

# **PERSONAL AREA NETWORKS - STANDARD 802.15**

# Obsah

<b>1</b>	<b>Obecná charakteristika</b>	<b>3</b>
1.1	Technologie fyzické vrstvy . . . . .	3
1.2	Frequency Hopping Spread Spectrum . . . . .	4
1.3	Direct Sequence Spread Spectrum . . . . .	5
1.3.1	Rozprostírání pomocí pseudonáhodné posloupnosti . . . . .	6
<b>2</b>	<b>Standard 802.15.3 Bluetooth</b>	<b>9</b>
2.1	Fyzická vrstva PHY . . . . .	10
<b>3</b>	<b>Standard 802.15.4</b>	<b>13</b>
3.1	Fyzická vrstva PHY . . . . .	15
3.2	Vrstva MAC . . . . .	16

# Kapitola 1

## Obecná charakteristika

Bezdrátové sítě pro osobní použití se začali rozvíjet v devadesátých letech minulého století. Jsou primárně určeny pro vytváření sítí s malým počtem uzlů a malým dosahem, jak již vyplývá z jejich názvu. Typicky se používá několik desítek až stovek uzlů, s dosahem desítek metrů. Maximální počet uzlů se pohybuje v řádu desítek tisíc a stovek metrů.

Tyto sítě pracují v bezlicenčním pásmu ISM okolo 2,4 GHz (Industrial, Science and Medicine Band), přesný frekvenční rozsah je  $2,4 \div 2,4835$  GHz. Obecně lze říci, že PAN sítě pracují s rozprostřeným spektrem, a to buď metodou FHSS nebo DSSS (viz dále).

### 1.1 Technologie fyzické vrstvy

Pásmo ISM, ve kterém pracuje převážná část systémů PAN, je využívána více systémy současně (WiFi, Bluetooth, ZigBee ale současně i mikrovlnné trouby). Proto je výhodné použít přístupovou metodu CDMA, protože má výborné vlastnosti vzhledem k rušení (úzkopásmové a širokopásmové). Základní vlastnosti a principy CDMA budou popsány v této kapitole.

Princip techniky rozprostřeného spektra je zobrazen na *obr. 1.1*. Úzkopásmový užitečný signál se pomocí širokopásmové posloupnosti rozprostře ve spektrální oblasti (existuje i rozprostírání v časové oblasti). Tento signál se pomocí stejné posloupnosti v přijímači převede na úzkopásmový užitečný signál.

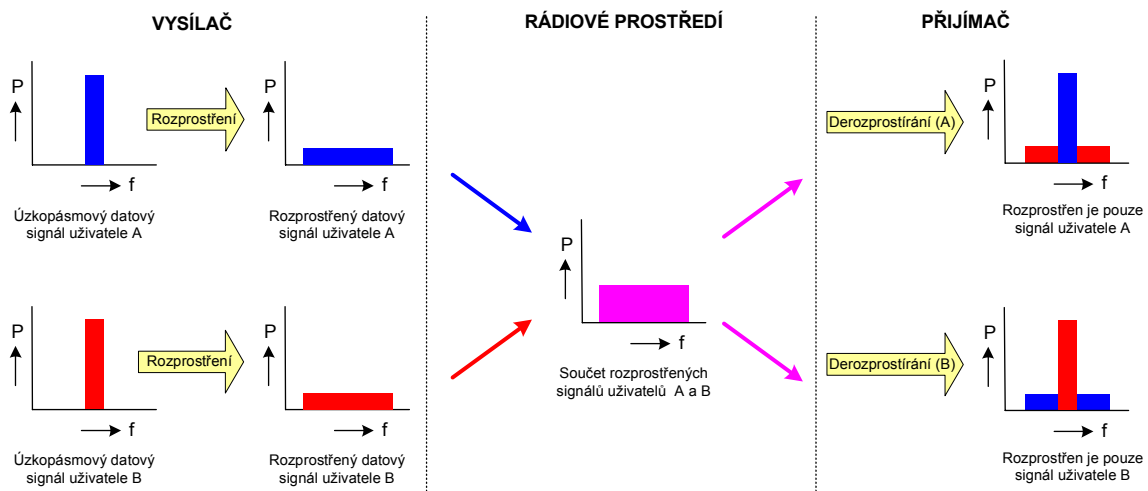
Výhodou CDMA je velká odolnost vůči rušení, protože bez znalosti rozprostírací posloupnosti není možné rozlišit užitečný signál, který se jeví v přijímači jiného účastníka jako šum. Protože účastníci (prvky sítě) jsou rozlišeny pomocí posloupnosti, jsou kladeny velké požadavky na jejich vlastnosti.

**Korelace** Vzájemná korelace rozprostíracích posloupností by měla mít pokud možno průběh obdobný vzájemné korelaci náhodných signálů

**Autokorelace** Autokorelační funkce rozprostírací posloupnosti by měla mít impulsní průběh (impuls je v 0)

Díky vlastnostem rozprostíracích posloupností je další výhodou systémů s CDMA velmi nízká možnost odposlechu, protože bez znalosti posloupnosti nelze užitečný signál dekodovat.

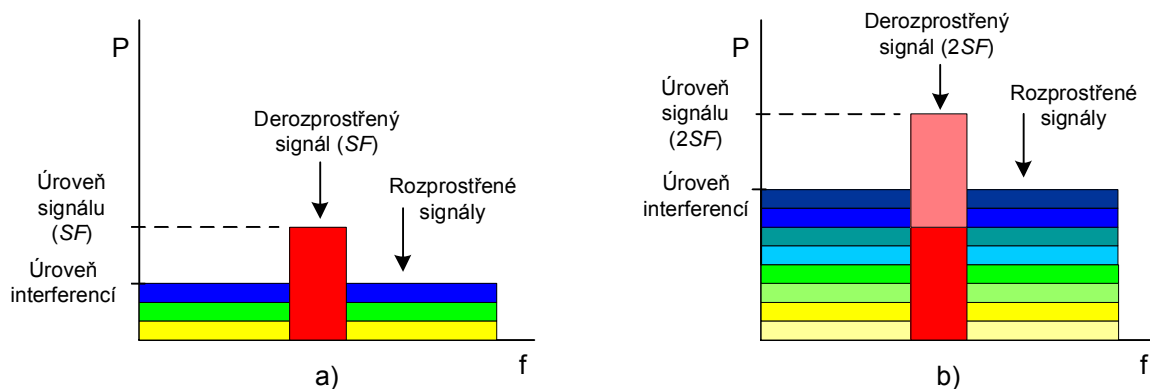
CDMA je velmi odolný vůči rušení, protože širokopásmový šum je aditivní a pro přijímač je to signál dalšího prvku systému s jinou rozprostírací posloupností. Dokud je po derozprostření úroveň užitečného signálu vyšší než šumové pozadí, systém pracuje



Obr. 1.1: Princip techniky přenosu pomocí CDMA

správně (*obr. 1.2*). Poměr úrovně užitečného signálu vůči šumu je dán tzv. rozprostíracím factorem SF (Spreading Factor), což je poměr počtu chipů rozprostírací posloupnosti k jednomu bitu užitečného signálu.

Pokud se při přenosu projeví úzkopásmové rušení v přenosovém kanálu, dojde v přijímači k jeho spektrálnímu rozprostření a proto nemá vliv na užitečný signál.

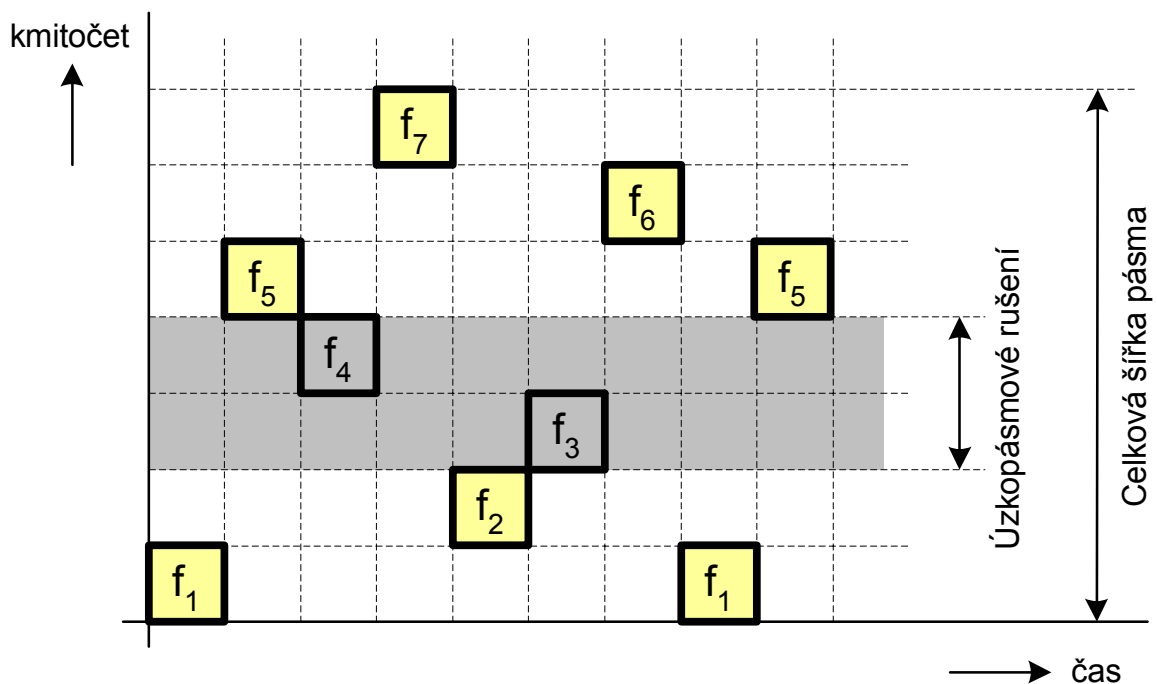


Obr. 1.2: Odolnost vůči rušení systému CDMA

## 1.2 Frequency Hopping Spread Spectrum

Tato metoda rozprostírání je založena na rychlé změně frekvence nosné vlny vysílaného signálu během přenosu po krátkých časových okamžicích. Principiální zobrazení frekvenčního skákání je na *obr. 1.3*.

Pokud dojde při přenosu k rušení úzkopásmovým signálem, dojde k výpadku pouze na krátký časový okamžik, který lze opravit pomocí kódového zabezpečení. Posloupnost použitých frekvencí v čase je určena systémem. Posloupnost musí být předem známa ve všech zařízeních mezi kterými dochází k přenosu.



Obr. 1.3: Princip Frequency Hopping Spread Spectrum technologie

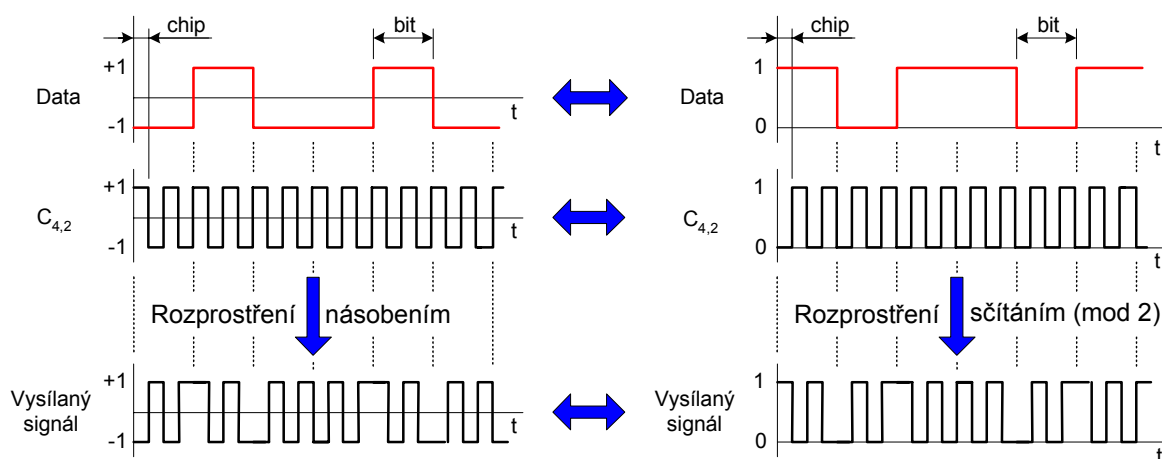
### 1.3 Direct Sequence Spread Spectrum

Metoda přímého rozprostírání je velmi rozšířená. Používají se dva typy této metody - rozprostírání násobením, které vyžaduje hodnoty užitečného signálu a posloupnosti ve tvaru  $\pm 1$ , druhou metodou je rozprostírání pomocí exkluzivního součtu XOR. Druhá metoda vyžaduje tvar signálu (sekvence) v binárním tvaru.

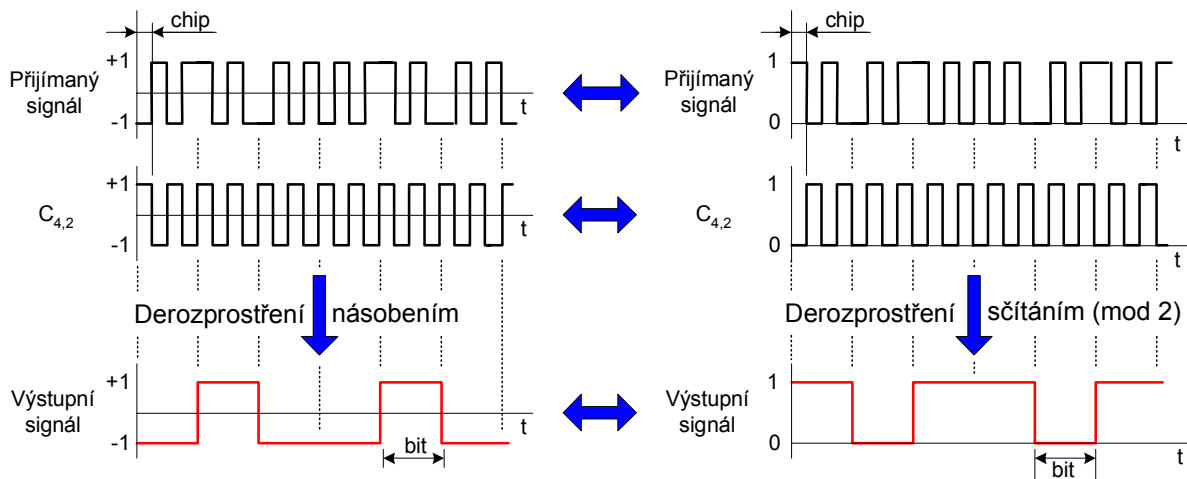
Postup při rozprostírání je zobrazen na *obr. 1.4*, inverzní operace derozprostírání je na *obr. 1.5*.

Spektrum signálu v jednotlivých krocích procesu je na *obr. 1.6*.

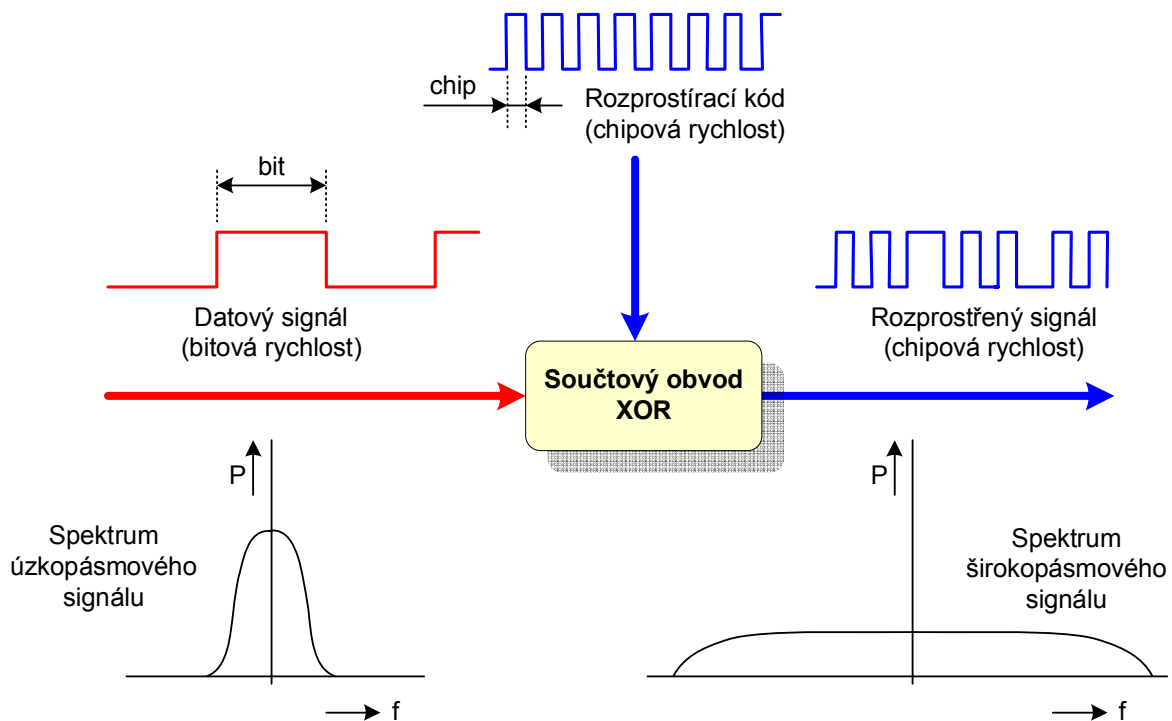
V přijímači dochází k násobení přijatého signálu posloupností a poté v integračním článku dochází k integrování výsledku. Pokud je přijatý signál násoben správnou posloup-



Obr. 1.4: Princip rozprostírání



Obr. 1.5: Princip derozprostírání



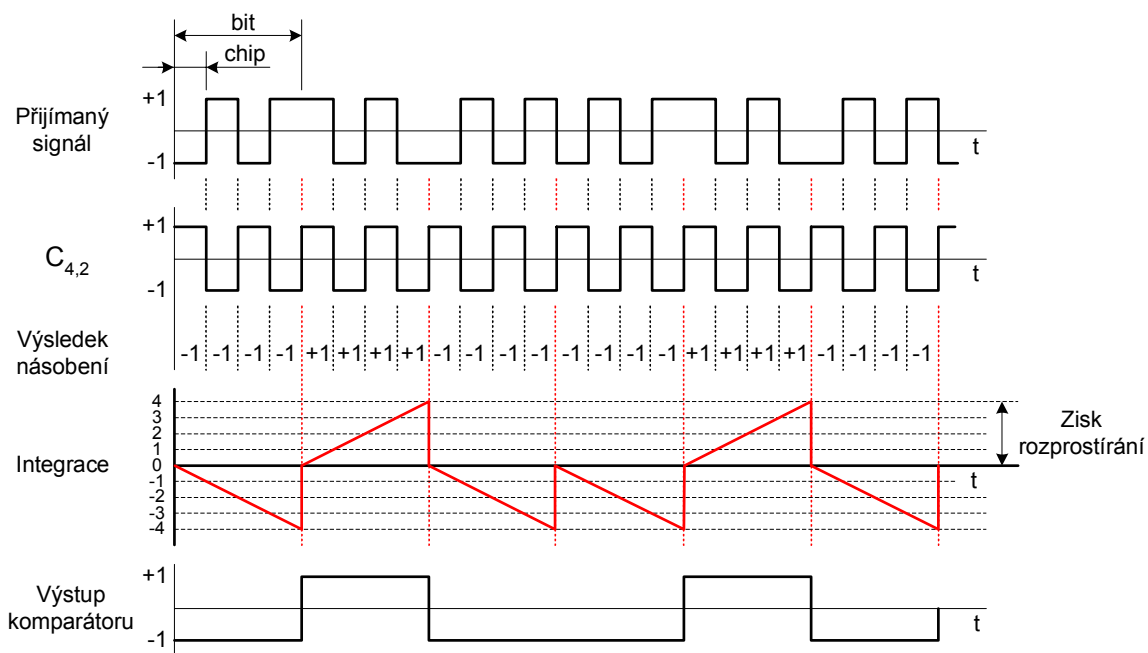
Obr. 1.6: Princip Direct Sequence Spread Spectrum technologie

ností je na výstupu integrátoru užitečný signál, pokud je použita nesprávná posloupnost, na výstupu integrátoru je šum. Tyto závislosti jsou na *obr. 1.7* a *obr. 1.8*.

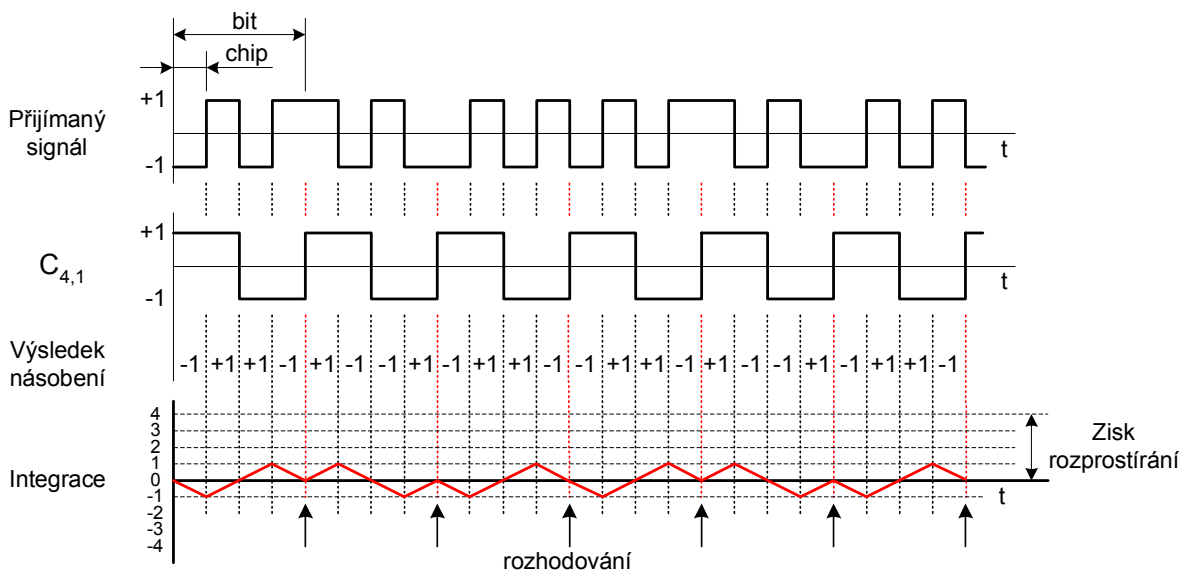
DSSS metoda se používá např. v systému UMTS, WiFi atd. Dalším kritériem pro rozdělování systémů je vytváření rozprostíracích posloupností. Jednou z možností je použití některé ze skupiny ortogonálních funkcí (Walshovy, Rademacherovy, Barkerovy kódy) nebo některé z metod pro vytváření pseudonáhodných posloupností.

### 1.3.1 Rozprostírání pomocí pseudonáhodné posloupnosti

Pseudonáhodné posloupnosti se používají pro rozlišení síťových prvků nebo účastníků. Jejich použití je výhodné, protože jejich realizace je velmi jednoduchá a snadno se repro-



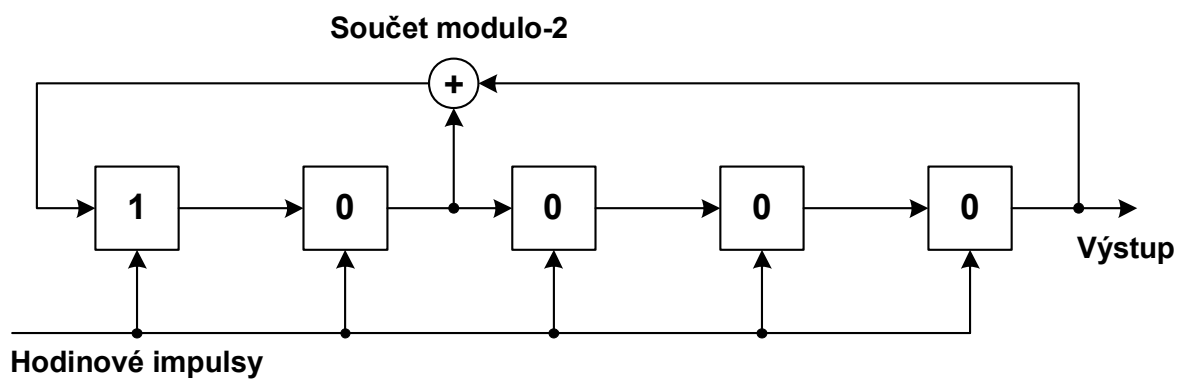
Obr. 1.7: Derozprostírání pomocí správného kódu



Obr. 1.8: Derozprostírání pomocí nesprávného kódu

dukují.

Pro vytváření se využívá lineárních posuvných registrů (*obr. 1.9*) a jednotlivé posloupnosti jsou určeny počátečními podmínkami.



Obr. 1.9: Vytváření pseudnáhodné posloupnosti pomocí posuvného registru

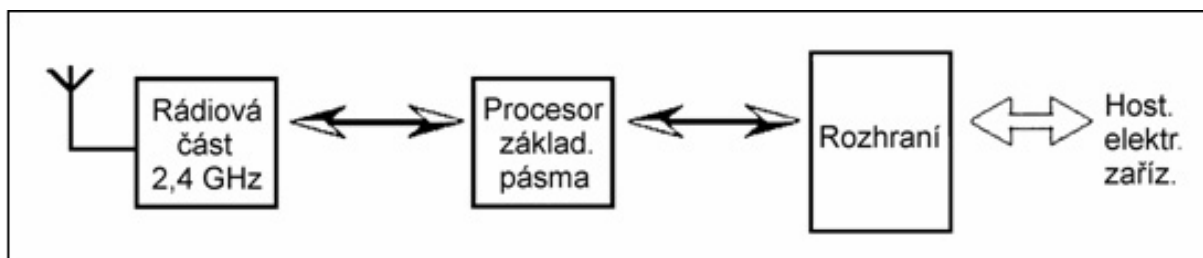


# Kapitola 2

## Standard 802.15.3 Bluetooth

System tvoří malé síťové struktury, označované názvem pikonet („pikosít“), kterou může tvořit až osm terminálů. Každý terminál může být součástí libovolného elektronického zařízení. Pokud je hostitelské zařízení mobilní telefon nebo PC, lze terminál použít pro přístup do sítě (LAN nebo např. GSM, UMTS atd...)

Každé mobilní nebo pevné elektronické zařízení, které je součástí této sítě, obsahuje malý terminál v němž je umístěn rádiový vysílač a přijímač (transceiver) včetně procesoru základního pásma (baseband processor), viz. *obr. 2.1*.

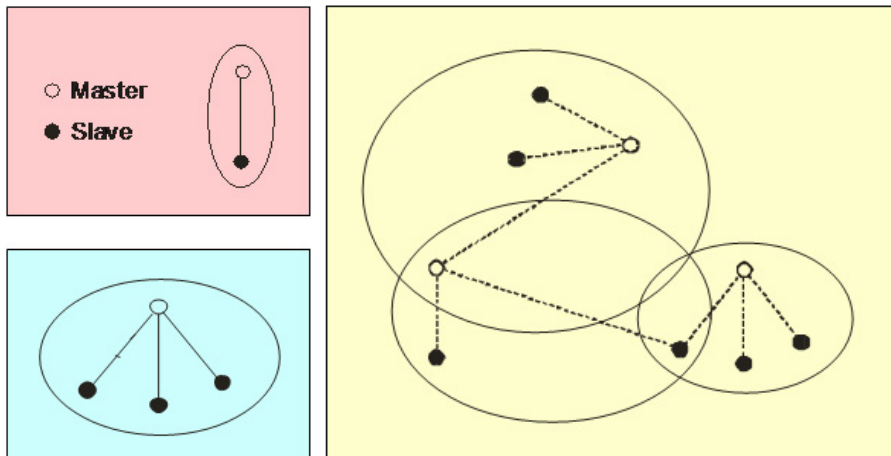


Obr. 2.1: Blokové schéma zařízení Bluetooth

Procesor základního pásma řídí činnost rádiové části, komunikaci v síti i komunikaci s hostitelským zařízením, které jsou zabudovány přímo do různých hostitelských elektronických zařízení. Zařízení Bluetooth se rozdělují do tzv. tříd, každá třída má definovanou maximální výkonovou úroveň. Při nominálním výkonu jejich vysílačů 0 dBm, je možné spojení na vzdálenost až 10 metrů. Při použití pomocných zesilovačů se dosah systému zvýší až na cca 100 metrů.

Základní topologie systému Bluetooth je „ad hoc“ tj. komunikace bod-bod (point to point), případně komunikace bod-více bodů (point to multipoint) (levá část *obr. 2.2*). Při této konfiguraci jsou si všechny terminály (stanice) rovnocenné a spojení funguje bez hierarchické struktury, pouze terminál, který sestavoval spojení je označen jako Master Device a ostatní zařízení jsou Slave Device. Hlavní funkcí Master device je inicializace vytváření sítě a identifikace účastníků, řízení synchronizace atd.. Tyto funkce jsou však dočasné a zanikají s ukončením spojení. Při následující komunikaci může funkci řídicí jednotky (Master) plnit libovolný jiný terminál.

V případě, že v oblasti sítě pikonet pracují i jiné sítě pikonet, vzniká rozptýlená ad hoc topologie (scatter ad hoc, scatternet). Tato topologie je na *obr. 2.2* vpravo.



Obr. 2.2: Topologie sítí Bluetooth

## 2.1 Fyzická vrstva PHY

Systém Bluetooth pracuje v pásmu ISM, frekvenční kanály jsou definovány pomocí vztahu

$$f_c = 2402 + n, \quad n = 0 \dots 78$$

Vzdálenost jednotlivých nosných v kmitočtových pásmech je tedy 1 MHz. Pro snížení vzájemného rušení s rádiovými systémy, které toto pásmo rovněž využívají (bezpečnostní systémy, mikrovlnné trouby, atd.), používá systém Bluetooth přenos s rozprostřeným spektrem, a to variantu s kmitočtovým skákáním nosné vlny FH-SS (Frequency Hopping – Spread Spectrum).

Systém Bluetooth používá digitální modulaci GFSK, normovaná šířka pásma je

$$b = BT = 0,5.$$

V modulátoru se používá následující mapování:

- Logická jednička reprezentuje kladnou kmitočtovou odchylku
- Logická nula naopak zápornou kmitočtovou odchylku od nosné.

Frekvenční odchylka je v rozmezí mezi 140 až 175 kHz

Každá síť má svoji vlastní pseudonáhodnou sekvenci, která je dána řídicí jednotkou (master). Proto i fáze pseudonáhodného signálu je dána hodinovým signálem řídicí jednotky.

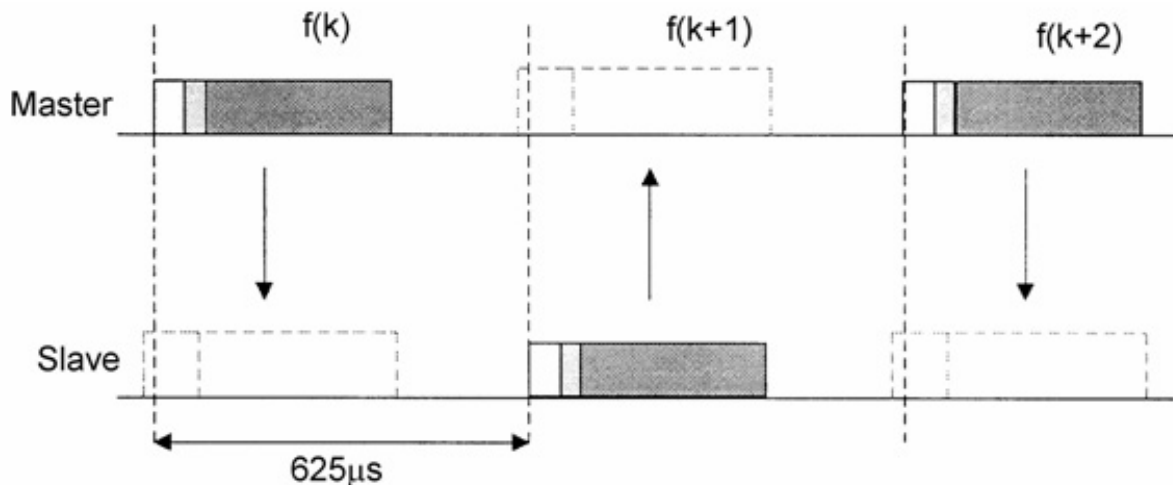
Počet přeskoků za jednu sekundu je

$$f_{FH} = 1600s^{-1}$$

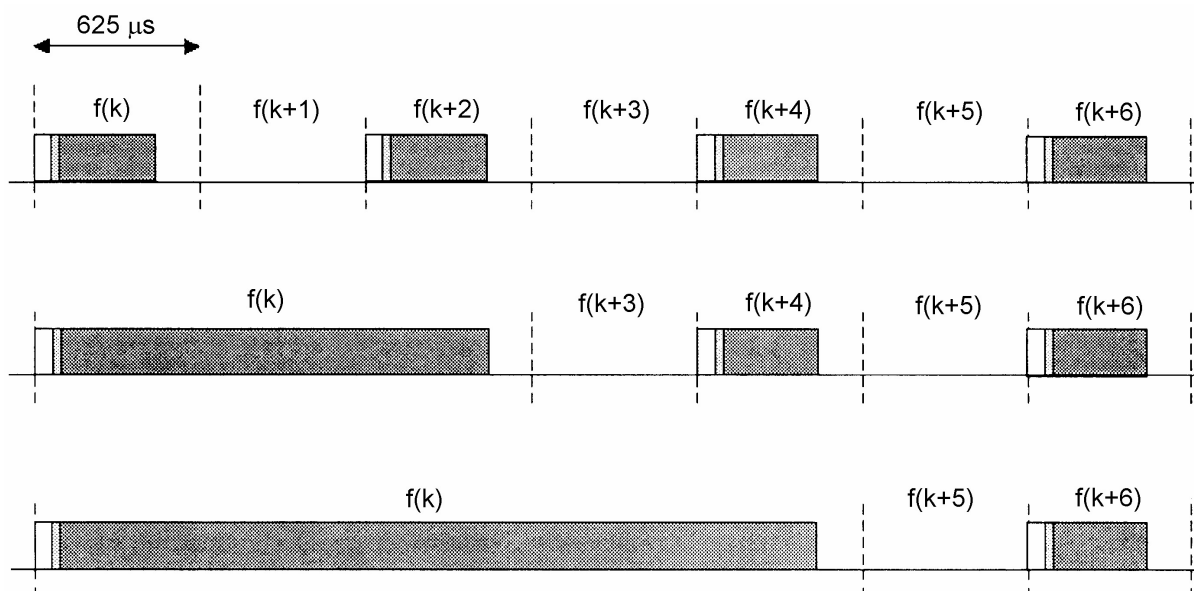
takže doba trvání vysílání na jedné nosné je

$$T_{FH} = \frac{1}{f_{FH}} = 625ms.$$

Každý rádiový kanál je rozdělen na časové úseky (time slot) délky 625 ms. Timesloty jsou číslovány podle hodinového signálu řídicí jednotky. Rozsah číslování je od 0 do  $2^{27} - 1$ , takže jeden cyklus má délku  $2^{27}$  timeslotů.



Obr. 2.3: Časové řazení paketů v systému Bluetooth



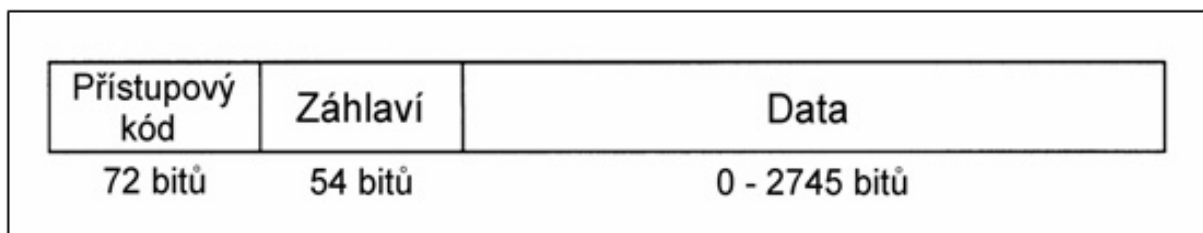
Obr. 2.4: Časové řazení dlouhých paketů v systému Bluetooth

Pro komunikaci mezi terminály se používá časový duplex TDD. Řídící jednotka vysílá pouze v každém sudém timeslotu, zatímco podřízená jednotka vysílá pouze v každém lichém timeslotu. Časové závislosti mezi pakety jsou na *obr. 2.3*.

Přenos se uskutečňuje pomocí paketů, které se „vkládají“ do timeslotů. Každý paket je vysílán na jiné nosné (skákání nosné). Jeden paket bývá přenášen obvykle v jednom timeslotu, avšak může být rozšířen tak, že je přenášen ve třech nebo pěti timeslotech. V tom případě je vysílání celého paketu provedeno na téže nosné viz. *obr. 2.4*.

Používané pakety mají stejný formát, který je na *obr. 2.5*. Na začátku každého paketu je přístupový kód (72 bitů), za ním následuje záhlaví (54 bitů) a nakonec jsou přenášena uživatelská data (0-2745 bitů). Přístupový kód má pseudonáhodné vlastnosti a je unikátní pro každou síť pikonet. Je určen řídicí stanicí a slouží k synchronizaci a autorizovanému přístupu do sítě.

V záhlaví se přenáší 18 informačních bitů, které jsou však zabezpečeny kanálovým kódováním FEC na výsledný počet 54 bitů. Obsahují adresu řízení přístupu na medium,



Obr. 2.5: Struktura paketů v systému Bluetooth

informace o typu paketu, řídicí bity, bity pro ochranu (ARQ) a bity pro kontrolu chyb v záhlaví. Celková délka paketu může být v rozmezí 126 až 2871 bitů.

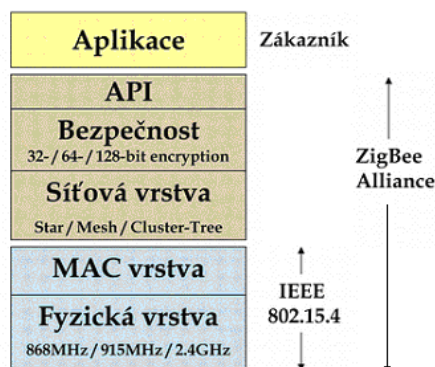
Přenos dat v systému může být synchronní nebo asynchronní. Při synchronním přenosu používaném pro hovorové signály, probíhá komunikace s přenosovou rychlostí 64 kbit/s v každém směru. Při asynchronním přenosu datových signálů může být přenos asymetrický, kdy v jednom směru je maximální přenosová rychlost 723,2 kbit/s a v opačném směru 57,6 kbit/s, nebo symetrický, kdy v každém směru může být přenosová rychlost až 433,9 kbit/s.

# Kapitola 3

## Standard 802.15.4

Mezinárodní standard IEEE 802.15.4 využívá základní vlastnosti fyzické (PHY) a linkové (MAC) vrstvy standardu IEEE 802.15 pro síť s malým dosahem (Bluetooth). Standard 802.15.4 specifikuje nízkorychlostní komunikační síť (cca  $20 \div 200 \text{ kbit} \cdot \text{s}^{-1}$ ) pro osobní využití (PAN - Personal Area Network) s nízkou spotřebou energie a různými typy přenosu dat (periodický sběr dat ze snímačů, přenos dat vyvolaný událostí, ...).

Zařízení pod názvem ZigBee, o jehož vývoj a výzkum se stará organizace ZigBee Alliance, která dále spolupracuje s celosvětově uznávanými firmami jako Honeywell, Motorola, Philips, Samsung atd., je aplikační nadstavbou nad nejnižšími vrstvami MAC a PHY 802.15.4 jak je vidět z obr. 3.1.



Obr. 3.1: OSI model komunikačního protokolu pro zařízení ZigBee

Standard definuje tři bezlicenční rádiová frekvenční pásma obsahující 27 kanálů (číslovaných 0-26), pracující s rozprostřeným spektrem, použitá technika je DSSS.

První hlavní pásmo je v pásmu ISM okolo frekvence 2,4GHz. Zde je vytvořeno 16 kanálů s přenosovou rychlostí 250 kbit/s. Pásmo je určeno pro globální celosvětové použití.

Vzhledem k odlišnostem mezi světovými technickými normami existují ještě další pásma. Druhé se střední frekvencí 915 MHz pro Ameriku a Austrálii s deseti kanály, přenosová rychlost je  $40 \text{ kbit} \cdot \text{s}^{-1}$  (V Evropě je toto pásmo využito pro GSM).

V Evropě je dostupné ještě pásmo 868MHz s jedním kanálem o přenosové rychlosti 20kbit/s.

V pásmu ISM se používá modulace O-QPSK (Offset QPSK), v pásmech okolo 900 MHz se používá modulace BPSK.

Obecně se dají šířky jednotlivých pásem popsat následujícími vztahy

$$f_c = 868,3 \text{ MHz}, \quad \text{pro } k = 0$$

Tab. 3.1: Frekvenční pásma a datové rychlosti

PHY	Frekvenční pásmo	Parametry modulace		Parametry signálu	
		Chip Rate	Modulace	Bit Rate	Symbol Rate
868	868-868,6	300	BPSK	20	20
915	902-928	600	BPSK	40	40
2400	2400-2483,5	2000	OQPSK	250	62,5

$$f_c = 906 + 2(k - 1)\text{MHz}, \quad \text{pro } k = 1, 2 \dots 10$$

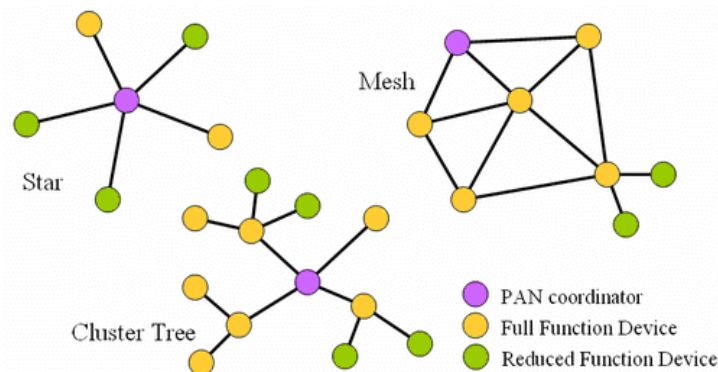
$$f_c = 2405 + 5(k - 1)\text{MHz}, \quad \text{pro } k = 11, 12 \dots 26$$

kde  $k$  je číslo kanálu.

Standard IEEE 802.15.4 využívá při adresaci zařízení dva druhy adresovacích kódů, které mohou být dvojí délky a to buď dlouhé 64 bitové nebo krátké 16-bitové. Lokální adresa zkráceného adresovacího kódu umožňuje v jedné síti umístit maximálně  $2^n - 1$  zařízení. Přičemž každá síť má svou vlastní PAN ID (identifikátor sítě ZigBee). O jejichž zakládání a chod se stará centrální stanice - koordinátor a ostatní zařízení mohou být konstruovány buďto jako směrovače k další stanici (zesilovače) nebo koncová zařízení.

Ty dělíme podle funkce na zařízení FFD (plně funkční zařízení - full function device), která mohou zastávat obě tyto funkce nebo RFD (redukovaná funkční zařízení - reduced function device). RFD zařízení mohou být pouze ve funkci koncového zařízení (PAN coordinator). Toto rozdělení je logickým vyústěním, jednoho z hlavních požadavků sítí ZigBee a to co nejjednodušší funkce a co nejmenší spotřeba.

V těchto sítích se využívá třech typů topologií. Základní je typu hvězda (star), kde jedno zařízení má řídicí funkci a koordinátora a ostatní zařízení mají funkci koncových zařízení. Dalším typem je topologie typu strom (cluster tree topology), kde opět jedno zařízení přebírá funkci koordinátora a ostatní zařízení koncových zařízení, ale s tím rozdílem, že koncová zařízení pro komunikaci mezi sebou nepotřebují nutně využívat koordinátor. A třetí a poslední topologií je typ síť (mesh), která je kompromisem dvou předešlých typů. Její hlavní výhodou je její flexibilita, to znamená, že jednotlivé sítě můžeme kombinovat a využívat tak jejich výhod. Jedna řídicí jednotka (koordinátor) může spravovat až 254 jednotlivých zařízení.



Obr. 3.2: Topologie sítí ZigBee

ZigBee zařízení se dělí na dvě základní skupiny. 1. typem jsou zařízení s plnou funkcí FFD (Full Function Device), druhou skupinou jsou zařízení s omezenou funkcí RFD (Reduced Function Device). Zařízení typu FFD mohou plnit funkci síťového koordinátora, kdežto zařízení typu RFD mohou být pouze ve funkci koncového zařízení.

Tab. 3.2: Srovnání ZigBee s ostatními systémy

Systém	ZigBee	Bluetooth	WiFi	GPRS/GSM
Standard	802.15.4	802.15.3	802.11	
Aplikace	Monitorování PAN	připojení periferií PAN	data WLAN	hlas-data WAN
Životnost baterií (dny)	100-1000 i více	1-7	0,5-5	1-7
Velikost sítě	2e64	32		
Bit Rate (kbit/s)	20-250	720	≤ 54000	≤ 384
Dosah	30	1 ÷ 100	≤ 1000	≤ 35000

### 3.1 Fyzická vrstva PHY

PHY (fyzická vrstva) poskytuje vzájemný vztah a komunikaci mezi MAC (media access control) a fyzickým rádiovým kanálem, pomocí RF (rádiové frekvence) hardware a firmware. Pojem PHY zahrnuje řídicí jednotku, které říkáme PLME (PHY layer management entity). Toto zařízení (entita) poskytuje vrstvě údržbu rozhraní během doby kdy je vrstva volána (aktivní). PLME je také zodpovědná za údržbu databáze řízených objektů náležících k PHY. Tato databáze je označována jako PHY PAN (personal area network) informační základna (PIB).

PHY layer je zodpovědná za následující úkoly:

- aktivace a deaktivace rádiového spojení
- ED (energy detection - energická detekce) uvnitř aktuálního kanálu
- LQI (link quality indication - indikace kvality spojení) pro přijímací pakety
- CCA (clear channel assessment - určení volnosti kanálu) pro CSMA-CA
- výběr frekvenčního kanálu
- datový přenos a příjem

Při specifikaci PHY existuje několik protokolů (podklauzulí) této vrstvy, které ji popisují a ovlivňují. Uvažujeme u nich tři procesy (stavy) - požadavek (request), přijetí (confirm) a indikaci (indication). Jsou to PHY service a PHY management service, který dovoluje transport hlavních příkazů mezi MLME (MAC sublayer management entity) a PLME, kterou popisuje PLME-SAP (service access points). Tedy PHY service popisuje PD-DATA a PHY management service PLME-SAP, kterou dále popisuje pět následujících funkcí: -PLME-CCA (clear channel assessment) -PLME-ED (energy detection) -PLME-GET (obdržení) -PLME-SET-TRX-STATE (nastavení stavu vysílače) -PLME-SET (nastavení)

Další součástí vrstvy je takzvaný PPDU (protocol packet data unit) formát. Balíček struktury PPDU, který je prezentován jako levé krajní pole, jelikož se zde musí něco nejprve vysílat nebo přijímat. Nejprve musejí být vysílány nebo přijímány nejméně významné bity, tzv. LSB.

Každé PPDU je popsáno následujícími částmi :

- synchronizační hlavička SHR, která dovoluje přijímacímu zařízení synchronizovat a udávat do bitového toku

- PHY hlavička, obsahující rámce o délce informace proměnné délky užitečných zařízení, která obsahuje podvrstva MAC

Problém rušení je zde řešen, tak že například kanál 13 je žádoucí kanál, nejbližší frekvenční kanály 12 a 14 jsou označeny za sousední a kanály 11 a 15 za náhradní kanály. Kanály sousední musí být co nejvíce potlačeny na hodnotu 0dB oproti žádoucímu kanálu a náhradní kanály naopak dostatečně zesíleny, aby mohly žádoucí kanál nahradit. Kanály se nesmějí navzájem ovlivňovat. Bezpečnost IEEE 802.15.4 nabízí různé úrovně autentizace, šifrování a integrity dat. Od nulového zabezpečení, přes přístupové seznamy až po autentizaci a šifrování s využitím od 32-bitového po 128-bitový AES (advanced encryption standard). Rozdílné možnosti zabezpečení umožňují výběr podle typu aplikace a podle požadavků na objem přijímaných či vysílaných dat, životnost baterie a procesní kapacity. Např. systém senzorů monitorujících mikroklima v lese nepotřebuje vysoké zabezpečení přenášených dat, takže místo bezpečnosti se bude zřejmě klást důraz na optimalizaci životnosti baterií a snížení nákladů na systém.

## 3.2 Vrstva MAC

MAC vrstva byla navržena pro použití jak u zařízení FFD tak u RFD. Odlišnost mezi těmito zařízeními nastane v uživatelských aplikacích a síťovém software vrstvě, tak i v hardwarovém realizační vrstvě. Aplikační a síťová vrstva jsou nezbytné řešení softwarových komponentů. Zahrnuje vyšší úroveň v hierarchii softwarové kontroly a přímé vykonání funkcí Atmel MAC. Správná definice a implementace těchto vrstev nakonec dovoluje uživateli realizovat finální aplikace.

MAC vrstva poskytuje vzájemný vztah mezi aplikační vrstvou a PHY vrstvou. MAC poskytuje služby přístupu k aplikační vrstvě přes tyto dvě skupiny funkcí : MAC Management service (nazývaný MAC layer management entity nebo-li MLME) a MAC Data service (nazývaný MAC Common part layer nebo-li také MCPS). MCPS poskytuje služby pro přenos dat mezi vrstvami MAC. MLME poskytuje služby pro přenos přes rozhraní vrstvy, jejíž funkce mohou být volány. MLME je také odpovědný za udržování databáze objektů náležících MAC vrstvě. Tato databáze je nazývána jako MAC layer PAN informační základna (PIB). MLME také poskytuje přístup k údržbě přenosu dat MCPS.

MAC layer zajišťuje a ovládá všechny přístupy k fyzickému rádiovému kanálu a je zodpovědná za následující úkoly

- tvoření síťových beacons pro koordinátor
- synchronizace beacons
- podpora PAN spojení a rozpojení
- zajištění zabezpečení zařízení
- řízení CSMA-CA mechanismů pro přístup k fyzickému kanálu
- ovládání a údržba GTS (guaranteed time slot-zajišťování časových bloků) mechanismů
- poskytování spolehlivého spojení mezi dvěma vrstvami MAC entit

MAC vrstva je specifikována řadou funkcí, které můžeme rozdělit do těchto čtyř základních skupin (typů)



- request - žádost je poslána z aplikační/síťové vrstvy k potvrzení, která je identifikována MAC vrstvou
- indication - indikace je poslána z MAC vrstvy směrem nahoru. Tato událost může logicky souviset se vzdáleným požadavkem zařízení nebo může být způsobena vnitřní událostí v MAC
- response - odezva je poslána z aplikační/síťové vrstvy do MAC k ukončení procedury, která byla volána jako první indikace
- confirm jako první je potvrzení posláno z MAC vrstvy do aplikační/síťové vrstvy k přenosu jednoho i více předešlých skupinových servisních požadavků