Vysoké Učení Technické v Brně

Fakulta Informačních Technologii

Projektová dokumentácia k predmetu ISA

Monitorovanie DHCP komunikácie

18.11.2023 Tereza Kubincová (xkubin27)

Obsah

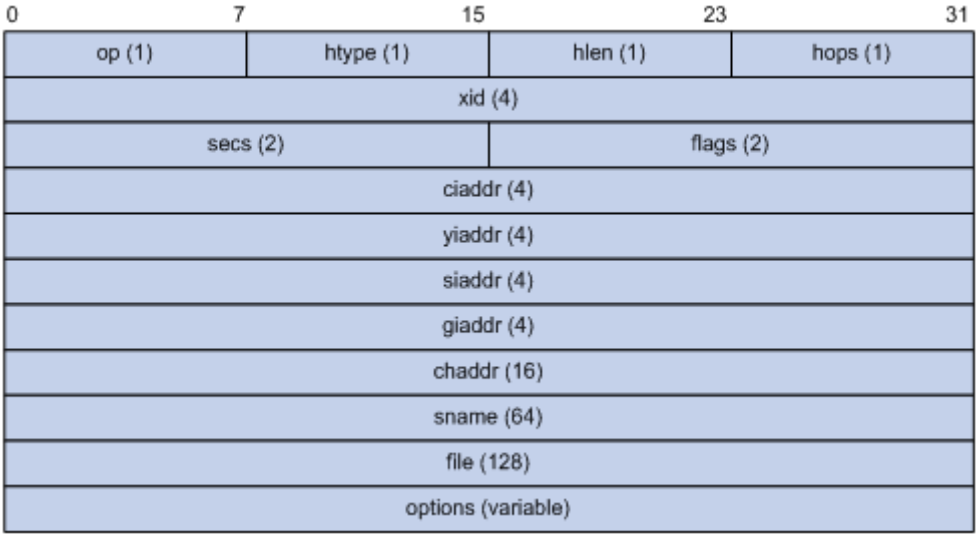
1. Úvod

Cieľom projektu je vytvoriť program, ktorý by umožňoval získavanie štatistík o vyťažení sieťového prefixu z pohľadu množstva alokovaných IP adries. V praxi sa daný problém rieši analýzou logových súborov DHCP serveru, alebo túto štatistiku priamo server poskytuje. Našim cieľom je dostupnosť štatistík v prípade, keď DHCP server takéto možnosti nepodporuje a pre ich získanie je treba použiť analýzu sieťovej komunikácie.

1.1. DHCP

Dynamic Host Configuration Protocol je protokol bežiaci na aplikačnej vrstve TCP/IP stacku nad UDP (porty 67 a 68). Jedná sa o protokol, ktorý zaisťuje dynamické prideľovanie IP adries v sieti a zasielanie konfiguračných parametrov ako je napríklad maska siete, adresa siete, implicitná brána a adresa DNS serveru. DHCP prideľuje adresy zakaždým, keď sa nejaké zariadenie pripojí do siete, čím eliminuje nutnosť manuálnej konfigurácie IP adresy pre každého klienta.

1.2. Štruktúra DHCP Paketu



Obr. 1. štruktúra DHCP paketu[1]

op typ správy (1-REQUEST, 2-REPLY)

[1] https://techhub.hpe.com/eginfolib/networking/docs/switches/5120si/cg/5998-8491_l3-ip-svcs_cg/content/436042653.htm

htype	typ hardwarovej adresy
hlen	dĺžka hardwarovej adresy
hops	počet skokov (pre DHCP relay)
xid	id transakcie, náhodné vygenerované číslo
secs	počet sekúnd ubehnutých od začiatku procesu prideľovania/ obnovenia adresy
flags	príznaky (broadcast alebo unicast)
ciaddr	IP adresa klienta
yiaddr	IP adresa pridelená klientovi serverom
siaddr	IP adresa serveru od ktorého klient obdržal konfiguračné parametre
giaddr	IP adresa prvého “relay agenta”, cez ktorého správa prešla
chaddr	hardwarová adresa klienta
sname	meno serveru od ktorého klient obdržal konfiguračné parametre
file	“bootfile” a informácia o ceste, definuje server pre klienta
options	voliteľné parametre premennej dĺžky

1.3. Message Type

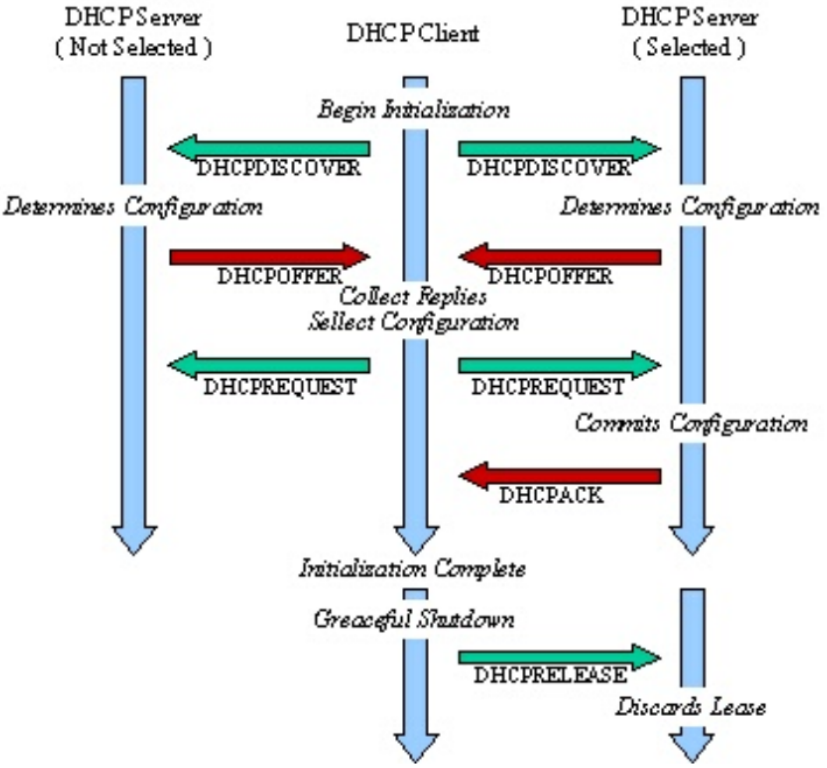
Jedná sa o položku z options (option 53), ktorú by mala obsahovať každá DHCP správa - určuje jej typ. Patria sem:

`DHCP DISCOVER`
`DHCP OFFER`
`DHCP REQUEST`
`DHCP ACK`
`DHCP NAK`
`DHCP INFORM`
`DHCP DECLINE`

1.4. Pridelenie adresy

Komunikáciu iniciuje zariadenie [1], ktoré sa chce pripojiť do siete (klient) tým, že na siet vyšle `DHCP DISCOVER` [Obr. 2.] paket so zdrojovou IP adresou 0.0.0.0 a broadcastovou MAC adresou (FF-FF-FF-FF-FF-FF). Všetky DHCP servery, ktoré sa nachádzajú v danej sieti odpovedajú správou `DHCP OFFER`, pričom ako `yiaddr` nastavia hodnotu adresy, ktorú poskytujú klientovi a v `options` zašlú ďalšie

konfiguračné parametre, ako je napríklad hodnota `lease time`, atd. Klient si vyberie jednu z ponúkaných adries, broadcastom zašle správu `DHCP REQUEST`, pričom `option 50` (requested IP address) [2] nastaví na hodnotu vybranej IP, `option 54` (server identifier) nastaví na hodnotu IP adresy DHCP serveru, od ktorého danú ponuku obdržal. Server potom odpovedá správou `DHCP ACK`, v ktorej zašle všetky konfiguračné parametre siete (rovnaké ako v `DHCP OFFER` správe) a zároveň tým potvrdí alokovanie danej adresy. V tomto momente si klient svoje sieťové rozhranie nastaví na základe obdržaných parametrov a môže sa pripojiť na internet.



Obr.2. Priebeh DHCP komunikácie pri prideľovaní adresy[2]

1.5. Predĺženie Lease Time

Pridelenú adresu môže klient používať iba určitú dobu danú DHCP serverom, t.j. `lease time` [1]. V prípade, že klient chce naďalej používať svoju adresu aj po vypršaní tohto intervalu, musí požiadať o jeho predĺženie s dostatočným predstihom. To môže urobiť zaslaním správy `DHCP REQUEST`, na ktorú

[2] IPK Slidy 2022 - IPv4 (Veselý)

server odpovedá `DHCK ACK`, v prípade, že predĺženie lease time bolo úspešné alebo `DHCP NAK` v prípade neúspechu.

2. Návrh riešenia

Riešenie bude pozostávať z dvoch častí, pričom prvá sa zaoberá zberom paketov a druhá ich analýzou. V tomto riešení budem uvažovať, že DHCP správa bude vždy zabalená v UDP hlavičke so štandardnými DHCP portami 67 a 68, tento datagram v IPv4 hlavičke a tá v Ethernet rámci. Na základe tohto budeme môcť vyselektovať pakety relevantné pre naše riešenie a ďalej s nimi pracovať.

Pri samotnej analýze využijem hlavne položky `yiaddr` a `options`, ktoré DHCP paket obsahuje. Pri prijatí DHCP správy sa najskôr zistí o aký typ sa jedná. V prípade `ACKu`, ktorým sa potvrdzuje pridelenie adresy [1] sa obsah `yiaddr` započíta do štatistík pre sledované prefixy. Vyťaženosť prefixu je daná vzorcom

$$utilization = \frac{allocated}{max\_addrs} * 100\%$$

kde `allocated` je počet alokovaných adries daného prefixu a `max_addrs` je maximálny počet adries daného prefixu, tj. $max\_addrs = 2^{32-prefix} - 2$.

3. Implementácia

Samotný program je napísaný v jazyku C++ a testovaný na referenčnom stroji `merlin`. Pre prehľadnosť zdrojového kódu som logiku aplikácie rozdelila do viacerých súborov.

`main.c`	spracovanie vstupných argumentov využitím `getopts`, vytvorenie inštancie analyzátoru, výpis do terminálu pomocou `ncurses`
`dhcp.*`	definícia štruktúry DHCP paketu a pomocné funkcie na vyhľadávanie v `options`
`dhcp-stats.*`	trieda `DHCPAnalyzer`, definície jednotlivých metód pre prácu s prichádzajúcimi paketmi
`subnet.*`	trieda `Subnet`, definície funkcií pre prácu s IP prefixami, výpočet štatistík pre jednotlivé prefixy

3.1. Odchyt komunikácie

Na odchyt komunikácie som použila knižnicu `libpcap` [3]. Ak je program spustený v offline móde, komunikácia sa načíta zo zadaného `.pcap` súboru pomocou funkcie `pcap_open_offline`. Pri online režime sa záchyt paketov vykonáva prostredníctvom funkcie `pcap_open_live` na zadanom rozhraní. Na filtrovanie paketov relevantných pre danú aplikáciu som nastavila filter s hodnotou `"udp port 67 or udp port 68"`, ktorý spôsobí, že pri volaní funkcie `pcap_next` (čítanie ďalšieho paketu) nám budú vždy navrátene iba pakety, ktoré obsahujú DHCP komunikáciu bežiacu na štandardných UDP portoch 67 a 68.

3.2. Analýza

Prvým krokom je oddelenie DHCP správy od hlavičiek protokolov vyšších vrstiev, tj. Ethernet, IP UDP. Túto činnosť vykonáva funkcia `DHCPAnalyzer::strip_payload`. Stredom analýzi je funkcia `DHCPAnalyzer::interpret_dhcp_message`, ktorá v prvom rade zistí, o aký typ DHCP správy sa jedná na základe `option message type (53)` v časti `options`. Hľadanie položiek v DHCP options má na starosť funkcia `get_dhcp_option` z `dhcp.c` volaná s príslušnými parametrami.

Ak sa jedná o typ správy `ACK`, volá sa funkcia `DHCPAnalyzer::update_subnet_stats`, ktorá najskôr sa skontroluje, či hodnota `yiaddr` danej správy už existuje v poli `addrs`, t.j. či už daná adresa bola pridelená a jedná sa len o `ACK` ako reakcia na predĺženie `lease time` a podobne. Ak sa hodnota `yiaddr` v poli nenachádza, vloží sa na koniec tohto pola. Zároveň sa u každého sledovaného prefixu skontroluje, či hodnota `yiaddr` spadá do rozsahu daného prefixu (funkcia `Subnet::contains`). Ak áno, navýši u neho počítadlo alokovaných adries o jedna.

Ak pridelenie novej adresy spôsobí, že vyťaženosť nejakého z prefixov presiahne 50%, vypíše sa do terminálu správa `"prefix xy exceeded 50% of allocations"`. Rovnaká správa sa zapíše aj do systémového logu.

3.3. Použitie

Pre preklad zdrojových súborov je potrebné zavolať príkaz `make` v adresári obsahujúcom súbor `Makefile` pre danú aplikáciu. Ten vytvorí spustiteľný súbor `dhcp-stats` v tom istom adresáry. Spustiť samotnú aplikáciu je možné príkazom nasledujúceho formátu,

```
./dhcp-stats [-r <filename>] [-i <interface-name>] <ip-prefix>
[ <ip-prefix> [ ... ] ]
```

kde

`-r <filename>`	názov pcap súboru, ktorý sa má spracovať
`-i <interface-name>`	názov rozhrania, na ktorom sa má spustiť odposluch
`<ip-prefix>`	adresa siete s prefixom, ktorej štatistika sa má počítať

pričom aplikácia očakáva, že bude vždy zadaný práve jeden z parametrom `-r` a `-i`, t.j. vždy bude pracovať buď v offline alebo online režime. IP prefixov môže nasledovať ľubovoľné množstvo a môžu sa rozsahovo prekrývať.

V prípade správne zadaných parametrov sa v terminálovom okne spustí aplikácia. V online režime sa vypísané štatistiky prepočítajú pri každom novom zachytenom pakete a v offline režime zostávajú nemenné až po ukončenie aplikácie. Ukončiť aplikáciu v oboch režimoch je možné signálom `SIGINT`, resp. stlačením `CRTL+C`.

3.4. Príklady

```
$ ./dhcp-stats -r examples/dhcp.pcap 192.168.1.0/26
172.16.32.0/24 192.168.0.0/22
```

výstup:

```
IP-Prefix          Max-hosts          Allocated addresses          Utilization

192.168.1.0/26     62                 50                           80.65%
172.16.32.0/24     254                0                            0.00%
192.168.0.0/22     1022               50                           4.89%

prefix 192.168.1.0/26 exceeded 50% of allocations
```

```
$ ./dhcp -r examples/mynetwork.pcap 192.168.0.0/24
192.168.1.0/23
```

výstup:

```
IP-Prefix          Max-hosts          Allocated addresses          Utilization

192.168.0.0/24     254                1                            0.39%
192.168.1.0/23     510                1                            0.20%
```

4. Zdroje

[1] Droms R., *Dynamic Host Configuration Protocol.* RFC 2131. Mar. 1997. URL: https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc2131

[2] Alexander S., Droms R. *DHCP Options and BOOTP Vendor Extensions.* RFC 2132. Mar. 1997. URL: https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc2132

[3] Cartens T. *Programming with pcap.* online. 2002. URL: https://www.tcpdump.org/pcap.html