VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

MONITOROVÁNÍ DNS KOMUNIKACE

ADAM PASTIERIK

xpasti00

Obsah

1. Uvedenie do problematiky

Základom sieťovej komunikácie tvoria rôzne protokoly, ktoré zabezpečujú spoľahlivý prenos dát medzi počítačmi a servermi. Jedným z najvýznamnejších protokolov je DNS (Domain Name System). Jeho hlavnou úlohou je preklad doménových mien na IP adresy, ktoré sú potrebné na komunikáciu v sieti.

V tomto projekte sa zameriam na monitorovanie DNS prevádzky pomocou nástroja na analýzu paketov, akým je napríklad `libpcap`, a vytvorím aplikáciu, ktorá bude zaznamenávať DNS odpovede a ukladať domény a ich preklady na IP adresy do súboru.

2. Popis implementácie

Implementácia aplikácie je rozdelená do viacerých modulov, pričom každý z nich má na starosti určitú časť funkčnosti. Tieto moduly spoločne zabezpečujú zachytávanie DNS komunikácie, spracovanie paketov a výpis zistených informácií. Implementácia využíva knižnicu `libpcap` na zachytávanie sieťovej komunikácie.

2.1 Modul spracovania argumentov príkazového riadku

Tento modul je implementovaný v triede `ArgParser`, ktorá slúži na spracovanie a validáciu argumentov príkazového riadku. Používa funkciu `getopt` na jednoduché parsovanie argumentov, pričom podporuje nasledovné parametre:

- **-i**: určuje sieťové rozhranie, z ktorého sa budú zachytávať DNS pakety.
- **-p**: určuje pcap súbor, ktorý sa bude analyzovať, ak sa nepoužíva sieťové rozhranie.
- **-v**: nastaví mód s podrobným výstupom (verbose mode).
- **-d**: určuje cestu k súboru, kde sa budú ukladať preložené domény.
- **-t**: určuje cestu k súboru s prekladmi domén na IP adresy.

Ak používateľ nešpecifikuje rozhranie ani pcap súbor, aplikácia vypíše chybu a skončí. Tento modul tiež zabezpečuje, že nie je možné súčasne špecifikovať rozhranie aj pcap súbor.

2.2 Modul na zachytávanie a spracovanie DNS paketov

Hlavný modul aplikácie je implementovaný v triede `DnsMonitor`, ktorá spracováva zachytené DNS pakety. Tento modul vykonáva nasledujúce funkcie:

2.2.1 Zachytávanie DNS paketov

V metóde `process_packets` používa knižnicu `libpcap` na zachytávanie paketov zo zvoleného sieťového rozhrania alebo načítava pakety z pcap súboru. Aplikácia používa filter, aby zachytávala iba DNS pakety. Z knižnice využíva funkciu `pcap_loop` kde v smyčke prechádza jednotlivými paketmi a spracováva ich.

2.2.2 Spracovanie DNS správ

Spracovanie DNS správ v aplikácii začína analýzou zachytených paketov na úrovni Ethernetovej hlavičky, kde sa v metóde `get_ip_version` zistí, či sa jedná o IPv4 alebo IPv6 paket. Pred samotným rozlíšením IP verzie sa však vykonáva kontrola, či ide o tzv. "Linux cooked" packet, čo indikuje špecifický formát zachytených paketov v Linuxe.

Toto zisťovanie prebieha prostredníctvom metódy `pcap_datalink`, ktorá vracia typ linkovej vrstvy zachyteného paketu. Ak je výsledkom tejto metódy hodnota `DLT_LINUX_SLL`, znamená to, že paket je Linux cooked (s formátom hlavičky sll), a teda hlavička je dlhá 16 bajtov. V takomto prípade sa typ vyššej vrstvy (IP alebo IPv6) určuje z poľa sll_proto v hlavičke. Naopak, ak je typom linkovej vrstvy DLT_EN10MB, paket používa štandardnú Ethernetovú hlavičku s dĺžkou 14 bajtov, pričom typ vyššej vrstvy sa získa z poľa ether_type tejto hlavičky.

Po určení IP verzie sa z IP hlavičky zistia zdrojové a cieľové IP adresy a nasleduje spracovanie UDP hlavičky. UDP hlavička obsahuje zdrojový a cieľový port, ktoré sa analyzujú. Za UDP hlavičkou sa nachádza DNS paket, ktorý obsahuje informácie o DNS dotazoch a odpovediach.

2.3 Výpis DNS paketov

Výpis paketov je realizovaný pomocou samostatnej metódy `print_dns_packet`. V prípade štandardného režimu (bez verbose) aplikácia vypisuje len základné informácie o DNS pakete, ako je timestamp, zdrojová a cieľová IP adresa, a počet záznamov v jednotlivých sekciách DNS správy. Ak je povolený verbose režim, aplikácia vypíše podrobné informácie o DNS pakete. Zobrazuje sa čas prijatia paketu, zdrojová a cieľová IP adresa, zdrojový a cieľový port, ID DNS správy, príznaky DNS správy a záznamy sekcie Question, prípadne Answer, Authority. Additional. Podporované typy záznamov sú A, AAAA, NS, MX, SOA, CNAME a SRV. Ak je v sekcii aspoň jeden záznam (aj keď je ignorovaný), vypíše sa názov sekcie. Naopak, ak je sekcia úplne prázdna, jej názov sa nevypíše.

Metóda `print_dns_question` začína inicializáciou ukazovateľa `currentPtr`, ktorý ukazuje na aktuálnu pozíciu v DNS pakete (na začiatok sekcie Question). Vytvárajú sa dve mapy (`unordered_map`), ktoré mapujú číselné hodnoty QTYPE (typ dotazu) a QCLASS (trieda dotazu) na ich reťazcové reprezentácie. Cyklus prechádza cez všetky otázky v sekcii podľa hodnoty `qdCount`. Pre každú otázku vytvára novú inštanciu triedy `Section`, ktorá spracuje doménové meno, typ a triedu dotazu. Ukazovateľ `currentPtr` sa posunie na nasledujúcu časť DNS paketu po spracovaní aktuálnej otázky.

Pre výpis ďalších sekcií sa využíva metóda `print_section`, ktorá prechádza každým záznamom sekcie a vytvára inštanciu triedy `Section`, ktorá obsahuje doménové meno, typ záznamu, triedu a TTL. Tieto údaje sa potom odovzdajú funkcii `print_record`, ktorá spracuje záznam na základe jeho typu. Metóda vracia ukazovateľ na ďalší záznam sekcie alebo ďalšiu sekciu.

2.4 Hľadanie doménových mien a ich preklad na IPv4 a IPv6 adresy

Trieda `DnsMonitor` obsahuje atribúty `domainNamesFile` a `translationsFile`, ktoré slúžia na priamy zápis doménových mien a ich prekladov do zadaných súborov. Doménové mená sa zapisujú priamo do súboru v momente, keď sa vykoná ich preklad v metóde `add_to_domains`.

Na podobnom princípe funguje aj metóda `add_to_translations`, ktorá sa však volá len v prípade A a AAAA záznamov a pridáva preklad do súboru.

Ak užívateľ pri spustení špecifikoval parametre -d alebo -t, údaje sa ukladajú do zadaných súborov. Ak zadaný súbor neexistuje, program ho automaticky vytvorí. Ak už existuje, nové údaje sa pridajú na jeho koniec bez prepisovania existujúceho obsahu. Tým sa zabezpečuje kontinuálny zápis údajov bez straty predchádzajúcich záznamov.

3. Návod na použitie

3.1 Príkazové argumenty

Aplikácia akceptuje nasledujúce príkazové argumenty:

- -i <interface>: názov rozhrania, na ktorom bude program počúvať
- -p <pcapfile >: cesta k PCAP súboru na spracovanie predtým zachytených paketov.
- -v: režim „verbose“ – povolí kompletný výpis detailov o DNS pakete
- -d <domainsfile>: súbor na uloženie doménových mien.
- -t <translationsfile>: súbor na uloženie DNS prekladov na IP adresy.

3.2 Spustenie programu

Pred spustením programu je nutné ho najskôr skompilovať pomocou príkazu `make`, ktorý vytvorí spustiteľný súbor zo zdrojových kódov. Potom je možné program spustiť následovne:

- Zachytávanie paketov na sieťovom rozhraní

```
./dns_monitor -i eth0
```

- Spracovanie paketov z pcap súboru

```
./dns_monitor -p pcapfile.pcap
```

- Spustenie v režime „verbose“

```
./dns_monitor -p pcapfile.pcap -v
```

- Uloženie doménových mien do súboru

```
./dns_monitor -p pcapfile.pcap -d domains.txt
```

4. Testovanie

Na overenie správnosti funkčnosti aplikácie som vykonal testovanie pomocou nástroja Wireshark. Testoval som počúvanie na rozhraní ale aj použitím pcap súborov. Na základe výstupov z aplikácie som skontroloval, či boli správne extrahované doménové mená, preklady na IP adresy a ďalšie údaje porovnaním výsledkov z aplikácie Wireshark.

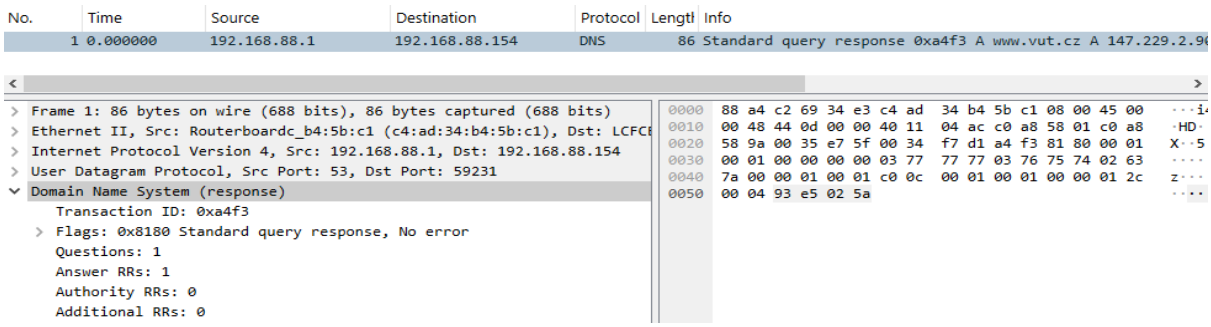
4.1 Vykonané testy

4.1.1 Základný test

Výstup programu

```
admp@DESKTOP-JM83620:~/Programming/isa_project$ ./dns_monitor -p packets/basic.pcap
2024-10-13 16:35:27 192.168.88.1 -> 192.168.88.154 (R 1/1/0/0)
```

Wireshark

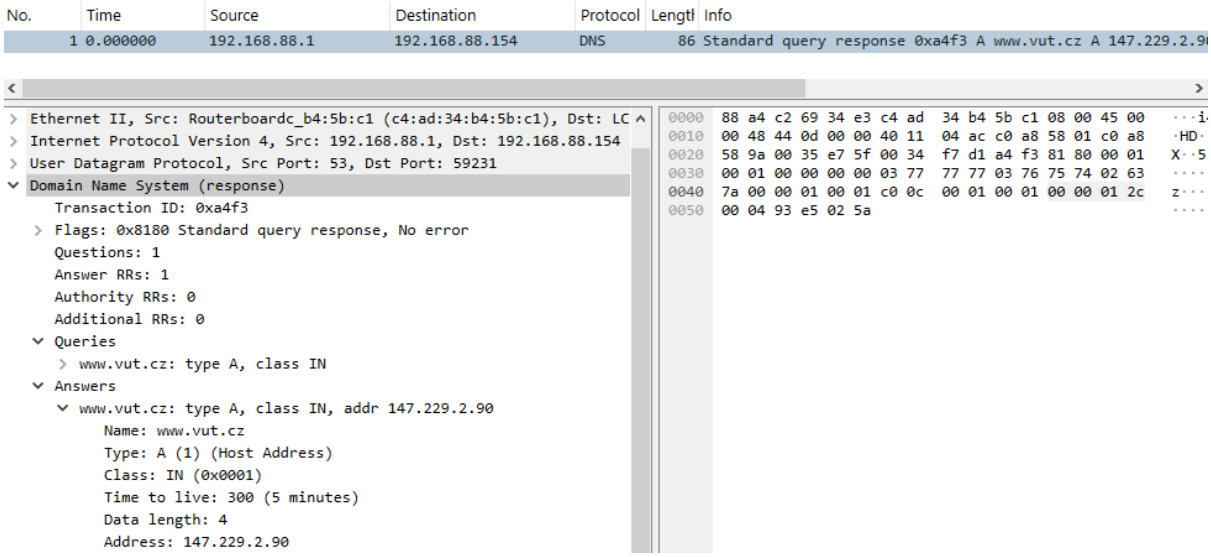


4.1.2 Verbose mode

Výstup programu

```
admp@DESKTOP-JM83620:~/Programming/isa_project$ ./dns_monitor -p packets/basic.pcap -v
Timestamp: 2024-10-13 16:35:27
SrcIP: 192.168.88.1
DstIP: 192.168.88.154
SrcPort: UDP/53
DstPort: UDP/59231
Identifier: 0xa4f3
Flags: QR=1, OPCODE=0, AA=0, TC=0, RD=1, RA=1, Z=0, RCODE=0

[Question Section]
www.vut.cz. IN A

[Answer Section]
www.vut.cz. 300 IN A 147.229.2.90
====================
```

Wireshark

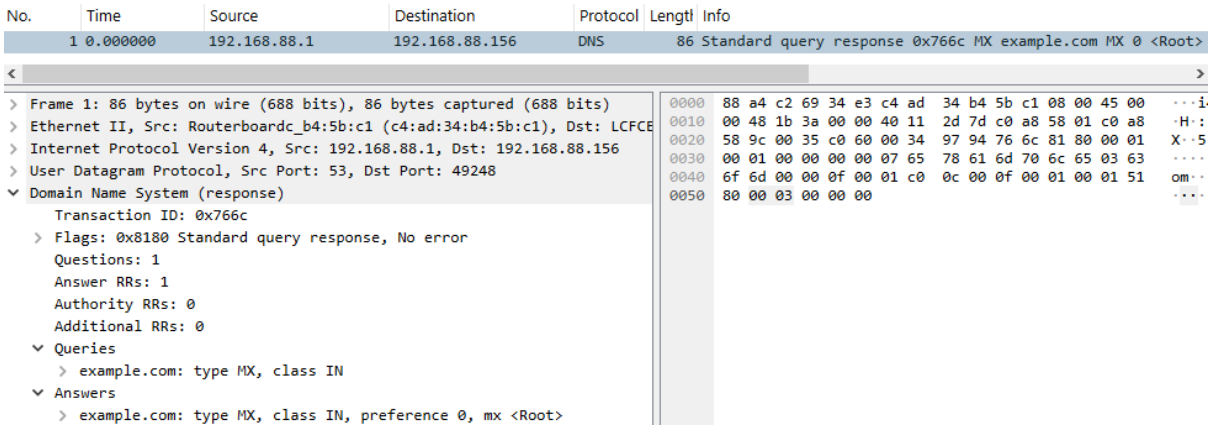


4.1.3 MX Záznam

Výstup program

```
admp@DESKTOP-JM8362O:~/Programming/isa_project$ ./dns_monitor -p packets/mx.pcap -v
Timestamp: 2024-10-04 14:52:49
SrcIP: 192.168.88.1
DstIP: 192.168.88.156
SrcPort: UDP/53
DstPort: UDP/49248
Identifier: 0x766c
Flags: QR=1, OPCODE=0, AA=0, TC=0, RD=1, RA=1, Z=0, RCODE=0

[Question Section]
example.com. IN MX

[Answer Section]
example.com. 86400 IN MX 0 <Root>
====================
```

Wireshark

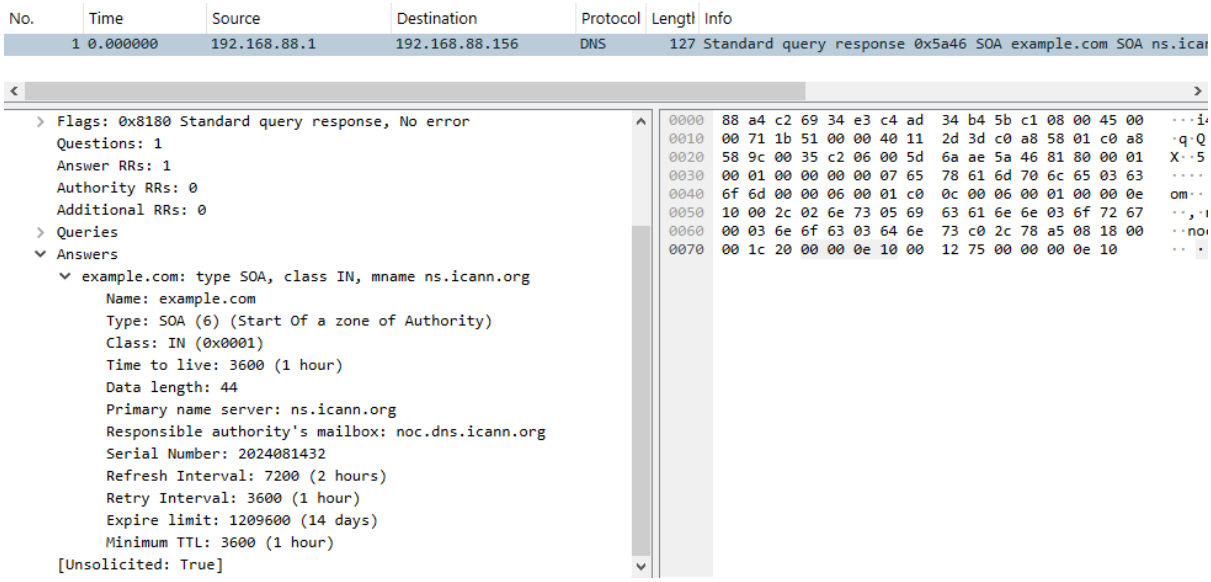


4.1.4 SOA Záznam

Výstup program

```
admp@DESKTOP-JM8362O:~/Programming/isa_project$ ./dns_monitor -p packets/soa.pcap -v
Timestamp: 2024-10-04 14:55:46
SrcIP: 192.168.88.1
DstIP: 192.168.88.156
SrcPort: UDP/53
DstPort: UDP/49670
Identifier: 0x5a46
Flags: QR=1, OPCODE=0, AA=0, TC=0, RD=1, RA=1, Z=0, RCODE=0

[Question Section]
example.com. IN SOA

[Answer Section]
example.com. 3600 IN SOA ns.icann.org. noc.dns.icann.org. (
   2024081432 ; Serial
   7200 ; Refresh
   3600 ; Retry
   1209600 ; Expire
   3600 ; Minimum TTL
)
====================
```

Wireshark

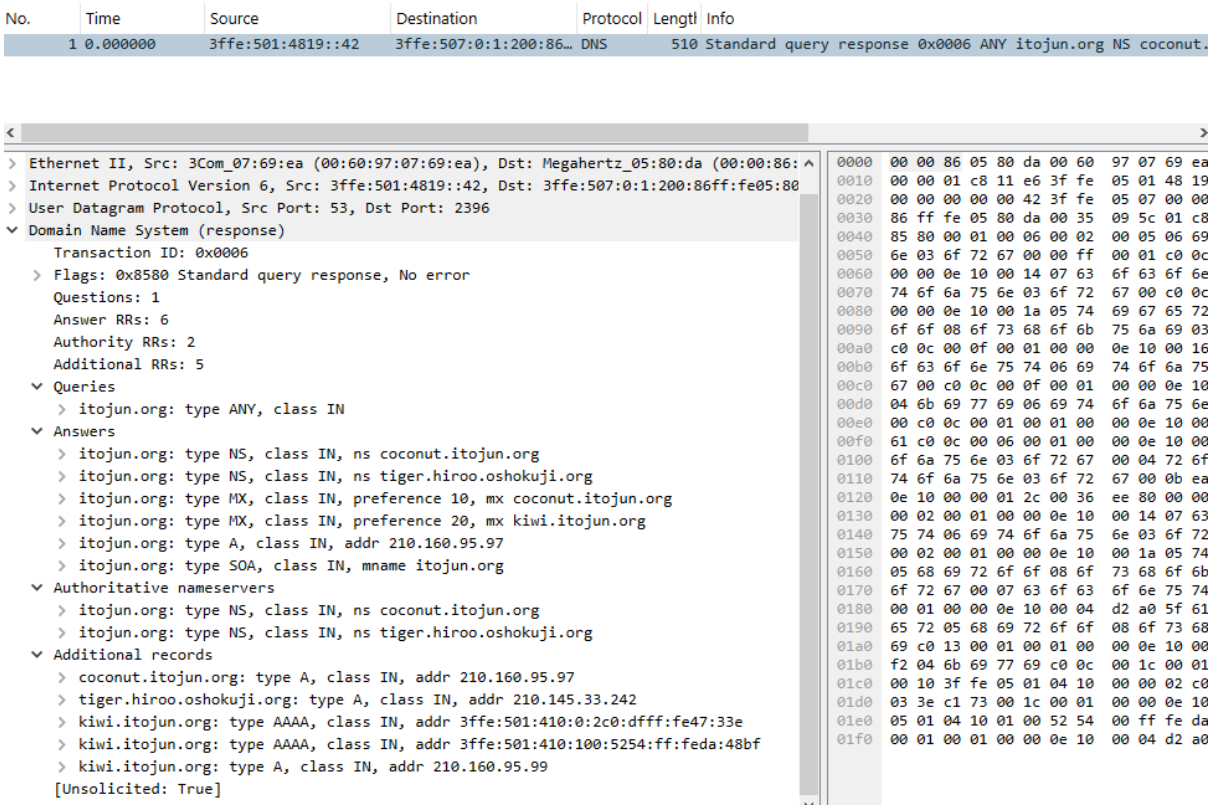


4.1.5 IPv6 Packet

Výstup programu

```
admp@DESKTOP-JM8362O:~/Programming/isa_project$ ./dns_monitor -p packets/ipv6.pcap -v
Timestamp: 1999-03-11 14:45:02
SrcIP: 3ffe:501:4819::42
DstIP: 3ffe:507:0:1:200:86ff:fe05:80da
SrcPort: UDP/53
DstPort: UDP/2396
Identifier: 0x6
Flags: QR=1, OPCODE=0, AA=1, TC=0, RD=1, RA=1, Z=0, RCODE=0

[Question Section]

[Answer Section]
itojun.org. 3600 IN NS coconut.itojun.org.
itojun.org. 3600 IN NS tiger.hiroo.oshokuji.org.
itojun.org. 3600 IN MX 10 coconut.itojun.org.
itojun.org. 3600 IN MX 20 kiwi.itojun.org.
itojun.org. 3600 IN A 210.160.95.97
itojun.org. 3600 IN SOA itojun.org. root.itojun.org. (
   199903080 ; Serial
   3600 ; Refresh
   300 ; Retry
   3600000 ; Expire
   3600 ; Minimum TTL
)

[Authority Section]
itojun.org. 3600 IN NS coconut.itojun.org.
itojun.org. 3600 IN NS tiger.hiroo.oshokuji.org.

[Additional Section]
coconut.itojun.org. 3600 IN A 210.160.95.97
tiger.hiroo.oshokuji.org. 3600 IN A 210.145.33.242
kiwi.itojun.org. 3600 IN AAAA 3ffe:501:410:0:2c0:dfff:fe47:33e
kiwi.itojun.org. 3600 IN AAAA 3ffe:501:410:100:5254:ff:feda:48bf
kiwi.itojun.org. 3600 IN A 210.160.95.99
====================
```

Wireshark



5. Bibliografia

[1] *Domain names - implementation and specification* RFC 1035. RFC Editor, november 1987. Dostupné z: https://doi.org/10.17487/RFC1035.

[2] 3rd, D. E. E. a Kaufman, C. W. *Domain Name System Security Extensions* RFC 2065. RFC Editor, január 1997. Dostupné z: https://doi.org/10.17487/RFC2065.

[3] Ksinant, V.; Huitema, C.; Thomson, D. S. a Souissi, M. *DNS Extensions to Support IP Version 6* RFC 3596. RFC Editor, október 2003. Dostupné z: https://doi.org/10.17487/RFC3596.

[4] The Tcpdump Group. (n.d.). *Programming with pcap*. Dostupné z: https://www.tcpdump.org/pcap.html

[5] Wireshark Foundation. (n.d.). *SLL: Linux Cooked Capture*. Dostupné z: https://wiki.wireshark.org/SLL