Vežba 9 – Hvatanje i filtriranje paketa

1. Otvaranje adaptera

Nakon dobavljanja liste mrežnih adaptera, neophodno je otvoriti neki od dostupnih mrežnih adaptera da bi se moglo otpočeti hvatanje mrežnog saobraćaja. Funkcija `pcap_open_live()` služi za otvaranje adaptera nakon čega se paketi mogu uživo hvatati na izabranom adapteru.

```
pcap_t* pcap_open_live (const char* device_name, int packet_length, int
    promisc, int timeout, char* error_buffer);
```

Funkcija:	Opis:
`pcap_open_live`	Funkcija za otvaranje adaptera radi hvatanja paketa uživo sa mreže
Parametri:	Opis:
`const char * device_name`	Ime adaptera koji se otvara.
`int packet_length`	Specificira maksimalnu veličinu paketa u bajtima koji će biti sačuvan u bafer i prosleđen korisničkoj aplikaciji. Ako je `packet_length` dužina manja od veličine paketa, samo prvih `packet_length` bajta će biti uhvaćeno i prosleđeno kao podaci paketa Ukoliko želimo uvek uhvatiti ceo paket bez obzira na njegovu veličinu, potrebno je izabrati maksimalnu veličinu paketa od 65536 bajta.
`int promisc`	Nenulta vrednost označava slobodan (eng. *Promiscous*) režim adaptera koji omogućava hvatanje bilo kog paketa koji stigne do mrežnog adaptera bez obzira kome je paket namenjen (čita pakete namenjene/adresirane i drugim hostovima). U normalnom režimu (kada je *promisc* postavljen na 0) adapter hvata (čita) samo one pakete koji su adresirani za njega. Za hvatanje paketa potrebno je adapter staviti u slobodni režim
`int timeout`	Označava vreme u milisekundama za koje se hvataju paketi (iščitavaju iz adaptera), čak iako ništa nije pristiglo u adapter.

	Nakon isteka zadatog vremena svi pristigli paketi se iščitavaju u jednoj operaciji iz kernela OS. Ako se postavi na vrednost 0, onda će se funkcija izvršiti tek kada paket stigne na adapter. Ako se postavi na vrednost -1, onda će se funkcija iščitavanja izvrši odmah.
`char * error_buffer`	Bafer koji sadrži opis greške ukoliko se ona desi pri pozivu funkcije
Povratna vrednost	**Opis**
`pcap_t*`	Ako se funkcija uspešno izvrši vraća deskriptor adaptera otvorenog za hvatanje paketa na mreži. U suprotnom, vraća se vrednost NULL a u parametru *error_buffer* se nalazi poruka o grešci.

Primer:

```
pcap_t* device_handle;

// Open the adapter
if ((device_handle = pcap_open_live( device->name,  // name of the device
                                     65536, // portion of the packet to capture.
                                     1,     // promiscuous mode
                                     1000, // read timeout
                                     error_buffer // error buffer
                                     )) == NULL)
{
       printf("\n Unable to open the adapter %s.\n", error_buffer);
       // Free the device list
       pcap_freealldevs(devices);
       return -1;
}
```

2. Hvatanje paketa

Nakon što se adapter otvori, na njemu se mogu hvatati paketi sa mreže pomoću callback funkcije `pcap_loop()`. Ova funkcija će da se izvrši tek kad uhvati onoliko paketa koliko je zadato u njenom parametru `max_packets`.

```
int pcap_loop (pcap_t* device_handle, int max_packets, pcap_handler
    callback, unsigned char* param);
```

Funkcija:	Opis:
`pcap_loop`	Funkcija za hvatanje paketa
Parametri:	**Opis:**
`pcap_t* device_handle`	`pcap_t` je deskriptor adaptera koji je otvoren za hvatanje paketa. Ova struktura se dobija kao povratna vrednost funkcija `pcap_open_live()` i `pcap_open_offline()`.
`int max_packets`	Broj paketa koje želimo uhvatiti. Nulta i negativna vrednost `max_packets` znači da će se petlja vrteti beskonačno (ili bar dok se ne desi greška), odnosno nećemo ograničiti broj paketa koje hvatamo.
`pcap_handler callback`	Funkcija koja je zadužena za prijem svakog pojedinačnog paketa
`unsigned char* param`	Stanje sesije
Povratna vrednost	**Opis**
`int`	Ako se funkcija uspešno izvrši vraća 0, kao znak da je dostigla iščitavanje zadatog broja paketa. U slučaju greške vraća se vrednost -1. Biće vraćena vrednos -2 u slučaju da je petlja prekinuta pomoću funkcije `pcap_breakloop()` pre nego što je prvi paket uhvaćen.

```
typedef struct pcap pcap_t;
```

Struktura `pcap` predstavlja deskriptor adaptera koji je otvoren za hvatanje paketa. Ova struktura je nedostupna korisniku, a njenim sadržajem se upravlja pomoću funkcija u wpcap.dll.

Kada se koristi funkcija `pcap_loop()` paketi se prosleđuju aplikaciji pomoću callback funkcije. Funkcija `pcap_loop()` ima kao svoj parametar callback funkciju `pcap_handler` koja služi za prijem svakog paketa. Ova funkcija se poziva od strane *winpcap* biblioteke za svaki novi paket pristigao sa mreže.

U nastavku je data deklaracije i objašnjenje callback funkcije koja služi za prihvatanje paketa.

```
// Callback function invoked by libpcap for every incoming packet
void pcap_handler(unsigned char * param, const struct pcap_pkthdr*
   packet_header, const unsigned char *packet_data);
```

- `param` odgovara istoimenom argumentu `pcap_loop()` funkcije, a sadrži stanje sesije za hvatanje paketa.

- `packet_header` je generičko zaglavlje koje drajver hvatanja paketa prikači na svaki uhvaćeni paket. To nije zaglavlje koje protokoli stavljaju prilikom enkapsulacije paketa. Ovo zaglavlje sadrži podatke o vremenu prijema paketa, njegovoj dužini, kao i stvarnoj dužini podataka u paketu.
  Struktura `pcap_pkthdr` ima 3 polja.

```
struct pcap_pkthdr {
      struct timeval ts;
      unsigned int caplen;
      unsigned int len;
};
```

Polje	Značenje polja
`struct timeval ts`	Vreme prijema paketa. Ovo je tzv. "time stamp"
`unsigned int caplen`	Ukupna dužina uhvaćenog paketa sa generičkim zaglavljem.
`unsigned int len`	Dužina samog paketa

- `packet_data` pokazuje na početak podataka u paketu, uključujući i zaglavlja protokola. Treba naglasiti da u okviru uhvaćenog okvira (rama) nije prisutno CRC polje, zato što se ono uklanja nakon što mrežni adapter izvrši CRC proveru okvira. Pošto mrežni adapter odbacuje pakete sa pogrešnim CRC poljem, *WinPcap* nije u mogućnosti da hvata takve pakete.

Primer:

```
int main()
{
   …

   // Start the capture
    pcap_loop(device_handle, 0, packet_handler, NULL);

   …
}
```

```
/* Callback function invoked by libpcap for every incoming packet */
void packet_handler(unsigned char *param, const struct pcap_pkthdr*
       packet_header, const unsigned char* packet_data)
{
       time_t timestamp;                // Raw time (bits) when packet is received
       struct tm* local_time;           // Local time when packet is received
       char time_string[16];            // Local time converted to string

       // Convert the timestamp to readable format
       timestamp = packet_header->ts.tv_sec;
       local_time = localtime(&timestamp);
       strftime( time_string, sizeof time_string, "%H:%M:%S", local_time);

       // Print timestamp and length of the packet
       printf("Packet: %s, %d byte\n", time_string, packet_header->len);
       return;
}
```

3. Hvatanje paketa bez callback funkcije

Korišćenje funkcije `pcap_loop()` se oslanja na callback funkciju koja se poziva od strane drajvera za hvatanje paketa. Iz tog razloga korisnička aplikacija nema direktnu kontrolu nad ovim procesom.

Drugi pristup hvatanju paketa je pomoću funkcije pcap_next_ex, koja ne koristi callback funkciju. Funkcija `pcap_next_ex()` vraća paket sa direktnim pozivom, odnosno paketi se hvataju samo onda kada programer to želi.

```
int pcap_next_ex (pcap_t* device_handle, struct pcap_pkthdr**
       packet_header, const unsigned char** packet_data);
```

Funkcija:	Opis:
`pcap_next_ex`	Funkcija za hvatanje sledećeg dostupnog paketa
Parametri:	Opis:
`pcap_t* device_handle`	`pcap_t` je struktura koja se dobija kao povratna vrednost funkcija `pcap_open_live()` i `pcap_open_offline()`. To je deskriptor adaptera koji je otvoren za hvatanje paketa na mreži.
`struct pcap_pkthdr** packet_header`	Funkcija popunjava ovaj parametar sa pokazivačem na zaglavlje sledećeg uhvaćenog paketa. Ovo zaglavlje na paket pridodaje drajver za hvatanje paketa. (To nije zaglavlje koje protokoli stavljaju prilikom enkapsulacije paketa).
`const unsigned char** packet_data`	Funkcija popunjava ovaj parametar sa pokazivačem na podatke sledećeg uhvaćenog paketa. Ovi podaci uključuju i sva protokol zaglavlja.
Povratna vrednost	Opis
`int`	Povratne vrednosti:

	• 1 - ako je paket uspešno primljen (pročitan). • 0 - ako je isteklo vreme postavljeno pomoću funkcije `pcap_open_live()`. U tom slučaju `packet_header` i `packet_data` ne pokazuju na validne podatke. • -1 - ako se desi greška. • -2 - ako se dostigne EOF prilikom offline čitanja iz fajla.

Primer:

```
int result;             // result of pcap_next_ex function
int packet_counter = 0; // counts packets in order to have numerated packets
struct pcap_pkthdr* packet_header; // header of packet generated by WinPcap
const unsigned char* packet_data; // packet content

// Retrieve the packets
while((result = pcap_next_ex(device_handle, &packet_header, &packet_data))
   >= 0)
{
    // Check if timeout has elapsed
    if(result == 0)
        continue;

    // Print timestamp and length of received packet
    printf("New packet arrived. Size: %d byte\n", packet_header->len);
}

if(result == -1){
    printf("Error reading the packets: %s\n", pcap_geterr(device_handle));
    return -1;
}
```

4. Filtriranje primljenih paketa

Jedna od najznačajnijih odlika WinPcap biblioteke jeste mogućnost filtriranja mrežnog saobraćaja. Filtriranje omogućava da se primi samo deo paketa sa mreže i ono je integrisano u mehanizam hvatanja paketa koji se nalazi u kernelu. Funkcije koje se koriste za filtriranje paketa su `pcap_compile()` i `pcap_setfilter()`.

Funkcija `pcap_compile()` prihvata izraz za filtriranje napisan na višem nivou i vraća kompajliran filter koji može biti primenjen tj. interpretiran na filtru u paketskom drajveru (na nivou kernela).

```
int pcap_compile (pcap_t *device_handle, struct bpf_program
*fcode, char * filter_exp, int optimize, unsigned int netmask);
```

Funkcija:	Opis:
`pcap_compile`	Funkcija za kompajliranje paketskog filtra. Kompajlira string `filter_exp` u filterski program (bpf_program)
Parametri:	**Opis:**
`pcap_t* device_handle`	`pcap_t` je deskriptor adaptera koji je otvoren za hvatanje paketa na mreži.
`struct bpf_program * fcode`	Funkcija vraća filterski program putem pokazivača na strukturu `bpf_program`
`char * filter_exp`	String koji sadrži izraz za filtriranje.
`int optimize`	Određuje da li se optimizuje rezultujući kod.
`unsigned int netmask`	Specificira IPv4 mrežnu masku mreže na kojoj se paketi hvataju. Ako se ne zna mrežna maska postavlja se na vrednost 0.
Povratna vrednost	**Opis**
`int`	Vraća -1 ako se desi greška. U tom slučaju može se pozvati `pcap_geterr()` radi ispisa greške.

Nakon što smo preveli izraz za filtriranje i dobili kompajlirani paketski filter, pozivamo funkciju `pcap_setfilter()` koja će povezati dati filter sa sesijom za hvatanje paketa.

```
int pcap_setfilter (pcap_t* device_handle, struct bpf_program* fcode);
```

Funkcija:	Opis:
`pcap_setfilter`	Funkcija za povezivanje paketskog filtra sa sesijom za hvatanje paketa
Parametri:	Opis:
`pcap_t* device_handle`	`pcap_t` je deskriptor adaptera koji je otvoren za hvatanje paketa na mreži i na koji će se primeniti paketsko filtriranje.
`struct bpf_program * fcode`	Pokazivač na strukturu `bpf_program` koja sadrži kompajliran filterski program. Najčešće je dobijen po izvršenju funkcije `pcap_compile()`
Povratna vrednost	Opis
`int`	Ako se uspešno izvrši, vraća 0. Vraća -1 ako se desi greška. U tom slučaju može se pozvati `pcap_geterr()` radi ispisa greške.

U sledećem primeru zadaje se filter pomoću stringa "*ip and tcp*" što označava da želimo da zadržimo samo pakete koji su istovremeno generisani od strane IPv4 i TCP protokola, i da samo te pakete prosledimo aplikaciji.

```
unsigned int netmask;
char filter_exp[] = "ip and tcp";
struct bpf_program fcode;

if (device->addresses != NULL)
	// Retrieve the mask of the first address of the interface
	netmask=((struct sockaddr_in *)(device->addresses->netmask))
		->sin_addr.s_addr;
else
	// If the interface is without an address
	// we suppose to be in a C class network
	netmask=0xffffff;

// Compile the filter
if (pcap_compile(device_handle, &fcode, filter_exp, 1, netmask) < 0)
{
	printf("\n Unable to compile the packet filter. Check the syntax.\n");
	return -1;
}

// Set the filter
if (pcap_setfilter(device_handle, &fcode) < 0)
{
	printf("\n Error setting the filter.\n");
	return -1;
}
```

Sintaksa Berkli paketskih filtera (Berkeley Packet Filter - BPF)

WinPcap filtri se na visokom nivou zapisuju kao ASCII string koji sadrži izraz za filtriranje. Funkcija `pcap_compile()` uzima ovaj izraz i prevodi ga u program koji će se izvršavati u paketskom filtru na nivou kernela.

Filterski izraz određuje koje ćemo pakete uhvatiti. Ako ne postoji paketski filter, onda će svi paketi sa mreže biti uhvaćeni. U suprotnom, samo paketi koji zadovoljavaju uslove filterskog izraza će biti prihvaćeni.

Filterski izraz se sastoji od jedne ili više primitiva. Svaka primitiva se obično sastoji od identifikatora (ime ili broj) kome prethodi jedan ili više kvalifikatora.

Postoje tri vrste kvalifikatora:

1. **Tip** – ovaj kvalifikator bliže opisuje identifikator. Može imati vrednosti: *host, net, port* i *portrange*.
    - *host 172.18.5.4*
    - *net 192.168.0.0/24*
    - *port 20*
    - *portrange 6000-6008*
2. **Smer** – ovaj kvalifikator opisuje smer prenosa (od/ka identifikatoru). Moguće vrednosti su : *src* i *dst*
    - *src net 192.168.0.0/24*
    - *dst host 172.18.5.4*
3. **Protokol** – ovaj kvalifikator oganičava hvatanje paketa generisanog određenim protokolom. Neke od mogućih vrednosti su: *ether, ip, ip6, arp, tcp and udp*.
   Primeri:
    - *ip*
    - *ether host 11:22:33:44:55:66*
    - *tcp port 21*
    - *udp portrange 7000-7009*

Složeniji izrazi za filtriranje se dobijaju kombinovanjem primitiva korišćenjem zagrada i upotrebom reči *and, or* i *not* .

Primeri:

- *port not 53 and not arp*
- *arp or dns*
- *tcp dst port 4444 or udp dst port 69*

Sintaksa *Berkley* filtera data je na sledećem linku: http://biot.com/capstats/bpf.html

5. Dobijanje informacije o grešci

Ukoliko se prilikom rada sa bilo kojom funkcijom u libpcap biblioteci desi greška, informacija o njoj se dobija pomoću funkcije `pcap_geterr()`.

```
char* pcap_geterr(pcap_t* device_handle);
```

Funkcija:	Opis:
`pcap_geterr`	Vraća tekst greške koja odgovara zadnjoj grešci prilikom rada sa libpcap bibliotekom
Parametri:	**Opis:**
`pcap_t * device_handle`	Deskriptor adaptera otvorenog za hvatanje paketa na mreži. Greška koja se desi vezana je za rad pcap bibliotečkih funkcija sa ovim adapterom.
Povratna vrednost	**Opis**
`char*`	Pokazivač na string koji sadrži tekst greške

Primer:

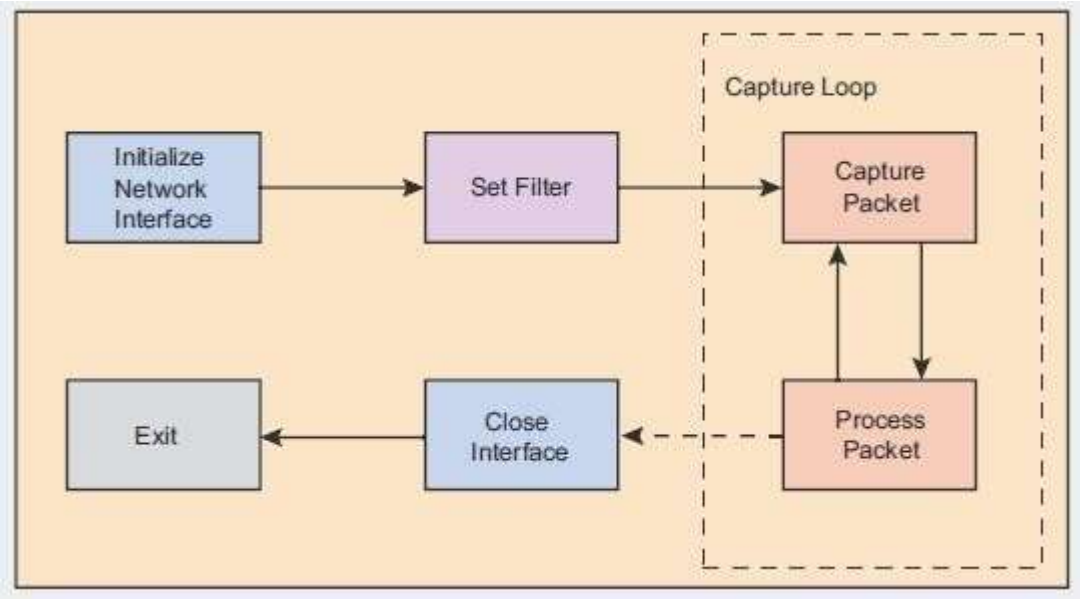
```
char filter_exp[] = "port 23";   /* The filter expression */


if (pcap_compile(device_handle, &fp, filter_exp, 0, net) == -1)
{
    printf("Couldn't parse filter %s: %s\n", filter_exp, pcap_geterr(device_handle));
    return(2);
}
```

Zadatak

U nastavnim materijalima dat je primer `vezba4.cpp` u kome je demonstrirano hvatanje paketa. Nakon dobavljanja i ispisa liste mrežnih adaptera `pcap_findalldevs()`, korisnik odabire mrežni adapter na kome želi vršiti analizu paketa `select_device()`. Mrežni adapter se stavlja u slanje prisluškivanja `pcap_open()` i pomoću callback funkcije `pcap_loop()` se zadaje metoda `packet_handler()` koja će vršiti obradu presretenih paketa. Na ekranu se prikazuje pseudo zaglavlje `packet_header` svakog paketa generisano od WinPcap biblioteke sa lokalnim vremenom kada je paket uhvaćen `packet_header→ts` i dužinom paketa `packet_header→len`.

Postojeću implementaciju potrebno je unaprediti sledećim mogućnostima:

1. Omogućiti da se obrađuju samo dolazni paketi adresirani na logičku adresu računara na kome je pokrenuta aplikacija i koji za transport koriste TCP protokol. Predfiltriranje paketa vršiti na kernelu korišćenjem `pcap_compile()` i `pcap_setfilter()`
2. Ispisati sirovi sadržaj svakog primljenog paketa `packet_data` koristeći heksadecimalan zapis. U jednom redu prikazati najviše 32 bajta.
3. Modifikovati rešenje tako da se omogući hvatanje paketa bez callback funkcije.



Slika 1 – Tipičan izgled WinPcap aplikacije