

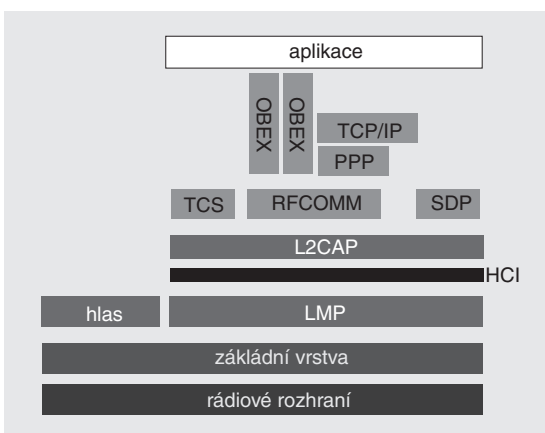
# Bluetooth – popis prvních dvou vrstev

## Úvod

Příspěvek zabývající se základními vlastnostmi technologie Bluetooth byl uveden v ST 8. Na něj navazuje tento článek podrobným popisem prvních dvou vrstev s jejich funkcemi a charakteristikami. Na obr. 1 je pro sjednocení představ o architektuře systémů Bluetooth uvedeno vžitě členění popisovaných vrstev, s nímž se lze v současnosti setkat v odborné literatuře.

## Rádiové rozhraní (Bluetooth radio)

V této vrstvě je definováno použité frekvenční pásmo, šířka rádiových kanálů a jejich organizace. Dále je určen



Obr. 1 Zobrazení jednotlivých vrstev systému Bluetooth

typ použité modulace a modulační rychlost, v neposlední řadě pak charakteristiky vysílačů a přijímačů rádiového signálu.

Vysílače a přijímače Bluetooth pracují v nelicencovaném pásmu ISM 2,4 GHz. Ve většině zemí světa se jedná o frekvence z intervalu 2400 až 2483,5 MHz. Pásmo je dále rozděleno na 79 kanálů s šířkou 1 MHz pro frekvence 2402–2480 MHz.

Vysílače jsou rozděleny do tří tříd podle vysílacího výkonu. U modulů třídy 1 se vyžaduje funkce aktivního řízení vysílacího výkonu, které je povinné pro vysílací výkon nad 0 dBm. Pro nižší výkony je pouze volitelné, ale jeho použití může snížit celkovou spotřebu a omezit nežádoucí interference. Založeno je na principu vzdáleného měření a indikace síly signálu RSSI (Remote Signal Strength Indication), kdy přijímací jednotka vyhodnocuje úroveň přijímaného signálu a pomocí protokolu správy spojení LMP (Link Manager Protocol) se posílají zpět požadavky na snížení či zvýšení vysílacího výkonu. Pokud přijímací jednotka nepodporuje signalizaci nutnou pro RSSI, nemůžou být data vysílána výkonovou třídou 1.

Modulace používaná systémem Bluetooth patří do kategorie Gaussova frekvenčního klíčování – GFSK (Gaussian Frequency Shift Keying). Jedná se o frekvenční modulaci, kdy je modulovaný signál tvarován Gaussovým filtrem. Log. 1 je vyjádřena pozitivní frekvenční odchylkou a log. 0 negativní odchylkou. Modulace je dvoustavová a modulační rychlost je 1 MBd.

## Základní vrstva (Baseband)

Základní vrstva definuje fyzické kanály a v nich provozní kanály, které jsou realizovány různými typy paketů podle dané aplikace a požadované přenosové rychlosti. V této vrstvě jsou mimo jiné také definovány různé provozní stavy jednotky Bluetooth.

### Fyzický kanál

Fyzický kanál je tvořen pseudonáhodnou posloupností skoků přes 79 rádiových kanálů. Sekvence skoků je unikátní pro každou pikosíť (piconet) a je dána adresou řídicí jednotky a pozice v sekvenci hodnotou vnitřních hodin. Nominální rychlost je 1600 skoků za sekundu. Podřízené jednotky, tvořící pikosíť, jsou časově a skokově synchronizovány na fyzický kanál. Fyzický kanál je rozdělen na časové úseky (time slot), číslované podle hodin řídicí jednotky (0 až  $2^{27}-1$ ).

Každý úsek je vysílán na jiné frekvenci nosné a jeho délka je 625  $\mu$ s. V časovém úseku může řídicí či podřízená jednotka vysílat pakety. Existuje též možnost vysílání paketu přes několik časových úseků (až pět). Frekvence nosné pak zůstává stejná po celou dobu vysílání takového paketu. Protisměrné kanály jsou odděleny časovým dělením (Time Division Duplex) TDD. Řídicí jednotka zahajuje vysílání pouze na začátku sudých časových úseků, podřízené jednotky pouze v lichých (obr. 2).

### Provozní kanály

Mezi řídicí a podřízenou jednotkou mohou existovat dva typy provozních kanálů:

- synchronní spojově orientovaný – SCO (Synchronous Connection-Oriented),

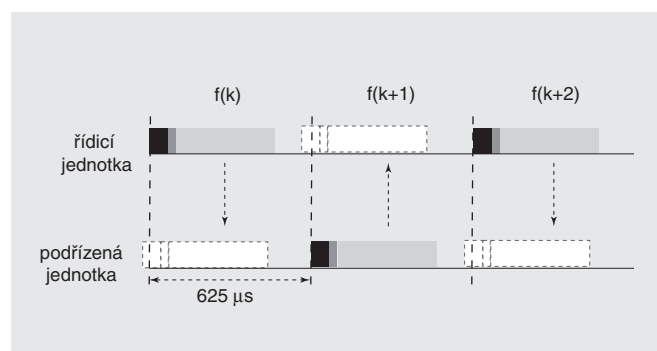
- asynchronní bezspojově orientovaný – ACL (Asynchronous Connection-Less).

Provozní kanál SCO je symetrický, typu bod-bod mezi řídicí a konkrétní podřízenou jednotkou. Pakety SCO jsou vysílány v rezervovaných intervalech s přesně danou periodou, proto jsou vhodné pro přenos časově kritických informací jako je například hlas. Řídicí jednotka podporuje až tři kanály SCO k jedné nebo více podřízených jednotek, podřízená jednotka může přijímat tři kanály SCO od jedné řídicí jednotky nebo dva kanály SCO od různých řídicích jednotek. V případě chyby nedochází k opětovnému posílání paketu.

Provozní kanál ACL je vysílán v časových úsecích, které nejsou určeny pro provoz kanálů SCO. Poskytuje spojení s přepojováním paketů s jakoukoli aktivní jednotkou tvořící pikosíť. Mezi jednotkami existuje pouze jeden kanál ACL. Podřízená jednotka může s nadřízenou komunikovat pouze v následujícím časovém úseku po přijetí paketu od řídicí jednotky. Podřízená jednotka tedy nemůže vysílat tehdy, pokud došlo např. v důsledku chyby k nesprávnému dekodování její adresy. Pro většinu paketů ACL je zajištěno jejich opětovné posílání pro zajištění integrity dat (obr. 3).

### Adresování jednotek

Adresa jednotky BD\_ADDR (Bluetooth Device Address) je 48bitová unikátní adresa pro každý modul Bluetooth (obr. 4). Odvozena je od standardu IEEE 802. Je rozdělena na dvě základní části: významovou a nevýznamovou NAP (Non-significant Address Part). Významová část se dělí opět



Obr. 2 Výměna informace mezi řídicí a podřízenou jednotkou

na dvě části, a to na 24bitovou dolní část adresy LAP (Lower Address Part) a na 8bitovou horní část adresy UAP (Upper Address Part). LAP je používána při tvorbě přístupového kódu paketu, celá významová část pak při šifrování a autentizaci.

Adresa aktivního členu AM\_ADDR (Active Member Address) je tříbitová a u-

možňuje adresování aktivních podřízených jednotek. Adresa obsahující samé nuly znamená zprávu pro všechny aktivní podřízené jednotky. Počet aktivních podřízených jednotek, které řídicí jednotka může adresovat, je tedy sedm.

Adresa zaparkovaného členu `PM_ADDR` (Parked Member Address) je osmibitová adresa pro adresování podřízených jednotek, které byly převedeny z aktivního režimu do režimu parkování. Řídicí jednotka s takovou jednotkou nemůže přímo komunikovat, musí být nejprve převedena zpět do aktivního režimu.

## Pakety

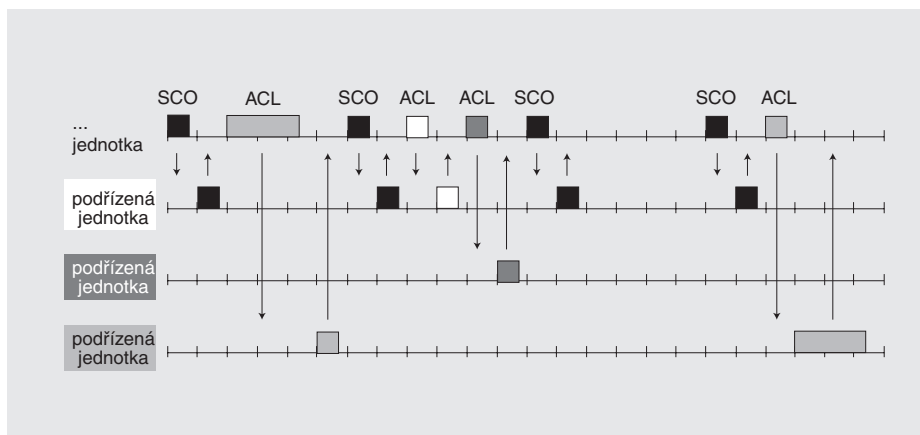
Data jsou přes fyzický kanál přenášena v paketech (obr. 5). Základní struktura paketu se skládá ze tří částí: přístupového kódu (access code), záhlaví (header) a informačního pole (payload). Přístupový kód a záhlaví mají pevnou délku

ci stejnosměrné složky a k identifikaci. Pokud následuje záhlaví, je paket dlouhý 72 bitů, pokud ne, tak 68 bitů (přístupový kód pak vlastně tvoří celý paket). Přístupový kód, který je vytvořen z nižší části adresy řídicí jednotky LAP, identifikuje všechny pakety posílané v dané pikosíti. Podle toho, v jakém stavu se jednotka nachází, je použit jeden ze tří přístupových kódů:

Přístupový kód kanálu CAC (Channel Access Code) je standardně používaný přístupový kód paketu. Je vytvářen z řídicí jednotky LAP a jednoznačně tak identifikuje danou pikosíť.

Přístupový kód zařízení DAC (Device Access Code) je používán pro signalizační účely při procedurách kontaktování a odpovědi na kontaktování. DAC je vytvářen z kontaktované jednotky LAP.

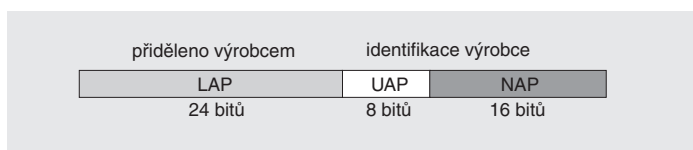
Přístupový kód pro průzkum IAC (Inquiry Access Code) je využíván v pa-



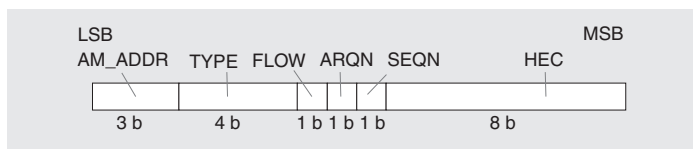
Obr. 3 Komunikace mezi řídicí jednotkou a podřízenými jednotkami

72 bitů (respektive 54 bitů), velikost informačního pole se může pohybovat od 0 až po 2745 bitů. Pakety mohou být podle účelu složeny pouze ze zkrácené verze

ketech při procedurách průzkumu. Existují dvě varianty IAC. Pokud je třeba vyhledat všechny jednotky v dosahu, je použit všeobecný IAC (General



Obr. 4 Adresa Bluetooth jednotky



Obr. 6 Struktura záhlaví

přístupového kódu (ID paket), z přístupového kódu a záhlaví nebo z přístupového kódu, záhlaví a informačního pole.

## Přístupový kód

Každý paket začíná přístupovým kódem, který slouží k synchronizaci, kompenza-

IAC – GIAC), vytvářený z rezervované hodnoty LAP. Druhá varianta je výhodná, pokud chceme objevit jen zařízení určitého typu. K tomuto účelu se používá specializovaný IAC (Dedicated IAC – DIAC), který je vytvářen ze speciálních hodnot LAP pro určité skupiny zařízení.

## Záhlaví

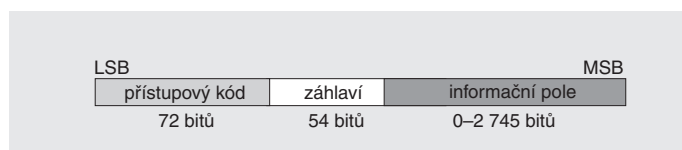
Záhlaví obsahuje informace nutné pro řízení spojení (obr. 6). Skládá se z následujících šesti polí.

`AM_ADDR` – adresa aktivní podřízené jednotky. Pro identifikaci jednotlivých podřízených jednotek v pikosíti je použita 3bitová dočasná adresa, která je přidělena při vytvoření spojení mezi řídicí a podřízenou jednotkou. Všechny pakety, které jsou poté vyměněny, mají stejnou `AM_ADDR` jak ve směru řídicí jednotka podřízená jednotka tak i ve směru opačném. Adresa složená ze samých nul pak označuje paket, který je určen všem aktivním jednotkám.

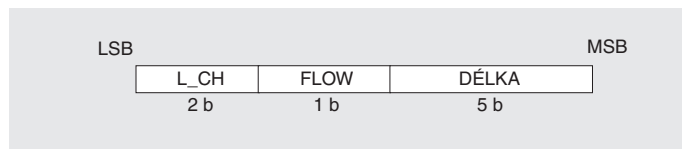
`TYPE` – typ paketu. Může existovat 16 rozdílných typů paketů, které se vzájemně liší 4bitovým polem `TYPE`. Interpretace tohoto pole závisí na použitém druhu provozního kanálu. Nejprve je třeba určit, zda se jedná o provozní kanál ACL či SCO, pak dekodováním položky `TYPE` lze určit, o který typ paketu se přesně jedná. Kód typu také prozrazuje, kolik časových úseků paket zabírá, čehož mohou využít další jednotky, které nemusí po zbývajícím počtu časových úseků očekávat příjem paketu.

`FLOW` – řízení toku. Tato jednobitová položka je použita pro řízení toku paketů provozním kanálem ACL. Pokud je vyrovnávací paměť přijímače obsazena, je vrácena vysílači indikace `FLOW=0` a ten zastaví vysílání. Pakety obsahující pouze informace pro řízení spojení (`ID`, `POLL` a `NULL`), stejně jako pakety provozního kanálu SCO jsou však vysílány i nadále. Když je vyrovnávací paměť vyprázdněna, je povel `FLOW=1` obnoven vysílání.

`ARQN` – indikace potvrzení. Jednobitová položka `ARQN` slouží k informování vysílače o správném doručení obsahu paketu zabezpečeného cyklickým kódem.



Obr. 5 Struktura paketu



Obr. 7 Struktura záhlaví informačního pole pro paket v jednom úseku

Pokud je obsah paketu v pořádku, je vrácena pozitivní odpověď (ACK indikovaná `ARQN=1`), jinak je `ARQN=0`. Hodnota `ARQ` se vztahuje vždy k poslednímu přijatému paketu od daného zdroje.

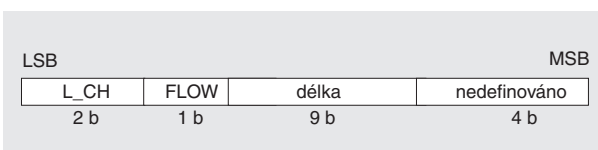
`SEQN` – sekvenční číslování. Bit `SEQN` poskytuje sekvenční číslování proudu paketů. Každý nový paket, zabezpečený

cyklickým kódem, má tento bit invertovaný. Toto číslování je důležité v případě, že cestou k vysílači dojde ke ztrátě potvrzující informace. Přijímací strana pak má možnost odlišit, zda se jedná o opakované vysílání předchozího paketu (*SEQN* je stejné) nebo zda se jedná o nový paket (*SEQN* je jiné).

*HEC* – zabezpečení záhlaví. Pro kontrolu bezchybného přenosu záhlaví slouží 8 bitů vygenerovaných pomocí polynomu  $x^8 + x^7 + x^5 + x^2 + x + 1$ . Před vlastním výpočtem *HEC* je generátor inicializován hodnotou podle stavu, v jakém se jednotka nachází. Při odpovědi na kontaktování řídicí jednotkou je použita horní část *BD\_ADDR*, při odpovědi na vyhledávání je použita implicitní hodnota 0 a ve všech ostatních případech je použita hodnota horní části adresy řídicí jednotky.

### Informační pole

Podle toho, po kterém provozním kanálu je paket přenášen, rozlišujeme informační pole hlasové (synchronní) pro pakety kanálu *SCO* a informační pole datové (asynchronní) pro pakety kanálu *ACL*. Existuje jedna výjimka, a to paket *DV*, který je přenášen po provozním kanálu *SCO* a obsahuje v sobě datové informační pole.



Obr. 8 Struktura záhlaví informačního pole pro paket v několika úsecích

*Hlasové pole* – má pevně danou délku 240 bitů pro pakety *HV* a 80 bitů pro paket *DV*. Hlasové pole neobsahuje žádné záhlaví.

*Datové pole* – skládá se ze tří částí: ze záhlaví informačního pole, těla informačního pole a případně z pole pro kód *CRC* (pouze paket *AUX* není chráněn *CRC* kódem). Záhlaví informačního pole má velikost jeden nebo dva bajty podle toho, zda daný paket zabírá jednu nebo více časových úseků. Obsahuje dvoubitový indikátor logického kanálu *L\_CH*, jednobitovou položku pro řízení toku logického kanálu *FLOW* a indika-

tor délky o velikosti 5 nebo 9 bitů podle toho, zda se jedná o paket v jednom (*obr. 7*) nebo několika úsecích (*obr. 8*).

### Typy paketů

Pakety použité v pikosíti se vztahují k danému provoznímu kanálu, který je buď synchronní (spojově orientovaný – *SCO*) nebo asynchronní (nespojově orientovaný – *ACL*). Pro každý tento ka-

Segment	Kód TYPE	Počet obsazených časových úseků	Provozní kanál SCO	Provozní kanál ACL
1	0000	1	NULL	NULL
	0001	1	POLL	POLL
	0010	1	FHS	FHS
	0011	1	DM1	DM1
2	0100	1	Nedef.	DH1
	0101	1	HV1	Nedef.
	0110	1	HV2	Nedef.
	0111	1	HV3	Nedef.
	1000	1	DV	Nedef.
	1001	1	Nedef.	AUX1
3	1010	3	Nedef.	DM3
	1011	3	Nedef.	DH3
	1100	3	Nedef.	Nedef.
	1101	3	Nedef.	Nedef.
4	1110	5	Nedef.	DM5
	1111	5	Nedef.	DH5

nál může být definováno až 12 různých typů paketů, čtyři typy řídicích paketů jsou společné pro oba provozní kanály. K jejich odlišení je v záhlaví paketu určena 4bitová položka *TYPE*. Volbou typu paketu se volí lepší zabezpečení nebo přenosová rychlost. Pakety jsou rozděleny do čtyř segmentů. První segment obsahuje čtyři řídicí pakety společné pro oba provozní kanály. Druhý segment obsahuje pakety přenášené v jednom časovém úseku. V tomto segmentu

je definováno šest paketů. Ve třetím segmentu jsou pakety přenášené ve třech časových úsecích. Zde jsou definovány dva pakety. Čtvrtý segment je vyhrazen

pro pakety, které zabírají pět časových úseků. Jsou zde definovány pakety dva. *Tabulka 1* ukazuje, které z paketů jsou definovány pro jaký segment a pro který provozní kanál.

### Řídicí pakety

*ID paket* – identifikační paket obsahuje zkrácenou variantu přístupového kódu, má pevnou délku 68 bitů. Paket je používán například při procedurách průzkumu a kontaktování. Díky své délce mohou být během jednoho časového úseku přeneseny dva pakety, což urychluje procedury průzkumu a kontaktování.

*NULL-paket* nenesé žádné informační pole, skládá se pouze z přístupového kódu a záhlaví. Jeho celková délka je 126 bitů. Je používán pro přenos informací nutných pro řízení spojení jako je potvrzování úspěšnosti přenosu (*ARQN*) nebo stav přijímací vyrovnávací paměti (*FLOW*). Paket *NULL* nemusí být potvrzován.

*POLL-paket* je podobný předcházejícímu paketu *NULL*. Liší se jen v tom, že neslouží k realizaci rozhodovací zpětné vazby (*ARQ*) a po příjmu je podřízená jednotka povinna na tento paket odpovědět, i když zrovna nemá data k vyslání.

*FHS-paket* je speciální řídicí paket, který v informačním poli o délce 144 bitů přenáší adresu a hodnotu vnitřních hodin jednotky Bluetooth. Tento paket je používán jako odpověď na průzkum, kontaktování a při změně rolí řídicí a podřízené jednotky. Paket *FHS* slouží k synchronizaci frekvenčních skoků před vytvořením nebo při změně pikosítě.

*DM1-paket* je součástí prvního segmentu a jako paket pro přenos řídicích informací může přenášet i uživatelská data. Pokud je tento typ paketu použit na provozním kanálu *SCO*, může přerušit synchronní tok informací a umožnit posílání řídicích informací.

### Pakety pro provozní kanál SCO

Pakety *SCO* nemají zabezpečení cyklickým kódem a nikdy nejsou v případě

Typ paketu	Velikost informačního pole (v bajtech)	Oprava chyb a zabezpečení
		FEC CRC
ID	Není	Není
NULL	Není	Není
POLL	Není	Není
FHS	18	2/3 Ano

chyby opakovaně posílány. Jejich informační pole nemá záhlaví. Jejich obsah je směřován na synchronní vstupně/výstupní bránu zařízení.

*HV1-paket* nese 10 informačních bajtů, které jsou zabezpečeny 1/3 FEC. Celková délka informačního pole je 240 bitů. Určen je pro přenos synchronních dat a hlasu ve vysoké kvalitě. Jeden paket *HV1* (High quality Voice) umožňuje přenést 1,25 ms řeči při rychlosti 64 kb/s. Tyto pakety jsou přenášeny každý druhý časový úsek.

*HV2-paket* nese 20 bajtů uživatelské informace, které jsou zabezpečeny 2/3

FEC. Celková délka informačního pole má fixní délku 240 bitů. Paket HV2 může přenést 2,5 ms záznamu řeči o rychlosti 64 kb/s. Přenášen je každý čtvrtý časový úsek.

*HV3-paket* nese 30 bajtů uživatelské informace, která není nijak zabezpečena. Délka informačního pole je opět 240 bitů. Paket HV3 může přenést 3,75 ms záznamu řeči o rychlosti 64 kb/s. Přenášen je každý šestý časový úsek.

*DV-paket* (Data – Voice) je kombinovaný paket, který může přenášet současně data i hlas. Informační pole je rozděleno na 80bitové pole (určené pro hlas) a datové pole o délce až 150 bitů. Hlasové pole není chráněno proti chybám, datové pole je kódováno 2/3 FEC a obsahuje 16bitovou ochranu cyklickým kódem.

*DH1-paket* (Data High rate) je podobný předcházejícímu paketu DM1. Vzájemně se liší tím, že může přenášet až 28 informačních bajtů plus 16bitový CRC kód a není zde žádné zabezpečení FEC.

*DM3 paket* – paket DM3 je v podstatě paket DM1 s rozšířeným informačním polem tak, že zabírá tři časové úseky. To umožňuje přenášet až 123 informačních bajtů (včetně dvoubajtového záhlaví) Stejně jako DM1 je zabezpečen 16bitovým CRC-kódem a 2/3 FEC. Po dobu vysílání tohoto paketu zůstává vysílací frekvence stejná a nedochází tedy k přeskokům.

*DH3-paket* je tříúsekovou obdobou paketu DH1. V jeho informačním poli může být až 185 bajtů (včetně dvoubajtového záhlaví). Jediné zabezpečení

## Oprava a detekce chyb

Pro Bluetooth jsou definovány tři způsoby pro detekci a opravu chyb. Jsou to:

- 1/3 dopředná kontrola chyb FEC (Forward Error Check),
- 2/3 dopředná kontrola chyb FEC,
- rozhodovací zpětná vazba ARQ (Automatic Repeat Request).

Kódování FEC je zavedeno z důvodu omezení počtu paketů, které musí být opakovaně přenášeny. V případě, že chybovost v daném prostředí je taková, že kódování FEC není nutné a naopak snižuje propustnost kanálu, je možné zvolit takový typ paketu, ve kterém se toto kódování nepoužívá.

### Kódování FEC 1/3

Tento typ zabezpečení je použit pouze u paketu HV1. Spočívá v trojnásobném opakování každého informačního bitu, což umožňuje opravit jednu chybu v dané trojici.

### Kódování FEC 2/3

Při tomto kódování se zabezpečují skupiny deseti bitů a vytvářejí se z nich 15 bitová kódová slova pomocí generačního polynomu  $(x+1).(x^4+x+1)$ . Pokud délka zabezpečené části není násobkem deseti, připojí se patřičný počet nulových bitů. Tento kód je schopen opravit jednu chybu a detekovat dvě chyby v dané skupině. Toto zabezpečení je použito v paketech DM, v datové části DV a dále v paketu FHS a HV2.

### Rozhodovací zpětná vazba ARQ

Při použití rozhodovací zpětné vazby je paket poslán tak dlouho, dokud není přijato potvrzení o úspěšném příjmu paketu. K tomu slouží položka *ARQN* v záhlaví paketu, ve které se indikuje, zda poslední paket poslaný v protějším směru byl v pořádku či ne. Tento princip může pracovat pouze tehdy, pokud je obsah (konkrétně informační část paketu) opatřena detekčním kódem. Systém Bluetooth používá 16bitový cyklický kód CRC s generačním polynomem  $x^{16}+x^{12}+x^5+1$ . Rozhodovací zpětná vazba je použita u paketů DM, DH a u datové části paketu DV a paketu FHS.

V navazujícím příspěvku dokončíme popis druhé vrstvy (rozdělení logických kanálů, popis stavů jednotek Bluetooth a jejich režimů) a budeme pokračovat popisem dalších vrstev.

Ing. Jiří Svoboda,  
katedra telekomunikační techniky  
ČVUT-FEL

### LITERATURA

- [1] <http://www.Bluetooth.org>
- [2] [https://www.Bluetooth.org/foundry/specification/document/Bluetooth\\_V1.1\\_Core\\_Specifications.pdf](https://www.Bluetooth.org/foundry/specification/document/Bluetooth_V1.1_Core_Specifications.pdf)
- [3] [http://www.ericsson.com/Bluetooth/beginners\\_files/beginners\\_guide.pdf](http://www.ericsson.com/Bluetooth/beginners_files/beginners_guide.pdf)

Tabulka 4 Typy paketů pro provozní kanál ACL

Typ paketu	Záhlaví informačního pole (v bajtech)		Uživatelská data (v bajtech)	Oprava chyb a zabezpečení FEC		Max. přenosová rychlost (kb/s) symetr., asymetr.
				FEC	CRC	
DM1	1	0–17	2/3	Ano	108,8	108,8/108,8
DH1	1	0–27	Není	Ano	172,8	172,8/172,8
DM3	2	0–121	2/3	Ano	258,1	387,2/54,4
DH3	2	0–183	Není	Ano	390,4	585,6/86,4
DM5	2	0–224	2/3	Ano	286,7	477,8/36,3
DH5	2	0–339	Není	Ano	433,9	723,2/57,6
AUX1	1	0–29	Není	Ne	185,6	185,6/185,6

Tabulka 3 Typy paketů pro provozní kanál SCO

Typ paketu	Záhlaví inf. pole (v bajtech)	Velikost inf. pole (v bajtech)	Oprava chyb a zabezpečení		Symetrická max. přen. rychl. (kb/s)
			FEC	CRC	
HV1	Není	10	1/3	Není	64,0
HV2	Není	20	2/3	Není	64,0
HV3	Není	30	Není	Není	64,0
DV	1 (datová část)	10 + (0 – 9) data	2/3 data	Ano data	64,0 + 57,6 data

kým kódem. Protože tento paket musí být kvůli synchronní části vyslán pravidelně, řadí se mezi pakety SCO. S každou částí je pak zacházeno odlišně. Synchronní pole je obsluhováno jako normální data SCO a posíláno pouze jednou, datové pole je kontrolováno na chyby a v případě potřeby znovu posíláno.

### Pakety pro provozní kanál ACL

*DM1-paket* (Data Medium rate) slouží k přenosu až 18 bajtů uživatelských dat včetně jednobajtového záhlaví a používá 16 bitové zabezpečení cyklickým kódem. Vše je ještě zabezpečeno 2/3 dopřednou kontrolou chybovosti FEC, což vyžaduje, aby délka dat byla násobkem deseti. To se v případě nutnosti provede doplněním nulovými bity na potřebnou velikost. paket DM1 je přenášen v jednom časovém úseku.

tohoto paketu je pomocí CRC-kódu.

*DM5-paket* je v podstatě DM3 či DM1 s rozšířeným informačním polem tak, že zabírá pět časových úseků. To umožňuje přenášet až 226 informačních bajtů (včetně dvoubajtového záhlaví) Stejně jako pakety DM3 a DM1 je zabezpečen 16bitovým CRC-kódem a 2/3 FEC. Po dobu vysílání tohoto paketu zůstává vysílací frekvence stejná a nedochází tedy k přeskokům.

*DH5-paket* je pětiúsekovou obdobou paketů DH3 a DH1. V jeho informačním poli může být až 341 bajtů (včetně dvoubajtového záhlaví). Jediné zabezpečení tohoto paketu je pomocí cyklického kódu.

*AUX1-paket* je vlastně paket DH1, ale bez zabezpečení cyklickým kódem. AUX1 (AUXiliary) paket je vysílán v jednom časovém úseku a může přenášet až 30 informačních bajtů.