Tento projekt sa realizuje vďaka podpore z Európskeho sociálneho fondu a Európskeho fondu regionálneho rozvoja v rámci Operačného programu Ľudské zdroje

Sieťová vrstva: Čo je IP a kde a ako sa smerujú IP pakety.

Sieťová vrstva, IP protokol,
zariadenia sieťovej vrstvy, smerovanie v sieti.

EURÓPSKA ÚNIA
Európsky sociálny fond
Európsky fond regionálneho rozvoja

OPERAČNÝ PROGRAM ĽUDSKÉ ZDROJE

MINISTERSTVO ŠKOLSTVA, VEDY, VÝSKUMU A ŠPORTU SLOVENSKEJ REPUBLIKY

minded.sk employment.gov.sk/sk/esf/ itakademia.sk

Na pripomenutie ...

- Skúsme si zodpovedať nasledujúce otázky:
  - Čo je to sieť?
  - Aké typy sietí poznáte?
  - Aké sieťové zariadenia poznáte?
  - Na akej vrstve ISO/OSI modelu sieťové zariadenia pracujú?
  - Aké adresy majú zariadenia v sieti?
  - Ako sa prenášajú správy po sieti?
  - Poznáte nejaké sieťové protokoly, štandardy?

Čo bude na dnešnej hodine

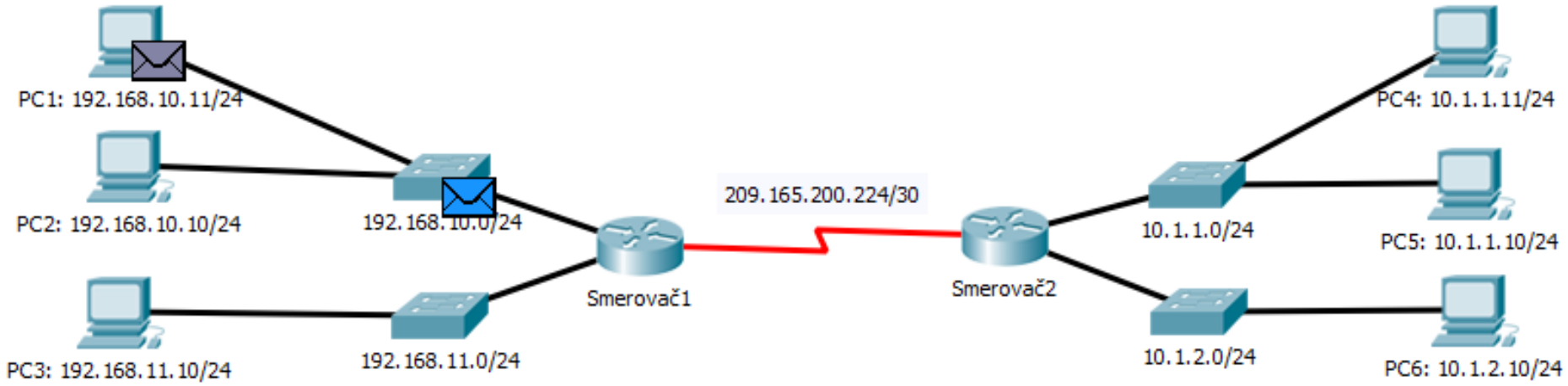
- Sieťová vrstva
- Sieťové protokoly
- IP protokol
- Formát hlavičky IPv4
- Formát hlavičky IPv6
- Sieť a zariadenia v sieti
- Defaultná brána
- Smerovanie v sieti a smerovacia tabuľka

Sieťová vrstva

- Sieťová vrstva je zodpovedná za doručovanie dát medzi komunikujúcimi uzlami, jedná sa o end-to-end komunikáciu.
- Úlohou sieťovej vrstvy je **poskytnúť prostriedky** pre budovanie a správu rozľahlých sietí a umožnenie komunikácie v nich. Za týmto účelom:
  - definuje **systém adresovania** pre identifikáciu jednotlivých prvkov siete,
  - definuje **protokoly** umožňujúce prenos dát a s tým súvisiace **komunikačné procesy**, ako je aj proces smerovania (routing),
  - definuje dátovú jednotku **paket** a proces **zapuzdrenia a odpuzdrenia** v rámci end-to-end komunikácie.
- Funkcie sieťovej vrstvy sú implementované v plnom rozsahu len v zariadeniach typu **smerovač (router).**

Hlavné úlohy sieťovej vrstvy

- Logické adresovanie sietí a staníc v nich.
- Hľadanie cesty do každej existujúcej cieľovej stanice (siete).
- Doručovanie dát vo forme paketov po najlepších cestách cieľovej stanici/uzlu (smerovanie).

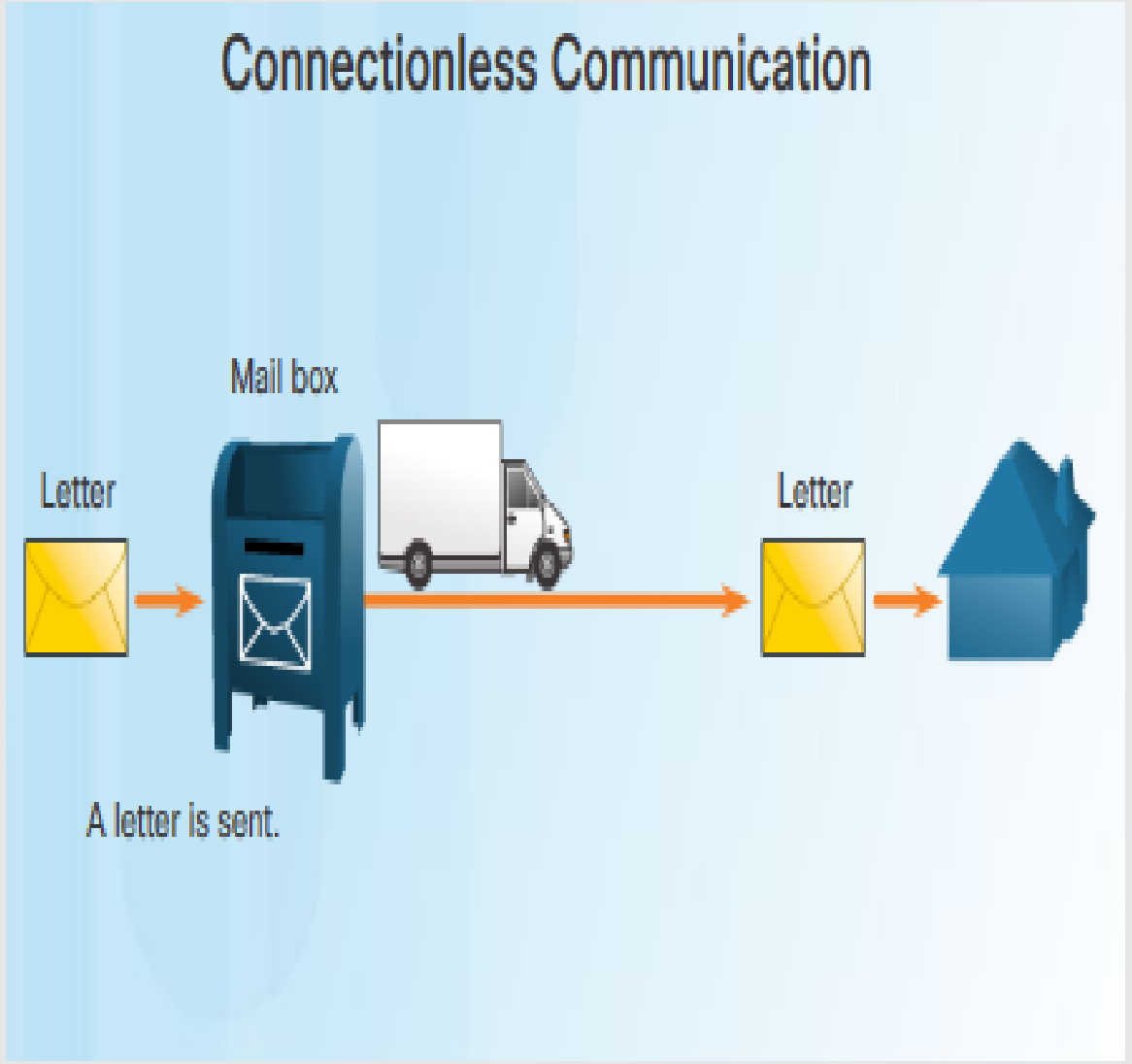


Sieťové protokoly

- Protokoly na sieťovej (ISO/OSI) resp. internetovej vrstve (TCP/IP) sú:
  - **Smerované (Routed)** - nesú používateľské a riadiace dáta (IPv4 a IPv6),
  - **Smerovacie (Routing)** - riadia výber cesty (RIP, OSPF, EIGRP ...),
  - **Podporné** – napr. preklady adries (ARP, InARP), informačné (ICMP..).
- V TCP/IP je protokolom sieťovej vrstvy **Internet Protocol**
- Internet Protocol (IP) je:
  - nespojovaný,
  - nespoľahlivý,
  - nezávislý od linkovej technológie a média.
- V súčasnosti existujú dve verzie Internet Protocolu: IPv4 a IPv6

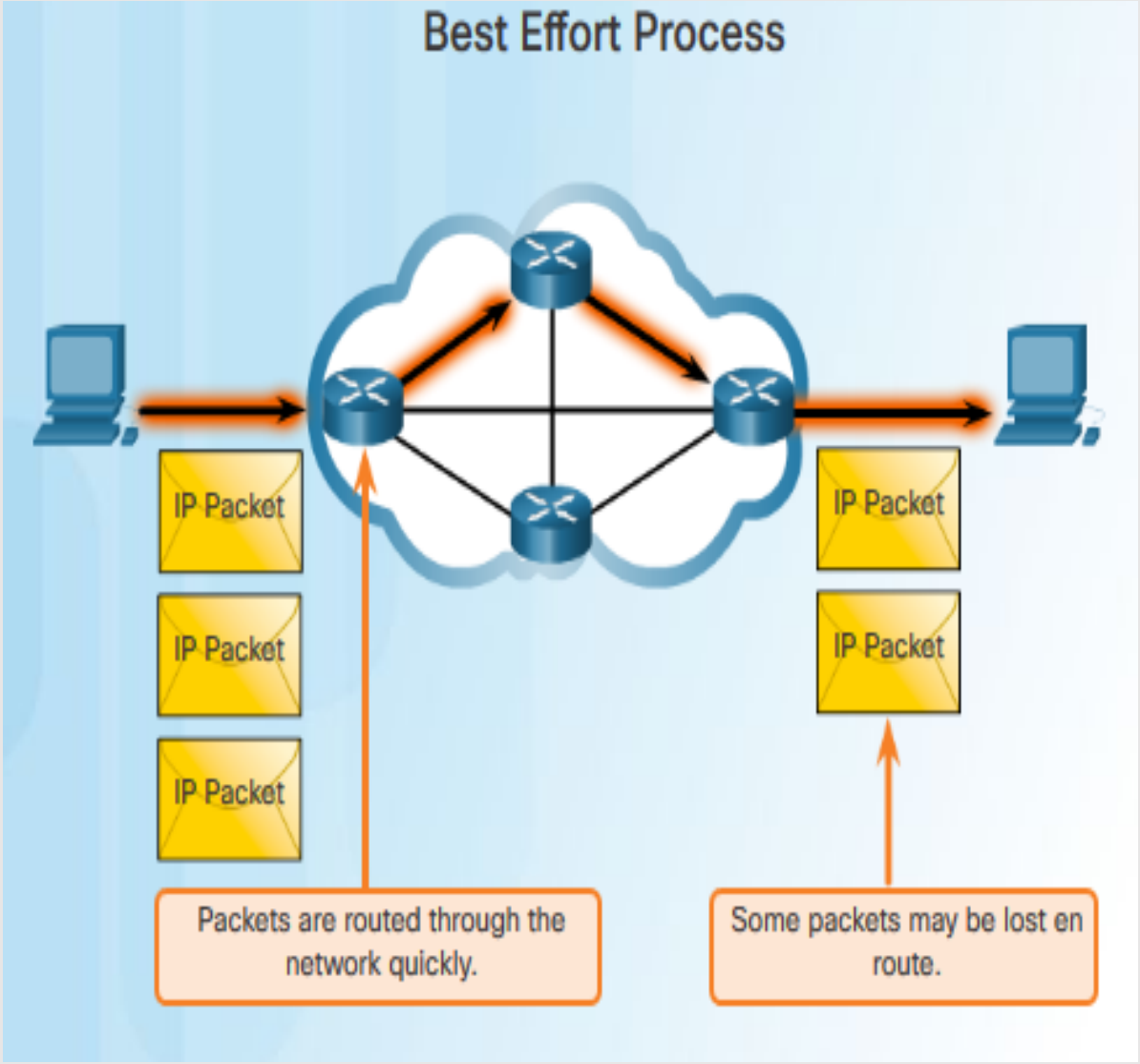
IP ako nespojovaný protokol

- IP protokol je nespojovaný (connectionless communication) a spojovo orientovanú prevádzku musí zabezpečiť protokol na vyššej vrstve modelu (transportný protokol), ak je to pre aplikáciu potrebné.
- IP protokol nevytvára a neriadi vopred spojovo orientovanú end-to-end komunikáciu.
- Nespojovanosť nie je nevýhodou, šetrí sa veľkosť hlavičky paketu, neprenášajú sa zbytočné dáta!



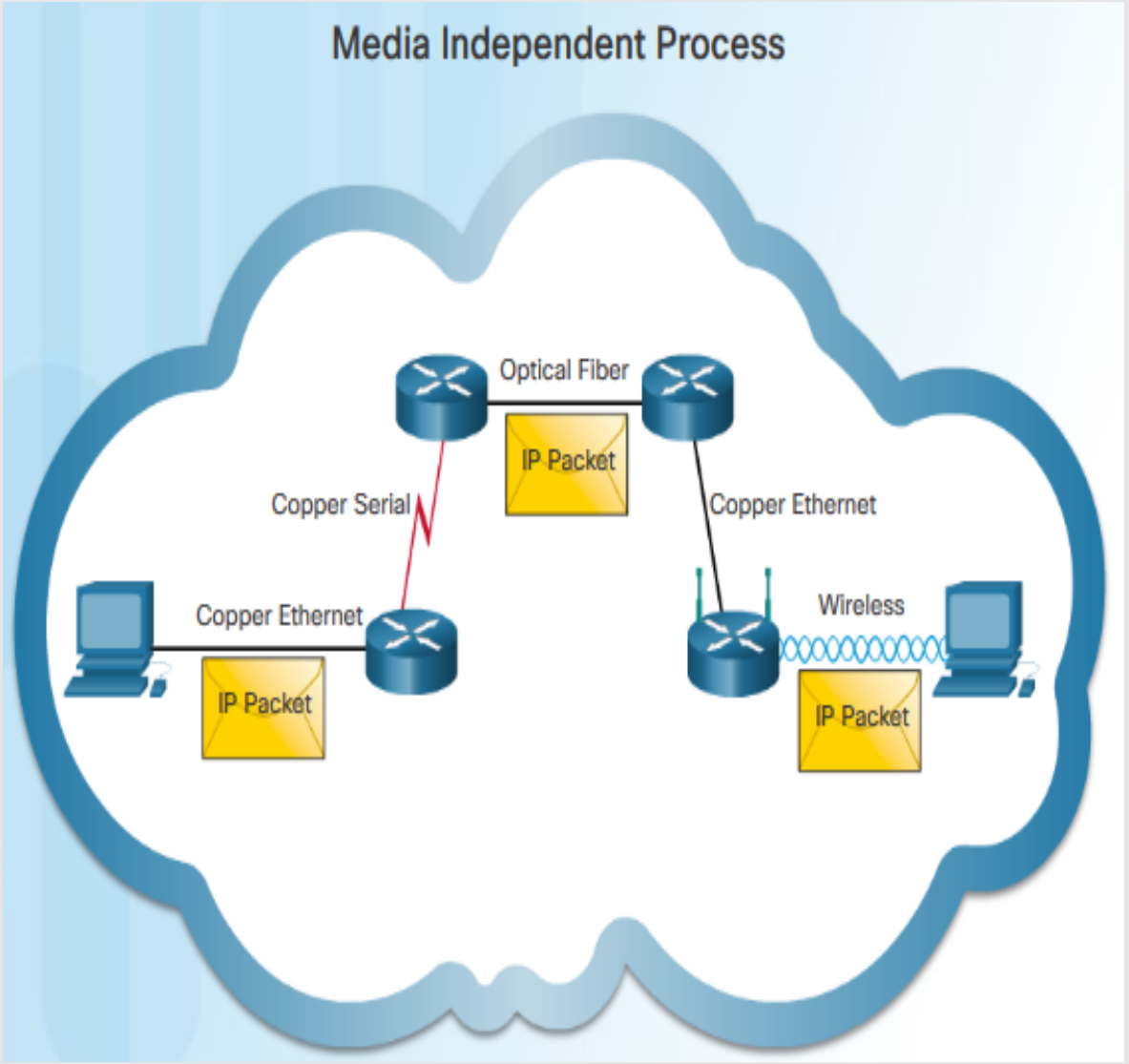
IP ako nespoľahlivý protokol

- IP protokol je nespoľahlivý (best effort) a spoľahlivosť musí zabezpečiť protokol na vyššej vrstve modelu (transportný protokol), ak je to pre aplikáciu potrebné.
- IP protokol negarantuje prenos paketu, niektoré pakety sa po ceste do cieľa môžu „stratiť“.
- Nespoľahlivosť nie je nevýhodou, šetrí sa veľkosť hlavičky paketu, neprenášajú sa zbytočné dáta!



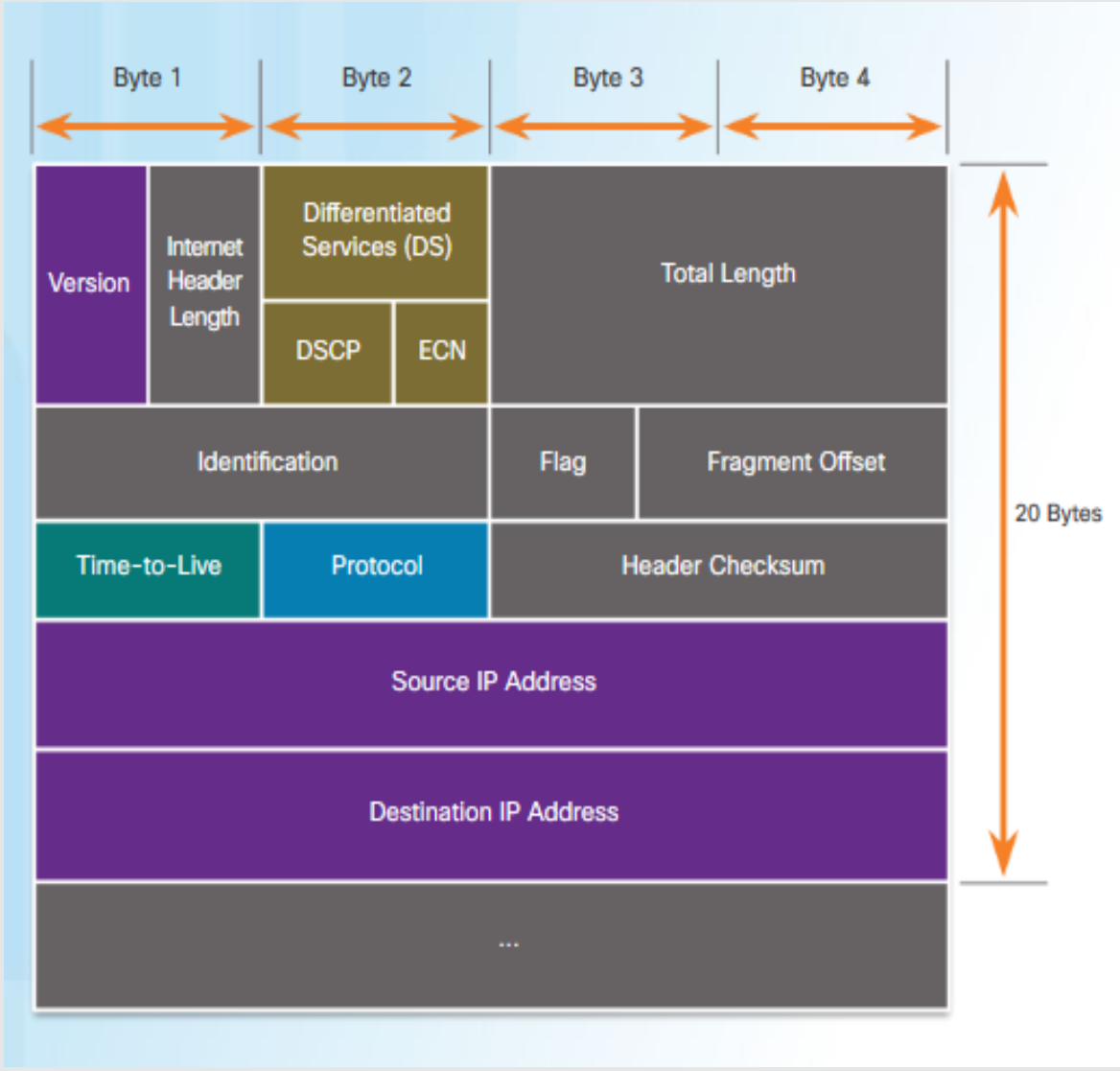
IP ako nezávislý od linkovej technológie a média

- Veľkou výhodou IP je jeho nezávislosť od linkovej technológie a média.
- Vďaka tomu môže IP sprostredkovať komunikáciu medzi koncovými uzlami, ktoré sú k sieti pripojené rôznymi technológiami a médiami.
- Takisto medziľahlé zariadenia bývajú vzájomne spojené rozmanitými technológiami a médiami.
- Nezávislosť IP od týchto technických detailov je základom úspechu internetu.



Formát IPv4 hlavičky

- Úlohou IP je doručiť paket obsahujúci L4 segment a v ňom aplikačné dáta zo zdrojového uzla cez medziľahlú infraštruktúru na cieľový uzol tzv. end-to-end komunikácia medzi uzlami siete.
- Maximálna veľkosť IP paketu je 65535B vrátane hlavičky, čiže akýkoľvek L4 segment vkladaný do IP paketu teda musí byť aspoň o 20B menší (veľkosť hlavičky).
- Linkové technológie, cez ktoré sa IP pakety budú prenášať, však môžu vnútiť podstatne nižšiu povolenú veľkosť.
- Maximálna veľkosť IP paketu povolená použitou linkovou technológiou sa nazýva Maximum Transmission Unit (MTU), napr. DSL používa MTU=1492B.



Aktivita 13.1: Formát IPv4 hlavičky

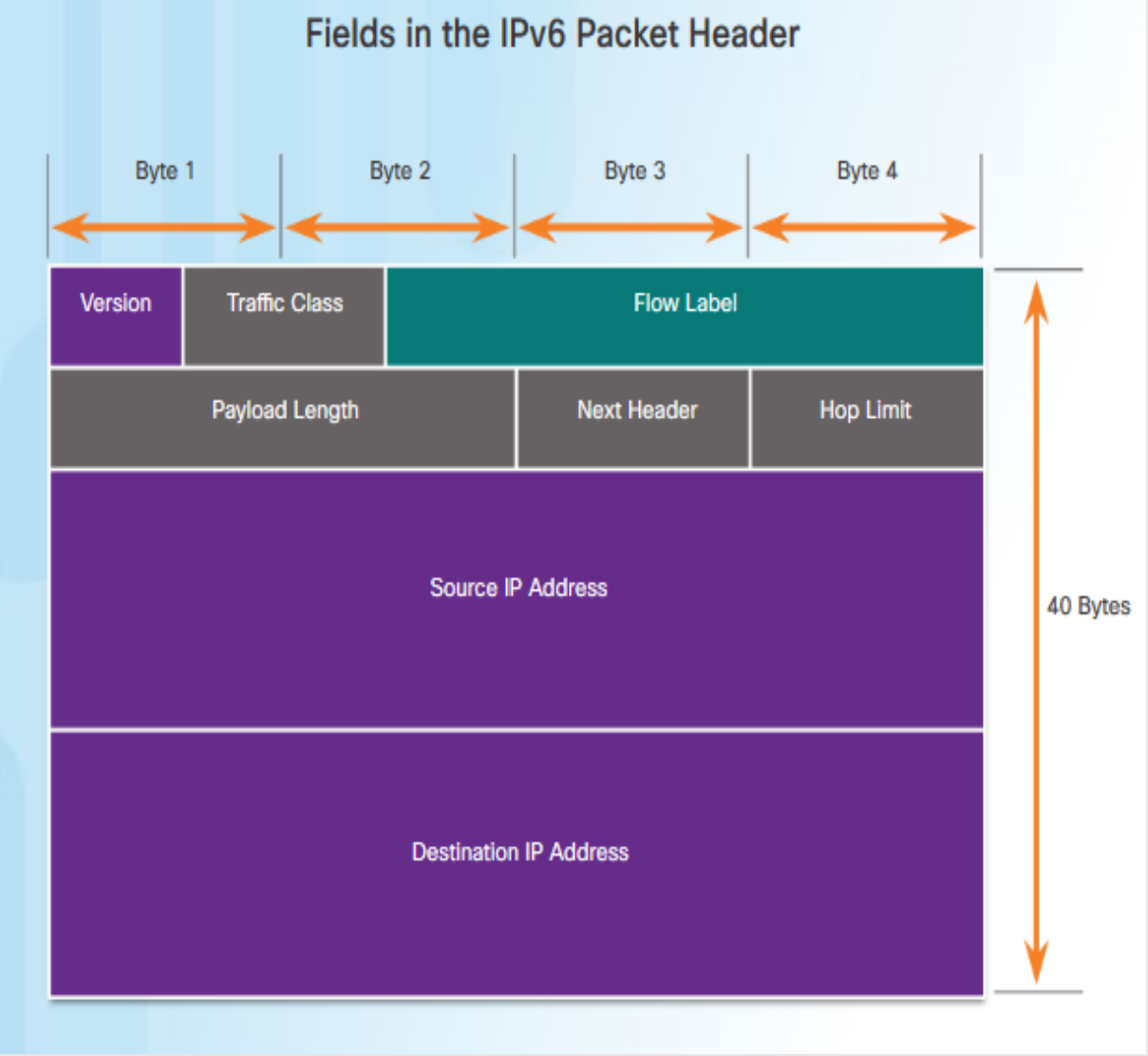
- **Úloha: Odchyť IPv4 paket pomocou nástroja Wireshark (WS)**
  - otvor nástroj WireShark
  - v hlavnom menu WS stlač Capture/Options a skontroluj pripojené interfaces
  - na PC choď do príkazového riadku a priprav si spustenie ping/ping -4 na IPv4 adresu iného PC (napr. 158.193.141.180)
  - v hlavnom menu WS stlač Capture/Start
  - na PC v príkazovom riadku spusť pripravený ping
  - keď ping prebehne vo WS v hlavnom menu stlač Capture/Stop
  - vo WS daj do filtra icmp a stlač enter
  - vo WS si vyber icmp echo alebo request a klikni na riadok myšou a v spodnej časti rozklikni Internet protocol Version 4
- Odpovedaj na otázky:
  - aká je zdrojová a cieľová adresa paketu?
  - aká je veľkosť paketu?
  - aká je hodnota TTL?

IPv6

- Pri riešení nedostatkov IPv4 (najmä malý adresný priestor) sa vytvoril pracovný názov nového protokolu – IPng, ktorý sa vo finálnej fáze premenoval na IPv6.
- IPv6, je tak isto ako IPv4, protokolom sieťovej vrstvy, čo znamená, že sa nachádza na tretej úrovni v hierarchii TCP/IP alebo ISO/OSI modelu.
- Najzaujímavejšími vlastnosťami IPv6 je
  - podstatne rozšírený adresný priestor,
  - automatické nastavenie parametrov pripojenia,
  - podpora autentifikácie a šifrovania medzi dvoma bodmi v sieti atď.

Formát IPv6 hlavičky

- Hlavička IPv6 má pevne definovanú veľkosť 40 bajtov, čo je 2x viac oproti IPv4 a obsahuje menej polí ako IPv4 hlavička, napr.:
  - IPv6 hlavička neobsahuje informáciu o svojej dĺžke (je pevne definovaná),
  - v IPv6 hlavičke bol vynechaný kontrolný súčet a konzistenciu paketov by sa mala starať už druhá (linková) vrstva.
- Na druhej strane sa v IPv6 hlavičke vytvoril priestor na nové možnosti pomocou zreťazenia hlavičiek (pole Next Header).



Aktivita 13.2: Formát IPv6 hlavičky

- **Úloha: Odchyť IPv6 paket pomocou nástroja Wireshark (WS)**
  - otvor nástroj WireShark
  - v hlavnom menu WS stlač Capture/Options a skontroluj pripojené interfaces
  - na PC choď do príkazového riadku a priprav si spustenie ping/ping -6 na IPv6 adresu iného PC (napr. fe80::7843::6719:d1c8:8065)
  - v hlavnom menu WS stlač Capture/Start
  - na PC v príkazovom riadku spusť pripravený ping
  - keď ping prebehne vo WS v hlavnom menu stlač Capture/Stop
  - vo WS daj do filtra icmpv6 a stlač enter
  - vo WS si vyber icmp echo alebo request a klikni na riadok myšou a v spodnej časti rozklikni Internet protocol Version 6
- Odpovedaj na otázky:
  - aká je zdrojová a cieľová adresa paketu?
  - aká je veľkosť paketu?
  - aká je hop limit?

Zariadenia a komponenty v sieti

- V sieti môžeme mať pripojené v dnešnej dobe pomocou rôznych médií rozmanité zariadenia, napríklad:
  - počítače, notebooky, servery, pracovné stanice...
  - tlačiarne, kopírovacie zariadenia, skenery...
  - IP telefóny, mobilné aparáty...
  - prepínače, **smerovače**, firewall...
  - atď.
- Tieto zariadenia sú prepojené pomocou rôznych médií ako sú napríklad:
  - drôtové médiá (UTP kábel, koaxiál...)
  - bezdrôtové médiá (WiFi, satelit...)
  - mobilné siete (GSM, UMTS, GPRS, LTE..)
  - optické siete (single mód, multi mód..) atď.

Smerovač – router

- Kľúčovým zariadením pre činnosť sieťovej vrstvy sú smerovače (routers)
  - Smerovač prepája viaceré siete
  - Má viacero sieťových rozhraní, môžu byť rôzneho typu
- Smerovač si uchováva tzv. smerovaciu tabuľku – zoznam sietí a cesty k nim
  - Smerovačom stačí poznať adresy sietí, nie jednotlivé uzly v nich
  - Ak smerovač nepozná cieľovú sieť, pakety idúce do nej zahadzuje
- V sieťach používajúcich protokol IPv4 alebo IPv6 sa každý smerovač rozhoduje o každom pakete individuálne a sám za seba

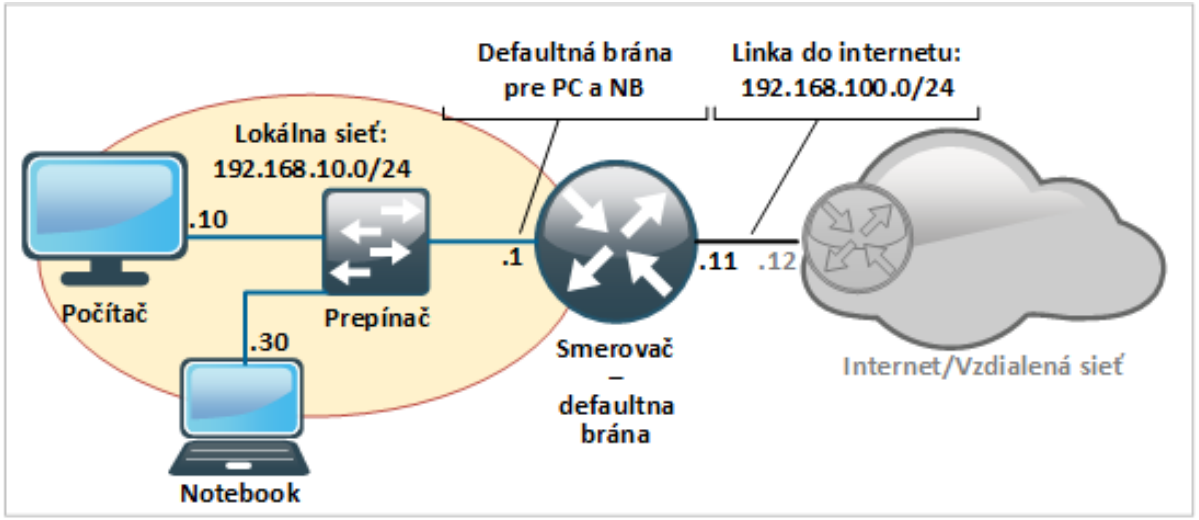
Komunikácia v sieti

- V IP rozlišujeme tri spôsoby komunikácie:
  - Unicast - komunikácia dvoch konkrétnych uzlov (PC-PC).
  - Broadcast - posielanie dát všetkým staniciam v jednej sieti (PC-všetky PC).
  - Multicast - posielanie dát vybranej skupine staníc v rôznych sieťach (PC-skupina PC).

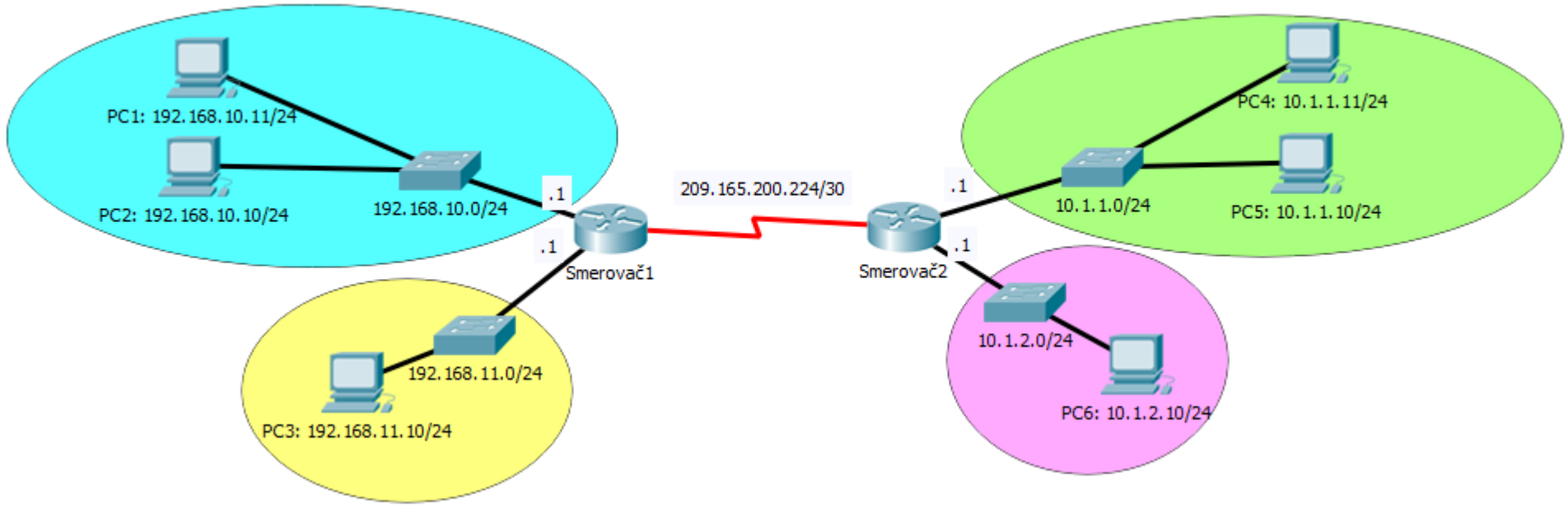
- Základnou úlohou sieťovej vrstvy je zabezpečiť smerovanie paketu medzi uzlami siete. Uzol/zariadenie siete môže poslať paket:
  - sebe samému na IPv4 adresu 127.0.0.1 – loopback interface, testujem TCP/IP protokol stack,
  - lokálnemu uzlu (je v tej istej sieti ako ja) na jeho IPv4 adresu,
  - vzdialenému uzlu (nie je v tej istej sieti ako ja) na jeho IPv4 adresu, musí sa pri komunikácii využiť **defaultná brána**.

Defaultná brána

- Ak chcem komunikovať s počítačom v inej sieti, musím využiť na to defaultnú bránu (default gateway).
- Defaultná brána je zariadenie (zvyčajne **smerovač**), ktoré smeruje a riadi komunikáciu do inej siete.
- Defaultná brána musí mať, aby bola funkčná, do príslušnej LAN pripojené aspoň jedno funkčné (správne nakonfigurované) rozhranie.



Aktivita 13.3: Konfigurácia defaultnej brány



- **Úloha: Vykonajte konfiguráciu default brány na všetkých PC v topológii pre aktivitu (m13-a03-config DG.pkt).**
  - otvor danú topológiu v nástroji Cisco Packet Tracer
  - konfiguráciu vykonaj podľa pokynov vyučujúceho na každom PC v topológii
  - konfiguráciu over (ping PC-PC) a ulož

Doručovanie paketu medzi sieťami

- Ak uzol zistí, že cieľ paketu sa nenachádza v jeho sieti, musí paket odovzdať defaultnej bráne – smerovaču.
- Smerovač je zariadenie, ktoré prepája viaceré siete a má uloženú smerovaciu tabuľku – zoznam sietí a cesty k nim.
- Každá položka smerovacej tabuľky obsahuje:
  - adresu cieľovej siete,
  - ďalší smerovač na ceste do cieľovej siete (next hop),
  - výstupné rozhranie, ktorým má paket odísť.

```
R1#sh ip route
Codes: L - local, C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
       i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
       * - candidate default, U - per-user static route, o - ODR
       P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

     10.0.0.0/24 is subnetted, 2 subnets
R       10.1.1.0/24 [120/1] via 209.165.200.226, 00:00:07, Serial0/0/0
R       10.1.2.0/24 [120/1] via 209.165.200.226, 00:00:07, Serial0/0/0
     192.168.10.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C       192.168.10.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/0
L       192.168.10.1/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0
     192.168.11.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C       192.168.11.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/1
L       192.168.11.1/32 is directly connected, GigabitEthernet0/1
     209.165.200.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C       209.165.200.224/30 is directly connected, Serial0/0/0
L       209.165.200.225/32 is directly connected, Serial0/0/0
```

Smerovacia tabuľka počítača

- Každý počítač v sieti má vlastnú smerovaciu tabuľku.
- Túto tabuľku môžeme pomocou príkazov **route print** alebo **netstat –r** zobraziť cez príkazový riadok počítača.

```
IPv4 Route Table
===========================================================================
Active Routes:
Network Destination        Netmask          Gateway       Interface  Metric
          0.0.0.0          0.0.0.0    158.193.141.6  158.193.141.180     35
        127.0.0.0        255.0.0.0         On-link         127.0.0.1    331
        127.0.0.1  255.255.255.255         On-link         127.0.0.1    331
  127.255.255.255  255.255.255.255         On-link         127.0.0.1    331
    158.193.141.0    255.255.255.0         On-link   158.193.141.180    291
  158.193.141.180  255.255.255.255         On-link   158.193.141.180    291
  158.193.141.255  255.255.255.255         On-link   158.193.141.180    291
        224.0.0.0        240.0.0.0         On-link         127.0.0.1    331
        224.0.0.0        240.0.0.0         On-link   158.193.141.180    291
  255.255.255.255  255.255.255.255         On-link         127.0.0.1    331
  255.255.255.255  255.255.255.255         On-link   158.193.141.180    291
===========================================================================
Persistent Routes:
  None

IPv6 Route Table
===========================================================================
Active Routes:
 If Metric Network Destination      Gateway
  1    331 ::1/128                  On-link
 15    291 fe80::/64                On-link
 15    291 fe80::7843:6719:d1c8:8065/128
                                    On-link
  1    331 ff00::/8                 On-link
 15    291 ff00::/8                 On-link
===========================================================================
```

Aktivita 13.4: Smerovacia tabuľka počítača

- **Úloha 1: Zisti akú má smerovaciu tabuľku tvoj PC**
  - postupuj podľa pokynov vyučujúceho
- **Úloha 2: Zisti akú má smerovaciu tabuľku vybraný PC v topológii m13-a04-topologia-PC table.pkt**
  - postupuj podľa pokynov vyučujúceho

- Odpovedaj na otázky:
  - aké príkazy v príkazovom riadku na to potrebuješ?
  - čo vieš vyčítať zo smerovacej tabuľky svojho PC?
  - aká je defaultná brána tvojho PC?

Smerovacia tabuľka smerovača

- Smerovanie je proces **zisťovania a výberu optimálnej cesty** pre paket smerom k cieľu na základe informácií v hlavičke smerovaného paketu a znalosti smerovača.

- Smerovanie je vykonávané:
  - Na základe cieľovej IP adresy v hlavičke IP paketu
  - Na základe obsahu **smerovacej tabuľky**

- Smerovanie vykonáva:
  - **Každý Host/uzol:** počiatočné smerovanie
  - **Smerovače:** smerovanie vo vnútri IP siete

Smerovacia tabuľka smerovača

- Tri základné princípy pre porozumenie používania smerovacej tabuľky:

  •Každý smerovač robí smerovacie rozhodnutie **samostatne za seba**, založené len na základe informácií obsiahnutých v smerovacej tabuľke.

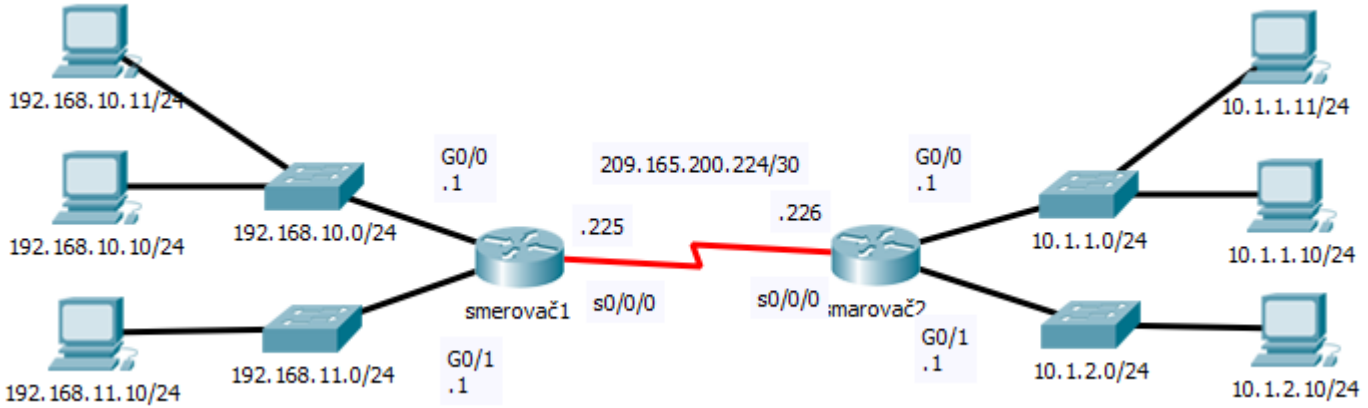
  • Rôzne smerovacie tabuľky môžu obsahovať **odlišné informácie**, čiže čo vie jeden smerovač, to neznamená, že to isté vie aj iný smerovač.

  •Smerovacia tabuľka daného smerovača hovorí ako sa dostať do cieľa, ale nie o tom ako sa **dostať späť**.

Smerovacia tabuľka smerovača

- Obsah smerovacej tabuľky je možné vytvárať dvojako
  - Statické smerovanie
  - Dynamické smerovacie protokoly
- Pri statickom smerovaní sa obsah smerovacej tabuľky konfiguruje ručne – bez akejkoľvek pomocnej automatiky
- Dynamické smerovacie protokoly sú algoritmy, ktorými smerovače automaticky určia existujúce siete a najlepšie cesty k nim
- Smerovacia tabuľka obsahuje informácie o:
  - priamo pripojených sieťach (directly connected routers),
  - vzdialených sieťach (remote routers),
  - defaultnú bránu.

Smerovacia tabuľka smerovača1 (R1)

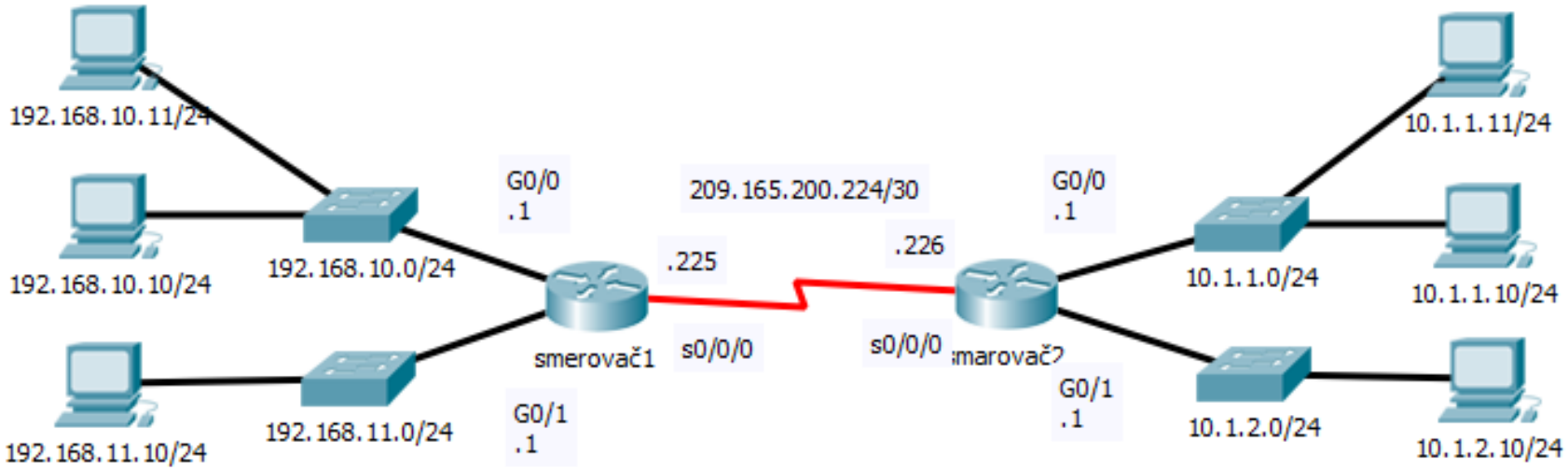



```
R1#sh ip route
Codes: L - local, C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
       i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
       * - candidate default, U - per-user static route, o - ODR
       P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

     10.0.0.0/24 is subnetted, 2 subnets
R       10.1.1.0/24 [120/1] via 209.165.200.226, 00:00:19, Serial0/0/0
R       10.1.2.0/24 [120/1] via 209.165.200.226, 00:00:19, Serial0/0/0
     192.168.10.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C       192.168.10.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/0
L       192.168.10.1/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0
     192.168.11.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C       192.168.11.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/1
L       192.168.11.1/32 is directly connected, GigabitEthernet0/1
     209.165.200.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C       209.165.200.224/30 is directly connected, Serial0/0/0
L       209.165.200.225/32 is directly connected, Serial0/0/0
```

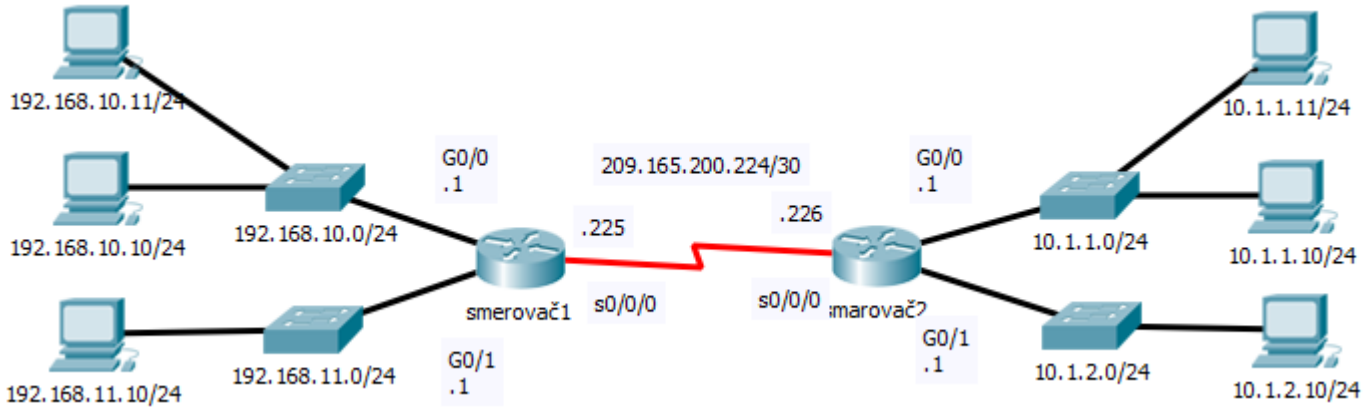
Smerovacia tabuľka smerovača1 (R1)



Smerovač1 má **3 priamo pripojené siete**:
192.168.10.0 /24
192.168.11.0/24
209.165.200.224/30

Smerovač1 má **2 vzdialené siete**:
10.1.1.0/24
10.1.2.0/24

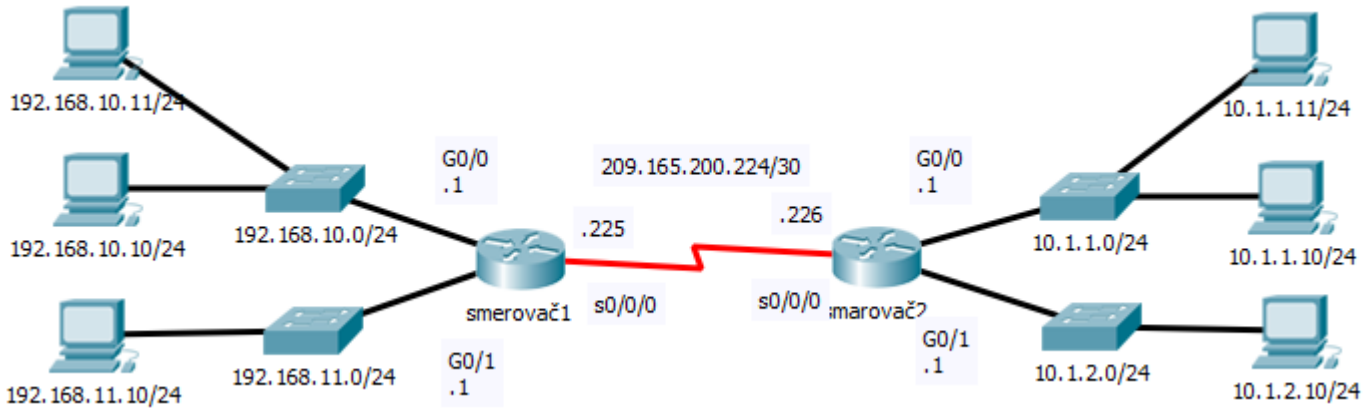
Smerovacia tabuľka smerovača1 – priamo pripojená sieť




```
C        192.168.10.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/0
L        192.168.10.1/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0
```

A	Typ záznamu – aký mechanizmus ho vložil do smerovacej tabuľky
B	Adresa cieľa, o ktorom tento záznam hovorí
C	Rozhranie, cez ktoré sa k cieľu ide

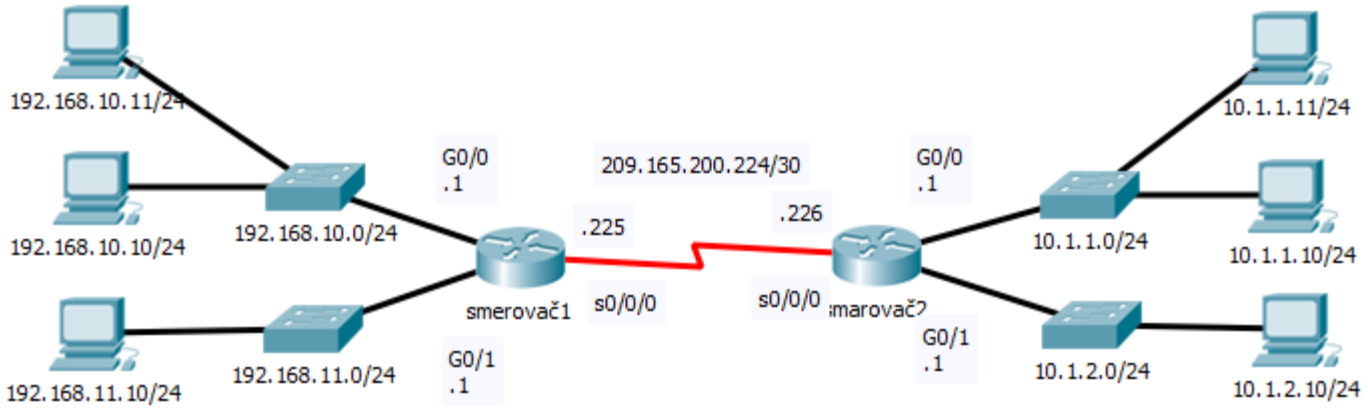
Smerovacia tabuľka smerovača1 – vzdialená sieť




```
R    10.1.1.0/24 [90/2170112] via 209.165.200.226, 00:00:05, Serial0/0/0
```

A	Typ záznamu – aký mechanizmus ho vložil do smerovacej tabuľky (RIP)
B	Adresa cieľa, o ktorom tento záznam hovorí
C	Dôveryhodnosť záznamu (administratívna vzdialenosť)
D	Vzdialenosť od cieľa (metrika)
E	IP adresa ďalšieho smerovača na ceste k cieľu
F	Vek záznamu v smerovacej tabuľke
G	Rozhranie, cez ktoré sa k cieľu ide

Aktivita 13.5: Smerovacia tabuľka smerovača



- **Úloha1: Zisti akú ma smerovaciu tabuľku v topológii smerovač1 a smerovač2 (topológia m13-a05-topologia-routing table.pkt)**
  - postupuj podľa pokynov vyučujúceho
  - použi CLI smerovača a zadaj príkazy
    - enable
    - show ip route
- Odpovedaj na otázky:
  - čo vieš vyčítať zo smerovacej tabuľky smerovača?
  - ktoré siete sú priamo pripojené k smerovaču?
  - ktoré siete sú vzdialene pripojené k smerovaču?

Zhrnutie dnešnej hodiny

- Mali by sme vedieť:
  - Funkciu a úlohy sieťovej vrstvy
  - Funkciu a vlastnosti IP protokolu
  - Formát hlavičky IPv4 a IPv6
  - Rozpoznať zariadenia a komponenty siete
  - Nakonfigurovať defaultnú bránu
  - Koncept smerovania
  - Čítať smerovaciu tabuľku PC
  - Čítať smerovaciu tabuľku smerovača

Tento projekt sa realizuje vďaka podpore z Európskeho sociálneho fondu a Európskeho fondu regionálneho rozvoja v rámci Operačného programu Ľudské zdroje