

# 1) INTERNETWORKING

= vzájemně propojování celých sítí (nebo jejich částí) mapě: internet

## A) PROPOJOVACÍ PRVKY SÍTÍ

• Internetworking = propojování sítí

- cílem je překonat omezený dosah přímých medií
- umožňuje jejich vzájemnou koexistenci a spolupráci
  - ↳ příkladem může být celý Internet (konkrétní síť)
- cílem je:
  - optimalizace datových toků
  - zajištění přístupových prvků
  - ochrana a obrana

• Obecně - propojujeme pomocí „krabičky“

- jmenem krabičky určuje její fungování
  - má jaké vrstevy
  - jako pravidla
  - jako kontrola

• Vrstvy - máme 7 vrstev

- L1 (fyzická) → getway
- L2 (linková) → router
- L3 (síťová) → switch
- L7 (aplikační) → repeater

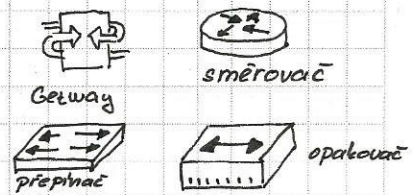
KRABÍČKA			
L7	APLIKAČNÍ	ZPRÁVA	brána (gateway)
L3	SÍŤOVÁ	PACKET	směrovač (router)
L2	LINKOVÁ	RÁMEC	přepínač (switch)
L1	FYZICKÁ	010110	opakovací (repeater)

• Dělení na - aktivní prvky

- pracují s daty aktivně
- zesilují a tvoří el. signál
- zpracovávají data, která přes ně prochází

- pasivní prvky → neprocesují aktivně s tím, co přemítají

- mapy: kabely, konektory, rozbočovače, skříňové (racky)



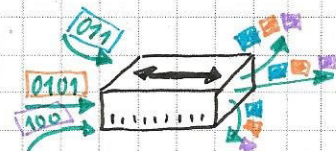
• Rozbočovač - je to aktivní prvek

- anglicky HUB
- rozbočuje, rozvětluje (má-li na jedné vrstvě)
- v praxi tím myslíme opakovací na L1



PROPOJOVÁNÍ NA L1 → propojí uzly vznikne segment

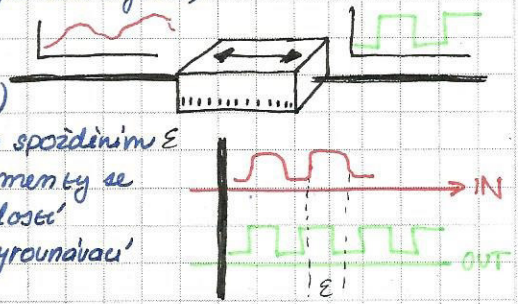
- Opakovací - REPEATER měřou viditelné
- Zařízení pracuje s bity (každý samostatně)
- Zařízení nedokáže rozlišovat mezi různými bity
- Chová se ke všem bitům stejně ⇒ předává je do všech (odchozích) směrů ⇒ opakovací
- propouští všesměrově vysílání (BROADCAST)





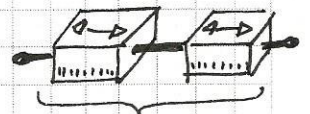
o Repeater = je to digitální zesilovač (zesiluje a znovu přeměsí signál)

- může mít 2 nebo více portů
- kompenzuje zkrácení a útlum
- vlastnosti → neukládá data (ty projdou)
  - data pochází s konstantním zpožděním  $\epsilon$
  - ⇒ mohou se propojovat segmenty se stejnou přenosovou rychlostí
  - propouští i kolize (nemají vyrovnávací paměť BUFFER)



- opakovače jsou závislé na vrstvě L2!
- navrhuji se pouze pro určitou technologii (konkrétní přenosovou rychlost) například: Ethernet
- Opakovač x rozbočovač (repeater x hub) → HUB není deterministicky ma jako vrstvě funguje

- kolizní doména → je propojení pomocí opakovačů
  - oblast ve které se šíří kolize
  - počet je omezen na pravidlo 5:4:3
    - ↳ max 5 segmentů
    - ↳ max 4 opakovače
    - ↳ max 3 obydlivé segmenty



kolizní doména

- přenosová kapacita je sdílema → filtering (filtrování) - kapacita je rozdělena pro všechny segmenty
  - ↳ už pracujeme na L2

PROPOJENÍ NA L2 → propojí segmenty v rámci sítě

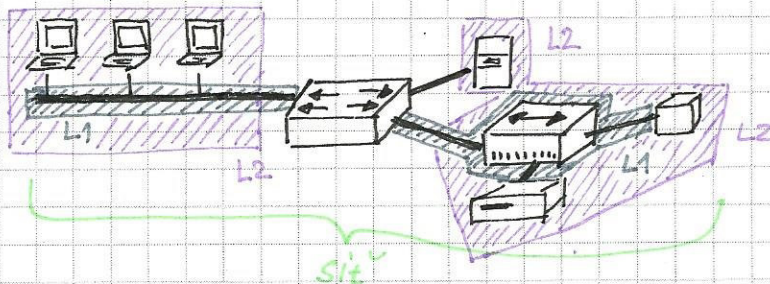
- o most (BRIDGE), přepínač (SWITCH) nejsou viditelné
- o filtrování a cílené přisměrovávání → rozumí blokování

→ má informaci o topologii sítě

- most (BRIDGE) filtrování
- přepínač (SWITCH) cílené předávání



o princip: Propojení uzlů na L1 vznikne SEGMENT  
→ propojení segmentů na L2 vznikne SÍŤ



- mezi odesílatelem a příjemcem nemusí být přímé spojení, hledá se cesta na L2

- o fungování → jak získá most / přepínač informace o okolí? → statické nastavení
  - metodou znečištění
  - + nemusíme je konfigurovat
  - nesmí být v síti cykly
  - metodou SOURCE ROUTING (používají mosty)



- o Bufferování dat - mosty a přepimocě musí přemáknout data načíst, zjistit adresu a odešlat
  - funguje na úrovni L2
  - STORE & FORWARD → čeká na načtení celkového limitového rámce pak s ním pracuje
    - + segmenty mohou pracovat jinou přímou rychlostí
    - + poškozené rámce se měšičí
    - má vyšší zpoždění
  - CUT-THROUGHT → nečeká na načtení celého rámce, zpracovává hlavičky
    - + menší zpoždění
    - propojuje segmenty v stejné přímou rychlosti
    - poškozené rámce šiká dál
- nepropouští kolize
- propouští všesměrově vysílání

- o Mosty = BRIDGE - propojuje malý počet segmentů
  - kladě důraz na rychlost
  - bývá implementováno software
  - dnes se nepoužívají

- o Přepimocě = SWITCH - propojuje větší počet segmentů
  - kladě důraz na rychlost
  - funkce bývají implementovány v HW
  - vyžaduje přímou kapacitu
  - parametry → rychlost přemáknutých dat po dráze
    - rychlost předávání celých bloků
    - neblokuje = nepomaluje (nenahrzuje, neblokuje)

PROPojENÍ NA L3 → propojuje jednotlivé sítě (internetwork, Internet)

o (ROUTER) směrovací

- o směrovací jsou udivitelné → koncové uzly jim adresují pakety
  - nepropouští ani kolize ani všesměrově vysílání (BROADCAST)

## B) PROPUSTNOST SÍTĚ

← mezi sítěmi  
mezi sítí a uživatelem

- o Pojmy - UNICAST = přenos k 1 příjemci
- MULTICAST = přenos k m příjemcům
- BROADCAST = přenos ke všem uzlům
  - BROADCAST DOMÉNA je oblast kde se šíří všesměrově vysílání
    - na L3
  - Broadcast na L2 vysílá limitové rámce jako cílovou adresu
  - Broadcast na L3 → obvyčejný místeno
    - cílový



## MEZI SÍTĚMI

- Broadcast na L3 - obecný, místní -> šíření síťových paketů na L3
  - > je doručeno všem v dané síti
  - > TCP/IP a Ethernet
  - > šíří se v dané síti
- cílený -> šíří se v cílové síti (k ní jsme měl je zdroj)
  - > příklad TCP/IP
- Dělení sítí podle - rychlosti, propustnosti a kapacity (na L2)
  - přístupových práv, ochrany a bezpečnosti (na L3)
- Pravidlo - 80:20 (80% místní síť 20% vnější síť)
  - > dnes neplatí
  - > uzly jsou umístěny fyzicky ve „vhodné blízkosti“ případně se to řeší pomocí sítě VLAN
- 20:80 po nástupu Internetu -> cloud computing
  - > požadavky na propustnost směrovačů (větší datový tok)
  - > použíté přepínače na L3
  - > použítí sítě VLAN na linkové úrovni L2 (smeňší BROADCAST DOMÉNY)

## PROPOJOVÁNÍ NA L3

### • Směrovač = ROUTER

- funguje na L3
- směruje, aplikuje přístupová práva, monitoruje data
- není optimalizován na rychlost a propustnost
- větší směrovací tabulky než přepínač
- větší BUFFER pro data ->
- síťová rozhraní: -> Ethernet
  - > SDH, SONET, E1/T1
- Účinn pro přechod mezi různými prostředím (menší síť s velkými)
- klade důraz na přizpůsobování a logiku dělení



### • Přepínač = SWITCH

- funguje i na L3
- optimalizován na rychlost a propustnost (rychlost datu)
- menší buffer a směrovací tabulky
- ethernetová rozhraní
- propojení jednotlivých sítí ukažme LAN a MAN

### • VLAN síť = (virtual LAN)

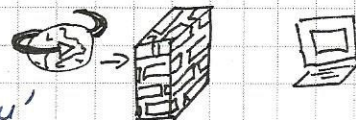
- lokální = spojuje geograficky blízké uzly
  - > pravidlo 20:80
  - > uzly nemusí mít „společný“ zájem
- END-to-END VLAN = geograficky rozptýlené uzly řadí do 1 sítě
  - > snadná správa uživatelů a přístupových práv
  - > rozložení 80:20 i 20:80



- prochází přes směrovací i přepínací
- L4 SWITCH → rozhodují se na L3 (síťové adresy) i podle transportních L4
  - Důležité rozlišit různé druhy provozu
- L7 SWITCH → stejně jako L4 switch rozhodují se i podle APLIKAČNÍCH dat L7
  - D TEP/IP

MEZI UŽIVATELEM A SÍŤÍ

- o Firewall = blokuje neoprávněný přístup
  - realizován jako → SW
  - HW a SW
  - sada organizačních opatření



- může být společný i osobní
- princip "vše je zakázáno, něco je povoleno" → DEMILITARIZOVANÁ ZÓNA
  - nemá příchozí
  - nemá kontrolu výchozí

o Brána HTTP = PROXI BRÁNA

- Demilitarizovaná zóna funguje na L7
- Princip → klient pošle požadavek (HTTP)
  - Brána vygeneruje požadavek na server
  - Brána přijme odpověď serveru
  - Brána odpoví klientovi (BROWSERU)

o Filterové Packety - další řádek FIREWALL

- blokování a povolování na úrovni L3 (odesílatel, příjemce, ...)
- mohou posuzovat každý packet samostatně (nebo se ohled na již přenesené PACKETY)

o ACL (ACCESS CONTROL LIST) = pravidla (seznam) pro blokování či povolání

- určuje pro pakety (firewall)
- „standardem“ → ptají se odkud PACKETY přicházejí
- „rozšířené“ → ptají se i má další věci (cílová adresa, číslo portu, služby, ...)

## 2) ETHERNET (1)

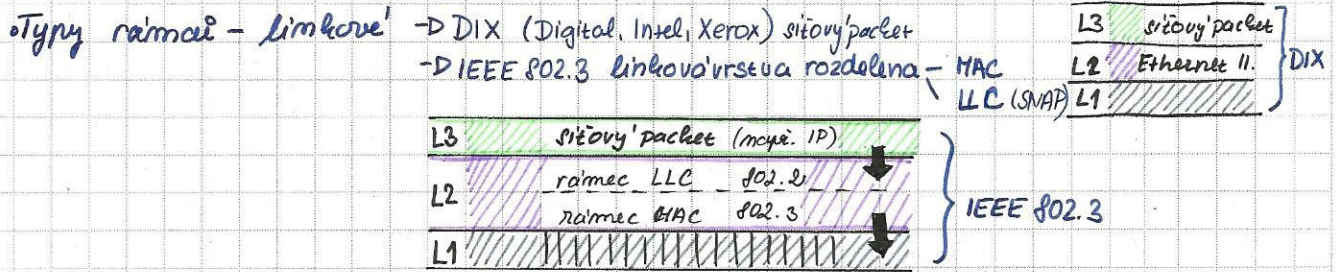
- o Přenosová technologie na úrovni linkové (L2) a fyzické vrstvy (L1)
- o přímočárový, jednoduchý

L3	síťová	protokoly L2 (IP)
L2	linková	podvrstva LLC ETHERNET Token Ring Token Bus
L1	fyzická	ETHERNET -1- fyz. vrstva fyz. fyz. 2.

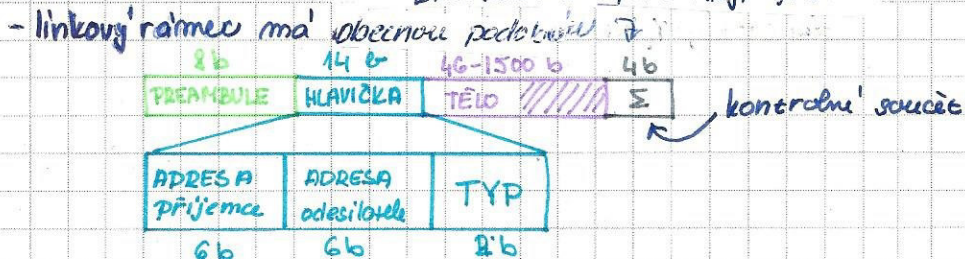


# A) DRUHY A TYPY RÁMCŮ

- Standardizaci Ethernetu zajišťuje IEEE → dělím'na → větev DIX a vznikl' Ethernet 2  
→ větev IEEE a standard 802.3 (větší rychlost)



- Průmyslové rámců - asynchronní (asymetrický) = mezi rámců mohou být prodávány
- synchronizace musí se udržuje po celou dobu přenosu
- preamble (64 bitů) → Ethernet: tvoří ji pravidelná oscilace 01  
→ IEEE 802.3: -1- makomci přeneseno 1  
→ ETHERNET II s přílohou "typ" je ETHERNET TYP



- MAC rámeček → je jen u IEEE 802.3 v podobě "typ" je velikost linkového rámečku  
→ vkládá se do něj LLC rámeček  
→ jde o obsah větší  $\leq 1500$  b
- LLC rámeček → vkládá se do MAC rámečku  
→ není určen pouze pro ETHERNET  
→ podporuje různé druhy přenosů
  - nespojovaný nespojitelný
  - spojovaný
  - spojovaný s područením
- struktura:
  - DSAP (Destination Service Access Point)
  - SSAP (Source Service Access Point) ident. síť. vrstvy
  - Control rozlišuje druh přenosu
- dříve ho používal pro protokol IP → mutací mu 1 b na specifikaci  
⇒ SNAP
- SNAP → SUBNETWORK ACCESS PROTOCOL  
→ řešení rámečku 802.2, aby mohl pracovat s ETHERNET TYPY (ETH.2)

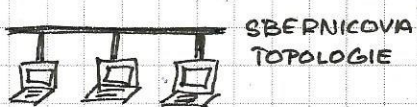
- V praxi → Ethernet II. rámeček → pojmem až 1500 b  
→ TCP/IP
- IEEE 802.3 + 802.2 s rozšířením SNAP → TCP/IP



### B) ETHERNET 10 Mbit /s STANDARD

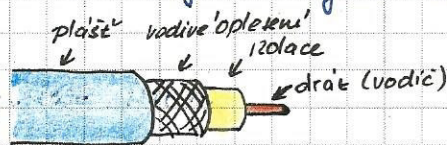
- o pro přenos je používána kroucená dvojčinka, (koaxiální kabely drůve), optické vlákno
- o „klasický“ Ethernet
- o původní varianta s přenosovou rychlostí 10 Mbit /s
- o poloduplexní

- o Ethernet 10 base 5 - původní verze z r. 1983
  - tlustý koaxiální kabel  $\varnothing$  1cm
  - 10 = rychlost 10 Mbit /s, base = základní pásmo, 5 = segment maximálně 500m
  - sběrníková topologie
  - na kabelech byly umístěny krabičky  $\Delta$ :  $\rightarrow$  TRANSCIVER obvod pro vysílání a příjem signálů



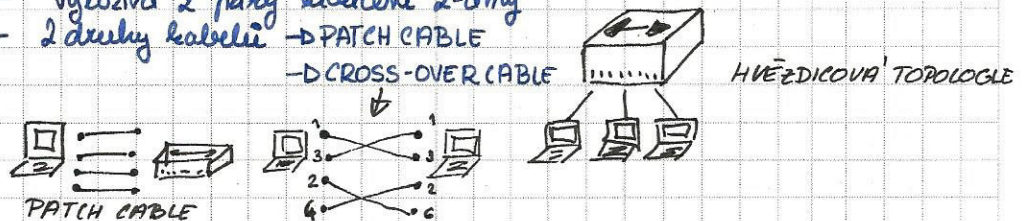
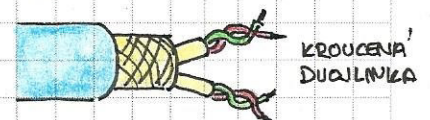
$\rightarrow$  AVI (Attachment Unit Interface) rozhraní drop kabelu mezi transceiverem a NIC

- o Ethernet 10 base 2 - kabelový segment max 185m
  - pásmo baseband
  - koaxiální kabel s 0,5cm  $\varnothing$   $\rightarrow$  lepší ohybovu
  - TRANSCIVERy umístěny na síťové kartě



- o Ethernet 10 base -T = má kroucená dvojčinka (TWISTED PAIR)

- délka segmentu max 100m
- může má mít dvě odbočky
- hvězdicová topologie
- využívá 2 páry kroucené 2-činky
- 2 druhy kabelů  $\rightarrow$  PATCH CABLE
- $\rightarrow$  CROSS-OVER CABLE



- metoda CSMA/CD

### 3) ETHERNET II. ČÁST

#### A) ETHERNET 100Mbit

- o „Fast ethernet“
- o Smělna rychlost 10Mbit ethernet má 2 cesty



- "bezezměrná" → snaha zachovat vše (i metody CSMA/CD) formou ráma
- chtějí jen zrychlit síťový přenos
- "se změrnami" → snaha přizpůsobit metody CSMA/CD na řízenou DEMAND PRIORITY

o IEEE 802.3u = FAST ETHERNET = 100 base-X

- "bezezměrná"
- může používat různá přímásova media → kroucená 2 linka
  - a) 2 páry 100 base-TX
  - b) 4 páry 100 base-T4
  - c) 2 páry 100 base-T2
- mnohoúhlová optická vlákna
  - tj. 100 base-FX (2 vlákna)
  - jednoúhlová optická vlákna
    - a) 1 vlákno 100 base-BX
      - max 10, 20 nebo 40 km
    - b) 2 vlákna 100 base-LX10
      - dosah 10 km

- poloduplexní

- fyzická vrstva 100base-TX → pro přenos bitů využívá MLT-3 (multi level transition 3)



↳ přenos 1: sinusovka se mění bez přechodu  
přenos 0: sinusovka se zastaví

→ maximální délka kabelu 100m

- opakovače → "TRANSLATION" propojuje segmenty s různou L1 (PHY) způsobuje větší zpoždění ⇒ v kolizi doměně je max 1 opakovač

→ "TRANSPARENT" segmenty se stejným PHY ⇒ menší zpoždění ⇒ max 2 opakovače

→ jeden opakovač má 200 m v 1. typu 2 u 2. typu

o IEEE 802.12 = "se změrnami" = 100 Mbit AnyLAN

o Poloduplexní Ethernet = data odesílám vždy jen jedním směrem ⇔

## B) GIGABITOVÝ ETHERNET

- o plněduplexní - přenos oběma směry zároveň ⇔ současně
- nedochází ke kolizím
- nepoužívají se přizpůsobivé metody CSMA/CD ani řízení
- podmínky → SWITCHE (přepínače)
  - segment nesmí být sdílený, ale vyhrazený
  - síťová rozhraní musí být v plném duplexu
  - kabeláže umožňující plný duplex (z 4 párů jsou 3 využívány k jednosměrnému přenosu)
- pro síť MAN/WLAN





- Gigabitový Ethernet - plněduplexní (nepoužívá přístupovou metodu)
  - poloduplexní (v praxi se nepoužívá)
  - dosah dle velikosti časového slotu
  - max. linkový rámec 64 bajtů
- IEEE 802.3z = 1000 base-X (10 Gbit/s)
  - optická vláknová nebo stíněná 2-linka → 1000 base SX multimodová optická vláknová, až 220 až 550 m
  - 1000 base-LX jednovláknová optická vláknová, až 550 m
  - 1000 base-CX stíněná kroucená 2-linka, až 25 m
- IEEE 802.3ab = 1000 base-T (10 Gbit/s)
  - nestíněná kroucená 2-linka (plněduplexní)
- IEEE 802.3ah = „Ethernet in the First Mile“ (10 Gbit/s)
  - přístupové síť do 10 km
  - 1000 base-LX10
  - 1000 base-BX10
- IEEE 802.3ae-2002 - přímá rychlost 10 Gbit/s
  - plněduplexní
  - optická vláknová, kroucená dvojitá, block plane
  - při 10 Gbase-T (dosah v rámci desítek m) 802.3om-2006
- Ethernet 40 až 100 Gbit/s - první standard v roce 2010 40 Gbit/s (kroucená 2-linka i optika)
  - standard 802.3bj-2014 po médium TWINAX kabelu 100 Gbit/s až na 5 m, v rámci block plane
- 400 Gbit/s se chystá v roce 2017 / 2018 ?

## 4) WLAN 1. část

= bezdrátová lokální síť, spojuje zařízení (WIRELESS LAN)

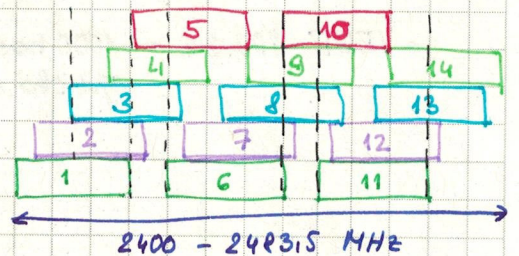
- bezlicenční pásmo = kmitočtová (frekvencí) pásma, použití bez licence
- mápě Wifi (IEEE 802.11)



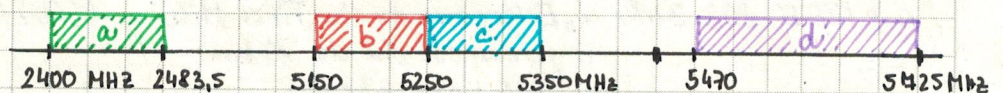
# A) BEZDRÁTOVÝ ETHERNET (802.11) = wifi

• Standard IEEE 802.11 : produktem, které projdou certifikací mohou mít nálepku wifi

- Využívá pásmo 2,4 GHz - jsou rozlišovány na 14 kanálů šířky 22 MHz které jsou od sebe vzdáleny 5 MHz
  - v EU můžeme využívat 13 kanálů, v USA 11, v Japonsku 14
  - kanály se překrývají!
  - nepřekrývají se 1, 7 a 13
  - šířky kanálů
    - 802.11b (DSSS) 22 MHz
    - 802.11g/n (OFDM) 20 MHz
    - 802.11n (OFDM) volitelně až 40 MHz



- Volba kanálů a regulace - automatická regulace výkonu → TCP
  - pásmo c+d
- dynamická volba kanálů → DFS
  - pásmo c+d
- využití v CR → b+c ~~doma~~ uvnitř budov
  - a+d venku



- Funguje v bezlicenčním pásmu - standardně v 2,4 GHz
  - „indoor“ a „outdoor“ v 5 GHz
  - v 6 GHz IEEE 802.11ad (Wi-Gig)

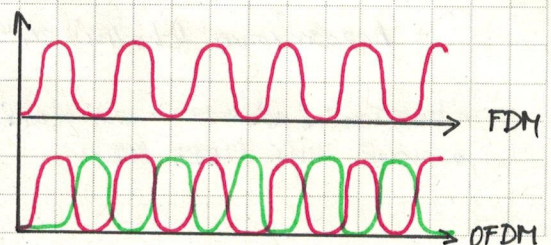
- Techniky přenosu - odolné proti rušení
  - FHSS
  - DSSS
  - OFDM
  - PBCC
 } rádiový přenos
  - efektivnější přenosy → MIMO = více antén
    - beamforming = tvarování signálů
    - beamsteering = směrování antény

FHSS = vyřídí na určitém frekvencním pásmu, pak přeskóčí na jiný kanál a pokračuje

- v 802.11 → přeskakuje 2x za sekundu
- vyšší verze 802.11 nepoužívají tuto techniku

FDM = Frekvencní multiplex, využívá celý kanál

OFDM = Orthogonal FDM, vlny se překrývají, aby využily max. přenosu





DSSS = přímo rozptýření spektrumu

- místo bitu přeměně celý symbol („vzorek“) předem známého tvaru, je tvoreny' posloupnost' CHIPŮ („úlomky“)
- poškození vzorku  $\Rightarrow$  příjemce hledá podobné vzorky



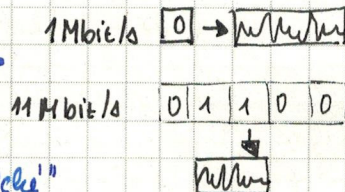
o Přenosy v - IEEE 802.11 a  $\rightarrow$  pásmo 5 GHz (1999)

- $\rightarrow$  přenosová rychlost až 54 Mbit/s
- $\rightarrow$  technika OFDM využívá 52 nosných CARRIERS různé způsobů kódování
- $\rightarrow$  šířka pásma 20 MHz
- $\rightarrow$  přenos bitů ekv. blokové kódování
- $\rightarrow$  nepoužitelné v ČR

- IEEE 802.11 b  $\rightarrow$  pásmo 2,4 GHz

- $\rightarrow$  předání 2 nové rychlosti 5,5 a 11 Mbit/s
- $\rightarrow$  technika DSSS
- $\rightarrow$  dimenzované při způsobem rychlosti, přechod je automatický

- $\rightarrow$   $\hookrightarrow$  1 - 2 - 5,5 - 11 Mbit/s
- $\hookrightarrow$  přemění analogové symboly
- $\hookrightarrow$  rozdíl je mezi počtem symbolů a kolik je odešláno bitů



- IEEE 802.11 h  $\rightarrow$  2 roky 2004

- $\rightarrow$  má bráda za 802.11 a má „ekologické“ chování v bezlicenčním pásmu
- $\rightarrow$  ostatní je stejné jako 802.11 a
- $\rightarrow$  podpora TPC a DFS

- IEEE 802.11 g  $\rightarrow$  „má bráda za“ 802.11 b snaha ho zrychlit (2003)

- $\rightarrow$  k technice DSSS přibýly OFDM, PBCC (celé frekvenci pásmo)
- $\rightarrow$  G-protection = v jedné síti je 802.11 b a 802.11 g kdy 802.11 b nexozum OFDM, PBCC  $\Rightarrow$  optimalizace

- IEEE 802.11 n  $\rightarrow$  2 roky 2009  $\hookrightarrow$

- $\rightarrow$  vylepšená technika OFDM
- $\rightarrow$  kanály volitelné 20 až 40 MHz
- $\rightarrow$  použití pásem 2,4 GHz i 5 GHz
- $\rightarrow$  využít MIMO
- $\rightarrow$  maximální rychlost 600 Mbit/s

- IEEE 802.11 ac  $\rightarrow$  2 ledna 2014

- $\rightarrow$  pásmo 5 GHz
- $\rightarrow$  šířka pásma max 80 MHz i 160 MHz
- $\rightarrow$  MIMO technika, BEAMFORMING
- $\rightarrow$  MULTI USER MIMO = různé napřesky pro různé uživatele
- $\rightarrow$  HAE rámce

- IEEE 802.11 ad  $\rightarrow$  60 GHz až 768 Gbit/s = Wi-Gig

- $\rightarrow$  vylepšené techniky 802.11 ac
- $\rightarrow$  signály se od zdi i lidí odražejí  $\Rightarrow$  nepropouští je

- IEEE 802.11 af  $\rightarrow$  White-Fi nebo Super Wifi

- $\rightarrow$  bezdrátové lokální síť LAN, WAN do 1 km
- $\rightarrow$  podobný standard 802.22 do 100 km
- $\rightarrow$  využívá „bílé místa“ televizních pásem
- $\rightarrow$  funkce definovaný zhrze SW

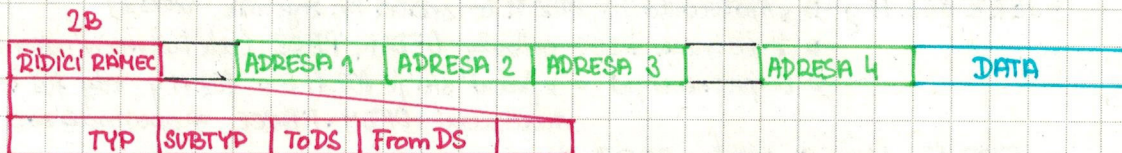


## B) DRUHÝ A TYPY RÁMCŮ

- o PLCP - pro → FHSS  
→ DSSS  
- zjišťují frekvence související s šířením signálů
- o MAC rámce - bezdrátové sítě dle standardu 802.11
  - 3 typy rámců - řídicí
    - pro správu
    - datové

### MAC RÁMCE

- o Řídicí rámce = CONTROL FRAMES
  - řídit přístup
  - pro zprávy (rámce) RTS/CTS řešení problému představení a slyšet stanice
  - rámce pro zprávy ACK potvrzení přijatých datových rámců
- o Rámce pro správu = MANAGEMENT FRAMES
  - BEACON "maják" využívá přístupový bod AP k inzerování své přít.
  - PROBE = rámce zjišťují přítomnost a schopnost uzelů
  - AUTHENTICATION a DE-AUTHENTICATION záležitost o autentizaci nebo její ukončení
  - ASSOCIATION REQUEST / RESPONSE pro žádost a odpověď asociace
  - REASSOCIATION REQUEST / RESPONSE -II- pro asociaci stanice s přístupovým bodem v jiné buňce téže sítě
  - DISASSOCIATION žádost o ukončení asociace stanice i přístup. bodu
- o Datové rámce - pro uložení přenos dat



## 5) SÍŤE WLAN II. ČÁST

### A) TECHNIKY SMĚROVÁNÍ

- o infrastru.
  - Buňka
    - stanice - základním prvkem je buňka BASIC SERVICE SET
      - každá buňka má svůj jednoznačný identifikátor
    - stanice
  - distribuční systém = vzájemné propojení buněk
  - síť = buňky propojené distribučním systémem
  - portál propojuje cíle

- o identifikátory - síť → má jméno (32 znaků)
  - má Eduroam
  - zobrazuje se při hledání WLAN



- buniky → má 6 bitů BSSID
- MAC adresas přímupového bodu
- mapí.: v síti EDUROAM konkrétní bunika

- o Distribuční systém - mapuje buniku na okolí → spojení více buněk
  - zajišťuje přímou dat v rámci buněk
  - standardy IEEE definují služby, které má dist. syst. zajišťovat
    - Station Services (služby: Delivery a Privacy)
    - Distribution System Services
  - realizace → MAC rámec prochází přes přístupový bod a je přeložen z/do „bezdrátového“ do „drátového“ formátu

- o Domluva buněk - Drátové síť a příslušnosti rozhoduje připojení
  - Bezdrátové síť je nutná „domluva“ → Stanice požádá přístupový bod o
    - členství v bunice
    - Přístupový bod stanici vyhovět asociaci nebo ji zamítne
  - původně 2 varianty → vyhovět každému = „přízdná asociace“
    - vyhovět tomu s „tajným“ klíčem

- o Služba - Delivery → součástí Station Services
  - přímou dat jen v rámci buněk
  - řeší kde se kdo nachází
- Distribution → přímou mezi buněkami
  - řeší kde se kdo nachází
  - součástí Distribution System Services

- o MAC RÁMEC → směřování mezi „bezdrátovým“ a „drátovým“ přenosem



## B) PŘÍSTUPOVÉ METODY

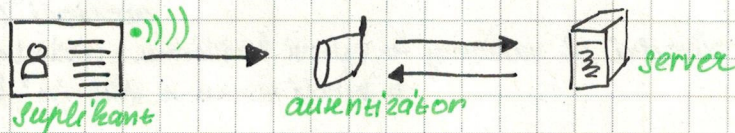
= jak se stanice dozví ve které bunice a buniky jsou v dosahu?

- o Skenování - aktivní → stanice vysílá výzvy (MAC rámce) na určitých kanálech
  - výzve přístupové body, aby se ozvaly
- pasivní → stanice pasivně poslouchá na zvoleném kanále
  - čelka má rámce PROBE RESPONSE nebo BEACON z nich se dozví vše potřebné
- o Připojení - provede skenování → vytvoří seznam dostupných sítí
  - volba je provedena ručně uživatelem
  - při více přístupových bodech si vybere ten nejvíce dostupný (EDUROAM)
  - autorizace → asociace



- o Zabezpečení - šifrování klíče a bloků
  - CCMP - šifrování 128 bitů
    - šifruje přenášená data
    - chrání je proti jejich změně
    - přibývá možnost autentizace ENTERPRISE (autentizace konkrétního uživatele) a PERSONAL (malost sdíleného klíče)
  - WPA2 protokol CCMP - šifrování, celý bezpečnostní rámec
  - WPA / WPA2 - směšovaný režim
    - identifikuje a autentizuje se uživatel
    - -||- sama stanice

- o IEEE 802.1x - umožňuje autentizaci zařízení, která se chtějí připojit do drátových sítí LAN a bezdrátových WLAN
  - bez ohledu na konkrétního uživatele
  - nezávislá na konkrétních způsobech a metodách identifikace
  - terminologie
    - suplikant = ten kdo žádá o přístup
    - autentizátor = ten kdo přiděluje přístup
    - autentizační server = ten kdo o přístupu rozhoduje



- protokol EAP - obecní řešení
  - umožňuje i opačný směr autentizace
  - obecní rámec

## 6) TELEKOMUNIKAČNÍ TECHNOLOGIE

### A) PŘENOSOVÁ TECHNOLOGIE AMT

= smaha o „univerzální řešení“

- o funguje spojování i nespojlivě ma L2, přenáší bloky dat pevné velikosti AMT buněk 48 + 5 bitů
- o má tři různé třídy
- o Spojení telekomunikačních technologií a světa počítačů
  - svět spojů / telekomunikací
    - nepřerývaný obchůdk
    - spojovaný a spolehlivý přenos
    - bloky co největší
  - svět PC sítí
    - přenos paketů
    - přenos nespojovaný a nespojlivý
    - bloky co možná největší
- o bloky mají 48 bitů = průměr mezi 32 a 64 bytů
  - tělo buněk
  - hlavička 5 bytů = celkem 54 bytů





- o ATM buniky - stejný koncept jako u statického multiplexu
  - přenosová kapacita je rozdělena na časové úseky stejné velikosti ty se pravidelně střídají
  - těla jsou zabalena do bloků
  - bunika má hlavičku (obsah, příjemce)

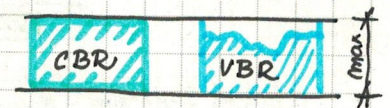


- o Přenosové služby (s různou QoS) - konstantní přenosová kapacita (dělení)
  - > CBR (Constant Bit Rate) připojování okruhu s vyhrazenou přenosovou kapacitou
  - proměnná přenosová kapacita
    - > VBR (Variable Bit Rate) připojování okruhu s vyhrazenou přenosovou kapacitou
    - > ABR (Available Bit Rate) vyhrazená přenosová kapacita
  - megazarovaná -> UBR (Unspecified Bit Rate) přenos v režimu Best effort není nic garantováno

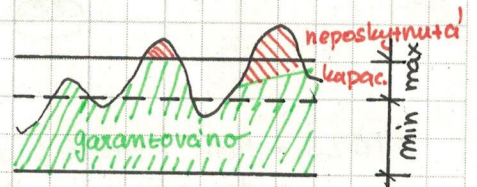
- o CBR - prostřednictvím paketů a buněk
  - telekomunikačním okruhu (spojení u středem)
  - nekompromované datové přenosy
  - každá m-tá bunika se vyhodí pro potřeby realizace jednoho okruhu -> výpočet podle kapacity
  - vhodné pro nekompromované multimediaální přenosy
  - garantuje konstantní datový tok



- o VBR - komprimované přenosy dat
  - přenosová kapacita se mění v čase => proměnná přenosová kapacita
  - vyhrazení odpovídá MAXIMU
  - vhodné pro multimediaální přenos



- o ABR - garantuje minimální přenosovou rychlost
  - vhodné pro datové přenosy
  - nad minimum je to megazarováný přenos



- o UBR - nevyhrazuje se pro ni přenosová kapacita
  - přemese jen nějaká data, pokud je volná přenosová kapacita
  - pro přenos IP paketů v ATM

- o komcové uzly



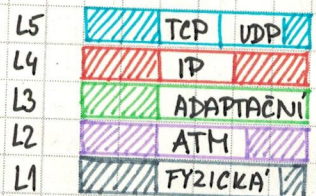
- o ATM ústředny - vnitřní = jsou propojeny o dalšími ústřednamy
- vnější = propojeny s koncovými uzel

## B) VRSTVOVÝ MODEL ATM

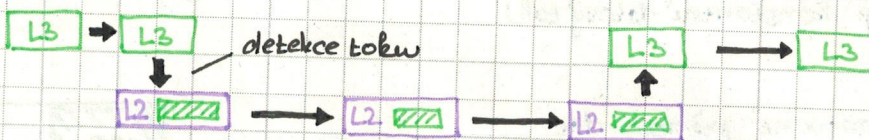
- o Technologie na linkové vrstvě (L2)
- o nemá fyzickou vrstvu
- o nemá "vlastní" přenosovou rychlost => záleží na přenosové technologii L1 => záleží na kabelu
- o Předpoklad - L1 je spolehlivá, ale ATM je nespolehlivá => nutná mechanismy opravy chyb!

- o Adaptivní vrstva - na L3
- má charakter transportní

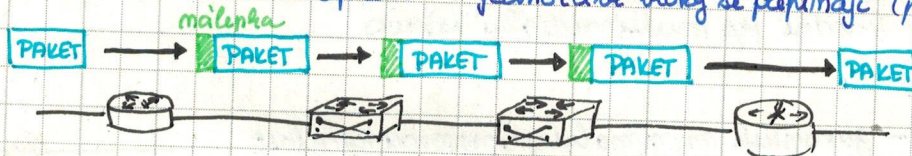
- o L4 = protokol IP
- provoz technologie IP nad ATM
- nespojovane
- používá přepínání -> rychle a levně



- o Přepínání - rozřazování stejných datových toků na L3
- IP paket se vloží do "obalů" na L2 a přeměse se do cílového bodu a vrátí se zpět na L3



- o Label Switching - obvyklé řešení: detekují se datové toky -> podle příslušnosti se opatří malými etiketami -> jednotlivé bloky se přepínají (podle etiket)



- o MPLS = Multi Protokol Label Switching
- dnes nejpoužívanější
- na principu Label Switching
- Multi protokol = může přemířet různé pakety síťových protokolů
- lze použít různé L2 technologie (volbou není vidět na L3)
- Terminologie:
  - LES směrovač na okraji MPLS
  - LSR uvnitř sítě MPLS
  - LSP jednosměrná cesta zhrz sítě
  - FEC konkrétní tok síťových paketů



# 7) POST, ISDN, xDSL

## A) TELEFONNÍ SYSTÉM POST

= post je služba, která poskytuje možnost telekomunikací

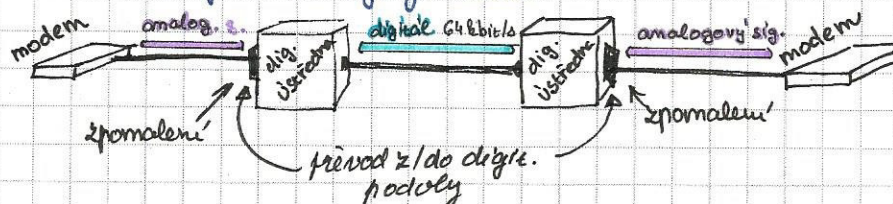
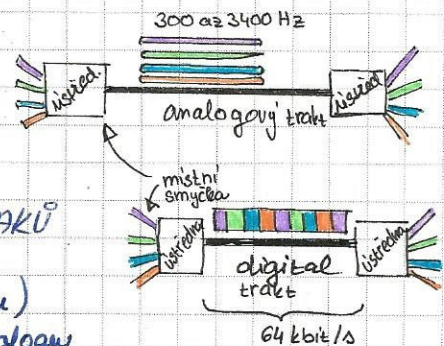
o PSTN - je síť

o Post = Plain Old Telephone Service

- analogové rozhraní, duplexní přenos
- signalizace v pásmech in-band → přímá volba (dříve)  
→ tohová volba (dnes)
- 300 až 3400 Hz
- možnost přenosu dat pomocí modemů
- funguje na síti PSTN

o PSTN - telefonní ústředny jsou uspořádány hierarchicky

- měřné linky
- ústředny (analogové) jsou propojeny pomocí TRAKŮ
- dříve analogové, dnes digitální
- digitální → časový multiplex (více hovorů najednou)
  - smyčky jsou analogové → převod z analogu na digitál a zpět
  - telefonní modem pro přenos dat → PSTN se chová jako analogový obvod



- lze ji využít pro připojení k Internetu → vytačene (komunikované) připojení
  - data jsou přeměněna jako hovor
  - standardy V.90 a V.92 pro vyšší rychlost

## B) SÍŤ ISDN

- o Funguje celá digitálně
- o ISDN = Integrated Services Digital Network
- o Hlasové služby (telefonování) - lepší než u POST/PSTN
  - telefon musí mít ISDN nebo adaptér pro analog. telefony
- o Datové služby - princip přenosování obvodů
  - plně duplexní obvody 64 kbit/s



- o připojka - k síti se kee připojí pomocí → připojky BRI resp. EURO ISDN2
  - BRI = Euro ISDN2 → pro domácnosti a kanceláře
    - příměma analogové linky = na konci linky je umístěn modem
    - poskytuje 2 kanály B (Bearer) 64 kbit/s → přenos dat, hovor
    - 1 kanál D (Delta) 16 kbit/s → řídicí informace
    - vytváří digitální rozhraní
    - připojí až 8 zařízení
    - každé zařízení může mít své telefonní číslo
    - 2 zařízení mohou komunikovat současně ⇒ k dispozici jsou jen 2 kanály
  - PRI = euro ISDN30 → do pobochových usředen
    - je využit telefonní okruh (v ČR E1 s rychlostí 64 kbit/s s 32 okruhy)
    - v ČR má 30 kanálů B (64 kbit/s)
    - 1 kanál D (64 kbit/s)
    - 1 kanál v rezervě

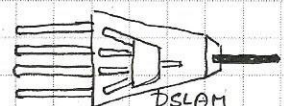
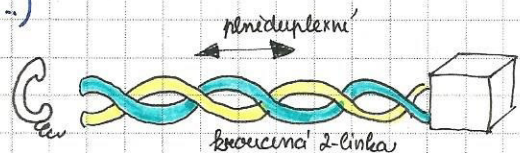
- o místní smyčka - kroccena 2-linka
  - do 5 km
  - analogové a digitální připojky
  - s vyššími frekvencemi se schopnost přenosu signálu snižuje!

- o Hovorové pásmo - přenos hlasu v analogové formě (PST) nebo digitální (ISDN)
- o Nadhovorové pásmo - přenos dat
  - vyšší frekvence
  - ⇒ obě pásma jsou na sobě mezaiřstla
  - oddělení pásmem má být frekvencního multiplexu - SPLITER

## 8) xDSL, FTTx, PON

### A) TECHNOLOGIE xDSL

- o xDSL reprezentuje celou rodinu (ADSL, VDSL, SDSL, ...)
- o je to obecné řešení nad místní smyčkou
  - ⇒ vytváří plně duplexní přenosový okruh
- o Princip - do telefonní ústředny vede velký počet smyček
  - splisy a modemy jsou v ústředně skupimové (kromadné)
  - výstupy z modemu jsou sloučeny do jednoho
  - výsledkem je DSLAM (DSL Access Multiplexor)



⇒ místní smyčky jsou svedeny do okolní ústředny do hlavního rozvaděče



- o Dělení "malé" = zákazník využívá pouze datové služby
  - > byla za ně vyšší cena
- "obtěžené" = zákazník využívá hovorové i datové služby

o ADSL = asymetrická DSL

- nejstarší varianta (z roku 1998/9)
- je asymetrická = vytváří obousměrné a různými rychlostmi isobou směrech (poměr 10:1)
- využívá pouze modulační pásmo dle toho na -> UPSTREAM nižší frekvence  
-> DOWNSTREAM vyšší frekvence
- přenosová rychlost - 8 Mbit/s downstream  
1,5 Mbit/s upstream
- modulace DMT rozděluje pásmo na 255 subpásemů -> kanály jsou modulovány samostatně
- v ČR do 3 km

o ADSL 2

- vyšší techniky modulace -> downstream až 12 Mbit/s a 1,1 MHz
- provozní vylepšení -> regulace výšičního výkonu -> jen takový jaký je potřeba
- > proměnlivá struktura limitového rámce
- > lépe se vyrovná se šumem na míšeni smyček
- > využívá i hovorové pásmo -> pro rychlejší upstream

o ADSL 2+

- rychlost až 24 Mbit/s jen na krátké vzdálenosti (cca do 1,5 km)
- > technické vylepšení (kodování)
- > větší šířka přenosového pásma

o VDSL

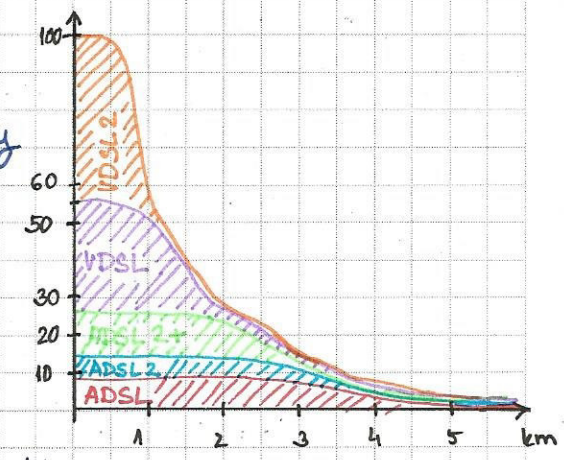
- asymetrická xDSL (ale jímá než ADSL) -> zaměřeno na vysoké rychlosti
- = Very-high-data-rate DSL (12 MHz)
- až 55 Mbit/s (0 m) rychlost pak klesá -> do 300 m 52 Mbit/s  
-> do 1 km 26 Mbit/s  
-> pak je srovnatelná s ADSL a ADSL 2

o VDSL 2

- využívá modulační pásmo do 3 MHz
- rychlost až 100 Mbit/s do 300 m
- v ČR 40 Mbit/s do 1,3 km od ústředny

o xDSL vektoringu

- = snaží se využít efekt přeslechů
- přeslech = přenos signálu na 1 páru ovlivňuje druhé
- > na blízkém konci = působení na kromě kabelu
- > na vzdáleném konci = působení na opačných stranách kabelu = "efekt antény"
- skupiny jsou modulovány společně, aby se efekt využil





- G. nekter  $\rightarrow$  pro VDSL2

- o G.fast - zrychlení na kratší vzdálenosti
  - 1 Gbit/s do 100m
  - využití pásmo 106 MHz či 2,2 MHz

## B) TECHNOLOGIE FTTx

= optické přístupové sítě (Fiber to the x)

- optika až do domu (FTTH)
- optika až k domu (FTTB)
- optika až před dům (FTTC, FTTN)

- o prvky sítě - ODN optická vlákna
  - OLT optický DSLAM
  - ONU koncový optický modem
  - ONT -II- ale má jímé místo

- o FTTH = Fiber to the Home = optika až domů resp. až do domu/kanceláře
  - ONT (optický modem) je umístěn u koncového uživatele
  - největší potenciál
  - nejmošladnější řešení

- o FTTB = Fiber to the Building = optika k budově
  - optika končí u domu, kde je ONU
  - v rámci domu jsou metalické rozvody

- o FTTC = Fiber to the Curb = optika někde před domem (ne k domu)
  - na konci je ONU = zakončí optiku a přechází se na něco jímého
  - trasa je řešena jímé mezi optikou (koaxiál, kroucená 2-línka, beedrát)
  - FTTCab = Fiber to the Cabinet = do rozvaděče (skříněky)
    - $\rightarrow$  v rozvaděči jsou DSLAMy

o Topologie - P2P = point to point

$\rightarrow$  spojení mezi OLT a ONU / ONT

$\rightarrow$  2 bodové spojení, vyhrazený (přímová kapacita)

$\rightarrow$  spoj lze vytvořit - samostatným vláknem ke každému koncovému bodu  
- vlnovým multiplexem ke každému koncovému bodu

+ koncový bod má vlastní datový tok

+ nemusíme řídit přístup

- dražší

- jen pro malé počty uživatelů

- P2MP = Point to MultiPoint

$\rightarrow$  spojení mezi OLT a více ONU / ONT

$\rightarrow$  vícebodový spoj, sdílí přímovou kapacitu

$\rightarrow$  využívá SPLITER (rozkoční od 16 do 255)



# 9) MOBILNÍ KOMUNIKACE I.

## A) SÍŤE GSM

- 2. generace digitálních služeb (hlasové i datové)
- Primární je hlas!
- Po frekvencním kanálech se může přemáčet více hovorů současně → časový multiplex TDM kanál se rozdělí na 8 časových slotů → užší frekvencní kanály
- V Evropě 900 MHz a 1800 MHz v USA u nás 1900 MHz
- Pásmo
  - frekvencní kanály o šířce 200 kHz
  - princip FDD → vyžaduje pásové pásmo
    - pro oba směry komunikace
  - 900 MHz → 880 až 915 MHz pro uplink
    - 925 až 960 MHz do downlinku
  - 1800 MHz → 1710 až 1785 MHz pro uplink
    - 1805 až 1880 MHz pro downlink
  - operátoři mají přidělen počet takových frekvencních kanálů (neservisů)
- Architektura sítě - HLR (Home Location Register) → informace o uživatelské síti
  - kde se mobil nachází
  - účastník je registrován jen v jednom reg.
- AuC (Authentication Center) → slouží k identifikaci uživatelů
  - může být sdílen s více účastnickými
- EIR (Equipment Identity Register) → údaje odcizených a používaných mobilů
  - spolupráce s AuC při ověření identity a opravování komunikací
- VLR (Visitor Location Register) → „místevnický lokální registr“
  - 1x pro každou územní
  - uživatel, který jsou právě v dosahu
  - datové uchování údajů
- OMC (Operation and Maintenance Center) = operační a údržbové centrum
- NMC (Network Management Center) = řídicí centrum
- ADC (Administrative Center) = administrativní centrum

## B) PŘENOS DAT V SÍŤÍCH GSM

- Přilásování do sítě - přidělíme registrační číslo MSIN, které se stane součástí IMSI a uloží se na SIM kartě
  - přidělíme mu telefonní číslo → uloží se v HLR spolu s IMSI
  - mobil se přihlásí do sítě (identifikace uživatele/zarizení)
  - EIR zkontroluje, zda není kradený
  - HLR zapamatuje si polohu a předá jí VLR
  - AuC vyšle do zařízení mobilní číslo → mobil ho transformuje pomocí klíče a vrátí ho AuC → tím ověří identitu uživatele



- VLR získalo údaje od HLR → přidělení tarifierení dočasnému TMSI

o přímá hovora - hlas je přemášen v digitální formě

- vstup → snímač hlasu 8000x za sekundu
- > vzorek je vyjádřen 13 bity
- > komprese RPE/LTP

- příprava → zabezpečovací údaje  
-> kontrolní data

- časový slot → využití pro přímá

→ CS-D využívá 1 hlasový okruh

→ HSCSD = High Speed CS-D využívá více hlasových okruhů současně

- GSM funguje na principu připojovacího okruhu → paralelní síť funguje na připojovací paketu (vhodná pro dlouhodobější připojení)

o Paketové přenosy - trvalé připojení

- zprolínání podle objemu dat

- GPRS → zdvojení páteřní sítě

→ přidává nové: uzel SGSN = „mobilní ústředna pro data“

• uzel GGSN brána do jiných datových sítí

• registr GR: údaje pro spojení s GPRS

→ timesloty podle potřeby - princip best effort

→ přenosová kapacita není garantována

→ přenos IP paketů mezi 2 body (mobi. & internet)

→ záleží na schopnostech komcového zařízení

→ kódování & kódovací schémata

- EDGE vylepšení přenosu v GSM

→ dnes tím myslíme EGPRS

→ původně vylepšení přenosu na připojovací okruhu tj. HSCSD

→ vyšší přenosové rychlosti (1 time slot až 59,2 kbit/s)

→ má 9 kódovacích schémat → může používat & stavovat  
fázovou modulaci

- základové stanice se nazývají BTS

## 10) MOBILNÍ KOMUNIKACE II.

### A) SÍŤ 3G

o 3. generace mobilních sítí

o Vychází z technologie GSM

o UTRAN (Universal Mobile Telecommunications System)

o primární jsou data!

o připojovací pakety i okruhy

o široké frekvencní kandy 5MHz

o přenosy jsou odděleny pomocí kódového multiplexu CDMA → sousední buniky nepoužívají různé frekvence



- UMTS funguje jako - FDD-UMTS pro přenosy v různých směrech používá frekvenční DUPLEX
  - > různé frekvenční kanály => různé párové pásmo
- TDD-UMTS pro přenosy v různých směrech používá časový duplex (TDD)
  - > vytačí si s nepřekrývajícím pásmem
- UMTS frekvence - pásmo 2,1 GHz
- Základové stanice se označují jako Node-B jsou vždy napojeny na jeden řadič
- Zrychlení pomocí - HSDPA zvyšuje rychlost na downlinku od 1,2 Mbit/s do 14,4 Mbit/s
  - HSUPA -||- má uplinku od 0,73 Mbit/s do 5,76 Mbit/s
  - HSPA = HSDPA + HSUPA

## B) LTE = Long Term Evolution

- bez hlasu, jen rychlé datové přenosy (hlas jako paket)
- má plochou páteřní síť
- široké frekvenční kanály 1,5 - 3 - 5 - 10 - 15 - 20 MHz
- techniky MIMO, BEAMFORMING a další vylepšení
- má boží protokoly IP funguje přímým způsobem pakety
- EPC - část páteřní sítě LTE
  - je paketová maí pomocí IP
  - hlavní uzly -> MME obdoba VLR spravuje mobilitu
  - > HSS jako HLR údaje o uživateli
  - > S-GW (Service Gateway) obdoba přeměna
  - > PDN-GW (Packet Data Network Gateway) brána pro napojení dalších sítí
- E-UTRAN - přístupová část LTE sítě
  - má 1 typ uzlu eNodeB
  - sousední buniky používají stejné frekvenční kanály
  - 1 kanál je využitelný pro více přenosů současně
  - Downlink -> technika OFDMA
    - > celý kanál přemáší více užších CARRIES (nosných)
  - Uplink -> technika SC-FDMA
    - > přemáší se menší počet širších CARRIES (nosných)
- Rychlost - záleží na šířce kanálu, míře sdílení, stupni MIMO, způsobu modulace, schopnosti komcového zařízení
  - teoretické max downlink 300 Mbit/s; uplink 75 Mbit/s



- LTE Carrier Aggregation = možnost rychlosti při využití více kanálů
  - max 5 frekvencních kanálů o šířce 20MHz tj 100MHz
  - kanály mohou být:
    - ve stejné pásmu a souvisle
    - ve stejné pásmu a nespojitě
    - v různých pásmech a nespojitě

◦ LTE-A = LTE Advanced

- „druhá vlna“ LTE
- cílem je vyšší rychlost díky → dokonalším metodám a postupům  
→ agregaci více frekvencních kanálů
- kategorie 12 v Release 12 (2014) je max. 600 / 100 Mbit/s