

V počítačových sítích se data přenášejí mnoha různými způsoby a s využitím různých technik. Některé přenosy jsou například plně duplexní, zatímco jiné jen simplexní. A jak postupovat, pokud potřebujeme rozdělit jeden přenosový kanál mezi více dílčích přenosů? Jaké techniky multiplexu se k tomu používají?

# Báječný svět počítačových sítí

## Část VII. – Přenosové techniky v prostředí počítačových sítí

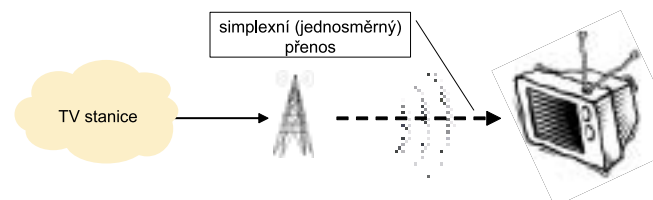
JIŘÍ PETERKA

Naše dnešní povídání o přenosových technikách začneme tím, co jsou duplexní a simplexní přenosy. Rozdíl mezi nimi spočívá v tom, zda jsou data přenášena jen v jednom směru (pak jde o simplexní přenos), nebo v obou směrech (pak jde o duplexní přenos).

S tím úzce souvisí i pojmy jako kanál a okruh, které nepochází tolik ze světa počítačových sítí, jako spíše ze světa telekomunikací a spojů. Jako kanál se označuje taková přenosová cesta, která je pouze jednosměrná (dá se tedy využít pouze k simplexním přenosům). Naproti tomu okruh již je obousměrný, umožňuje duplexní přenos.

### Simplex, semiduplex

Příkladem čistě simplexního přenosu může být televizní a rozhlasové vysílání. To klasické (analogové) sice místo digitálních dat přenáší pouze analogový signál, ale i tak názorně ilustruje podstatu „simplexu“: přenos probíhá jen jedním směrem, ke koncovým příjemcům. Stejně je na tom i nastupující digitální televizní vysílání, u něhož již lze hovořit o přenosu dat.



▲ Představa simplexního přenosu.

Pozemní (i satelitní) digitální vysílání, řešené na bázi standardu DVB-T (resp. DVB-S pro satelit) totiž také počítá jen se simplexním přenosem.

Pokud se tedy v souvislosti s digitálním vysíláním hovoří o interaktivitě a interaktivních službách, jako například o možnosti on-line hlasování, nakupování či třeba čtení e-mailů, pak musí být použit ještě nějaký „externí“ přenosový kanál, umožňující přenos v opačném směru, od diváka k tomu, kdo programy připravuje a vysílá. Může to být v zásadě jakýkoli kanál – třeba telefonický (vytáčené připojení k internetu), mobilní GPRS, ADSL apod.

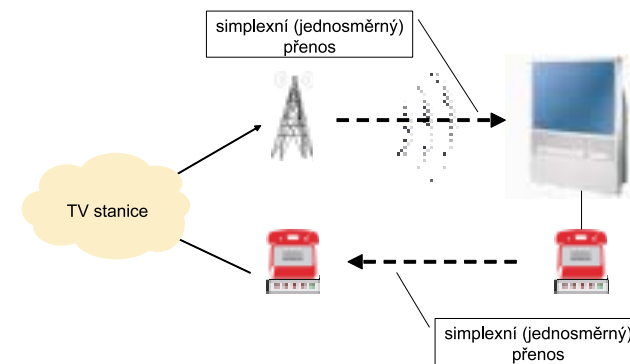
Přenosy, které již fungují oběma směry, ale v každém z nich jiným způsobem, se obecně označují jako semiduplexní, někdy také jako asymetrické – ale to není příliš šťastné. Toto adjektivum se častěji používá k vyjádření rozdílu v rychlostech přenosu v obou směrech a nikoli v technice přenosu, resp. druhu použitého přenosového kanálu.

### Plný duplex, poloviční duplex

I v případě obousměrných přenosů připadají v úvahu různé varianty, mezi nimiž je třeba rozlišovat. Někdy je totiž komunikace v obou směrech sice možná, ale nikoli současně. To je případ tzv. polovičního duplexu, který umožňuje v každém okamžiku přenášet jen jedním směrem. Je to analogie železniční tratě s jednou kolejí – vlaky po ní mohou jezdit oběma směry, ale nikoli současně.

Naproti tomu varianta, kdy je možné přenášet oběma směry současně, je označována jako tzv. plný duplex. V rámci analogie s železnicí by to odpovídalo dvojkolejně trati.

Ještě ale k terminologii: někdy se lze i v češtině setkat s anglickými názvy „half-duplex“ (poloviční duplex, zkráceně poloduplex), a „full duplex“ (plný duplex).



▲ Představa semiduplexního přenosu.

### Duplexní a poloduplexní přenosy

Důležité je rovněž si uvědomit, že různé varianty „duplexů“ se nemusí týkat pouze schopností přenosových médií a cest (resp. okruhů, v terminologii spojů) jako takových. Mohou vypovídat také o tom, jak jsou tyto schopnosti využívány pro konkrétní přenosy. Například můžeme mít přenosovou cestu, která je sama o sobě plně duplexní. Z nějakého důvodu ji ale budeme využívat pouze poloduplexně. To znamená, že nad plně duplexní přenosovou cestou budou probíhat pouze poloduplexní přenosy.

Dělat to obráceně, tedy realizovat plně duplexní přenosy nad poloduplexní (či dokonce jen simplexní) přenosovou cestou není v principu možné. Lze to ale snadno obejít: stačí vzít dvě přenosové cesty (ať již poloduplexní či plně simplexní) a každou z nich používat pro přenos jedním směrem.

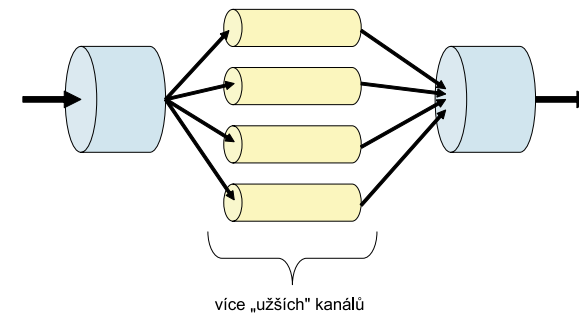
Příkladem mohou být přenosy po optických vláknech, které jsou (bez dalších opatření) pouze simplexní. Stačí ale použít jedno vlákno pro každý směr a je možné realizovat plně duplexní přenosy.

### Channel bundling

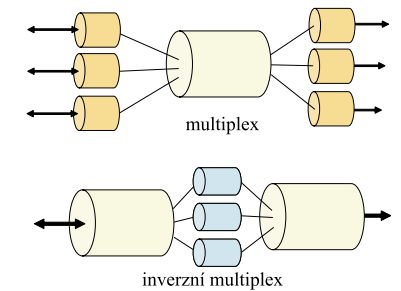
Další oblíbenou technikou, která souvisí s přenosovými kanály a jejich „duplexností“, či spíše „simplexností“, je jejich slučování, resp. skládání (známější spíše pod anglickým výrazem „channel bundling“, případně „channel bonding“). Jde o to, že v praxi nemusíme mít vždy k dispozici takový přenosový kanál, který by svými parametry (hlavně rychlostí, resp. přenosovou kapacitou) odpovídal potřebám zamýšlených přenosů. Někdy ale můžeme získat takových kanálů více a používat je souběžně. Vlastně z nich jakoby složíme jeden větší (širší, resp. rychlejší) přenosový kanál, který bude našim potřebám stačit. Právě tomu se říká „channel bundling“.

V praxi se s takovými spojovanými kanály můžeme setkat například u přípojek ISDN. Ty nabízí přenosové kanály (kanály B, fakticky jde o obousměrné okruhy) o rychlosti 64 Kb/s. Pokud nám tato rychlost nestačí, můžeme je spojovat (na principu channel bundlingu) do větších celků, odpovídajících celistvým násobkům. Vezmeme tedy vždy patřičný počet jednotlivých kanálů a používáme je jako jeden výsledný (sloučený, „bundlovaný“) kanál. Pozor ale na to, že právě u ISDN přípojek je použití jednotlivých kanálů standardně zpoplatněno, a to samostatně. Takže když použijeme n kanálů současně, platíme n-krát více!

Jiným příkladem mohou být mobilní sítě GSM. Ty vlastně také nabízejí dílčí přenosové kanály (byť se jim říká timesloty, časové sloty, viz dá-



▲ Představa channel bundlingu.



▲ Představa multiplexu a inverzního multiplexu.

le), v každém z nich lze dosáhnout určité přenosové rychlosti (standardně buď 9,6 Kb/s v případě Oskara a T-Mobile, 14,4 Kb/s u Eurotelu). Chceme-li dosáhnout vyšší rychlosti, např. v rámci služeb GPRS, musíme použít více takových dílčích kanálů (timeslotů) současně. Kolik jich skutečně využijeme, záleží na více faktorech: na tom, zda je mobilní síť má momentálně k dispozici, zda je provozovatel sítě (operátor) ochoten je uvolnit (resp. přidělit více timeslotů stejnému uživateli) a také zda je naše mobilní zařízení schopné pracovat s více timesloty současně. Když se dočtete, že nějaké zařízení podporuje GPRS se 4 + 2 timesloty, znamená to, že může využít nejvýše 4 timesloty pro přenosy ze sítě a nejvýše 2 pro přenosy opačným směrem (do sítě).

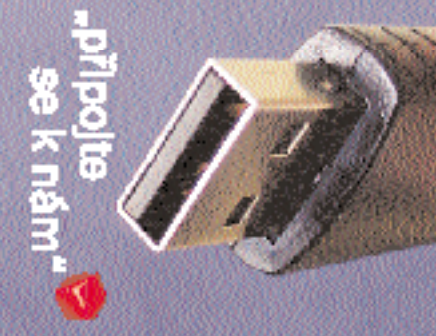
### Multiplex a inverzní multiplex

Techniku slučování kanálů (channel bundlingu) si můžeme představit jako řešení problému s neexistencí dostatečně velkého (širokého) přenosového kanálu. Místo něj se tedy použije patřičný počet menších (užších) kanálů, mezi něž se celkový datový tok rozloží.

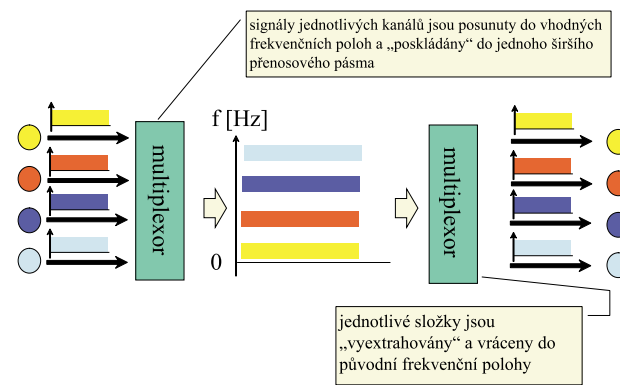
**CZECH COMPUTER**  
www.czechcomputer.cz

Hlávkova 688, 149 00 Praha 4  
Tel: 24 24 209 00, Fax: 24 24 189 01

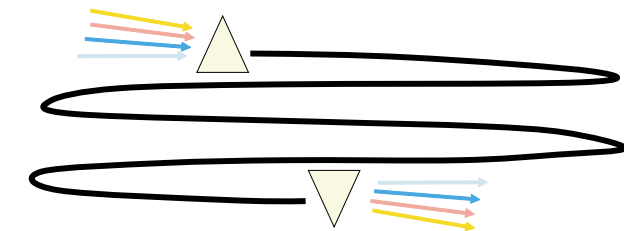
„Žhavé novinky za skvělé ceny“



<p><b>Spice INTEL Pro - K8500 Pro</b> zvláštní nabídka pro AMD Athlon 64, FireWire, PCIe, 8MB L2 cache, 4x SATA</p> <p>Čena bez DPH: 1 948,- Kč</p>	<p><b>Asus Evolvare M9000-RT</b> Širokový/HTB 23000, PCIe grafická karta s pasivním chlazením, 2300MB paměť DDR2, 6x1 konektor</p> <p>Čena bez DPH: 5 464,- Kč</p>
<p><b>LA Společnost 654-6544</b> Kanal DVD - DVD-R/+R, DualLayer Grouped DVD vypalovačka, vypaluje DVD-R/+R 1 DVD-RAM, zápis na DVD 30x, IDE rozhraní</p> <p>Čena bez DPH: 1 571,- Kč</p>	<p><b>ASUS Athlon 64 3700+</b> Šest Dřevě 5400, 930 procesor pro socket G20, jádro San Diego, 1MB L2 cache, 5400 otáček</p> <p>Čena bez DPH: 7 887,- Kč</p>
<p><b>Logitech Mouse Keyboard 8000 CZ</b> MULTIMEDIÁLNÍ klávesnice, 18 nezávislých kláves pro potlačení nežádoucího přehlasování</p> <p>Čena bez DPH: 884,- Kč</p>	<p><b>Asus WL-500g Access point</b> + šroubek + šroubek přehledný bed + roztec WiFi 802.11g, 4x LAN 10/100Mbps, USB printer server</p> <p>Čena bez DPH: 2 289,- Kč</p>



▲ Představa frekvenčního multiplexu.



▲ Připomenutí: představa vlnového multiplexu.

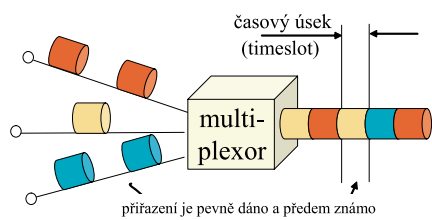
V praxi ale často nastává přesně opačný problém: máme jeden větší (širší) přenosový kanál a potřebujeme jej rozdělit na několik dílčích částí, které by se chovaly jako samostatné a na sobě nezávislé kanály. Tedy tak, aby po nich bylo možné přenášet několik zcela samostatných a na sobě nezávislých datových toků.

Řešení právě popsaného úkolu (rozdělení jednoho přenosového kanálu, případně okruhu, na více částí) se obecně označuje jako „multiplexování“, resp. multiplex. Jeho představu obecně naznačuje obrázek, který jej dává do protikladu s již popsaným slučováním kanálů (channel bundlingem). Snad je z nákresu dostatečně zřejmé, proč se technice slučování kanálů někdy říká také inverzní multiplex.

### Frekvenční multiplex

Realizace multiplexu, neboli rozdělení jednoho přenosového kanálu na více samostatně využitelných částí (kanálů), může být v praxi provedena různými technikami, resp. postupy. Ty přitom mohou mít jak analogový, tak digitální charakter.

Příkladem analogové techniky multiplexu je tzv. frekvenční multiplex (anglicky FDM, Frequency Division Multiplexing). Lze si jej představit tak, že na každém ze vstupních kanálů je analogový signál posunut do jiné „frekvenční polohy“ (do jiného rozsahu frekvencí), a to tak šikvně, aby se žádné polohy vzájemně nepřekrývaly. Pak je možné takto frekvenčně posunuté signály jednoduše sečíst (sloučit) do jednoho „širšího“ signálu, a ten přenést přes dostatečně „široký“ přenosový kanál. Na druhé straně se pak provede obrácený postup: jednotlivé dílčí signály se od sebe oddělí a vrátí do



▲ Představa časového multiplexu.

původní frekvenční polohy (do svého původního frekvenčního rozsahu). Představu ilustruje obrázek.

V praxi ovšem frekvenční multiplex není příliš výhodný právě kvůli tomu, že jde o analogovou techniku – různé frekvenční posuny, vzájemné slučovávání a následné oddělování nejsou nikdy ideální a vždy určitým způsobem znehodnocují přenášený signál. Jde jen o míru tohoto znehodnocení, ostatně jako u všech analogových technik.

V minulém dílu tohoto seriálu jsme si ukazovali ještě jednu variantu analogového multiplexu – multiplex vlnový (WDM, Wavelength Division Multiplexing). Byl založen na tom, že přes jedno optické vlákno se přenášelo více „svazků“ světla, každý o trochu jiné frekvenci. Každý se choval samostatně (jako samostatný přenosový kanál). V zásadě tedy šlo o specifickou variantu frekvenčního multiplexu.

### Časový multiplex

Z digitálních technik multiplexu je asi nejčastější multiplex časový (anglicky TDM, Time Division Multiplexing). Můžeme si ho představit tak, že rozdělujeme jeden „širší“ přenosový kanál v čase – vždy jej na krátký časový úsek (časový slot, timeslot) přidělí celý jednomu vstupnímu kanálu, na další krátký časový úsek (časový slot) jej svěří jinému vstupu, a tak stále dokola.

Pokud tato představa není zcela srozumitelná, lze si pomoci analogií s vláčkem a vagónky: přes „širší“ přenosový kanál, který je dělen v čase pomocí časového multiplexu, projíždí nekonečně dlouhý vláček. Má nekonečně mnoho vagónů, které jsou všechny stejně velké (uvezou stejně velký náklad) a jsou pevně přiřazeny jednotlivým vstupům. Například tak, že první vstupní kanál má vyhrazeny vagóny č. 1, 3, 5, 7, druhý vagóny č. 2, 6, 10, 14 a třetí vstup pak 4, 8, 12 atd.

Rozdělení může být libovolné – ale s důležitým dovětkem, že je pevně dáno a předem známo. Příjemce tedy nemusí nikdy přemýšlet o tom, komu patří obsah určitého vagónu (časového úseku, resp. slotu). Jelikož zná příslušnou konvenci, okamžitě ví, na který výstup má předat jeho obsah (vagónu, časového úseku, timeslotu).

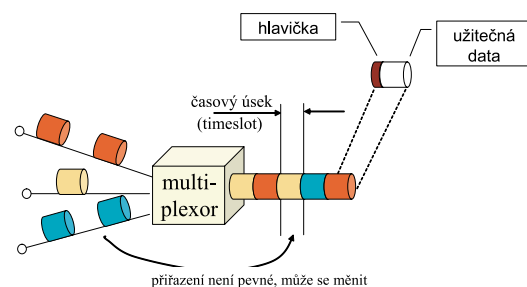
Rozdělení celkové přenosové kapacity (přidělení všech vagónů nekonečně dlouhého vláčku) přitom nemusí být vůbec rovnoměrné. Časový multiplex může rozdělovat celkovou přenosovou kapacitu „širšího“ přenosového kanálu na různě velké části (různě velké dílčí přenosové kanály). Stále však platí, že toto rozdělení je pevně dáno a nemění se v čase.

### Statistický multiplex

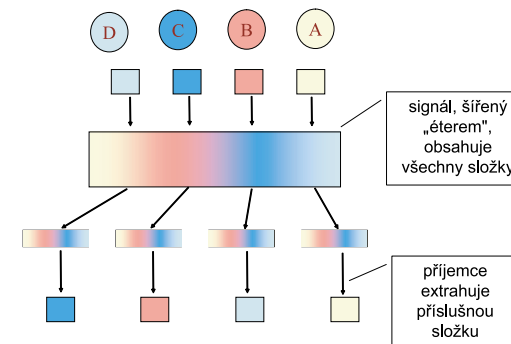
Fixní a v čase neměnný způsob rozdělení přenosové kapacity u časového multiplexu může být jak výhodou, tak i nevýhodou. Výhodou je v situaci, kdy jednotlivé vstupy generují rovnoměrné datové toky, bez významnějších odchylek v čase. Pak skutečně má smysl a je efektivní rozdělit celkovou přenosovou kapacitu na příslušný počet částí a toto rozdělení dále nemění.

Jinak je tomu ale v situaci, kdy se objemy dat, procházející přes jednotlivé vstupy, v čase významněji mění a kolísají. Problém nastává, když je skutečný objem dat k přenesení menší, než se původně očekávalo (a odpovídá rozdělení pomocí časového multiplexu). Pak totiž zůstává část přidělené kapacity nevyužitá a není možné ji přenechat jinému vstupu, který by ji naopak naléhavě potřeboval, protože potřebuje přenést naopak více dat.

Pokud je třeba reflektovat měnící se zátěž (datové toky) na jednotlivých vstupech a podle ní průběžně upravovat rozdělení celkové přenosové ka-



▲ Představa statistického multiplexu.



▲ Představa kódového multiplexu.

pacitě na příslušný počet částí, už je nutné místo časového multiplexu použít multiplex statistický (anglicky STDM, Statistical Time Division Multiplexing). Jeho podstatu si lze přiblížit tak, že každý časový úsek (resp. vagón, v analogii se železnicí) nemá pevně a dopředu určeno, jaký náklad bude přenášet. Místo toho může být přidělen podle okamžité potřeby tomu vstupu (díličmu přenosu), který jej právě potřebuje.

Má to ale jeden závažný důsledek: příjemce se už nemůže spoléhat na to, že zná konvenci o rozdělení celkové přenosové kapacity a tudíž dopředu ví, komu patří obsah příslušného časového úseku (timeslotu, vagónu). Místo toho musí u statistického multiplexu každý časový úsek sám o sobě a explicitně říkat, jaký obsah přenáší. Spolu s „užitečnými“ daty tak musí nést nějakou režijní hlavičku, ve které je potřebná informace o příslušnosti dat obsažena.

Kolísání objemu dat na jednotlivých vstupech, se kterým si statistický multiplex dokáže poradit (zatímco časový nikoli), může mít velmi racionální původ. Jde zejména o použití různých kompresí, které mají co nejvíce zmenšit objem dat, určených k přenosu. Například při přenosu zvuku (hlasu) či obrazu je úspěšnost komprese (a s ní i velikost komprimovaných dat) závislá na dění na scéně, resp. na průběhu zvuku. Naproti tomu bez použití komprese by generovaný objem dat byl stejný, bez ohledu na to, co se na scéně právě děje, zda právě někdo mluví či naopak mluví atd.

Ve stručnosti proto lze konstatovat, že časový multiplex je vhodný pro nekomprimované přenosy, zatímco statistický je vhodný pro přenosy využívané komprese dat.

### Kódový multiplex

Pro úplnost se musíme zmínit ještě o dalším druhu multiplexu, jímž je multiplex kódový (CDM, Code Division Multiplexing). Jeho princip si lze nejlépe představit na příkladu rádiových přenosů s několika na sobě nezávislými vysílacími a přijímači, přičemž všechny tyto přijímače a vysíláče využívají stejný rozsah frekvencí. Vše pak funguje tak, že každý vysílač svá data nejprve vhodně zakóduje a pak rovnou vysílá, na stejné frekvenci jako ostatní vysíláče. V éteru pak sice dochází ke „smíchání“ všech takto vysílaných signálů, ale důležité je, že není nevratné. Naopak, každý přijímač by měl být schopen z přijaté „směsi“ extrahovat právě to, co vysílá konkrétní vysílač, jehož data chce přijímat. Představu ilustruje obrázek, který znázorňuje různé signály (složky) prostřednictvím barev.

Vysvětlení toho, proč je „smíchání“ jednotlivých signálů v éteru vratné a jak lze následně extrahovat z výsledné „směsi“ jednotlivé složky, je poněkud komplikovanější a vydalo by spíše na samostatný článek. Ve stručnosti si ale můžeme naznačit, že vše je skryto ve způsobu, jakým jednotlivé vysíláče kódují vysílaný signál, resp. data. Musí být použito specifické kódování (u každého vysílače jiné), které příjemci umožní provést opačný postup (dekódování) a díky němu získat ze „směsi“ požadovanou původní složku či složky. Proto také označení „kódový multiplex“.

Kódový multiplex má jednu zajímavou vlastnost, kterou je vhodné zde zmínit. Pokud je použit pro rádiové přenosy, jak jsme si právě naznačili, je velmi šetrný vůči přírodním zdrojům, konkrétně použitým frekvencím. Například frekvenční multiplex s nimi naopak spíše plýtvá, protože když posouvá jednotlivé složky (díličí přenosy) do různých frekvenčních poloh, musí



**online: svět na dosah ruky**

### WIFI bezdrátové sítě

Sortiment WiFi zařízení značky ASUS pro snadné vytvoření bezdrátových sítí, od malých domácností až po rozsáhlé projekty

[www.joyce.cz](http://www.joyce.cz)

### expresní Internet ADSL

Sortiment ADSL modemů a routerů značek ASUS a WELL ve firewal, VPN a VoIP řešení zajišťujeme i užívání ADSL linek!

[www.joyce.cz](http://www.joyce.cz)

### VOIP internetové telefonování

Sortiment koncových zařízení - v rámci LAN sítě a Internetu volání zdarma, pro volání na pevné linky a mobily velmi výhodné tarify! [www.joyce.cz](http://www.joyce.cz)



[www.joyce.cz](http://www.joyce.cz)

JOYCE ČR, s.r.o. - Výhradní dovozce komunikačních zařízení značek ASUS a WELL do ČR a SR  
Vestrukovská 5 614 00 Brno, tel: 545 421 791  
e-mail: joyce@joyce.cz, internet: www.joyce.cz

ASUS Well

Distributoři v ČR: 100Mega, Abacus, AT Computers, eSystem, Lavi  
Distributoři v SR: M.C. Agem Computers, BGS Distribúcia, Euro Media

mezi nimi dělat i určité nenulové odstupy, aby se vzájemně neovlivňovaly a bylo možné je od sebe zase správně oddělit. Frekvenční multiplex vlastně přenáší svou režii do vyšší spotřeby frekvencí. Těch je ale od přírody málo, a tak je nutné s nimi hospodařit co nejefektivněji.

Naproti tomu kódový multiplex „pouští“ všechny dílčí přenosy (složky) do jednoho (a tudíž stejného) frekvenčního pásma, kde dochází k jejich vzájemnému smíchání. Režie, která je spojena s jejich opětovným oddělením, jde ale na vrub výpočetní kapacitě jednotlivých odesílatelů a hlavně příjemců. Oni musí provést příslušné dekódování. K tomu potřebují příslušnou výpočetní kapacitu (procesor, paměť atd.). Ovšem výpočetní kapacita, na rozdíl od frekvencí, je prakticky libovolně „nafukovatelná“ – lze ji přidávat podle potřeby a její cena navíc postupně klesá.

### Multiplex jako metoda řízení přístupu

Kódový multiplex je tedy šetrný vůči vzácným přírodním zdrojům (frekvencím). To je důvod, proč je s oblibou používán i v situaci, kdy určitý počet stanic soupeří o využití jednoho společného přenosového kanálu. K tomu dochází například v mobilních sítích, protože jejich provozovatelé (mobilní operátoři) dostali ve svých licencích k dispozici jen určitý omezený rozsah frekvencí (frekvenčních kanálů), které smí využívat. Proto se operátoři snaží využívat jednotlivé frekvenční kanály opakovaně a kvůli tomu rozdělují svou síť na buňky

Konkrétně český regulátor (Český telekomunikační úřad) vyčlenil pro potřeby mobilních sítí GSM určitý rozsah frekvencí v pásmu 900 MHz (a později i v pásmu 1 800 MHz). Tento rozsah frekvencí pak rozdělil, na principu frekvenčního multiplexu, na jednotlivé frekvenční kanály, vždy o šířce 200 kHz. Celkem jich takto v pásmu 900 MHz vzniklo 124. Regulátor dal každému z mobilních operátorů určitý počet – viz obrázek.

### Rozdělení spektra – Česká republika

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
40	41	42	43	44	45	46	47	48	49
50	51	52	53	54	55	56	57	58	59
60	61	62	63	64	65	66	67	68	69
70	71	72	73	74	75	76	77	78	79
80	81	82	83	84	85	86	87	88	89
90	91	92	93	94	95	96	97	98	99
100	101	102	103	104	105	106	107	108	109
110	111	112	113	114	115	116	117	118	119
120	121	122	123	124					



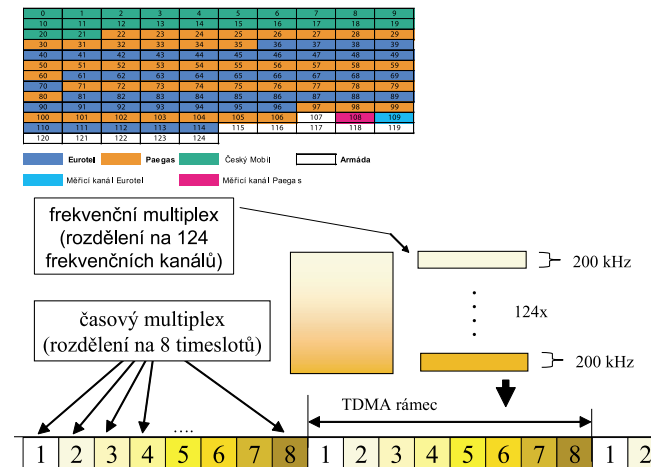
▲ Frekvenční kanály, přidělené tuzemským mobilním operátorům GSM v pásmu 900 MHz.

Pro nás je ale v tuto chvíli podstatné něco jiného: i v rámci každé buňky jsou frekvenční kanály určitým způsobem sdíleny jednotlivými mobilními stanicemi (terminály), resp. rozděleny mezi ně. A k tomu je již využít multiplex časový. Když vše hodně zjednodušíme, každý frekvenční kanál je v GSM rozdělen pomocí časového multiplexu na 8 časových slotů (timeslotů). Představu ilustruje další obrázek.

Mobilní telefony v sítích GSM pak při telefonování využívají vždy jeden timeslot pro přenos (digitalizovaného lidského hlasu) v jednom směru, a jeden timeslot pro přenos v opačném směru. Jak jsme již uvedli, pro datové přenosy se může využívat i více timeslotů současně.

Síť GSM tedy využívá techniky časového multiplexu k řízení přístupu svých stanic ke společnému přenosovému médiu, v podobě příslušného frekvenčního kanálu. Kvůli tomuto konkrétnímu využití, pro potřeby řízení přístupu (anglicky Access Control), se pak také hovoří o řízení přístupu na bázi časového multiplexu (zkratka TDMA, Time Division Multiple Access), nebo o řízení přístupu na bázi frekvenčního multiplexu (FDMA, Frequency Division Multiple Access).

Ovšem GSM není jediný standard pro mobilní síť, který se používá. Existují i jiné, využívající pro sdílení přenosového média (frekvenčních kanálů)



▲ Představa frekvenčního a časového multiplexu v GSM, v pásmu 900 MHz.

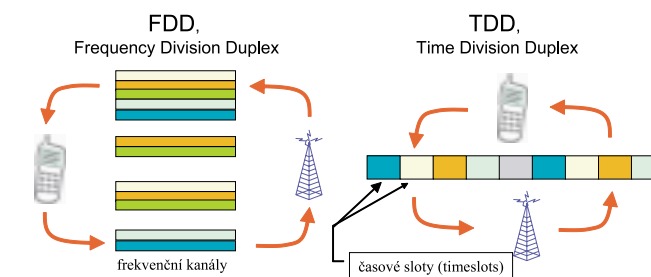
a řízení přístupu jednotlivých stanic úplně jiné metody než časový multiplex, resp. TDMA. Zejména v zámoří jsou oblíbené mobilní sítě, využívající k danému účelu techniky kódového multiplexu. Ten je při daném využití (pro potřeby řízení přístupu) již označován jako CDMA (Code Division Multiple Access). Snad netřeba připomínat, že i v ČR máme jednu CDMA síť – provozuje ji Eurotel, v pásmu 450 MHz, a to výhradně pro datové přenosy (nikoli pro hlas).

### TDD a FDD

Na závěr se musíme zmínit ještě o jedné související technice, a to o technice tzv. duplexingu. Jak už její název napovídá, jde o způsob, jak je v bezdrátových sítích řešena komunikace v obou směrech. Základní možnosti jsou dvě, ilustruje je další obrázek.

- Technika tzv. frekvenčního duplexu (FDD, Frequency Division Duplex) předpokládá, že pro každý ze směrů jsou použity samostatné (a tudíž různé) frekvenční rozsahy. Takto je to řešeno například v GSM, kde je fakticky vyhrazeno 2 × 124 frekvenčních kanálů: 124 v pásmu 890–915 MHz pro tzv. uplink (směr od mobilního terminálu do sítě) a 124 v pásmu 935 až 960 MHz pro opačný směr, tzv. downlink.
- Technika tzv. časového duplexu (TDD, Time Division Duplex) předpokládá, že pro komunikaci v obou směrech se používají stejné frekvence, ale střídavě v čase. Každý timeslot je vždy použit pro přenos jedním směrem, ale další timeslot již může být využit pro přenos opačným směrem.

Zajímavé je, že obě tyto techniky nejsou zcela rovnocenné, pokud jde o jejich vhodnost pro potřeby datových služeb. V případě hlasových služeb ještě nikoli, protože zde je „spotřeba“ přenosových kapacit v obou směrech v zásadě stejná. V případě datových přenosů bývají požadavky asymetrické, konkrétně vyšší ve směru downlinku (od sítě k uživateli) a nižší v opačném směru. Technika frekvenčního duplexu, v jejímž rámci by pro oba směry byl vyhrazen stejný počet frekvenčních kanálů, by pak nebyla nejhodnější. Napak technika časového duplexu umožňuje rozkládat celkovou přenosovou kapacitu mezi oba směry podle momentálních potřeb.



▲ Představa frekvenčního a časového duplexu.