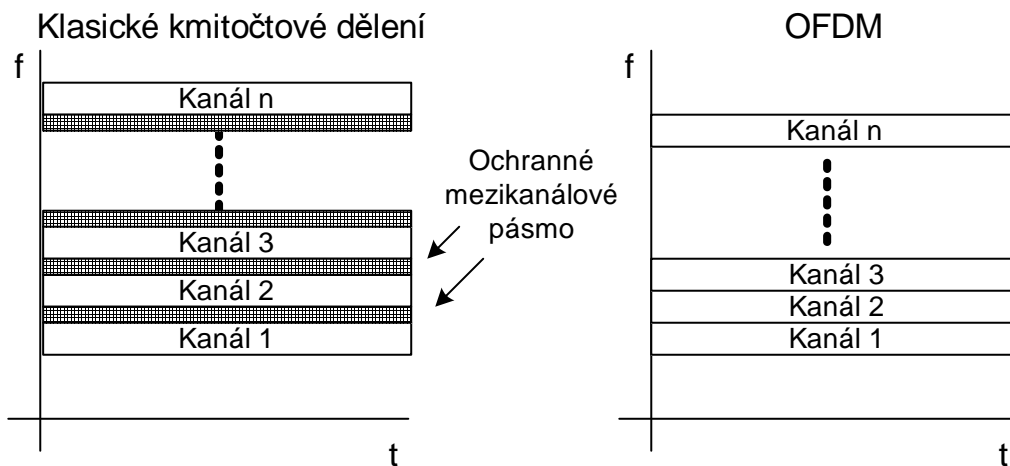


OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing)

Patří do skupiny širokopásmových modulací využívajících kmitočtového dělení kanálu pro komunikaci. Základním rozdílem OFDM oproti jiným modulacím s více nosnými kmitočty je ortogonalita jednotlivých nosných, z níž plyne vyšší spektrální účinnost modulační OFDM. Na obrázku 1 je znázorněn případ kmitočtového dělení kanálu klasické modulační s více nosnými kmitočty a modulační OFDM. Celé kmitočtové pásmo by samozřejmě bylo možné zaplnit modulační o jediné nosné vlně, problém však při širokopásmovém přístupu nastává na straně přijímače, v němž je nezbytné v bloku ekvalizátoru vyrovnat vícecestné úniky a vyhladit přenosovou funkci kanálu. V případě modulační OFDM lze celou kmitočtovou charakteristiku kanálu nahradit po částech konstantní funkcí, což zjednodušuje realizaci ekvalizátoru.

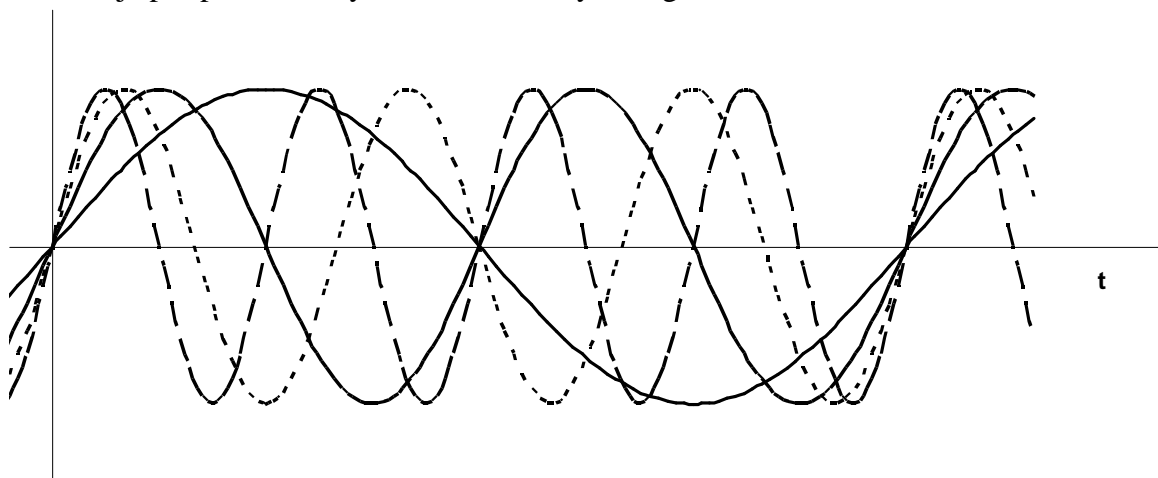


obrázek 1. Porovnání klasické modulační s více nosnými kmitočty a OFDM

Ortogonalitu nosných jednotlivých kanálů modulační OFDM lze matematicky popsat následujícím vzorcem. Máme-li dva signály $s_1(t)$ a $s_2(t)$, pro které platí:

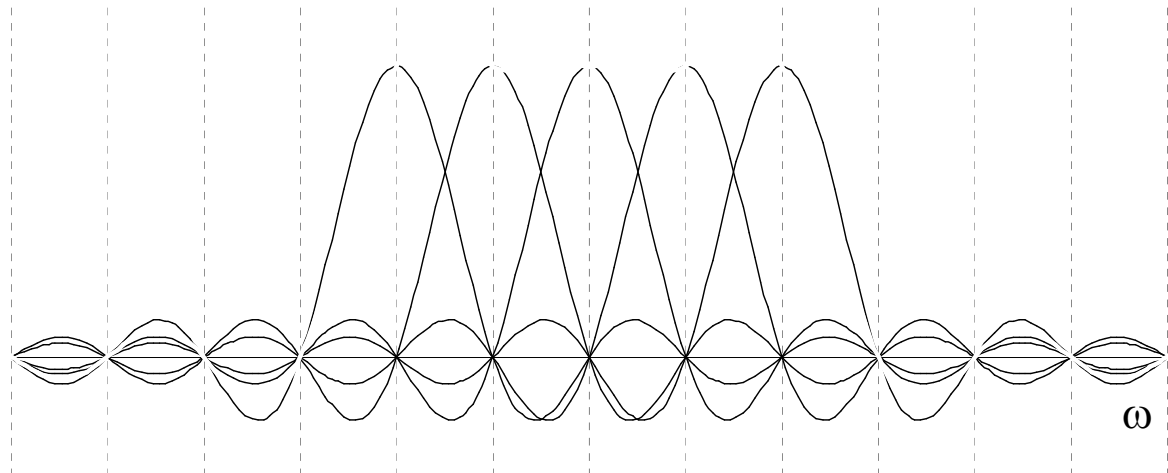
$$\int_0^T s_1(t)s_2(t)dt = 0$$

pak řekneme, že tyto signály jsou na periodě T ortogonální. Pro případ modulační OFDM nazveme periodu T symbolovou periodou. Typickou ortogonální soustavou signálů je Fourierova řada, v níž jsou všechny funkce ortogonální na periodě základní harmonické. Na obrázku 2 je pro představu vyobrazena sada čtyř ortogonálních funkcí.



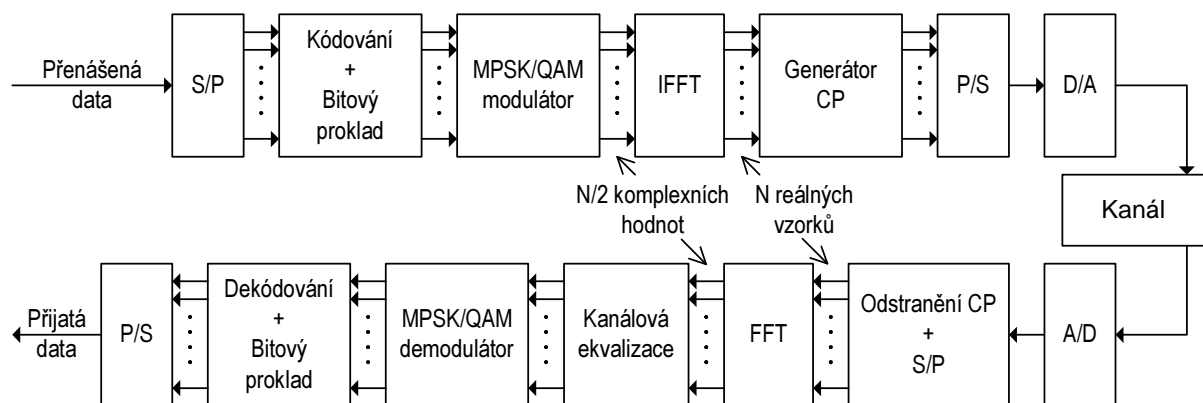
obrázek 2. Soustava ortogonálních funkcí

Aby byla zachována ortogonalita nosných během symbolové periody, je z předchozího zřejmé, že pro OFDM je nutné na jednotlivých nosných volit takové modulace, které zachovávají konstantní modul a fázi na symbolové periodě. Příklady takových modulací jsou MPSK (fázová modulace s M diskretními stavy), MASK (amplitudová modulace s M diskretními stavy), případně QAM (kombinace diskretní amplitudové a diskretní fázové modulace). Spektrum výsledného signálu získaného modulací OFDM je na obrázku 3.



obrázek 3. Spektrum modulace OFDM

Blokové schéma typického systému založeného na principu modulace OFDM je na obrázku 4. Zdrojová data jsou sdružována do bloků, čímž dojde ke konverzi bitové rychlosti na symbolovou periodu OFDM. Následně jsou data zakódována bezpečnostními kódy pro zvýšení odolnosti vůči chybám při přenosu. Baseband modulátor převede blok zakódovaných dat na komplexní hodnoty představující modul a fázi na jednotlivých nosných v signálové rovině. Po provedení zpětné Fourierovy transformace je takto vytvořená posloupnost protažena o tzv. cyklickou kopii pro zvýšení imunity vůči impulsní charakteristice kanálu a převedena zpět do sériového tvaru. Na přijímací straně se provádí inverzní proces. Data jsou nejprve převedena na paralelní tvar spolu s odstraněním cyklické kopie. Následně je provedena Fourierova transformace, kanálová ekvalizace pro korekci charakteristik kanálu a získaná komplexní posloupnost je v baseband demodulátoru převedena zpět na zakódovaná data. Následuje už jen dekódování dat.



obrázek 4. příklad typického modemu využívající modulaci OFDM

Pro bližší čistě teoretický popis OFDM viz. např:

Sýkora, Jan: **Teorie digitální komunikace**, skripta ČVUT, Praha, 2002