Lab 04

1. Logging in as `ubuntu`

디컴파일된 패스워드 체크 로직은 다음과 같다.

```
_BOOL8 __fastcall check_password(int a1)
{
  char v2; // [rsp+1Bh] [rbp-15h]
  int i; // [rsp+1Ch] [rbp-14h]
  int v4; // [rsp+20h] [rbp-10h]
  int v5; // [rsp+24h] [rbp-Ch]
  int v6; // [rsp+28h] [rbp-8h]
  int v7; // [rsp+2Ch] [rbp-4h]

  if ( a1 )
  {
    if ( a1 > 11 )
    {
      if ( a1 <= 32 )
      {
        v7 = 0;
        v6 = 0;
        v5 = 0;
        v4 = 0;
        for ( i = 0; i < a1; ++i )
        {
          v2 = input[i];
          if ( v2 <= 96 || v2 > 122 )
          {
            if ( v2 <= 64 || v2 > 90 )
            {
              if ( v2 <= 47 || v2 > 57 )
              {
                if ( v2 != 33
                  && v2 != 64
                  && v2 != 35
                  && v2 != 36
                  && v2 != 37
                  && v2 != 94
                  && v2 != 38
                  && v2 != 42
                  && v2 != 40
                  && v2 != 41
                  && v2 != 45
                  && v2 != 95
```

```
                && v2 != 43
                && v2 != 61
                && v2 != 123
                && v2 != 125
                && v2 != 91
                && v2 != 93
                && v2 != 63
                && v2 != 60
                && v2 != 62
                && v2 != 126
                && v2 != 46
                && v2 != 44 )
              {
                printf("[-] invalid character: %c\n", (unsigned int)v2);
                return 1LL;
              }
              v4 = 1;
            }
            else
            {
              v5 = 1;
            }
          }
          else
          {
            v6 = 1;
          }
        }
        else
        {
          v7 = 1;
        }
      }
      if ( !v7 )
        puts("[-] Must include a lowercase letter");
      if ( !v6 )
        puts("[-] Must include a uppercase letter");
      if ( !v5 )
        puts("[-] Must include a digit: 0-9");
      if ( !v4 )
        printf("[-] Must include a special char: !@#$%%^&*()-_=+{}[]<>?~,.\n");
      return v4 * v5 * v6 * v7 != 1;
    }
    else
    {
      puts("[-] password is too long");
      return 1LL;
    }
  }
  else
```

```
    {
      puts("[-] password is too short");
      return 1LL;
    }
  }
  else
  {
    puts("[-] a password is required");
    return 1LL;
  }
}
```

코드를 분석해보면, password의 길이가 12 ~ 32 사이의 값이어야 하고, 숫자, 소문자 알파벳, 대문자 알파벳과 특수문자를 포함해서 만들어야 한다.

```
csed415-lab04@csed415:~$ nc localhost 10004
Ubuntu 22.04 ubuntu tty1
ubuntu login: f
Incorrect password!

csed415-lab04@csed415:~$
```

```
csed415-lab04@csed415:~$ nc localhost 10004
Ubuntu 22.04 ubuntu tty1
ubuntu login: F
```

localhost에 접속해 여러 문자를 입력하다보면, 잘못된 문자를 입력하면 `Incorrect password!`를 출력하고, 특정한 문자에서는 `Incorrect password!`라는 입력을 출력하지 않고, 다음 문자의 입력을 기다리는 것을 볼 수 있다. 이는 문자를 1개씩 비교해서 ubuntu의 password와 같은지 확인하는 로직으로 볼 수 있다.

이는 사용자에게 password 문자를 하나씩 복구할 수 있게 하는 취약점이며, brute-force 공격을 통해 간단하게 공격할 수 있다. 이를 이용해 side channel attack을 수행할 수 있다.

```
from pwn import *
import time
import statistics

context.log_level = True

REMOTE_HOST = '141.223.181.16'
REMOTE_USER = 'csed415-lab04'
REMOTE_PORT = 7022
SSH_PASSWORD = '2979cfed'

HOST = 'localhost'
PORT = 10004
USERNAME = 'ubuntu'
```

```python
TRIALS = 1         # 한 문자를 측정할 때 반복 횟수
MAX_LEN = 32       # 최대 비밀번호 길이


CHARS = "0123456789abcdefghijklmnopqrstuvwxyzABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ!@#$%^&*()-_=+{}[

def measure_attempt(prefix: str) -> float:
    durations = []
    for _ in range(TRIALS):
        try:
            conn = remote(HOST, PORT)
        except:
            return 20
        # login prompt
        # conn.recvuntil(b'login:')
        start = time.perf_counter()
        conn.sendline(prefix.encode())

        try:
            conn.recvuntil(b'Incorrect password!', timeout=20)
        except:
            conn.close()
            return 20
        end = time.perf_counter()

        durations.append(end - start)
        conn.close()

    # 통계적으로 노이즈 제거
    return statistics.mean(durations)

def recover_password():
    recovered = ''
    for pos in range(MAX_LEN):
        tmp_time_set = dict()
        best_char = None
        best_time = -1.0

        # 각 문자 시도하여 응답 시간 측정
        for c in CHARS:
            guess = recovered + c
            t = measure_attempt(guess)
            tmp_time_set[c] = t
            if t > best_time:
                best_time = t
                best_char = c

        recovered += best_char
        print(f"[{pos+1:02d}] Found: '{best_char}' (avg {best_time:.6f}s)")
```

```
            print(tmp_time_set)

        print("Recovered password:", recovered)


if __name__ == '__main__':
    recover_password()
```

다음과 같은 코드로 일정 시간이 지난 후, ubuntu의 password를 알아낼 수 있다. password를 찾아내도 멈추는 로직은 만들지 않아, 약간의 수동으로 조작이 필요하다.

ubuntu의 password는 `F0r7uNe_f4V0r5_the_|3R4veJ` 인 것을 알아낼 수 있었다

2. `dave`'s password

```
csed415-lab04@csed415:~$ nc localhost 10004
Ubuntu 22.04 ubuntu tty1
ubuntu login: F0r7uNe_f4V0r5_the_|3R4veJ
Login success

+----------------------+
| Ubuntu Sandboxed Mode |
+----------------------+
| Select command #:    |
|  1. cat /etc/shadow  |
|  2. cat ./atk.note   |
|  3. /bin/pwdmgr      |
|  4. Log in as dave   |
+----------------------+
(1-4) >>> 4
```

로그인에 성공하면 다음과 같은 화면이 뜬다.

```
1. I could leak the password entry of dave from `/etc/shadow`:
- dave:$5$RByrWzKkQroXD$jgzSfKmMS/O.6pP0TEIZitkB.gUSqEy5s1vLoklivU5
- This is a good place to get started with cracking his password!
- But without additional information, brute-forcing would take too much time :(

2. I think I need to reverse-engineer /bin/pwdmgr, for more insight into his password.
- Dave seems to have generated his password using the pwdmgr program.
- I have copied the pwdmgr binary into /home/csed415-lab04/
- gen_strong_pwd function seems to be relevant.. it relies on openssl
  to generate a salted hash of a password. But why does it NOT hash the
  user-provided password directly? Very weird.. Let's reverse-engineer this function.
```

2번을 눌러서 정보를 확인해보면, `dave`는 `pwdmgr`로 만들어진 `$5$RByrWzKkQroXD$jgzSfKmMS/O.6pP0TEIZitkB.gUSqEy5s1vLoklivU5` 해시값을 가지고 있다. 이 해시값이

어떻게 `pwdmgr`에서 만들어졌는지, reverse engineering을 통해 확인해보자.

```
int __cdecl main(int argc, const char **argv, const char **envp)
{
  unsigned int password; // [rsp+8h] [rbp-8h]

  setvbuf(stdout, 0LL, 2, 0LL);
  setvbuf(stdin, 0LL, 2, 0LL);
  puts("pwdmgr: Secure Password Generator & Manager\nProvide your password and pwdmgr will make it stronger.");
  password = get_password();
  if ( (unsigned int)check_password(password) == 1 )
    exit(1);
  gen_strong_pwd();
  return 0;
}
```

위에서 언급했듯이, 해시값은 `gen_strong_pwd()` 함수에서 생성된다. 이를 분석해보자.

```
int gen_strong_pwd()
{
  size_t v0; // rax
  char command[64]; // [rsp+0h] [rbp-70h] BYREF
  char dest[3]; // [rsp+40h] [rbp-30h] BYREF
  char v4[37]; // [rsp+43h] [rbp-2Dh] BYREF
  char *s; // [rsp+68h] [rbp-8h]

  s = getlogin();
  strncpy(dest, &input, 3uLL);
  v0 = strlen(s);
  strncpy(v4, s, v0);
  dest[strlen(s) + 3] = 0;
  snprintf(command, 0x40uLL, "openssl passwd -5 %s", dest);
  return system(command);
}
```

코드를 보면, `getlogin()`을 통해 사용자의 이름 (입력한 값이 아님)을 가져오고, 입력값인 input의 3바이트를 가져와 이를 합친 다음에 해시를 계산해서 내보낸다.

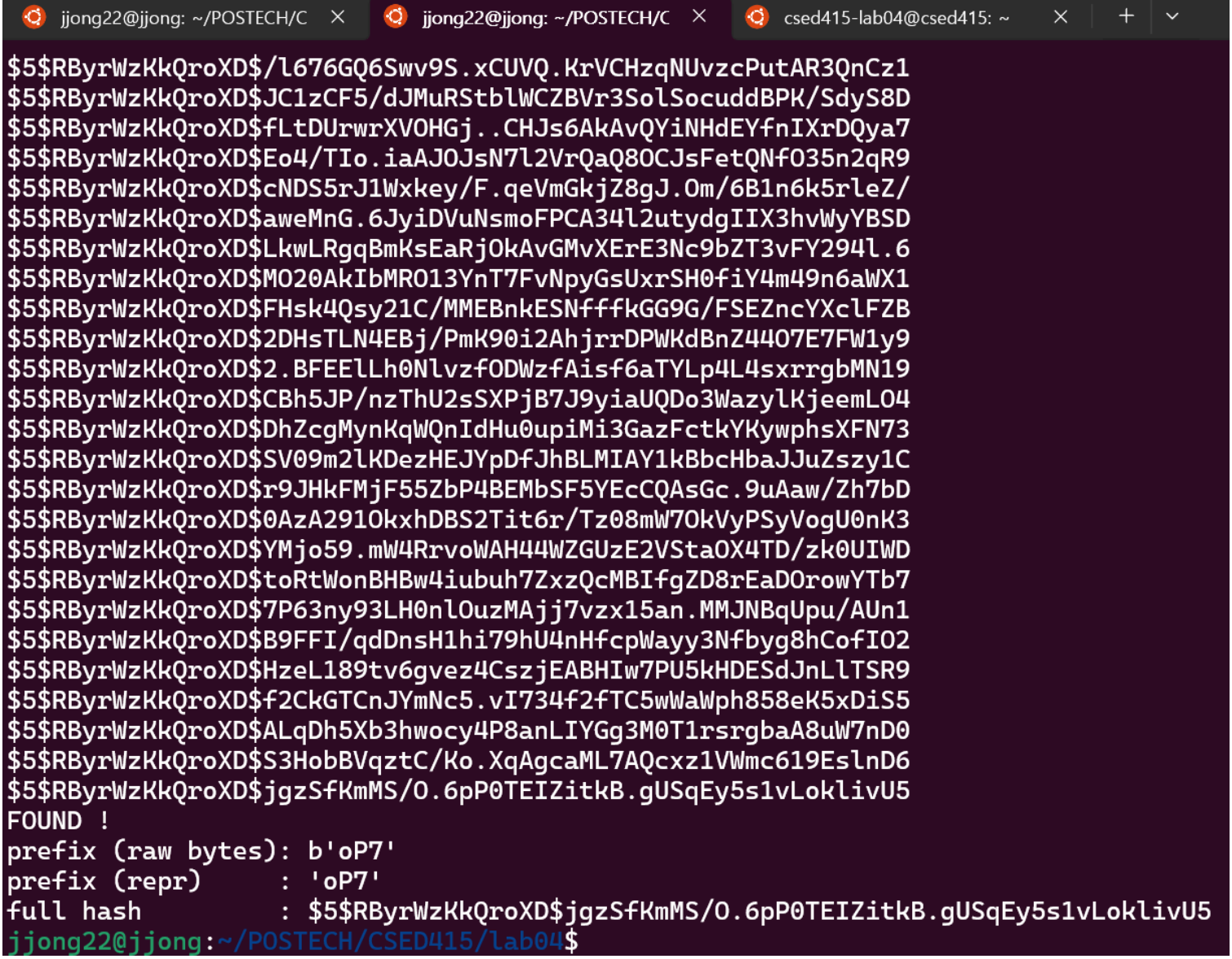
우리가 아무리 길고 어려운 정보를 입력하더라도 3바이트의 정보만 담기기 때문에, brute-force를 통해 공격 가능할만한 크기임을 확인할 수 있다.

우리는 이 파일을 사용하는 유저의 이름이 `dave`인 것을 알고 있고, 3바이트를 더하고 있으므로, `dave` 앞에 붙는 3바이트를 알아내면 `dave`의 password와 같은 해시값을 가지는 password를 알아낼 수 있다.
즉, `(3bytes) + dave` 를 brute-force를 통해 알아내면 복구할 수 있다.

아래와 같은 코드로 브루트 포스를 수행했다.

```
import crypt
from itertools import product

s = "dave"
prefix = ""
salt = "RByrWzKkQroXD"
```

```
hashed ="jgzSfKmMS/O.6pP0TEIZitkB.gUSqEy5s1vLoklivU5"

CRYPT_SALT = f"$5${salt}$"
CHARS = ''.join(chr(c) for c in range(0x20, 0x7F))

def brute_force():
    for c1, c2, c3 in product(CHARS, repeat=3):
        prefix = f"{c1}{c2}{c3}"
        pwd = prefix + s
        full = crypt.crypt(pwd, CRYPT_SALT)      # '$5$salt$hash'

        print(full)

        if full.endswith(hashed):
            return prefix, full

    return None

if __name__ == "__main__":
    res = brute_force()
    if res:
        prefix, full_hash = res
        # 제어 문자·널 바이트 확인용 이스케이프 표현
        print("FOUND !")
        print("prefix (raw bytes):", prefix.encode('latin-1'))
        print("prefix (repr)     :", repr(prefix))
        print("full hash         :", full_hash)
    else:
        print("Not found.")
```



조금의 시간이 경과한 후, 동일한 해시값을 찾을 수 있었다. 이를 통해 `dave` 앞에 `oP7`을 붙여서 `oP7dave`로 로그인을 시도하면 flag를 얻을 수 있다.

```
csed415-lab04@csed415:~$ nc localhost 10004
Ubuntu 22.04 ubuntu tty1
ubuntu login: F0r7uNe_f4V0r5_the_|3R4veJ
Login success

+----------------------+
| Ubuntu Sandboxed Mode |
+----------------------+
| Select command #:     |
|  1. cat /etc/shadow   |
|  2. cat ./atk.note    |
|  3. /bin/pwdmgr       |
|  4. Log in as dave    |
+----------------------+
(1-4) >>> 4
ubuntu@sandbox:~$ sudo su dave
[sudo] password for dave: oP7dave
Great! Here is your flag
944583A6CFFB89C892AEABE82B57E2788321659E91A52EF67EA3EC29DB40BFEA
```