補助ベクトルとプロセスのロード

Akira Kawata

Linuxにおいてプロセスに渡される(広義の)引数

- ユーザ引数 (`ls` **`-alh`**)
- 環境変数　(**`PYTHONPATH=.`** `python3 hoge.py`)

```
> cat main.c

int main(int argc, char* const argv[], char** envp) {
return 0; }

> gcc main.c -static

> ./a.out
```

Linuxにおいてプロセスに渡される(広義の)引数

- ユーザ引数 (`ls` **`-alh`**)
- 環境変数　(**`PYTHONPATH=.`** `python3 hoge.py`)

```
> cat main.c

int main(int argc, char* const argv[], char** envp) {
return 0; }

> gcc main.c -static

> ./a.out
```

補助ベクトル(Auxiliary Vector)

- カーネルがプロセスに渡す(広義の)引数
  - ハードウェアの情報 (AT_HWCAP)
  - メモリ上のプロセスの位置 (AT_BASE)
  - セキュリティ目的で使うランダムな値へのポインタ (AT_RANDOM)
- `getauxval(3)` で取得できる

補助ベクトルがどのようにプロセスに渡されるか

```
position            content                     size (bytes) + comment
  ------------------------------------------------------------------------
  stack pointer ->  [ argc = number of args ]     4
                    [ argv[0] (pointer) ]         4   (program name)
                    [ argv[1] (pointer) ]         4
                    [ argv[..] (pointer) ]        4 * x
                    [ argv[n - 1] (pointer) ]     4
                    [ argv[n] (pointer) ]         4   (= NULL)

                    [ envp[0] (pointer) ]         4
                    [ envp[1] (pointer) ]         4
                    [ envp[..] (pointer) ]        4
                    [ envp[term] (pointer) ]      4   (= NULL)

                    [ auxv[0] (Elf32_auxv_t) ]    8
                    [ auxv[1] (Elf32_auxv_t) ]    8
                    [ auxv[..] (Elf32_auxv_t) ]   8
                    [ auxv[term] (Elf32_auxv_t) ] 8   (= AT_NULL vector)

                    [ padding ]                   0 - 16

                    [ argument ASCIIZ strings ]   >= 0
                    [ environment ASCIIZ str. ]   >= 0

  (0xbffffffc)      [ end marker ]                4   (= NULL)

  (0xc0000000)      < bottom of stack >           0   (virtual)
  ------------------------------------------------------------------------
```

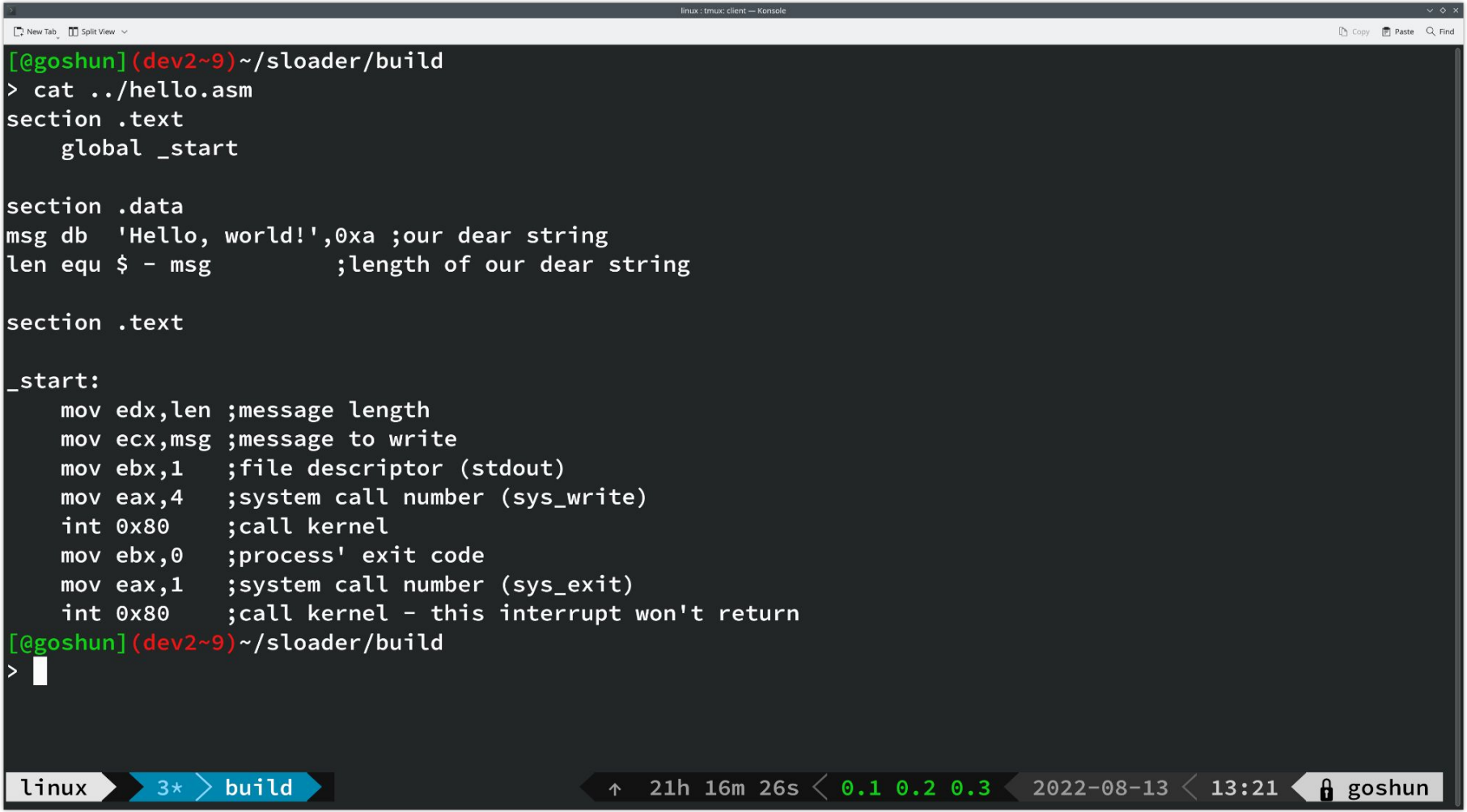
ref: http://articles.manugarg.com/aboutelfauxiliaryvectors.html

最近ローダを作っています

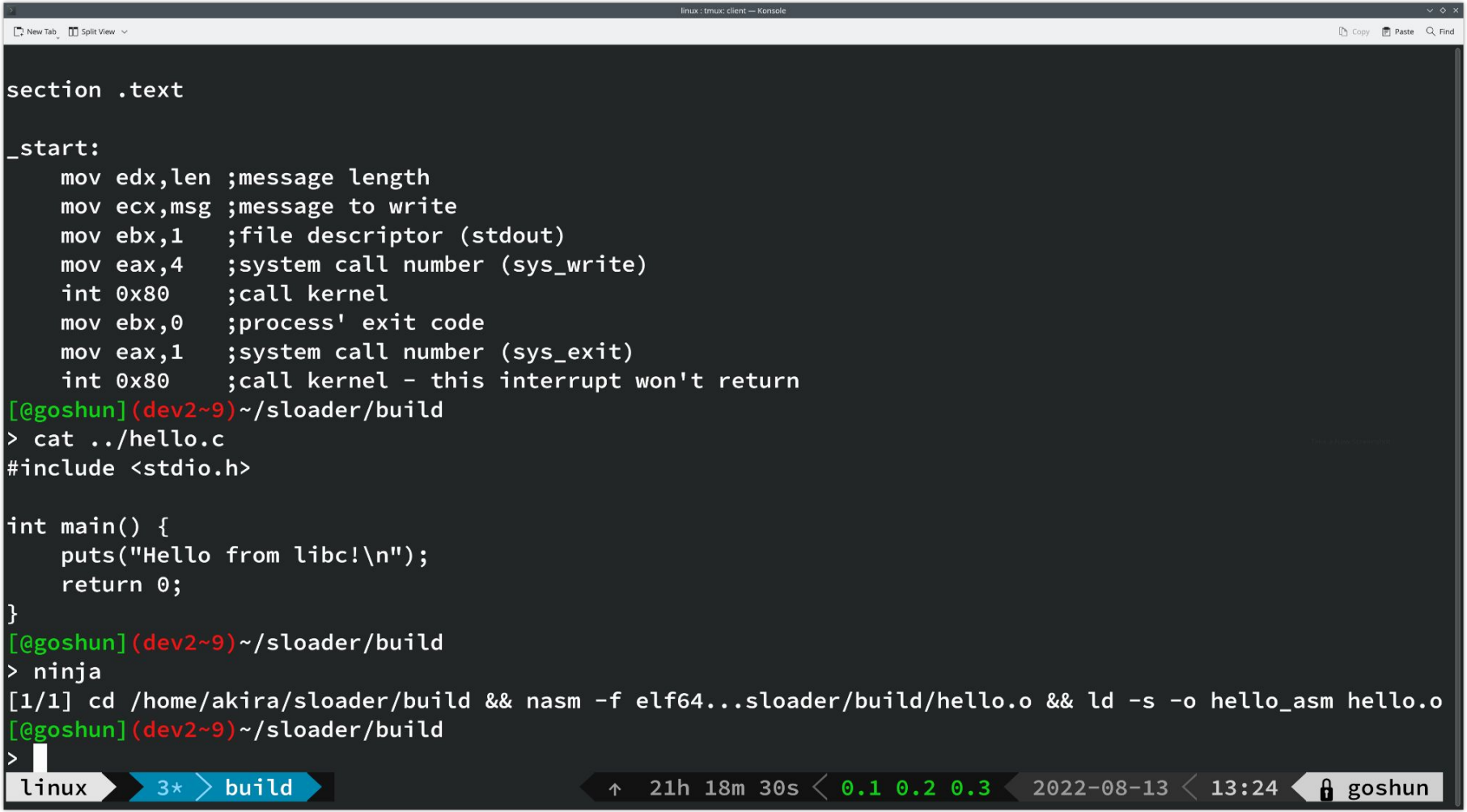
- https://github.com/akawashiro/sloader
- ローダとは
  - プロセスをメモリにロードする
  - ユーザ引数、環境変数、補助ベクトルの準備
- sloaderでは補助ベクトルの初期化をサボっていた
  - 「補助」ていうぐらいだし要らないのでは?
- アセンブラオンリーのhello worldは起動できた
- libcを静的リンクしたhello worldが起動できない

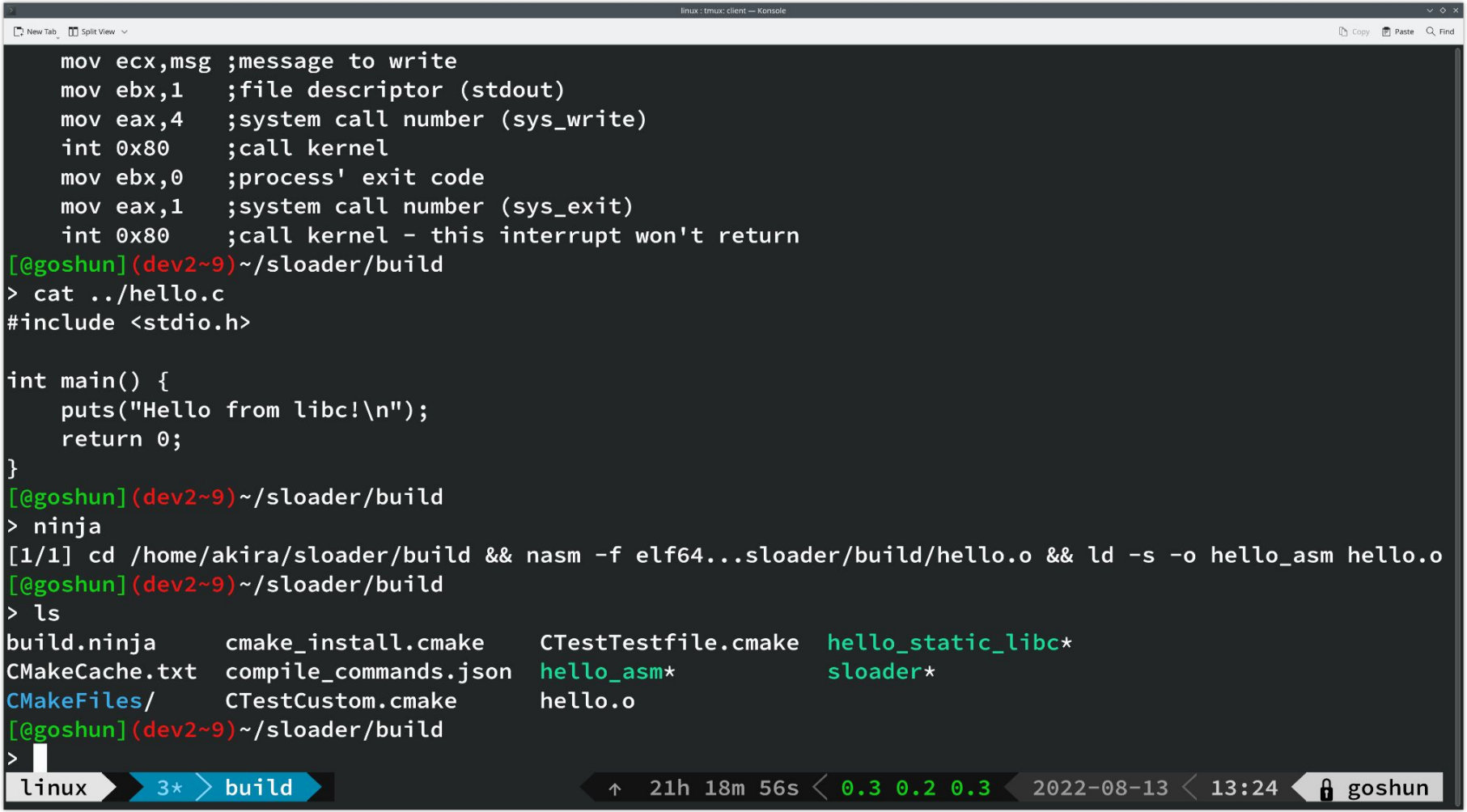
デモ

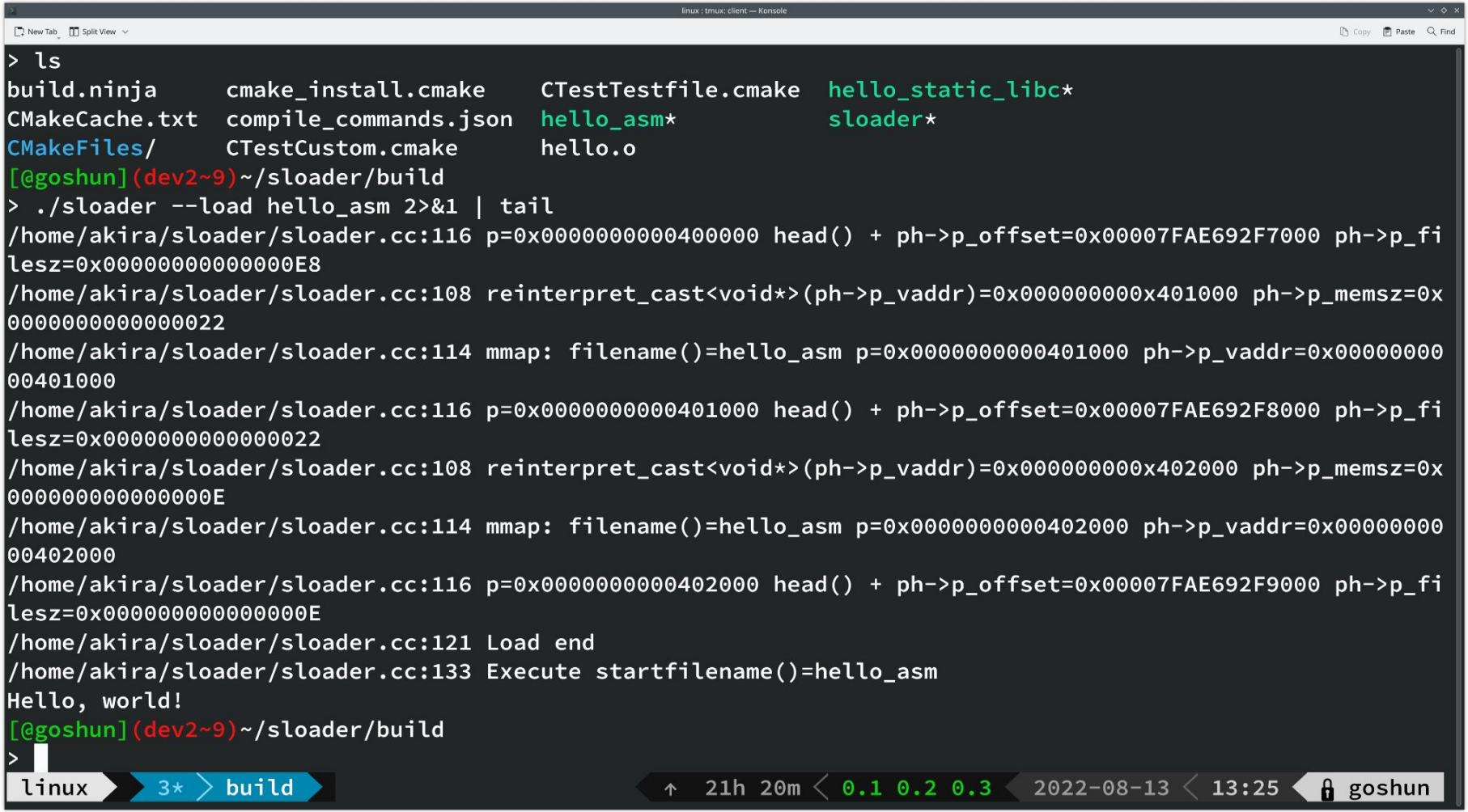
動画撮るの疲れるのでパラパラ漫画で

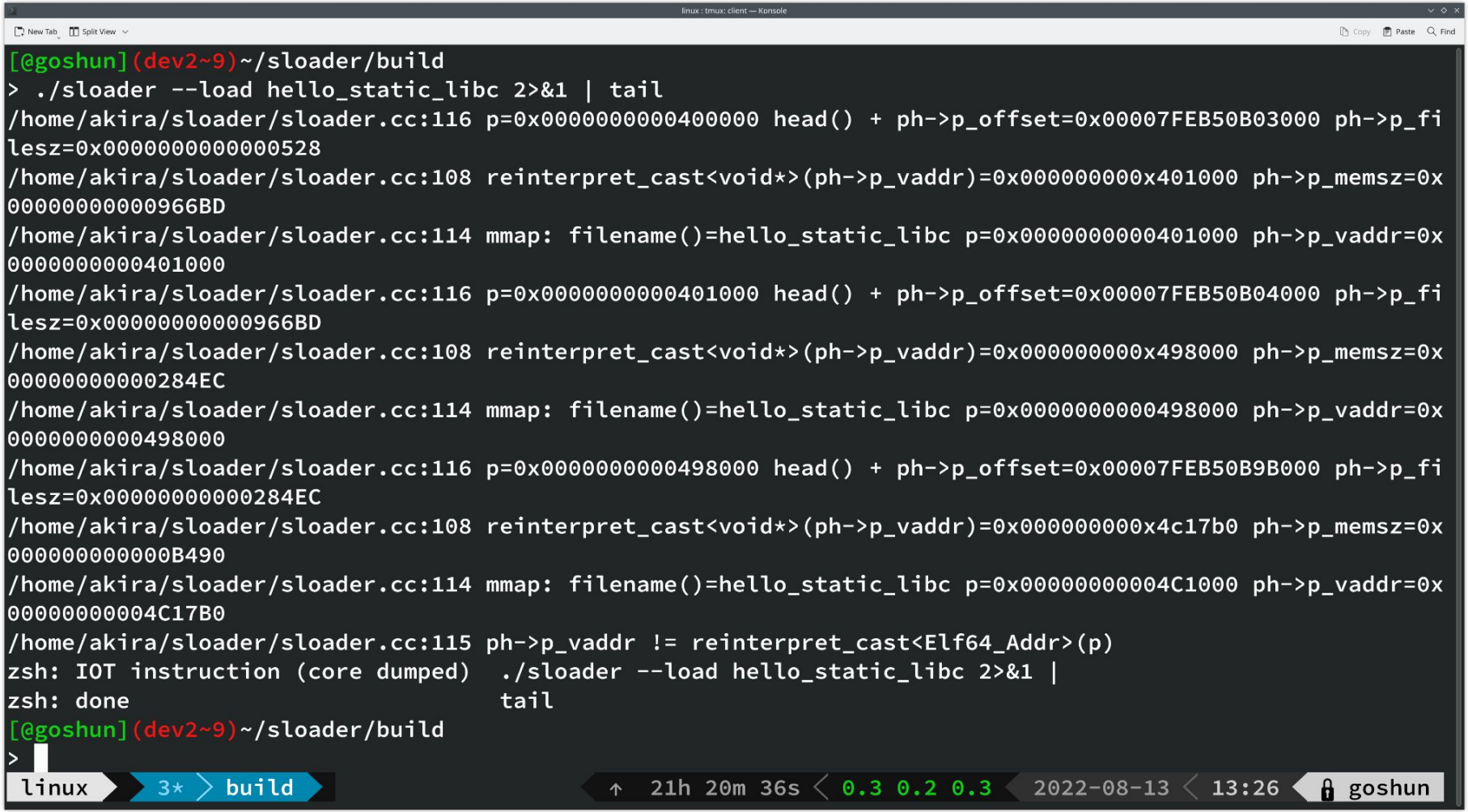

linux : tmux: client — Konsole
New Tab
Split View
Copy
Paste
Find
[@goshun](dev2~9)~/sloader/build
> cat ../hello.asm
section .text
global _start
section .data
msg db 'Hello, world!',0xa ;our dear string
len equ $ - msg ;length of our dear string
section .text
_start:
mov edx,len ;message length
mov ecx,msg ;message to write
mov ebx,1 ;file descriptor (stdout)
mov eax,4 ;system call number (sys_write)
int 0x80 ;call kernel
mov ebx,0 ;process' exit code
mov eax,1 ;system call number (sys_exit)
int 0x80 ;call kernel - this interrupt won't return
[@goshun](dev2~9)~/sloader/build
>
linux
3*
build
21h 16m 26s
0.1 0.2 0.3
2022-08-13
13:21
goshun

```
section .data
msg db  'Hello, world!',0xa ;our dear string
len equ $ - msg         ;length of our dear string

section .text

_start:
    mov edx,len ;message length
    mov ecx,msg ;message to write
    mov ebx,1   ;file descriptor (stdout)
    mov eax,4   ;system call number (sys_write)
    int 0x80    ;call kernel
    mov ebx,0   ;process' exit code
    mov eax,1   ;system call number (sys_exit)
    int 0x80    ;call kernel - this interrupt won't return
[@goshun](dev2~9)~/sloader/build
> cat ../hello.c
#include <stdio.h>

int main() {
    puts("Hello from libc!\n");
    return 0;
}
[@goshun](dev2~9)~/sloader/build
>
```


linux : tmux: client — Konsole
New Tab
Split View
Copy
Paste
Find
section .text
_start:
mov edx,len ;message length
mov ecx,msg ;message to write
mov ebx,1 ;file descriptor (stdout)
mov eax,4 ;system call number (sys_write)
int 0x80 ;call kernel
mov ebx,0 ;process' exit code
mov eax,1 ;system call number (sys_exit)
int 0x80 ;call kernel - this interrupt won't return
[@goshun](dev2~9)~/sloader/build
> cat ../hello.c
#include <stdio.h>
int main() {
puts("Hello from libc!\n");
return 0;
}
[@goshun](dev2~9)~/sloader/build
> ninja
[1/1] cd /home/akira/sloader/build && nasm -f elf64...sloader/build/hello.o && ld -s -o hello_asm hello.o
[@goshun](dev2~9)~/sloader/build
>
linux
3*
build
21h 18m 30s
0.1 0.2 0.3
2022-08-13
13:24
goshun


linux : tmux: client — Konsole
New Tab
Split View
Copy
Paste
Find
mov ecx,msg ;message to write
mov ebx,1 ;file descriptor (stdout)
mov eax,4 ;system call number (sys_write)
int 0x80 ;call kernel
mov ebx,0 ;process' exit code
mov eax,1 ;system call number (sys_exit)
int 0x80 ;call kernel - this interrupt won't return
[@goshun](dev2~9)~/sloader/build
> cat ../hello.c
#include <stdio.h>
int main() {
puts("Hello from libc!\n");
return 0;
}
[@goshun](dev2~9)~/sloader/build
> ninja
[1/1] cd /home/akira/sloader/build && nasm -f elf64...sloader/build/hello.o && ld -s -o hello_asm hello.o
[@goshun](dev2~9)~/sloader/build
> ls
build.ninja cmake_install.cmake CTestTestfile.cmake hello_static_libc*
CMakeCache.txt compile_commands.json hello_asm* sloader*
CMakeFiles/ CTestCustom.cmake hello.o
[@goshun](dev2~9)~/sloader/build
>
linux 3* build
21h 18m 56s 0.3 0.2 0.3 2022-08-13 13:24 goshun


linux : tmux: client — Konsole
New Tab
Split View
Copy
Paste
Find
> ls
build.ninja cmake_install.cmake CTestTestfile.cmake hello_static_libc*
CMakeCache.txt compile_commands.json hello_asm* sloader*
CMakeFiles/ CTestCustom.cmake hello.o
[@goshun](dev2~9)~/sloader/build
> ./sloader --load hello_asm 2>&1 | tail
/home/akira/sloader/sloader.cc:116 p=0x0000000000400000 head() + ph->p_offset=0x00007FAE692F7000 ph->p_filesz=0x00000000000000E8
/home/akira/sloader/sloader.cc:108 reinterpret_cast<void*>(ph->p_vaddr)=0x000000000x401000 ph->p_memsz=0x0000000000000022
/home/akira/sloader/sloader.cc:114 mmap: filename()=hello_asm p=0x0000000000401000 ph->p_vaddr=0x0000000000401000
/home/akira/sloader/sloader.cc:116 p=0x0000000000401000 head() + ph->p_offset=0x00007FAE692F8000 ph->p_filesz=0x0000000000000022
/home/akira/sloader/sloader.cc:108 reinterpret_cast<void*>(ph->p_vaddr)=0x000000000x402000 ph->p_memsz=0x000000000000000E
/home/akira/sloader/sloader.cc:114 mmap: filename()=hello_asm p=0x0000000000402000 ph->p_vaddr=0x0000000000402000
/home/akira/sloader/sloader.cc:116 p=0x0000000000402000 head() + ph->p_offset=0x00007FAE692F9000 ph->p_filesz=0x000000000000000E
/home/akira/sloader/sloader.cc:121 Load end
/home/akira/sloader/sloader.cc:133 Execute startfilename()=hello_asm
Hello, world!
[@goshun](dev2~9)~/sloader/build
>
linux 3* build
↑ 21h 20m 0.1 0.2 0.3 2022-08-13 13:25 goshun


linux : tmux: client — Konsole
New Tab
Split View
Copy
Paste
Find
[@goshun](dev2~9)~/sloader/build
> ./sloader --load hello_static_libc 2>&1 | tail
/home/akira/sloader/sloader.cc:116 p=0x0000000000400000 head() + ph->p_offset=0x00007FEB50B03000 ph->p_filesz=0x0000000000000528
/home/akira/sloader/sloader.cc:108 reinterpret_cast<void*>(ph->p_vaddr)=0x000000000x401000 ph->p_memsz=0x00000000000966BD
/home/akira/sloader/sloader.cc:114 mmap: filename()=hello_static_libc p=0x0000000000401000 ph->p_vaddr=0x0000000000401000
/home/akira/sloader/sloader.cc:116 p=0x0000000000401000 head() + ph->p_offset=0x00007FEB50B04000 ph->p_filesz=0x00000000000966BD
/home/akira/sloader/sloader.cc:108 reinterpret_cast<void*>(ph->p_vaddr)=0x000000000x498000 ph->p_memsz=0x00000000000284EC
/home/akira/sloader/sloader.cc:114 mmap: filename()=hello_static_libc p=0x0000000000498000 ph->p_vaddr=0x0000000000498000
/home/akira/sloader/sloader.cc:116 p=0x0000000000498000 head() + ph->p_offset=0x00007FEB50B9B000 ph->p_filesz=0x00000000000284EC
/home/akira/sloader/sloader.cc:108 reinterpret_cast<void*>(ph->p_vaddr)=0x000000000x4c17b0 ph->p_memsz=0x000000000000B490
/home/akira/sloader/sloader.cc:114 mmap: filename()=hello_static_libc p=0x00000000004C1000 ph->p_vaddr=0x00000000004C17B0
/home/akira/sloader/sloader.cc:115 ph->p_vaddr != reinterpret_cast<Elf64_Addr>(p)
zsh: IOT instruction (core dumped) ./sloader --load hello_static_libc 2>&1 |
zsh: done   tail
[@goshun](dev2~9)~/sloader/build
>
linux
3*
build
21h 20m 36s
0.3 0.2 0.3
2022-08-13
13:26
goshun

デモ終わり

gdbで見る

```
Program received signal SIGSEGV, Segmentation fault.
0x0000000000402535 in ?? ()
LEGEND: STACK | HEAP | CODE | DATA | RWX | RODATA

 RAX  0x0
 RBX  0x400518 ◂— 0
```

0x0から読もうとしている

```
► 0x402535     movq   (%rax), %rax
  0x402538     xorb   %al, %al
  0x40253a     movq   %rax, %fs:0x28
  0x402543     cmpl   $0, 0xbf2de(%rip)
```

0x402535周りをobjdumpで見る

```
40252e:      mov 0xbd52b(%rip),%rax # 4bfa60 <_dl_random>
402535:      mov (%rax),%rax
402538:      30 c0    xor %al,%al
```

_dl_randomが初期化されてない

_dl_randomはどこで初期化される

- glibcの中でAT_RANDOMの値が書き込まれる
- dl-support.c#L316-L318

```
case AT_RANDOM:
    _dl_random = (void *) av->a_un.a_val;
    break;
```

なぜ_dl_randomが必要なのか?

- libc-start.c#L331-L333
- スタックガードで使われる
- スタックガードとは
  - スタックオーバーフロー攻撃を防ぐための手段
  - スタックの終わりにランダムな値を書き込んでおく
  - スタックを超えて書き込みがあると値が変わるので気づく

それカーネルから渡す必要ある?

経緯

1. glibc側からスタックガード用にランダムなバイト列が欲しい
2. 最初は/dev/urandomを使おうとしていた
3. プロセスを起動するたびに/dev/urandomを開くのは高価
4. カーネルに実装される

- Re: [PATCH] get_random_long() and AT_ENTROPY for auxv, kernel 2.6.21.5
- randomized stack protector value
- ELF: implement AT_RANDOM for future glibc use

ローダを実装するときは補助ベクトルもちゃんと実装しないと謎のSEGVで苦しむよ