

1. Princípy vybraných typov modulácií (byť schopný načrtnúť časový priebeh modulačného a modulovaného signálu) pre tieto modulácie ASK, FSK, PSK, QAM,

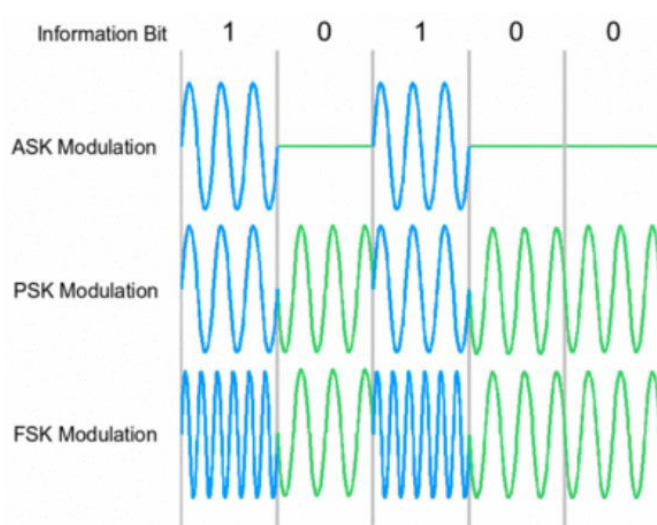
Nosný signál – vysokofrekvenčný signál, ktorý vo svojej pôvodnej forme nenesie žiadnu informáciu, ale je vhodný na prenos cez dané prenosové médium

Modulačný signál – nízkofrekvenčný signál, ktorý nesie požadovanú informáciu

Modulovaný signál – vysokofrekvenčný signál, ktorý v sebe nesie požadovanú informáciu a je vhodný pre prenos cez dané prenosové médium

Digitálne modulácie sa líšia od analógových tým, že modulačným signálom je digitálny signál. Ak je modulačný signál dvojstavový, potom získame tieto digitálne modulácie:

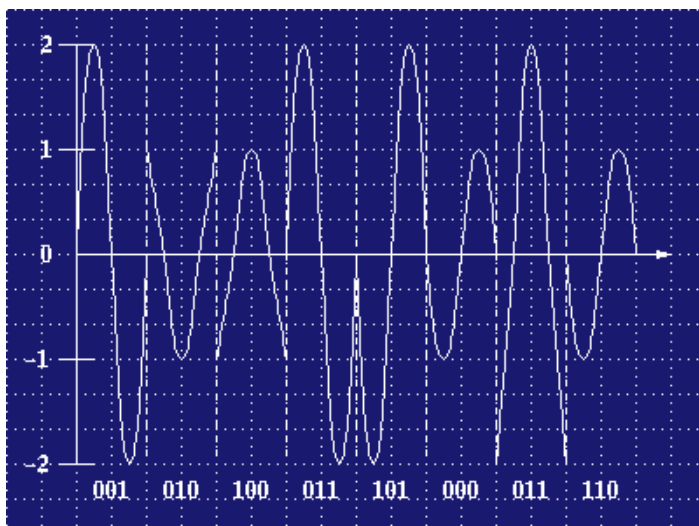
- Amplitude-Shift Keying, t.j. ASK – amplitúdové kľúčovanie
- Frequency-Shift Keying, t.j. FSK – frekvenčné kľúčovanie
- Phase-Shift Keying, t.j. PSK – fázové kľúčovanie



Modulácie ASK, PSK a FSK

Vektorové modulácie

Pri vytváraní symbolov s veľkým počtom stavov je všeobecne výhodné oddeľovať jednotlivé symboly nielen z hľadiska úrovne, ale definovať ich z pohľadu úrovne i fázy signálu, teda vektorovo v komplexnej rovine. Metódy umiestenia symbolov do komplexnej roviny súhrnne nazývame vektorovou moduláciou.



Typickým príkladom vektorovej modulácie je kvadratúrna amplitúdová modulácia (QAM).

2. Princíp modulácie DMT. Poznať spektrum DMT signálu.

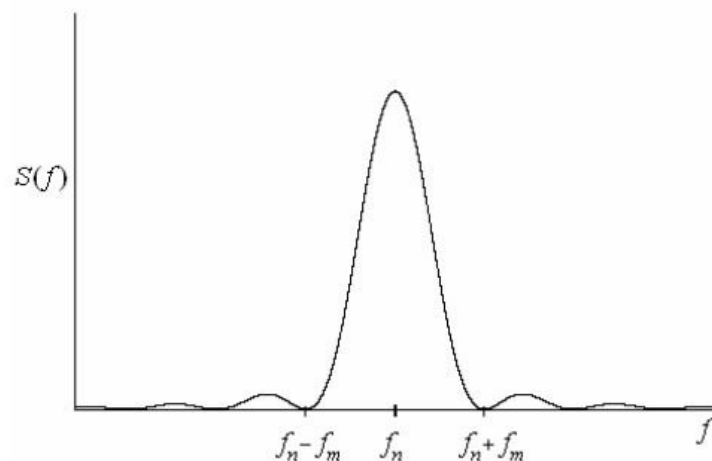
Diskrétna multitónová modulácia DMT (Discrete Multi - Tone) sa snaží minimalizovať nevýhody všeobecných vektorových modulácií:

- potrebu veľkej šírky pásma, z čoho vyplývajú vysoké nároky na adaptívne korektory prenosovej charakteristiky
- citlivosť na rušenie
- nárast nárokov na minimálnu hodnotu odstupu S/Š s pribúdajúcim počtom stavov
- neschopnosť reagovať na prítomnosť vysokofrekvenčných interferencií RFI
- oneskorenie pri generovaní symbolu tým, že plnenie vyrovnávacieho registra v mapperi trvá nezanedbateľný čas, čo komplikuje činnosť adaptívnych digitálnych korektorov.

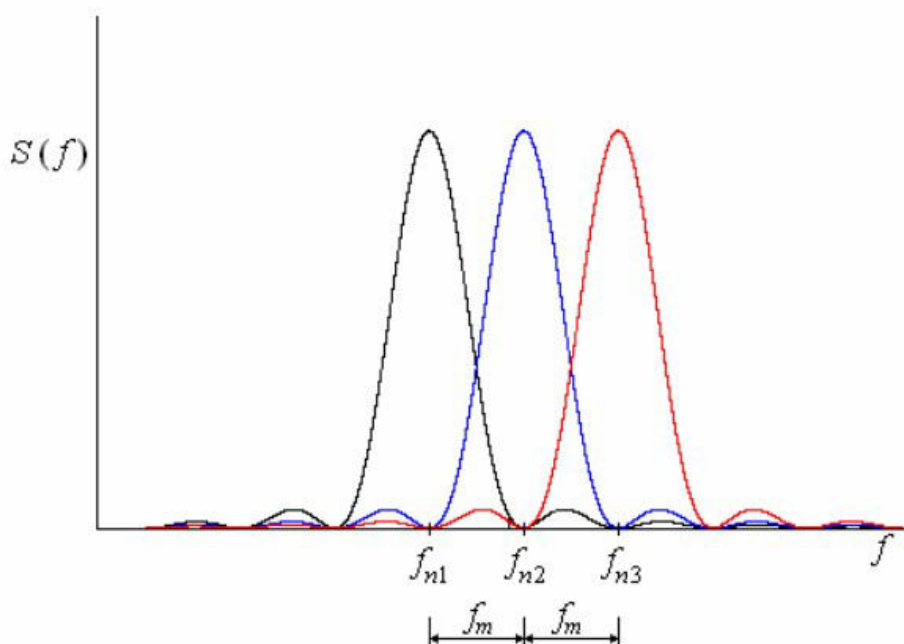
Pri použití DMT sa použiteľné frekvenčné pásmo rozdelí na veľký počet subkanálov so šírkou jednotiek kHz. Každý subkanál prenáša symboly modulované QAM na nosnej posadenej do stredu subkanála. Výkonová spektrálna hustota sa udržiava v každom subkanáli rovnako veľká. Prenosové charakteristiky subkanálu sú, vzhľadom na jeho malú šírku frekvenčné pomerne málo závislé, čo minimalizuje nároky na ich korekciu. S ohľadom na nárast tlmenia s frekvenciou treba však vyrovnať úroveň jednotlivých subkanálov pred demoduláciou.

Systém DMT je navrhnutý ako adaptívny, riadiace procedúry optimalizujú DMT tak, aby v každom okamihu poskytovala maximálne využitie kapacity prenosového média. Adaptibilita sa dosahuje:

- meraním odstupu signál/šum pred prenosom v jednotlivých subkanáloch a vylúčením všetkých nosných s nevyhovujúcou hodnotou S/Š, alebo s prítomnosťou RFI
- stanovením počtu stavov QAM v jednotlivých subkanáloch tak, aby sa dodržal predpísaný limit chybovosti
- kontrolou chybovosti BER počas prenosu a následnou dynamickou zmenou nosných a modulačných stupňov pri prekročení BER.



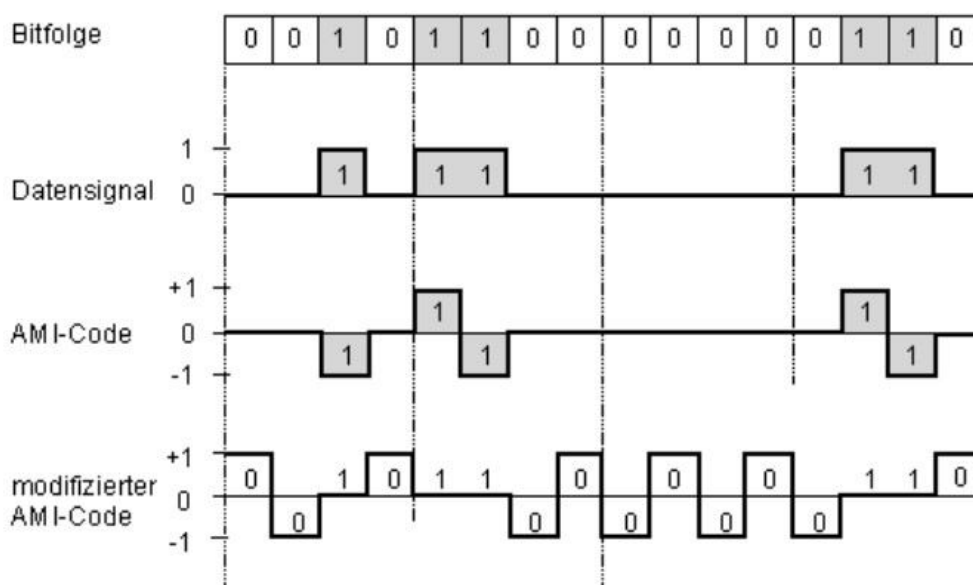
Spektrum QAM modulovaného signálu



DMT: Ortogonálny frekvenčný digitálny multiplex – jeho spektrum

3. Linkové kódy - AMI, MAMI (IAMI), 2B1Q

Číslicové obvody používané na spracovanie digitálnych signálov poskytujú na svojich výstupoch signál s jedinou polaritou (tzv. unipolárny signál, napríklad úroveň $L = 0$ V, úroveň $H = +5$ V). Unipolárny signál spĺňa vyššie stanovené kritériá len čiastočne, preto v obvodoch linkových traktov meníme jeho charakter. Ak z hľadiska polohy frekvenčného spektra prenášaného signálu vyhovuje prenos v základnom pásme, v obvodoch linkových traktov premieňame unipolárny signál na linkový kód. Ak treba presunúť frekvenčnú polohu spektra prenášaného signálu do vhodnejšej frekvenčnej oblasti, používame moduláciu.



AMI a modifikovaný (inverzný) AMI kód

Najjednoduchší linkový kód používaný v metalických prístupových sieťach je kód s pravidelným striedaním polarity signálu, AMI (Alternate Mark Inversion). Kód má tri napäťové stavy, +1, 0 a -1, Binárny signál s logickou úrovňou H sa kóduje striedavo kladným a záporným impulzom, signál s úrovňou „L“ je vyjadrený stavom bez napätia. Kódovanie sa robí s návratom k nule. V niektorých prípadoch sú úrovne priradené vstupným signálom vymenené z dôvodu zbernicovej konfigurácie rozhrania (napr. v digitálnej prípojke ISDN - BRA na rozhraní S₁). Linkový kód AMI má nevýhodné vlastnosti z hľadiska obnovy taktu (strata synchronizácie pri dlhšej postupnosti signálov s úrovňou „0“), čo je možné odstrániť predspracovaním signálu do pseudonáhodnej postupnosti použitím skremlera.

Modifikáciou kódu AMI je kód HDB3 (High Density Bipolar, ITU-T G.703), ktorý obmedzuje dĺžku súvislej skupiny symbolov s nulovou úrovňou na najviac tri nahradením skupiny špeciálnym symbolom pri súčasnom narušení bipolarity. Ak sa v dátovej postupnosti nachádzajú štyri po sebe idúce nuly 0000, tak sú nahradené buď sekvenciou 000V alebo B00V. Bit V (violation) spôsobuje narušenie bipolarity, t.j. má rovnakú polaritu ako predošlý bit s logickou hodnotou 0 alebo V. Inak povedané bit V je kódovaný ako + alebo – napätie, ale s rovnakou polaritou ako mal predošlý bit kódovaný s + alebo – polaritou. Bit B (balance) sa vkladá pre vykompenzovanie predošlého narušenia bipolarity. Medzi dvoma bitmi V je vždy nepárny počet B bitov. Bity B aj V samozrejme kódujú logickú hodnotu 0 a sú identifikovateľné prijímačom práve kvôli narušeniu bipolarity, ktorá sa pri AMI kóde nevyskytuje.

Linkový kód 2B1Q je príkladom kódu s počtom stavov $N = 4$. Vstupný dátový tok sa mapuje po dvojiciach bitov (dibitov) do jednotlivých symbolov Q, ktorým sú priradené štyri napäťové úrovne podľa tabuľky 8.2. Vo vektorovej rovine sú jednotlivé stavy vyjadrené len polohou na zvislej osi.

4. Multiplexy - TDM, FDM, WDM, CDM.

Multiplex je metóda prenosu viacerých signálov cez jedno prenosové médium. Z prichádzajúcich signálov sa v multiplexore vytvára výsledný signál, ktorý možno preniesť cez prenosové médium a na druhej strane ho pomocou demultiplexora opäť previesť na viaceré signály, ktoré sa prakticky nelíšia od tých, ktoré vstupovali do multiplexora.

Časový multiplex TDM (Time-division multiplex)

Pri časovom multiplexe sa vysielajú rôzne signály v rovnakom frekvenčnom pásme, cez jedno prenosové médium, s rovnakou polarizáciou a s možnosťou rovnakej modulácie. K multiplexovaniu viacerých signálov dochádza vďaka tomu, že informačný obsah daného signálu je odvysielaný za kratší čas ako mal pôvodný signál. Tento čas sa nazýva časový kanál. Zvyšný čas je potom možné využiť pre odosielanie informácií, ostatnými časovými kanálmi. Aby bolo možné odoslať požadované informácie za kratší čas, je potrebné prenášať informácie v digitálnej, nie analógovej forme. Tento multiplex je preto vhodný iba na prenos digitalizovaných informácií = dát.

Pri časovom multiplexe dochádza k periodickému vysielaniu na jednotlivých kanáloch. Najprv sa odošle časť dát v rámci prvého kanálu, potom sa odosiela časť dát cez druhý kanál a tak ďalej, až kým sa neodošlú dáta cez posledný kanál. Po odvysielaní dát cez posledný kanál sa celý proces opakuje a dáta sú odosielené opäť cez prvý kanál.

Frekvenčný multiplex FDM (Frequency-division multiplex)

Princíp frekvenčného multiplexu je založený na vytvorení rôznych frekvenčných kanálov, t.j. na prenose signálov v rôznych frekvenčných pásmach. Tento prenos prebieha cez jedno prenosové médium, v rovnakom čase, môže prebiehať s rovnakou moduláciou

a rovnakou polarizáciou.

Typickým príkladom frekvenčného multiplexu je vysielanie rozhlasových staníc v rôznych frekvenčných pásmach. V závislosti od toho, ktorý kanál (frekvenčné pásmo) si naladíme na rádioprijímači, takú rozhlasovú stanicu budeme počúvať.

Už z princípu frekvenčného multiplexu je zrejmé, že je pri prenose vhodné použiť modulácie s nosnými vlnami.

Vlnový multiplex WDM (Wave-division multiplex)

Vlnový multiplex je v podstate frekvenčný multiplex v oblasti frekvencií typických pre optiku. Zjednodušene povedané, každý kanál používa inú vlnovú dĺžku.

Kódový multiplex CDM (Code-division Multiplex)

Pri kódovom multiplexe sú kanály vytvorené v kódovej oblasti, t.j. k vysielaniu rôznych kanálov dochádza v tom istom frekvenčnom pásme, čase a priestore, s použitím rovnakej polarizácie a trebárs aj modulácie. Jediné v čom sa od seba jednotlivé kanály odlišujú je použitý kód. Jednotlivé kódy pre kanály sú navzájom ortogonálne, t.j. prijímač si zo zhluku kanálov dokáže vyselektovať jeden z nich na základe znalosti jeho kódu. Samozrejme, že tento princíp má aj svoje negatíva, medzi ktoré patrí nutnosť rozšírenia šíry pásma jedného kanála, napr. pomocou metodiky priameho rozprestretia spektra.

5. Metódy viacnásobného prístupu - TDMA, FDMA, WDMA, CDMA.

Časovo delený viacnásobný prístup - TDMA

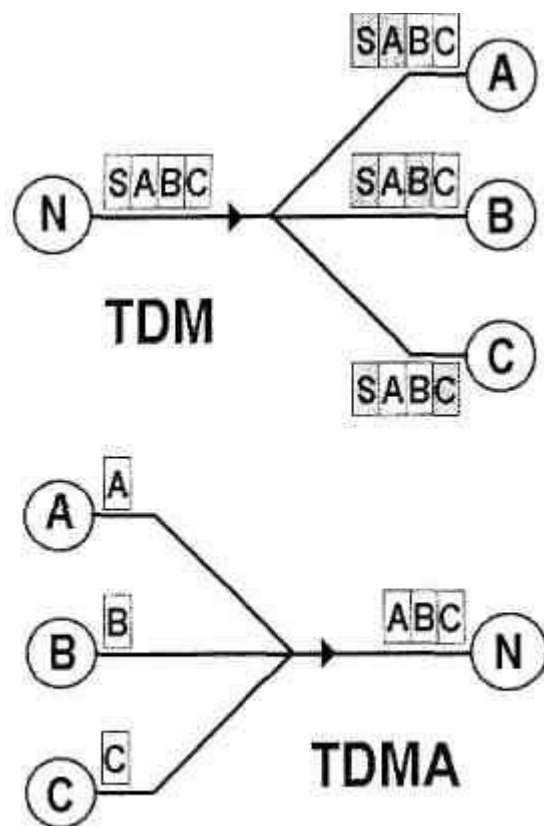
Časovo delený viacnásobný prístup prideliť prenosovú kapacitu v časovo delených kanálových intervaloch. Principiálne vychádza z časovo deleného multiplexu (Time Division Multiplex, TDM), ktorý predpokladá vytvorenie prenosovej relácie typu „bod - bod“ bez potreby riadiť prístup na prenosové médium. Pri nárokoch na vytvorenie relácie typu „bod - viac bodov“ treba doplniť mechanizmus multiplexovania čiastkových tokov o procedúry zabezpečujúce časovo delený viacnásobný prístup na prenosové médium - teda TDMA (Time Division Multiple Access). Multiplexovanie údajov z jednotlivých terminálov do spoločného toku smerujúceho k centrálnemu uzlu môže byť:

- Orientované bitovo, čiže súvislý dátový tok sa vytvára multiplexovaním príspevkových bitov jednotlivých terminálov. Tie musia byť plne synchronizované, pričom oneskorenie prenosového média musí byť zanedbateľné. Tento prípad je viac-menej teoretický a dá sa použiť len pri nízkych prenosových rýchlostiach.
- Orientované blokovo, pri ktorom sú účastnícke dáta zoskupené do blokov, navzájom oddelených medzerou. V závislosti od prenosovej kapacity priradenej každému terminálu môžeme rozlišovať organizáciu:
 - s pevným pridelením prenosovej kapacity
 - s dynamickým pridelovaním kapacity.

Systémy s pevným pridelením prenosovej kapacity majú prenos obvyčajne organizovaný v rámcoch. Prístupové metódy s dynamickým pridelovaním kapacity, používané v sieťach pracujúcich v asynchrónnom prenosovom móde (Asynchronous Transfer mode, ATM) vyžadujú na pridelovanie kapacity mechanizmus vyhodnocovania nárokov na prenosové médium zo strany jednotlivých terminálov a pridelovanie oprávnení na vysielanie pre jednotlivé ONU zodpovedajúcim protokolom MAC.

Predstavme si jednoduchú sieť so stromovou architektúrou (obr. 2.4). Požadujeme zabezpečiť obojsmerný prenos informácie medzi centrálnym uzlom N a koncovými uzlami - terminálmi siete (A, B, C), pričom predpokladáme rámcovo orientovaný prístup s pevným pridelením prenosovej kapacity. V smere z centrálného uzla do terminálov, teda „z bodu k viacerým bodom“, je možné použiť jednoduchý časový multiplex TDM. Pri použití

synchronného prenosového módu prebieha prenos v rámcoch, ktoré sa začínajú kanálovým intervalom nesúcim slovo rámcovej synchronizácie. Každý terminál sa bitovo a rámcovo zasynchronizuje na prichádzajúci dátový tok. Ak každý terminál má pridelený príslušný kanálový interval, je schopný dekódovať práve jemu prislúchajúce dáta.



Obr. 2.4 Princíp TDM / TDMA

V opačnom smere (v literatúre označovanom „Upstream“) treba zostaviť podobný rámec na vstupe prijímača centrálného uzla, pričom každý kanálový interval generuje iný terminál. Fyzická vzdialenosť medzi centrálnym uzlom a terminálmi je vo všeobecnosti rôzna, rôzne je teda i oneskorenie a tlmenie jednotlivých trás.

Preto treba zabezpečiť:

- optimálne časovanie vysielania jednotlivých terminálov tak, aby v spoločnom uzle siete nedochádzalo k prekryvaniu jednotlivých kanálových intervalov, a to ani pri kolísaní oneskorenia v povolenom intervale
- bitovú synchronizáciu prijímača na začiatku príjmu každého informačného bloku
- kompenzovanie premenlivej hodnoty tlmenia jednotlivých trás.

Na zabezpečenie časovania vysielania jednotlivých terminálov musí riadiaca procedúra v centrálnom uzle merať oneskorenie medzi uzlom a terminálom, vypočítať oneskorenie, ktoré musí terminál pri vysielaní dodržať, aby jeho údaje „zapadli“ do príslušného kanálového intervalu a preniesť tieto informácie do terminálu. Procedúra nastavenia optimálneho časovania pre každý terminál prebieha postupnou aproximáciou. Nazýva sa „Ranging“ a prebieha v troch fázach:

- predbežné nastavenie časovania, tzv. približný statický ranging
- jemné statické dostavenie časovania,
- dynamické doladenie a synchronizácia - dynamický ranging.

Frekvenčné delení viacnásobný prístup - FDMA

Frekvenčné delení viacnásobný prístup FDMA pracuje, podobne ako frekvenčné delení multiplex FDM, na princípe delenia celkovej kapacity prenosového média na väčší počet frekvenčných delení segmentov. Každý segment je pevne priradený jednému prenosovému kanálu. Vzhľadom na stabilitu frekvencie treba medzi jednotlivými segmentmi vynechať „ochranné“ frekvenčné pásmo, čo znižuje efektivitu využitia kapacity kanálu. Metóda FDMA podobne nie je vhodná, ak treba súčasne vysielat' dáta všetkým účastníkom (tzv. „Broadcast“), pretože majú pridelené rôzne frekvenčné kanály. Jej hlavné použitie je v oblasti rádiových prístupových systémov. Technika frekvenčného multiplexu sa však často používa v kombinácii s inými metódami (TDMA, WDMA,...).

Vlnovo delení viacnásobný prístup - WDMA

Vlnovo delení viacnásobný prístup (Wavelength division multiple access, WDMA) využíva na prenos jednotlivých kanálov rôzne optické vlnové dĺžky. V najjednoduchšom prípade sa používa optický vlnový multi-plex (WDM) na oddelenie doprednej a spätnej prenosovej cesty, pričom každá prebieha v inom optickom okne (napr. 1550 nm dopredný smer prenosu, 1380 nm spätný smer). Pre vytvorenie viackanálového prístupového systému však treba vytvoriť väčší počet optických nosných, umiestených v jednom optickom okne, vlnový multiplex musí byť teda podstatne „hustejší“. Teoreticky je možné v súčasnosti vytvoriť v optickom okne 1550 nm viac ako 100 optických nosných, prakticky ich počet nepresahuje 20 až 40. Podobne ako pri frekvenčnom prístupe FDMA je možné na spoločnom médiu vytvoriť relácie typu bod - bod alebo bod - viac bodov.

Riešenie prístupu typu bod - bod predpokladá použiť pre každý prenášaný kanál samostatnú optickú vlnovú dĺžku, takže prístupová metóda sa redukuje na jednoduchý optický multiplex. Čiastkové optické signály sú zlúčené do celkového toku pasívnym optickým multiplexorom. Na strane prijímačov podobný multiplexor rozdelí optické nosné k jednotlivým prijímačom. Takto organizovaná optická prístupová sieť má pevné pridelenie prenosových kanálov terminálom. Ak treba zabezpečiť flexibilitu v prideľovaní kanálov jednotlivým terminálom, musia byť zdroje optického žiarenia, prijímače alebo multiplexory WDM elektricky preladiteľné. Rýchlosť preladovania však v takto riešenej sieti nebude dominantný parameter. Zostavenie spojenia sa uskutočňuje vzájomnou súhrou vlnovej dĺžky zdroja, prijímača a vlnovo selektívneho prvku WDM. V literatúre sa takto organizovaná sieť označuje ako „sieť s vlnovým smerovaním“ (Wavelength-routing network).

Pri viacnásobnom prístupe sa jednotlivým kanálom prideľujú optické vlnové frekvencie multiplexne. To znamená, že minimálne jeden koniec prenosovej cesty musí byť preladiteľný. V princípe je možné použiť:

- Preladiteľný vysielateľ a pevne naladené selektívne prijímače. Vysielateľ sa periodicky ladí na jednotlivé optické vlnové dĺžky. Tento prípad je vhodný pre smer sieť => terminál, pričom jednotlivé terminály obsahujú selektívne pevne ladené optické prijímače.
- Preladiteľný prijímač a pevne naladené vysielateľe. Tento prípad je použiteľný na prenos opačným smerom. Treba však zabezpečiť synchronizáciu medzi okamžikom naladenia prijímača a začatím vysielania vysielateľa, čo je obdoba rangingu v prístupe TDMA.
- Laditeľné prijímače aj vysielateľe. Táto kombinácia poskytuje najvyššiu flexibilitu pri vytváraní spojení, je však najviac nákladná.

Kódovo delení viacnásobný prístup - CDMA

Metóda CDMA (Code Division Multiple Access) patrí do metód pracujúcich s rozprestreným spektrom (Spread Spectrum). Teória týchto systémov je rozpracovaná od šesťdesiatych rokov. Na rozdiel od metód TDMA alebo FDMA, ktoré na oddelenie jednotlivých kanálov využíva časovú alebo frekvenčnú oblasť, pri metóde CDMA používajú

všetky terminály rovnakú frekvenčnú a časovú oblasť. Jednotlivé kanály sa oddeľujú priradením špecifického kódového slova každému spojeniu. Kódové slovo obsahuje n bitov, nazývaných „Chips“. Hodnota n definuje tzv. „faktor rozprestrenia“, nazývaný i systémový zisk (Spread Factor). Prenos kódovaných signálov vyžaduje podstatne väčšiu šírku pásma ako prenos signálov s použitím iných prístupových metód. Jej podstatnou výhodou však je minimalizácia rizika príjmu signálu neoprávneným prijímačom. Preto sa prístupové metódy CDMA používajú v rádiových prístupových systémoch, a to i pre vojenské aplikácie. Systémov s rozšíreným spektrom existuje veľké množstvo a podobne sa dajú rôznym spôsobom klasifikovať. Podľa použitej modulačnej metódy delíme tieto systémy do dvoch hlavných skupín:

- Systémy s priamym vytváraním pseudonáhodnej postupnosti (Direct Sequence alebo Pseudo Noise)
- Systémy pracujúce so zmenou spektra vo frekvenčnej alebo časovej oblasti (Frequency Hopping, Time Hopping).

Systémy s priamym vytváraním pseudonáhodnej postupnosti vytvárajú výstupný pseudonáhodný signál tak, že každý bit prenášanej správy sa násobí kódovacou sekvenciou s dĺžkou n bitov. To znamená, že operácia kódovania i prenosová rýchlosť výstupného toku dát musí prebiehať s n -násobne vyššou rýchlosťou než prenosová rýchlosť vstupného dátového toku.

6. Metódy pre zabezpečenie duplexnej prevádzky - TDD, FDD, WDD, PDD

Duplex je pojem označujúci obojsmernú komunikáciu. Z hľadiska smeru komunikácie rozoznávame:

- simplex – jednosmerná komunikácia, napr. vysielanie rozhlasovej stanice
- duplex – obojsmerná komunikácia, ktorá má dva varianty. Predpokladajme komunikáciu dvoch staníc A a B.
 - polovičný duplex – buď vysielala A alebo B. Súčasné vysielanie A a B je zakázané. Využíva sa najmä v bezdrôtových dátových sieťach, kde je nemožné súčasne vysielat' a prijímať signál na tej istej frekvencii.
 - plný duplex – stanice A aj B môžu súčasne vysielat'.

Princípy duplexnej prevádzky sú založené na rovnakých princípoch ako princípy multiplexov.

Pri priestorovom duplexe sa pre vzostupný a zostupný smer používa iná časť priestoru prenosového média. Školometským príkladom priestorového duplexu je napr. 100BASETX, ktorý pre prenos v jednom smere používa žily 1 a 2 a v opačnom smere žily 3 a 6 v štvorpárovom TP kábli.

Pri frekvenčnom duplexe sa pre opačné smery používajú rôzne frekvenčné pásma. Napr. systém GSM 900 používa pre uplink pásmo 890-915 MHz a pre downlink 935-960 MHz. Pri vlnovom duplexe sa používajú v rôznych smeroch dve vlnové dĺžky, čo sa používa napr. pri niektorých typoch SFP konvertorov pre gigabitový Ethernet.

Časový duplex je založený na princípe, že dochádza k rýchlemu striedaniu vysielania na oboch stranách. Inak povedané, chvíľu vysielala stanica A, potom nasleduje ochranná pauza, potom vysielala stanica B a nasleduje ochranná pauza. Celý proces sa periodicky opakuje. Metóda sa niekedy nazýva aj ping-pong. Vzhľadom na to, že striedanie vo vysielaní prebieha rýchlo (niekoľko desiatok až tisícok cyklov za sekundu) a prenášané dáta sa ukladajú do vyrovnávacích pamätí, navonok sa zdá, ako keby systém pracoval v režime plného duplexu. Tento systém je napr. použitý pri zabezpečení komunikácie medzi ISDN terminálom

a pobočkovou ústredňou (konkrétne na Up rozhraní).

Kódový duplex používa v opačných smeroch iný ortogonálny kód.

Polarizačný duplex sa s výhodou požíva pri rádiových spojoch na väčšie vzdialenosti. Prenos v jednom smere prebieha pomocou vertikálnej a v opačnom smere pomocou horizontálnej polarizácie. Tento princíp možno využiť napr. pri vytváraní spojov bod-bod pomocou WiFi.

7. Rozumieť pojmom - tlmenie, prenos, presluch (tlmenie presluchu), odstup signálu od šumu.

Tlmenie - pomer signálu prijatého a vysielaného

Prenos - Zdroj správy sa najskôr zakóduje, potom sa spraví modulácia (amplitúdová, frekvenčná alebo fázová), kde sa k modulačnému signálu pridá nosný signál a vznikne modulovaný signál. Ten sa zosilní v koncovom stupni vysielача a vyšle sa anténou.

Signál prijatý anténou sa najskôr zosilní vo vstupnej časti prijímača a potom sa spraví demodulácia a dekodovanie správy.

Presluch - Ak zdroj a obeť rušenia sa nachádzajú v tesnej blízkosti (na obeť pôsobí blízke pole vytvorené zdrojom rušenia), ich vzájomnú väzbu nazývame presluchom. Z hľadiska fyzikálneho princípu rozlišujeme :

- presluch na spoločnej impedancii;
- kapacitný presluch;
- induktívny presluch.

Tlmenie presluchu –

Odstup signálu od šumu - Pomer medzi max. a min. signálom

- je to maximálny možný odstup zvuku (signálu) od základného šumu, udáva sa v dB (decibeloch).