

## 27. Časové, kmitočtové a kódové dělení (TDM, FDM, CDM). Funkce a posílání úzkopásmových a širokopásmových sítí.

### Multiplexování (sdružování)

- jedná se o princip sdružování více kanálů do jednoho
- snaha o co nejefektivnější využití přenosových systémů

*!! ekonomického zhodnocení přenosových cest se dosáhne jejich vícenásobným využitím !!*

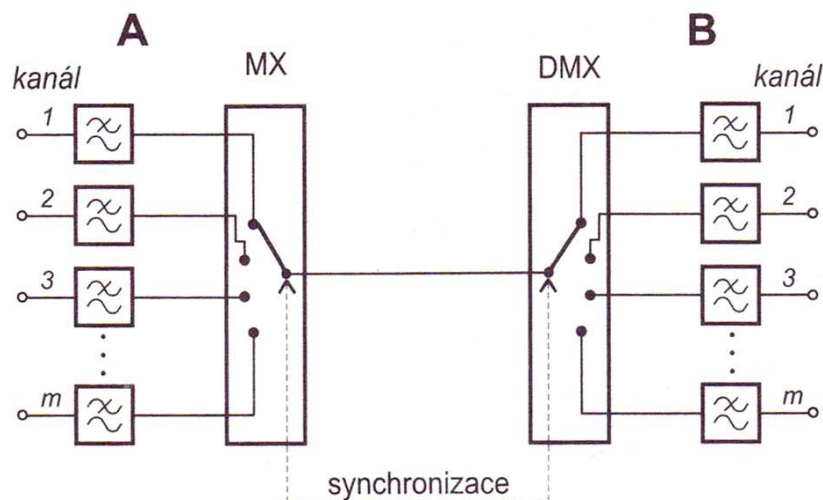
### Historický vývoj, různé principy přenosu

Prostorové dělení	Prostorový multiplex	...více paralelních vedení
Obvodové dělení	Obvodový multiplex *	...obvodové dělení u nízkofrek. telef. přenosu
Kmitočtové dělení	Frekvenční multiplex	FDM (Frequency Divison Multiplex)
Časové dělení	Časový multiplex	TDM (Time Divison Multiplex)
Vlnové dělení	Vlnový multiplex	WDM (Wavelength Divison Multiplex)
Kódové dělení	Kódový multiplex	CDM (Code Divison Multiplex)

### Časový multiplex

- aplikaci časového dělení umožnil rozvoj číslicových integrovaných obvodů a rozvoj digitální techniky
- obvykle hovoříme-li o digitálních přenosových systémech, máme na mysli právě systémy s časovým multiplexem, naopak pod pojmem analogová přen. technika spatřujeme nosné systémy s frekvenčním dělením
- *využití: PCM 1. a vyšších řádu, rádiové rozhraní GPRS/EDGE, atd.*

### Princip uspořádání přenosové cesty s časovým dělením



- jednotlivým kanálům přiřazujeme na společné přenosové cestě jen přesně vymezený časový interval  $\Delta t$  a ostatní časové úseky využívají další kanály
- výběr určité okamžité hodnoty signálu nazýváme **vzorkování**, čímž získáme **vzorek signálu** v okamžiku daném časovými obvody, které produkují periodický vzorkovací signál

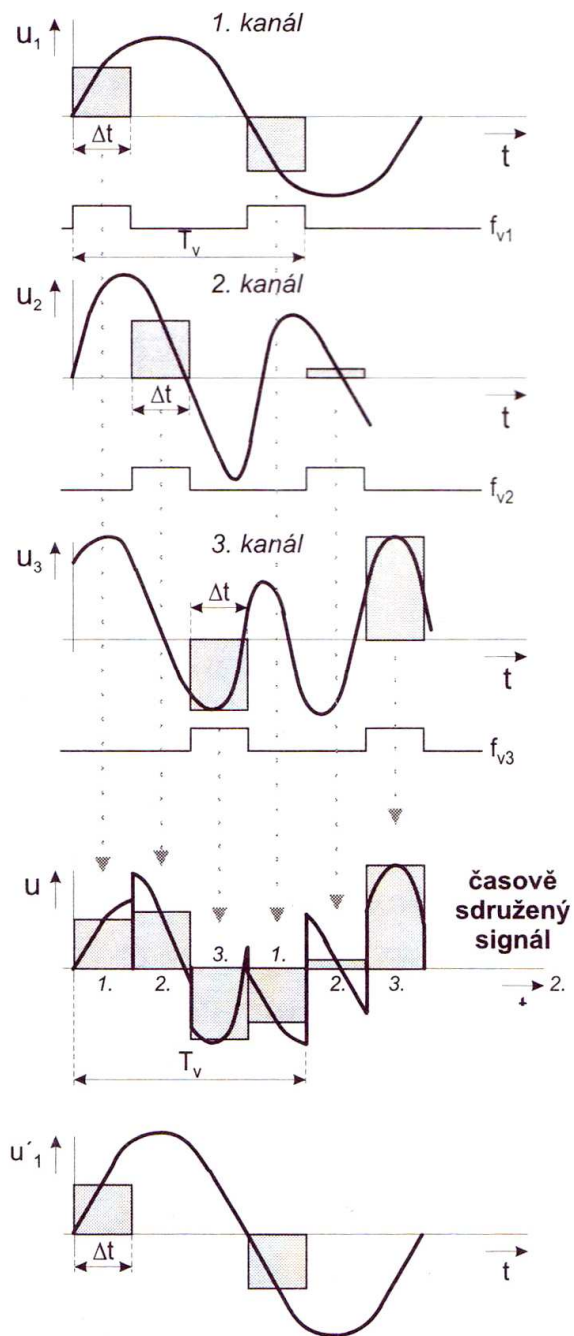
s periodou  $T_v$  a frekvencí  $f_v = \frac{1}{T_v}$

- podle vzorkovacího teorému platí jednoznačný vztah mezi vzorkovací frekvencí  $f_v$  a maximálním kmitočtem  $f_{\max}$ , který systém dokáže

přenést  $f_{\max} = \frac{f_v}{2}$

**!! Vzorkovací kmitočet musíme volit minimálně dvojnásobný než maximální požadovaný kmitočet přenášeného signálu!!**

- pro horní kmitočet telefonního kanálu 3400Hz byl zvolen s příslušnou rezervou vz.kmitočet 1800Hz
- na vysílací straně musíme dolní propustí s mezním kmitočtem  $f_{\max}$  odfiltrovat vyšší kmitočty, aby neovlivňovali proces vzorkování, na přijímací straně dolní propustí vyfiltrujeme posloupnost diskretních vzorků signálu, a tím obnovíme jeho původní spojité běh.



## Frekvenční multiplex

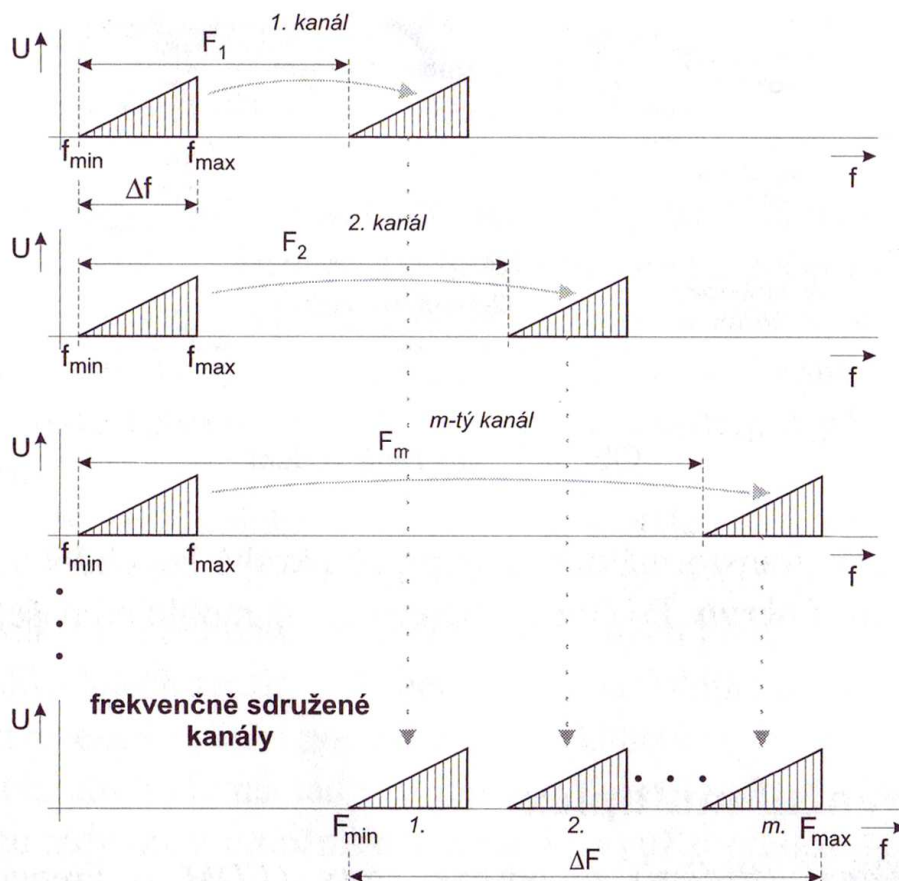
- využívá se skutečnosti, že obvykle přenosová cesta disponuje širším pásmem kmitočtů, než dokážeme obsadit přenášeným signálem

Např. telefonní kanál obsadí šířku pásma  $\Delta f = f_{\max} - f_{\min} = 3400 - 300 = 3100 \text{ Hz}$

- signály z jednotlivých kanálů se přesunou do vyšší kmitočtové polohy, tak aby se kanály nepřekrývaly

**Využití:** Obsazování radiového prostoru vysílači (každý má přiřazen svoji nosnou fr.), přípojky ADSL či VDSL

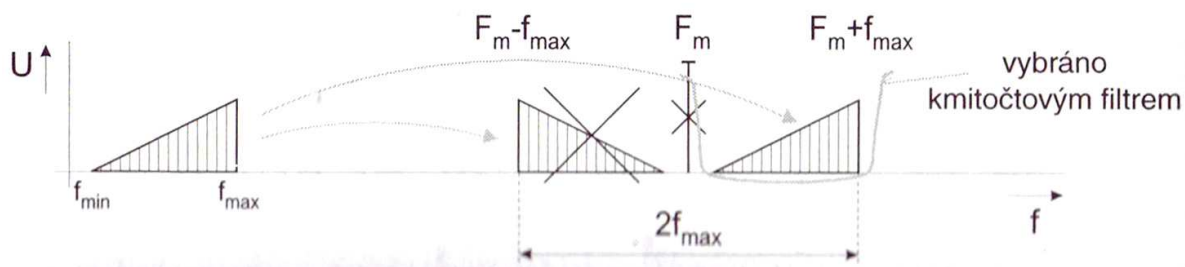
Dříve - přenos po kabelech u analogových nosných telefonních systémů



V horní části vidíme několik tel. kanálů v základním pásmu. Signál z 1. kanálu posuneme o hodnotu kmitočtu  $F_1$  do nové frekvenční polohy. Podobně posuneme ostatní kanály až do  $m$ -tého, každý o jinou hodnotu kmitočtu  $F_m$ . Rozestupy kmitočtů musí zaručit, aby se kanály nepřekrývaly. Navíc volíme určitou rezervu, u tel. Kanálů 900Hz. Potom je tedy šířka kanálu  $\Delta f' = \Delta f + \Delta f_{rez} = 3100 + 900 = 4000 \text{ Hz}$ .

Výsledné pásmo kmitočtů obsazené na přenosové cestě bude tedy mít šířku  $\Delta F = \Delta F_{\max} - \Delta F_{\min} = m \cdot \Delta f'$ , která závisí napočtu telefonních kanálů  $m$  sdružených pro přenos jediným vedením.

Využíváme zde principu amplitudové modulace, při které vzniknou v kmitočtově přeložené poloze kolem nosné frekvence dvě postranní pásma: součtové a rozdílové.

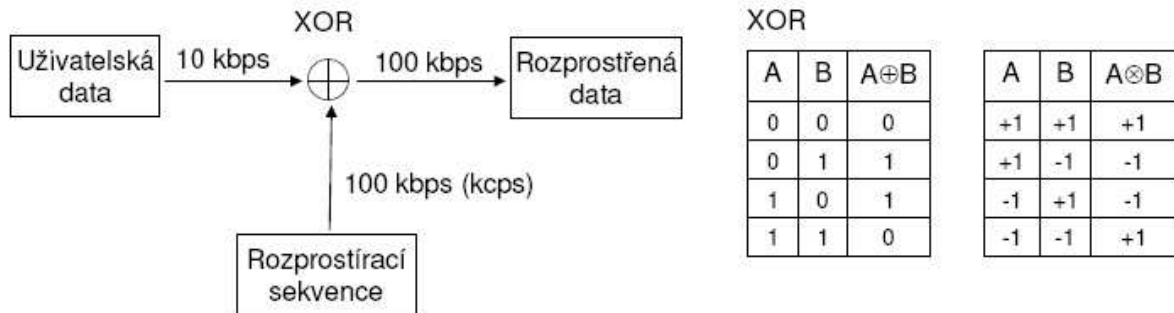


Vidíme však, že zabrané pásmo má šířku  $2f_{\max}$ . Z důvodu maximálního využití přenosové cesty přenášíme proto jen jedno postranní pásmo vybrané pomocí pásmové propusti. Navíc potlačujeme i nosný kmitočet.

Na přijímací straně musíme přesunout signál do základní kmitočtové polohy, aby bylo možné provést demodulaci. K tomu musíme obnovit nosnou frekvenci.

## Kódové dělení

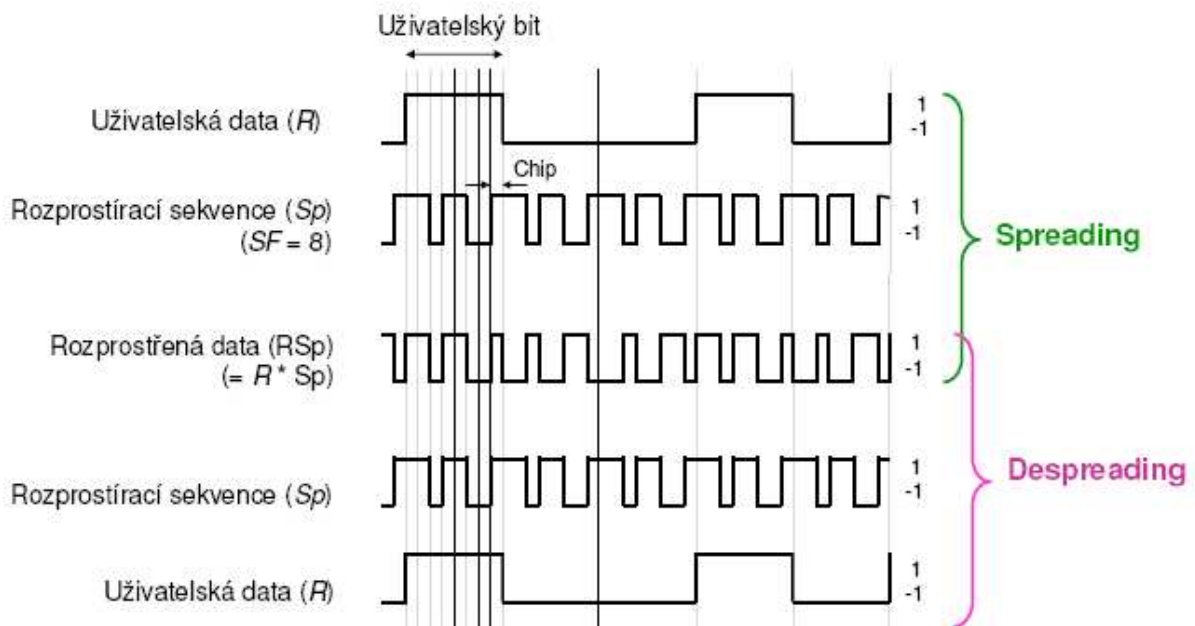
Princip: ke sdružování se využívají kódy (pseudonáhodné sekvence), co kanál to jiný kód  
**Využití:** systémy využívající rozprostřené spektrum (např. UMTS nebo bezdrátové LAN)



Základní princip je založen na tom, že **užitečný signál** je „násoben“  $n$  bity tzv. **rozprostírací sekvence**. Výsledek tohoto „násobení“ tvoří **rozprostřená data**

Bit rozprostírací sekvence = chip

chips na jeden uživatelský bit = Rozprostírací faktor (Spreading Factor), v našem případě SF=8



## Přenosová kapacita kanálu

Hartley-Shannon law

$$C = B \log_2 \left( 1 + \frac{S}{N} \right) \quad [\text{bit} / \text{s}]$$

C - přenosová kapacita kanálu [bit/s]

B - frekvenční šířka kanálu [Hz]

S - výkon signálu [W]

N - výkon šumu [W]

## Úzkopásmové a širokopásmové sítě

Je mnoho metod podle kterých se třídí nejen služby ale i sítě, které jsou schopny služby poskytnout. Jedním z nich je šíře kmitočtového pásma potřebného pro přenos. Podle hrubého dělení se rozeznávají **úzkopásmové a širokopásmové**. Měřítko je samozřejmě relativní. V digitálních sítích za služby širokopásmové lze někdy považovat služby s přenosovou rychlostí větší než 2048 kbit/s, někdy služby s přenosovou rychlostí větší než 155520 kbit/s. Přehled typických přenosových rychlostí a služeb je uveden v tabulce.

	0,0096	0,064	2048	10	40	150	600
modem	—						
kan B	—	—					
data	—	—	—	—	—		
video		—	—	—	—	—	
TV				—	—	—	
HDTV							—

*Jak již bylo řečeno, základní rozdíl tedy je v šířce kmitočtového pásma, a tedy v přenosové rychlosti.*

### Např. B ISDN

Pro některé aplikace již nestačí přenosová rychlost N ISDN. Jedním z možných řešení pro poskytování služeb vyžadujících vyšší přenosové rychlosti může být i **B ISDN**.

Širokopásmová digitální síť integrovaných služeb B ISDN může kromě jiných prostředků používat i systémů na principu asynchronního přenosového módu – ATM.

Od úzkopásmové ISDN se tato síť liší především tím, že v rámci této struktury nemají jednotlivé stanice pevně přiřazeny kanály s určitou konkrétní šířkou přenosového pásma (tj. maximální přenosovou rychlostí). Jednotlivým komunikačním zdrojům se totiž buď před zahájením přenosu, a nebo i v jeho průběhu pružně přiděluje potřebná šířka pásma. Proto je možné nezávisle na šířce pásma, přenášet jednotlivé buňky přes jednotná spojovací pole.