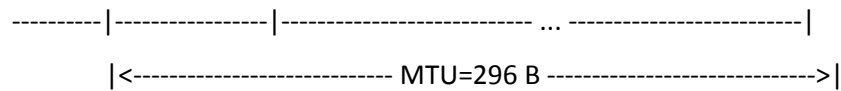


Zadanie 1:

W łącznie obsługiwane przez protokół PPP (MTU=296) wysyłany jest pakiet IP z nagłówkiem bez pola opcji (nagłówek ma 20 B) i polem danych o długość 1000 B. Przedstawić na rysunku i w standardowym zapisie powstałe fragmenty przy założeniu, że wszystkie oprócz ostatniego mają maksymalną długość.

N. PPP N. IP (20B) Dane fragmentu (max 272 B)



Nieprzekraczalna długość fragmentu łącznie z nagł. IP = 296 B

Nieprzekraczalna długość pola danych fragmentu = 276 B

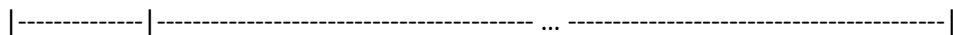
Maksymalna długość pola danych fragmentu = 272 (276 nie jest całkowitą wielokrotnością 8)

Liczba fragmentów = $\lceil 1000 / 272 \rceil = 4$

Ilustracja fragmentacji:

Cały pakiet:

N. IP (20) Dane (1000 B)



N. IP Dane (272 B)

1 f: |-----|-----|-----|

N. IP Dane (272 B)

2 f: |-----|-----|-----|

N. IP Dane (272 B)

3 f: |-----|-----|-----|

N. IP Dane (184 B)

4 f: |-----|-----|

Równanie, z którego wyliczamy długość pola danych ostatniego fragmentu:

$$184 = 1000 - 3 \cdot 272$$

Powyższe fragmenty zapisane w standardowej notacji:

(długość_pola_danych_w_B @ offset_w_B MF/LF)

272 @ 0 MF

272 @ 272 MF

272 @ 544 MF

184 @ 816 LF

Zadanie 2

Wypisać zawartość pola Offset trzeciego fragmentu z Zad. 1

W polu Offset będzie liczba $544/8 = 68$ zapisana na 13 bitach

Zamiana liczby 68 na postać binarną:

68

$2^6 = 64, 68 - 64 = 4$

$2^2 = 4, 4 - 4 = 0$

$(68)_{10} = (1000100)_2$

Pole Offset 3 fragmentu: 0000001000100 (sześć wiodących zer jest uzupełnieniem do 13 bitów)

Zadanie 3

W łączu telekomunikacyjne obsługiwane przez protokół X.25 (MTU = 576) wysyłany jest segment TCP z 20-bajtowym nagłówkiem i polem danych o dług. 2100 B. Segment ten znajduje się w pakiecie IP z 20-bajtowym nagłówkiem. Przedstawić na rysunku i w standardowym zapisie powstałe fragmenty przy założeniu, że wszystkie oprócz ostatniego mają maksymalną długość.

Za nagłówkiem TCP jest 2100 B

Za nagłówkiem IP jest 2120 B

Pole danych całego (niepofragmentowanego) pakietu ma 2120 B (tyle bajtów jest za nagł. IP)

Nieprzekraczalna długość fragmentu (razem z nagł. IP i TCP): 576 B

Nieprzekraczalna długość pola danych fragmentu: 556 B (nagł. IP ma 20 B)

Maksymalna długość pola danych fragmentu: 552 B (556 nie dzieli się bez reszty przez 8)

Liczba fragmentów = $\lceil 2120 / 552 \rceil = 4$

Ilustracja fragmentacji:

Cały pakiet:

IP(20) TCP(20) Dane (2100 B)

|-----|-----|----- ... -----|

IP TCP(20) 532

1f: |-----|-----|--- ... ---|

IP 552

2f: |-----|--- ... ---|

IP 552

3f: |-----|--- ... ---|

IP 464

4f: |-----|--- ... -|

równanie, z którego wyliczamy długość pola danych ostatniego fragmentu:

$$464 = 2120 - 3 \cdot 552$$

Zapis powyższych fragmentów w standardowej notacji:

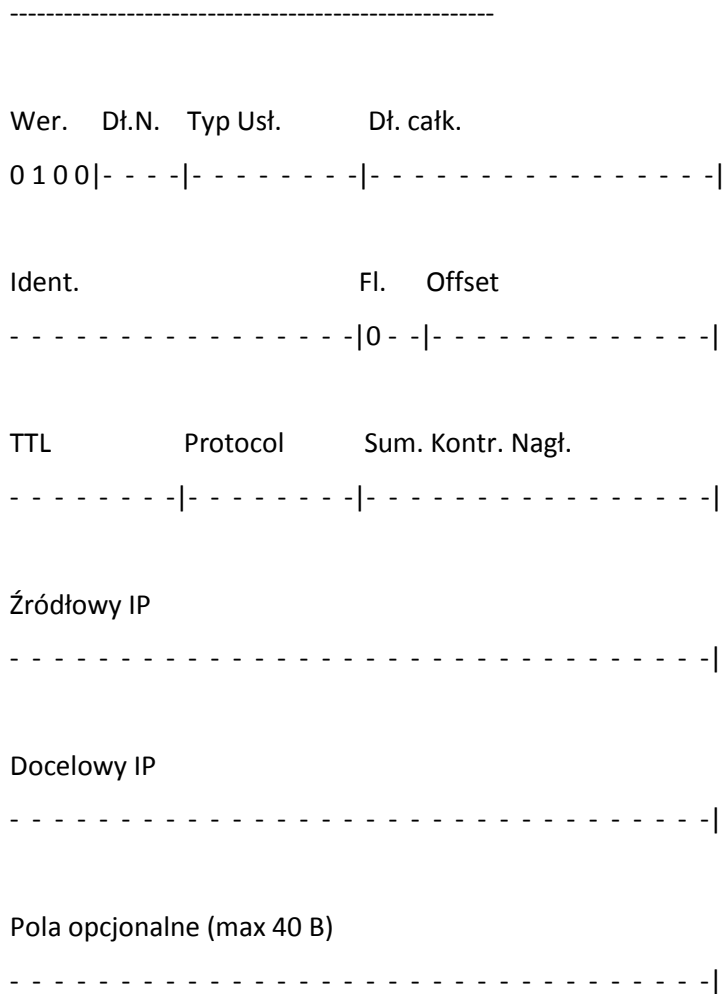
552 @ 0 MF

552 @ 552 MF

552 @ 1104 MF

464 @ 1656 LF

Budowa nagłówka IPv4 (1 kreska to 1 bit)



Każdy router na trasie pakietu zmniejsza wartość TTL o jeden i sprawdza czy TTL=0. Jeśli tak, to pakiet jest odrzucany, a router wysyła do jego nadawcy komunikat ICMP o przekroczeniu czasu życia pakietu (TTL exceeded).

Polecenie traceroute (Linux) albo tracert (Windows)

1. Wykorzystuje pole TTL nagłówka IP

2. Generuje porcje pakietów (w Linuksie są to domyślnie datagramy UDP z wysokim portem docelowym, czyli większym od $2^{15} = 32768$) z tą samą początkową wartością TTL, począwszy od 1.

Uwaga: polecenie traceroute –l systemu Linux generuje komunikaty ICMP „echo request” zamiast datagramów UDP.

3. Domyślnie traceroute wysyła po 3 pakiety z tym samym TTL. W systemie Linux można to zmienić opcją -q (traceroute -q5 wysyła po 5 pakietów z tym samym TTL)

4. Pakiet z TTL=k nie przechodzi przez k-ty router na trasie, który odsyła komunikat o przekroczeniu czasu życia pakietu (TTL exceeded), czyli o wyzerowaniu pola TTL na tym routerze. Komunikat jest odsyłany z tego interfejsu routera, przez który pakiet do routera wpłynął, więc [traceroute wypisuje adresy tych interfejsów, przez które pakiet wpływał do kolejnych routerów na swojej trasie](#).

5. Jeśli traceroute wysyła datagramy UDP, to komputer docelowy odsyła komunikat o niedziałającej aplikacji – ang. destination unreachable, port unreachable (z dużym prawdopodobieństwem na tzw. "wysokim porcie" nie działa serwer żadnej aplikacji). W przypadku użycia opcji -I komputer docelowy odsyła komunikaty „echo reply”.

6. Czasy podawane przez traceroute są czasami RTT (ang. round trip time) do i od kolejnych routerów, oraz do i od komp. docelowego.

7. Polecenie traceroute pokazuje tylko trasę „tam”, nie pokazuje trasy powrotnej. Uwaga: trasa powrotne może być inna niż trasa „tam”.

Przykład działania traceroute systemu Linux:



output z polecenia traceroute tvp.pl wydanego 16.11.2021 na komputerze o adresie 213.135.45.21:

```
1 voices-student.wsisiz.edu.pl (213.135.45.254) 0.090 ms 0.079 ms 0.059 ms
2 sex-power.wsisiz.edu.pl (213.135.44.130) 0.539 ms 0.511 ms 0.478 ms
3 tvp.thinx.pl (212.91.0.71) 1.941 ms 2.411 ms 2.721 ms
4 v3.tvp.pl (195.245.213.250) 1.095 ms 1.068 ms 1.020 ms
```

“Szczątkowa” mapa środowiska sieciowego utworzona z powyższych danych:

□-|.45.21 (1 sieć) .45.254|-⊗-|? (2 sieć) .44.130|-⊗-|? (3 sieć) .0.71|-⊗-|? (4 sieć) .213.250|-□

Znaczenie symboli:

symbol	znaczenie
	host z interfejsem sieciowym
	router z dwoma interfejsami
(k sieć)	k-ta sieć na trasie pakietu
?	nieznany adres IP interfejsu