

A2B32DAT

Datové sítě

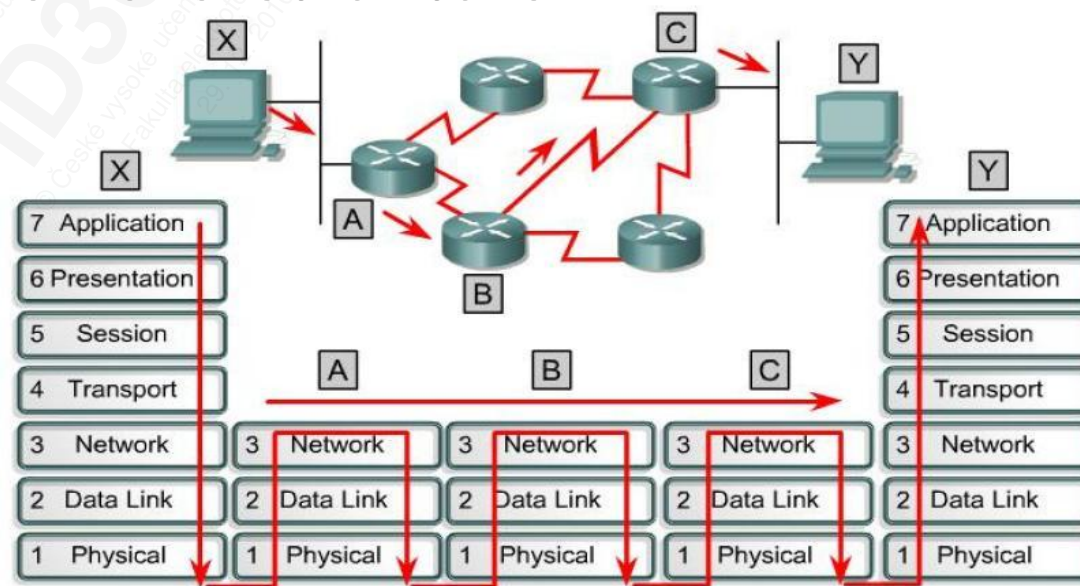
Ing. Pavel Bezpalec, Ph.D.

Katedra telekomunikační techniky
FEL ČVUT v Praze

Pavel.Bezpalec@fel.cvut.cz

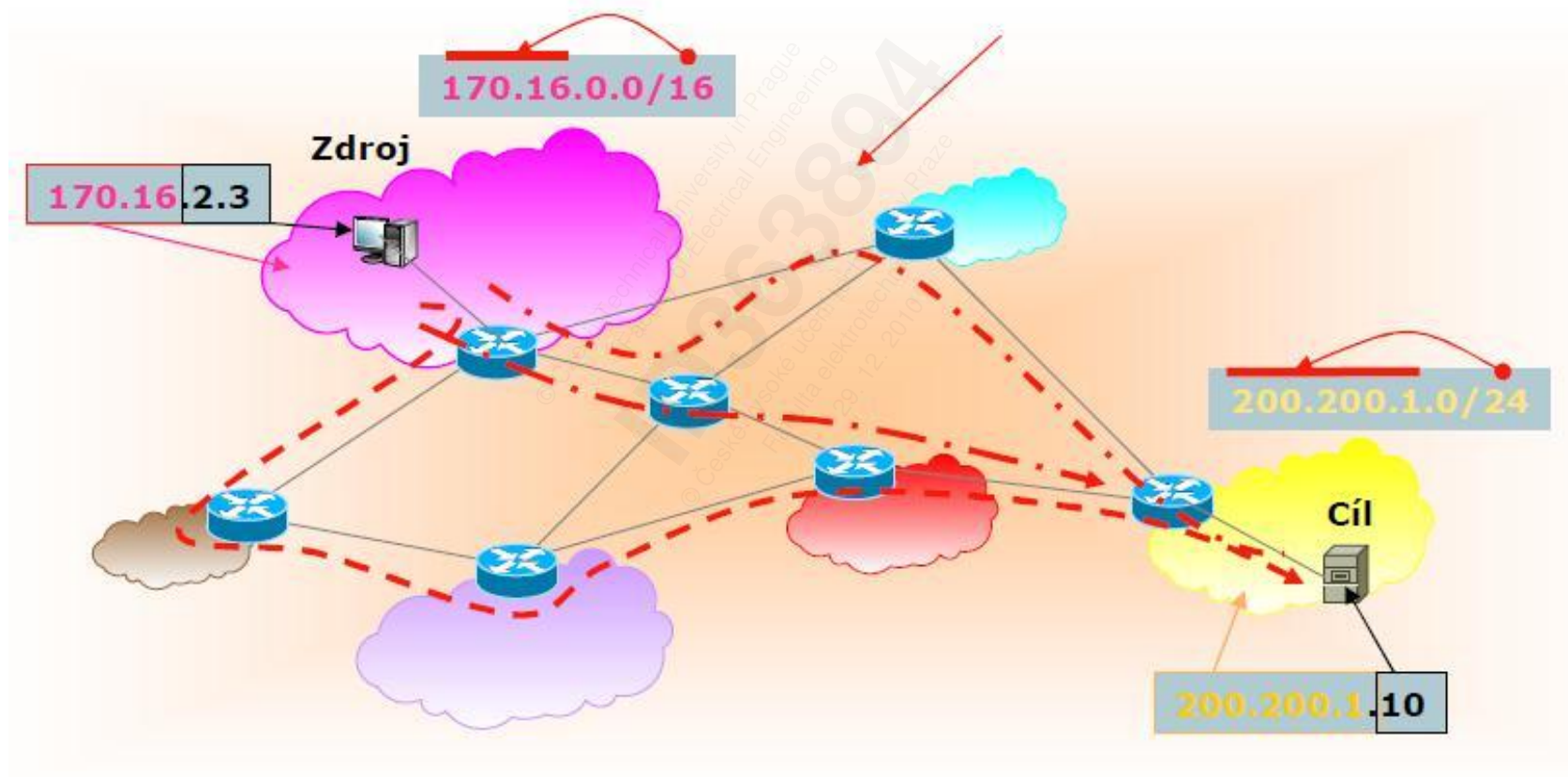
Směrování

- Proces nalezení optimální cesty v síti
- Informace obsažené v poli *adresa cíle* v záhlaví IP paketu
- Síťové adresy – hierarchická struktura
- Třetí vrstva RM OSI
- Směrovač (router)



Směrování – obecně

Jakou použít cestu, aby pakety dorazily od zdroje k cíli ?



Směrování – obecně

- ü IP – nespojově orientovaný protokol
- ü Každý IP paket obsahuje cílovou IP adresu
- ü Směrovače tuto adresu používají k určení dalšího kroku
 - přes jaké rozhraní paket odeslat
 - jakému směrovači ho předat
- ü Síťová část adresy jednoznačně identifikuje IP síť, do které má být daný paket patř
- ü Všechny stanice, které mají shodnou síťovou část IP adresy, jsou ve stejné síti a mohou si spolu přímo vyměňovat IP pakety
 - za pomoci protokolu ARP
- ü Směrovače propojují IP sítě a nepřímo i stanice v nich obsažené
- ü Každý směrovač se rozhoduje nezávisle
- ü To, že jeden směrovač zná cestu do jiné sítě neznamena, že ji znají i ostatní
- ü Pokud směrovač zná cestu do cílové sítě, neříká to nic o tom, jaká cesta se použije pro komunikaci v opačném směru

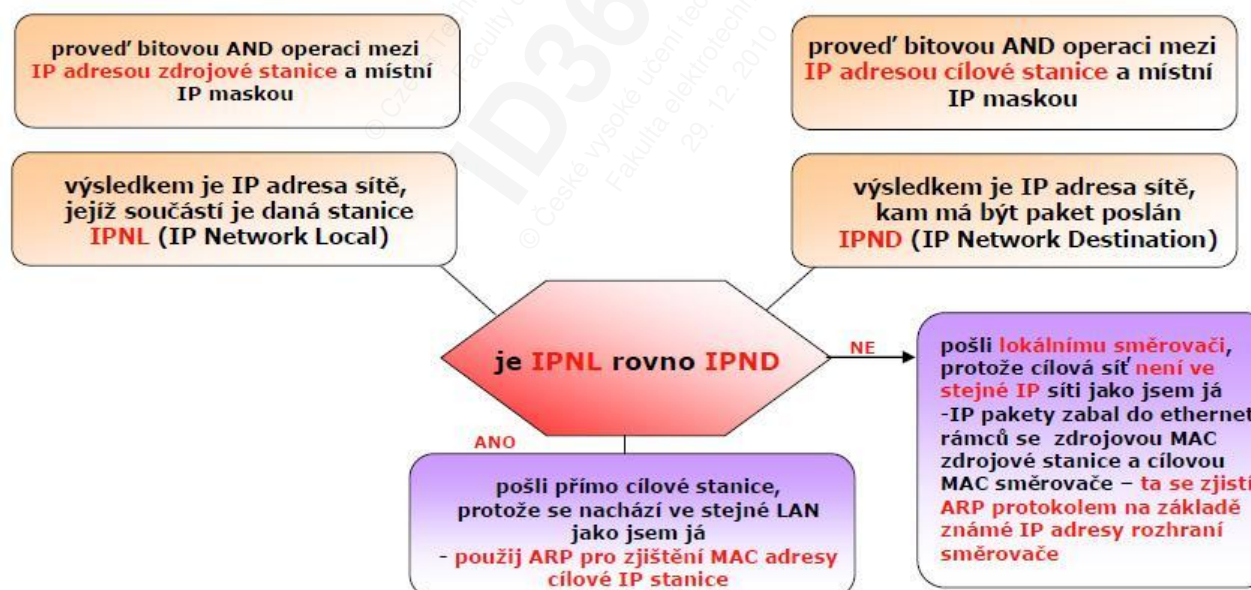
Směrování – obecně

ü Kdy stanice využije služeb směrovače ?

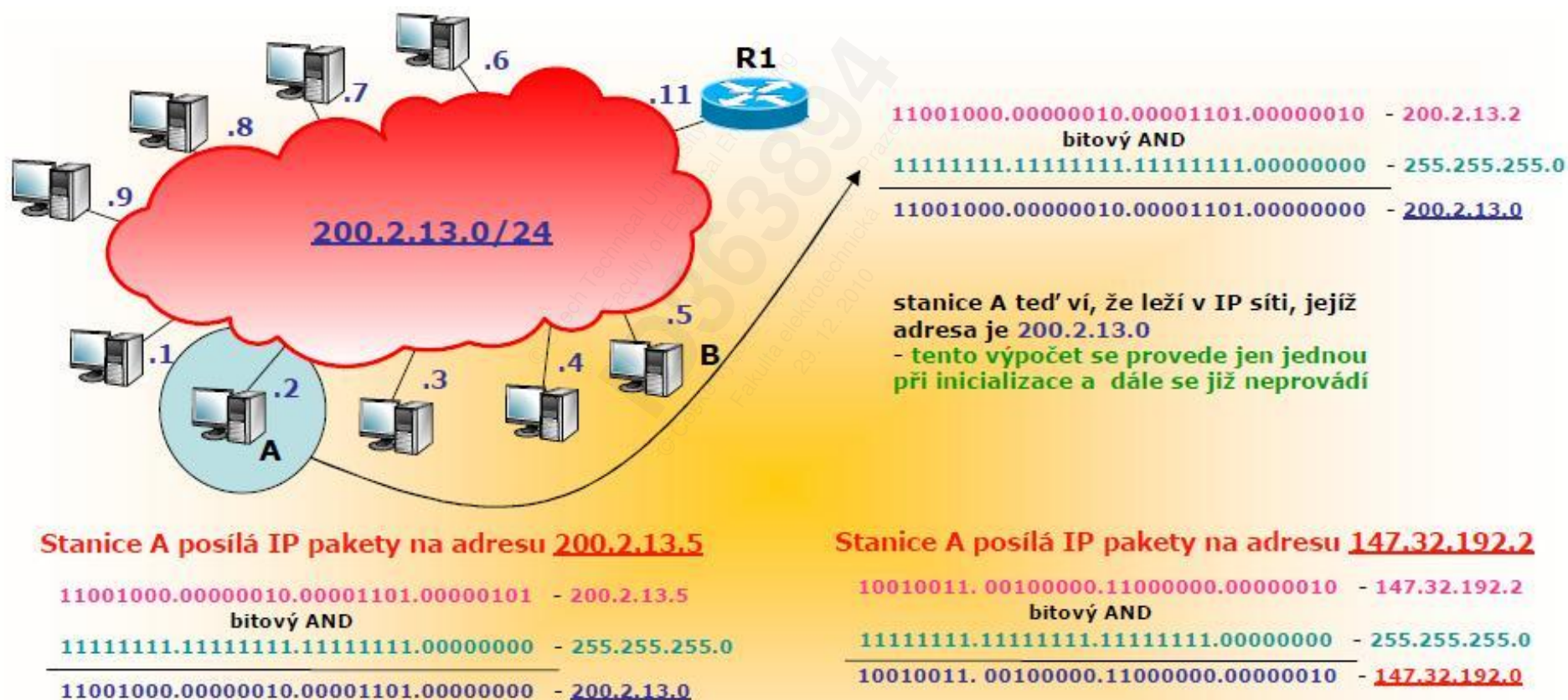
- pokud cílová stanice patří do jiné sítě

ü Jak stanice pozná, že má oslovit směrovač ?

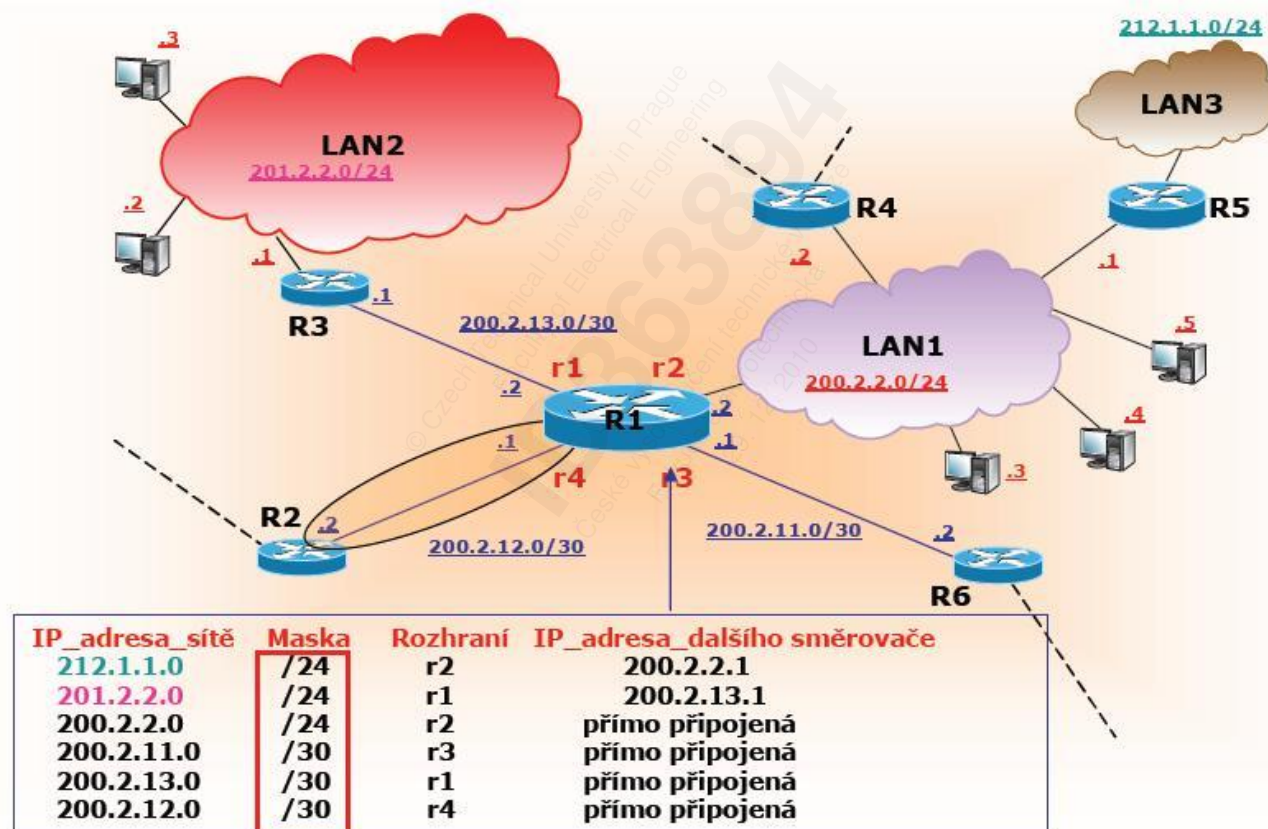
- podle IP adresy stanice, masky a cílové IP adresy



Příklad – lokální × mezisít'ová komunikace



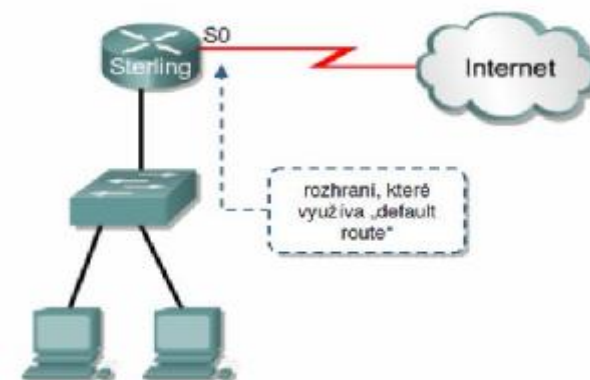
Směrovací tabulka



u směrovačů se udává IP maska většinou v rozvinuté formě jako např. 255.255.255.0 = /24

Výchozí brána – default route

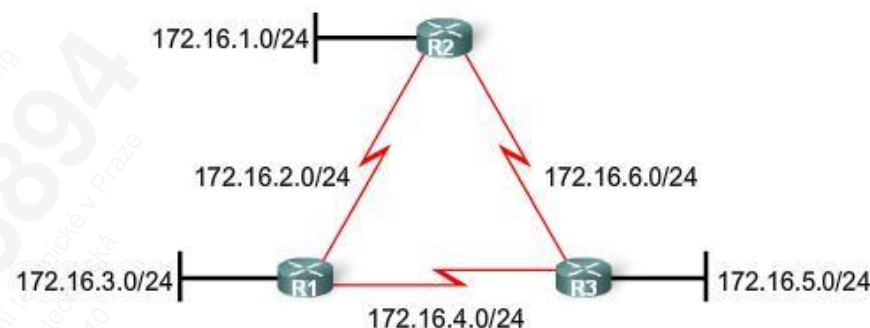
- ü Směrovač nemusí (a obvykle nemá) mít ve směrovací tabulce záznamy o všech existujících sítích v Internetu
- ü Zná jen určitou podmnožinu sítí
- ü Paket, pro který neexistuje odpovídající záznam ve směrovací tabulce
 - je odeslán směrovači označeném jako výchozí brána (*default route*)
 - je zahozen
 - pokud ani výchozí brána není nastavena
- ü Existuje-li výchozí brána, nezahodí nikdy směrovač žádný paket z důvodu neexistence záznamu ve směrovací tabulce



Classfull × Classless Routing

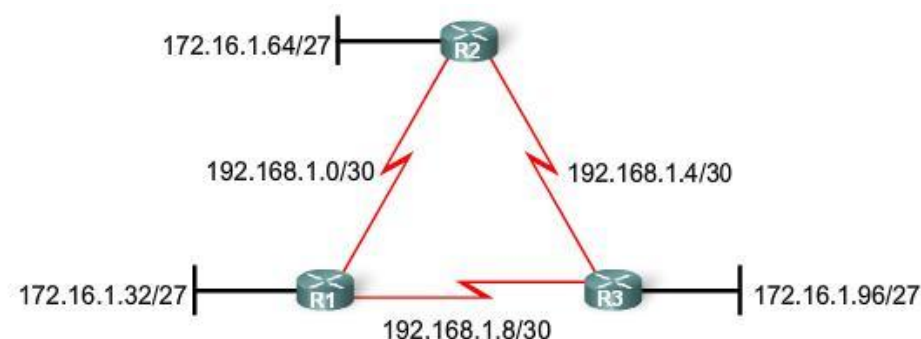
ü Třídní (*Classfull*) směrování

- v celé síti je použita maska daná třídou IP adresy
- dnes se nepoužívá



ü Beztrídní (*Classless*) směrování

- v síti se používají různé masky
- dnes se používá



Routing × Routed protokoly

ü Routing protocol (směrovací protokol)

- zajišťuje výměnu směrovacích informací nutných pro přeposílání směrovatelných (routed) protokolů
- RIP, OSPF, EIGRP, ...

ü Routed protokoly (směrovatelný protokol)

- přenos uživatelských dat
- IP, IPX, Appletalk ...
- jejich pakety jsou směrovány s využitím informací získaných od směrovacích (routing) protokolů
- ne každý síťový protokol je automaticky i směrovatelný !

Statické směrování

ü Záznamy do směrovací tabulky se ukládají ručně

- ip route 192.168.1.0 255.255.255.0 172.16.3.1
- route ADD 147.32.128.0 MASK 255.255.240.0 157.1.10.2
- ip route add dst-address=0.0.0.0/0 gateway=192.168.1.42

ü

Výhody:

- směrovač se chová přesně tak, jak chceme.
- nízká režie ve srovnání s dynamickými směrovacími protokoly
- není potřeba směrovacích protokolů

ü Nevýhody:

- nedokáže reagovat na změnu topologie
- nevhodné pro větší sítě (složitá administrace)

Dynamické směrování

- ü záznamy jsou do směrovací tabulky přidávány/ubírány automaticky na základě informací od směrovacích protokolů
- ü směrovač sám určí optimální trasu
- ü směrovače spolu komunikují a vyměňují si informace o dostupných sítích
- ü Výhody:
 - schopnost dynamicky reagovat na změny v síti
 - vhodné pro větší sítě
 - loadbalancing
- ü Nevýhody:
 - zvýšené nároky na CPU, RAM, šířku použitého pásma

Autonomní systém – AS

ü Definice

- AS je množina směrovačů (a sítí) pod jednotnou správou, s jednotnou směrovací politikou

ü Proč?

- omezení velikosti směrovacích tabulek

ü AS

- je identifikován číslem AS (IANA)
- 16bitové číslo / 32bitové číslo
- globálně jedinečný identifikátor
- od 01/2009 se přidělují defaultně 32bitová čísla
 - AS 0, AS 65535, AS 23456 rezervovány
 - AS 64512 – AS 65534 privátní rozsah
 - AS 23456 – AS_TRAN kompatibilitu 16bitových a 32bitových AS

Autonomní systém

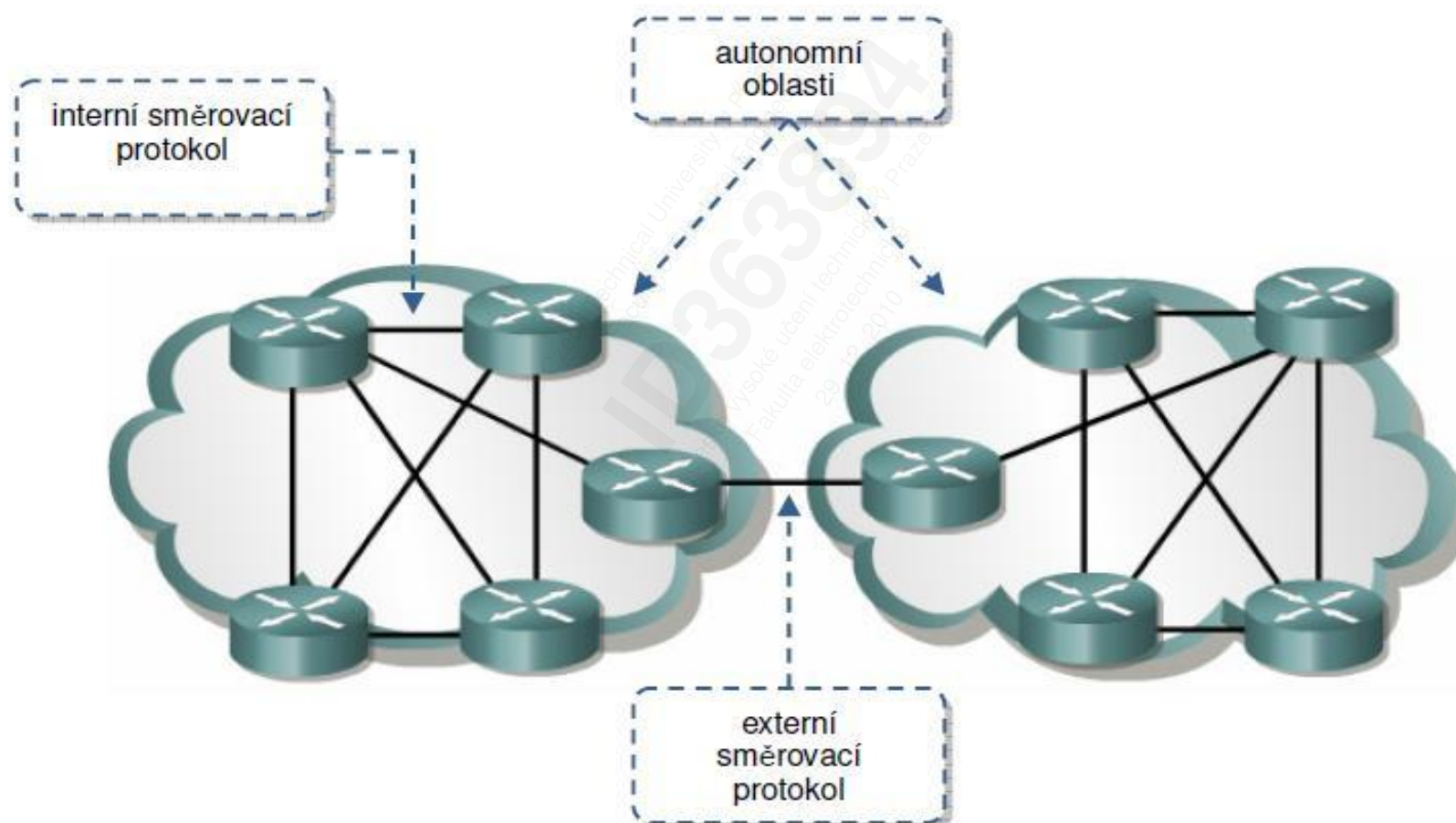
ü V rámci AS se pro směrování mezi sítěmi používají „Interior Gateway“ protokoly – IGP

- RIPv1, RIPv2, RIPv3
- OSPFv2, OSPFv3
- IGRP, EIGRP
- IS-IS

ü Směrování mezi jednotlivými AS zajišťují „Exterior Gateway“ protokoly – EGP

- BGPv4

Interní × externí směrovací protokoly



Typy AS

ü Multihomed AS

- AS má spojení na více jiných AS
 - zajištění připojení i v případě výpadku jednoho ze spojení
- neumožňuje tranzitní provoz
 - síťový provoz jednoho AS do jiného AS

ü Stub AS (koncový)

- AS je připojen k právě jednomu dalšímu AS

ü Transit AS (tranzitní)

- AS poskytuje spojení skrz sebe do jiných sítí.
- ISP je vždy tranzitní AS
 - zajišťují spojení z jedné sítě do jiné

Administrativní vzdálenost

ü Administrative Distance – AD

- proprietární veličina Cisco
- „důvěryhodnost“ zdroje, který záznam do směrovací tabulky umísťuje

IF <do cílové sítě vede více cest>

THEN použij záznam s nejnižší AD

IF <cílové sítě vede více cest se stejnou AD>

THEN použij záznam s nejnižší metrikou

Administrativní vzdálenost – tabulka

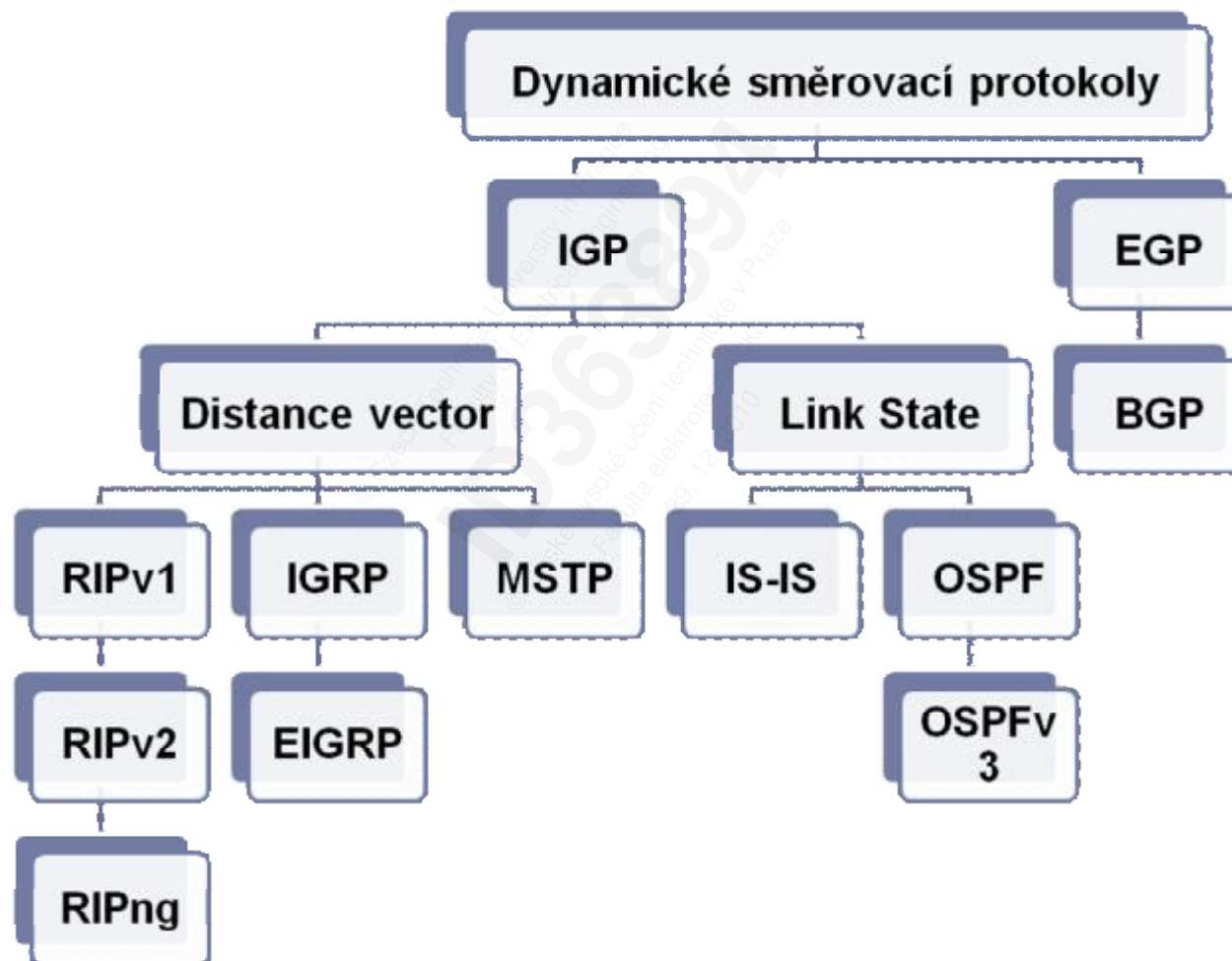
Protokol	Administrativní vzdálenost
přímo připojené rozhraní	0
statický záznam	1
souhrnná cesta EIGRP	5
EBGP	20
EIGRP (interní)	90
IGRP	100
OSPF	110
IS-IS	115
RIP	120
EIGRP (externí)	170
iBGP	200
Nedosažitelná síť	255

Metrika

- ü Parametr pro porovnání „kvality“ jednotlivých záznamů (cest)
- ü Převod různých kvalitativních parametrů na jedno číslo
- ü Každý záznam ve směrovací tabulce má metriku
- ü Použije se cesta s nejnižší metrikou (= nejkratší cesta)
- ü Kritéria pro výpočet metriky:
 - počet směrovačů na cestě
 - přenosová rychlost
 - zpoždění paketu
 - zatížení linky
 - spolehlivost
- ü Jednoduchá × kompozitní metrika
- ü Vyvažování zátěže
 - Load Balancing
 - rovnoměrný (*Equal-Cost LB*)
 - RIP, OSPF, IS-IS
 - nerovnoměrný (*Unequal-Cost LB*)
 - pouze EIGRP
 - ostatní protokoly nedokáží poznat jestli alternativní trasa neobsahuje smyčky
 - RFC 5286
 - zatím? nikde neimplementováno

$$\left(K1 \cdot bandwidth + \frac{K2 + bandwidth}{256 - load} + K3 \cdot delay \right) \cdot \left(\frac{K5}{reliability + K4} \right)$$

Dělení dynamických směrovacích protokolů



Rozdělení IGP z hlediska třídní adresace

ü Třídní (*Classfull*)

- neposílají informace o masce sítě ve směrovacích aktualizacích
- nepodporují tedy VLSM (proměnnou masku sítí) a nesouvislé sítě
 - Např.: RIPv1 a IGRP

ü Beztřídní (*Classless*)

- ve směrovacích aktualizacích je informace o masce sítě
 - Např.: RIPv2, EIGRP, OSPF či IS-IS

Rozdělení IGP z hlediska principu činnosti

ü Distance Vector Routing Protocol

- typicky Bellman-Fordův algoritmus pro výpočet optimální cesty
- směrovač nemá představu o celé topologii sítě (vazba se sousedem)
- plochý design
- vhodné pro menší sítě

ü Link-state Routing Protocol

- využívají informace o stavu linky k vytvoření kompletní mapy sítě
- typicky Dijkstrův algoritmus pro výpočet optimální cesty
- směrovač ví, jak vypadá topologie sítě (vazba „každý s každým“)
- design sítě je hierarchický

ü Path vector (BGP)

- více v dalších předmětech A0M32ZST, A0M32PST

Konvergence

ü Konvergence

- síť je zkonvergovaná právě tehdy, když mají všechny směrovače správné a kompletní informace o celé síti
- stav, kterého chceme dosáhnout

ü Doba konvergence

- doba, kterou směrovače potřebují k výměně všech směrovacích informací, výpočtu nejlepších cest a aktualizaci směrovacích tabulek

ü Až po zkonvergování je síť kompletně funkční

ü Čím kratší je doba konvergence, tím lepší je protokol

- RIP a IGRP jsou „pomalé“
- EIGRP, OSPF a IS-IS jsou „rychlé“

DVRP – *Distance Vector Routing Protocol*

- ü V pravidelných intervalech přeposílají kompletní obsah své směrovací tabulky všem sousedům
- ü Na základě obsahu těchto aktualizací si směrovač aktualizuje svou směrovací tabulku
- ü Zná kompletní topologii sítě pouze na základě informací od svých přímých sousedů
- ü Cesty jsou ohlašovány jako vektory vzdálenosti a směru
 - metrika odpovídá vzdálenosti
 - rozhraní odpovídá směru (rozhraní)

Vlastnosti protokolů typu DV

ü Výhody

- relativně jednoduchá implementace a správa
- relativně nízké nároky na zdroje (CPU, RAM apod.)

ü Nevýhody

- pomalá konvergence
 - způsobená periodickými aktualizacemi
- omezená rozšiřitelnost
 - rozlehlejší síť ⇒ více info pro update
- směrovací smyčky
 - mohou vzniknout z neaktualizovaných nekonzistentních směrovacích tabulek vlivem pomalé konvergence

ü Příklady

- RIPv1, RIPv2, IGRP (EIGRP ne, není „čistý“ Distance Vector)

LSRP – *Link-State Routing Protocol*

Ü Každý směrovač

- vytváří vazbu ("adjacency") se svými sousedy
- generuje zprávy LSA
 - Rozesílá je všem směrovačům v síti
 - LSA (*Link State Advertisement*)
 - id spoje, stav spoje, cena, sousedé na daném spoji
- udržuje databázi všech přijatých zpráv LSA
 - topologická databáze
 - databáze stavu spojů
 - popis sítě jako graf s ohodnocenými hranami
- používá svojí vlastní databázi a algoritmus pro hledání nejkratší cesty k určení nejkratší cesty do jednotlivých cílových sítí
 - SPA (*Shortest Path Algorithm*) – modifikovaný Dijkstrův algoritmus

LSRP – předpoklady

• Aby bylo možné garantovat, že dojde ke konvergenci je nutné, aby

- každý uzel v síti měl kompletní informace o topologii sítě
- informace o stavu spojení mezi směrovači (link state) byly rozesílány všem uzlům

LSRP

ü Vytvoření topologické mapy

- Mapa topologie = SPF strom
- Rozdíl oproti Distance-vector protokolům

ü Rychlá konvergence

- Po obdržení LSP, okamžité odeslání LSP na všechna rozhraní (mimo zdrojové) => rychlá konvergence
- I v případě Triggered Updates je třeba před odesláním aktualizace spustit aktualizaci směrovacích informací a aktualizovat směrovací tabulku

ü Event-driven aktualizace

- LSP obsahuje informaci pouze o sítích, u nichž došlo ke změně

ü Hierarchický design

- OSPF i IS-IS používají koncept oblastí (areas) umožňující lepší sumarizaci cest (agregaci)

ü Požadavky na paměťové prostředky

- Link-State protokoly vyžadují více paměti než Distance-vector, protože
 - používají link-state databáze a vytvářejí SPF strom

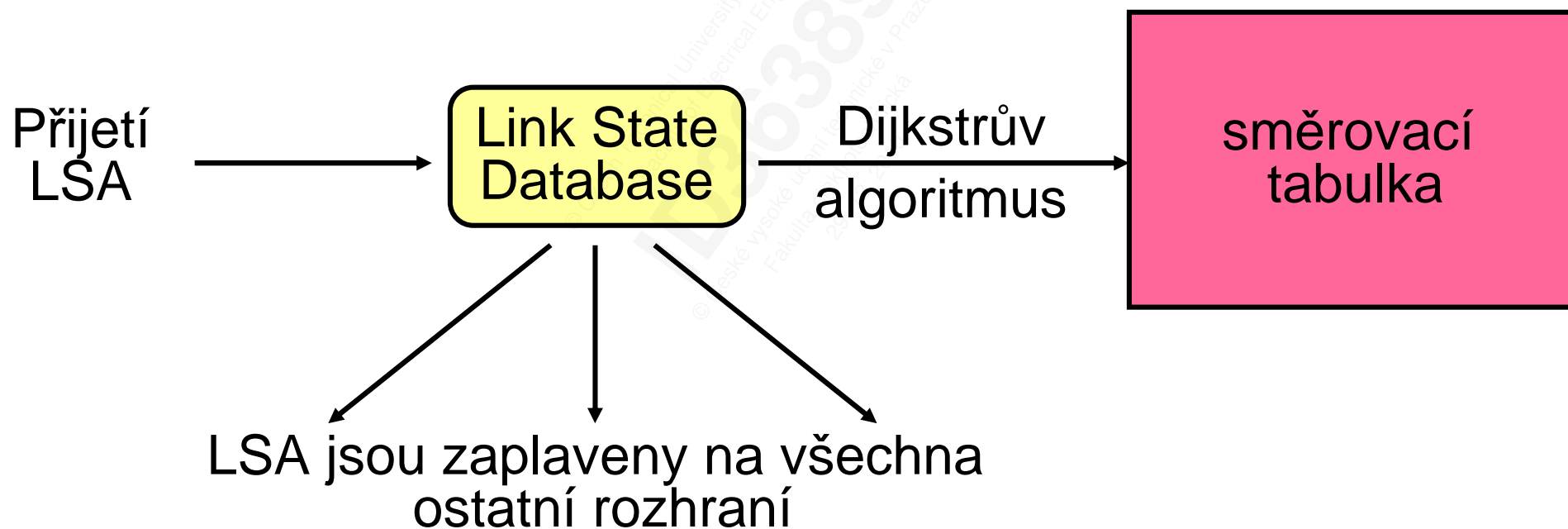
ü Požadavky na zpracování

- Link-State protokoly zatěžují CPU více než Distance-vector, protože SPF algoritmus vyžaduje více CPU pro vytvoření celé mapy topologie

ü Požadavky na šířku pásma

- Link-State protokoly potřebují menší šířku pásma než Distance-vector, ale záplava LSP více zatěžuje dostupnou šířku pásma při inicializaci (nebo nestabilitě sítě)
 - po prvotní konvergenci jsou posílány pouze při změnách

Běh LSRP

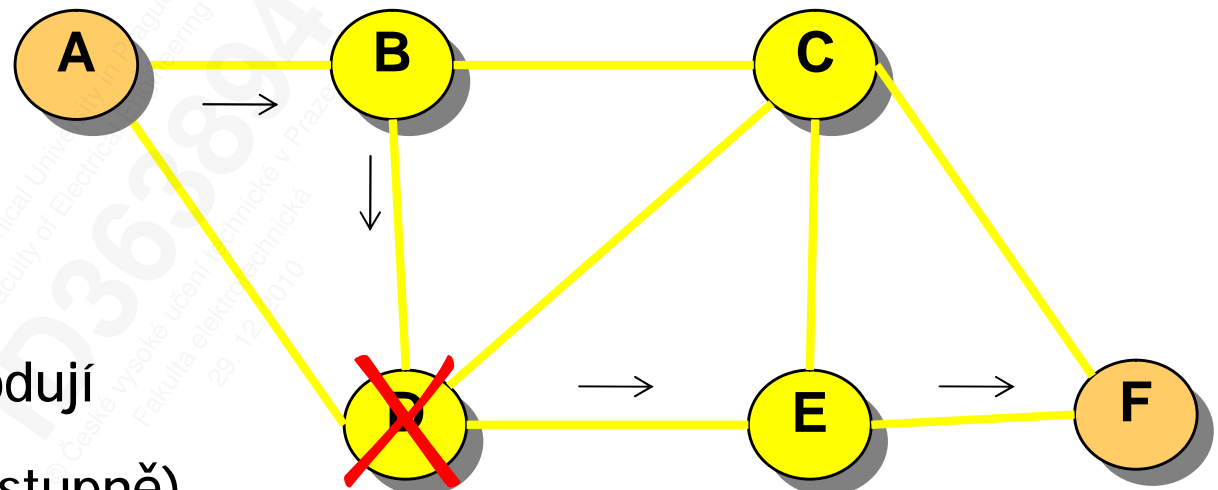


DV × LS směrovací protokoly

ü U DV směrovacích protokolů má každý uzel informace pouze o následujícím uzlu:

- Uzel A: k uzlu F jde přes B
- Uzel B: k uzlu F jde přes D
- Uzel D: k uzlu F jde přes E
- Uzel E: F je přímo připojená

ü DV protokoly se v případě nekorektních informací rozhodují špatně (např. informace o přerušení spojení se šíří postupně)



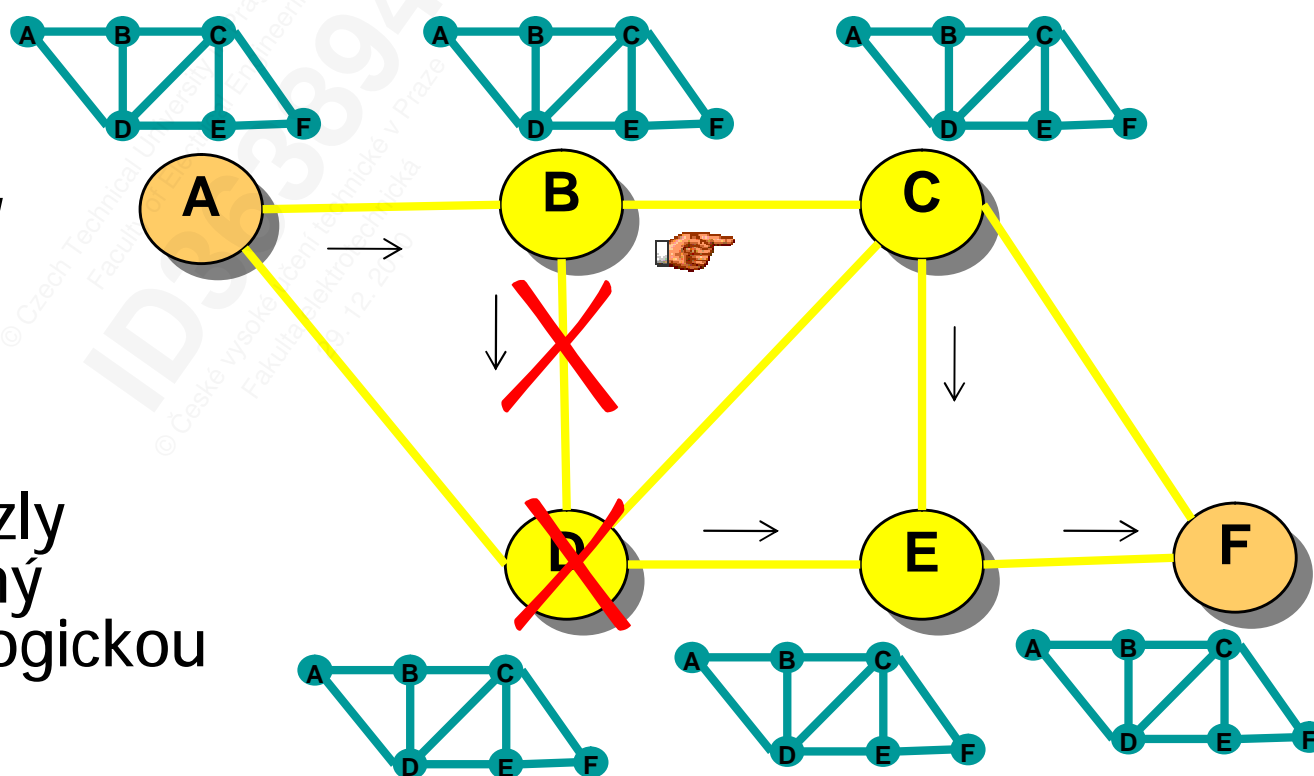
ü Neaktuální tabulka → špatné směrování dokud směrovací algoritmus znovu nekonverguje

DV × LS směrovací protokoly

ü U Link State směrovacích protokolů zná každý uzel kompletní topologii sítě

ü Pokud uzel vypadne, každý uzel v síti dokáže spočítat novou cestu

ü Problém: Všechny uzly v síti musí mít shodný pohled na síť (topologickou databázi)



Dotazy



Právní doložka (licence) k tomuto Dílu (elektronický materiál)

České vysoké učení technické v Praze (dále jen ČVUT) je ve smyslu autorského zákona vykonavatelem majetkových práv k Dílu či držitelem licence k užití Díla. Užívat Dílo smí pouze student nebo zaměstnanec ČVUT (dále jen Uživatel), a to za podmínek dále uvedených.

ČVUT poskytuje podle autorského zákona, v platném znění, oprávnění k užití tohoto Díla pouze Uživateli a pouze ke studijním nebo pedagogickým účelům na ČVUT. Toto Dílo ani jeho část nesmí být dále šířena (elektronicky, tiskově, vizuálně, audiem a jiným způsobem), rozmnožována (elektronicky, tiskově, vizuálně, audiem a jiným způsobem), využívána na školení, a to ani jako doplňkový materiál. Dílo nebo jeho část nesmí být bez souhlasu ČVUT využívána ke komerčním účelům. Uživateli je povoleno ponechat si Dílo i po skončení studia či pedagogické činnosti na ČVUT, výhradně pro vlastní osobní potřebu. Tím není dotčeno právo zákazu výše zmíněného užití Díla bez souhlasu ČVUT. Současně není dovoleno jakýmkoliv způsobem manipulovat s obsahem materiálu, zejména měnit jeho obsah včetně elektronických popisných dat, odstraňovat nebo měnit zabezpečení včetně vodoznaku a odstraňovat nebo měnit tyto licenční podmínky.

V případě, že Uživatel nebo jiná osoba, která drží toto Dílo (Držitel díla), nesouhlasí s touto licencí, nebo je touto licencí vyloučena z užití Díla, je jeho povinností zdržet se užívání Díla a je povinen toto Dílo trvale odstranit včetně veškerých kopií (elektronické, tiskové, vizuální, audio a zhotovených jiným způsobem) z elektronického zařízení a všech záznamových zařízení, na které jej Držitel díla umístil.