

Sdílení přístupu ke společnému kanálu

Petr Grygárek

© 2005 Petr Grygárek, FEI VŠB-TU Ostrava, Počítačové sítě (Bc.)

1

Řešený problém

Médium je sdíleno všemi stanicemi, v jednom okamžiku smí vysílat jen jediná.

Jak se dohodnout, která to bude ?

Existují různé k tomu různé přístupové metody.

© 2005 Petr Grygárek, FEI VŠB-TU Ostrava, Počítačové sítě (Bc.)

2

Klasifikace přístupových metod

- Deterministické (bezkolizní)
 - Je definován jednoznačný algoritmus určující, v jakém pořadí mohou stanice na kanál přistupovat
 - Na kanál nebude nikdy přistupovat více stanic současně
- Nedeterministické (kolizní)
 - V algoritmu přístupu na kanál hraje roli náhoda
 - náhodně volené časové prodlevy
 - O přístup na kanál se může pokusit více stanic současně – kolize
 - Přístupová metoda musí kolize řešit

© 2005 Petr Grygárek, FEI VŠB-TU Ostrava, Počítačové sítě (Bc.)

3

Nedeterministické metody

© 2005 Petr Grygárek, FEI VŠB-TU Ostrava, Počítačové sítě (Bc.)

4

Kolizní slot

udává, kolik času se nejvýše ztratí na nevyužití kanálu vlivem kolize

© 2005 Petr Grygárek, FEI VŠB-TU Ostrava, Počítačové sítě (Bc.)

5

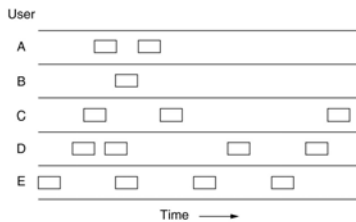
Aloha

- původně na rádiové síti univerzity na Havajských ostrovech
 - řídký provoz
- netestuje se obsazenost média, rovnou se vysílá
- kolize se detekuje tak, že do časového limitu nepřijde potvrzení
 - po vypršení časového limitu opakování pokusu
 - před opakováním náhodné pozdržení (aby nedošlo k synchronizaci a opakované kolizi)
- dodnes používáno pro rádiové a družicové sítě, kde velké zpoždění signálu nebo konstrukce anténních obvodů zamezují příposlechu vlastního vysílání

© 2005 Petr Grygárek, FEI VŠB-TU Ostrava, Počítačové sítě (Bc.)

6

Prostá Aloha



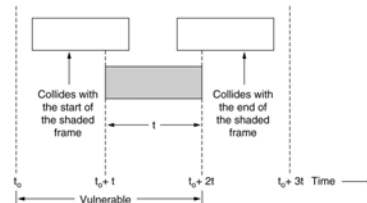
- potvrzení soutěží o kanál stejně

© 2005 Petr Grygárek, FEI VŠB-TU Ostrava, Počítačové sítě (Bc.)

7

Kolizní slot prosté Aloha

- dvojnásobek doby vysílání rámce (timeslotu)
 - rámec bude zarušen koncem cizího rámce, pokud ten začne v předchozím timeslotu, nebo začátkem cizího rámce, pokud začne v aktuálním timeslotu



© 2005 Petr Grygárek, FEI VŠB-TU Ostrava, Počítačové sítě (Bc.)

8

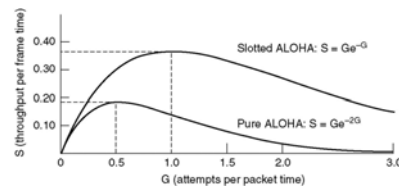
Taktovaná Aloha

- vysílat se smí začít jen v okamžicích začátků časových úseků pro odeslání jednoho rámce
- kolizní slot je poloviční, efektivita dvojnásobná
 - Přenos bude úspěšný, pokud na začátku timeslotu začne vysílat právě jedna stanice; neúspěšný pokud stanic více.
 - Vlivem kolize bude ztracen nejvýše jeden timeslot

© 2005 Petr Grygárek, FEI VŠB-TU Ostrava, Počítačové sítě (Bc.)

9

Efektivita metod Aloha



- maximální využití kapacity kanálu 18.4% (Aloha), resp. 37% (taktovaná Aloha)
- rámec opakován průměrně 3x.
- pokles průchodnosti pro rostoucí celkový tok
- exponenciální závislost, malý vzrůst zátěže může významně zvýšit počet opakování a snížit průchodnost kanálu
 - při překročení určité mezní zátěže zablokovaný stav, pravděpodobnost přenosu nepoškozeného rámce klesá k nule
=> nezbytná explicitní modifikace parametrů sítě (řízení)

© 2005 Petr Grygárek, FEI VŠB-TU Ostrava, Počítačové sítě (Bc.)

10

Řízená Aloha

- řízená změna intenzity opakování podle okamžitého zatížení sítě
 - vyšší intenzita opakování vede k rychlejšímu předání rámce, při blížící se zablokování je však intenzitu nutné snížit, jinak bude docházet k velkému množství kolizí
- Změna intenzity opakování heuristická, obvykle tzv. backoff (ustupování) - intenzita klesá s počtem neúspěšných pokusů
 - obvykle exponenciálně
- Případně sledování provozu na kanále (poměru obsazených a neobsazených slotů) a nastavování intenzity, aby celková zátěž kanálu nepřesáhla $G=1$
 - odpovídá maximum v předchozím grafu

© 2005 Petr Grygárek, FEI VŠB-TU Ostrava, Počítačové sítě (Bc.)

11

Carrier Sense Multiple Access (CSMA)

- Skupina metod náhodného přístupu s příposlechem nosné, tj. využití znalosti o obsazení kanálu.
- Podmínky pro aplikaci:
 - dokonalá slyšitelnost stanic
 - malé zpoždění signálu
- Podmínky platí v LAN. Při nesplnění těchto podmínek má efektivitu horší, než Aloha.

© 2005 Petr Grygárek, FEI VŠB-TU Ostrava, Počítačové sítě (Bc.)

12

Naléhající CSMA (1-persistent CSMA)

- před odesláním rámce se testuje stav kanálu
- je-li kanál obsazen, odloží se vysílání na okamžik jeho uvolnění
- riziko kolize stanic čekajících na uvolnění kanálu
- při kolizi čekání náhodnou dobu před dalším pokusem

© 2005 Petr Grygárek, FEI VŠB-TU Ostrava, Počítačové sítě (Bc.)

13

Nenaléhající CSMA (non-persistent CSMA)

- při detekci obsazeného kanálu se počká náhodnou dobu, pak opět test obsazení.
- čekací doba se obvykle volí jako k-násobek doby průchodu signálu sdíleným médiem

© 2005 Petr Grygárek, FEI VŠB-TU Ostrava, Počítačové sítě (Bc.)

14

Řízení metod CSMA

Metody CSMA samy o sobě nezajišťují stabilitu, je nutné aplikovat vhodnou metodu řízení pro udržení kanálu v pracovní oblasti (např. regulovat intenzitu opakování)

© 2005 Petr Grygárek, FEI VŠB-TU Ostrava, Počítačové sítě (Bc.)

15

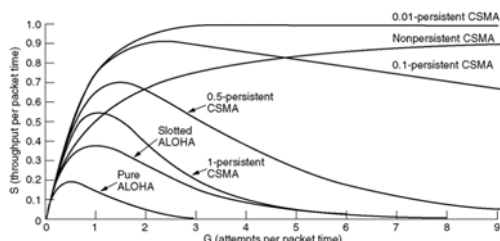
p-naléhající CSMA (p-persistent CSMA)

- při potřebě vysílání se počká na okamžik uvolnění kanálu (nebo byl volný okamžitě)
- s pravděpodobností p začne vysílat, s pravděpodobností $(1-p)$ se počká 1 timeslot.
 - toto se opakuje do úspěšného odeslání rámce
- pokud mezitím začala vysílat jiná stanice, počká se náhodnou dobu (jako při kolizi)
- volbou p lze nastavit optimální využití kanálu pro danou zátěž
 - pro $p=1$ jde o naléhající CSMA
 - pro velmi malá p značně narůstá průměrná doba doručení paketu

© 2005 Petr Grygárek, FEI VŠB-TU Ostrava, Počítačové sítě (Bc.)

16

Efektivita metod CSMA a srovnání s Aloha



© 2005 Petr Grygárek, FEI VŠB-TU Ostrava, Počítačové sítě (Bc.)

17

CSMA/CD (CSMA with Collision Detection)

- CSMA s detekcí kolize (sledování vlastního vysílání)
 - HW musí umožňovat detekci kolize
 - posun SS složky u koax Ethernet
 - signál na přijímacím páru u TP Ethernet
- před vysláním musí být na médiu klid po dobu kolizního slotu
- další postup odpovídá naléhající CSMA
- okamžité ukončení vysílání po detekci kolize
 - kanál se zbytečně nezaplňuje rámcem, který je stejně zkolidován
 - pošle se 32bit kolizní signál (jam) – oznámení kolize všem stanicím
 - po kolizi čekání náhodnou dobu před dalším pokusem (backoff)

© 2005 Petr Grygárek, FEI VŠB-TU Ostrava, Počítačové sítě (Bc.)

18

Časování CSMA/CD

Vzájemný vztah mezi

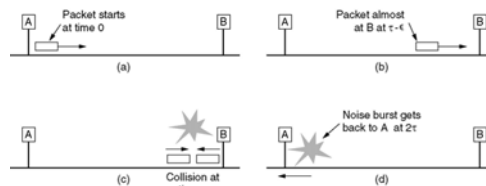
- rychlosti šíření signálu na médiu
 - + zpoždění opakovačů na segmentu
- maximální povolenou délkou segmentu
- minimální dobou vysílání rámce
 - a tedy minimální délkou rámce

© 2005 Petr Grygárek, FEI VŠB-TU Ostrava, Počítačové sítě (Bc.)

19

Minimální délka rámce

- Rámec musí být vyslán alespoň takovou dobu, jaká je nejdelší možná doba do zjištění „nejhoršího“ možného případu kolize
 - dvojnásobek doby šíření signálu mezi nejvzdálenějšími stanicemi



© 2005 Petr Grygárek, FEI VŠB-TU Ostrava, Počítačové sítě (Bc.)

20

Maximální délka kabelového segmentu

- Doba šíření mezi nejvzdálenějšími stanicemi daná
 - délkou segmentu
 - rychlostí šíření signálu v kabelu
 - (zpožděním na opakovačích/rozbočovačích)
- Tato doba nesmí být delší než doba vysílání nejkratšího možného rámce (pevně stanovena)

© 2005 Petr Grygárek, FEI VŠB-TU Ostrava, Počítačové sítě (Bc.)

21

CSMA/CD v Ethernetu

- Při detekci kolize stanice vysílá kolizní signál (jam), aby kolizi rozpoznaly všechny kolidující stanice
 - médium uvolněno do doby trvání jam posloupnosti + 2t
- Prodleva po kolizi určena algoritmem Binary exponential backoff:
 - Po kolizi čas rozdělen do slotů $2^k t$
 - slot je stanoven na základě nejdelšího zpoždění na segmentu (2,5 km kabelu + 4 opakovače 10Base5) na 51.2 usec, tj. 512 bitových intervalů
 - Po k-té kolizi se čeká náhodný počet slotů z intervalu $[0, 2^{k-1})$ (max. 1023), po 16 neúspěších se to vzdá.

© 2005 Petr Grygárek, FEI VŠB-TU Ostrava, Počítačové sítě (Bc.)

22

Deterministické metody

- Centralizované řízení
 - Přidělování na výzvu
 - Přidělování na žádost
- Distribuované řízení
 - Rezervační rámec
 - Binární vyhledávání
 - Logický kruh

© 2005 Petr Grygárek, FEI VŠB-TU Ostrava, Počítačové sítě (Bc.)

23

Deterministické metody Centralizované řízení

- jedna stanice vyhrazena jako řídící (master), ta přiděluje kapacitu kanálu ostatním (podřízeným) stanicím.
- výhodou efektivita, ale nutnost obětovat část kapacity kanálu pro komunikaci s masterem.
- závislost sítě na řídící stanici.

© 2005 Petr Grygárek, FEI VŠB-TU Ostrava, Počítačové sítě (Bc.)

24

Centralizované řízení

Přidělování na výzvu

Stanice smí vysílat jen je-li k tomu vyzvána
centrálním řídicím prvkem

Nejstarší, původně v terminálových systémech

- (nad protokoly BSC a HDLC)
- Cyklická výzva
- Binární vyhledávání

© 2005 Petr Grygárek, FEI VŠB-TU Ostrava, Počítačové sítě (Bc.)

25

Centralizované řízení
Přidělování na výzvu
Cyklická výzva

- centrální prvek periodicky nabízí stanicím právo k vysílání
- vyzývaná stanice buď vyšle rámec s daty, nebo odmítne výzvu, příp. neodpoví
- použitelné pro malé zpoždění na kanále
- rozumné pro vysoké využití kanálu většinou stanic, pro malé zatížení a velký počet stanic neefektivní

© 2005 Petr Grygárek, FEI VŠB-TU Ostrava, Počítačové sítě (Bc.)

26

Centralizované řízení
Přidělování na výzvu
Binární vyhledávání

- Při malém zatížení a velkém počtu stanic je efektivnější vyhledávat stanici s připravenou vysílat data binárním vyhledáváním.
 - Stanice se zorganizují do stromu podle jednotlivých bitů adres.
 - Řídící stanice postupně vyzývá skupiny stanic (větvě stromu) vysláním hodnoty 0/1 příslušného bitu adresy.
 - Stanice vyzvané skupiny, které chtějí vysílat, odpoví signálem na sdíleném kanále.
 - Pokud stanice zjistí, že je jediná, která odpovídá, může začít vysílat; jinak se vyzva posune o jednu úroveň dolů ve stromu.
- Podmínkou je kanál, u kterého může stanice rozpoznat, zda vysílá jedna nebo více stanic.

© 2005 Petr Grygárek, FEI VŠB-TU Ostrava, Počítačové sítě (Bc.)

27

Centralizované řízení

Přidělování na žádost

- žádosti od stanic přicházejí k řídicí stanici po vyhrazených kanálech
- řídicí stanice arbitruje požadavky a přiděluje kanál
 - informace o přidělení typicky na společném (downstream) kanále
- použití v rádiových sítích
 - pro žádosti se často využívá vyhrazeného nízkorychlostního podkanálu časového multiplexu

© 2005 Petr Grygárek, FEI VŠB-TU Ostrava, Počítačové sítě (Bc.)

28

Deterministické metody

Distribučné řízení

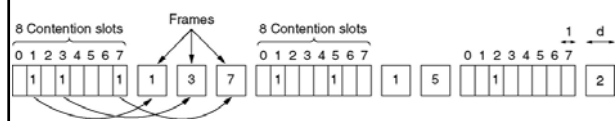
- Nezávislé na řídicí stanici
- Zpravidla složitější implementace

© 2005 Petr Grygárek, FEI VŠB-TU Ostrava, Počítačové sítě (Bc.)

29

Distribuované řízení Rezervace kanálu

- master periodicky generuje rezervační rámec
 - sloty o délce aspoň $2 \cdot T$, počet slotů odpovídá počtu stanic
- ve „svém“ slotu může každá stanice požádat o přidělení datového slotu
- datové sloty následují za rezervačním rámcem
 - jen dříve vyžádané sloty
 - na prázdném kanále neustálé opakování rezervačních rámců
- neefektivní pro velký počet stanic na rozlehlé síti s malou zátěží



Distribuované řízení Binární vyhledávání

- stanice nejprve (synchronizovaně) postupně vysílají bity své adresy
- vysílané bity se na sběrnici logicky sčítají (OR)
- jakmile stanice vysílá 0 a čte 1, chce vysílat někdo s vyšší prioritou a stanice musí umlknout
- kdo úspěšně odešle celou svou adresu, může vyslat jeden rámec

Režie pouze $\log_2(N)$ (u rezervčního rámce je to N)

Vhodnou adresací lze řešit prioritu stanic.

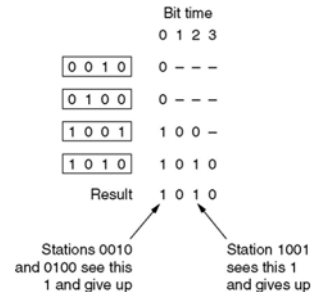
Opatření proti monopolizaci kanálu:

virtuální adresy jen pro účely přístupové metody, rotace adres vždy po odvysílání rámce

© 2005 Petr Grygárek, FEI VŠB-TU Ostrava, Počítačové sítě (Bc.)

31

Distribuované řízení Binární vyhledávání Příklad



© 2005 Petr Grygárek, FEI VŠB-TU Ostrava, Počítačové sítě (Bc.)

32

Distribuované řízení Logický kruh

- Adresy stanic tvoří cyklickou posloupnost, každá stanice zná svou adresu a adresu následníka.
- Mezi stanicemi se cyklicky předává právo k vysílání (token).
- Stanice vlastní token smí vysílat, do určité doby však musí předat token následníkovi.

Problém počátečního ustavení posloupnosti, odpojování a připojování stanic do logického kruhu za provozu.

© 2005 Petr Grygárek, FEI VŠB-TU Ostrava, Počítačové sítě (Bc.)

33

Distribuované řízení Virtuální logický kruh

Stanice s adresou m sleduje provoz na médiu a dojde-li po ukončení vysílání stanice n k uvolnění média na dobu $((m-n) \bmod N) \cdot t$, kde t je doba šíření signálu médiem a N počet stanic, pak stanice m může začít vysílat.

Jinak řečeno:

Po odvysílání rámce je každý další stanici vyhrazen časový interval, kdy smí začít vysílat, nevyužije-li jej, následuje interval další stanice.

- Nutnost synchronizace a úplné slyšitelnosti stanic.
- V oblasti malých zátěží efektivnější než logický kruh
 - odpadá režie předávání tokenu

© 2005 Petr Grygárek, FEI VŠB-TU Ostrava, Počítačové sítě (Bc.)

34

Distribuované řízení Metody přístupu u kruhových sítí

- Newhallův kruh (Token Ring)
 - stanice, která má připraven paket k vysílání, změní identifikátor příchozího Token rámce na identifikátor datového rámce a pošle svůj datový rámec
- Piercův kruh (slotted ring)
 - cirkulující minipakety s bitem indikujícím obsazenost
 - řeší potvrzování (příjemce nastaví bit v hlavičce minipaketu)
 - indikátor obsazenosti nuluje zdrojová stanice
- Vkládání rámců (vkládání/odepínání posuvného registru s rámcem do bitového toku na kruhu)

© 2005 Petr Grygárek, FEI VŠB-TU Ostrava, Počítačové sítě (Bc.)

35

Srovnání deterministických a nedeterministických metod

- zpoždění při nízké zátěži
 - U deterministických metod velká časová režie algoritmu (roste s počtem stanic)
- efektivita využití kanálu při vysoké zátěži
 - U nedeterministických metod možnost zablokování kanálu neustálými kolizemi

© 2005 Petr Grygárek, FEI VŠB-TU Ostrava, Počítačové sítě (Bc.)

36

Reference

- <http://www.ii.metu.edu.tr/~ion504/demo/lan/html/medium.html>
 - obsahuje animace v Macromedia Flash