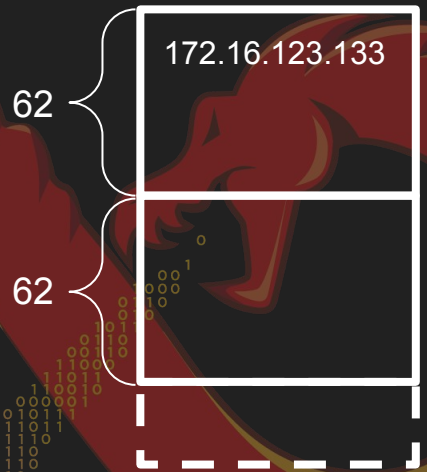
1-2. コンフィグ数


Challenge
1-2.コンフィグ数
2
このマルウェアが保有できるIPアドレスとポートの組の最大数を10進数で答えよ。

1-2. コンフィグ数

- 10回ループする
  - 10組のIPアドレスとポート情報を保持可能

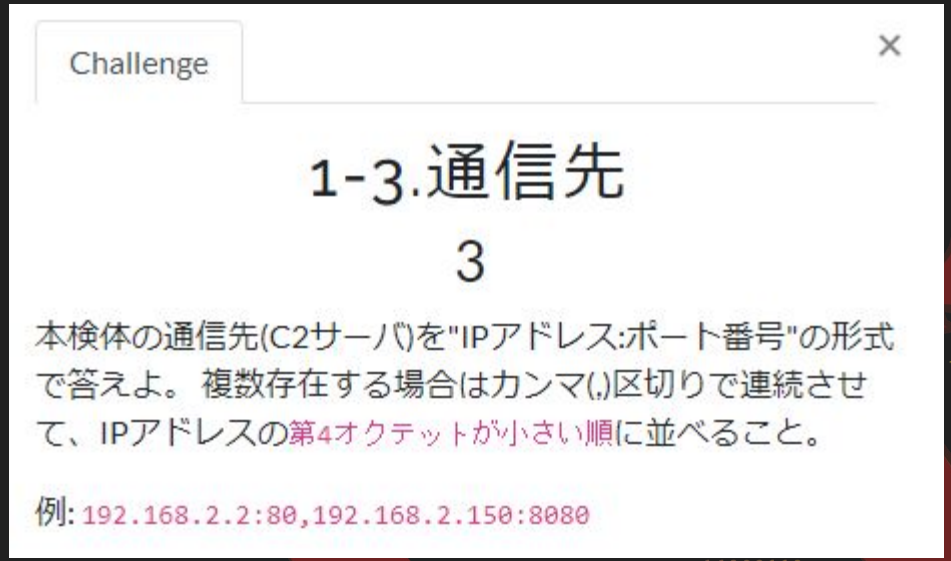
```
for (; DAT_080d4b00 < 10; DAT_080d4b00 = DAT_080d4b00 + 1) {
  if ((*(char *)(DAT_080d4b00 * 0x3e + param_1) == '\0') ||
     (*(short *)(DAT_080d4b00 * 0x3e + param_1 + 0x3c) == 0)) {
    DAT_080d4b00 = 0;
    if (0 < local_1c) {
      FUN_0804ed10(local_1c);
    }
    return -1;
```



1-2. コンフィグ数

The Answer is: 10

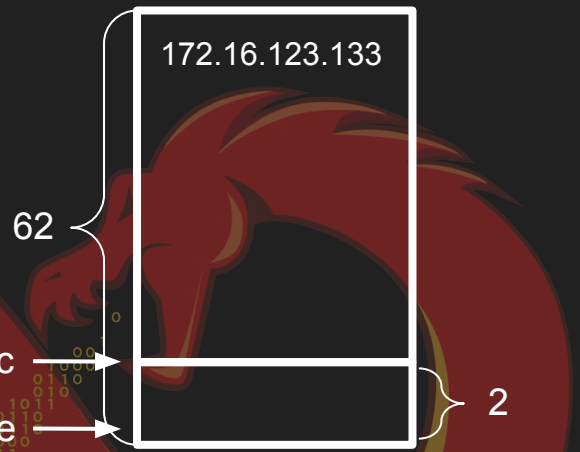
1-3.通信先


Challenge
1-3.通信先
3
本検体の通信先(C2サーバ)を"IPアドレス:ポート番号"の形式で答えよ。 複数存在する場合はカンマ(,)区切りで連続させて、IPアドレスの第4オクテットが小さい順に並べること。
例: 192.168.2.2:80,192.168.2.150:8080

1-3.通信先

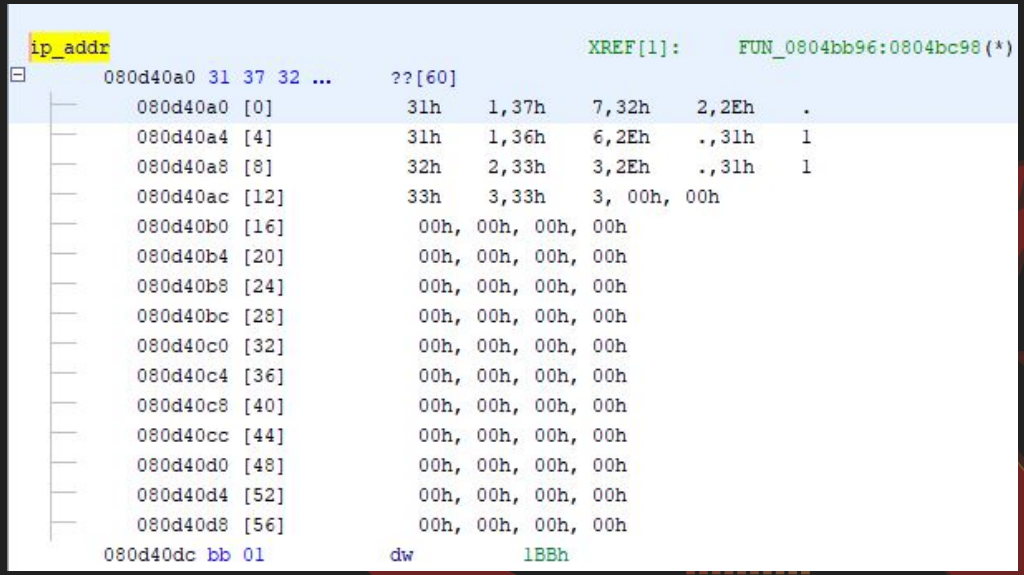
1つのコンフィグは0x3cと0x3eの2つに分割される

```
28  for (; DAT_080d4b00 < 10; DAT_080d4b00 = DAT_080d4b00 + 1) {
29    if ((*(char *)(DAT_080d4b00 * 0x3e + param_1) == '\0') ||
30        (*(short *)(DAT_080d4b00 * 0x3e + param_1 + 0x3c) == 0)) {
31      DAT_080d4b00 = 0;
32      if (0 < local_1c) {
33        FUN_0804ed10(local_1c);
34      }
```



1-3.通信先

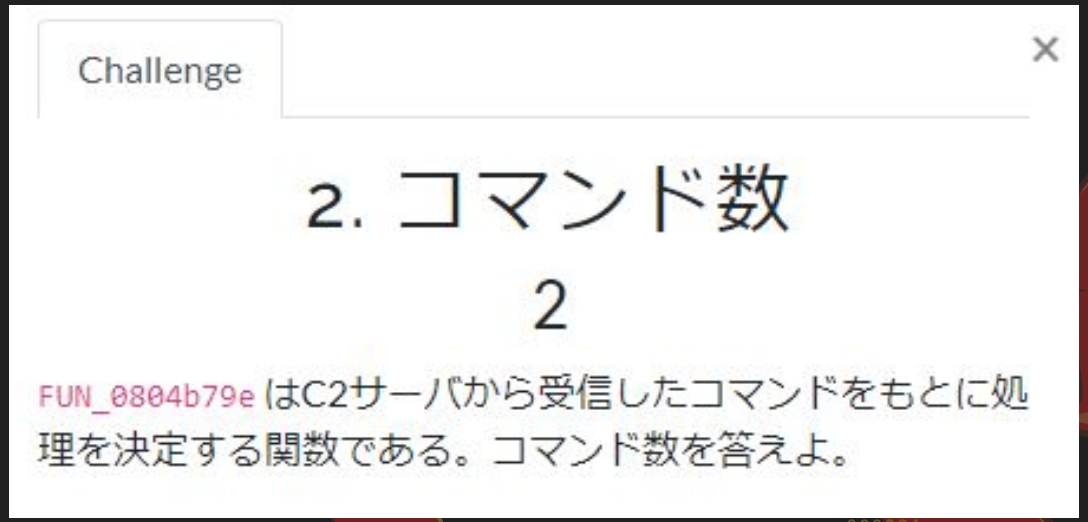
- 0x1BB → 443



1-3.通信先

The Answer is:
172.16.123.133:443

2. コマンド数


Challenge
2. コマンド数
2
FUN_0804b79e はC2サーバから受信したコマンドをもとに処理を決定する関数である。コマンド数を答えよ。

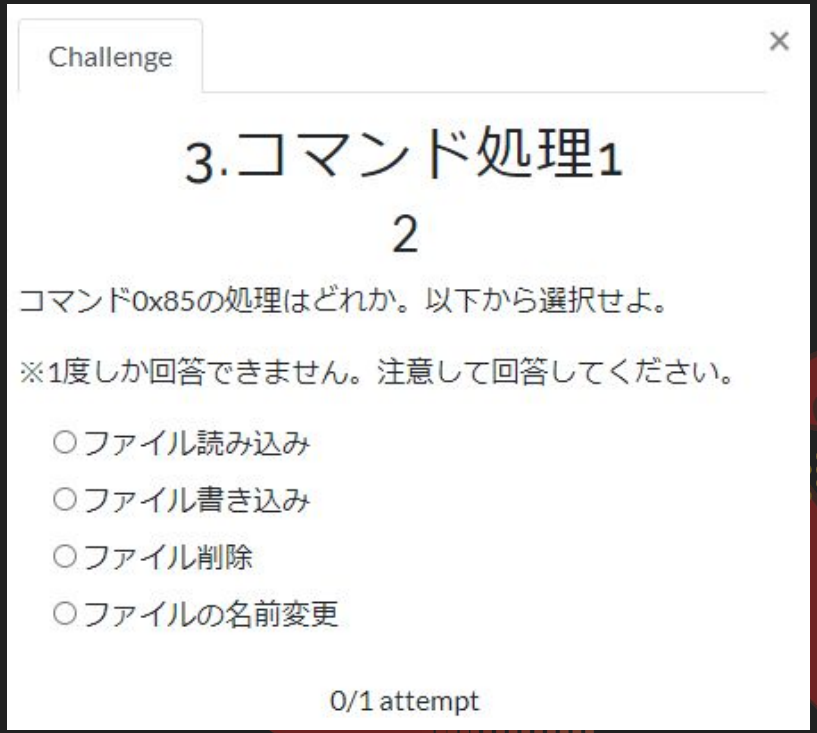
2. コマンド数

FUN_0804b79e内のコマンドIDを使った
分岐処理を数える

2. コマンド数

The Answer is: 15

3.コマンド処理1


Challenge
3.コマンド処理1
2
コマンド0x85の処理はどれか。以下から選択せよ。
※1度しか回答できません。注意して回答してください。
○ファイル読み込み
○ファイル書き込み
○ファイル削除
○ファイルの名前変更
0/1 attempt

3.コマンド処理1

コマンド分岐が難しい。2つの重要なシステムコールを用いる

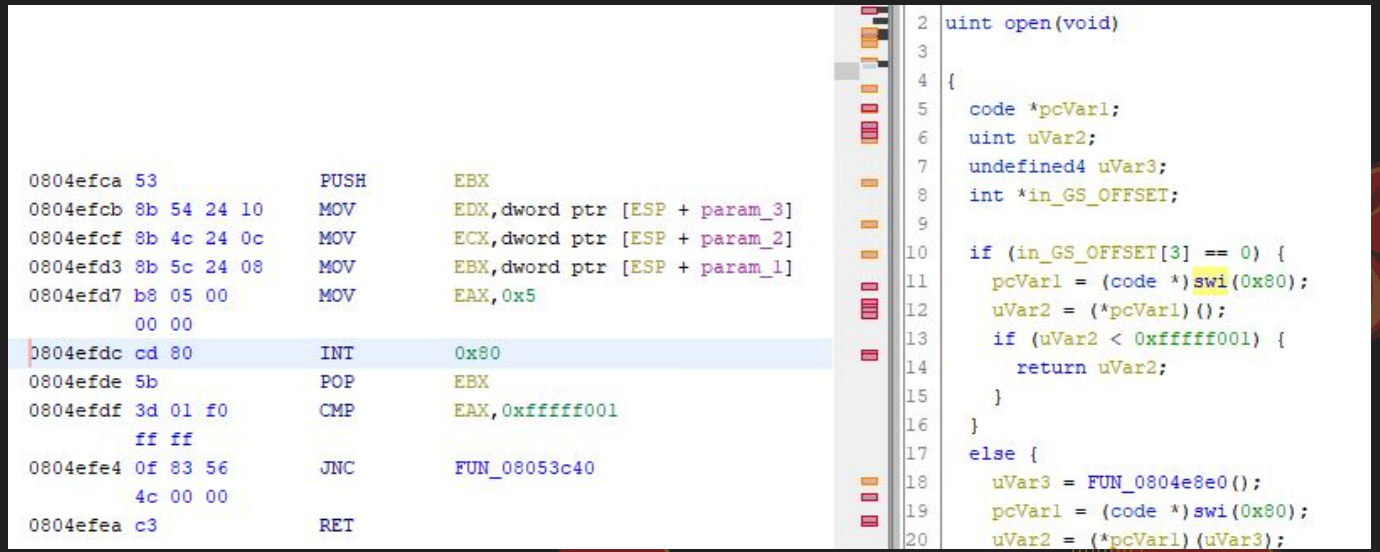
```
43          else {
44            if (bVar1 == 0x86) {
45              uVar2 = FUN_08049747(param_1,param_2,param_3);
46              return uVar2;
47            }
48            if (bVar1 == 0x88) {
49              uVar2 = FUN_08049626(param_1,param_2,param_3);
50              return uVar2;
51            }
52            if (bVar1 == 0x87) {
53              uVar2 = FUN_08049c69(param_1,param_2,param_3);
54              return uVar2;
```

```
undefined FUN_08049626(int param_1,int param_2,int param_3)

{
  undefined uVar1;
  undefined local_e [2];
  int fd;
  int local_8;

  if ((param_1 == -1) || (param_1 == 0)) {
    uVar1 = 0;
  }
  else if (param_2 == 0) {
    uVar1 = 0;
  }
  else if (param_3 < 1) {
    uVar1 = 0;
  }
  else {
    fd = open(&DAT_080d8780,0x442,0x1f8);
    if (fd == -1) {
      uVar1 = 0;
    }
    else {
      FUN_0804f6c0(fd,0,2);
      local_8 = write(fd,param_2 + 1,param_3 + -1);
      FUN_0804f6d0(fd);
```

3.コマンド処理1

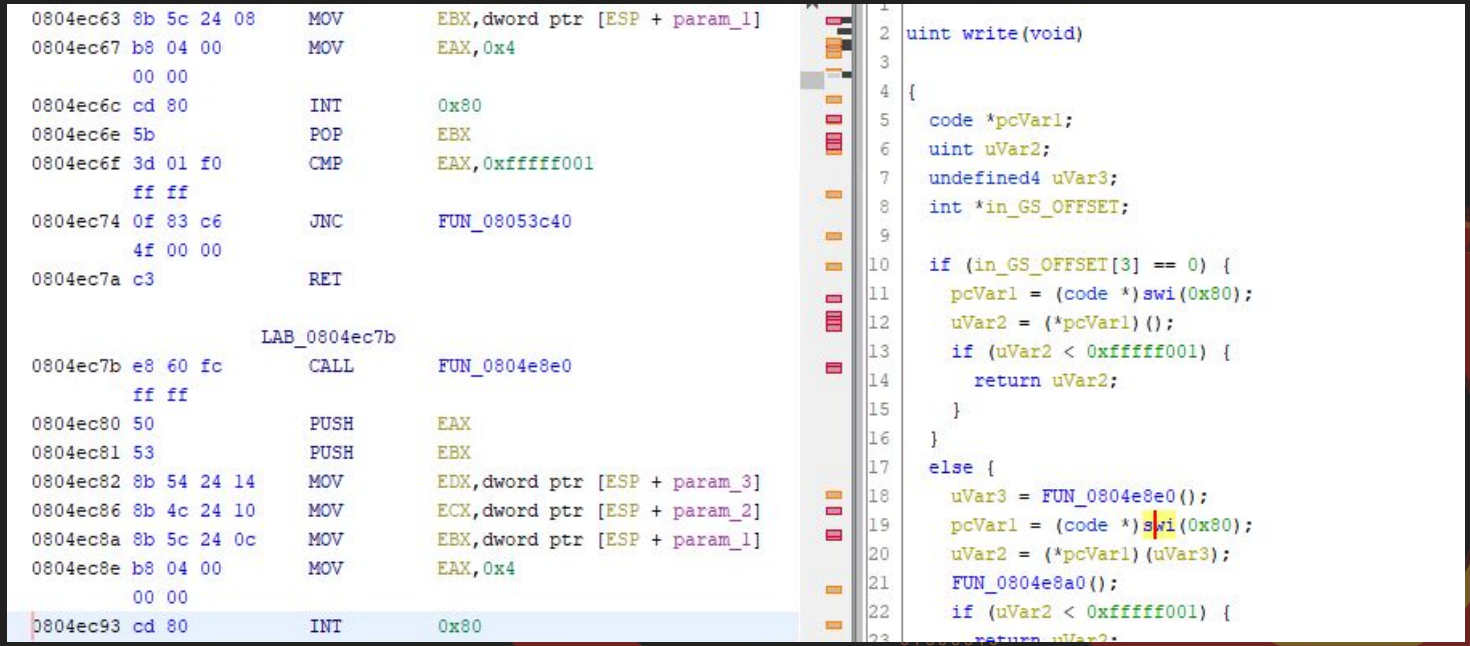


```
0804efca 53              PUSH        EBX
0804efcb 8b 54 24 10     MOV         EDX,dword ptr [ESP + param_3]
0804efcf 8b 4c 24 0c     MOV         ECX,dword ptr [ESP + param_2]
0804efd3 8b 5c 24 08     MOV         EBX,dword ptr [ESP + param_1]
0804efd7 b8 05 00        MOV         EAX,0x5
         00 00
0804efdc cd 80           INT         0x80
0804efde 5b              POP         EBX
0804efdf 3d 01 f0        CMP         EAX,0xfffff001
         ff ff
0804efe4 0f 83 56        JNC         FUN_08053c40
         4c 00 00
0804efea c3              RET
```

```
2  uint open(void)
3
4  {
5    code *pcVar1;
6    uint uVar2;
7    undefined4 uVar3;
8    int *in_GS_OFFSET;
9
10   if (in_GS_OFFSET[3] == 0) {
11     pcVar1 = (code *)swi(0x80);
12     uVar2 = (*pcVar1)();
13     if (uVar2 < 0xfffff001) {
14       return uVar2;
15     }
16   }
17   else {
18     uVar3 = FUN_0804e8e0();
19     pcVar1 = (code *)swi(0x80);
20     uVar2 = (*pcVar1)(uVar3);
```

swi関数。中身はopenシステムコール

3.コマンド処理1



```
0804ec63 8b 5c 24 08     MOV        EBX,dword ptr [ESP + param_1]
0804ec67 b8 04 00        MOV        EAX,0x4
         00 00
0804ec6c cd 80           INT        0x80
0804ec6e 5b              POP        EBX
0804ec6f 3d 01 f0        CMP        EAX,0xfffff001
         ff ff
0804ec74 0f 83 c6        JNC        FUN_08053c40
         4f 00 00
0804ec7a c3              RET

                     LAB_0804ec7b
0804ec7b e8 60 fc        CALL       FUN_0804e8e0
         ff ff
0804ec80 50              PUSH       EAX
0804ec81 53              PUSH       EBX
0804ec82 8b 54 24 14     MOV        EDX,dword ptr [ESP + param_3]
0804ec86 8b 4c 24 10     MOV        ECX,dword ptr [ESP + param_2]
0804ec8a 8b 5c 24 0c     MOV        EBX,dword ptr [ESP + param_1]
0804ec8e b8 04 00        MOV        EAX,0x4
         00 00
0804ec93 cd 80           INT        0x80
```

```
uint write(void)

{
  code *pcVar1;
  uint uVar2;
  undefined4 uVar3;
  int *in_GS_OFFSET;

  if (in_GS_OFFSET[3] == 0) {
    pcVar1 = (code *)swi(0x80);
    uVar2 = (*pcVar1)();
    if (uVar2 < 0xfffff001) {
      return uVar2;
    }
  }
  else {
    uVar3 = FUN_0804e8e0();
    pcVar1 = (code *)swi(0x80);
    uVar2 = (*pcVar1)(uVar3);
    FUN_0804e8a0();
    if (uVar2 < 0xfffff001) {
```

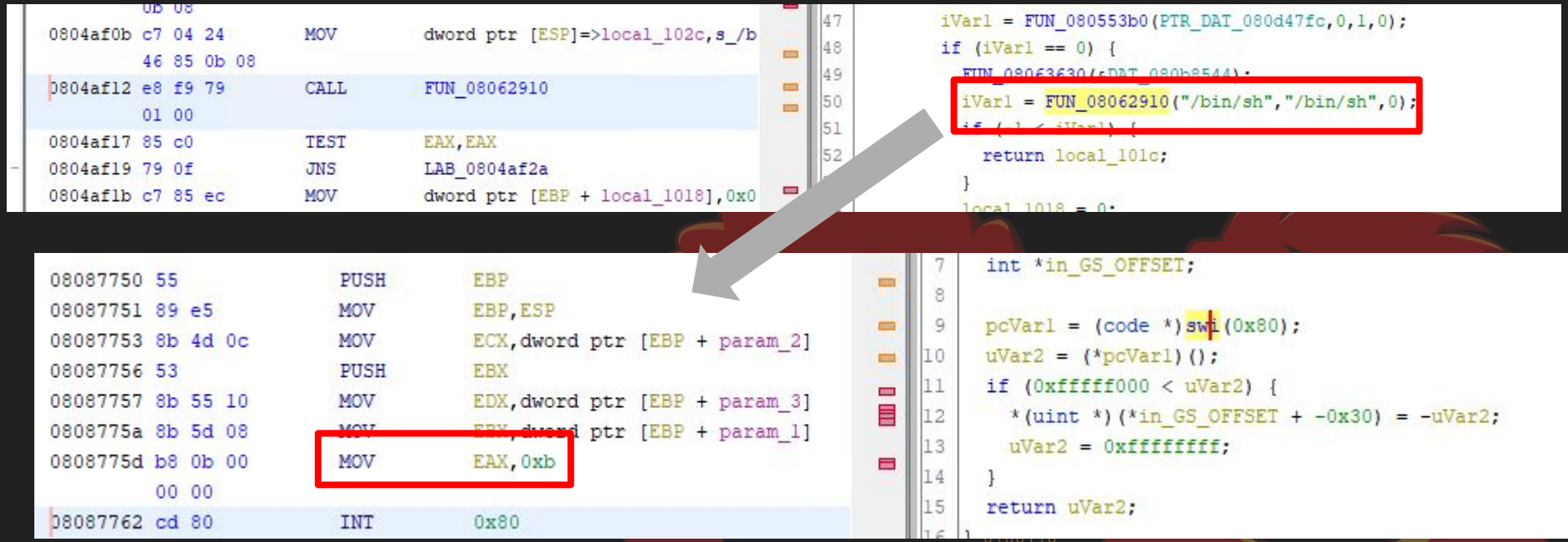
swi関数。writeシステムコールを呼ぶ。

3.コマンド処理1

The Answer is: ファイル書き込み

4.コマンド処理2

4. コマンド処理2: コマンドID 0xF6の動作を説明せよ



/bin/shという文字列からシェルを開くことを想定。
システムコールはexecveである。

4. コマンド処理2: コマンドID 0xF6の動作を説明せよ

```
0804af0b c7 04 24        MOV        dword ptr [ESP]=>local_102c,s_/b
         46 85 0b 08
0804af12 e8 f9 79        CALL       FUN_08062910
         01 00
0804af17 85 c0           TEST       EAX,EAX
0804af19 79 0f           JNS        LAB_0804af2a
0804af1b c7 85 ec        MOV        dword ptr [EBP + local_1018],0x0
```

```
47    iVar1 = FUN_080553b0(PTR_DAT_080d47fc,0,1,0);
48    if (iVar1 == 0) {
49      FUN_08063630(&DAT_080b8544);
50      iVar1 = FUN_08062910("/bin/sh","/bin/sh",0);
51      if (-1 < iVar1) {
52        return local_101c;
      }
      local_1018 = 0;
```

11	execve	man/ cs/	0x0b	const char *filename	const char *const *argv	const char *const *envp

```
08087750 55              PUSH       EBP
0808775a 8b 5d 08        MOV        EBX,dword ptr [EBP + param_1]
0808775d b8 0b 00        MOV        EAX,0xb
         00 00
08087762 cd 80           INT        0x80
```

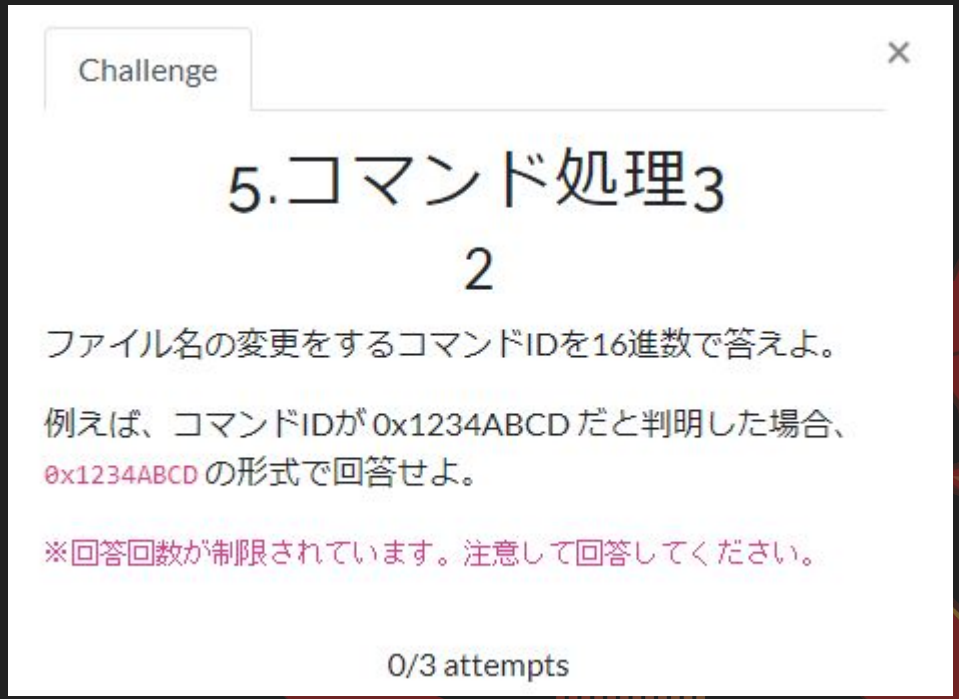
```
7     int *in_GS_OFFSET;
8
12      *(uint *)(*in_GS_OFFSET + -0x30) = -uVar2;
13      uVar2 = 0xffffffff;
14    }
15    return uVar2;
```

/bin/shという文字列からシェルを開くことを想定。
システムコールはexecveである。

4. コマンド処理2: コマンドID 0xF6の動作を説明せよ

The Answer is:
侵害されたマシンのリモートシェルを開く
execve("/bin/sh", “/bin/sh”, [0]);

5.コマンド処理3


Challenge
5.コマンド処理3
2
ファイル名の変更をするコマンドIDを16進数で答えよ。
例えば、コマンドIDが 0x1234ABCD だと判明した場合、
0x1234ABCD の形式で回答せよ。
※回答回数が制限されています。注意して回答してください。
0/3 attempts

5.コマンド処理3

基本方針:

RAT のメイン関数 FUN_0804b79e に実装されているコマンドを全て読み、最も適当なコマンドIDを探す

```
undefined4 FUN_0804b79e(int param_1,byte *param_2,int param_3)

{
  byte bVar1;
  undefined4 uVar2;
  undefined4 local_c;

  if ((param_1 == 0) || (param_1 == -1)) {
    local_c = 0;
  }
  else if (param_2 == (byte *)0x0) {
    local_c = 0;
  }
  else if (param_3 < 1) {
    local_c = 0;
  }
  else {
    bVar1 = *param_2;
    if (bVar1 == 0x89) {
      local_c = FUN_08049e65(param_1,param_2,param_3);
    }
    else {
      if (bVar1 < 0x8a) {
        if (bVar1 == 0x84) {
          uVar2 = FUN_080493e5(param_1,param_2,param_3);
          return uVar2;
        }
        if (bVar1 < 0x85) {
          if (bVar1 == 0x82) {
            uVar2 = FUN_08048e74(param_1,param_2,param_3);
            return uVar2;
          }
          if (0x82 < bVar1) {
            uVar2 = FUN_08048ef8(param_1,param_2,param_3);
            return uVar2;
          }
```

5.コマンド処理3

FUN_0804a456 で使用されている system call “38” が最もそれらしい

```
call_rename                                     XREF[2]:     FUN_0804a456:0804a598
       08055220 89 da           MOV        EDX,EBX
       08055222 8b 4c 24 08     MOV        ECX,dword ptr [E
       08055226 8b 5c 24 04     MOV        EBX,dword ptr [E
       0805522a b8 26 00 ...    MOV        EAX,38
       0805522f cd 80           INT        0x80
       08055231 89 d3           MOV        EBX,EDX
       08055233 3d 01 f0 ...    CMP        EAX,0xfffff001
       08055238 0f 83 02 ...    JNC        FUN_08053c40
       0805523e c3              RET
       0805523f 90              ??         90h
```

38	rename	man/ cs/	0x26

5.コマンド処理3

あとは FUN_0804a456 に分岐するIDの条件を参照から辿れば答え

```
else {
  if (bVar1 == 0xc6) {
    return 2;
  }
  if (bVar1 < 199) {
    if (bVar1 == 0x8b) {
      uVar2 = FUN_0804a2fa(param_1,param_2,param_3);
      return uVar2;
    }
    if (bVar1 < 0x8b) {
      uVar2 = FUN_08049fca(param_1,param_2,param_3);
      return uVar2;
    }
    if (bVar1 == 0x8f) {
      uVar2 = FUN_0804a456(param_1,param_2,param_3);
      return uVar2;
    }
  }
```

5.コマンド処理3

RAT コマンド処理一覧

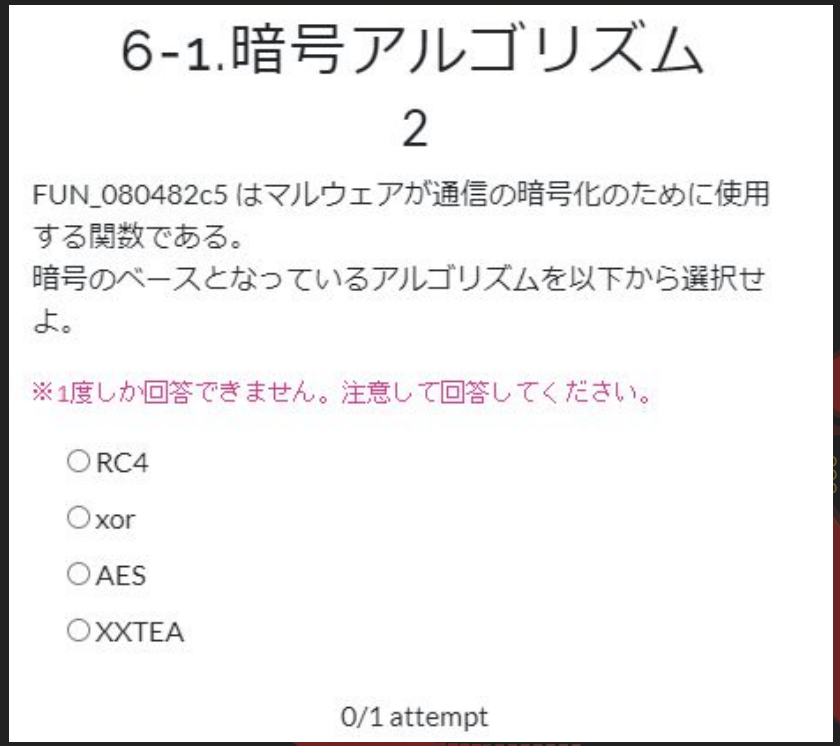
コマンドID	処理内容
0x15	ランダムデータ送信
0x82	検体固有のIDを送信
0x83	ファイル一覧情報取得
0x84	ファイルの属性情報取得
0x85	ファイル書き込み
0x86	ファイル読み込み
0x87	ファイルディスクリプタのクローズ
0x89	新規ディレクトリの作成

コマンドID	処理内容
0x8a	ファイルの削除
0x8b	ディレクトリの削除
0x8f	ファイル名の変更
0xc6	プロセスキル
0xf6	リモートシェルの起動
0xf7	リモートシェルにコマンドを送信
0xf8	リモートシェルの終了

5.コマンド処理3

The Answer is: 0x8f

6-1.暗号アルゴリズム

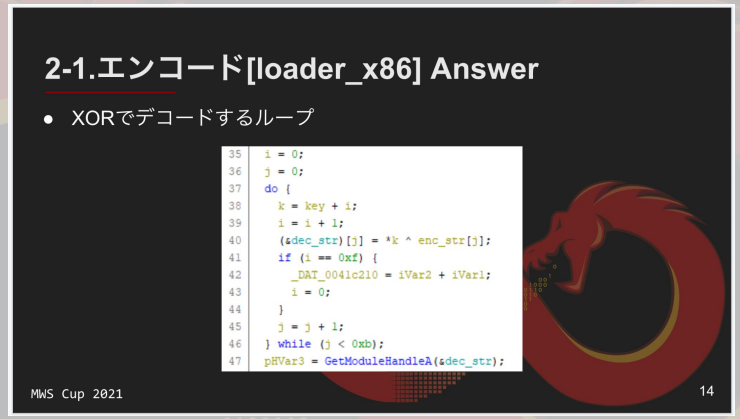

6-1.暗号アルゴリズム
2
FUN_080482c5 はマルウェアが通信の暗号化のために使用する関数である。
暗号のベースとなっているアルゴリズムを以下から選択せよ。
※1度しか回答できません。注意して回答してください。
RC4
xor
AES
XXTEA
0/1 attempt

6-1.暗号アルゴリズム

毎年恒例の暗号アルゴリズム特定問題です

2020年: AES

2021年: XOR



6-1.暗号アルゴリズム

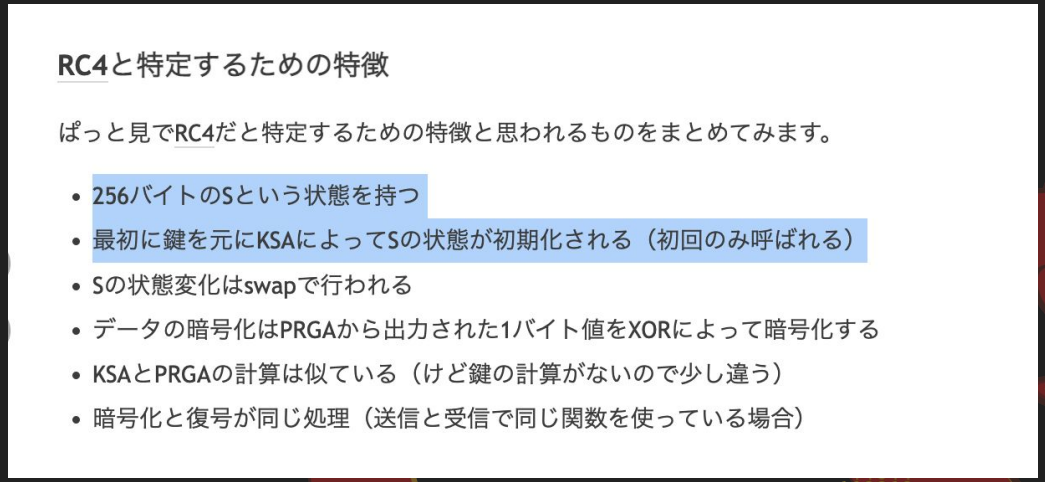
- 指定された関数を読み、
  暗号アルゴリズムの特徴と
  一致する部分がないかを探す
- 冒頭に 0x100 (= 256) バイトの
  配列を作り、0 ~ 256の値で初期化
  する処理が入っている
  - さらにこの配列は、初期化処理後
    関数の第3引数の値を使いながら
    値がスワップされる

Decompile: FUN_080482c5 – (bifrose_mws)

```
1
2  void FUN_080482c5(int param_1,int param_2,int param_3,int param_4,byte param_5
3
4  {
5    byte abStack532 [256];
6    byte abStack276 [256];
7    int local_14;
8    uint local_10;
9    uint local_c;
10   byte local_7;
11   byte local_6;
12   byte local_5;
13
14   for (local_14 = 0; local_14 < 0x100; local_14 = local_14 + 1) {
15     abStack276[local_14] = (byte)local_14;
16   }
17   for (local_14 = 0; local_14 < 0x100; local_14 = local_14 + param_4) {
18     for (local_10 = 0; ((int)local_10 < param_4 && ((int)(local_10 + local_14)
19         local_10 = local_10 + 1) {
20       abStack532[local_14 + local_10] = *(byte *)(local_10 + param_3);
21     }
22   }
23   local_10 = 0;
24   for (local_14 = 0; local_14 < 0x100; local_14 = local_14 + 1) {
25     local_5 = abStack276[local_14];
26     local_6 = abStack532[local_14];
27     local_10 = local_5 + local_10 + (uint)abStack532[local_14] & 0xff;
28     local_6 = abStack276[local_10];
29     abStack276[local_14] = abStack276[local_10];
```

6-1.暗号アルゴリズム

RC4 のアルゴリズムをググるとその特徴と合致してますね



RC4と特定するための特徴

ぱっと見でRC4だと特定するための特徴と思われるものをまとめてみます。

- 256バイトのSという状態を持つ
- 最初に鍵を元にKSAによってSの状態が初期化される（初回のみ呼ばれる）
- Sの状態変化はswapで行われる
- データの暗号化はPRGAから出力された1バイト値をXORによって暗号化する
- KSAとPRGAの計算は似ている（けど鍵の計算がないので少し違う）
- 暗号化と復号が同じ処理（送信と受信で同じ関数を使っている場合）

『アセンブリで書かれたRC4は見た瞬間分かるか』, yasulib memo,
https://yasulib.hatenablog.jp/entry/20180127/1517041821

6-1.暗号アルゴリズム

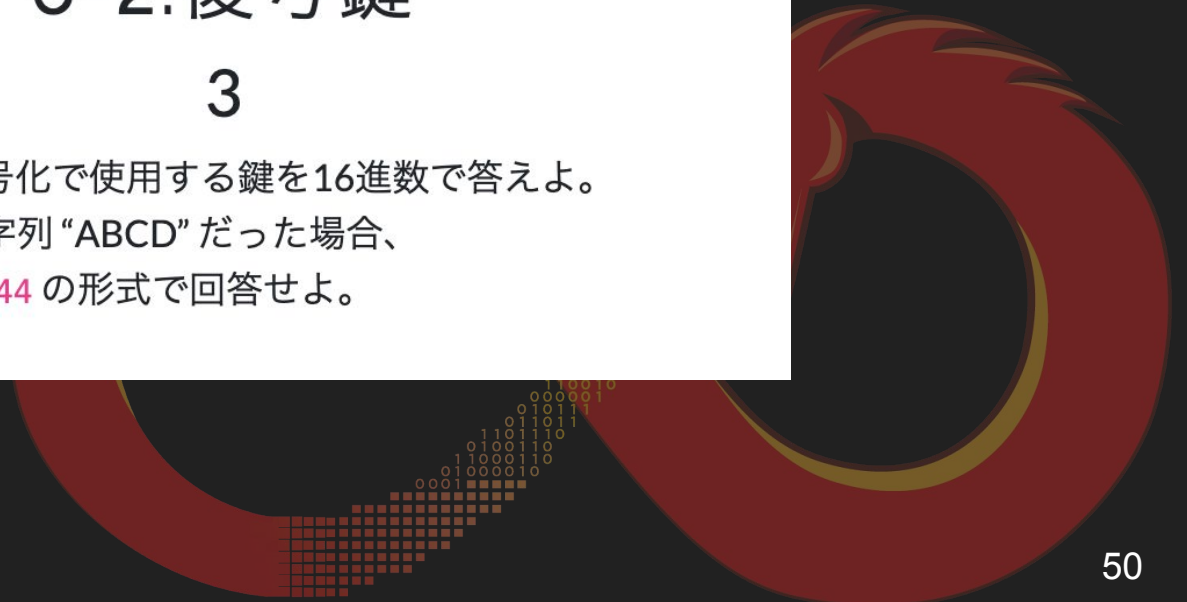
The Answer is: RC4

6-2.復号鍵

6-2.復号鍵

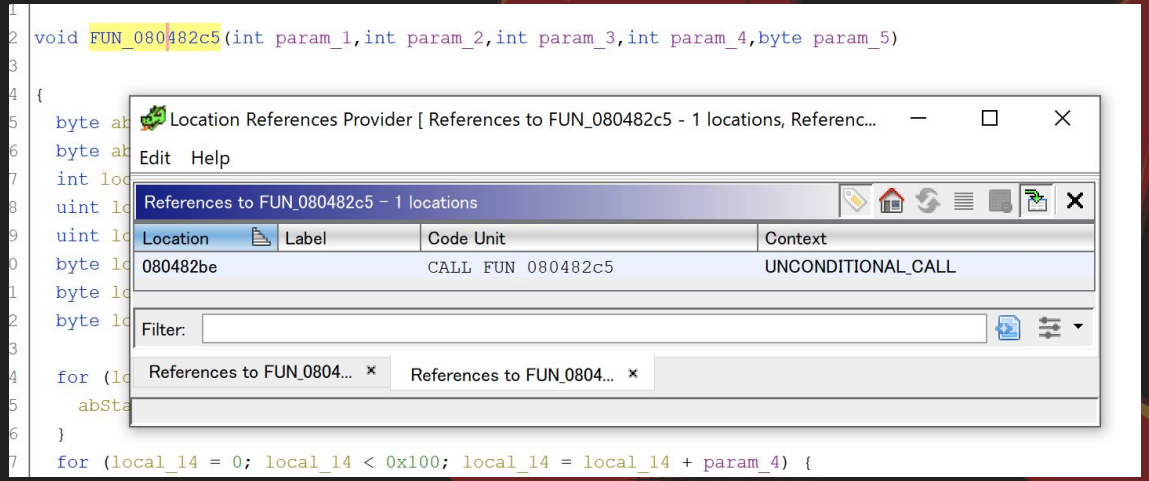
3

マルウェアが暗号化で使用する鍵を16進数で答えよ。
例えば、鍵が文字列 “ABCD” だった場合、
\x41\x42\x43\x44 の形式で回答せよ。



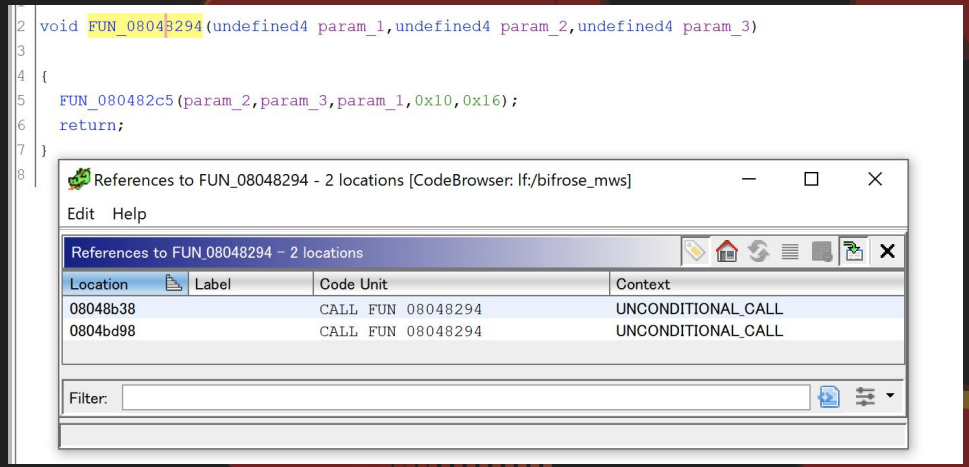
6-2.復号鍵

- 6-1で暗号アルゴリズムがRC4だとわかれば、この関数の第3引数として使われたデータが鍵である可能性が高い
- 暗号関数の参照を辿る。使用されているのはアドレス **0x080482be**



6-2.復号鍵

- アドレス **0x080482be** へいくと **FUN_08048294** というwrapper関数らしき関数へ飛ぶ。
- **FUN_080482c5** の第3引数は **FUN_08048294** の第**1**引数として使われているので、次は **FUN_08048294** の参照を辿り第**1**引数として使われている値を探す。



6-2.復号鍵

- 参照されているアドレスのいずれかを確認すると、**FUN_08048294** の第1引数には **\xa3 ~ \x00 までの16 バイト**が使用されていることがわかる。

➡️ **これがRC4で使用される 鍵**

```
else {
  local_4c = 0xa3;
  local_4b = 0x78;
  local_4a = 0x26;
  local_49 = 0x35;
  local_48 = 0x57;
  local_47 = 0x32;
  local_46 = 0x2d;
  local_45 = 0x60;
  local_44 = 0xb4;
  local_43 = 0x3c;
  local_42 = 0x2a;
  local_41 = 0x5e;
  local_40 = 0x33;
  local_3f = 0x34;
  local_3e = 0x72;
  local_3d = 0;
  piVar2 = (int *)FUN_0805d000(param
  if (piVar2 == (int *)0x0) {
    local_e4 = 0;
  }
  else {
    local_3c = piVar2;
    if (DAT_080d4b1c == 1) {
      iVar3 = FUN_08048256(param_3);
      *piVar2 = iVar3;
    }
    else if (DAT_080d4b1c == 0) {
      *piVar2 = param_3;
    }
    piVar2 = local_3c + 1;
    for (iVar3 = param_3; iVar3 != 0; iVar3 = iVar3 + -1) {
      *(undefined *)piVar2 = *param_2;
      param_2 = param_2 + 1;
      piVar2 = (int *)((int)piVar2 + 1);
    }
    FUN_08048294(&local_4c,local_3c + 1,param_3);
```

References to FUN_08048294 - 2 locations [CodeBrow

Edit Help

References to FUN_08048294 – 2 locations

Location	Label	Code Unit
08048b38		CALL FUN 08048294
0804bd98		CALL FUN 08048294

Filter:

6-2.復号鍵

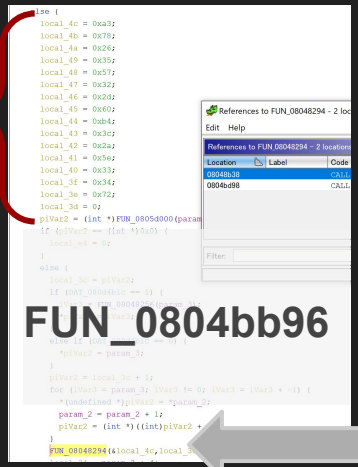
TIPs: 鍵の長さの予想

- 0x00はNull終端であって鍵として使用していないのではないか
  と考えた人がいるかもしれないので補足
- **FUN_080482c5** の第3引数が鍵の本体ならば、
  第4引数には鍵の長さが使われるているのではないかという予想ができる
  (これは、**FUN_080482c5** を解析しても確認できる)
- 本検体の場合、第4引数は 0x10 (= 16)固定。そのため、鍵としては **\xa3** から始まる16バイト分が正解

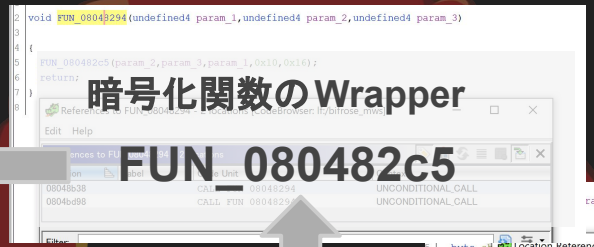
```
2  void FUN_08048294(undefined4 param_1,undefined4 param_2,undefined4 param_3)
3
4  {
5    FUN_080482c5(param_2,param_3,param_1,0x10,0x16);
6    return;
7  }
```

6-2.復号鍵

関数の引数を
辿り鍵の発見

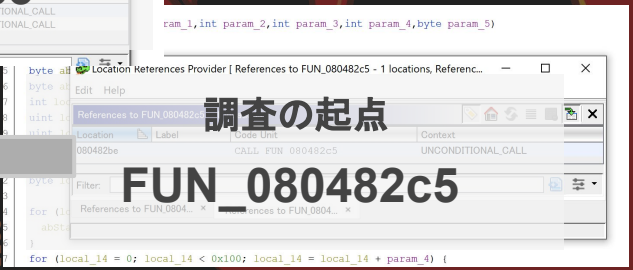


全　体　像



関数の参照を辿る

関数の参照を辿る



6-2.復号鍵

The Answer is:

\xa3\x78\x26\x35\x57\x32\x2d\x60\xb4\x3c\x2a\x5e\x33\x34\x72\x00

6-3.復号処理

6-3.復号処理

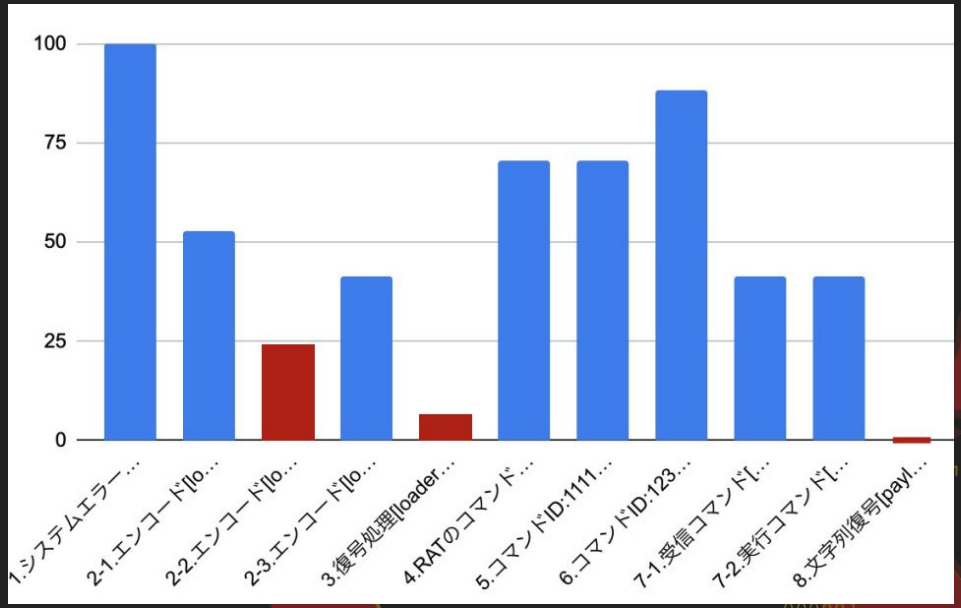
4

FUN_080482c5 のアルゴリズムで暗号化されたファイルを `encrypted.bin` として取得した。
解析結果をもとにファイルを復号し、得られた平文を答えよ。

なお、ベースとなっている暗号アルゴリズムのコードは `encrypt_hint.py` として実装されている。必要なチームは本コードをベースに復号コードを書いてもよい。

encrypted.bin　encrypt_hint....

6-3.復号処理



去年は復号問題解けたチーム 0 だったので、
今年は復号に使えるベースのコードを用意しました!!

6-3.復号処理

基本方針: 用意されたコード(RC4)とデコンパイル結果を比較して処理を追加する

```python
def encrypt(data: bytes, key: bytes) -> bytearray:
    result: list[int] = []
    S: list[int] = [0] * 0x100
    for i in range(0, 0x100, 1):
        S[i] = i
    j: int = 0
    for i in range(0, 0x100, 1):
        S_i_tmp: int = S[i]
        k: int = key[i % len(key)]
        j = (S_i_tmp + j + k) & 0xFF
        S[i] = S[j]
        S[j] = S_i_tmp

    j: int = 0
    for i in range(0, len(data), 1):
        S_i_tmp: int = S[(i + 1) & 0xFF]
        j = (S[(i + 1) & 0xFF] + j) & 0xFF
        S[(i + 1) & 0xFF] = S[j]
        S[j] = S_i_tmp
        index: int = (S[(i + 1) & 0xFF] + S[j]) & 0xFF
        xor_key: int = S[index]
        calc: int = data[i] ^ xor_key
        result.append(calc)

    return bytearray(result)
```

```
for (local_14 = 0; local_14 < 0x100; local_14 = local_14 + 1) {
  abStack276[local_14] = (byte)local_14;
}
for (local_14 = 0; local_14 < 0x100; local_14 = local_14 + param_4) {
  for (local_10 = 0; ((int)local_10 < param_4 && ((int)(local_10 + local_14) < 0x100));
      local_10 = local_10 + 1) {
    abStack532[local_14 + local_10] = *(byte *)(local_10 + param_3);
  }
}
local_10 = 0;
for (local_14 = 0; local_14 < 0x100; local_14 = local_14 + 1) {
  local_5 = abStack276[local_14];
  local_6 = abStack532[local_14];
  local_10 = local_5 + local_10 + (uint)abStack532[local_14] & 0xff;
  local_6 = abStack276[local_10];
  abStack276[local_14] = abStack276[local_10];
  abStack276[local_10] = local_5;
}
local_c = (uint)param_5;
local_10 = 0;
for (local_14 = 0; local_14 < param_2; local_14 = local_14 + 1) {
  local_7 = abStack276[local_14 + 1U & 0xff];
  local_10 = abStack276[local_14 + 1U & 0xff] + local_10 & 0xff;
  abStack276[local_14 + 1U & 0xff] = abStack276[local_10];
  abStack276[local_10] = local_7;
  local_6 = abStack276[local_14 + 1U & 0xff] + local_7;
  local_7 = abStack276[(byte)(abStack276[local_14 + 1U & 0xff] + local_7)];
  if ((local_c & 0x80) == 0) {
    *(char *)(local_14 + param_1) = *(char *)(local_14 + param_1) + (char)local_c;
    *(byte *)(local_14 + param_1) = *(byte *)(local_14 + param_1) ^ local_7;
  }
  else {
    local_7 = local_7 ^ *(byte *)(local_14 + param_1);
    *(byte *)(local_14 + param_1) = (char)local_c + local_7;
  }
}
return;
```

6-3.復号処理

変更点1: 256 バイトの S-box が 2つ使用されている

```python
def encrypt(data: bytes, key: bytes) -> bytearray:
    result: list[int] = []
    S: list[int] = [0] * 0x100
    for i in range(0, 0x100, 1):
        S[i] = i
    j: int = 0
    for i in range(0, 0x100, 1):
        S_i_tmp: int = S[i]
        k: int = key[i % len(key)]
        j = (S_i_tmp + j + k) & 0xFF
        S[i] = S[j]
        S[j] = S_i_tmp

    j: int = 0
    for i in range(0, len(data), 1):
        S_i_tmp: int = S[(i + 1) & 0xFF]
        j = (S[(i + 1) & 0xFF] + j) & 0xFF
        S[(i + 1) & 0xFF] = S[j]
        S[j] = S_i_tmp
        index: int = (S[(i + 1) & 0xFF] + S[j]) & 0xFF
        xor_key: int = S[index]
        calc: int = data[i] ^ xor_key
        result.append(calc)

    return bytearray(result)
```

```
for (local_14 = 0; local_14 < 0x100; local_14 = local_14 + 1) {
  abStack276[local_14] = (byte)local_14;
}
for (local_14 = 0; local_14 < 0x100; local_14 = local_14 + param_4) {
  for (local_10 = 0; ((int)local_10 < param_4 && ((int)(local_10 + local_14) < 0x100));
      local_10 = local_10 + 1) {
    abStack532[local_14 + local_10] = *(byte *)(local_10 + param_3);
  }
}
local_10 = 0;
for (local_14 = 0; local_14 < 0x100; local_14 = local_14 + 1) {
  local_5 = abStack276[local_14];
  local_6 = abStack532[local_14];
  local_10 = local_5 + local_10 + (uint)abStack532[local_14] & 0xff;
  local_6 = abStack276[local_10];
  abStack276[local_14] = abStack276[local_10];
  abStack276[local_10] = local_5;
}
local_c = (uint)param_5;
local_10 = 0;
for (local_14 = 0; local_14 < param_2; local_14 = local_14 + 1) {
  local_7 = abStack276[local_14 + 1U & 0xff];
  local_10 = abStack276[local_14 + 1U & 0xff] + local_10 & 0xff;
  abStack276[local_14 + 1U & 0xff] = abStack276[local_10];
  abStack276[local_10] = local_7;
  local_7 = abStack276[(byte)(abStack276[local_14 + 1U & 0xff] + local_7)];
  if ((int)local_14 < (int)param_1) {
    *(char *)(local_14 + param_1) = *(char *)(local_14 + param_2) ^ (char)local_c;
    local_7 = local_7 ^ *(byte *)(local_14 + param_1);
    *(byte *)(local_14 + param_1) = (char)local_c + local_7;
  }
  else {
    local_7 = local_7 ^ *(byte *)(local_14 + param_1);
    *(byte *)(local_14 + param_1) = (char)local_c + local_7;
  }
}
return;
```

KSA によるS-boxの初期化で
独自のアルゴリズムで作成した
S-box も追加で使用している

6-3.復号処理

変更点2: XOR の処理後に第5引数の値だけ加算する処理がある

```python
def encrypt(data: bytes, key: bytes) -> bytearray:
    result: list[int] = []
    S: list[int] = [0] * 0x100
    for i in range(0, 0x100, 1):
        S[i] = i
    j: int = 0
    for i in range(0, 0x100, 1):
        S_i_tmp: int = S[i]
        k: int = key[i % len(key)]
        j = (S_i_tmp + j + k) & 0xFF
        S[i] = S[j]
        S[j] = S_i_tmp

    j: int = 0
    for i in range(0, len(data), 1):
        S_i_tmp: int = S[(i + 1) & 0xFF]
        j = (S[(i + 1) & 0xFF] + j) & 0xFF
        S[(i + 1) & 0xFF] = S[j]
        S[j] = S_i_tmp
        index: int = (S[(i + 1) & 0xFF] + S[j]) & 0xFF
        xor_key: int = S[index]
        calc: int = data[i] ^ xor_key
        result.append(calc)

    return bytearray(result)
```

第5引数の値が
- 0x80 (=128) 未満で ”加算 => XOR”
- 0x80 (=128) 以上で ”XOR => 加算”

RC4にシーザー暗号のような処理が追加されている

```
local_c = (uint)param_5;
local_10 = 0;
for (local_14 = 0; local_14 < param_2; local_14 = local_14 + 1) {
  local_7 = abStack276[local_14 + 1U & 0xff];
  local_10 = abStack276[local_14 + 1U & 0xff] + local_10 & 0xff;
  abStack276[local_14 + 1U & 0xff] = abStack276[local_10];
  abStack276[local_10] = local_7;
  local_6 = abStack276[local_14 + 1U & 0xff] + local_7;
  local_7 = abStack276[(byte)(abStack276[local_14 + 1U & 0xff] + local_7)];
  if ((local_c & 0x80) == 0) {
    *(char *)(local_14 + param_1) = *(char *)(local_14 + param_1) + (char)local_c;
    *(byte *)(local_14 + param_1) = *(byte *)(local_14 + param_1) ^ local_7;
  }
  else {
    local_7 = local_7 ^ *(byte *)(local_14 + param_1);
    *(byte *)(local_14 + param_1) = (char)local_c + local_7;
  }
}
return;
```

6-3.復号処理

第5引数で使用される値を確認

```
2  void FUN_08043294(undefined4 param_1,undefined4 param_2,undefined4 param_3)
3
4  {
5    FUN_080482c5(param_2,param_3,param_1,0x10,0x16);
6    return;
7  }
```

0x16 (= 22) なので 加算 => XOR

6-3.復号処理

解析結果を元に、コードを加筆・修正する

- 修正点1: S-box の追加
- 修正点2: KSA 処理の変更
- 修正点3: **減算処理**の追加
  - 暗号化コードが”加算”なので
    ”減算”処理をしないと復号できない点に注意

6-3.復号処理

実装例

```python
def RC4_custom(data: bytes, key: bytes, shift: int) -> bytearray:
    result: list[int] = []
    # KSA
    S: list[int] = [0] * 0x100
    S_extend: list[int] = [0] * 0x100
    for i in range(0, 0x100, 1):
        S[i] = i
    for i in range(0, 0x100, 16):
        for i2 in range(0, 16, 1):
            if i + i2 > 0x100:
                break
            S_extend[i + i2] = key[i2]
    j: int = 0
    for i in range(0, 0x100, 1):
        S_tmp: int = S[i]
        S_extend_tmp: int = S_extend[i]
        j = (S_tmp + S_extend_tmp + j) & 0xFF
        S[i] = S[j]
        S[j] = S_tmp

    # PRGA
    j: int = 0
    for i in range(0, len(data), 1):
        S_i_tmp: int = S[(i + 1) & 0xFF]
        j = (S[(i + 1) & 0xFF] + j) & 0xFF
        S[(i + 1) & 0xFF] = S[j]
        S[j] = S_i_tmp
        index: int = (S[(i + 1) & 0xFF] + S_i_tmp) & 0xFF
        xor_key: int = S[index]
        calc: int = 0
        if shift & 0x80 == 0:
            calc = ((data[i] ^ xor_key) - shift) & 0xFF
        else:
            calc = ((data[i] - shift) ^ xor_key) & 0xFF
        result.append(calc)

    return bytearray(result)
```

S-box 追加

KSA の変更

減算処理の追加

6-3.復号処理

実行結果

```
~/Documents/work via 🐍 v3.9.0
❯ python bifrose_rc4.py encrypted.bin
bytearray(b'MWS{W3lc0m3_t0_d33p_1n_th3_rc4_c1ph3r!!}')
```

```python
def RC4_custom(data: bytes, key: bytes, shift: int) -> bytearray:
    result: list[int] = []
    # KSA
    S: list[int] = [0] * 0x100
    S_extend: list[int] = [0] * 0x100
    for i in range(0, 0x100, 1):
        S[i] = i
    for i in range(0, 0x100, 16):
        for i2 in range(0, 16, 1):
            if i + i2 > 0x100:
                break
            S_extend[i + i2] = key[i2]
    j: int = 0
    for i in range(0, 0x100, 1):
        S_tmp: int = S[i]
        S_extend_tmp: int = S_extend[i]
        j = (S_tmp + S_extend_tmp + j) & 0xFF
        S[i] = S[j]
        S[j] = S_tmp

    # PRGA
    j: int = 0
    for i in range(0, len(data), 1):
        S_i_tmp: int = S[(i + 1) & 0xFF]
        j = (S[(i + 1) & 0xFF] + j) & 0xFF
        S[(i + 1) & 0xFF] = S[j]
        S[j] = S_i_tmp
        index: int = (S[(i + 1) & 0xFF] + S_i_tmp) & 0xFF
        xor_key: int = S[index]
        calc: int = 0
        if shift & 0x80 == 0:
            calc = ((data[i] ^ xor_key) - shift) & 0xFF
        else:
            calc = ((data[i] - shift) ^ xor_key) & 0xFF
        result.append(calc)

    return bytearray(result)
```

S-box 追加

KSA の変更

減算処理の追加

6-3.復号処理

The Answer is:

MWS{W3lc0m3_t0_d33p_1n_th3_rc4_c1ph3r!!}

解答まとめ

1-1. コンフィグサイズ このマルウェアは複数のIPアドレスとポートをコンフィグとして持てる。1つのコンフィグのサイズを求めよ	62
1-2. コンフィグ数 このマルウェアが保有できるIPアドレスとポートの組の最大数を10進数で答えよ。	10
1-3. 通信先: 本検体の通信先(C2サーバ)を"IPアドレス:ポート番号"の形式で答えよ。	172.16.123.133:443
2. コマンド数 FUN_0804b79e はC2サーバから受信したコマンドをもとに処理を決定する関数である。コマンド数を答えよ。	15
3. コマンド処理1: コマンド0x85の処理を選択せよ。	ファイル書き込み
4. コマンド処理2: コマンドID 0xF6 の動作を説明せよ。	侵害されたマシンのリモートシェル起動
5. コマンド処理3: ファイル名の変更をするコマンドIDを16進数で答えよ。	0x8f
6-1. 暗号アルゴリズム FUN_080482c5 はマルウェアが通信の暗号化のために使用する関数である。ベースのアルゴリズムを選択せよ。	C2 サーバから受信したデータを別スレッドで実行する
6-2. 復号鍵: マルウェアが暗号化で使用する鍵を16進数で答えよ。	\xa3\x78\x26\x35\x57\x32\x2d\x60\xb4\x3c\x2a\x5e\x33\x34\x72\x00
6-3. 復号処理: FUN_080482c5 のアルゴリズムで暗号化されたファイルを復号し、得られた平文を答えよ。	MWS{W3lc0m3_t0_d33p_1n_th3_rc4_c1ph3r!!}

マルウェアファミリ

- ELF bifrose
  - BlackTechが利用
- 2020年以降Linux環境も狙う

技術分析

RSS

中国のハッカーHUAPIのバックドア型マルウェア「BiFrost」の解析

2020.4.15 | Global Support & Service

Share:

キーワード：HUAPI、PLEAD、GhostCat、CVE-2020-1938、Linux、BiFrost、RC4、RAT

はじめに

最近、TeamT5は台湾のある学術情報ネットワーク図書館のWebサイトでマルウェアが見つかったという情報を得ました。TeamT5の研究員は分析と調査により、同Webサイトのシステムが Tomcat 7.0.73をWebサーバとして使用し、8009番ポートが開放されていることを発見しました。TeamT5の研究員は、WebサイトにGhostcat（CVE-2020-1938）の脆弱性があることを確認しました。詳細は下図のとおりです。

Nmap scan report for [redacted].edu.tw [redacted]

https://teamt5.org/jp/posts/technical-analysis-on-backdoor-bifrost-of-the-Chinese-apt-group-huapi/

おわりに

攻撃グループBlackTechは、引き続き活動を続けており、今後も注意が必要です。今回解説した検体の通信先に関しては、Appendix Cに記載していますので、アクセスしている端末がないかご確認ください。
なお、今回紹介したマルウェアが発見されたサーバー上では、その他のマルウェア（ダウンローダー、バックドア、ELF Bifrose）や、攻撃ツールを確認しています。次にサーバー上で保存されている攻撃ツールを列挙します。これらのツールは、攻撃グループBlackTechによって利用されている可能性があることにご注意ください。

https://blogs.jpcert.or.jp/ja/2021/09/gh0sttimes.html

3.12. ELF_Bifrose

Linux 版の Bifrose マルウェアです。過去の分析記事[14]に記載されている検体と大きく機能は変わっておりませんが、私たちが確認した検体について紹介します。

3.12.1. 特徴

file コマンドや readelf -p .comment コマンドの実行結果は以下の通りです。古い環境でコンパイル・静的リンクされており、攻撃者は環境依存の問題を減らしたいものと考えられます。

```
$ file a914c729e4816fb49c8b9830694be385460c2cc366bf1ab1410e84295cfa0946
a914c729e4816fb49c8b9830694be385460c2cc366bf1ab1410e84295cfa0946: ELF 32-bit LSB executable, Intel 80386,
 version 1 (SYSV), statically linked, for GNU/Linux 2.6.9, stripped
$ readelf -p .comment a914c729e4816fb49c8b9830694be385460c2cc366bf1ab1410e84295cfa0946

String dump of section '.comment':
  [     1]  GCC: (GNU) 4.1.2 20080704 (Red Hat 4.1.2-44)
  [    2f]  GCC: (GNU) 4.1.2 20080704 (Red Hat 4.1.2-44)
```

図 42 ELF_Bifrose file コマンド実行結果

https://jp.security.ntt/resources/BlackTech_2021.pdf