

Lab1

2016-18221 0|동현

1. 실행 결과

```
donghyun@donghyun-VirtualBox:~/dev/2022_sp_linker/handout/part1$ make run test1
cc -I. -I ..utils -o libmemtrace.so -shared -fPIC memtrace.c ..utils/memlog.c
..utils/memlist.c -ldl
[0001] Memory tracer started.
[0002]     malloc( 1024 ) = 0x5654211822d0
[0003]     malloc( 32 ) = 0x5654211826e0
[0004]     malloc( 1 ) = 0x565421182710
[0005]     free( 0x565421182710 )
[0006]     free( 0x5654211826e0 )
[0007]
[0008] Statistics
[0009]   allocated_total      1057
[0010]   allocated_avg        352
[0011]   freed_total          0
[0012]
[0013] Memory tracer stopped.
```

사진1. part1 test1

```
donghyun@donghyun-VirtualBox:~/dev/2022_sp_linker/handout/part1$ make run test2
cc -I. -I ..utils -o libmemtrace.so -shared -fPIC memtrace.c ..utils/memlog.c
..utils/memlist.c -ldl
[0001] Memory tracer started.
[0002]     malloc( 1024 ) = 0x560de9d902d0
[0003]     free( 0x560de9d902d0 )
[0004]
[0005] Statistics
[0006]   allocated_total      1024
[0007]   allocated_avg        1024
[0008]   freed_total          0
[0009]
[0010] Memory tracer stopped.
```

사진2. part1 test2

```
[0001] Memory tracer started.
[0002]     malloc( 58758 ) = 0x556a0cf042d0
[0003]     calloc( 1 , 37398 ) = 0x556a0cf12860
[0004]     malloc( 55788 ) = 0x556a0cf1ba80
[0005]     calloc( 1 , 46342 ) = 0x556a0cf29480
[0006]     calloc( 1 , 56150 ) = 0x556a0cf34990
[0007]     calloc( 1 , 14688 ) = 0x556a0cf424f0
[0008]     malloc( 53246 ) = 0x556a0cf45e60
[0009]     calloc( 1 , 10594 ) = 0x556a0cf52e70
[0010]     malloc( 42432 ) = 0x556a0cf557e0
[0011]     calloc( 1 , 16866 ) = 0x556a0cf5fdb0
[0012]     free( 0x556a0cf5fdb0 )
[0013]     free( 0x556a0cf557e0 )
[0014]     free( 0x556a0cf52e70 )
[0015]     free( 0x556a0cf45e60 )
[0016]     free( 0x556a0cf424f0 )
[0017]     free( 0x556a0cf34990 )
[0018]     free( 0x556a0cf29480 )
[0019]     free( 0x556a0cf1ba80 )
[0020]     free( 0x556a0cf12860 )
[0021]     free( 0x556a0cf042d0 )
[0022]
[0023] Statistics
[0024]   allocated_total      392262
[0025]   allocated_avg        39226
[0026]   freed_total          0
[0027]
[0028] Memory tracer stopped.
```

사진3. part1 test3

```
donghyun@donghyun-VirtualBox:~/dev/2022_sp_linker/handout/part1$ make run test4
cc -I. -I ..utils -o libmemtrace.so -shared -fPIC memtrace.c ..utils/memlog.c
..utils/memlist.c -ldl
[0001] Memory tracer started.
[0002]      malloc( 1024 ) = 0x55a0125702d0
[0003]      free( 0x55a0125702d0 )
free(): double free detected in tcache 2
Aborted (core dumped)
make: *** [Makefile:37: run] Error 134
```

사진4. part1. test4

```
donghyun@donghyun-VirtualBox:~/dev/2022_sp_linker/handout/part1$ make run test5
cc -I. -I ..utils -o libmemtrace.so -shared -fPIC memtrace.c ..utils/memlog.c
..utils/memlist.c -ldl
[0001] Memory tracer started.
[0002]      malloc( 10 ) = 0x5601dbdbe2d0
[0003]      realloc( 0x5601dbdbe2d0 , 100 ) = 0x5601dbdbe2d0
[0004]      realloc( 0x5601dbdbe2d0 , 1000 ) = 0x5601dbdbe2d0
[0005]      realloc( 0x5601dbdbe2d0 , 10000 ) = 0x5601dbdbe2d0
[0006]      realloc( 0x5601dbdbe2d0 , 100000 ) = 0x5601dbdbe2d0
[0007]      free( 0x5601dbdbe2d0 )
[0008]
[0009] Statistics
[0010]   allocated_total     111110
[0011]   allocated_avg       22222
[0012]   freed_total          0
[0013]
[0014] Memory tracer stopped.
```

사진5. part1. test5

```
donghyun@donghyun-VirtualBox:~/dev/2022_sp_linker/handout/part2$ make run test1
cc -I. -I ..utils -o libmemtrace.so -shared -fPIC memtrace.c ..utils/memlog.c
..utils/memlist.c -ldl
[0001] Memory tracer started.
[0002]      malloc( 1024 ) = 0x557210d6c2d0
[0003]      malloc( 32 ) = 0x557210d6c710
[0004]      malloc( 1 ) = 0x557210d6c770
[0005]      free( 0x557210d6c770 )
[0006]      free( 0x557210d6c710 )
[0007]
[0008] Statistics
[0009]   allocated_total     1057
[0010]   allocated_avg       352
[0011]   freed_total          33
[0012]
[0013] Non-deallocated memory blocks
[0014]   block           size   ref cnt
[0015]   0x557210d6c2d0    1024      1
[0016]
[0017] Memory tracer stopped.
```

사진6. part2 test1

```
donghyun@donghyun-VirtualBox:~/dev/2022_sp_linker/handout/part2$ make run test2
cc -I. -I ..utils -o libmemtrace.so -shared -fPIC memtrace.c ..utils/memlog.c
..utils/memlist.c -ldl
[0001] Memory tracer started.
[0002]      malloc( 1024 ) = 0x55e3af7ad2d0
[0003]      free( 0x55e3af7ad2d0 )
[0004]
[0005] Statistics
[0006]   allocated_total     1024
[0007]   allocated_avg       1024
[0008]   freed_total          1024
[0009]
[0010] Memory tracer stopped.
```

사진7. part2 test2

```

[0001] Memory tracer started.
[0002]     calloc( 1 , 33559 ) = 0x557c2d7322d0
[0003]     malloc( 55935 ) = 0x557c2d73a620
[0004]     calloc( 1 , 41752 ) = 0x557c2d7480e0
[0005]     calloc( 1 , 61497 ) = 0x557c2d752430
[0006]     calloc( 1 , 12378 ) = 0x557c2d7614b0
[0007]     calloc( 1 , 59765 ) = 0x557c2d764550
[0008]     calloc( 1 , 60673 ) = 0x557c2d772f00
[0009]     malloc( 53356 ) = 0x557c2d781c40
[0010]     calloc( 1 , 13585 ) = 0x557c2d78ecf0
[0011]     malloc( 28643 ) = 0x557c2d792240
[0012]     free( 0x557c2d792240 )
[0013]     free( 0x557c2d78ecf0 )
[0014]     free( 0x557c2d781c40 )
[0015]     free( 0x557c2d772f00 )
[0016]     free( 0x557c2d764550 )
[0017]     free( 0x557c2d7614b0 )
[0018]     free( 0x557c2d752430 )
[0019]     free( 0x557c2d7480e0 )
[0020]     free( 0x557c2d73a620 )
[0021]     free( 0x557c2d7322d0 )
[0022]
[0023] Statistics
[0024]   allocated_total      421143
[0025]   allocated_avg        42114
[0026]   freed_total          421143
[0027]
[0028] Memory tracer stopped.

```

사진8. part2 test3

```

donghyun@donghyun-VirtualBox:~/dev/2022_sp_linker/handout/part2$ make run test4
cc -I. -I ..utils -o libmemtrace.so -shared -fPIC memtrace.c ..utils/memlog.c
..utils/memlist.c -ldl
[0001] Memory tracer started.
[0002]     malloc( 1024 ) = 0x555ad8d072d0
[0003]     free( 0x555ad8d072d0 )
free(): double free detected in tcache 2
Aborted (core dumped)
make: *** [Makefile:37: run] Error 134

```

사진9. part2 test4

```

donghyun@donghyun-VirtualBox:~/dev/2022_sp_linker/handout/part2$ make run test5
cc -I. -I ..utils -o libmemtrace.so -shared -fPIC memtrace.c ..utils/memlog.c
..utils/memlist.c -ldl
[0001] Memory tracer started.
[0002]     malloc( 10 ) = 0x55f6f53a12d0
[0003]     realloc( 0x55f6f53a12d0 , 100 ) = 0x55f6f53a1320
[0004]     realloc( 0x55f6f53a1320 , 1000 ) = 0x55f6f53a13c0
[0005]     realloc( 0x55f6f53a13c0 , 10000 ) = 0x55f6f53a17e0
[0006]     realloc( 0x55f6f53a17e0 , 100000 ) = 0x55f6f53a3f30
[0007]     free( 0x55f6f53a3f30 )
[0008]
[0009] Statistics
[0010]   allocated_total      111110
[0011]   allocated_avg        22222
[0012]   freed_total          111110
[0013]
[0014] Memory tracer stopped.

```

사진10. part2 test5

```
donghyun@donghyun-VirtualBox:~/dev/2022_sp_linker/handout/part3$ make run test1
cc -I. -I ..utils -o libmemtrace.so -shared -fPIC memtrace.c ..utils/memlog.c
..utils/memlist.c -ldl
[0001] Memory tracer started.
[0002]     malloc( 1024 ) = 0x5587067512d0
[0003]     malloc( 32 ) = 0x558706751710
[0004]     malloc( 1 ) = 0x558706751770
[0005]     free( 0x558706751770 )
[0006]     free( 0x558706751710 )

[0007]
[0008] Statistics
[0009]     allocated_total      1057
[0010]     allocated_avg        352
[0011]     freed_total          33
[0012]
[0013] Non-deallocated memory blocks
[0014]     block              size      ref cnt
[0015]     0x5587067512d0    1024        1
[0016]
[0017] Memory tracer stopped.
```

사진11. part3 test1

```
donghyun@donghyun-VirtualBox:~/dev/2022_sp_linker/handout/part3$ make run test2
cc -I. -I ..utils -o libmemtrace.so -shared -fPIC memtrace.c ..utils/memlog.c
..utils/memlist.c -ldl
[0001] Memory tracer started.
[0002]     malloc( 1024 ) = 0x55d2b583c2d0
[0003]     free( 0x55d2b583c2d0 )

[0004]
[0005] Statistics
[0006]     allocated_total      1024
[0007]     allocated_avg        1024
[0008]     freed_total          1024
[0009]
[0010] Memory tracer stopped.
```

사진12. part3 test2

```
[0001] Memory tracer started.
[0002]     calloc( 1 , 33559 ) = 0x557c2d7322d0
[0003]     malloc( 55935 ) = 0x557c2d73a620
[0004]     calloc( 1 , 41752 ) = 0x557c2d7480e0
[0005]     calloc( 1 , 61497 ) = 0x557c2d752430
[0006]     calloc( 1 , 12378 ) = 0x557c2d7614b0
[0007]     calloc( 1 , 59765 ) = 0x557c2d764550
[0008]     calloc( 1 , 60673 ) = 0x557c2d772f00
[0009]     malloc( 53356 ) = 0x557c2d781c40
[0010]     calloc( 1 , 13585 ) = 0x557c2d78ecf0
[0011]     malloc( 28643 ) = 0x557c2d792240
[0012]     free( 0x557c2d792240 )
[0013]     free( 0x557c2d78ecf0 )
[0014]     free( 0x557c2d781c40 )
[0015]     free( 0x557c2d772f00 )
[0016]     free( 0x557c2d764550 )
[0017]     free( 0x557c2d7614b0 )
[0018]     free( 0x557c2d752430 )
[0019]     free( 0x557c2d7480e0 )
[0020]     free( 0x557c2d73a620 )
[0021]     free( 0x557c2d7322d0 )

[0022]
[0023] Statistics
[0024]     allocated_total      421143
[0025]     allocated_avg        42114
[0026]     freed_total          421143
[0027]
[0028] Memory tracer stopped.
```

사진13. part3 test3

```
donghyun@donghyun-VirtualBox:~/dev/2022_sp_linker/handout/part3$ make run test4
cc -I. -I ..utils -o libmemtrace.so -shared -fPIC memtrace.c ..utils/memlog.c
..utils/memlist.c -ldl
[0001] Memory tracer started.
[0002]     malloc( 1024 ) = 0x557643aba2d0
[0003]     free( 0x557643aba2d0 )
[0004]     free( 0x557643aba2d0 )
[0005] *** DOUBLE_FREE *** (ignoring)
[0006]     free( 0x1706e90 )
[0007] *** ILLEGAL_FREE *** (ignoring)
[0008]
[0009] Statistics
[0010] allocated_total      1024
[0011] allocated_avg        1024
[0012] freed_total          1024
[0013]
[0014] Memory tracer stopped.
```

사진14. part3 test4

```
donghyun@donghyun-VirtualBox:~/dev/2022_sp_linker/handout/part3$ make run test5
cc -I. -I ..utils -o libmemtrace.so -shared -fPIC memtrace.c ..utils/memlog.c
..utils/memlist.c -ldl
[0001] Memory tracer started.
[0002]     malloc( 10 ) = 0x55c0e61ec2d0
[0003]     realloc( 0x55c0e61ec2d0 , 100 ) = 0x55c0e61ec320
[0004]     realloc( 0x55c0e61ec320 , 1000 ) = 0x55c0e61ec3c0
[0005]     realloc( 0x55c0e61ec3c0 , 10000 ) = 0x55c0e61ec7e0
[0006]     realloc( 0x55c0e61ec7e0 , 100000 ) = 0x55c0e61eef30
[0007]     free( 0x55c0e61eef30 )
[0008]
[0009] Statistics
[0010] allocated_total      111110
[0011] allocated_avg        22222
[0012] freed_total          111110
[0013]
[0014] Memory tracer stopped.
```

사진15. part3 test5

2. 구현

1) part1

malloc, calloc, realloc, free를 정의하고 로그를 출력하도록 구현했다. 예시와 동일하게 각 함수에 dlsym을 이용해 동적으로 심볼을 찾아서 포인터를 할당했다.

```
void *malloc(size_t size)
{
    void *ptr;
    char *error;

    if (!mallocl) {
        mallocl = dlsym(RTLD_NEXT, "malloc");
        if ((error = dlerror()) != NULL || (mallocl == NULL)) {
            fprintf(stderr, "Error getting symbol 'malloc': %s\n", error);
            exit(1);
        }
    }

    ptr = mallocl(size);
    n_allocb += size;
    n_malloc += 1;
    LOG_MALLOC(size, ptr);

    return ptr;
}
```

사진 16. part1 malloc

`LOG_MALLOC`을 이용해서 위해 할당받은 사이즈와 주소를 출력했다. 통계를 위해 `n_allocb`에 사이즈를 더해주고 `n_malloc`의 카운트를 올려주었다.

`calloc`과 `realloc, free`에서도 동일하게 `LOG_CALLOC`, `LOG_REALLOC`, `LOG_FREE`를 활용하였고, 통계값들을 적절히 넣어주었다.

2) part2

part2에서는 메모리 `alloc`과 `dealloc`을 추적하기 위해 `util`에 제공된 `linked list`를 활용했다. `malloc`, `calloc`, `realloc`에서 메모리를 할당할 때 `util`의 `alloc`을 호출하여 `lined list`에 주입해 기록해놓을 수 있었고, `realloc`과 `free`에서는 해제하는 과정이 있기 때문에 `dealloc`을 호출해주었다.

```
void *realloc(void *ptr, size_t size)
{
    char *error;
    void *realloced_ptr;

    if (!reallocp) {
        reallocp = dlsym(RTLD_NEXT, "realloc");
        if ((error = dlerror()) != NULL || (reallocp == NULL)) {
            fprintf(stderr, "Error getting symbol 'realloc': %s\n", error);
            exit(1);
        }
    }

    realloced_ptr = reallocp(ptr, size);
    n_allocb += size;
    n_realloc += 1;
    n_freeb += dealloc(list, ptr)->size;
    alloc(list, realloced_ptr, size);

    LOG_REALLOC(ptr, size, realloced_ptr);

    return realloced_ptr;
}
```

사진17. part3 realloc

특히 `realloc`에서는 메모리 상태에 따라 주소와 사이즈가 바뀔 수 있기 때문에 `dealloc`과 `alloc`을 차례로 호출해주어 정상적으로 추가 가능하도록 했다. 이후 로그 출력에 `linked list`를 활용하여 `ptr, size, cnt`를 각각 출력 가능했다. 또한 `dealloc`할 때에 `n_freeb` 값에 사이즈를 더해 `LOG_STATISTICS`에 활용했다.

3) part3

part3에서는 `ill free`와 `double free`를 관리해주었다. 각 케이스는 런타임에서 에러를 발생시키기 때문에 구현부에서 실제 심볼을 호출하지 않고 스kip하며 로그만 하도록 구현했다.

```
if (find(list, ptr) == NULL) {
    reallocated_ptr = reallocp(NULL, size);

    LOG_REALLOC(ptr, size, reallocated_ptr);
    LOG_ILL_FREE();
} else if (find(list, ptr)->cnt == 0) {
    reallocated_ptr = reallocp(NULL, size);

    LOG_REALLOC(ptr, size, reallocated_ptr);
    LOG_DOUBLE_FREE();
} else {
    reallocated_ptr = reallocp(ptr, size);

    LOG_REALLOC(ptr, size, reallocated_ptr);
    n_freeb += dealloc(list, ptr)->size;
}
```

사진18. part3 realloc의 ill free, double free handling

사진18에서처럼 util의 find 함수를 활용해 linked list에 블록이 존재하는지, 블록의 카운트가 이미 0인지를 체크하여 ill free와 double free를 검사할 수 있었다. free에서도 동일하게 검사하여 오류 없이 통계 로그가 가능하도록 했다.

3. 어려웠던 점

구현 과정에서 가장 어려웠던 부분은 linked list의 구현을 파악하고 적용하는 것이었다. linked list의 구현이 dealloc 할 때 블록을 제거하는 것이 아닌 count를 관리하는 구현이었는데, 이것이 part2와 part3을 구현하면서 ill free와 double free를 위한 구현인 것을 파악하는 것이 어려웠다. C 언어에 완전히 친숙하지 않았기 때문에 read someone else's code에도 어려움을 느꼈다.

4. 새롭게 배운 점

이번 과제를 진행하면서 c언어의 메모리 할당과 해제 관련 함수들인 malloc과 calloc, realloc, free의 동작에 관해 정확하게 이해하고 구현해야했기 때문에 모호했던 부분들을 새롭게 배우고 해소할 수 있었다. garbage collector를 지원해 메모리 관리에 비교적 신경을 덜 쓰던 기타 언어들에 비해 직접 할당과 해제를 관리하는 것에 익숙해지고 더 효율적인 코드를 생산해야겠다고 생각했다.