Sigurnost računala i podataka Laboratorijske vježbe

Laboratorijska vježba 1

U prvoj laboratorijskoj vježbi realizirani su **man-in-the-middle** i **denial of service** napadi iskorištavanjem ranjivosti Address Resolution Protocol-a (ARP). Napadi su testirani u virtualiziranoj Docker mreži koju čine 3 virtualizirana Docker računala (eng. container): dvije žrtve imenovane kao station-1 i station-2 te napadač evil-station.

Podizanje Docker kontejnera i pokretanje interaktivnog shell-a

1. U Terminalu kreiramo osobni direktorij i pozicioniramo se u njega. U taj direktorij kloniramo sljedeći GitHub repozitorij:

```
git clone https://github.com/mcagalj/SRP-2021-22
```

2. Pozicioniramo se u odgovarajući direktorij za vježbu.

```
cd SRP-2021-22/arp-spoofing/
```

3. Pozivanjem skripte pokrećemo virtualizirano mrežno okruženje.

```
./start.sh
```

4. Provjera svih aktivnih kontejnera.

```
docker ps
```

```
CONTAINER ID   IMAGE     COMMAND   CREATED          STATUS          NAMES
c4660c699839   srp/arp   "bash"    50 seconds ago   Up 48 seconds   station-2
6f11986b1c1a   srp/arp   "bash"    50 seconds ago   Up 48 seconds   evil-station
6f4a4d63bea2   srp/arp   "bash"    50 seconds ago   Up 49 seconds   station-1
```

5. Pokrećemo interaktivni shell na svakom od kontejnera u zasebnim prozorima Terminala.

```
docker exec -it station-naziv bash
```

6. Iz interaktivnog shell-a od station-1 provjerimo je li dohvatiljv station-2, odnosno jesu li oba na istoj mreži.

```
ping station-2
```

```
64 bytes from station-2.srp-lab (172.21.0.3): icmp_seq=1 ttl=64 time=7.01 ms
64 bytes from station-2.srp-lab (172.21.0.3): icmp_seq=2 ttl=64 time=0.229 ms
64 bytes from station-2.srp-lab (172.21.0.3): icmp_seq=3 ttl=64 time=0.140 ms
```

Provođenje napada

💡 Man in the middle (MITM) napad opisuje situacije u kojima napadač presreće komunikaciju između računala uvjeravajući ih da ona komuniciraju direktno. Napadač je tako u mogućnosti preuzeti cijelu komunikaciju bez znanja njezinih sudionika.

Koristeći netcat uslužni program možemo razmjenjivati tekstualne poruke između virtualiziranih računala žrtvi: station-1 i station-2.

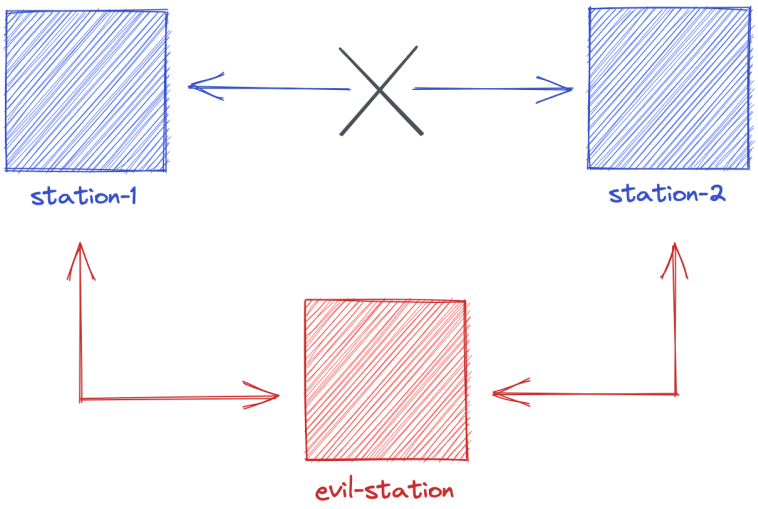
- station-1:

```
netcat -l -p 2000
```

- station-2:

```
netcat station-1 2000
```

💡 ARP Spoofing je man in the middle napad u kojem napadač vezuje svoju MAC adresu s IP adresom legitimnog računala na mreži kojeg želi oponašati. Tako napadač prekida direktnu komunikaciju među računalima i presreće promet između njih.



U interaktivnom shell-u od evil-station aktiviramo arpspoof. Potrebno je definirati koja žrtva je target, a koja host. Target je onaj koji se vara: station-1, a host je onaj kojeg napadač oponaša (lažno se predstavlja kao on): station-2.

```
arpspoof -t station-1 station-2
```

U novom prozoru Terminala za evil-station pokrećemo tcpdump koji nam omogućuje praćenje paketa između računala žrtvi. Radi preglednosti filtrirali smo promet tako da se prikazuju samo tekstualne poruke razmijenjene među računalima.

```
tcpdump -X host station-1 and not arp
```

Osim praćenja prometa možemo ga u potpunosti prekinuti u oba smjera izvodeći tako denial of service napad.

```
echo 0 > /proc/sys/net/ipv4/ip_forward
```

Zaključak

U demonstriranom man in the middle napadu dolazi do narušavanja **integriteta** IP/MAC adrese. Kako smo u prvom dijelu samo analizirali promet između računala, odnosno "prisluškivali" razmijenjene poruke i nismo poduzeli nikakve mjere da manipuliramo komunikacijom, ovakav napad možemo svrstati u **pasivne napade**. U drugom dijelu, prekinuvši komunikaciju, imamo denial of service napad kod kojeg dolazi do ograničenja **dostupnosti**.

Laboratorijska vježba 2

U drugoj laboratorijskoj vježbi zadatak je riješiti presonalizirani crypto izazov, odnosno dešifrirati odgovarajući ciphertext u kontekstu simetrične kriptografije. Za svakog studenta kreirana je personalizirana, šifrirana datoteka čiji sadržaj je potrebno dešifrirati. Izazov počiva na činjenici da student nema pristup enkripcijskom ključu.

Radno okruženje

U Terminalu se pozicioniramo u osobni direktorij. Kreiramo vrtualno okruženje u pythonu da ograničimo utjecaj onoga što radimo.

```
>>>python -m venv dceko
>>>cd dceko
>>>cd Scripts
>>>activate
```

Za provođenje izazova korištena je Python biblioteka **cryptography** koju je potrebno instalirati.

```
pip install cryptography
```

Testiranje sustava Fernet

Plaintext koji student treba otkriti enkriptiran je korištenjem high-level sustava za simetričnu enkripciju iz navedene biblioteke - Fernet.

```
>>>from cryptography.fernet import Fernet
>>>key = Fernet.generate_key() #generamo kljuc i pohranimo ga u varijablu key
>>>f = Fernet(key)
>>>plaintext = b"Hello world" #plaintext je ono sto enkriptiramo
>>>ciphertext = f.encrypt(plaintext)
>>>f.decrypt(ciphertext) #dekriptirani ciphertext daje početni plaintext
b'Hello world'
```

Preuzimanje odgovarajuće datoteke

Nazivi personaliziranih datoteka za izazov koje je potrebno preuzeti sa servera generiarni su hash funkcijom po formatu ***prezime_ime***.

```
from cryptography.hazmat.primitives import hashes

def hash(input):
    if not isinstance(input, bytes):
        input = input.encode()

    digest = hashes.Hash(hashes.SHA256())
    digest.update(input)
    hash = digest.finalize()

    return hash.hex()

if __name__ == "__main__":
    h = hash('ceko_david')
    print(h)
```

Izvođenjem gornjeg isječka koda dobijemo naziv svoje datoteke, u mom slučaju:

`5ec9778f4669d4d6a2d91dcef88b03da4ed597fa764952445610f17628ebd3e7.encrypted`

Dešifriranje crypto izazova

Preuzete datoteke enkriptirane su ključevima entropije od 22 bita, odnosno obuhvaćeni *keyspace* iznosi 2^22 mogućih ključeva. Do ključa za dekriptiranje naše datoteke dolazimo *brute force* napadom, odnsono provjeravamo sve moguće ključeve. Dekriptirani *crypto* izazov potrebno je pohraniti u odgovarajuću datoteku.

```
import base64
from cryptography.hazmat.primitives import hashes
from cryptography.fernet import Fernet

def test_png(header):
    if header.startswith(b'\211PNG\r\n\032\n'):
        return True

def hash(input):
    if not isinstance(input, bytes):
        input = input.encode()

    digest = hashes.Hash(hashes.SHA256())
    digest.update(input)
    hash = digest.finalize()
    return hash.hex()

def brute_force():
    filename = "5ec9778f4669d4d6a2d91dcef88b03da4ed597fa764952445610f17628ebd3e7.encrypted"
    with open(filename, "rb") as file:
```

```
        ciphertext = file.read()
    ctr = 0
    while True:
        key_bytes = ctr.to_bytes(32, "big")
        key = base64.urlsafe_b64encode(key_bytes)
        if  not (ctr+1) % 1000:
            print(f"[*] Keys tested: {ctr + 1}", end="\r")
        try:
            plaintext = Fernet(key).decrypt(ciphertext)
            header = plaintext[:32]
            if test_png(header):
                print(f"[+] KEY FOUND: {key}")
                with open(BINGO.png, "wb") as file:
                    file.write("plaintext")
                break
        except Exception:
            pass
        ctr += 1

if __name__ == "__main__":
    brute_force()
```

Datoteka koja se dobije nakon što smo došli do odgovarajućeg enkripcijskog ključa i dešifrirali personalizirani izazov je priložena .png slika:

Laboratorijska vježba 3

Treća laboratorijska vježba bavi se osnovnim kritografskim mehanizmima za autentikaciju i zaštitu integriteta poruka u praktičnom primjerima. U primjerima na vježbi korišteni su simetrični i asimetrične kripto mehanizmi: **message authentication code** (MAC) i **digitalni potpisi** zasnovani na javnim ključevima. Vježba sadrži dva izazova koja je potrebno riješiti.

Radno okruženje

U Terminalu se pozicioniramo u osobni direktorij. Kreiramo vrtualno okruženje u pythonu da ograničimo utjecaj onoga što radimo - postupak je isti kao u prijašnjoj vježbi 2. Za provođenje izazova korištena je Python biblioteka **cryptography** koju je potrebno imati instaliranu.

Izazov 1

Potrebno je kreirati tekstualnu datoteku čiji integritet želimo zaštititi. Koristeći HMAC mehanizam iz python biblioteke crypography implementiramo zaštitu integriteta pohranjene poruke. Rezultat izvršavanja donjeg koda je ispis vrijednosti MAC-a. Dobivenu vrijednost na kraju pohranimo u signature.sig datoteku.

```
from cryptography.hazmat.primitives import hashes, hmac
from cryptography.exceptions import InvalidSignature

def generate_MAC(key, message):
    if not isinstance(message, bytes):
        message = message.encode()

    h = hmac.HMAC(key, hashes.SHA256())
    h.update(message)
    signature = h.finalize()
    return signature

if __name__ == "__main__":
    key=b"my secret password"
    with open("message.txt", "rb") as file:
        content = file.read()

    mac = generate_MAC(key, content)
    with open("message.sig", "wb") as file:
        file.write(mac)
    print(mac.hex())
```

Svakim pokretanjem rezultat je isti - ova hash funkcija je deterministička, odnosno za istu poruku uvijek generira isti MAC. Provjeru validnosti MAC-a možemo izvršiti uz pomoć sljedeće funckije:

```
def verify_MAC(key, signature, message):
    if not isinstance(message, bytes):
        message = message.encode()

    h = hmac.HMAC(key, hashes.SHA256())
    h.update(message)
    try:
        h.verify(signature)
    except InvalidSignature:
        return False
    else:
        return True
```

Minimalnom modifikacijom sadržaja poruke ili uređivanja signature.sig datoteke u hex editoru dobivamo rezultat False - tada je došlo do narušavanja integriteta. Ovom provjerom ne možemo ustanoviti gdje je došlo do modifikacija, u samoj poruci ili vrijednosti MAC-a.

Izazov 2

Cilj ovog izazova je utvrditi vremenski ispravnu skevencu transakcija (ispravan redosljed transakcija) sa odgovarajućim dionicama. Digitalno potpisani (primjenom MAC-a) nalozi za pojedine transakcije nalaze se na lokalnom web poslužitelju. Potrebno je preuzeti sve datoteke koristeći alat wget u naš aktivni direktorij. Funkcije iz prvog izazova koriste se za provjeru validnosti svake od .txt datoteka izazova.

```
from cryptography.hazmat.primitives import hashes, hmac
from cryptography.exceptions import InvalidSignature

def verify_MAC(key, signature, message):
    if not isinstance(message, bytes):
        message = message.encode()
    h = hmac.HMAC(key, hashes.SHA256())
    h.update(message)
    try:
        h.verify(signature)
    except InvalidSignature:
        return False
    else:
        return True
```

```
def generate_MAC(key, message):
    if not isinstance(message, bytes):
        message = message.encode()

    h = hmac.HMAC(key, hashes.SHA256())
    h.update(message)
    signature = h.finalize()
    return signature

if __name__ == "__main__":

    key = "ceko_david".encode()

    for ctr in range(1, 11):
        msg_filename = f"order_{ctr}.txt"
        sig_filename = f"order_{ctr}.sig"
        with open(msg_filename, "rb") as file:
            message = file.read()
        with open(sig_filename, "rb") as file:
            signature = file.read()

        is_authentic = verify_MAC(key, signature, message)
        print(f'Message {message.decode():>45} {"OK" if is_authentic else "NOK":<6}')
```

Rezultat izvršavanja je:

```
Message     Buy 56 shares of Tesla (2021-11-15T08:20) NOK
Message     Buy 48 shares of Tesla (2021-11-12T05:21) NOK
Message    Sell 65 shares of Tesla (2021-11-09T03:05) NOK
Message    Sell 44 shares of Tesla (2021-11-13T19:16) OK
Message    Sell 72 shares of Tesla (2021-11-11T15:22) NOK
Message    Sell 92 shares of Tesla (2021-11-12T16:31) OK
Message     Buy 21 shares of Tesla (2021-11-15T03:20) OK
Message    Sell 58 shares of Tesla (2021-11-09T10:35) OK
Message     Buy 77 shares of Tesla (2021-11-12T13:55) OK
Message    Sell 31 shares of Tesla (2021-11-12T20:44) OK
```