

# **Systemy xDSL**

## **(vlastnosti a aplikace)**

Robert Bešťák

# Systemy xDSL (1/2)

- Efektivnější využití metal. dvoudrátových vedení v přístupových sítích
  - Využití existujících telefonních vedení pro vyšší přenosové rychlosti
- Vlastnosti xDSL
  - ... Digital Subscriber Line (digitální účastnická přípojka)
  - Na rozdíl od telef. modemů řeší přenos pouze k nejbližší telef. Ústředně (kde musí být k dispozici přístup do datové sítě)
  - Vysoká přenosová rychlost (až desítky Mbit/s)

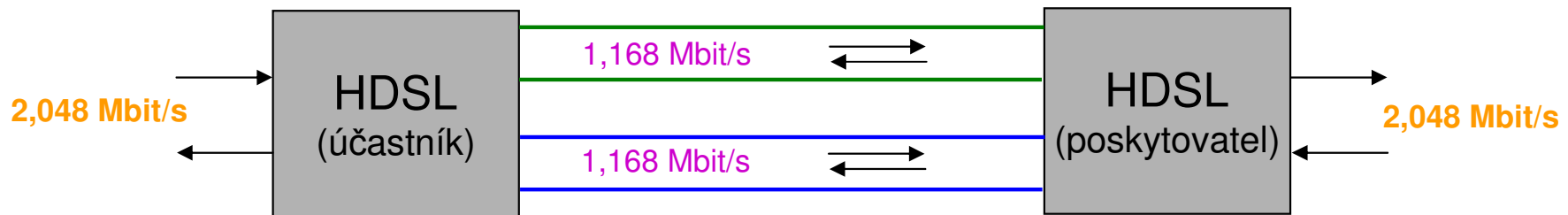
# Systemy xDSL (2/2)

- IDSL (ISDN DSL)
- HDSL (High-bit-rate DSL)
  - → HDSL 2
- SDSL (Symmetrical DSL)
- SHDSL (Single-pair HDSL)
- ADSL (Asymmetrical DSL)
  - ADSL Lite, ADSL, ADSL 2 a ADSL 2+
- VDSL (Very-high-bit-rate DSL)
  - VDSL 2

- Vlastnosti
  - Nejstarší z technologií xDSL
  - Přenosová rychlost 128 kbit/s bez možnosti změny
  - Metoda duplexního přenosu - metoda EC (Echo Cancellation)
- Použití
  - ISDN-BRA (přenos v základním pásmu, linkový kód 2B1Q)  
(každá dvojice bitů je vyjádřena jednou ze čtyř úrovní signálu)
- Výhoda
  - Nejedná o vytáčenou službu (Dial-up)

# High bit rate DSL, HDSL 2

- Obousměrný přenos E1 (2,048 Mbit/s) po 2 či 3 párech úč. vedení
- Duplexní přenos - metoda EC, linkový kód - 2B1Q
- Přenos v základním pásmu

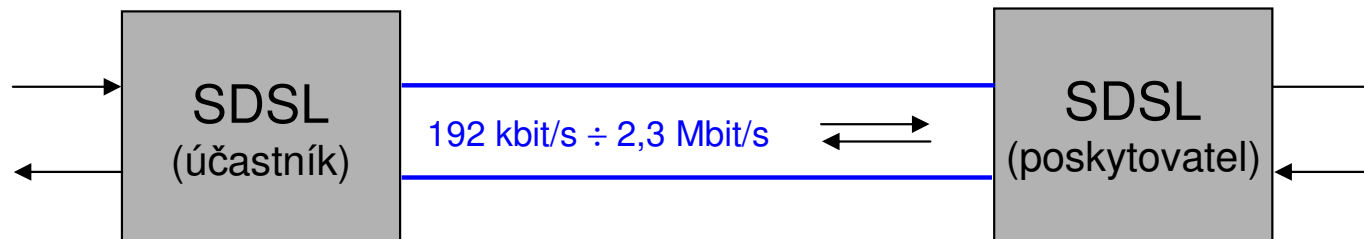


- Příchozí datový tok (E1) seskupen do aplikačních rámců
- Mapování aplikačních rámcu do Core Frame (CF) ...délka=144 bytů, trván=500 ms
- CF doplněn o služební a kontrolní bity, + služební kanály → 2,3 Mbit/s
- Datový tok rozdělen do 2 či 3 směrů (každé vedení nese dílčí část toku)

- Použití
  - Připojení pobočkových ústředen, realizace pronajatých okruhů
- Nevýhoda
  - Nutno použít 2 nebo 3 metalické páry ⇒ HDSL 2 (jeden symetrický pár)

# S<sub>ymmetrical</sub> DSL, S<sub>ingle pair</sub> HDSL (1/2)

- Přenos po jednom úč. vedení (2-dr.) oběma směry
- Efektivnější využití vedení
  - 16-PAM s mřížkovým kódováním (TC)
  - ...4 bity se přenáší v jednom kroku: 3 - uživatelské info., 1 - kontrola chyb



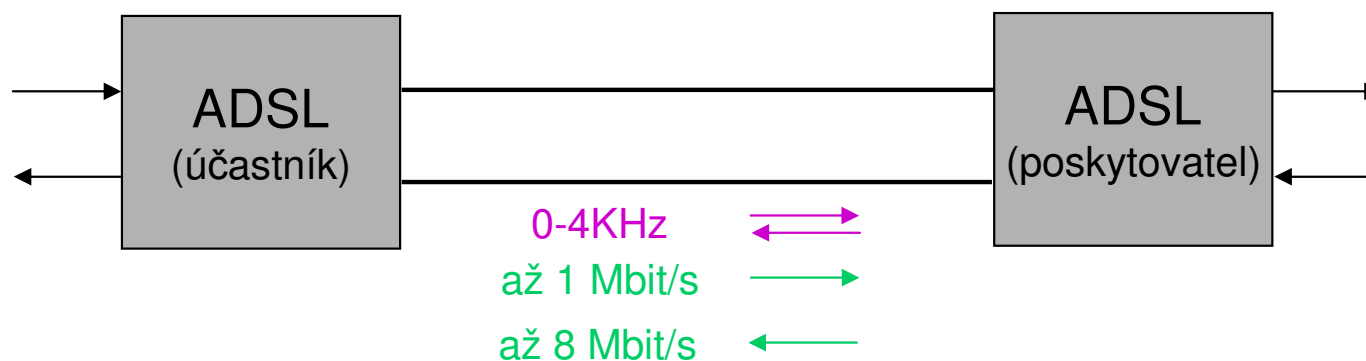
- Variabilní přenosová rychlost
  - 192 kbit/s až 2,3 Mbit/s (krok 64 kbit/s, příp. 8 kbit/s)
  - Nastavení  $v_p$ 
    - Automaticky při sestavování spojení dle parametrů přenosového vedení
    - Ručně dle požadavků zákazníka
- Možnost přenosu více úzkopásmových kanálů

# SDSL, SHDSL (2/2)

- Modemy SHDSL - pro snížení přeslechového rušení do sousedních párů nastavují vysílací úroveň podle parametrů vedení na nejnižší přijatelnou hodnotu pro dosažení dostatečného odstupu užitečného signálu od šumu
- Nevýhody
  - Nekompatibilita mezi systémy různých výrobců
  - Není možná koexistence s analogovou/digitální telef. přípojkou (na jednom úč. vedení možný současný přenos hovorového signálu v telef. kanálu a vysokorychlostních datových kanálů)
- Koexistenci telefonních přípojek s vysokorychlostními datovými kanály umožňuje až technologie ADSL

# A<sub>symmetrical</sub> DSL

- Na jednom úč. vedení
  - Analogová/digitální telefonní přípojka a
  - Vysokorychlostní datové kanály

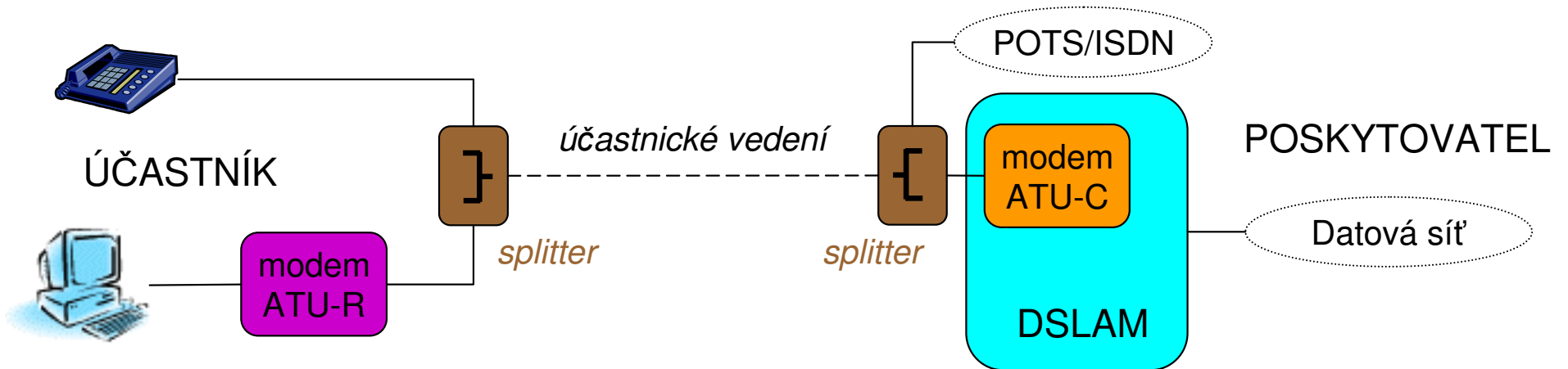


- Modulace s více nosnými DMT (Discrete Multi-Tone)
  - Přenosové rychlosti
    - Od účastníka: až 1 Mbit/s
    - K účastníkovi: až 8 Mbit/s (ADSL 2 až 12 Mbit/s, ADSL 2+ až 24 Mbit/s)
- ...asymetrie → více dat se přenáší k úč. (Internet, video na přání, atd.)



# ADSL ...konfigurace přípojky

Pro kmitočtové oddělení telefonního a dat. kanálů je třeba instalovat na obou stranách úč. metalického vedení **rozbočovače (splitter)**



Vysokorychlostní přenos digitálních signálů ADSL zajišťují ADSL modemy

- **ATU-R** (ADSL Termination Unit – Remote) ...na straně účastníka
- **ATU-C** (ADSL Termination Unit – Central) ...na straně poskytovatele

Modem ATU-C je nejčastěji součástí úč. multiplexoru DSLAM (DSL Access Multiplexor), který soustřeďuje digitální toky od všech přípojek v dané lokalitě

# ADSL Lite vs. ADSL

Přípojka ADSL se vyskytuje v několika variantách a dle vlastností vedení, na kterém se provozuje, může dosahovat různých parametrů

## ADSL Lite

- Není třeba splitter (splitterless)
  - Frekvenční pásmo: 0 ÷ 552 kHz
  - Počet nosných (subkanálů): 128
- ⇒ Nižší přenosové rychlosti v sestupném směru

## ADSL

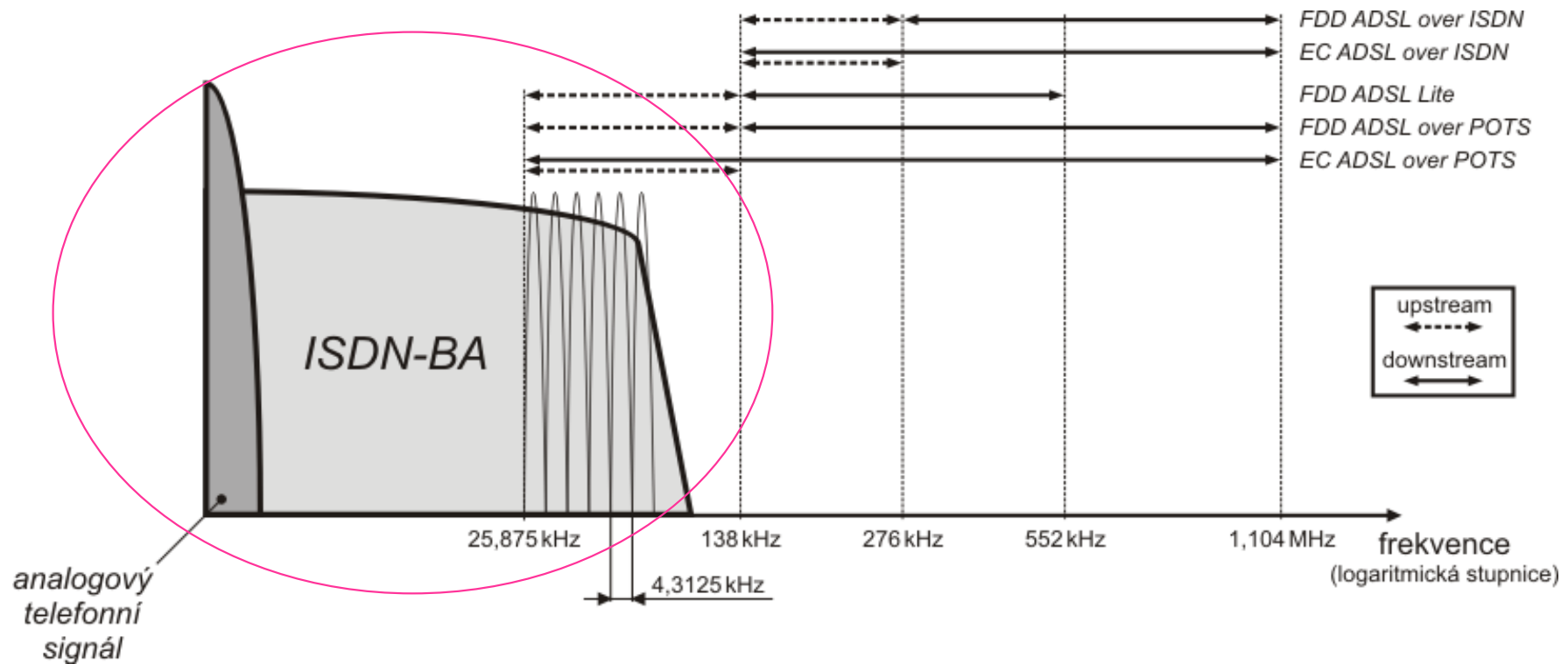
- Je třeba splitter
- Frekvenční pásmo: 0 ÷ 1,104 kHz  
(ADSL 2+ .... 0 ÷ 2,208 kHz)
- Počet nosných (subkanálů): 256

# ADSL ...Obousměrný přenos

- Frekvenční dělení **FDD (Frequency Division Duplex)**
  - Jednotlivým směrům je přiděleno vlastní frekvenční pásmo
    - Upstream (úč—poskytovatel): pásmo 25,875 až 138 kHz
    - Downstream (poskytovatel—úč): pásmo 138 až 1104 kHz
  - **Výhoda:** jednoduchá implementace
  - **Nevýhoda:** méně efektivní využití kmitočtového spektra
- Metoda potlačení ozvěny **EC (Echo Cancellation)**
  - Pro využití výhod menšího útlumu kabelu na nižších kmitočtech je výhodné umožnit překrývání spekter obou kanálů (upstream, downstream)  
→ k oddělení dochází na vidlici; kompenzátor ozvěn odstraní nežádoucí signály pronikající (především vlivem nevyvážení vidlice) z výstupu přes vidlici na vstup
  - **Výhoda:** širší frek. pásmo zpětného kanálu (překrytí pásem obou směrů přenosu)
  - **Nevýhoda:** složitější implementace

# ADSL ...kmitočtové pásmo

Spodní část spektra je využita pro telef. signál (analog) či signál ISDN-BRA (sub-kanály obsazené těmito signály se nevyžívají)



V případě ISDN přípojky je třeba pásma posunout, aby se vytvořil prostor pro přenos dig. signálu v ISDN přípojky s  $v_m = 80$  kbd. Začátek pásem ADSL je pak až na 138 kHz.

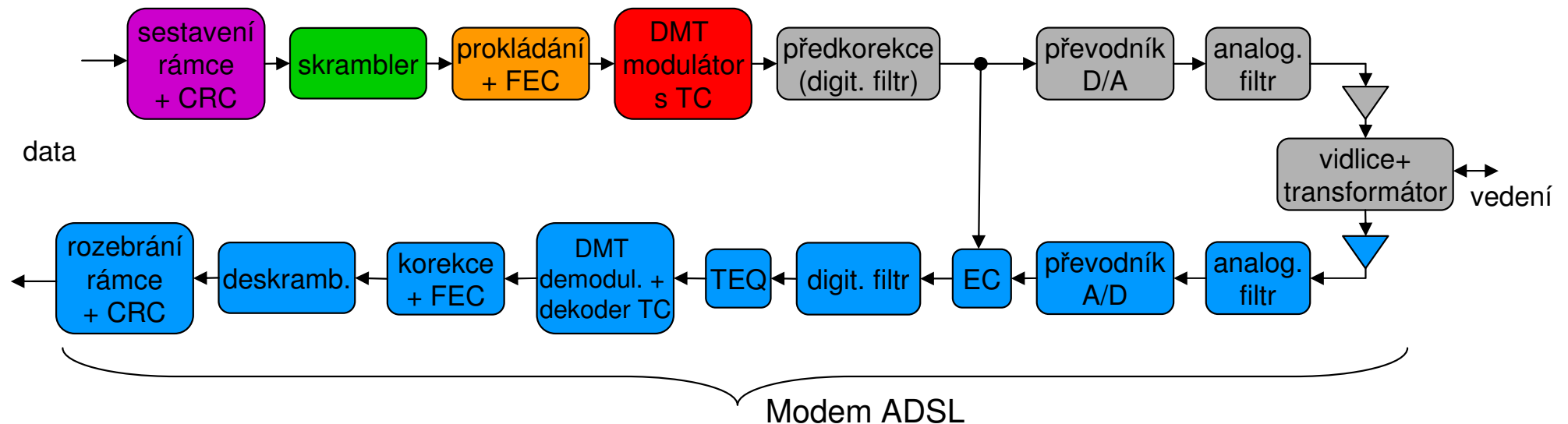
# ADSL ...DMT modulace

- Diskrétní vícetónová modulace
  - DMT (Discrete Multi-Tone)
- Princip DMT
  - Frekvenční pásmo = 256 subpásem, šířka pásma = 4,3125 kHz
  - Dílčímu kanálu je přiřazen určitý počet bitů ( $b_i$ )
    - Každému kanálu může být přiřazen rozdílný počet  $b_i$  (...dle přenosových vlastností daného kanálu)
    - Rozhodující kritérium je SNR (SNR musí být dostatečně velký, aby umožnil přenos s garantovanou hodnotou BER, jenž je stanovena na hodnotu  $10^{-7}$ )
  - Signál v dílčím kanále je zpracován pomocí QAM

Pokud je v nějakém frekvenčním pásmu výrazný zdroj rušení, může dojít k vynechání určitého sub-kanálu.

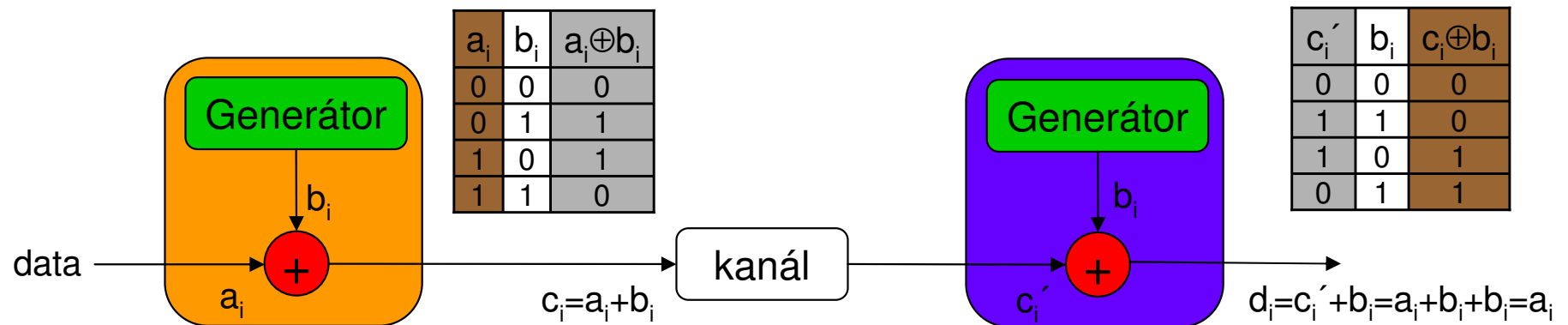
# ADSL ...zpracování signálu

- Sestavení rámce ADSL + CRC (pro detekci chyb)
- Skramblování
- Prokládání + zabezpečení v bloku FEC (pro korekci chyb v přijímači)
- Rozdělení bitů rámce do subbloků a přiřazení k jednotlivým nosným
- DMT moduláce (pro každý subkanál je použita QAM)
  - Pro kombinaci přenášených bitů se vypočte stav, reprezentovaný komplex. číslem
  - Na každou nosnou lze přiřadit  $2 \div 15$  bitů, .... $2^{15}$  (32768) stavů QAM  
→ při  $v_m$  4 kBd může dosáhnout  $v_p$  až 60 kbit/s na subkanál



# Skramblování

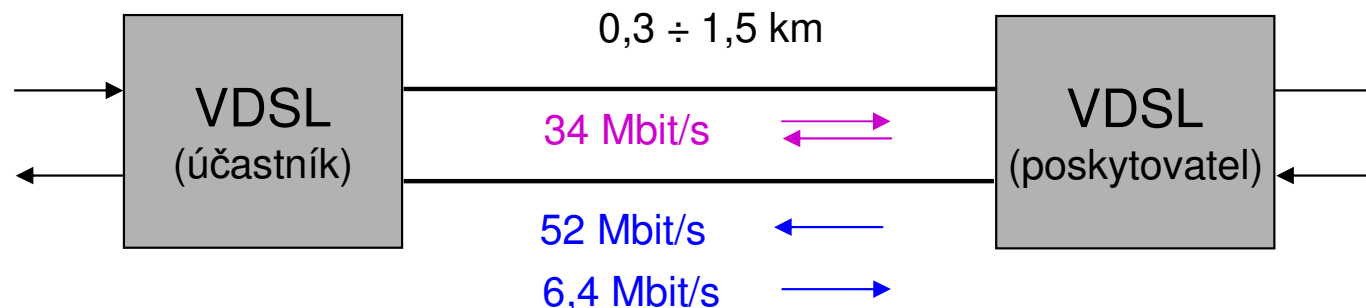
- Skrambler (deskrambler)
  - Operace XOR a
  - Posuvný registr
- Cíl
  - Zajistit nezávislost posloupnosti výstup. dat (na vedení) a vstup. dat (transformace vstup. sekvence na pseudonáhodnou výstup. sekvenci)



Skramblováním se odstraňují dlouhé sekvence stejných symbolů, které mohou vést k existenci stejnos. složky v přenosovém spektru (nežádoucí)

# V<sub>ery-high-bit-rate</sub> DSL

- Technologie učena pro připojení úč. vedení (first mile), v délce 0,3 až 1,5 km
- Datový tok z ústředny je přiveden optickým kabelem do rozvaděče odkud se distribuuje k jednotlivým úč. po metalickém vedení (sítě FTTC, Fiber To The Curb),
- Vlastnosti
  - Frekvenční pásmo: 12 MHz (VDSL 2: až 30 MHz)
  - Přenosová rychlost - symetrický provoz: 34 Mbit/s
  - Přenosová rychlost - asymetrický provoz:
    - K účastníkovi: 52 Mbit/s (VDSL 2: 100 Mbit/s u )
    - Od účastníka: až 6,4 Mbit/s
  - Princip VDSL modemu s modulací DMT je obdobný jako u ADSL
  - Pro oddělení informačních kanálů se používá FDM





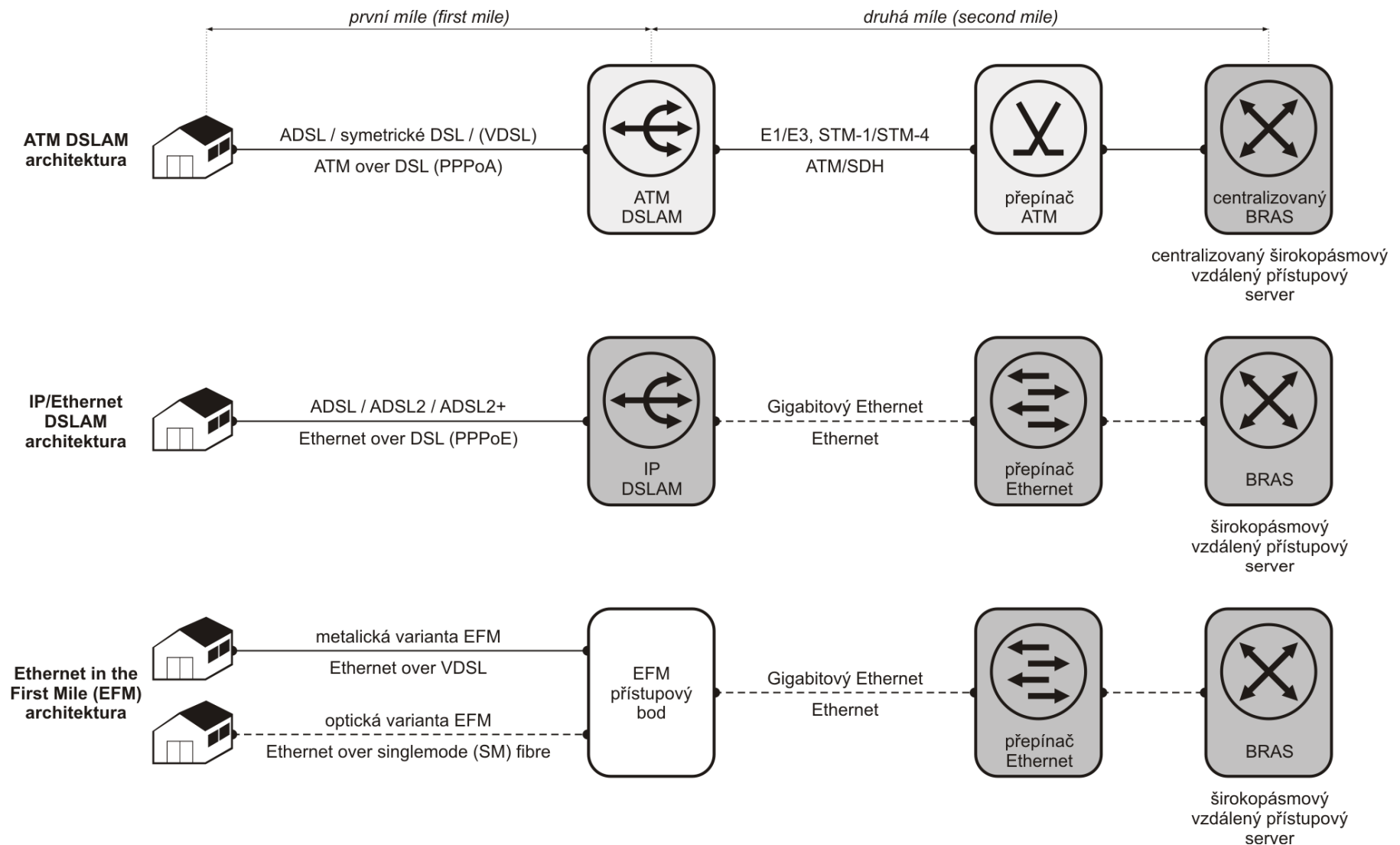
# xDSL - přehled parametru

Označení	Typ provozu	Rychlost (Up/Down) [Mbit/s]	Frekvenční pásmo [kHz]	Použitá modulace, kódování	Metoda duplexního přenosu	Dosah [km]
DSL (IDSL)	symetrický, duplexní	0,128/0,128	0 až 50	2B1Q	EC	cca 6
HDSL	symetrický, duplexní	2/2	40 až 292	2B1Q	EC	2 až 3
SDSL SHDSL	symetrický, duplexní	2,3/2,3	0 až 384	2B1Q 16-PAM	EC	2 až 5 3 až 6
ADSL Lite	asymetrický	0,5/1,5	25 až 138 138 až 552	DMT, CAP	FDD, EC	cca 7
ADSL ADSL 2 (ADSL 2+)	asymetrický	1/8 1/12 (1/24)	25 až 138 138 až 1104 (138 až 2208)	DMT, QAM, CAP	FDD, EC	cca 8 cca 8 (cca 3)
VDSL	asymetrický, symetrický, duplexní	6,4/52 34/34	300 až 900 1200 až 30000	QAM, DMT, CAP, DWMT	FDD	0,3 až 1,5

# Systemy xDSL a Ethernet

- xDSL fyzickou vrstvu převzala varianta Ethernetu (IEEE 802.3ah)
  - ...Značení EFM (Ethernet in the First Mile)
- Varianty pro metalická vedení ...EFMC (EFM Copper)
  - Delší vzdálenosti (LR, Long Range)
    - Používá se technologie SHDSL a rozhraní 2BASE-TL s  $v_p = 2\div 5,7$  Mbit/s na vzdálenost do 2,7 km
  - Kratší vzdálenosti (SR, Short Range)
    - Používá se technologie VDSL a rozhraní 10BASE-TS s  $v_p = 10\div 100$  Mbit/s na vzdálenost do 750 m
- ...Pro vyšší  $v_p$  lze použít inverzní multiplex zahrnující až 32 vedení, mezi které se rozloží datový tok
  - MAC vrstva Ethernetu musí zvládnout dynamické přidělování párů (fyzické podvrstvy) a změnu rychlosti za provozu

# Vývoj od DSL k Ethernetu



# Budoucnost ???

- Ethernet se bude postupně prosazovat i v druhé míli a optika se postupně bude dostávat do přístupové sítě a nahrazovat metalická vedení a xDSL
- Ethernet v první míli bude určen pro širokopásmové služby jak pro podnikové, tak pro domácí uživatele
- Řešení má velkou naději na rychlé rozšíření
  - Známa a jednoduchá technologie
  - Dostatečná šířka pásma
  - Snadná rozšiřitelnost
  - Snadná instalace a dodání služeb
- Nasazování systémů EFM
  - 1 fáze - prostřednictvím přípojek DSL
  - 2 fáze - prostřednictvím optických přípojek