

# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

## FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ



### Počítačové komunikace a sítě

#### Sniffer paketů – Varianta ZETA

2019/2020

Tomáš Ďuriš  
(xduris05)

Banská Bystrica  
18.04.2020

# Obsah

<b>1. Úvod .....</b>	<b>3</b>
<b>2. Naštudovaná literatúra .....</b>	<b>4</b>
<b>3. Implementácia .....</b>	<b>4</b>
3.1. Preklad a spustenie .....	5
3.2. Hierarchia súborov .....	5
3.3. Kontrola argumentov .....	6
3.4. Spracovanie jednotlivých paketov .....	7
3.5. Výpis paketov .....	7
<b>4. Zaujímavé časti implementácie .....</b>	<b>8</b>
<b>5. Testovanie a porovnávanie .....</b>	<b>8</b>
<b>6. Referencie .....</b>	<b>18</b>

# 1. Úvod

Táto dokumentácia popisuje projekt do predmetu *Počítačové komunikace a sítě*. Naším zadáním bolo vytvoriť jednoduchý sieťový analyzátor v C/C++/C#, ktorý bude schopný na zadanom sieťovom rozhraní zachytávať a filtrovať pakety podľa nastavených filtrov užívateľom. Mnou riešená varianta je implementovaná v jazyku C#, keďže s týmto jazykom som už mal predchádzajúce skúsenosti a prišlo mi, že práve v ňom dokážem podať najlepší výkon a vytvorená aplikácia bude plne funkčná.

Dokumentácia okrem spôsobu implementácie taktiež popisuje použité zdroje a knižnice, naštudovanú literatúru, vlastné spôsoby riešenia problematík a taktiež spôsob otestovania projektu a záverečné zhodnotenie.

## 2. Naštudovaná literatúra

Pri tvorbe projektu bolo nutné vyhľadať a získať informácie, ktoré by doplnili informácie získané z prednášok. K tomuto som prevažne využíval na prednáškach spomenutú knihu Počítačové siete (Kurose & Ross, 2014<sup>1</sup>), ktorú som si vypožičal v knižnici v českom vydaní. Kniha mi pomohla pochopiť okrem iného všeobecné princípy fungovania paketov, typy a taktiež aj využitie protokolov. K následnému uplatneniu vedomostí do praxe som využíval prevažne dokumentáciu k použitej knižnici *Sharppcap*<sup>2</sup> a nimi poskytnuté oficiálne príklady<sup>3</sup>. Základom pre pochopenie ako má projekt fungovať bolo uvedomenie si ako vlastne fungujú jednotlivé vrstvy, kde sa ktorá informácia nachádza a ako k nim pristupovať.

Tieto informácie, ktoré som získal prevažne z prednášok a naštudovania knihy, mi poskytli ucelený obraz o problematike a následná implementácia už nebola náročná. Taktiež som využíval dokumentáciu ku knižnici pcap, určenej pre C/C++, keďže je priamo podporovaná a využívaná knižnicou Sharppcap určenou pre C#.

## 3. Implementácia

Ako som už vyššie spomínal, program je napísaný v jazyku C#, za využitia knižnice Sharppcap, ktorá sprostredkuje funkcie odporúčanej knižnice pcap do prostredia jazyku C#. Projekt je napísaný objektovo orientovane. Sú využité základné schopnosti a princípy tejto metodiky. Program pri úspechu končí vypísaním obsahu zadaného počtu paketov v požadovanom formáte. Vypísané sú len pakety, ktoré spĺňajú zadané filtry a nie sú chybné (funkcia ***RawPacket*** ***GetNextPacket()*** nám nevrátila hodnotu *null*). V prípade neúspechu (napríklad nesprávne argumenty na vstupe) program končí s návratovým kódom 1 a vypísaním chyby a krátkej nápovedy.

---

<sup>1</sup> Kurose, J. and Ross, K., 2014. *Počítačové Sítě*. Brno: Computer Press.

<sup>2</sup> <https://github.com/chmorgan/sharppcap>

<sup>3</sup> <https://github.com/chmorgan/sharppcap/tree/master/Examples>

### 3.1. Preklad a spustenie

Na preklad projektu využívam upravený Makefile, ktorý po zadaní požiadavku na preloženie (**make** prípadne **make build**) preloží program prostredníctvom príkazu `dotnet publish`. Program je preložený ako samostatný spustiteľný súbor určený pre OS Linux, ktorý je uložený v koreňovom adresári.

Po preložení je projekt možno spustiť pomocou príkazového riadku po zadaní príkazu:

```
./ipk-sniffer <args>
```

Pričom **<args>** označuje užívateľom zadané argumenty, ktorých kompletné znenie je bližšie popísané v priloženom README.md, v sekcii 3.3 alebo po zadaní argumentu **-h/--help**. V prípade nesprávneho spustenia programu je spolu s náповедou vypísaná aj krátka chybová hláška oznamujúca užívateľovi akej chyby sa dopustil, prípadne čo je od neho očakávané.

### 3.2. Hierarchia súborov

Program sa skladá z nasledujúcich súborov:

- **ipk-sniffer.sln, ipk-sniffer.csproj** - definícia častí projektu a potrebných knižníc pre úspešné zostavenie. Časti špecifické pre vývoj v prostredí C#
- **Sniffer.cs** – hlavné telo programu
- **Args.cs** – kontrola argumentov a uchovanie si potrebných informácií
- **PacketProcessing.cs** – spracovanie paketov a výpis získaných informácií na štandardný výstup

### 3.3. Kontrola Argumentov

Kontrola užívateľom zadaných argumentov na vstupe prebieha ručne, keďže mi to prišlo ako najspoľahlivejší spôsob odchytenia rôznych kombinácií, prípadne k jej zakázaniu. V hlavnom tele programu sa vytvorí inštancia triedy **Args**, na ktorú sa neskôr zavolá metóda **Main()**, ktorá vracia filter v podobe reťazca, ktorý neskôr aplikujeme na zachytávanie paketov. Všetky užívateľom zadané argumenty sú skontrolované cyklom `foreach`, v ktorom si do pomocných *bool* premenných uložíme informáciu o ich prípadnej inicializácii a hodnoty, ktorá bola zadaná. Program nepripúšťa viacnásobné zadanie toho istého argumentu z dôvodu poskytnutia jednoznačnej a intuitívnej spolupráce s užívateľom. Argumenty môžu byť taktiež zadané v ľubovoľnom poradí.

Následne, na základe získaných informácií prebehne vytvorenie inštancie **CaptureDeviceList.Instance**, do ktorej je priradené užívateľom zadané rozhranie. Ak rozhranie nebolo poskytnuté, vypíše sa zoznam aktívnych rozhraní pomocou cyklu cez všetky inštancie **CaptureDeviceList**, čo zodpovedá rozhraniam, ktoré vypíše aplikácia WireShark po spustení. Program pokračuje analýzou a komplexným zostavením filtra, ktorý sa využije na filtrovanie prichádzajúcich paketov. Z dôvodu implementácie rozšírenia o protokoly typu IGMP, ICMPv4 a ICMPv6 som musel implementovať rozsiahlejšiu analýzu argumentov. Rozširujúce argumenty sú plne kompatibilné so základnými argumentami, aj ich prípadnou kombináciou s číslom portu. Keďže protokoly IGMP, ICMPv4 a ICMPv6 nepracujú s portom, v ich hlavičke bude uvedené číslo portu ako 0. V prípade kombinácii rozširujúcich argumentov so základnými a zároveň bude užívateľ požadovať filtráciu iba na určitý port, bude tento filter aplikovaný len na TCP alebo UDP paket. V prípade požiadavky na vypísanie len IGMP, ICMP paketov, prípadne ich rôznej kombinácii nebude užívateľ schopný zadať filter na port. V prípade, že dôjde k jeho zadaniu, program sa ukončí s chybou a náповедou.

V triede **Args** sa okrem spomínanej metódy **Main()**, vyskytujú aj metódy **Help()** a **Exit()**. Metóda **Help()** vracia reťazec s náповедou, ktorý bude vypísaný na štandardný výstup. Metóda **Exit()** vypíše chybovú

hlášku, nápovedu a následne sa program ukončí s návratovou hodnotou 1.

### 3.4. Spracovanie jednotlivých paketov

Ak prebehne kontrola argumentov bez ukončenia programu s chybou, nasleduje pripravenie zariadenia na zachytávanie paketov (prostredníctvom metódy **Open()**, ktorej je predaný mód zachytávania paketov a čas pre zápis do buffera) a aplikácia zostaveného filtra. Pakety sú zachytávané v cykle *for* od 0 do očakávaného počtu zachytených paketov. Paket je zachytený ako inštancia triedy **RawCapture**. Následne sa tento paket predá funkcii **onPacketArrival()**, ktorá slúži ako handler pre prichádzajúce pakety a zároveň je to hlavná časť spracovania samostatného paketu.

Ako prvé si z paketu získame jeho čas. Paket rozbalíme použitím metódy **ParsePacket()** na základe jeho linkovej vrstvy a dát. Zo získaného paketu už môžeme jednoducho získať jeho IP hlavičku s údajmi o zdrojovej IP adrese a cieľovej IP adrese, z ktorých sa následne pokúsime získať ich doménové meno a v prípade úspechu pôvodnú IP adresu nahradíme práve týmto menom. Aby sme získali zdrojový alebo cieľový port, je potrebné tento paket rozbaľiť ako TCP/UDP paket, kde sa už požadovaná informácia nachádza. Po získaní potrebných informácií vypíšeme hlavičku paketu prostredníctvom metódy **WriteHeader()**, vypočítame veľkosť hlavičky (ako hlavičku som sa rozhodol brať všetko čo nie sú TCP alebo UDP dáta, v prípade rozširujúcich IGMP/ICMP paketov všetko čo nie je súčasť IGMP/ICMP časti paketu).

### 3.5. Výpis paketov

Na výpis paketu v požadovanom formáte slúži metóda **PacketsBytesProcess()**, ktorá prejde cyklom *foreach* celkový obsah pôvodného paketu aj s údajmi o linkovej vrstve, IP hlavičke, TCP/UDP dátach a iných častiach. Každý byte je prevedený do jeho hexadecimálnej podoby, je rozlíšený či sa jedná o vytlačiteľný znak, následne prevedený do jeho ASCII podoby a pripojený do reťazca znakov. Po prevedení celého riadku do požadovaného formátu je tento riadok vypísaný pomocou

metódy **WriteString()**. V programe rozlišujem, či sa jedná o hlavičku alebo nie. Ak paket obsahuje aj hlavičku aj dáta, ich časti sú oddelené novým riadkom a počítadlo byteov je správne upravené.

Na výpis a celkovú úpravu taktiež používam metódu **AlignGenerate()**, ktorá vyhodnotí, či je potrebné vyplniť miesta medzerami aby bol výsledný výstup upravený, a pre užívateľa čo najčitateľnejší.

Po vypísaní všetkých paketov, ktoré boli prepustené filtrom, a keď je naplnený očakávaný počet vypísaných paketov (argument -n na vstupe), je otvorené rozhranie uzavreté a program úspešne ukončený.

## 4. Zaujímavé časti implementácie

Za zaujímavú časť považujem hlavne moju implementáciu rozšírenia. Zostavovanie filtra, ktorý by podporoval všetky možné kombinácie protokolov a ich prípadnej filtrácie bolo náročné a vyžadovalo si premyslieť možnosti a zároveň čo by asi užívateľ od môjho programu očakával. Myslím si, že sa mi podarilo vyhovieť všetkým jeho kombináciám a výstup je prehľadný a čitateľný. Implementovaná je taktiež nielen podpora pre IPv4 ale aj IPv6 a to aj pre protokoly rozširujúce zadanie (ICMPv6).

Ďalšou zaujímavou situáciou bolo objavenie funkcie **printHex()**, ktorú stačí zavolať a vypíše sa celý paket v takmer identickom formáte ako je v zadaní. Avšak túto funkciu som objavil až po implementovaní mojej vlastnej, ktorá navyše podporuje oddelenie hlavičky pre všetky podporované protokoly, manuálne prevedenie bytov do hexadecimálnej a aj ascii podoby. Takže sa nejedná len o úpravu už existujúcej funkcie.

## 5. Testovanie a porovnávanie

Ako vzor pre testovanie som používal už existujúci open-source program WireShark, ktorý bol spomenutý aj školskom fóre ako možný etalón pre náš program. Myslím si, že som dosiahol dobrý výsledok, keďže môj výpis je identický s tým, čo vypíše WireShark po spustení s rovnakými filtrami a na rovnakom rozhraní. Ide o rovnaké množstvo paketov, rovnaký obsah paketov



a rovnaká vizualizácia dát, pričom môj program podporuje navyiac oddelenie hlavičky od dát.

Testovanie bolo realizované ako aj na referenčnom virtuálnom stroji (distribúcia Ubuntu), tak aj na mojom operačnom systéme (distribúcia Arch). V oboch prípadoch bol výsledok zhodný s výsledkom v programe WireShark a program bol plne funkčný. Testovaná bola ako aj verzia IPv4 tak aj verzia IPv6, otestovanie prebehlo aj na rozširujúce protokoly IGMP, ICMPv4 a ICMPv6. Nižšie prikladám výstupy môjho programu a programu WireShark pre rovnaký vstup (testovanie IGMP prebehlo na mojom počítači, keďže sa mi na referenčnom nepodarilo vygenerovať IGMP správu).

*Všetky príkazy boli vykonané s oprávnením správcu. Za hlavičku som sa rozhodol považovať všetko čo nie sú TCP/UDP dáta (v prípade ICMP/IGMP protokolu, všetko čo nieje súčasťou daného protokolu).*

Príkaz:

```
./ipk-sniffer -i enp0s3
```

Odchytanie tcp alebo udp packetu na rozhraní enp0s3 (referenčný virtuálny stroj).

Program **ipk-sniffer**

```
12:44:22.811 student-vm : 46334 > 151.139.128.14 : 80
0x0000: 52 54 00 12 35 02 08 00 27 6f 35 b5 08 00 45 00 RT..5... 'o5...E.
0x0010: 00 28 f0 9a 40 00 40 06 26 8d 0a 00 02 0f 97 8b .(..@.@. &.....
0x0020: 80 0e b4 fe 00 50 58 1a 13 27 0d 83 03 2c 50 10 .....PX. .'....,P.
0x0030: f7 5b 23 c3 00 00 .[#...
```

Program **WireShark**

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
1	0.000000000	10.0.2.15	151.139.128.14	TCP	54	46334 → 80 [RST] Seq=15113912814
2	0.000673173	151.139.128.14	10.0.2.15	TCP	60	80 → 46334 [RST] Seq=15113912814
3	0.200739144	10.0.2.15	192.168.0.1	DNS	93	Standard query type A
4	0.202250560	192.168.0.1	10.0.2.15	DNS	93	Standard query response

▶ Frame 1: 54 bytes on wire (432 bits), 54 bytes captured (432 bits) on interface  
 ▶ Ethernet II, Src: PcsCompu\_6f:35:b5 (08:00:27:6f:35:b5), Dst: RealtekU\_12:35:02  
 ▶ Internet Protocol Version 4, Src: 10.0.2.15, Dst: 151.139.128.14  
 ▶ Transmission Control Protocol, Src Port: 46334, Dst Port: 80, Seq: 1, Ack: 1, Len: 0

0000	52 54 00 12 35 02 08 00	27 6f 35 b5 08 00 45 00	RT..5... 'o5...E.
0010	00 28 f0 9a 40 00 40 06	26 8d 0a 00 02 0f 97 8b	.(..@.@. &.....
0020	80 0e b4 fe 00 50 58 1a	13 27 0d 83 03 2c 50 10	.....PX. .'....,P.
0030	f7 5b 23 c3 00 00		.[#...

Príkaz:

```
sudo ./ipk-sniffer -i enp0s3 -u -p 53
```

Odchytenie UDP packetu s filtrom na port 53 (referenčný virtuálny stroj)

## Program ipk-sniffer

```
12:46:20.138 student-vm : 45879 > OSK : 53

0x0000:  52 54 00 12 35 02 08 00 27 6f 35 b5 08 00 45 00  RT..5... 'o5...E.
0x0010:  00 47 c0 92 40 00 40 11 ad 5b 0a 00 02 0f c0 a8  .G..@.@. .[.....
0x0020:  00 01 b3 37 00 35 00 33 cc fc                    ...7.5.3 ..

0x002A:  8b a5 01 00 00 01 00 00 00 00 00 01 03 77 77 77  ....www
0x003A:  06 67 6f 6f 67 6c 65 03 63 6f 6d 00 00 1c 00 01  .google. com.....
0x004A:  00 00 29 02 00 00 00 00 00 00 00                    ..).....
```

## Program WireShark

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
1	0.000000000	10.0.2.15	192.168.0.1	DNS	85	Star
3	0.023088209	192.168.0.1	10.0.2.15	DNS	113	Star
24	0.684390063	10.0.2.15	192.168.0.1	DNS	93	Star
25	0.685725601	192.168.0.1	10.0.2.15	DNS	93	Star

▶ Frame 1: 85 bytes on wire (680 bits), 85 bytes captured (680 bits) on interface  
▶ Ethernet II, Src: PcsCompu\_6f:35:b5 (08:00:27:6f:35:b5), Dst: RealtekU\_12:35:02  
▶ Internet Protocol Version 4, Src: 10.0.2.15, Dst: 192.168.0.1  
▶ User Datagram Protocol, Src Port: 45879, Dst Port: 53  
▶ Domain Name System (query)

```
0000  52 54 00 12 35 02 08 00 27 6f 35 b5 08 00 45 00  RT..5... 'o5...E.
0010  00 47 c0 92 40 00 40 11 ad 5b 0a 00 02 0f c0 a8  .G..@.@. .[.....
0020  00 01 b3 37 00 35 00 33 cc fc 8b a5 01 00 00 01  ...7.5.3 .....
0030  00 00 00 00 00 00 01 03 77 77 77 06 67 6f 6f 67 6c  ....w ww.googl
0040  65 03 63 6f 6d 00 00 1c 00 01 00 00 29 02 00 00  e.com... ..)...
0050  00 00 00 00 00                    .....
```

Príkaz:

```
./ipk-sniffer -i enp0s3 -u -t -p 80 -n 10
```

Odchytenie TCP/UDP paketov v počte 10 s filtrom nastaveným na port 80 ( z dôvodu už aj tak obsiahlej dokumentácie testovania som vyňal 1 paket, na ktorom je najlepšie vidno, kde som sa rozhodol rozdeliť hlavičku a telo správy, referenčný virtuálny stroj).

## Program ipk-sniffer

```
12:50:00.905 student-vm : 44794 > gnv1.skystraccloud.com : 80

0x0000: 52 54 00 12 35 02 08 00 27 6f 35 b5 08 00 45 00 RT..5... 'o5...E.
0x0010: 01 b0 df 27 40 00 40 06 02 8b 0a 00 02 0f 23 dd ...'@.@. ....#.
0x0020: 27 aa ae fa 00 50 b8 6d 8f 32 10 43 16 02 50 18 '....P.m .2.C..P.
0x0030: fa f0 59 38 00 00 ..Y8..

0x0036: 47 45 54 20 2f 63 67 69 2d 73 79 73 2f 64 65 66 GET /cgi -sys/def
0x0046: 61 75 6c 74 77 65 62 70 61 67 65 2e 63 67 69 20 aultwebp age.cgi
0x0056: 48 54 54 50 2f 31 2e 31 0d 0a 48 6f 73 74 3a 20 HTTP/1.1 ..Host:
0x0066: 67 6e 76 31 2e 73 6b 79 73 74 72 61 63 6c 6f 75 gnv1.sky straclou
0x0076: 64 2e 63 6f 6d 0a 55 73 65 72 2d 41 67 65 6e d.com..U ser-Agen
0x0086: 74 3a 20 4d 6f 7a 69 6c 6c 61 2f 35 2e 30 20 28 t: Mozil la/5.0 (
0x0096: 58 31 31 3b 20 55 62 75 6e 74 75 3b 20 4c 69 6e X11; Ubu nt; Lin
0x00A6: 75 78 20 78 38 36 5f 36 34 3b 20 72 76 3a 37 35 ux x86_6 4; rv:75
0x00B6: 2e 30 29 20 47 65 63 6b 6f 2f 32 30 31 30 30 31 .0) Geck o/201001
0x00C6: 30 31 20 46 69 72 65 66 6f 78 2f 37 35 2e 30 0d 01 Firef ox/75.0.
0x00D6: 0a 41 63 63 65 70 74 3a 20 74 65 78 74 2f 68 74 .Accept: text/ht
0x00E6: 6d 6c 2c 61 70 70 6c 69 63 61 74 69 6f 6e 2f 78 ml,appli cation/x
0x00F6: 68 74 6d 6c 2b 78 6d 6c 2c 61 70 70 6c 69 63 61 html+xml ,applica
0x0106: 74 69 6f 6e 2f 78 6d 6c 3b 71 3d 30 2e 39 2c 69 tion/xml ;q=0.9,i
0x0116: 6d 61 67 65 2f 77 65 62 70 2c 2a 2f 2a 3b 71 3d mage/web p,*/*;q=
0x0126: 30 2e 38 0d 0a 41 63 63 65 70 74 2d 4c 61 6e 67 0.8..Acc ept-Lang
0x0136: 75 61 67 65 3a 20 65 6e 2d 55 53 2c 65 6e 3b 71 uage: en -US,en;q
0x0146: 3d 30 2e 35 0d 0a 41 63 63 65 70 74 2d 45 6e 63 =0.5..Ac cept-Enc
0x0156: 6f 64 69 6e 67 3a 20 67 7a 69 70 2c 20 64 65 66 oding: g zip, def
0x0166: 6c 61 74 65 0d 0a 43 6f 6e 6e 65 63 74 69 6f 6e late..Co nnection
0x0176: 3a 20 6b 65 65 70 2d 61 6c 69 76 65 0d 0a 55 70 : keep-a live..Up
0x0186: 67 72 61 64 65 2d 49 6e 73 65 63 75 72 65 2d 52 grade-In secure-R
0x0196: 65 71 75 65 73 74 73 3a 20 31 0d 0a 43 61 63 68 equests: 1..Cach
0x01A6: 65 2d 43 6f 6e 74 72 6f 6c 3a 20 6d 61 78 2d 61 e-Contro l: max-a
0x01B6: 67 65 3d 30 0d 0a 0d 0a ge=0....
```

## Program WireShark

6	0.038082122	10.0.2.15	35.221.39.170	TCP
7	0.038301745	10.0.2.15	35.221.39.170	HTTP
8	0.038538096	35.221.39.170	10.0.2.15	TCP

▶ Ethernet II, Src: PcsCompu_6f:35:b5 (08:00:27:6f:35:b5), Dst: RealtekU_
▶ Internet Protocol Version 4, Src: 10.0.2.15, Dst: 35.221.39.170
▶ Transmission Control Protocol, Src Port: 44794, Dst Port: 80, Seq: 1, A
▶ Hypertext Transfer Protocol

0000	52 54 00 12 35 02 08 00	27 6f 35 b5 08 00 45 00	RT..5... 'o5...E.
0010	01 b0 df 27 40 00 40 06	02 8b 0a 00 02 0f 23 dd	... '@.@ ...#.
0020	27 aa ae fa 00 50 b8 6d	8f 32 10 43 16 02 50 18	'...P..m .2..C..P.
0030	fa f0 59 38 00 00 47 45	54 20 2f 63 67 69 2d 73	..Y8..GE T /cgi-s
0040	79 73 2f 64 65 66 61 75	6c 74 77 65 62 70 61 67	ys/defaultwebpag
0050	65 2e 63 67 69 20 48 54	54 50 2f 31 2e 31 0d 0a	e.cgi HT TP/1.1..
0060	48 6f 73 74 3a 20 67 6e	76 31 2e 73 6b 79 73 74	Host: gn vi.skyst
0070	72 61 63 6c 6f 75 64 2e	63 6f 6d 0d 0a 55 73 65	racloud. com..Use
0080	72 2d 41 67 65 6e 74 3a	20 4d 6f 7a 69 6c 6c 61	r-Agent: Mozilla
0090	2f 35 2e 30 20 28 58 31	31 3b 20 55 62 75 6e 74	/5.0 (X1 1; Ubunt
00a0	75 3b 20 4c 69 6e 75 78	20 78 38 36 5f 36 34 3b	u; Linux x86_64;
00b0	20 72 76 3a 37 35 2e 30	29 20 47 65 63 6b 6f 2f	rv:75.0 ) Gecko/
00c0	32 30 31 30 30 31 30 31	20 46 69 72 65 66 6f 78	20100101 Firefox
00d0	2f 37 35 2e 30 0d 0a 41	63 63 65 70 74 3a 20 74	/75.0..A ccept: t
00e0	65 78 74 2f 68 74 6d 6c	2c 61 70 70 6c 69 63 61	ext/html , applica
00f0	74 69 6f 6e 2f 78 68 74	6d 6c 2b 78 6d 6c 2c 61	tion/xht ml+xml,a
0100	70 70 6c 69 63 61 74 69	6f 6e 2f 78 6d 6c 3b 71	pplicati on/xml;q
0110	3d 30 2e 39 2c 69 6d 61	67 65 2f 77 65 62 70 2c	=0.9,image/webp,
0120	2a 2f 2a 3b 71 3d 30 2e	38 0d 0a 41 63 63 65 70	*/*;q=0.8..Accep
0130	74 2d 4c 61 6e 67 75 61	67 65 3a 20 65 6e 2d 55	t-Langua ge: en-U
0140	53 2c 65 6e 3b 71 3d 30	2e 35 0d 0a 41 63 63 65	S,en;q=0.5..Acce
0150	70 74 2d 45 6e 63 6f 64	69 6e 67 3a 20 67 7a 69	pt-Encod ing: gzi
0160	70 2c 20 64 65 66 6c 61	74 65 0d 0a 43 6f 6e 6e	p, defla te..Conn
0170	65 63 74 69 6f 6e 3a 20	6b 65 65 70 2d 61 6c 69	ection: keep-ali
0180	76 65 0d 0a 55 70 67 72	61 64 65 2d 49 6e 73 65	ve..Upgr ade-Inse
0190	63 75 72 65 2d 52 65 71	75 65 73 74 73 3a 20 31	cure-Req uests: 1
01a0	0d 0a 43 61 63 68 65 2d	43 6f 6e 74 72 6f 6c 3a	..Cache- Control:
01b0	20 6d 61 78 2d 61 67 65	3d 30 0d 0a 0d 0a	max-age =0....

Príkaz:

```
./ipk-sniffer -i lo -ic -u -n 2
```

Odchytenie UDP/ICMPv2 paketov na rozhraní localhost v počte 2. Demonštrácia funkčnosti rozšírenia na ICMP pakety (referenčný virtuálny stroj).

## Program ipk-sniffer

```
12:53:14.698 localhost : 37296 > localhost : 8080

0x0000:  00 00 00 00 00 00 00 00  00 00 00 00 08 00 45 00  .....E.
0x0010:  00 20 c4 30 40 00 40 11  78 9a 7f 00 00 01 7f 00  . .0@. @. x.....
0x0020:  00 01 91 b0 1f 90 00 0c  fe 1f  ..... ..

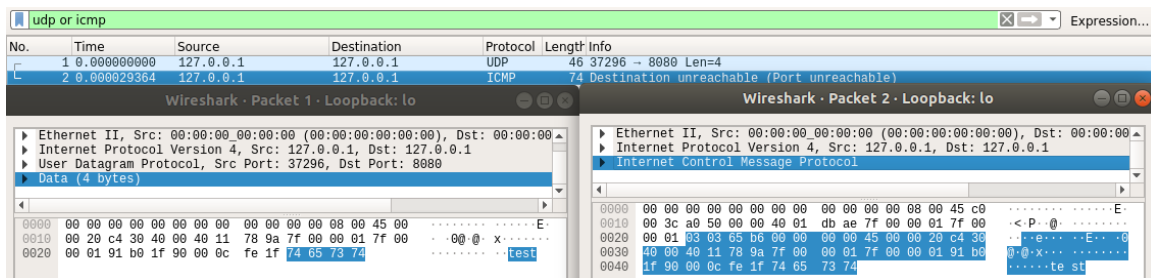
0x002A:  74 65 73 74                                     test

12:53:14.698 localhost : 0 > localhost : 0

0x0000:  00 00 00 00 00 00 00 00  00 00 00 00 08 00 45 c0  .....E.
0x0010:  00 3c a0 50 00 00 40 01  db ae 7f 00 00 01 7f 00  .<.P..@. ....
0x0020:  00 01  ..... ..

0x0022:  03 03 65 b6 00 00 00 00  45 00 00 20 c4 30 40 00  ..e..... E.. .0@.
0x0032:  40 11 78 9a 7f 00 00 01  7f 00 00 01 91 b0 1f 90  @.x.....
0x0042:  00 0c fe 1f 74 65 73 74  ....test
```

## Program Wireshark



Príkaz:

```
./ipk-sniffer -i lo -ic6 -n 2
```

(Podpora IPv6) Odchytenie ICMPv6 paketu na rozhraní localhost. Demonštrácia funkčnosti rozšírenia ICMPv6 (referenčný virtuálny stroj).

## Program ipk-sniffer

```
12:56:56.344 ip6-localhost : 0 > ip6-localhost : 0

0x0000: 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 86 dd 60 09 .....`
0x0010: f6 64 00 40 3a 40 00 00 00 00 00 00 00 00 00 .d.@: @..
0x0020: 00 00 00 00 00 01 00 00 00 00 00 00 00 00 00 .....
0x0030: 00 00 00 00 00 01 .....

0x0036: 80 00 35 6a 10 c2 00 01 18 e2 a2 5e 00 00 00 00 ..5j.... ^....
0x0046: ba 42 05 00 00 00 00 00 10 11 12 13 14 15 16 17 .B.....
0x0056: 18 19 1a 1b 1c 1d 1e 1f 20 21 22 23 24 25 26 27 ..... !"#%&'
0x0066: 28 29 2a 2b 2c 2d 2e 2f 30 31 32 33 34 35 36 37 (*)+,-./ 01234567

12:56:56.344 ip6-localhost : 0 > ip6-localhost : 0

0x0000: 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 86 dd 60 09 .....`
0x0010: bc 6b 00 40 3a 40 00 00 00 00 00 00 00 00 00 .k.@: @..
0x0020: 00 00 00 00 00 01 00 00 00 00 00 00 00 00 00 .....
0x0030: 00 00 00 00 00 01 .....

0x0036: 81 00 34 6a 10 c2 00 01 18 e2 a2 5e 00 00 00 00 ..4j.... ^....
0x0046: ba 42 05 00 00 00 00 00 10 11 12 13 14 15 16 17 .B.....
0x0056: 18 19 1a 1b 1c 1d 1e 1f 20 21 22 23 24 25 26 27 ..... !"#%&'
0x0066: 28 29 2a 2b 2c 2d 2e 2f 30 31 32 33 34 35 36 37 (*)+,-./ 01234567
```

## Program Wireshark

The screenshot displays the Wireshark network protocol analyzer interface. The top pane shows a list of captured packets, with two ICMPv6 Echo (ping) packets selected. The bottom pane shows the detailed view of these packets, including the Ethernet II header, Internet Protocol Version 6 header, and the Internet Control Message Protocol (ICMPv6) payload. The first packet is an Echo (ping) request, and the second is the corresponding reply. The packet details and hex data are shown for both packets, highlighting the differences in the ICMPv6 payload (request vs. reply).



Príkaz:

```
./ipk-sniffer -i lo
```

(Podpora IPv6) Odchytenie TCP/UDP paketu na rozhraní localhost (IPv6 verzia, referenčný virtuálny stroj).

## Program ipk-sniffer

```
12:59:25.953 ip6-localhost : 49454 > ip6-localhost : 80

0x0000:  00 00 00 00 00 00 00 00  00 00 00 00 86 dd 60 06  .....`
0x0010:  da e0 00 28 06 40 00 00  00 00 00 00 00 00 00 00  ...(.@..
0x0020:  00 00 00 00 00 01 00 00  00 00 00 00 00 00 00 00  .....
0x0030:  00 00 00 00 00 01 c1 2e  00 50 f2 1b bf c7 00 00  .....P
0x0040:  00 00 a0 02 ff c4 00 30  00 00 02 04 ff c4 04 02  .....0
0x0050:  08 0a 46 85 2a 08 00 00  00 00 01 03 03 07  ..F.*...
```

## Program WireShark

1	0.0000000000	::1	::1	TCP
3	55.993229452	127.0.0.1	224.0.0.251	MDNS

▶	Frame 1: 94 bytes on wire (752 bits), 94 bytes captured (752 bits) on i
▶	Ethernet II, Src: 00:00:00_00:00:00 (00:00:00:00:00:00), Dst: 00:00:00_
▶	Internet Protocol Version 6, Src: ::1, Dst: ::1
▼	Transmission Control Protocol, Src Port: 49454, Dst Port: 80, Seq: 0, L
	Source Port: 49454

0000	00 00 00 00 00 00 00 00	00 00 00 00 86 dd 60 06	.....`
0010	da e0 00 28 06 40 00 00	00 00 00 00 00 00 00 00	...(.@..
0020	00 00 00 00 00 01 00 00	00 00 00 00 00 00 00 00	.....
0030	00 00 00 00 00 01 c1 2e	00 50 f2 1b bf c7 00 00	.....P
0040	00 00 a0 02 ff c4 00 30	00 00 02 04 ff c4 04 02	.....0
0050	08 0a 46 85 2a 08 00 00	00 00 01 03 03 07	..F.*...

Príkaz:

```
./ipk-sniffer -i any -ig -ic -ic6 -u -n 5 -p 8080
```

Komplexný príklad odchytenia piatich paketov s rôznymi protokolmi zadanych užívateľom. Demonštrácia podpory aplikovania filtru na port, avšak je aplikovaný len na TCP/UDP pakety (v tomto prípade konkrétne UDP paket), podpora IGMP paketov (testované na mojom stroji).

V poradí: UDP (IPv6), ICMPv6, ICMP, ICMP, IGMP

## Program ipk-sniffer

```
16:13:10.507 localhost : 48753 > localhost : 8080

0x0000:  00 00 03 04 00 06 00 00  00 00 00 00 00 00 86 dd  .....
0x0010:  60 03 06 82 00 0c 11 40  00 00 00 00 00 00 00 00  `.....@
0x0020:  00 00 00 00 00 00 00 01  00 00 00 00 00 00 00 00  .....
0x0030:  00 00 00 00 00 00 00 01  be 71 1f 90 00 0c 00 1f  ..... .q.....

0x0040:  74 65 73 74                                     test

16:13:10.507 localhost : 0 > localhost : 0

0x0000:  00 00 03 04 00 06 00 00  00 00 00 00 00 00 86 dd  .....
0x0010:  60 05 60 cb 00 3c 3a 40  00 00 00 00 00 00 00 00  `..<:@
0x0020:  00 00 00 00 00 00 00 01  00 00 00 00 00 00 00 00  .....
0x0030:  00 00 00 00 00 00 00 01                                     .....

0x0038:  01 04 c0 a9 00 00 00 00  60 03 06 82 00 0c 11 40  ..... `.....@
0x0048:  00 00 00 00 00 00 00 00  00 00 00 00 00 00 00 01  .....
0x0058:  00 00 00 00 00 00 00 00  00 00 00 00 00 00 00 01  .....
0x0068:  be 71 1f 90 00 0c 00 1f  74 65 73 74             .q..... test

16:13:13.637 archlinux : 0 > one.one.one.one : 0

0x0000:  00 04 00 01 00 06 50 eb  71 5b b6 4d 00 00 08 00  .....P. q[.M....
0x0010:  45 00 00 54 df 2b 40 00  40 01 98 c5 c0 a8 00 0e  E..T.+@. @.....
0x0020:  01 01 01 01                                     ....

0x0024:  08 00 63 ff 00 02 00 01  19 10 a3 5e 00 00 00 00  ..C..... ^....
0x0034:  0f bc 09 00 00 00 00 00  10 11 12 13 14 15 16 17  .....
0x0044:  18 19 1a 1b 1c 1d 1e 1f  20 21 22 23 24 25 26 27  ..... !"#$$%&'
0x0054:  28 29 2a 2b 2c 2d 2e 2f  30 31 32 33 34 35 36 37  (*)+,-./ 01234567

16:13:13.683 one.one.one.one : 0 > archlinux : 0

0x0000:  00 00 00 01 00 06 34 ba  9a 53 24 73 00 00 08 00  .....4. .S$s....
0x0010:  45 00 00 54 8d d5 00 00  37 01 33 1c 01 01 01 01  E..T... 7.3....
0x0020:  c0 a8 00 0e                                     ....

0x0024:  00 00 6b ff 00 02 00 01  19 10 a3 5e 00 00 00 00  ..k..... ^....
0x0034:  0f bc 09 00 00 00 00 00  10 11 12 13 14 15 16 17  .....
0x0044:  18 19 1a 1b 1c 1d 1e 1f  20 21 22 23 24 25 26 27  ..... !"#$$%&'
0x0054:  28 29 2a 2b 2c 2d 2e 2f  30 31 32 33 34 35 36 37  (*)+,-./ 01234567

16:14:49.343 0.0.0.0 : 0 > all-systems.mcast.net : 0

0x0000:  00 02 00 01 00 06 34 ba  9a 53 24 73 00 00 08 00  .....4. .S$s....
0x0010:  46 c0 00 20 00 00 40 00  01 02 04 17 00 00 00 00  F.. ..@. ....
0x0020:  e0 00 00 01 94 04 00 00                                     .....

0x0028:  11 64 ee 9b 00 00 00 00                                     .d.....
```



## Program WireShark

The image displays four screenshots of the Wireshark network protocol analyzer, showing details of specific captured packets. Each screenshot includes the packet number, frame size, and a list of protocols involved, followed by a hex dump and its ASCII representation.

**Wireshark · Packet 9 · any**

- Frame 9: 68 bytes on wire (544 bits), 68 bytes captured (544 bits) on interface
- Linux cooked capture
- Internet Protocol Version 6, Src: ::1, Dst: ::1
- User Datagram Protocol, Src Port: 48753, Dst Port: 8080
- Data (4 bytes)

Hex dump (offsets 0000-0040):

```
0000 00 00 03 04 00 06 00 00 00 00 00 00 00 86 dd .....  
0010 60 03 06 82 00 0c 11 40 00 00 00 00 00 00 00 .....@  
0020 00 00 00 00 00 00 00 01 00 00 00 00 00 00 00 .....  
0030 00 00 00 00 00 00 00 01 be 71 1f 90 00 0c 00 1f .....-q  
0040 74 65 73 74 test
```

**Wireshark · Packet 10 · any**

- Frame 10: 116 bytes on wire (928 bits), 116 bytes captured (928 bits) on interface
- Linux cooked capture
- Internet Protocol Version 6, Src: ::1, Dst: ::1
- Internet Control Message Protocol v6

Hex dump (offsets 0000-0070):

```
0000 00 00 03 04 00 06 00 00 00 00 00 00 00 86 dd .....  
0010 60 05 60 cb 00 3c 3a 40 00 00 00 00 00 00 00 .....<:  
0020 00 00 00 00 00 00 00 01 00 00 00 00 00 00 00 .....  
0030 00 00 00 00 00 00 00 01 01 04 c0 a9 00 00 00 00 .....  
0040 60 03 06 82 00 0c 11 40 00 00 00 00 00 00 00 .....@  
0050 00 00 00 00 00 00 00 01 00 00 00 00 00 00 00 .....  
0060 00 00 00 00 00 00 01 be 71 1f 90 00 0c 00 1f .....-q  
0070 74 65 73 74 test
```

**Wireshark · Packet 38 · any**

- Frame 38: 100 bytes on wire (800 bits), 100 bytes captured (800 bits) on interface
- Linux cooked capture
- Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.0.14, Dst: 1.1.1.1
- Internet Control Message Protocol

Hex dump (offsets 0000-0060):

```
0000 00 04 00 01 00 06 50 eb 71 5b b6 4d 00 00 08 00 .....P· q[·M  
0010 45 00 00 54 df 2b 40 00 40 01 98 c5 c0 a8 00 0e E·T·+@· @·  
0020 01 01 01 01 08 00 63 ff 00 02 00 01 19 10 a3 5e .....C·  
0030 00 00 00 00 0f bc 09 00 00 00 00 00 10 11 12 13 .....  
0040 14 15 16 17 18 19 1a 1b 1c 1d 1e 1f 20 21 22 23 ..... !"#  
0050 24 25 26 27 28 29 2a 2b 2c 2d 2e 2f 30 31 32 33 $%&'()*+,-./0123  
0060 34 35 36 37 4567
```

**Wireshark · Packet 39 · any**

- Frame 39: 100 bytes on wire (800 bits), 100 bytes captured (800 bits) on interface
- Linux cooked capture
- Internet Protocol Version 4, Src: 1.1.1.1, Dst: 192.168.0.14
- Internet Control Message Protocol

Hex dump (offsets 0000-0060):

```
0000 00 00 00 01 00 06 34 ba 9a 53 24 73 00 00 08 00 .....4· ·$$s·  
0010 45 00 00 54 8d d5 00 00 37 01 33 1c 01 01 01 01 E·T· 7·3·  
0020 c0 a8 00 0e 00 00 6b ff 00 02 00 01 19 10 a3 5e .....k·  
0030 00 00 00 00 0f bc 09 00 00 00 00 00 10 11 12 13 .....  
0040 14 15 16 17 18 19 1a 1b 1c 1d 1e 1f 20 21 22 23 ..... !"#  
0050 24 25 26 27 28 29 2a 2b 2c 2d 2e 2f 30 31 32 33 $%&'()*+,-./0123  
0060 34 35 36 37 4567
```

**Wireshark · Packet 6236 · any**

- Frame 6236: 48 bytes on wire (384 bits), 48 bytes captured (384 bits) on interface
- Linux cooked capture
- Internet Protocol Version 4, Src: 0.0.0.0, Dst: 224.0.0.1
- Internet Group Management Protocol

Hex dump (offsets 0000-0020):

```
0000 00 02 00 01 00 06 34 ba 9a 53 24 73 00 00 08 00 .....4· ·$$s·  
0010 46 c0 00 20 00 00 40 00 01 02 04 17 00 00 00 00 F· ·@· ·  
0020 e0 00 00 01 94 04 00 00 11 64 ee 9b 00 00 00 00 .....d·
```

## 6. Referencie

1. Gal, T. and Morgan, C., 2020. *Sharppcap - A Packet Capture Framework For .NET*. [online] Codeproject.com. Dostupné na: <https://www.codeproject.com/articles/12458/sharppcap-a-packet-capture-framework-for-net> [cit. 2020-04-23].
2. GitHub. 2020. *Chmorgan/Sharppcap*. [online] Dostupné na: <https://github.com/chmorgan/sharppcap> [cit. 2020-04-23].
3. GitHub. 2020. *Chmorgan/Sharppcap*. [online]. Dostupné na: <https://github.com/chmorgan/sharppcap/tree/master/Examples> [cit. 2020-04-23].
4. Kurose, J. a Ross, K., 2014. *Počítačové Sítě*. Brno: Computer Press. ISBN 9788025138250.
5. Matoušek, P. 2014. *Síťové aplikace a jejich architektura*. VUTIU. ISBN 9788021437661
6. Sharppcap.sourceforge.net. 2020. *Sharppcap: Sharppcap*. [online] Dostupné na: <http://sharppcap.sourceforge.net/htmldocs/SharpPcap/index.html> [cit. 2020-04-23].
7. Tcpdump.org. 2020. *Manpage Of PCAP*. [online] Dostupné na: <https://www.tcpdump.org/manpages/pcap.3pcap.html> [cit. 2020-04-23].
8. Tcpdump.org. 2020. *Programming With Pcaptcpdump/LIBPCAP Public Repository*. [online] Dostupné na: <https://www.tcpdump.org/pcap.html> [cit. 2020-04-23].