



# Počítačové sítě a operační systémy

---

## Řízení přístupu k médiu

Jaromír Plhák  
[xplhak@fi.muni.cz](mailto:xplhak@fi.muni.cz)



# Řízení přístupu k médiu (1)

- Media Access Control (MAC)
- Přístupové metody dovolují předávat data mezi libovolnými stanicemi, aniž by jejich spojení bylo rušeno vysíláním jiné stanice
  - Jedná se o strategii, kterou používají stanice na síti pro přístup k přenosovému médiu
- Více zařízení sdílí jednu komunikační linku
- Zařízení chtějí nezávisle komunikovat
  - A posílat data skrze sdílenou linku

# Řízení přístupu k médiu (2)

- Řízení přístupu k médiu je založeno na metodách multiplexu, které umožňují sdílet kapacitu média
  - Multiplex je poskytován na fyzické úrovni
- Dalšími metodami jsou řízené a neřízené přístupy stanic k médiu
- Cílem je eliminace kolizí (konfliktů) při vysílání



# Způsoby přístupu k médiu (1)

---

- Řízený (deterministický) přístup:
  - Uzly získávají přístup k přenosovému médiu v předem určeném pořadí
  - Je zaručeno, že každý uzel získá přístup do sítě v časovém intervalu dané délky (obvykle několik mikrosekund až milisekund)
    - Stanice si rezervují časový díl

# Způsoby přístupu k médiu (2)

---

- Řízený (deterministický) přístup (pokr.):
  - Dále se dělí podle lokalizace řídicí autority:
    - Centralizovaný = pořadí, ve kterém stanice získávají přístup je dáno serverem
    - Decentralizovaný = pořadí je dáno fyzickým popř. logickým uspořádáním uzlů

# Způsoby přístupu k médiu (3)

- Neřízený (náhodný, pravděpodobnostní, soupeřivý) přístup:
  - Může být použitý pouze v sítích, kde jsou přenosy rozesílány všem, takže každý uzel dostane informace přibližně ve stejný okamžik
  - Pokud uzel chce vysílat, zkontroluje linku
    - Jestliže je linka obsazená, nebo pokud přenos uzlu koliduje s nějakým jiným přenosem, je přenos zrušen
  - Uzel pak čeká náhodně dlouhou dobu, než zkusí přístup znovu

# Způsoby přístupu k médiu (4)

- Protože v případě deterministických přístupových metod dostává každý uzel možnost přístupu k síti v mezích pevně daného časového intervalu, jsou tyto metody mnohem efektivnější v sítích s náročným provozem
- Uzly používající náhodné přístupové metody na zatížené síti ztrácí mnoho času pokusy získat přístup a poměrně málo času vlastním vysíláním dat

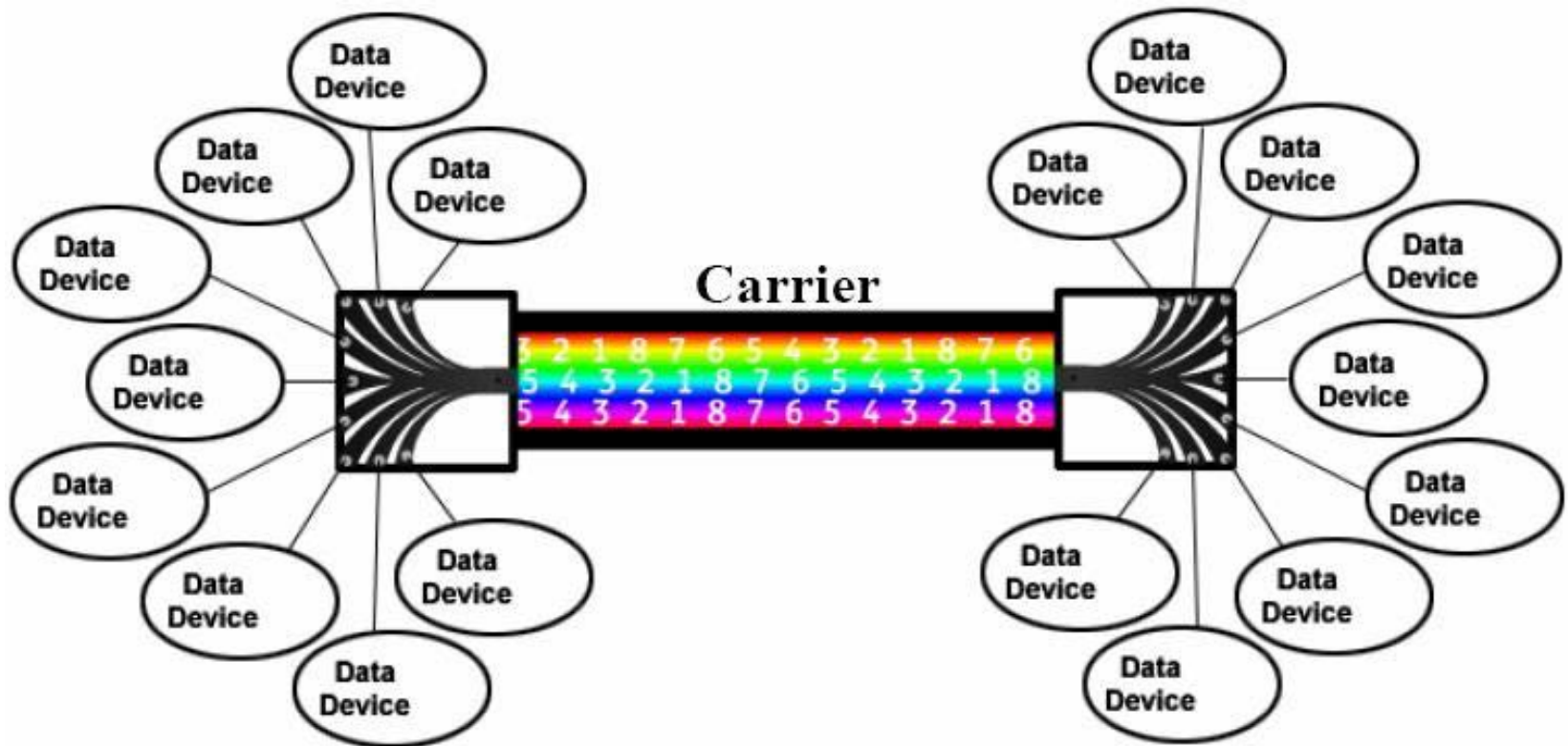
# Způsoby přístupu k médiu (5)

- Multiplexově-orientované přístupy
  - Zpřístupnění multiplexingu fyzické vrstvy vrstvě datového spoje
  - SDMA (Space-Division Media Access)
    - Sdílený prostor
  - FDMA (Frequency-Division Media Access)
    - Ve frekvenčním prostoru
  - TDMA (Time-Division Media Access)
    - Sdílený čas
  - CDMA (Code Division Media Access)
    - V kódovém prostoru
- Nebo kombinací předchozích metod dohromady



# Multiplexing (1)

- MUX/DEMUX



# Multiplexing (2)

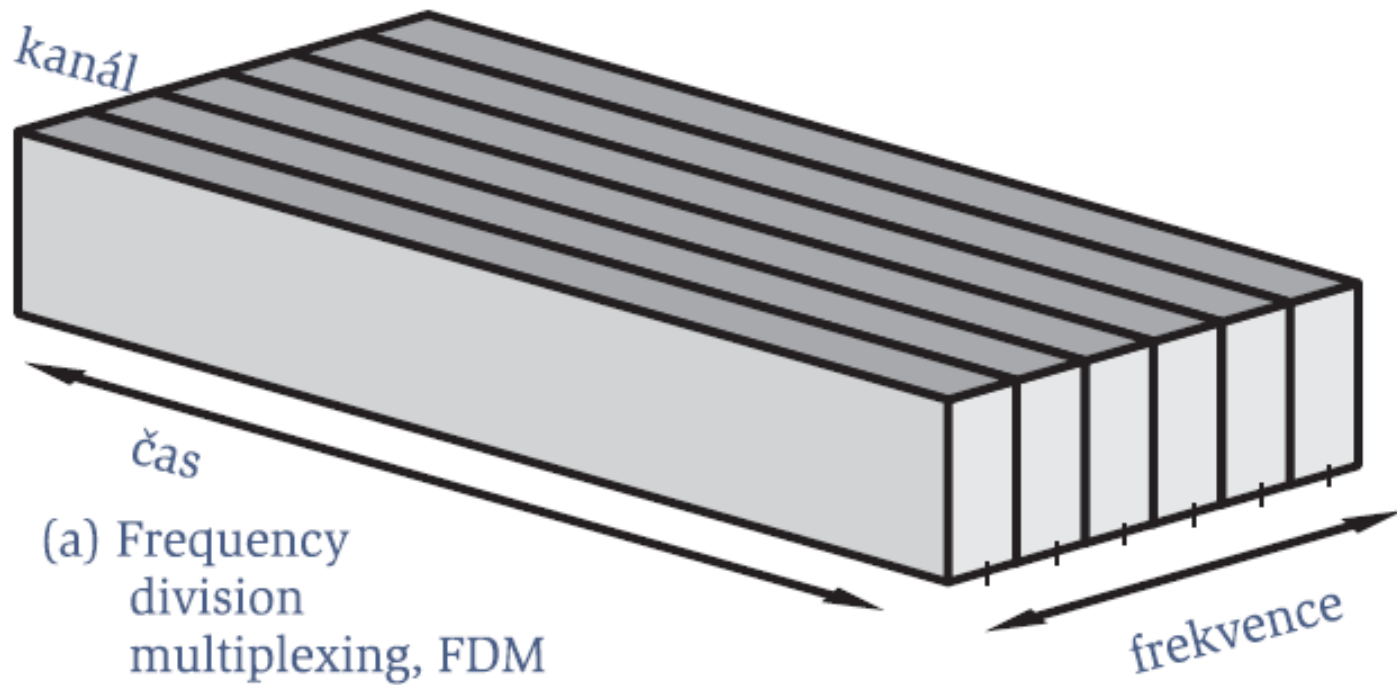
- Technika sdílení dostupné přenosové kapacity přenosového média souběžnými komunikacemi
- Cílem je efektivnější využití média
  - Uplatnění zejména u optických vláken a bezdrátu
- Pro analogové signály:
  - Frequency-Division Multiplexing (FDM)
  - Wave-Division Multiplexing (WDM)
- Pro digitalní signály:
  - Time-Division Multiplexing (TDM)

# Multiplexing – příklady

- Frekvenční prostor
  - Telefonie – 4 kHz pro jeden hovor
  - Seskupení hovorů mezi ústřednami
  - 12 hovorových kanálů po 4 kHz – pásmo 60-108 kHz
- (Geo) prostor
  - Auta na dálnicích ve více pruzích
- Časový prostor
  - Auta na dálnici v jednom pruhu – každé v jednom čase na jiném místě využívá celou kapacitu pruhu

# Frekvenční multiplexing (1)

- Využitelná šířka pásma média je větší než požadovaná šířka pásma daného signálu



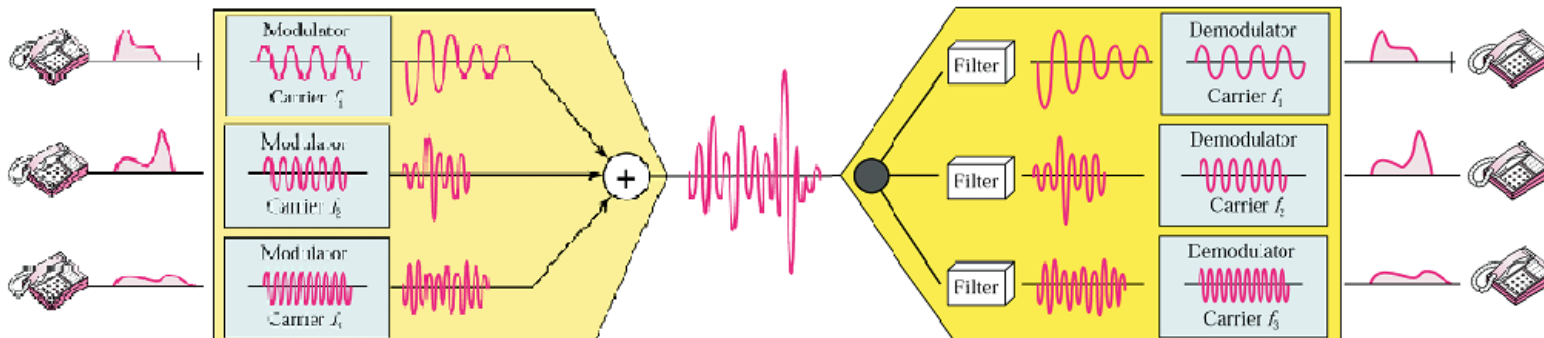
# Frekvenční multiplexing (2)

- Každý přenášený signál je modulován samostatným nosným signálem s unikátní nosnou frekvencí
- Modulované nosné signály se kombinují do nového signálu, který se přenáší spojem
  - Multiplexory
- Například pro telefonní spoje mezi ústřednami

# Frekvenční multiplex (3)

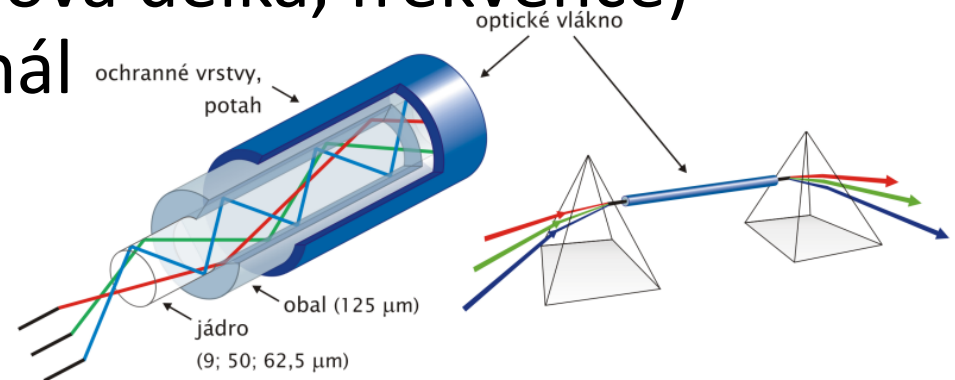
- Při přenosu vzduchem netřeba fyzicky realizovat multiplexory/demultiplexory, stanice mohou vysílat na odlišných frekvencích
- Vhodné pro analogové signály
  - Je typický pro současný přenos různých typů analogových informací (rozhlas, televize)
- Nevýhody
  - Pokud se nevysílá souvisle, plýtvá se šířkou pásma
  - Jsou nutné ochranné odstupy frekvenčních pásem

# Frekvenční multiplex (4)



# Dělení vlnové délky

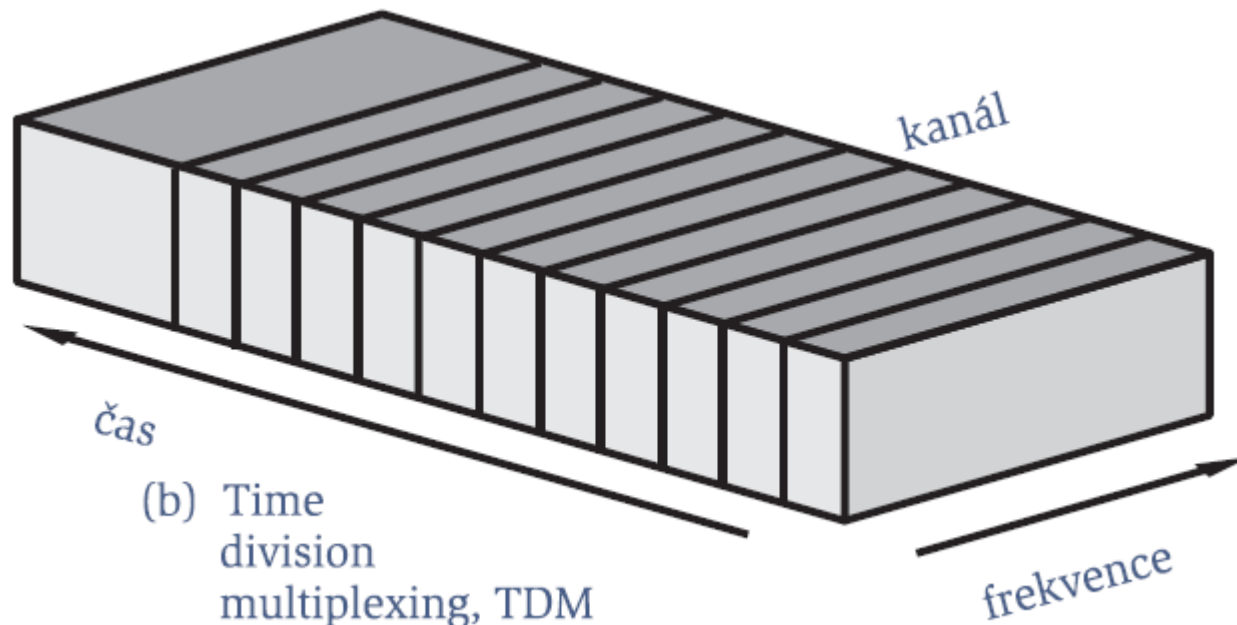
- Wave division multiplexing
- Varianta FDM pro optické signály (optická vlákna)
- Použití více světelných paprsků na různých frekvencích
  - Paprsky se rozkládají v hranolu
- Každá barva světla (vlnová délka, frekvence) reprezentuje jeden kanál
- Lze využít i polarizace





# Časový multiplexing (1)

- Dosažitelná rychlost přenosu dat v médiu je větší než požadovaná rychlost přenosu dat daného signálu

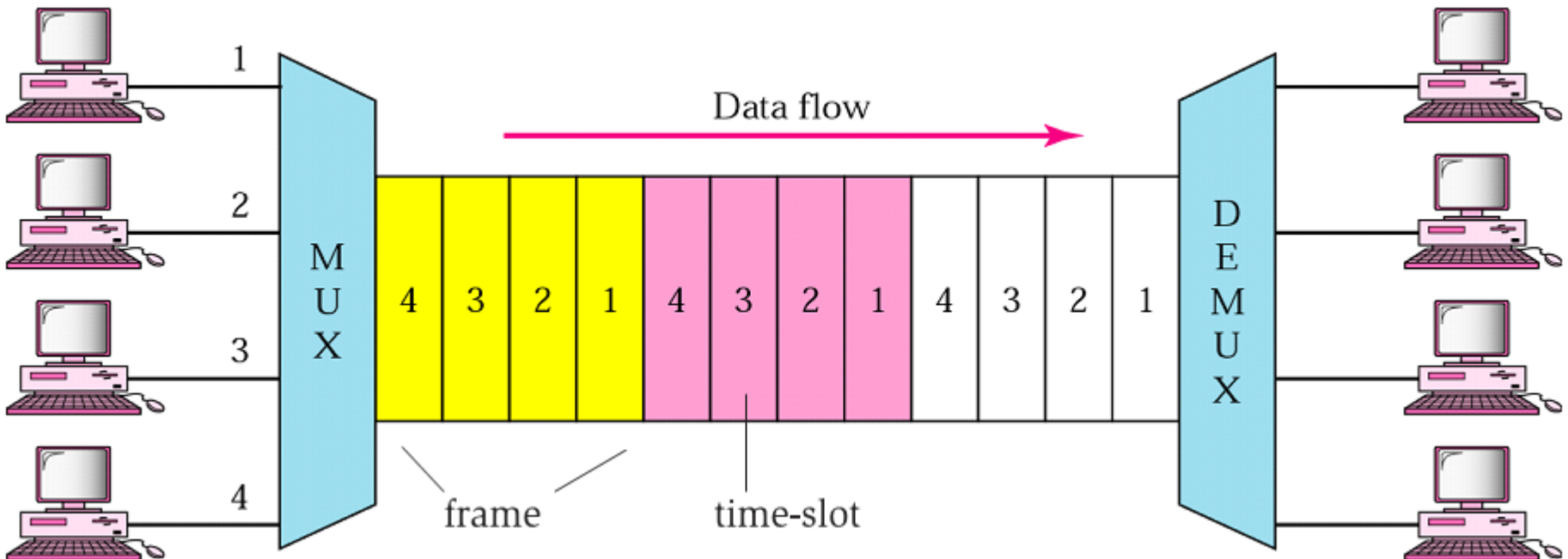


# Časový multiplexing, TDMA (2)

- V libovolném okamžiku kanál využívá výhradně jeden vysílající (po jistou dobu)
- Vysoká propustnost i při mnoha vysílajících
- Nutnost precizní synchronizace vysílače a přijímače
- Pro digitální i analogové signály
- Každý účastník má přidělen časový úsek (slot) jehož trvání závisí na počtu účastníků, kteří potřebují vysílat a na prioritě účastníka jemuž je časový slot přidělen

# Časový multiplexing, TDMA (3)

- Typická u LAN





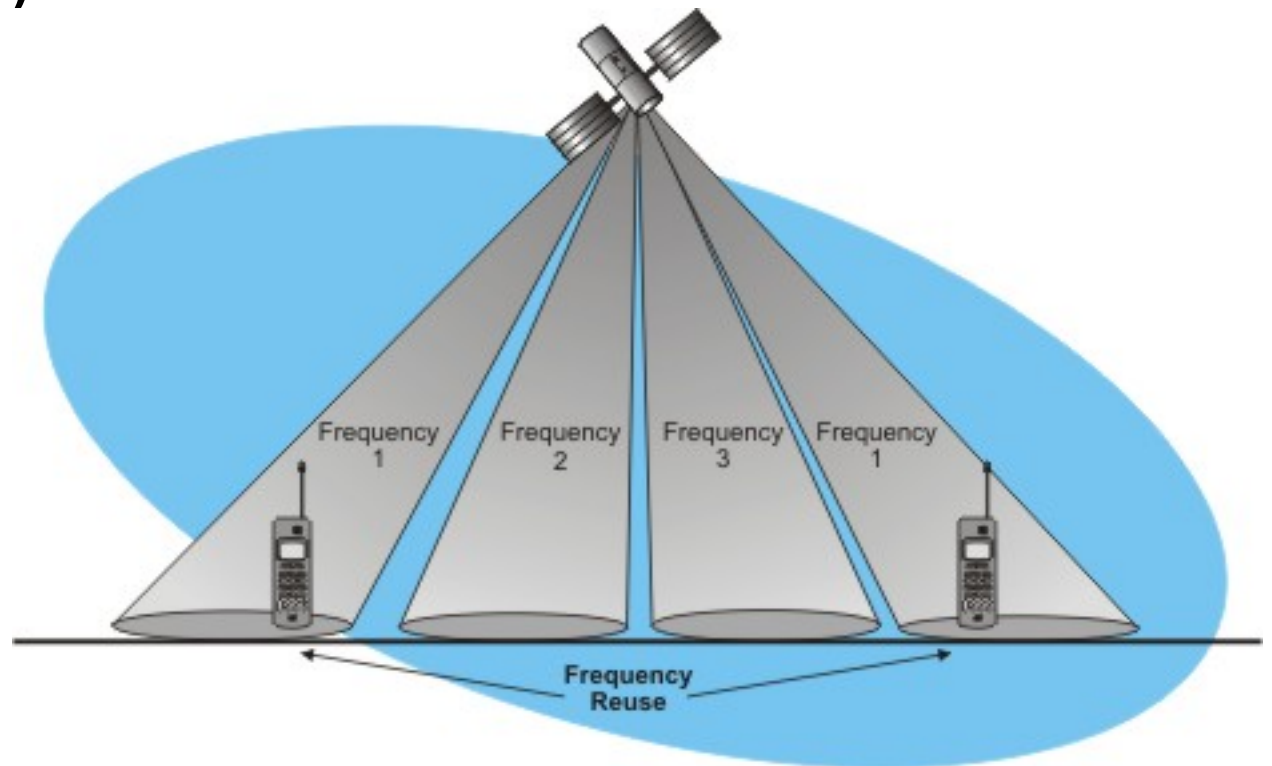
# Časově-frekvenční multiplexing

---

- Kombinace FDM a TDM
- Komunikační kanál dostane jisté frekvenční pásmo na určitou dobu
  - GSM, FHSS
- Lepší ochrana proti odposlechu
- Ochrana proti interferenci frekvencí
- Nutná precizní synchronizace

# Prostorový multiplex, SDMA

- Prostor se segmentuje pomocí směrových antén (GSM)



# Kódový multiplex, CDMA (1)

- Založeno na teorii kódování, všechny stanice používají šířku pásma současně, každá vysílaný signál unikátně kóduje
- Každý signál kódován unikátním kódem
  - Přijímač vše ostatní vnímá jako šum
  - V reálné praxi např. 128 bitů
  - Kódový prostor je proti frekvenčnímu prostoru obrovský (např.  $2^{32}$ )

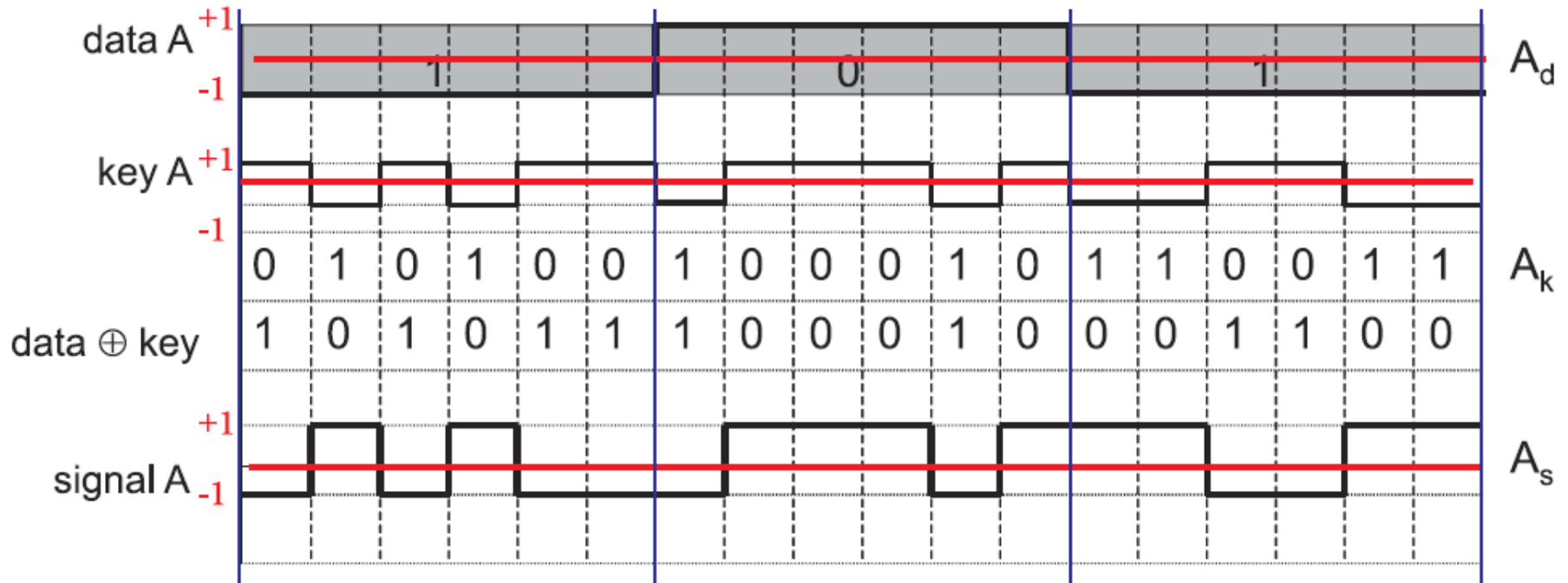


# Kódový multiplex, CDMA (2)

---

- Signály používají stejnou frekvenci
- Efektivní využití šířky pásma
- Není potřeba precizní synchronizace
- Dobrá ochrana proti odposlechu
- Nižší rychlosti
- Složitější regenerace signálu

# Kódový multiplex, CDMA (3)





# Přístupy k médiu (připomenutí)

- Řízený (deterministický) přístup:
  - Uzly získávají přístup k přenosovému médiu v předem určeném pořadí
  - Centralizovaný (polling)
  - Decentralizovaný (token passing)
- Neřízený (náhodný, pravděpodobnostní, soupeřivý) přístup:
  - Pokud uzel chce vysílat, zkontroluje linku. Jestliže je linka obsazená, nebo pokud přenos uzlu koliduje s nějakým jiným přenosem, je přenos zrušen
  - CSMA/CA, CSMA/CD

# Polling (1)

- Metoda, při které se v předem daném pořadí neustále testují jednotlivé počítače v síti
- Toto testování je prováděno formou výzev, kdy každý počítač je vyzván, zda-li vyžaduje pozornost (potřebuje vysílat)
- Počítač může přistoupit k síti pouze je-li k tomu vyzván

## Polling (2)

- Zasílání výzev provádí zpravidla jeden centrální počítač (server), který také bývá označován jako controller popř. poller
- Jedná se o metodu používanou zejména v sítích s jedním centrálním počítačem a k němu připojenými terminály

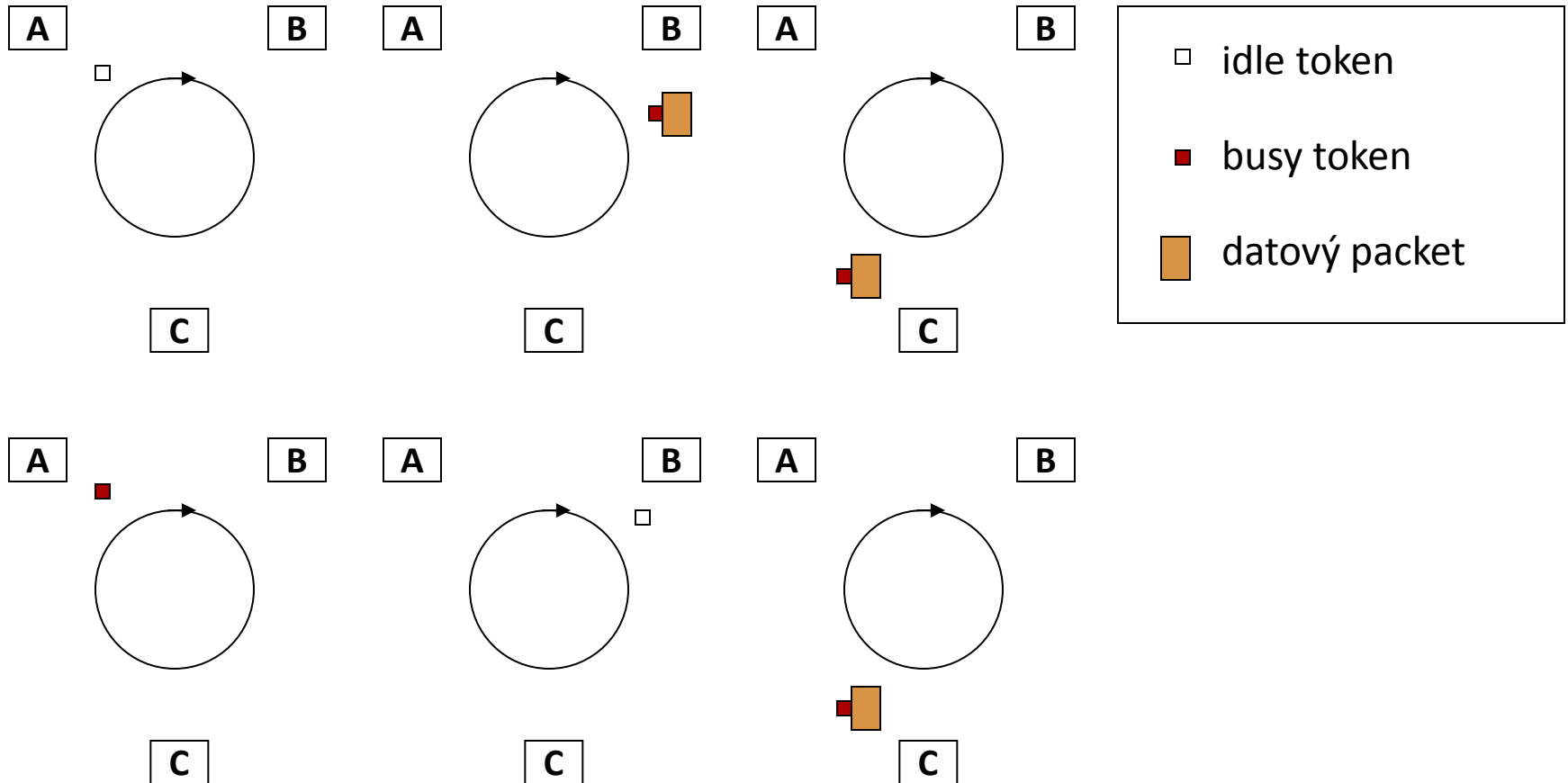
# Token passing (1)

- Přístupová metoda, která využívá speciální paket, tzv. token (pešek), k tomu, aby uzly v síti byly informovány o tom, že mohou vysílat
- Vysílat může pouze uzel, který obdržel peška
- Pešek je vytvořen při inicializaci sítě
- Za jeho vytvoření je obvykle zodpovědný server či nějaká předem určená stanice

# Token passing (2)

- Vygenerováním peška jsou následně zahájeny síťové operace
- V této metodě je pešek předáván z uzlu na uzel podle předem dané sekvence (logické nebo fyzické)
- Pešek je v libovolném okamžiku:
  - Idle (dostupný)
  - Busy (používaný)

# Token passing (3)



# Token passing (4)

- Proces předávání peška:
  - Uzel, který obdrží idle peška a chce vysílat, jej označí jako busy a pošle peška s připojeným datovým paketem dalšímu uzlu
  - Datový paket společně s peškem je předáván z uzlu na uzel dokud nedosáhne svého adresáta
  - Příjemce (adresát) potvrdí přijatý datový paket zasláním peška (příp. peška společně s datovým paketem) zpět odesílateli
  - Odesílatel uvede peška opět do stavu idle a předá jej dalšímu síťovému uzlu

# Token passing (5)

- Sítě pracující na principu předávání peška většinou vlastní mechanismy pro nastavení priorit získání peška
- Sítě využívající předávání peška rovněž vyžadují přítomnost tzv. aktivního monitoru (AM) a jednoho nebo více pohotovostních monitorů (SM)
- Úlohu aktivního monitoru plní zpravidla uzel, který peška vygeneroval



# Token passing (6)

- AM dále sleduje stav peška a v případě, že dojde k jeho ztrátě nebo poškození (po jistou dobu AM neobdrží korektního peška), vygeneruje peška nového a obnoví tak provoz na síti
- SM kontrolují, zda AM provádí svou činnost a pokud dojde k jeho výpadku, tak jeden z SM se stává novým AM a síť se tak stává opět funkční

# Aloha

- Stanice vysílá kdykoliv ma připravený rámeček
- Kolize detekovány nepřijetím potvrzení o přijetí v definovaném časovém intervalu
- Po kolizi náhodnou dobu vyčká a zkusí vysílat znovu
- Neefektivní



# Carrier Sense Multiple Access (1)

---

- Upravená Aloha
  - Stanice vysílá, když je klid v komunikačním médiu
- Protokol naslouchání signálu s vícenásobným přístupem (a detekcí kolizí)
- Slouží k přenosu dat mezi uzly využitím souběžného všesměrového vysílání



# Carrier Sense Multiple Access (2)

---

- Může docházet ke kolizím – dvě stanice začnou vysílat zároveň
- I kvůli tomu je omezená fyzická délka spojení
- Pokud dojde ke kolizi, musí se data poslat znovu (prodleva je náhodná)
- Počet kolizí se redukuje, ale ne zcela
  - CSMA se vždy používá ve variantě CD nebo CA



# Carrier Sense Multiple Access (3)

---

- Kdy stanice může přistupovat k médiu?
- Co může stanice dělat, když je médium obsazené?
- Jak stanice pozná, zda došlo či nedošlo ke kolizi?
- Co může stanice dělat, když došlo ke kolizi?

# CSMA/CD

- V případě metody CSMA/CD (... with Collision Detection) získává přístup k síti uzel, kterému se jako prvnímu podaří přistoupit k nečinné síti
- Uzel, který chce vysílat informace do sítě, nejprve poslouchá, zda je na síti nějaký provoz (elektrická aktivita)
- Vyslaný paket se šíří ke všem zbývajícím stanicím připojeným do sítě
  - Uzel dále pokračuje ve sledování sítě (sleduje, zda-li je na síti právě to, co tam poslal)

# Typy CSMA/CD

- Non-persistent (nenaléhající) CSMA
  - Síť volná – uzel začne vysílat
  - Síť obsazená – uzel náhodně dlouhou dobu počká a poté opět provede kontrolu obsazení sítě
- Persistent (naléhající) CSMA
  - Síť volná – uzel začne vysílat
  - Síť obsazená – uzel neustále poslouchá provoz na síti a v okamžiku, kdy dojde k jejímu uvolnění začne ihned vysílat
- P-persistent (p-naléhající) CSMA
  - Síť volná – uzel začne s pravděpodobností  $p$  ihned vysílat a s pravděpodobností  $1-p$  počká jednu časovou jednotku, po níž znovu testuje obsazení sítě
  - Síť obsazená – uzel neustále poslouchá dokud se síť neuvolní a poté postupuje stejně jako v případě, kdy je síť volná

# CSMA/CD – kolize (1)

- Je možné, že dva (nebo více) uzlů na lince detekují nepřítomnost aktivity současně a začnou vysílat v téměř stejný okamžik. Toto má za následek vznik tzv. kolize
- Kolize je detekována tak, že uzly, které vyslaly své pakety a sledují síť, zjistí, že na přenosovém médiu se vyskytují jiné informace, než ty, které tam vyslaly



## CSMA/CD – kolize (2)

- Každý uzel, který detekoval kolizi zruší svůj přenos vysláním rušícího signálu – jam signal
- Poté počká náhodně dlouhou dobu a pokusí se k síti přistoupit znovu
- Náhodně dlouhá doba (u každého uzlu jiná) zaručuje poměrně vysokou pravděpodobnost, že nedojde znovu ke kolizi mezi stejnými uzly

# CSMA/CD – přijetí paketu

- V sítích s CSMA/CD každý uzel poslouchá každý paket:
  - Uzel nejprve zkontroluje, zda-li se nejedná o fragment způsobený kolizí
  - Pokud ano, tak jej ignoruje
  - Nejedná-li se o fragment, uzel zkontroluje jeho cílovou adresu a pokud nastane jeden z následujících případů tak jej zpracuje
    - Cílová adresa je adresou tohoto uzlu
    - Jedná se o broadcast nebo multicast

# CDMA/CD zhodnocení

- CSMA/CD podává nejlepší výsledky, je-li síťová aktivita pouze mírná
- Naopak nejhorších výsledků dosahuje, jestliže se síťový provoz skládá z množství malých zpráv
- Tato přístupová metoda je využívána např. v sítích typu:
  - Ethernet (FastEthernet - vyjma 100BaseVG)
  - EtherTalk, G-Net, AT&T's StarLAN

# CSMA/CA

- Metoda CSMA/CA (... with Collision Avoidance) je podobná jako CSMA/CD metoda, s tím rozdílem, že je zde snaha o vyhnutí se kolizím
- Je nutné dodržovat vždy tzv. minimální rozestup mezi následujícími pakety (přibližně 200 mikrosekund)



# Principy CSMA/CA (1)

- Pokud uzel chce vysílat, poslouchá zda-li je na síti nějaká aktivita
- Pokud ano, počká náhodně dlouhou dobu a poté se pokusí k síti přistoupit znovu
- Pokud je síť nečinná (je na ní volno), pošle uzel signál RTS (Request To Send)

# Principy CSMA/CA (2)

- V případě, že se nejedná o broadcast:
  - RTS je adresován konkrétnímu uzlu
  - Vysílající uzel čeká na signál CTS (Clear To Send), kterým adresát odpoví na RTS
  - Signály RTS a CTS musí být poslány během předdefinovaného časového intervalu v opačném případě odesílatel předpokládá kolizi
  - Pokud odesílatel obdrží CTS, provede se přenos, pokud ne (RTS nebo CTS se poškodily), přenos se odloží

# Principy CSMA/CA (3)

---

- V případě broadcastu:
  - RTS je adresován na speciální adresu, která značí broadcast (255)
  - Nečeká se na CTS a okamžitě začíná přenos
  - RTS tedy slouží více jako prostředek k upoutání pozornosti, než jako žádost

# CDMA/CA zhodnocení

---

- Vyhýbání se kolizím vyžaduje méně složité obvody než detekce kolizí
- Kolizím se však nelze vyhnout vždy
  - Pokud se objeví jsou řešeny programově
- Využití v bezdrátových sítích
- Využívána v sítích firmy Apple MacIntosh