



Počítačové a komunikačné siete

Internet Protocol (IP), ICMP, ARP UDP, TCP

Prednáška 4

Opakovanie minulej prednášky

- » Ethernet (formát, Ethernet II/802.3)
- » Wireshark protokolov
 - Ethernet
 - IP
- » Aké sú vrstvy v RM OSI?
- » Aké sú dátové jednotky?
- » Aké sú adresy?

Opakovanie

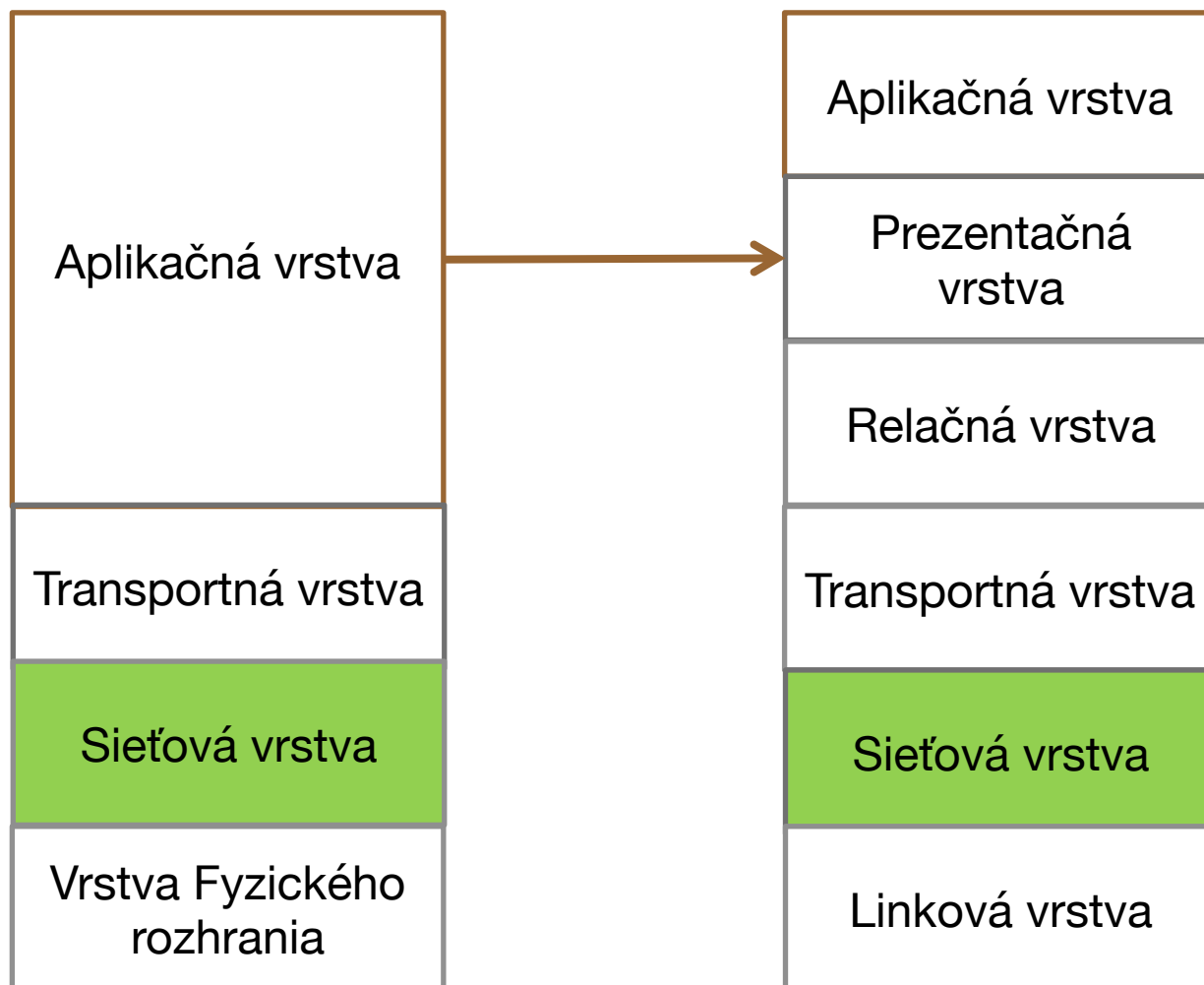
	FTP-DATA								TCP		Eth2,IP				v4	
0000	00	14	38	06	e0	93	00	02	cf	ab	a2	4c	08	00	45	00
0010	00	6a	ab	45	40	00	38	06	d2	c1	93	af	6f	0e	c0	a8
0020	01	21	00	15	0f	82	f3	15	9a	4d	c2	ae	2e	45	50	18
0030	40	b0	6a	b6	00	00	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
0040	20	20	20	20	2a	2a	2a	2a	2a	2a	20	20	2a	2a	2a	2a
0050	2a	2a	20	20	2a	2a	2a	20	20	20	20	20	20	2a	2a	2a
0060	2a	2a	2a	20	20	20	20	2a	2a	2a	2a	2a	2a	20	20	20
0070	20	2a	2a	2a	2a	2a	0d	0a								

» Aký protokol je použitý na Aplikačnej vrstve?

Čo nás čaká na prednáške

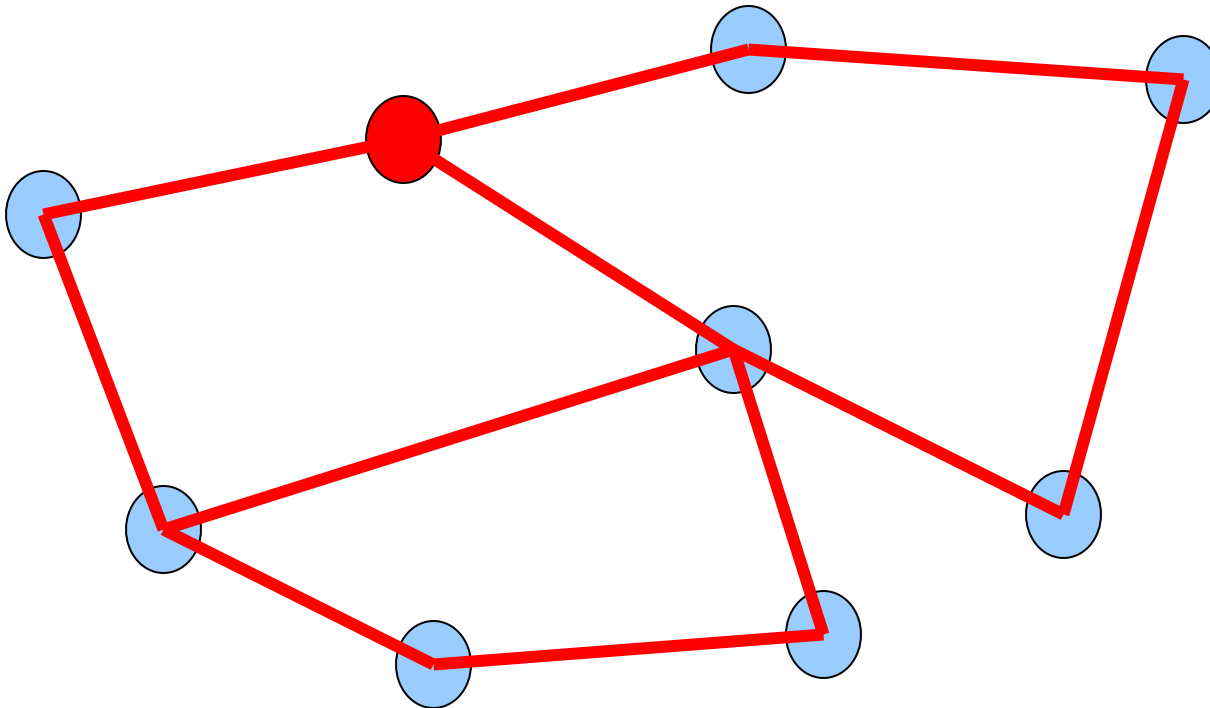
- » IP protokol (Internet protokol)
 - V4
 - V6
- » ARP
- » ICMP

Sieťová vrstva



“Pohl’ad vrstiev” na topológiu siete

sieťová vrstva



Internet a TCP/IP siete

» TCP/IP siete, IP siete

» sieť Internet

- 1968 požiadavka na grantovú agentúru ARPA (Advanced Research Project Agency) MO USA na vybudovanie experimentálnej počítačovej siete
- 1969 – začiatok prevádzky experimentálnej počítačovej siete ARPANET (4 uzly s prepínaním paketov)
- (1972) – ARPA → DARPA (Defense Advanced Research Project Agency),
ďalší vývoj, vývoj protokolov (Unix)
- 1983 – TCP/IP protokolový zásobník – štandard ARPANETu (predtým NCP protocol)
 - rozdelenie ARPANETu - ARPANET + MILNET
 - DARPA Internet -> Internet
- 1985 – pokračuje vývoj pod organizáciou NSF (National Science Foundation)
- NSFNET nahradzuje ARPANET, ukončenie ARPANETu v r. 1990

» 13. 2. 1992 pripojenie ČSFR do Internetu

Internet a TCP/IP siete



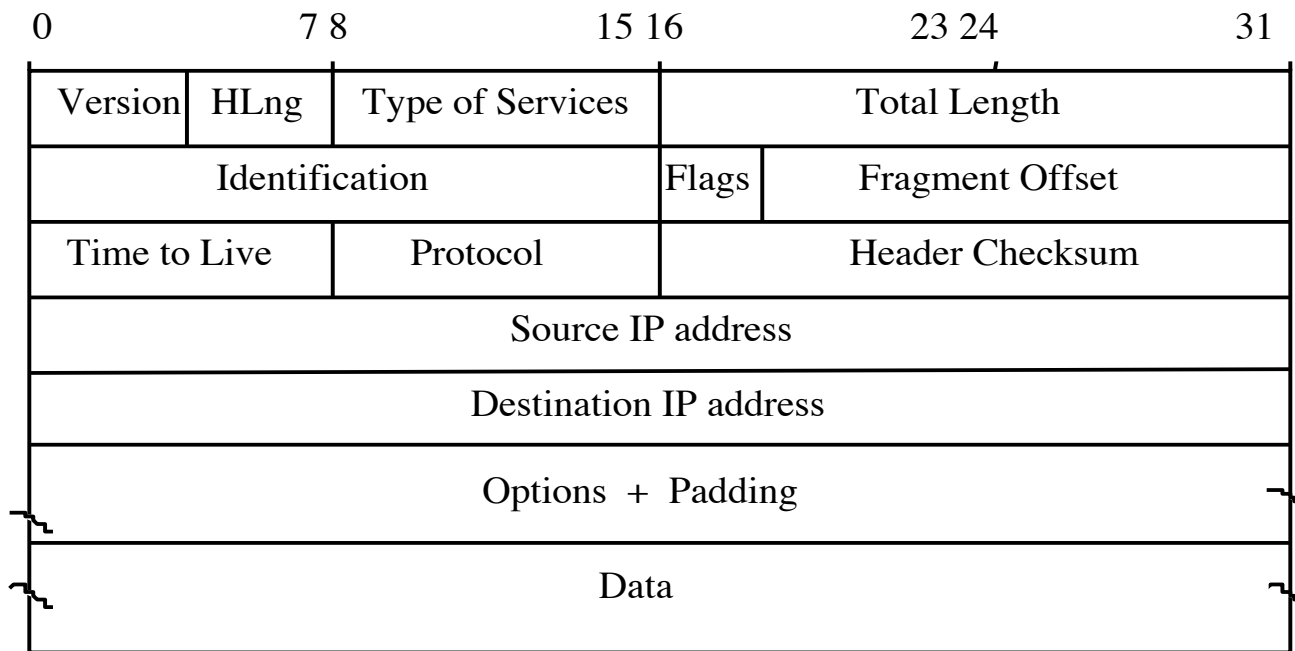
Vint (Vinton Gray) Cerf
„otec Internetu“



Robert Elliot Kahn
„otec Internetu“

Formát IPv4 paketu

IP protokol, PDU - datagram



pole
 Type of Services :

8	13	14	15
D	S	C	P

ECN

pole
 Flags :

16	17	18
0	DF	MF

RFC 5735: Special Use IPv4 Addresses

Address Block	Present Use	Reference
0.0.0.0/8	"This" Network	RFC 1122
10.0.0.0/8	Private-Use Networks	RFC 1918
127.0.0.0/8	Loopback	RFC 1122
169.254.0.0/16	Link Local	RFC 3927
172.16.0.0/12	Private-Use Networks	RFC 1918
192.0.0.0/24	IETF Protocol Assignments	RFC 5736
192.0.2.0/24	TEST-NET-1	RFC 5737
192.88.99.0/24	6to4 Relay Anycast	RFC 3068
192.168.0.0/16	Private-Use Networks	RFC 1918
198.18.0.0/15	Network Interconnect Device Benchmark Testing	RFC 2544
198.51.100.0/24	TEST-NET-2	RFC 5737
203.0.113.0/24	TEST-NET-3	RFC 5737
224.0.0.0/4	Multicast	RFC 3171
240.0.0.0/4	Reserved for Future Use	RFC 1112
255.255.255.255/32	Limited Broadcast	RFC 919, RFC 922

Vzťah medzi adresou hosta a siete

IP adresa (logická adresa) - 4 bajty

192.168.1.100/16

Adresa hosta

Maska podsiete

- Veľkosť masky, veľkosť siete

Vzťah medzi adresou hosta a siete – ako určím adresu siete

192.168.1.100/16

1. Prevediem adresu do binárnej sústavy

Vzťah medzi adresou hosta a siete

– ako určím adresu siete

192.168.1.100/16

1100 0000. 1010 1000. 0000 0001. 0110 0100

Vzťah medzi adresou hosta a siete – ako určím adresu siete

192.168.1.100/16

1. Prevediem adresu do binárnej sústavy
2. Určím masku podsiete a prevediem ju do binárnej sústavy

Vzťah medzi adresou hosta a siete

– ako určím adresu siete

192.168.1.100 / **16** !Koľko bitov nastavím na 1!

1100 0000. 1010 1000. 0000 0001. 0110 0100

1111 1111. 1111 1111. 0000 0000. 0000 0000

Vzťah medzi adresou hosta a siete – ako určím adresu siete

192.168.1.100/16

1. Prevediem adresu do binárnej sústavy
2. Určím masku podsiete a prevediem ju do binárnej sústavy
3. Aplikujem bitový „AND“ a prevediem adresu do desiatkovej sústavy

Vzťah medzi adresou hosta a siete – ako určím adresu siete

192.168.1.100/16

1100 0000. 1010 1000. 0000 0001. 0110 0100

&

1111 1111. 1111 1111. 0000 0000. 0000 0000

1100 0000. 1010 1000. 0000 0000. 0000 0000

ADRESA SIETE:

192.168.0.0

Vzťah medzi adresou hosta a siete

– ako určím adresu siete

192.168.1.100/16

1. Prevediem adresu do binárnej sústavy
2. Určím masku podsiete a prevediem ju do binárnej sústavy
3. Aplikujem bitový „AND“ a prevediem adresu do desiatkovej sústavy
4. Mám adresu siete
 - Viem určiť Broadcast adresu

Vzťah medzi adresou hosta a siete – ako určím adresu siete

Adresa hosta: 192.168.1.100

Adresa siete: 192.168.0.0

Maska podsiete: /16 == 255.255.0.0

Broadcast – posledná adresa v danej sieti
– 192.168.255.255

Vzťah medzi adresou hosta a siete

Adresa počítača: 192.168.1.100/16

Adresa siete: 192.168.0.0

Broadcast: 192.168.255.255

Router: zvyčajne: 192.168.0.1



Príklad

172.16.32.15/18

Adresa siete: 172.16.0.0

Broadcast: 172.16.63.255

Príklad adresy počítača:

» 172.16.32.15/18

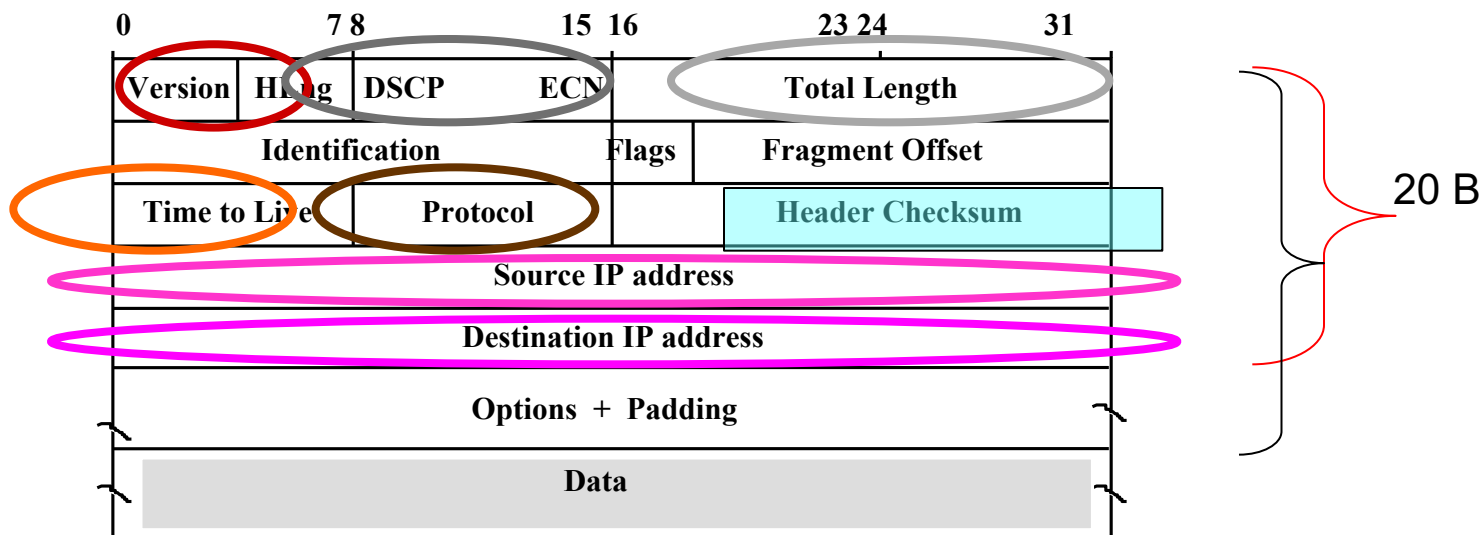
```
1010 1100.0001 0000.0010 0000.0000 1111
1111 1111.1111 1111.1100 0000.0000 0000
1010 1100.0001 0000.0000000000000000000000000000
```

172.16.0.0

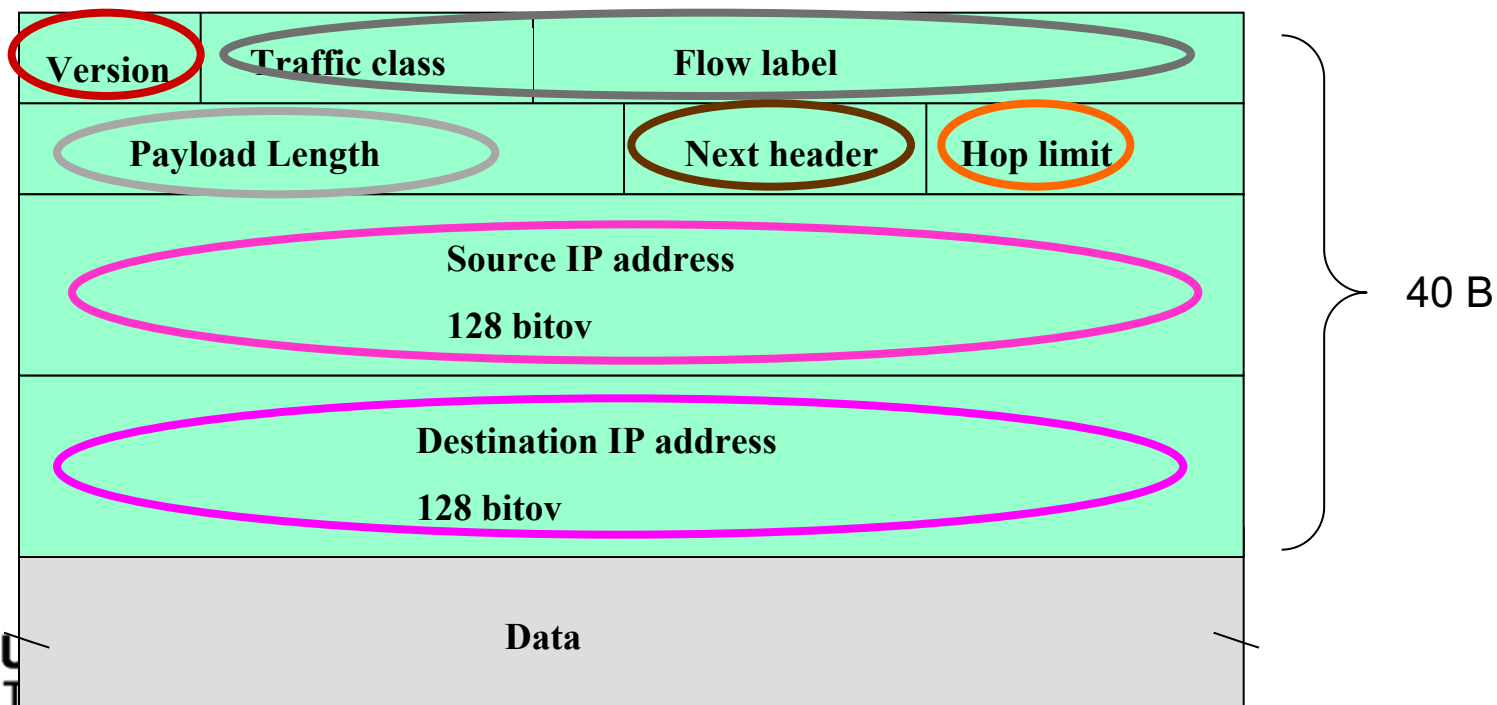
172.16.63.255 – broadcast

172.16.0.1/18 – 172.16.63.254/18

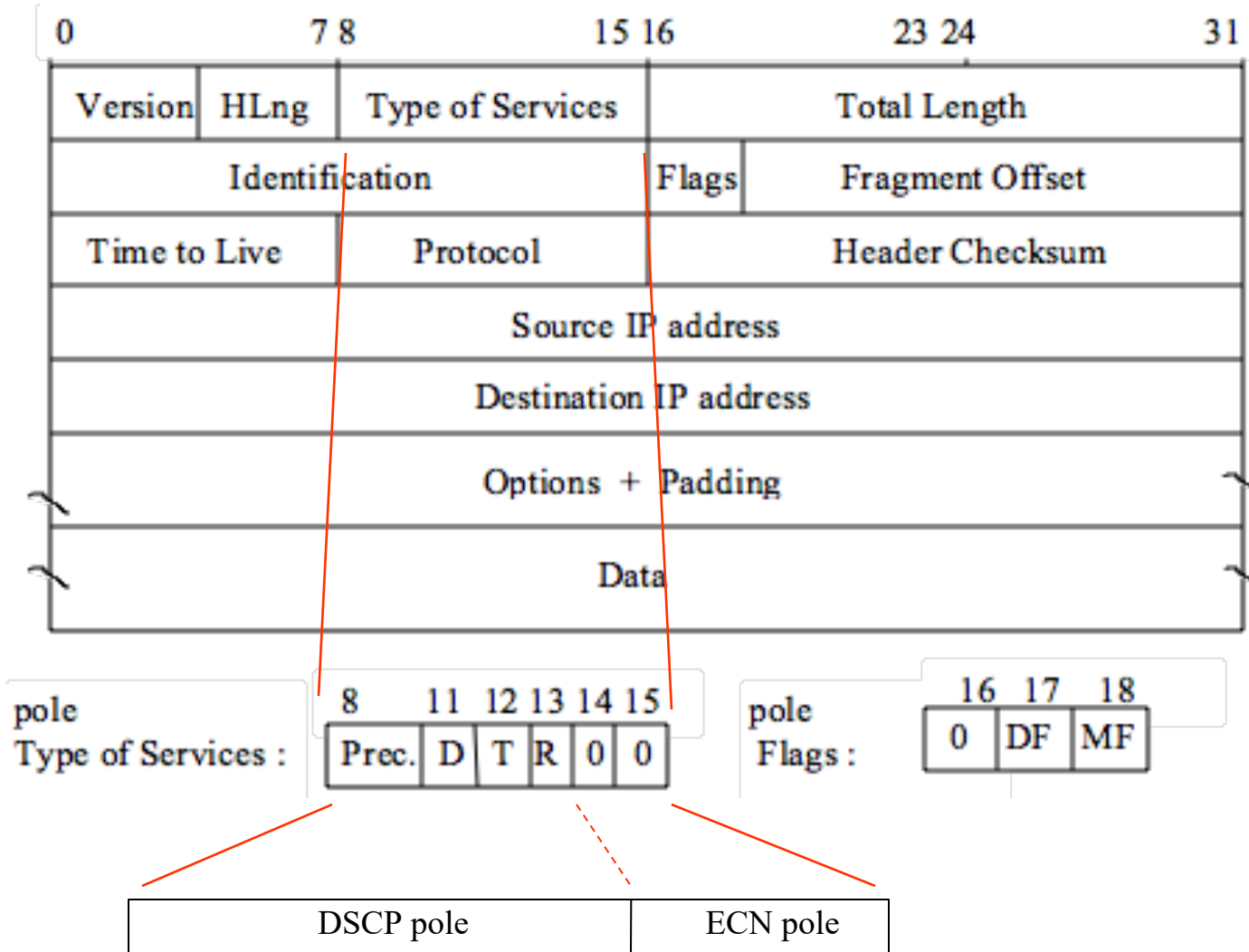
IPv4



IPv6



IP protokol - ECN



DSCP - Differentiated Services CodePoint
ECN - Explicit Congestion Notificaton

ECN pole:
ECT - ECN Capable Transpor
CE – Congestion Experienced

Transformácia adries

symbolické meno (doménové meno)



- jednorozmerné mená
- hierarchické, doménové mená

logická sieťová adresa (IP adresa)



- transformačné funkcie
- tabuľky
 - statické
 - dynamické

fyzická adresa (MAC adresa)

Transformácia adres

symbolické meno (doménové meno)



stuba.sk

fiit.stuba.sk

logická sieťová adresa (IP adresa)

147.175.1.60

147.175.154.48



fyzická adresa (MAC adresa)

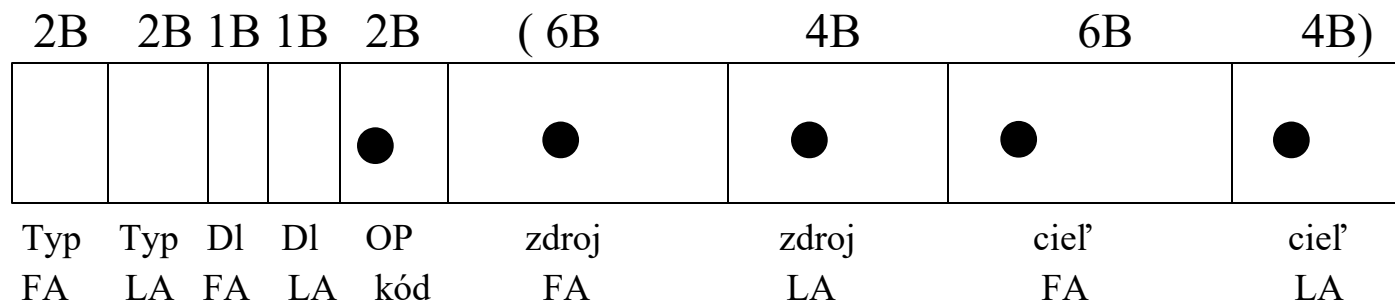
IP adresa \Leftrightarrow MAC adresa

- » ARP – Address Resolution Protocol
 - Chceme zistiť MAC adresu
 - Poznám IP, nepoznám MAC

- » RARP – *Reverse* Address Resolution Protocol
 - Chceme zistiť IP adresu
 - Poznám MAC, nepoznám IP

IP adresa \Leftrightarrow MAC adresa

formát ARP/RARP paketu



Typ FA pre Ethernet = 0001

Typ LA pre IP protokol = 0800

Dl FA = 6

Dl LA = 4

OP kód = 1 ARP request

= 2 ARP reply

= 3 RARP request

= 4 RARP reply

Obslužné správy

ICMP (Internet Control Message Protocol)

Všeobecný formát ICMP správy

1 B	1 B	2 B
Type	Code	Checksum

Klasifikácia správ:

- hlásenie o chybách
- test dosiahnuteľnosti
- riadenie toku
- presmerovanie
- meranie výkonnosti

Niektoré typy:

- 0 Echo reply
- 3 Destination Unreachable
- 4 Source Quench
- 5 Redirect
- 8 Echo
- 11 Time Exceeded

ICMP

Echo – Echo Reply

Type (8 b)	Code (8 b)	Checksum (16 b)
Identifier (16 b)		Sequence Number (16 b)
Data		

Niektóre typy:

0 Echo reply

8 Echo

Ping (Packet Internet Groper)

ICMP

Time Exceeded Message

Type (8 b)	Code (8 b)	Checksum (16 b)
unused		
IP Header + 64 bits of Original Data Datagram		

Type: 11

Code: 0 – time to live exceeded in transit (TTL)

1 - fragment reassembly time exceeded

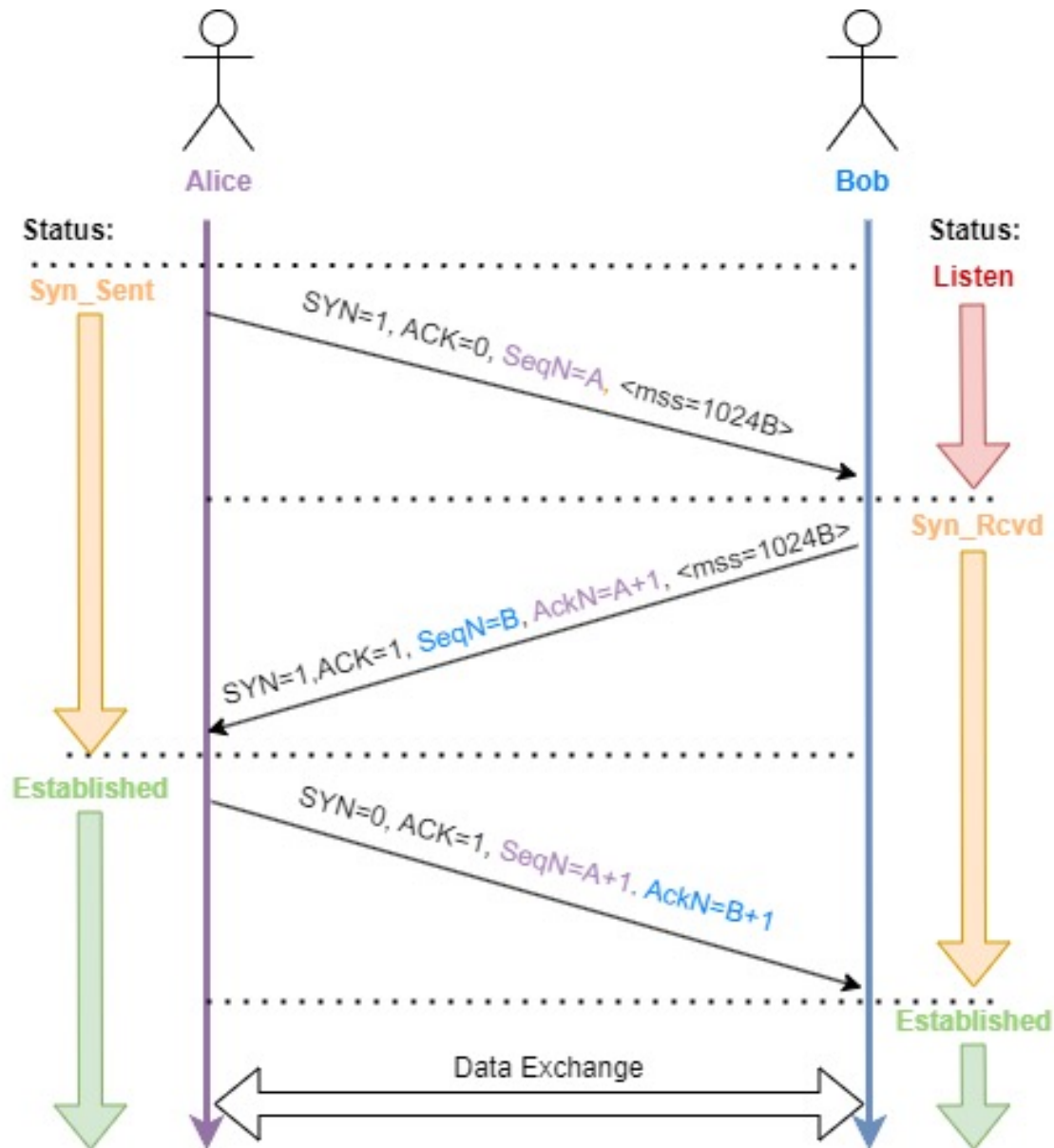
Zhrnutie

- » IP protokol (Internet protokol)
 - V4
 - Výpočet adresy siete
- » ARP
- » ICMP

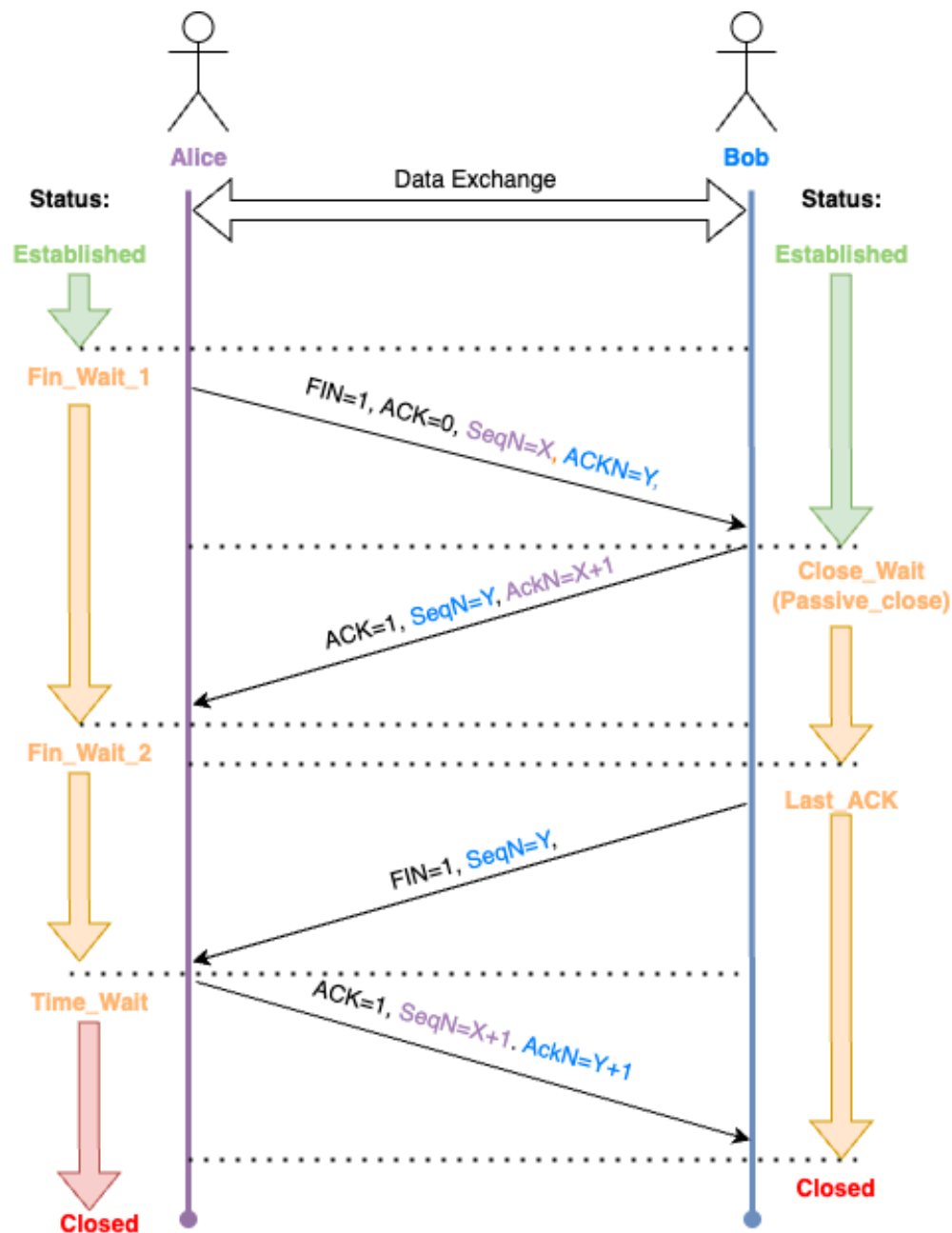
BONUS – TCP otvorenie a ukončenie spojenia

- » Three way handshake - otvorenie
- » Four way handshake – ukončenie
- » Ako ich rozlíšiť?
 - IP adresy && TCP porty && SeqN && AckN

Otvorenie



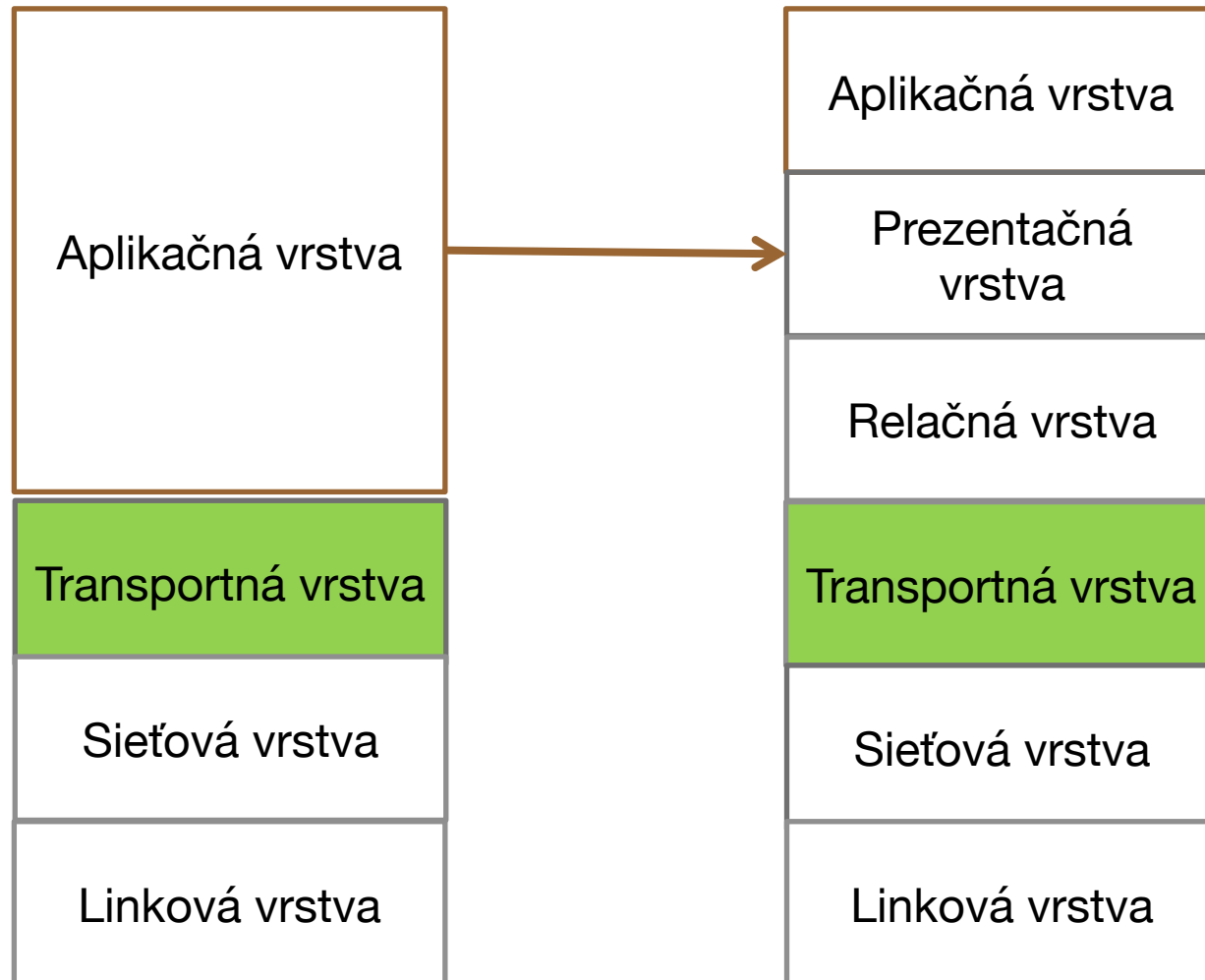
Ukončenie



BONUS – TCP otvorenie a ukončenie spojenia

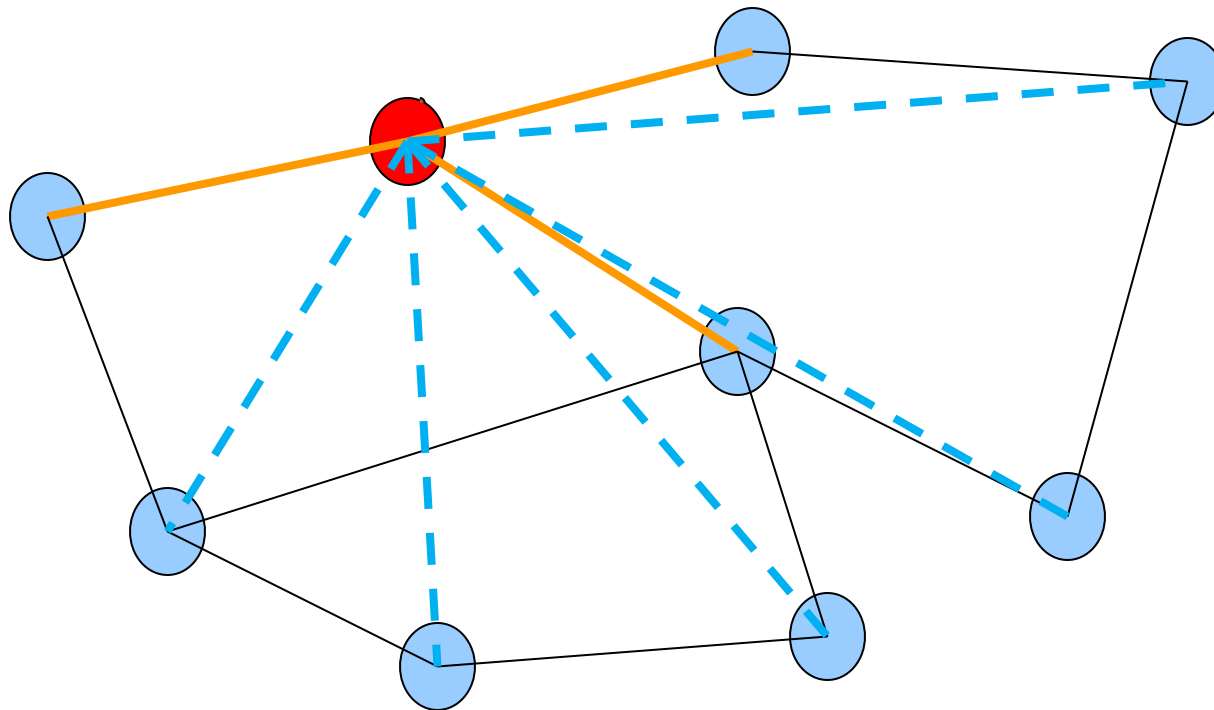
- » Three way handshake - otvorenie
- » Four way handshake – ukončenie
- » Otvorenie aj ukončenie môže byť aj iné
 - Linky sú v zadaní !!!

Transportná vrstva



Pohľad vrstiev na topoloógiu siete

Transportná vrstva

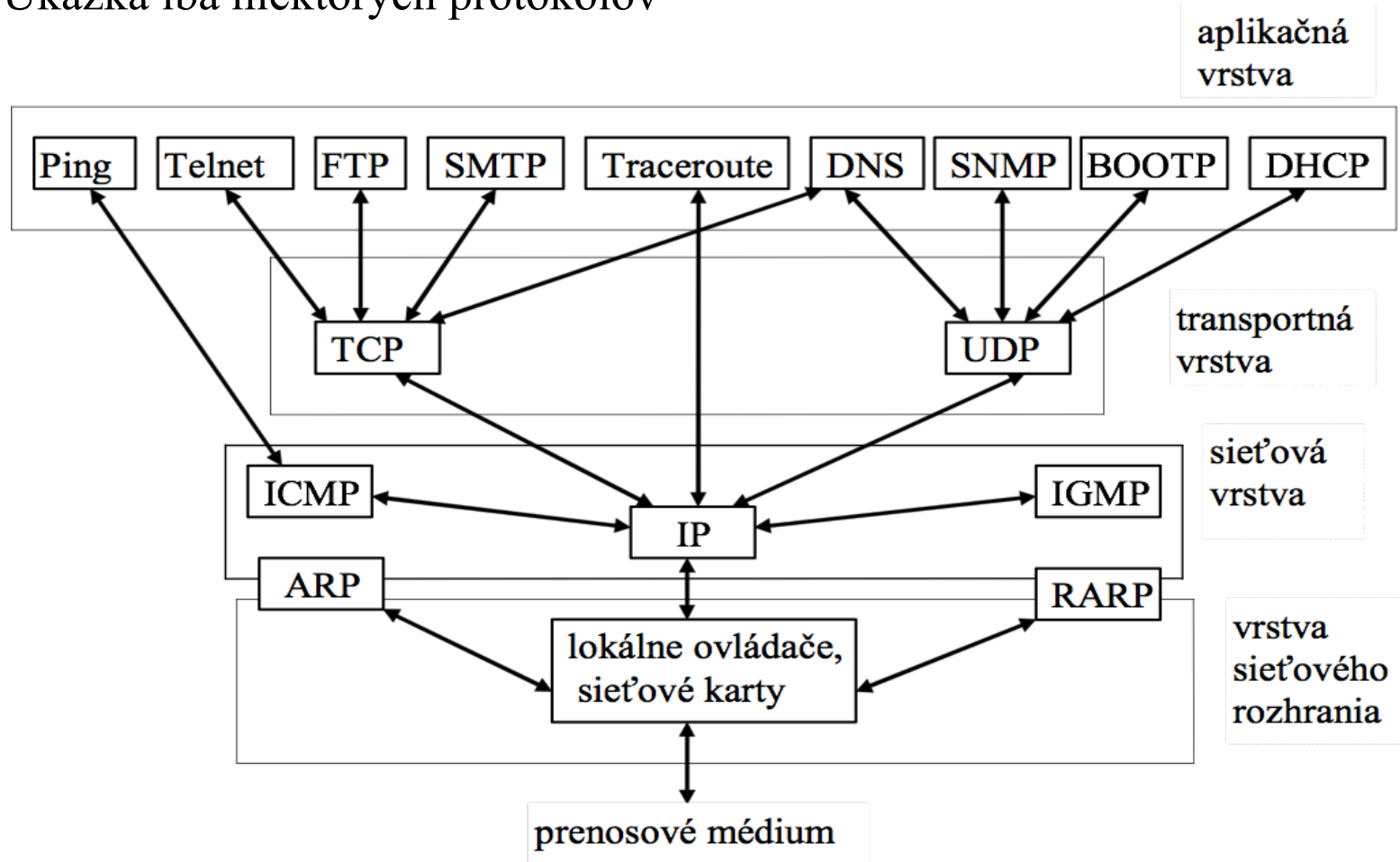


Transportná vrstva RM OSI

- » poskytovateľ (relačnej vrstve) a žiadateľ služby (od sieťovej vrstvy)
- » služby so spojením a bez spojenia, s potvrdením a bez potvrdenia
- » multiplexovanie spojov

Protokolový zásobník TCP/IP

Ukážka iba niektorých protokolov



Transportná vrstva TCP/IP

TCP (Transmission Control Protocol)

- služby so spojením, s potvrdením
- TCP ~ protokol triedy TP4
- prenos dát = prenos prúdu bajtov - segmenty
- multiplexovanie a demultiplexovanie

UDP (User Datagram Protocol)

- služby bez spojenia, bez potvrdenia
- blokový prenos dát - datagramy
- multiplexovanie a demultiplexovanie

~~DCCP (Datagram Congestion Control Protocol)~~

Protokol UDP

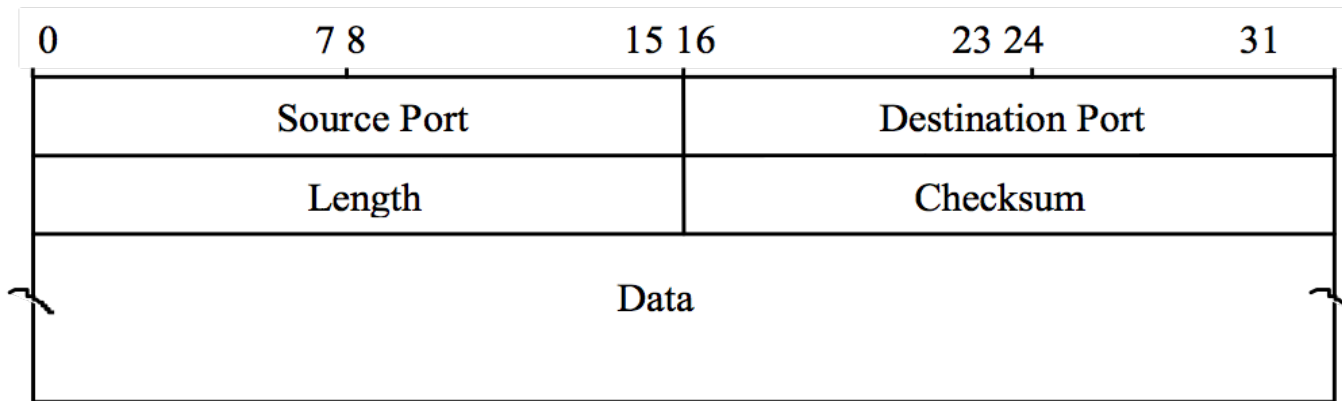
- protokol bez spojenia, bez potvrdenia, nespoľahlivý
- klient – server aplikácie
- Balí aplikačné dáta do „datagramov“
- multiplexovanie a demultiplexovanie datagramov
- podporuje broadcast, multicast

Protokol UDP

Čo nevie:

- nezriaďuje spojenie pred prenosom dát
- nepotvrďuje prijaté dáta
- nedeteguje straty
- nie je možnosť požadovať opakovanie prenosu dát
- negarantuje doručenie dát
- nezaručuje, že dáta sú prijímané v rovnakom poradí ako boli vyslané
- nemá mechanizmus na riadenie toku dát medzi koncovými uzlami resp. na riadenie zahltenia

UDP datagram



Čo je checksum?

Detekčné kódy

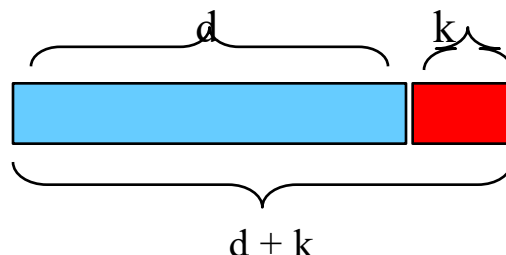
- paritný kód

kontrolná suma (Internet suma) (checksum)

CRC (Cyclic Redundancy Check Code) kód (FCS (Frame Check Sequence))

Ethernet: $G(x) = x^{32} + x^{26} + x^{23} + x^{22} + x^{16} + x^{12} + x^{11} + x^{10} + x^8 + x^7 + x^5 + x^4 + x^2 + x^1$

Separovateľné kódy



4A	5B	62	1E
----	----	----	----

$$\begin{array}{r}
 621E \\
 4A5B \\
 \hline
 \emptyset \leftarrow AC79 \\
 + \quad \quad \emptyset \\
 \hline
 AC79 \\
 5386 \\
 \text{(rozdiel do 15)}
 \end{array}$$

$$D * 2^K \oplus K = n * G$$

- generujúci polynóm (štandardizovaný)
 - dĺžka (k+1) bitov, v najvyššom bite je 1

zvyšok po delení $(2^K * D)/G$

non-ekvivalencia

• • • • •

Cyclic Redundancy Code

- » $(r+1)$ dlhý generátor G , ktorý je známy ako vysielajúcej tak prijímajúcej strane
- » Dátové bity D
- » Cieľ je nájsť také R , že (D, R) sú deliteľné G
- » Inými slovami:

$$R = \text{zvyšok } (D \times 2^r / G)$$

CRC príklad (1)

D = 1101 0110 11

G = 100 11 (r=4)

$(D \cdot 2^r) : G = 1101 \ 0110 \ 11 \ 1110 : 10011$

1001 1

0100 11

100 11

000 0010 11 1110

10 01 1

00 10 0110

10 011

00 0000

1101 0110 11 1110

CRC príklad (1)

D = **1101 0110 11**

G = **100 11** ($r=4$)

$(D \cdot 2^r) : G = \mathbf{1101} \mathbf{0}110 \ 11 \mathbf{0000} : 100 \ 11$

1001 1

0100 1

CRC príklad (1)

D = 1101 0110 11

G = 100 11 (r=4)

$(D \cdot 2^r) : G = 1101 \ 0110 \ 11 \ \mathbf{0000} : 10011$

1001 1

0100 11

100 11

010 11 **0**

10 01 1

00 10 1**000**

1 00 11

R= 0 0**1 110**

Používa
sa XOR
operácia

CRC príklad (2)

D = 1101 0110 11
G = 100 11 (r=4)

Vysielač vyšle / prijímač prijme sekvenciu:
1101 0110 11 **1110**

Kontrola prebieha ako v predchádzajúcom kroku:
1101 0110 11 **1110**: 10011

.....
 010 11 **1**
 10 01 1
 00 10 0**110**
 10 011
R= 00 0000

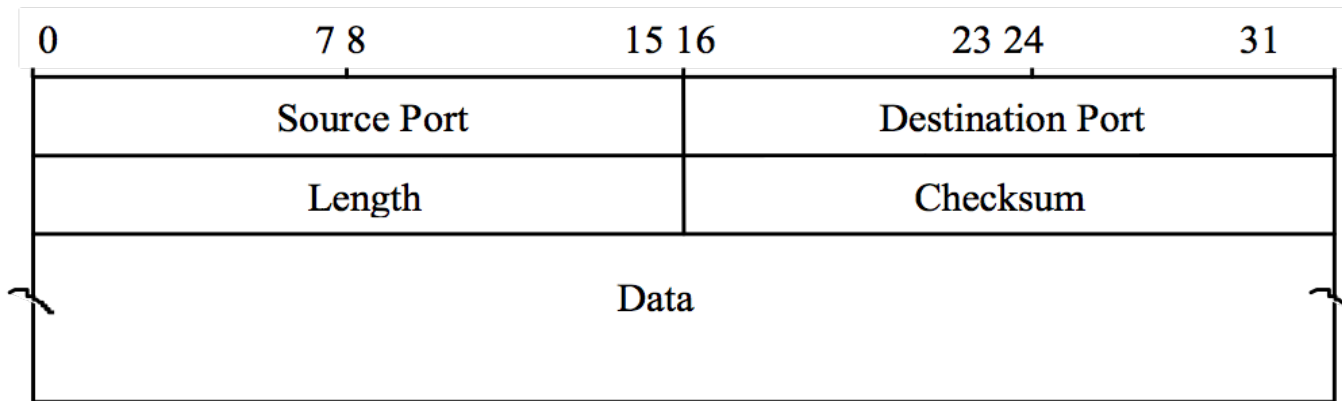
CRC príklad 2

$D = 10110011101000100101$

$G = 1011101$

$R = 0111001$

UDP datagram

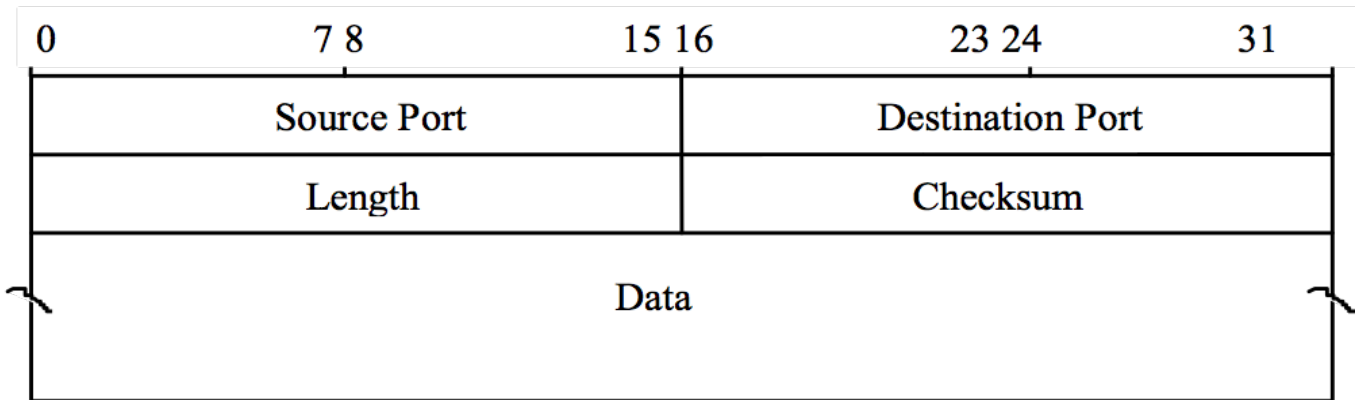


Koľko dát vložím do datagramu?

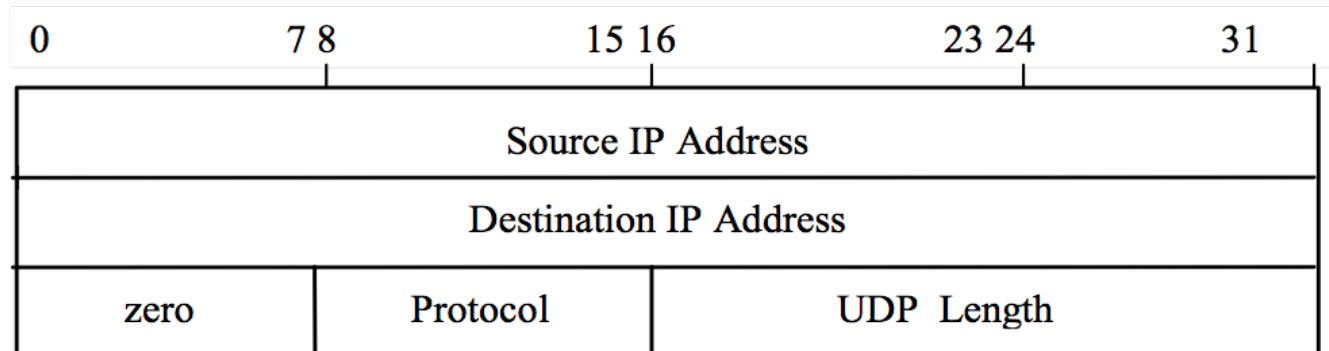
- » Obmedzenie UDP - length
- » Udáva dĺžku vrátane UDP hlavičky
 - Minimálne 8 bajtov
 - Maximálne 65535 bajtov (z toho 8 bajtov hlavička)
 - Segmentácia/znovu poskladanie dát

Protokol UDP

UDP datagram



pseudohlavička



Zhrnutie prednášky

- » Siet'ová vrstva:
 - IP
 - ARP, ICMP
- » Transportná vrstva – prenos cez sieť
 - UDP – využíva sa na zadaní

Čo nás čaká na budúcej prednáške

» TCP

- Riadenie toku (pomalé / rýchle linky)
- Potvrdzovanie dát (ACK, NACK)
- Ukončenie spojenia
- Znovuodoslanie dát

DCCP (Datagram Congestion Control Protocol)

- nespoľahlivý tok datagramov
- spoľahlivé nadväzovanie a ukončenie spojenia
- spoľahlivé dohadovanie volieb, zahŕňa aj voľbu riadiaceho mechanizmu zahltenia
- spôsob prenosu potvrdení ACK závisí od mechanizmu riadenia zahltenia
- výber modulárneho mechanizmu riadenia zahltenia
 - CCID2, TCP-like congestion control (RFC 4341)
 - CCID3, TCP-Friendly Rate Control, TFRC (RFC 4342)
 - CCID4, TCP-Friendly Rate Control for Small Packets, TFRC-SP (RFC 4828)
- explicitné riadenia zahltenia (ECN)
- vhodné napr. pre streaming video

Protokol TCP

- multiplexovanie a demultiplexovanie segmentov
- MSS (Maximum Segment Size)
- číslovanie bajtov
- potvrdzovanie príjmu, kontinuálna ARQ metóda s návratom, selektívna
- riadenie toku a zahltenia
- pohyblivé okno (def. 4096, rozšírenie okna na 32 b)
- časovače

Stručný úvod do TCP

- » protokol so spojením, s potvrdením, spoľahlivý prenos
- » prenos dát – prúd bajtov, počet vyslaných bajtov aplikáciou a TCP entitou môže byť rôzny
- » vyrovnávacie pamäte – segmentácia prúdu bajtov
- » interaktívny a neinteraktívny prenos dát (typ aplikácie)
- » TCP spojenie – plný duplex, dvojbodové
- » urgentné dáta
- » príjem dát aplikáciou – príznak PUSH