

KOMUNIKAČNÍ TECHNOLOGIE (BPC-KOM)

Ústav telekomunikací

Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií

VUT v Brně

doc. Ing. Jan Jeřábek, Ph.D.

jerabekj@feec.vutbr.cz

PRINCIPY KOMUNIKAČNÍCH TECHNIK



Plán přednášky

3

- Způsoby přenosu informace (dat)
- Architektura a topologie sítí
- Jiné členění sítí a technologií - dle velikosti
- Vícenásobné využití přenosových cest
- Časové dělení
- Kmitočtové dělení
- Metody zajištění obousměrné komunikace

Způsoby přenosu informace (dat)

4

- Existuje několik základních způsobů přenosu, voleny zpravidla na základě povahy signálu
- Dva základní příklady signálu s odlišnou povahou
 - ▣ **hovorový signál**
 - malé mezery mezi přenášenou informací (nadbytečnost)
 - citlivý na zpoždění
 - ▣ **obecná data**
 - obvykle v dávkách
 - přenos musí být spolehlivý
 - zpoždění není kritické
- **Čtyři základní způsoby**
 - ▣ komutace okruhů
 - ▣ komutace zpráv
 - ▣ komutace paketů
 - ▣ komutace rámců

Komutace okruhů (circuit switching)

5

- vytváří se fyzické spojení mezi koncovými účastníky (dočasná přenosová cesta), i uvnitř spojovacích uzlů
- Nutnost sestavit spojení před vlastním přenosem informace
 - ▣ rezervace prostředků a kapacit pro následný přenos
 - ▣ zdržení zahájení přenosu (cca 5 sekund)
- Z hlediska nákladů drahé spojení
 - ▣ platí se za celou dobu sestaveného spojení
- Převážně pro přenos hovorových signálů
 - ▣ klasická pevná síť
 - ▣ mobilní telefonní síť
- Pro datové sítě nepříliš obvyklý způsob přenosu

Komutace zpráv (message switching)

6

- nevytváří se fyzické spojení mezi přijímačem a vysílačem
- zdroj informace vyšle zprávu do prvního uzlu, dojde k uložení, kontrole, a poté odeslání do dalšího uzlu směrem k příjemci dat
- velké nároky na mezilehlé uzly
 - ▣ musí celé zprávy uchovat ve svých pamětech (sít typu *store-and-forward*)
- každá zpráva nese informaci o svém cíli
- výhodou že vždy zatěžována pouze ta část sítě, kterou se právě zpráva přenáší
- Pro datové sítě taktéž neobvyklé

Komutace paketů (packet switching)

7

- obdobné vlastnosti jako komutace zpráv
- dlouhá zpráva rozdělena na bloky dat (pakety) proměnné délky, s definovanou maximální délkou
- sítě jsou přenášeny jednotlivé pakety, obdobně jako v předcházejícím případě celé zprávy (taktéž *store-and-forward*)
- problémy s pořadím doručení paketů k cíli
 - nestačí pouhé zabezpečení proti chybám
 - metoda vyžaduje dodatečné prostředky pro zajištění správnosti přenesení celé zprávy
- v současnosti nejčastější způsob přenosu v datových sítích

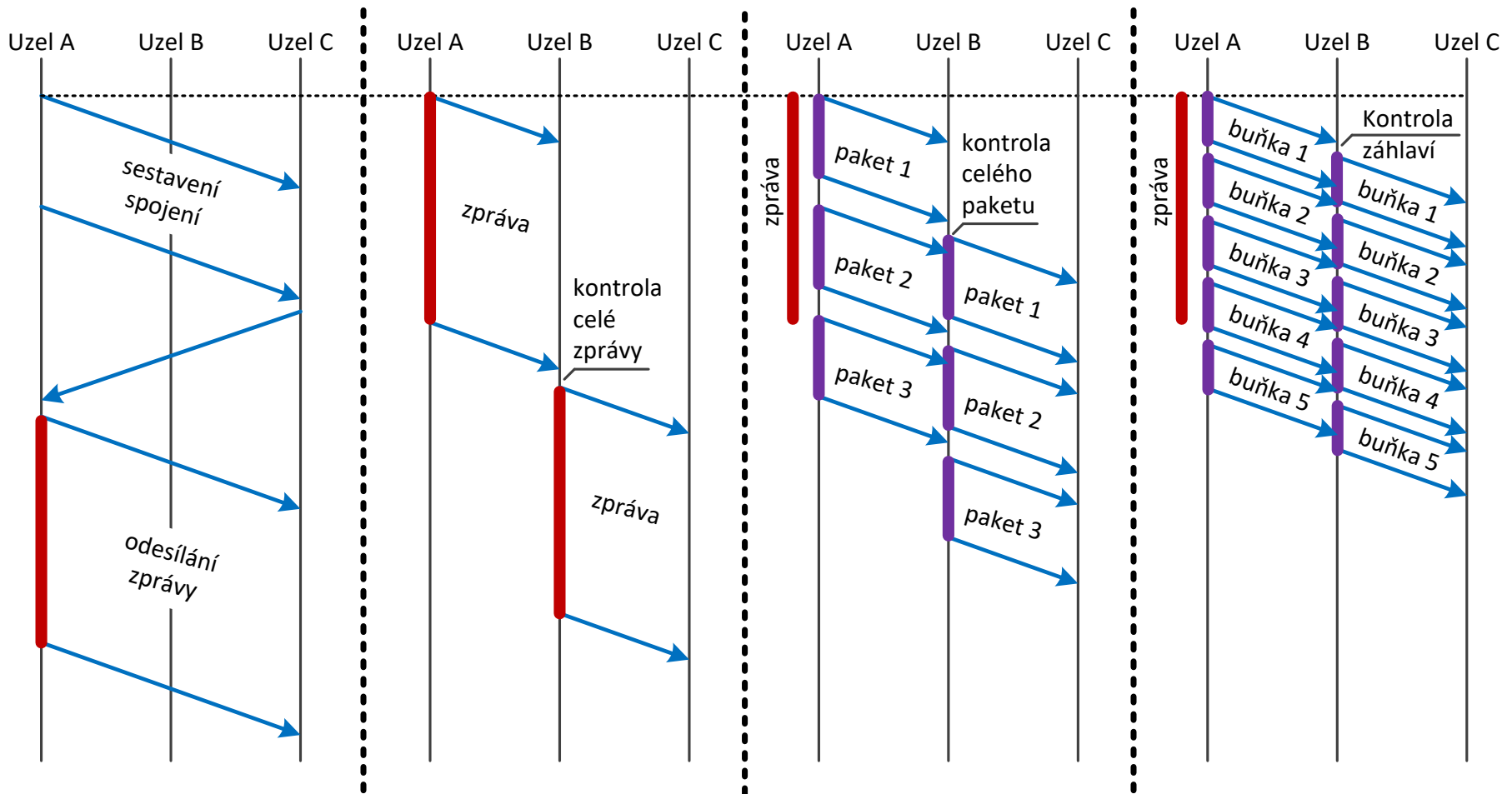
Komutace buněk (cell switching)

8

- rozdělení na menší jednotky s přesně definovanou (fixní) délkou
- při přenosu se provádí kontrola pouze u záhlaví buňky (či rámce)
 - ▣ malé zdržení přenášené jednotky v daném uzlu
- kontrola přenesených dat je na uživateli
- vhodné k přenosu řečového signálu i klasických dat
- úspora prostředků oproti komutaci okruhů
- rychlejší odezva oproti komutaci zpráv a paketů
- nevýhodou fixní velikost přenášené jednotky

Časové posloupnosti jednotlivých metod

9



□ komutace: okruhů, zpráv, paketů, buněk

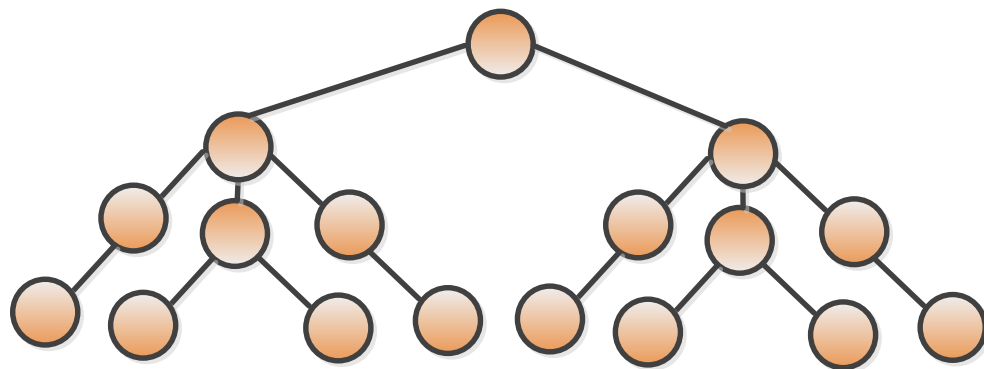
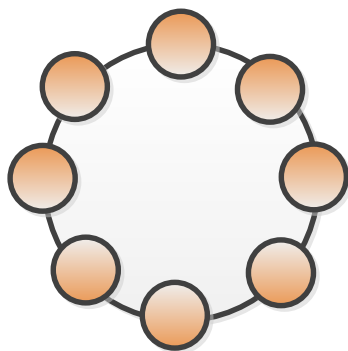
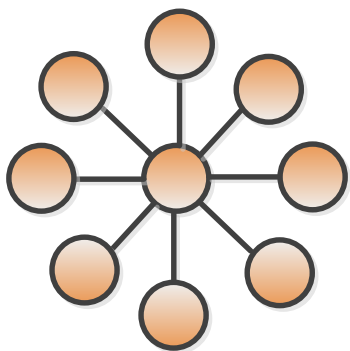
Architektura a topologie sítí

10

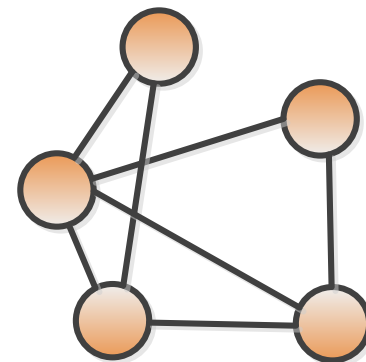
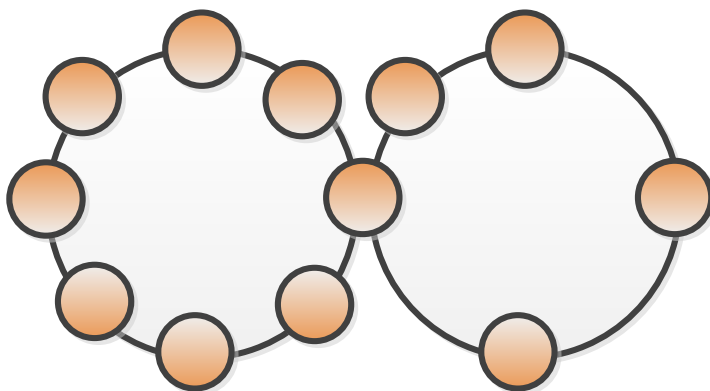
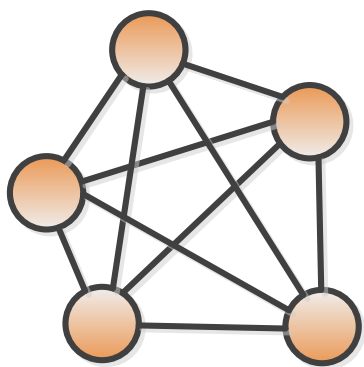
- **Dvoubodové spoje** (*point-to-point*)
 - tvořeny řadou spojů propojujících koncovou stanici s přepojovacím uzlem nebo tyto uzly navzájem
 - nepřímá výměna informace
- **Kanály se všesměrovým vysíláním** (*broadcast, popř. multipoint*)
 - Multipoint - topologické uspořádání kde může být vytvořeno více kanálů mezi různými dvěma místy
 - Broadcast - hromadný přenos z jednoho zdroje po společném kanálu do mnoha míst
 - mnohé lokální, metropolitní, rádiové či satelitní sítě; nyní nejčastěji bezdrátové sítě
 - typicky jeden sdílený komunikační kanál
 - data vysílaná kterýmkoliv uživatelem jsou přijímány všemi ostatními, reaguje pouze ten, jehož adresa je ve zprávě uvedena
 - možnost adresovat data skupině či všem počítačům pomocí speciálních adres (např. tzv. skupinové adresování - *multicast*)
 - vyžadován speciální rozhodovací mechanismus pro řešení konfliktů současné komunikace více uzlů

Topologie sítí založených na dvoubodových spojení

11



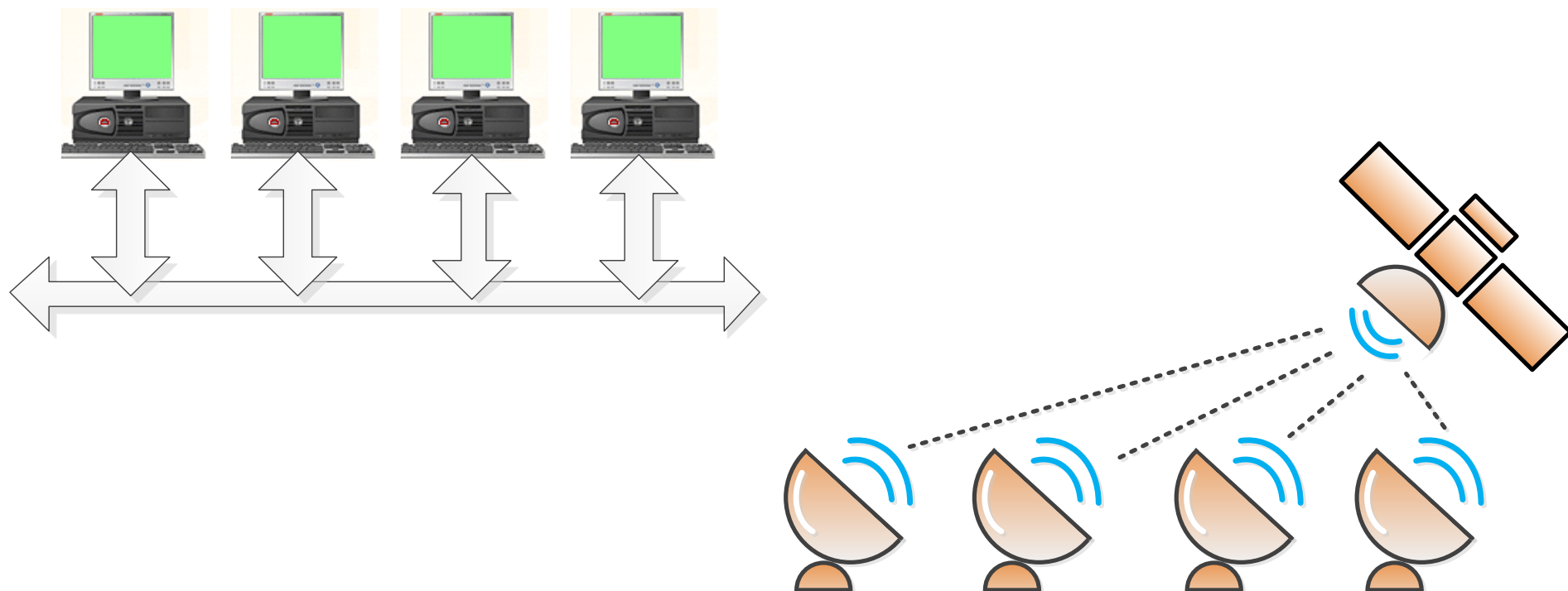
□ hvězda, kruh, strom



□ úplný polygon, propojené kruhy, obecná topologie

Topologie sítí založených na všesměrovém šíření

12



□ sběrnice, rádiové spojení

Jiné členění sítí a technologií - dle velikosti

13

- Sítě se dělí několika způsoby
 - ▣ dle organizace přenosu dat, druhu komutace jednotek
 - ▣ přenosového média
 - ▣ ...
 - ▣ **dle velikosti, dosahu nebo rozlohy**
 - neposkytuje informaci z hlediska rychlostí těchto sítí
 - všude velmi rychlé i pomalejší technologie
 - některá řešení je velmi obtížně zařadit
 - členění na
 - **Personal Area Network (PAN)**
 - **Local Area Network (LAN)**
 - **Metropolitan Area Network (MAN)**
 - **Wide Area Network (WAN)**

Personal Area Network (PAN)

14

- personální sítě využívané typicky pouze jednou osobou
- zpravidla se spíše nižšími přenosovými rychlostmi, jednotky Mbit/s
- Koncová zařízení
 - ▣ chytré telefony, nositelná elektronika (*wearables*), tablety, počítače, scannery či tiskárny
- Typicky se jedná o bezdrátové technologie
- Dosah v řádu jednotek metrů, či méně
 - ▣ USB, Firewire, **Bluetooth**, NFC (*Neer field communication*) nebo IrDA (*Infrared Data Association*)

Local Area Network (LAN)

15

- výkonný prostředek pro přenos informací v prostorově omezeném měřítku
 - ▣ typicky v rámci jedné budovy (max. v řádu km)
- rozšíření dosahu propojením více LAN, pomocí
 - ▣ mosty, opakovače
 - ▣ páteřní (*backbone*) sítě, např. MAN
- Topologie
 - ▣ Hvězda, hvězda v kombinaci s topologií typu strom
 - ▣ Sběrnice
 - ▣ dříve i kruh
- Rychlosti
 - ▣ 54 Mbit/s, 100 Mbit/s, 300 Mbit/s, 1 Gbit/s, ojediněle >10 Gbit/s
 - ▣ dříve 10 Mbit/s, popř. 11 Mbit/s
- LAN sítě (a i MAN sítě) normalizovány skupinou standardů IEEE 802

Local Area Network (LAN)

16

- Počet uzlů obvykle v řádu desítek či stovek
- Doba zpoždění přenosu mezi uzly $10\ \mu\text{s}$ – $1\ \text{ms}$
- Typicky vnitřní instalace
 - ▣ domácnosti
 - ▣ firmy
 - ▣ celé budovy
- sítě ve vlastnictví a užívání jedné organizace nebo osoby
- typické technologie
 - ▣ Fast Ethernet, Gigabit Ethernet
 - ▣ Wi-Fi
 - ▣ dříve Ethernet, Token Ring

Metropolitan Area Network (MAN)

17

- mezistupeň mezi LAN a WAN
- vysokorychlostní přenos dat mezi více lokálními sítěmi, případně mezi LAN a WAN
- rozsah je celoměstský až národní
- Nejčastější topologie
 - Kruh, hvězda, částečný polygon (partial mesh)
- rychlosti 1 Gbit/s a vyšší
- prostředky pro přenos všech typů komunikace
 - telefonní služby, video, klasická data
- Technologie
 - optické přenosy
 - rychlý Ethernet přes optická vlákna
 - dříve ATM (*Asynchronous Transfer Mode*) či FDDI (*Fiber Distributed Data Interface*)
- obvykle spravována jednou organizací, její prostředky využívány více subjekty
- zpoždění na úrovni 100 μ s až 10 ms

Wide Area Network (WAN)

18

- globální sítě, oblast v řádu stovek i tisíců kilometrů
- typicky sítě na úrovni jednotlivých států nebo kontinentů
- hlavní úlohou propojení geograficky rozprostřených LAN (MAN) sítí
- WAN síť
 - ▣ může být vystavěna na různých technologiích
 - ▣ jednotlivé segmenty sítě mohou být vlastněny různými subjekty
 - ▣ části této sítě mohou být v pronájmu (tzv. *leased lines*)
- Techniky komutace
 - ▣ přepínání paketů, buněk, ale i okruhů
- Technologie
 - ▣ POS (*Packet over SONET/SDH [Synchronous Optical Network/Synchronous Digital Hierarchy]*)
 - ▣ MPLS (*Multiprotocol Label Switching*)
 - ▣ Dříve ATM (*Asynchronous Transfer Mode*) či FR (*Frame Relay*)
 - ▣ nyní převládají optické technologie

Wide Area Network (WAN)

19

- rychlosti vysoké, zpravidla nižší než MAN a LAN
- topologie sítí WAN obecná
- požadavky na jednotlivé přenosové uzly jsou vysoké, jelikož do WAN sítě bývá připojeno větší množství subjektů
- zpoždění vyšší, 1 ms až 100 ms
- Internetworking, zkráceně **Internet**
 - ▣ propojení většího množství WAN sítí
- Autonomní systémy (AS)

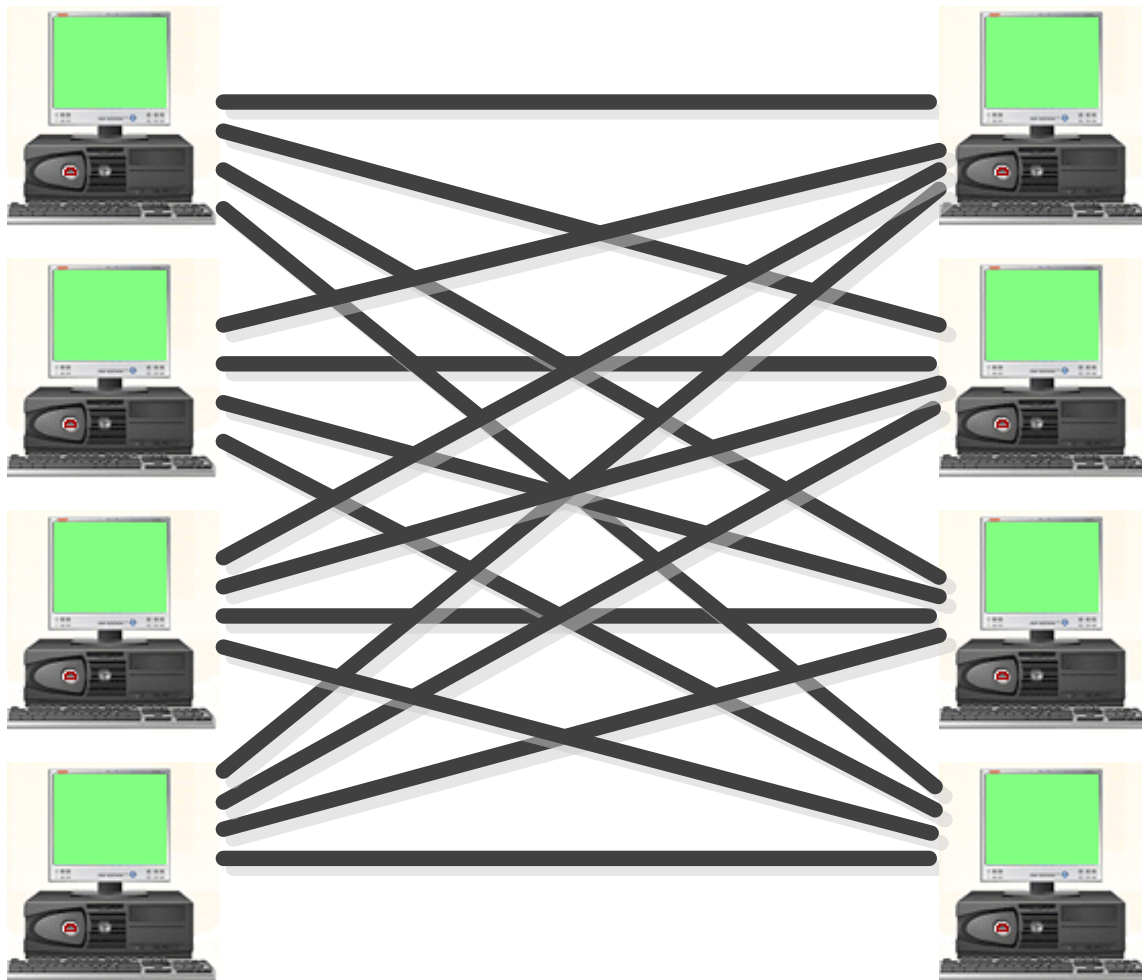
Vícenásobné využití přenosových cest

20

- úkolem komunikačních a telekomunikačních systémů před přenosem společnou přenosovou cestou
 - ▣ sdružování signálů
 - ▣ přizpůsobování sdružených signálů
- snaha o co nejefektivnější využití přenosového prostředí
- ekonomické parametry x vícenásobné využití
- technika multiplexování
 - ▣ přes jedno médium je přenášeno více signálů (dat)
 - ▣ od různých zdrojů k různým příjemcům

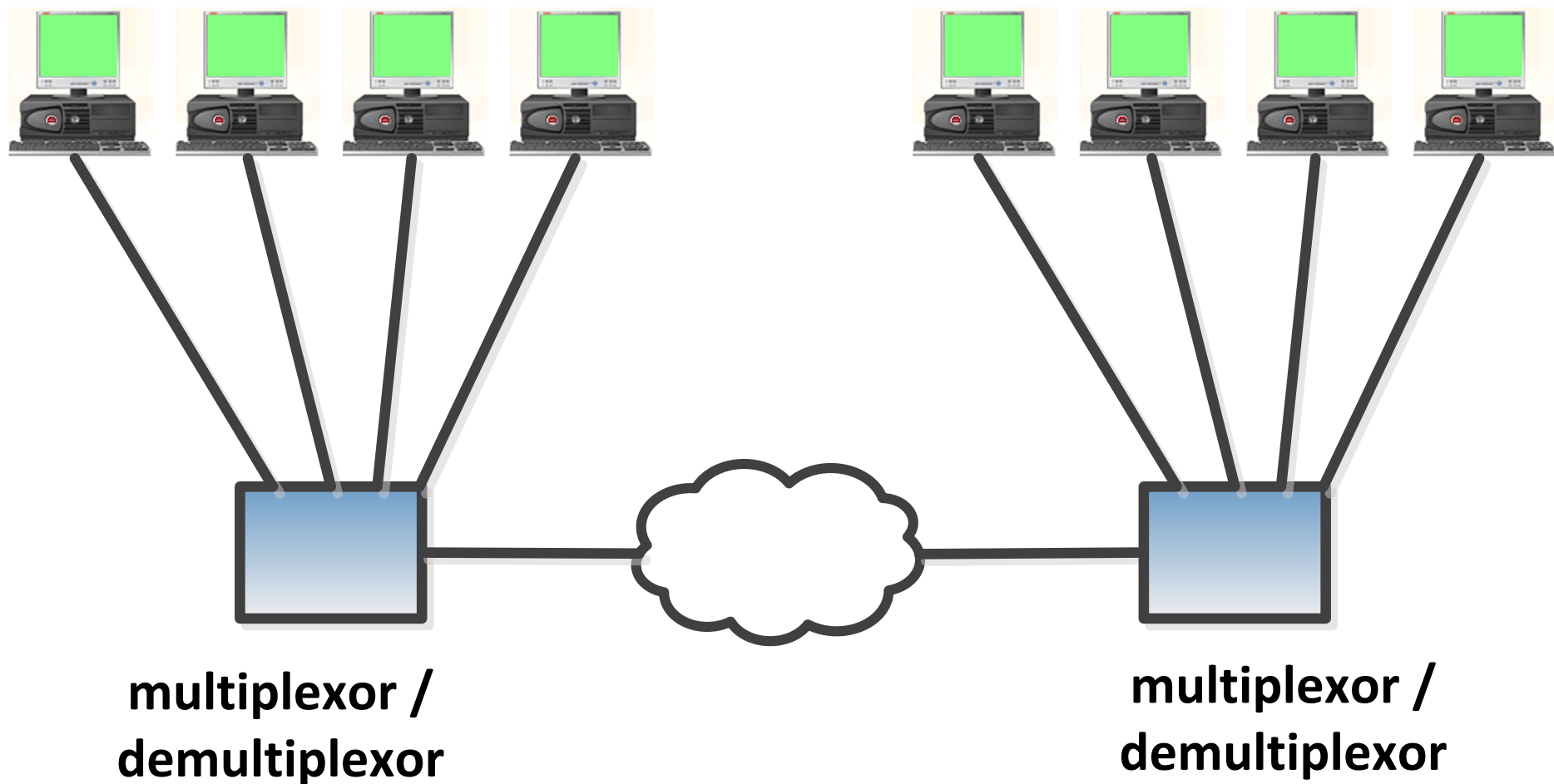
Situace bez vícenásobného využití přenosových cest

21



Vícenásobné využití přenosových cest

22



Principy vícenásobného využití přenosových cest

23

- **Prostorové dělení** (*Space-Division Multiplex* = SDM)
 - ▣ více paralelních vedení, v rámci jednoho kabelu (optika)
 - ▣ není považováno za pravé multiplexování
- **Kmitočtové dělení** (*Frequency-Division Multiplex* = FDM)
 - ▣ pro různé přenosy využívají různé kmitočty, (pásmo) v rámci dané trasy
 - ▣ Příklad: FM rádio
 - ▣ principiálně analogové technologie, lze přenášet digitální signály
 - ▣ OFDM (*Orthogonal Frequency-Division Multiplex*) – kódování digitálních dat na více nosných kmitočtů, např. u xDSL
 - ▣ viz dále

Principy vícenásobného využití přenosových cest

24

- **Vlnové dělení** (*Wavelength-Division Multiplex* = WDM)
 - ▣ varianta kmitočtového dělení používaná v optice
 - ▣ jedno optické vlákno, více signálů, odlišeny vlnovou délkou
- **Časové dělení** (časový multiplex), anglicky TDM (*Time-Division Multiplex*)
 - ▣ zejména digitální technologie
 - ▣ dochází k rychlému střídání účastníků v čase
 - ▣ viz dále

Principy vícenásobného využití přenosových cest

25

□ Přístupové metody

- konkrétní řešení multiplexování daného typu
- FDM > FDMA (*Frequency-Division Multiple Access*)
- TDM > TDMA (*Time-Division Multiple Access*)
- CDM > CDMA (*Code-Division Multiple Access*)
- běžně se techniky kombinují
- př.
 - FDMA + TDMA v rádiové části GSM

- dochází ke střídání vysílajících stanic na sdíleném médiu
- V dalším si představme, že máme čtyři stanice, označené A až D, které mohou odesílat nějaká data
- Existují tři základní přenosové režimy:
 - ▣ **Synchronní přenosový mód**
 - ▣ **Přenosový režim paketů**
 - ▣ **Asynchronní přenosový režim**

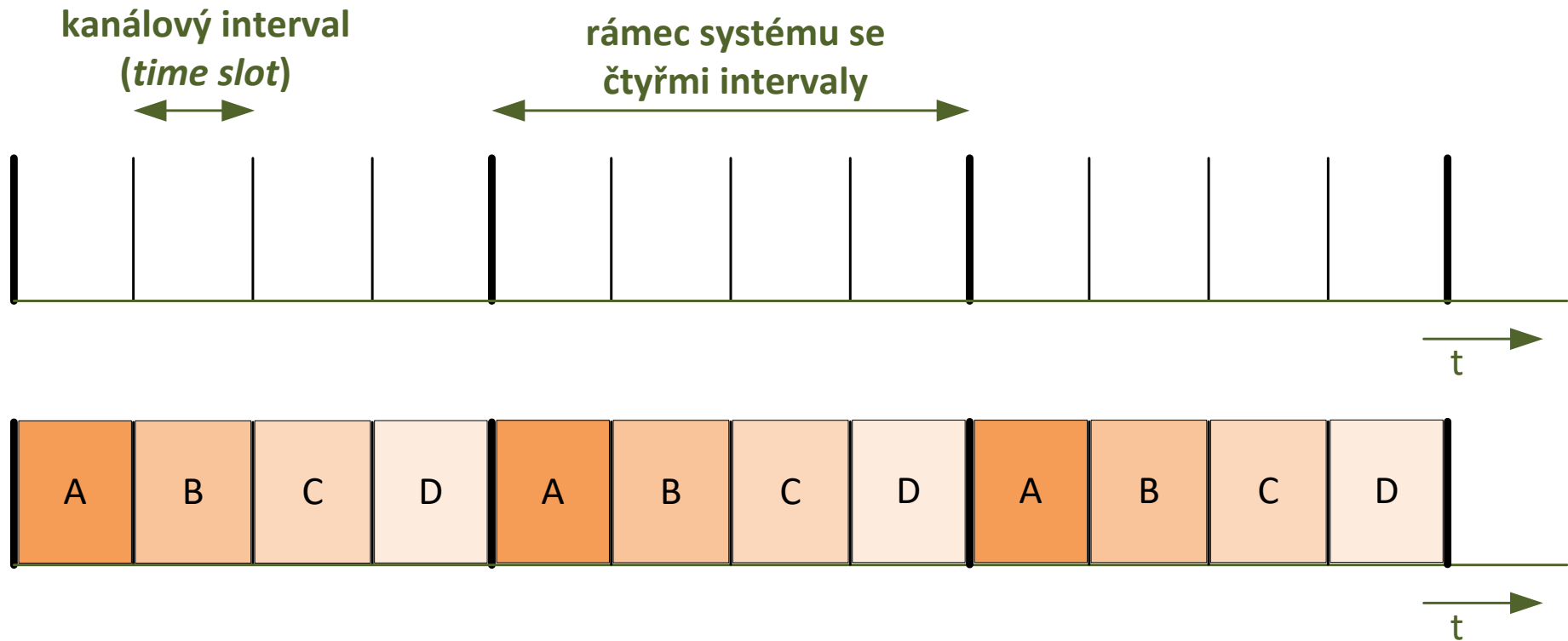
Synchronní přenosový mód

27

- odpovídá komutaci okruhů
- A, B, C, D se pravidelně střídají ve vysílání v předem daném pořadí
- každý má k dispozici pouze $\frac{1}{4}$ kapacity
- kanálový interval (*time slot*)
 - ▣ vždy stejně dlouhý úsek, kdy komunikuje jedna ze stanic
 - ▣ slotů může být až n v jednom rámci
- Výhody
 - ▣ garance konstantní rychlosti
- Nevýhody
 - ▣ systém značně neefektivní, stanice trvale blokuje $(1/n)$ kapacity systému
 - ▣ odesílaná data třeba fragmentovat na stejně velké jednotky, umístění do časového intervalu
- př.
 - ▣ přístupová část GSM sítí ($8 \times TS$)
 - ▣ přenosový systém PCM (*Pulse-Code Modulation*)

Synchronní přenosový mód

28



Přenosový mód paketů

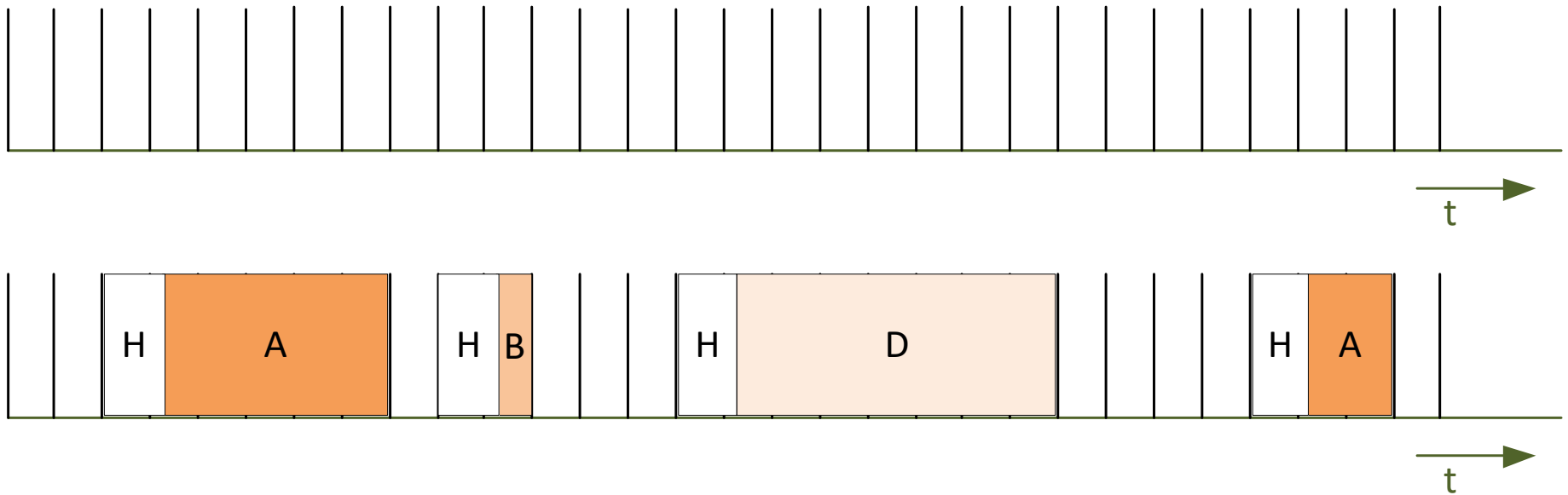
29

- odpovídá komutaci paketů
- připouští proměnnou délku zpráv, nerovnoměrné rozdělení kapacity mezi vysílací stanice
- zprávy jsou odesílány pokud k tomu existuje požadavek
- výhody
 - ▣ flexibilnější než synchronní režim
- nevýhody
 - ▣ bez dalších mechanismů nezajišťuje vysílacím stanicím žádnou přenosovou kapacitu
 - ▣ systém může být zablokován
 - ▣ každá zpráva musí obsahovat řídicí záhlaví
- př.:
 - ▣ současné datové sítě

Přenosový mód paketů

30

bitové pozice v rámci systému



Asynchronní přenosový mód

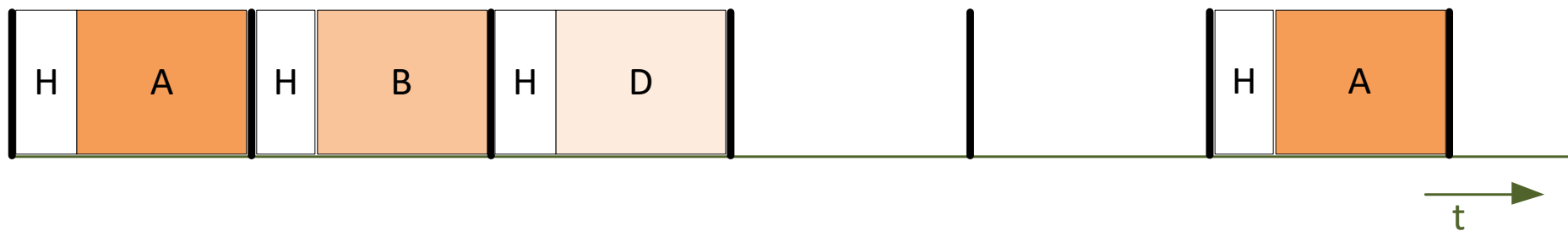
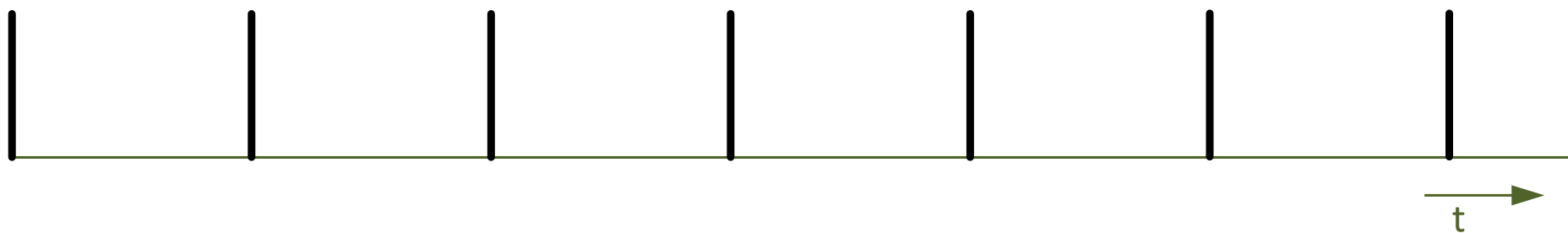
31

- odpovídá komutaci buněk
- v systému existují buňky (elementární časové intervaly)
 - ▣ s pevně danou délkou (lze do nich vkládat rámce)
- rozdíl oproti synchronnímu přenosovému módu
 - ▣ rámce vkládány pouze v případě potřeby
- Výhody
 - ▣ větší pružnost
 - ▣ možnost využití kapacity ostatními stanicemi
 - ▣ kapacita pro jednotlivé uživatele může být různá (nastavení systému)
- Nevýhody
 - ▣ režie systému – záhlaví u každé buňky
 - ▣ konstantní délka jednotky
- př.:
 - ▣ síť ATM (*Asynchronous Transfer Mode*)

Asynchronní přenosový mód

32

časový interval
systému (buňka)



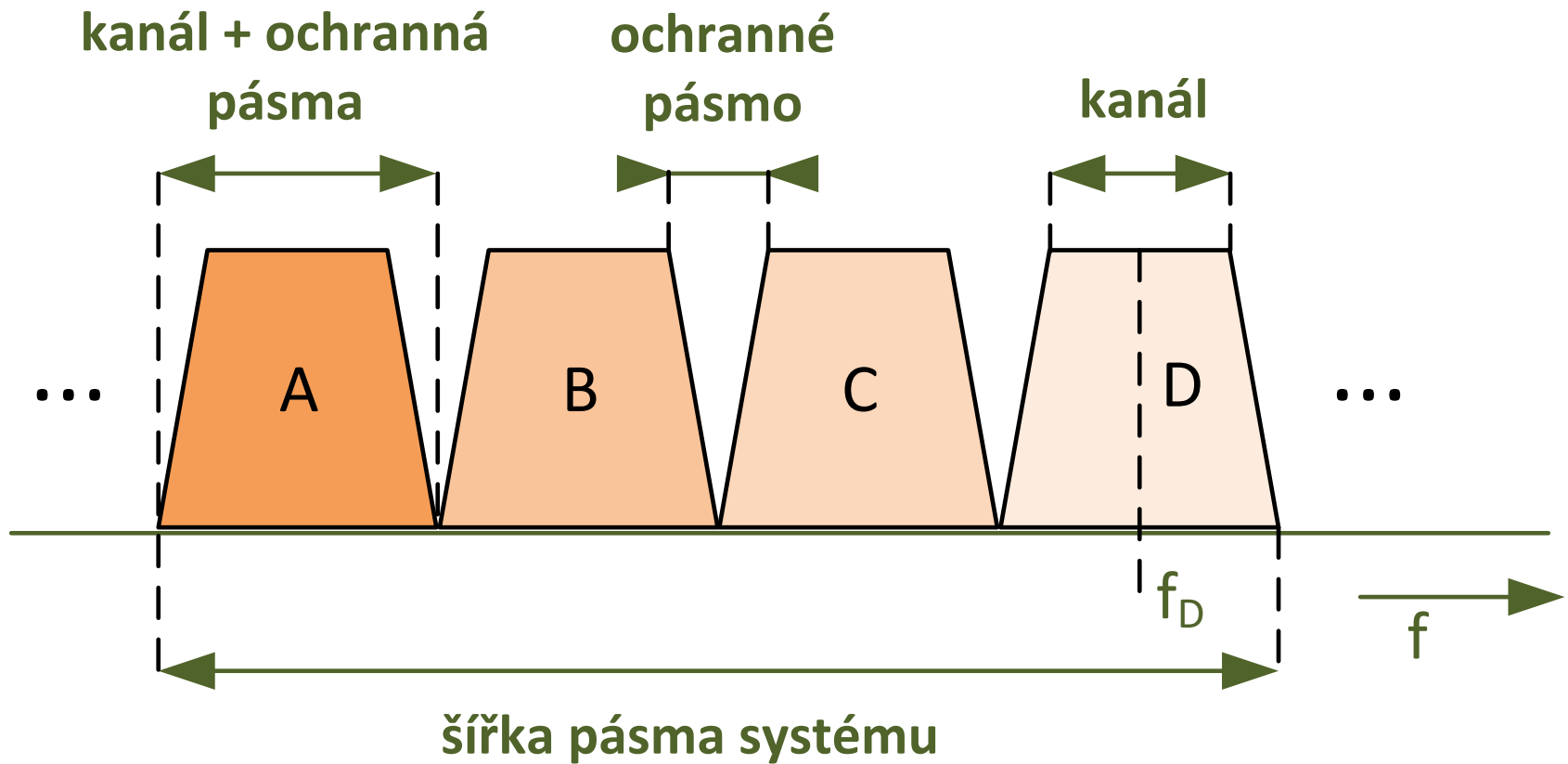
Kmitočtové dělení

33

- rozdělení kmitočtového spektra na jednotlivá pásma (rozsah kmitočtů, kanály)
- tradiční technologie
- nutné ochranné pásmo mezi sousedními kanály
- Přenosový kanál definován
 - ▣ střední kmitočet [Hz]
 - ▣ šířka pásma [Hz]
- Využití
 - ▣ FM rádio
 - ▣ GSM systém
 - ▣ k odlišení směrů komunikace

Kmitočtové dělení

34



Metody zajištění obousměrné komunikace

35

- tři základní typy spojení či provozu z hlediska obousměrnosti
 - ▣ simplexní spojení (*simplex*)
 - ▣ duplexní spojení (*duplex*)
- Výklad těchto pojmů se v literatuře různí
 - x
- poloviční duplexní spojení (*half-duplex*)

Simplexní spojení

36

- metoda jednosměrné komunikace
- obousměrná komunikace není požadována
- přenos pouze jedním (předem daným) směrem a druhá strana nepotřebuje (a ani nemůže) žádným způsobem reagovat
- Př.:
 - klasické rozhlasové a televizní vysílání
 - některé signalizační a senzorové systémy
 - podčást systému plně duplexního spojení

Poloviční duplexní spojení

37

- obousměrná komunikace není možná souběžně
- protistrany se musí dělit o přenosovou kapacitu
- typicky časové střídání
- Př.:
 - klasické vysílačky
- Tento způsob často označován i jako simplexní spojení

Plně duplexní spojení

38

- systém umožňuje současnou komunikaci oběma směry
- běžně v datových sítích, různá technická řešení
 - ▣ mezi oběma stanicemi existuje dvojice simplexních kanálů
 - ▣ ve formě elektrického signálu existuje např. samostatná dvojice vodičů pro každý směr
 - ▣ u optických kabelů dvě vlákna
 - ▣ u radiových přenosů se plný duplex emuluje pomocí dělení
 - časového
 - ▣ jeden časový okamžik $>$; druhý časový okamžik $<$
 - frekvenčního
 - ▣ jeden směr f_1 ; druhý směr f_2
- Př.:
 - ▣ klasické telefonní systémy
 - ▣ datové sítě

