

## Budowa ramki Ethernet II

-----  
Preambuła + znacznik początku ramki:  $7 + 1 = 8$  oktetów (ang. preamble, start-of-frame delimiter)

oktet preambuły: 10101010

oktet znacznika: 10101011

Docelowy MAC: 6 oktetów

Źródłowy MAC: 6 oktetów

Typ: 2 oktetów określające protokół przenoszony w ramce zaraz za jej nagłówkiem

Uwaga: w protokole Ethernet II wartość pola Typ jest większa od 1536 (0x600)

Dane przenoszone w ramce: 46 - 1500 oktetów

Suma kontrolna: 4 oktetów (ang. Frame Control Sequence)

S.K. jest liczona z pól adresowych, pola typ i pola danych

Odstęp czasowy między ramkami: czas wysłania 12 oktetów (ang. Inter-Frame Gap)

pr. + zn.	MAC d.	MAC ź.	t.	Dane	SK	odstęp
- - - - -	- - - - -	- - - - -	- -	- - - ... - - -	- - - -	- - - - - - - - - - -

### Zadanie 1:

Obliczyć efektywną przepustowość segmentu sieci Ethernet o przepustowości nominalnej 100 Mb/s, jeśli przesyłane są w nim ramki o długości pola danych równej 500 B?

przep. efekt. =  $(500 / \text{łączna liczba bajtów potrzebnych do przesłania 500 B danych}) * 100$   
Mb/s

przep. efekt. =  $(500 / 538) * 100 \text{ Mb/s} \approx 0,93 * 100 \text{ Mb/s} = 93 \text{ Mb/s}$

### Zadanie 2:

Jaka jest efektywna przepustowość segmentu sieci Ethernet o przepustowości nominalnej 100 Mb/s, jeśli przesyłane są w nim ramki o największej dopuszczalnej długości pola danych?

przep. efekt. =  $(1500 / \text{liczba bajtów potrzebnych do przesłania } 1500 \text{ B}) * 100 \text{ Mb/s}$

przep. efekt. =  $(1500 / 1538) * 100 \text{ Mb/s} \approx 0,975 * 100 \text{ Mb/s} = 97,5 \text{ Mb/s}$

Zadanie 3:

Policzyć algorytmem CRC sumę kontrolną ciągu 101010010110

przy zastosowaniu klucza generującego 1011

Ciągowi 101011000110 odpowiada wielomian  $x^{11} + x^9 + x^7 + x^4 + x^2 + x$  (dzielna)

Kluczowi 1011 odpowiada wielomian  $x^3 + x + 1$  (dzielnik)

Suma kontrolna to reszta z dzielenia wielomianów modulo 2:

$$x^8 + x^5 + x^4 + x^3 + x + 1$$

-----

$$x^{11} + x^9 + x^7 + x^4 + x^2 + x : x^3 + x + 1$$

$$x^{11} + x^9 + x^8$$

-----

$$x^8 + x^7 + x^4 + x^2 + x$$

$$x^8 + x^6 + x^5$$

-----

$$x^7 + x^6 + x^5 + x^4 + x^2 + x$$

$$x^7 + x^5 + x^4$$

-----

$$x^6 + x^2 + x$$

$$x^6 + x^4 + x^3$$

-----

$$x^4 + x^3 + x^2 + x$$

$$x^4 + x^2 + x$$

-----

$$x^3$$

$$x^3 + x + 1$$

-----

$$x + 1$$

Wielomianowi  $x+1$  odpowiada suma kontrolna 011 (suma kontrolna ma 3 bity – o 1 bit mniej niż klucz).

---

$$\text{Liczba bitów sumy kontrolnej} = \text{Liczba bitów klucza} - 1$$

---

Powyższa reguła wymaga wypisania wiodących zer sumy kontrolnej, jeśli takie występują. Zgodnie z tą regułą liczba bitów klucza stosowanego do liczenia FCS w ramce Ethernet II wynosi 33.

#### Zadanie 4

Obliczyć algorytmem CRC sumę kontrolną ciągu 1100101101 przy zastosowaniu klucza 1001

Wielomian dla ciągu:  $x^9 + x^8 + x^5 + x^3 + x^2 + 1$

Wielomian dla klucza:  $x^3 + 1$

$$x^6 + x^5 + x^3$$

---

$$x^9 + x^8 + x^5 + x^3 + x^2 + 1 : x^3 + 1$$

$$x^9 + x^6$$

---

$$x^8 + x^6 + x^5 + x^3 + x^2 + 1$$

$$x^8 + x^5$$

---

$$x^6 + x^3 + x^2 + 1$$

$$x^6 + x^3$$

---

$$x^2 + 1$$

Wielomianowi  $x^2 + 1$  odpowiada suma kontrolna 101

### Zadanie 5

Policzyć algorytmem CRC sumę kontrolną ciągu 101011000110 przy zastosowaniu klucza generującego 1011

ciągowi 101011000110 odpowiada wielomian  $x^{11} + x^9 + x^7 + x^6 + x^2 + x$  (dzielna)

kluczowi 1010 odpowiada wielomian  $x^3 + x + 1$  (dzielnik)

operacja dzielenia wielomianów modulo 2:

$$x^8 + x^5 + x^4 + x$$

-----

$$x^{11} + x^9 + x^7 + x^6 + x^2 + x : x^3 + x + 1$$

$$x^{11} + x^9 + x^8$$

-----

$$x^8 + x^7 + x^6 + x^2 + x$$

$$x^8 + x^6 + x^5$$

-----

$$x^7 + x^5 + x^2 + x$$

$$x^7 + x^5 + x^4$$

-----

$$x^4 + x^2 + x$$

$$x^4 + x^2 + x$$

-----

$$0$$

Wielomianowi 0 odpowiada suma kontrolna 000.

## Dwa pierwsze słowa nagłówka IPv4 (1 kreska to 1 bit)

-----

Ver.	Dł. N.	Typ Usł.	Dł. całk.
0 1 0 0	- - - -	- - - - - - - -	- - - - - - - - - - - - - - - -

Identyfikacja	Flagi	Offset
- - - - - - - - - - - - - -	-   0 - -	- - - - - - - - - - - - - -

Długość nagłówka jest podawana w słowach 4-bajtowych.

W związku z powyższym nagł. IPv4 może mieć maksymalnie 60 oktetów ( $15 \cdot 4 = 60$ ).

W wersji podstawowej (bez pól opcjonalnych) nagł. IP ma 20 oktetów ( $5 \cdot 4 = 20$ ).

Wtedy w polu "długość nagł." są bity 0101.

Całkowita długość pakietu (łącznie z nagłówkiem IP) jest podawana w bajtach.

W związku z powyższym pakiet IP łącznie z nagłówkiem może mieć maksymalnie

$2^{16} - 1 = 65535$  oktetów.

Struktura ramki Eth. II przenoszącej pakiet IP z nagłówkiem w podstawowej wersji

(1 kreska to 1 bajt):

Nagł. Eth. II	Nagł. IP (20 B)	Dane (26-1480 B)	FCS
-----	- -----	- ----- . . . -----	- -----

Jeśli pakiet IP nie mieści się w jednej ramce Eth. II, to jest dzielony na fragmenty i każdy fragment jest przesyłany w osobnej ramce. Informacje dotyczące fragmentacji znajdują się w 2 słowie nagłówka IP. Składa się ono z 3 pól: 16-bitowe pole Identyfikacja, 3-bitowe pole flag, oraz 13-bitowe pole Offset.

W pole Identyfikacja każdego fragmentu jest wpisywana ta sama wartość, przepisana z tego pola całego pakietu. Pozwala to stacji docelowej rozpoznać fragmenty pochodzące z tego samego pakietu.

Flagi: pierwsza to 0, druga to DF (don't fragment), trzecia to MF (more fragments)

Router znajdujący się na trasie pakietu może łączyć sieci o różnych MTU. Jeśli pakiet ma być przekazany z sieci o większym MTU do sieci o mniejszym MTU, to może być konieczna jego fragmentacja. Jeśli DF=1, to router nie przekaże dalej pakietu (bo nie zezwala na to wartość flagi DF), a do jego nadawcy wyśle odpowiedni komunikat ICMP.

MTU - maximum transfer unit, maksymalna długość (w bajtach) pola danych ramki protokołu realizującego komunikację wewnątrzsieciową (MTU=1500 dla Ethernet II)

MF=1: dany fragment nie jest ostatni

MF=0: dany fragment jest ostatni

Offset: odsunięcie pola danych fragmentu od początku pola danych całego pakietu

Uwaga: ze względu na długość pola Offset (13 bitów), offset jest podawany w słowach 8-bajtowych!!!

(największa liczba, którą można zapisać na 13 bitach to  $2^{13} - 1 = 8191$ )

Z tego względu liczba bajtów pola danych każdego fragmentu (z wyjątkiem ostatniego) musi być wielokrotnością ośmiu.

#### Zadanie 4:

W sieć Ethernet wysyłany jest pakiet IP z nagłówkiem o długość 20 B i polem danych o długość 5600 B. Przedstawić powstałe fragmenty zakładając, że mają być jak najdłuższe.

Cały pakiet:

IP (20 B)      Dane (5600 B)

|-----|-----|

$\lfloor x \rfloor$  = największa liczba całkowita mniejsza lub równa x

$\lceil x \rceil$  = najmniejsza liczba całkowita większa lub równa x

maks. długość pola danych fragmentu =  $8 \cdot \lfloor (MTU - 20) / 8 \rfloor = 8 \cdot 185 = 1480$

liczba fragmentów =  $\lceil \text{długość pola danych pakietu} / \text{maks. długość pola danych fragmentu} \rceil =$   
 $= \lceil 5600 / 1480 \rceil = 4$

1 fragment:

IP      | Dane (1480 B)

|-----|-----|

2 fragment:

IP      | Dane (1480 B)

|-----|-----|

3 fragment:

IP      | Dane (1480 B)

|-----|-----|

4 fragment:

IP      | Dane (1160 B)

|-----|-----|

Powyższe fragmenty w notacji „długość pola danych w bajtach @ offset w bajtach MF/LF”:

1480 @ 0 MF

1480 @ 1480 MF

1480 @ 2960 MF

1160 @ 4440 LF

Zadanie 5:

Zapisać w postaci bitowej pole Offset trzeciego fragmentu z poprzedniego zadania.

Wartość w polu offset dziesiętnie:  $2960 / 8 = 370$

370

$$2^8 = 256$$

$$370 - 256 = 114$$

$$2^6 = 64$$

$$114 - 64 = 50$$

$$2^5 = 32$$

$$50 - 32 = 18$$

$$2^4 = 16$$

$$18 - 16 = 2$$

$$2^1 = 2$$

$$2 - 2 = 0$$

Wartość w polu offset binarnie: 101110010

Zawartość pola offset: 0000101110010 (13 bitów)

Prostszy technicznie algorytm zamiany liczb dziesiętnych na binarne (kolejne reszty z dzielenia przez 2 zapisywane od prawej do lewej):

$$370 / 2 = 185 \text{ r } 0$$

$$185 / 2 = 92 \text{ r } 1$$

$$92 / 2 = 46 \text{ r } 0$$

$$46 / 2 = 23 \text{ r } 0$$

$$23 / 2 = 11 \text{ r } 1$$

$$11 / 2 = 5 \text{ r } 1$$

$$5 / 2 = 2 \text{ r } 1$$

$$2 / 2 = 1 \text{ r } 0$$

$$1 / 2 = 0 \text{ r } 1$$

Wartość w polu offset binarnie: 101110010 (kolejne reszty od ostatniej do pierwszej)

Zawartość pola offset: 0000101110010 (13 bitów)