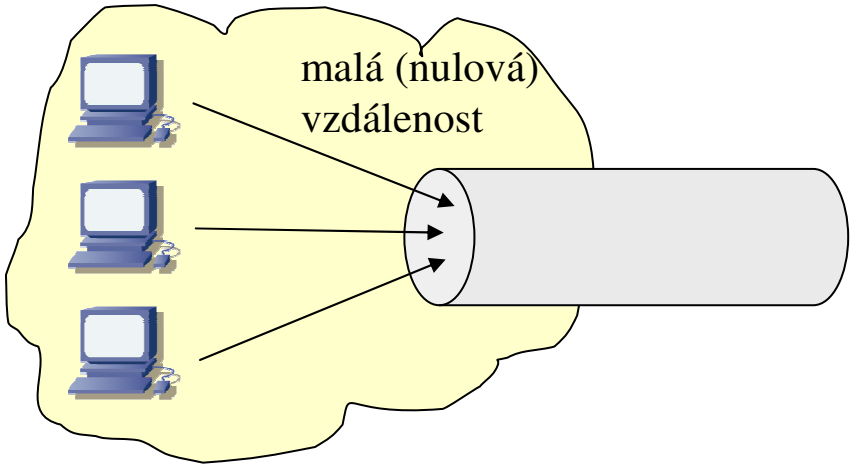
Počítačové sítě, v. 3.0

Katedra softwarového inženýrství,
Matematicko-fyzikální fakulta,
Univerzita Karlova, Praha

Lekce 8: Přístupové metody

Jiří Peterka, 2004

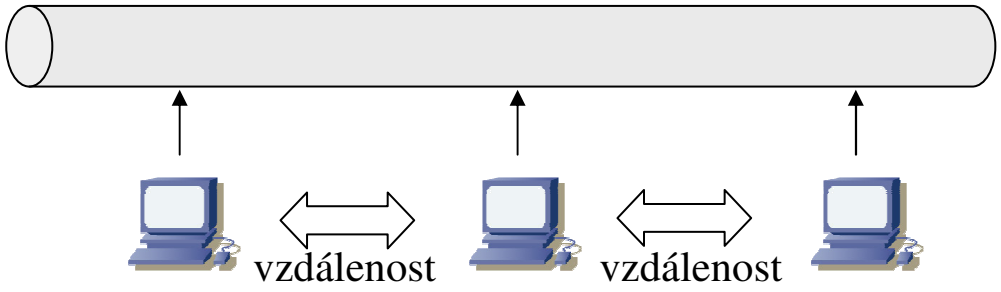
Multiplexování vs. řízení přístupu

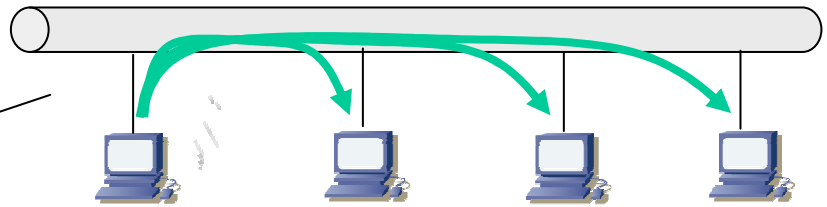


- multiplex(ování):
  - je **n** zájemců o využití **1** přenosového kanálu
  - všichni se "vyskytují" v jednom místě
    - díky tomu lze snadno řešit jejich koordinaci
    - existuje více druhů multiplexů

problémem není současný příjem
(1* vysílání, n* příjem)

- řízení přístupu:
  - je **n** zájemců o využití **1** přenosového kanálu
    - pro vysílání !!!
  - nevyskytují se na stejném místě
    - a kromě společného přenosového kanálu nemají jinou možnost vzájemné komunikace



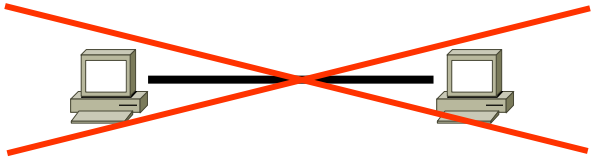


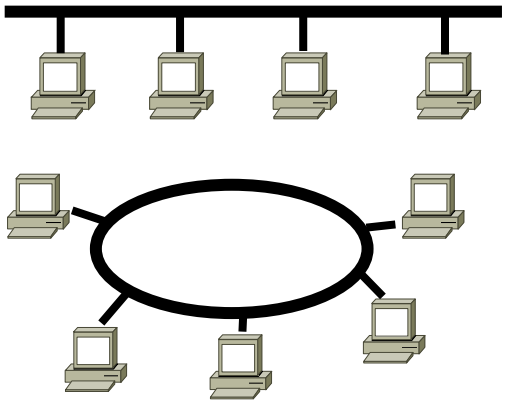
upřesnění problému (přístupu)

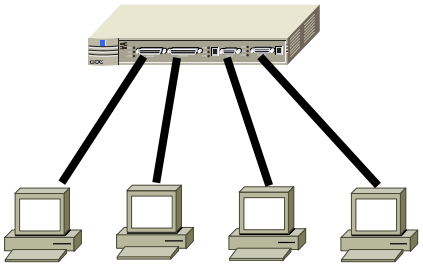
- jeden přenosový kanál
  - pro veškerou komunikaci je k dispozici jen jeden přenosový kanál
    - každá stanice může do kanálu vysílat i z něj přijímat
    - způsob připojení všech stanic (z pohledu HW) je stejný
- autonomní stanice
  - o přístup usilují stanice (uzly, terminály, počítače atd.) které se chovají autonomně
    - generují požadavky s určitou četností
    - po vygenerování jednoho požadavku (na odeslání rámce) čekají, dokud není uspokojen
      - teprve pak přichází s dalším požadavkem
      - poněkud zjednodušené, v praxi nemusí nastávat
- předpoklad kolizí
  - pokud začne vysílat více stanic současně (alespoň 2), dojde k tzv. **kolizi**
    - v praxi nemusí úplně platit, viz např. kódový multiplex
  - každá stanice je schopna detekovat kolizi
- spojitý nebo kvantovaný čas
  - čas je buďto spojitý
    - stanice může začít vysílat kdykoli
  - nebo kvantovaný (časové sloty)
    - stanice může začít vysílat na začátku časového slotu
- s příposlechem nosné nebo bez něj
  - příposlech nosné (Carrier Sense) umožňuje stanicím zjistit, zda se právě něco přenáší či nikoli

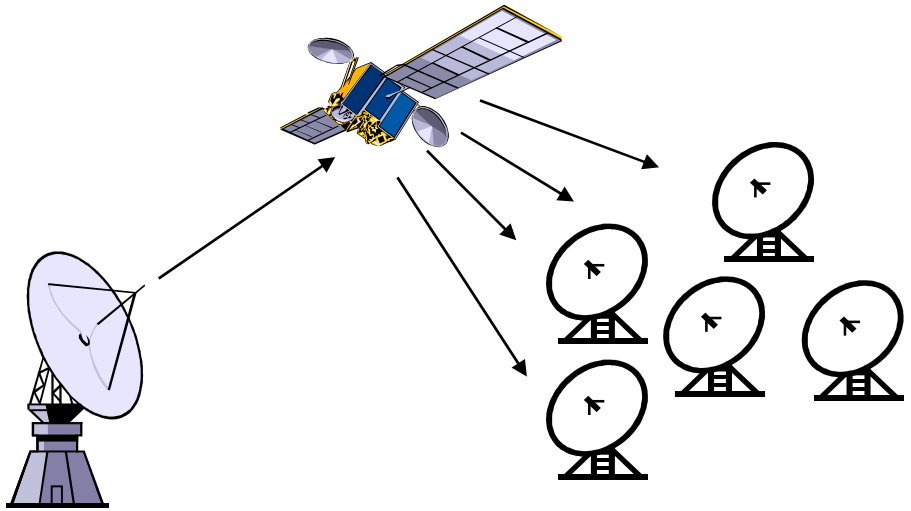
upřesnění problému (přístupu)

- týká se "vícebodových" topologií
  - kde je k jednomu přenosovému kanálu připojeno více stanic
    - sběrnicová topologie
    - topologie do hvězdy/stromu
    - kruhové topologie
  - netýká se dvoubodové topologie





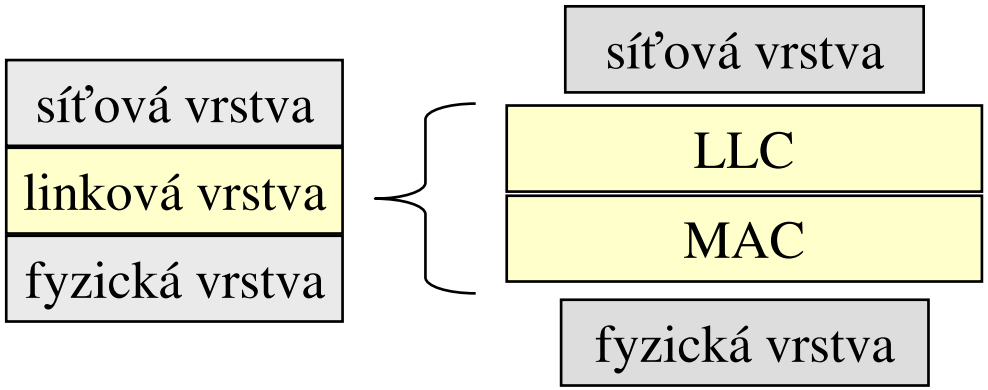




- týká se hlavně sítí LAN
  - které používají "vícebodové" topologie
- sítí WAN se týká jen zřídka
  - WAN většinou používají dvoubodové spoje mezi uzly
  - výjimky:
    - např. satelitní spoje

kde se problém přístupu řeší?

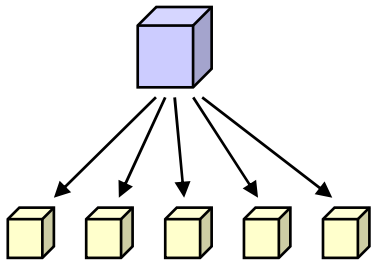
- RM ISO/OSI tento problém neřešil
  - nepočítal se sítěmi WAN a dvoubodovými spoji, kde problém nenastává
- řešení přístupu bylo nutné vložit do RM ISO/OSI dodatečně
  - ale kam?
  - na jakou vrstvu?

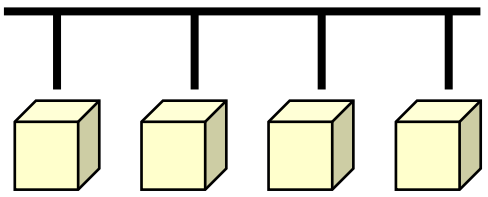


- problém přístupu musí být řešen:
  - nad fyzickou vrstvou
    - využívá se přenos jednotlivých bitů
  - pod linkovou vrstvou
    - než se bude přenášet celý rámec, už by stanice měla mít zajištěn přístup k přenosovému médiu
- výsledek:
  - mezi fyzickou a linkovou vrstvu byla umístěná "nová vrstva"
  - fakticky: linková vrstva byla rozdělena na dvě podvrstvy:
    - podvrstvu LLC (Logical Link Control)
      - řízení linkového spoje (framing, spolehlivost – detekce, potvrzování, řízení toku atd.)
    - podvrstvu MAC (Media Access Control)
      - řeší přístup ke sdílenému médiu

Možné varianty řízení přístupu

- deterministické (řízené) metody
  - mají jednoznačně definovaná pravidla, výsledek není ovlivněn náhodou a je plně predikovatelný
    - vždy vedou k výsledku
  - např. metody token passing
    - Token Ring, FDDI
- nedeterministické (neřízené) metody
  - jejich pravidla obsahují „náhodný“ prvek
    - typu: „počkej náhodně zvolenou dobu“
  - jejich výsledek není predikovatelný
  - nemusí vždy vést k výsledku
    - vedou k výsledku jen s určitou pravděpodobností
- centralizované metody
  - počítají s existencí centrálního „arbitra“, který rozhoduje
  - většinou jde o řízené (deterministické)
  - např. HDLC, 100 VG AnyLAN
- distribuované metody
  - neexistuje v nich centrální řídící prvek
  - metodu realizují jednotlivé uzly ve vzájemné součinnosti
  - např. CSMA/CD (Ethernet)





Možné varianty řízení přístupu

- metody vylučující kolize (CA, Collision Avoidance)
  - většinou řízené metody, zajistí že ke kolizím vůbec nedochází
- metody detekující kolize (CD, Collision Detection)
  - připouští výskyt kolizí, ale jsou schopné je rozpoznat a reagovat na ně
    - např. přístupová metoda Ethernetu (CSMA/CD)
- metody bez detekce kolizí
  - nedokáží zabránit kolizím, ani je nedokáží detekovat
    - například přístupová metoda sítě Aloha
- rezervační metody
  - počítají s vyhrazením určitých zdrojů
    - dopředu, bez explicitní žádosti
    - na základě žádosti (objednávky)
- soutěžní metody
  - zájemci o sdílený zdroj se utkají v soutěži o něj
    - vítěz smí zdroj použít
    - obvykle nedeterministické a distribuované řešení bez arbitra
    - např. CSMA/CD

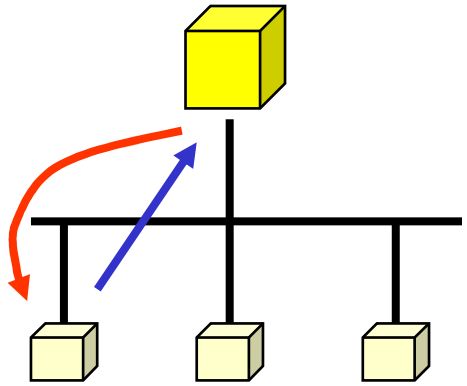
Řízené centralizované metody

- počítají s existencí centrálního arbitra
- arbitr se musí dozvědět, kdo a kdy chce vysílat (získat přístup)
  - jinak by muselo jít o statické přidělování (FDM, TDM)
- jak se to arbitr může dozvědět?
  - metodou výzev (polling)
    - centrální arbitr se pravidelně (cyklicky) dotazuje všech potenciálních zájemců o vysílání
    - režie spojená s dotazováním je relativně vysoká
  - z explicitních žádostí uzlů (requests)
    - musí existovat možnost vyslat žádost směrem k arbitru
      - buď předem vyhrazené časové sloty
      - žádosti „cestují“ stejnou cestou jako data
      - nebo samostatné přenosové cesty, např. samostatné signály
      - pak žádost může být vyslána kdykoli

- výhody:
  - inteligence je soustředěna na jedno místo
  - arbitr může aplikovat různé strategie přidělování
    - může je i dynamicky měnit,v závislosti na chování sítě
- nevýhody:
  - funkčnost sítě stojí a padá s funkčností centrálního arbitra
    - single point of failure
  - režie na komunikaci mezi arbitrem a uzly může být významná

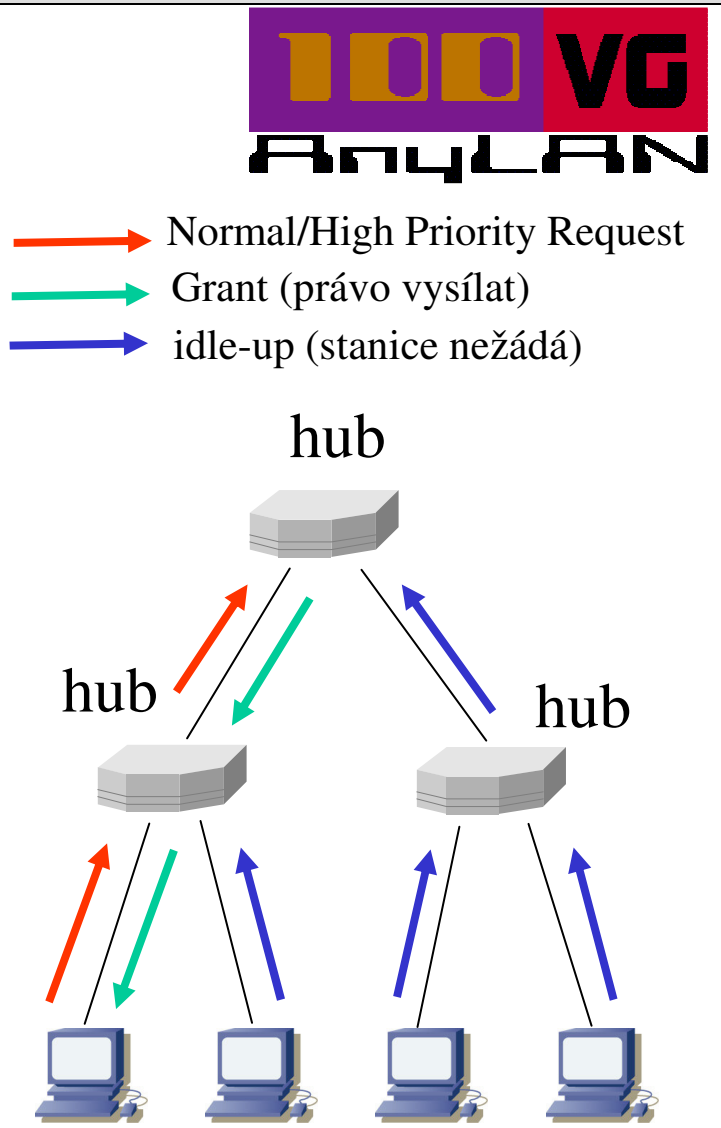
1. **Chceš? (výzva)**
2. **Chci/nechci …**

1. **Chci! (žádost)**
2. **Můžeš …**



Příklad: 100-VG AnyLAN

- technologie, vyvinutá firmou Hewlett-Packard (s podporou IBM a UB)
  - původně jako další vývojové stádium Ethernetu
- přístupová metoda se jmenuje Demand Priority Protocol
- je řízenou centralizovanou metodou
  - počítá s existencí arbitra (kořenového hub-u)
  - pracuje na principu žádostí od potenciálních zájemců
    - funguje pouze na kabeláži stromovité topologie!!!!
- základní myšlenky:
  - každý uzel má samostatnou přípojku (vlákno, 4 páry UTP)
  - když uzel nepřenáší data, může svou přípojku využít pro vyslání žádosti (směrem k hub-u) !!
  - stejnou cestou dostává uzel povolení k vysílání
  - arbitr (hub) přiděluje právo vysílat cyklicky (stylem round robin), uvažují se 2 úrovně priorit
- jako řízená metoda je to stabilní i při větších zátěžích



Řízené distribuované metody

- nemají centrálního arbitra
- mají plně deterministická "pravidla hry"
- počítají s důslednou disciplínou všech uzlů
  - že každý dodrží stanovená „pravidla hry"
  - algoritmus přidělování „běží" na všech uzlech
- varianty:
  - rezervační metody
  - prioritní přístup
  - metody s předáváním pověření (metoda logického kruhu)

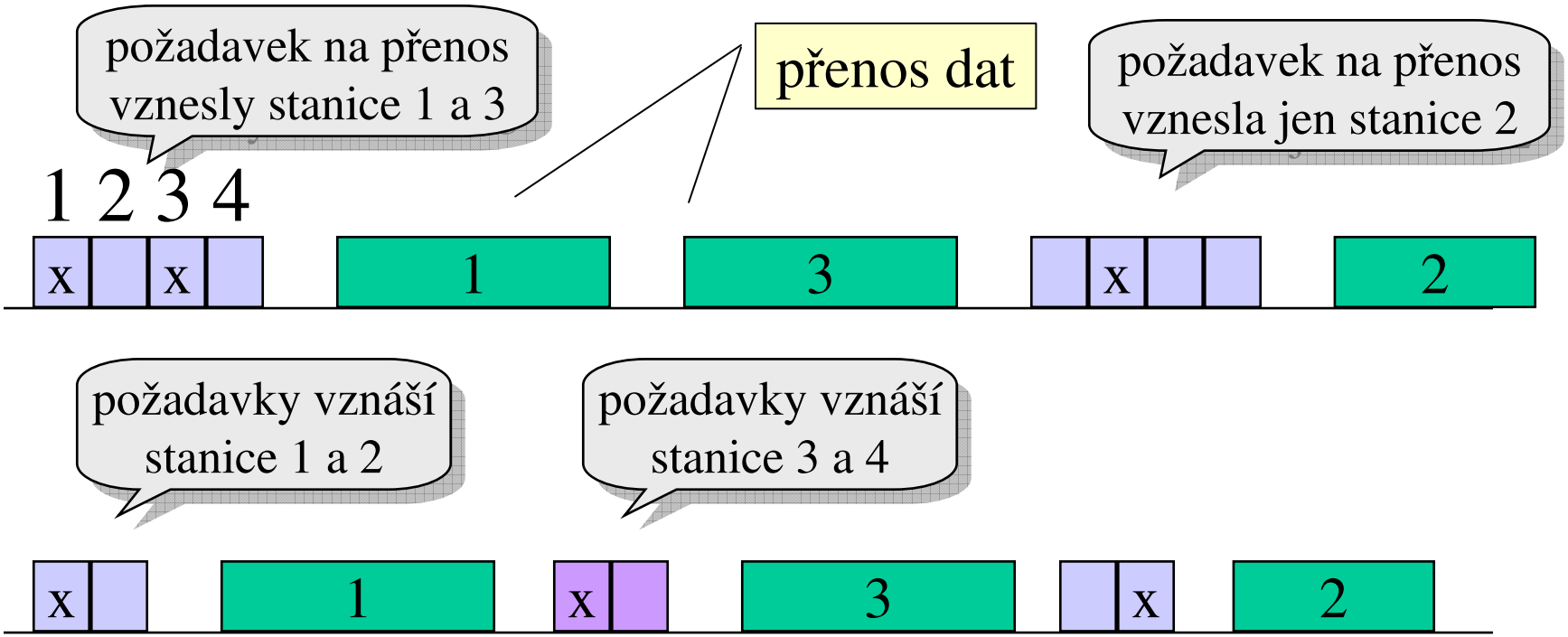
rezervační metody:

- distribuovaná obdoba přidělování na žádost
- typické řešení:
  - „éterem" koluje (je pravidelně vysílán) zvláštní rezervační rámec
    - každý uzel zde může vyjádřit svůj požadavek
    - každý uzel bude mít úplnou informaci o všech požadavcích všech uzlů
  - rezervační rámec může mít podobu bitové mapy

patří mezi metody CA (Collision Avoidance) – nedochází u nich ke kolizím

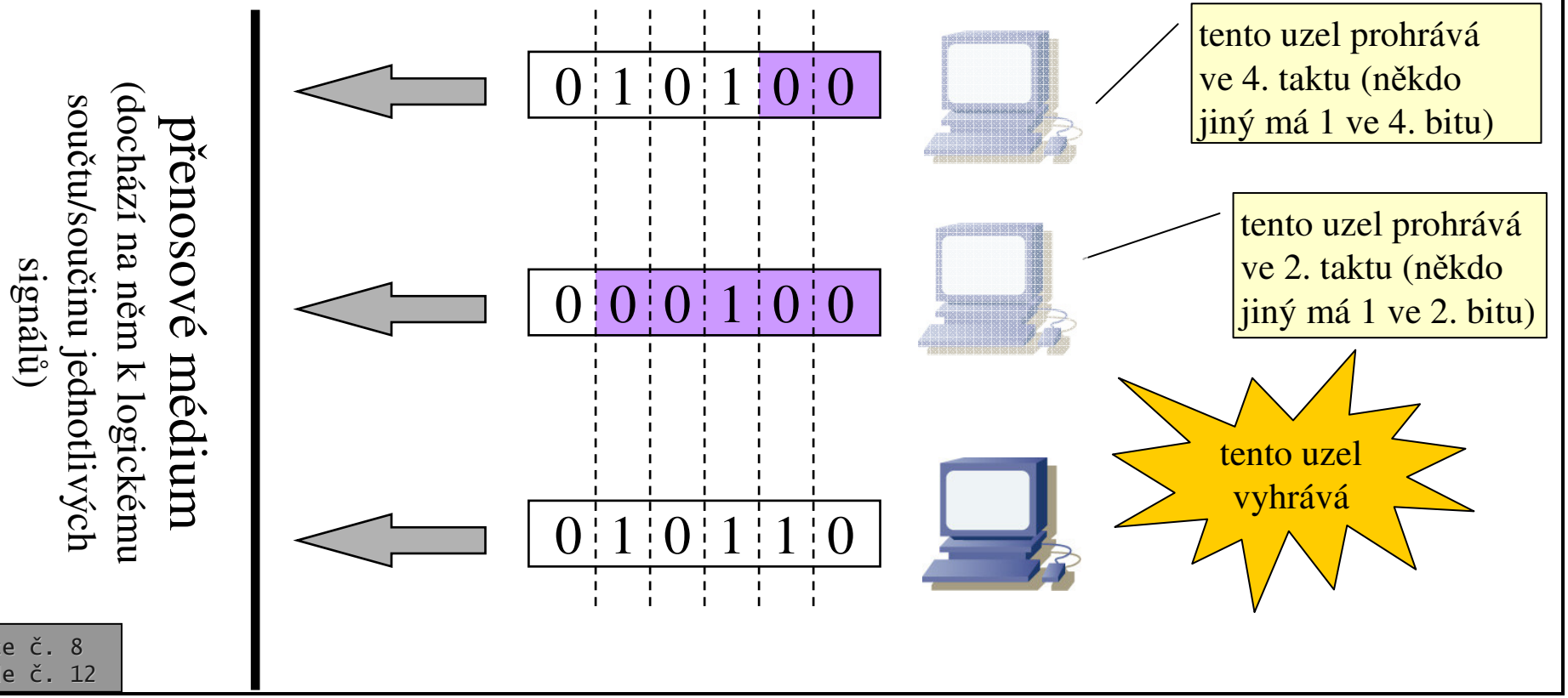
Představa rezervační metody (varianta "round robin")

- sítí "koluje" rezervační rámec, do kterého každý zájemce vyznačí zda má zájem o vysílání (přenos) či nikoli.
  - rezervační rámec může být rozdělen – pro aktivnější stanice a méně aktivní (a pro aktivnější stanice se posílá častěji – kvůli menší režii)



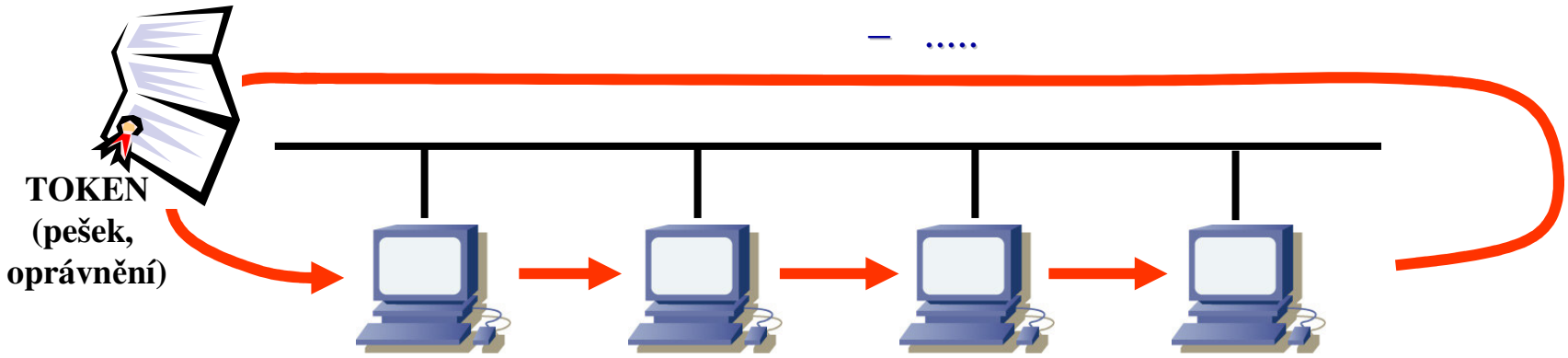
Prioritní přístup - představa

- princip:
  - zúčastněné uzly mají možnost se „rozpočítat“
    - existuje způsob, jak žadatelé mohou ze svého středu vybrat (koordinovaným, deterministickým způsobem) jednoho, a ten může vysílat
  - technika „rozpočítávání“ může být různá, podle povahy přenosového média
    - nejčastěji je založena na binárním vyhledávání v adresách žadatelů
      - vyhraje ten, který má nejvyšší adresu



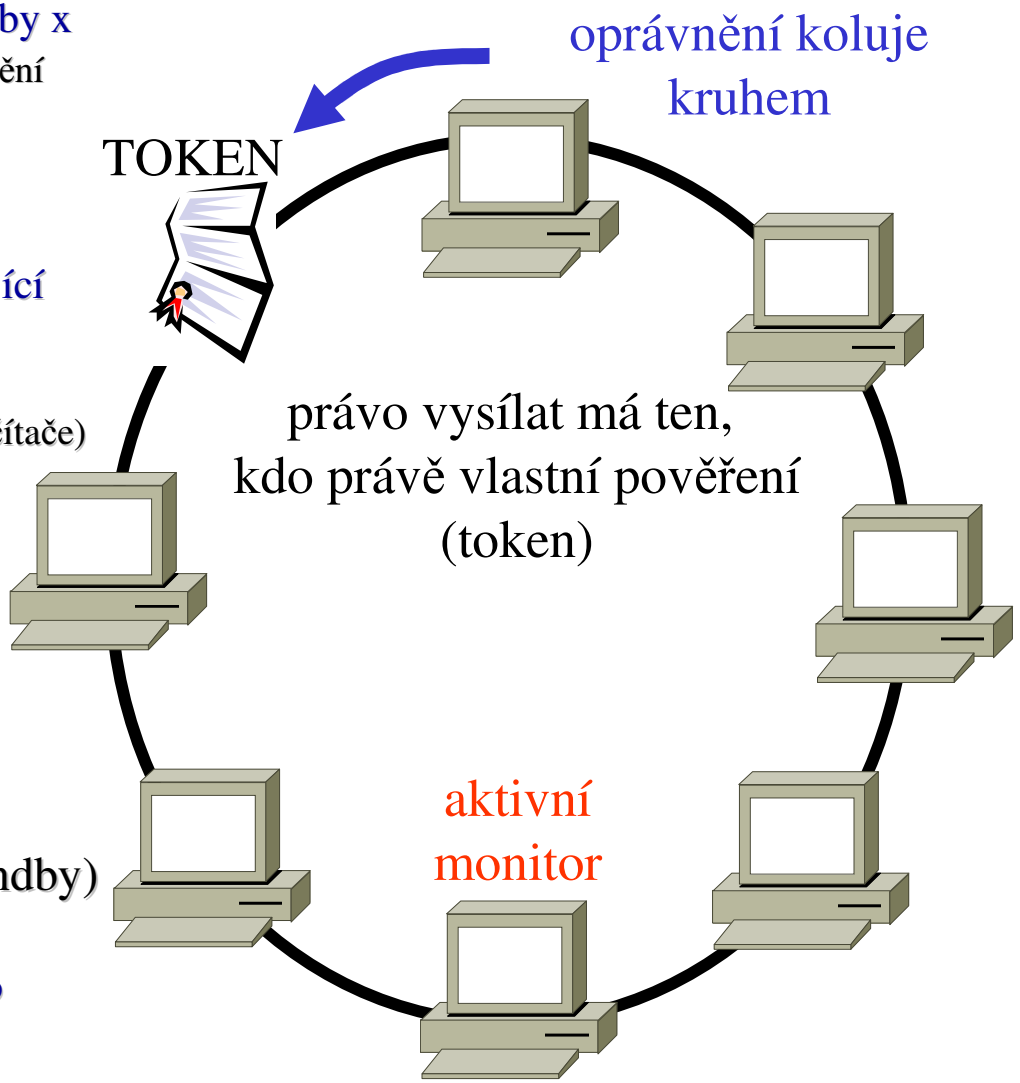
Metody „logického kruhu“

- též: metody s předáváním pověření
  - anglicky: Token Passing
  - idea: vysílat může pouze držitel oprávnění
  - oprávnění (token) si jednotlivé uzly disciplinovaně předávají
- token (oprávnění, „pešek“)
  - dává držiteli právo vysílat
  - na věcné podstatě oprávnění (moc) nezáleží
    - bývá to speciální „balíček dat“
- kruh je pouze logický!!!!
  - jde o pořadí, v jakém si uzly oprávnění předávají
  - nemusí to nijak souviset se skutečnou topologií!!!
    - skutečná topologie může být například sběrnicová, stromovitá apod.
- příklady:
  - Token Ring (IBM)
  - Token Bus
  - FDDI
  - .....



Logický kruh – metoda Token Passing

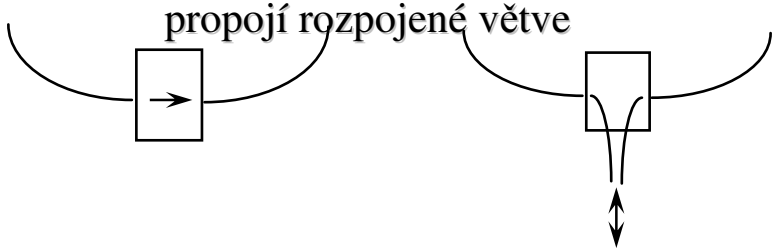
- možnosti:
  - lze garantovat právo k vysílání do doby x
    - když si každý z n uzlů podrží oprávnění nejdéle po dobu x/n
  - lze podporovat i priority
- předpoklady:
  - musí být definována pravidla ošetřující singulární situace, typu:
    - ztráta oprávnění
    - přistoupení nového uzlu (zapnutí počítače)
    - vystoupení z logického kruhu
    - .....
- vždy jeden z uzlů je v roli tzv. aktivního monitoru
  - má řídící funkce,
  - řeší nestandardní situace
  - rozhoduje …
- ostatní uzly jsou v roli záložních (standby) monitorů
  - jsou připraveny převzít roli aktivního monitoru



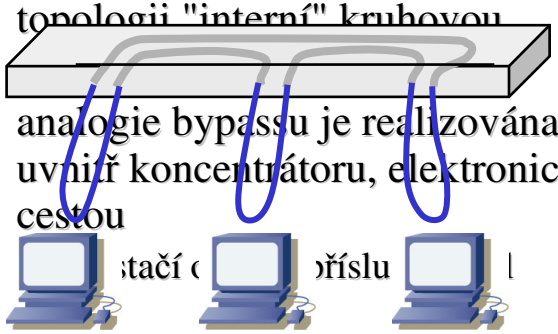
Udržování (logického, fyzického) kruhu

- přidávání nových uzlů:
  - každý uzel má pevně danou adresu
  - uzly jsou v logickém kruhu uspořádány podle adres
  - každý uzel pravidelně vysílá výzvu typu „připoj se“, určenou novým uzlům
    - udává adresu svou a svého následníka
    - vyzývá nově příchozí uzel s adresou „mezi“
    - pokud se ozve 1 nový uzel, OK
    - pokud se ozve více, řeší se následně jinak
- inicializace kruhu, ztráta tokenu:
  - uzel který po definovanou dobu nezaznamená žádný provoz usoudí, že je sám
  - vyšle výzvu „claim token“ (chci generovat oprávnění)
  - pokud nikdo nezareaguje (neprotestuje), vygeneruje oprávnění a vytvoří 1-členný logický kruh
  - „protesty“ se řeší rozpočítáním podle adres (á la prioritní přístup)

- problém s fyzickým přerušením (fyzického, logického) kruhu
  - řeší pomocí tzv. bypass-ů
    - technické zařízení, při odpojení uzlu zajistí zachování kruhu – propojí rozpojené větve

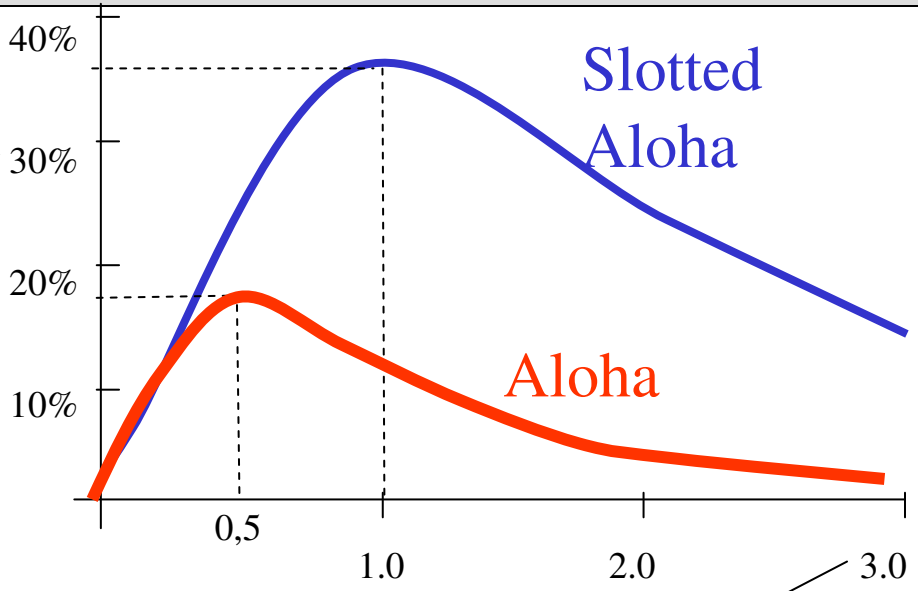


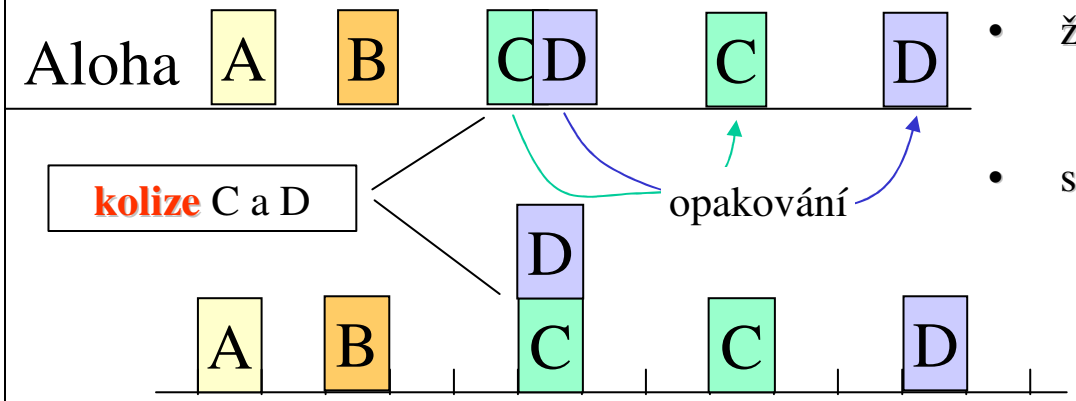
  - řeší se pomocí koncentrátorů
    - nahrazují "externí" kruhovou topologii "interní" kruhovou
    - analogie bypassu je realizována uvnitř koncentrátoru, elektronickou cestou



Neřízené distribuované metody - Aloha

- metoda Aloha (tzv. „čistá“)
  - vznikla na univerzitě na Havajských ostrovech
    - potřebovali přenášet data mezi ostrovy, neměli vhodnou infrastrukturu
  - využívá rádiového přenosu
    - přenosu „éterem“, jedním společným kanálem se všesměrovým šířením
    - nesnaží se monitorovat stav přenosového kanálu (zda právě někdo jiný vysílá) !!!
  - strategie (fungování přístupové metody):
    - odešli když potřebuješ (na nikoho se neohlížej)
    - pokud nedostaneš včas potvrzení, opakuj



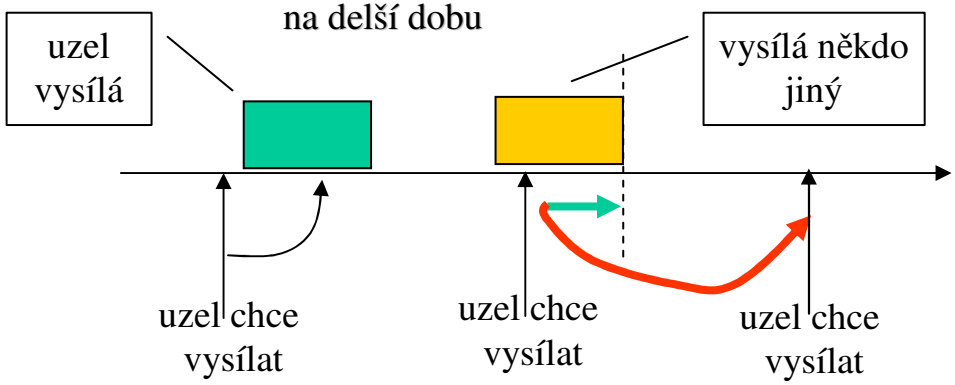


"slotted Aloha"

- žádné potvrzování
  - co se nepřenese úspěšně, to si vyšší vrstvy musí vyžádat znovu
- slotted Aloha
  - "éter" je rozdělen časovým multiplexem na sloty odpovídající velikosti rámců
    - uzel může začít vysílat vždy jen na začátku slotu
    - ke kolizi buď nedojde vůbec, nebo se "setkají" celé rámce
    - efektivnost max. do 36%

Metody CSMA

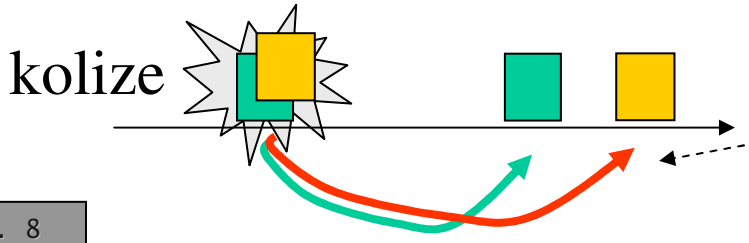
- „čistá“ Aloha nemonitorovala provoz na kanále
  - nerozpoznala, že už někdo vysílá
- metody **CS** (Carrier Sense) využívají možnosti „odposlechu nosné“
  - vzdálenost (doba) přenosu je tak malá, že lze rozpoznat "právě probíhající" vysílání
- využití příposlechu (chování uzlu):
  - poslouchej nosnou, a pokud nikdo nevysílá, můžeš začít vysílat sám
- efekt:
  - předchází se tak kolizím
  - ale kolize stále nejsou vyloučeny!!
    - pouze se tím snižuje jejich počet
- existuje celá široká škála protokolů typu „CS“
  - liší se například v tom, jak se chovají poté, když zjistí že médium je právě obsazeno (probíhá vysílání)
    - **persistentní chování**: čeká, až vysílání skončí, a pak začne vysílat
    - **0-persistentní, ne-persistentní**: odmlčí se na delší dobu



- zkratka MA (Multiple Access) znamená, že je možné vysílat současně
  - povaha přenosového kanálu připouští současné vysílání
    - samozřejmě to není žádoucí

Metody CD (Collision Detect)

- snaží se detekovat výskyt kolizí
  - metody „bez CD“ pokračují ve vysílání, i když ke kolizi došlo
    - tím se zbytečně plýtvá přenosovou kapacitou
  - metody CD využívají schopnost detekce k (téměř) okamžitému ukončení vysílání
    - detekce kolize je analogová záležitost
    - ve skutečnosti se vysílání, způsobující kolizi, nesmí okamžitě ukončit
      - musí ještě určitou dobu trvat, aby jej stihly zaznamenat také ostatní uzly v segmentu (v tzv. kolizní doméně)
      - Ethernet: místo dat se vysílá tzv. jam signál (utvrzující kolizi)

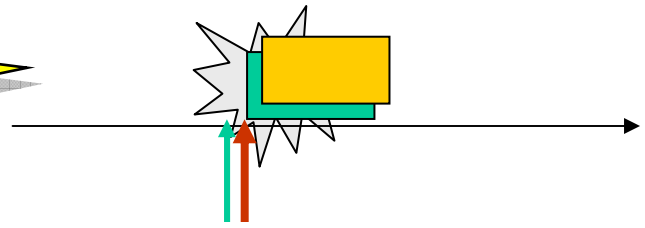


- obecně:
  - CSMA/CD je celá skupina přístupových metod
    - CS – s příposlechem nosné
    - MA – s vícenásobným přístupem
    - CD – s detekcí kolizí
    - rozdíl může být např. v persistentnosti
      - jak se uzly chovají, když zjistí že právě probíhá nějaké vysílání
    - nebo v reakci na výskyt kolize
  - jedna konkrétní „instance“ je dle IEEE 802.3 (v Ethernetu)
    - přístupová metoda Ethernetu je typu CSMA/CD
      - je 1-persistentní
      - při zjištění kolize se uzel, zúčastněný v kolizi, odmlčí na náhodně zvolenou dobu

Metody CSMA/CD - důvody vzniku kolizí

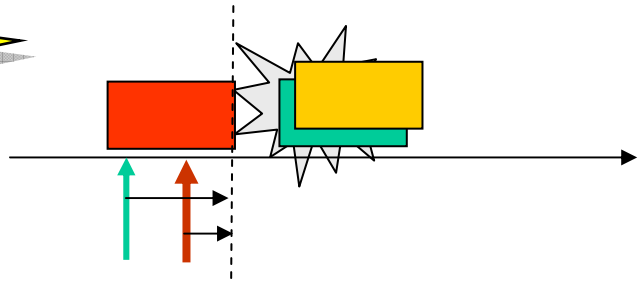
- kdy může dojít ke kolizi:
  - více uzlů (zájemců o vysílání) současně zjistí, že nikdo nevysílá, a začne vysílat

méně časté

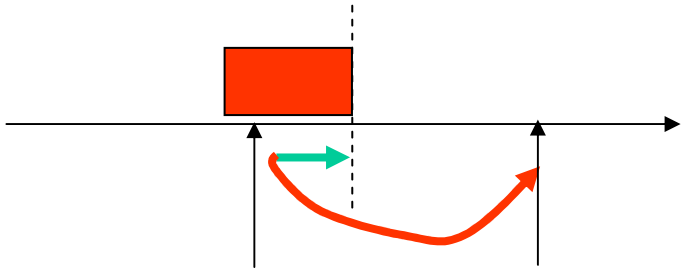


  - více uzlů čeká, až někdo jiný přestane vysílat, a pak začnou všichni najednou

dosti časté

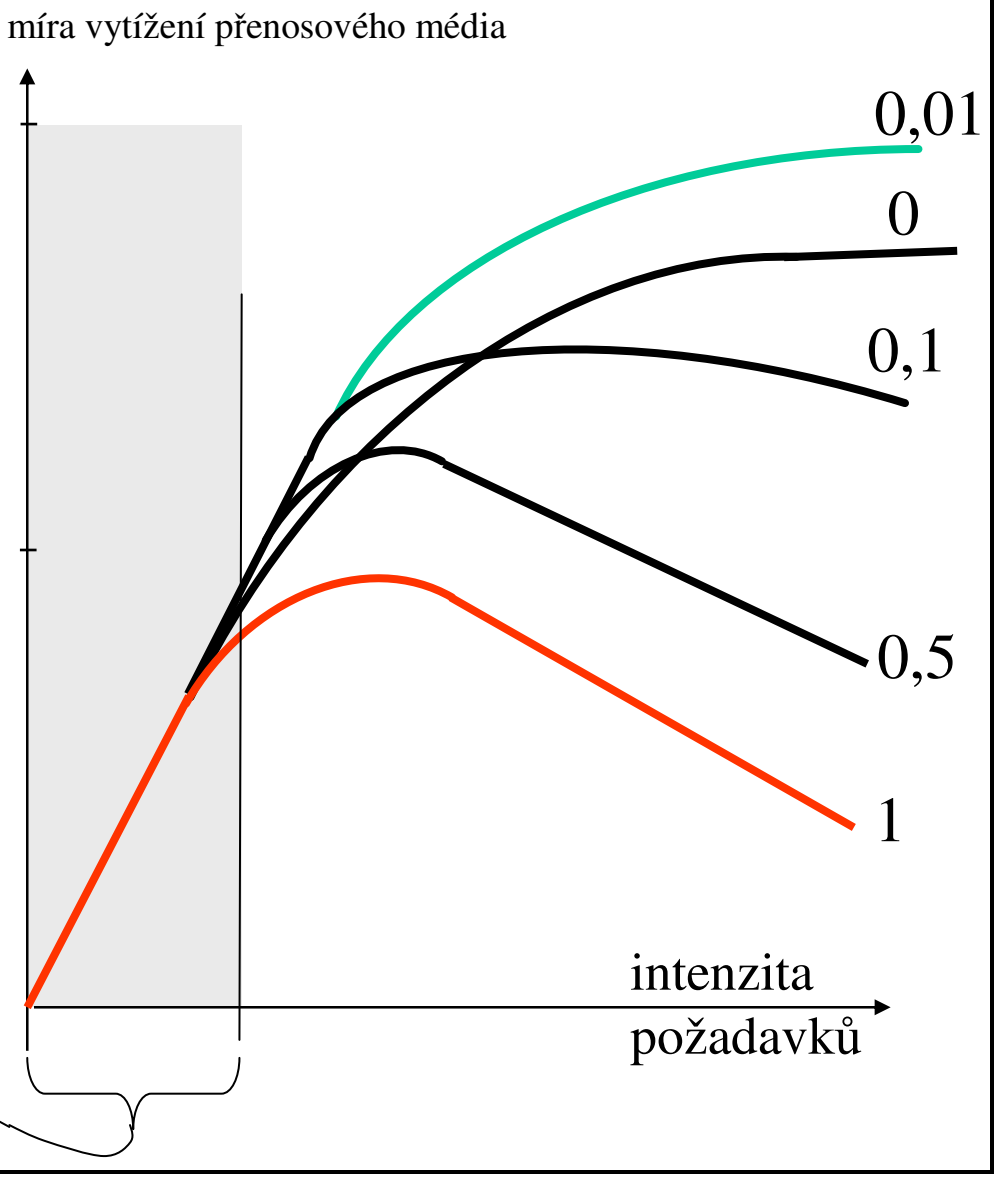


- jak předcházet "kolizím z netrpělivosti"?
  - situaci, kdy více uzlů čeká na ukončení stávajícího vysílání, a pak „spustí“ všichni najednou:
- ať nejsou všichni tak nedočkaví !!!
  - ať ihned upustí od svého požadavku a odmlčí se na náhodnou dobu
    - tj. zkusí to později
      - jde o 0 persistentnost
  - ať s určitou pravděpodobností ustoupí od svého požadavku (odmlčí se)
      - jde o p-persistentnost



Metody CSMA podle persistentnosti

- nepersistentní (é-persistentní) CSMA:
  - podívá se, jestli někdo vysílá
  - pokud ano, ihned se odmlčí na náhodně zvolenou dobu (počká)
- p-persistentní CSMA
  - .....
  - s pravděpodobností p čeká na konec vysílání,
  - s pravděpodobností 1-p se odmlčí na náhodně zvolenou dobu
- 1-persistentní CSMA:
  - .....
  - neodmlčí se, čeká na konec vysílání
- společné přenosové médium nejlépe vytěžují metody s velmi nízkou persistencí
  - naopak 1-persistentní metoda je na tom nejhůře !!!

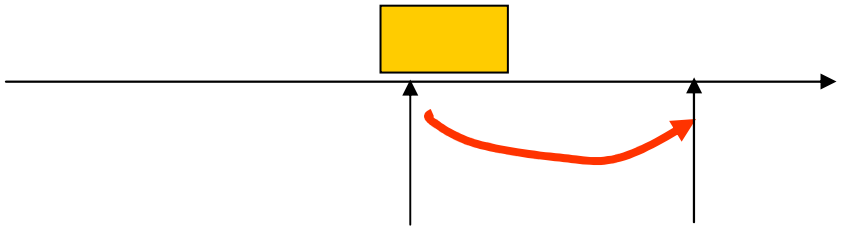


předpokládá se využití v této oblasti (nízké vytížení)

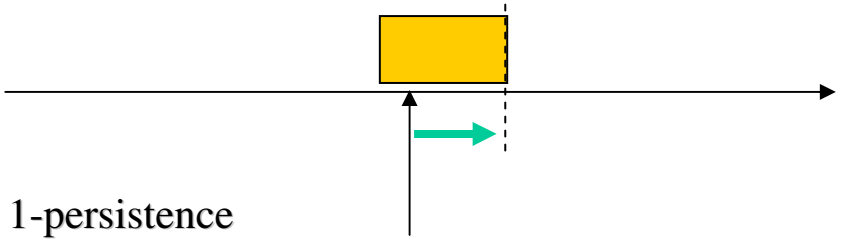
proč je Ethernet 1-persistentní?

- autoři Ethernetu znali "křivky výtěžnosti" (předchozí slide)
  - věděli, že 1-persistence nejhůře vytěžuje sdílené přenosové médium
- přesto si vybrali 1-persistentnost!!
- důvod:
  - nešlo jim tolik o vytížení přenosového média
    - předpokládali relativně slabý provoz
  - dbali také na latenci
    - za jak dlouho se uzel dostane k vysílání
      - od okamžiku, kdy o to projeví zájem
  - zde je jednoznačně výhodnější 1-persistence
    - uzel to "nevzdává zbytečně"

- příklad: 0-persistence



  - uzel, který chce vysílat, ale zjistí že právě probíhá jiné vysílání, se ihned odmlčí na náhodně zvolenou dobu
    - s vysokou pravděpodobností to vzdává zbytečně !!!!
    - pravděpodobnost, že by čekal na konec vysílání společně s jiným uzlem, a pak se dostali do kolize, je relativně nízká!!
    - kdyby vytrval, mohl se dostat ke slovu dříve

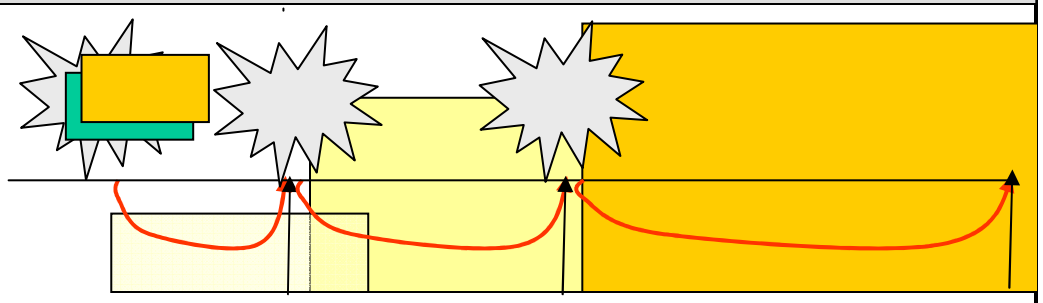


- 1-persistence
  - riskuje, ze se na konci právě probíhajícího vysílání dostane do kolize s jiným "čekajícím uzlem"
  - ale vzhledem k předpokladu nízkého provozu je pravděpodobnost malá – a uzel se dostane ke slovu rychle

řešení kolizí (v metodách CSMA/CD)

- snaha kolizím předcházet
  - pouze snižuje četnost kolizí, ale nedokáže je eliminovat
- co dělat, když už ke kolizi dojde?
  - pokud by se všechny uzly, zúčastněné v kolizi, zachovaly stejně, pak by zákonitě došlo k další (následné) kolizi
- jak se vyhnout následným kolizím?
  - uzly se mezi sebou nemohou domluvit
    - nemají jak/čím
  - proto musí nastoupit "náhodný prvek"
    - uzel se odmlčí na náhodně zvolenou dobu, a teprve pak se pokouší o vysílání znovu

kvůli tomu jde o neřízenou (nedeterministickou) metodu

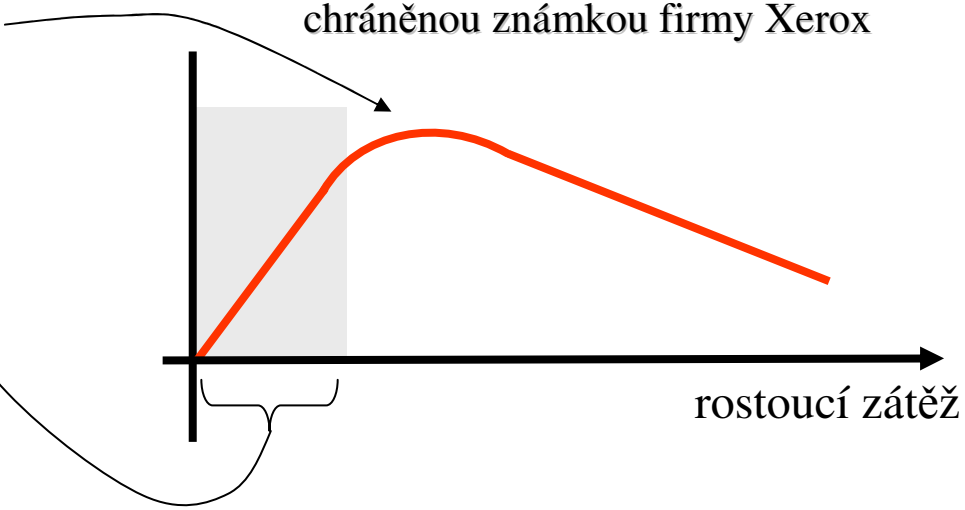


- "*náhodě je třeba pomoci*"
  - pouhé odmlčení na náhodnou dobu nemusí stačit
    - následným kolizím stále nezabraňuje
  - používá se "zesílení náhody"
    - zvětšuje se interval, ze kterého si uzel náhodně volí délku svého odmlčení
    - při každé následné kolizi se tento interval zdvojnásobí
      - při úspěšném odvysílání se zase vrátí na původní hodnotu
      - v Ethernetu: opakuje se 16x, pak to uzel vzdá
      - tzv. **binary backoff**

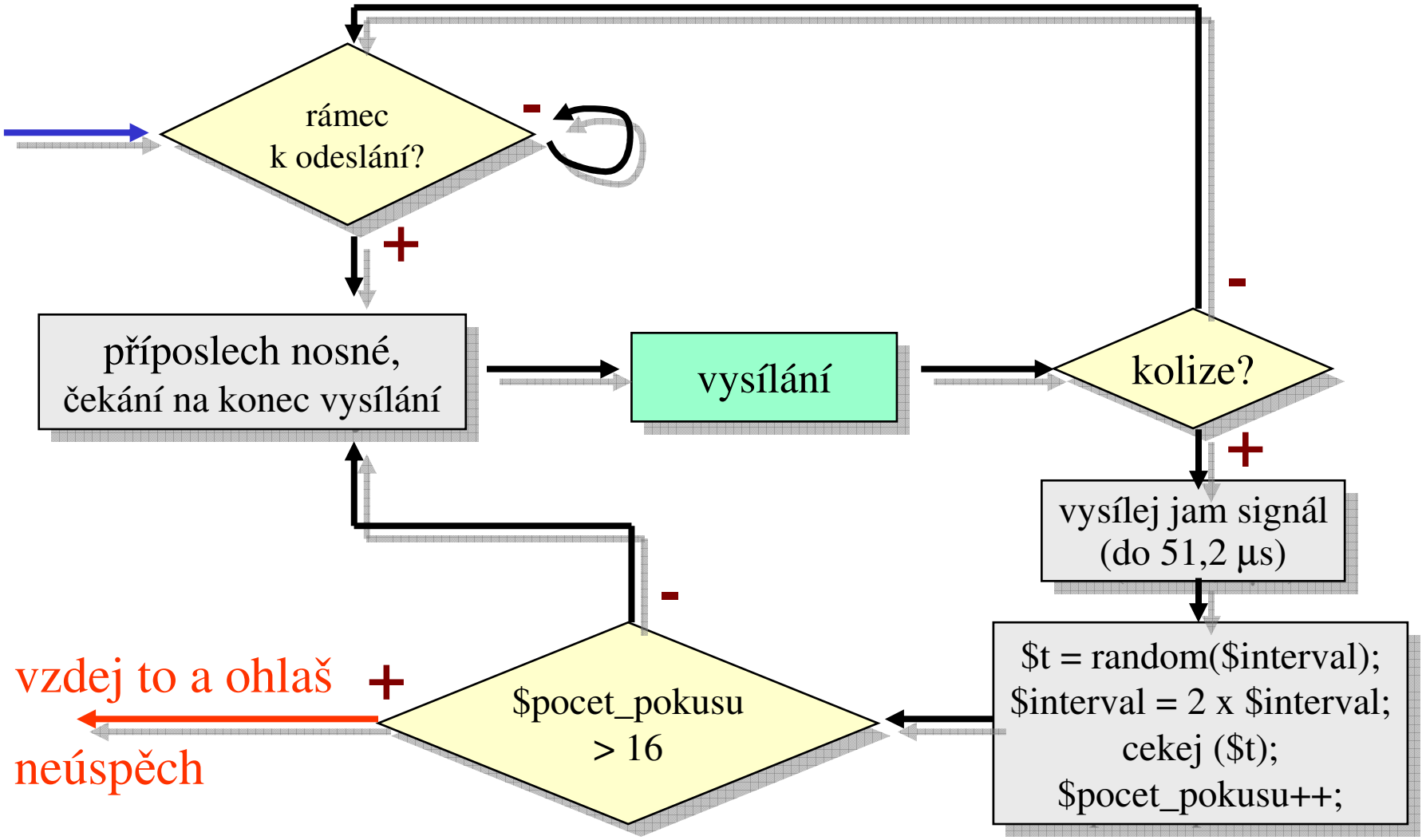
Obecné vlastnosti metod CSMA/CD

- nezaručují výsledek
  - že zájemci se v konečném čase podaří odvysílat
  - kvůli náhodnému prvku (jsou neřízené)
    - následné kolize se mohou opakovat libovolně dlouho, byť pravděpodobnost rychle klesá
- mohou být velmi efektivní
  - v případě nižší zátěže mají téměř nulovou režii
- při vyšší zátěži vykazují nestabilitu
  - zvyšování intenzity požadavků vede na horší chování metody
  - předpokládalo se, že budou využívány při nízké zátěži sítě
    - dnes nebývá vždy splněno!!

- Ethernet
  - používá přístupovou metodu CSMA/CD
    - 1-persistentní metodu (CSMA) s detekcí kolize (CD)
- standard pro Ethernet vydala a udržuje IEEE a její pracovní skupina 802.3
  - místo "Ethernet" se říká "*sítě na bázi CSMA/CD*"
    - jméno Ethernet bylo původně chráněnou známkou firmy Xerox

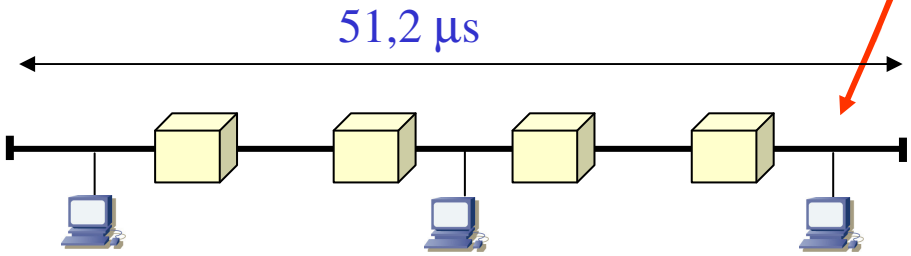


Stavový diagram přístupové metody CSMA/CD v Ethernetu



Kolizní domény v Ethernetu

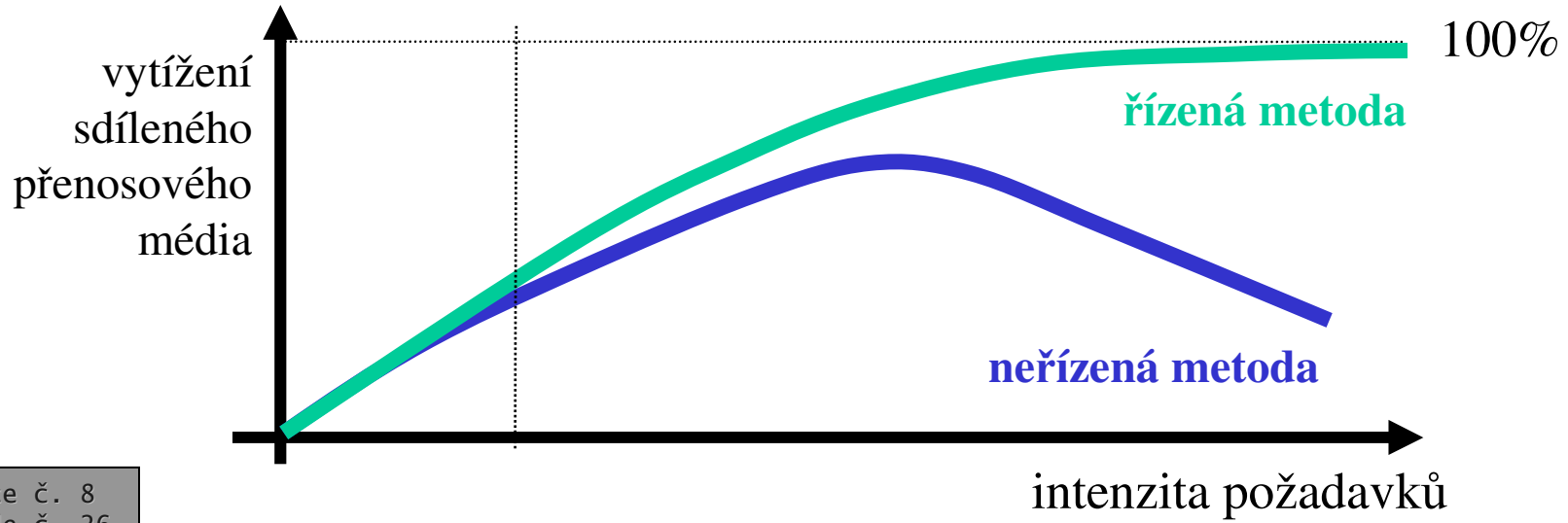
- kolize v Ethernetu se šíří přes tzv. opakovače (repeater-y)
  - "zastavují se" až na mostech, přepínačích, směrovačích atd.
- kabelové segmenty, spojené pomocí opakovačů, tvoří tzv. kolizní doménu
- fungování přístupové metody Ethernetu (CDMA/CD) vyžaduje, aby se "informace o kolizi" rozšířila po celé kolizní doméně v určitém maximálním čase
  - tento čas je definován standardem: 51,2 μs
  - při přenosové rychlosti 10 Mbps to odpovídá 512 bitům, alias 64 bytům



- důsledky:
  - velikost kolizní domény je omezena
    - aby se "stihlo" 51,2 μs
    - omezen je počet opakovačů v kolizní doméně
    - pravidlo 5:4:3
      - max. 5 segmentů, max. 4 opakovače, max. 3 "obydlené segmenty"
  - uzel, který vysílá a dostane se do kolize, nesmí hned přestat vysílat
    - musí zajistit, aby se informace o kolizi dostala do všech "koutů" kolizní domény
    - pokračuje vysíláním speciálního "jam signálu", do konce intervalu 51,2 μs od začátku vysílání
  - uzlu, který vysílá, stačí monitorovat dění na přenosovém médiu po dobu 51,2 μs (prvních 64 bytů přenášeného rámce)
    - později už nemůže dojít ke kolizi

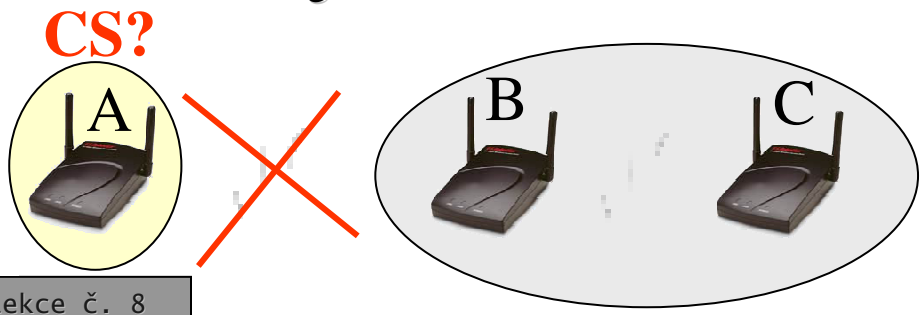
Srovnání Ethernet vs. Token Ring

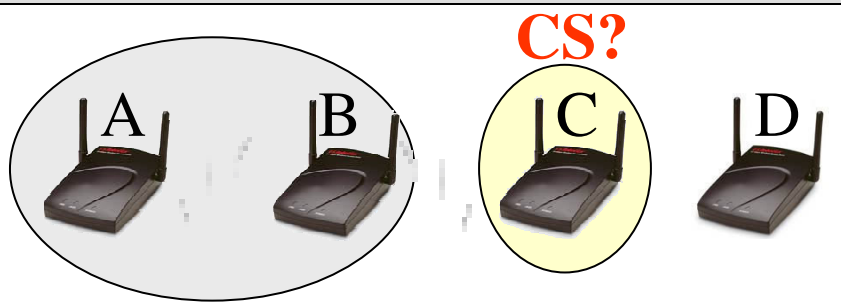
- jde hlavně o rozdíl mezi neřízenou a neřízenou přístupovou metodou
  - neřízené přístupové metody (např. CSMA/CD) fungují lépe v menších sítích s nízkým využitím
    - malými objemy provozu
    - a jsou jednoduché
  - řízené metody (např. Token Passing) fungují lépe ve větších sítích s větším provozem
- jiné kritérium: doba odezvy
  - od požadavku na přenos do zahájení vysílání
- u řízených metod je doba odezvy méně závislá na intenzitě provozu
  - u neřízených se více mění v závislosti na provozu
    - při překročení určité limitní zátěže roste nade všechny meze



přístupové metody v bezdrátových sítích

- v čem jsou bezdrátové sítě specifické?
  - větší rušení/porychy/chybovost v přenosovém kanále ("éteru")
  - příposlech nosné (CS) nemusí být spolehlivý
    - na rozdíl od "drátových" sítí
- problém skryté stanice
  - *médium je "obsazeno", ale uzel se to nedozví*
  - příklad: A chce vysílat k B, ale "neslyší" že C právě vysílá k B
    - signál od C už nedosáhne k A





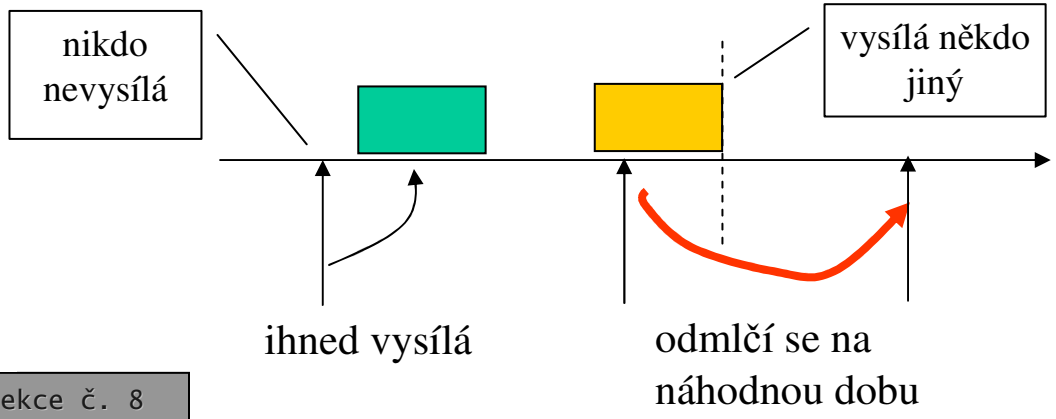
- problém předsunuté stanice
  - médium je fakticky volné, ale uzel se dozví, že je obsazeno
  - příklad: B vysílá k A, C by chtěl vysílat k D – ale zjistí, že B vysílá a domnívá se, že je médium obsazeno
- nelze detekovat kolize během vysílání
  - rádiová (RF) rozhraní jsou typicky pouze poloduplexní, a neumožňují proto současně přijímat i vysílat!!!
  - metody ../CD nepřipadají v úvahu

přístupové metody sítí Wi-Fi (802.11)

- není jedna, ale je jich několik
  - volitelných vs. povinných
  - centralizovaných vs. distribuovaných
- DCF (Distributed Coordination Function) – povinná varianta
  - nemá žádný centrální prvek/autoritu
  - varianta CSMA/CA
    - povinná
  - varianta CSMA/CA s výměnou RTS/CTS
    - volitelná, implementovaná v "lepších" produktech
- PCF (Point Coordination Function) – volitelná varianta
  - AP řídí veškerou komunikaci, ke kolizím vůbec nedochází
  - v praxi není (zatím) implementováno
- používá se potvrzování
  - kvůli poloduplexního způsobu fungování rádiového rozhraní vysílající uzel nepozná, že došlo ke kolizi
    - nedozví se, že by měl přenos opakovat
  - rámec se odvysílá vždy celý
    - ale může se poškodit/ztratit i z jiných důvodů, než jen kvůli kolizi
      - např. kvůli rušení
  - řešení:
    - příjemce musí přijetí rámce explicitně potvrdit
      - posílá speciální potvrzovací rámec (ACK)

metoda DCF CSMA/CA (povinná)

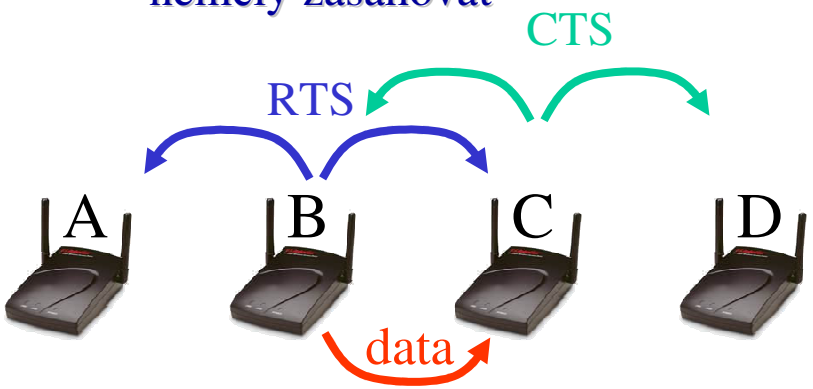
- CS: zájemce o vysílání sleduje, zda právě probíhá nějaké vysílání
  - pokud ne, začne hned vysílat sám
    - odvysílá celá rámec, aniž by monitoroval eventuelní kolize
      - jeho rádiové rozhraní je poloduplexní
    - čeká na potvrzení (ACK)
  - pokud právě probíhá nějaké vysílání, odmlčí se na náhodou dobu
    - je to 0-persistence !!!!
    - pokud během čekání probíhá nějaké vysílání, odpočítávání doby čekání je pozastaveno!!



- používá se u všech Wi-Fi zařízení, včetně těch nejlacinějších
  - v režimu ad-hoc i v režimu infrastruktury
  - nedokáže garantovat výsledek
    - uzel se nemusí dostat "ke slovu"
    - nedokáže garantovat QoS
    - nedokáže vyhradit určitou část přenosové kapacity konkrétním uzlům
  - není to úplně CA (Collision Avoidance)
    - ke kolizím může docházet
      - ale nevyhodnocují se
  - fungování je narušováno efektem "skryté stanice" a "předsunuté stanice"

metoda CDF CSMA/CA s RTS/CTS

- volitelná varianta
  - vyskytuje se u "lepších" (dražších) provedení Wi-Fi zařízení
- princip:
  - snaha eliminovat problémy skryté a předsunuté stanice
  - snaha upozornit "ostatní" uzly na to, že po určitou dobu bude probíhat přenos, a že by do něj neměly zasahovat



  - B chce něco odvysílat k C:
    - snaží se "vyřadit" A a D, aby do toho nevstupovali

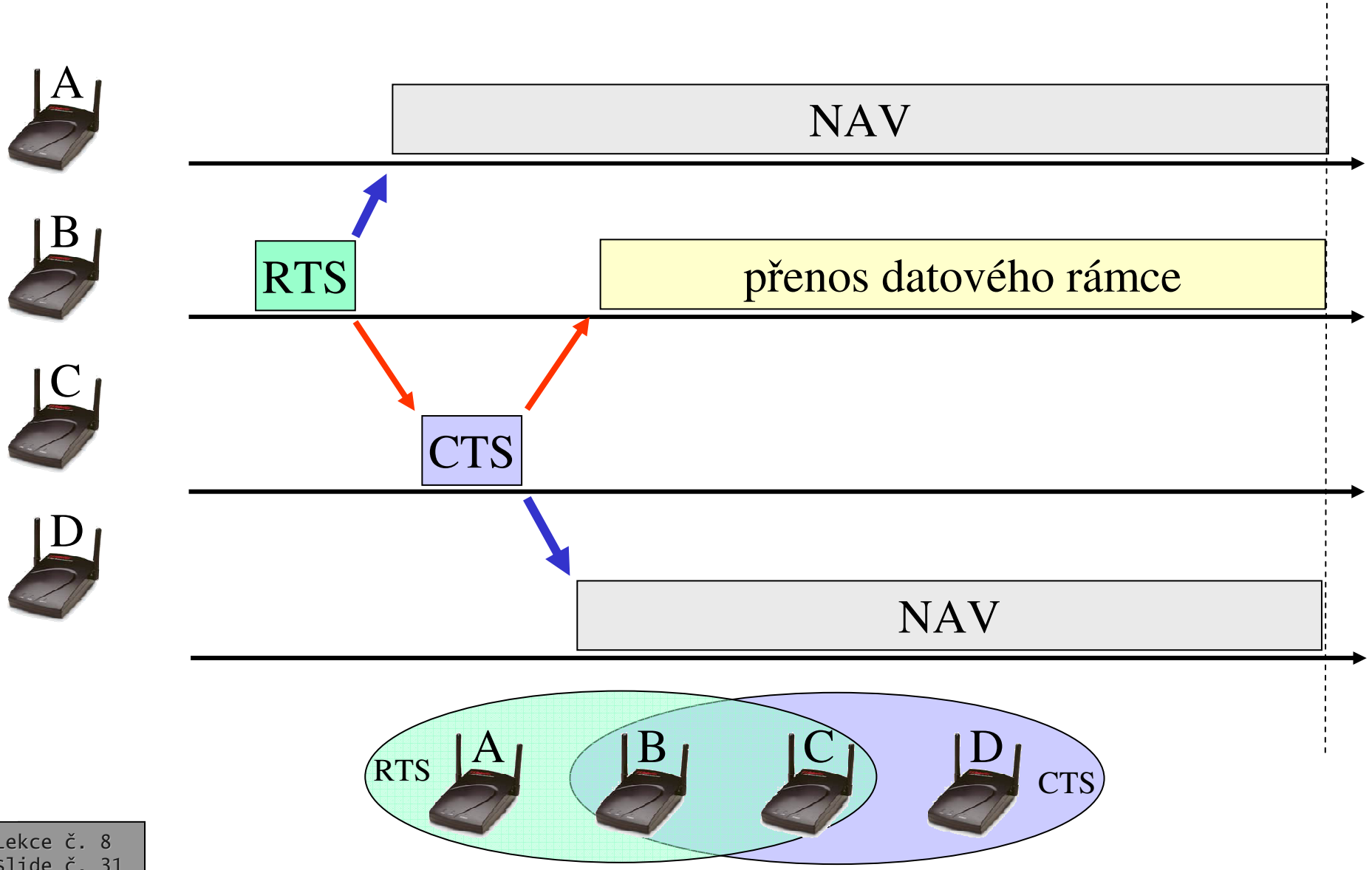
- postup:
  - B vyšle krátký rámec RTS, určený pro C
    - RTS – Request To Send
    - žádá jej o právo vysílat k uzlu C
    - říká jak dlouho bude vysílání trvat

  - tento RTS rámec by měly zachytit ostatní uzly v okolí uzlu B (např. A)
    - měly by si z něj odvodit, jak dlouho bude B vysílat
    - nastaví si "stopky", v podobě vektoru NAV
      - Network Allocation Vector

  - C odpoví krátkým rámcem CTS
    - CTS – Clear To Send
    - signalizuje připravenost k příjmu,
    - říká, jak dlouho bude přenos trvat
  - tento CTS rámec by měly zachytit ostatní uzly v dosahu uzlu C (např. D)
    - nastaví si svůj NAV

  - pak probíhá samotný datový přenos
    - ostatní uzly čekají na konec vysílání (podle "stopek" v podobě vektoru NAV)
    - během čekání se ostatní uzly nesnaží samy vysílat

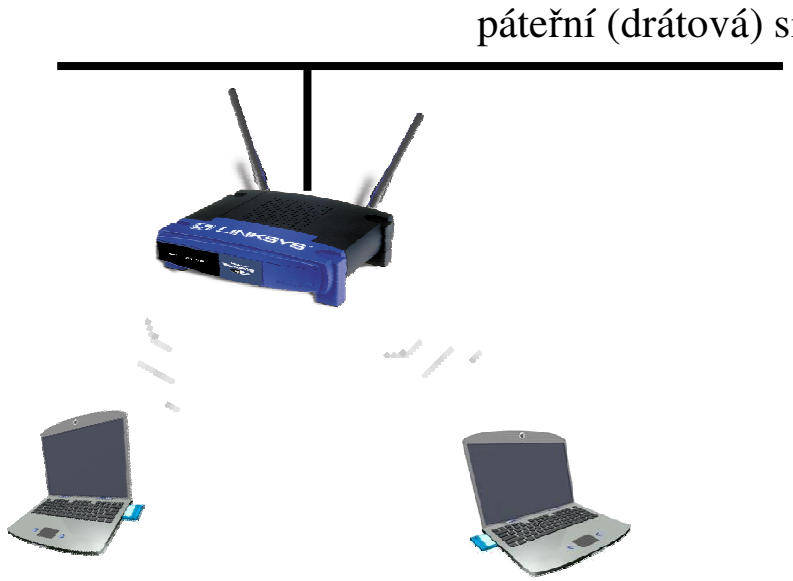
Představa CSMA/CA RTS/CTS



varianta PCF (Point Coordination Function)

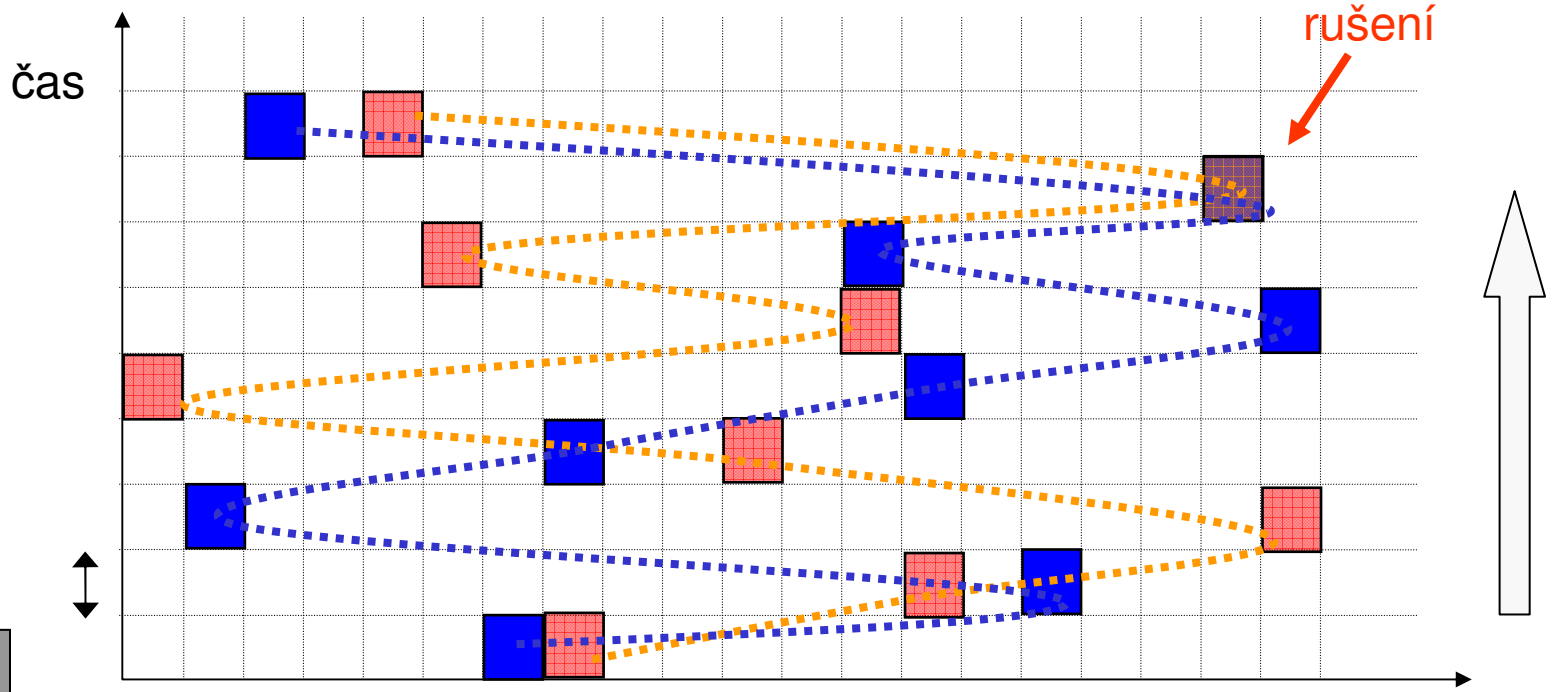
- je to volitelná varianta
  - není (dosud) implementována
- má centralizovaný charakter
  - veškerou komunikaci řídí Access Point
    - v režimu Infrastructure
  - přidělování přenosové kapacity probíhá na principu rezervace
    - AP pravidelně vysílá rezervační rámec, skrze který mohou uzly žádat o právo vysílat
  - lze tak realizovat i QoS
    - garantovat parametry, přidělovat přenosovou kapacitu

- varianty DCF a PCF mohou koexistovat vedle sebe!!!
  - dosahuje se toho vhodně volenými časovými odstupy mezi vysíláním rámců podle jednotlivých variant
    - tzv. InterFrame Spacing
    - "přednost" (kratší odstupy) mají rámce PCF



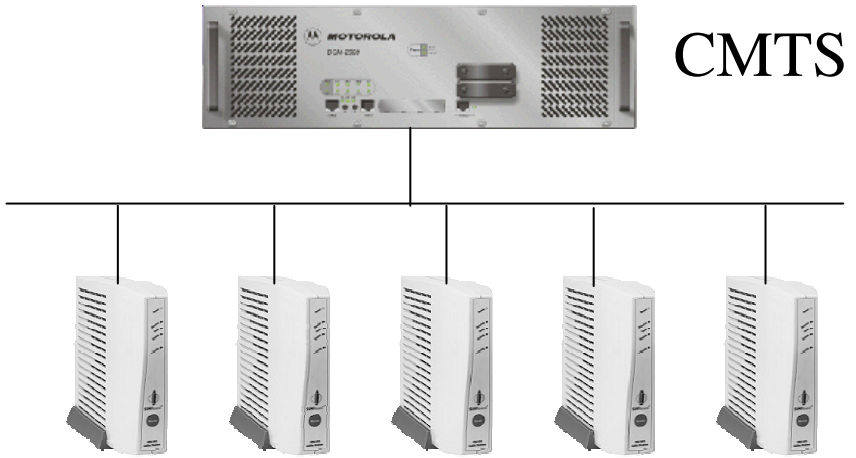
Bluetooth – řízení přístupu

- nemá klasickou přístupovou metodu
- místo ní používá velmi rychlé přeskakování mezi frekvencemi
  - 1600x za sekundu (každých 625 μs)
  - spoléhá se na to, že případné kolize budou velmi krátké (625 μs) a bude jich velmi málo
- návrh technologie Bluetooth byl přizpůsoben spíše potřebám přenosu hlasu
  - kde občasné velmi krátké výpadky (kvůli kolizím) nejsou znatelné
  - pro přenos dat je to větší problém, ale dá se řešit



řízení přístupu v kabelových sítích

- architektura kabelové sítě je sice stromovitá, ale chová se jako sběrnice!!
  - má centrální prvek: CMTS
    - Cable Modem Termination System
    - dopředný kanál (downstream) se chová jako broadcastové médium
    - vysílá pouze CMTS
    - přijímají současně všechny kabelové modemy (ve skupině)
- zpětný kanál je sdílený
  - a pro jeho využití je nutná přístupová metoda
- přenos dat je realizován podle standardu euroDOCSIS
- přístupová metoda je centralizovaná
  - o všem rozhoduje CMTS
- …. na rezervačním principu
  - vše funguje synchronně
    - používají se časové (mini)sloty, vytvářené pomocí TDM



CMTS

- CMTS pravidelně vysílá "rámec s výzvami"
  - modem, který chce vysílat, vyznačí svůj požadavek do příslušného (mini)slotu
  - CMTS mu odpoví a určí kdy bude moci vysílat na zpětném kanále
- rezervační (mini)slot je sdílen více modemy
  - žádosti se mohou dostávat do kolize
  - pokud modem nedostane odpověď od CMTS v obvyklém čase, odmlčí se na náhodně zvolenou dobu (při opakování ji prodlužuje na dvojnásobek)