**Otázka 11 - Směrovače, směrování a směrovací protokoly RIPv1, RIPv2, OSPF, EIGRP**

**Směrovače**

* routery
* propojuje sítě
* směruje a přepíná pakety
* segmentuje domény všesměrového vysílání, jeho různé porty proto nemohou patřit do stejné sítě
* primární úkol je směrovat pakety do lokální či vzdálené sítě pomocí
  + určení nejlepší cesty pomocí směrovací tabulky
  + přepínání paketů směrem k cíli včetně jejich zapouzdření na linkové vrstvě
* směrovací tabulka se vytváří:
  + dynamicky – směrovací protokol vypočítává cestu dynamicky
  + staticky – admin ručně vytváří směrování, v případě změny topologie musí tabulku upravit
* směrovač na vrstvách ISO/OSI:
  + 1. vrstva – zpracování signálů
  + 2. vrstva – rozbalení a zapouzdření paketů z a do rámců, nebo přepíná dle L3
  + 3. vrstva – směrování paketů z jedné sítě do druhé

**Směrování**

* Statické
  + využívá předem vytvořené statické cesty, pakety jdou tudy, kudy řekl admin
  + nerozpoznává jiné cesty
  + nedokáží vyměňovat směrovací informace s jinými routery
* Dynamické
  + routery rozpoznávají cesty pomocí dynamických směrovacích protokolů
  + směrovací protokol tvoří komunikaci mezi routery a umožňuje sdílení informací o stavu sítě
  + všechny procesy probíhají automaticky
  + mezi směrovací protokoly patří např.: RIP, EIGRP, OSPF, …
  + výhody:
    - admin nemusí znát přesnou topologii sítě
    - změny se automaticky šíří
    - složitější konfigurací lze dosáhnout jednodušší správy
* Passive Interface
  + volba vypínající odesílání dat o směrování do dané sítě
  + z bezpečnostních důvodů se nastavuje u sítí, kde jsou pouze klienti
* Autonomní oblast
  + slouží k rozdělení větší sítě na menší, v nichž můžou operovat směrovací protokoly odlišným způsobem
  + každé oblasti je přidělen identifikátor
  + protokoly pracující v oblasti jsou interní (IGP), protokoly pracující mezi oblastmi jsou externí (EGP)
* Směrování skupinového vysílání
  + zajištění toku paketů optimálním způsobem i do vzdálených oblastí sítě
  + hledání minimálního stromu spojů pro pokrytí cesty od zdroje k momentálním zájemcům o příjem
  + velmi dynamický proces
  + zájemci o příjem skup. vysílání mohou vznikat a zanikat trvale, tyto změny musí být vhodně reflektovány
  + směrovací protokoly pro tento typ vysílání jsou předmětem vývoje a výzkumu, v současnosti se nejčastěji užívají protokoly DVMRP a PIM
* Hierarchické směrování
  + cesta se určuje na základě sítě, pak podsítě, a nakonec podle IP adresy
  + při směrování pomocí VLSM se volí cesta nejvíce podobná cílové adrese
  + protokol užitý v síti s VLSM musí propagovat adresu sítě a masku podsítě

**Směrovací tabulka**

* obsahuje seznam připojených sítí
* přímo připojené sítě
  + v tabulce označeny písmenem „C“
  + připojené k rozhraní routeru
* vzdálené sítě
  + připojené alespoň o jeden router dál
  + je u nich zapsáno:
    - kód protokolu
    - cílová síť
    - admin. vzdálenost/metrika
    - next hop
    - doba od poslední aktualizace
    - odchozí port routeru
* v případě dvou cest k stejné síti se upřednostní ta s nižší admin. vzdáleností
* routery se řídí každý svou tabulkou
* informace jednoho routeru se mohou lišit od informací ostatních
* informace o cestě tam nesdělují routeru informace o cestě zpátky

**Metrika**

* hledání nejlepší cesty podle:
  + 1. nejmenší administrativní vzdálenosti
  + 2. číslo za lomítkem (maskovací číslo
  + 3. metriky
* administrativní vzdálenost číselně vyjadřuje kvalitu/důvěryhodnost směrovacího protokolu, který vytvořil danou řádku ve směrovací tabulce (přímo připojená – 0, statická cesta – 1, OSPF – 110, ...)
* metrika je vyjádření kvality linky pro jeden konkrétní protokol
* nejnižší metrika = nejkvalitnější cesta
* k výpočtu může sloužit:
  + **počet skoků** – počet směrovačů, přes které komunikace projde
  + **přenosová rychlost a kapacita a šířka pásma** – preferuje se linka s vyšší přenosovou rychlostí
  + **zatížení** – vytížení linky provozem
  + **zpoždění** – doba cesty paketu po síti
  + **spolehlivost** – vypočítává pravděpodobnost chyby po cestě na základě předchozích incidentů
  + **cena** – určena buď IOS, nebo adminem

**Statické směrování**

* ve směrovací tabulce označeno „S“
* používá se:
  + v menších sítích, kde může být dynamické směrování zbytečně náročné na zdroje
  + síť je připojena k Internetu jediným providerem (ISP), který je jediným výstupním bodem ze sítě
  + velká síť s topologií s jedním centrálním zařízením, z každé větve vede do cíle jen jedna cesta přes toto zařízení
* často se kombinuje statické a dynamické směrování
* lze nastavit pomocí adresy next hop, nebo pomocí odchozího rozhraní
* pro úpravu cesty se musí nejprve smazat stará a pak nastavit nová, bez smazání by totiž existovaly dvě cesty

**Implicitní cesta**

* default route, Gateway of last resort
* speciální případ statické cesty pro cílové sítě mimo naši správu (většinou provider)
* paket se na tuto cestu odešle, pokud router nenalezl cílovou síť v předchozích záznamech směrovací tabulky
* ve směrovací tabulce označena \*

**DVA algoritmus**

* Distance-Vector Algorithm
* cesty jsou inzerovány jako vektory vzdálenosti a směru
* vzdálenost definována metrikou, směr definuje nex-hop
* routery si tato data sdílejí a vytvářejí si směrovací tabulky
* některé DVA protokoly posílají kompletní směrovací tabulky všem připojeným sousedům
* protokoly DVA počítají nejkratší cestu v ohodnoceném grafu z uzlu do uzlu, hodnoty mohou být i záporné (Bellman-Ford algoritmus)
* lze získat mnoho informací o topologii, ale nelze získat znalost přesné topologie
* je celkem pomalý a náchylný ke smyčkám, TTL je proto omezen na 16 skoků
* využívá se v sítích s méně než 50 routery

**RIP**

* Routing Information Protocol
* jeden z nejstarších protokolů, které se dnes užívají   
  (v1 vznikla 1988)
* protokol typu DVA
* v pravidelných intervalech posílá aktualizované zprávy o směrovacích tabulkách
* routery užívající RIP udržují cesty s nejnižší metrikou
* užívá časovače pro zabránění vzniku smyček
* užívá automatické aktualizace (triggered update) při změně v topologii
* Triggered update se aktivuje když:
  + je přidána cesta do směrovací tabulky
  + změní se stav rozhraní či routeru
* RIPv1
  + jedinou metrikou je počet přeskoků, s každým přeskokem se hodnota zvyšuje o hop count value (většinou 1)
  + třídní protokol – směruje celé velikostní třídy
  + nelze vypnout automatickou sumarizaci
  + maximální počet skoků je 15, 16 mají nedosažitelné cesty, cesty s více než 15 skoky jsou inzerovány jako neplatné/nedostupné
  + aktualizace směrovací tabulky vysílány každých 30 s, nesdílí masku podsítě
  + nepodporuje autentizaci
  + standartní administrativní vzdálenost je 120
  + užívá se v malých, plochých sítích, nebo na okrajích větších sítí
* RIPv2
  + 1994
  + podporuje rozdílnou velikost masek subsítí (VLSM), masky jsou zahrnuty ve směrovacích informacích
  + podporuje automatickou sumarizaci, lze ji i vypnout
  + používá multicast v zasílaných informacích
  + umožňuje autentizaci
  + výchozí administrativní vzdálenost je 120
  + v jedné zprávě podporuje až 25 cest
  + užití je stejné jako u RIPv1

**LSA algoritmus**

* link-state algorithm
* router zjišťuje jaké má sousední routery, pomocí HELLO paketu pravidelně kontroluje jejich dostupnost
* sdílí směrovací informace (zejména o svých sousedních routerech)
* router má úplné znalosti o topologii
* pro router je složitější než DVA
* položky směrovací tabulky se počítají z dat od ostatních routerů
* větší sítě se rozdělují na oblasti s hraničními routery, hraniční routery si vyměňují informace o celých oblastech – předchází se zahlcení komunikace velkým množstvím směrovacích informací
* stabilní protokoly aplikovatelné i u větších sítí
* protokoly užívající tento algoritmus se také nazývají Shortest Path Firts Protocols (SPF), jsou založeny na algoritmu SPF Dijsktra
* Dijkstrův algoritmus:
  + každý router se dozví o každé přímo připojené síti
  + každý router pošle sousednímu HELLO paket a vytvoří vztah přilehlosti
  + každý router sestavuje pakety obsahující stav přilehlých linek (LSP pakety)
  + LSP paket obsahuje údaje o lince mezi dvěma routery:
    - ID souseda
    - typ linky
    - adresu sítě
    - masku
    - přenosová kapacita
    - atd.
  + při změně topologie rozesílá každý router LSP pakety všem přímo připojeným sousedům ve směrovací oblasti, přijaté pakety se ukládají do databáze stavu linky (LSDB – Link-state Database)
  + každý router si vytváří úplnou mapu topologie a nezávisle vypočítává nejlepší cestu do každé cílové sítě – vytváří strom neobsahující smyčky
* stavy LSDB:
  + full – plně synchronizovaná
  + 2-way – obousměrná komunikace na obou linkách
  + down, attempt, init, loading, exstart, Exchange – neběží kompletně, stav se sousedy

**OSPF**

* Open Shortest Path First
* nahradil RIP, který byl nepoužitelný pro velké sítě
* beztřídní protokol – podporuje VLSM
* pro rozšiřitelnost používá koncept oblastí
* rychlá konvergence a rozšiřitelnost
* založen na myšlence oblastí (area sítě)
* oblast je složena z logické skupiny segmentů sítě a v nich připojených zařízení
* oblasti slouží jako strategie řízení toku dat a zjednodušení směrovací tabulky
* každá doména (autonomní systém) užívající OSPF musí obsahovat páteřní oblast číslo 0
* typy paketů OSPF:
  + HELLO – kontaktní a udržovací pakety, vytváří a udržují vztah přilehlosti
  + DBD – (The Database Description) zkrácený výpis LSDB, slouží k synchronizaci a ověření LSDB u příjemce
  + LSR – (Link-state Request) žádost o informace
  + LSU – (Link-state Update) odpověď na LSR, může obsahovat až 11 typů oznamovačů LSA (Link-state Advertisements)
* Zjednodušená činnost:
  + router vysílá HELLO pakety, když se dva propojené routery shodnou na parametrech, stanou se sousedy
  + mezi některými sousedy se vytvoří užší vazby – označují se jako přilehlé
  + přilehlé routery si vyměňují aktualizační pakety (obsahující oznamovače LSA) s informacemi o stavu rozhraní routeru nebo seznam routerů připojených routerů
  + všechny routery si ukládají přijaté LSA do LSDB a přeposílají je ostatním přilehlým routerům – výsledkem je shodná topologická databáze na všech routerech
  + po naplnění LSDB provede každý router samostatně výpočet pomocí SPF algoritmu, výsledkem je nalezení nejkratší cesty do každé sítě v podobě stromu, čímž se odstraní možné smyčky
  + na základě výpočtů ve stromu SPF lze naplnit směrovací tabulku nejlepšími cestami
  + při změně topologie, odešle router, na kterém ke změně došlo, informaci všem přilehlým routerům v podobě LSA v LSU paketu, tato data se rozšíří výše popsaným způsobem a dojde k úpravě topologické databáze přepočtu SPF
* Router ID – slouží k jednoznačné identifikaci routeru v doméně, určuje se podle nevyšší IP adresy loopback, případně podle nejvyšší IP aktivního rozhraní
* Link-state ID – udává typ inzerované informace, např. LS = 3 je sumarizace linek
* OSPF Area
  + každá oblast běží s oddělenou kopií základního link-state algoritmu
  + struktura oblasti není viditelná zvenčí
  + oblast označená 0 se užívá jako páteřní oblast, tvořící jádro OSPF sítě
    - páteřní oblast zodpovídá za distribuci směrovacích informací mezi oblastmi
    - každá nepáteřní oblast musí být připojena k páteřní oblasti
  + do oblasti přidáváme buď jednotlivé sítě, nebo skupinu agregujeme se specifickou cenou – to umožňuje snížit množství předávaných informací a snížuje zátěž procesoru
* Role routerů v OSPF
  + Autonomous System Boarder Router (ASBR)
    - spojen s ostatními AS (Autonomous System), používá se pro předávání cest přijatých z jiných AS
  + Area Boarder Router (ABR)
    - router propojující více oblastí, poskytuje vícenásobnou kopii link-state databáze (LSDB) do každé oblasti
  + Internal Router (IR)
    - router propojen jen v jedné oblasti
  + Designated Router (DR)
    - generuje LSA pro síť s více branami, je zálohován pomocí BDR (Backup Designated Router)
    - umožňuje snížit počet vyžadovaných sousedství v síti s více přístupy, snižuje počet aktualizací a velikost topologické databáze
    - redukuje provoz, v NBMA (Non-Broadcast Multiple Access) a broadcast sítích je jediným zdrojem pro update směrovacích informací
    - funkce:
      * sestavuje tabulku topologie a rozesílá změny
      * má nejvyšší prioritu (podle router ID)
      * jako BDR se volí druhy s nejvyšší prioritou
      * router s 0 prioritou nemůže nikdy být DR nebo BDR
    - zodpovědný za aktualizace ostatních routerů OSPF (DROther), když nastane změna v topologii s více přístupy
    - BDR monitoruje DR a nahradí ho, když DR selže
    - Volba DR a BDR:
      * DR – router s nejvyšší prioritou OSPF
      * BRD – router s 2. nejvyšší prioritou
      * když jsou priority shodné, rozhodne nejvyšší router ID
    - DROther formují full sousedství jen s DR a BDR
    - DROther formují přilehlé sousedství se všemi routery v síti, přijímají z nich kontaktní pakety s ví o všech routerech v síti
    - DROther mezi sebou navazují 2-way sousedství
* Metrika OSPF
  + Obsah obrázku text, číslo, snímek obrazovky, Písmo

    Popis byl vytvořen automatickyurčena součtem cen podle rychlostí dělících linek

Ceny rozhraní podle rychlosti

* + rychlost linky lze ovlivnit nastavením rychlosti rozhraní
  + parametry při stanovení externí metriky:
    - default route se nepovažuje za statické směrování
    - if-installed – zasílá default route jen pokud byla nastavena
    - always – vždy zasílá default route
    - as-type1 – směrovací rozhodnutí založena na součtu externí a interní metriky
    - as-type2 – směrovací rozhodnutí založena jen na externí metrice (vnitřní určena jen prvním spojem)

**EIGRP**

* Enhaced Interior Gateway Routing Protocol
* IGRP vylepšený o VLSM
* používá bounded aktualizace jen při změně topologie
* specifické funkce:
  + spolehlivý transportní protokol RTP (Reliable Transport Protocol)
  + omezené aktualizace – při změně odešle aktualizaci s daty jen o určité síti, místo celé tabulky, informace zasílány jen routerům, které je potřebují
  + konvergentní algoritmus DUAL (Diffusing Update Algorith) – nazýván hybridní algoritmus
  + vytvážení vztahů sousedství
  + používá informace o stavu linek – protokols DVA
  + vyvažuje zátěž i na linkách s různou metrikou
  + metrika je založena na:
    - počtu přeskoků
    - šířce pásma
    - zpoždění
    - spolehlivost
    - zatížení
  + rychlejší konvergence – nepoužívá zadržovací časovače, smyčkám předchází pomocí systému výpočtu trasy (rozptylové výpočty)
  + používá číslo autonomního systému AS, jeden router může používat více instancí
  + administrativní vzdálenost interního směrování = 90
* pro činnost používá 3 tabulky:
  + Směrovací – obsahuje nejlepší cesty s nejlepší metrikou
  + Topologie – obsahuje zjištěné směry – nejlepší, záložní i ostatní do všech cílových sítí ve stejné doméně
  + Sousedů – obsahuje informace o sousedních routerech, se kterými si vyměňuje aktualizace ve stejném AS
* Typy paketů:
  + Aktualizace – jen pro změny, nejsou periodické, unicast/multicast cílová adresa (podle počtu adresátů, potvrzované
    - bounded (vázané) – jen na routery na které má změna vliv
    - partial (částečné) – jen změny topologie a metriky
  + Dotaz – hledání sítí, multicast/unicast, potvrzované
  + Odpověď na dotaz – unicast, potvrzované
  + Kontaktní paket (Hello) – hledání identifikace a verifikace sousedních routerů ve stejném AS, multicast, periodické, udržování vztahu sousedství
* Vzorec pro výpočet metriky:
* Procesy:
  + Vytvoření sousedství pomocí Hello paketů:
    - Hello zprávy používají multicast adresu 224.0.0.10
    - každých 5 s na vysokorychlostních rozhraních
    - každých 60 s na pomalejších multipoint rozhraních
    - obsahují hold-time časovač, pokud chybí 3x Hello, soused je považovaný za nedostupný, všechny cesty přes souseda jsou smazány z tabulek a je inciovaný DUAL
  + Dva směrovače se stanou sousedy:
    - jsou ve stejném AS
    - IP rozhraní ze stejné sítě
    - stejné K-hodnoty
    - routery nemusí mít stejné Hello a Hold-down časovače
  + Pojmy:
    - Successor – next-hop
      * cesta k cíli přes Successor je nejkratší a bez smyček
    - Feasible Successor – záložní next-hop
      * cesta k cíli není nekratší, ale je pořád bez smyček
    - Feasible Distance (FD)
      * doposud nejkratší známá vzdálenost do cíle
    - Reported Distance (RD, advertised distance)
      * sousedova současná vzdálenost od cíle, kterou oznamuje
    - Feasibility connection (FC)
      * podmínka kontrolující, jestli cesta přes souseda neobsahuje smyčku
  + Tabulky:
    - Neigbour table
      * uchovává info o sousedech
    - Topology table
      * pro každou cílovou síť eviduje vzdálenost, kterou ohlásili sousedi routeru
      * uchovává info o cílových sítích a jejich stavu, FD a RD
      * neobsahuje topoligický popis sítě, ale seznam cílových sítí a vzdáleností
  + Stav procesu:
    - Passive state
      * stav cílové sítě, když je znám, successor a použitelný směr
    - Active state
      * stav cílové sítě, když není successor ani feasible successor a router ho hledá
    - Diffusing computations (Difůzní výpočet)
      * způsob řízení distribuovaného výpočtu v síti
      * cílem je spustit výpočet, mít info o jeho průběhu, získávat výsledky a správě ohlásit jeho konec
      * spustí se tím, že směrovač pošle sousedům žádost (query)
      * soused odpoví, nebo (když nezná odpověď) odešle svou žádost do svého okolí
      * router musí odpovídat tak, aby poslední odpověď přišla, až když on sám na žádné odpovědi nečeká, a aby ji odeslal tomu, kdo se ptal první