

# POČÍTAČOVÉ A KOMUNIKAČNÉ SIETE

## cvičenia

ak. rok 2021/22, zimný semester

### Zadanie 1: Analyzátor sieťovej komunikácie

#### Zadanie úlohy

Navrhните a implementujte programový analyzátor Ethernet siete, ktorý analyzuje komunikácie v sieti zaznamenané v .pcap súbore a poskytuje nasledujúce informácie o komunikáciách. Vypracované zadanie musí spĺňať nasledujúce body:

1) **Výpis všetkých rámcov v hexadecimálnom tvare** postupne tak, ako boli zaznamenané v súbore.

Pre každý rámec uveďte:

- Poradové číslo rámca v analyzovanom súbore.
- Dĺžku rámca v bajtoch poskytnutú pcap API, ako aj dĺžku tohto rámca prenášaného po médiu.
- Typ rámca – Ethernet II, IEEE 802.3 (IEEE 802.3 s LLC, IEEE 802.3 s LLC a SNAP, IEEE 802.3 – Raw).
- Zdrojovú a cieľovú fyzickú (MAC) adresu uzlov, medzi ktorými je rámec prenášaný.

Vo výpise jednotlivé **bajty rámca usporiadajte po 16 alebo 32 v jednom riadku**. Pre prehľadnosť výpisu je vhodné použiť neproporcionálny (monospace) font.

2) Pre rámce typu **Ethernet II a IEEE 802.3 vypíšte vnorený protokol**. Študent musí vedieť vysvetliť, aké informácie sú uvedené v jednotlivých rámcoch Ethernet II, t.j. vnáranie protokolov ako aj ozrejmiť dĺžky týchto rámcov.

3) Analýzu cez vrstvy vykonajte pre rámce Ethernet II a protokoly rodiny TCP/IPv4:

**Na konci výpisu z bodu 1)** uveďte pre IPv4 pakety:

- Zoznam IP adries všetkých odosielajúcich uzlov,
- IP adresu uzla, ktorý sumárne odoslal (bez ohľadu na prijímateľa) najväčší počet paketov a koľko paketov odoslal (berte do úvahy iba IPv4 pakety).

IP adresy a počet odoslaných / prijatých paketov sa musia zhodovať s IP adresami vo výpise Wireshark -> Statistics -> IPv4 Statistics -> Source and Destination Addresses.

4) V danom súbore analyzujte komunikácie pre zadané protokoly:

- HTTP
- HTTPS
- TELNET
- SSH
- FTP riadiace

- f) FTP dátové
- g) TFTP, **uvedte všetky rámce komunikácie**, nielen prvý rámec na UDP port 69
- h) ICMP, uvedte aj typ ICMP správy (pole Type v hlavičke ICMP), napr. Echo request, Echo reply, Time exceeded, a pod.
- i) **Všetky** ARP dvojice (request – reply), uvedte aj IP adresu, ku ktorej sa hľadá MAC (fyzická) adresa a pri ARP-Reply uvedte konkrétny pár - IP adresa a nájdená MAC adresa. V prípade, že bolo poslaných viacero rámcov ARP-Request na rovnakú IP adresu, vypíšte všetky. Ak sú v súbore rámce ARP-Request bez korešpondujúceho ARP-Reply (alebo naopak ARP-Reply bez ARP-Request), vypíšte ich samostatne.

**Vo všetkých výpisoch treba uviesť aj IP adresy a pri transportných protokoloch TCP a UDP aj porty komunikujúcich uzlov.**

V prípadoch komunikácií so spojením vypíšte iba jednu kompletnú komunikáciu - obsahuje otvorenie (SYN) a ukončenie (FIN na oboch stranách alebo ukončenie FIN a RST alebo ukončenie iba s RST) spojenia a aj prvú nekompletnú komunikáciu, ktorá obsahuje iba otvorenie spojenia. Pri výpisoch vyznačte, ktorá komunikácia je kompletná.

Ak počet rámcov komunikácie niektorého z protokolov z bodu 4 je väčší ako 20, vypíšte iba 10 prvých a 10 posledných rámcov tejto komunikácie. **(Pozor: toto sa nevzťahuje na bod 1, program musí byť schopný vypísať všetky rámce zo súboru podľa bodu 1.)** Pri všetkých výpisoch musí byť poradové číslo rámca zhodné s číslom rámca v analyzovanom súbore.

- 5) Program musí byť organizovaný tak, aby čísla protokolov v rámci Ethernet II (pole Ethertype), IEEE 802.3 (polia DSAP a SSAP), v IP pakete (pole Protocol), ako aj čísla portov v transportných protokoloch boli programom **načítané z jedného alebo viacerých externých textových súborov**. Pre známe protokoly a porty (minimálne protokoly v bodoch 1) a 4) budú uvedené aj ich názvy. Program bude schopný uviesť k rámcu názov vnoreného protokolu po doplnení názvu k číslu protokolu, resp. portu do externého súboru. Za externý súbor sa nepovažuje súbor knižnice, ktorá je vložená do programu.
- 6) V procese analýzy rámcov pri identifikovaní jednotlivých polí rámca ako aj polí hlavičiek vnorených protokolov nie je povolené použiť funkcie poskytované použitým programovacím jazykom alebo knižnicou. **Celý rámec je potrebné spracovať postupne po bajtoch.**
- 7) Program musí byť organizovaný tak, aby bolo možné jednoducho rozširovať jeho funkčnosť výpisu rámcov pri doimplementovaní jednoduchej funkčnosti na cvičení.
- 8) Študent musí byť schopný preložiť a spustiť program v miestnosti, v ktorej má cvičenia. V prípade dištančnej výučby musí byť študent schopný prezentovať podľa pokynov cvičiaceho program online, napr. cez Webex, Meet, etc.

V danom týždni, podľa harmonogramu cvičení, musí študent priamo na cvičení doimplementovať do funkčného programu (podľa vyššie uvedených požiadaviek) ďalšiu prídavnú funkčnosť.

**Program musí mať nasledovné vlastnosti (minimálne):**

- 1) Program musí byť implementovaný v jazykoch C/C++ alebo Python s využitím knižnice pcap, skompilovateľný a spustiteľný v učebniach. Na otvorenie pcap súborov použite knižnice *libpcap* pre linux/BSD a *winpcap/ npcap* pre Windows. Použité knižnice a funkcie musia byť schválené cvičiacim. V programe môžu byť použité údaje o dĺžke rámca zo struct *pcap\_pkthdr* a funkcie na prácu s pcap súborom a načítanie rámcov:

*pcap\_createsrcstr()*

*pcap\_open()*

*pcap\_open\_offline()*

*pcap\_close()*

*pcap\_next\_ex()*

*pcap\_loop()*

Použitie funkcionality *libpcap* na priamy výpis konkrétnych polí rámca (napr. *ih->saddr*) bude mať za následok nulové hodnotenie celého zadania.

- 2) Program musí pracovať s dátami optimálne (napr. neukladať MAC adresy do 6x int).
- 3) Poradové číslo rámca vo výpise programu musí byť zhodné s číslom rámca v analyzovanom súbore.
- 4) Pri finálnom odovzdaní, pre každý rámec vo všetkých výpisoch uviesť použitý protokol na 2. - 4. vrstve OSI modelu. (ak existuje)
- 5) Pri finálnom odovzdaní, pre každý rámec vo všetkých výpisoch uviesť zdrojovú a cieľovú adresu / port na 2. - 4. vrstve OSI modelu. (ak existuje)

Nesplnenie ktoréhokoľvek bodu minimálnych požiadaviek znamená neakceptovanie riešenia cvičiacim.

#### **Súčasťou riešenia je aj dokumentácia, ktorá musí obsahovať najmä:**

- a) zadanie úlohy,
- b) blokový návrh (konceptia) fungovania riešenia,
- c) navrhnutý mechanizmus analyzovania protokolov na jednotlivých vrstvách,
- d) príklad štruktúry externých súborov pre určenie protokolov a portov,
- e) opísané používateľské rozhranie,
- f) voľbu implementačného prostredia.

#### **Hodnotenie**

Celé riešenie - max. 15 bodov (min. 6), z toho:

- max. 3 body za riešenie úlohy v bode 1); riešenie musí byť prezentované na 4. cvičení;
- max. 1 body za doplnenú funkčnosť (doimplementáciu) priamo na cvičení v požadovanom termíne podľa harmonogramu cvičení; V prípade, ak študent nesplní úlohu zadanú priamo na cvičeniach, nehodnotí sa riešenie úlohy podľa bodu 3);
- max. 11 bodov za výsledné riešenie.

Dokumentáciu a zdrojový kód implementácie študent odovzdáva v elektronickom tvare do AISu v určenom termíne.

**Bodovací klíč:**

Úloha	Body
<b>Doplnená funkčnosť (doimplementácia) priamo na cvičení.</b> <i>1 bod získa študent, ktorý doimplementuje úlohu v jej plnom rozsahu a predvedie jej funkčnosť bez toho, aby program padal alebo vyhadzoval akékoľvek chybové hlášky súvisiace s touto úlohou.</i>	0-1
<b>Výpis rámcov z .pcap súboru s poradovým číslom a analýza L2 - Úlohy v bodoch 1 - 3) a výpis IP adries všetkých vysielajúcich uzlov a IP adresy uzla, ktorý odoslal najviac paketov.</b> <i>5 bodov získa študent, ktorého výpis bude bez pochybností spĺňať všetky body (a – d) a bude správne naformátovaný (viď vzor na konci dokumentu) a výpis IP adries všetkých odosielaajúcich uzlov a uzla, ktorý odoslal najviac paketov.</i> <i>1 bod získa študent za otvorenie .pcap súboru a vypísanie všetkých rámcov so správnym poradovým číslom.</i>	0-5
<b>Uvedenie protokolu na 2-4. vrstve, zdrojové aj cieľové IP adresy a porty.</b> <i>1 bod získa študent, ktorého výpis bude obsahovať všetky protokoly, adresy a porty týkajúce sa 2-4 vrstvy, ktoré sa v danom rámci nachádzajú.</i>	0-1
<b>Výpis rámcov patriacich do komunikácií protokolov nad TCP podľa zadania.</b> <i>2 body získa študent, ktorý vo výpise identifikuje všetky z nasledujúcich protokolov nad TCP: HTTP, HTTPS, TELNET, SSH, FTP (riadiace aj dátové) a bude ich mať vo výpise pozoskupované po jednotlivých komunikáciach. Všetky vzťahujúce sa požiadavky bodu 4 musia byť splnené.</i>	0-2
<b>Výpis rámcov patriacich do komunikácií protokolu TFTP podľa zadania.</b> <i>2 body získa študent, ktorý identifikuje všetky rámce jednej TFTP komunikácie a bude vedieť vo výpise prehľadne ukázať, ktoré rámce patria do ktorej komunikácie. Všetky vzťahujúce sa požiadavky bodu 4 musia byť splnené.</i>	0-2
<b>Výpis rámcov patriacich do komunikácií protokolu ICMP podľa zadania.</b> <i>1 bod získa študent, ktorý identifikuje všetky rámce jednej ICMP komunikácie a bude vedieť vo výpise prehľadne ukázať, ktoré rámce patria do ktorej komunikácie. Všetky vzťahujúce sa požiadavky bodu 4 musia byť splnené.</i>	0-1
<b>Výpis rámcov patriacich do komunikácií protokolu ARP podľa zadania.</b> <i>1 bod získa študent, ktorý identifikuje všetky rámce jednej ARP komunikácie (úplnej aj neúplnej) a bude vedieť vo výpise prehľadne ukázať, ktoré rámce patria do ktorej komunikácie. Všetky vzťahujúce sa požiadavky bodu 4 musia byť splnené.</i>	0-1
<b>Finálna dokumentácia a kvalita spracovania</b> <i>Hodnotí sa prehľadnosť a zrozumiteľnosť odovzdanej dokumentácie ako aj kvalita spracovania celového riešenia. 2 body získa študent, ktorý má v dokumentácii uvedené všetky podstatné informácie o fungovaní jeho programu vrátane blokového diagramu spracovávania súborov, popis jednotlivých častí zdrojového kódu (knihnice, triedy, metódy, ...). Ďalej je podmienkou získania týchto bodov predvedenie plne funkčného riešenia (splnené všetko z textu zadania) na prvý pokus, bez nutnosti reštartovať program, robiť úpravy v kóde, atď...</i>	0-2

Zadanie, ktoré nespĺňa ktorúkoľvek z minimálnych požiadaviek nebude prevzaté a bodované cvičiacim a bude ohodnotenú 0 bodmi.

## Ukážky výstupu riešenia

V ukážkach ide iba o zobrazenie požadovaného výstupu, obsah rámcov nezodpovedá reálnej komunikácii. Podobne, uvedené IP adresy v desiatkovo-bodkovej notácii nezodpovedajú reálnym hodnotám v rámci.

### **Výpis celej komunikácie – k bodu 1)**

rámec 1

dĺžka rámca poskytnutá pcap API – 68 B

dĺžka rámca prenášaného po médiu – 72 B

Ethernet II

Zdrojová MAC adresa: 00 00 C0 D7 80 C2

Cieľová MAC adresa: 00 04 76 A4 E4 8C

IPv4

zdrojová IP adresa: 192.168.1.33

cieľová IP adresa: 147.175.1.55

TCP

```
00 04 76 A4 E4 8C 00 00    C0 D7 80 C2 08 00 45 00
00 28 0C 36 40 00 80 06    2B 5A 93 AF 62 EE 45 38
87 6A 04 70 00 50 7E 6C    06 32 56 7D 30 A8 50 10
44 70 97 A0 00 00 80 C2    08 0C 36 40 30 A3 23 35
A2 D5 27 81
```

rámec 2

dĺžka rámca poskytnutá pcap API – 494 B

dĺžka rámca prenášaného po médiu – 498 B

IEEE 802.3 – Raw

Zdrojová MAC adresa: 00 04 76 A4 E4 8C

Cieľová MAC adresa: FF FF FF FF FF FF

```
FF FF FF FF FF FF 00 04    76 A4 E4 8C 01 E0 FF FF
01 E0 00 A1 40 00 80 06    05 B0 93 AF 62 EE 93 AF
63 2A 04 4C 00 50 73 78    . . . . .
```

rámec 3

dĺžka rámca poskytnutá pcap API – 62 B

dĺžka rámca prenášaného po médiu – 66 B

Ethernet II

Zdrojová MAC adresa: 00 00 C0 D7 80 C2

Cieľová MAC adresa: 00 04 76 A4 E4 8C

IPv4

zdrojová IP adresa: 192.168.1.33

cieľová IP adresa: 147.175.1.55

TCP

```
00 04 76 A4 E4 8C 00 00    C0 D7 80 C2 08 00 45 00
00 30 07 A1 40 00 80 06    05 B0 93 AF 62 EE 93 AF
```

63 2A 04 4C 00 50 73 78 17 88 00 00 00 00 70 02  
40 00 C6 0B 00 00 02 04 05 B4 01 01 04 02

#### rámec 4

dĺžka rámca z poskytnutá pcap API – 60 B

dĺžka rámca prenášaného po médiu – 64 B

Ethernet II

Zdrojová MAC adresa: 00 04 76 A4 E4 8C

Cieľová MAC adresa: 00 00 C0 D7 80 C2

IPv4

zdrojová IP adresa: 192.168.1.33

cieľová IP adresa: 147.175.1.55

UDP

00 00 C0 D7 80 C2 00 04 76 A4 E4 8C 08 00 45 00  
00 2C F0 EA 00 00 3F 11 9D 6A 93 AF 63 2A 93 AF  
62 EE 00 50 04 4C 41 59 C9 42 73 78 17 89 60 12  
40 00 D0 65 00 00 02 04 05 B4 00 00

#### rámec 5

dĺžka rámca poskytnutá pcap API – 54 B

dĺžka rámca prenášaného po médiu – 64 B

Ethernet II

Zdrojová MAC adresa: 00 00 C0 D7 80 C2

Cieľová MAC adresa: 00 04 76 A4 E4 8C

IPv4

zdrojová IP adresa: 192.168.1.33

cieľová IP adresa: 147.175.1.55

TCP

00 04 76 A4 E4 8C 00 00 C0 D7 80 C2 08 00 45 00  
00 28 0C 36 40 00 80 06 2B 5A 93 AF 62 EE 45 38  
87 6A 04 70 00 50 7E 6C 06 32 56 7D 30 A8 50 10  
44 70 97 A0 00 00

IP adresy vysielajúcich uzlov:

147.175.10.3

193.45.10.10

.....

27.30.44.12

210.20.66.8

Adresa uzla s najväčším počtom odoslaných paketov:

193.45.10.10 94 paketov

#### Výpis HTTP komunikácie – k bodu 3a)

#### rámec 5

dĺžka rámca poskytnutá pcap API – 62 B  
dĺžka rámca prenášaného po médiu – 66 B  
Ethernet II  
Zdrojová MAC adresa: 00 14 38 06 E0 93  
Cieľová MAC adresa: 00 02 CF AB A2 4C  
IPv4

zdrojová IP adresa: 192.168.1.33  
cieľová IP adresa: 147.175.1.55

TCP

HTTP

zdrojový port: 1376

cieľový port: 80

00	02	CF	AB	A2	4C	00	14	38	06	E0	93	08	00	45	00
00	30	8D	68	40	00	80	06	16	B0	C0	A8	01	21	93	AF
01	37	05	60	00	50	0A	16	B1	1B	00	00	00	00	70	02
FF	FF	6B	8E	00	00	02	04	05	B4	01	01	04	02		

rámec 8

dĺžka rámca poskytnutá pcap API – 697 B  
dĺžka rámca prenášaného po médiu – 701 B

Ethernet II

Zdrojová MAC adresa: 00 14 38 06 E0 93

Cieľová MAC adresa: 00 02 CF AB A2 4C

IPv4

zdrojová IP adresa: 192.168.1.33

cieľová IP adresa: 147.175.1.55

TCP

HTTP

zdrojový port: 1376

cieľový port: 80

00	02	CF	AB	A2	4C	00	14	38	06	E0	93	08	00	45	00
02	AB	8D	6A	40	00	80	06	14	33	C0	A8	01	21	93	AF
01	37	05	60	00	50	0A	16	B1	1C	FC	0E	FC	3B	50	18
FF	FF	DF	73	00	00	47	45	54	20	2F	62	75	78	75	73
2F	67	65	6E	65	72	61	74	65	5F	70	61	67	65	2E	70
68	70	3F	70	61	67	65	5F	69	64	3D	31	20	....		

rámec 15

dĺžka rámca poskytnutá pcap API – 60 B  
dĺžka rámca prenášaného po médiu – 64 B

Ethernet II

Zdrojová MAC adresa: 00 02 CF AB A2 4C

Cieľová MAC adresa: 00 14 38 06 E0 93

IPv4

zdrojová IP adresa: 147.175.1.55



cieľová IP adresa: 192.168.1.33

TCP

HTTP

zdrojový port: 80

cieľový port: 1376

```
00 14 38 06 E0 93 00 02    CF AB A2 4C 08 00 45 00
00 28 E6 16 40 00 3A 06    04 0A 93 AF 01 37 C0 A8
01 21 00 50 05 60 FC 0E    FD 2F 0A 16 B3 A0 50 10
1B A1 80 DE 00 00 00 00    00 00 00 00
```

### Výpis ARP dvojíc – k bodu 3i)

Komunikácia č. 1

ARP-Request, IP adresa: 147.175.98.232, MAC adresa: ???

Zdrojová IP: 147.175.98.238, Cieľová IP: 147.175.98.232

rámec 5

dĺžka rámca poskytnutá pcap API – 42 B

dĺžka rámca prenášaného po médiu – 64 B

Ethernet II

ARP

Zdrojová MAC adresa: 00 00 c0 d7 80 c2

Cieľová MAC adresa: ff ff ff ff ff ff

```
ff ff ff ff ff ff 00 00    c0 d7 80 c2 08 06 00 01
08 00 06 04 00 01 00 00    c0 d7 80 c2 93 af 62 ee
00 00 00 00 00 00 93 af    62 e8
```

rámec 6

dĺžka rámca poskytnutá pcap API – 42 B

dĺžka rámca prenášaného po médiu – 64 B

Ethernet II

ARP

Zdrojová MAC adresa: 00 00 c0 d7 80 c2

Cieľová MAC adresa: ff ff ff ff ff ff

```
ff ff ff ff ff ff 00 00    c0 d7 80 c2 08 06 00 01
08 00 06 04 00 01 00 00    c0 d7 80 c2 93 af 62 ee
00 00 00 00 00 00 93 af    62 e8
```

ARP-Reply, IP adresa: 147.175.98.232, MAC adresa: 00 04 76 13 97 df

Zdrojová IP: 147.175.98.232, Cieľová IP: 147.175.98.238

rámec 9

dĺžka rámca poskytnutá pcap API – 60 B

dĺžka rámca prenášaného po médiu – 64 B

Ethernet II

ARP

Zdrojová MAC adresa: 00 04 76 13 97 df

Cieľová MAC adresa: 00 00 c0 d7 80 c2

00 00 c0 d7 80 c2 00 04	76 13 97 df 08 06 00 01
08 00 06 04 00 02 00 04	76 13 97 df 93 af 62 e8
00 00 c0 d7 80 c2 93 af	62 ee 00 00 00 00 00 00
00 00 00 00 00 00 00 00	00 00 00 00

Komunikácia č. 2

ARP-Request, IP adresa: 147.175.98.238, MAC adresa: ???

Zdrojová IP: 147.175.98.231, Cieľová IP: 147.175.98.238

rámec 20

dĺžka rámca poskytnutá pcap API – 60 B

dĺžka rámca prenášaného po médiu – 64 B

Ethernet II

ARP

Zdrojová MAC adresa: 00 00 c0 d7 80 c2

Cieľová MAC adresa: ff ff ff ff ff ff

ff ff ff ff ff ff 00 00 c0 d7 80 c2 ...

ARP-Request, IP adresa: 147.175.98.238, MAC adresa: ???

Zdrojová IP: 147.175.98.231, Cieľová IP: 147.175.98.238

rámec 21

dĺžka rámca poskytnutá pcap API – 60 B

dĺžka rámca prenášaného po médiu – 64 B

Ethernet II

ARP

Zdrojová MAC adresa: 00 00 c0 d7 80 c2

Cieľová MAC adresa: ff ff ff ff ff ff

ff ff ff ff ff ff 00 00 c0 d7 80 c2 ...

ARP-Reply IP adresa: 147.175.98.238, MAC adresa: 00 04 76 23 ab ef

Zdrojová IP: 147.175.98.238, Cieľová IP: 147.175.98.231

rámec 24

dĺžka rámca poskytnutá pcap API – 60 B

dĺžka rámca prenášaného po médiu – 64 B

Ethernet II

ARP

Zdrojová MAC adresa: 00 04 76 23 ab ef

Cieľová MAC adresa: 00 00 c0 d7 80 c2

00 00 c0 d7 80 c2 00 04 76 23 ab ef ...

## Príklad možného formátovania externých súborov

#Ethertypes

0x0800 IPv4

0x0806 ARP

0x86dd IPv6

#LSAPs

0x42 STP

0xaa SNAP

0xe0 IPX

#IP Protocol numbers

0x01 1 ICMP

0x06 6 TCP

0x11 17 UDP

#TCP ports

0x0015 22 SSH

0x0050 80 HTTP

#UDP ports

0x0035 53 DNS

0x0045 69 TFTP

-----

Literatúra (Internet zdroje; Dokumentový server AIS):

<https://www.tcpdump.org/>

<https://www.winpcap.org>

<https://scapy.net/>

<https://www.wireshark.org/>

RFC dokumenty (pre analyzované protokoly)